# COMUNE DI STELLA
## PROVINCIA DI SAVONA

# RECUPERO AMBIENTALE E MESSA IN SICUREZZA DELLA EX CAVA "CRIVEZZO"

## SISTEMAZIONE RIO GIGLIO ROSSO

committente:

**VALECO S.r.l.**
Loc. Sandobbia n 59, STELLA (SV)
P.I. 01487460097


GIORGIO FRANZONI - INGEGNERE
INGEGNERIA IDRAULICA E CIVILE
VIA BAGLIETTO 6/7 - 17100 SAVONA
Cod.Fisc. FRNGRG 69S22 I480J
P.IVA 01 20 29 80 098


(Progettista)

Dott. Ing. Giorgio Franzoni
Ordine Ingegneri di Savona n° 1068

(il Committente)

oggetto

RELAZIONE IDRAULICA

elaborato

A1

data Giugno 2017

scala -

| cod. 00506 | percorso file | redatto | corretto | approvato |
|---|---|---|---|---|
| rev1 | motivo | ING. G. FRANZONI | ING. G. FRANZONI | ING. G. FRANZONI |
| rev2 | motivo | | | |
| rev3 | motivo | | | |
| rev4 | motivo | | | |
| rev5 | motivo | | | |
| rev6 | motivo | | | |

SOMMARIO

1. PREMESSA ..... 2

2. DESCRIZIONE DEI LUOGHI ..... 2

3. VALUTAZIONE PORTATA DI PROGETTO ..... 4

4. VERIFICHE IDRAULICHE ..... 6

5.1 METODO DI CALCOLO ..... 6
5.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO ..... 8
5.2.1 STATO ATTUALE ..... 8
5.2.2 PROGETTO ..... 9
5.3 ANALISI DEI RISULTATI ..... 11
5.3.1 STATO ATTUALE ..... 11
5.3.2 STATO DI PROGETTO ..... 13

5. INDICAZIONI SULLE MODALITA' ESECUTIVE ..... 17

6. CONCLUSIONI ..... 19

ALLEGATI ..... 20

COROGRAFIA BACINI

SEZIONI IDRAULICHE TRASVERSALI

PROFILI IDRAULICI LONGITUDINALI

ELABORATI GRAFICI

Tav. B1 Planimetria e profilo – stato attuale

Tav. B2 Sezioni – stato attuale

Tav. B3 Planimetria e profilo - progetto

Tav. B4.1 Sezioni – progetto

Tav. B4.2 Sezioni – progetto

# 1. PREMESSA

La società VALECO S.r.l. di Stella (SV) ha intenzione di realizzare il recupero ambientale e la messa in sicurezza della ex cava di estrazione di roccia calcarea per la produzione di inerti per l'edilizia, denominata "Crivezzo", sita in Comune di Stella.

Una delle problematiche che si sono dovute affrontare, in sede di progettazione, è quella relativa alla sistemazione del Rio Giglio Rosso, il corso d'acqua che drena il bacino imbrifero cui la cava afferisce: nel corso della coltivazione della cava, infatti, il sedime del rio è stato escavato tanto da stravolgerne il corso e, allo stato attuale, non è possibile riconoscerne il percorso originario.

Nella presente relazione vengono pertanto descritte le verifiche idrauliche condotte al fine di individuare il corretto assetto planoaltimetrico per la sistemazione del rio, con la finalità di ottenere i nulla osta regionali in tema di pianificazione di bacino.

# 2. DESCRIZIONE DEI LUOGHI

Il Rio Giglio Rosso (catalogato all'elenco Acque Pubbliche della Provincia di Savona al n. 157) drena il versante meridionale della costa Ravezza (quota circa 670 m slm); il suo bacino presenta forma simmetrica con orientamento nord/sud. Confina a est con il Rio Ravezza ed a ovest con il Rio Samrae tutti tributari di sinistra del Rio Crivezzo, a sua volta affluente del T. Sansobbia. In testata del bacino si riconoscono due rami sorgenti che confluiscono fra loro a monte del sito della ex cava.

Allo stato attuale il corso d'acqua presenta una situazione piuttosto complessa, dal punto di vista morfologico. Con riferimento alle tavola B1 e B2 di stato attuale, è possibile infatti individuare:

- un tratto superiore, dai connotati tipicamente montani, con alveo incassato tra rocce e alte sponde;
- un tratto intermedio, caratterizzato dal fatto che l'alveo risulta indefinito, in quanto l'attività estrattiva della cava ne ha cancellato il corso originario e le acque scorrono ruscellando senza che sia possibile individuare un alveo più o meno inciso;

- un tratto finale, localizzato nel punto di minima quota della cava, dove trovano recapito le acque ruscellanti che poi attraversano, sempre in modo disordinato, la strada pubblica per poi cadere nel tratto indisturbato del rio.

Come è possibile rilevare dalla citata tavola B1 nonché dai rilievi facenti parte del progetto di riqualificazione della cava, il tracciato originario del rio non è oggi riconoscibile, ed è testimoniato dal tracciato che, sulla mappa catastale, indica l'alveo demaniale: quest'ultimo coincide con il reale tracciato solo nel tratto di monte (da sezione 1 a sezione 5) e nel tratto più a valle (da sezione XX a sezione XX). Nel tratto intermedio (da sezione 5 a sezione XX), il tracciato demaniale indicato dalla mappa catastale prosegue in direzione XX, su quella che attualmente non è il fondo valle.

In altre parole la sovrapposizione del tracciato demaniale, come risulta dalla mappa catastale, sul rilievo topografico, indica che il rio dovrebbe scorrere sulla parte sinistra del versante della cava

Il progetto idraulico per la sistemazione del rio Giglio Rosso nasce dall'esigenza principale di riportare il corso d'acqua, per quanto possibile, sul suo sedime originario, assumendo tale il tracciato risultante dalla mappa catastale: per fare ciò è necessario creare, sulla destra orografica, un appoggio per l'argine stesso, dato che la sponda stessa risulta oggi mancante, in quanto escavata durante l'attività di coltivazione della cava.

# 3. VALUTAZIONE PORTATA DI PROGETTO

In ossequio alla normativa di piano (allegato 2 – portate di piena) e del Regolamento Regionale 3/2011, la portata del Rio Giglio Rosso è stata valutata in due differenti sezioni di chiusura: alla confluenza nel Rio Crivezzo (ai fini della determinazione dell'ordine del corso d'acqua) ed alla sezione di chiusura a valle dell'intervento (ai fini dei calcoli idraulici).

Il Rio Giglio Rosso drena il versante meridionale della costa Ravezza (quota circa 670 m slm); il suo bacino presenta forma simmetrica con orientamento nord/sud. Confina a est con il Rio Ravezza ed a ovest con il Rio Samrae tutti tributari di sinistra del Rio Crivezzo, a sua volta affluente del T. Sansobbia. In testata del bacino si riconoscono due rami sorgenti che confluiscono fra loro a monte del sito della ex cava.

Il bacino presenta una copertura prevalentemente costituita da vegetazione arborea e arbustiva (unico segno antropico è la ex cava) ed una superficie pari a:

- Superficie del bacino alla confluenza nel Rio Crivezzo: 0.6 Kmq
- Superficie del bacino a valle dell'intervento: 0.47 Kmq

Le superfici sopra ricordate consentono innanzitutto di indicare che il Rio Giglio Rosso, avendo superficie alla confluenza con il Rio Crivezzo pari a 0.6 kmq, appartiene al reticolo idrografico di secondo livello, secondo la classificazione dell'articolo del Regolamento regionale 3/2011 (art. 3 comma 1 lettera a) punto 3), corrispondente alla classificazione di corso d'acqua "secondario" di cui all'art. 6 della normativa di Piano di Bacino.

Ai fini del calcolo della portata alla sezione di chiusura considerata, la superficie di riferimento è pari a 0.47 kmq, pertanto è necessario utilizzare il metodo relativo ai bacini di estensione inferiore ai 2 kmq, ovvero si applica la seguente formulazione:

$$Q_T = K_T A U_{A=2}$$

nella quale si è indicata con A la superficie del bacino espressa in kmq, con $K_T$ il fattore di frequenza fornito da apposita tabella in funzione del periodo di ritorno T, con $U_{A=2}$ il coefficiente di contributo unitario per il bacino avente superficie pari a 2 kmq.

| Longitudine | | Bacino Tipo | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Gradi | primi | A | B | C | D |
| 8 | 25.0 | 9.07 | 7.57 | 5.79 | 5.09 |
| 8 | 27.5 | 9.17 | 7.66 | 5.86 | 5.15 |
| 8 | 30.0 | 9.28 | 7.74 | 5.93 | 5.20 |
| 8 | 32.5 | 9.33 | 7.79 | 5.96 | 5.23 |
| 8 | 35.0 | 9.37 | 7.82 | 5.99 | 5.26 |

*Tabella.2: contributo unitario $U_{A=2}$ in funzione del tipo di bacino e della sua posizione.*

I dati da utilizzare nella formulazione di cui sopra sono i seguenti:

- Longitudine bacino: 8° 30'
- Tipo di bacino: D
- Contributo unitario $U_{A=2}$ = 5.20 $m^3s^{-1}kmq^{-1}$

Per tenere conto del trasporto solido le portate vengono incrementate del 10% ed arrotondate per eccesso, ottenendo così i seguenti valori delle portate di progetto:

| **Portata Rio Giglio Rosso** | **T=50 anni** | **T=200 anni** | **T=500 anni** |
|---|---|---|---|
| Ramo principale | 8.5 $m^3/s$ | 12.5 $m^3/s$ | 15.0 $m^3/s$ |

# 4. VERIFICHE IDRAULICHE

Nel presente paragrafo vengono descritte, dopo una breve esposizione del metodo utilizzato, le verifiche idrauliche effettuate sul Rio Giglio Rosso, nella configurazione di stato attuale ed in quella di progetto.

## 5.1 METODO DI CALCOLO

Il modello utilizzato integra le equazioni fondamentali che governano il moto di una corrente a pelo libero, e cioè l'equazione di continuità e l'equazione del moto che, in forma differenziale e nel caso generale di moto vario, si scrivono rispettivamente:

$$\partial Q/\partial x + \partial A/\partial t = 0$$

$$\partial H/\partial x = - j - \partial(Q/gA)/ \partial t$$

dove:

| | |
|---|---|
| Q = portata liquida | [$m^3/s$] |
| A = area della sezione liquida | [$m^2$] |
| H = carico totale della corrente | [m] |
| j = perdite distribuite | [m/m] |
| g = accelerazione di gravità | [$m/s^2$] |
| x = ascissa corrente | [m] |
| t = tempo | [s] |

Nel presente caso, compatibilmente con quanto indicato nelle raccomandazioni dell'Autorità di Bacino regionale, non si è ritenuta necessaria la schematizzazione del fenomeno in moto vario, ma si è ritenuta significativa l'assunzione di moto permanente. Le equazioni di moto e di continuità si riducono quindi alla sola dipendenza dalla coordinata spaziale secondo la forma:

$$\partial Q/\partial x = 0$$

$$\partial H/\partial x = - j$$

$$U = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot j^{\frac{1}{2}}$$

La risoluzione delle equazioni è stata condotta attraverso una schematizzazione alle differenze finite e introducendo l'equazione di Manning per la stima delle resistenze distribuite:

dove:

U = velocità media della corrente = Q/A [m/s]

R = raggio idraulico della corrente [m]

n = coefficiente di Manning [$m^{-1/3}s$]

Le perdite concentrate, nei tratti ove si verificano, sono state assunte proporzionali al carico cinetico, secondo l'espressione:

$$\Delta H = \xi \, \Delta(U^2/2g)$$

dove il coefficiente adimensionale $\xi$ varia in dipendenza del tipo di perdita (restringimento, allargamento, cambio di direzione del flusso, etc.).

