



COMUNE DI OTTANA

Provincia di Nuoro



VERIFICHE DI SICUREZZA DELLE INFRASTRUTTURE ESISTENTI DI
ATTRAVERSAMENTO VIARIO O FERROVIARIO DEL RETICOLO
IDROGRAFICO DEL TERRITORIO COMUNALE DI OTTANA NONCHÉ
DELLE ALTRE OPERE INTERFERENTI

RELAZIONE TECNICA, IDROLOGICA E IDRAULICA

ELABORATO

A

IL PROGETTISTA :
Dott. Geol. Aldo Lorrari

IL R.U.P. :
Dott. Ing. Stefano Tuligi

IL SINDACO
Franco Saba



Dott. Geol. Aldo Lorrari Via del Mercatino 15 08048Tortoli (NU)
tel. 3687260010 email geol.aldolorrai@gmail.com

Luglio 2020

COMUNE DI OTTANA

Provincia di Nuoro

VERIFICHE DI SICUREZZA DELLE INFRASTRUTTURE ESISTENTI DI ATTRAVERSAMENTO VIARIO O FERROVIARIO DEL RETICOLO IDROGRAFICO DEL TERRITORIO COMUNALE DI OTTANA NONCHÉDELLE ALTRE OPERE INTERFERENTI

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO	2
3. ELENCO DEGLI ATTRAVERSAMENTI E DELLE OPERE INTERFERENTI CENSITI PER IL COMUNE DI OTTANA.	4
4. STUDIO IDROLOGICO	8
4.1. PREMESSA.....	8
4.2. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE AL COLMO	9
4.3. INDIVIDUAZIONE DEI BACINI ALLE SEZIONI DI INTERESSE	9
4.5. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEI BACINI STUDIATI	11
4.6. TEMPO DI CORRIVAZIONE	12
7. STIMA DEI PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE TCEV.....	14
4.8. COEFFICIENTE DI RAGGUAGLIO AREALE	14
4.9. COEFFICIENTE DI AFFLUSSO	15
4.10. PORTATE AL COLMO ALLE SEZIONI DI INTERESSE PER GLI ATTRAVERSAMENTI DA SOTTOPORRE A VERIFICA IDRAULICA	16
5. STUDIO IDRAULICO	19
5.1. MODELLO IDRAULICO UTILIZZATO	19
5.2 COSTRUZIONE DEL MODELLO IDRAULICO	19
5.3. RISULTATI DELLO STUDIO IDRAULICO.....	20
6. CALCOLO FRANCHI IDRAULICI.....	36
7. CONDIZIONI DI STABILITÀ DEGLI ATTRAVERSAMENTI	38

1. PREMESSA

Il Comune di Ottana (NU) ha affidato al sottoscritto Dott. Geologo Aldo Lorrai l'esecuzione del servizio tecnico denominato **“per l’Affidamento di incarico professionale ai sensi del D.Lgs. 18 aprile 2016, n. 50, art. 36, comma 2 lettera a) - RdO: rfq_351718, per il servizio di “Verifiche delle opere interferenti con il reticolo idrografico”**

Il presente elaborato costituisce la relazione tecnica allegata allo studio, è articolata nei seguenti capitoli:

- Inquadramento normativo
- Elenco degli attraversamenti e delle opere interferenti censiti per il comune di Ottana
- Studio idrologico
- Studio idraulico
- Calcolo franchi idraulici
- Condizioni di stabilità degli attraversamenti
- Oltre alla presente relazione, che costituisce l'Elaborato A, fanno parte dello studio i seguenti elaborati:
 - Elaborato B : Planimetrie Sezioni, Profili Idraulici, Sezioni Idrauliche, Tabelle Analitiche;
 - Elaborato C : Schede di verifica degli attraversamenti;
 - Tavola 1 - Corografia degli attraversamenti;
 - Tavola 2 - Corografia dei Bacini Idrografici;

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

L'articolo 22 delle Norme di Attuazione del P.A.I., della Regione Sardegna stabilisce le linee guida per la verifica delle opere interferenti con il reticolo idrografico. L'articolo 22 delle N.d.A. del P.A.I. ai commi 1 e 2 recita:

1. la Regione Sardegna stabilisce disposizioni, linee guida e criteri per sottoporre a verifiche di sicurezza, anche al di fuori delle aree di pericolosità idrogeologica perimetrate dal P.A.I., categorie espressamente individuate di infrastrutture a rete o puntuali, impianti produttivi, siti di attività estrattive, insediamenti, opere di difesa e di sistemazione idraulica e idrogeologica, opere pubbliche ed edifici civili con presenza rilevante anche discontinua di persone, forme diverse di occupazione dei suoli. La Regione stabilisce anche i casi in cui alle verifiche devono seguire progetti di messa in sicurezza ed adeguamento.

2. Le verifiche e le eventuali progettazioni di cui al precedente comma sono svolte a cura e a carico dei soggetti gestori o proprietari. I dati derivanti dalle verifiche e gli eventuali progetti successivi sono trasmessi all'autorità regionale competente. Con Delibera della Giunta Regionale n. 43/2 dell'1-9-2016, successivamente rettificata con la deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 27-10-2015, in osservanza di quanto espresso al comma 1 dell'articolo 22 della N.d.A. del P.A.I. è stata pubblicata la **“Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché di altre opere interferenti”**. La direttiva definisce gli indirizzi, i contenuti e le modalità operative per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle opere esistenti di attraversamento, viario o ferroviario, del reticolo idrografico nonché delle altre opere interferenti con il medesimo reticolo e pone in capo ai proprietari, gestori o concessionari una serie di adempimenti finalizzati a verificare che le opere non determinino condizioni di rischio idraulico e a redigere i progetti degli interventi

di manutenzione o i adeguamento nonché a definire le misure non strutturali atte alla mitigazione del rischio presente.

Il punto n. 3 della direttiva dispone che “gli Enti proprietari, gestori o concessionari delle opere esistenti di attraversamento viario e ferroviario del reticolo idrografico e delle opere interferenti con il reticolo idrografico predispongono una verifica di sicurezza delle stesse, identificando in particolare il tempo di ritorno critico della singola opera, inteso come quello minimo a partire dal quale la portata conseguente transita con franco pari al 50% di quello definito dalle norme vigenti”.

Il calcolo del franco idraulico in corrispondenza delle opere di attraversamento è definito sulla base degli indirizzi presenti nell’articolo 21 delle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico. Le infrastrutture da sottoporre a verifica sono individuate sul sito del “Piano di Gestione del Rischio Alluvione”.

Nel territorio comunale di Ottana sono stati individuati complessivamente 47 attraversamenti, di cui 17 localizzati su strade comunali e quindi oggetto di analisi nel presente studio.

Come riportato nello stesso punto n. 3 della Direttiva, la verifica non è richiesta nel caso in cui le opere siano state progettate, realizzate e collaudate nel rispetto delle previsioni delle N.A. del P.A.I. e nel caso in cui per l’opera di attraversamento si verifichino entrambe le seguenti condizioni:

- bacino idrografico sotteso inferiore a 0,5 km²;
- portata idrica inferiore a 10 m³/s da calcolare con tempo di corrivazione fornito dalla formula di Viparelli ($V=1$ m/s), con utilizzo del metodo TCEV/SCS con CN III non inferiore a 95.

Al punto n. 4 della Direttiva vengono stabiliti i criteri per le verifiche di sicurezza degli attraversamenti e rilevati di accesso esistenti riguardo ai diversi elementi di calcolo che verranno analizzati nei capitoli successivi e nelle schede di sintesi dei risultati. Nei capitoli successivi si procederà quindi all’applicazione della direttiva al fine di eseguire le verifiche idrauliche degli attraversamenti oggetto di studio e la loro caratterizzazione mediante la scheda all’Allegato 1 della direttiva.

3. ELENCO DEGLI ATTRAVERSAMENTI E DELLE OPERE INTERFERENTI CENSITI PER IL COMUNE DI OTTANA.

IDENTIFICAZIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI OGGETTO DI STUDIO

La Regione Sardegna ha individuato l'elenco degli attraversamenti interferenti con il reticolo fluviale per ciascun comune della Sardegna. Nella Tabella 1 viene riportato l'elenco degli attraversamenti individuati nel territorio comunale di Ottana, classificati in base alla tipologia di strada su cui sono stati realizzati.

Dal database degli attraversamenti censiti dalla Regione Sardegna (così come individuati nell'Allegato B alla Delib. G.R. n. 67/2 del 16-12-2016) risultano presenti sul territorio comunale di Ottana 47 attraversamenti (Tabella 3.1).

Gli attraversamenti riguardanti le strade comunali, risultano pari 27 e sono evidenziati nella Tabella 3.2.

Tabella 3.1 - Elenco degli attraversamenti censiti nell'Allegato B alla Delibera G.R. n 67/2 del 19.12.2016

COMUNE	Nome_ISTAT	C_Catasto	Den_Strada	Den_Fiume	Tipo	Sigla_Tipo	Codice
O T T A N A	Ottana	G191	Strada Statale Numero 131 D.C.N.	RIU ZUNCOS	Statale	SS	G191_SS_0044
	Ottana	G191	Strada Statale Numero 131 D.C.N.	TRAINU MERDARI	Statale	SS	G191_SS_0046
	Ottana	G191	Strada Statale Numero 131 D.C.N.	RIU BINZAS	Statale	SS	G191_SS_0042
	Ottana	G191	Strada Statale Numero 131 D.C.N.	091070_FIUME_102431	Statale	SS	G191_SS_0038
	Ottana	G191	Strada Statale Numero 131 D.C.N.	091070_FIUME_93947	Statale	SS	G191_SS_0040
	Ottana	G191	Strada Statale Numero 131 D.C.N.	RIU ZUNCOS	Statale	SS	G191_SS_0045
	Ottana	G191	Strada Statale Numero 131 D.C.N.	TRAINU MERDARI	Statale	SS	G191_SS_0047
	Ottana	G191	Strada Statale Numero 131 D.C.N.	RIU BINZAS	Statale	SS	G191_SS_0043
	Ottana	G191	Strada Statale Numero 131 D.C.N.	091070_FIUME_102431	Statale	SS	G191_SS_0039
	Ottana	G191	Strada Statale Numero 131 D.C.N.	091070_FIUME_93947	Statale	SS	G191_SS_0041
	Ottana	G191	Strada Provinciale Numero 21	091070_FIUME_103870	Provinciale	SP	G191_SP_0033
	Ottana	G191	Strada Provinciale Numero 21	RIU ZUNCOS	Provinciale	SP	G191_SP_0037
	Ottana	G191	Strada Provinciale Numero 21	RIU LONGHIU	Provinciale	SP	G191_SP_0036
	Ottana	G191	Strada Provinciale Numero 21	RIU BINZAS	Provinciale	SP	G191_SP_0035
	Ottana	G191	Strada Provinciale Numero 21	091070_FIUME_113148	Provinciale	SP	G191_SP_0034
	Ottana	G191	Strada Provinciale Numero 21	091070_FIUME_102431	Provinciale	SP	G191_SP_0032
	Ottana	G191	Strada Provinciale Numero 17	RIU DONNIGHEDDOS	Provinciale	SP	G191_SP_0030
	Ottana	G191	Strada Provinciale Numero 17	RIU TOCCO	Provinciale	SP	G191_SP_0031
	Ottana	G191	Strada Provinciale Numero 17	091070_FIUME_92222	Provinciale	SP	G191_SP_0029
	Ottana	G191	Strada Provinciale Numero 17	091070_FIUME_120408	Provinciale	SP	G191_SP_0028
	Ottana	G191		091070_FIUME_120408	Comunale	SC	G191_SC_0008
	Ottana	G191		RIU LONGHIU	Comunale	SC	G191_SC_0020
	Ottana	G191		091070_FIUME_89417	Comunale	SC	G191_SC_0009
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0002
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0003
	Ottana	G191		TRAINU PEDRU CORBU	Comunale	SC	G191_SC_0027
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0004
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0005
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0006
	Ottana	G191		RIU BINZAS	Comunale	SC	G191_SC_0014
	Ottana	G191		TRAINU MERDARI	Comunale	SC	G191_SC_0021
	Ottana	G191		TRAINU MERDARI	Comunale	SC	G191_SC_0022
	Ottana	G191		FIUME TIRSO	Comunale	SC	G191_SC_0012
	Ottana	G191		RIU DONNIGHEDDOS	Comunale	SC	G191_SC_0019
	Ottana	G191		091070_FIUME_92222	Comunale	SC	G191_SC_0011
	Ottana	G191		RIU BINZAS	Comunale	SC	G191_SC_0015
	Ottana	G191		RIU BINZAS	Comunale	SC	G191_SC_0016
	Ottana	G191		RIU BINZAS	Comunale	SC	G191_SC_0017
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0007
	Ottana	G191		TRAINU MERDARI	Comunale	SC	G191_SC_0023
	Ottana	G191		RIU BADDE ROMA	Comunale	SC	G191_SC_0013
	Ottana	G191		091070_FIUME_89488	Comunale	SC	G191_SC_0010
	Ottana	G191		RIU BINZAS	Comunale	SC	G191_SC_0018
	Ottana	G191		TRAINU MERDARI	Comunale	SC	G191_SC_0024
	Ottana	G191		TRAINU MERDARI	Comunale	SC	G191_SC_0025
	Ottana	G191		TRAINU MERDARI	Comunale	SC	G191_SC_0026
	Ottana	G191	Strada Provinciale Numero 17	RIU MANNU	Comunale	SC	G191_SC_0001

