

REGIONE



CALABRIA

REGIONE CALABRIA
DIPARTIMENTO INFRASTRUTTURE,
LAVORI PUBBLICI, MOBILITÀ

Salvaguardia litorale costiero di Calopezzati (CS)"
(CODICE RENDIS 18IR954/G1) CUP
J23B18000330001 CIG 8181775651 nel Comune di
Calopezzati (CS) I° LOTTO

PROGETTO DEFINITIVO

| INDICE | DATA | MODIFICHE | DISEGN. | CONTR. | APPROV. | |
|---|------|-----------|--|--------|---|-------------|
| RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA | | | | | | |
| I PROGETTISTI: Dott.ssa Ing. Beatrice Majone Dott. Ing. Paolo Atzeni Dott. Ing. Salvatore Falco | | | GEOLOGO: Dott. Geol. Teodoro Aldo Battaglia ARCHEOLOGO: Dott. Amedeo Brusco BIOLOGA: Dott. ssa Agnese Cipriano | | SCALA: DISEGNO: CLP 2.05 | |
|  STUDIO MAJONE INGEGNERI ASSOCIATI | | |  Dott. Ing. Salvatore Falco  STUDIO BATTAGLIA Geoengineering | |  Giosa s.p.a.  BRETTIA snc Ingegneria Archeologica e Beni Culturali | Giugno 2022 |



INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. PREMESSA | 2 |
| 2. IL BACINO DEL TORRENTE FIUMARELLA | 3 |
| 2.1 DEFINIZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO E PRINCIPALI CARATTERISTICHE | 3 |
| 2.2 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA..... | 4 |
| 3. STIMA DELLE LINEE SEGNALTRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA (LSPP) 7 | 7 |
| 4. TEMPO DI CORRIVAZIONE..... | 10 |
| 5. DEFINIZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO | 11 |
| 6. MODELLAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI E STIMA DELLE ONDE DI PIENA..... | 14 |
| 6.1 DETERMINAZIONE DELLA PIOGGIA DI PROGETTO | 14 |
| 6.2 MODELLO DI NASH..... | 15 |
| 7. DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO | 16 |
| 8. ANALISI IDRAULICA | 17 |
| 8.1 IL CODICE DI CALCOLO HEC-RAS 5.0.3 | 17 |
| 8.2 IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO | 20 |
| 8.2.1 <i>Descrizione geometrica dell'alveo</i> | 20 |
| 8.2.2 <i>Condizioni al contorno</i> | 21 |
| 8.2.3 <i>Coefficienti di scabrezza</i> | 22 |
| 8.3 SIMULAZIONI CONDOTTE E RISULTATI OTTENUTI | 22 |
| ALLEGATO – TIRANTE IDRICO | 25 |



1. **PREMESSA**

Il presente elaborato costituisce la relazione tecnico descrittiva dello studio idrologico ed idraulico del Torrente Fiumarella. L'elaborato presenta le caratteristiche principali del bacino idrografico, l'analisi pluviometrica eseguita sulla base delle precipitazioni registrate nelle vicine stazioni pluviometriche di Pietrapaola e Cropalati, la valutazione della portata di progetto tramite modello di trasformazione afflussi-deflussi e la verifica idraulica realizzata tramite codice di calcolo Hec-Ras. I tempi di ritorno di riferimento per lo studio di progetto sono pari a 50, 200 e 500 anni, in accordo con il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Calabria.

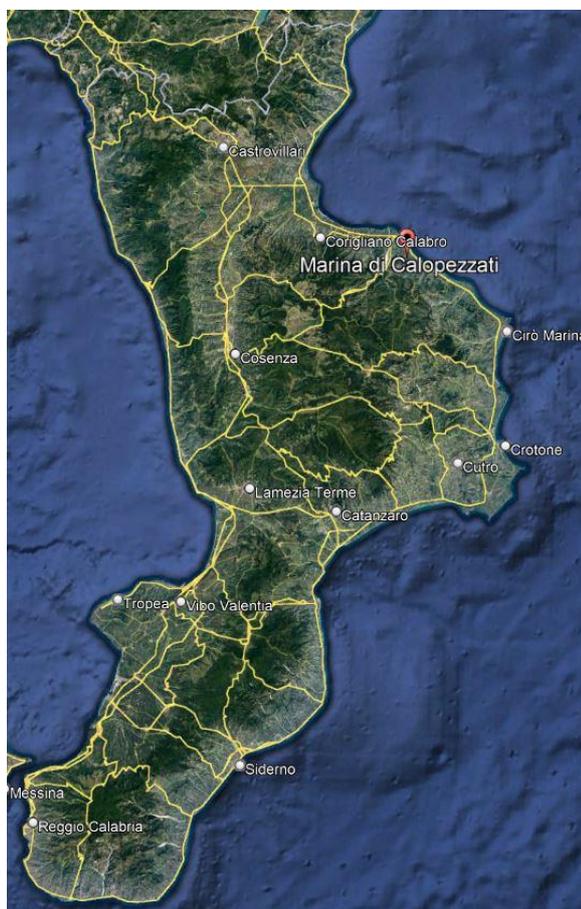


Figura 1 Inquadramento geografico dell'area oggetto di studio



2. **IL BACINO DEL TORRENTE FIUMARELLA**

Il bacino idrografico del Torrente Fiumarella si trova nella porzione settentrionale della Calabria in provincia di Cosenza e, lungo il percorso verso lo sbocco nel Mar Ionio, lambisce i comuni di Caloveto, Calopezzati e Crosia. Il maggiore affluente è infine rappresentato dal T. Malvico, il quale si immette nel corso principale nell'area compresa tra il comune di Crosia e Marina di Calopezzati.