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, come noto, è necessario imporre, oltre al valore di portata in ingresso nella sezione di monte, una condizione di livello a valle in caso di corrente lenta, una condizione di livello a monte in caso di corrente veloce.

Il programma utilizzato nel calcolo è HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center- River Analysis System, della US Army Corps Engineers). Il modello determina il profilo di moto permanente per ogni tratto scegliendo tra i possibili profili di corrente lenta e di corrente veloce quello a cui corrisponde la spinta totale maggiore, essendo la definizione della spinta:

$$S = \frac{1}{2}\gamma \cdot Y \cdot A + \gamma \cdot \frac{Q^2}{g \cdot A}$$

dove:

$\gamma$ = peso specifico dell'acqua [$N/m^3$]

Y = profondità [m]

## 5.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO

La verifica idraulica del corso d'acqua è stata condotta per portate aventi periodi di ritorno pari a 50, 200, 500 anni, come richiesto da Normativa di Piano, con ipotesi di moto permanente. La schematizzazione di calcolo adottata si basa sulla seguente assunzione:

- Portata costante nel tratto considerato anche nell'eventualità di superamento dei punti estremi delle sezioni: il procedimento consiste nell'immaginare che la sezione sia limitata da argini infinitamente alti.

### 5.2.1 STATO ATTUALE

Il modello idraulico di stato attuale è organizzato su n. 10 sezioni, dalla sezione 1 alla sezione 10.

Con riferimento alle tavole B1 e B2, si nota come le sezioni dalla 1 alla 5 siano relative allo stato di monte, indisturbato, ovvero che non è stato interessato dai lavori di coltivazione della cava. Dalla sezione 6 alla sezione 7 è facile notare come non sia presente una vera e propria sezione tipica di un alveo naturale: infatti la sponda destra è completamente mancante. In tale tratto le acque non sono contenute dall'argine destro e, pertanto, ruscellano in direzione da nord-est a sud-ovest, scendendo verso il fondo della cava.

Nel fondo della cava le acque ruscellate si riorganizzano in una sorta di alveo, distinto però dall'alveo originario, nel quale tornano solo a valle della strada (sezioni da 8 a 10).

Il modello idraulico dello stato attuale è stato costruito imponendo un argine fittizio sulla sponda destra della singola sezione: in tal modo si è ottenuto il livello teorico del pelo libero. In realtà le acque, dalla sezione 6 alla sezione 9, abbandonano l'alveo demaniale per ruscellare a quota inferiori.

Sulla base di quanto riscontrato durante il sopralluogo relativamente alle condizioni di fondo alveo naturale, ed in ottemperanza all'Allegato 3 – Indirizzi Tecnici per la redazione di studi idraulici – punto 3 – Parametri di scabrezza - il coefficiente di Manning è stato adottato pari a n=0.04 $m^{-1/3}s$ (pari ad un coefficiente di Gauckler-Strickler Ks 25 $m^{1/3}s^{-1}$).

La verifica è stata condotta assumendo quali condizioni al contorno, in termini di carico piezometrico, le

seguenti condizioni:

- *Condizione di valle:* la condizione di valle per il calcolo del profilo in moto permanente è stata posta pari alla profondità di moto critica;

- *Condizione di monte:* la condizione di monte per il calcolo del profilo in moto permanente è stata posta pari alla profondità di moto critica, massima altezza di pelo libero che può essere imposta da monte.

In ogni caso vista la notevole pendenza del fondo, le correnti che si instaurano nel tratto di canale sono tutte ampiamente supercritiche, per cui le profondità critiche rappresentano una assunzione cautelativa.

### 5.2.2 PROGETTO

Il modello geometrico della sistemazione di progetto è costituito da n. 30 sezioni, denominate da 1 a 10 (da monte a valle), con diverse sezioni di infittimento in corrispondenza dei salti di fondo e dell'opera di attraversamento.

Al fine di superare il notevole dislivello presente tra la sezione 1 e la sezione 10 (circa 55 m su una distanza orizzontale di 126 m circa) sono stati introdotti n. 10 salti di fondo, a partire dalla sezione 6.
I salti di fondo hanno lo scopo di consentire al fondo alveo di inviluppare, per quanto possibile, il profilo del terreno, per limitare gli sbancamenti ed i riporti.

Come si nota dalle tavole B3, B4.1 e B4.2, la sponda destra è stata ricostruita con un "tallone" di riempimento, realizzato con il materiale presente nella cava (per le caratterizzazioni e le verifiche geotecniche si rimanda alla documentazione specialistica) che funge da piede per l'alveo vero e proprio, realizzato con sezione di forma trapezia in massi. Dal punto di vista della verifica idraulica del rio non vi sono particolari problemi circa l'impermeabilità del fondo alveo e delle sponde ma, qualora per motivi geotecnici fosse preferibile
evitare circolazione di acqua, proveniente dall'alveo, nel corpo del riempimento, sarà eventualmente consigliabile la posa in opera di teli in PVC sotto alla sezione o, quale altra opzione, intasare i massi con calcestruzzo. In quest'ultimo caso sarà necessario evitare l'eccessiva regolarizzazione del fondo, in quanto è necessario ottenere una scabrezza dell'ordine dei 25 $m^{1/3}s^{-1}$ (corsi d'acqua naturali con salti e rocce).

Sulla sponda destra è stata pensata una pista di 10 m di larghezza da utilizzare per il transito dei mezzi adibiti alla manutenzione dell'alveo stesso: poiché sono presenti i salti di fondo, al fine di garantire la percorribilità della pista, la altezza relativa della sponda destra (rispetto al fondo) assume valori massimi sulla sezione di valle e valori minimi su quella di monte.

La sistemazione di progetto prevede, presso la sezione 9, la realizzazione di un manufatto di attraversamento della strada di accesso alla cava stessa ed altre proprietà, realizzato con uno condotta metallica del tipo "FRACASSO", multicentrico, larghezza 4.25 m altezza 3.79 m.

Il coefficiente di Manning è stato adottato pari a n=0.04 $m^{-1/3}s$ (pari ad un coefficiente di Gauckler-Strickler Ks 25 $m^{1/3}s^{-1}$). Per le sezioni 9 V e 9.1 (ovvero il tratto dall'ultimo salto al ponte), al fine di contenere le velocità e di conseguenza il carico cinetico, la scabrezza è stata posta pari a 0.045 $m^{-1/3}s$ (pari ad un coefficiente di Gauckler-Strickler Ks 22.5 $m^{1/3}s^{-1}$): costruttivamente sarà necessario che tale tratto sia realizzato con il fondo sconnesso, attraverso la posa di massi  in modo disordinato, da creare

La verifica è stata condotta assumendo quali condizioni al contorno, in termini di carico piezometrico, le seguenti condizioni:

- *Condizione di valle:* la condizione di valle per il calcolo del profilo in moto permanente è stata posta pari alla profondità di moto critica;

- *Condizione di monte:* la condizione di monte per il calcolo del profilo in moto permanente è stata posta pari alla profondità di moto critica, massima altezza di pelo libero che può essere imposta da monte.

In ogni caso vista la notevole pendenza del fondo, le correnti che si instaurano nel tratto di canale sono tutte ampiamente supercritiche, per cui le profondità critiche rappresentano una assunzione cautelativa.

## 5.3 ANALISI DEI RISULTATI

Le verifiche sono state condotte per i due modelli sopra richiamati e per le portate aventi periodo si ritorno pari a 50, 200 e 500 anni.

Nelle tabelle seguenti sono riportati, per ogni sezione considerata, oltre al numero indicativo della sezione, la portata di calcolo (mc/s), l'ascissa del canale (m), la quota del fondo canale (m slm), la quota del pelo libero (m slm), le quote arginale SX e DX (m slm) la velocità media sulla sezione (m/s), quindi una colonna riportante le note dei tratti analizzati.

### 5.3.1 STATO ATTUALE

Nelle tabelle seguenti sono riportati, per le sezioni da 6 a 9, i livelli idraulici "teorici", ovvero relativi alla ipotesi di argine fittizio sulla sponda destra della singola sezione: in tal modo si è ottenuto il livello teorico del pelo libero. In realtà le acque, dalla sezione 6 alla sezione 9, abbandonano l'alveo demaniale per ruscellare a quota inferiori.

| Sez. | Q [mc/s] | D [m] | H f [m] | H pl [m] | H cr [m] | Hu [m] | U [m/s] | Fr | Note |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8.50 | 127.25 | 184.06 | 184.97 | 184.97 | 185.31 | 2.56 | 1.01 | |
| 2 | 8.50 | 120.29 | 183.71 | 184.63 | 184.73 | 185.18 | 3.27 | 1.17 | |
| 3 | 8.50 | 114.87 | 176.21 | 176.69 | 177.36 | 184.14 | 12.09 | 7.87 | |
| 4 | 8.50 | 107.66 | 173.09 | 173.48 | 174.01 | 177.70 | 9.10 | 6.08 | |
| 5 | 8.50 | 96.96 | 169.07 | 169.54 | 170.15 | 173.17 | 8.44 | 4.51 | |
| 6 | 8.50 | 85.42 | 165.85 | 166.44 | 166.96 | 169.51 | 7.76 | 4.53 | |
| 7 | 8.50 | 61.87 | 151.99 | 152.94 | 152.94 | 153.35 | 2.83 | 1.01 | |
| 8 | 8.50 | 39.37 | 144.11 | 144.41 | 144.90 | 151.64 | 11.92 | 9.86 | |
| 9 | 8.50 | 17.37 | 133.94 | 134.25 | 134.57 | 136.00 | 5.87 | 4.54 | Attraversamento strada |
| 10 | 8.50 | | 128.55 | 128.91 | 129.40 | 131.37 | 6.94 | 3.81 | |

Tabella 1 – Stato attuale – T= 50 anni

| Sez. | Q [mc/s] | D [m] | H f [m] | H pl [m] | H cr [m] | Hu [m] | U [m/s] | Fr | Note |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12.50 | 127.25 | 184.06 | 185.35 | 185.18 | 185.63 | 2.34 | 0.77 | |
| 2 | 12.50 | 120.29 | 183.71 | 184.99 | 184.99 | 185.54 | 3.27 | 1.01 | |
| 3 | 12.50 | 114.87 | 176.21 | 176.79 | 177.60 | 184.56 | 12.35 | 7.16 | |
| 4 | 12.50 | 107.66 | 173.09 | 173.55 | 174.21 | 179.02 | 10.37 | 6.18 | |
| 5 | 12.50 | 96.96 | 169.07 | 169.64 | 170.41 | 174.39 | 9.65 | 4.69 | |
| 6 | 12.50 | 85.42 | 165.85 | 166.53 | 167.19 | 170.58 | 8.92 | 4.67 | |
| 7 | 12.50 | 61.87 | 151.99 | 153.18 | 153.18 | 153.70 | 3.18 | 1.01 | |
| 8 | 12.50 | 39.37 | 144.11 | 144.47 | 145.07 | 151.99 | 12.15 | 8.72 | |
| 9 | 12.50 | 17.37 | 133.94 | 134.29 | 134.70 | 136.81 | 7.15 | 5.00 | Attraversamento strada |
| 10 | 12.50 | | 128.55 | 129.02 | 129.63 | 132.09 | 7.77 | 3.79 | |