Tabella 3.2. Elenco ufficiale degli attraversamenti relativi alle strade comunali interferenti con il reticolo idrografico

COMUNE	Nome_ISTAT	C_Catasto	Den_Strada	Den_Fiume	Tipo	Sigla_Tipo	Codice
O T T A N A	Ottana	G191	Strada Provinciale Numero 17	RIU MANNU	Comunale	SC	G191_SC_0001
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0002
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0003
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0004
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0005
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0006
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0007
	Ottana	G191		091070_FIUME_120408	Comunale	SC	G191_SC_0008
	Ottana	G191		091070_FIUME_89417	Comunale	SC	G191_SC_0009
	Ottana	G191		091070_FIUME_89488	Comunale	SC	G191_SC_0010
	Ottana	G191		091070_FIUME_92222	Comunale	SC	G191_SC_0011
	Ottana	G191		FIUME TIRSO	Comunale	SC	G191_SC_0012
	Ottana	G191		RIU BADDE ROMA	Comunale	SC	G191_SC_0013
	Ottana	G191		RIU BINZAS	Comunale	SC	G191_SC_0014
	Ottana	G191		RIU BINZAS	Comunale	SC	G191_SC_0015
	Ottana	G191		RIU BINZAS	Comunale	SC	G191_SC_0016
	Ottana	G191		RIU BINZAS	Comunale	SC	G191_SC_0017
	Ottana	G191		RIU BINZAS	Comunale	SC	G191_SC_0018
	Ottana	G191		RIU DONNIGHEDDOS	Comunale	SC	G191_SC_0019
	Ottana	G191		RIU LONGHIU	Comunale	SC	G191_SC_0020
	Ottana	G191		TRAINU MERDARI	Comunale	SC	G191_SC_0021
	Ottana	G191		TRAINU MERDARI	Comunale	SC	G191_SC_0022
	Ottana	G191		TRAINU MERDARI	Comunale	SC	G191_SC_0023
	Ottana	G191		TRAINU MERDARI	Comunale	SC	G191_SC_0024
	Ottana	G191		TRAINU MERDARI	Comunale	SC	G191_SC_0025
	Ottana	G191		TRAINU MERDARI	Comunale	SC	G191_SC_0026
	Ottana	G191		TRAINU PEDRU CORBU	Comunale	SC	G191_SC_0027

MODIFICHE ALL'ELENCO DEGLI ATTRAVERSAMENTI OGGETTO DI STUDIO

In seguito ad analisi di dettaglio degli attraversamenti elencati, sono stati riscontrati alcuni errori nell'attribuzione del gestore dell'infrastruttura su cui ricadono gli attraversamenti.

In particolare, vengono classificati come appartenenti a strada comunale alcuni attraversamenti di competenza non comunale identificati con i seguenti codici:

- **G191_SC_0001** competenza Provincia di Nuoro
- **G191_SC_0012** competenza Provincia di Nuoro
- **G191_SC_0021** competenza Anas
- **G191_SC_0022** competenza Anas

Inoltre dall'osservazione diretta si evince che:

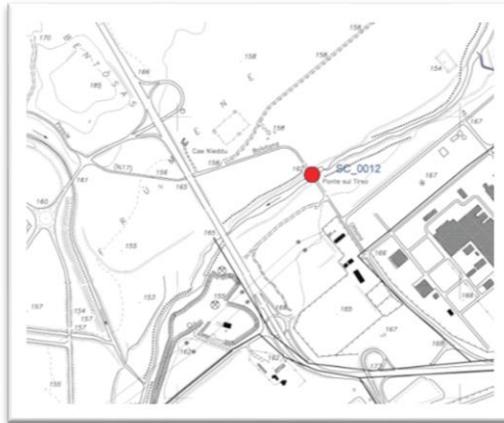
- l'attraversamento **G191_SC_0007** realmente non esiste;
- gli attraversamenti **G191_SC_0024-25-26**, costituito da un tubo in finisider, sono da considerare come un unico attraversamento (SC_0024-26).

Il Tutto evidenziato nelle figure successive.

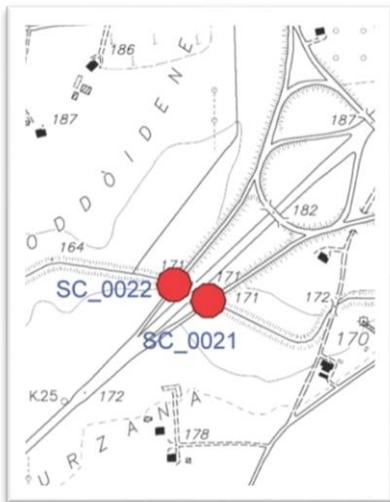
Attraversamento
G191_SC_0001



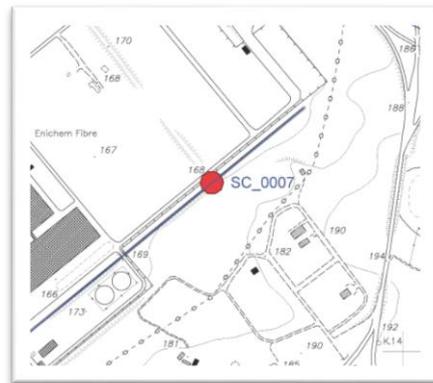
Attraversamento G191_SC_0012



Attraversamenti G191_SC_0021 –SC_0022



Attraversamento G191_SC_0007



Attraversamenti G191_SC_0024 -25-26



Gli attraversamenti studiati, riportati in Tabella 3.3, sono pertanto 21.

Tabella 3.3 - Elenco ufficiale degli attraversamenti studiati.

COMUNE	Nome_ISTAT	C_Catasto	Den_Strada	Den_Fiume	Tipo	Sigla_Tipo	Codice
O T T A N A	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0002
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0003
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0004
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0005
	Ottana	G191		091070_FIUME_107625	Comunale	SC	G191_SC_0006
	Ottana	G191		091070_FIUME_120408	Comunale	SC	G191_SC_0008
	Ottana	G191		091070_FIUME_89417	Comunale	SC	G191_SC_0009
	Ottana	G191		091070_FIUME_89488	Comunale	SC	G191_SC_0010
	Ottana	G191		091070_FIUME_92222	Comunale	SC	G191_SC_0011
	Ottana	G191		RIU BADDE ROMA	Comunale	SC	G191_SC_0013
	Ottana	G191		RIU BINZAS	Comunale	SC	G191_SC_0014
	Ottana	G191		RIU BINZAS	Comunale	SC	G191_SC_0015
	Ottana	G191		RIU BINZAS	Comunale	SC	G191_SC_0016
	Ottana	G191		RIU BINZAS	Comunale	SC	G191_SC_0017
	Ottana	G191		RIU BINZAS	Comunale	SC	G191_SC_0018
	Ottana	G191		RIU DONNIGHEDDOS	Comunale	SC	G191_SC_0019
	Ottana	G191		RIU LONGHIU	Comunale	SC	G191_SC_0020 a
	Ottana	G191		RIU LONGHIU	Comunale	SC	G191_SC_0020 b
	Ottana	G191		TRAINU MERDARI	Comunale	SC	G191_SC_0023
	Ottana	G191		TRAINU MERDARI	Comunale	SC	G191_SC_0024-26
	Ottana	G191		TRAINU PEDRU CORBU	Comunale	SC	G191_SC_0027

4. STUDIO IDROLOGICO

4.1. PREMESSA

La definizione di un modello idrologico si propone di esaminare la risposta del bacino ad eventi di pioggia ad elevata intensità e breve durata al fine di poter valutare le portate di piena nelle sezioni di interesse e per i previsti Tempi di Ritorno indicati dal Piano per l'Assetto Idrogeologico della Sardegna (P.A.I.). In assenza di deflussi osservati per le sezioni d'interesse, è necessario procedere al calcolo della portata di piena mediante un approccio che può essere di tipo empirico o probabilistico. I metodi di tipo empirico prevedono l'utilizzo delle curve di inviluppo dei massimi storici di portata; i metodi per la stima della portata di piena con approccio di tipo probabilistico si distinguono in metodi diretti e metodi indiretti. I metodi diretti stimano la portata a partire da distribuzioni di probabilità costruite sulla base dei deflussi osservati (in Sardegna si utilizza principalmente la distribuzione probabilistica TCEV diretta), i metodi indiretti stimano la portata a partire da distribuzioni di probabilità definite sulla base delle misure di pioggia (disponibili in numero molto più elevato rispetto alle misure di portata) e si calcola il deflusso mediante un modello di trasformazione afflussi-deflussi.

Nell'analisi idrologica si è proceduto individuando, inizialmente i bacini tributari e le caratteristiche idrologiche relative a ciascun bacino studiato.

Gli attraversamenti da sottoporre a verifica idrologica e idraulica sono definiti applicando il metodo speditivo suggerito dalla "Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché di altre opere interferenti" per il calcolo della portata di piena.

Per i bacini riguardanti gli attraversamenti da verificare si sono valutate le portate al colmo, relative ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

4.2. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE AL COLMO

La stima delle portate al colmo è stata fatta con l'utilizzo del metodo razionale. Il metodo si basa su una schematizzazione del processo di trasformazione afflussi-deflussi e la sua formulazione si fonda sull'ipotesi che l'evento di piena abbia la stessa probabilità dell'evento di pioggia, ossia il tempo di ritorno della pioggia coincide con quello della piena generata, e che la durata di pioggia coincida con il tempo di corrivazione del bacino. La portata al colmo viene usualmente stimata con la relazione:

$$Q(T) = \frac{S \cdot ARF \cdot \phi \cdot h(T, T_p)}{T_p}$$

Dove :

- **Q(T)** = portata al colmo relativa al tempo di ritorno T
- **S** = superficie del bacino
- **ARF** = coefficiente di riduzione areale
- **Φ** = coefficiente di afflusso
- **h(T, T_p)** = altezza di pioggia
- **T_p** = durata della pioggia

4.3. INDIVIDUAZIONE DEI BACINI ALLE SEZIONI DI INTERESSE

Per l'individuazione dei bacini alle sezioni d'interesse si è utilizzato un modello digitale del terreno realizzato in ambiente GIS.

I dati spaziali relativi al territorio in esame utilizzati sono:

- Carta Tecnica Regionale della Sardegna in scala 1:10.000;
- DEM (Digital Elevation Model) con maglie di dimensione 1x1 m (fascia fluviale Tirso);
- DEM (Digital Elevation Model) con maglie di dimensione 10x10 m (restante territorio comunale);
- Ortofoto e immagini satellitari dal 1954 al 2008 della raccolta cartografica presente sul geoportale della Regione Sardegna;
- Immagini satellitari Google Maps.

Nella "Tavola n.2 Corografia dei bacini idrografici" sono individuati i bacini relativi agli attraversamenti studiati.

4.4. PROCEDURA DI VERIFICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI DA SOTTOPORRE A VERIFICA IDRAULICA

Prima di effettuare il calcolo delle portate di piena caratteristiche di ciascun attraversamento, occorre effettuare una verifica preliminare volta ad individuare gli attraversamenti da sottoporre alle verifiche idrologiche e idrauliche. Come riportato nello stesso punto n.3 della Direttiva, la verifica non è richiesta nel caso in cui le opere siano state progettate, realizzate e collaudate nel rispetto delle previsioni delle N.A. del P.A.I. e nel caso in cui per l'opera di attraversamento si verifichino entrambe le seguenti condizioni:

- bacino idrografico sotteso inferiore a 0.5 km²;
- Portata idrica inferiore a 10 m³/s da calcolare con tempo di corrivazione fornito dalla formula di Viparelli (V=1 m/s), con utilizzo del metodo TCEV/SCS con CN III non inferiore a 95.

Nella vengono riportati i calcoli per ciascun bacino relativo agli attraversamenti individuati ai punti precedenti.

