



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



COMUNE DI SAN GIOVANNI SUERGIU
PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA

Impianto di smaltimento controllato per i rifiuti non pericolosi.

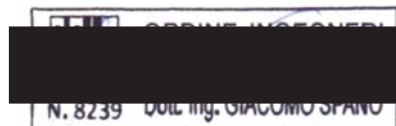
ELABORATO:

*Relazione Asseverata relativa all'opera
di immissione sul rio di Monserrato*

Rev	Data	Descrizione	Approvazione.
00	Luglio_2025		

Tecnici

Dott. Ing. Giacomo Spano



Dott.ssa geol. Maria Luisa Biggio



Sommario

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3. IDROGRAFIA DEL TERRITORIO	5
4. GEOLOGIA DEL TERRITORIO.....	7
5. INQUADRAMENTO PAI.....	10
DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA HI	11
6. STRALCIO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITÀ VIGENTE.....	13
7. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	18
8. AMMISSIBILITA' DELL'INTERVENTO	20
9. VERIFICA DEL CORPO IDRICO RECETTORE.....	21
CALCOLO DELLA PORTATA DI PROGETTO.....	35
CODICE DI CALCOLO HEC-RAS	36
RISULTATI DELLA SIMULAZIONE.....	46
CONFRONTO PROFILI DI MOTO PERMANENTE	47
SEZIONI SIMULAZIONE ANTE INTERVENTO	50
SEZIONI SIMULAZIONE POST INTERVENTO	58
10. ASSEVERAZIONE.....	66

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica asseverata, a firma dei tecnici dott. Ing. Giacomo Spano e dott. Geol. Maria Luisa Biggio è relativa a un'opera di immissione in un elemento idrico del reticolo idrografico della Regione Sardegna.

Tale opera di immissione proviene dal sistema di raccolta delle acque meteoriche relativo a un impianto di smaltimento controllato per rifiuti speciali non pericolosi, ubicato in località " Su Giri de sa Murta" nel comune di San Giovanni Suergiu.

L'acqua proveniente dal sistema di raccolta delle acque viene stoccata in due vasche di accumulo e l'eccedenza viene convogliata, tramite una tubazione in PVC del diametro di 300 mm, verso il rio di Monserrato.

Il rio di Monserrato è stato oggetto di studio di assetto idrogeologico e l'area dove ricade l'opera di immissione risulta perimetrata con pericolosità idraulica molto elevata Hi4.

L'art.23 delle NTA del PAI fornisce prescrizioni generali per tutti gli interventi ammessi nelle aree di pericolosità idrogeologica e stabilisce norme specifiche per prevenire, attraverso la regolamentazione degli interventi ammissibili, i pericoli idrogeologici e la formazione di nuove condizioni di rischio idrogeologico.

L'opera di immissione è consentita e regolata dall'art. 27 delle NTA del PAI.

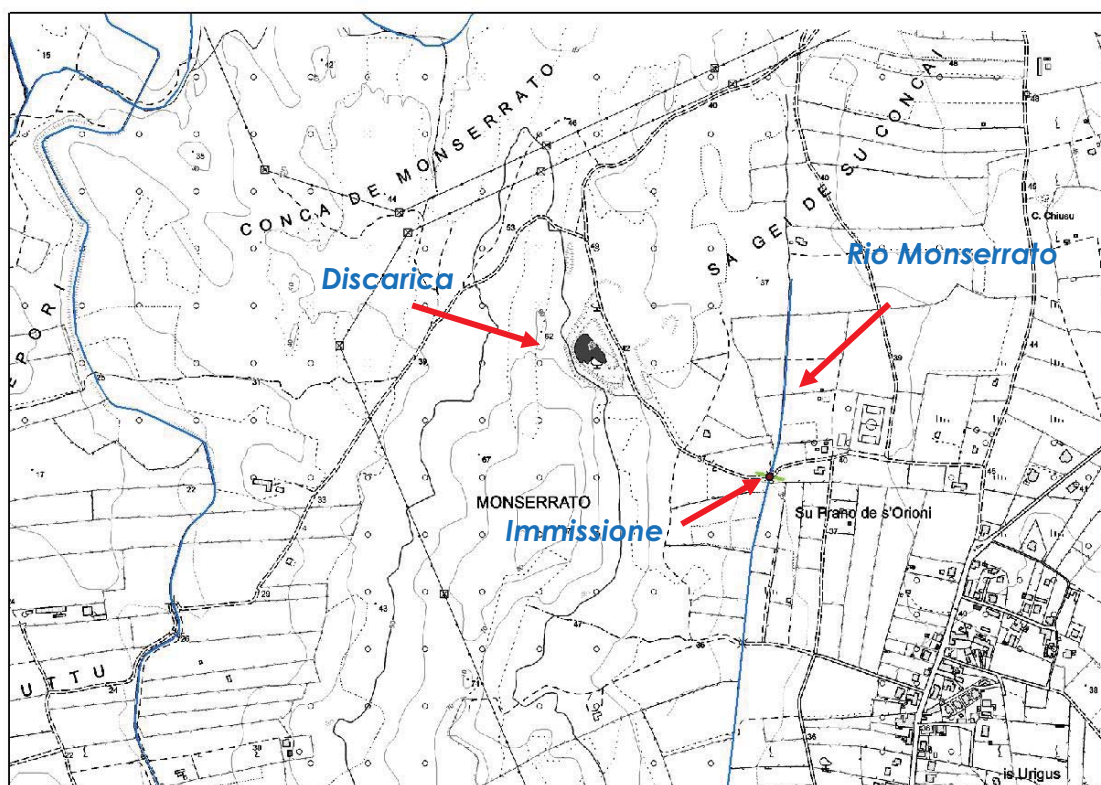
La presente relazione tecnica asseverata ha lo scopo di dimostrare, come richiesto dall'art. 27 comma 3 lettera h, delle NTA del PAI, che le portate immesse nell'elemento idrico recettore, non ne modificano il regime idraulico, non riducono la sezione idraulica utile al deflusso e non determinano l'erosione delle sponde e del fondo alveo.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito in oggetto è ubicato nella località " Su Gire de sa Murta" nel comune di San Giovanni Suergiu (SU) ed insiste sul sedime di una cava attualmente in esercizio per materiali di cui all'art.2 comma 1 lett. B) e C) della L.R. 30/89 "Argille e vulcaniti".

I riferimenti cartografici sono rappresentati da:

- Cartografia I.G.M nel Foglio 564 Sez. IV "Calasetta"
- Carta Tecnica Regionale (CTR) foglio 654 060 " Matzaccara"

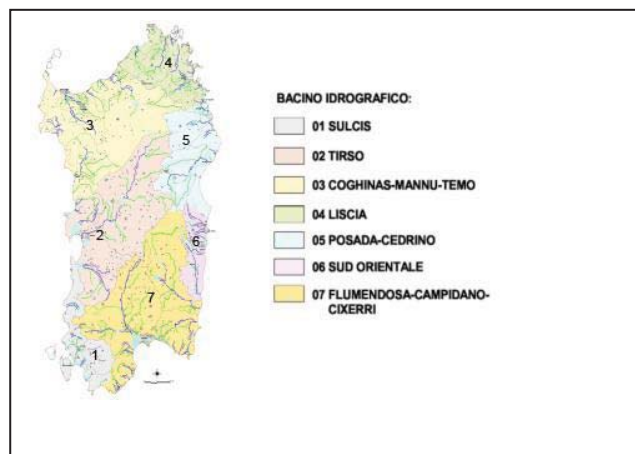


Carta Tecnica Regionale (CTR) foglio 654 060 " Matzaccara"

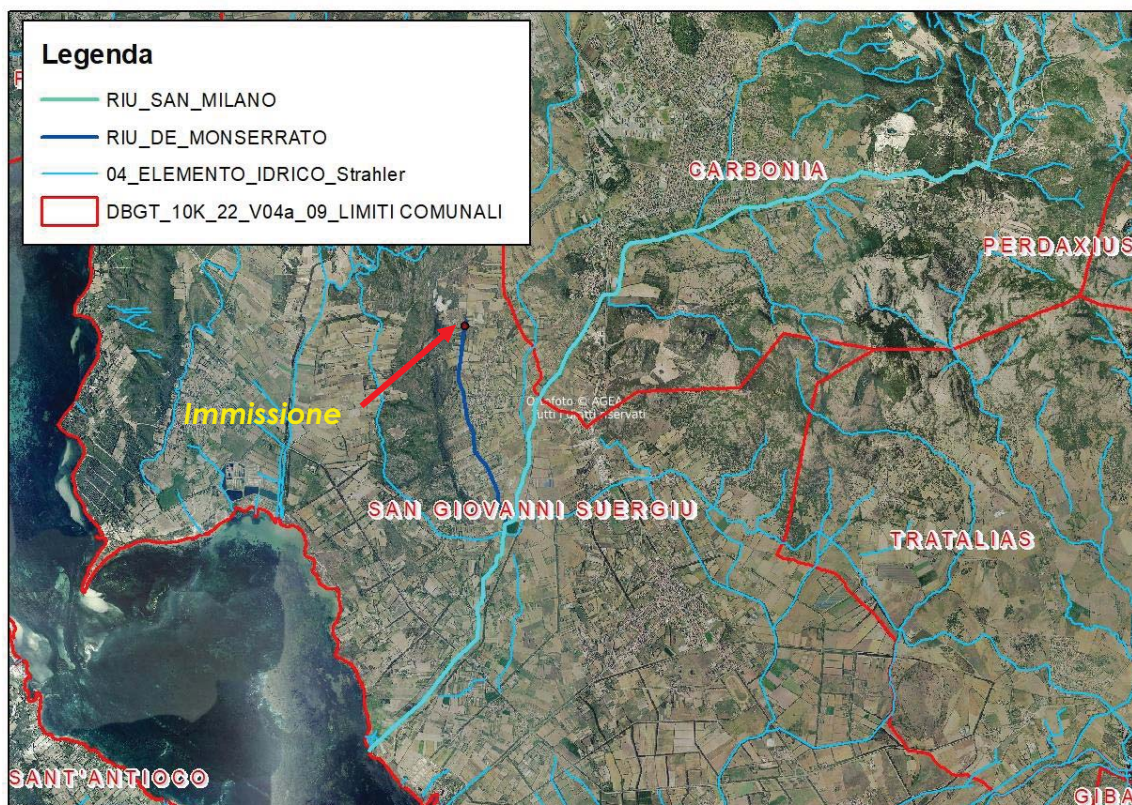
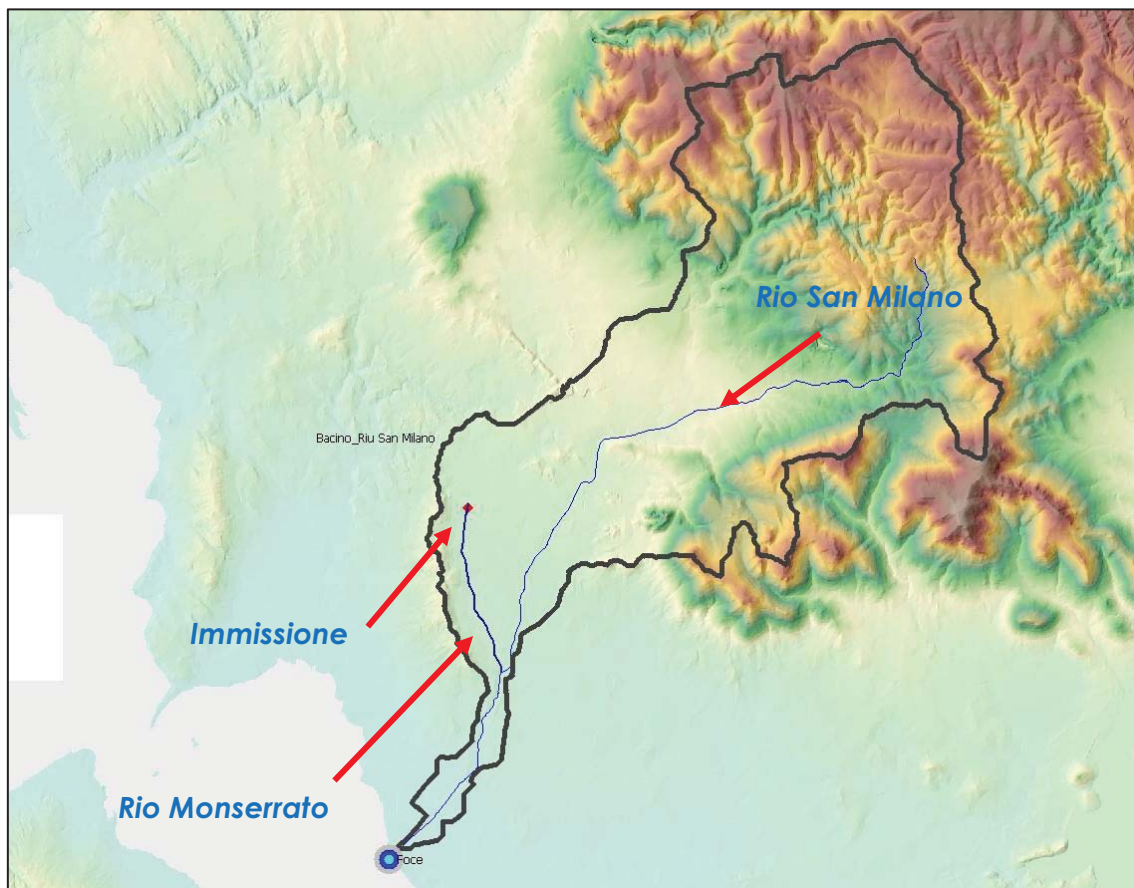
3. IDROGRAFIA DEL TERRITORIO

Il PAI si applica nel bacino idrografico unico regionale della Regione Sardegna, corrispondente all'intero territorio regionale, comprese le isole minori, che ai sensi della Deliberazione della Giunta Regionale n. 45/57 del 30.10.1990 è suddiviso nei seguenti sette sottobacini:

- **sub-bacino n.1 Sulcis;**
- sub-bacino n.2 Tirso;
- sub-bacino n.3 Coghinas-Mannu-Temo;
- sub-bacino n.4 Liscia;
- sub-bacino n.5 Posada-Cedrino;
- sub-bacino n.6 Sud-Orientale;
- sub-bacino n.7 Flumendosa-Campidano-Cixerri



L'opera di immissione oggetto di analisi si trova nel sub Bacino 1- Sulcis sul rio de Monserrato affluente in destra idraulica del Rio San Milano che attraversa in direzione nord-sud il territorio comunale di Carbonia e di San Giovanni Suergiu e sfocia a nord del ponte romano di Sant'Antioco in località Sa Terredda.



Idrografia del territorio

4. GEOLOGIA DEL TERRITORIO

L'analisi delle informazioni in possesso ha consentito la caratterizzazione geologico stratigrafica che peculiarizza il comparto in esame. L'area vasta è decisamente connotata dalla presenza delle coperture vulcanico-sedimentarie oligo-mioceniche ascrivibili alla Serie Ignimbritica *Auct* della Sardegna sudoccidentale e dai depositi quaternari rappresentati da sabbie e arenarie che costituiscono i termini di origine alluvionale posti a copertura delle litologie vulcaniche. Tali depositi sono riconducibili alle litofacies del Subsistema di Portovesme, rappresentati da ghiaie alluvionali terrazzate a granulometria da media a grossolana, con intercalate sabbie generalmente a granulometria media. Le formazioni geologiche che affiorano nell'area interessata possono essere elencate dall'alto verso il basso secondo il seguente ordine stratigrafico:

Rioliti di Nuraxi (NUR) - Langhiano

Si tratta di depositi piroclastici di flusso, densamente saldati, porfirici per plagioclasio e sanidino, con tessitura da eutassitica a paratassitica, spesso reomorfici, a composizione riolitica; sovente presentano un livello vitrofirico alla base (15,8 0,2 Ma). Queste rioliti sono caratterizzate da una generale massività e da una forte saldatura, il colore d'insieme varia dal grigio al rosso cupo, con strutture marcatamente porfiriche o glomeroporfiriche per feldspati. Questo litotipo di norma non si presenta quasi mai frammentato, raramente è stata osservata la presenza di liste vescicolate allineate lungo le linee di flusso. L'unità, oltre a presentare spessore sempre notevole, presenta un'estensione areale tale da influenzare il paesaggio dal punto di vista morfologico.

Rioliti di Monte Ulmus (ULM) Miocene Medio - Langhiano

Note in letteratura come *Lipariti "t2" Auct.* Sono rappresentate da depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, a chimismo riolitico iperalcalino, con cristalli liberi di Sanidino e Quarzo e subordinati Clinopirosseni, Biotite ed Enigmatite. Si tratta di un litotipo di colore grigio bruno, densamente saldato, con tessitura eutassitica.

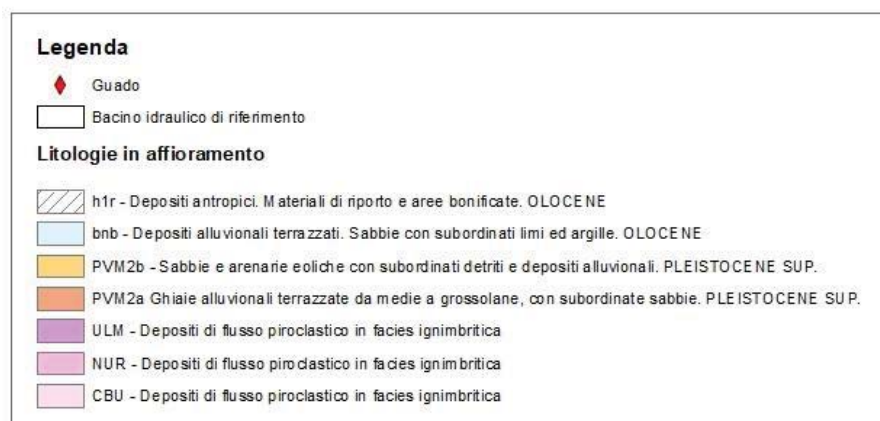
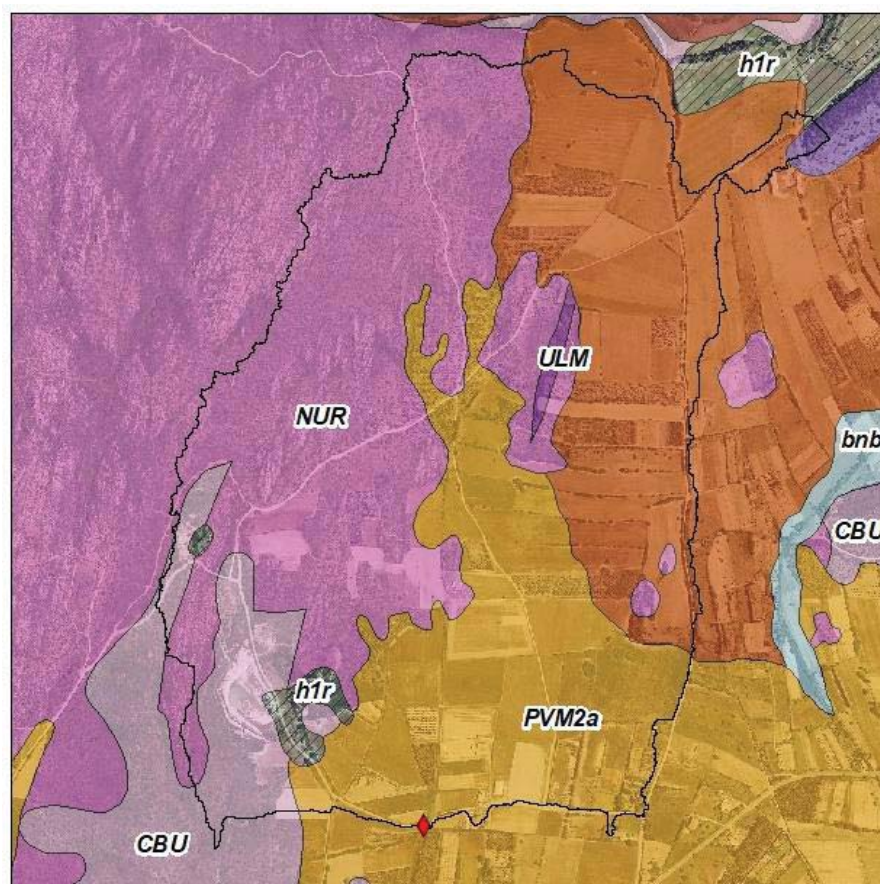
Rioliti di Monte Monte Crobu (CBU) - Miocene Medio - Langhiano

Sono rappresentate da depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica a chimismo riolitico, con cristalli liberi di Sanidino, Plagioclasio, e subordinati Pirosseni, Olivina e Biotite.

LITOFACIES NEL SUBSISTEMA DI PORTOSCUSO (SISTEMA DI PORTOVESME) – PLEISTOCENE SUP.

Si tratta, come detto precedentemente, di una formazione costituita prevalentemente da ghiaie e subordinate sabbie di origine alluvionale. Questo litotipo si presenta sovente terrazzato e con granulometria da media a grossolana. Spesso all'interno si rinvencono intercalazioni di livelli detritici di versante o orizzonti colluviali.

Di seguito si riporta uno stralcio della carta geologica prodotta (fonte CARG - CARTografia Geologica) in scala 1:5.000, e verificata in situ, che mostra le litologie in nell'area in studio e nel suo intorno.



INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'assetto geomorfologico dell'area è fortemente condizionato dalle caratteristiche dei litotipi presenti e dal loro grado di resistenza all'erosione; il comparto connotato dalle classiche successioni di depositi piroclastici in facies ignimbratica con giacitura a terrazza, o a colata, a seconda che prevalgano le rocce a composizione acida o basica.

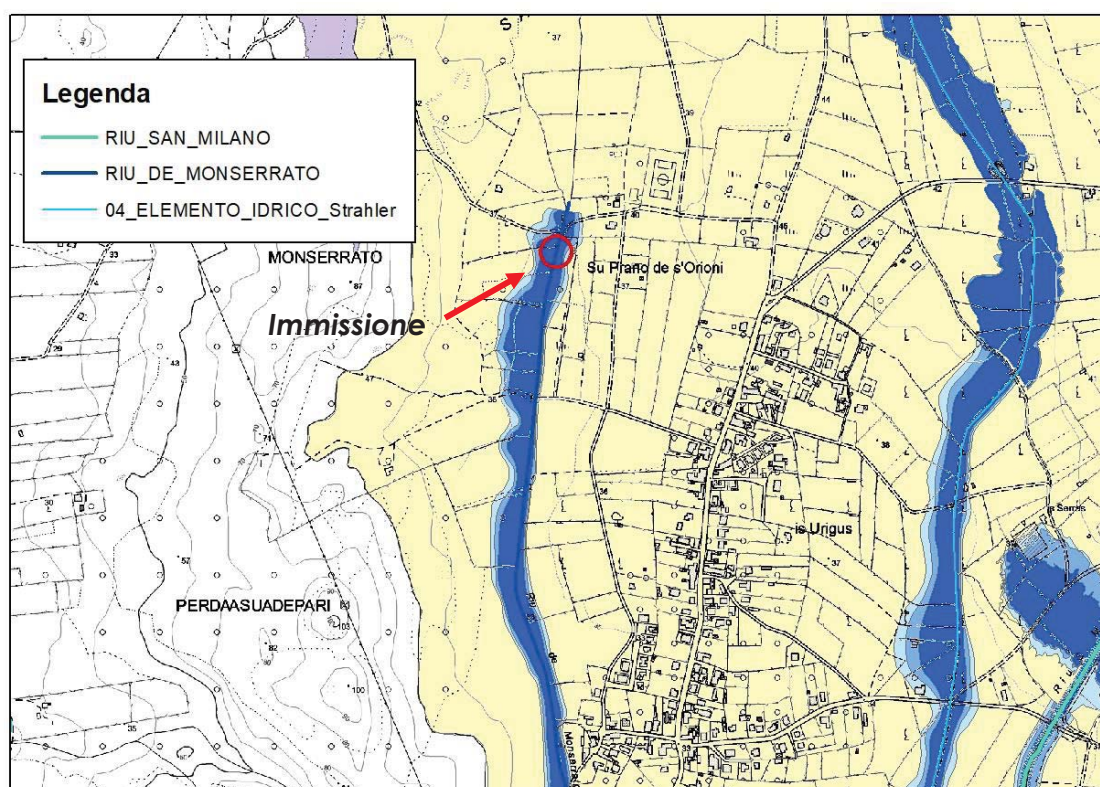
L'unità fisiografica è quella di paesaggio collinare di raccordo con la piana costiera, derivata dallo spianamento della coltre vulcanica e successiva deposizione di sabbie di origine eolica per spessori anche rilevanti. In corrispondenza degli affioramenti delle formazioni riolitiche e riodacitiche, la morfologia assume un aspetto più aspro e movimentato, con presenza di terrazzi e scarpate morfologiche.

