## Sommario

1. Premessa ..... 2
2. Domanda di concessione demaniale ..... 2
3. Inquadramento geologico-geomorfologico ..... 3
**Dolomie di San Pietro dei Monti** ..... 3
4. IL Bacino del torrente Segno ..... 5
4.1.1 Deflussi ..... 5
5. CARATTERISTICHE DEL BACINO IDRICO del Rio Fornace ..... 6
6. STUDIO IDRAULICO - SISTEMAZIONE DEL RIO FORNACE ..... 7
6.1 Situazione attuale ..... 7
6.2 Sistemazione dell'alveo a monte del piazzale di cava ..... 8
6.3 Lavori di sistemazione delle opere di valle ..... 8
7. VERIFICHE IDRAULICHE LUNGO IL RIO FORNACE ..... 9
7.1 Verifica delle caratteristiche di portata del bacino ..... 9
7.2 Caratteristiche del sottobacino A ..... 11
7.3 Caratterisitche del sottobacino B ..... 11
7.4 Verifiche in moto permanente monodimensionale ..... 12
7.4.1 Parametri idraulici: scabrezza ..... 14
7.4.2 Parametri idraulici: condizioni al contorno ..... 14
7.5 Risultati della verifica ..... 14

*Allegato 1*
*Verifica idraulica rio Fornace - Profili e sezioni*

## 1. PREMESSA

Lo studio idraulico è svolto a supporto e verifica del progetto degli interventi previsti per la sistemazione idraulica del rio Fornace nella località S.Ermete – Cava Trevo del Comune di Vado Ligure (SV),in corrispondenza della cava e dell'impianto per la produzione di calcestruzzo preconfezionato esistenti.
Tale sistemazione si rende necessaria, anche a seguito degli interventi antropici intervenuti nel recente passato, connessi in prevalenza con la precedente attività della cava e l'installazione dell'impianto di calcestruzzo suddetti.
Le opere di sistemazione del rio Fornace sono altresì valutate nell'ambito della nuova procedura di Valutazione di impatto ambientale in merito al progetto di ripresa dell'attività estrattiva da parte dell'Impresa Giuggia Costruzioni s.r.l., per il quale è stata presentata istanza al competente SUAP di Vado Ligure nel mese di dicembre 2015 ed è tuttora in istruttoria presso l'Amministrazione Regionale.
L'istanza di VIA, ai sensi del d.lgs. 152/2006 e s.m.i., è stata presentata dall'Impresa Giuggia Costruzioni s.r.l, alla quale è stata accordata a suo tempo la locazione della cava dall'Amministrazione Comunale di Vado Ligure.
Per quanto di seguito non espressamente illustrato si fa rifermento alla documentazione tecnica prodotta ai fini del giudizio di compatibilità ambientale sulla prosecuzione dell'attività estrattiva.

Il progetto, da sottoporre all'approvazione del Servizio Demanio Idrico Regionale, prevede la completa sistemazione dell'alveo del Rio Fornace, a partire da monte alla quota ca. 240 m s.l.m., sino alle opere idrauliche già esistenti a valle della concessione di cava suindicata.
*Le opere, la cui realizzazione è da prevedersi a carico dell'Impresa Giuggia Costruzioni s.r.l. verranno ad interessare aree demaniali, da considerarsi, sia in funzione dell'accesso in comunione tra le due imprese, rispettivamente di accesso all'impianto di calcestruzzo e di accesso alla cava, sia di aree ad esclusivo servizio dell'attività di cava.*

## 2. DOMANDA DI CONCESSIONE DEMANIALE

La domanda di concessione demaniale per opere di sistemazione idraulica del rio Fornace viene presentata dall'Amministrazione Comunale di Vado Ligure, in virtù delle intese intervenute, ai sensi dell'art. 11, della legge n. 241/1990, tra l'Impresa GIUGGIA COSTRUZIONI S.r. e il Comune di Vado Ligure, in esecuzione del procedimento definito dal Consiglio Comunale con deliberazione n. 52 del 31 luglio 2015, e del protocollo d'intesa tra la Regione Liguria ed il Comune di Vado approvato con deliberazione della Giunta Comunale n. 163 del 13 novembre 2015 e sottoscritto tra le parti in data 23 novembre 2015.

In base alle intercorse pattuizioni ed a seguito della definizione delle servitù di passaggio su terreni di proprietà comunale in frazione S. Ermete e delle aree di manovra necessarie per la risoluzione delle interferenze tra i terreni concessi in locazione alla Bagnasco Edoardo S.r.l. (interclusi e a tutt'oggi privi di alcun diritto di passaggio

formalmente costituito) e le aree concesse alla *Giuggia Costruzioni S.r.l.* Al fine di uniformità delle procedure l'Amministrazione Comunale di Vado Ligure si impegna:

- a presentare istanza alla Regione per la concessione di aree demaniali necessarie per l'esercizio della cava e per il raccordo di accesso alla limitrofa attività dell'impianto di calcestruzzo in essere gestito dalla ditta Bagnasco Edoardo s.r.l.

- trascorsi i termini di durata della concessione del sito di cava alla *Giuggia Costruzioni S.r.l.* a provvedere, direttamente o tramite terzo concessionario, a completare il programma di coltivazione autorizzato, fatta salva la possibilità di richiedere varianti allo stesso, nei modi previsti dalla Legge.

Nel contempo *Giuggia Costruzioni S.r.l.* si impegna:

- a presentare e dare corso ad un progetto approvato e realizzabile nei tempi di durata della concessione;
- trascorsi i termini di durata della concessione dell'area di cava, qualora questa non sia più prorogata a suo favore, a consentire al Comune di Vado Ligure e/o al concessionario individuato dal predetto Ente Pubblico il subentro gratuito nelle autorizzazioni a vario titolo rilasciate per la conduzione dell'attività estrattiva.

## 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Il corso del rio Fornace interessato dalla sistemazione idraulica oggetto del presente studio si sviluppa entro una sequenza dolomitica di pertinenza Brianzonese, appartenente alla formazione Anisico – Ladinica delle *Dolomie di San Pietro dei Monti*, che si estende su entrambi i versanti della dorsale che da M. Mao scende verso Bergeggi. Sui versanti settentrionali, alla base della sequenza dolomitica, affiora una sottile successione quarzitica (Quarziti di Ponte Nava), evidente anche a breve distanza dal piazzale inferiore di cava in continuità stratigrafica con le dolomie. Le quarziti formano una più potente successione nei versanti meridionali della dorsale di M. Mao (a Nord di Prelo).

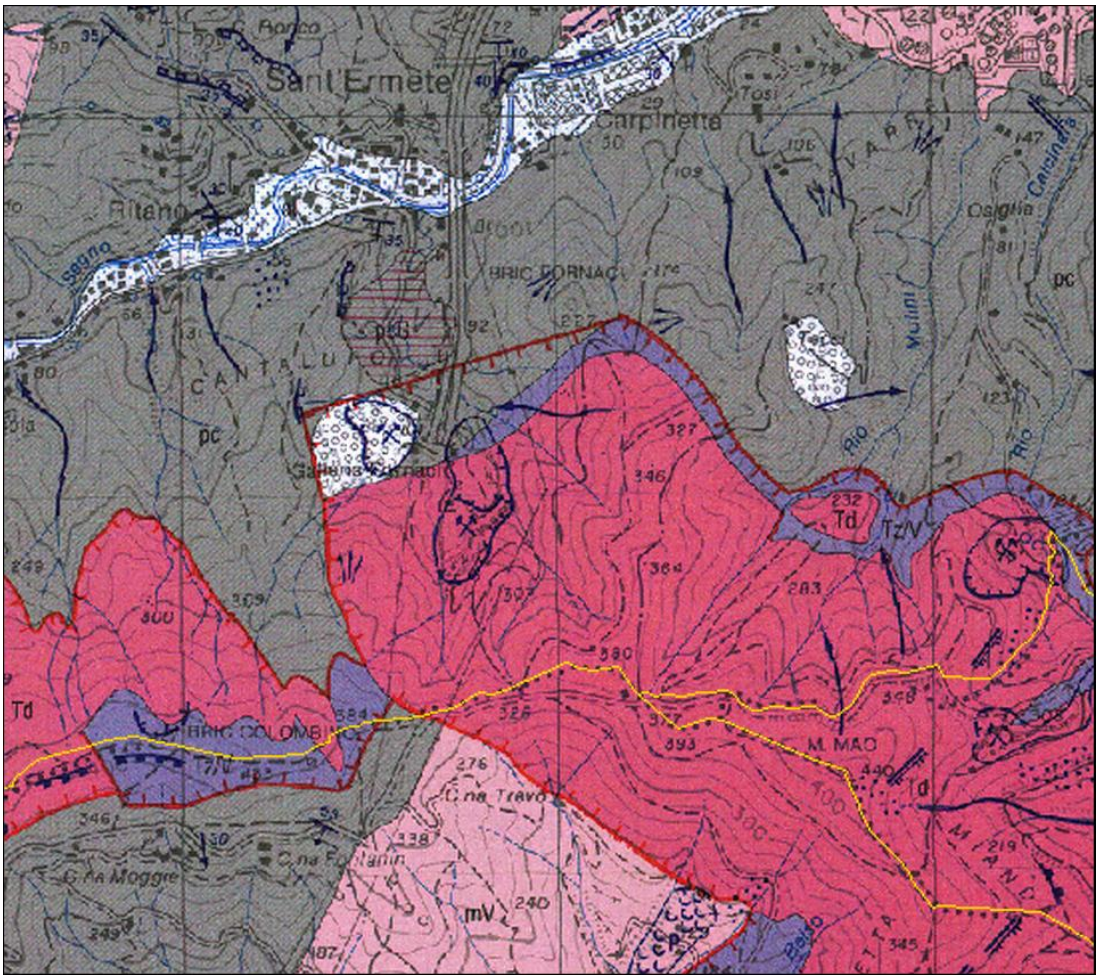
**Dolomie di San Pietro dei Monti**

La successione carbonatica affiorante nella zona dell'areale di cava e sulla quale scorre il rio Fornace (appartenente alla formazione delle Dolomie di San Pietro dei Monti) è costituita da dolomie, di colore grigio scuro, talora parzialmente alterate, con presenza di intercalazione di strati prevalentemente sottili di calcari marnosi rossastri e di esili argilliti nerastre ad alterazione bruno – rossastra. Verso la base formazionale la sequenza è costituita da dolomie s.s., mentre nei livelli superiori, si ha il passaggio a calcari dolomitici[1]. La successione carbonatica della cava forma il maggiore dei due corpi che affiorano sul versante destro della valle del Segno, nella dorsale Bric Colombino – Monte Mao. Le dolomie sono generalmente poco fratturate nella fascia centrale del corpo di

[1] Note illustrative dei fogli 92-93 della Carta Geologicad'Italia a scala 1:100.000.

Monte Mao; il grado di fratturazione cresce in prossimità del contatto con i metasedimenti permo-carboniferi.

L'elevata acclività media appare legata alle caratteristiche di consistenza delle rocce dolomitiche. Nei versanti dell'adiacente rio Rivassa, in cui il substrato è rappresentato prevalentemente da scisti permo-carboniferi, l'acclività media è significativamente più bassa.
Mentre il substrato dolomitico è caratterizzato dalla presenza di coperture detritiche sottili, al di sopra degli scisti permo - carboniferi, anche in ragione di un maggior grado di alterazione, lo spessore delle coltri detritiche è di ordine metrico. Per quanto riguarda le forme legate alla gravità, nell'area di cava e nei settori limitrofi non si osservano movimenti gravitativi di entità significativa. Ciò è indizio delle buone caratteristiche geomeccaniche del substrato dolomitico.




*– Figura 1 –Carta geologico – geomorfologica (stralcio tratto dalla CGR di Vado Ligure -tav. 229.3).*

## 4. IL BACINO DEL TORRENTE SEGNO

L'area in studio appartiene al bacino idrografico del Torrente Segno, interamente situato nel territorio del Comune di Vado Ligure.
Il suo bacino imbrifero è complessivamente di circa 21 km$^2$; la lunghezza dell'asta principale, che sfocia in mare in corrispondenza del porto di Vado, è di circa 9 km.
Si tratta di un bacino di modeste dimensioni, a morfologia particolarmente acclive (con pendenze prevalentemente superiori al 35%), caratterizzato da una forma grosso modo rettangolare, con orientazione della direttrice principale ENE – OSO.
La linea settentrionale dello spartiacque segue, lungo una direzione circa ENE – OSO, la dorsale che dalla località Valleggia risale fino a Monte Pian Mora, prosegue per Cima delle Rocche Bianche e giunge a Rocca dei Corvi, dove tocca la quota più alta (793 m s.l.m.). Di qui piega verso Sud, passando per Bric Berba; successivamente si orienta ancora verso ENE – OSO passando per Bric Colombino, Monte Mao e Monte S. Elena, scendendo poi verso mare fino a Capo Vado, per chiudersi a ridosso dell'area portuale.
Il torrente nasce all'estremità nord-occidentale del bacino, dal versante orientale della Rocca dei Corvi, ad una quota di circa 570 m s.l.m. Nella testata del bacino l'asta si sviluppa con pendenza accentuata e orientamento grosso modo NO-SE; il suo corso è poco articolato, con modeste anse, fino alla confluenza con il Rio Machei. Da qui il torrente assume un'orientazione ENE – OSO, che mantiene costante fino alla foce. La sinuosità si fa più pronunciata, con un andamento a tratti meandriforme, in particolare nel tratto centrale del suo corso. Alla località Valle di Vado si apre la piana alluvionale terminale nella quale il torrente, per effetto delle arginature e delle rettificazioni d'alveo, assume un andamento pressoché rettilineo fino alla foce. Verso N la piana alluvionale del Segno si fonde con quella del T. Quiliano.
I principali affluenti sono costituiti dal Rio delle Fasce, dal Rio Giuè e dal Rio Termini in sponda sinistra, e dal Rio Calcinara, dal Rio Mulini, dal Rio Fornace-Tecci, nel cui sottobacino è aperta la cava, e dal Rio Erxio in destra orografica.

### 4.1.1 Deflussi

Il regime del T. Segno è tipicamente torrentizio, con piene autunnali e primaverili e deflussi minimi in estate. Lungo il corso non vi sono stazioni di misura delle portate.
Lo studio del piano di bacino stralcio del Segno ha calcolato, nella sezione di S. Ermete, a valle della cava, portate massime comprese tra 145 e 350 m$^3$/s per tempi di ritorno di 50, 100, 200 anni.

| Corso d'acqua | Tratto studiato (sezioni idrauliche) | Superficie bacino [Km.$^2$] | Portata [m$^3$ s$^{-1}$] | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | T=50 anni | T=200 anni | T=500 anni |
| T.Segno | 1 - 42 | 21 | 220 | 320 | 380 |
| T.Segno | 42 - 63 | 12 | 145 | 210 | 350 |
| T.Segno | 63 - 94 | 7.6 | 105 | 150 | 180 |

*Tabella 1: Valori di portata calcolati in tre sezioni principali (1, alla foce, 42 a valle di S. Ermete, 63 a Ritano), per tempi di ritorno di 50, 100, 200 anni. (dalla relazione del Piano di Bacino Stralcio del t. Segno).*

Nel proseguo si tiene conto anche del Piano di Bacino del T. Segno, approvato con della variante D.G.P. n 30 del 11/02/2014, di cui si allega carta del Rischio Idraulico.

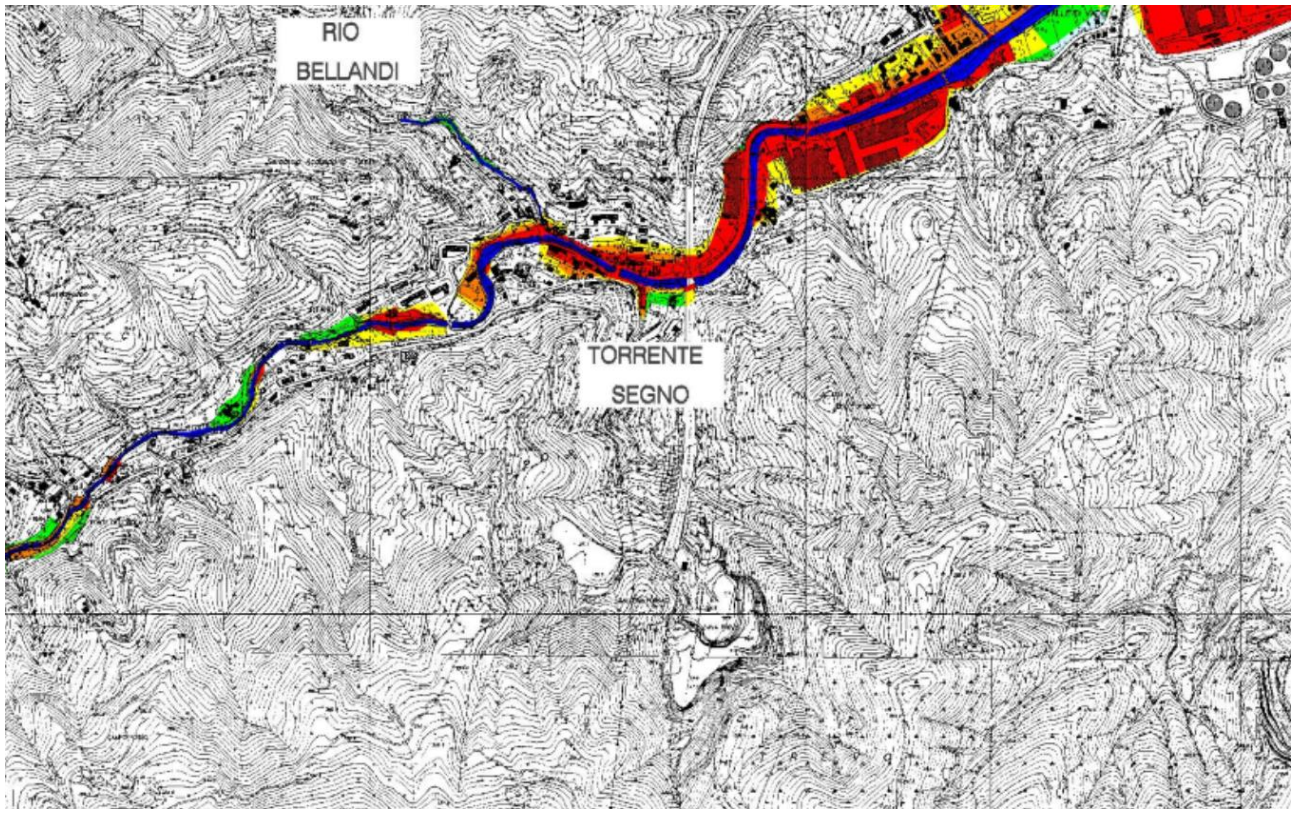



*Figura 2 – Carta del Rischio Idraulico del Piano del Bacino del Segno aggiornata.*

## 5. CARATTERISTICHE DEL BACINO IDRICO DEL RIO FORNACE

L'area di cava si posiziona nella parte superiore del bacino del rio Fornace, ove la pendenza media originaria del versante, è di ca. il 60%.
L'espansione dei lavori di cava verso Sud non modifica assolutamente l'area del bacino di alimentazione delle acque, confluibili entro l'area di cava.

È importante osservare che il corso del Rio appartiene interamente al "Reticolo idrografico di Secondo Livello".