Tabella 4.4 Verifica degli attraversamenti da sottoporre a verifica idraulica

Codice	Asta m	Area kmq	Tc Viparelli (V=1 m/s)	Q	Verifica
SC_0002	579.19	0.48	0.16	6.52	No
SC_0003	1277.98	1.41	0.35	17.54	Si
SC_0004	2337.72	2.46	0.65	35.21	Si
SC_0005	2223.03	2.45	0.62	35.21	Si
SC_0006	914.88	1.20	0.25	15.32	Si
SC_0008	394.33	0.13	0.11	1.70	No
SC_0009	495.61	0.34	0.14	4.42	Si
SC_0010	2371.39	1.60	0.44	20.31	Si
SC_0011	745.53	0.34	0.21	4.42	No
SC_0013	3103.19	3.71	0.86	48.30	Si
SC_0014	21068.37	46.34	5.85	191.70	Si
SC_0015	23378.21	48.32	4.33	237.83	Si
SC_0016	17465.94	40.27	4.85	186.89	Si
SC_0017	18932.27	42.71	3.51	238.10	Si
SC_0018	20502.31	44.07	5.70	185.59	Si
SC_0019	3573.35	5.96	0.99	73.19	Si
SC_0020a	4579.44	6.98	1.27	73.63	Si
SC_0020b	4752.91	7.03	1.32	72.56	Si
SC_0023	7297.63	7.99	2.03	61.81	Si
SC_0024-26	4716.19	4.88	1.31	51.16	Si
SC_0027	621.34	0.54	0.17	5.73	Si

4.5. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEI BACINI STUDIATI

Per i bacini idrografici relativi agli attraversamenti da sottoporre a verifica idraulica sono state valutate le seguenti grandezze:

- Superficie del bacino A_B [km²], calcolando l'area del poligono che individua ciascun bacino idrografico;
- Altitudine massima, media e minima: del bacino Z_{max} , Z_{med} , Z_{min} [m s.l.m.], calcolate attraverso l'analisi a delle quote altimetriche delle celle del DEM interne a ciascun poligono rappresentante il bacino idrografico;
- Pendenza media del bacino S_b analisi in ambiente Gis delle pendenze medie delle celle del DEM interne al poligono rappresentante il bacino idrografico;
- Lunghezza dell'asta principale L , calcolo dei segmenti rappresentanti il corso d'acqua;
- Pendenza media dell'asta principale, S_L pendenza media ricavata come media pesata delle pendenze dei segmenti che compongono l'asse fluviale.

Tabella 4.5 Caratteristiche morfologiche dei bacini studiati.

Codice	Nome	Tipo	L asta	Area	Z max	Z med	Z min	S asta	S bacino
SC_0002	091070_FIUME_107625	Attraversamento	579.19	0.48	190.00	181.66	170.00	0.29	4.48
SC_0003	091070_FIUME_107625	Attraversamento	1277.98	1.41	190.00	180.00	170.00	0.17	3.35
SC_0004	091070_FIUME_107625	Attraversamento	2337.72	2.46	190.00	175.55	160.00	0.78	2.59
SC_0005	091070_FIUME_107625	Attraversamento	2223.03	2.45	190.00	175.55	160.00	0.70	2.60
SC_0006	091070_FIUME_107625	Attraversamento	914.88	1.20	190.00	180.00	170.00	0.24	3.36
SC_0007	091070_FIUME_107625	Attraversamento	305.70	0.41	190.00	177.50	170.00	0.08	5.39
SC_0008	091070_FIUME_120408	Attraversamento	394.33	0.13	280.00	258.57	230.00	8.88	18.65
SC_0009	091070_FIUME_89417	Attraversamento	495.61	0.34	270.00	240.00	210.00	5.71	11.44
SC_0010	091070_FIUME_89488	Attraversamento	2371.39	1.60	450.00	296.66	180.00	5.91	20.63
SC_0011	091070_FIUME_92222	Attraversamento	745.53	0.34	340.00	292.85	220.00	9.29	18.59
SC_0013	RIU BADDE ROMA	Attraversamento	3103.19	3.71	420.00	374.92	220.00	5.16	22.07
SC_0014	RIU BINZAS	Attraversamento	21068.37	46.34	1080.00	534.91	170.00	2.92	20.78
SC_0015	RIU BINZAS	Attraversamento	23378.21	48.32	1080.00	532.21	160.00	2.71	20.17
SC_0016	RIU BINZAS	Attraversamento	17465.94	40.27	1080.00	567.02	210.00	3.28	21.26
SC_0017	RIU BINZAS	Attraversamento	18932.27	42.71	1080.00	555.03	200.00	2.80	21.20
SC_0018	RIU BINZAS	Attraversamento	20502.31	44.07	1080.00	548.16	180.00	2.95	20.92
SC_0019	RIU DONNIGHEDDOS	Attraversamento	3573.35	5.96	290.00	232.58	170.00	1.89	8.08
SC_0020a	RIU LONGHIU	Attraversamento	4579.44	6.98	550.00	383.70	220.00	4.33	26.01
SC_0020b	RIU LONGHIU	Attraversamento	4752.91	7.03	550.00	381.70	210.00	4.26	26.08
SC_0023	TRAINU MERDARI	Attraversamento	7297.63	7.99	420.00	279.03	150.00	2.21	7.93
SC_0024-26	TRAINU MERDARI	Attraversamento	4716.19	4.88	420.00	293.27	180.00	2.85	10.82
SC_0027	TRAINU PEDRU CORBU	Attraversamento	621.34	0.63	170.00	166.66	160.00	1.68	0.17

4.6. TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il calcolo del tempo di corrivazione è stato effettuato utilizzando i principali metodi applicabili ai bacini sardi di superficie limitata, ossia:

Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4 \cdot S^{1/3} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot (H_m - H_s)^{1/2}}$$

Formula di Viparelli

$$T_c = \left(\frac{L}{3.6 \cdot V} \right)$$

Formula di Ventura

$$T_c = 0.127 \cdot \left(\frac{S}{J_m} \right)^{1/2}$$

Formula di Pasini

$$T_c = \left(\frac{0.108 \cdot (S + L)^{1/3}}{J_m^{1/2}} \right)^{1/2}$$

Dove:

- T_c = tempo di corrivazione [ore]
- S = superficie del bacino [ore]
- L = lunghezza dell'asta principale [km]
- J_m = pendenza media dell'asta principale
- H_m = quota media del bacino [m s.l.m.]
- H_s = quota del bacino alla sezione di chiusura [m s.l.m.]
- i_v = pendenza media del bacino
- V = velocità media di scorrimento, posta pari a 1.5 m/s

Nella Tabella 4.6 si riporta il tempo di corrivazione per ciascuno dei bacini analizzati, calcolato con le formule sopra descritte.

Tabella 4.6 tempo di corrivazione dei bacini studiati.

Codice	Nome	Tipo	Giandotti	Viparelli	Ventura	Pasini
SC_0002	091070_FIUME_107625	Attraversamento	1.48	0.16	2.00	1.49
SC_0003	091070_FIUME_107625	Attraversamento	2.45	0.35	3.04	2.74
SC_0004	091070_FIUME_107625	Attraversamento	3.10	0.65	2.23	2.16
SC_0005	091070_FIUME_107625	Attraversamento	3.04	0.62	2.38	2.27
SC_0006	091070_FIUME_107625	Attraversamento	2.68	0.25	2.58	3.30
SC_0008	091070_FIUME_120408	Attraversamento	0.29	0.11	0.16	0.14
SC_0009	091070_FIUME_89417	Attraversamento	0.99	0.14	0.31	0.25
SC_0010	091070_FIUME_89488	Attraversamento	1.00	0.44	0.66	0.69
SC_0011	091070_FIUME_92222	Attraversamento	0.51	0.21	0.24	0.22
SC_0013	RIU BADDE ROMA	Attraversamento	1.45	0.86	1.35	1.34
SC_0014	RIU BINZAS	Attraversamento	3.85	5.85	5.08	6.28
SC_0015	RIU BINZAS	Attraversamento	3.85	4.33	5.38	6.85
SC_0016	RIU BINZAS	Attraversamento	3.37	4.85	4.44	5.29
SC_0017	RIU BINZAS	Attraversamento	3.62	3.51	4.71	5.71
SC_0018	RIU BINZAS	Attraversamento	3.73	5.70	4.92	6.08
SC_0019	RIU DONNIGHEDDOS	Attraversamento	2.39	0.99	2.25	2.17
SC_0020a	RIU LONGHIU	Attraversamento	1.70	1.27	1.62	1.65
SC_0020b	RIU LONGHIU	Attraversamento	1.67	1.32	1.63	1.66
SC_0023	TRAINU MERDARI	Attraversamento	2.45	2.03	2.08	2.42
SC_0024-26	TRAINU MERDARI	Attraversamento	1.87	1.31	1.68	1.84
SC_0027	TRAINU PEDRU CORBU	Attraversamento	1.80	0.17	0.68	0.55

7. STIMA DEI PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE TCEV

Come già detto, per il calcolo dell'altezza di pioggia ci si è riferiti alla curva di possibilità pluviometrica ottenuta sulla base della distribuzione TCEV.

L'altezza di pioggia indice viene espressa secondo la formula:

$$\mu(\tau) = a_1 \cdot \tau^{n_1}$$

Dove i coefficienti a_1 e n_1 vengono determinati in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g secondo le relazioni:

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0.886 \cdot 24^{n_1}}$$
$$n_1 = -0.493 + 0.476 \cdot \log \mu_g$$

L'altezza di pioggia $h_T(\tau)$, ossia di durata τ e tempo di ritorno T si ottiene moltiplicando la pioggia indice $\mu(\tau)$ per il coefficiente di crescita $K_T(\tau)$, ottenendo la relazione:

$$h_T(\tau) = \mu(\tau) \cdot K_T(\tau) = (a_1 \cdot a_2) \cdot \tau^{(n_1+n_2)}$$

Dove i coefficienti a_2 e n_2 variano in funzione del tempo di ritorno e della durata della pioggia secondo le relazioni determinate per ciascuna delle 3 sottozone (SZO) in cui è stato suddiviso il territorio della Sardegna. I bacini idrografici relativi alle sezioni degli attraversamenti ricadenti sul territorio comunale di Ottana ricadono tutti nella Sottozona Omogenea 1.

4.8. COEFFICIENTE DI RAGGUAGLIO AREALE

Il coefficiente di ragguaglio all'area è stato posto pari a 1 per tutti i bacini.

4.9. COEFFICIENTE DI AFFLUSSO

Per il calcolo del coefficiente di afflusso si è adottato il metodo ideato Curve Number del Soil Conservation Service (SCS). Il metodo del CN risulta particolarmente adatto per il calcolo del deflusso corrispondente allo scorrimento superficiale da adoperarsi per nello studio delle piene di piccoli bacini rurali per i quali non esistono osservazioni di deflusso (SCS 1985). Il metodo viene rappresentato dalla seguente formula:

$$P_n = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)}$$

Dove P_n rappresenta la pioggia cumulata netta, P rappresenta l'afflusso cumulato lordo, I_a le perdite iniziali ed S il volume specifico in condizioni di saturazione, ossia la quantità d'acqua immagazzinabile nel terreno in condizioni di saturazione, funzione, come riportato nei capitoli precedenti, della natura e uso del suolo, della possibilità d'infiltrazione e delle condizioni di umidità antecedenti l'evento meteorico attraverso il parametro del CN.

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

L'indice CN, adimensionale, è un valore compreso tra 0 e 100 ed è espresso, come detto, in funzione di tre aspetti:

- Natura del suolo;
- Tipo di copertura vegetale;
- Condizioni di umidità al suolo antecedenti la precipitazione (AMC)

Le informazioni riguardanti l'uso del suolo sono state ricavate dalla "Mappa dell'Uso del Suolo" redatta nel 2003 e aggiornata nel 2008 la quale rappresenta l'uso reale del suolo individuato attraverso la foto-interpretazione.

I valori di CN corrispondenti alle categorie AMC I e AMC III sono stati ricavati dal valore del CN II corrispondente alla categoria AMC II (condizione media) per mezzo delle relazioni (Chow et al. 1988):

$$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058 \cdot CN(II)}$$
$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

Nella Tabella 4.9 si riportano i valori del CN II e del CN III calcolati per l'area di studio. Il calcolo della pioggia netta è stato fatto utilizzando il CN III, ossia considerando una condizione di umidità del suolo del tipo AMC III.

Tabella 4.9 Valori del Curve Number mediati sui bacini idrografici oggetto di studio.

Codice	Nome	Tipo	CN II	CN III
SC_0002	091070_FIUME_107625	Attraversamento	75.50	87.64
SC_0003	091070_FIUME_107625	Attraversamento	77.04	88.53
SC_0004	091070_FIUME_107625	Attraversamento	78.63	78.63
SC_0005	091070_FIUME_107625	Attraversamento	78.63	78.63
SC_0006	091070_FIUME_107625	Attraversamento	77.04	88.53
SC_0008	091070_FIUME_120408	Attraversamento	81.15	90.83
SC_0009	091070_FIUME_89417	Attraversamento	76.92	88.46
SC_0010	091070_FIUME_89488	Attraversamento	71.99	85.53
SC_0011	091070_FIUME_92222	Attraversamento	78.00	89.08
SC_0013	RIU BADDE ROMA	Attraversamento	69.52	83.99
SC_0014	RIU BINZAS	Attraversamento	71.76	85.39
SC_0015	RIU BINZAS	Attraversamento	71.48	85.22
SC_0016	RIU BINZAS	Attraversamento	71.24	85.07
SC_0017	RIU BINZAS	Attraversamento	71.76	85.39
SC_0018	RIU BINZAS	Attraversamento	71.77	85.40
SC_0019	RIU DONNIGHEDDOS	Attraversamento	73.05	86.18
SC_0020a	RIU LONGHIU	Attraversamento	72.39	85.78
SC_0020b	RIU LONGHIU	Attraversamento	72.42	85.79
SC_0023	TRAINU MERDARI	Attraversamento	71.93	85.49
SC_0024-26	TRAINU MERDARI	Attraversamento	73.03	86.17
SC_0027	TRAINU PEDRU CORBU	Attraversamento	80.56	90.50

4.10. PORTATE AL COLMO ALLE SEZIONI DI INTERESSE PER GLI ATTRAVERSAMENTI DA SOTTOPORRE A VERIFICA IDRAULICA

Una volta individuati gli attraversamenti da sottoporre alle verifiche della direttiva, sono state calcolate le portate al colmo relative a ciascun bacino sotteso per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

Nella Tabella 4.10 vengono riportate le portate al colmo relative agli attraversamenti da sottoporre a verifica idrauliche, valutate in base alle grandezze idrologiche calcolate nei paragrafi precedenti. Tali valori di portata forniranno l'input idrologico per le simulazioni idrauliche descritte nei capitoli successivi.

