



**REGIONE SARDEGNA  
COMUNE DI SASSARI**  
Provincia di Sassari



Titolo del Progetto

**PROGETTO DEFINITIVO**

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO  
DENOMINATO "GREEN AND BLUE SERRA LONGA"  
DELLA POTENZA DI 61.670,700 KW IN LOCALITÀ "SERRA LONGA" NEL COMUNE DI SASSARI

Identificativo Documento

**REL\_SP\_03\_IDRA\_REV2**

ID Progetto	GBSL	Tipologia	R	Formato	A4	Disciplina	AMB
-------------	------	-----------	---	---------	----	------------	-----

Titolo

**RELAZIONE IDRAULICA**

SCALA:

FILE: **REL\_SP\_03\_IDRA\_REV2.pdf**

IL PROGETTISTA

Arch. Andrea Casula



GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Arch. Andrea Casula  
Geom. Fernando Porcu  
Dott. in Arch. J. Alessia Manunza  
Geom. Vanessa Porcu  
Dott. Agronomo Giuseppe Vacca  
Archeologo Alberto Mossa  
Geol. Marta Camba  
Ing. Antonio Dedoni  
Ing. Fabio Ledda  
Green Island Energy SaS

COMMITTENTE

**SF MADDALENA SRL**

SF MADDALENA SRL  
Via Pietro Triboldi 4 - 26015 Soresina  
P.Iva 02349460564  
pec: sfmaddalena@pec.it

Rev.	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
Rev.2	Integrazione Settembre2022	Terza Emissione	Green Island Energy	Green Island Energy	SF Maddalena srl
Rev.1	Integrazione Maggio2022	Seconda Emissione	Green Island Energy	Green Island Energy	SF Maddalena srl
Rev.	Settembre 2021	Prima Emissione	Green Island Energy	Green Island Energy	SF Maddalena srl

PROCEDURA

Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi dell'art.23 del D.Lgs.152/2006

GREEN ISLAND ENERGY SAS  
Via S.Mele, N 12 - 09170 Oristano  
tel&fax(+39) 0783 211692-3932619836  
email: greenislandenergysas@gmail.com

NOTA LEGALE: Il presente documento non può  
falsamente essere diffuso o copiato  
su qualsiasi formato e tramite qualsiasi  
mezzo senza preventiva autorizzazione  
formale da parte di Green Island Energy SaS

GREEN ISLAND ENERGY



1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
3	INQUADRAMENTO .....	5
3.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	5
3.2	INQUADRAMENTO P.A.I. ....	6
3.3	INQUADRAMENTO P.S.F.F.....	6
3.4	INQUADRAMENTO DELLE MISURE DI SALVAGUARDIA NELLE AREE ALLUVIONATE .....	6
4	PORTATE DI PIENA .....	7
5	VERIFICHE IDRAULICHE .....	14
6	CONCLUSIONI.....	18

**ALLEGATO 1: PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI E DELLE AREE ALLAGATE**

**ALLEGATO 2: ELABORATI HEC-RAS**

## Indice Figure

Figura 1 Strutture di supporto pannelli .....	3
Figura 2 – Inquadramento geografico e foto aerea dell'area .....	5
Figura 3 – Bacino idrologico con l'individuazione dell'area di progetto in rosso .....	9
Figura 4 – Carta uso suolo.....	12
Figura 5 –Localizzazione delle sezioni e del tratto di corso d'acqua analizzato.....	15
Figura 6 Localizzazione delle sezioni e dell'alveo su ortofoto .....	16
<b>Figura 7 Aree allagate, tempo di ritorno 10 anni.....</b>	<b>17</b>

## Indice Tabelle

Tabella 1 Caratteristiche morfologiche del bacino .....	9
Tabella 2 Tempi di corrivazione .....	10
Tabella 3 Calcolo del Curve Number CN III .....	13
Tabella 4 Portate di piena .....	14
Tabella 5 Portate di piena simulazione.....	14
Tabella 6 Altezze idriche e velocità idrauliche sezioni .....	16

## 1 PREMESSA

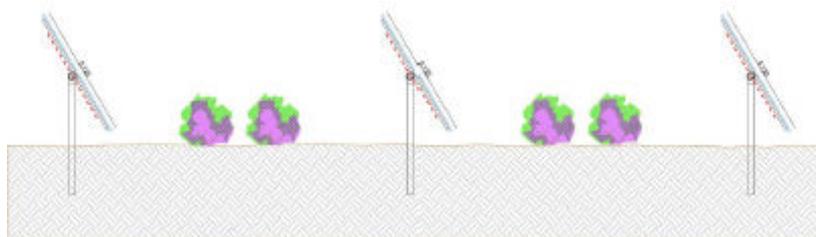
I sottoscritti Dott. Ing. Antonio Dedoni e Dott. Geol. Marta Camba hanno ricevuto incarico professionale dalla Società SF Maddalena Srl, per la verifica idraulica necessaria all'installazione di un impianto agro fotovoltaico denominato "Green ad Blue Serra Longa" della potenza di 61.670,700 kW in località "Serra Longa" nel Comune di Sassari.

La realizzazione dell'impianto sarà eseguita mediante l'installazione di moduli fotovoltaici a terra installati su sistema ad inseguimento monoassiale che raggiunge +/- 55°G di inclinazione rispetto al piano di calpestio sfruttando interamente un rapporto di copertura non superiore al 50% della superficie totale.

L'impianto in progetto, del tipo ad inseguimento monoassiale (inseguitori di rollio), prevede l'installazione di strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (realizzate in materiale metallico), disposte in direzione Nord-Sud su file parallele ed opportunamente spaziate tra loro (interasse di 8,5 m), per ridurre gli effetti degli ombreggiamenti.

Le strutture di supporto sono costituite fondamentalmente da tre componenti:

- 1) I pali in acciaio zincato, direttamente infissi nel terreno;
- 2) La struttura porta moduli girevole, montata sulla testa dei pali, composta da profilati in alluminio, sulla quale vengono posate due file parallele di moduli fotovoltaici;
- 3) L'inseguitore solare monoassiale, necessario per la rotazione della struttura porta moduli. L'inseguitore è costituito essenzialmente da un motore elettrico che tramite un'asta collegata al profilato centrale della struttura di supporto, permette di ruotare la struttura durante la giornata, posizionando i pannelli nella perfetta angolazione per minimizzare la deviazione dall'ortogonalità dei raggi solari incidenti, ed ottenere per ogni cella un surplus di energia fotovoltaica generata.



**Figura 1 Strutture di supporto pannelli**

L'impianto fotovoltaico proposto prevede complessivamente una potenza d'installazione nominale pari 61 670,700 kW e una produzione di energia annua pari a 82 361 989,58 kWh (equivalente a 1 335,51 kWh/kW), derivante da 105 420 moduli che occupano una superficie di 288 218,28 m<sup>2</sup>, ed composto da 42 generatori.

Poiché il progetto non sono previste reti per lo smaltimento delle reti di acque bianche, il presente studio ha lo scopo di verificare se sono presenti delle criticità connesse allo smaltimento delle acque meteoriche, con tempi di ritorno di 10 anni (tipico per il dimensionamento delle reti di smaltimento).

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

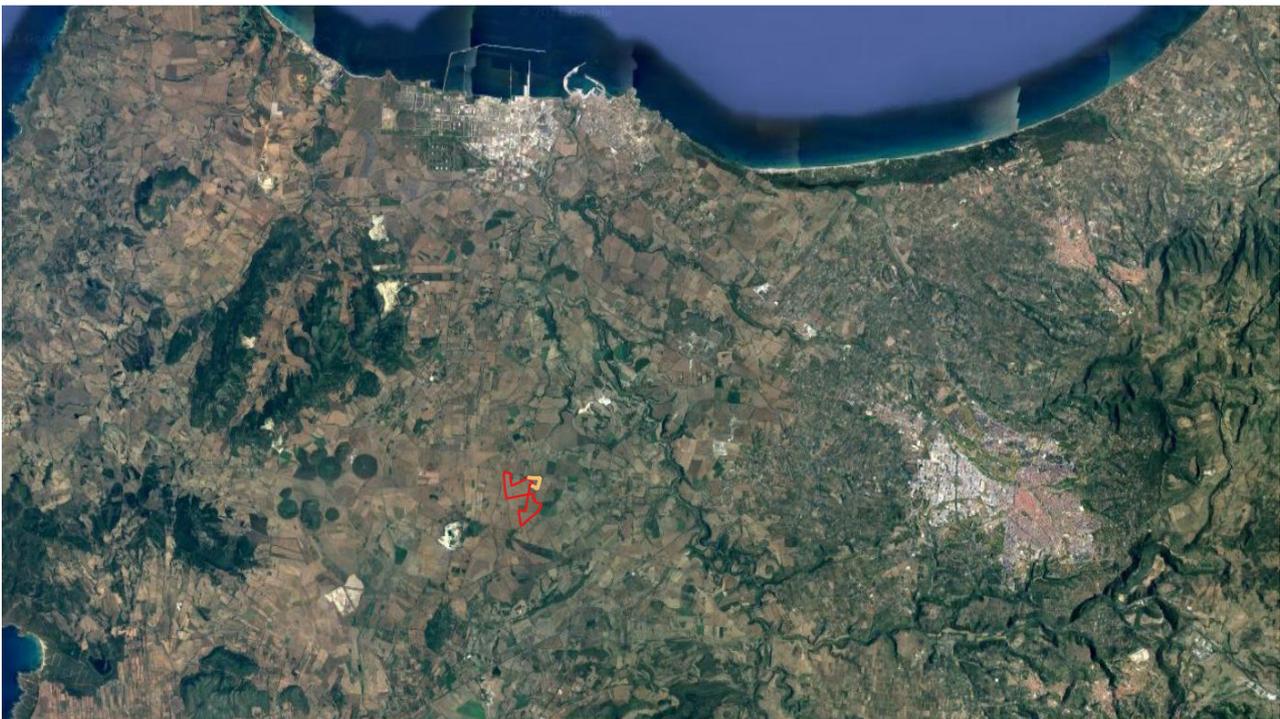
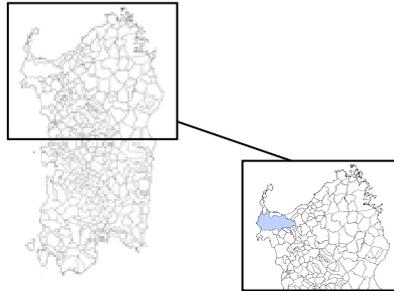
- Legge 267 del 03/08/1998 "Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia".
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992 Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Legge 18 Maggio 1989, n. 183 – Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo (e successive modificazioni ed integrazioni).
- D.M. LL.PP. n. 47 dell'11/03/1988 recante "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione".
- Legge n. 64 del 02/02/1974 recante "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- R.D. 25 Luglio 1904, n. 523 – Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie
- D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. – "Norme in materia ambientale"
- D.M. 17 Gennaio 2018 – Nuove Norme Tecniche per Le Costruzioni
- Art. 24 delle Norme di attuazione del P.A.I., allegato E.
- Artt. n. 4, n. 8 (commi 8, 9, 10 e 11) delle Norme di attuazione del P.A.I..
- Art. 17, comma 6 Legge n. 183 del 19 Maggio 1989, Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale)
- Delibera n. 1 del 31/03/2011 "Predisposizione del complesso di 'Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello Studio denominato Progetto di Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)'".
- Delibera n. 1 del 20.06.2013 e n. 1 del 05.12.2013 "Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)".
- Delibera n. 2 del 17.12.2015 "Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)".

### 3 INQUADRAMENTO

#### 3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata ricade interamente nel territorio del comune di Sassari, provincia di Sassari, in località denominata "Serra Longa" ed è inquadrata nella cartografia IGM nel foglio 549 Sez. IV La Cruca.

**Coordinate geografiche area in esame:  
1447351, 4508963**



**Figura 2 – Inquadramento geografico e foto aerea dell'area.**

### **3.2 INQUADRAMENTO P.A.I.**

Dall'esame della cartografia relativa alle fasce d'inondabilità emerge l'area dell'impianto, oggetto di intervento, non ricade all'interno della perimetrazione del Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI).

### **3.3 INQUADRAMENTO P.S.F.F.**

Dall'esame della cartografia relativa alle fasce d'inondabilità emerge che l'area oggetto di intervento non ricade all'interno della perimetrazione delle fasce fluviali.

### **3.4 INQUADRAMENTO DELLE MISURE DI SALVAGUARDIA NELLE AREE ALLUVIONATE**

Dall'analisi della cartografia delle aree allagate, allegata alla Delibera del Comitato istituzionale n.1 del 27.02.2014 "Definizione delle misure di salvaguardia nelle aree alluvionate del territorio regionale colpite dall'evento calamitoso, denominato Cleopatra, è stato possibile determinare che l'area in esame è non stata interessata da tale evento.

#### 4 PORTATE DI PIENA

Si è proceduto ad una analisi idrologica finalizzata alla valutazione alle portate di piena di riferimento associata al tempo di ritorno di 10 anni, tipica per il dimensionamento e la verifica di reti di smaltimento delle acque meteoriche.

La portata sarà stimata simulando, mediante un modello deterministico a fondamento cinematico, il processo di trasformazione afflussi-deflussi che avviene nel bacino idrografico.

Le ipotesi di base del metodo sono:

- a) la formazione della piena è dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- b) ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione in cui essa è caduta;
- c) la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna scorre indipendentemente dalle altre;
- d) la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.