E' da considerare che con lo sviluppo della coltivazione per ribasso successivo di gradoni, si determinano generali condizioni di rallentamento del flusso idrico, che viene peraltro ripartito lungo i fronti e sul piazzale principale, con riduzione dell'azione erosiva.

Le analisi delle portate di piena sono effettuate sulla scorta delle caratteristiche morfologiche e pluviometriche territoriali e indagini svolte per lo studio idraulico del T. Segno, anche nell'ambito del PAI.

## 6. STUDIO IDRAULICO - SISTEMAZIONE DEL RIO FORNACE

Lo sviluppo dello studio idraulico tiene conto delle verifiche sulla compatibilità dell'utilizzo delle aree demaniali con i livelli di pericolosità idraulica e con la normativa di piano di bacino del t. Segno, in conformità al Regolamento Regionale 14/07/2011 n. 3, "Disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua", con gli aggiornamenti dell'allegato A "Normativa del Piano di Bacino Stralcio sul rischio idrogeologico" – approvati con la Deliberazione Consiglio Provinciale Savona n° 38 del 30/6/2015.

Nel seguito si prende in considerazione sia la sistemazione idraulica del Rio Fornace in un tratto lungo ca. 550 m, sia nella parte superiore adiacente alla cava Trevo, sia nella parte di valle, con le opere idrauliche da realizzare in variante sino alla confluenza nelle canalizzazioni già esistenti.

### 6.1 Situazione attuale

Il deflusso del rio nella configurazione attuale si sviluppa secondo un tracciato irregolare, che si discosta in più zone dall'area demaniale individuata in catasto.

Nel tratto superiore rispetto all'attuale piazzale di cava (quota 105 ca. s.l.m.), a partire dalla quota ca. 200 m s.l.m. il deflusso ha luogo, quasi per intero, attraverso un'incisione di impluvio su roccia, formatosi a seguito dei lavori di cava, sino al ripiano di q. 141 m, lungo il quale dilava in direzione N.W. per poi rioccupare in parte il sedime demaniale contro la parete W del versante occidentale e pervenire, attraverso un'incisione sub.verticale, alla quota del piazzale di cava (q. 13-105 m s.l.m.) su cui ristagna.

Parzialmente il flusso idrico è quindi ripreso attraverso due vasche affiancate esistenti, per poi defluire secondo la pendenza della sede stradale verso la tombinatura di valle alla quota di ca. 98 m s.l.m. Di qui prosegue con corso interrato lungo due scatolati in cls. sino al balzo con quota di ciglio superiore ca. 92 m s.l.m.

E' comunque evidente l'alterazione, specie nella parte di monte dell'originario deflusso idrico dovuto agli interventi antropici intercorsi nella zona.

## 6.2 Sistemazione dell'alveo a monte del piazzale di cava

La sistemazione idraulica verrà ad interessare un tratto dell'alveo del Rio Fornace tra le quote 216 m s.l.m. e 99 m s.l.m., lungo il quale l'alveo originario è stato interessato da successivi interventi antropici che ne hanno modificato il tracciato originario.

Al fine di intercettare le linee di deflusso idrico nella parte superiore del versante, a suo tempo interessato dall'attività estrattiva, viene realizzato un drenaggio lungo un gradone di cava esistente ca. alla quota 220 – 216 m s.l.m. per convogliare le acque, che ricadono a monte della cava sopra quota 216 m s.l.m. e convogliarle nell'alveo del rio Fornace alla quota ca. 215 m s.l.m. dalla quale diparte il tratto interessato dai lavori di sistemazione idraulica.

Per quanto possibile la sistemazione d'alveo tende a seguire il tracciato originario, pur tenendo conto dell'esigenza di ripristinare una pista di arroccamento sul fianco W della cava, in fregio e parziale sostituzione del tracciato obsoleto della strada vicinale; in corrispondenza degli attraversamenti del nuovo alveo da parte della sede stradale , onde consentire il transito sulla strada vicinale di arroccamento, è prevista la realizzazione di scatolati autoportanti per il deflusso idrico (con attraversamento di tipo pontuale su tratti di lunghezza sempre inferire a 12 m)

E' previsto inoltre un rivestimento delle sponde in cls armato nei tratti a cielo aperto in cui l'alveo è ripristinato su detrito, per sua natura permeabile.

Verrà comunque mantenuta, per quanto possibile la sezione media storica dell'alveo da ripristinare, di circa 4 $m^2$.

## 6.3 Lavori di sistemazione delle opere di valle

Tra il piazzale principale di cava alla quota di 105 m s.l.m. e la tombinatura di valle già esistente è prevista la realizzazione di scatolati in cls che permettono il transito dell'intero apporto idrico, mantenendo salvo il franco idraulico imposto dalla normativa.

In particolare si prevede di realizzare:

- Primo tratto lungo 16 metri coperto per una lunghezza massima di 9 m con pendenza minima del 2% , larghezza 2.8 m ed altezza compresa tra 2.75 e 2.5 m.
- Secondo tratto che verrà realizzato a cielo aperto lungo la vasca ovest delle due esistenti; larghezza 3.5 m ed altezza 1.50 m.

- Un terzo tratto lungo 44.5 m completamente interrato largo 2.8 m e con altezza massima di 3.16 m, dal tratto precedente sino alla vasca di alimentazione delle due condotte terminali di valle.

Tali opere in progetto sono meglio illustrate nelle tavole di progetto A8 e A9.

## 7. VERIFICHE IDRAULICHE LUNGO IL RIO FORNACE

Lo sviluppo dello studio idraulico tiene conto delle verifiche sulla compatibilità dell'utilizzo delle aree demaniali con i livelli di pericolosità idraulica e con la normativa di piano di bacino del t. Segno, in conformità al Regolamento Regionale 14/07/2011 n. 3, "Disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua", con gli aggiornamenti dell'allegato A "Normativa del Piano di Bacino Stralcio sul rischio idrogeologico" – approvati con la Deliberazione Consiglio Provinciale Savona n° 38 del 30/6/2015.

La verifica idraulica è estesa **ca. 60 m** monte del tratto d'alveo da ripristinare (sino alla quota superiore 240 m s.l.m.) e estesa, lungo il tratto di valle, sino ai due scatolati terminali esistenti.

### 7.1 Verifica delle caratteristiche di portata del bacino

Per le verifiche delle opere idrauliche si fa riferimento ai parametri idrologici contenuti nella relazione generale relativa al "*Piano Di Bacino Stralcio Sul Rischio Idrogeologico*" , sviluppato ai fini della tutela dal rischio idrogeologico nei bacini idrografici della Provincia di Savona scolanti nel Mar Tirreno.
Si fa riferimento al bacino del T. Segno: l'ampio studio condotto in base anche ad indagini pluviometriche perviene a fornire indicazioni specifiche per i singoli sottobacini in funzione delle loro dimensioni.

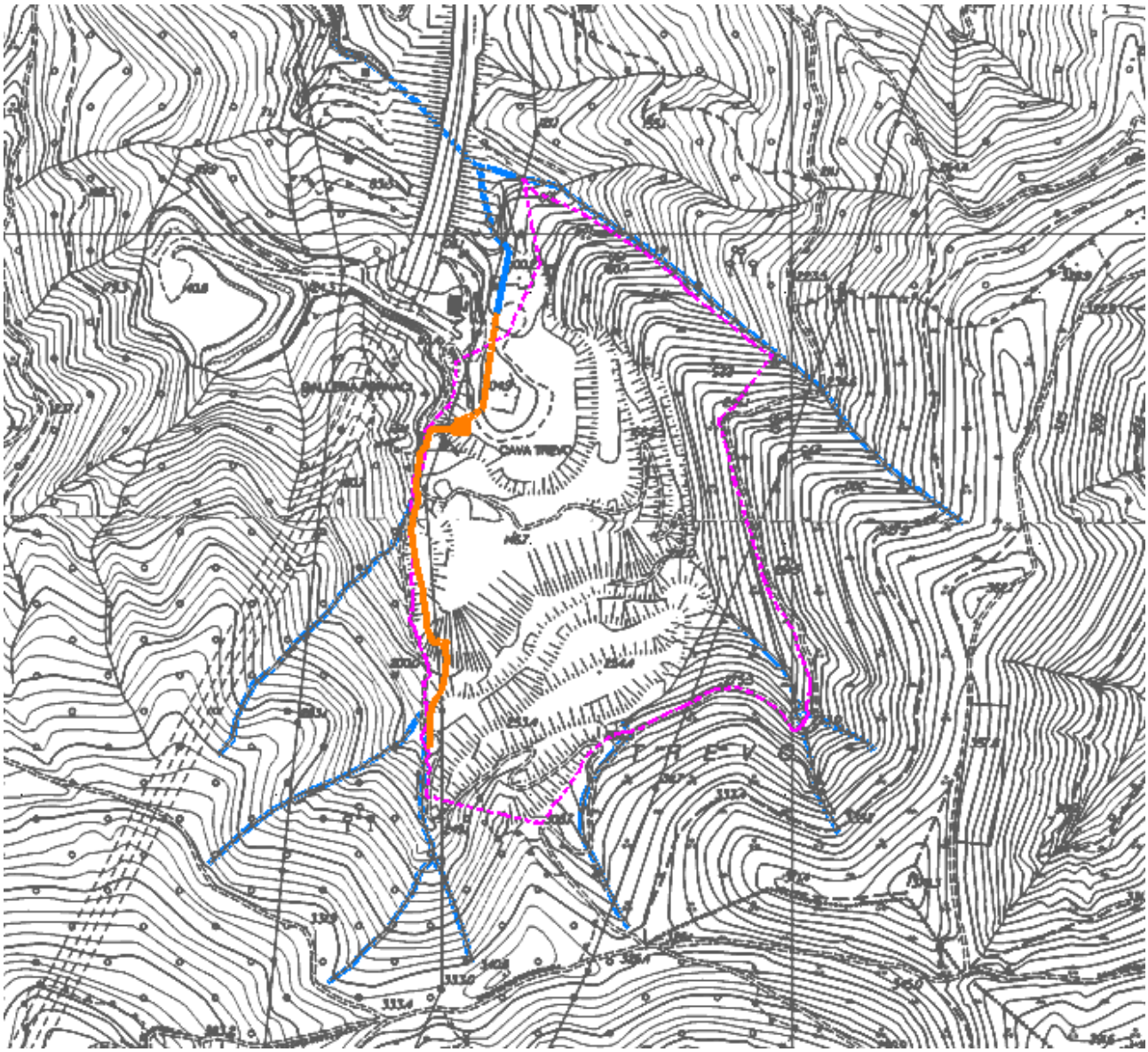


*Figura 3: inquadramento dell'area di studio.*

In relazione ad un ottimale smaltimento delle acque meteoriche, è quindi effettuato il dimensionamento della rete drenante nell'evenienza di precipitazioni particolarmente intense (tempo di ritorno statistico Tr = 200 anni).

Nel caso specifico il suindicato piano di bacino del t. Segno (rif. al punto 2.7.4.2.2) suggerisce di adottare, per bacini aventi area minore di 2 km$^2$, un contributo unitario costante pari a quello ottenuto con riferimento a superfici scolanti aventi area drenata pari a 2 km$^2$

La portata alla chiusa considerata risulta quindi dalla relazione:

$$Q_T = K_T \times A \times U_{A=2} \qquad [m^3 s^{-1}];$$

nella quale:

- **A ,** [km$^2$], superficie drenata;
- **UA=2 ,** [m3s–1km-2], contributo unitario per area pari a 2 km2 , variabile in funzione della tipologia del bacino e della sua posizione geografica**.**
- **$K_T$** , fattore di frequenza delle portate fornito in Tabella 1.

Dalle indicazioni parametriche aggiornate del piano di bacino si ricavano i seguenti parametri

- $K_T$ = 5.02 (Tr $_{200}$) riferito al tempo di ritorno statistico previsto di 200 anni.
- A = Aree dei sottobacino
- $U_{A=2}$ = 5.09 m$^3$/(s Km$^2$) (bacino tipo D e longitudine di 8°, 25')

| Longitudine | | Bacino Tipo | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Gradi | primi | A | B | C | D |
| 8 | 20 | 8.85 | 7.39 | 5.66 | 4.97 |
| 8 | 22.5 | 8.96 | 7.48 | 5.73 | 5.03 |
| 8 | 25 | 9.07 | 7.57 | 5.79 | 5.09 |
| 8 | 27.5 | 9.17 | 7.66 | 5.86 | 5.15 |

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

## 7.2 Caratteristiche del sottobacino A

Si sviluppa nel settore Sud, su una estensione di 0.275 Km$^2$, tra le quote ca. 105 m (alla sezione di chiusa 8) e 420 m s.l.m..
Per esso risulta una portata alla sezione di chiusa

$$Q_{A1} = 5.02 \times 0.2752 \times 5.09 = 7.03 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tale corso d'acqua è considerato nella verifica delle sezioni comprese tra la n° 27 e la n° 8.

## 7.3 Caratterisitche del sottobacino B

Comprende l'intero bacino del Rio Fornace comprese le acque di cava che si immettono nel rio Fornace alla sezione 8.
Si sviluppa su una estensione di 0.421 Km$^2$, tra le quote ca. 99 m e 428 m s.l.m..
Per esso risulta una portata alla sezione di chiusa

$$Q_{A1} = 5.02 \times 0.421 \times 5.09 = 10.73 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 7.4 Verifiche in moto permanente monodimensionale

Il modello utilizzato per le verifiche idrauliche si rifà al procedimento di calcolo denominato HEC-RAS (River Analysis System), qui utilizzato nella versione 4.1.0.
Tale modello risolve le equazioni del moto permanente con caratteri monodimensionali.
Le caratteristiche del moto (peraltro riferite ad evento con tempo di ritorno statistico Tr 200 anni) sono quindi considerate indipendenti dal tempo ma variano, sezione per sezione, nella direzione del moto con le caratteristiche geometriche e l'indice di scabrezza delle pareti dell'alveo.

Il procedimento si basa sulla sulla soluzione dell'equazione di conservazione dell'energia e della portata di deflusso per tronchi sufficientemente ravvicinati.

HEC-RAS è in grado di modellare il profilo della corrente in regime di corrente lenta e/o veloce prendendo in esame anche situazioni miste in cui siano possibili alternanze di tronchi in corrente lenta o veloce.

Il procedimento individua pertanto, per ogni sezione considerata, le caratteristiche di corrente lenta o veloce, secondo l'indice di Froude.
La distinzione fra i due tipi di corrente è considerata rispetto alla velocità critica, che identifica la situazione in cui il moto avviene con la minima energia totale.

Nell'analisi di moto permanente l'equazione dell'energia determina l'andamento del pelo libero, con pendenza diversa dal fondo alveo in condizioni di variabilità della sezione di deflusso e della dissipazione dell'energia cinetica.

Le perdite di energia meccanica sono valutate dal modello tenendo conto dell'attrito
Il modello permette di simulare gli effetti di vari ostacoli al deflusso come nel caso di salti piezometrici, tombinatura e confluenze di apporto idrico.

Altro elemento fondamentale nel calcolo delle portate di un corso d'acqua è la scabrezza; questa è il risultato della resistenza opposta dal fondo e dalle pareti dell'alveo o del piano campagna allorché si verifichi l'esondazione.

Nello sviluppo del calcolo la scabrezza è stata ricavata secondo l'espressione di di Manning.

Si richiamano le equazioni che governano il moto permanente:

$$\frac{\partial(\rho Q)}{\partial l} = 0$$

Che in caso di densità costante ed assenza di immissioni idriche nell'intervallo tra due sezioni d'alveo adiacenti, si riduce alla:

$$Q = \Omega U = \cos[m^3 * s^{-1}]$$

e l'equazione dinamica:

$$\frac{d}{dl}\left(z + \frac{p}{\gamma} + \frac{U^2}{2g}\right) = -j$$

dove:
Q= portata liquida
l= distanza longitudinale lungo l'alveo
ρ= massa volumica [kgm*m$^{-3}$]
Ω= sezione di deflusso [m2]
U= velocità di deflusso [m/s]
z= quota fondo alveo [m s.l.m.]
p/γ= pressione idrostatica [m]
j= perdita di carico totale per unità di percorso della corrente

Si calcola j mediante le espressioni consigliate per il calcolo della perdita di carico nel moto uniforme, assumendo che, come in quel caso, gli sforzi tangenziali sul contorno dipendano solo dalle condizioni della parete, dalla forma della sezione e dalla velocità media.

In caso di corsi d'acqua naturali, o comunque per canali di sezioni complesse, il problema del tracciamento della superficie libera in moto permanente con una determinata portata Q si risolve con procedimenti di calcolo numerico, con i quali vengono discretizzate ad intervalli più o meno piccoli le grandezze infinitesimali di cui sopra.

Innanzitutto è necessario il rilievo dettagliato dell'alveo, per suddividere il corso d'acqua in tronchi Δl, più o meno brevi ma tali da poter confondere i valori medi della sezione e della velocità in ciascun tronco con i valori ad un estremo. Nel caso in esame si è trattato di inserire nel modello di calcolo idraulico le sezioni.

Dopo di che si applica sostanzialmente il metodo delle differenze finite nella variabile indipendente Δs e nella variabile dipendente ΔH (carico totale).

Eventuali variazioni rapide di forma vanno valutate a parte in quanto le perdite devono tener conto anche degli eventi vorticosi localizzati.

### 7.4.1 Parametri idraulici: scabrezza

Le condizioni di scabrezza sono state fissate secondo gli indirizzi tecnici del dell'Allegato A alla Deliberazione n° 38 del 30/6/2015 (Piano di Bacino Stralcio sul rischio Idrogeologico – Normativa di Piano), utilizzando i dati dei Coeff. Di Gauckler Stricler, in particolare, per l'alveo in roccia un valore K di 30 = 0.033 n di Manning.
Per quanto riguarda il tratto rivestito in cls un K 35 = 0.028 n di Manning.
Per quanto riguarda il tratto tombinato si è utilizzato un coefficiente K = 45 pari a 0.022 n di Manning.

### 7.4.2 Parametri idraulici: condizioni al contorno

È stata imposta la pendenza longitudinale dell'alveo in corrispondenza delle sezione di valle del 2%.

## 7.5 Risultati della verifica

La verifica è stata eseguita su sezioni trasversali all'alveo. La loro posizione è riportata in Tavola A4e i risultati della verifica condotta sono sintetizzati nella tabella successiva.

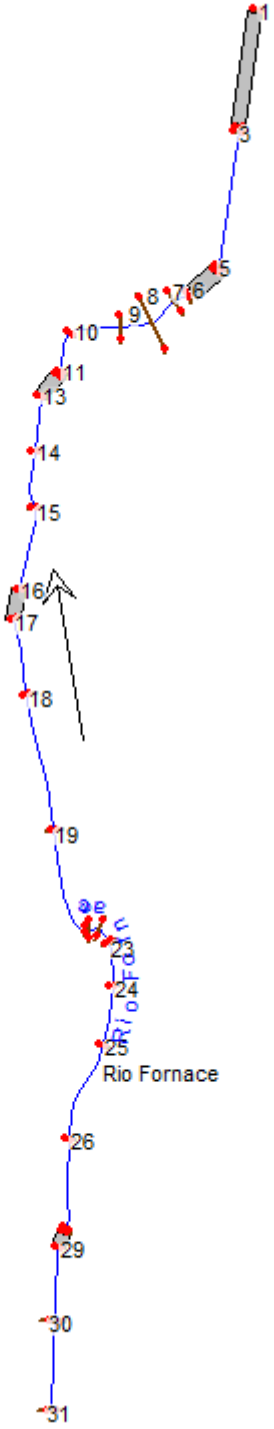
Nell'Allegato 1 sono riportati profili e sezioni relativi alla verifica idraulica del rio Fornace nel tratto considerato.