Tabella 4.10 Portate al colmo degli attraversamenti relative ai tempi di ritorno 50, 100, 200, 500 anni

Codice	Nome	Tipo	Area (Km ²)	ASTA m	Q(T)TR 50	Q(T)TR 100	Q(T)TR 200	Q(T)TR 500
SC_0003	091070_FIUME_107625	Attraversamento	1.41	1277.98	5.01	6.19	7.30	8.79
SC_0004	091070_FIUME_107625	Attraversamento	2.46	2337.72	5.51	7.19	8.93	11.38
SC_0005	091070_FIUME_107625	Attraversamento	2.45	2223.03	5.43	7.02	8.71	11.07
SC_0006	091070_FIUME_107625	Attraversamento	1.20	914.88	4.23	5.23	6.17	7.43
SC_0009	091070_FIUME_89417	Attraversamento	0.34	495.61	2.08	2.60	3.13	3.86
SC_0010	091070_FIUME_89488	Attraversamento	1.60	2371.39	8.09	10.27	12.57	15.75
SC_0013	RIU BADDE ROMA	Attraversamento	3.71	3103.19	13.64	17.40	21.37	26.87
SC_0014	RIU BINZAS	Attraversamento	46.34	21068.37	96.13	116.97	138.22	166.71
SC_0015	RIU BINZAS	Attraversamento	48.32	23378.21	96.13	116.86	137.98	166.27
SC_0016	RIU BINZAS	Attraversamento	40.27	17465.94	88.37	108.09	128.27	155.41
SC_0017	RIU BINZAS	Attraversamento	42.71	18932.27	92.26	112.50	133.15	160.89
SC_0018	RIU BINZAS	Attraversamento	44.07	20502.31	92.94	113.17	133.80	161.47
SC_0019	RIU DONNIGHEDDOS	Attraversamento	5.96	3573.35	20.64	25.58	30.68	37.62
SC_0020a	RIU LONGHIU	Attraversamento	6.98	4579.44	26.33	33.01	39.97	49.51
SC_0020b	RIU LONGHIU	Attraversamento	7.03	4752.91	26.47	33.17	40.16	49.74
SC_0023	TRAINU MERDARI	Attraversamento	7.99	7297.63	26.13	32.50	39.10	48.11
SC_0024-26	TRAINU MERDARI	Attraversamento	4.88	4716.19	18.61	23.21	27.99	34.52
SC_0027	TRAINU PEDRU CORBU	Attraversamento	0.63	621.34	3.81	4.64	5.50	6.67

Sono stati esclusi della modellazione gli attraversamenti costituiti da guadi o tubolari con diametro inferiore al metro, che risultano automaticamente esclusi dalla verifica idraulica, considerandoli come ostruiti:

(Verifica **NON RICHIESTA** ai sensi della "Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché altre opere interferenti" di cui all'art. 22 delle NdA del PAI)

- SC_008 - Attraversamento è completamente interrato. Non estato possibile rilevare né forma né dimensioni;



- SC_0009 - Attraversamento costituito da n°2 tubolari in cls Φ 0.60 m. affiancati;



- SC_0014- Attraversamento costituito da N° 3 tubolari in cls diametro : Φ 0.80 m, affiancati



- SC_0020°- Attraversamento costituito da N° 3 tubolari in cls diametro : Φ 1.00 m, sovrapposti : due alla base (quasi completamente ostruiti) e uno al tetto,



5. STUDIO IDRAULICO

5.1. MODELLO IDRAULICO UTILIZZATO

La simulazione idraulica è stata fatta utilizzando il software commerciale di analisi monodimensionale Hec Ras, il cui utilizzo è largamente diffuso. La simulazione è stata effettuata sotto l'ipotesi semplificativa di moto permanente, considerata sufficiente per la descrizione dei fenomeni studiati.

HEC RAS è un codice sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers. Il software è in grado di analizzare e risolvere i calcoli legati al tracciamento del profilo idrico di un corso d'acqua in regime di moto permanente e/o in regime di moto vario, nonché le problematiche legate al trasporto solido.

In ciascuna di queste tre tipologie di studio il programma è in grado di utilizzare sia le proprietà intrinseche del terreno (in particolare in termini di coefficiente di scabrezza di Manning), sia le proprietà geometriche della sezione del corso d'acqua.

5.2 COSTRUZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

I modelli idraulici sono stati costruiti sulla base del seguente archivio dati:

- DTM con maglia 10 metri;
- DTM con maglia 1 metro;
- Cartografia di dettaglio scala 1:10'000 della Regione Sardegna;
- Ortofoto pubblicate nel Geoportale della Regione Sardegna relativa agli anni di acquisizione 1953, 1968, 1977, 2000, 2003, 2005, 2008, 2010;
- Immagini satellitari relative agli anni 2013, 2014, 2015, 2016;
- Rilievi e tavole progettuali disponibili.

Sono stati effettuati i rilievi sul campo volta all'acquisizione della topografia essenziale alla caratterizzazione dei modelli idraulici e numerosi sopralluoghi finalizzati all'acquisizione delle informazioni circa lo stato di fatto delle infrastrutture presenti. Le sezioni geometriche sono state ricavate dalla rielaborazione del DTM. Le sezioni sono state poi interpolate e replicate in prossimità dei ponti e di altri punti caratteristici per migliorare l'implementazione del codice di calcolo.

Dove presenti, la schematizzazione modellistica delle infrastrutture di attraversamento è stata fatta mediante le caratteristiche ricavate in seguito a sopralluoghi e rilievi. Sono stati esclusi della modellazione gli attraversamenti costituiti da guadi o tubolari con diametro inferiore al metro, che risultano automaticamente esclusi dalla verifica idraulica, considerandoli come ostruiti. Sono stati assegnati diversi coefficienti di scabrezza a seconda che i tronchi studiati siano in terra o rivestiti parzialmente o totalmente in calcestruzzo. Al fine della maggior cautela, considerando che i corsi d'acqua studiati in alcuni casi si trovano in condizioni carenti di manutenzione, è stato adottato un coefficiente di scabrezza di Manning che in media varia fra il valore di $0.030 \text{ m}^{1/3\text{s}-1}$ e il valore di $0.06 \text{ m}^{1/3\text{s}-1}$.

5.3. RISULTATI DELLO STUDIO IDRAULICO

Di seguito si riporta la sintesi delle simulazioni idrauliche per le aste fluviali studiate. Per ciascuno dei corsi d'acqua simulati sono stati valutati i livelli idrici relativi alla portata di verifica avente tempo di ritorno di 200 anni, oltre ai risultati relativi alle portate con tempo di ritorno di 50, 100 e 500 anni. I calcoli dei franchi idraulici sono riportati nel Capitolo 6. I risultati grafici e numerici delle simulazioni sono riportate negli allegati allo studio, mentre di seguito si riporta una descrizione qualitativa dei risultati relativi a ciascun attraversamento.

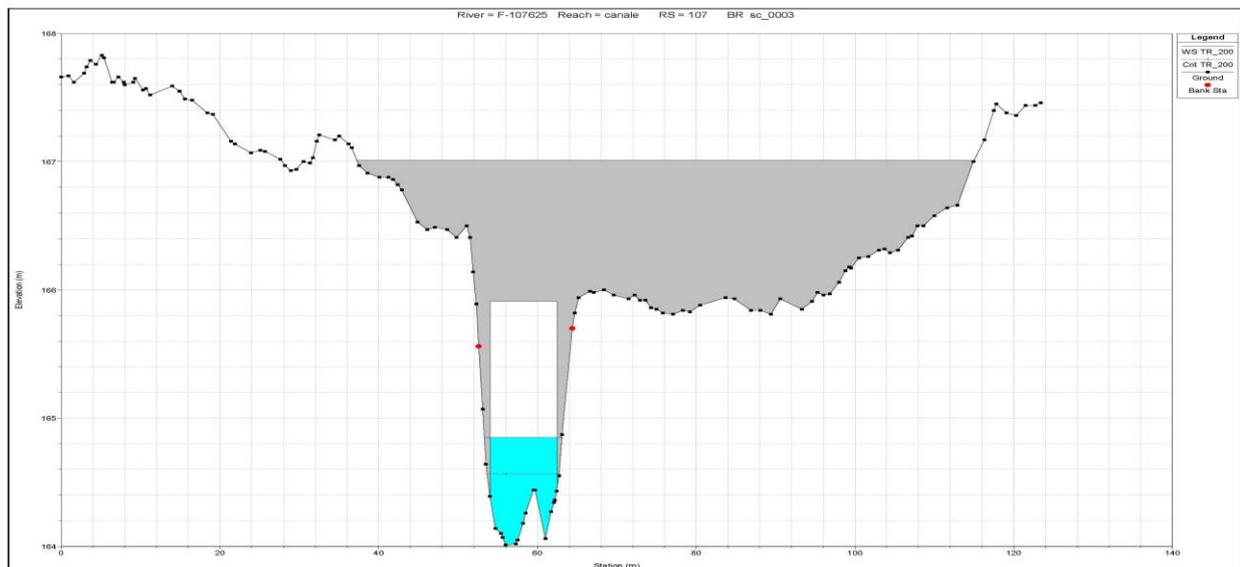
5.3.1 Attraversamento SC_0003 (canale di guardia Zona industriale).

L'attraversamento G191_SC_0003 è localizzato sul FIUME_107625 (canale di guardia a protezione della zona industriale). Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di circa 1.41 km².

L'opera è costituita da un ponte a semplice campata in calcestruzzo prefabbricato di sezione trapezoidale : luce 4.90 m alla base, 8.50 m al tetto ; altezza intradosso e il fondo di 1.90 .

Il ponte appare in buone condizioni strutturali e non vi sono evidenti segni di erosione alla base e alle spalle, sul fondo, in cemento come le spalle, è presente materiale sabbioso- argilloso.

Come si osserva dalla simulazione, per la portata di verifica con tempo di ritorno pari a 200 anni (pari a 7.30 m³/s), il franco idraulico risulta, se pur di poco, non verificato.



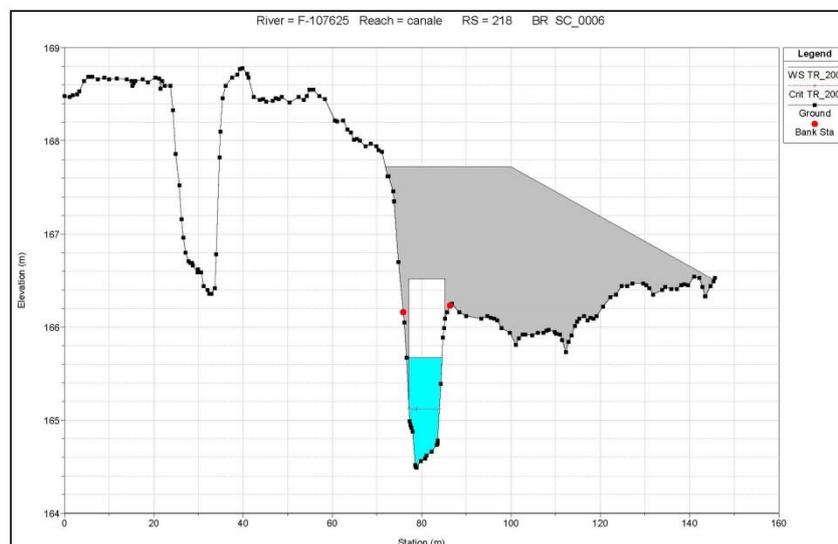
5.3.2 attraversamento FIUME_107625 SC_0006 (canale di guardia Zona industriale) .

L'attraversamento G191_SC_0006 è localizzato sul FIUME_107625 (canale di guardia a protezione della zona industriale). Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di circa 1.20 km².

L'opera è costituita da un ponte a semplice campata in calcestruzzo prefabbricato di sezione trapezoidale : luce 4.70 m alla base, 8.10m al tetto ; altezza intradosso e il fondo di 2.00 m .

Il ponte appare in buone condizioni strutturali e non vi sono evidenti segni di erosione alla base e alle spalle, sul fondo, in cemento come le spalle, è presente materiale sabbioso- argilloso.

Come si osserva dalla simulazione, per la portata di verifica con tempo di ritorno pari a 200 anni (pari a 6.17 m³/s), il franco idraulico risulta, se pur di poco, non verificato.