Tabella 2 – Stato attuale – T= 200 anni

| Sez. | Q [mc/s] | D [m] | H f [m] | H pl [m] | H cr [m] | Hu [m] | U [m/s] | Fr | Note |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 15.00 | 127.25 | 184.06 | 185.40 | 185.30 | 185.76 | 2.65 | 0.85 | |
| 2 | 15.00 | 120.29 | 183.71 | 185.44 | 185.44 | 185.68 | 2.34 | 0.62 | |
| 3 | 15.00 | 114.87 | 176.21 | 176.84 | 177.74 | 184.80 | 12.50 | 6.68 | |
| 4 | 15.00 | 107.66 | 173.09 | 173.58 | 174.33 | 179.79 | 11.04 | 6.24 | |
| 5 | 15.00 | 96.96 | 169.07 | 169.69 | 170.55 | 175.08 | 10.28 | 4.78 | |
| 6 | 15.00 | 85.42 | 165.85 | 166.57 | 167.31 | 171.19 | 9.52 | 4.73 | |
| 7 | 15.00 | 61.87 | 151.99 | 153.32 | 153.32 | 153.90 | 3.36 | 1.01 | |
| 8 | 15.00 | 39.37 | 144.11 | 144.50 | 145.17 | 152.18 | 12.28 | 8.27 | |
| 9 | 15.00 | 17.37 | 133.94 | 134.32 | 134.79 | 137.31 | 7.83 | 5.23 | Attraversamento strada |
| 10 | 15.00 | | 128.55 | 129.07 | 129.76 | 132.52 | 8.22 | 3.80 | |

Tabella 3 – Stato attuale – T= 500 anni

### 5.3.2 STATO DI PROGETTO

| Sez. | Q [mc/s] | D [m] | H f [m] | H pl [m] | H cr [m] | Hu [m] | U [m/s] | Fr | Note |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8.50 | 124.47 | 184.06 | 185.04 | 184.98 | 185.32 | 2.35 | 0.89 | |
| 2 | 8.50 | 117.51 | 183.71 | 184.72 | 184.72 | 185.16 | 2.93 | 1.01 | |
| 3 | 8.50 | 112.08 | 176.21 | 176.69 | 177.36 | 184.01 | 11.99 | 7.78 | |
| 4 | 8.50 | 104.86 | 173.09 | 173.53 | 174.01 | 176.27 | 7.33 | 4.44 | |
| 5 | 8.50 | 94.17 | 169.07 | 169.40 | 169.83 | 171.54 | 6.48 | 3.70 | |
| 6 M | 8.50 | 83.17 | 166.55 | 166.91 | 167.29 | 168.46 | 5.51 | 2.98 | |
| 6 V | 8.50 | 83.16 | 164.55 | 164.80 | 165.29 | 168.26 | 8.25 | 5.37 | |
| 6.1 M | 8.50 | 77.36 | 163.57 | 163.95 | 164.35 | 165.52 | 5.55 | 2.92 | |
| 6.1 V | 8.50 | 77.35 | 161.57 | 161.83 | 162.34 | 165.32 | 8.28 | 5.25 | |
| 6.2 M | 8.50 | 71.55 | 160.42 | 160.93 | 161.40 | 162.77 | 6.01 | 2.80 | |
| 6.2 V | 8.50 | 71.54 | 156.80 | 157.02 | 157.60 | 162.41 | 10.28 | 7.03 | |
| 7 M | 8.50 | 59.94 | 154.08 | 154.44 | 154.80 | 155.95 | 5.44 | 2.96 | |
| 7 V | 8.50 | 59.93 | 152.23 | 152.47 | 152.95 | 155.76 | 8.03 | 5.26 | |
| 7.1 M | 8.50 | 46.13 | 150.11 | 150.56 | 150.86 | 151.62 | 4.58 | 2.25 | |
| 7.1 V | 8.50 | 46.12 | 148.25 | 148.53 | 149.00 | 151.43 | 7.56 | 4.68 | |
| 7.2 M | 8.50 | 40.38 | 147.10 | 147.44 | 147.79 | 148.95 | 5.43 | 3.12 | |
| 7.2 V | 8.50 | 40.37 | 145.30 | 145.56 | 146.04 | 148.77 | 7.94 | 5.08 | |
| 8 M | 8.50 | 34.63 | 144.16 | 144.51 | 144.89 | 146.09 | 5.57 | 3.05 | |
| 8 V | 8.50 | 34.62 | 141.86 | 142.09 | 142.59 | 145.86 | 8.61 | 5.79 | |
| 8.1 M | 8.50 | 31.20 | 141.23 | 141.55 | 141.96 | 143.52 | 6.23 | 3.59 | |
| 8.1 V | 8.50 | 31.19 | 139.43 | 139.67 | 140.16 | 143.35 | 8.50 | 5.67 | |
| 8.2 M | 8.50 | 25.48 | 138.28 | 138.63 | 139.02 | 140.29 | 5.70 | 3.13 | |
| 8.2 V | 8.50 | 25.47 | 136.48 | 136.73 | 137.22 | 140.11 | 8.14 | 5.29 | |
| 9 M | 8.50 | 18.61 | 134.21 | 134.55 | 134.98 | 136.50 | 6.19 | 3.45 | |
| 9 V | 8.50 | 18.60 | 130.80 | 131.01 | 131.57 | 136.17 | 10.06 | 7.02 | |
| 9.1 | 8.50 | 14.40 | 130.03 | 130.52 | 130.93 | 132.25 | 5.83 | 2.99 | Inizio ponte |
| 9.2 | 8.50 | 10.20 | 129.37 | 129.91 | 130.27 | 131.24 | 5.11 | 2.48 | Fine ponte |
| 10 | 8.50 | | 127.35 | 127.68 | 128.02 | 129.06 | 5.21 | 2.96 | |

Tabella 4 – progetto – T= 50 anni

| Sez. | Q [mc/s] | D [m] | H f [m] | H pl [m] | H cr [m] | Hu [m] | U [m/s] | Fr | Note |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 12.50 | 124.47 | 184.06 | 185.43 | 185.19 | 185.67 | 2.19 | 0.70 | |
| 2 | 12.50 | 117.51 | 183.71 | 185.00 | 185.00 | 185.53 | 3.26 | 1.00 | |
| 3 | 12.50 | 112.08 | 176.21 | 176.79 | 177.60 | 184.38 | 12.21 | 7.04 | |
| 4 | 12.50 | 104.86 | 173.09 | 173.61 | 174.21 | 177.27 | 8.48 | 4.63 | |
| 5 | 12.50 | 94.17 | 169.07 | 169.48 | 170.04 | 172.34 | 7.50 | 3.83 | |
| 6 M | 12.50 | 83.17 | 166.55 | 167.00 | 167.50 | 169.12 | 6.45 | 3.15 | |
| 6 V | 12.50 | 83.16 | 164.55 | 164.88 | 165.50 | 168.93 | 8.91 | 5.02 | |
| 6.1 M | 12.50 | 77.36 | 163.57 | 164.04 | 164.56 | 166.23 | 6.54 | 3.12 | |
| 6.1 V | 12.50 | 77.35 | 161.57 | 161.92 | 162.56 | 166.03 | 8.98 | 4.94 | |
| 6.2 M | 12.50 | 71.55 | 160.42 | 161.06 | 161.67 | 163.52 | 6.96 | 2.93 | |
| 6.2 V | 12.50 | 71.54 | 156.80 | 157.11 | 157.82 | 163.16 | 10.90 | 6.40 | |
| 7 M | 12.50 | 59.94 | 154.08 | 154.52 | 155.01 | 156.66 | 6.49 | 3.21 | |
| 7 V | 12.50 | 59.93 | 152.23 | 152.56 | 153.16 | 156.48 | 8.78 | 5.01 | |
| 7.1 M | 12.50 | 46.13 | 150.11 | 150.65 | 151.07 | 152.16 | 5.44 | 2.43 | |
| 7.1 V | 12.50 | 46.12 | 148.25 | 148.62 | 149.21 | 151.98 | 8.11 | 4.34 | |
| 7.2 M | 12.50 | 40.38 | 147.10 | 147.52 | 147.97 | 149.59 | 6.38 | 3.34 | |
| 7.2 V | 12.50 | 40.37 | 145.30 | 145.64 | 146.25 | 149.42 | 8.60 | 4.77 | |
| 8 M | 12.50 | 34.63 | 144.16 | 144.59 | 145.09 | 146.80 | 6.57 | 3.26 | |
| 8 V | 12.50 | 34.62 | 141.86 | 142.17 | 142.79 | 146.57 | 9.29 | 5.41 | |
| 8.1 M | 12.50 | 31.20 | 141.23 | 141.63 | 142.17 | 144.34 | 7.30 | 3.79 | |
| 8.1 V | 12.50 | 31.19 | 139.43 | 139.74 | 140.37 | 144.17 | 9.32 | 5.41 | |
| 8.2 M | 12.50 | 25.48 | 138.28 | 138.71 | 139.23 | 141.05 | 6.78 | 3.38 | |
| 8.2 V | 12.50 | 25.47 | 136.48 | 136.81 | 137.42 | 140.88 | 8.94 | 5.06 | |
| 9 M | 12.50 | 18.61 | 134.21 | 134.63 | 135.20 | 137.33 | 7.28 | 3.67 | |
| 9 V | 12.50 | 18.60 | 130.80 | 131.09 | 131.79 | 137.01 | 10.77 | 6.46 | |
| 9.1 | 12.50 | 14.40 | 130.03 | 130.61 | 131.16 | 133.03 | 6.89 | 3.21 | Inizio ponte |
| 9.2 | 12.50 | 10.20 | 129.37 | 130.01 | 130.49 | 131.89 | 6.08 | 2.68 | Fine ponte |
| 10 | 12.50 | | 127.35 | 127.76 | 128.20 | 129.65 | 6.08 | 3.12 | |

Tabella 5 – progetto – T= 200 anni

| Sez. | Q [mc/s] | D [m] | H f [m] | H pl [m] | H cr [m] | Hu [m] | U [m/s] | Fr | Note |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 15.00 | 124.47 | 184.06 | 185.63 | 185.31 | 185.87 | 2.17 | 0.64 | |
| 2 | 15.00 | 117.51 | 183.71 | 185.14 | 185.14 | 185.74 | 3.43 | 1.00 | |
| 3 | 15.00 | 112.08 | 176.21 | 176.85 | 177.75 | 184.59 | 12.33 | 6.54 | |
| 4 | 15.00 | 104.86 | 173.09 | 173.65 | 174.33 | 177.89 | 9.13 | 4.75 | |
| 5 | 15.00 | 94.17 | 169.07 | 169.53 | 170.17 | 172.81 | 8.03 | 3.90 | |
| 6 M | 15.00 | 83.17 | 166.55 | 167.05 | 167.61 | 169.51 | 6.94 | 3.23 | |
| 6 V | 15.00 | 83.16 | 164.55 | 164.93 | 165.62 | 169.31 | 9.27 | 4.89 | |
| 6.1 M | 15.00 | 77.36 | 163.57 | 164.09 | 164.68 | 166.63 | 7.05 | 3.21 | |
| 6.1 V | 15.00 | 77.35 | 161.57 | 161.97 | 162.68 | 166.43 | 9.35 | 4.83 | |
| 6.2 M | 15.00 | 71.55 | 160.42 | 161.13 | 161.82 | 163.94 | 7.43 | 2.99 | |
| 6.2 V | 15.00 | 71.54 | 156.80 | 157.16 | 157.95 | 163.57 | 11.22 | 6.14 | |
| 7 M | 15.00 | 59.94 | 154.08 | 154.56 | 155.12 | 157.09 | 7.04 | 3.33 | |
| 7 V | 15.00 | 59.93 | 152.23 | 152.60 | 153.27 | 156.91 | 9.19 | 4.92 | |
| 7.1 M | 15.00 | 46.13 | 150.11 | 150.71 | 151.19 | 152.48 | 5.91 | 2.51 | |
| 7.1 V | 15.00 | 46.12 | 148.25 | 148.68 | 149.33 | 152.30 | 8.43 | 4.22 | |
| 7.2 M | 15.00 | 40.38 | 147.10 | 147.56 | 148.08 | 149.96 | 6.87 | 3.44 | |
| 7.2 V | 15.00 | 40.37 | 145.30 | 145.69 | 146.37 | 149.79 | 8.97 | 4.66 | |
| 8 M | 15.00 | 34.63 | 144.16 | 144.64 | 145.21 | 147.20 | 7.09 | 3.35 | |
| 8 V | 15.00 | 34.62 | 141.86 | 142.22 | 142.91 | 146.98 | 9.66 | 5.26 | |
| 8.1 M | 15.00 | 31.20 | 141.23 | 141.67 | 142.28 | 144.80 | 7.84 | 3.87 | |
| 8.1 V | 15.00 | 31.19 | 139.43 | 139.79 | 140.48 | 144.62 | 9.74 | 5.31 | |
| 8.2 M | 15.00 | 25.48 | 138.28 | 138.75 | 139.34 | 141.50 | 7.34 | 3.49 | |
| 8.2 V | 15.00 | 25.47 | 136.48 | 136.86 | 137.54 | 141.32 | 9.36 | 4.98 | |
| 9 M | 15.00 | 18.61 | 134.21 | 134.68 | 135.32 | 137.81 | 7.84 | 3.76 | |
| 9 V | 15.00 | 18.60 | 130.80 | 131.14 | 131.90 | 137.48 | 11.16 | 6.25 | |
| 9.1 | 15.00 | 14.40 | 130.03 | 130.66 | 131.29 | 133.49 | 7.45 | 3.32 | Inizio ponte |
| 9.2 | 15.00 | 10.20 | 129.37 | 130.07 | 130.62 | 132.28 | 6.60 | 2.77 | Fine ponte |
| 10 | 15.00 | | 127.35 | 127.81 | 128.31 | 129.97 | 6.51 | 3.17 | |