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

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

dove:

- $T_c$  = tempo di corrivazione [ore]
- $S$  = superficie del bacino [ $\text{km}^2$ ]
- $h_{T_c}$  = pioggia critica di durata  $T_c$  [mm]
- $\Psi$  = coefficiente di deflusso.

Lo ietogramma di progetto per la stima del coefficiente di afflusso  $F$  è di tipo rettangolare, ovvero l'intensità della pioggia si suppone costante durante tutta la durata dell'evento meteorico. Questa ipotesi è applicabile al regime idrologico della Sardegna poiché le piogge presentano prevalentemente breve durata e alta intensità. Le perdite del bacino nella trasformazione afflussi-deflussi verranno pertanto stimate sotto forma di percentuale dell'afflusso meteorico totale, utilizzando il metodo del Curve Number (CN) sviluppato dal Soil Conservation Service nel 1985, e il coefficiente  $F$  assumerà un valore nell'intervallo  $0 \div 1$ .

Il metodo cinematico solitamente ben si adatta alle stime di portata di piena dei piccoli bacini, fra i quali, con un criterio del tutto empirico possono essere classificati i bacini di estensione massima pari a qualche centinaio di  $\text{Km}^2$ , mentre per bacini di maggiori dimensioni fornisce risultati che in genere risultano sovrastimati.

Il tempo di corrivazione  $t_c$  può essere stimato utilizzando varie formule esistenti in letteratura, ognuna applicabile in misura maggiore o minore a seconda delle caratteristiche del bacino.

In fase progettuale verrà adottato il valore di  $t_c$  più idoneo in relazione alle caratteristiche morfometriche del tipo di bacino in esame.

Per la determinazione del tempo di corrivazione  $T_c$  sono state utilizzate le formule sotto elencate:

- Soil Conservation Service  $T_c = 0,00227 * (1000L)^{0,8} \cdot [(1000 / CN) - 9]^{0,7} i_{VERSANTE}^{-0,5}$  [ore]

$$T_c = 1,67 \cdot 2,587 * \frac{1000L^{0,8}}{1900 \cdot i_{VERSANTE\%}^{0,5}} \cdot [(1000 / CN) - 9]^{0,7} \text{ [ore]}^1$$

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

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

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

(dove V è la velocità media di scorrimento variabile a seconda delle caratteristiche dell'asta fluviale)

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

- Formula VAPI  $T_c = 0.212S^{0.231} \left( \frac{H_m}{i_m} \right)^{0.289}$  [ore]

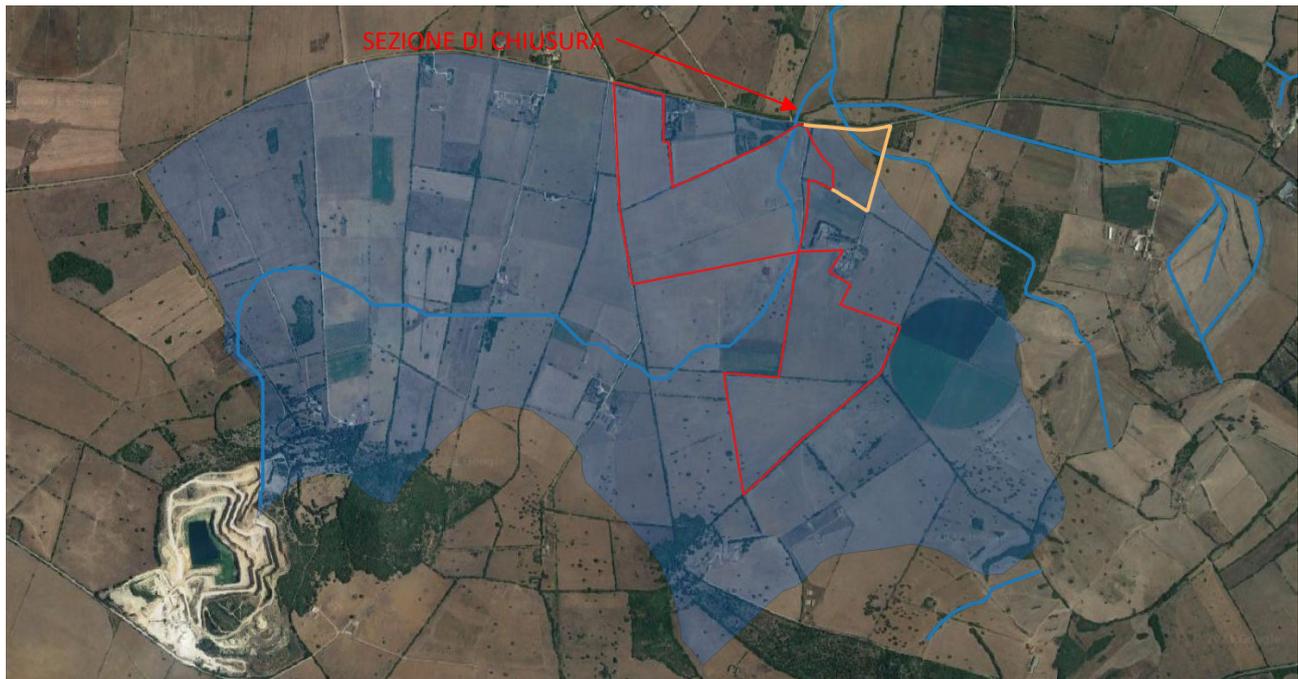
Per la definizione dei bacini si è fatto riferimento agli elementi cartografici disponibili nel Geoportale della R.A.S:

- Ortofoto;
- Carta Tecnica regionale in formato vettoriale;
- Modello digitale del terreno con passo 10 m.
- Rilievo di dettaglio dell'area limitrofa all'attraversamento mediante l'utilizzo del GPS

All'interno dell'area di progetto è stato individuato il seguente bacino idrografico.

---

<sup>1</sup> Formula equivalente alla precedente riportata sulle "Metodologie di analisi" del PSFF



**Figura 3 – Bacino idrologico con l'individuazione dell'area di progetto in rosso**

Le caratteristiche morfologiche del bacino sono:

<b>CARATTERISTICHE DEL BACINO BACINO COMPLETO</b>			
Superficie bacino	S=	5.154	Km <sup>2</sup>
Altitudine massima	H <sub>MAX</sub> =	140.0	m s.l.m.
Altitudine minima	H <sub>0</sub> =	59.0	m s.l.m.
Altitudine media	H <sub>m</sub> =	67.4	m s.l.m.
Pendenza media del bacino drenante	i <sub>VERSANTE</sub> =	1.75	%
Lunghezza asta principale	L=	3.951	Km
Pendenza media dell'asta principale	i <sub>m</sub> =	0.0165	1.75%

**Tabella 1 Caratteristiche morfologiche del bacino**

I valori ricavati pertanto sono i seguenti:

<b>TEMPO DI CORRIVAZIONE BACINO COMPLETO</b>		
SCS	[ore]	1.987
Ventura	[ore]	2.248
Giandotti	[ore]	6.481
<b>Viparelli</b>	<b>[ore]</b>	<b>1.097</b>
Pasini	[ore]	2.296
VAPI	[ore]	3.423

**Tabella 2 Tempi di corrivazione**

Per la determinazione dell'altezza critica è stato utilizzato il tempo di corrivazione ottenuto dalla formula del Viparelli.

#### **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 ricavate utilizzando la distribuzione TCEV.

La pioggia lorda  $h$  viene ricavata dalla nota formula:

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

dove:

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

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata >1 ora
Sottozona 1	$a=0.46420+1.0376 \cdot \text{Log}(T)$	$a=0.46420+1.0376 \cdot \text{Log}(T)$
	$n=-0.18488+0.22960 \cdot \text{Log}(T)-3.3216 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n=-1.0469 \cdot 10^{-2}-7.8505 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.43797+1.0890 \cdot \text{Log}(T)$	$a=0.43797+1.0890 \cdot \text{Log}(T)$
	$n=-0.18722+0.24862 \cdot \text{Log}(T)-3.36305 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n=-6.3887 \cdot 10^{-3}-4.5420 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.40926+1.1441 \cdot \text{Log}(T)$	$a=0.40926+1.1441 \cdot \text{Log}(T)$
	$n=-0.19060+0.264438 \cdot \text{Log}(T)-3.8969 \cdot 10^{-2} \cdot \text{Log}^2(T)$	$n=1.4929 \cdot 10^{-2}+7.1973 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Log}(T)$

I valori di  $a_1$  e  $n_1$  si determinano in funzione della pioggia indice giornaliera  $\mu_g$  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 TR 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 Sardegna.

I bacini dei corsi d'acqua che interessano il territorio comunale di Sassari ricade nella SZO 2, dalla tabella sopra riportata le espressioni di  $a_2$  e  $n_2$  per  $T_p$ , che nel metodo cinematico è posto pari al  $T_c$ , superiori a 1 ora sono:

**per la sottozona 2**

$$a_2 = 0.439797 + 1.0890 \log TR$$

$$n_2 = -6.3887 \cdot 10^{-3} - 4.54200 \cdot 10^{-3} (\log TR)$$

**Determinazione della pioggia ragguagliata**

La determinazione della pioggia ragguagliata, è stata effettuata secondo la formula proposta dal Department of Environment Water Council (DEWC) nel 1981, applicabile a bacini con area totale  $1 \text{ [Km}^2] < A < 100 \text{ [Km}^2]$ , e pertanto applicabile al bacino in esame. E' necessaria la stima di un coefficiente  $r$  da moltiplicare per l'altezza di pioggia lorda  $h$ .

$$r(\tau, A_b) = 1 - f_1 \tau^{-f_2}$$

dove

$$f_1 = 0.0394 A_b^{0.354}$$

$$f_2 = 0.4 - 0.0208 (4.6 - \ln A_b) \quad \text{per} \quad A_b < 20 \text{ [Km}^2]$$

$A_b$  è l'area del bacino espressa in  $[\text{Km}^2]$ ;

$\tau$  è la durata della pioggia lorda in ore.

$R$  è il coefficiente di riduzione areale

**Coefficiente di deflusso**

Per la stima delle perdite si è applicato il metodo del Curve Number (CN) indicato dal Soil Conservation Service (SCS, 1975, 1985) considerando la condizione più critica di umidità antecedente del suolo, ovvero corrispondente alla condizione AMC (Antecedent Moisture Condition) di tipo III, indicativa di un suolo saturo. Per la definizione della classe di suolo considerata è stata utilizzata la carta del Curve Number, aggiornata al 2019, sviluppata e prodotta dal Dipartimento Geologico dell'ARPAS, reperibile sul sito Geoportale, ricavata dalla carta regionale d'uso del suolo suddivisa in 72 classi, contenute in 4 livelli gerarchici, secondo l'impostazione della Corine Land Cover, società che ha redatto la carta per la Regione Sardegna.

L'altezza  $h_{n,r}$  di pioggia netta è stata pertanto calcolata secondo la seguente relazione (SCS):

$$h_{n,r} = \frac{(h_{l,r}(\tau) - I_a)^2}{h_{l,r}(\tau) - I_a + S}$$



## Verifica idraulica per la realizzazione di impianto agro fotovoltaico denominato "Green ad Blue Serra Longa"

PIENO CAMPO						
3241	AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	65.00	81.03	0.008	0.16	59.46
3241	AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	65.00	81.03	0.008	0.15	59.46
244	AREE AGROFORESTALI	73.00	86.15	0.025	0.46	40.85
244	AREE AGROFORESTALI	73.00	86.15	0.022	0.41	40.85
131	AREE ESTRATTIVE	85.00	92.87	0.016	0.30	19.49
3111	BOSCO DI LATIFOGIE	60.00	77.53	0.038	0.70	73.62
1122	FABBRICATI RURALI	74.00	86.75	0.005	0.09	38.80
1122	FABBRICATI RURALI	74.00	86.75	0.010	0.18	38.80
1122	FABBRICATI RURALI	74.00	86.75	0.017	0.31	38.80
1122	FABBRICATI RURALI	74.00	86.75	0.009	0.17	38.80
3231	MACCHIA MEDITERRANEA	56.00	74.54	0.045	0.83	86.77
3231	MACCHIA MEDITERRANEA	56.00	74.54	0.009	0.18	86.77
3231	MACCHIA MEDITERRANEA	56.00	74.54	0.041	0.77	86.77
3231	MACCHIA MEDITERRANEA	56.00	74.54	0.000	0.00	86.77
2112	PRATI ARTIFICIALI	79.00	89.64	0.036	0.67	29.36
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	73.00	86.15	2.994	55.82	40.85
3231	MACCHIA MEDITERRANEA	70.00	84.29	0.002	0.03	47.33
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	80.00	90.20	0.003	0.06	27.61
3231	MACCHIA MEDITERRANEA	77.00	88.51	0.006	0.12	32.99
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	83.00	91.82	0.006	0.10	22.62
244	AREE AGROFORESTALI	82.00	91.29	0.002	0.04	24.24
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	83.00	91.82	0.002	0.04	22.62
3231	MACCHIA MEDITERRANEA	77.00	88.51	0.000	0.00	32.99
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	83.00	91.82	0.007	0.13	22.62
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	83.00	91.82	0.003	0.06	22.62
1122	FABBRICATI RURALI	86.00	93.39	0.002	0.05	17.98
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	83.00	91.82	0.041	0.77	22.62
1122	FABBRICATI RURALI	59.00	76.80	0.016	0.29	76.74
1122	FABBRICATI RURALI	59.00	76.80	0.002	0.03	76.74
1122	FABBRICATI RURALI	59.00	76.80	0.022	0.42	76.74
1122	FABBRICATI RURALI	59.00	76.80	0.000	0.01	76.74
2121	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	63.00	79.66	0.824	15.37	64.86
	<b>CURVE NUMBER PONDERATO</b>	<b>68.95</b>	<b>83.46</b>	<b>5.318</b>	<b>99.15</b>	<b>50.35</b>

Tabella 3 Calcolo del Curve Number CN III

Di seguito si riporta la tabella, riassuntiva dei risultati ottenuti col metodo cinematico:

<b>Calcolo delle Portate di Piena [mc/s]</b>	
	<b>Tempi di ritorno</b>
	<b>10</b>
<b>Bacino completo</b>	<b>7.28</b>

**Tabella 4 Portate di piena**

## 5 VERIFICHE IDRAULICHE

Le simulazioni idrauliche sono state eseguite sulla base dei risulti riportati nel paragrafo dei calcoli idrologici. La portata di piena calcolata per un tempo di ritorno di 10 anni è pari a:

Tempo di ritorno	Portata [mc/s]
Tr 10 anni	<b>7.28</b>

**Tabella 5 Portate di piena simulazione**

### Ipotesi di moto e condizioni al contorno

La simulazione del moto di un liquido all'interno di un alveo può essere eseguita ricorrendo a tre modelli:

- Regime di moto uniforme;
- Regime di moto permanente;
- Regime di moto vario

La scelta del modello da utilizzare va fatta in base alle informazioni richieste dallo studio e al livello di approfondimento che si vuole ottenere, consapevoli che tanto più il modello di calcolo è raffinato tanto più dovrà essere precisa e peculiare la ricostruzione fisica e morfologica dell'ambiente e tanto più onerosa sarà la mole di indagini conoscitive e di calcoli richiesti per giungere alla soluzione.