5. INQUADRAMENTO PAI

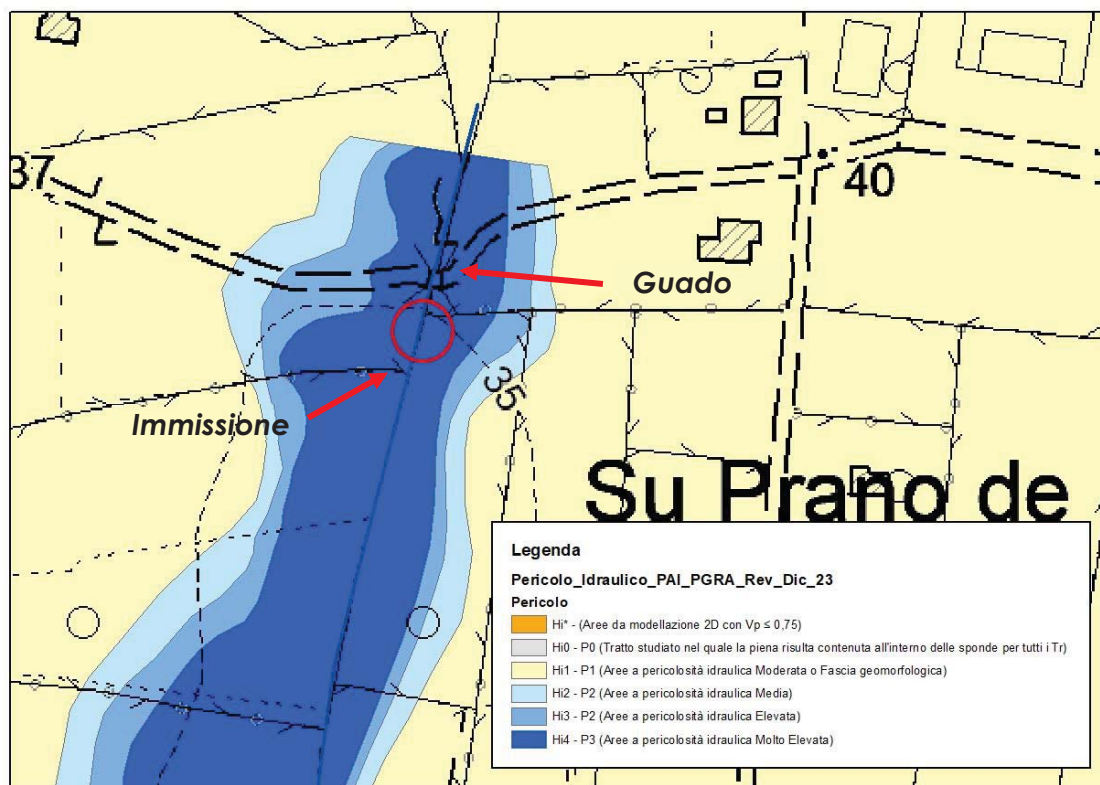
Nell'area dove ricade l'oggetto di intervento è vigente, ai sensi degli artt. 8 e 37 delle Norme di Attuazione de Pai, la variante puntuale al PAI del comune di San Giovanni Suergiu di cui alla Deliberazione del Consiglio Comunale n.14 del 25.06.2020, approvata con determinazione del Segretario Generale n.29 del 10.03.2021.

Lo stesso studio è stato in seguito oggetto di aggiornamento a seguito della verifica del reticolo idrografico secondo l'art. 30 ter approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale n.8 del 19/04/2023

L'opera di immissione ricade 5 metri a valle del guado lungo il rio di Monserrato, in aree a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4).



Inquadramento PAI in scala 1:10.000



Inquadramento PAI in scala 1:2.000

DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA HI

La pericolosità idraulica è definita come la probabilità di superamento della portata al colmo di piena; in accordo al DPCM 29/09/98 è ripartita in 4 livelli, pari a 0.02, 0.01, 0.005, 0.002, che corrispondono ai periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

Pericolosità		Frequenza (1/T)	Periodo di ritorno (T anni)
Hi1	Bassa	0.002	500
Hi2	Moderata	0.005	200
Hi3	Alta	0.01	100
Hi4	Molto alta	0.02	50

Tabella pericolosità da linee guida PAI

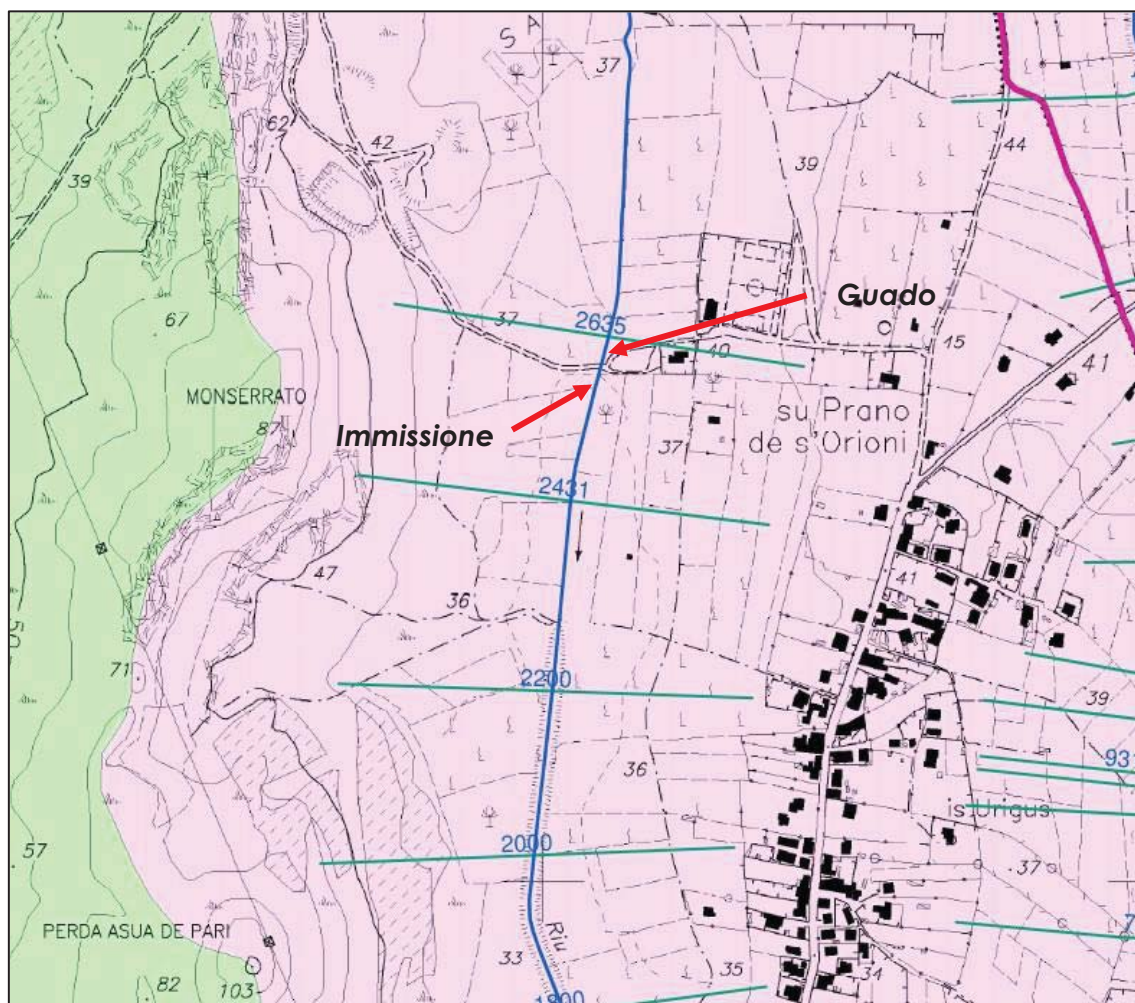
Scopo di una indagine idraulica è quello di calcolare i livelli idrici nei singoli tratti per poi verificare se sono contenuti o meno all'interno delle sezioni arginate prestabilite. Vengono considerate come allagabili tutte le porzioni di territorio limitrofe al corso d'acqua le cui quote del piano di campagna risultano minori di quelle del pelo libero della corrente nelle

sezioni considerate. In questo modo vengono individuate le aree potenzialmente a rischio secondo la classificazione della tabella sopra indicata:

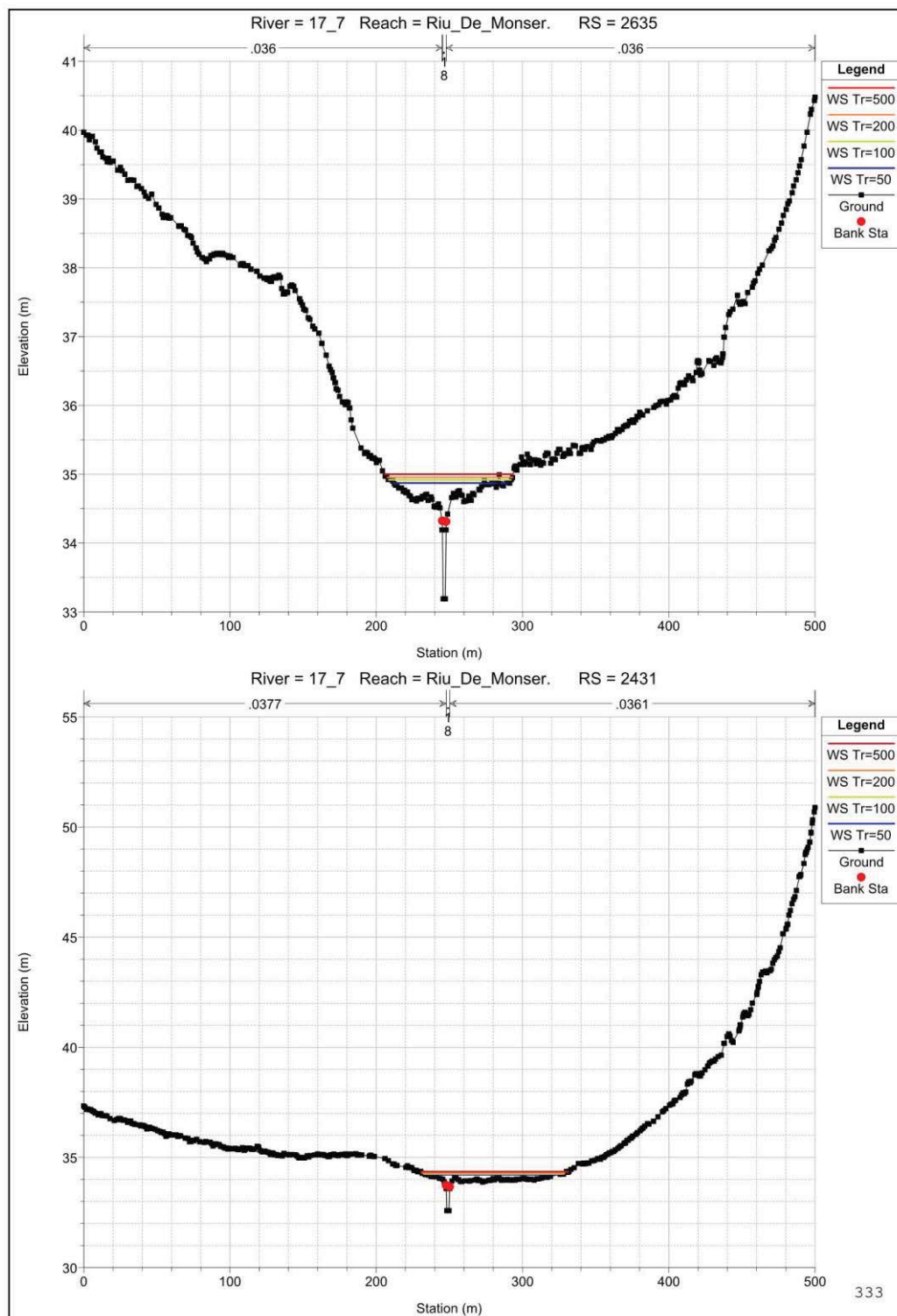
- **AREA Hi4: Ad alta probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 50 anni**
- AREA Hi3: Ad alta probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 100 anni
- AREA Hi2: Ad alta probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 200 anni
- AREA Hi1: Ad alta probabilità di inondazione se allagata con portata con tempo di ritorno minore o uguale a 500 anni

6. STRALCIO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITÀ VIGENTE

Dalla TAV.5-SEZIONI MODELLO HEC-RAS allegata allo studio denominato " ADEGUAMENTO del PUC al PAI e al PPR – STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SAN GIOVANNI SUERGIU" si è dedotto che l'opera di immissione si trova tra le sezioni 2635 e 2431, sul rio di Monserrato. Di seguito si riporta la planimetria, le sezioni della simulazione idraulica e la tabella dei risultati della modellazione idraulica sul rio di Monserrato.



Sezioni idrauliche dello studio vigente



Tiranti idrici dello studio vigente

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total [m³/s]	Min Ch El [m]	W.S. Elev [m]	Crt W.S. [m]	E.G. Elev [m]	Vel Chnl [m/s]	Flow Area [m²]	Top Width [m]	Froude # Chi	LOB Elev [m]	ROB Elev [m]
17_6	Riu_San_Milano_1	599	T=50	78.80	23.92	26.54	25.60	26.79	2.20	35.88	17.29	0.49	26.47	26.67
17_6	Riu_San_Milano_1	380	T=50	78.80	22.00	24.49	23.68	24.78	2.36	33.34	16.27	0.53	25.03	25.31
17_6	Riu_San_Milano_1	193	T=50	78.80	20.00	22.84	21.68	23.05	2.01	39.17	17.26	0.43	24.04	24.09
17_6	Riu_San_Milano_1	45	T=50	78.80	18.90	22.06	20.58	22.20	1.69	46.67	19.36	0.35	22.37	22.25
17_7	Riu_De_Monser.	2635	T=50	7.00	33.19	34.87	34.47	34.88	0.28	15.76	73.13	0.07	34.32	34.31
17_7	Riu_De_Monser.	2431	T=50	7.00	32.58	34.21		34.22	0.21	20.47	88.94	0.05	33.73	33.66
17_7	Riu_De_Monser.	2200	T=50	7.00	32.08	33.75		33.76	0.23	16.68	64.03	0.06	33.28	33.14
17_7	Riu_De_Monser.	2000	T=50	7.00	31.30	33.33		33.34	0.28	17.41	71.52	0.07	32.36	32.56
17_7	Riu_De_Monser.	1800	T=50	7.00	30.76	32.73		32.75	0.38	12.26	44.88	0.09	31.92	31.95
17_7	Riu_De_Monser.	1600	T=50	7.00	30.00	31.85		31.87	0.36	12.36	41.04	0.09	31.23	31.14
17_7	Riu_De_Monser.	1400	T=50	7.00	28.80	30.84		30.90	0.49	9.21	22.52	0.12	29.91	29.90
17_7	Riu_De_Monser.	1197	T=50	7.00	27.48	29.53		29.55	0.40	13.27	65.46	0.09	28.58	28.76
17_7	Riu_De_Monser.	1022	T=50	7.00	27.00	28.90	28.16	28.91	0.17	24.91	97.45	0.04	28.00	28.18
17_7	Riu_De_Monser.	994	T=50	7.00	26.90	28.63	28.63	28.81	1.54	4.02	16.18	0.47	27.90	28.08
17_7	Riu_De_Monser.	970												
Culvert														
17_7	Riu_De_Monser.	961	T=50	7.00	26.59	28.44		28.46	0.65	11.26	65.76	0.15	27.80	27.74
17_7	Riu_De_Monser.	941	T=50	7.00	26.18	28.31		28.34	0.45	10.22	48.90	0.10	27.32	27.54
17_7	Riu_De_Monser.	800	T=50	7.00	25.38	27.51		27.54	0.42	10.37	48.49	0.10	26.50	26.56
17_7	Riu_De_Monser.	670	T=50	7.00	25.20	26.90		26.92	0.32	14.44	66.41	0.08	26.31	26.23
17_7	Riu_De_Monser.	623	T=50	7.00	24.92	26.57		26.64	0.55	7.41	27.41	0.14	25.95	26.00
17_7	Riu_De_Monser.	605	T=50	7.00	24.43	26.58		26.60	0.15	16.87	30.25	0.04	25.55	25.53
17_7	Riu_De_Monser.	566	T=50	7.00	24.40	26.51		26.54	0.41	11.49	61.79	0.09	26.15	25.99
17_7	Riu_De_Monser.	390	T=50	7.00	23.19	25.48		25.49	0.43	12.92	43.54	0.10	24.41	24.36
17_7	Riu_De_Monser.	159	T=50	7.00	22.93	24.33	24.20	24.43	0.82	5.85	18.29	0.24	24.12	24.02
17_7	Riu_De_Monser.	60	T=50	7.00	21.91	23.17	23.17	23.29	1.03	5.25	26.67	0.32	23.02	23.08
17_8	Riu_San_Milano	3373	T=50	75.70	18.69	21.65	20.41	21.81	1.80	42.02	18.73	0.38	22.69	22.56
17_8	Riu_San_Milano	3342	T=50	75.70	18.51	21.44	20.34	21.63	1.94	38.94	18.20	0.42	22.29	22.41
17_8	Riu_San_Milano	3312	T=50	75.70	18.46	21.18	20.25	21.40	2.10	36.04	18.46	0.48	21.83	21.93
17_8	Riu_San_Milano	3300												
Bridge														
17_8	Riu_San_Milano	3283	T=50	75.70	18.26	20.96	19.90	21.15	1.91	39.63	20.26	0.44	21.76	21.81



River	Reach	River Sta	Profile	Q Total [m³/s]	Min Ch El [m]	W.S. Elev [m]	Crt W.S. [m]	E.G. Elev [m]	Vel Chnl [m/s]	Flow Area [m²]	Top Width [m]	Froude # Chi	LOB Elev [m]	ROB Elev [m]
17_6	Riu_San_Milano_1	45	T=100	98.10	18.90	22.41	20.82	22.58	1.83	53.60	20.46	0.36	22.37	22.25
17_7	Riu_De_Monser.	2635	T=100	9.20	33.19	34.92	34.72	34.93	0.29	19.36	82.29	0.07	34.32	34.31
17_7	Riu_De_Monser.	2431	T=100	9.20	32.58	34.25		34.26	0.21	24.41	95.65	0.05	33.73	33.66
17_7	Riu_De_Monser.	2200	T=100	9.20	32.08	33.80		33.82	0.24	19.95	69.70	0.06	33.28	33.14
17_7	Riu_De_Monser.	2000	T=100	9.20	31.30	33.38		33.39	0.29	20.76	76.37	0.07	32.36	32.56
17_7	Riu_De_Monser.	1800	T=100	9.20	30.76	32.79		32.81	0.38	14.97	52.67	0.09	31.92	31.95
17_7	Riu_De_Monser.	1600	T=100	9.20	30.00	31.91		31.93	0.37	14.69	43.28	0.09	31.23	31.14
17_7	Riu_De_Monser.	1400	T=100	9.20	28.80	30.93		30.98	0.51	11.28	27.61	0.12	29.91	29.90
17_7	Riu_De_Monser.	1197	T=100	9.20	27.48	29.58	28.76	29.60	0.42	16.72	87.59	0.10	28.58	28.76
17_7	Riu_De_Monser.	1022	T=100	9.20	27.00	28.97	28.25	28.97	0.13	40.98	172.65	0.03	28.00	28.18
17_7	Riu_De_Monser.	994	T=100	9.20	26.90	28.73	28.73	28.91	1.13	5.73	18.54	0.33	27.90	28.08
17_7	Riu_De_Monser.	970												
Culvert														
17_7	Riu_De_Monser.	961	T=100	9.20	26.59	28.48		28.51	0.63	14.28	75.35	0.15	27.80	27.74
17_7	Riu_De_Monser.	941	T=100	9.20	26.18	28.36		28.39	0.46	13.29	57.21	0.10	27.32	27.54
17_7	Riu_De_Monser.	800	T=100	9.20	25.38	27.57		27.61	0.42	13.78	55.33	0.10	26.50	26.56
17_7	Riu_De_Monser.	670	T=100	9.20	25.20	26.95		26.97	0.33	17.55	69.80	0.09	26.31	26.23
17_7	Riu_De_Monser.	623	T=100	9.20	24.92	26.66		26.70	0.52	11.73	71.24	0.13	25.95	26.00
17_7	Riu_De_Monser.	605	T=100	9.20	24.43	26.64		26.66	0.19	18.90	40.38	0.04	25.55	25.53
17_7	Riu_De_Monser.	566	T=100	9.20	24.40	26.57		26.59	0.41	16.61	91.35	0.09	26.15	25.99
17_7	Riu_De_Monser.	390	T=100	9.20	23.19	25.54	24.56	25.56	0.42	15.92	51.66	0.09	24.41	24.36
17_7	Riu_De_Monser.	159	T=100	9.20	22.93	24.39	24.31	24.51	0.82	6.96	19.86	0.23	24.12	24.02
17_7	Riu_De_Monser.	60	T=100	9.20	21.91	23.23	23.23	23.35	0.85	6.99	31.01	0.26	23.02	23.08
17_8	Riu_San_Milano	3373	T=100	93.70	18.69	21.99	20.63	22.18	1.93	48.53	19.71	0.39	22.69	22.56
17_8	Riu_San_Milano	3342	T=100	93.70	18.51	21.77	20.56	21.99	2.07	45.19	19.29	0.43	22.29	22.41
17_8	Riu_San_Milano	3312	T=100	93.70	18.46	21.51	20.48	21.76	2.20	42.53	20.28	0.49	21.83	21.93
17_8	Riu_San_Milano	3300												
Bridge														
17_8	Riu_San_Milano	3283	T=100	93.70	18.26	21.30	20.11	21.50	2.00	46.78	22.53	0.44	21.76	21.81
17_8	Riu_San_Milano	3234	T=100	93.70	17.67	20.99	19.70	21.18	1.91	48.10	23.33	0.42	21.16	20.97
17_8	Riu_San_Milano	3168	T=100	93.70	17.45	20.54	19.40	20.74	1.97	47.52	23.80	0.45	20.64	20.75
17_8	Riu_San_Milano	3045	T=100	93.70	16.73	19.77	18.50	19.93	1.77	52.89	27.75	0.41	20.11	20.07