Tabella 6 – progetto – T= 500 anni

Come si può notare dalle tabelle su esposte, per quanto riguarda la configurazione di progetto, le portate sono ampiamente contenute all'interno dell'alveo e, data l'elevata pendenza del fondo, le velocità si mantengono sempre sostenute. I franchi idraulici sono sempre ampiamente rispettati, sia per quanto riguarda il franco "geometrico" sia per quanto riguarda quello relativo al carico cinetico.

Per quanto riguarda il ponte di sezione 9.1/9.2, realizzato come detto in precedenza con elementi metallici prefabbricati (sezione policentrica, larghezza 4.250 m altezza 3.79 m), la situazione del franco idraulico per la portata avente T=200 anni è la seguente:

| SEZ | **Q [mc/s]** | **H f [m]** | **H pl [m]** | **Hu [m]** | **H intradosso [m]** | **Franco geometrico [m]** | **Franco "Cinetico" [m]** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9.1 | 12.50 | 130.03 | 130.61 | 133.03 | 133.82 | 3.21 | 0.79 |
| 9.2 | 12.50 | 129.37 | 130.01 | 131.89 | 133.16 | 3.15 | 1.27 |

Tabella 7 – franchi idraulici – configurazione di progetto – T= 200 anni

Facendo riferimento all'Allegato 3 "Indirizzi tecnici per la redazione di studi idraulici" della normativa di Piano di Bacino, ed in particolare al punto "5) Franchi idraulici", la verifica impone che il franco non sia minore ai valori di cm 100/150 e del carico cinetico.

Dalla tabella 7 si rileva che il franco è ampiamente superiore al valore 150 cm (colonna "franco geometrico"), ed è superiore anche al carico cinetico: è infatti sufficiente confrontare la quota di intradosso) con il Carico totale Hu (che rappresenta proprio la somma tra la quota del pelo libero ed il carico cinetico).

Inoltre, poiché la sezione del ponte presenta intradosso non rettilineo, è necessario che il franco sia assicurato per almeno 2/3 della luce. Nel caso in esame, poiché la luce è pari a 4.25 m, è necessario che il franco sia assicurato per almeno 2.83 m: le verifiche condotte sulla sezione policentrica individuata lo confermano.

# 5. INDICAZIONI SULLE MODALITA' ESECUTIVE

Con riferimento alle tavole B3, B4.1 e B4.2, nella quale sono riportate planimetria, sezioni e profilo di progetto, si nota che il riempimento funzionale e necessario al sostegno dell'argine destro, ha un'estensione tale da ingombrare il tratto del corso d'acqua che attualmente si trova sul fondo della cava. Di conseguenza pare preferibile, al contrario della solita prassi, realizzare la sistemazione del corso d'acqua partendo da monte (a valle della sezione 4) e non da valle. In tal modo si procederebbe con la realizzazione della sponda del corso d'acqua da monte verso valle e, pertanto, al tempo "t" intermedio il corso d'acqua sarà sempre così configurato: tratto di monte sistemato, tratto intermedio con ruscellamento diffuso su fondo roccioso come allo stato attuale, tratto finale sul fondo della cava. Proseguendo i lavori aumenterà la lunghezza del primo tratto e diminuiranno le lunghezze del secondo e del terzo, ma la situazione a valle del tratto sistemato sarà sempre come nello stato attuale.

Diversamente, iniziando da valle, si avrebbe una fase intermedia con l'alveo attuale, sul fondo della cava, occluso dal riempimento (necessario per sostenere la sponda destra del rio), senza ancora la realizzazione del nuovo alveo, sistemato nella situazione definitiva, che si può realizzare solo quando il riempimento di cui sopra ha raggiunto la quota stabilita. In altre parole si avrebbe una fase, di durata pari a diversi mesi, in cui le acque potrebbero ruscellare sul riempimento appena realizzato, che non è accettabile. In alternativa sarebbe necessario creare un by-pass (ad esempio una condotta sul fondo della cava che poi rimarrebbe interrata sotto al riempimento), ma in definitiva la soluzione migliore pare essere quella prospettata, ovvero di iniziare da monte verso valle.

In ogni caso la situazione finale della sistemazione del rio Giglio Rosso dovrà essere quella descritta negli elaborati di progetto e nelle verifiche riportate nella presente relazione, demandando alla progettazione esecutiva ed alle valutazioni della direzione lavori per la scelta delle modalità esecutive.

Dal punto di vista della tipologia della sezione tipo, essa è stata ipotizzata realizzata in parte con scavo in roccia di substrato ed in parte con riporto di massi, sempre già presenti in loco. Per la realizzazione del corpo del riempimento, su cui poggia l'alveo, sarà utilizzato il materiale di cava già presente in loco, frutto dei franamenti che sono avvenuti negli anni.

Si consiglia il posizionamento di teli o altri dispositivi idonei ad impedire l'infiltrazione delle acque transitanti nell'alveo verso il corpo del riempimento, al fine di impedire la formazione di circolazione di acqua nel corpo della discarica, con effetti destabilizzanti. In tal senso, qualora fosse necessario, il fondo dell'alveo e parte delle sponde potranno essere eventualmente intasate con calcestruzzo, evitando però

di eseguire il fondo eccessivamente liscio ma, al contrario, mantenere l'irregolarità del fondo e, di conseguenza, la scabrezza. Si rimanda, in ogni caso, alla relazione geotecnica ed alla progettazione esecutiva.

Infine particolare cura dovrà essere impiegata per la realizzazione dei salti di fondo, sia per la parte di valle (per impedire che la lama stramazzante provochi erosione sul fondo) sia per la parte di monte (per evitare l'erosione del dente della gàveta).

Si raccomanda, infine, di porre particolare attenzione al raccordo dell'argine destro tra la sezione 4 (argine indisturbato) e la sezione 5, avendo cura di non creare soluzioni di discontinuità dell'argine stesso.

# 6. CONCLUSIONI

Nella presente relazione idraulica sono state descritte le verifiche idrauliche condotte sul Rio Giglio Rosso, nel tratto in cui il corso d'acqua scorre nell'ambito della ex cava "Crivezzo" in comune di Stella.

E' stato dapprima rilevato come le attività estrattive eseguite fino agli anni '70 hanno modificato il tracciato del corso d'acqua che, attualmente, scorre in modo disordinato ruscellando sulle rocce senza un alveo inciso, al di fuori dei confini demaniali come riportati sulla mappa catastale.

In seguito è stata ipotizzata una nuova sistemazione del Rio (stato di progetto), coerente con il tracciato risultante dalla mappa catastale, e sono state condotte le relative verifiche idrauliche, che hanno evidenziato che la configurazione di progetto consente il transito della portata di progetto con adeguato franco.

Sono state infine date indicazioni sulle modalità esecutive dei lavori, che saranno comunque meglio sviluppate nelle fasi successive.