Nel caso in esame la verifica idraulica in condizioni di piena è stata effettuata con l'ausilio di un modello monodimensionale in moto permanente che ben si adatta alla geometria dell'alveo in oggetto e alla determinazione dell'eventuale insufficienza idraulica dello stesso.

La modalità di deflusso dell'alveo è stata analizzata mediante un modello di calcolo semplificato in moto permanente-monodimensionale, implementato dal software Hec-Ras (River Analysis System) sviluppato dal U.S. Army Corps of Engineers.

### Schematizzazione alveo e sezioni

Per l'implementazione dell'alveo sul modello sono state utilizzate 13 sezioni rappresentative, schematizzate in Figura 5, per uno sviluppo complessivo del tracciato planimetrico pari a circa 1800 m. Per la modellizzazione delle sezioni limitrofe all'attraversamento sulla strada provinciale è stato effettuato un rilievo di dettaglio mediante l'utilizzo del GPS, in quanto offre maggiore precisione rispetto al modello digitale a 10 m.

La simulazione idraulica è stata condotta imponendo l'altezza critica nelle sezioni di monte e di valle ed una portata nella sezione di Hec-Ras 3480 corrispondente a quella di sezione di chiusura del bacino principale precedentemente studiato; la portata nelle sezioni di monte è stata impostata proporzionalmente all'area del sottobacino rispetto al

bacino completo. L'attraversamento della strada provinciale è stato modellato come brigde/culvert con un culvert a sezione rettangolare di altezza 1.2 m e larghezza 0.9 m.



**Figura 5 –Localizzazione delle sezioni e del tratto di corso d'acqua analizzato**

## Verifica idraulica per la realizzazione di impianto agro fotovoltaico denominato "Green ad Blue Serra Longa"



**Figura 6 Localizzazione delle sezioni e dell'alveo su ortofoto**

Per quanto concerne il coefficiente di Manning, è stato utilizzato un valore pari a 0.036.

Dalla simulazione si hanno le seguenti altezze idriche e velocità:

Sezione idrica	Altezza idrica [m]	Velocità [m/s]
5832	0.11	0.86
4901	0.22	1.18
4485	0.16	1
3930	0.14	0.92
3480	0.18	1.06
3209	0.41	0.21
2604	0.58	0.08
2194	0.58	0.06
1719	0.86	0.02
1600		
Attraversamento SP	-	-
1558	0.22	0.18
1171	0.23	0.12
758	0.16	0.99
189	0.2	1.13

**Tabella 6 Altezze idriche e velocità idrauliche sezioni**

Dall'analisi della simulazione si può verificare che l'attraversamento rettangolare, in corrispondenza della strada provinciale, non è sufficiente allo smaltimento della portata di piena; pertanto si determina un profilo di rigurgito a valle con il conseguente innalzamento dei livelli idrici fino a 0.58 m in corrispondenza della sezione 2194. Le velocità nelle sezioni interessate dal progetto sono sempre inferiori ad un metro al secondo.

Rispetto al progetto iniziale, è stato previsto lo spostamento dello storage e degli uffici-magazzini in un'area non interessata dall'allagamento (vedi Figura 7)

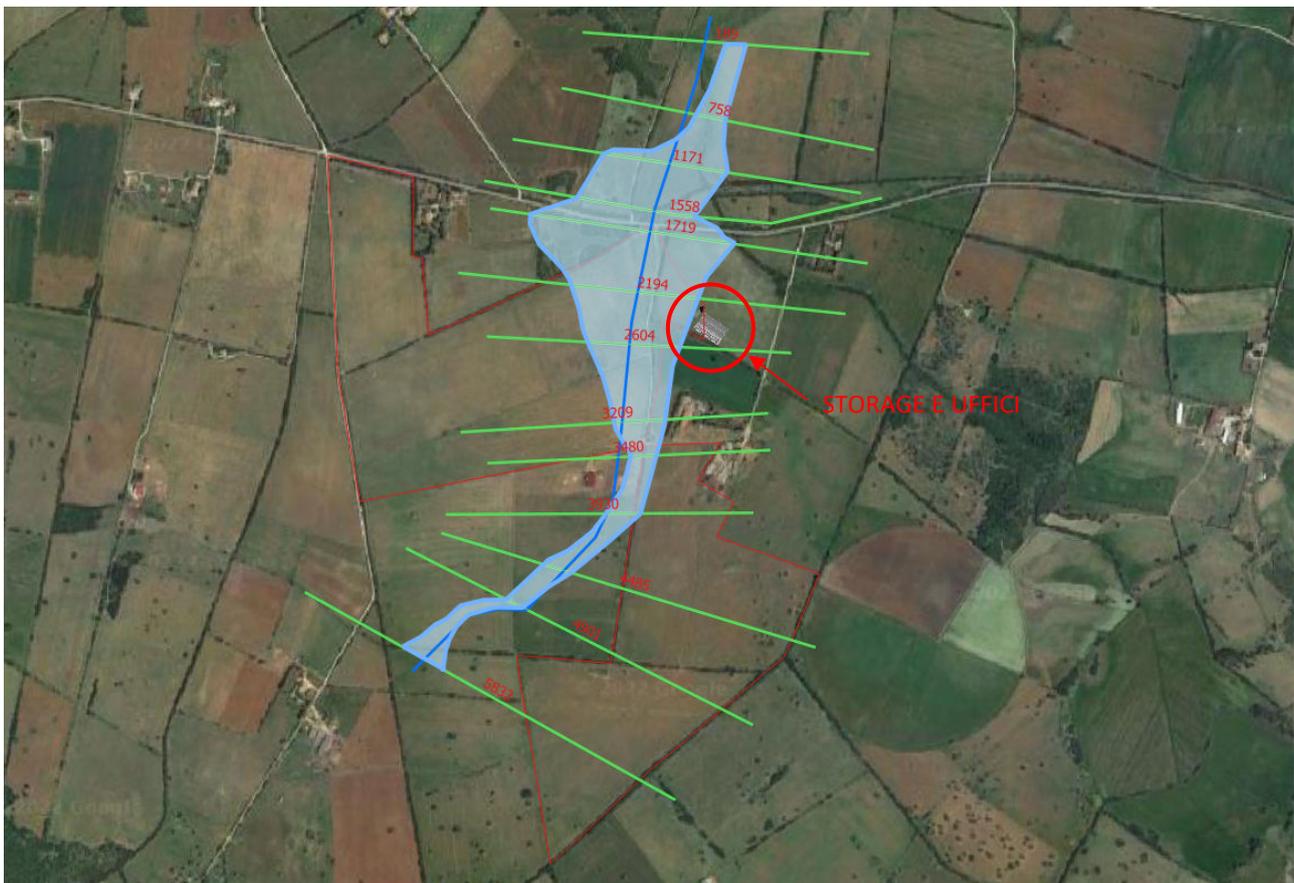


Figura 7 Aree allagate, tempo di ritorno 10 anni

## 6 CONCLUSIONI

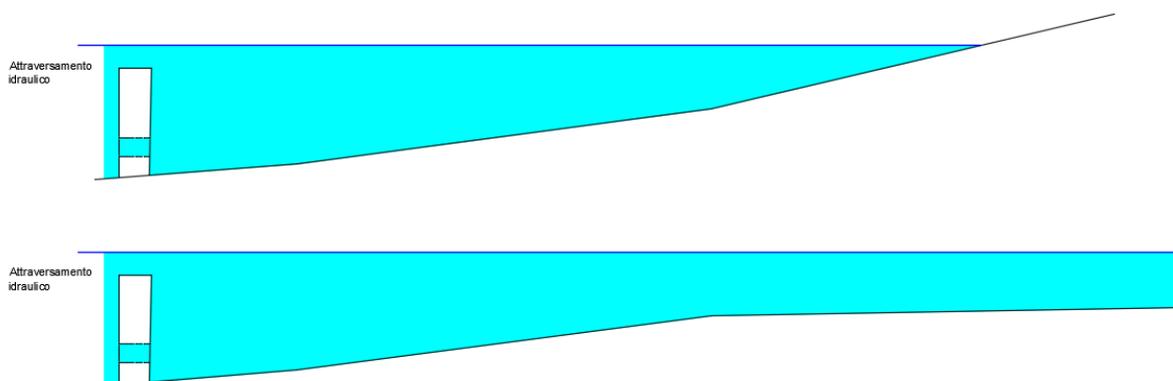
Come riportato nella simulazione, la sezione idraulica dell'attraversamento della strada provinciale non è sufficiente allo smaltimento della portata di piena di 10 anni; pertanto si determina un profilo di rigurgito nelle sezioni di monte con un conseguente innalzamento dei livelli idrici fino a 58 cm nella sezione 2194. Tale simulazione è stata eseguita mediante l'ausilio del modello digitale a 10 m e di un rilievo di dettaglio dell'area limitrofa alla strada provinciale.

Occorre evidenziare che la simulazione eseguita mediante il software Hec-Ras, in condizioni di moto uniforme permanente, tende a sovrastimare i livelli idrici in corrispondenza di ostacoli, come ad esempio un attraversamento.

La condizione di moto permanente utilizza una portata costante, che non varia nel tempo, ed è pari alla portata massima ricavata nei calcoli idrologici. Il modello afflussi-deflussi, utilizzato per la definizione della portata di piena, prevede un'idrogramma triangolare con una durata pari a 2 volte il tempo di corrivazione. Pertanto la portata totale dell'evento risulta molto inferiore rispetto a quella utilizzata per il moto permanente.

Inoltre il software Hec-Ras calcola i livelli idrici nell'ipotesi di portata costante in tutte le sezioni della simulazione; pertanto in corrispondenza di un attraversamento idraulicamente insufficiente andrà a calcolare il livello idrico necessario a far passare tutta la portata senza tenere conto dell'effetto di laminazione dovuto alla conformazione del terreno di tutte le sezioni a monte. Ciò comporta inoltre un livello idrico di rigurgito a monte costante fino a quando la quota del terreno diventa superiore a quella idrica.

Paradossalmente se il terreno di valle dell'attraversamento non dovesse mai raggiungere la quota del livello idrico, calcolato in corrispondenza dell'attraversamento, il profilo di rigurgito si protrarrebbe all'infinito.



Pertanto si può affermare che i livelli idrici che si determineranno nelle condizioni reali sono sicuramente inferiori rispetto a quelli ricavati nella simulazione e compatibili con le altezze minime dei pannelli fotovoltaici (50 cm).

Sulla base delle simulazione eseguite, verranno adottate delle soluzioni mitigative al fine di limitare il rischio idraulico; in particolare si provvederà ad effettuare un riporto del terreno di circa 25 cm, nella zona più limitrofa all'attraversamento tale da limitarne il livello idrico di rigurgito. Tale riporto non andrà a modificare il naturale

deflusso delle acque meteoriche in quanto eseguito nella parte più depressa dell'area e non costituirà ostacolo in quanto verrà eseguito con una pendenza costante a monte fino ad intersecare il normale profilo del terreno.

Inoltre come misura di prevenzione è stato previsto lo spostamento dello storage e degli uffici in un'area non interessata dagli allagamenti.

La simulazione ha evidenziato allo stato attuale l'insufficienza idraulica dell'attraversamento idraulico della strada provinciale; contestualmente al progetto esecutivo, verrà avviata richiesta all'ente gestore della strada per un intervento privato necessario all'adeguamento dell'attraversamento secondo normativa vigente, tale da, in caso di realizzazione, di risolvere definitivamente i problemi di deflusso dell'area interessata dall'impianto.