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total [m³/s]	Min Ch El [m]	W.S. Elev [m]	Crt W.S. [m]	E.G. Elev [m]	Vel Chnl [m/s]	Flow Area [m²]	Top Width [m]	Froude # Chi	LOB Elev [m]	ROB Elev [m]
17_6	Riu_San_Milano_1	45	T=200	118.10	18.90	22.71	21.04	22.91	1.97	60.03	21.48	0.37	22.37	22.25
17_7	Riu_De_Monser.	2635	T=200	11.60	33.19	34.95	34.74	34.97	0.29	22.34	84.96	0.08	34.32	34.31
17_7	Riu_De_Monser.	2431	T=200	11.60	32.58	34.29		34.30	0.21	28.51	97.73	0.05	33.73	33.66
17_7	Riu_De_Monser.	2200	T=200	11.60	32.08	33.85		33.86	0.25	23.02	71.01	0.06	33.28	33.14
17_7	Riu_De_Monser.	2000	T=200	11.60	31.30	33.42		33.44	0.28	24.16	77.41	0.06	32.36	32.56
17_7	Riu_De_Monser.	1800	T=200	11.60	30.76	32.84		32.86	0.39	17.82	56.84	0.09	31.92	31.95
17_7	Riu_De_Monser.	1600	T=200	11.60	30.00	31.97		32.00	0.38	17.87	54.32	0.09	31.23	31.14
17_7	Riu_De_Monser.	1400	T=200	11.60	28.80	30.99		31.05	0.52	12.96	29.85	0.12	29.91	29.90
17_7	Riu_De_Monser.	1197	T=200	11.60	27.48	29.62	28.86	29.64	0.42	20.61	94.15	0.10	28.58	28.76
17_7	Riu_De_Monser.	1022	T=200	11.60	27.00	28.92	28.67	28.93	0.25	26.78	98.96	0.06	28.00	28.18
17_7	Riu_De_Monser.	994	T=200	11.60	26.90	28.90	28.90	28.90	0.13	43.85	212.90	0.04	27.90	28.08
17_7	Riu_De_Monser.	970												
Culvert														
17_7	Riu_De_Monser.	961	T=200	11.60	26.59	28.53		28.56	0.33	17.94	87.81	0.10	27.80	27.74
17_7	Riu_De_Monser.	941	T=200	11.60	26.18	28.42		28.45	0.45	16.86	71.46	0.10	27.32	27.54
17_7	Riu_De_Monser.	800	T=200	11.60	25.38	27.63		27.67	0.47	16.93	60.79	0.10	26.50	26.56
17_7	Riu_De_Monser.	670	T=200	11.60	25.20	26.98		27.00	0.35	19.96	74.66	0.09	26.31	26.23
17_7	Riu_De_Monser.	623	T=200	11.60	24.92	26.73		26.76	0.47	17.06	89.11	0.12	25.95	26.00
17_7	Riu_De_Monser.	605	T=200	11.60	24.43	26.70		26.71	0.22	21.73	69.21	0.05	25.55	25.53
17_7	Riu_De_Monser.	566	T=200	11.60	24.40	26.61		26.63	0.41	20.35	98.71	0.09	26.15	25.99
17_7	Riu_De_Monser.	390	T=200	11.60	23.19	25.58	24.60	25.61	0.44	18.61	64.60	0.10	24.41	24.36
17_7	Riu_De_Monser.	159	T=200	11.60	22.93	24.43	24.40	24.59	0.88	7.70	20.85	0.25	24.12	24.02
17_7	Riu_De_Monser.	60	T=200	11.60	21.91	23.27	23.27	23.41	0.89	8.06	32.06	0.26	23.02	23.08
17_8	Riu_San_Milano	3373	T=200	112.30	18.69	22.29	20.84	22.50	2.06	54.59	20.63	0.40	22.69	22.56
17_8	Riu_San_Milano	3342	T=200	112.30	18.51	22.06	20.78	22.31	2.20	50.94	20.31	0.44	22.29	22.41
17_8	Riu_San_Milano	3312	T=200	112.30	18.46	21.80	20.70	22.07	2.31	48.65	21.90	0.49	21.83	21.93
17_8	Riu_San_Milano	3300												
Bridge														
17_8	Riu_San_Milano	3283	T=200	112.30	18.26	21.58	20.33	21.80	2.10	53.47	25.26	0.46	21.76	21.81
17_8	Riu_San_Milano	3234	T=200	112.30	17.67	21.26	19.92	21.47	2.02	55.64	25.82	0.43	21.16	20.97
17_8	Riu_San_Milano	3168	T=200	112.30	17.45	20.82	19.62	21.03	2.07	54.25	25.68	0.45	20.64	20.75
17_8	Riu_San_Milano	3045	T=200	112.30	16.73	20.06	18.71	20.23	1.81	61.87	33.44	0.43	20.11	20.07

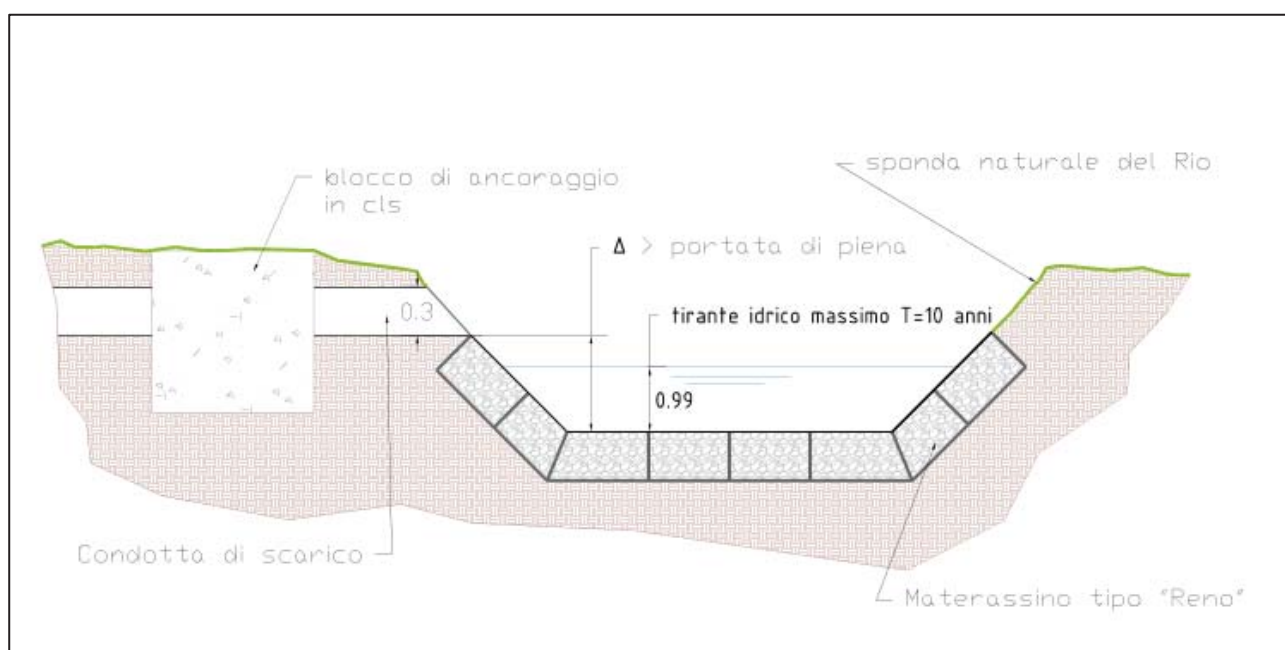


7. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

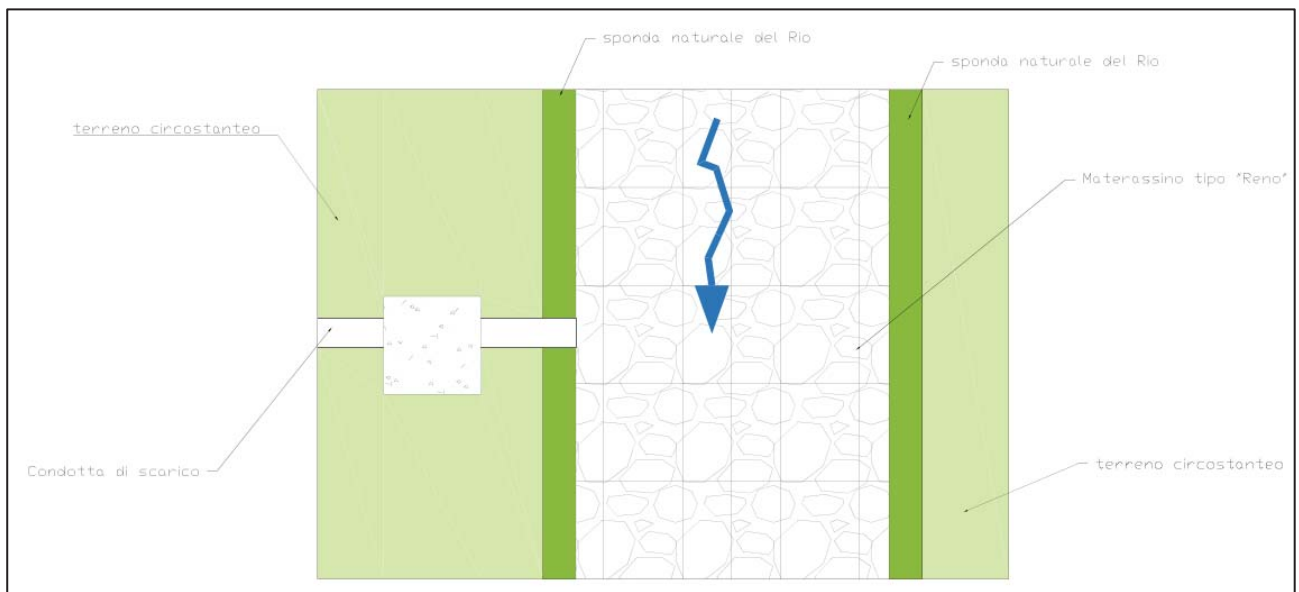
Lungo il rio di Monserrato è prevista la realizzazione di un'opera di immissione proveniente dal sistema di raccolta delle acque meteoriche relativo a un impianto di smaltimento controllato per rifiuti speciali non pericolosi, ubicato in località " Su Gire de sa Murta" nel comune di San Giovanni Suergiu.

L'acqua proveniente dal sistema di raccolta delle acque viene stoccata in due vasche di accumulo e l'eccedenza viene convogliata, tramite una tubazione in PVC del diametro di 300 mm, verso il rio di Monserrato, necessitando pertanto di un'opera di immissione.

Al fine di garantire la protezione da una eventuale erosione dovuta alle portate concentrate provenienti dall'opera di immissione il fondo dell'alveo e le sponde del rio, per una lunghezza totale di metri 5 (2.5 metri a monte e 2.5 metri a valle dell'immissione), verranno protetti con dei materassi di tipo Reno. Questi sono costituiti da una struttura di rete metallica a maglie esagonali, aventi forma parallelepipedica e riempiti di materiale inerte, posati sul fondo dell'alveo e in parte sulle sponde; inoltre, la condotta di immissione non comporterà la riduzione della sezione idraulica in quanto sarà tagliata a filo sponda.



Sezione alveo nella zona di immissione.



Planimetria zona di immissione

8. AMMISSIBILITA' DELL'INTERVENTO

Come descritto nei paragrafi precedenti l'area in cui ricade l'opera di immissione che deriva dal sistema di raccolta delle acque meteoriche relativo a un impianto di smaltimento controllato per rifiuti speciali non pericolosi, ricade in aree a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4). Gli interventi ricadenti in aree Hi4 sono regolati dall'art. 27 delle NTA del PAI.

Il comma **3 lettera h** dello stesso articolo permette e regola le opere di immissione:

lettera h

[..]

ancora, non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle presenti norme per le **opere di immissione in un elemento idrico** del reticolo idrografico di nuove reti quali quelle di drenaggio, a condizione che, **con apposita relazione asseverata**, venga **dimostrato che non vi è riduzione della sezione idraulica del corpo idrico recettore, che in corrispondenza del manufatto di scarico non si determini erosione delle sponde, del fondo o di eventuali argini**, ovvero non comporti alterazioni alle arginature o ai sistemi di protezione presenti, che siano stati adottati tutti gli accorgimenti per impedire, soprattutto in presenza di arginature, la risalita di volumi idrici verso il lato campagna in caso di eventi di piena nel corso d'acqua recettore, e che nel caso di reti di drenaggio non si determinino significativi trasferimenti di portate da bacini esterni contigui.

L'intervento in oggetto risulta pertanto ammissibile secondo l'art.27 comma 3 lettera h.

9. VERIFICA DEL CORPO IDRICO RECETTORE

Al fine di dimostrare che l'immissione di una portata concentrata nel punto di immissione non altera in modo significativo il regime idraulico (tiranti idrici e velocità della corrente) del rio di Monserrato si è svolta una modellazione idraulica con una doppia simulazione. Una simulazione ante intervento con le sole portate del bacino idrografico calcolato con sezione di chiusura sul guado e una simulazione post intervento nella quale alla portata della simulazione ante intervento è stata aggiunta una portata concentrata che arriva dalla condotta di immissione.

Il tempo di ritorno delle portate considerate è lo stesso con il quale è stato dimensionato il sistema di raccolta delle acque ricadenti sulla discarica; pertanto, pari a 10 anni.

Per il calcolo di tali portate si è dovuta fare una analisi ex novo in quanto calcolare le portate tramite il contributo unitario che si può ricavare dallo studio di assetto vigente, non sarebbe stato concettualmente corretto. Difatti la curva di possibilità pluviometrica che si utilizza per il calcolo delle altezze di pioggia ha coefficienti diversi per eventi con tempo di ritorno sino a 10 anni (compresi) e per tempi di ritorno maggiori di anni 10.

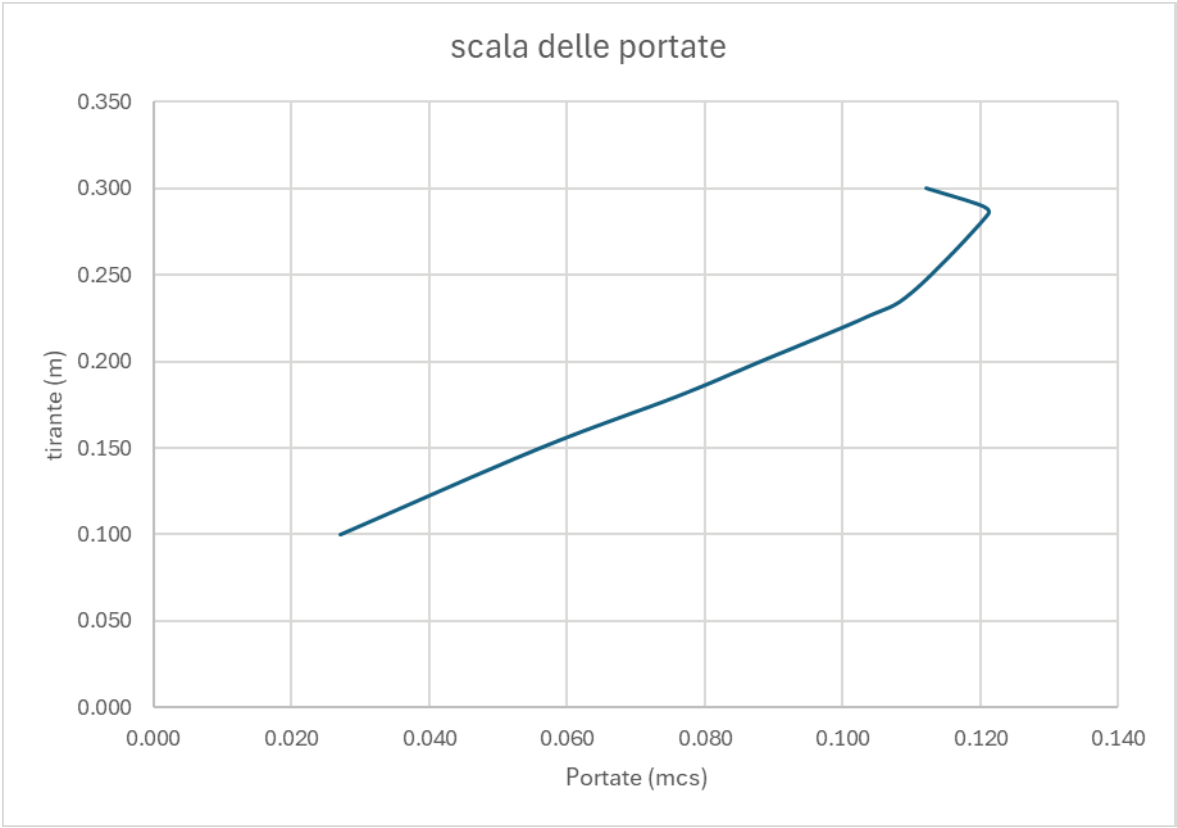
Per quel che riguarda la condotta di immissione, la portata si è calcolata tramite l'ipotesi di moto uniforme in una condotta circolare.

Si è imposto un diametro interno di 300 mm. La pendenza media della strada lungo la quale scorre la condotta, pari a 0.008 m/m, un coefficiente di scabrezza per tubazioni in PVC pari a $100 \text{ m}^{(1/3)} \cdot \text{s}^{-1}$

% riemp.	portata(mcs)	tirante(m)
33.33	0.027	0.100
50.00	0.056	0.150
60.00	0.076	0.180
66.67	0.088	0.200
75.00	0.103	0.225
80.00	0.110	0.240
95.00	0.121	0.285
96.67	0.120	0.290
100.00	0.112	0.300

Tabella scala delle portate

La portata massima si ottiene con una percentuale di riempimento pari a 95% e risulta pari a 0.121 mcs



Scala delle portate

Analisi idrologica

Lo studio idrologico ha l'obiettivo di effettuare la stima delle portate raccolte dal bacino idrografico definito da una sezione di chiusura scelta. Il tempo di ritorno scelto per il calcolo è pari a 10 anni.

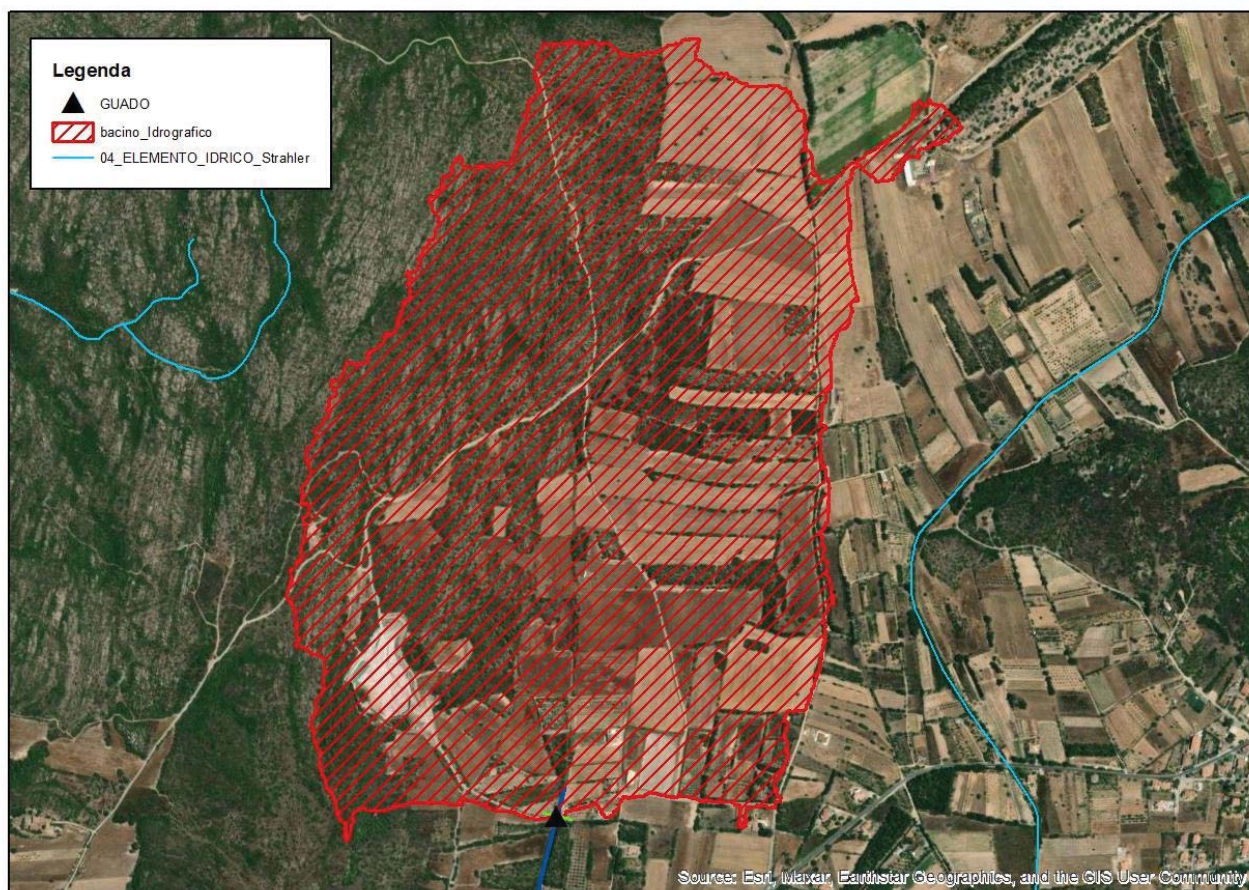
Individuazione del bacino idrografico

La definizione e il tracciamento di un bacino idrografico è sempre relativa a una sezione di chiusura del bacino, posta sul corso d'acqua oggetto di studio. Fissata la sezione di chiusura, si definisce bacino idrografico la superficie topografica dalla quale le acque di pioggia, defluendo naturalmente, passano per la sezione di chiusura scelta. Pertanto, la risposta in termini di deflussi di un bacino è chiaramente influenzata dalla sua morfologia.

La sezione di chiusura nel caso in esame è stata posta a valle del guado presente sul rio di Monserrato



Guado nella zona di immissione



Bacini idrografici

Caratteristiche morfologiche dei Bacini

Parametri	Simbolo	Bacino guado	[U.M]
Superficie	S	1.124	Kmq
Perimetro	P	7.688	Km
Altezza massima	Hmax	84.386	m
Altezza minima	Ho	29.496	m
Altezza media	Hm	42.201	m
Pendenza media	i_{versante}	7.9	%
<u>Asta</u>			
Lunghezza	L	1.901	Km
Pendenza media	im	0.017	m/m
Pendenza media	im	1.730	%

Caratteristiche morfologiche del bacino

Stima della portata di progetto.

Metodologie di calcolo delle portate di piena

Nel caso della Sardegna, la consistenza dei dati di portata disponibili, e la necessità di stimarne i valori in sezioni non osservate, impone di valutare le portate di piena ad assegnata frequenza mediante metodologie indirette.