# ALLEGATI

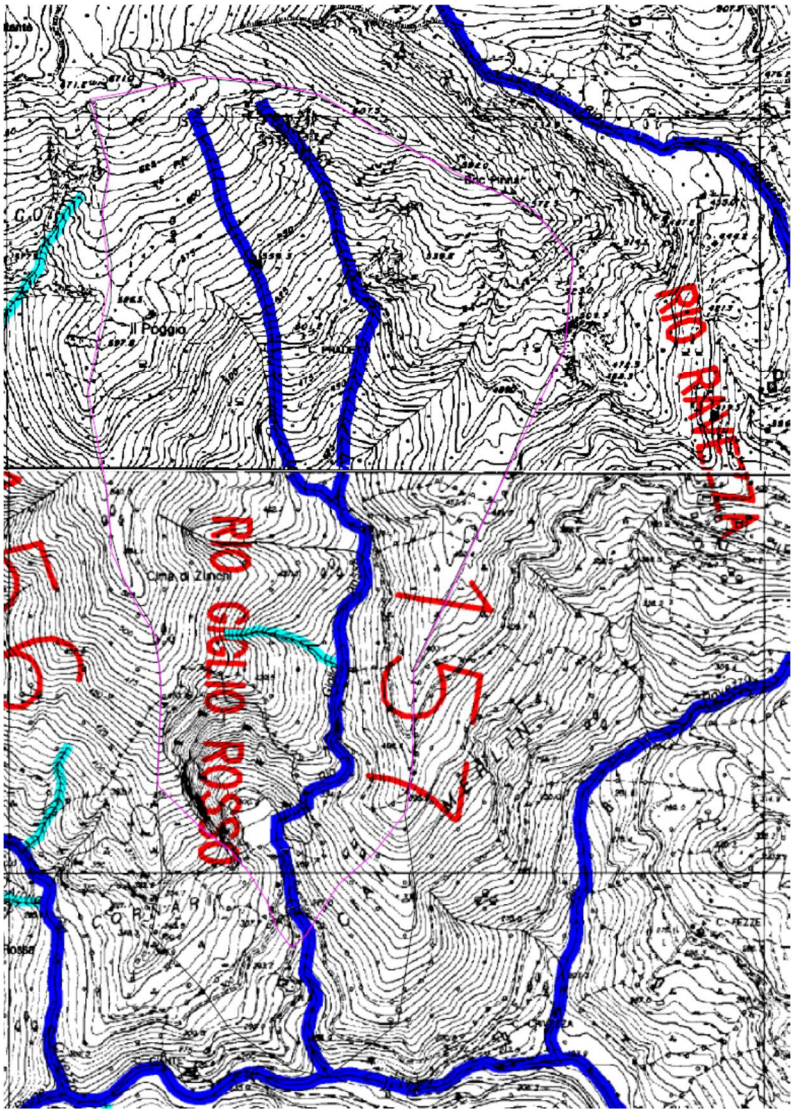
COROGRAFIA DEI BACINI

SEZIONI IDRAULICHE SCHEMATICHE

PROFILI IDRAULICI

COROGRAFIA DEI BACINI

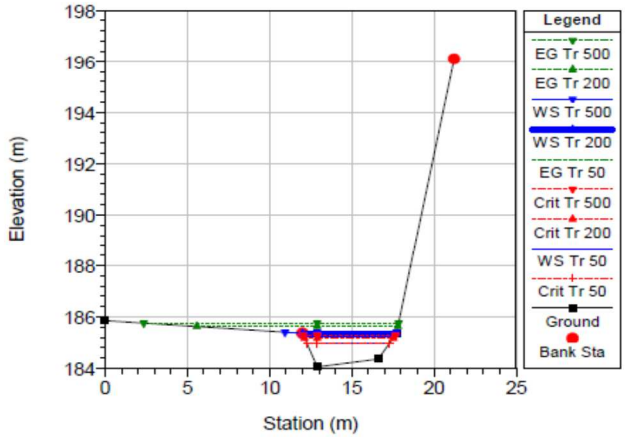
Scala 1:10.000



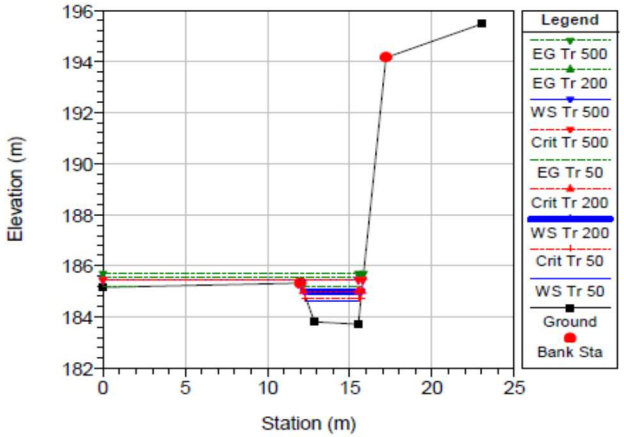

Corografia del Bacino: Rio Giglio Rosso – Scala 1:10.000

# SEZIONI IDRAULICHE SCHEMATICHE

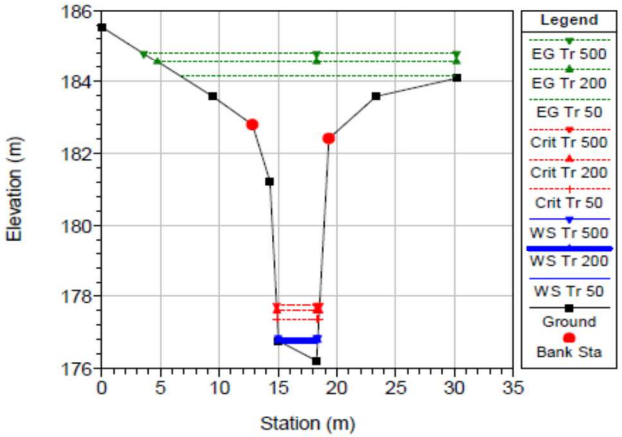
## RS = 100 Sezione 1
Stato attuale



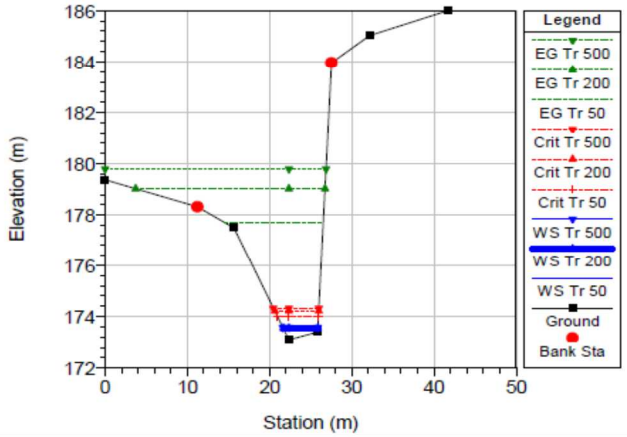

## RS = 99 Sezione 2
Stato attuale



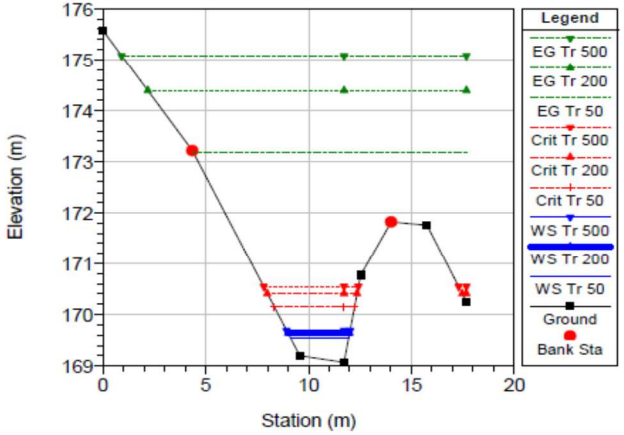

## RS = 98 Sezione 3
Stato attuale



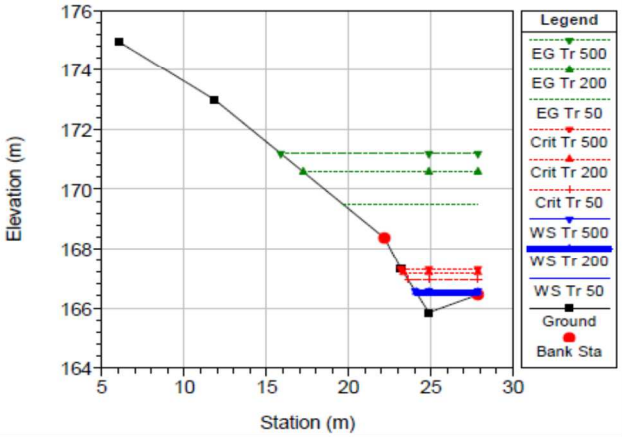

## RS = 97 Sezione 4
Stato attuale




## RS = 96 Sezione 5
Stato attuale

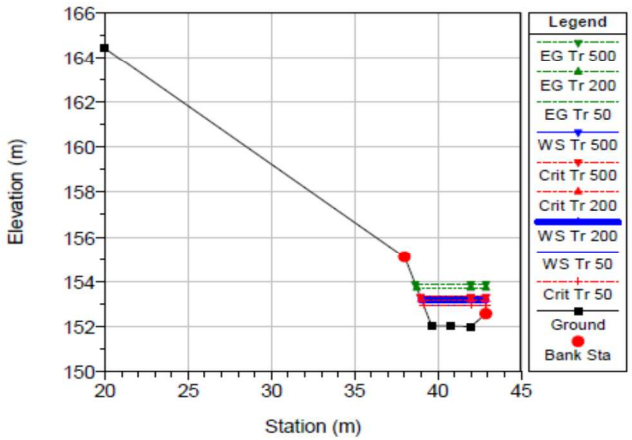



## RS = 95 Sezione 6
Stato attuale



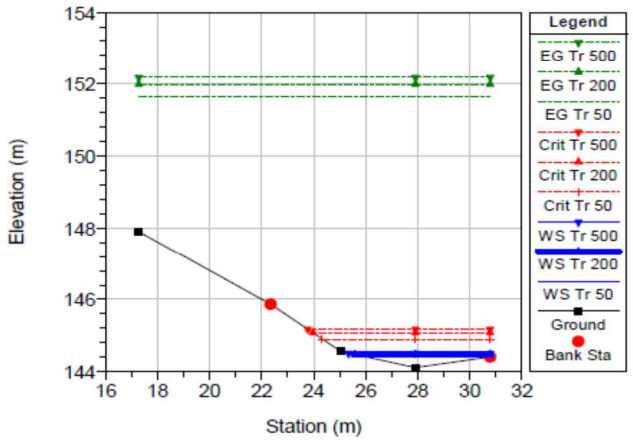
## RS = 94 Sezione 7

Stato attuale



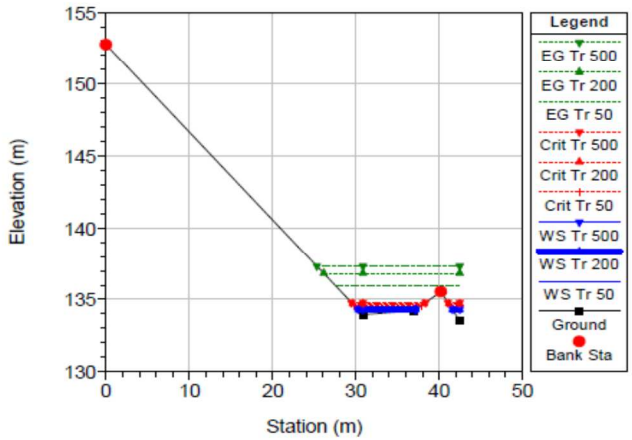

## RS = 93 Sezione 8

Stato attuale



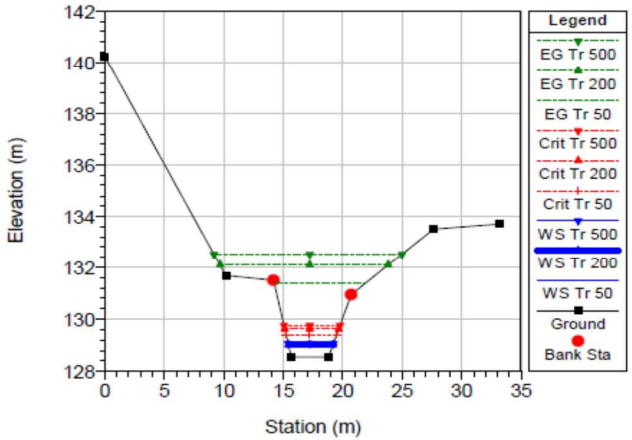

## RS = 92 Sezione 9

Stato attuale