Cagliari 30/09/2022

Il Tecnico

**Dott. Ing. Antonio Dedoni**



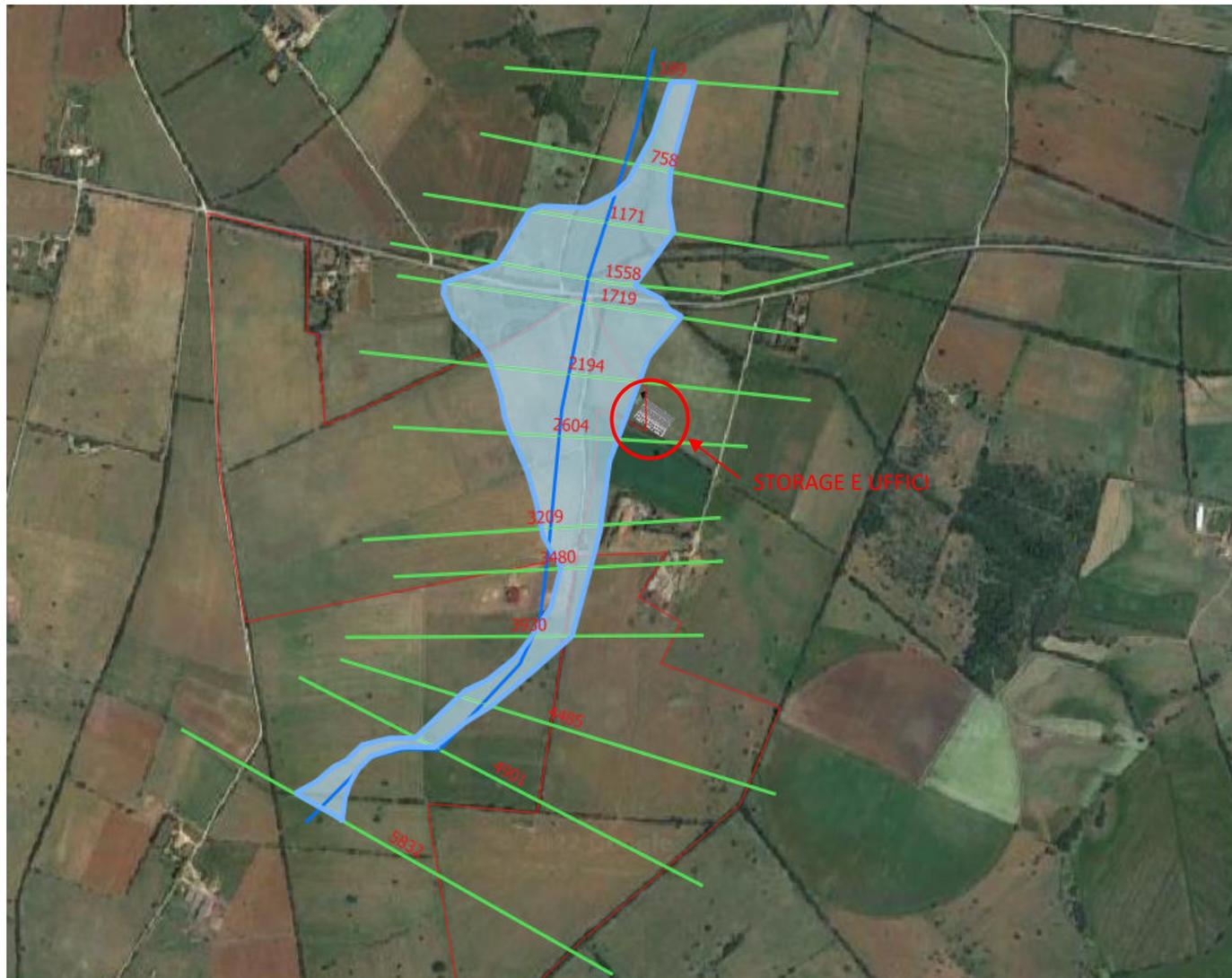
**Dott. Geol. Marta Camba**



**ALLEGATO 1: PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI E DELLE AREE ALLAGATE**

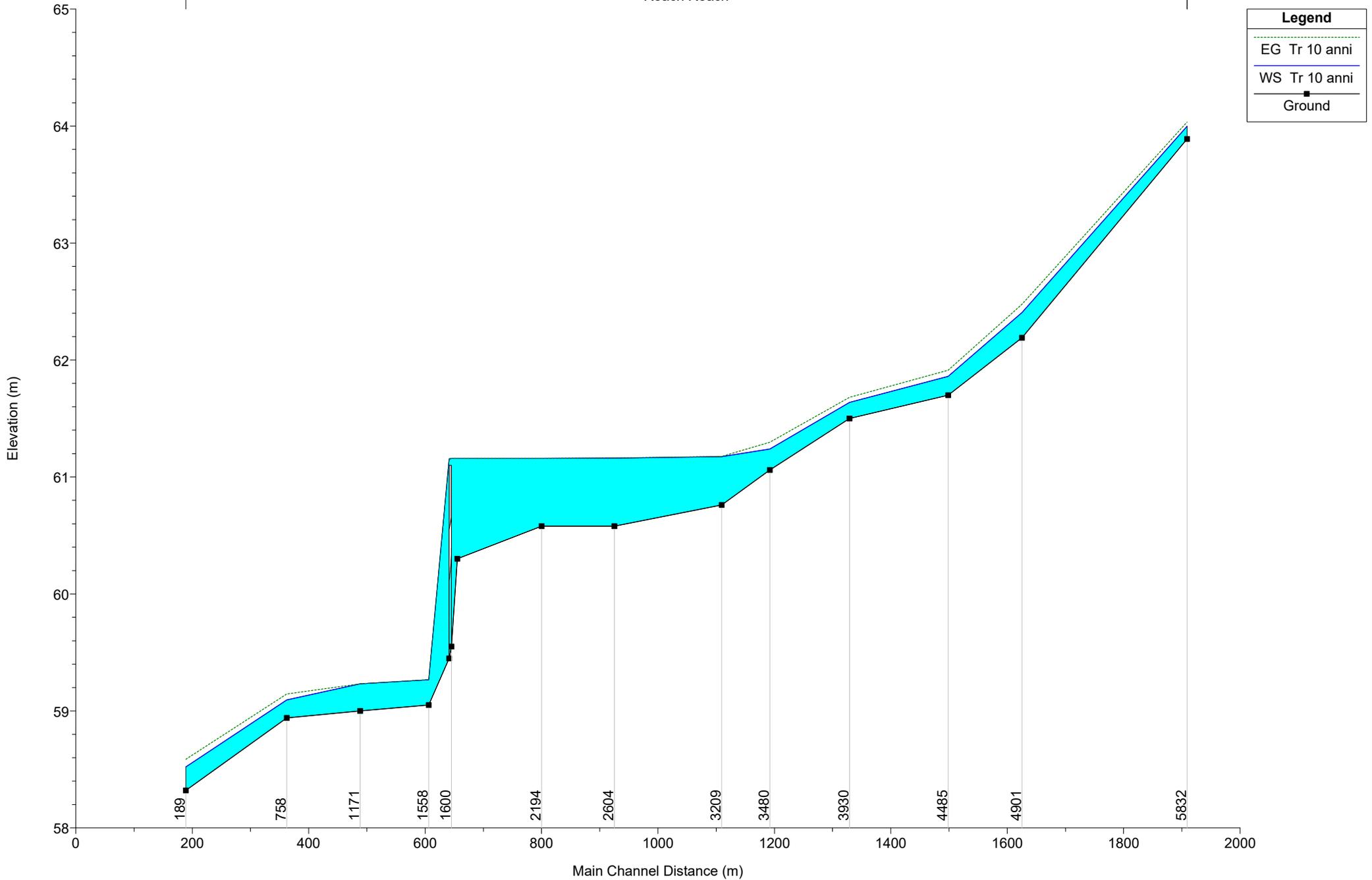
**ALLEGATO 2: ELABORATI HEC-RAS**

**ALLEGATO 1: PLANIMETRIA CON INDICAZIONE DELLE SEZIONI E DELLE AREE ALLAGATE**



**ALLEGATO 2: ELABORATI HEC-RAS**

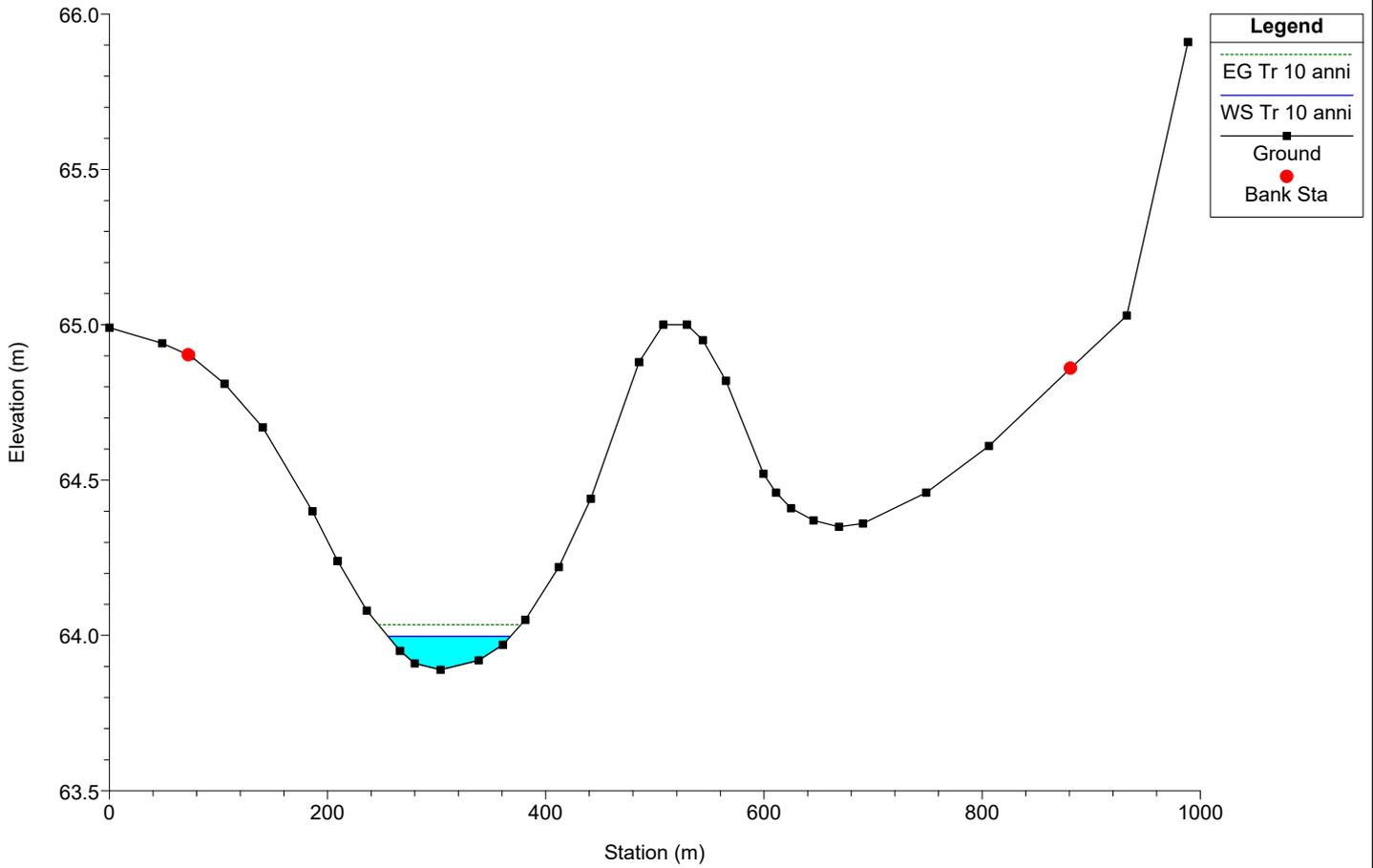
---



20211021FVSASSARI REV01 Plan: Plan 08 6/4/2022

Geom: 20220406

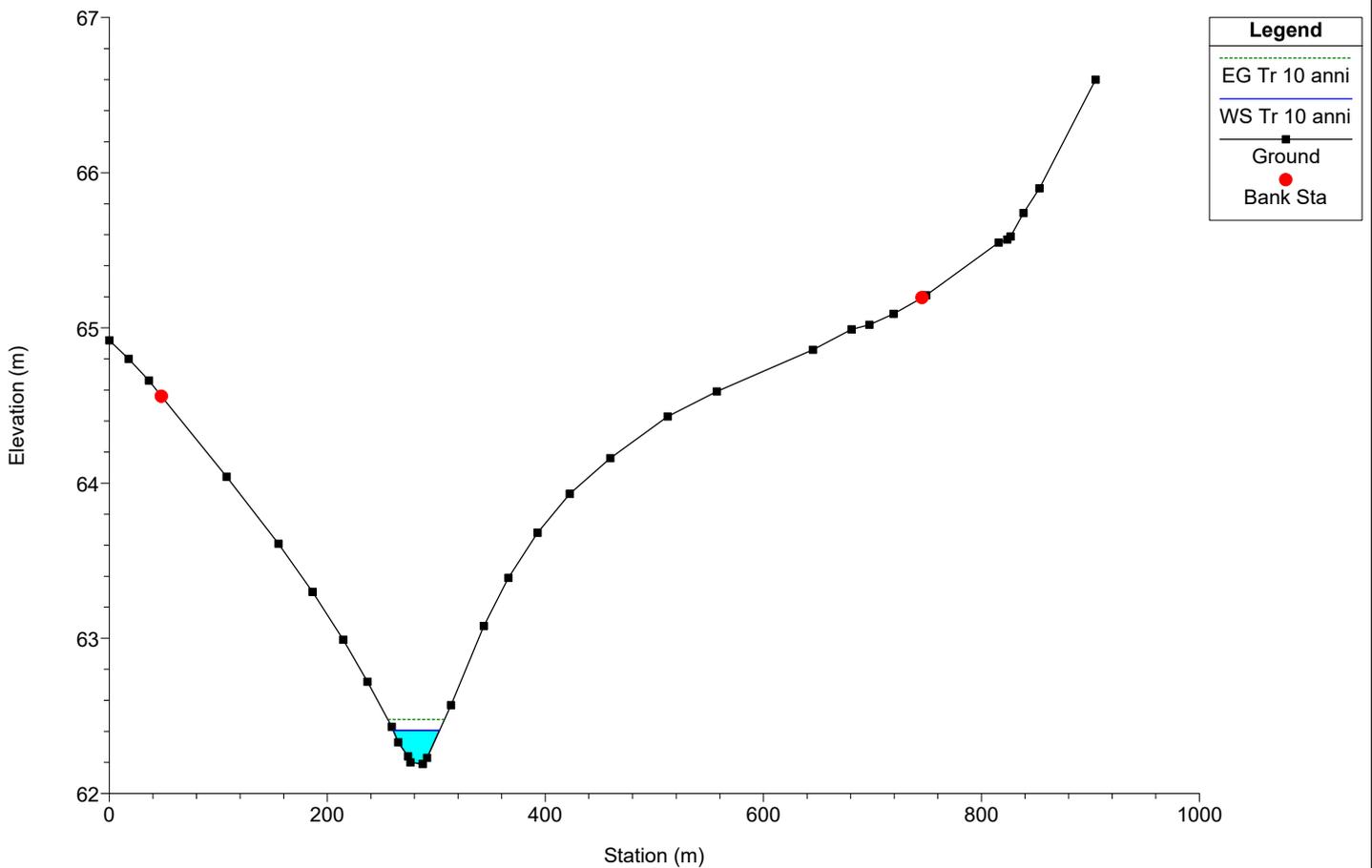
RS = 5832



20211021FVSASSARI REV01 Plan: Plan 08 6/4/2022

Geom: 20220406