Metodi indiretti

La poca disponibilità di osservazioni storiche di portata, fa sì che non si possa prescindere dall'uso di procedure indirette per la valutazione della portata di piena. Tali metodologie stimano la portata al colmo a partire dalla precipitazione nell'ipotesi che la frequenza di accadimento di questa ultima caratterizzi quella della portata al colmo.

Per la stima delle portate di piena si fa riferimento al modello cinematico (o razionale) che si basa sulle seguenti ipotesi fondamentali:

la pioggia critica è quella che ha durata pari al tempo di corrivazione del bacino;

la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;

il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica;

la trasformazione della piena è dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida.

La portata di massima piena che scaturisce dalle suddette ipotesi è fornita dalla relazione:

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot \psi \cdot \frac{h_{T_c}}{T_c} \cdot S \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

T_c = tempo di corrivazione [ore]

S = superficie del bacino [km²]

h_{T_c} = pioggia critica di durata T_c [mm]

Ψ = coefficiente di deflusso.

Determinazione del tempo di corrivazione

Per la determinazione del **tempo di corrivazione** T_c sono state utilizzate le formule sottoelencate:

Soil Conservation Service $T_c = 0,0027 * 1000L^{0,8} \cdot [(1000/ CN) - 9]^{0,7} i_{VERSANTE}^{0,5}$

Formule di Ventura: $T_c = 0.1272 \left(\frac{S}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ [ore]}$

Formula di Giandotti: $T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{(H_m - H_0)}} \text{ [ore]}$

Formula di Viparelli: $T_c = \frac{L}{3.6V} \text{ [ore]}$

Formula di Pasini: $T_c = \frac{0.108(SL)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{i_m}} \text{ [ore]}$

Determinazione dell'altezza di pioggia critica

Per quanto riguarda la determinazione dell'altezza di pioggia critica lorda h_{TC} da utilizzare per l'applicazione della formula razionale si fa usualmente ricorso alle curve di possibilità pluviometrica che caratterizzano il regime pluviometrico sardo. Tali curve sono state ricavate utilizzando la distribuzione TCEV.

Modello TCEV

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

La pioggia lorda h viene ricavata dalla nota formula:

$$h(T_p) = a \cdot T_p^n$$

dove:

$$\begin{cases} a = a_1 \cdot a_2 \\ n = n_1 + n_2 \end{cases}$$

$$h(T_p) = a_1 \cdot a_2 \cdot T_p^{n_1+n_2} = \mu(T_p) \cdot k(T_p)$$

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

è detta Pioggia Indice di durata T_p ed è data dalla media dei massimi annui delle piogge di durata T_p e

$$k(T_p) = a_2 \cdot T_p^{n_2}$$

è detto Coefficiente di Crescita.

I valori di a_1 e n_1 si determinano in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g data dalla media dei massimi annui di precipitazione giornaliera; tali valori sono stati calcolati per diverse zone della Sardegna secondo la carta delle Isoiete.

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0,886 \cdot 24^{n_1}}$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \cdot \log \mu_g$$

Per quanto riguarda a_2 e n_2 si determinano con relazioni differenti per tempi di ritorno T_R maggiori o minori di 10 anni, per durate di pioggia T_p maggiori o minori di 1 ora e a seconda delle 3 sottozone omogenee (SZO) in cui è stata suddivisa la Sardegna¹.

Il bacino sotto indagine, ricadono nella SZO 1.

a) per tempi di ritorno $T \leq 10$ ANNI

$$\text{SZO 1 } a_2 = 0.66129 + 0.85935 \log_{10} T ; b_2 = -1.8438 \cdot 10^{-4} - 1.3539 \cdot 10^{-2} \log_{10} T$$

$$\text{SZO 2 } a_2 = 0.64597 + 0.89777 \log_{10} T ; b_2 = -5.6073 \cdot 10^{-3} + 7.0047 \cdot 10^{-4} \log_{10} T$$

$$\text{SZO 3 } a_2 = 0.62235 + 0.95656 \log_{10} T ; b_2 = -2.4882 \cdot 10^{-2} + 4.5884 \cdot 10^{-2} \log_{10} T$$

b) per tempi di ritorno $T > 10$ ANNI

$$\text{SZO 1 } a_2 = 0.46420 + 1.0376 \log_{10} T$$

$$b_2 = -0.18448 + 0.22960 \log_{10} T - 3.3216 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora})$$

$$b_2 = -1.0469 \cdot 10^{-2} - 7.8505 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad (\text{per } \tau \geq 1 \text{ ora})$$

$$\text{SZO 2 } a_2 = 0.43797 + 1.0890 \log_{10} T$$

$$b_2 = -0.18722 + 0.24862 \log_{10} T - 3.6305 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora})$$

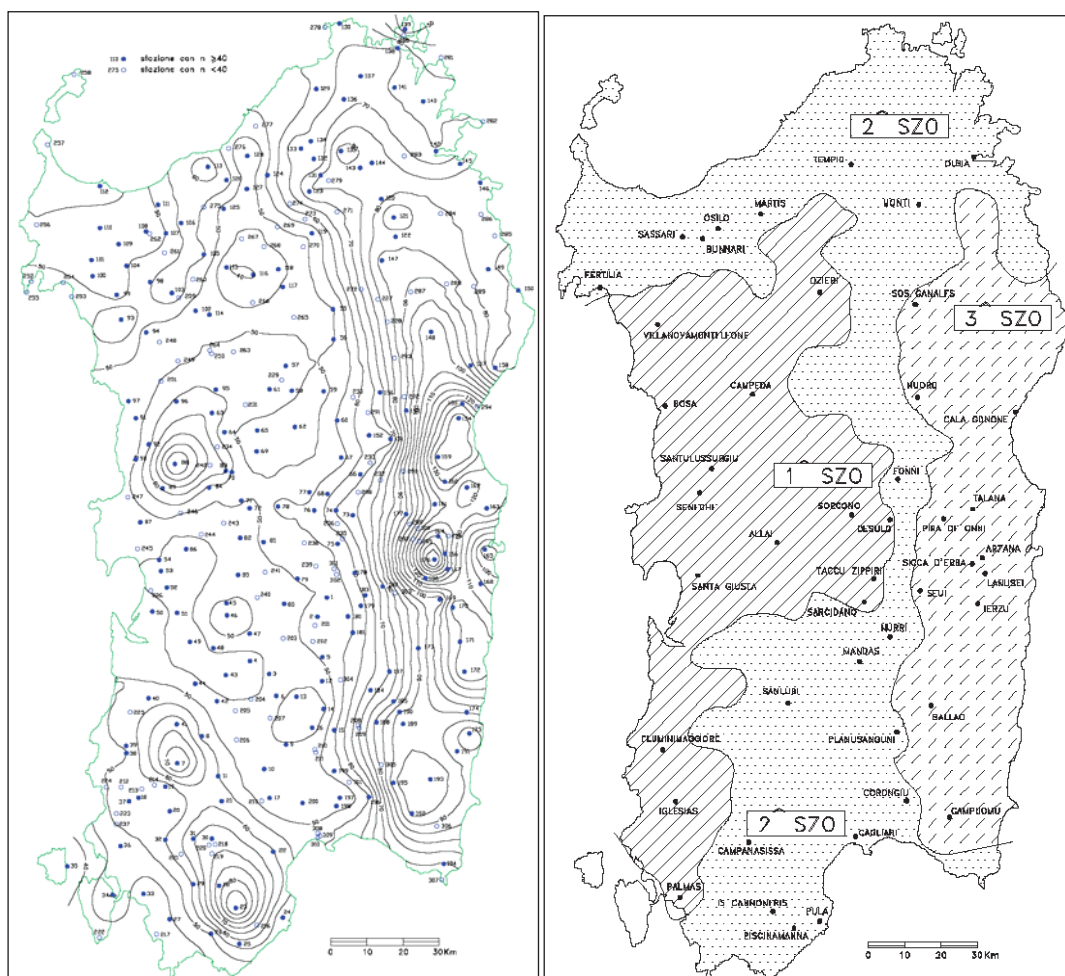
$$b_2 = -6.3887 \cdot 10^{-3} - 4.5420 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad (\text{per } \tau \geq 1 \text{ ora})$$

$$\text{SZO 3 } a_2 = 0.40926 + 1.1441 \log_{10} T$$

$$b_2 = -0.19060 + 0.26448 \log_{10} T - 3.8969 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora})$$

$$b_2 = 1.4929 \cdot 10^{-2} + 7.1973 \cdot 10^{-3} \log_{10} T \quad (\text{per } \tau \geq 1 \text{ ora})$$

¹(Vedasi Deidda e Piga, curve di possibilità pluviometrica basate sul modello TCEV, Informazione 81, pagg.9-14, Cagliari 1998).



Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera (da Deidda ed AL., Quad. Ricerca dell'Università di Cagliari, 1997) e Carta delle Sottozone Omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna. (da Deidda ed AL., 1993)

Coefficiente di riduzione areale

Quando si ricavano le altezze h di pioggia dalle curve di possibilità pluviometrica si suppone che tali valori corrispondano al centro di scroscio che viene individuato, per ipotesi, nel punto in cui vi è la stazione di misura.

Poi si considera tale pioggia uniformemente distribuita su tutto il bacino. In realtà la pioggia diminuisce allontanandosi dal centro di scroscio; quindi, considerare quella stessa intensità di pioggia costante su tutto il bacino porta ad un errore per eccesso. Per tenere conto di questo fatto si è deciso di applicare alle altezze di pioggia ottenute un coefficiente di riduzione areale che è espresso da diverse formulazioni, tra cui quella, utilizzata dal VAPI Sardegna, che fa riferimento al Flood Studies Report del Wallingford Institute (UK 1977):

$$ARF = 1 - f_1 \cdot T_p^{-f_2}$$

dove:

$$f_1 = 0,0394 \cdot S^{0,354}$$

$$f_2 = 0,4 - 0,0208 \cdot \ln(4,6 - \ln S) \quad \text{per } S < 20 \text{ km}^2$$

$$f_2 = 0,4 - 0,003832 \cdot \ln(4,6 - \ln S) \quad \text{per } S > 20 \text{ km}^2$$

Per il coefficiente ARF si osserva che:

diminuisce all'aumentare dell'area S ;

aumenta all'aumentare della durata di pioggia T_p .

In base a tale coefficiente verranno ricavate delle altezze di pioggia h_i' pari alle altezze di pioggia lorda h_i calcolate con le curve di possibilità pluviometrica moltiplicate per il coefficiente ARF di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino.

Coefficiente di deflusso

Di fondamentale importanza per una corretta valutazione delle portate di piena è la stima del coefficiente di deflusso Ψ , che merita particolare attenzione perché può dar luogo a sottostime o sovrastime, anche rilevanti, della portata di piena.

Infatti non tutta l'acqua della precipitazione (PIOGGIA TOTALE) contribuisce alla portata superficiale, parte si infila nel sottosuolo e va ad alimentare le falde, parte viene assorbita dalle piante, parte ritorna in testa al ciclo idrologico sotto forma di vapore per fenomeni diretti di evaporazione o evapotraspirazione delle piante, parte viene immagazzinata nelle depressioni superficiali e come umidità del suolo, e infine vi è una parte, in genere la più

cospicua, che va a formare il deflusso superficiale e scorre verso le zone di compluvio formando prima i rigagnoli quindi i torrenti e i fiumi arricchendosi sempre più in quantità.

La parte di pioggia totale che alimenta il deflusso superficiale è detta **pioggia netta** e il coefficiente di deflusso rappresenta appunto il rapporto tra tale pioggia e la pioggia totale.

Il coefficiente di deflusso individua le cosiddette perdite del bacino che dipendono da diversi fattori, in primo luogo dal tipo di terreno, dalla copertura vegetale e dalle condizioni iniziali di umidità. Per la sua determinazione sono stati proposti diversi metodi che vanno da semplici tabelle di riferimento che tengono in considerazione alcuni elementi come copertura del suolo e superficie del bacino ai metodi più complessi che cercano di tenere in conto della pluralità di fattori sopra riportati.

Uno di questi è il **Metodo Curve Number** elaborato dal Soil Conservation Service fin dal 1956 che è tra quelli più utilizzati ed è attualmente considerato tra i più appropriati riportati in letteratura. Nel rapporto VAPI per la Sardegna si è scelto di ricorrere a questo metodo, che consente di ricavare il valore della pioggia netta mediante la stima delle perdite di bacino dovute ai fenomeni di infiltrazione:

$$h_N = \frac{(h - I_a)^2}{h - I_a + f_s} \quad (1)$$

dove:

I_a = fattore di ritenzione iniziale;

f_s = capacità massima di assorbimento del bacino (è la massima quantità invasabile nel terreno dopo l'inizio del deflusso superficiale).

Da riscontri sperimentali si è ricavato:

$$I_a = 0,20 \cdot f_s$$

quindi la (1) diventa:

$$h_N = \frac{(h - 0,20 \cdot f_s)^2}{h + 0,80 \cdot f_s} \quad (2)$$

f_s è collegato alle caratteristiche del suolo dalla seguente formula:

$$f_s = \frac{25400}{CN} - 254 \text{ [mm]} \quad (3)$$

Il CN è un indice numerico che descrive in percentuale la quantità d'acqua caduta nel suolo che contribuirà al deflusso superficiale. Può variare da 0 a 100 anche se in pratica oscilla tra 25 e 98; per esempio un'area completamente pavimentata può avere CN=98 e un campo coltivato CN≈25. In altre parole, come è evidente dalla (3) se CN è grande, l'infiltrazione f_s è piccola e quindi avremo elevati coefficienti di deflusso.

I valori del CN, che teoricamente possono variare tra zero (assenza di deflusso superficiale) e 100 (assenza di perdite per infiltrazione), si ricavano dalle tabelle del Soil Conservation Service in funzione principalmente dell'uso del suolo e della capacità di infiltrazione di questo ultimo.

USO DEL SUOLO	TIPO DI DRENAGGIO	CONDIZIONI IDROLOGICHE	TIPO DI TERRENO			
Terreno Residenziale			A	B	C	D
Zone urbane	85% impermeabile	qualsiasi	89	92	94	95
Zone industriali	72% impermeabile	" "	81	88	91	93
Case a schiera	65% impermeabile	" "	77	85	90	92
Ville isolate	25% impermeabile	" "	54	70	80	85
Parcheggi	100% impermeabile	" "	98	98	98	98
Parchi	75% a verde	" "	39	71	74	80
Strade pavimentate	Con cunette e fognatura	" "	98	98	98	98
Strade in macadam	---	" "	76	85	89	91
Strade sterrate	---	" "	72	82	87	89
Terreno Agricolo						
Prato stabile	---	qualsiasi	77	86	91	94
Seminativo	Solchi a rittocchino	Cattive	65	76	84	88
Seminativo	Solchi a rittocchino	Buone	63	75	83	87
Seminativo	Solchi a traversochino	Cattive	63	74	82	85
Seminativo	Solchi a traversochino	Buone	61	73	81	84
Seminativo	Terrazzato	Cattive	61	72	79	82
Seminativo	Terrazzato	Buone	59	70	78	81
Pascolo	---	Cattive	68	79	86	89
Pascolo	---	Discrete	49	69	79	84
Pascolo	---	Buone	39	71	64	80
Erbaio	---	qualsiasi	30	58	71	78
Terreno boschivo	---	Cattive	45	66	77	83
Terreno boschivo	---	Discrete	36	60	73	79
Terreno boschivo	---	Buone	25	55	70	77

Valori del CN in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli di copertura vegetale e per condizioni medie di umidità antecedenti l'evento (AMCII)

È necessario tener conto delle condizioni iniziali di imbibimento del terreno attribuendo al terreno in esame una classe AMC (ANTECEDENT MOISTURE CONDITION):

AMC I	Terreno poco saturo
AMC II	Terreno mediamente saturo
AMC III	Terreno molto saturo
Riferiti a valori di saturazione analizzati in base ai 5 g.g. di pioggia precedenti l'evento.	

Classi AMC per le condizioni iniziali di imbibimento del terreno

I valori del parametro CN tabellati in letteratura sono quelli riferiti a condizioni medie di umidità del terreno all'inizio della precipitazione e in funzione del tipo di terreno.

Gruppo	Tipo di terreno
A	<i>Suolo con alta capacità di infiltrazione</i> , anche se già bagnato. Principalmente sabbia e ghiaia, con strati profondi e ben drenati.
B	<i>Suolo con moderata capacità di infiltrazione</i> allorquando risultano bagnati. Moderato drenaggio profondo. Tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana
C	<i>Suolo con piccola capacità di infiltrazione</i> allorquando risultano bagnati. Solitamente presentano uno strato che impedisce il drenaggio verticale possiedono una tessitura da moderatamente fina a fina.
D	<i>Suolo con molto piccola capacità di infiltrazione</i> . Principalmente argille con alto potenziale di rigonfiamento; suoli con livello di falda alto e perennante; suoli con strati argillosi in superficie; suoli poco profondi su strati impermeabili o semi-impermeabili.

suddivisione in classi del tipo di terreno in funzione della capacità di infiltrazione del suolo

I valori ricavati dalle tabelle sono stati riportati alla terza classe, definita come quella a potenziale di scorrimento superficiale massimo, attraverso la seguente relazione:

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

Per i bacini in esame l'uso del suolo è stato ricavato dalla “Carta dell'Uso del Suolo in scala 1:25.000 – 2008”², elaborata dalla Regione Sardegna, suddivise in 77 tipologie organizzata gerarchicamente secondo la classificazione di dettaglio delle cinque categorie CORINE Land Cover fino a 5 livelli.

² Estratta dal “Catalogo dati” di SardegnaGeoportale della Regione Autonoma della Sardegna

Il valore del Curve Number III assunto per i bacini in esame è pari a:

Bacino al guado	81.091
-----------------	--------

CALCOLO DELLA PORTATA DI PROGETTO.

Parametri per i tempi di ritorno sino a 10 anni

		Bacino guado	
Superficie del bacino	S	1.124	Kmq
Sottozona omogenea	SZO	1	-
Pioggia indice giornaliera	µg	45	mm
Curve Number	CN II	0.955	-
Curve Number	CN III	65.091	-
Fattore di ritenzione iniziale	fs	81.091	mm
Capacità di massimo assorbimento del bacino	Ia	59.227	mm

Tabella caratteristiche idrologiche

Tempi di corrivazione(h)		Q10(mcs)
SCS	0.787	1.241
Ventura	1.025	1.212
Giandotti	2.487	1.008
Viparelli	0.528	1.235
<i>Pasini</i>	1.058	1.208
VAPI	2.075	1.058

Tabella tempi di corrivazione e portate per i vari tempi di ritorno sino a 10 anni

Tempo di ritorno	Coefficienti metodo TCEV				Pioggia lorda	Pioggia lorda '	Pioggia netta	Coefficiente di deflusso	Portata di progetto	Contributo Unitario
[anni]	a1	n1	a2	n2	[mm]	[mm]	[mm]	-	[m ³ /s]	[m ³ /s]
10	0,995	19.9570	0.2939	1.5206	-0.0137	28.382	27.109	3.128	0.115	1.241

Tabella portate di progetto per tempi di ritorno superiori a 10 anni

CODICE DI CALCOLO HEC-RAS

Per le simulazioni è stato utilizzato il software Hec-RAS, sviluppato dallo Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers, 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 delle suddette 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.

Componenti idrauliche dell'analisi

La componente idraulica del sistema di modellazione è da utilizzare per il calcolo della superficie idrica di correnti gradualmente variate. Il sistema può analizzare una rete di canali o un singolo corso d'acqua.

Per l'analisi del moto, Hec-RAS richiede la portata nota su ogni ramo (o parte di esso). Inoltre, è necessario definire le condizioni al contorno a monte (che saranno valide per una corrente veloce) e a valle (che saranno valide per una corrente lenta) dei rami, unitamente alle caratteristiche delle confluenze; il software permette di imporre una corrente lenta, un regime di corrente veloce oppure di determinare autonomamente il profilo della corrente in regime misto.

Le condizioni al contorno utilizzabili sono:

altezza nota del pelo libero;

passaggio per l'altezza critica;

altezza di moto uniforme (per una particolare pendenza assegnata);

scala delle portate.

La procedura di calcolo è basata sulla risoluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia, in cui le perdite di carico sono valutate tramite il coefficiente di scabrezza di Manning.

È possibile valutare i fenomeni di contrazione e allargamento della corrente tramite opportuni coefficienti di contrazione/espansione, allorquando si abbiano variazioni di sezione in tratti corti (è il caso, ad esempio, in cui si abbiano restringimenti dovuti al passaggio tra le pile di un ponte ed il conseguente allargamento). Nei casi in cui la corrente non dovesse essere gradualmente variata, è utilizzata l'equazione del momento della quantità di moto (automaticamente, con l'opzione "regime misto", nei passaggi da corrente veloce a lenta, o su opzione nelle confluenze).

Il punto di partenza è l'input della geometria del sistema, costituito dal corso d'acqua principale e da tutti gli affluenti, le sezioni trasversali, tutte le interferenze (ponti, passaggi all'interno di condotte circolari, a sezione rettangolare e comunque di qualunque forma, chiuse, ma in generale ogni variazione di sezione e/o la sua ostruzione). Ogni sezione, di un determinato ramo del corso d'acqua, è identificata univocamente da un numero positivo, crescente nel verso opposto a quello di scorrimento della corrente (quindi da valle verso monte). In generale ognuna di queste sezioni è suddivisa in tre porzioni, che, in prima istanza, possono essere pensate come la savanella centrale (*main channel*) e le due aree golenali adiacenti (*left overbank* e *right overbank*). Tale suddivisione consente di ripartire la corrente in tre porzioni, considerando, per ognuna, velocità, portata e scabrezza diverse (è il caso, ad esempio, di savanella rivestita e aree golenali con una certa copertura vegetale), ma con pari energia totale. Una volta completato l'input geometrico dei dati, occorre fornire i valori di portata da inserire nelle sezioni.

Nei casi di moto permanente, il valore della portata Q è costante nel tempo ed è possibile fornire un valore di Q per ciascuna sezione, o, più semplicemente, si può inserire il valore solo nelle sezioni che presentano un cambiamento di portata. Nei casi di moto vario, è possibile fornire un idrogramma con portata variabile col passo temporale desiderato.

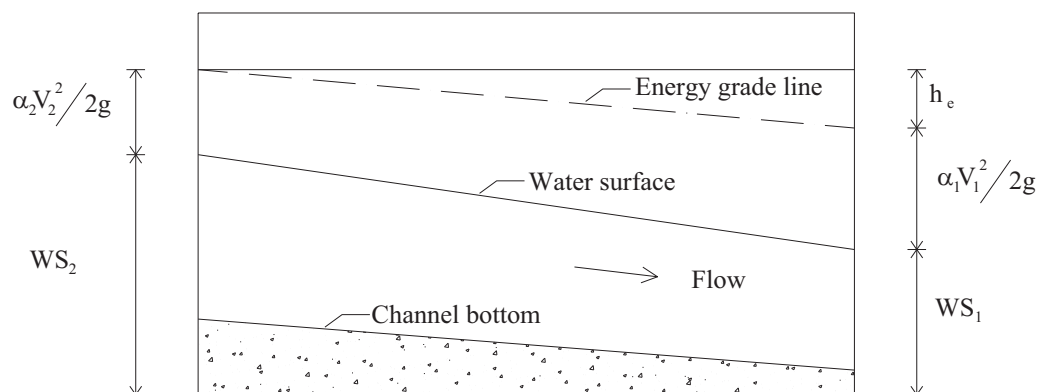
I risultati ottenuti tramite il calcolo possono essere visualizzati graficamente, ad esempio l'andamento del profilo longitudinale con l'indicazione del fondo del corso d'acqua, l'altezza critica, l'altezza di moto uniforme, la quota del pelo libero, l'altezza totale e tutte le altre grandezze che servono a descrivere compiutamente il moto.