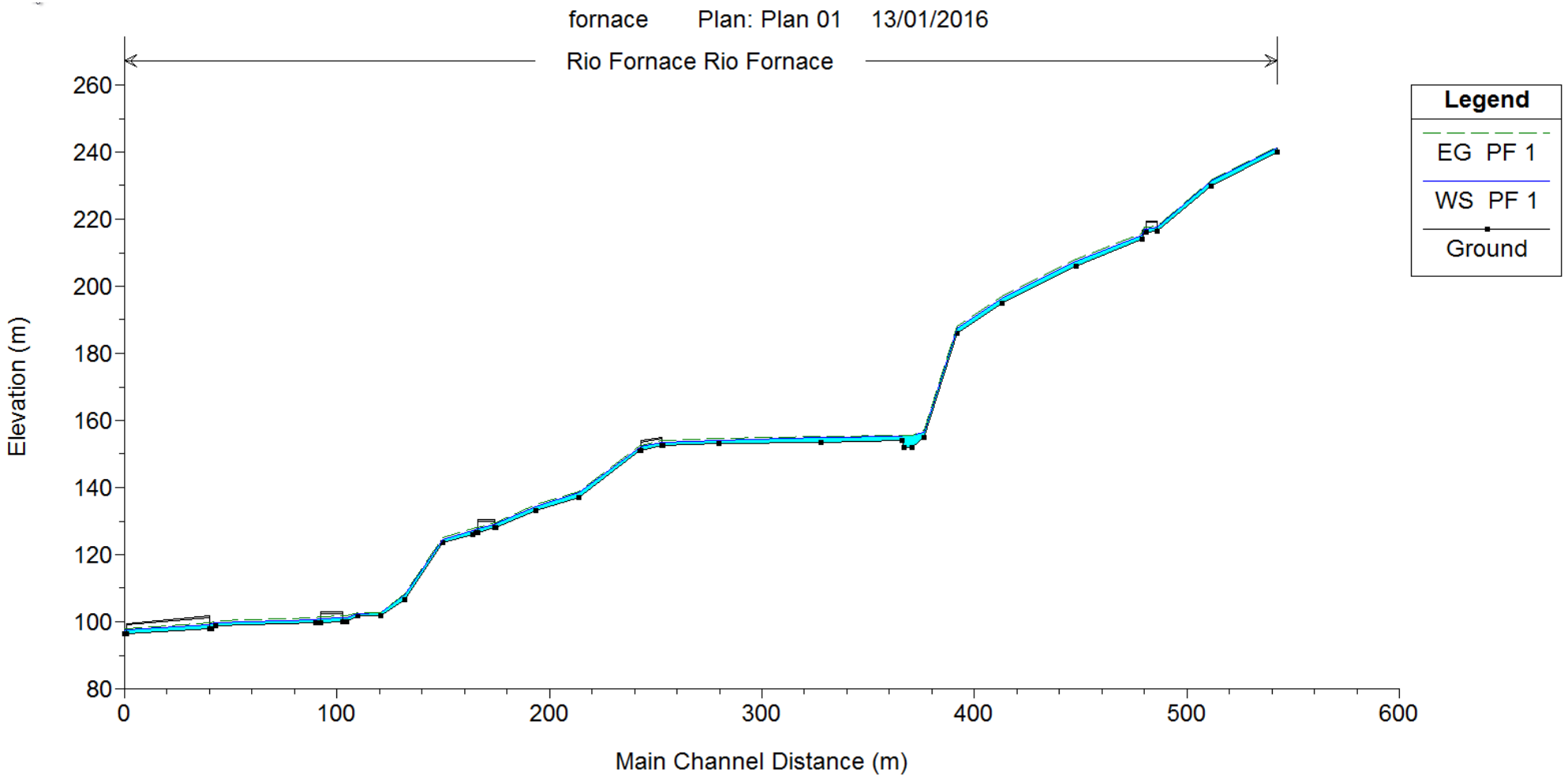
*Dai risultati della verifica condotta è possibile rilevare la compatibilità della portata di deflusso della piena duecentennale con le sezioni d'alveo del corso d'acqua ripristinato.*

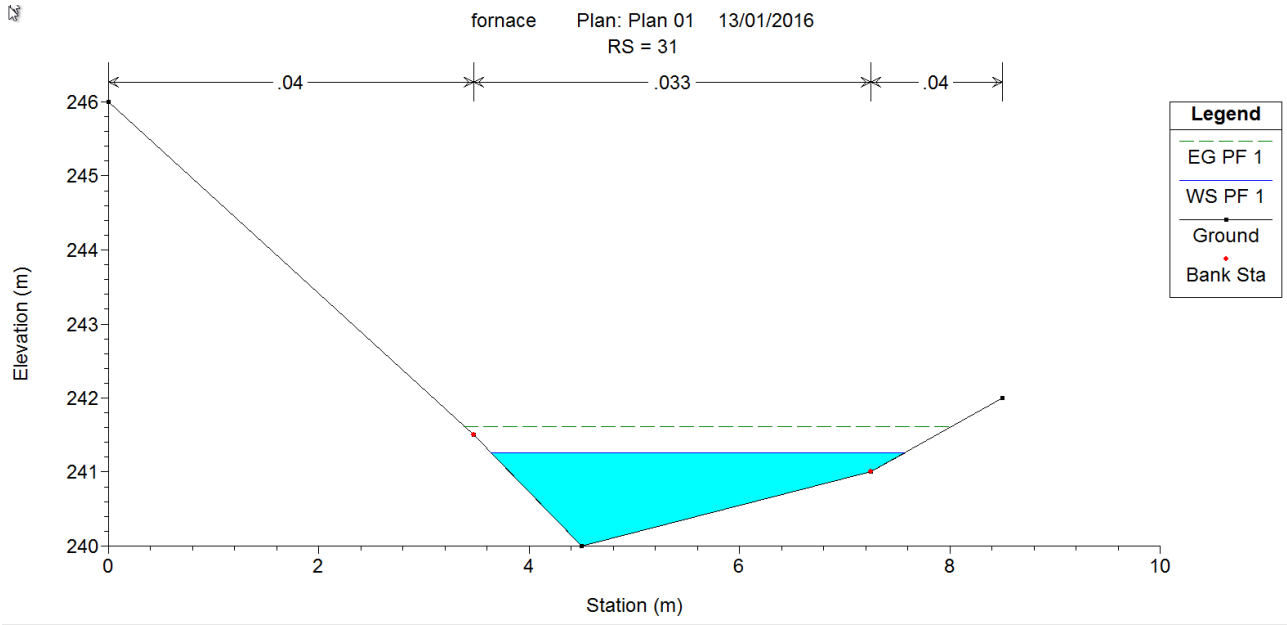
| Sezione | Q Total | Min Ch El | W.S. Elev | Crit W.S. | E.G. Elev | E.G. Slope | Vel Chnl | Flow Area | Top Width | Froude # Chl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (m3/s) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/m) | (m/s) | (m2) | (m) | |
| 1 | 10.73 | 96.3 | 97.44 | 97.44 | 98.02 | 0.010165 | 3.36 | 3.19 | 2.8 | 1.01 |
| 1.5 | Bridge | | | | | | | | | |
| 2 | 10.73 | 98 | 99.29 | 99.14 | 99.74 | 0.007333 | 2.98 | 3.6 | 2.8 | 0.84 |
| 3 | 10.73 | 98.7 | 99.68 | 99.68 | 100.18 | 0.008734 | 3.12 | 3.44 | 3.5 | 1 |
| 4 | 10.73 | 99.66 | 100.64 | 100.64 | 101.14 | 0.008745 | 3.12 | 3.44 | 3.5 | 1.01 |
| 5 | 10.73 | 99.68 | 100.82 | 100.82 | 101.4 | 0.010162 | 3.36 | 3.19 | 2.8 | 1 |
| 5.5 | Bridge | | | | | | | | | |
| 6 | 10.73 | 100 | 101.31 | 101.14 | 101.75 | 0.006981 | 2.93 | 3.67 | 2.8 | 0.82 |
| 7 | 10.73 | 101.8 | 102.45 | 102.45 | 102.75 | 0.01016 | 2.43 | 4.41 | 7.41 | 1.01 |
| 8 | 10.73 | 101.8 | 102.78 | | 102.79 | 0.000331 | 0.6 | 17.83 | 18.98 | 0.2 |
| 9 | 7.03 | 106.5 | 108 | 108 | 108.38 | 0.017616 | 2.74 | 2.56 | 3.42 | 1.01 |
| 10 | 7.03 | 123.5 | 124.58 | 124.58 | 125.12 | 0.020078 | 3.27 | 2.15 | 2 | 1 |
| 11 | 7.03 | 126 | 127.08 | 127.08 | 127.62 | 0.020083 | 3.27 | 2.15 | 2 | 1 |
| 12 | 7.03 | 126.5 | 127.49 | 127.49 | 128 | 0.018132 | 3.14 | 2.24 | 2.25 | 1.01 |
| 12.5 | Bridge | | | | | | | | | |
| 13 | 7.03 | 128 | 129.12 | 129 | 129.52 | 0.01334 | 2.8 | 2.51 | 2.25 | 0.85 |
| 14 | 7.03 | 133 | 134.38 | 134.38 | 134.94 | 0.028374 | 3.32 | 2.12 | 1.89 | 1 |
| 15 | 7.03 | 137 | 138.38 | 138.38 | 138.94 | 0.028327 | 3.32 | 2.12 | 1.89 | 1 |
| 16 | 7.03 | 151 | 152 | 152 | 152.5 | 0.018107 | 3.14 | 2.24 | 2.25 | 1 |
| 16.5 | Bridge | | | | | | | | | |
| 17 | 7.03 | 152.5 | 153.57 | 153.49 | 154.01 | 0.014765 | 2.91 | 2.42 | 2.25 | 0.9 |
| 18 | 7.03 | 153 | 154 | 154 | 154.5 | 0.01808 | 3.14 | 2.24 | 2.25 | 1 |
| 19 | 7.03 | 153.5 | 154.81 | | 155.1 | 0.008688 | 2.38 | 2.95 | 2.25 | 0.66 |
| 20 | 7.03 | 154 | 155.14 | | 155.52 | 0.012574 | 2.74 | 2.56 | 2.25 | 0.82 |
| 21 | 7.03 | 152 | 155.55 | | 155.56 | 0.000045 | 0.33 | 21.33 | 6 | 0.06 |
| 22 | 7.03 | 152 | 155.56 | | 155.56 | 0.000045 | 0.33 | 21.33 | 6 | 0.06 |
| 23 | 7.03 | 155 | 156.37 | 156.37 | 156.94 | 0.028546 | 3.33 | 2.11 | 1.88 | 1 |
| 24 | 7.03 | 186 | 187.37 | 187.37 | 187.94 | 0.028629 | 3.33 | 2.11 | 1.88 | 1.01 |
| 25 | 7.03 | 195 | 196.37 | 196.37 | 196.94 | 0.028621 | 3.33 | 2.11 | 1.88 | 1.01 |
| 26 | 7.03 | 206 | 207.37 | 207.37 | 207.94 | 0.028612 | 3.33 | 2.11 | 1.88 | 1.01 |
| 27 | 7.03 | 214 | 215.37 | 215.37 | 215.94 | 0.028622 | 3.33 | 2.11 | 1.88 | 1.01 |
| 28 | 7.03 | 216 | 216.99 | 216.99 | 217.5 | 0.018119 | 3.14 | 2.24 | 2.25 | 1 |
| 28.5 | Bridge | | | | | | | | | |
| 29 | 7.03 | 216.5 | 217.61 | 217.49 | 218.01 | 0.013525 | 2.82 | 2.5 | 2.25 | 0.85 |
| 30 | 7.03 | 230 | 231.21 | 231.21 | 231.56 | 0.014275 | 2.61 | 2.73 | 4.28 | 0.99 |
| 31 | 7.03 | 240 | 241.26 | 241.26 | 241.62 | 0.015304 | 2.65 | 2.69 | 3.95 | 0.99 |

*Tabella 3: risultati della verifica condotta sul tronco d'alveo esaminato nella situazione di progetto*

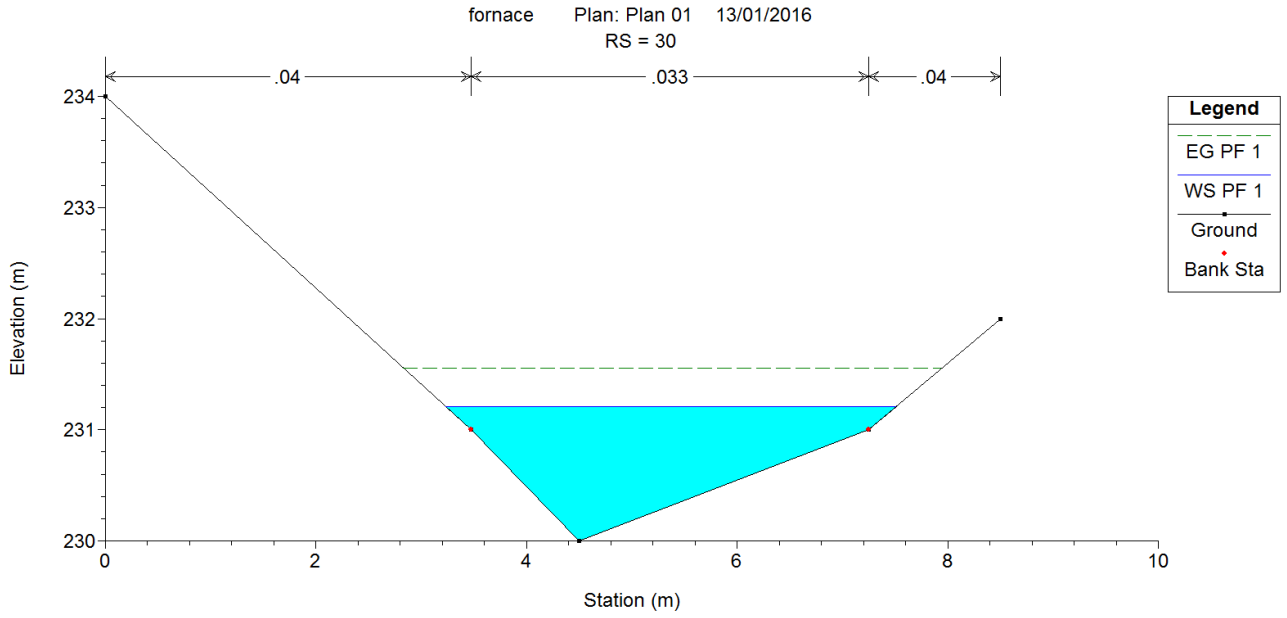
# Allegato 1
# Verifica idraulica rio Fornace
# Profili e sezioni


1
3
5
6
7
8
9
10
11
13
14
15
16
17
18
19
23
24
25
Rio Fornace
26
29
30
31

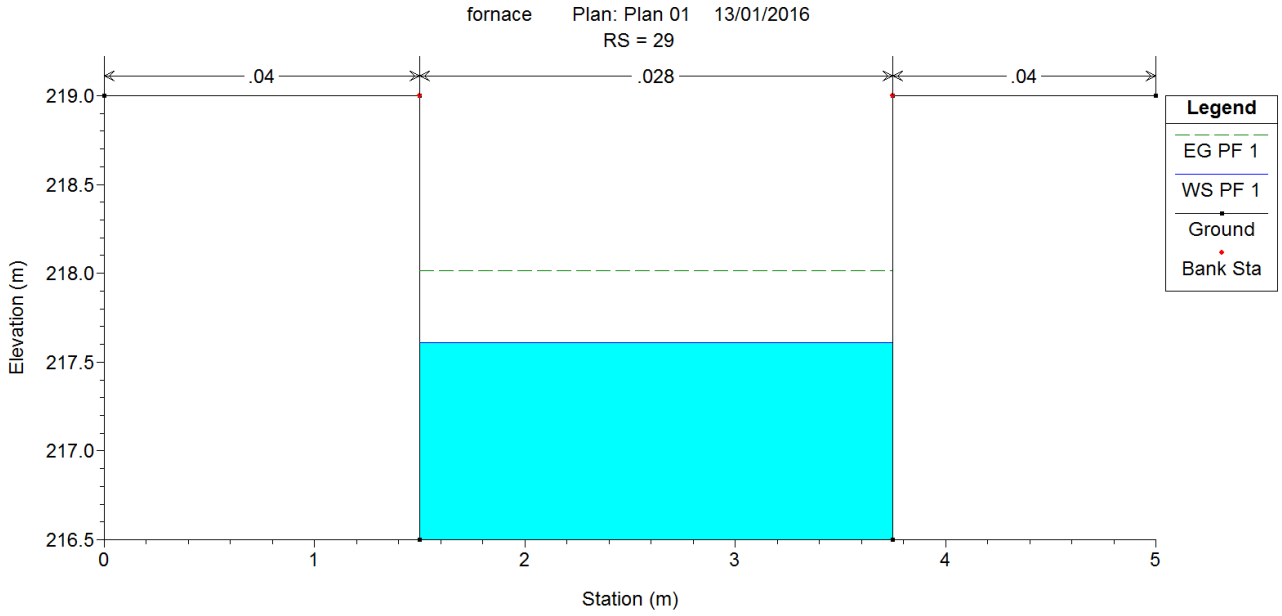

fornace Plan: Plan 01 13/01/2016
Rio Fornace Rio Fornace
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Ground
Elevation (m)
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
0
100
200
300
400
500
600
Main Channel Distance (m)