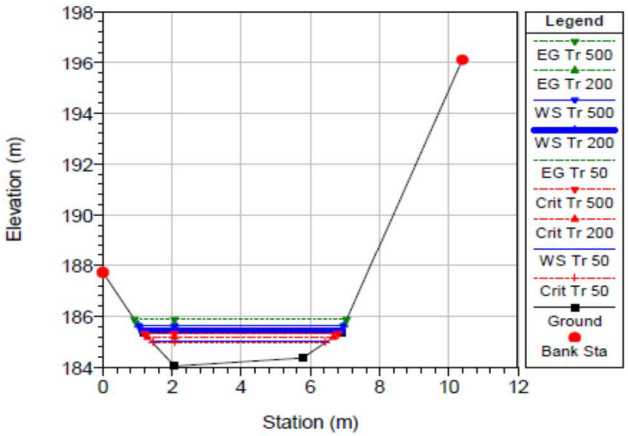



## RS = 91 Sezione 10

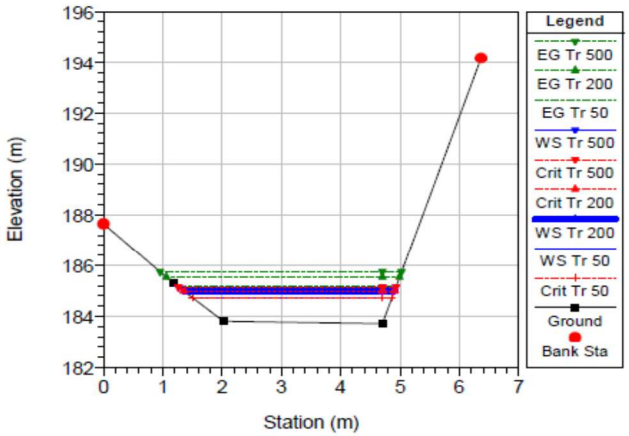
Stato attuale



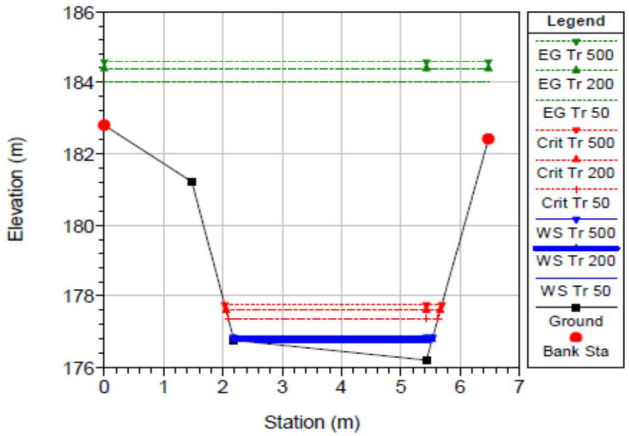
## RS = 100 Sezione 1
Progetto



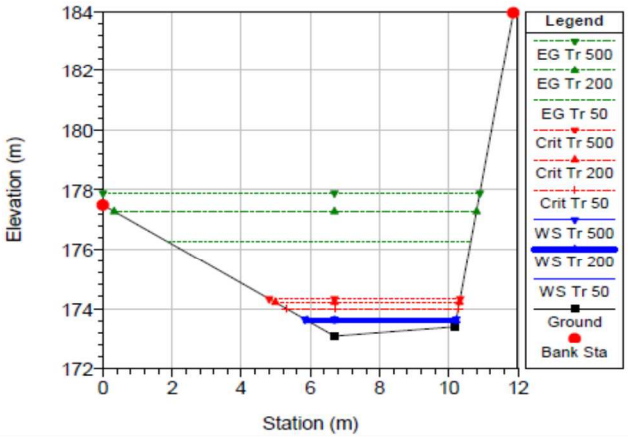

## RS = 99 Sezione 2
Progetto



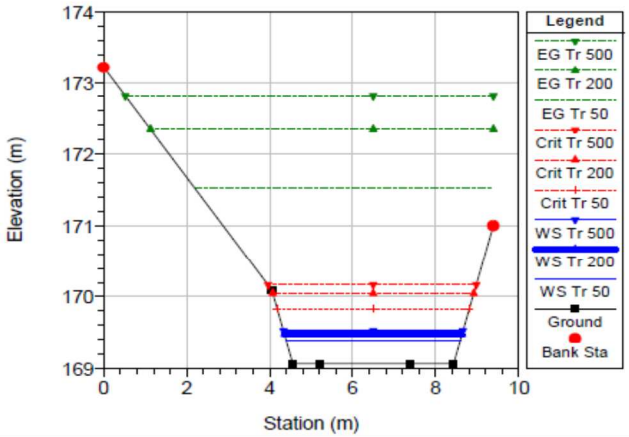

## RS = 98 Sezione 3
Progetto



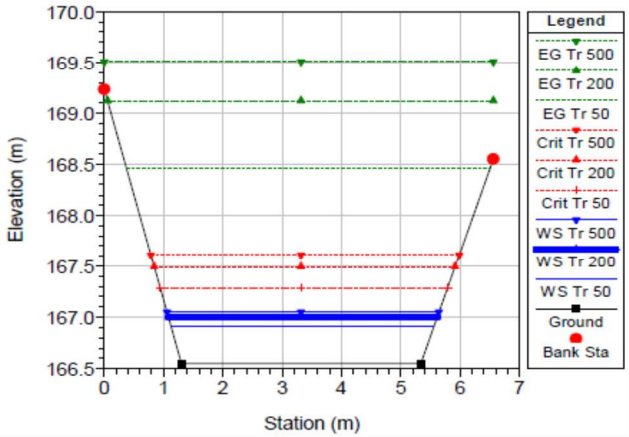

## RS = 97 Sezione 4
Progetto




## RS = 96 Sezione 5
Progetto

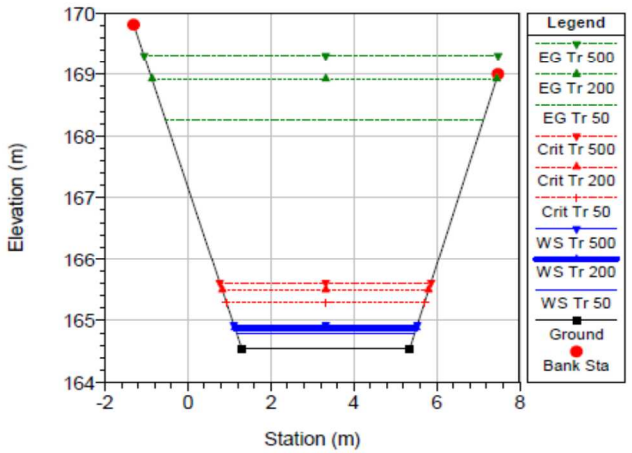



## RS = 95 Sezione 6 M
Progetto



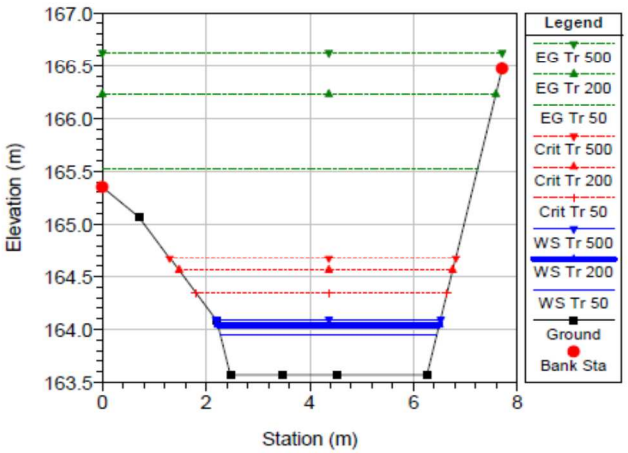
RS = 94.9 Sezione 6 V

Progetto



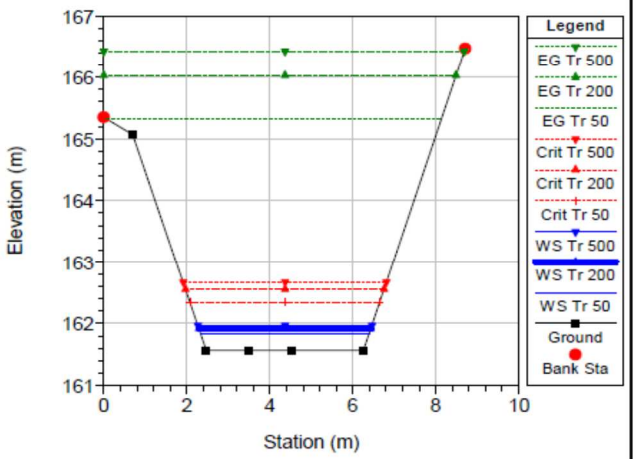

RS = 94.8 Sezione 6.1 M

Progetto



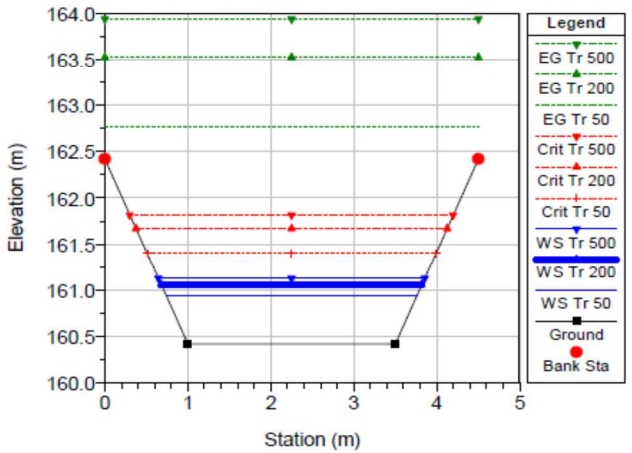

RS = 94.7 Sezione 6.1 V

Progetto



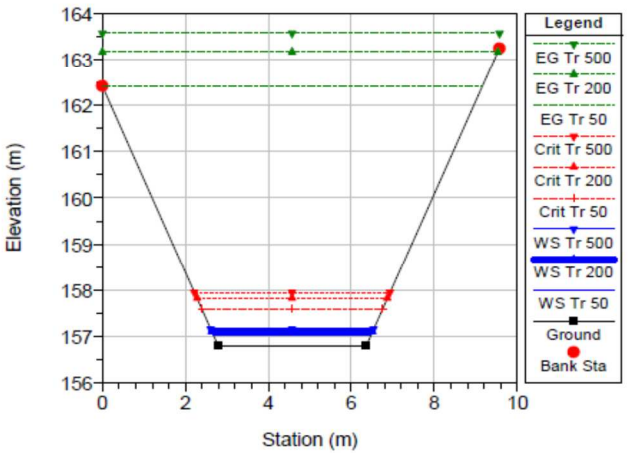

RS = 94.6 Sezione 6.2 M

Progetto



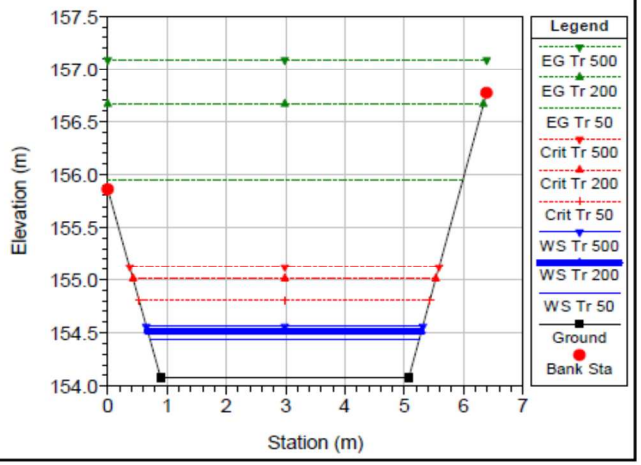

RS = 94.5 Sezione 6.2 V

Progetto



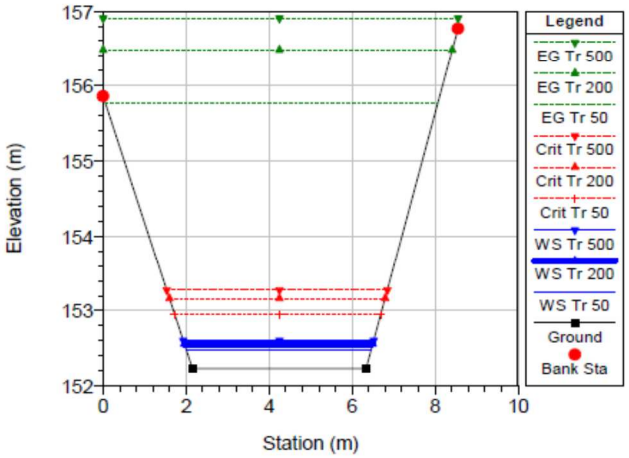

RS = 94 Sezione 7 M

Progetto