L'attraversamento risulta essere verificato ai sensi della direttiva.

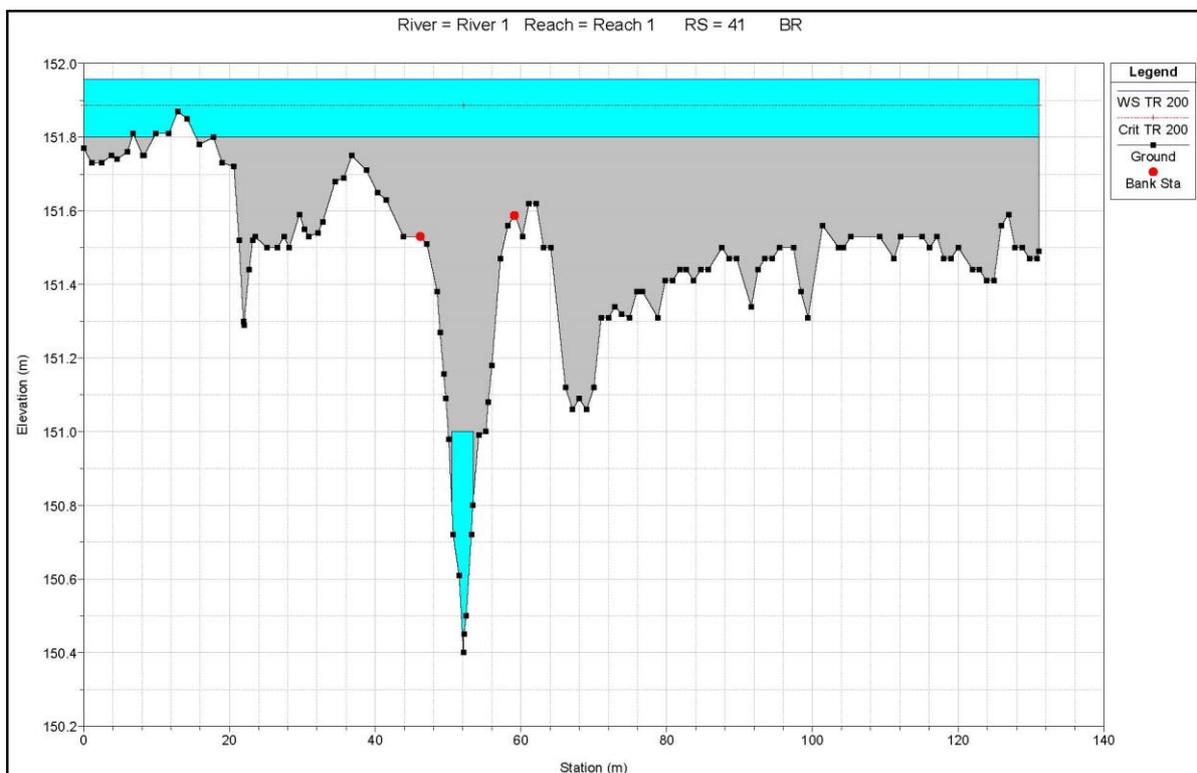
5.3.3 attraversamento FIUME_107625 SC_0004 (canale di guardia Zona industriale) .

L'attraversamento G191_SC_0004 è localizzato sul FIUME_107625 (canale di guardia a protezione della zona industriale) all'ingresso dell'impianto di depurazione. Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di circa 2.46 km².

L'opera è costituita da un ponte a campata unica rettangolare, realizzato in calcestruzzo, avente una luce di dimensione (BXH) 3.00m x1.10m

Il ponte appare in buone condizioni strutturali e non vi sono evidenti segni di erosione alla base e alle spalle, sul fondo è presente materiale sabbioso- argilloso.

Come si osserva dalla simulazione, per la portata di verifica con tempo di ritorno pari a 200 anni (pari a 8.93 m³/s), la struttura sormontata della piena.



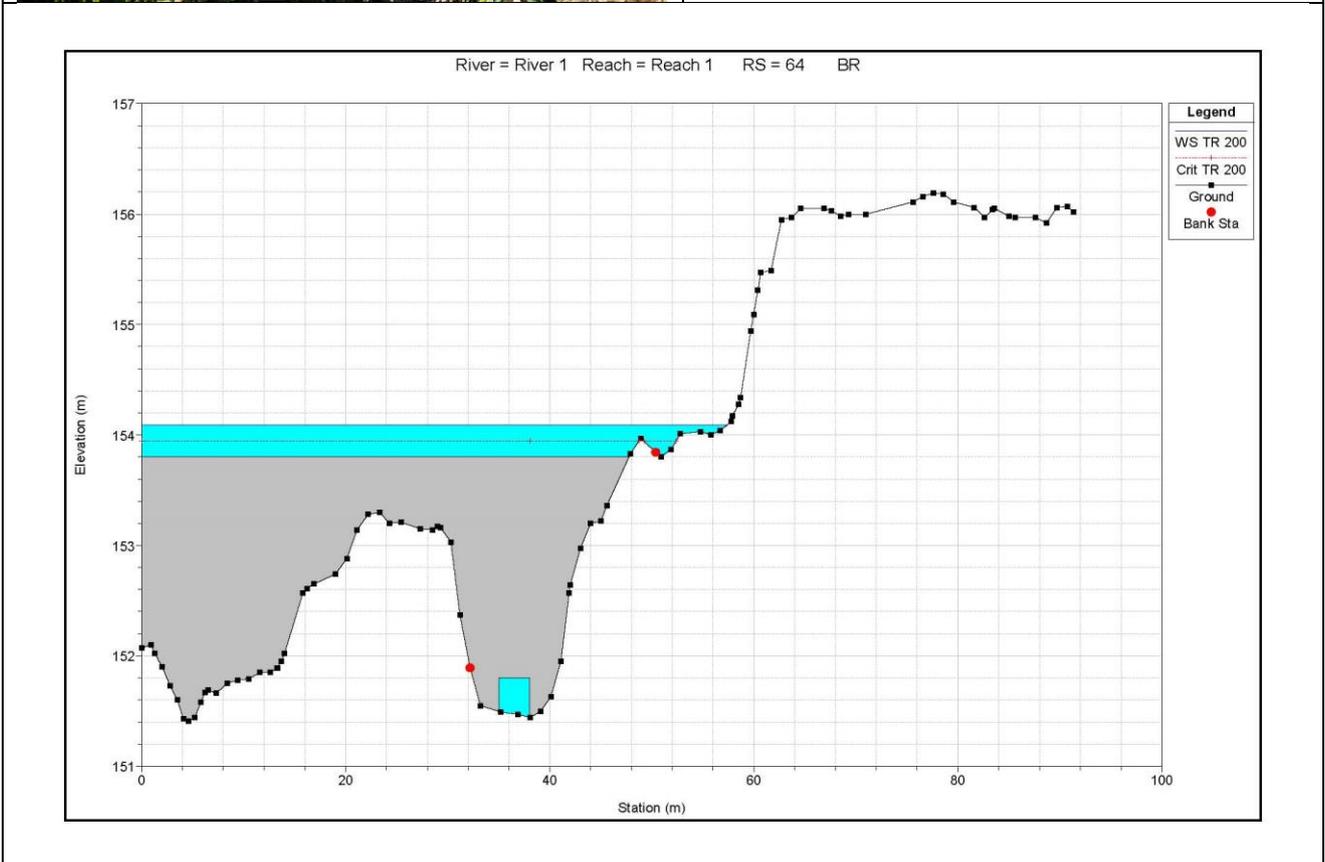
5.3.4 attraversamento FIUME_107625 SC_0005 (canale di guardia Zona industriale) .

L'attraversamento G191_SC_0005 è localizzato sul FIUME_107625 (canale di guardia a protezione della zona industriale) all'ingresso dell'impianto di depurazione. Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di circa 2.45 km².

L'opera è costituita da un ponte a campata unica rettangolare, realizzato in calcestruzzo, avente una luce di dimensione (BXH) 3.00m x1.10m

Il ponte appare in buone condizioni strutturali e non vi sono evidenti segni di erosione alla base e alle spalle, sul fondo è presente materiale sabbioso- argilloso, che ostruisce quasi totalmente il ponte.

Come si osserva dalla simulazione, per la portata di verifica con tempo di ritorno pari a 200 anni (pari a 8.71 m³/s), la struttura sormontata della piena.



5.3.5 attraversamento FIUME 89417 SC 0010.

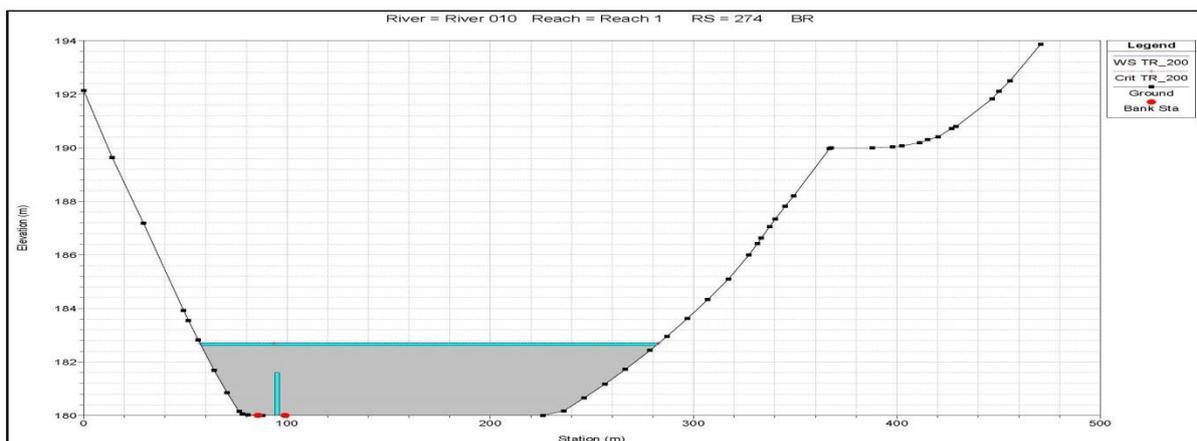
L'attraversamento G191_SC_0010 è localizzato sul FIUME_89417, a sud del centro abitato di Ottana. Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di circa 1.60 km².

L'opera è costituita da un ponte a campata unica rettangolare, realizzato in calcestruzzo, avente una luce di dimensione (BXH) 2.00m x1.80m

Il ponte appare in buone condizioni strutturali e non vi sono evidenti segni di erosione alla base e alle spalle, sul fondo è presente materiale sabbioso- argilloso.

Come si osserva dalla simulazione, per la portata di verifica con tempo di ritorno pari a 200 anni

(pari a 12.27 m³/s), la struttura sormontata della piena.



5.3.6 attraversamento FIUME RIU BADDE E ROMA.

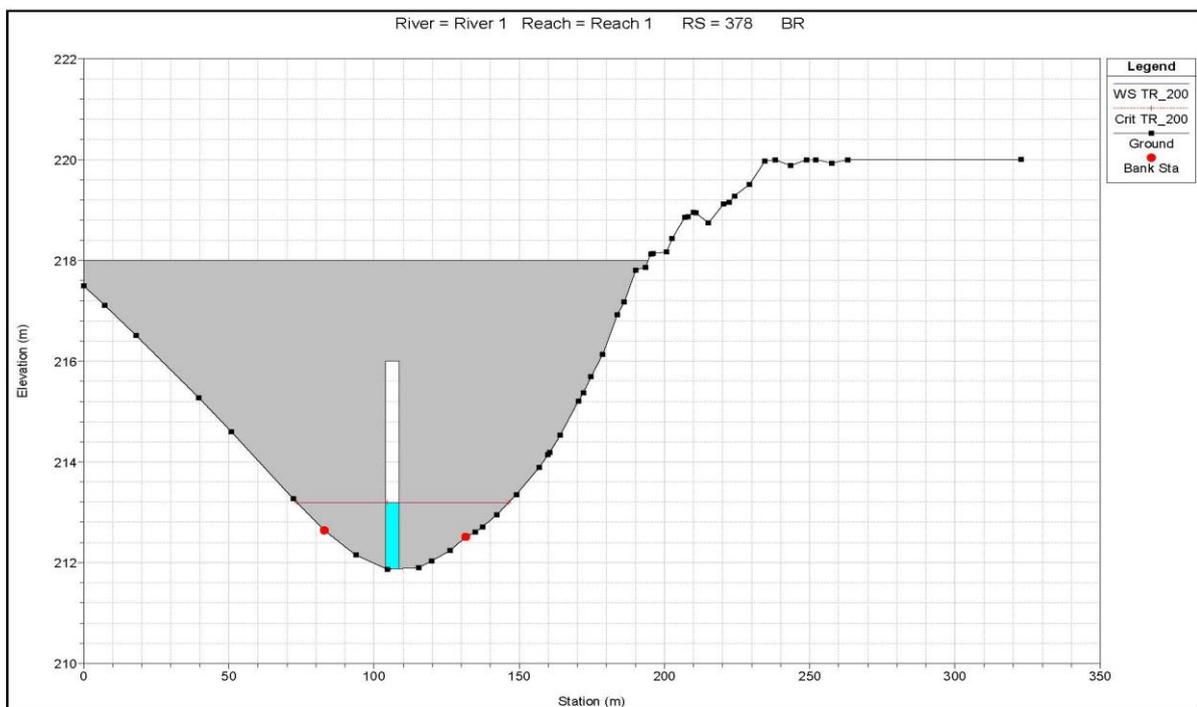
L'attraversamento G191_SC_0013 è localizzato sul Riu Badde e Roma, a Nord-Est del centro abitato di Ottana. Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di circa 3.71 km².