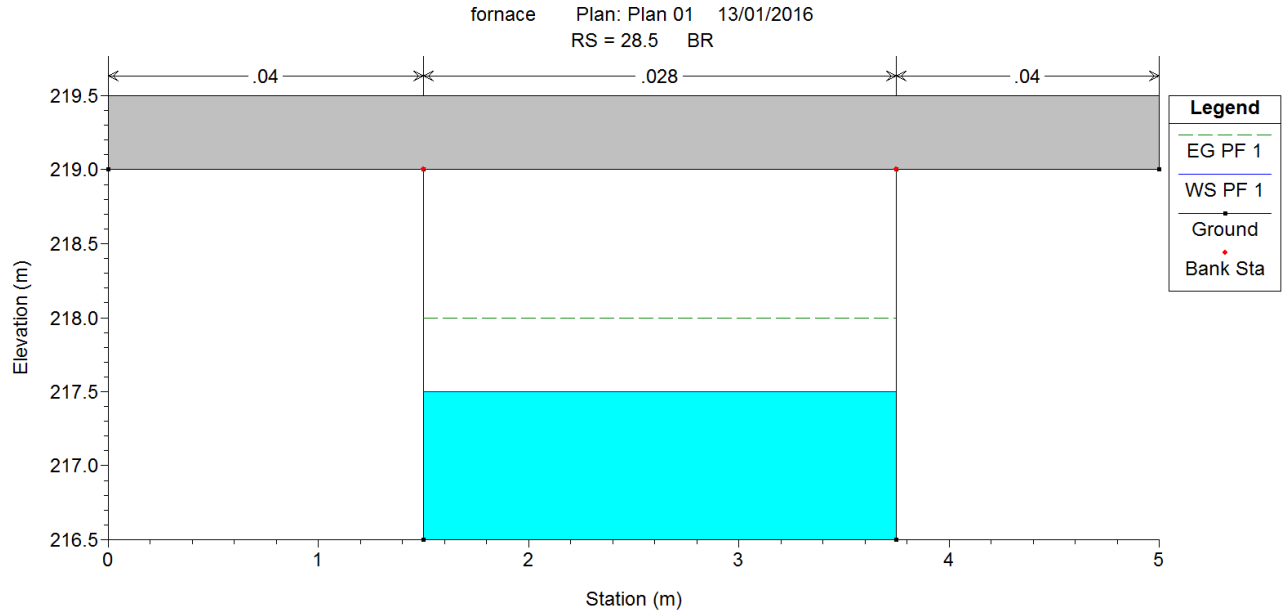

Sezione 31



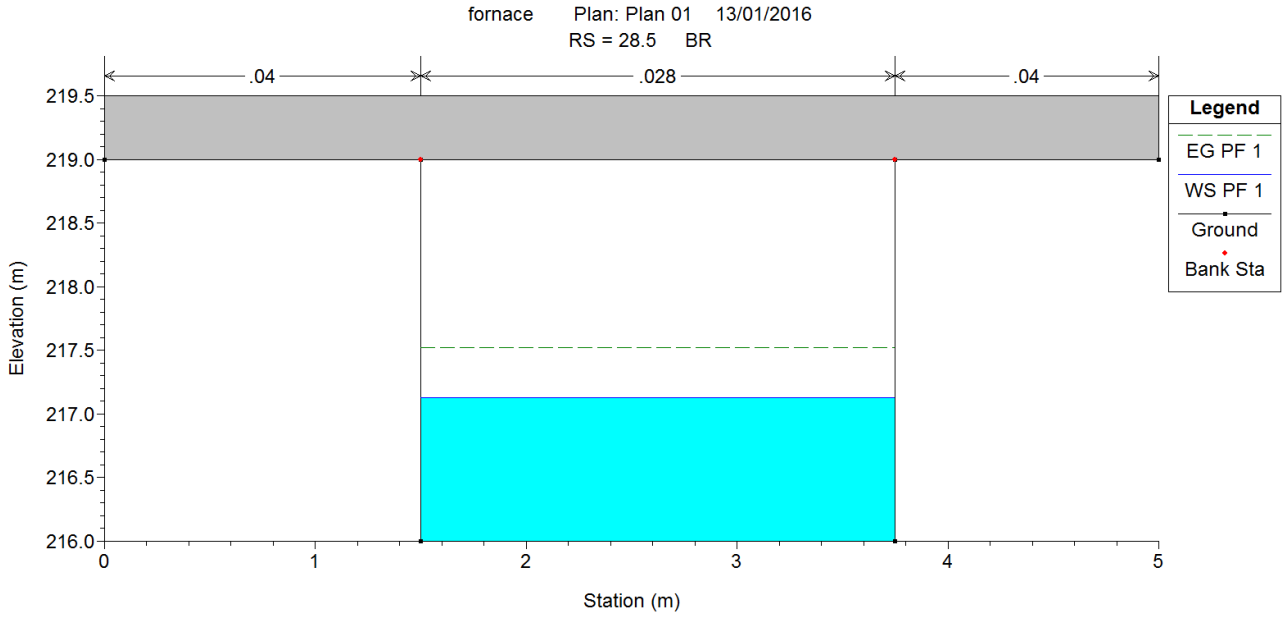

Sezione 30



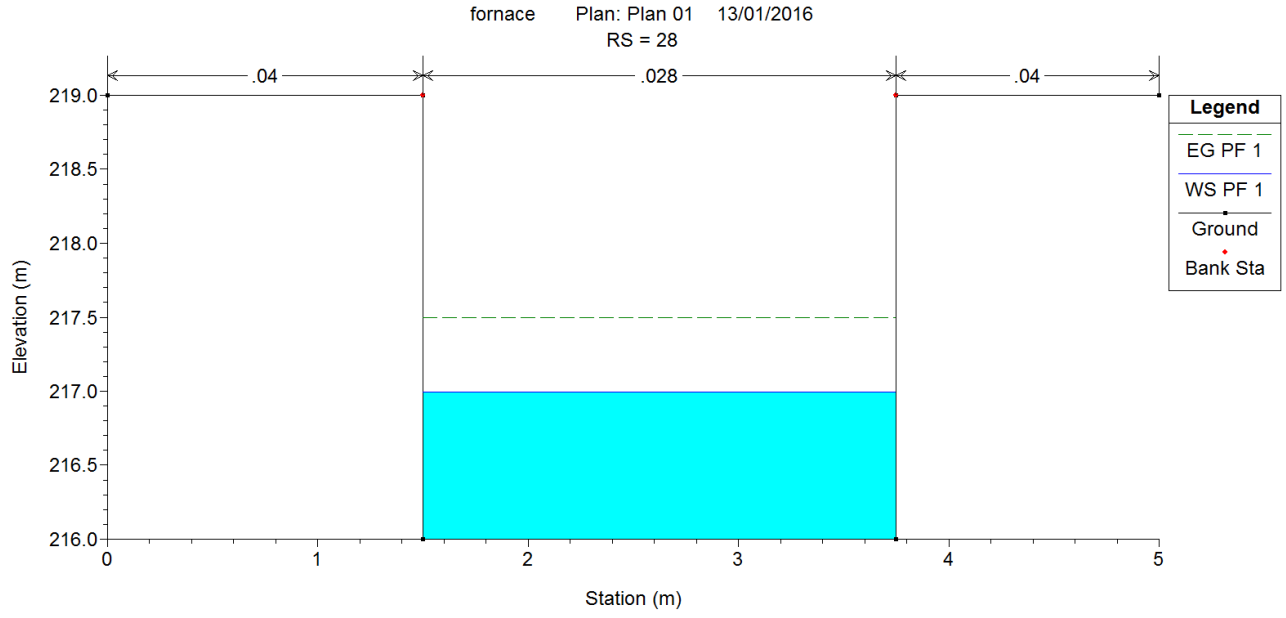

Sezione 29



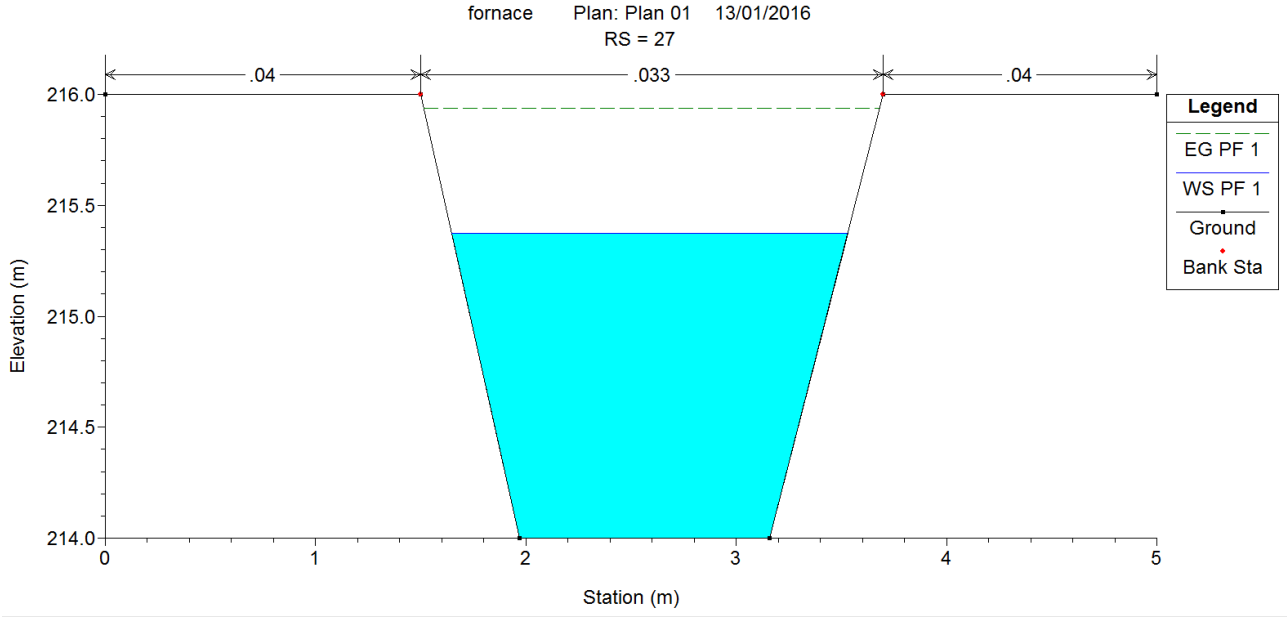

Sezione 28 BR U



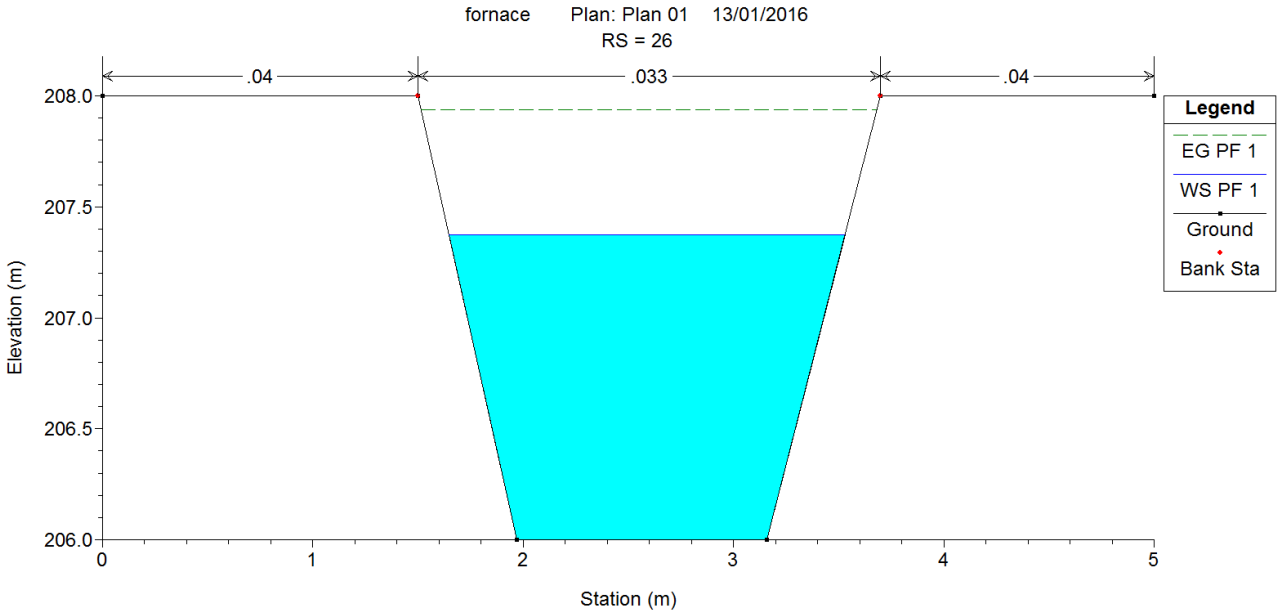

Sezione 28 BR D



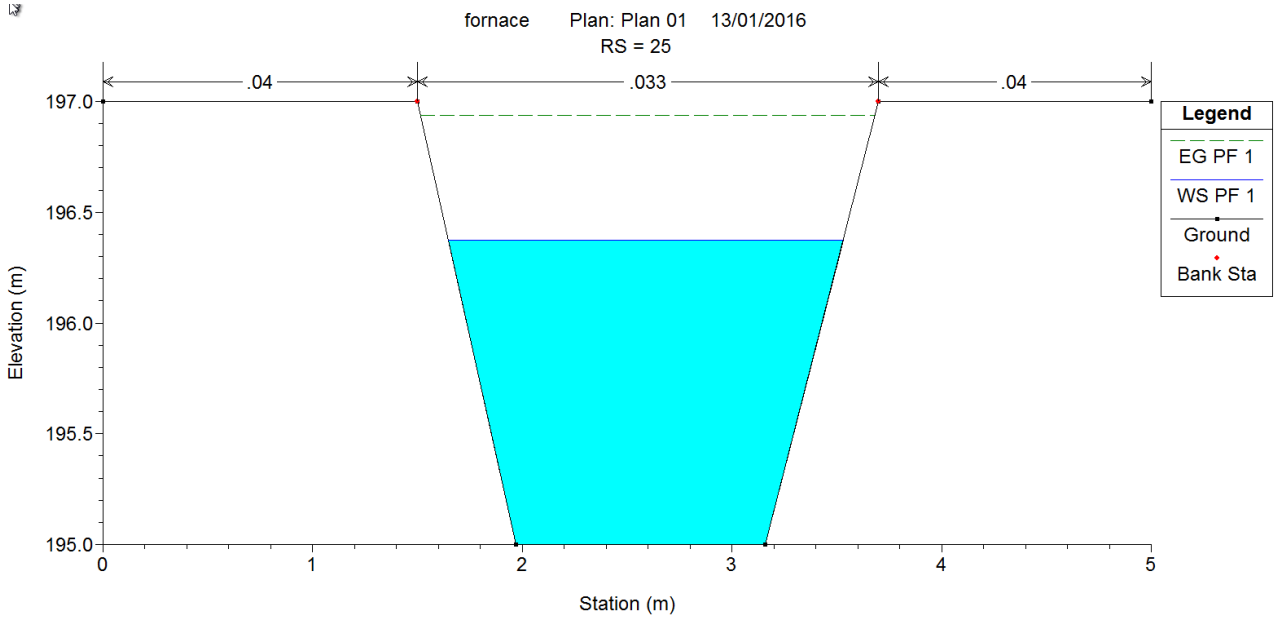

Sezione 28



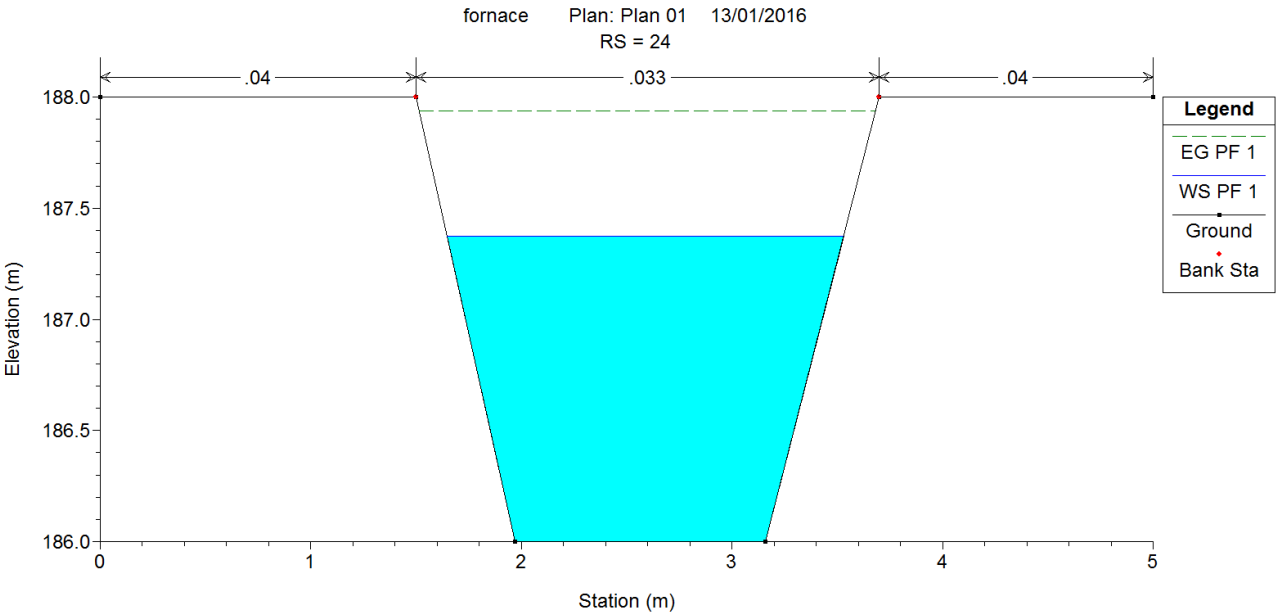

Sezione 27



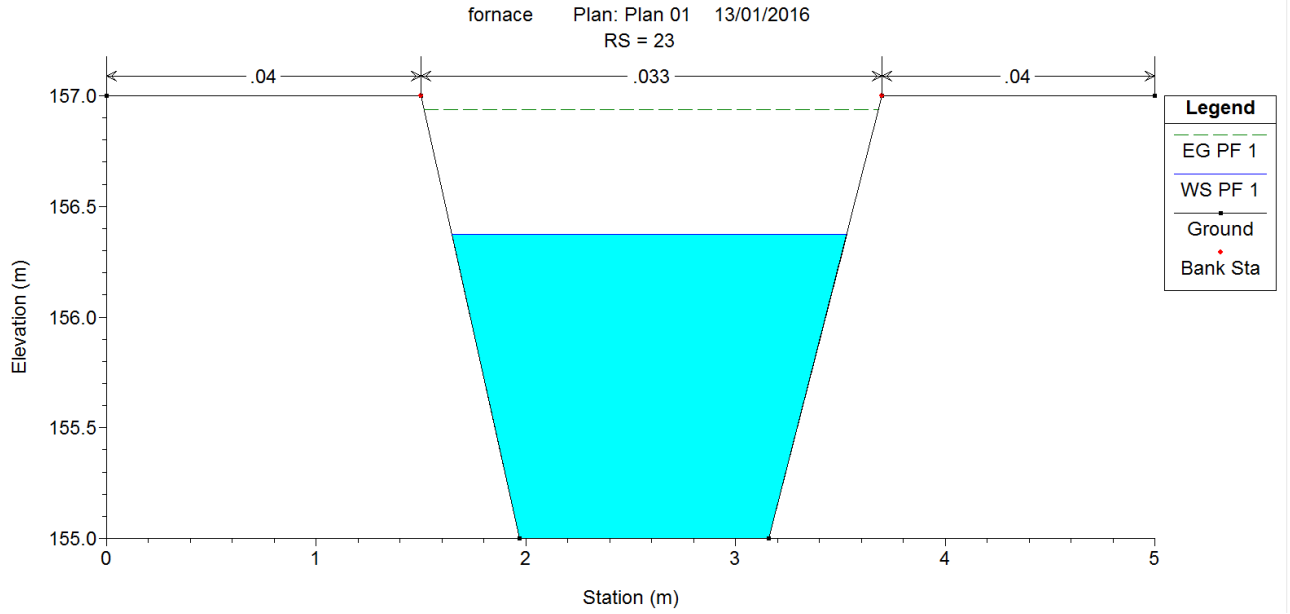

Sezione 26