Ovviamente, le stesse grandezze possono essere ricavate in forma tabellare sezione per sezione.

Calcoli idraulici

La metodologia utilizzata per la valutazione delle grandezze idrauliche che regolano il moto della corrente è il Metodo II descritto in "Backwater Curves in River Channels" EM 1110-2-1409 (USACE 1959).

Le grandezze idrauliche fondamentali che intervengono nei processi, che determinano il profilo della corrente e i fenomeni legati al trasporto solido, sono la velocità della corrente, l'altezza del pelo libero, l'energia totale e il suo gradiente.



Carichi idraulici in due sezioni di calcolo consecutive

Nella figura precedente sono messe in evidenza le grandezze che compaiono nell'equazione (1) (equazione di bilancio dell'energia).

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

in cui si hanno:

g : accelerazione di gravità;

h_e : perdita di energia;

V_1, V_2 : velocità media riferita all'area della sezione bagnata e relativa alla portata data;

WS_1, WS_2 : quota del pelo libero della corrente (per il dato valore di portata) rispetto uno zero convenzionale;

α_1, α_2 : coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche (o coeff. di Coriolis).

Perdite di carico

L'input della geometria del sistema svolge un ruolo determinante proprio perché, tramite la definizione di essa, si ha il calcolo del profilo di corrente. Occorre quindi fornire al programma le sezioni trasversali del fiume e le distanze relative tra queste. Le perdite per attrito sono calcolate tramite il Metodo II descritto in "Backwater Curves in River Channels" EM 1110-2-1409 (USACE 1959).

Come si evince dall'equazione 2) riportata di seguito:

$$h_e = h_f + h_o \quad (2)$$

la perdita di carico " h_e " è data dalla somma di due componenti:

h_f : perdita di energia per attrito;

h_o : perdita di energia legata alla forma della sezione.

Le perdite dovute alla contrazione o all'allargamento della sezione sono valutate nel termine h_o .

Perdite per attrito

La sezione trasversale è suddivisa in porzioni aventi analoghe proprietà idrauliche nella direzione del flusso. Ciascuna porzione è suddivisa in sub-sezioni e in ognuna di queste ultime le perdite per attrito sono calcolate tramite la relazione:

$$h_f = \left(\frac{Q}{K}\right)^2 \quad (3)$$

in cui:

$$K = \sum_{j=1}^{NSS} \frac{1}{n_j} \frac{\frac{A_{2j}+A_{1j}}{2} \left(\frac{R_{2j}+R_{1j}}{2} \right)^{2/3}}{\sqrt{L_j}} \quad (4)$$

A_{1j} , A_{2j} : aree delle sezioni, normali al flusso, rispettivamente di valle e di monte;

NSS : numero totale di sub-sezioni in cui è suddivisa una sezione;

K : total conveyance del tratto compreso tra le due sezioni

L_j : distanza tra le j -esime sub-sezioni;

n_j : coeff. di scabrezza di Manning tra le j -esime sub-sezioni;

Q: portata;

R_{1j} , R_{2j} : raggi idraulici delle corrispondenti sezioni.

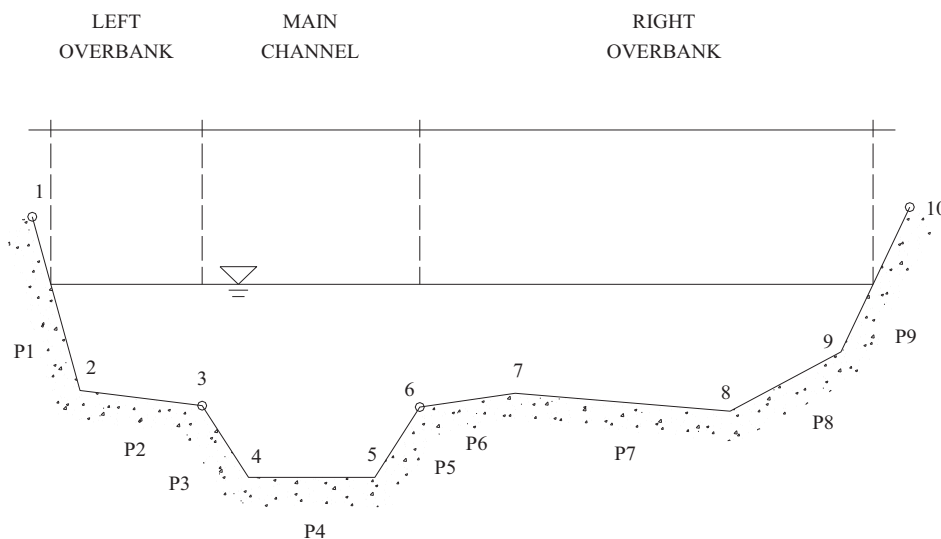
Perdite per contrazione ed espansione

Le perdite per contrazione ed espansione della corrente sono valutate tramite l'equazione 5) riportata di seguito:

$$h_0 = c_L \left(\frac{a_2 V_2^2}{2g} - \frac{a_1 V_1^2}{2g} \right) \quad (5)$$

in cui c_L è il coefficiente di contrazione (positivo) o espansione (negativo).

Ogni sezione descritta da un numero N di punti è suddivisa, come già detto in precedenza in tre "porzioni" (left overbank, main channel, right overbank), come illustrato nella figura sottostante.



Suddivisione della sezione in 3 componenti

Ogni porzione è ulteriormente suddivisa in sub-sezioni, come verrà mostrato nel seguito..

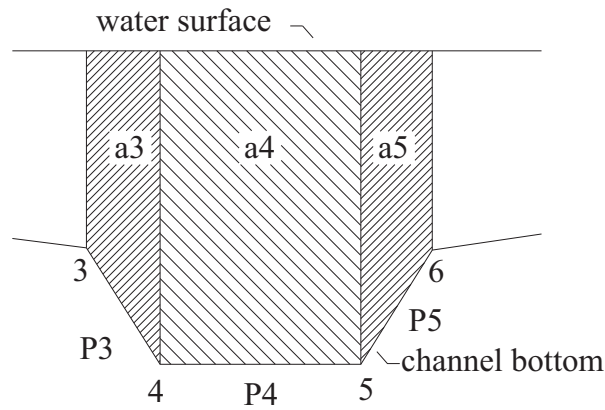
Ad esempio, l'area corrispondente al *main channel* è data dalla sommatoria delle aree delle sub-sezioni che la compongono:

$$A_j = a_3 + a_4 + a_5 \quad (6)$$

così come

$$P_j = P_3 + P_4 + P_5 \quad (7)$$

in cui P è il contorno bagnato della sezione.



Scomposizione di una componente della sezione in sub-sezioni

Il raggio idraulico del *main channel* è calcolato come rapporto tra le somme delle aree A_k e la somma dei contorni bagnati P_k delle singole sub-sections tramite la relazione:

$$R_j = \frac{A_j}{P_j} = \frac{\sum A_k}{\sum P_k} \quad (8)$$

dove A_j , P_j ed R_j sono rispettivamente l'area, il contorno bagnato ed il raggio idraulico della j -esima sub-sezione.

Il coefficiente di Coriolis, che tiene conto della distribuzione della distribuzione della velocità all'interno della sezione trasversale, viene calcolato tramite la relazione:

$$\alpha = \frac{\sum_{j=1}^{NSS} \left(\frac{K_j^3}{A_j} \right)}{\frac{K^3}{A^2}} \quad (9)$$

Sezioni interpolate

Talvolta è necessario interpolare le sezioni per un tratto in cui la definizione della geometria non sia stata sufficientemente dettagliata. Questo accade soprattutto per evitare che sia valutata ad esempio una forte perdita di energia per un allargamento e/o restringimento, la quale nella realtà è graduale e non istantanea, come può accadere tra due sezioni non interpolate.

Ponti e attraversamenti in sezioni chiuse

Particolare attenzione merita la presenza di eventuali ponti e/o attraversamenti all'interno di sezioni chiuse (scatolari, circolari, ovoidali etc.).

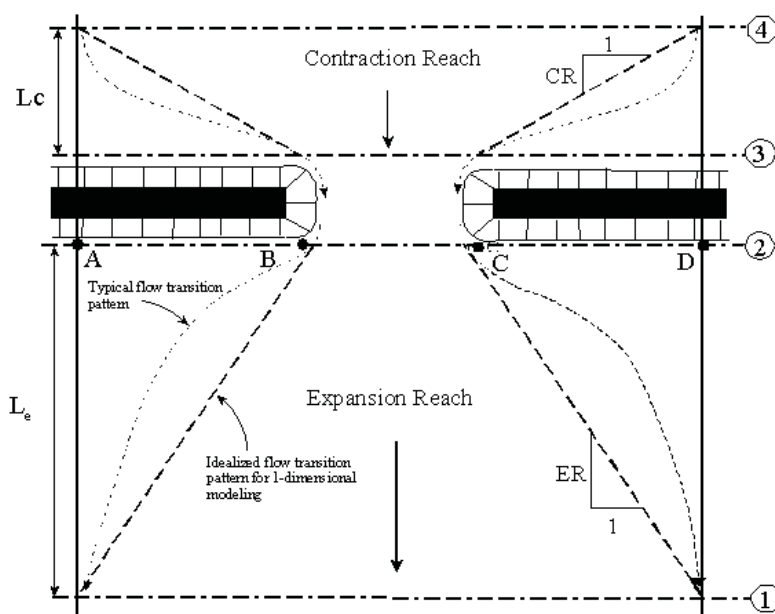
Per ciò che riguarda la perdita di energia, questa è suddivisa in tre componenti:

nella sezione di valle, ove si ha perdita di energia per "brusco allargamento" della corrente fluida;

nella sezione intermedia, la quale può essere modellata in maniera da ridurre i fenomeni turbolenti;

nella sezione di monte, in cui viene ad aversi una contrazione della corrente e la conseguente formazione di moti vorticosi.

Per rendere definito il problema, occorre fornire 4 sezioni, due delle quali rispettivamente a monte e a valle dell'interferenza in cui siano trascurabili i fenomeni dovuti alla contrazione della corrente (Fig. 49, sezioni 4 e 1), le altre due immediatamente a monte e a valle del manufatto (sezioni 2 e 3); in queste ultime è necessario imporre un'area inefficace.



Geometria di un passaggio ristretto

Le metodologie utilizzate per attribuire i valori a L_c e L_e sono diffusamente dibattute in "Flow Transitions in Bridge Backwater Analysis" (RD-42 HEC, 1995).

Hec-RAS offre diverse possibilità di risolvere il problema, richiamate di volta in volta dall'utente, ma per i casi più frequenti nella pratica sono da preferirsi l'equazione di bilancio

dell'energia, l'equazione di bilancio del momento della quantità di moto e talvolta l'equazione di Yarnell.

Il *culvert* è una condotta di lunghezza limitata che connette due tratti di canale a cielo aperto o due corpi idrici. L'analisi del flusso attraverso un *culvert* è abbastanza complicata. Hec-RAS analizza le condizioni di deflusso nei *culvert* in base alle linee guida della Federal Highway Administration, basandosi sul posizionamento della cosiddetta "sezione di controllo" all'interno del *culvert*. Si tratta di un punto del quale sono note profondità e portata e nel quale esiste una relazione univoca tra la portata stessa ed il livello idrico di monte. Il programma calcola l'energia necessaria a monte per avere una determinata portata attraverso il *culvert*, sia nei casi in cui la sezione di controllo si trovi all'ingresso (*inlet control*), sia quando la stessa sia posta all'uscita (*outlet control*).

Il caso di *inlet control* si presenta quando la capacità all'ingresso è minore della capacità all'interno della condotta (*barrel*). La sezione di controllo in questo caso è situata all'ingresso del *culvert* e l'energia in tale punto viene computata assumendo che il *culvert inlet* agisca come una paratoia o uno sbarramento in generale; di conseguenza la capacità all'ingresso dipende principalmente dalla geometria.

Il caso di *outlet control* si presenta quando la capacità di flusso del *culvert* è limitata dalle condizioni di valle o dalle capacità di trasporto della condotta. Hec-Ras computa in tal caso l'energia di monte necessaria per produrre una certa portata attraverso il *culvert*, date le condizioni di monte e di valle. In questo secondo caso, l'energia di monte è computata utilizzando l'equazione del bilancio di energia dalla sezione di valle a quella di monte.

Tra queste due condizioni, è in generale quella che possiede il carico di monte più alto che determina il tipo di moto all'interno del *culvert* per una data portata e un dato livello di valle.

Determinazione del profilo di moto permanente

Il calcolo del profilo di moto permanente è stato effettuato sulla base dei seguenti elementi:

il profilo della corrente è stato valutato considerando un moto permanente per tronchi omogenei chiusi alle sezioni di interesse. Rispetto alle reali condizioni del moto, che in generale presenta variazioni di portata nel tempo, si avranno delle differenze; tuttavia, l'involuppo dei massimi livelli idrici riscontrabili in un transitorio di portata variabile non sono, in generale, superiori dei livelli idrici riscontrabili in moto permanente, ovviamente per la data portata assunta;

la portata è stata considerata costante lungo i diversi tratti omogenei degli alvei studiati, con incrementi in corrispondenza delle confluenze o immissioni;

le perdite di carico sono state valutate con la consueta espressione di Chezy e la valutazione del coefficiente c mediante la formula di Manning. Si pone, in via cautelativa, il coefficiente $n=0.025\div0.03$ per la quota parte di sezione trasversale ricadente in alveo; fuori dall'alveo $n = 0.035$.

Per la stima del coefficiente di scabrezza n , è possibile utilizzare la formula di Cowan che prende in considerazione i diversi fattori influenzanti tale parametro nell'alveo:

$$n = (n_{veget} + n_{superf} + n_{restr/allarg} + n_{irregolar} + n_{ostruzioni}) m_{curve}$$

dove n è il coefficiente di Manning complessivo, mentre gli n_i sono i contributi dovuti a vari parametri descrittivi delle condizioni dell'alveo.

Date le incertezze legate a tale parametro, nelle simulazioni esaminate nel seguito è stato adottato il valore più conservativo dell'intervallo di coefficienti di scabrezza plausibili. Normalmente tale criterio porta alla scelta della scabrezza maggiore, qualora l'obiettivo dell'analisi idraulica sia la determinazione dei livelli idrometrici.

Sezioni trasversali

I primi dati da inserire nel modello utilizzato sono: l'andamento planimetrico del canale recettore e le sezioni trasversali più significative. La scelta di queste ultime è basata sulla necessità di suddividere l'asta in tratti omogenei per caratteristiche idrauliche, per cui la loro reciproca distanza sarà maggiore nei tratti uniformi e minore laddove sono presenti maggiori disomogeneità o si vogliano verificare eventuali criticità.

Si è deciso di inserire un maggior numero di sezioni nella zona dove si intende immettere la portata che arriva dalla condotta di immissione.

Ciò è utile per verificare se l'immissione di una portata non generi dei rigurgiti nella zona di immissione stessa o che tale immissione non mandi in crisi il recettore.

Le singole sezioni trasversali sono state esclusivamente estratte attraverso l'elaborazione del DTM 1m fornito dalla Regione Sardegna, che garantisce maggiore rispondenza alle condizioni reali e aggiornate con i dati provenienti dallo studio di assetto approvato.

Per ciascuna sezione sono stati assegnati dei valori di scabrezza: i valori adottati sono piuttosto cautelativi a seconda delle caratteristiche del terreno sopracitate.

Condizioni al contorno

La simulazione è stata avviata con condizioni al contorno di moto uniforme sia a monte che a valle.

Valori dei coefficienti di resistenza

L'alveo durante il sopralluogo è risultato in secca ed estremamente vegetato. Il valore del coefficiente di resistenza di Manning assegnato all'alveo è pari $0.025 \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$ e $0.03 \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$ nel punto di immissione vista l'abbondanza della vegetazione.

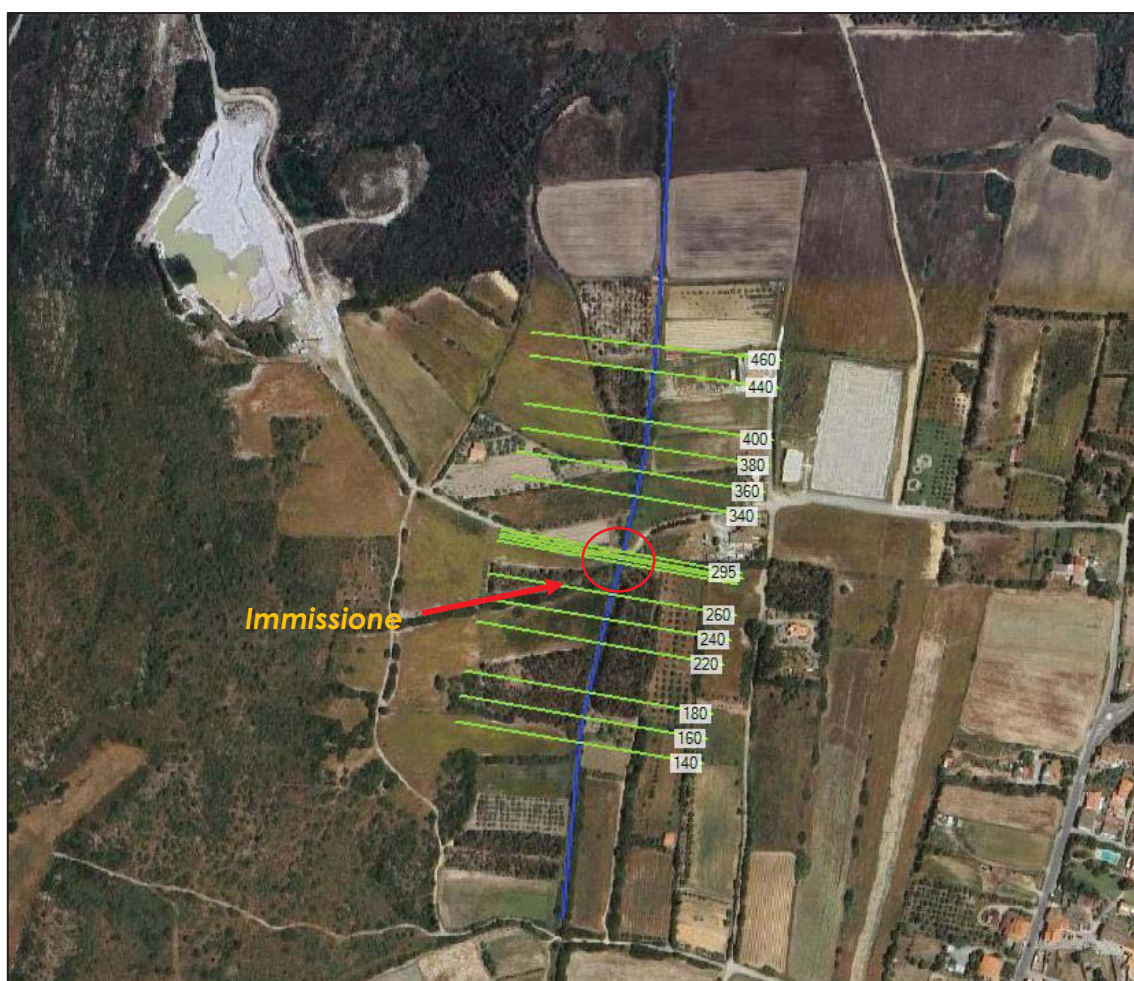
Nella simulazione post intervento, nella zona dove verrà inserito il materasso tipo Reno si è lasciato un coefficiente di scabrezza pari a $0.025 \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$.

Invece, per quanto riguarda le aree di esondazione si è dovuto utilizzare un valore di resistenza più elevato, pari a 0.036 , per tenere conto del fatto che lungo l'alveo, su entrambi i lati, sono presenti terreni coperti in prevalenza da vegetazione erbacea perenne e spontanea e in parte terreni adibiti a coltivazione.

RISULTATI DELLA SIMULAZIONE

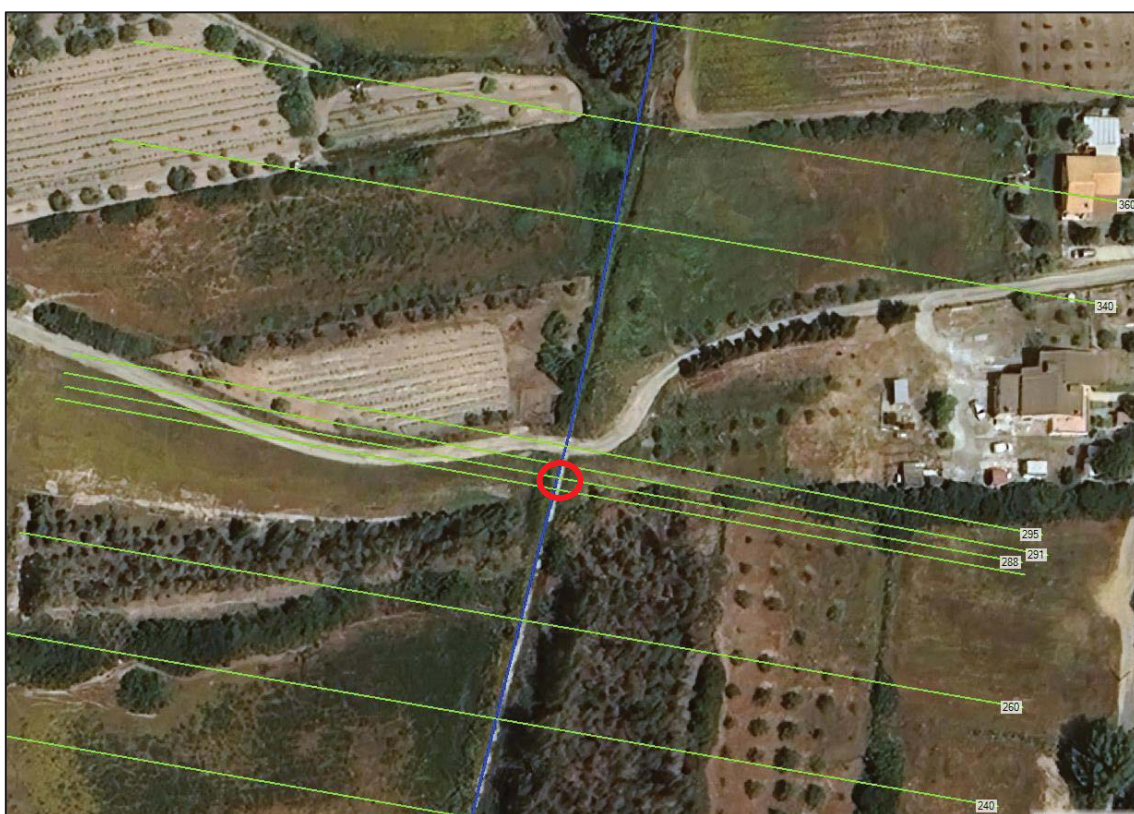
Di seguito vengono esposti i risultati della doppia simulazione idraulica, ante e post intervento. Al fine di modellare in maniera più corretta la zona di immissione posta a valle del guado, sono state inserite tre sezioni idrauliche ravvicinate per rilevare eventuali criticità nella zona di immissione stessa.