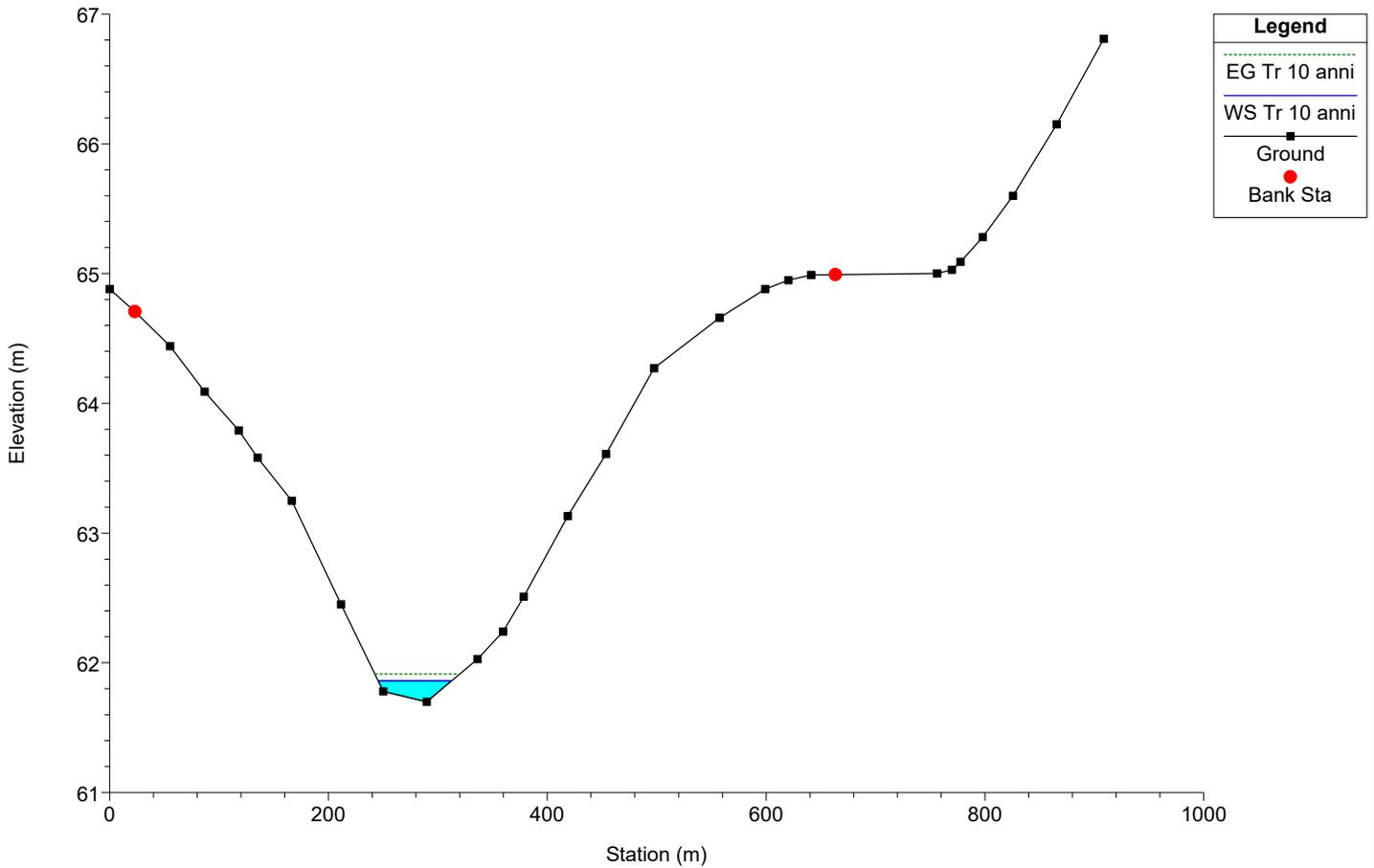
RS = 4901



20211021FVSASSARI REV01 Plan: Plan 08 6/4/2022

Geom: 20220406

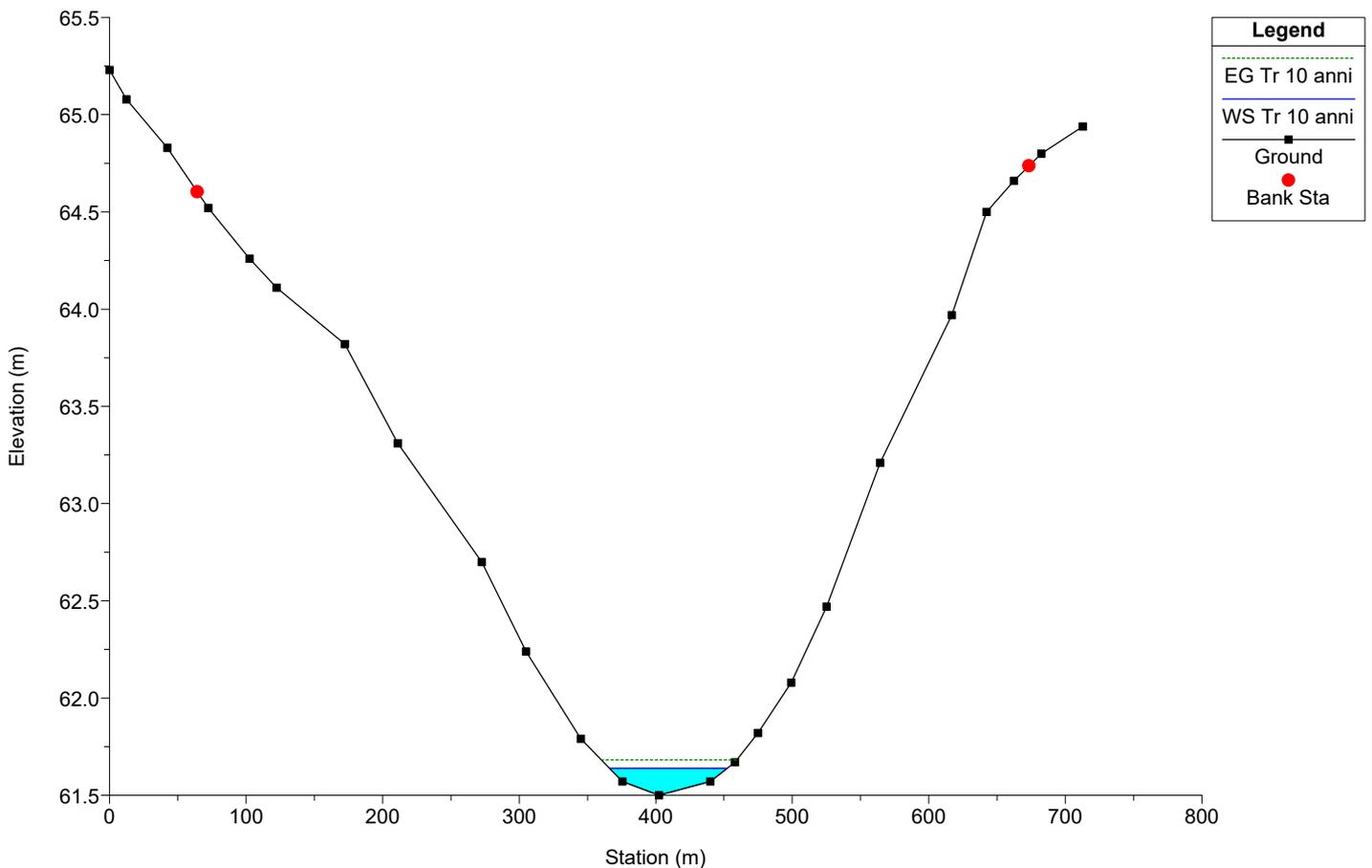
RS = 4485



20211021FVSASSARI REV01 Plan: Plan 08 6/4/2022

Geom: 20220406

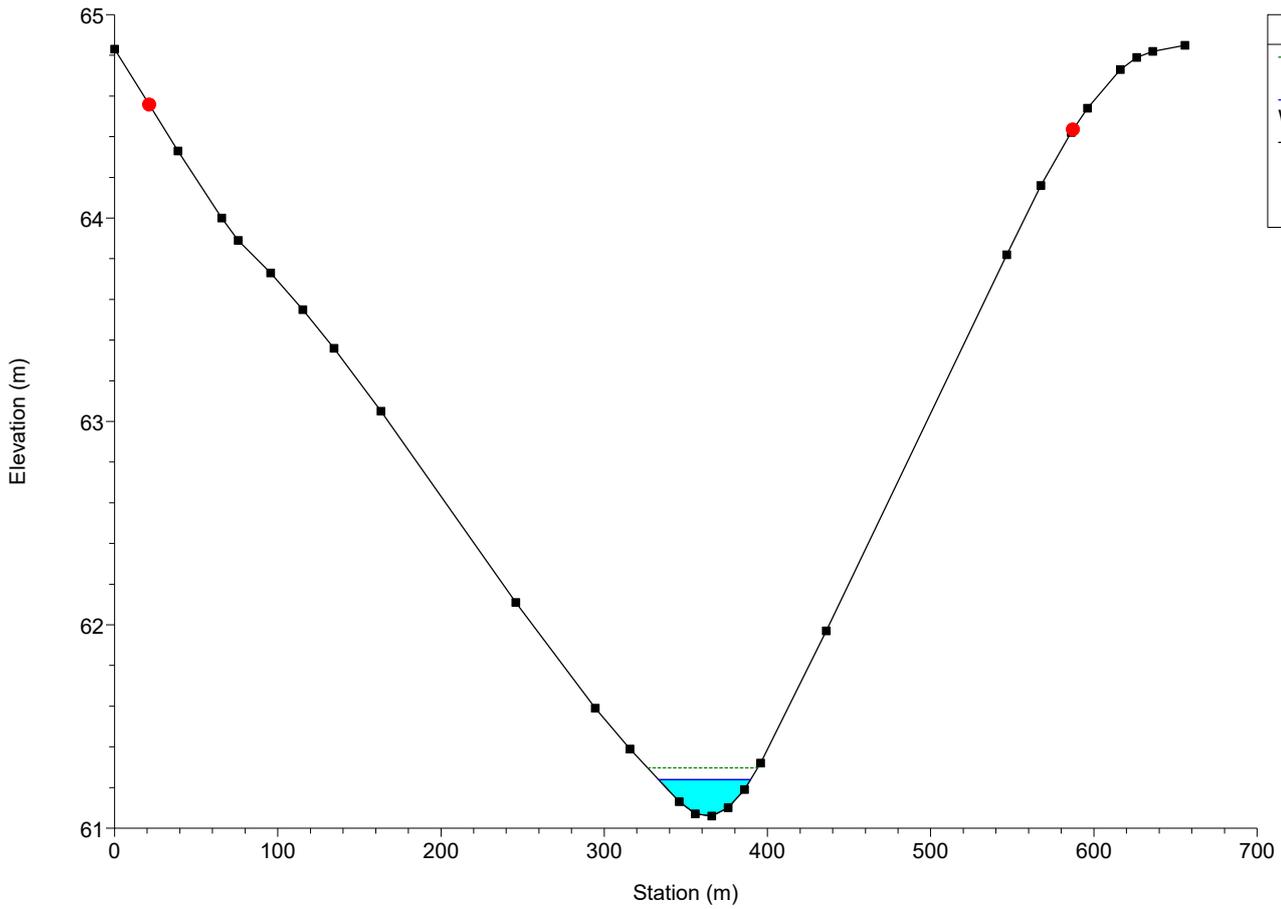
RS = 3930



20211021FVSASSARI REV01 Plan: Plan 08 6/4/2022

Geom: 20220406

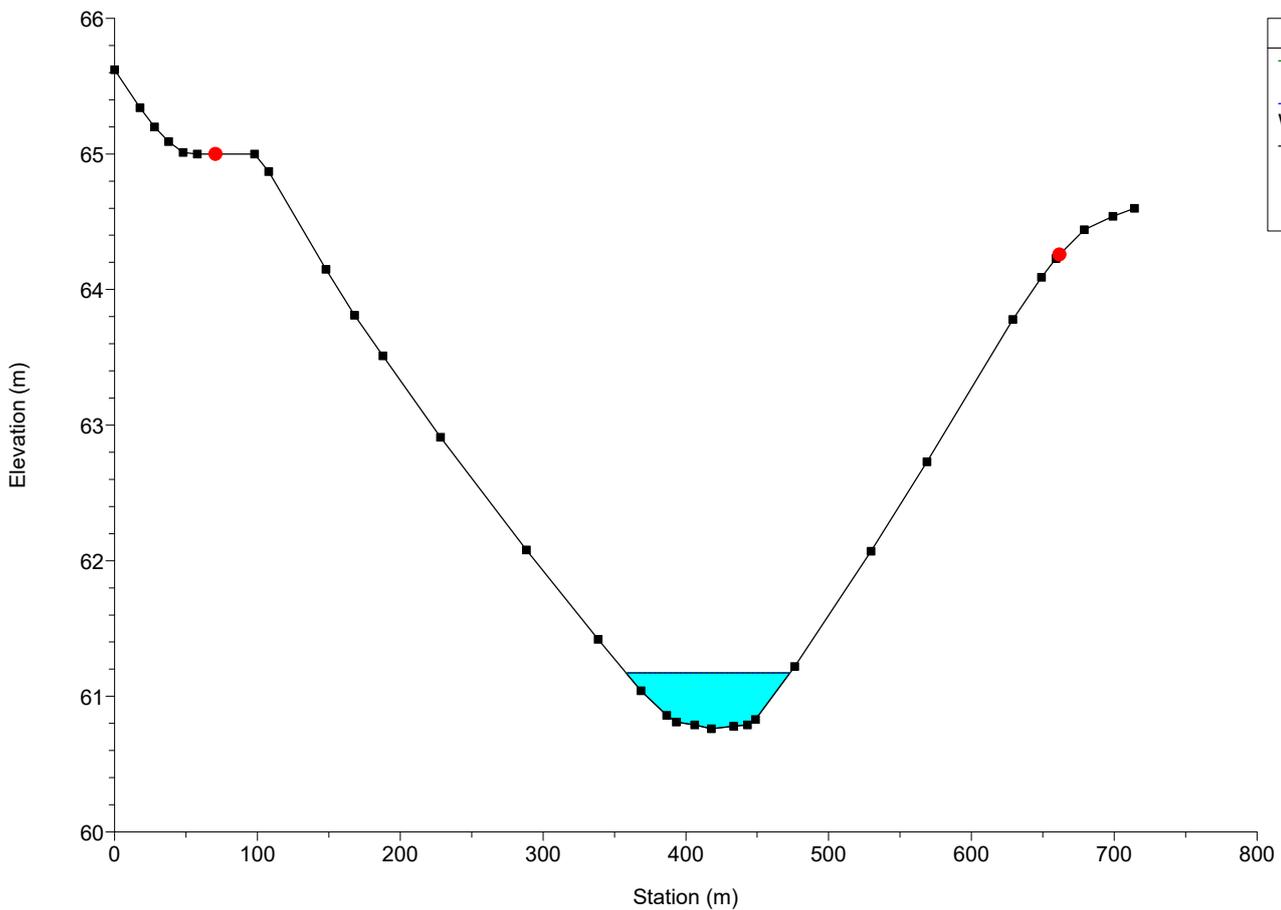
RS = 3480



20211021FVSASSARI REV01 Plan: Plan 08 6/4/2022

Geom: 20220406

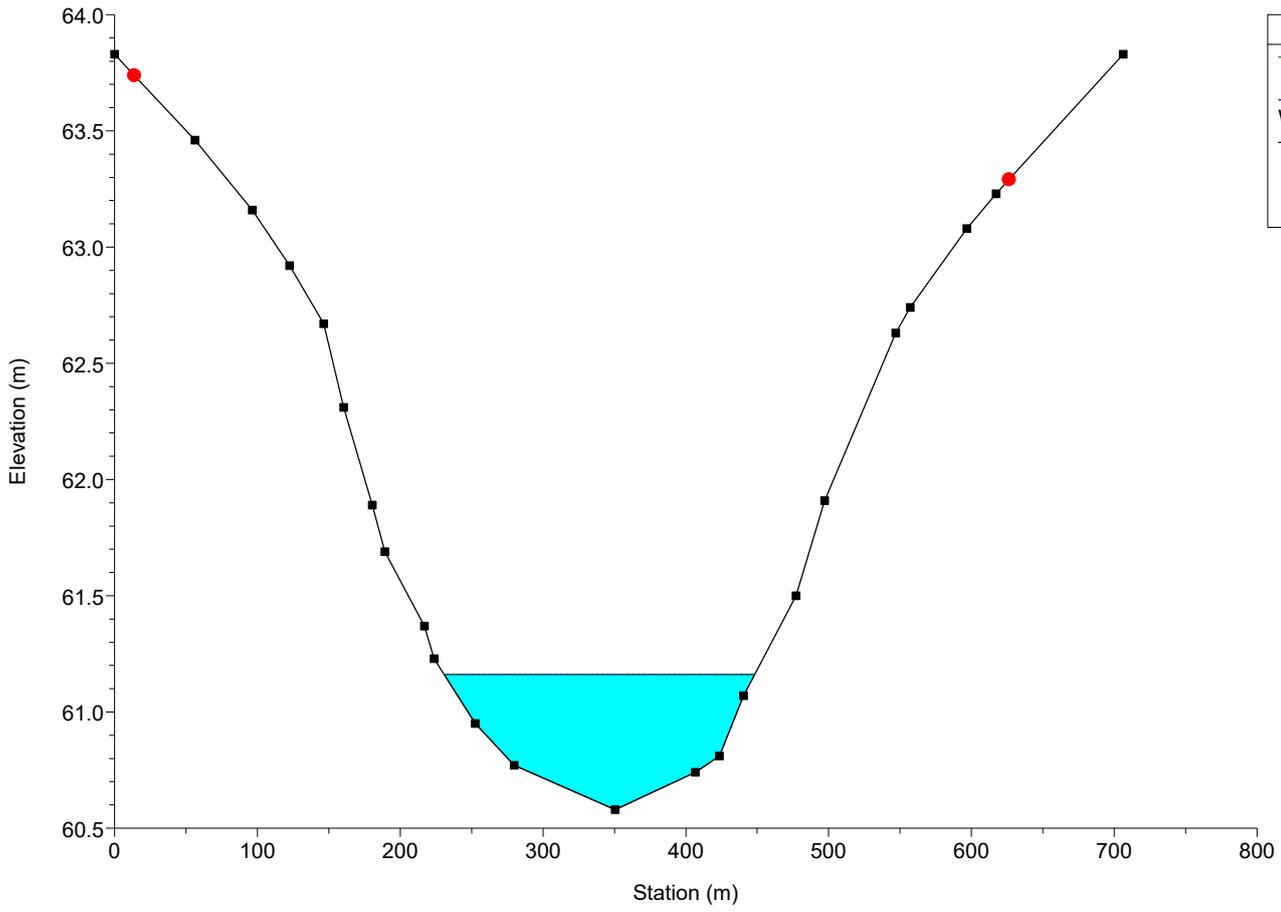
RS = 3209



20211021FVSASSARI REV01 Plan: Plan 08 6/4/2022

Geom: 20220406

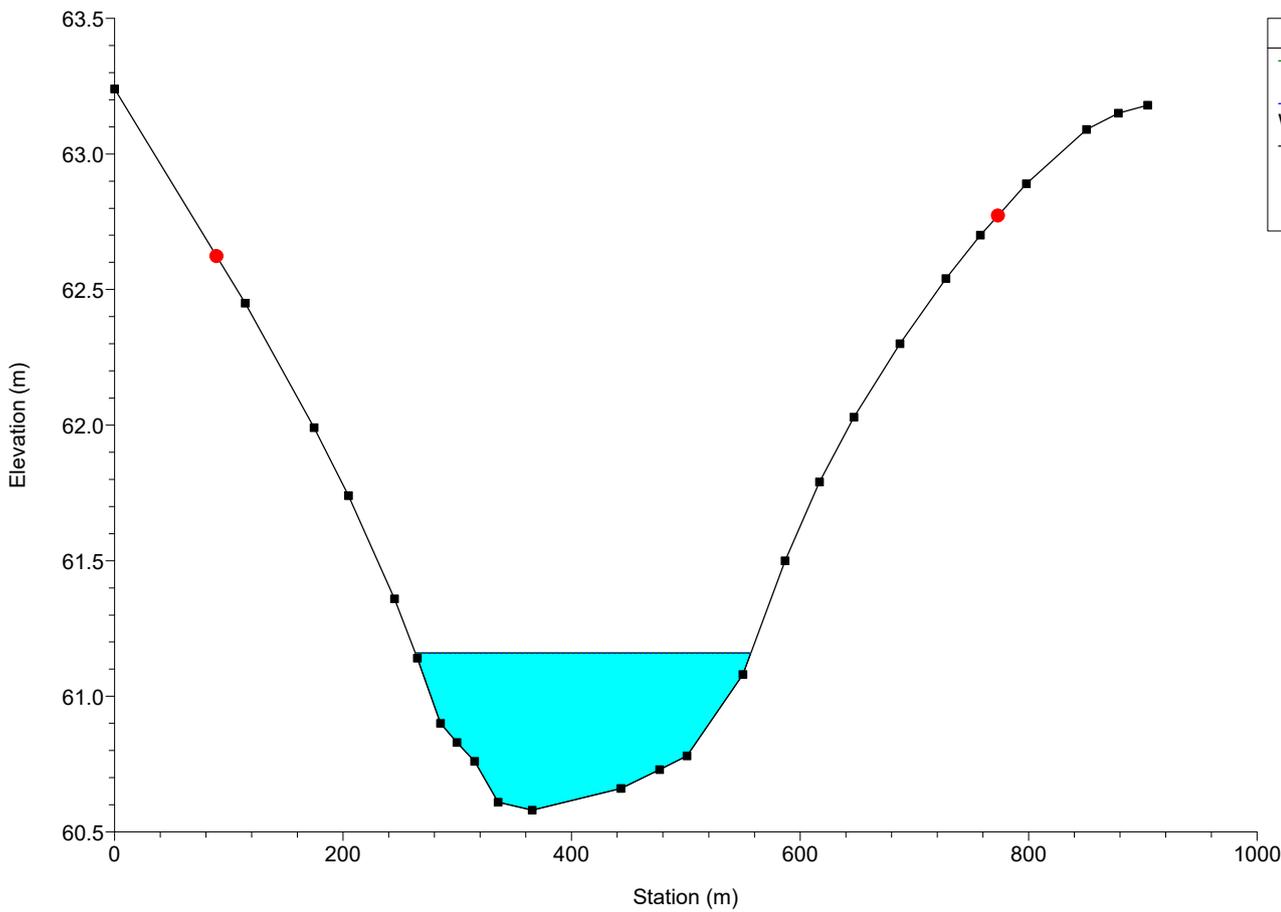
RS = 2604



20211021FVSASSARI REV01 Plan: Plan 08 6/4/2022