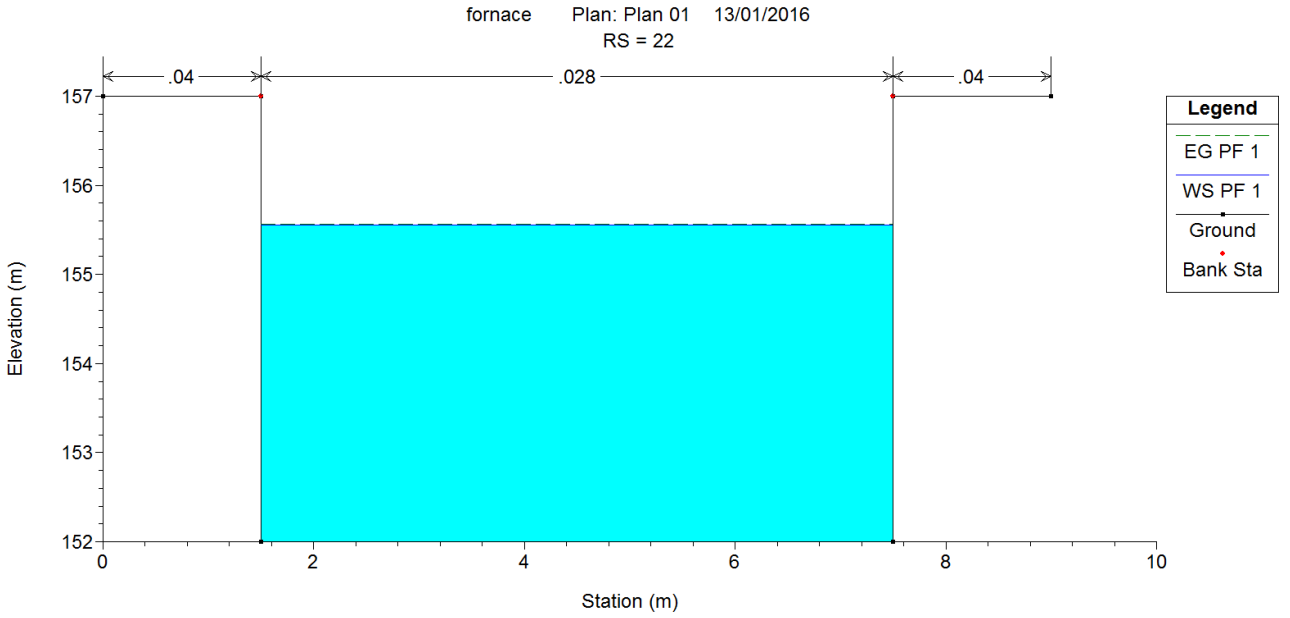

Sezione 25



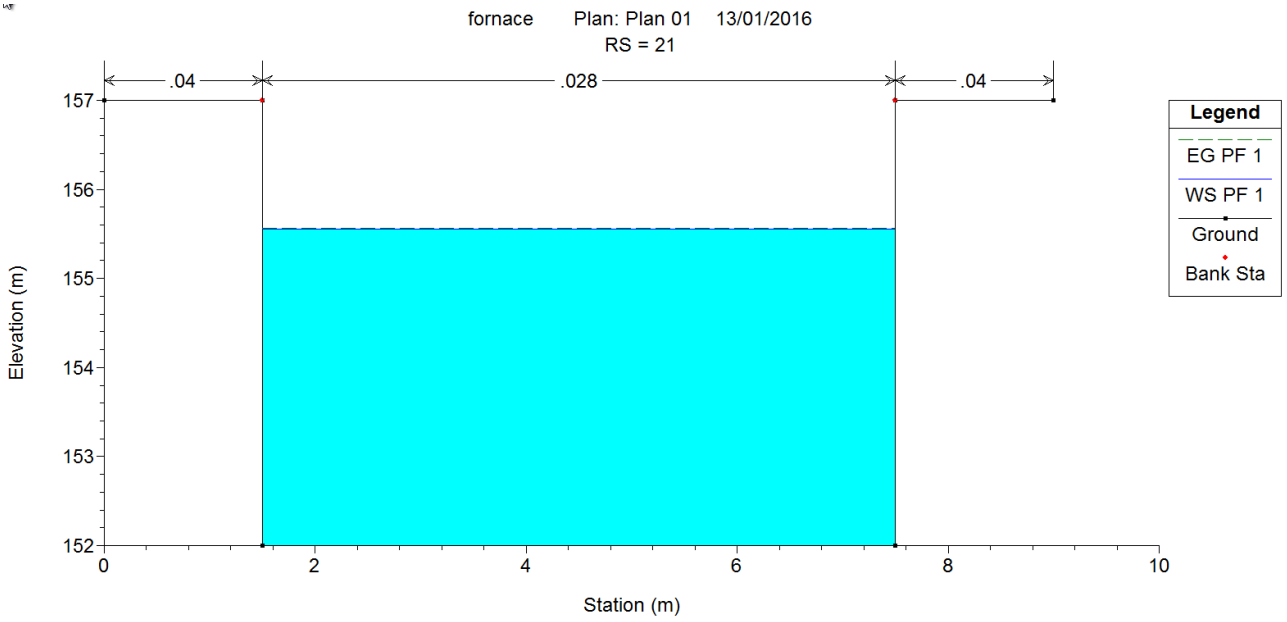

Sezione 24



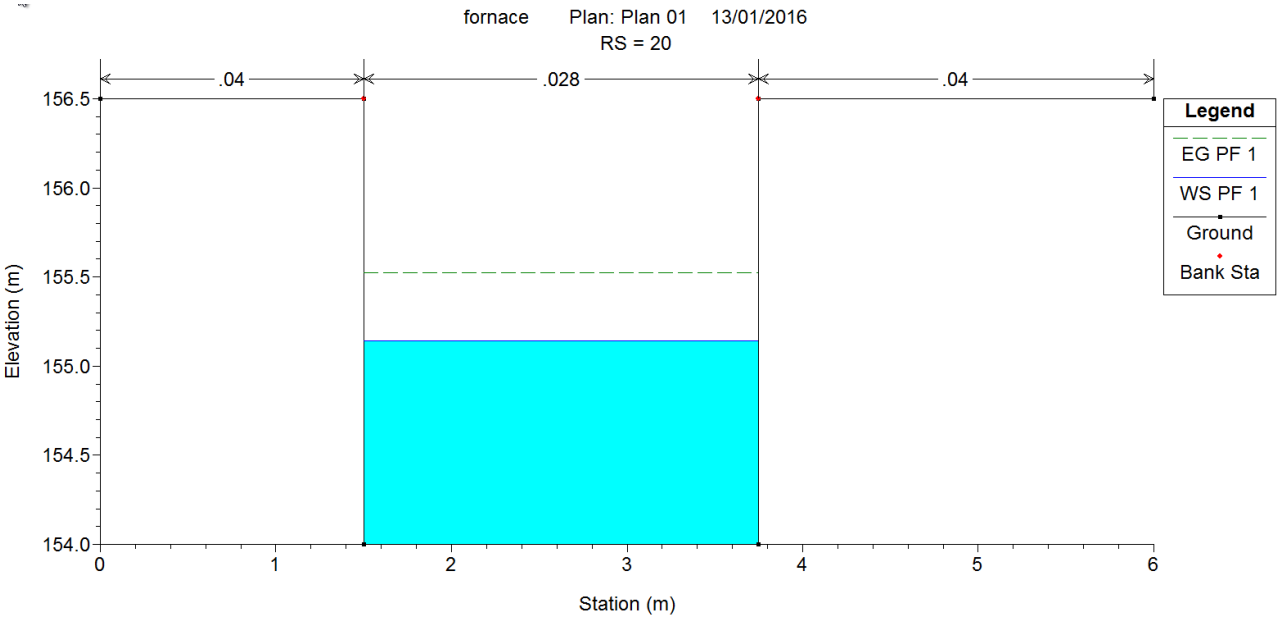

Sezione 23



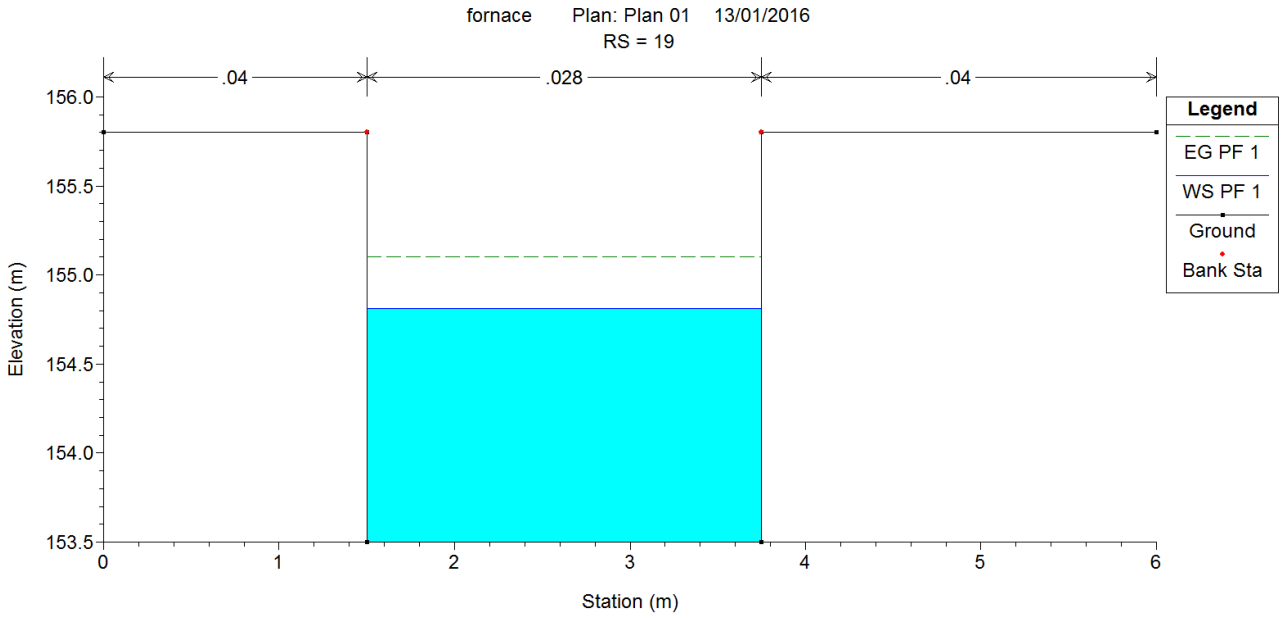

Sezione 22



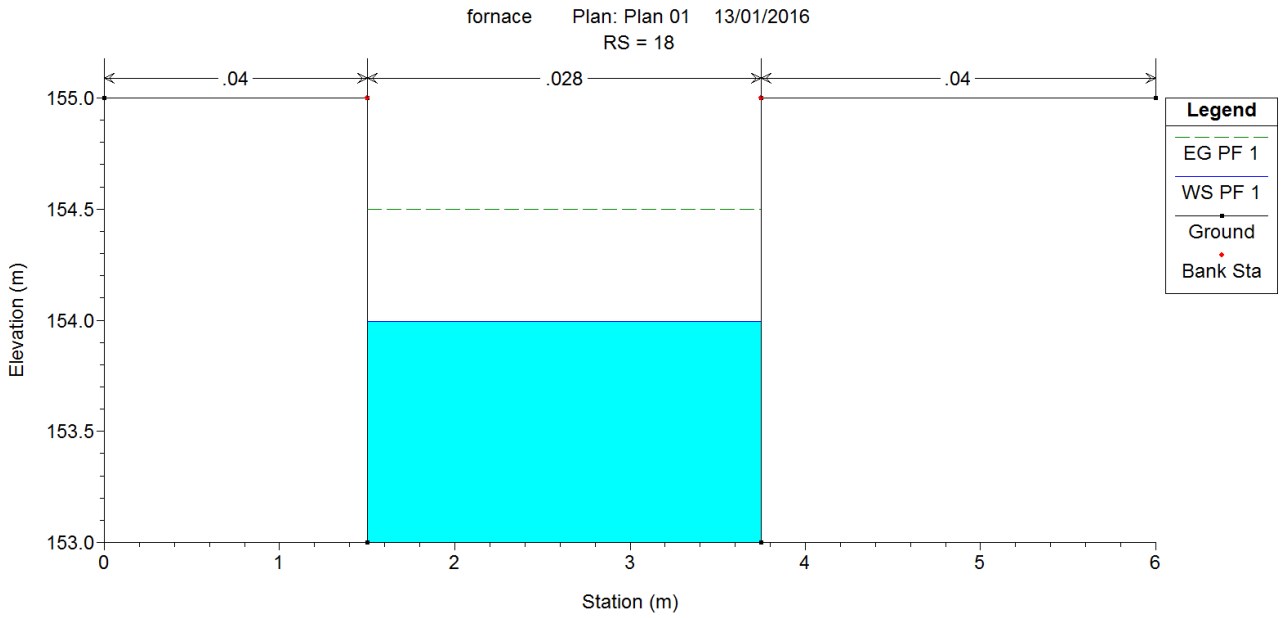

Sezione 21



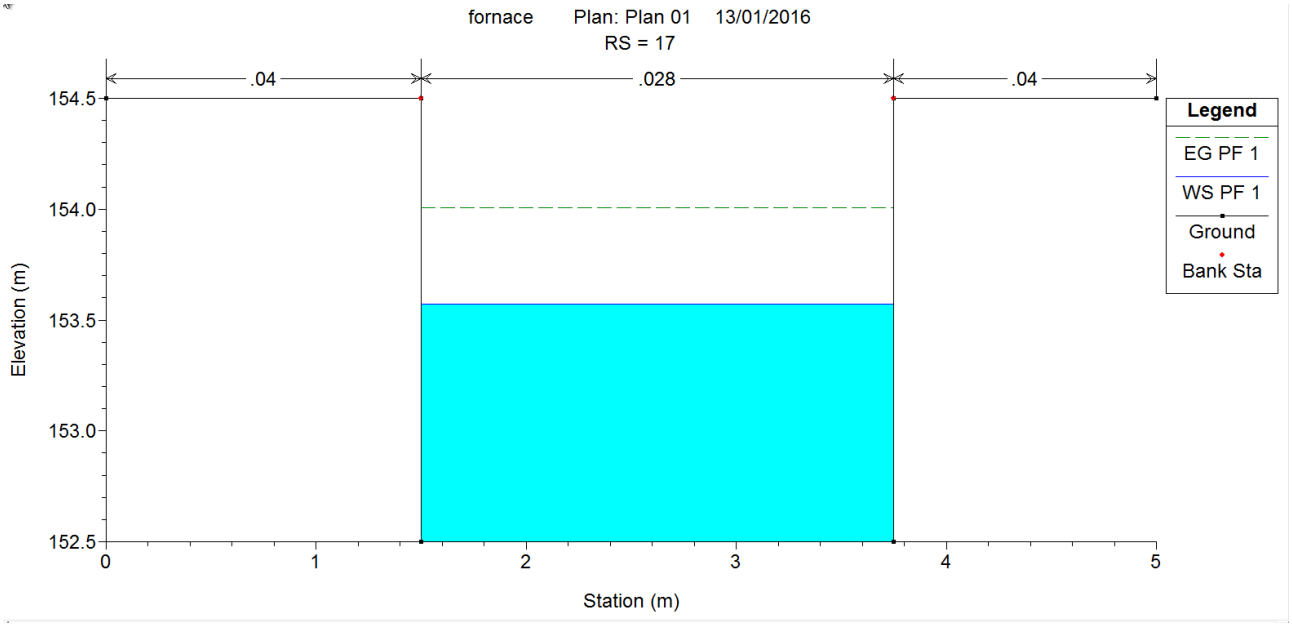

Sezione 20



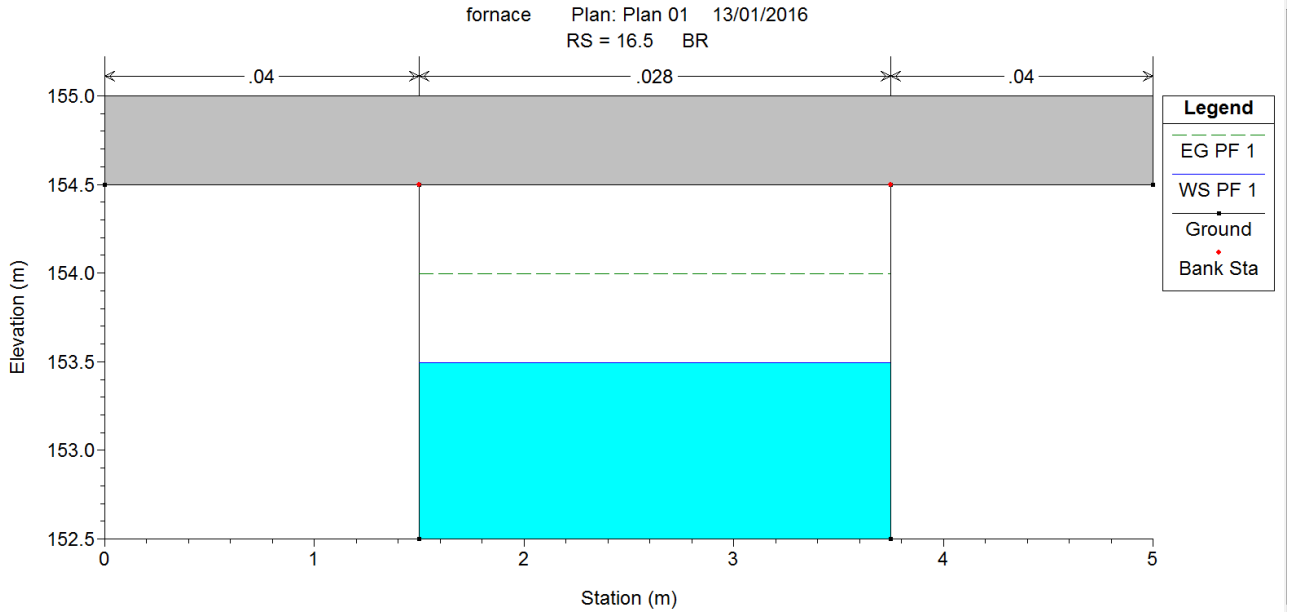

Sezione 19



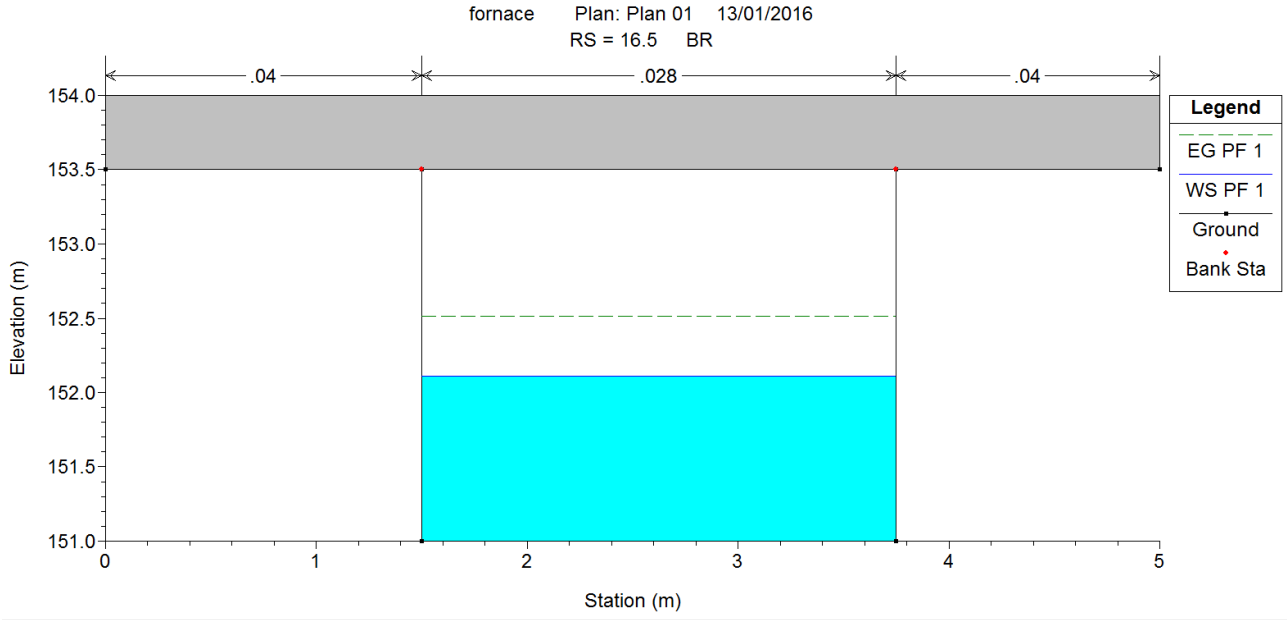

Sezione 18



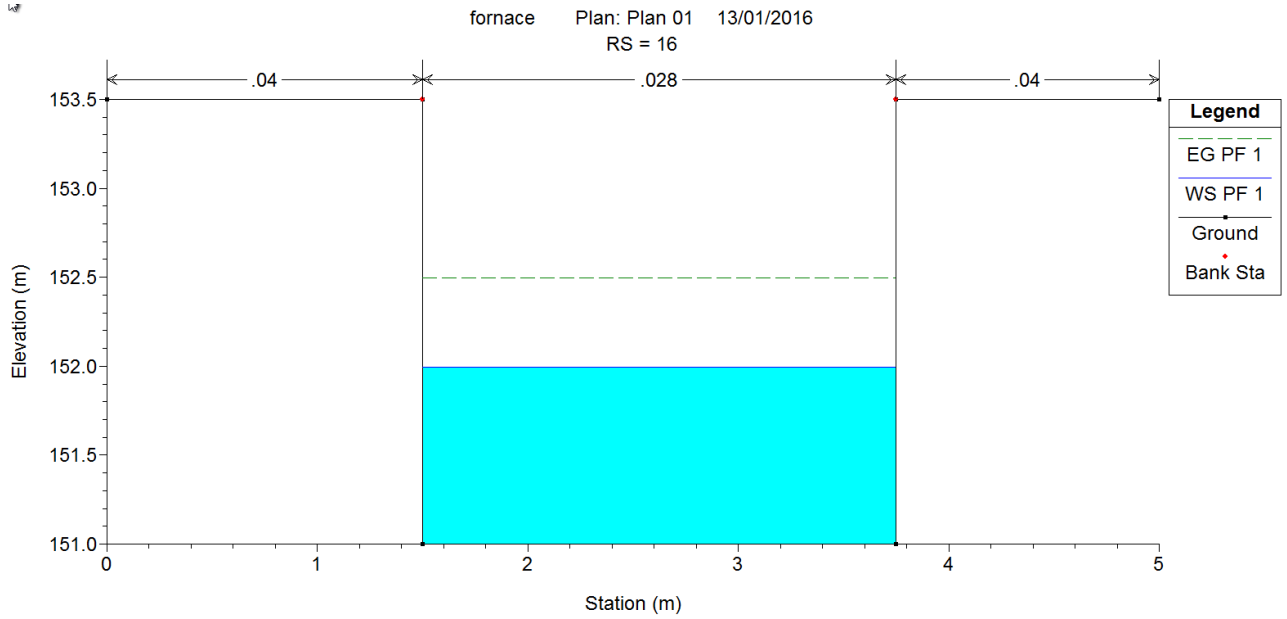

Sezione 17