Il tratto simulato è lungo circa 300 metri e come già precedentemente esposto la zona di immissione è riconoscibile da un infittimento delle sezioni idrauliche.



sezioni nella zona di immissione

La sezione 288 rappresenta la sezione dove vengono immesse le portate concentrate provenienti dalla condotta di immissione. Come mostrato nella tabella che segue in tale sezione, alle portate del bacino idrografico calcolato con sezione di chiusura nel guado, sono state aggiunte le portate provenienti dalla condotta.



Infittimento delle sezioni nella zona di immissione

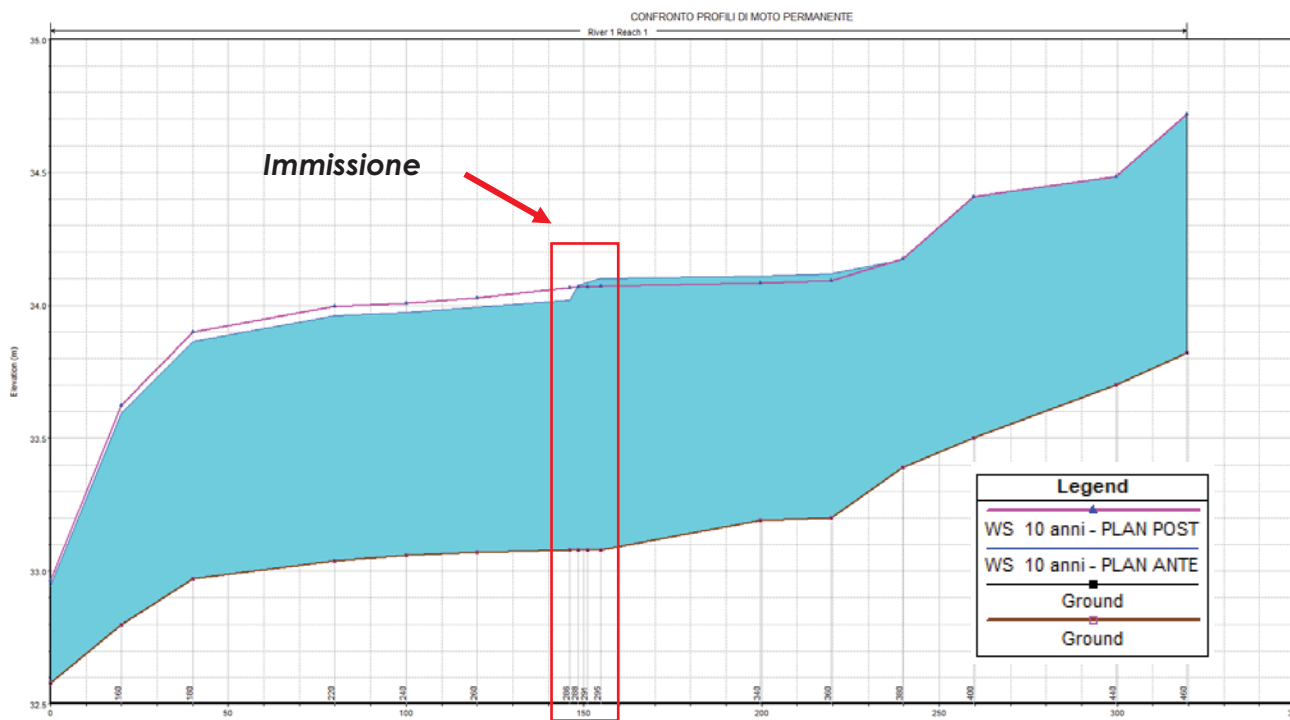
Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates	
River	Reach	RS	10 anni	
1 River 1	Reach 1	460	1.241	
2 River 1	Reach 1	288	1.362	

Tabella delle portate inserite nel simulatore.

CONFRONTO PROFILI DI MOTO PERMANENTE

Dal confronto dei profili di moto permanente risulta che un aumento delle portate alla sezione 288, determina un lieve aumento dei tiranti nell'ordine dei 5 cm a valle dell'immissione. Ciò però non determina una esondazione delle portate, le quali rimangono confinate all'interno dell'alveo; inoltre, questo aumento dei livelli va via via diminuendo proseguendo verso valle.

Anche l'incremento di velocità appena a valle del guado risulta di lieve entità nell'ordine di 0.01-0.06 m/s. Quanto detto è più chiaramente visibile nelle tabelle di output del simulatore esposte nel seguito.



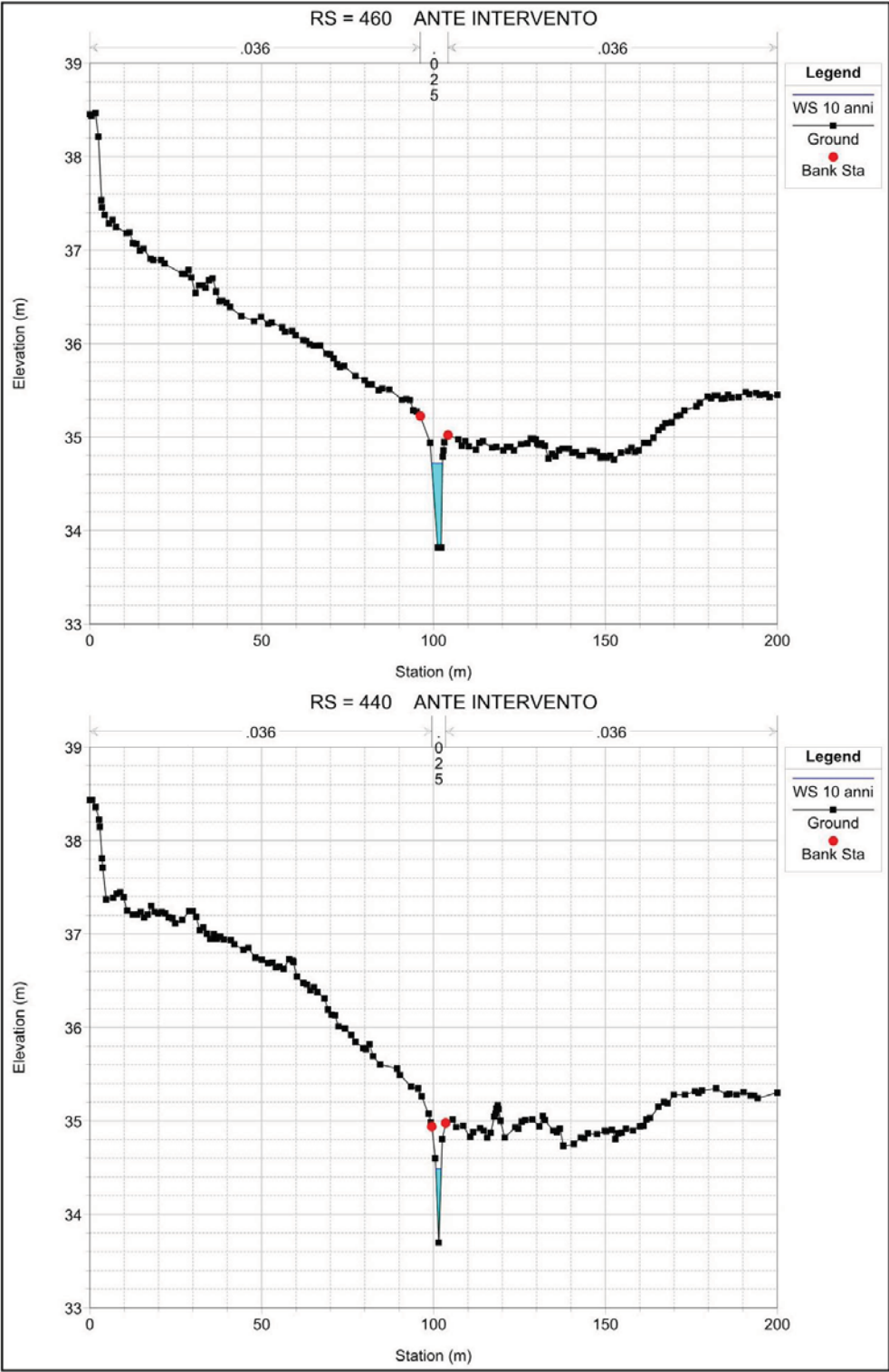
RIVER	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)
Rio di Monserrato	460	10 anni	1.24	33.82	34.72	0.66
Rio di Monserrato	440	10 anni	1.24	33.7	34.48	1.98
Rio di Monserrato	400	10 anni	1.24	33.5	34.41	0.63
Rio di Monserrato	380	10 anni	1.24	33.39	34.17	1.96
Rio di Monserrato	360	10 anni	1.24	33.2	34.09	0.56
Rio di Monserrato	340	10 anni	1.24	33.19	34.08	0.56
Rio di Monserrato	295	10 anni	1.24	33.08	34.07	0.43
Rio di Monserrato	291	10 anni	1.24	33.08	34.07	0.44
Rio di Monserrato	288	10 anni	1.36	33.08	34.07	0.47
Rio di Monserrato	286	10 anni	1.36	33.08	34.07	0.48
Rio di Monserrato	260	10 anni	1.36	33.07	34.03	0.84
Rio di Monserrato	240	10 anni	1.36	33.06	34.01	0.79
Rio di Monserrato	220	10 anni	1.36	33.04	34	0.62
Rio di Monserrato	180	10 anni	1.36	32.97	33.9	1.08
Rio di Monserrato	160	10 anni	1.36	32.8	33.62	2.03
Rio di Monserrato	140	10 anni	1.36	32.58	32.97	2.92

Tabella output ante intervento

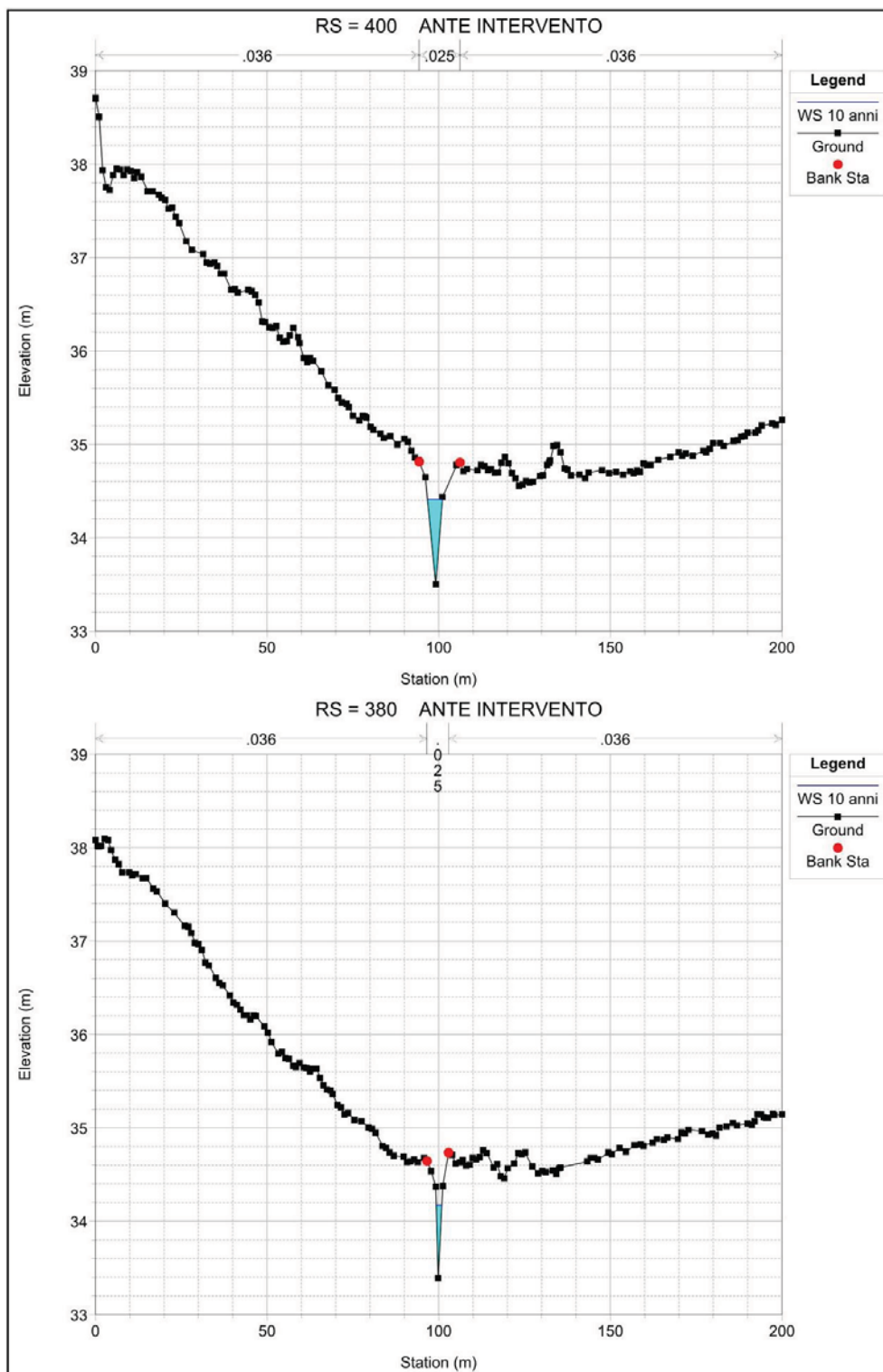
RIVER	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Vel Chnl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m/s)
Rio di Monserrato	460	10 anni	1.24	33.82	34.72	0.66
Rio di Monserrato	440	10 anni	1.24	33.7	34.49	1.98
Rio di Monserrato	400	10 anni	1.24	33.5	34.41	0.63
Rio di Monserrato	380	10 anni	1.24	33.39	34.17	1.98
Rio di Monserrato	360	10 anni	1.24	33.2	34.12	0.54
Rio di Monserrato	340	10 anni	1.24	33.19	34.11	0.52
Rio di Monserrato	295	10 anni	1.24	33.08	34.1	0.41
Rio di Monserrato	291	10 anni	1.24	33.08	34.09	0.64
Rio di Monserrato	288	10 anni	1.24	33.08	34.07	0.76
Rio di Monserrato	286	10 anni	1.24	33.08	34.02	1.2
Rio di Monserrato	260	10 anni	1.24	33.07	33.99	0.81
Rio di Monserrato	240	10 anni	1.24	33.06	33.97	0.77
Rio di Monserrato	220	10 anni	1.24	33.04	33.96	0.61
Rio di Monserrato	180	10 anni	1.24	32.97	33.87	1.06
Rio di Monserrato	160	10 anni	1.24	32.8	33.59	1.99
Rio di Monserrato	140	10 anni	1.24	32.58	32.94	2.86