Geom: 20220406

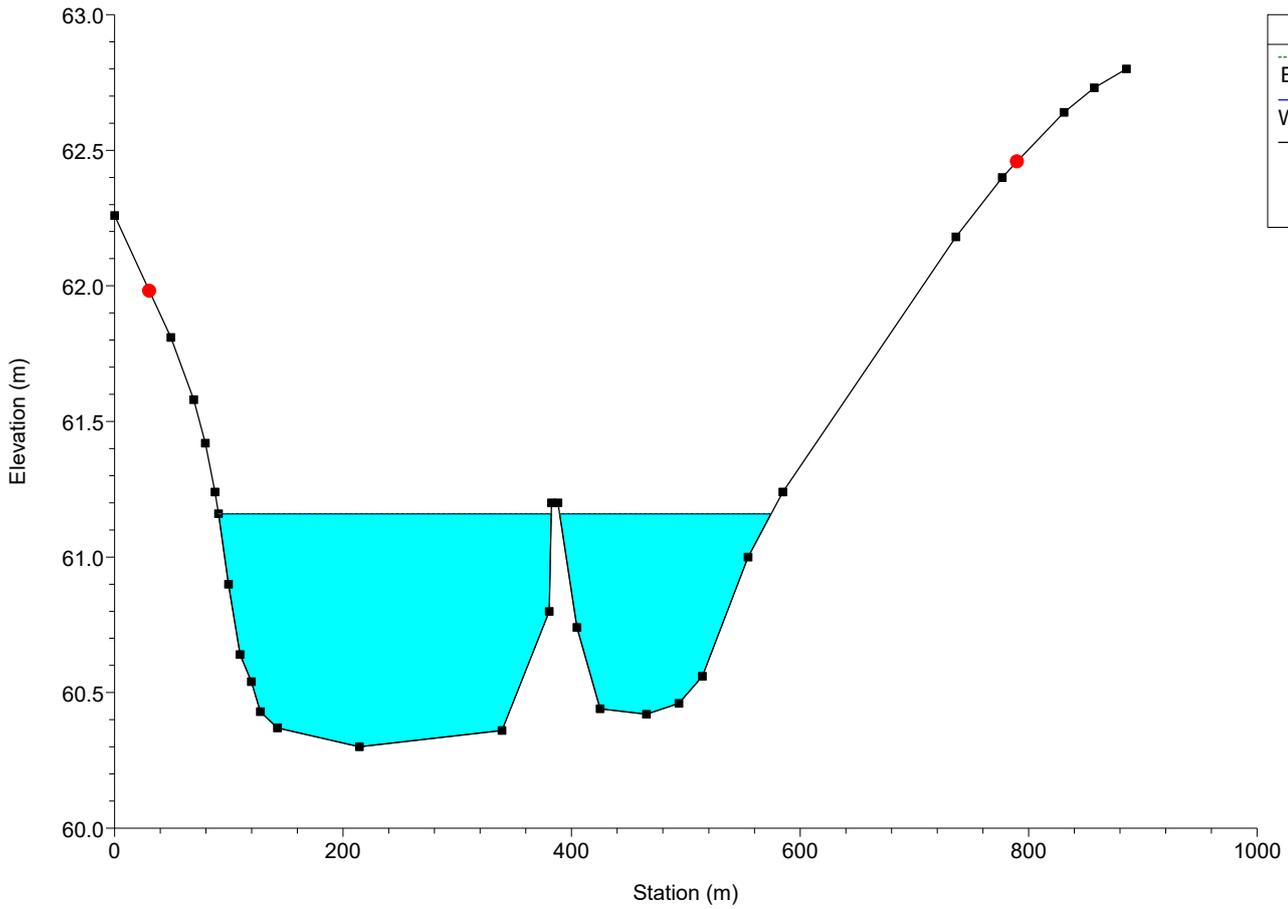
RS = 2194



20211021FVSASSARI REV01 Plan: Plan 08 6/4/2022

Geom: 20220406

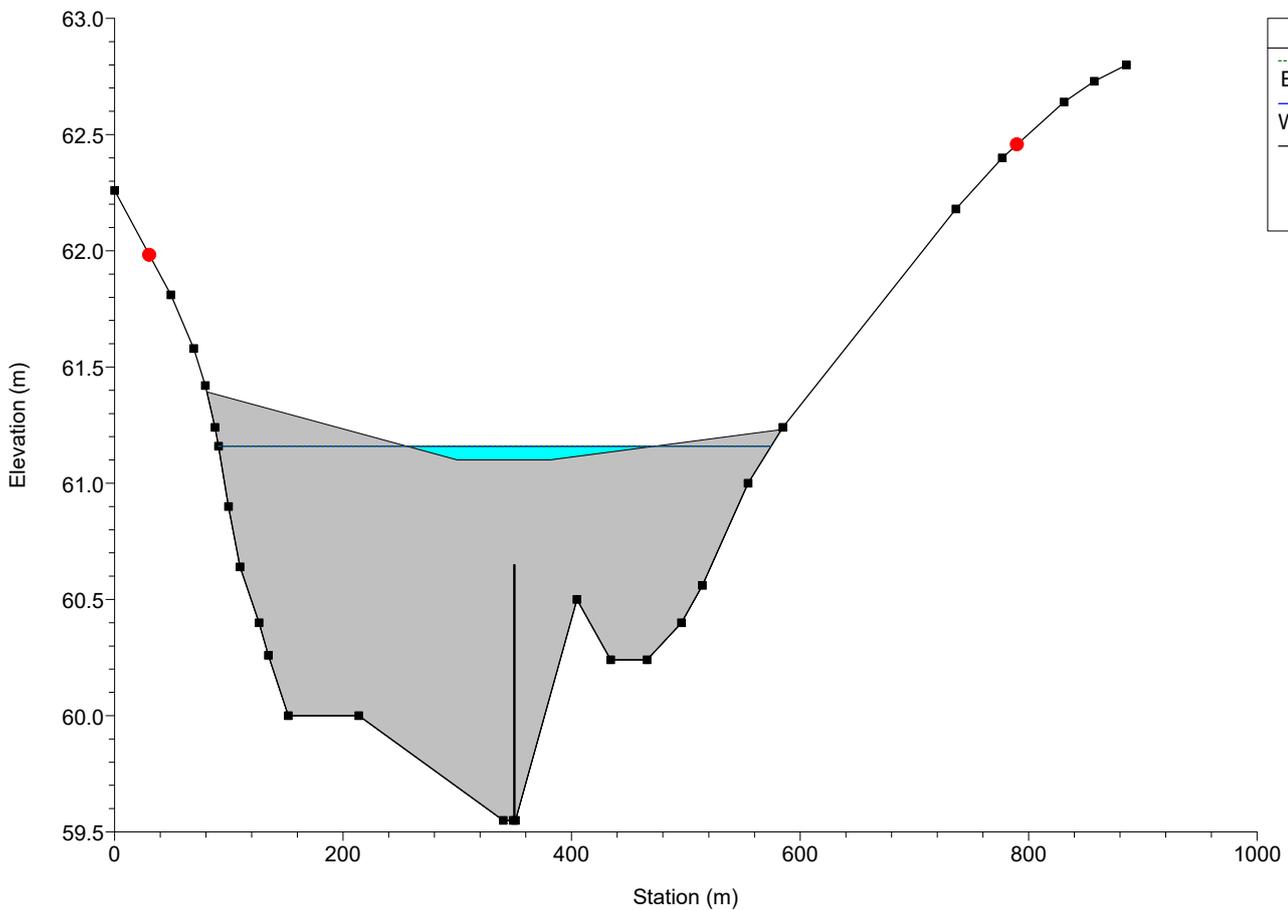
RS = 1719



20211021FVSASSARI REV01 Plan: Plan 08 6/4/2022

Geom: 20220406

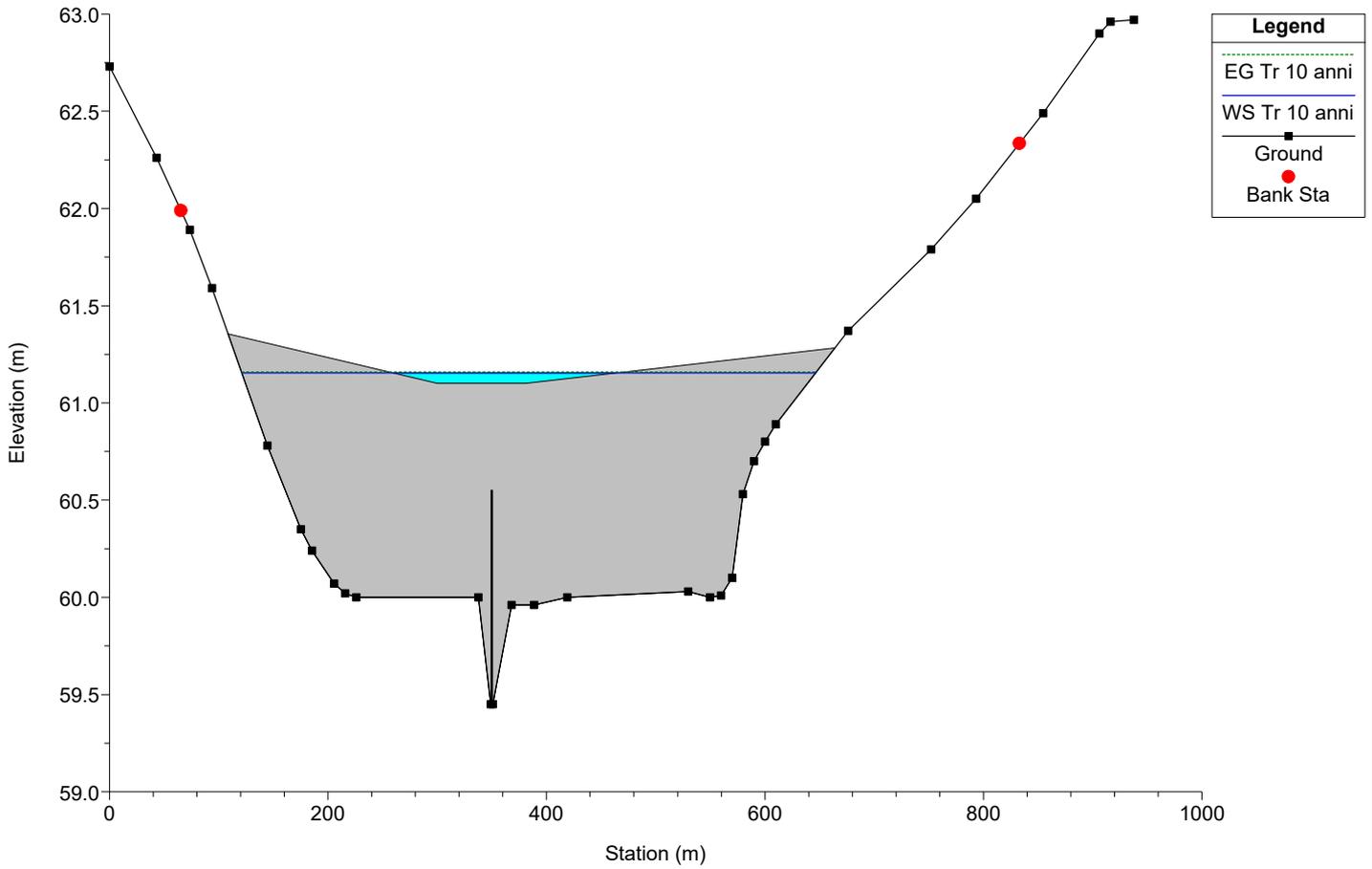
RS = 1600 Culv



20211021FVSASSARI REV01 Plan: Plan 08 6/4/2022

Geom: 20220406

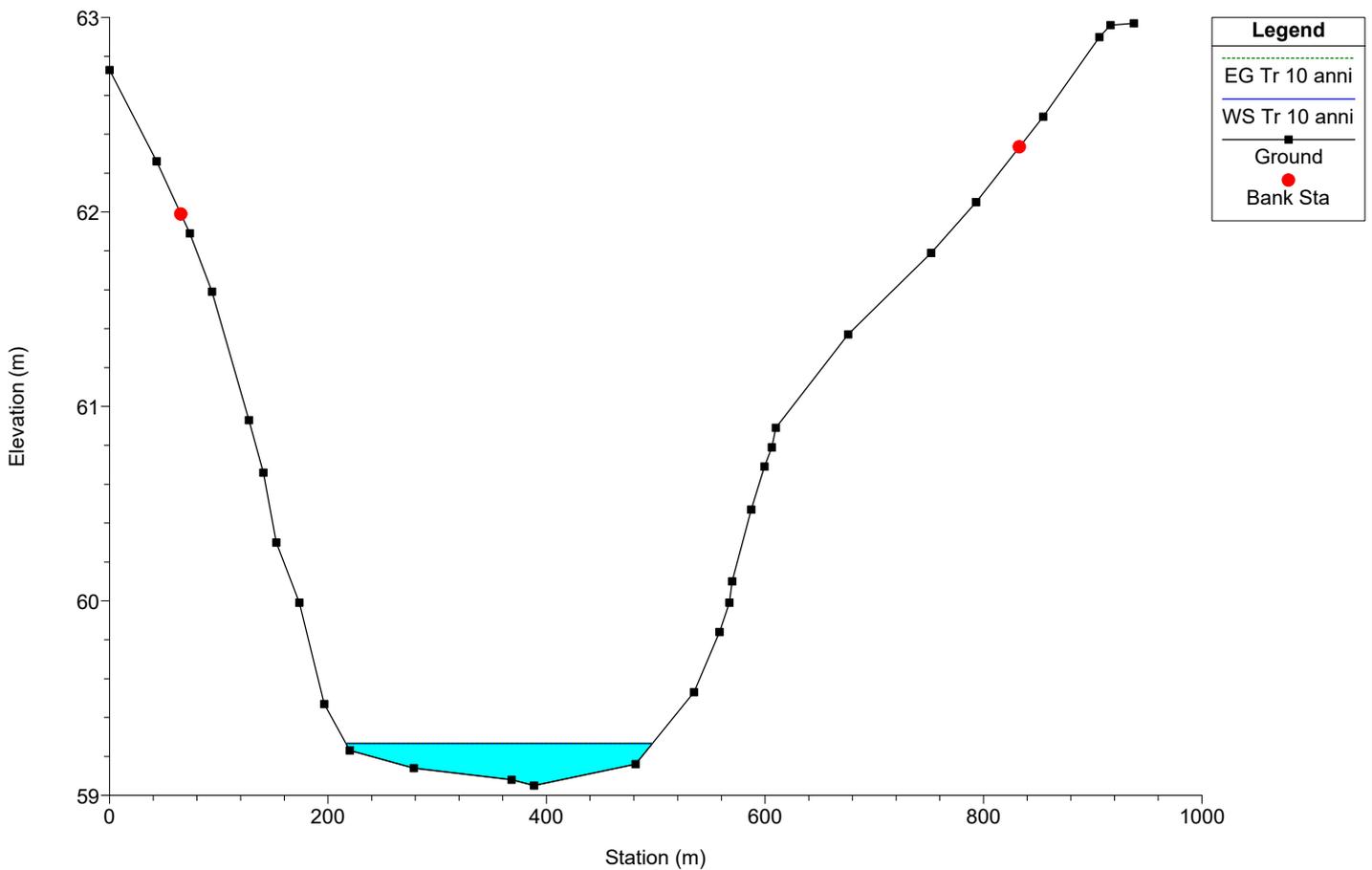
RS = 1600 Culv



20211021FVSASSARI REV01 Plan: Plan 08 6/4/2022

Geom: 20220406

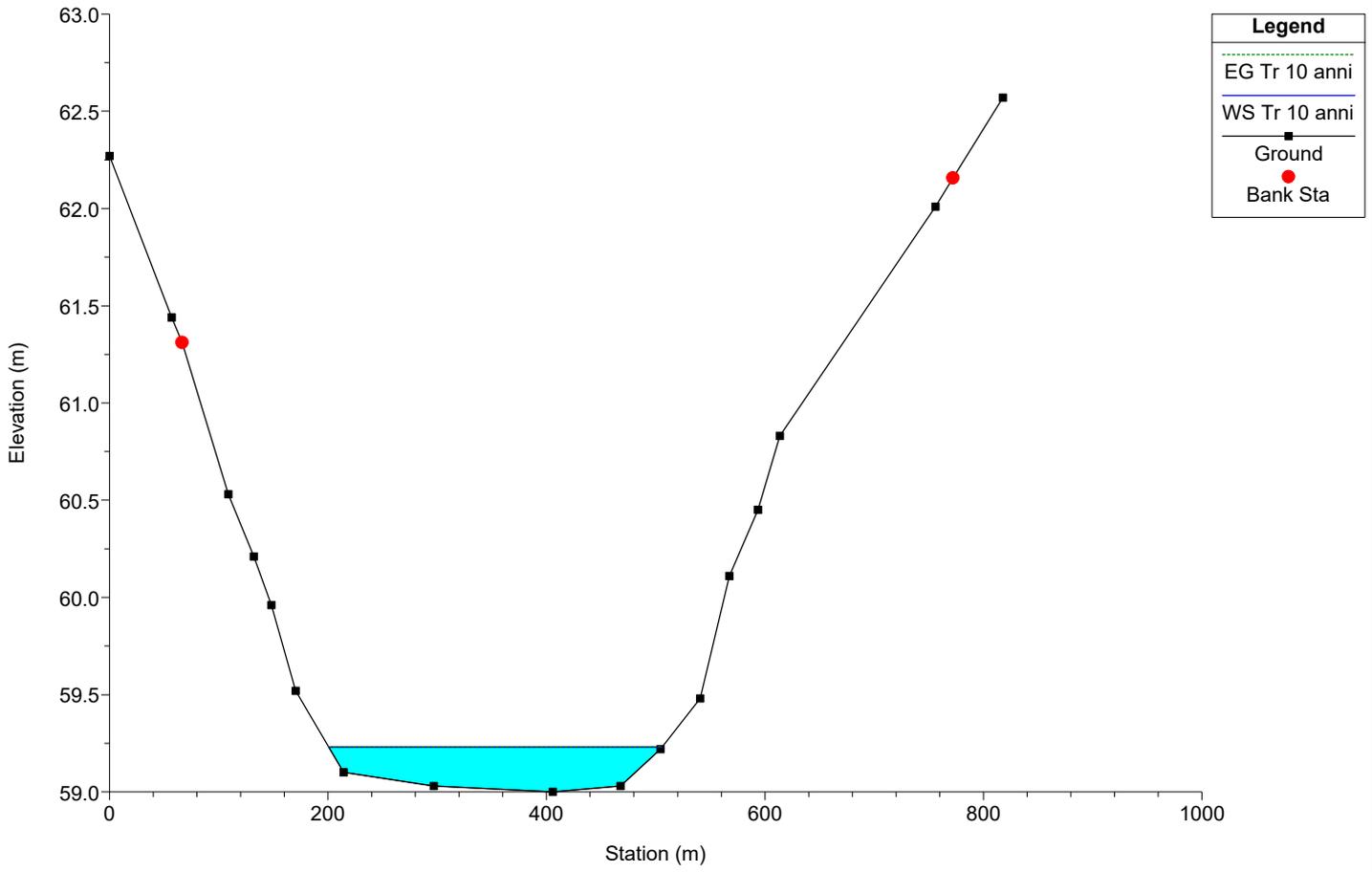
RS = 1558



20211021FVSASSARI REV01 Plan: Plan 08 6/4/2022

Geom: 20220406

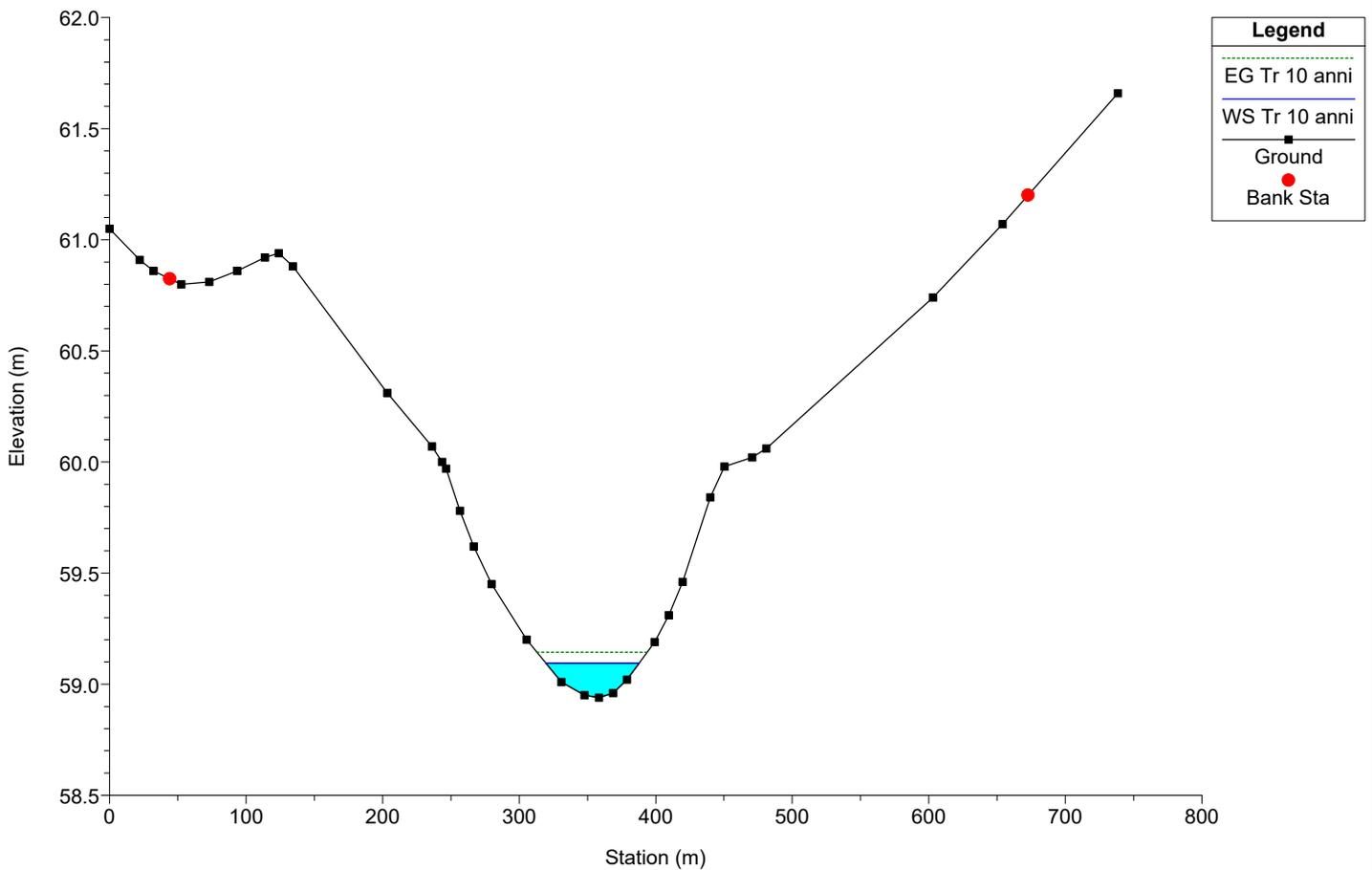