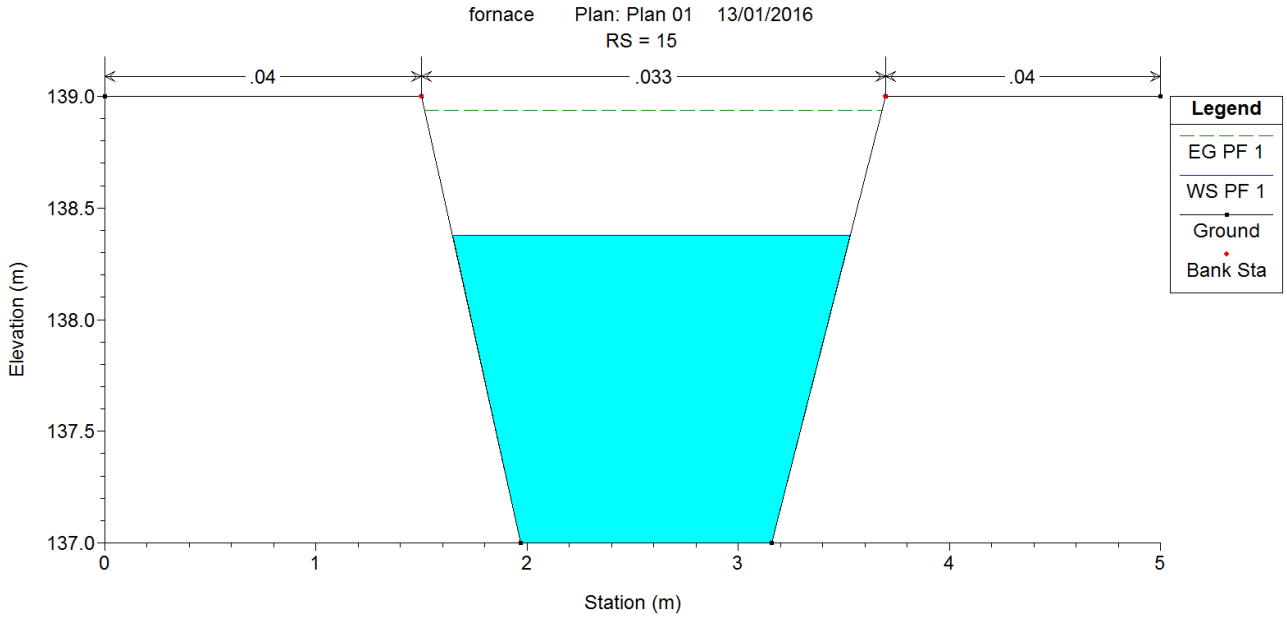

Sezione 16 BR U



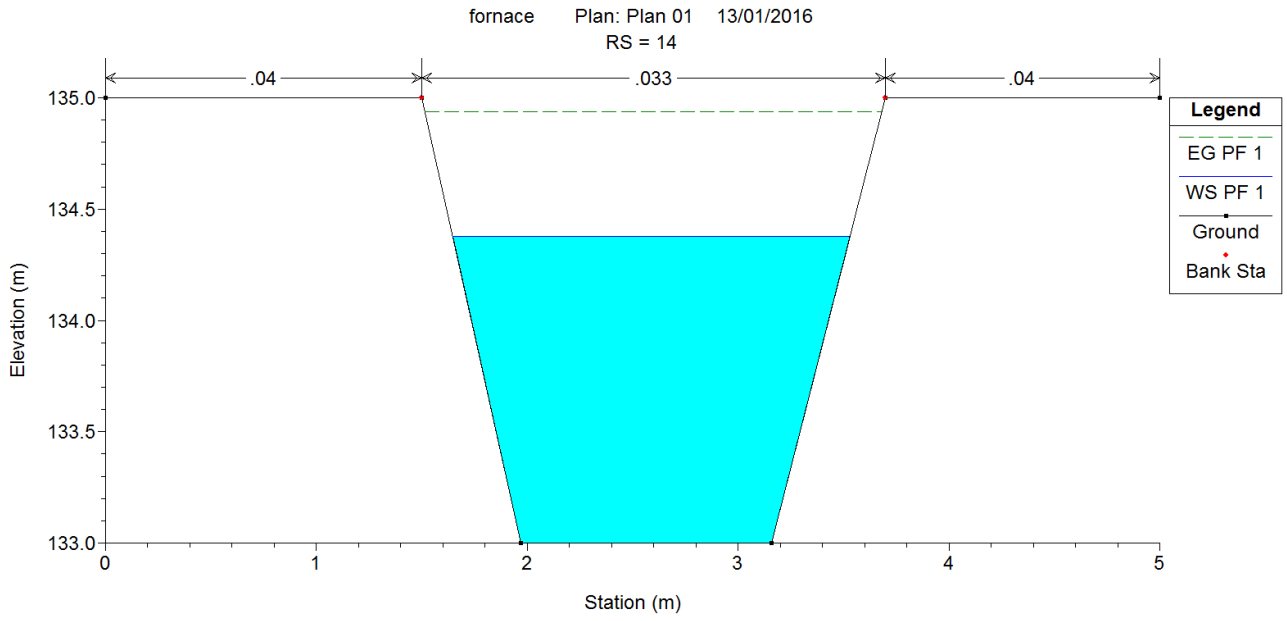

Sezione 16 BR D



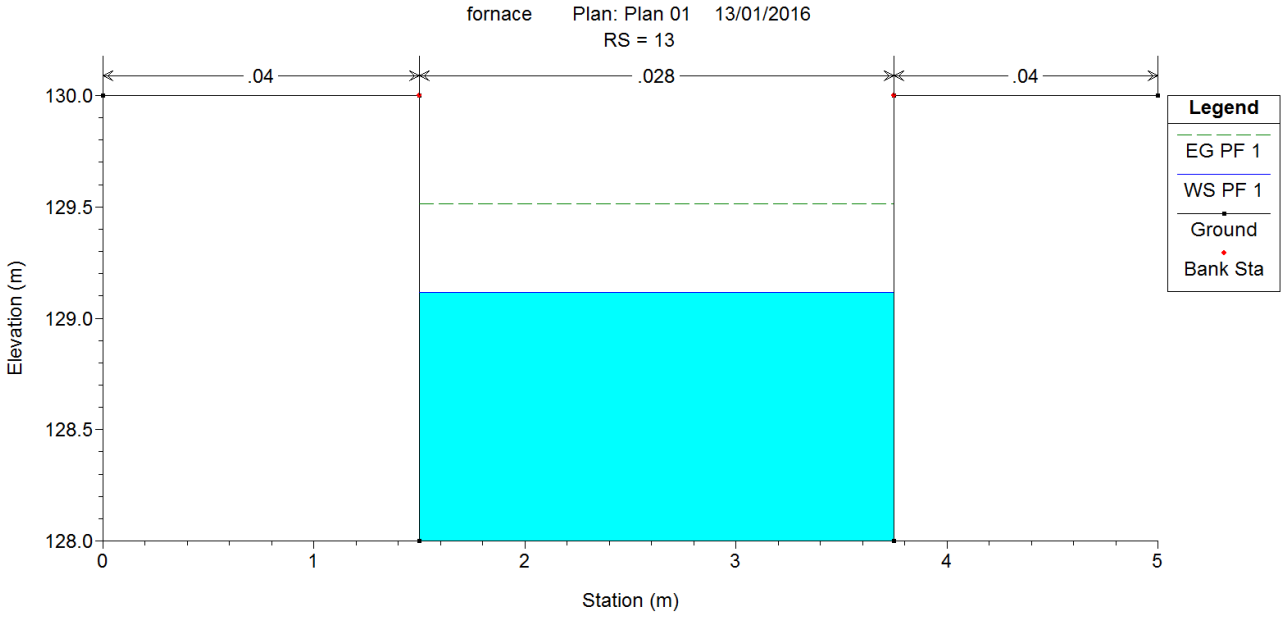

Sezione 16



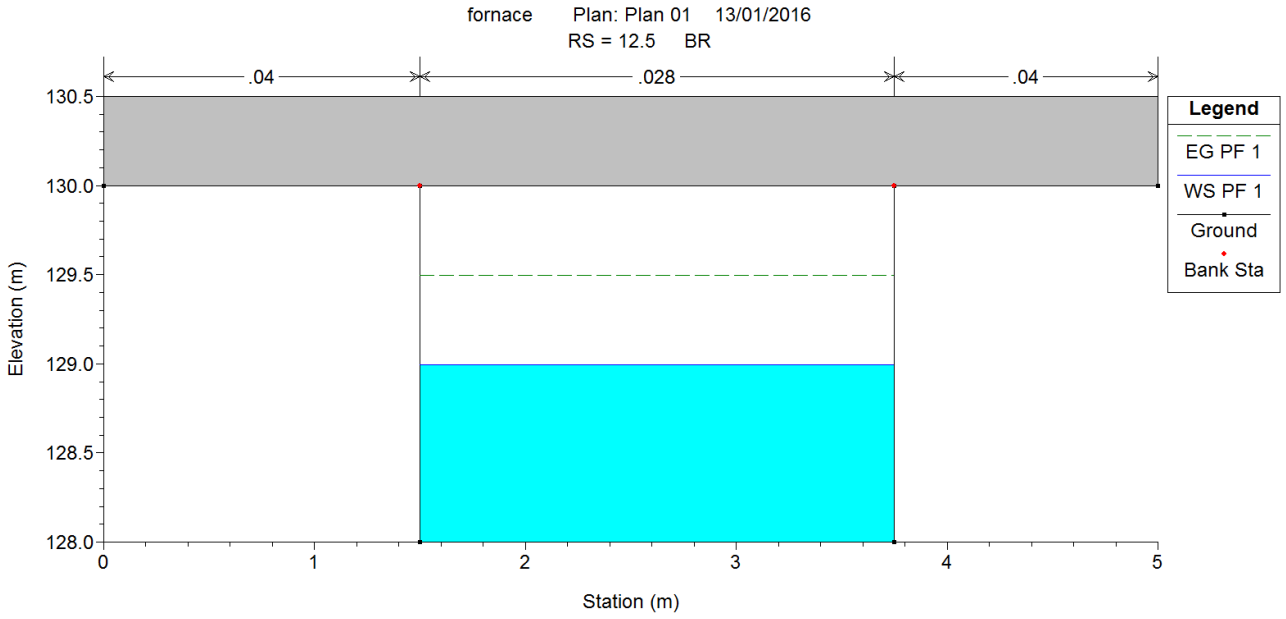

Sezione 15



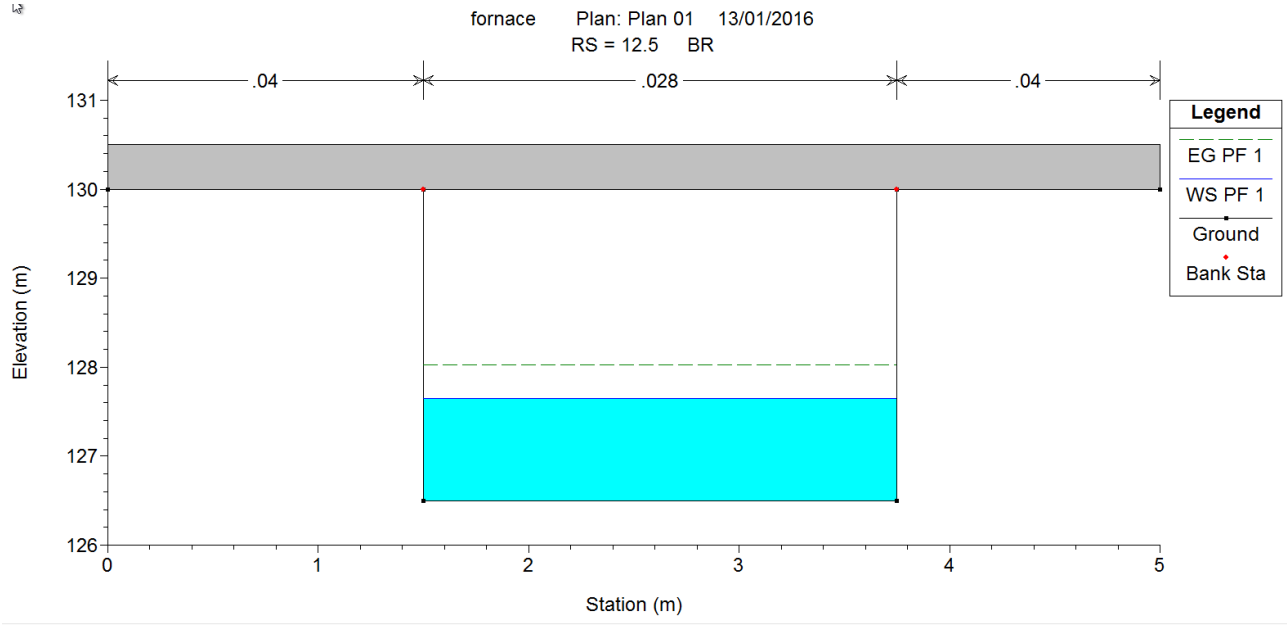

Sezione 14



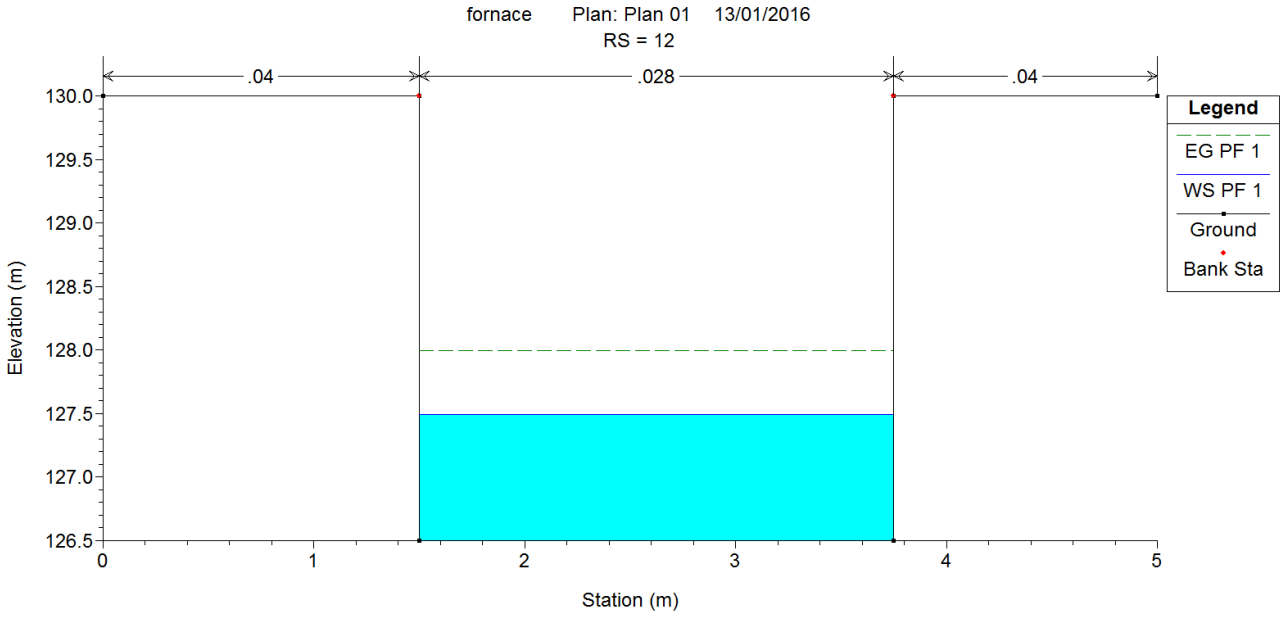

Sezione 13



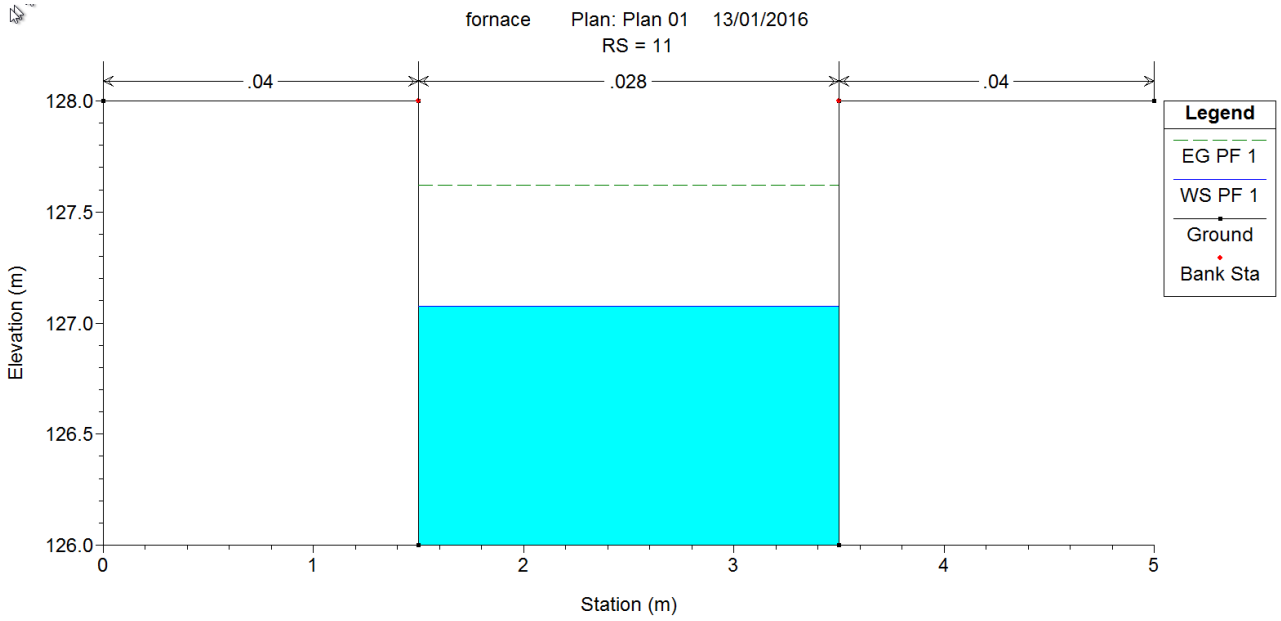

Sezione 12.5 BR U



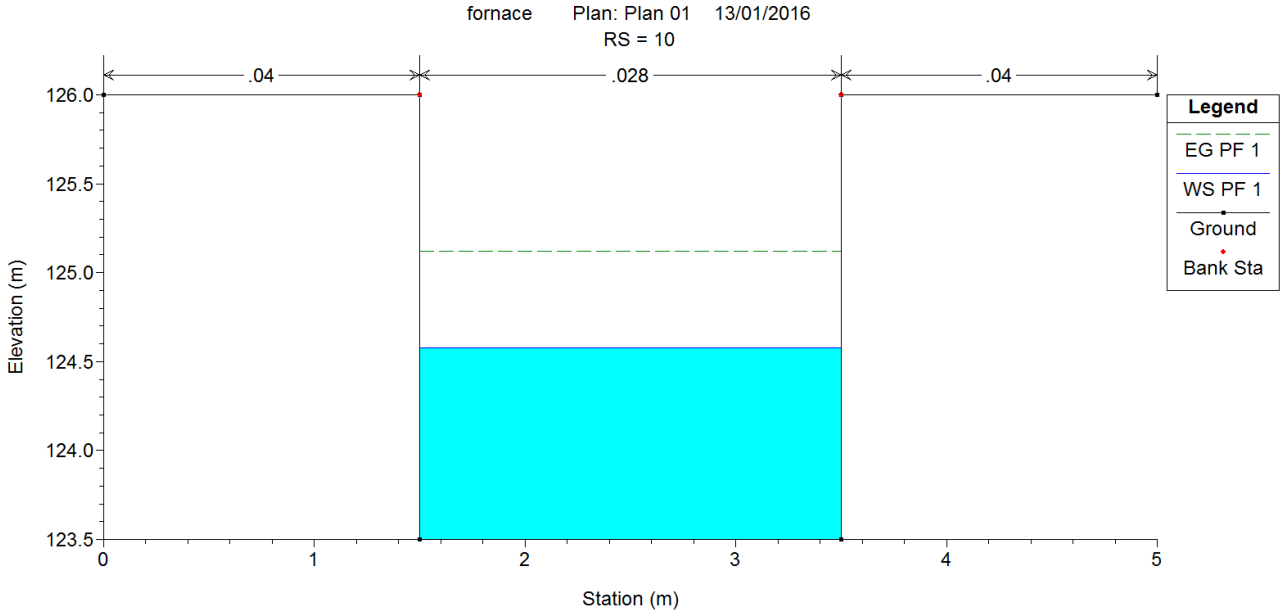

Sezione 12.5 BR D