L'opera è costituita da un ponte a campata unica rettangolare, realizzato in calcestruzzo, avente una luce di dimensione (BXH) 4.00m x4.50m

Il ponte appare in buone condizioni strutturali e non vi sono evidenti segni di erosione alla base e alle spalle, sul fondo è presente materiale sabbioso- argilloso.

Come si osserva dalla simulazione, per la portata di verifica con tempo di ritorno pari a 200 anni

(pari a 21.37 m³/s), il franco idraulico è verificato.



L'attraversamento risulta essere verificato ai sensi della direttiva.

5.3.9 attraversamento RIU BINZAS SC_0015.

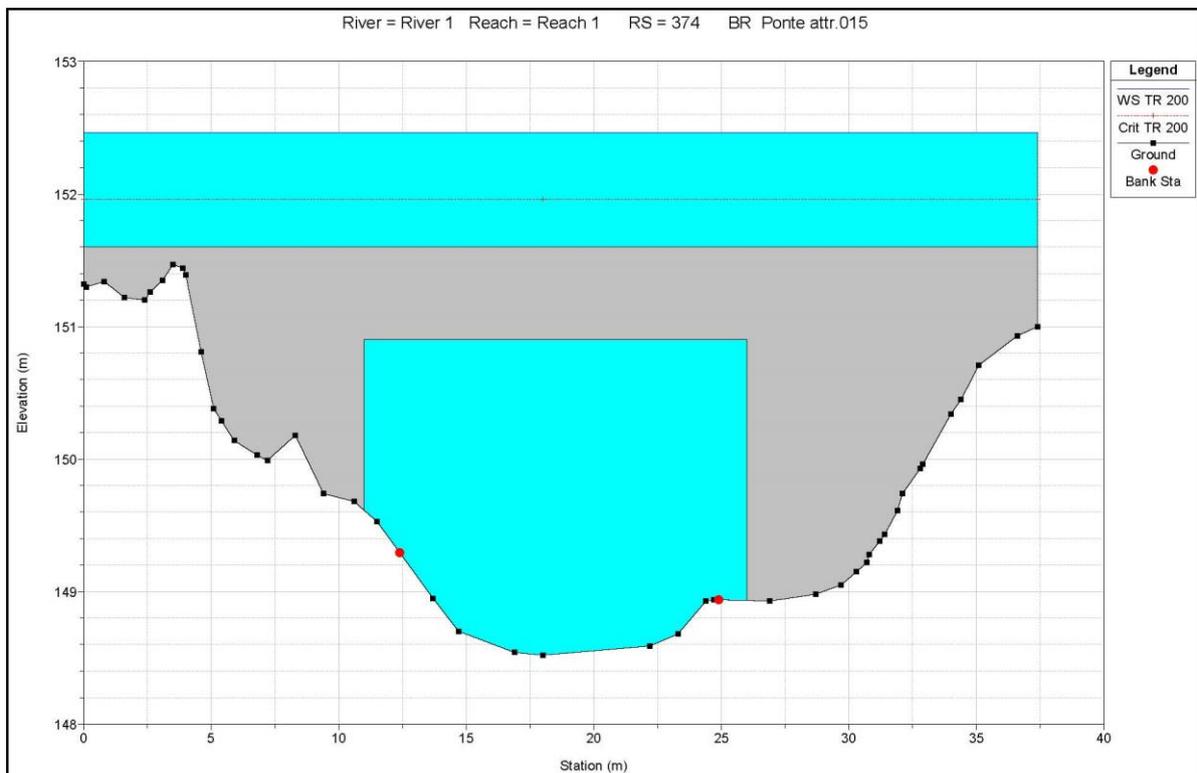
L'attraversamento G191_SC_0015 è localizzato sul Riu Binzas, a Sud-Ovest del centro abitato di Ottana. Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di circa 48.32 km².

L'opera è costituita da un ponte a campata unica, realizzato in calcestruzzo, avente una luce di dimensione (BXH) 11.00m x2.05 m alla spalla e 2.40 m al centro della campata.

Il ponte appare in buone condizioni strutturali e non vi sono evidenti segni di erosione alla base e alle spalle, sul fondo è presente materiale sabbioso- argilloso.

Come si osserva dalla simulazione, per la portata di verifica con tempo di ritorno pari a 200 anni

(pari a 137.98 m³/s), la struttura sormontata della piena.



5.3.10 attraversamento RIU BINZAS SC_0016.

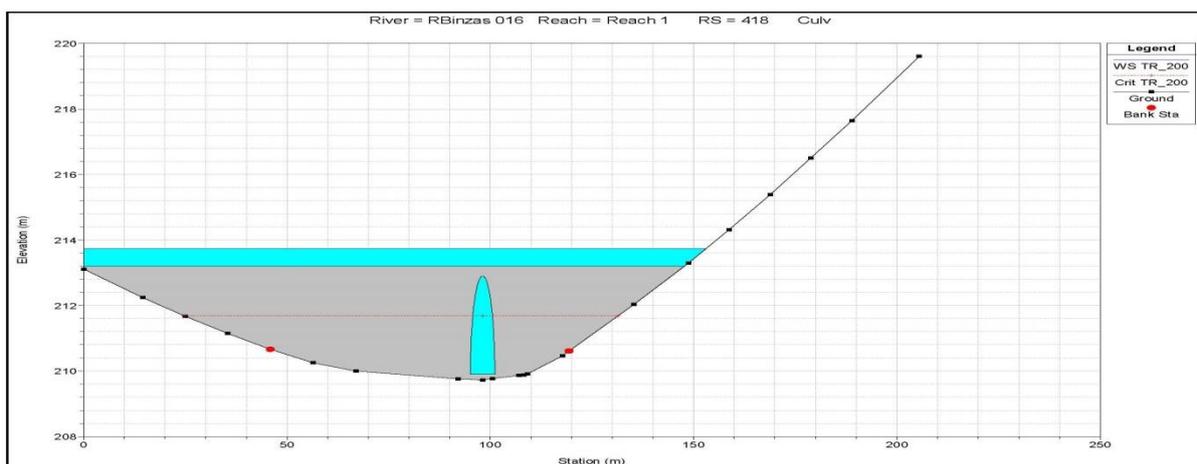
L'attraversamento G191_SC_0016 è localizzato sul Riu Binzas, a Sud del centro abitato di Ottana. Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di circa 40.27 km².

L'opera è costituita da un tubolare in acciaio semicircolare del diametro di mt 3.50 (sezione attraversamento 6.25 m²) e inglobato nel cls.

Il ponte appare in buone condizioni strutturali e non vi sono evidenti segni di erosione alla base e alle spalle, sul fondo è presente materiale sabbioso.

Come si osserva dalla simulazione, per la portata di verifica con tempo di ritorno pari a 200 anni

(pari a 128.27 m³/s), la struttura sormontata della piena.



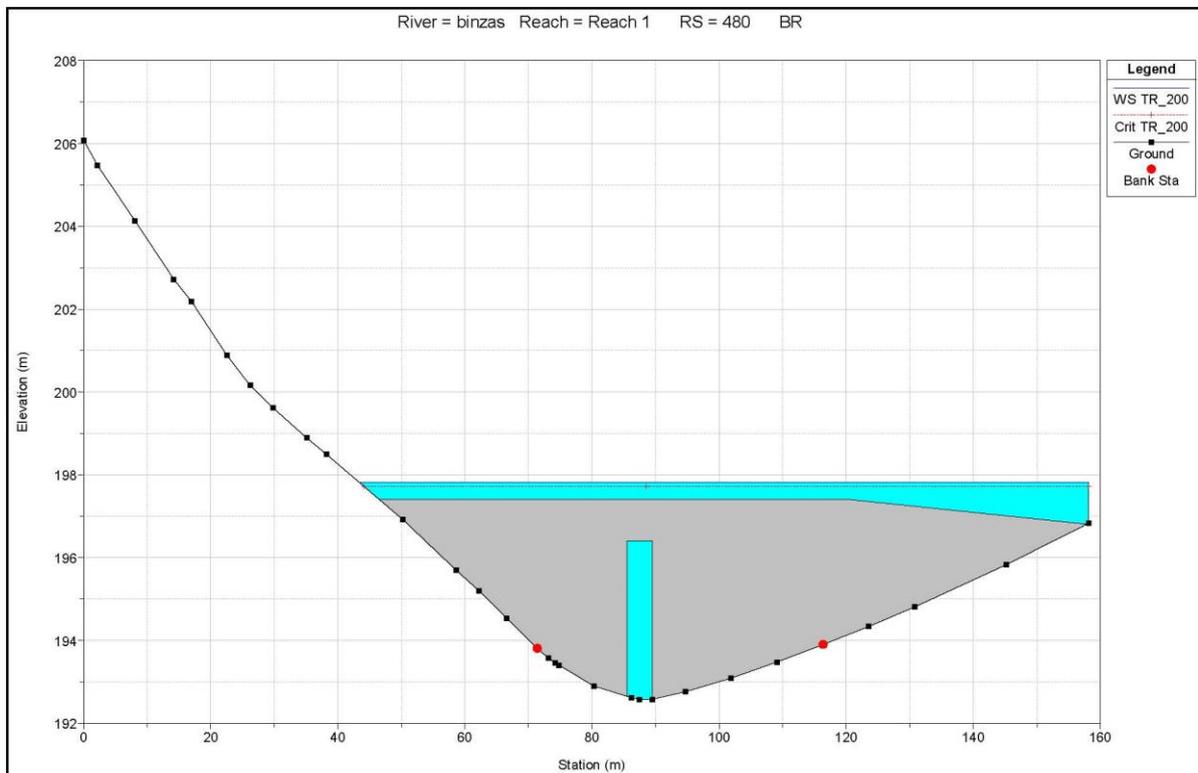
5.3.11 attraversamento RIU BINZAS SC_0017.

L'attraversamento G191_SC_0017 è localizzato sul Riu Binzas, a Sud del centro abitato di Ottana. Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di circa 42.71 km².

L'opera è costituita da un ponte a campata unica, realizzato in calcestruzzo, avente una luce di dimensione (BXH) 4.00m x4.50.

Il ponte appare in buone condizioni strutturali e non vi sono evidenti segni di erosione alla base e alle spalle, sul fondo è presente materiale sabbioso-argilloso.

Come si osserva dalla simulazione, per la portata di verifica con tempo di ritorno pari a 200 anni (pari a 133.15 m³/s), la struttura sormontata della piena.



5.3.12 attraversamento RIU BINZAS SC_0018.

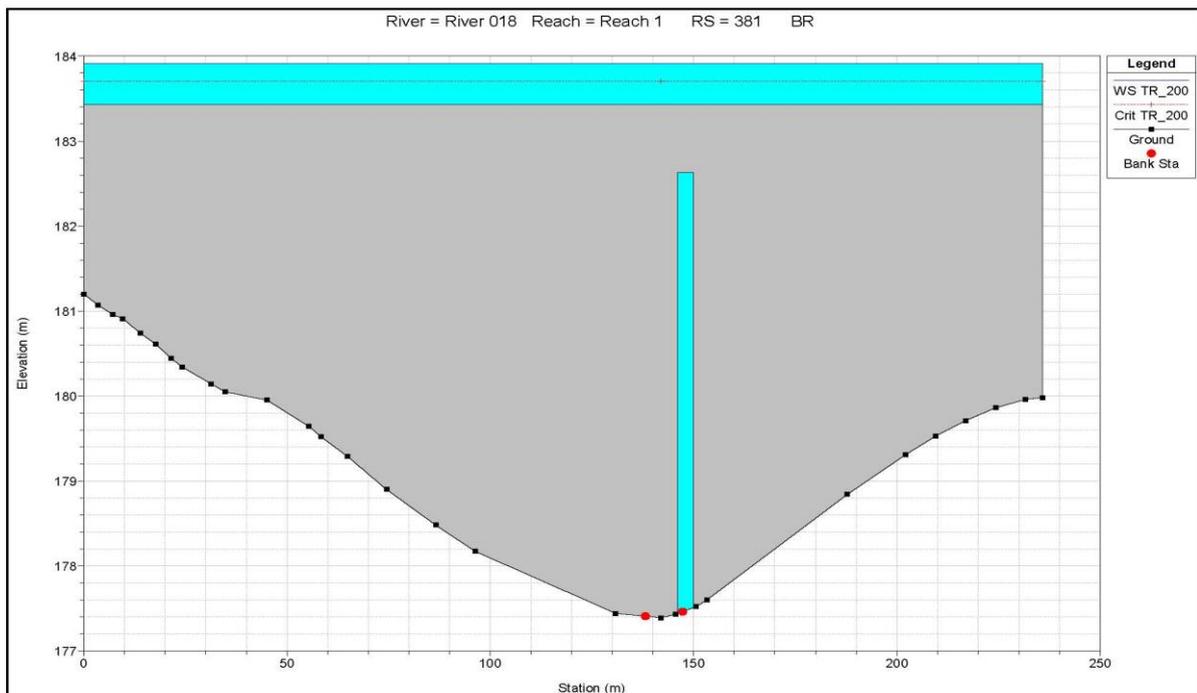
L'attraversamento G191_SC_0018 è localizzato sul Riu Binzas, a Sud del centro abitato di Ottana. Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di circa 44.07 km².