RS = 1171

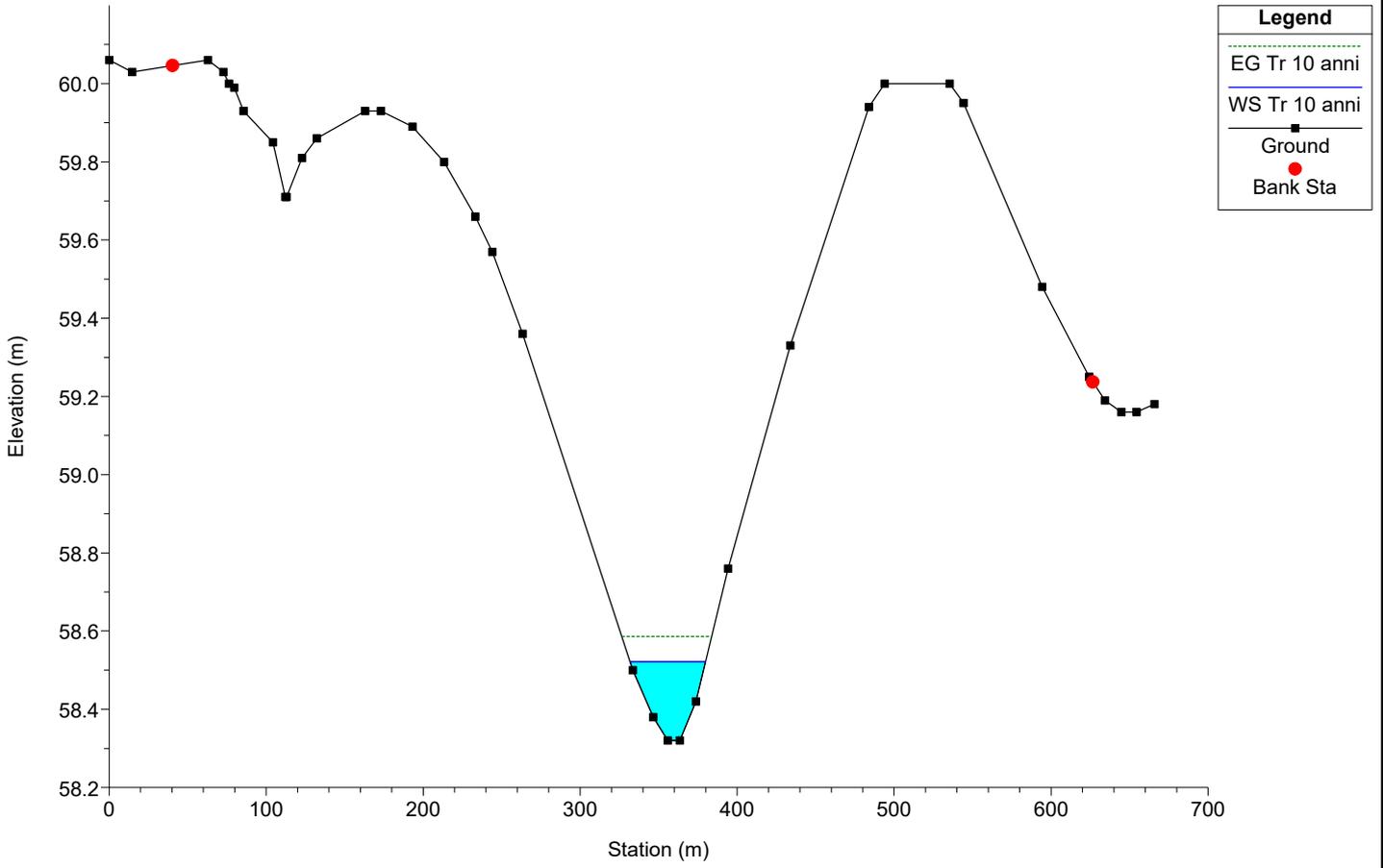


20211021FVSASSARI REV01 Plan: Plan 08 6/4/2022

Geom: 20220406

RS = 758





HEC-RAS Plan: 101 River: Reach Reach: Reach Profile: Tr 10 anni

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach	5832	Tr 10 anni	6.84	63.89	64.00	64.00	64.03	0.032450	0.86	7.98	112.45	1.03
Reach	4901	Tr 10 anni	6.84	62.19	62.41	62.41	62.48	0.025303	1.18	5.81	42.24	1.01
Reach	4485	Tr 10 anni	6.84	61.70	61.86	61.86	61.91	0.027403	1.00	6.82	66.99	1.00
Reach	3930	Tr 10 anni	6.84	61.50	61.64	61.64	61.68	0.029216	0.92	7.41	86.30	1.01
Reach	3480	Tr 10 anni	6.84	61.06	61.24	61.24	61.30	0.026187	1.06	6.46	56.44	1.00
Reach	3209	Tr 10 anni	6.84	60.76	61.17	60.90	61.18	0.000302	0.21	32.74	115.00	0.13
Reach	2604	Tr 10 anni	6.84	60.58	61.16		61.16	0.000031	0.08	83.74	217.43	0.04
Reach	2194	Tr 10 anni	6.84	60.58	61.16		61.16	0.000015	0.06	118.10	293.53	0.03
Reach	1719	Tr 10 anni	6.84	60.30	61.16	60.38	61.16	0.000001	0.02	309.13	476.33	0.01
Reach	1600		Culvert									
Reach	1558	Tr 10 anni	6.84	59.05	59.27		59.27	0.000562	0.18	38.83	280.55	0.15
Reach	1171	Tr 10 anni	6.84	59.00	59.23		59.23	0.000192	0.12	55.43	305.29	0.09
Reach	758	Tr 10 anni	6.84	58.94	59.10	59.10	59.14	0.026873	0.99	6.92	68.42	0.99
Reach	189	Tr 10 anni	6.84	58.32	58.52	58.52	58.59	0.025843	1.13	6.08	48.04	1.01