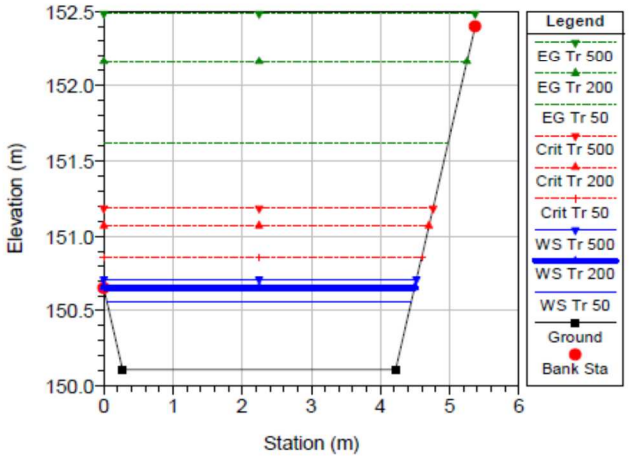
RS = 93.9 Sezione 7 V

Progetto



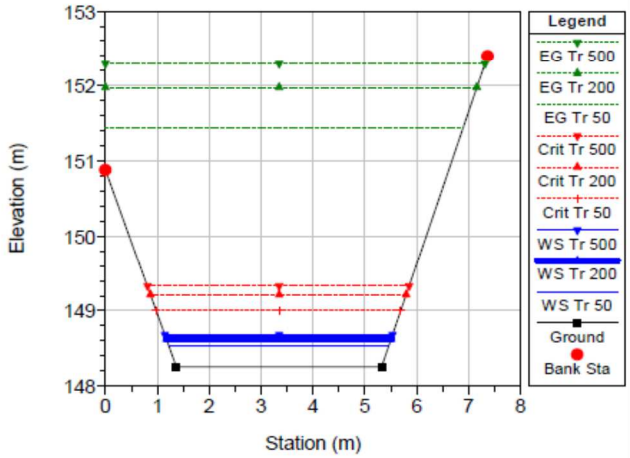

RS = 93.8 Sezione 7.1 M

Progetto



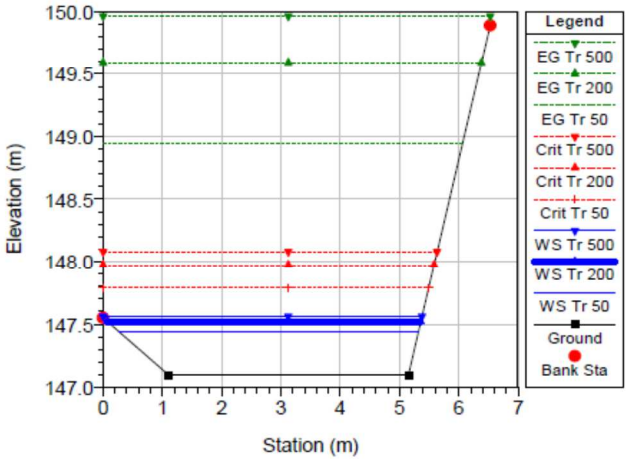

RS = 93.7 Sezione 7.1 V

Progetto



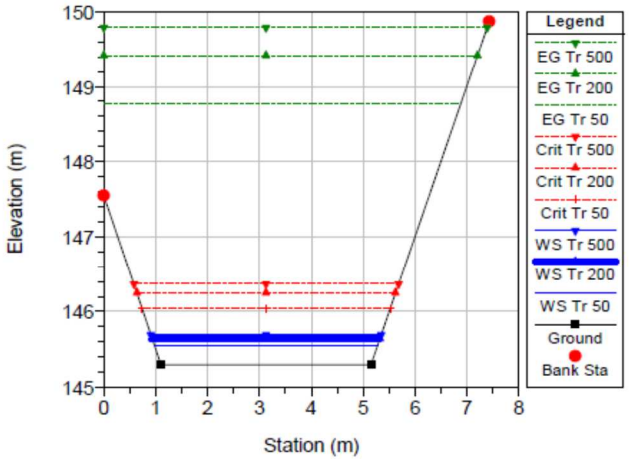

RS = 93.6 Sezione 7.2 M

Progetto



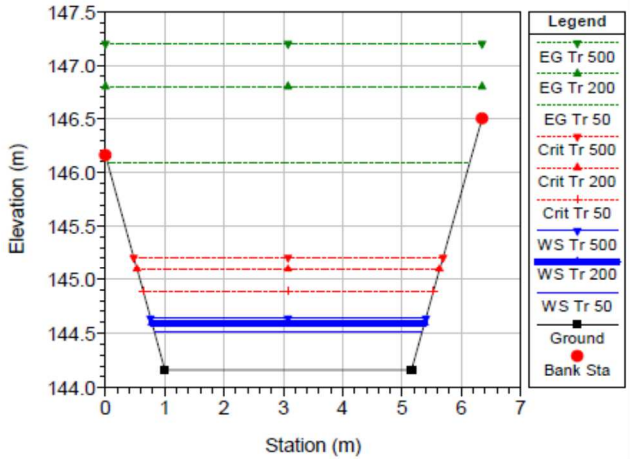

RS = 93.5 Sezione 7.2 V

Progetto



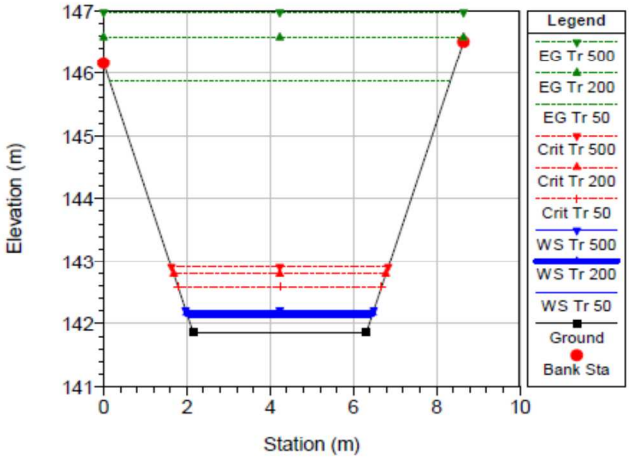

RS = 93 Sezione 8 M

Progetto



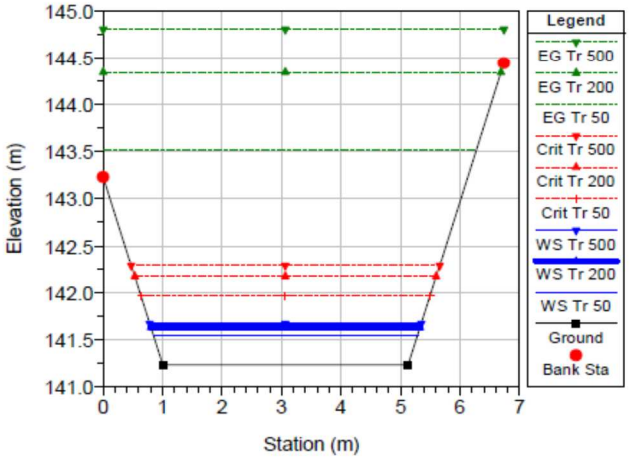
RS = 92.9 Sezione 8 V

Progetto



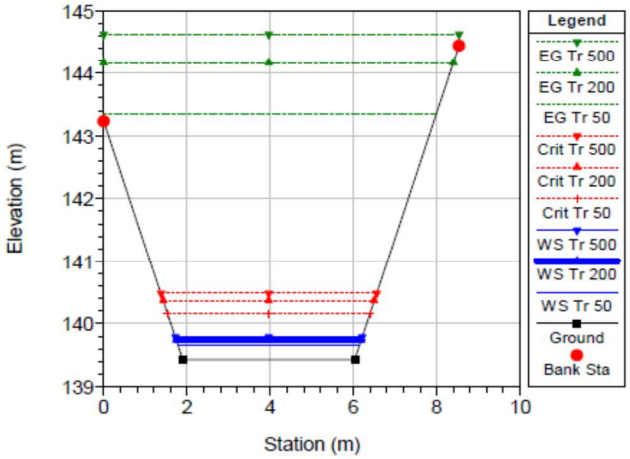

RS = 92.8 Sezione 8.1 M

Progetto



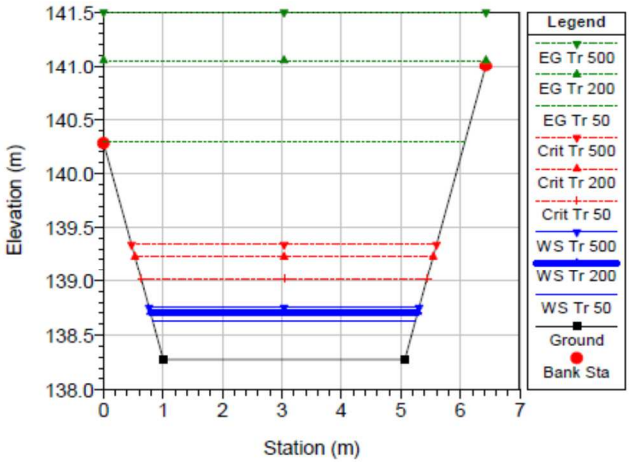

RS = 92.7 Sezione 8.1 V

Progetto



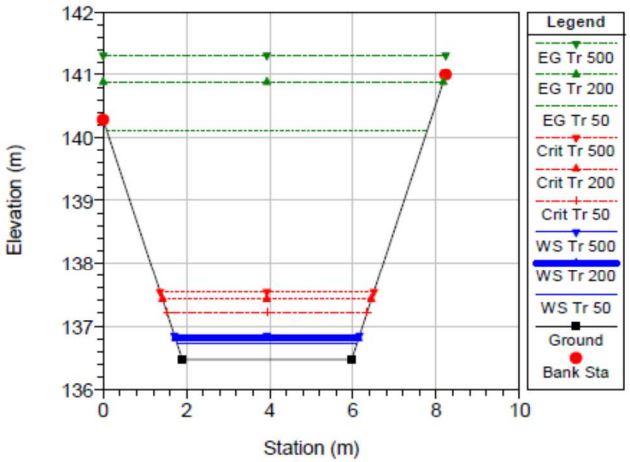

RS = 92.6 Sezione 8.2 M

Progetto



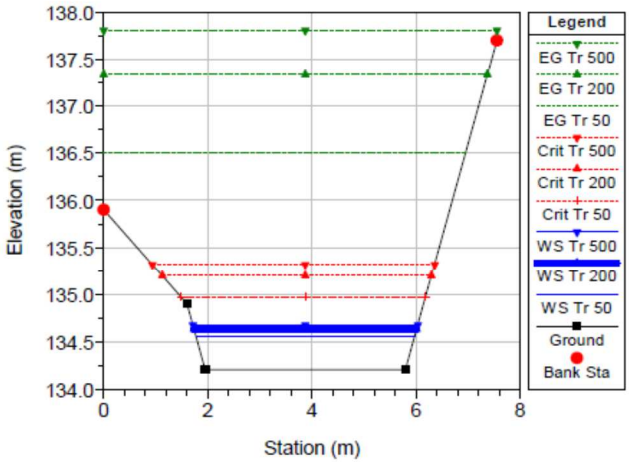

RS = 92.5 Sezione 8.2 V

Progetto



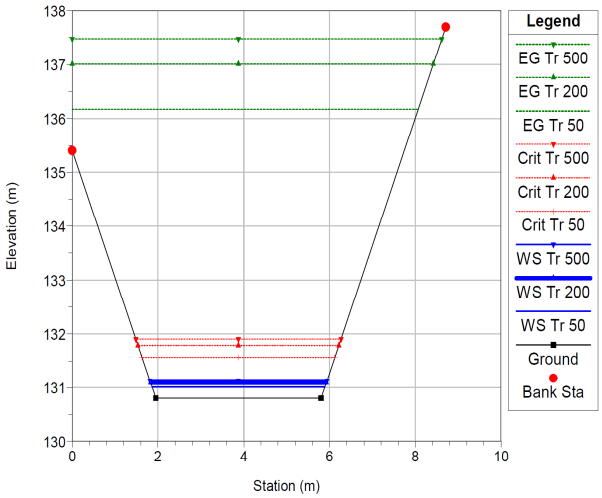

RS = 92 Sezione 9 M

Progetto



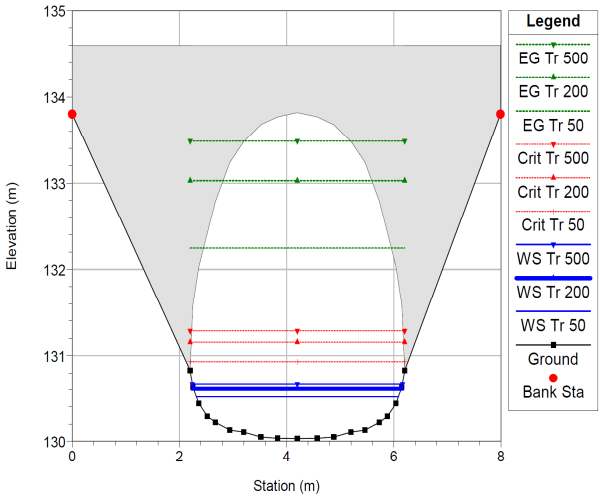
RS = 91.9 Sezione 9 V

Progetto