L'opera è costituita da un ponte a campata unica, realizzato in calcestruzzo, avente una luce di dimensione (BXH) 4.00m x5.10.

Il ponte appare in buone condizioni strutturali e non vi sono evidenti segni di erosione alla base e alle spalle, sul fondo è presente materiale sabbioso-argilloso.

Come si osserva dalla simulazione, per la portata di verifica con tempo di ritorno pari a 200 anni

(pari a 138.80 m³/s), la struttura sormontata della piena.



5.3.13 attraversamento RIU DONNIGHEDDOS SC_0019.

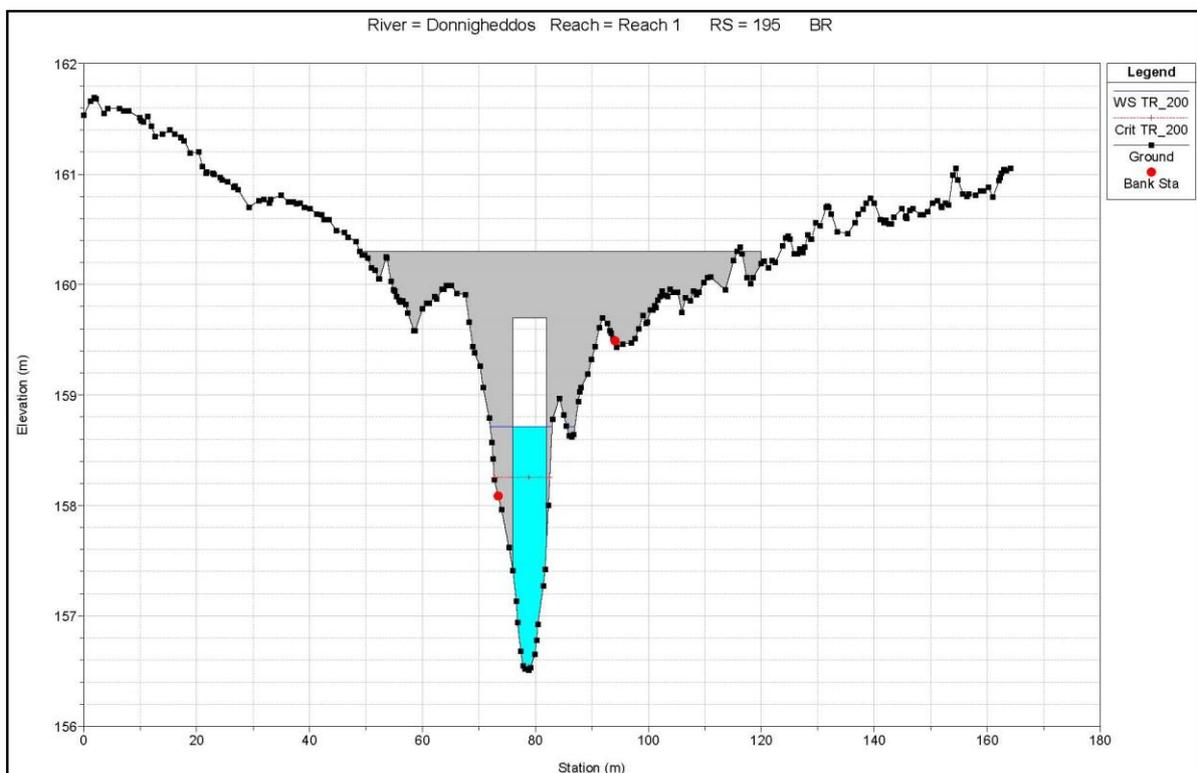
L'attraversamento G191_SC_0019 è localizzato sul Riu DONNIGHEDDOS, a Nord dell'area industriale di Ottana. Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di circa 5.96 km².

L'opera è costituita da un ponte a campata unica, rettangolare con struttura in muratura in pietrame e solaio in trave c.a prefabbricate, avente una luce di dimensione (BXH) 6.00m x3.00.

Il ponte appare in buone condizioni per quando concerne le spalle, mentre il calcestruzzo del solaio appare talvolta ammalorato con distacco del copri ferro. Non vi sono evidenti segni di erosione alla base e alle spalle, sul fondo è presente materiale sabbioso-argilloso.

Come si osserva dalla simulazione, per la portata di verifica con tempo di ritorno pari a 200 anni

(pari a 30.68 m³/s), il franco idraulico risulta, se pur di poco, non verificato .



5.3.14 attraversamento RIU LONGHIU SC_0020 b.

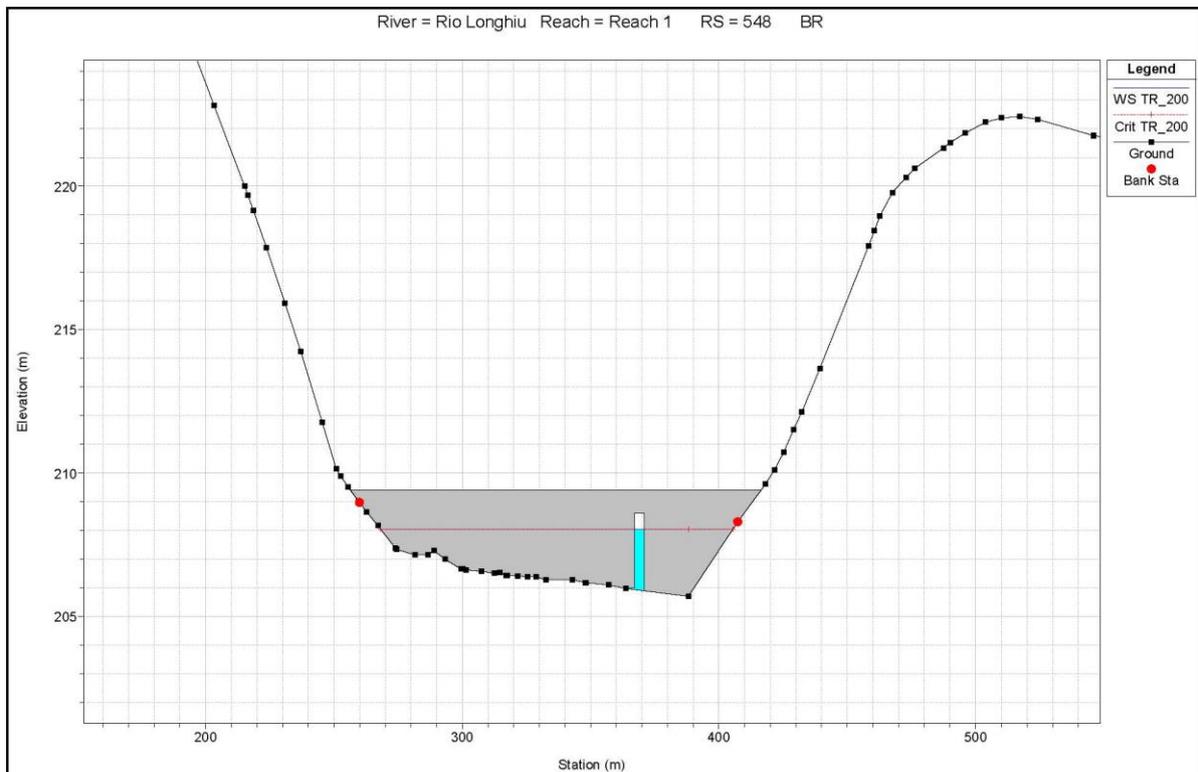
L'attraversamento G191_SC_0020b è localizzato sul Rio Longhiu, a Sud del centro abitato di Ottana. Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di circa 7.03 km².

L'opera è costituita da un ponte a campata unica, realizzato in calcestruzzo, avente una luce di dimensione (BXH) 4.00m x2.60.

Il ponte appare in buone condizioni strutturali e non vi sono evidenti segni di erosione alla base e alle spalle, sul fondo è presente materiale sabbioso-argilloso.

Come si osserva dalla simulazione, per la portata di verifica con tempo di ritorno pari a 200 anni

(pari a 40.16 m³/s), il franco idraulico risulta non verificato.



5.3.15 attraversamento TRAINU MERDARI SC_0023.

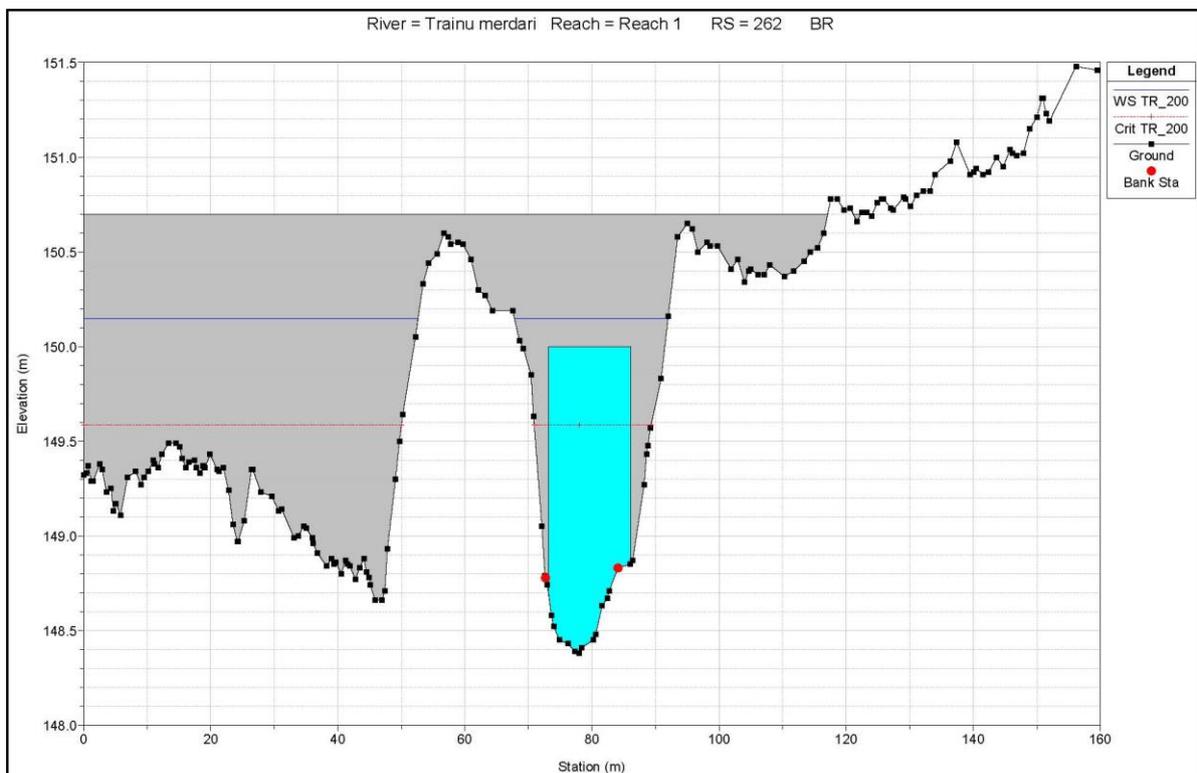
L'attraversamento G191_SC_0023 è localizzato sul Trainu Merdari, a Sud dell'area industriale di Ottana. Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di circa 7.99 km².

L'opera è costituita da un ponte a campata unica, realizzato in calcestruzzo, avente una luce di dimensione (BXH) 13.10m x1.30 m alla spalla e 1.60 m al centro della campata.

Il ponte appare in buone condizioni strutturali e non vi sono evidenti segni di erosione alla base e alle spalle, sul fondo è presente materiale sabbioso- argilloso.

Come si osserva dalla simulazione, per la portata di verifica con tempo di ritorno pari a 200 anni

(pari a 39.10 m³/s), la struttura sormontata della piena.