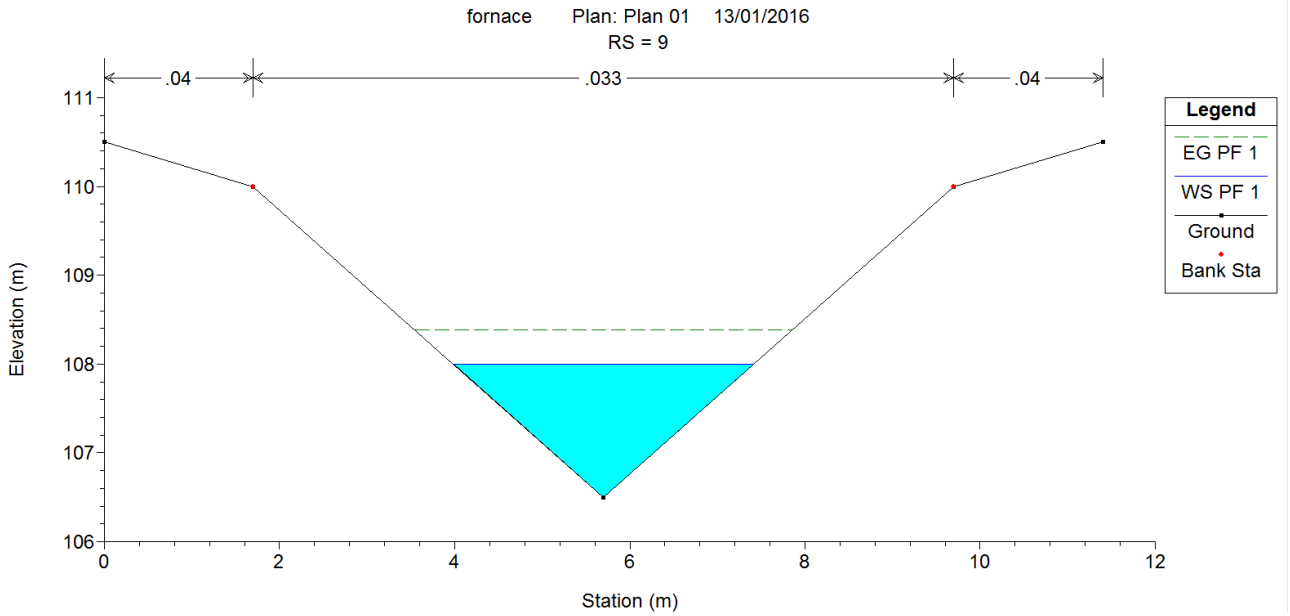

Sezione 12



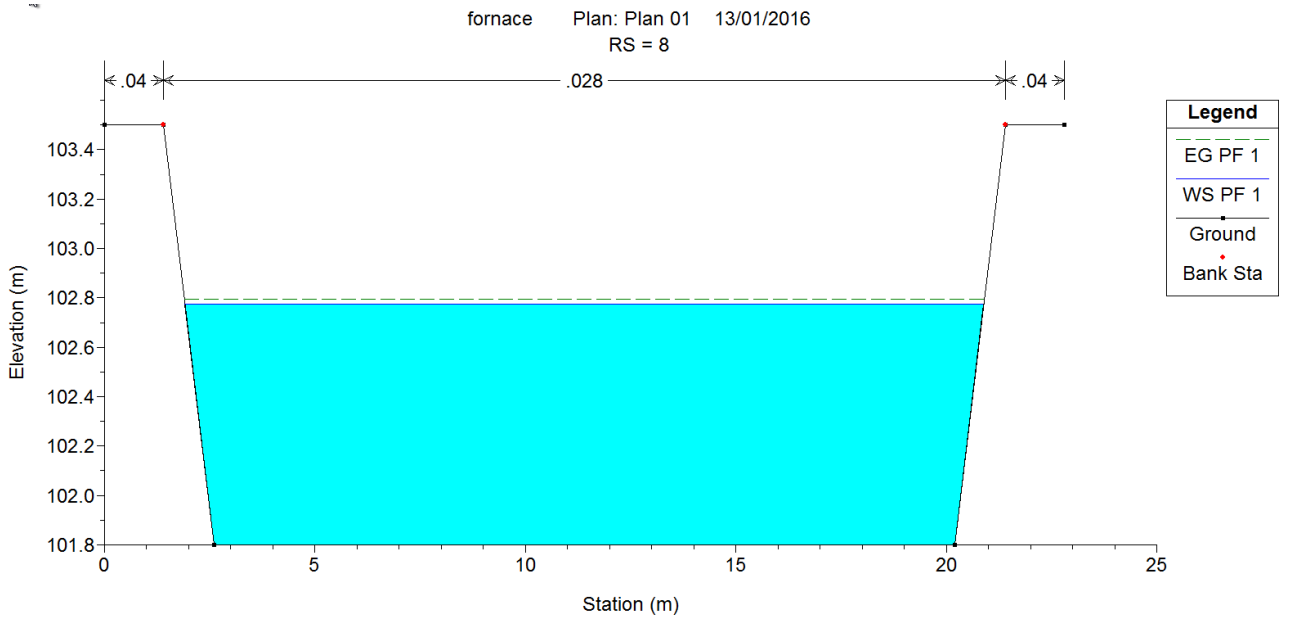

Sezione 11



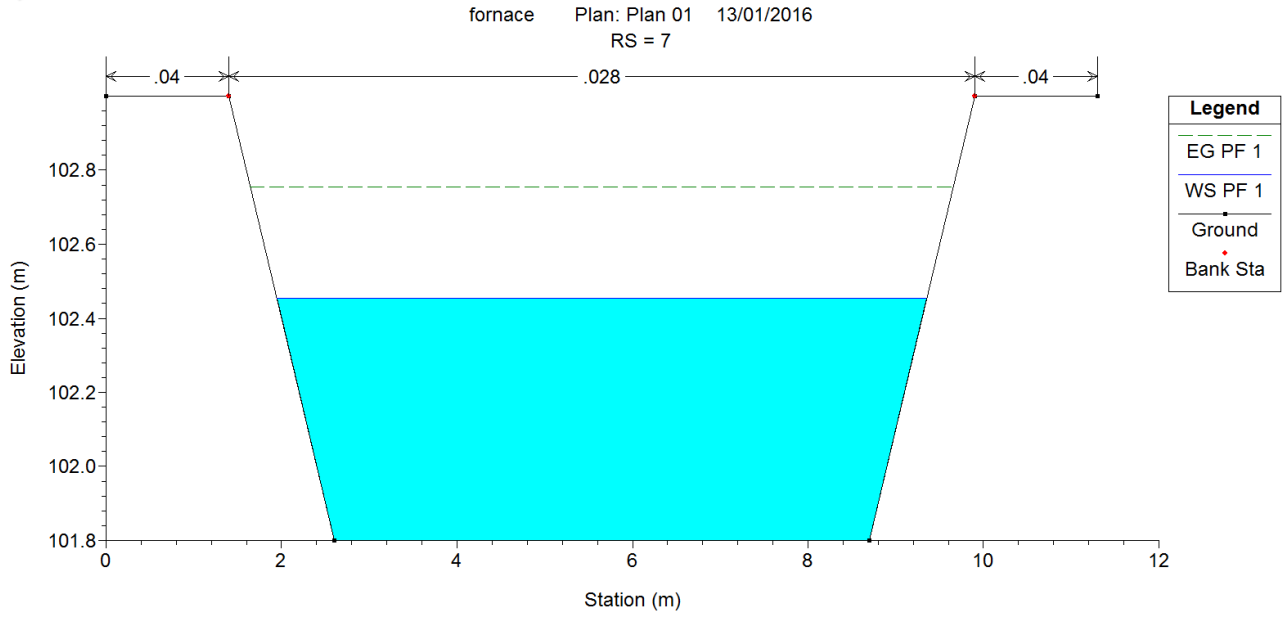

Sezione 10



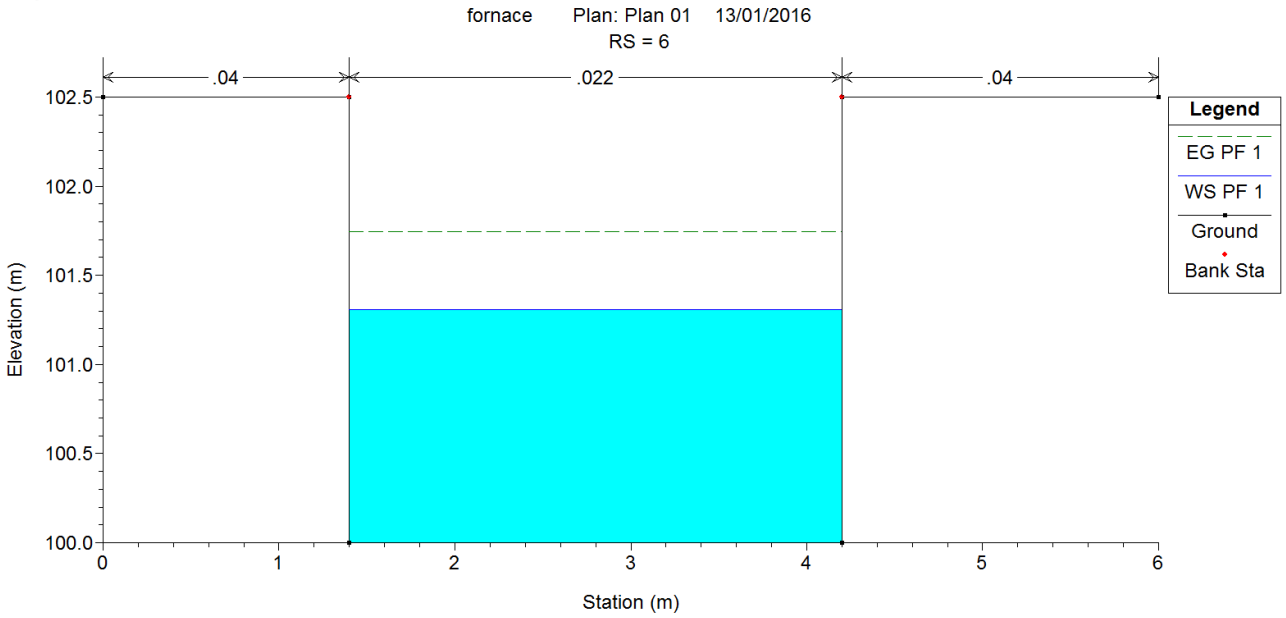

Sezione 9



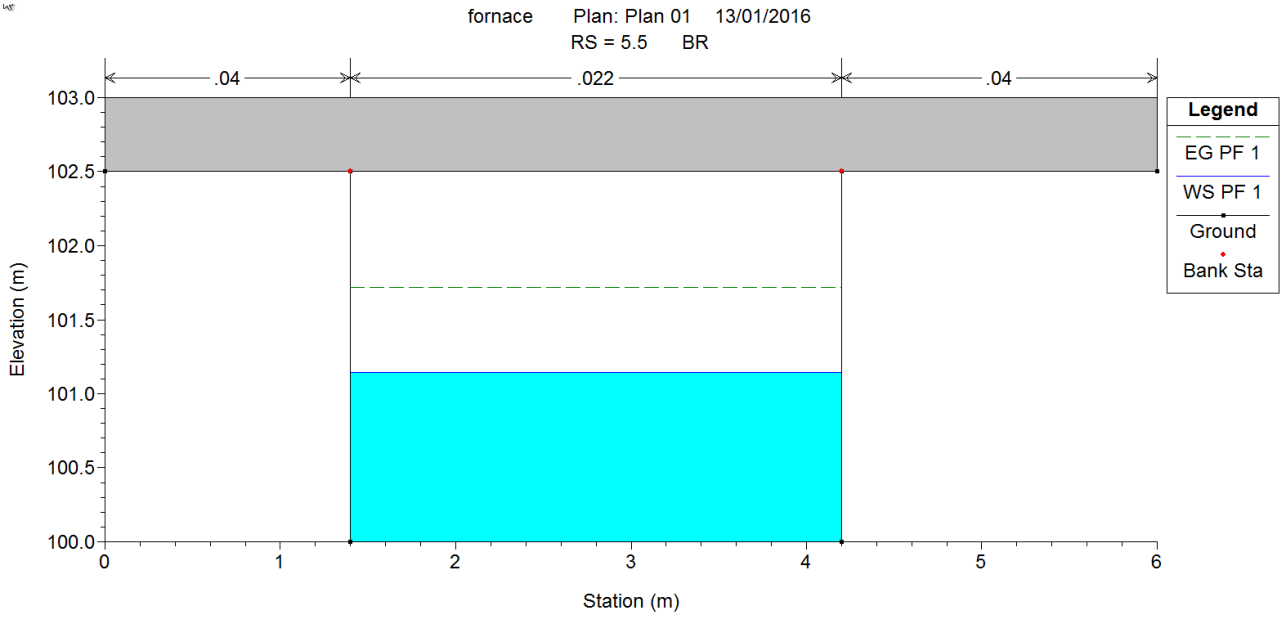

Sezione 8



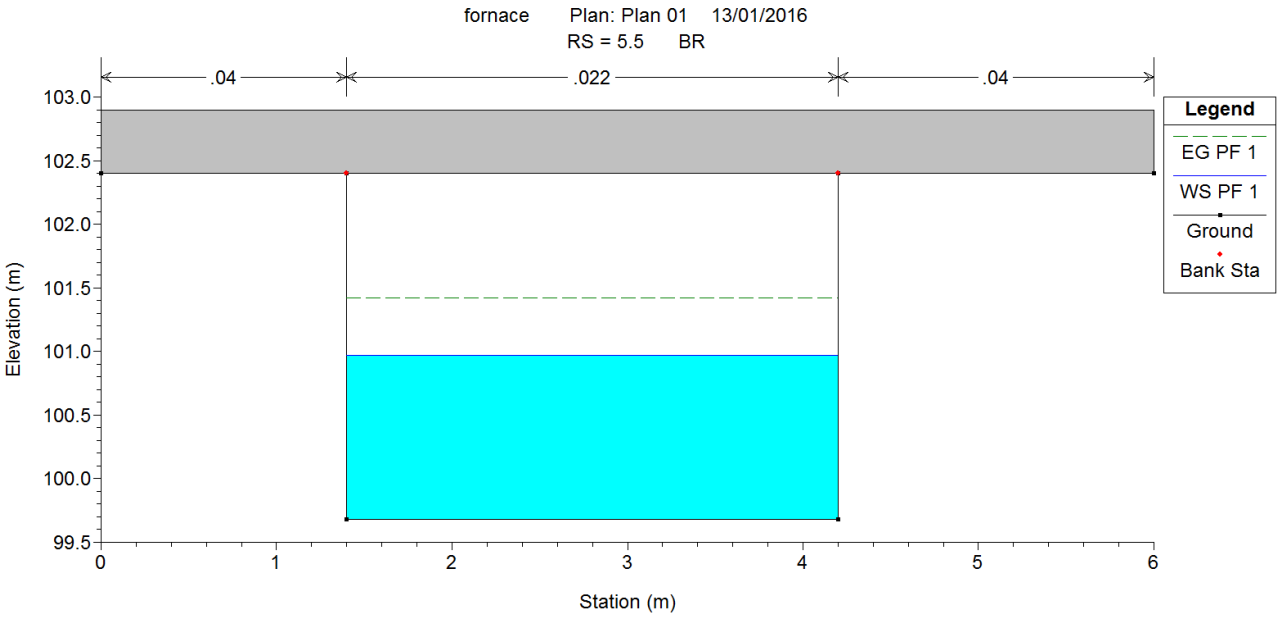

Sezione 7



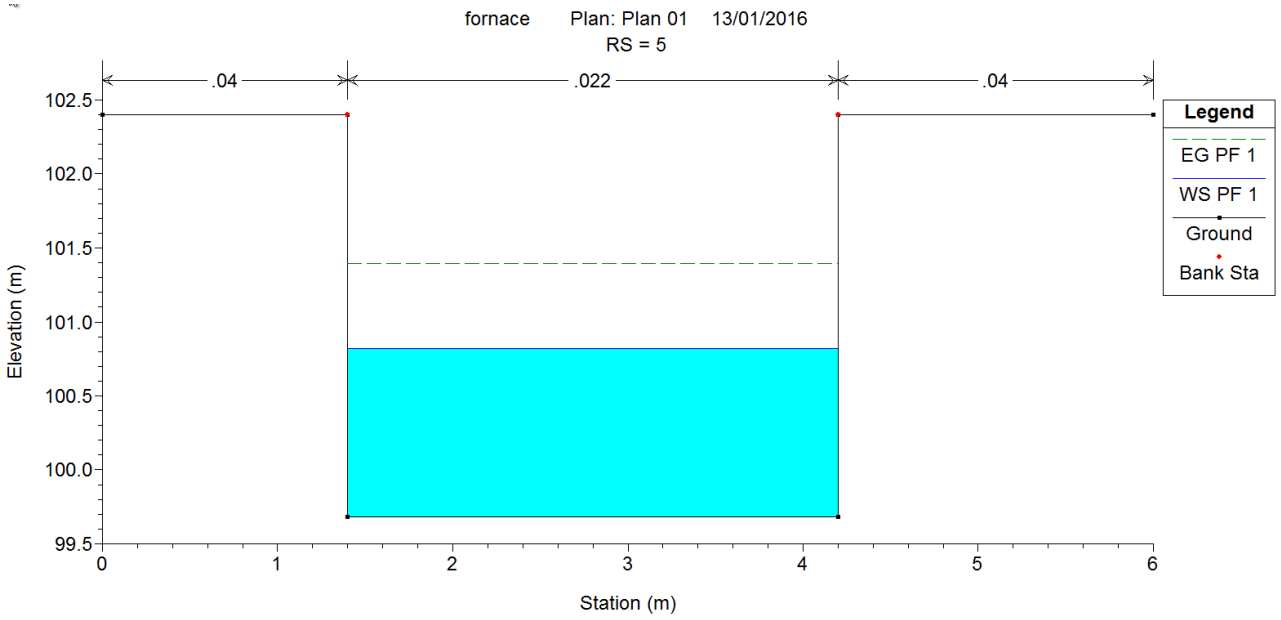

Sezione 6



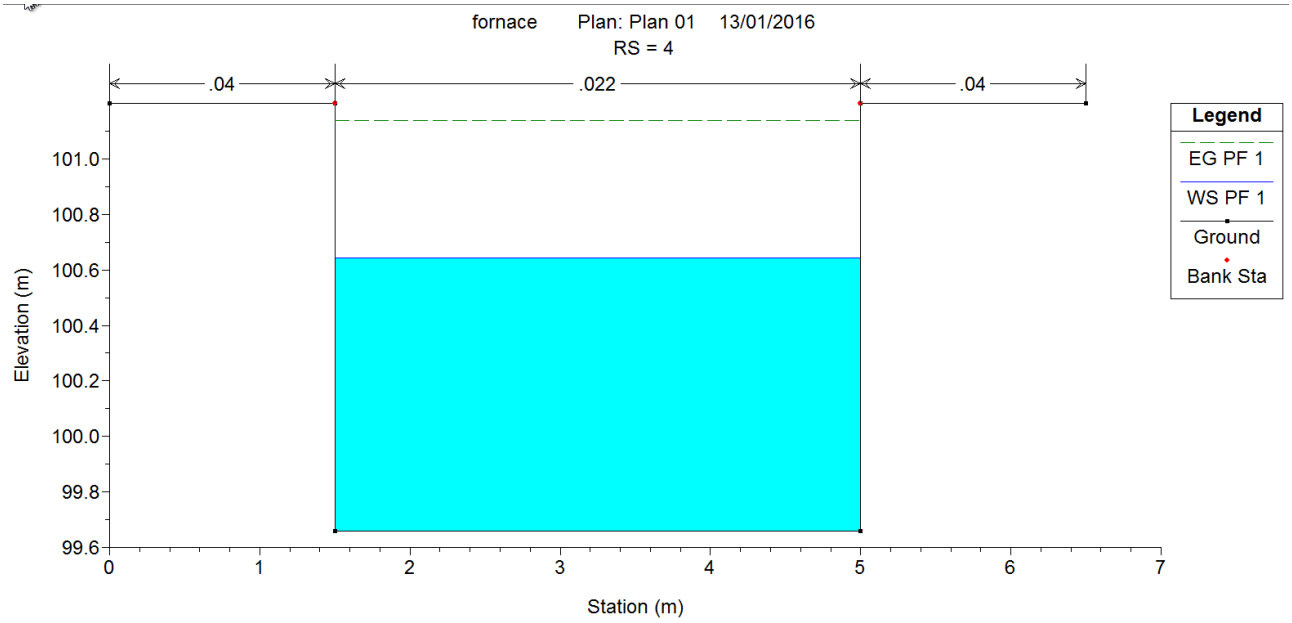

Sezione 5.5 BR U



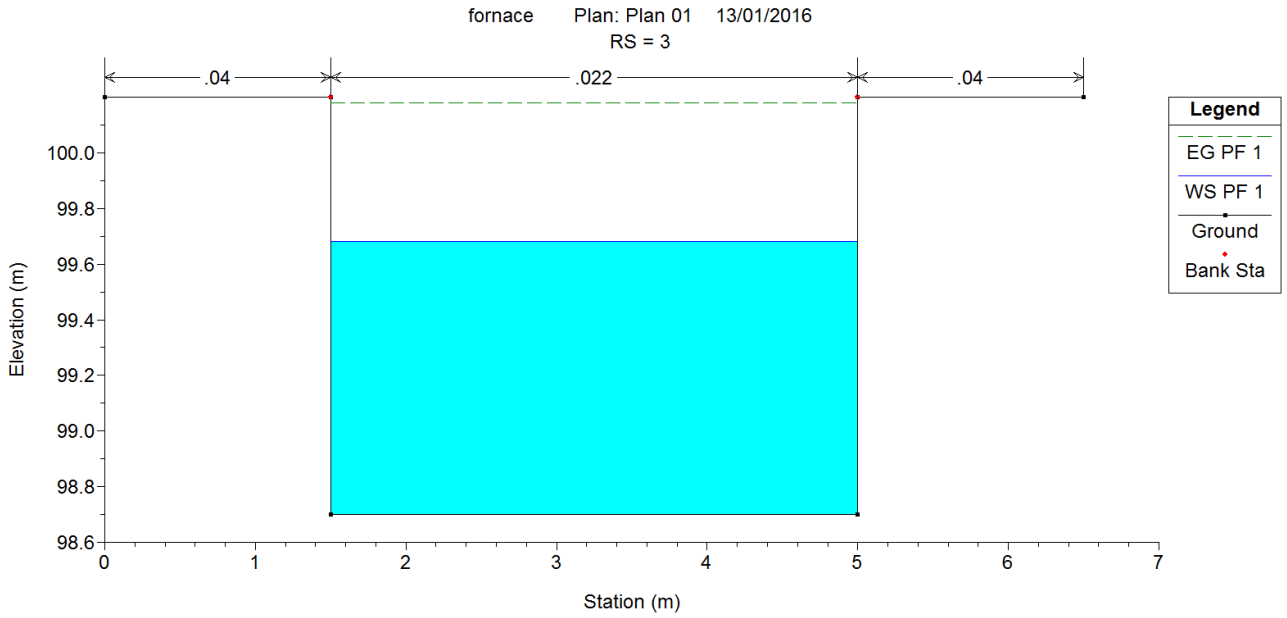