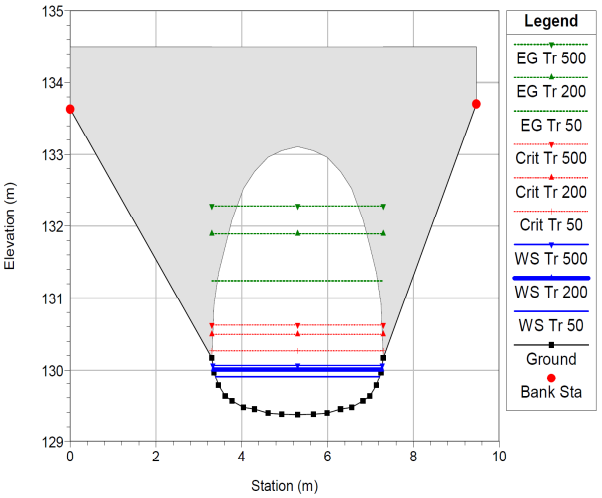

RS = 90.5 Sezione 9.1

Progetto



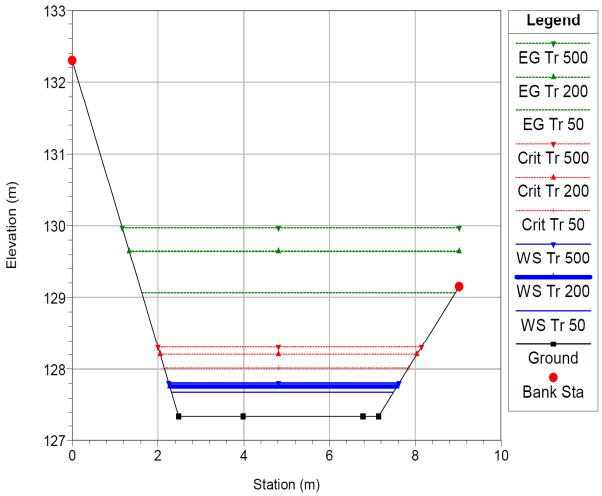

RS = 90.3 Sezione 9.2

Progetto

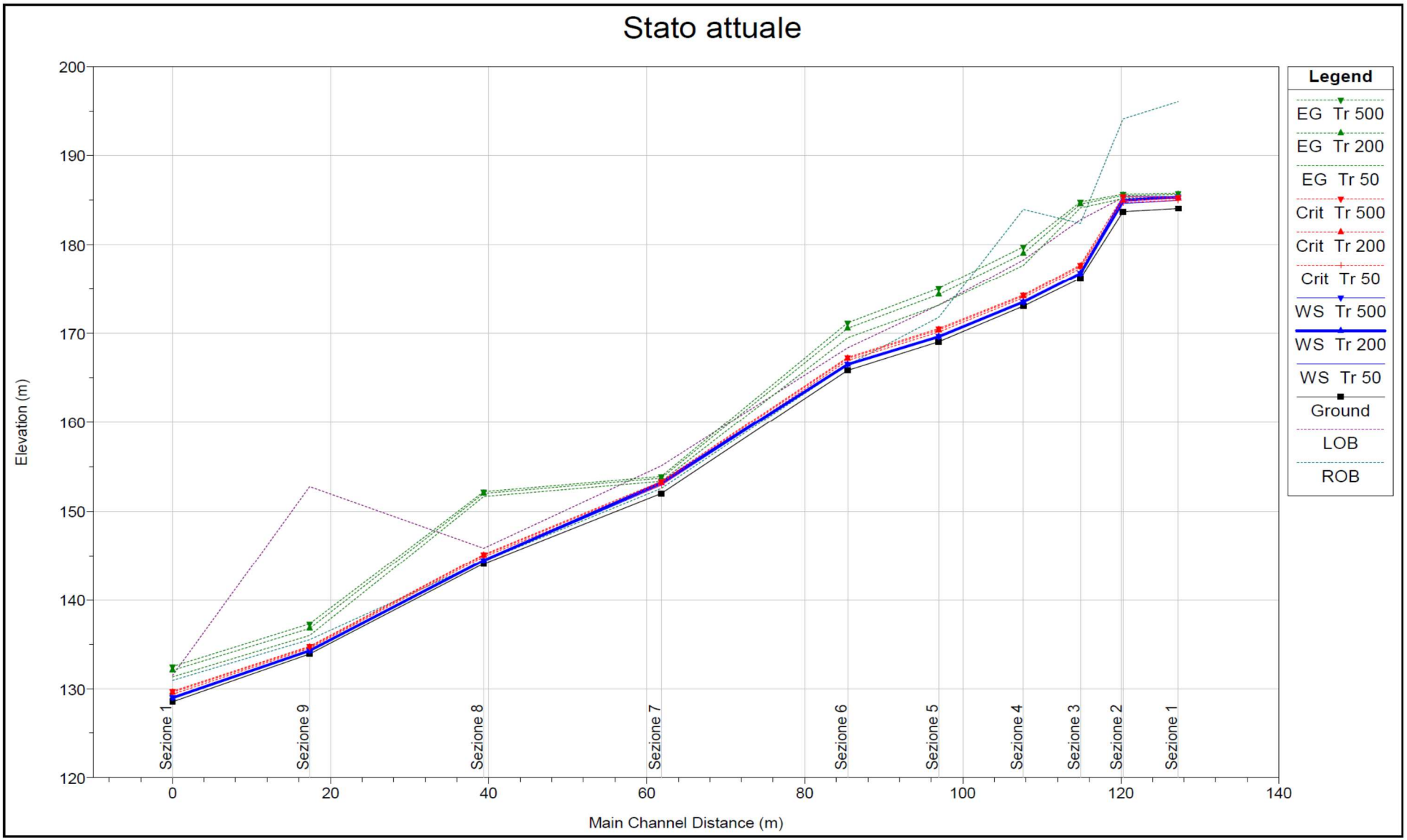


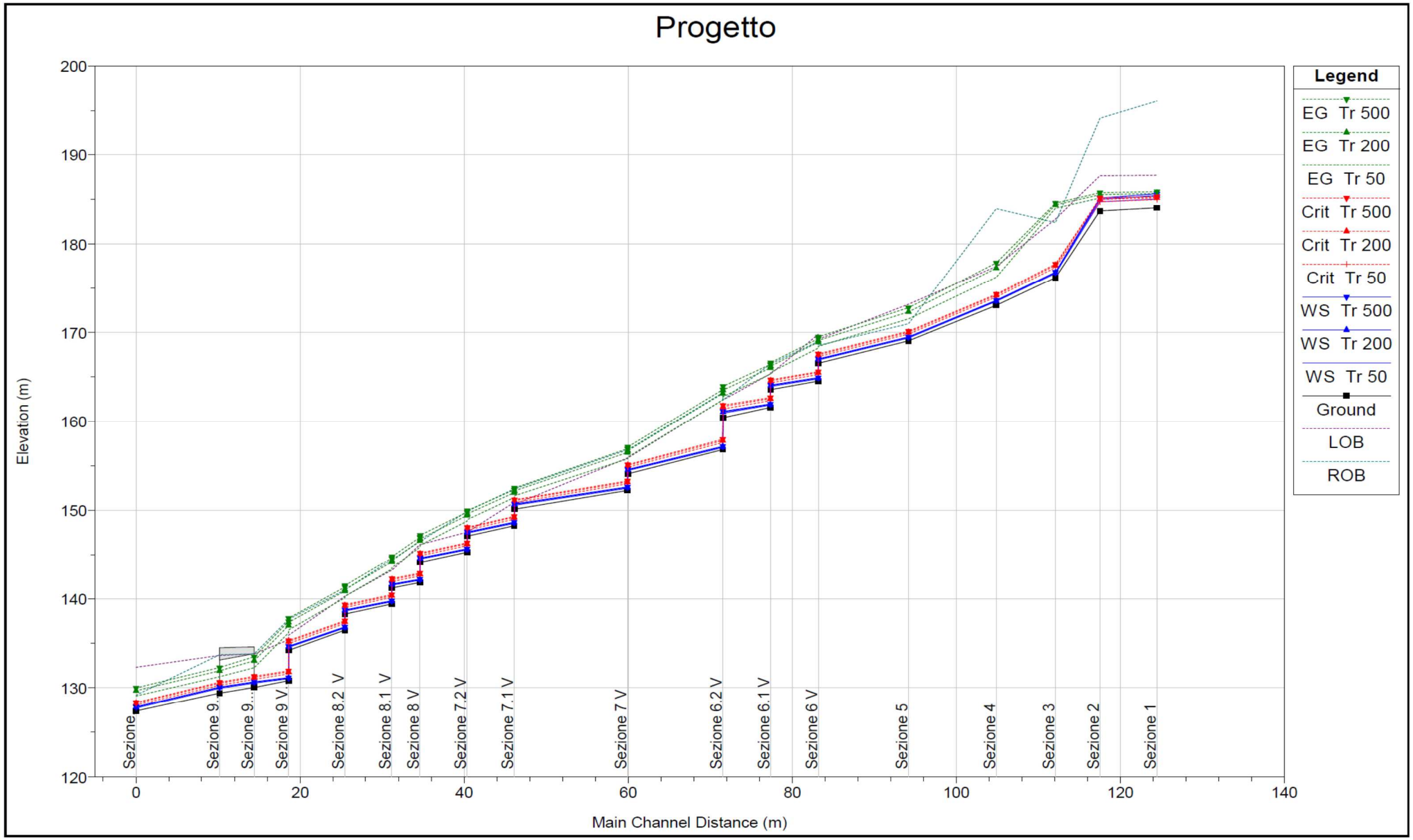

RS = 90 Sezione 10

Progetto



# PROFILI IDRAULICI SCHEMATICI


Stato attuale
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
200
190
180
170
160
150
140
130
120
0
20
40
60
80
100
120
140
Sezione 1
Sezione 9
Sezione 8
Sezione 7
Sezione 6
Sezione 5
Sezione 4
Sezione 3
Sezione 2
Sezione 1
Legend
EG Tr 500
EG Tr 200
EG Tr 50
Crit Tr 500
Crit Tr 200
Crit Tr 50
WS Tr 500
WS Tr 200
WS Tr 50
Ground
LOB
ROB


Progetto
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
Legend
EG Tr 500
EG Tr 200
EG Tr 50
Crit Tr 500
Crit Tr 200
Crit Tr 50
WS Tr 500
WS Tr 200
WS Tr 50
Ground
LOB
ROB
Sezione
Sezione 9
Sezione 9...
Sezione 9 V
Sezione 8.2 V
Sezione 8.1 V
Sezione 8 V
Sezione 7.2 V
Sezione 7.1 V
Sezione 7 V
Sezione 6.2 V
Sezione 6.1 V
Sezione 6 V
Sezione 5
Sezione 4
Sezione 3
Sezione 2
Sezione 1