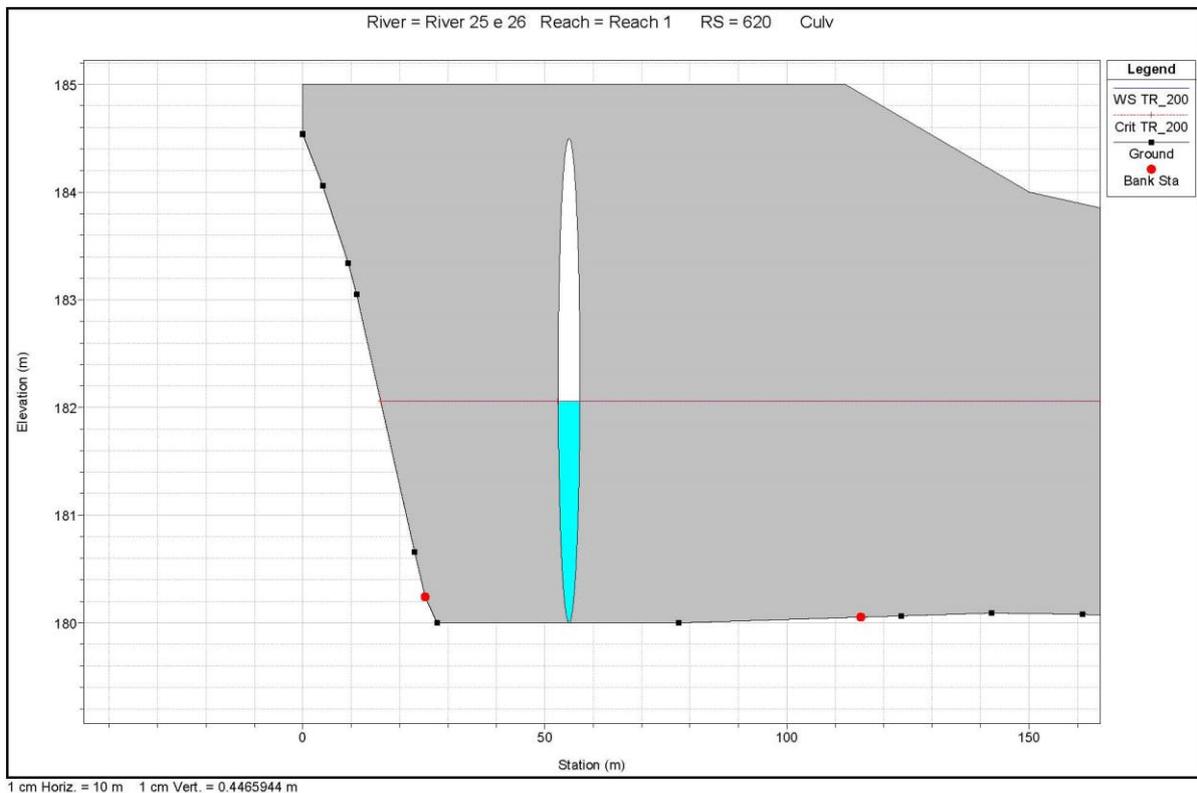
5.3.16 attraversamento TRAINU MERDARI SC 0024-26.

L'attraversamento G191_SC_0024-26 è localizzato sul Trainu Merdari, a Sud-ovest del centro abitato di Ottana. Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di circa 4.88 km².

L'opera è costituita da Tubazione in lamiera d'acciaio ondulata circolare del diametro di 4.50 m.

La tubazione appare in buone condizioni strutturali e non vi sono evidenti segni di erosione alla base e alle spalle, sul fondo è presente materiale sabbioso- argilloso.

Come si osserva dalla simulazione, per la portata di verifica con tempo di ritorno pari a 200 anni (pari a 27.99 m³/s), il franco idraulico è verificato.



L'attraversamento risulta essere verificato ai sensi della direttiva.

5.3.17 attraversamento TRAINU PEDRU CORBU SC_0027.

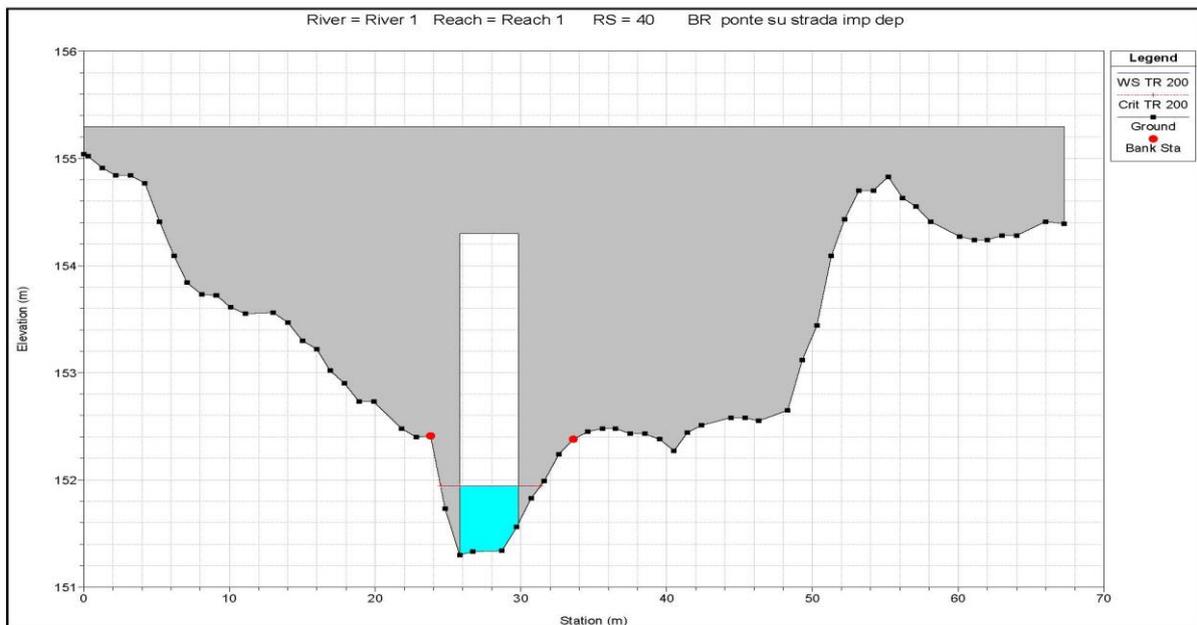
L'attraversamento G191_SC_0027 è localizzato sul Trainu Pedru Corbu , a Ovest dell'area industriale di Ottana. Il bacino idrografico sotteso ha una superficie di circa 0.63 km².

L'opera è costituita da un ponte a campata unica, realizzato in calcestruzzo, avente una luce di dimensione (BXH) 4.40m x 3.00.

Il ponte appare in buone condizioni strutturali e non vi sono evidenti segni di erosione alla base e alle spalle, sul fondo è presente materiale sabbioso-argilloso.

Come si osserva dalla simulazione, per la portata di verifica con tempo di ritorno pari a 200 anni

(pari a 5.50 m³/s), il franco idraulico è verificato.



L'attraversamento risulta essere verificato ai sensi della direttiva.

6. CALCOLO FRANCHI IDRAULICI

La valutazione del franco idraulico e del tempo di ritorno caratteristico delle opere è stata fatta secondo le normative della Regione Sardegna. In particolare, per quanto riguarda il franco idraulico, questo viene misurato come distanza fra l'intradosso della sezione dell'attraversamento e il livello idrico relativo alla portata avente tempo di ritorno di 200 anni (Δh) deve essere il valore massimo i valori di f1, f2 (1 metro), f3 e f4 calcolati tramite l'applicazione di tre diversi criteri di cui in questa sede si riportano le espressioni:

Di seguito, verrà descritto il procedimento seguito per il calcolo del franco idraulico (calcolato per ogni attraversamento oggetto di verifica).

La lettera d del comma 2 dell'art. 21 delle Norme tecniche di Attuazione del P.A.I, che disciplina il calcolo del franco idraulico, recita testualmente:

"d. garantiscano un franco sul livello della portata di progetto, per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s, pari a quanto indicato dall'analisi modellistica sul franco idraulico approvata dal Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino, corrispondente al massimo tra:

1) $0,7 v^2/2g$, dove v indica la velocità media della corrente;

2) un metro;

3) $0,87vy + \alpha y'$, dove y è la profondità media della corrente, y' è l'altezza della corrente areata e α un coefficiente che varia linearmente tra 0 e 1 quando la velocità varia tra 5 m/s e 15 m/s, con le limitazioni che il valore $0,87vy$ sarà assunto al massimo pari a 1,5 e y' viene assunto pari a 2 metri o alla profondità media, se questa risulta minore di 2. Per velocità superiori a 8 m/s il franco sarà almeno pari all'intera altezza cinetica $v^2/2g$;"

Nella Tabella 6 si riportano i valori dei franchi calcolati secondo la direttiva per gli attraversamenti che, con la portata con tempo di ritorno di 200 anni, non sono stati sormontati dalla piena.

Tabella 6 Calcolo del franco idraulico per gli attraversamenti non sormontati dalla portata con $T_r=200$ anni

Codice	Nome	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Δh	Verificato
SC_0003	091070_FIUME_107625	0.073	1.00	0.75	0.99	no
SC_0006	091070_FIUME_107625	0.041	1.00	0.90	0.85	no
SC_0013	RIU BADDE ROMA	0.019	1.00	1.24	2.80	si
SC_0019	RIU DONNIGHEDDOS	0.017	1.00	1.36	0.99	no
SC_0020b	RIU LONGHIU	0.038	1.00	0.72	0.56	no
SC_0024-26	TRAINU MERDARI	0.035	1.00	1.52	2.42	si
SC_0027	TRAINU PEDRU CORBU	0.061	1.00	0.82	2.36	si

Gli attraversamenti SC_0013, SC_0024-26 e SC_0027 sono verificati secondo la normativa sui franchi idraulici.

Per i restanti attraversamenti (Tabella 6.1), come richiesto dalla normativa, si è calcolato il tempo di ritorno critico.

Una volta calcolato ed individuato il franco idraulico di riferimento per un particolare attraversamento, è possibile calcolare il tempo di ritorno critico dell'opera così come da punto 3 della Direttiva. Per trovare tale dato si procede per iterazioni successive come segue: si dimezza il valore del franco calcolato, nel programma Hec-Ras si immettono valori delle portate sino a trovare quello che in quella particolare sezione (relativa al franco maggiore ottenuto per un tempo di ritorno di 200 anni), una volta calcolato il profilo di corrente, soddisfa il valore del franco (ridotto del 50%); ossia in quella particolare sezione avremo un'altezza idrometrica compatibile con il 50% del franco di riferimento.

Ottenuto il valore della portata, è necessario calcolare il valore del tempo di ritorno associato a tale dato, quindi è necessario tornare alle equazioni per il calcolo della portata di piena e di conseguenza della massima altezza di pioggia, ove si sono utilizzate le curve di possibilità pluviometrica basate sulla distribuzione di probabilità a quattro parametri TCEV (Two Component Extreme Value). Difatti, ora la variabile incognita non è più rappresentata dal valore della portata ma dal valore del tempo di ritorno dell'evento meteorico che ci garantisce tale portata.

Si è imposto il 50% del franco calcolato con il criterio 2 (1 m).

Tabella 6.1 Portate critiche per gli attraversamenti non verificati.

Codice	Nome	Portata critica (m3/s)	tempo di ritorno critico
SC_0003	091070_FIUME_107625	7.15	189.7
SC_0004	091070_FIUME_107625	0.3	<2
SC_0005	091070_FIUME_107625	0.6	<2
SC_0006	091070_FIUME_107625	7.35	195.2
SC_0010	091070_FIUME_89488	4.6	14.2
SC_0015	RIU BINZAS	55	10
SC_0016	RIU BINZAS	26	<5
SC_0017	RIU BINZAS	36	6
SC_0018	RIU BINZAS	59	14.7
SC_0019	RIU DONNIGHEDDOS	29.7	179.4
SC_0020b	RIU LONGHIU	22	33.7
SC_0023	TRAINU MERDARI	23	29.7

7. CONDIZIONI DI STABILITÀ DEGLI ATTRAVERSAMENTI

La direttiva approvata dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino con delibera n. 1 del 20-05-2015 dispone che i manufatti delle opere interferenti debbano essere sottoposte alla verifica di stabilità strutturale rispetto ad una serie di processi di seguito elencati:

- Verifica sia a monte che a valle dei processi erosivi che si innescano sulle pile delle opere interferenti;
- Verifica di eventuali fenomeni franosi che si possano innescare in prossimità delle opere interferenti nonché che possano coinvolgere parti delle strutture stesse tali da determinare situazioni d'instabilità;
- Verifica sulla possibile presenza di colate detritiche che si possono innescare a monte delle opere interferenti e valutazione dei possibili percorsi delle stesse;
- Valutazione del trasporto solido.

Non si rilevano situazioni d'instabilità particolari sia nei tracciati dei corsi d'acqua esaminati né sulle opere interferenti classificate come ponti, non sono presenti fenomeni franosi né in atto né potenziali tali da generare un trasporto solido che possa incidere sulla funzionalità dell'opera, in particolare si rileva un trasporto solido ordinario, costituito da materiale sabbioso ghiaioso, ma sono assenti gli accumuli detritici, che possano creare situazioni di instabilità sulle opere interferenti.

Situazione diversa si rileva sulle opere interferenti caratterizzate da tubolari cilindrici, le quali risultano spesso occluse da folta vegetazione che trattiene il materiale ordinario trasportato dal corso d'acqua, costituito da materiale sabbioso ghiaioso. Queste situazioni critiche si rilevano sugli attraversamenti seguenti:

- SC_0008;
- SC_0009;
- SC_0014;
- SC_0020 a.