Sezione 5.5 BR D



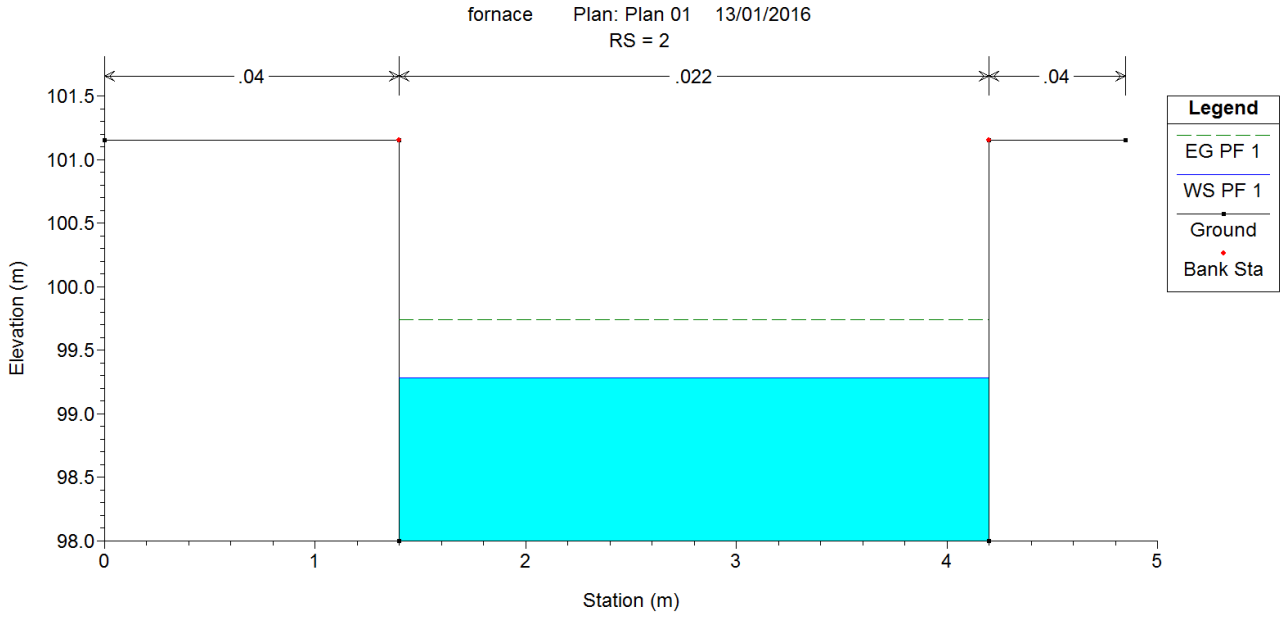

Sezione 5



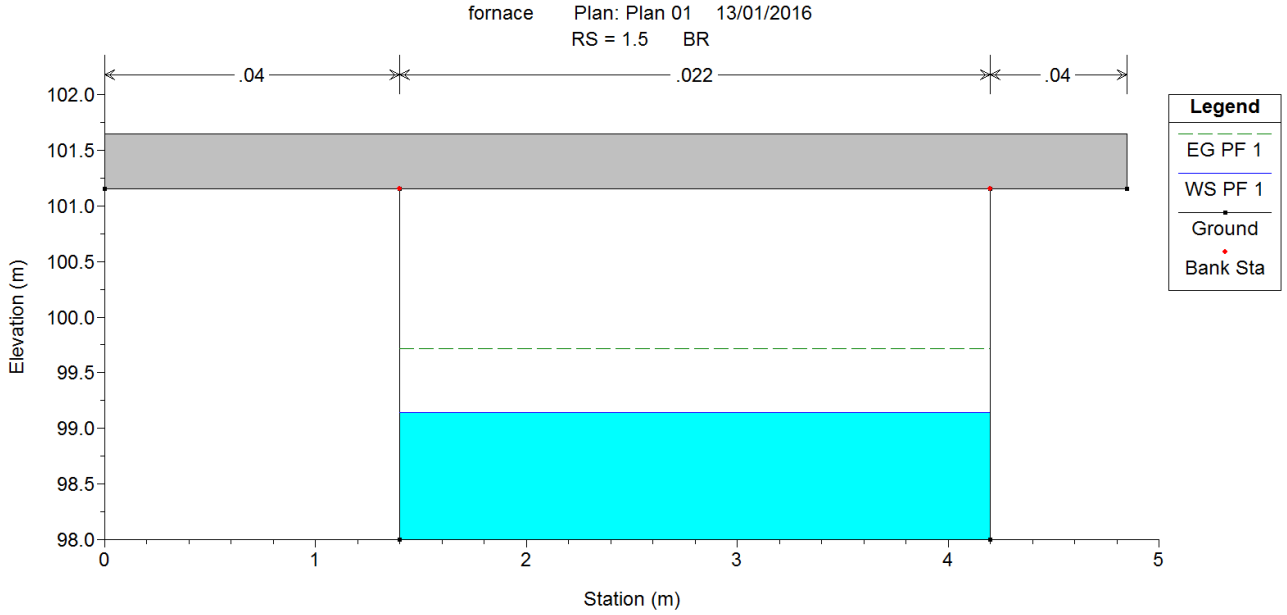

Sezione 4



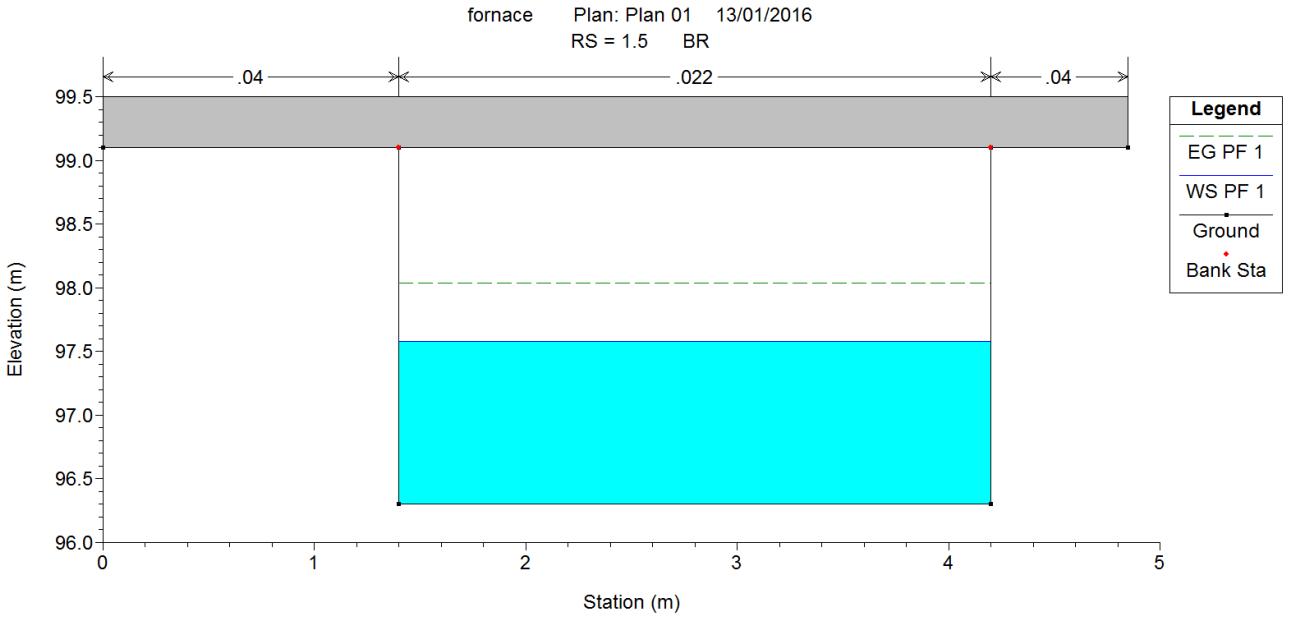

Sezione 3



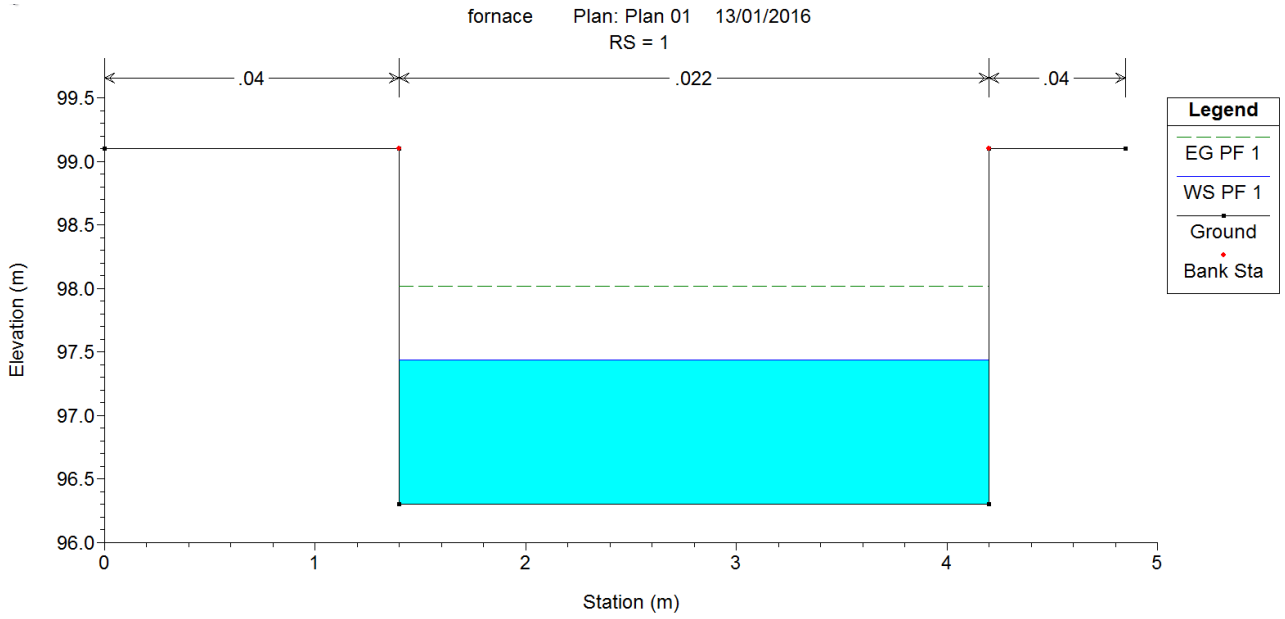

Sezione 2




Sezione 1.5 BR U




Sezione 1.5 BR D


fornace Plan: Plan 01 13/01/2016
RS = 1
.04
.022
.04
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
99.5
99.0
98.5
98.0
97.5
97.0
96.5
96.0
0
1
2
3
4
5
Station (m)

Sezione 1