Tabella output post intervento

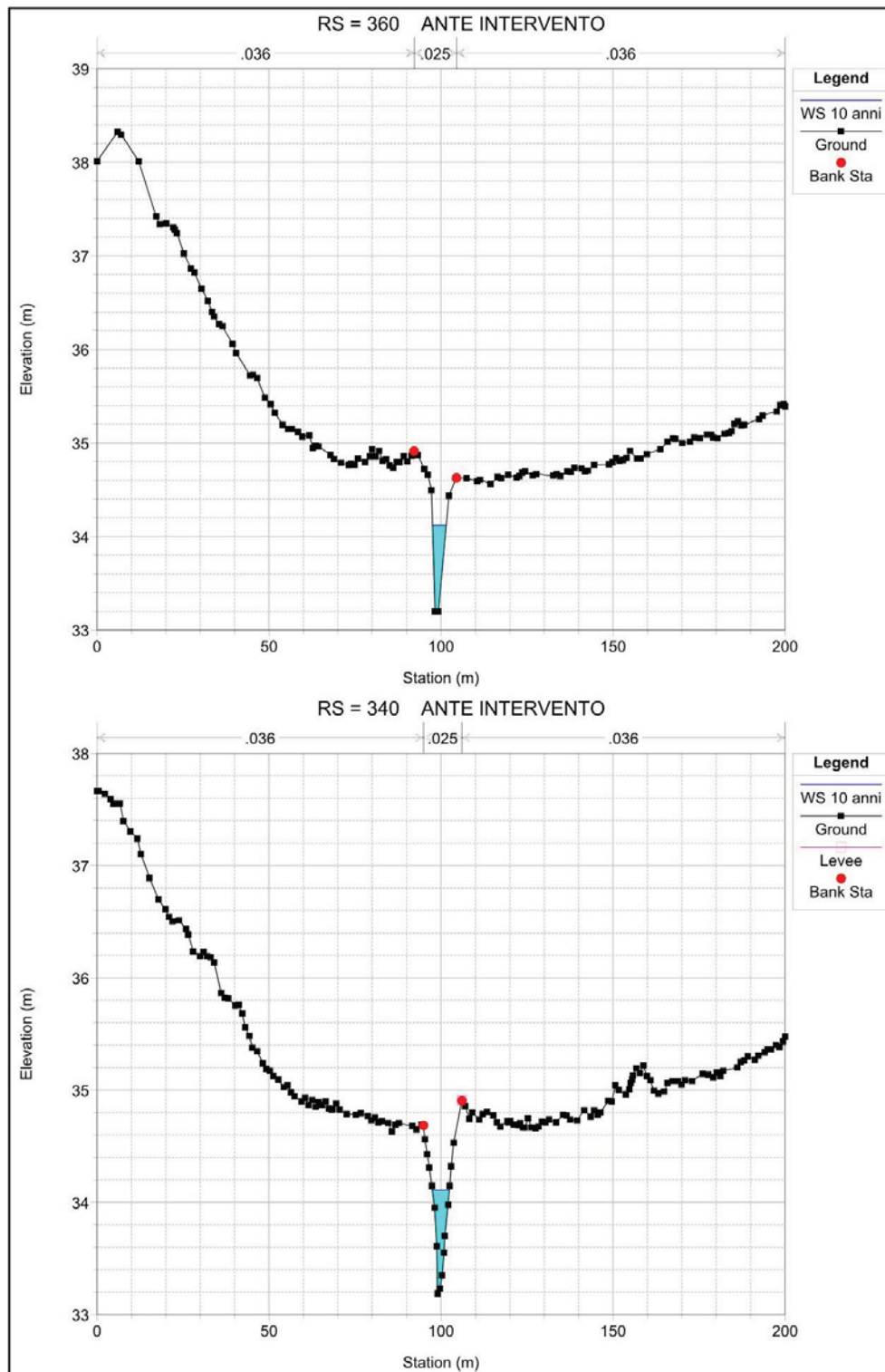
SEZIONI SIMULAZIONE ANTE INTERVENTO



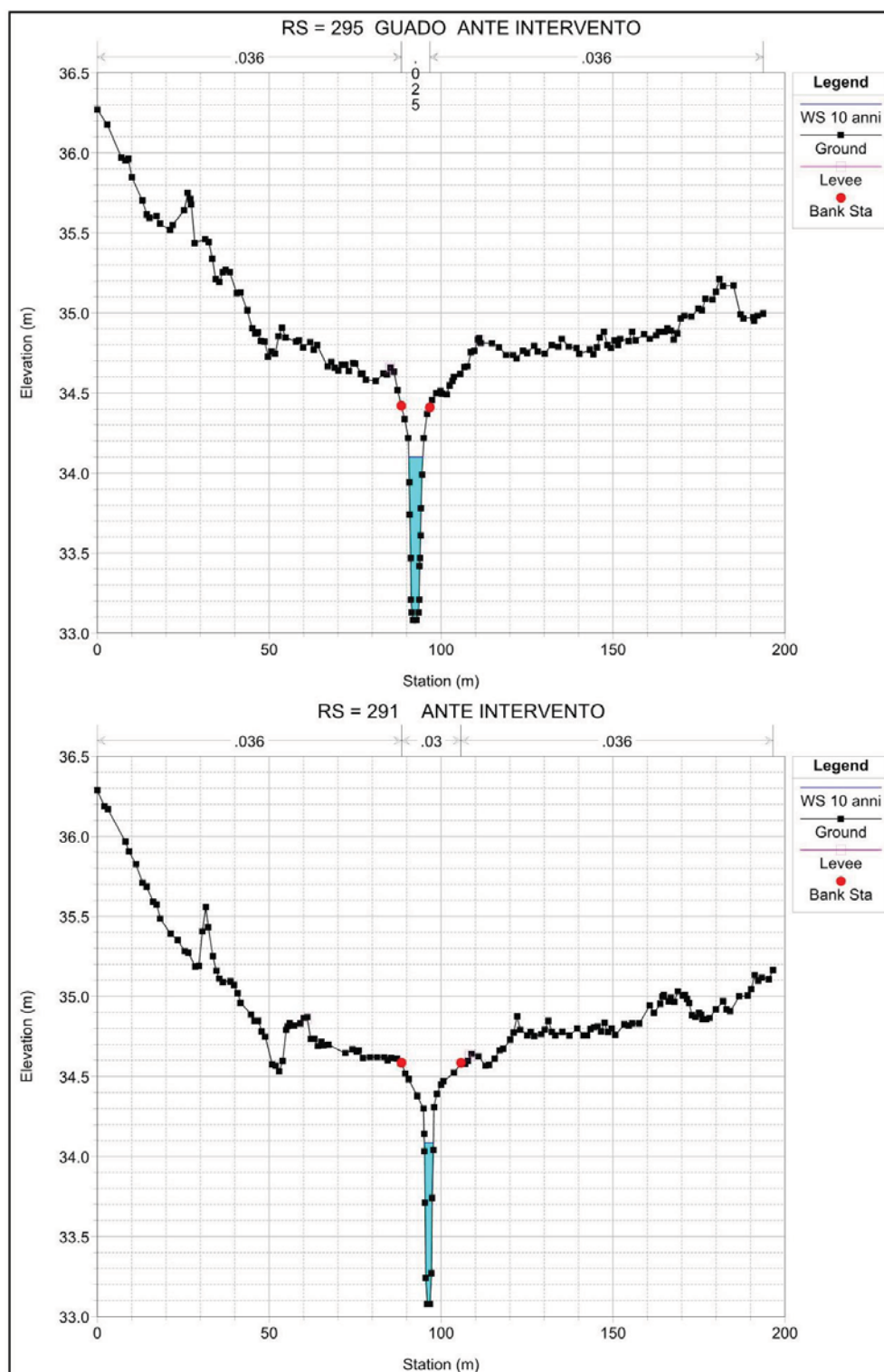
Sezioni simulazione idraulica



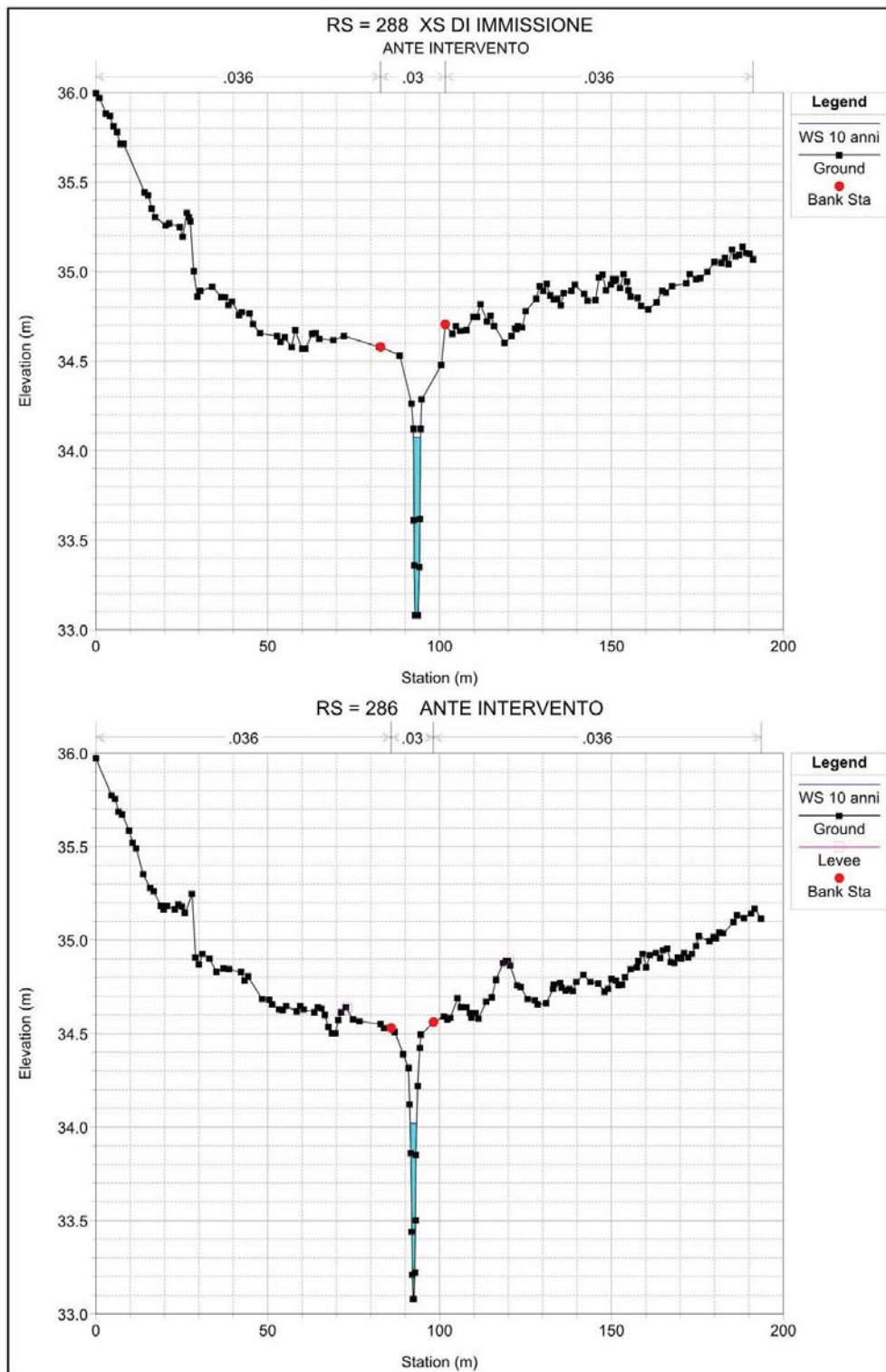
Sezioni simulazione idraulica



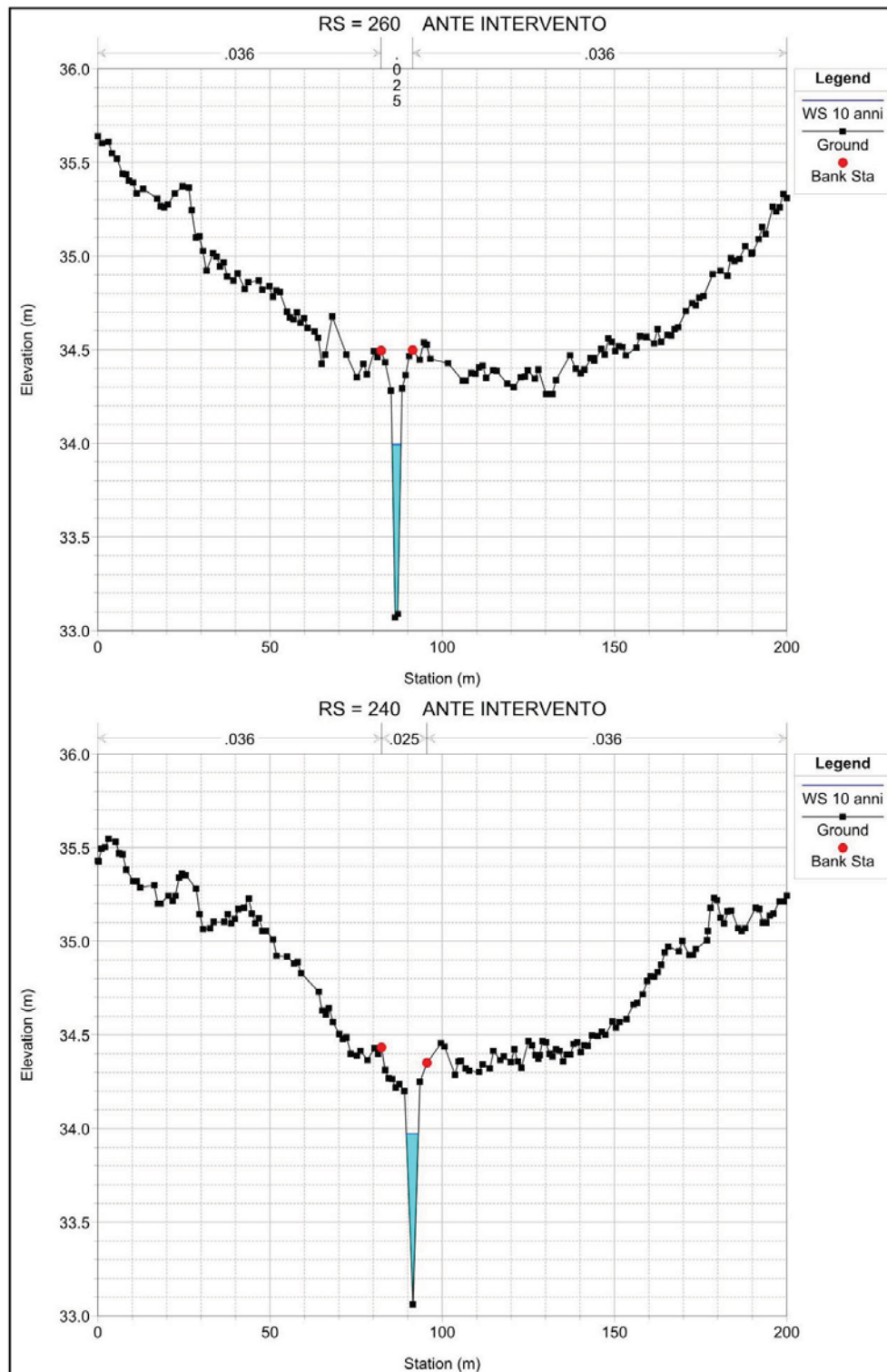
Sezioni simulazione idraulica



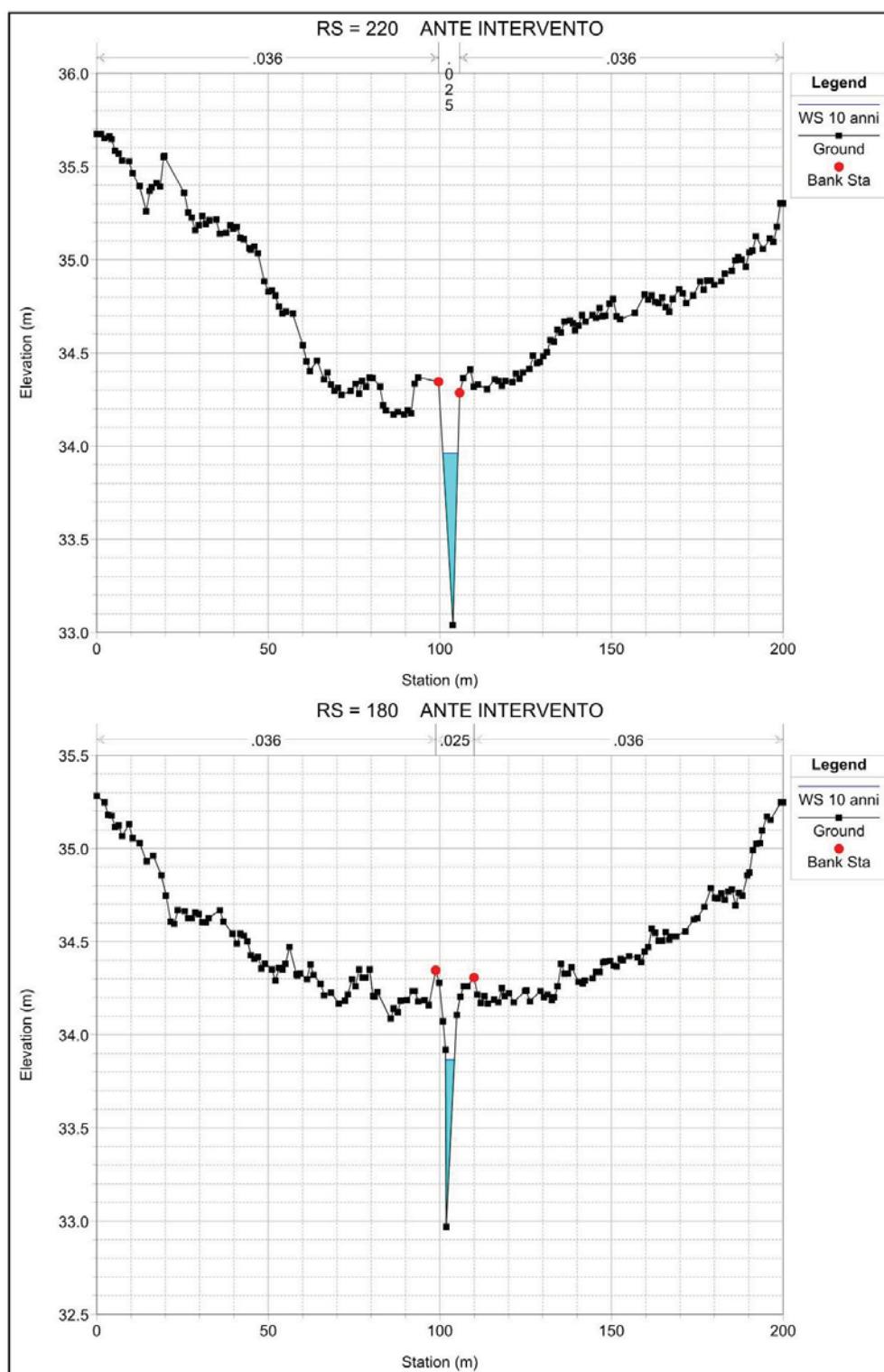
Sezioni simulazione idraulica



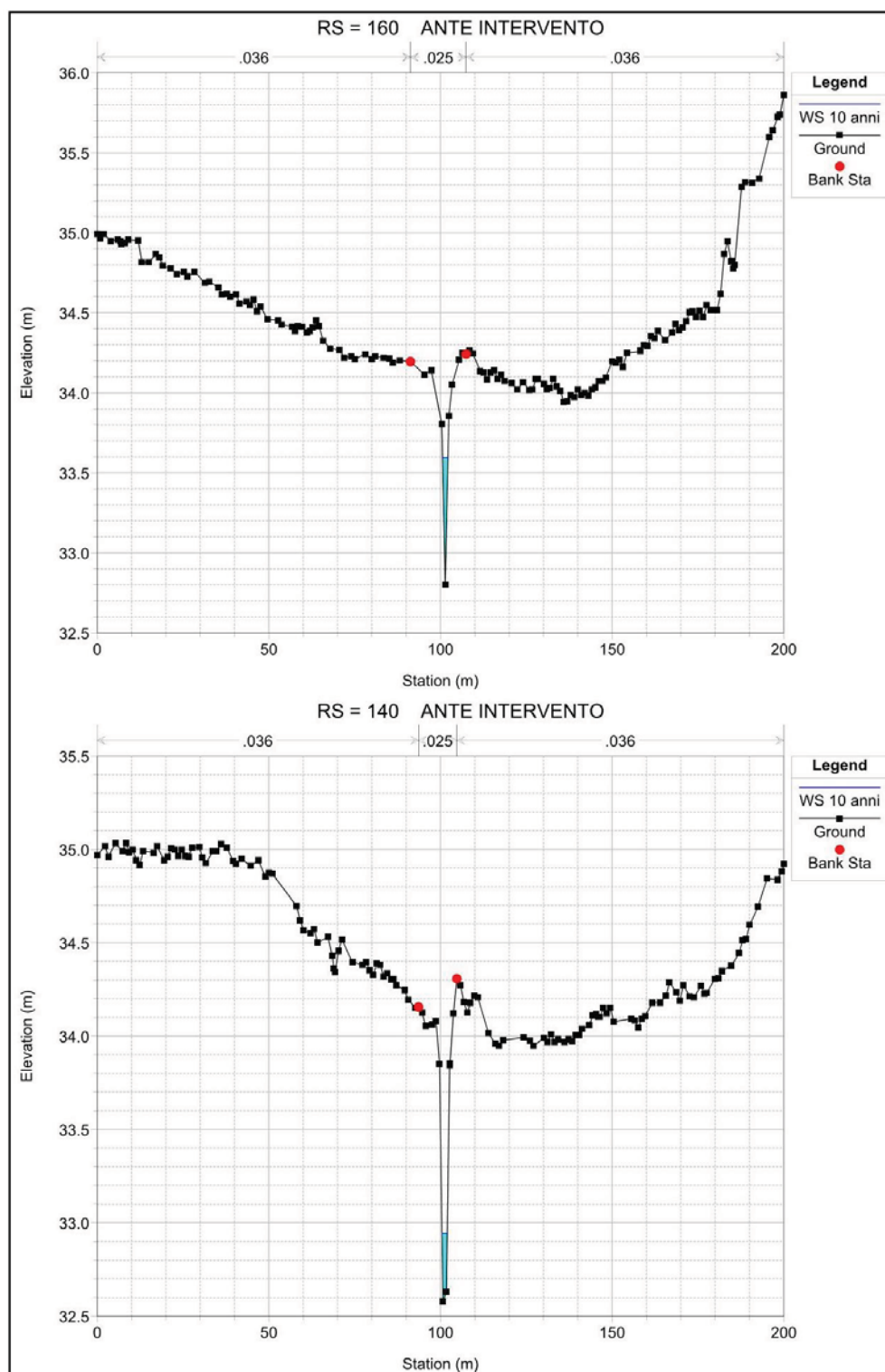
Sezioni simulazione idraulica



Sezioni simulazione idraulica

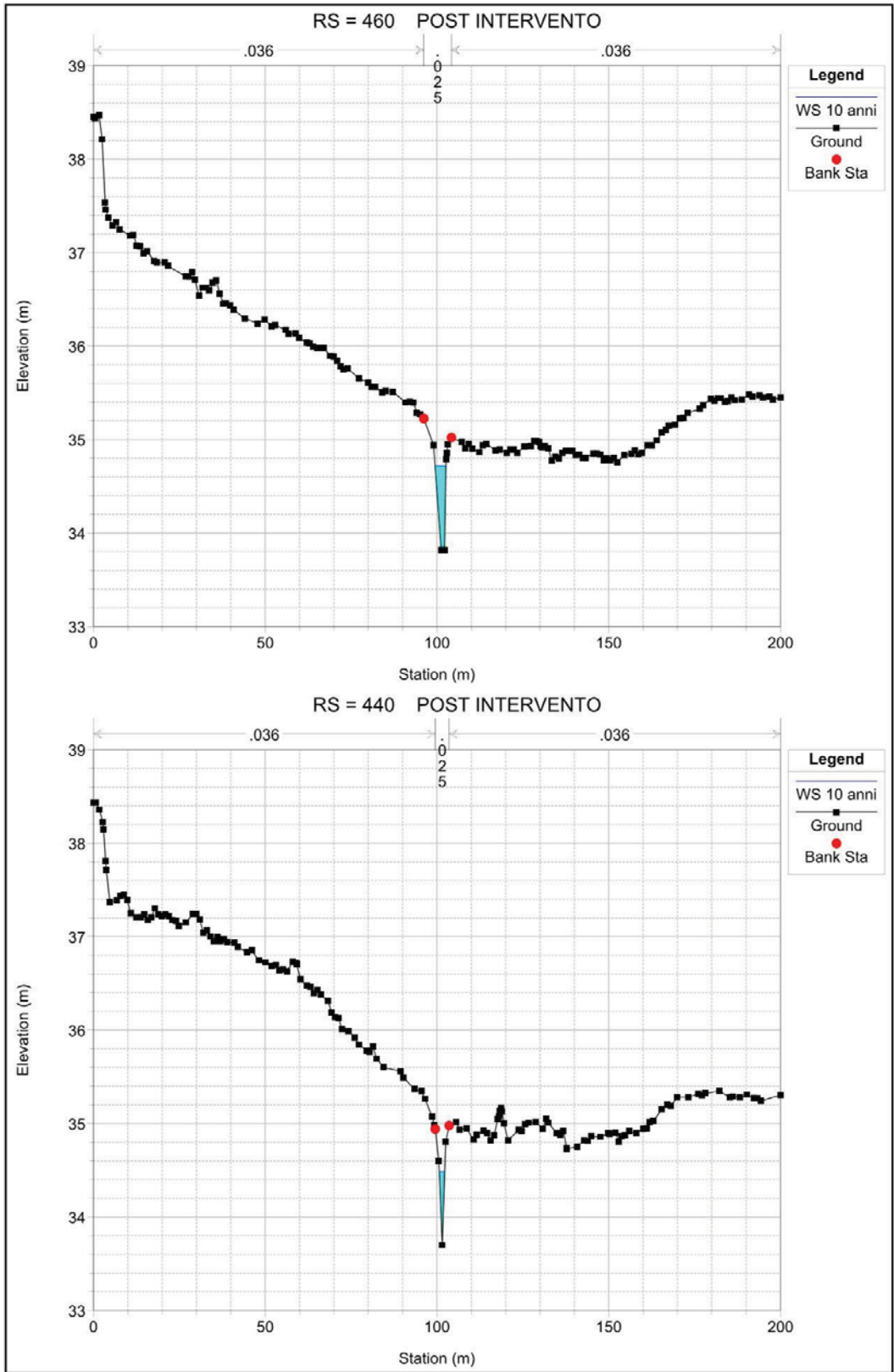


Sezioni simulazione idraulica

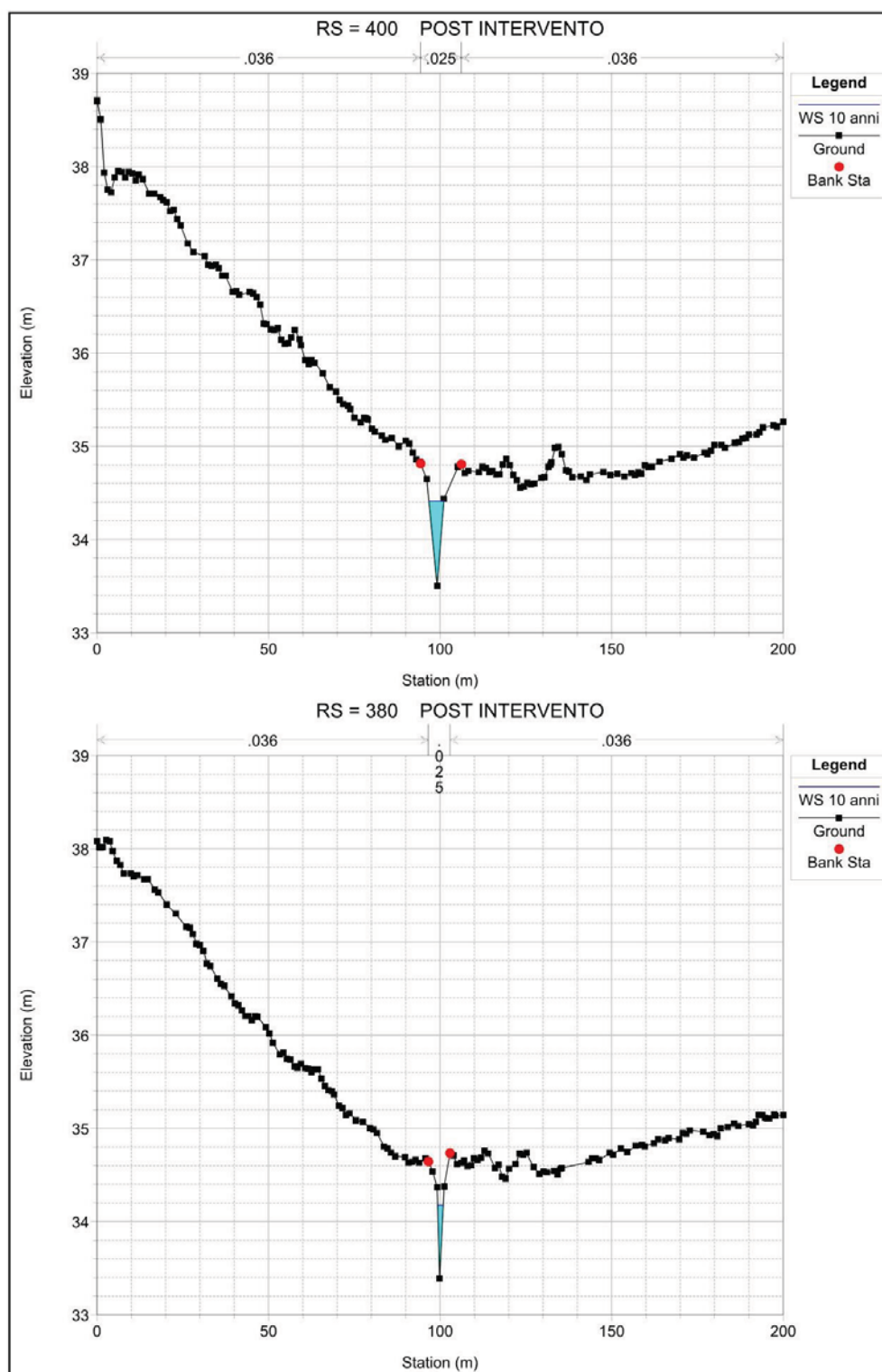


Sezioni simulazione idraulica

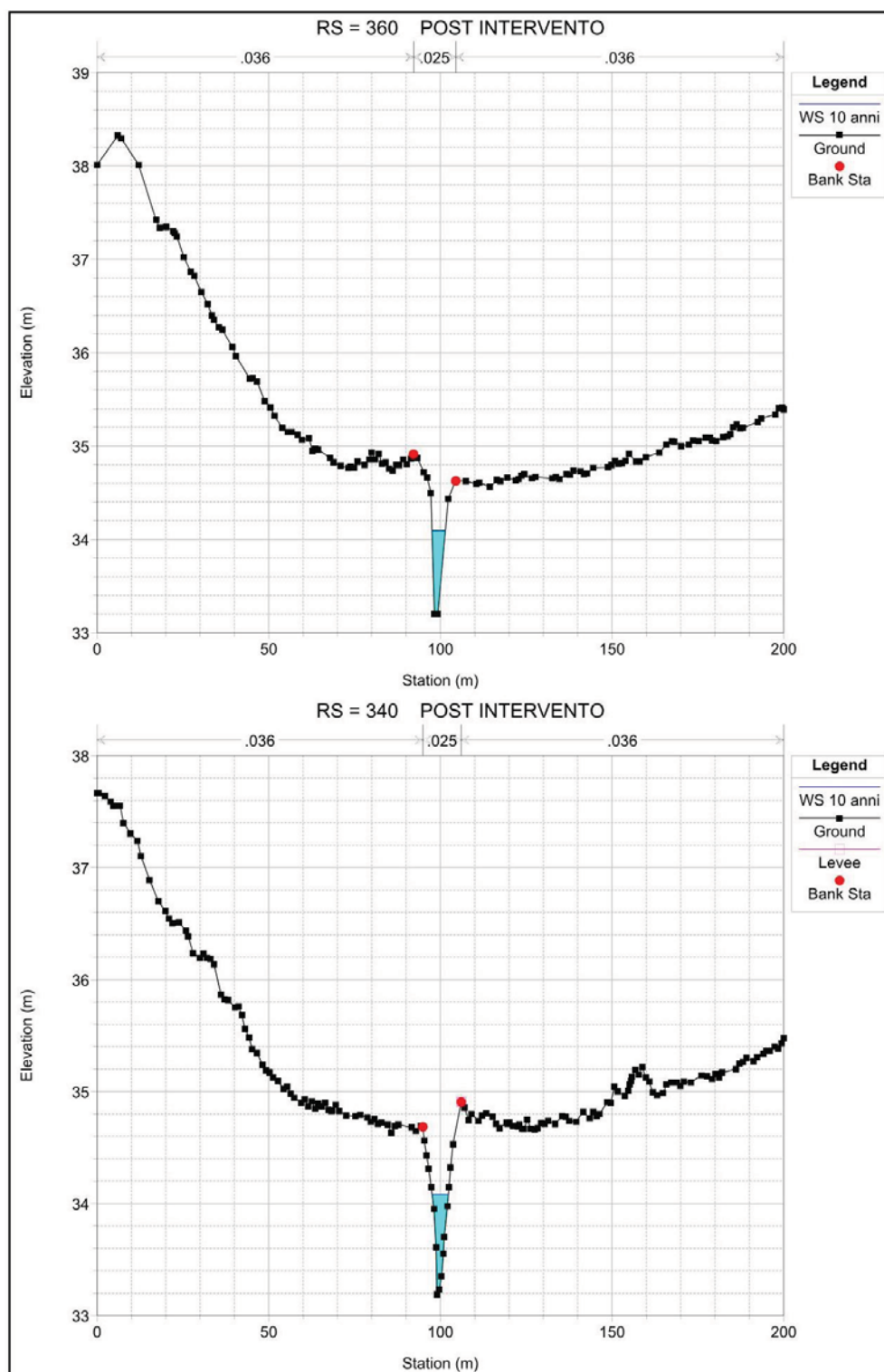
SEZIONI SIMULAZIONE POST INTERVENTO



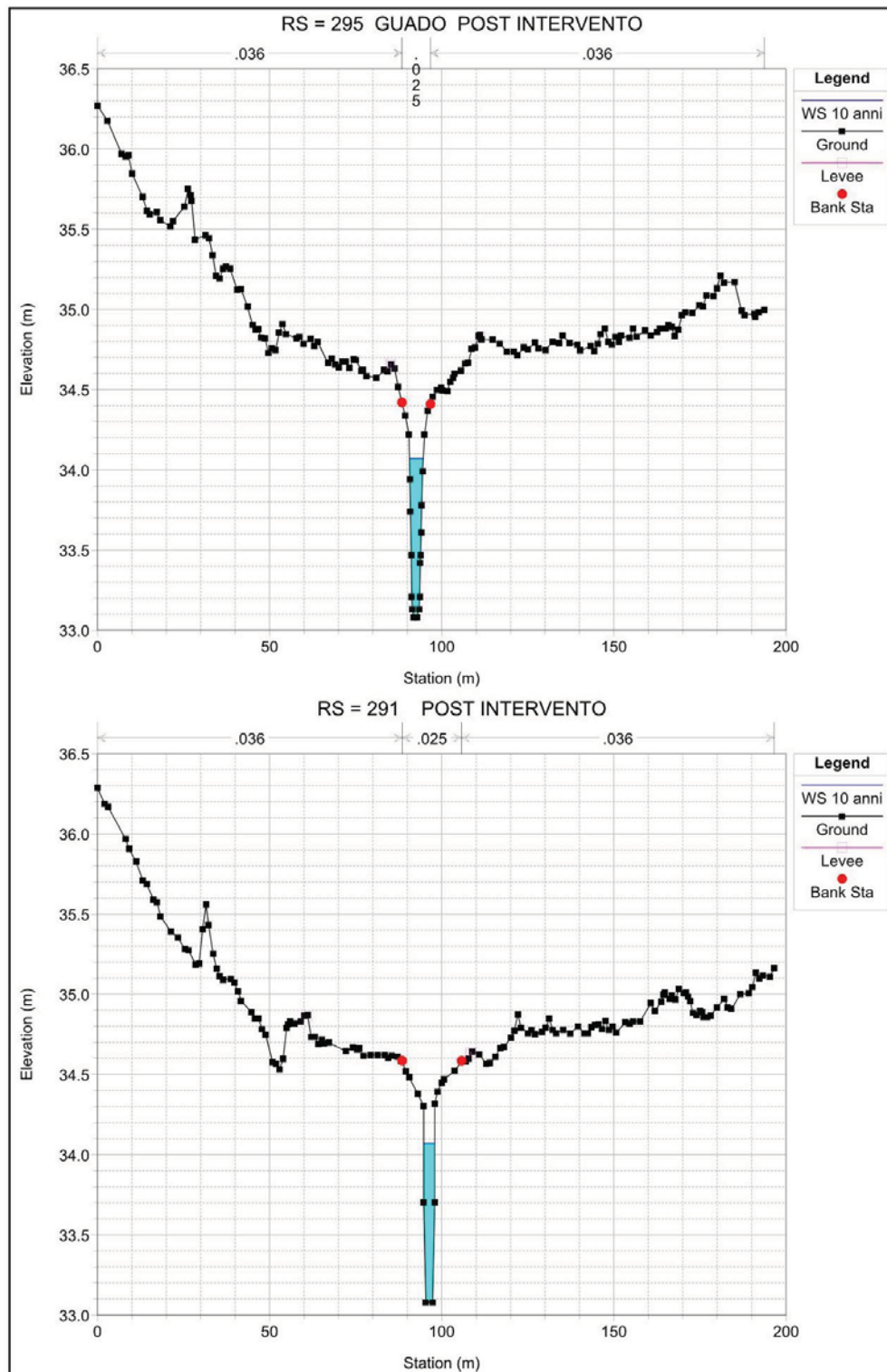
Sezioni simulazione idraulica



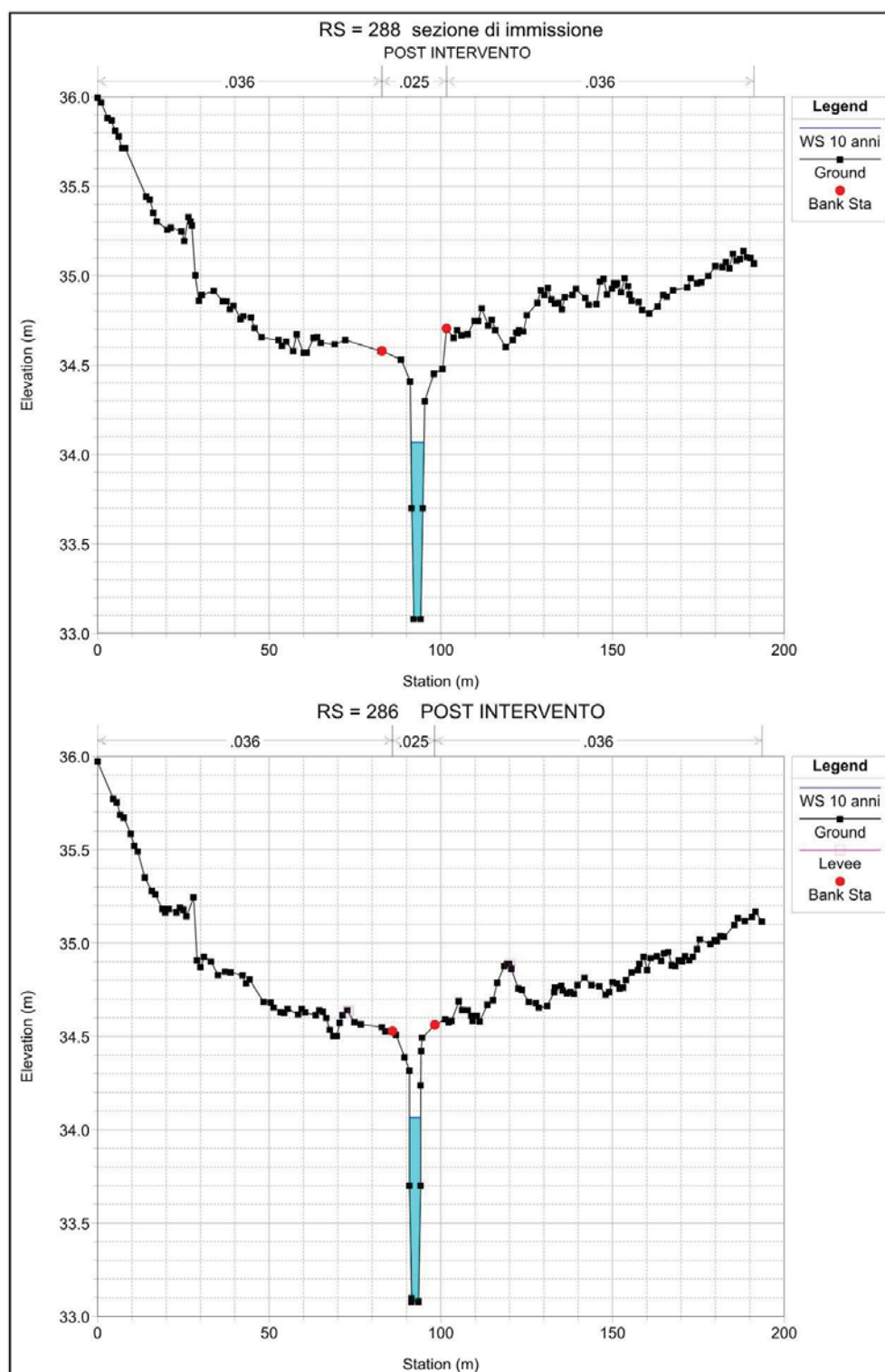
Sezioni simulazione idraulica

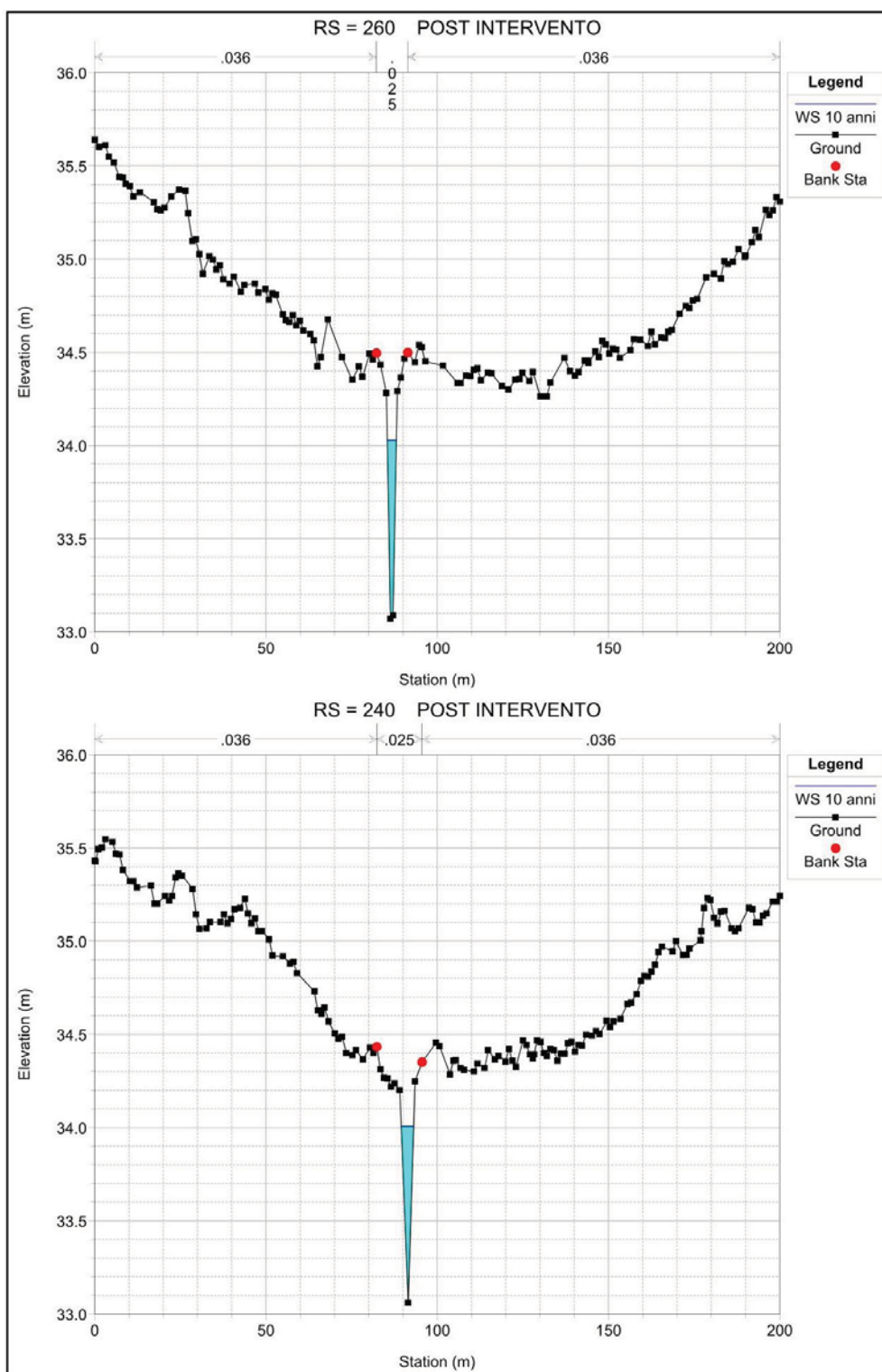


Sezioni simulazione idraulica

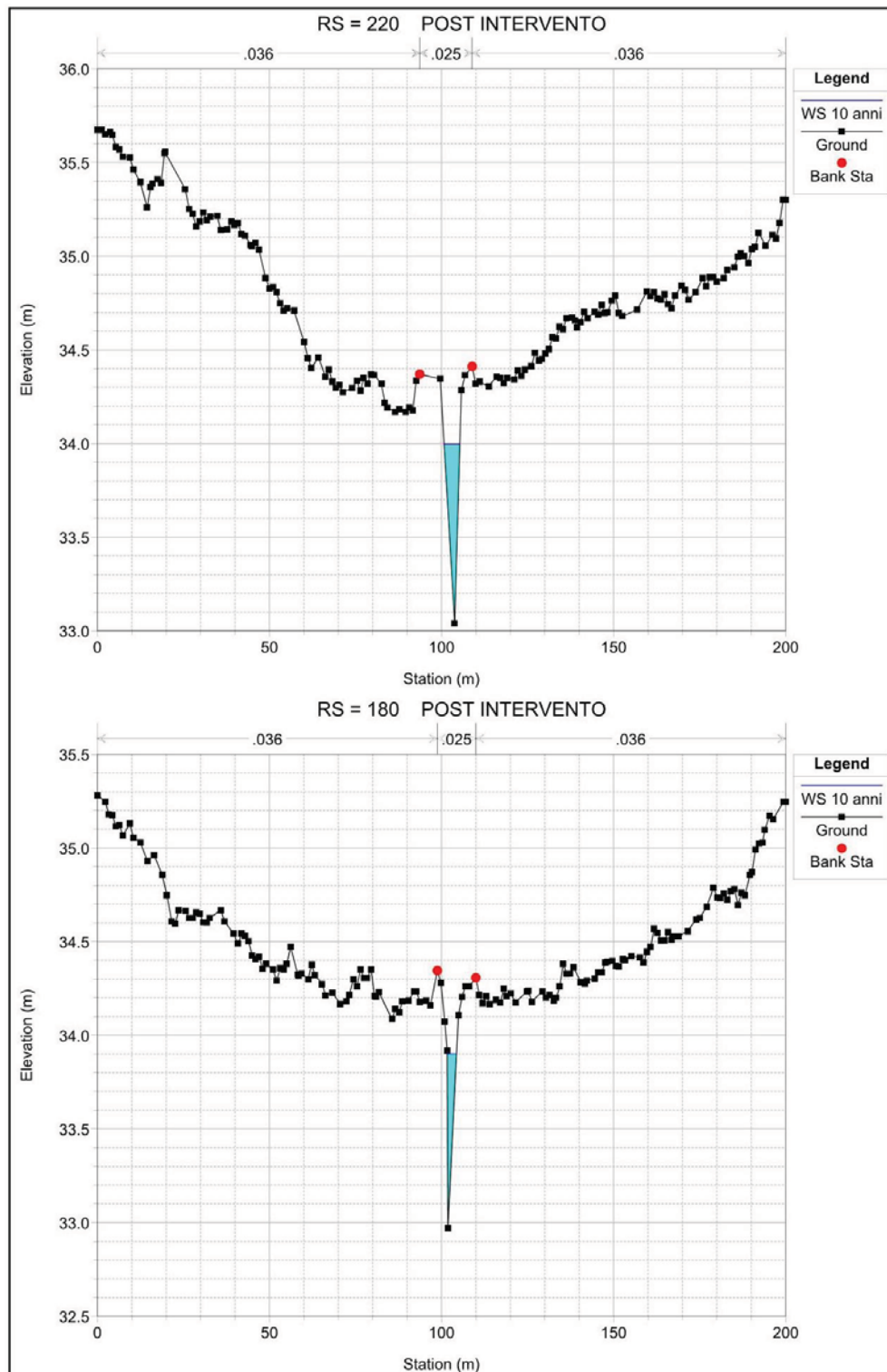


Sezioni simulazione idraulica

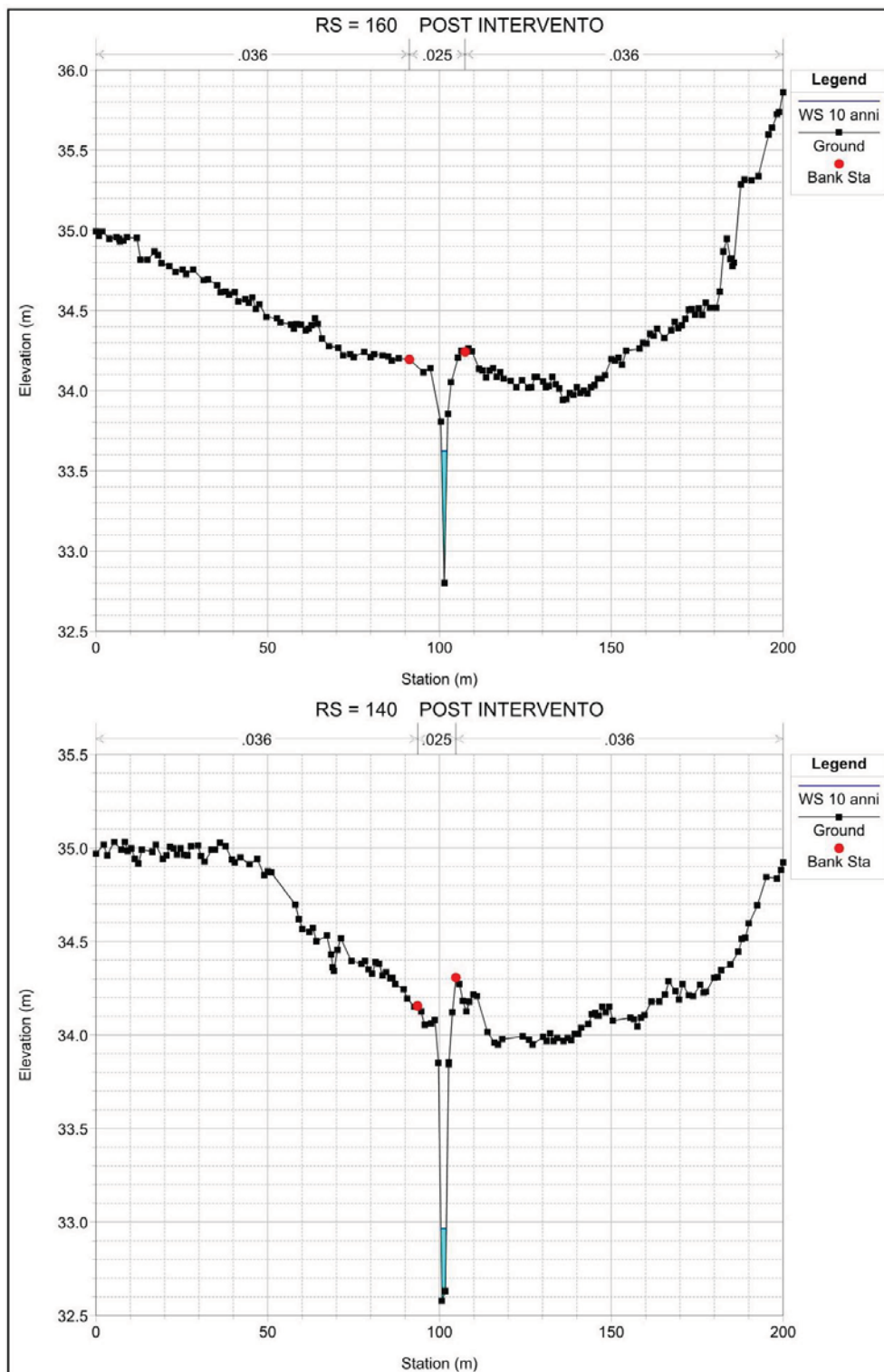




Sezioni simulazione idraulica



Sezioni simulazione idraulica



Sezioni simulazione idraulica

10. ASSEVERAZIONE

Visti i risultati delle simulazioni precedentemente esposti e vista la tipologia di interventi proposti.

Richiamato l'art.24 comma 8

I tecnici incaricati, dott. ing. Giacomo Spano iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari al n. 8239 e la dott.ssa geol. Maria Luisa Biggio, iscritta all'Ordine dei Geologi della Sardegna al n.354:

Asseverano

- Che gli interventi in oggetto ricadono in aree a pericolosità idraulica molto elevata Hi4.
- Il manufatto di sbocco nell'elemento idrico denominato rio di Monserrato, non riduce la sezione utile al deflusso delle portate transitanti, in quanto la tubazione viene tagliata in linea con la sponda.
- I materassi di tipo Reno costituiti da reti metalliche contenti materiali inerti posati complanarmente al fondo dell'alveo e alle sponde, i quali si estendono 2.5 metri a monte e 2.5 metri a valle del manufatto di sbocco, garantiscono la protezione dall'erosione.
- Le portate immesse nel rio di Monserrato non alterano significativamente il regime idraulico del rio in quanto non modificano in maniera sensibile i tiranti idrici e la velocità della corrente fluida.

I tecnici