2.1 **Definizione del bacino idrografico e principali caratteristiche**

Il bacino idrografico del T. Fiumarella interessa un'area complessiva pari a 31.93 km², la cui quota media risulta pari a 201 m s.l.m., mentre l'asta principale presenta una lunghezza pari a 17.09 km. Il territorio all'interno del bacino è costituito prevalentemente da aree montuose e collinari che degradano verso la pianura a ridosso del mar Ionio. Le pendenze del territorio sono moderatamente acclivi: la pendenza media all'interno del bacino è pari circa al 22%. Di seguito, in figura 2, si riporta l'estensione del bacino di interesse e l'indicazione dell'asta principale oggetto di studio.

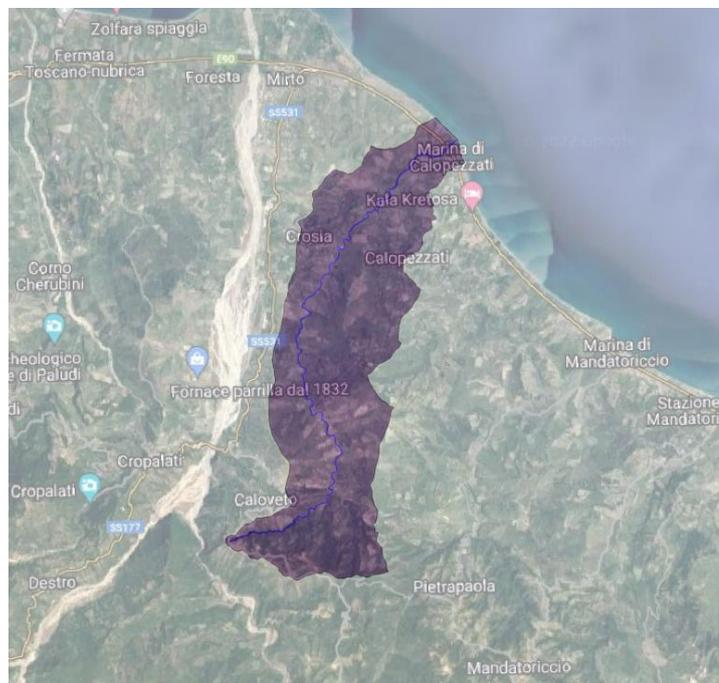


Figura 2 Bacino idrografico e asta principale del Torrente Fiumarella



2.2 Pericolosità geomorfologica e idraulica

Da un punto di vista geomorfologico, l'area oggetto di studio è interessata da alcuni fenomeni attivi la cui pericolosità, come definito dal PAI, risulta compresa tra R2 e R3.

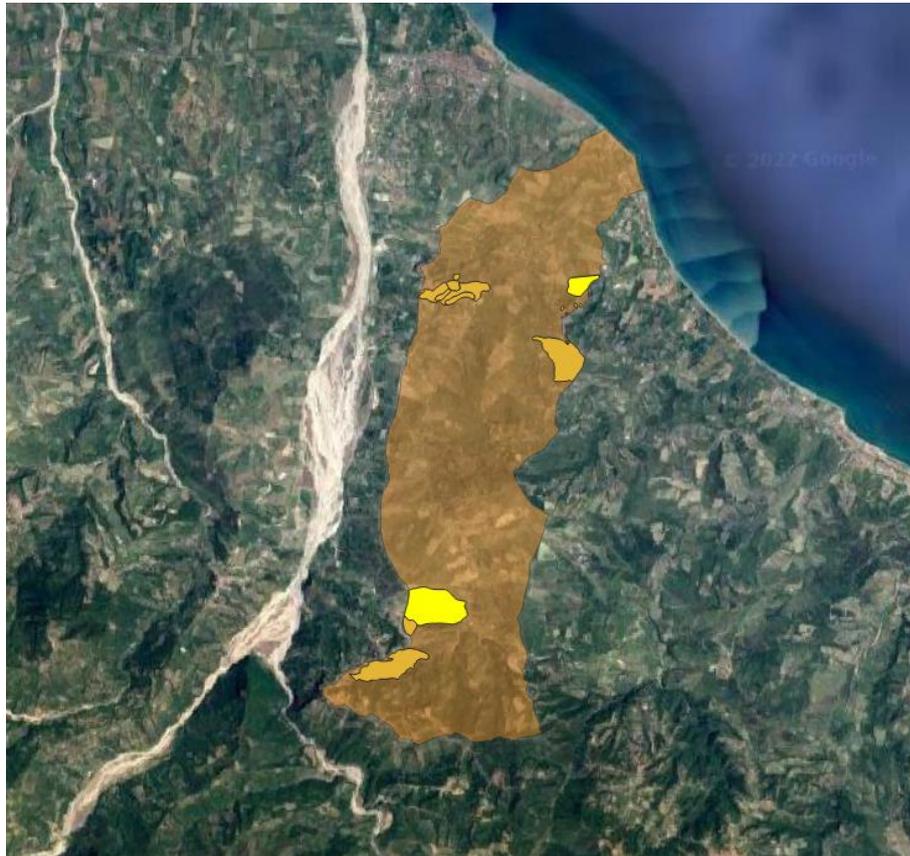


Figura 3 Fenomeni gravitativi censiti dal PAI. In giallo sono evidenziati fenomeni attivi

Le aree interessate da fenomeni attivi, evidenziate in giallo nella precedente figura, sono classificate come movimenti complessi, colamenti lenti e aree con frane superficiali, come identificato dal portale ISPRA, del quale se ne riporta di seguito uno stralcio. I restanti dissesti cartografati e riportati in figura 3 risultano infine quiescenti.

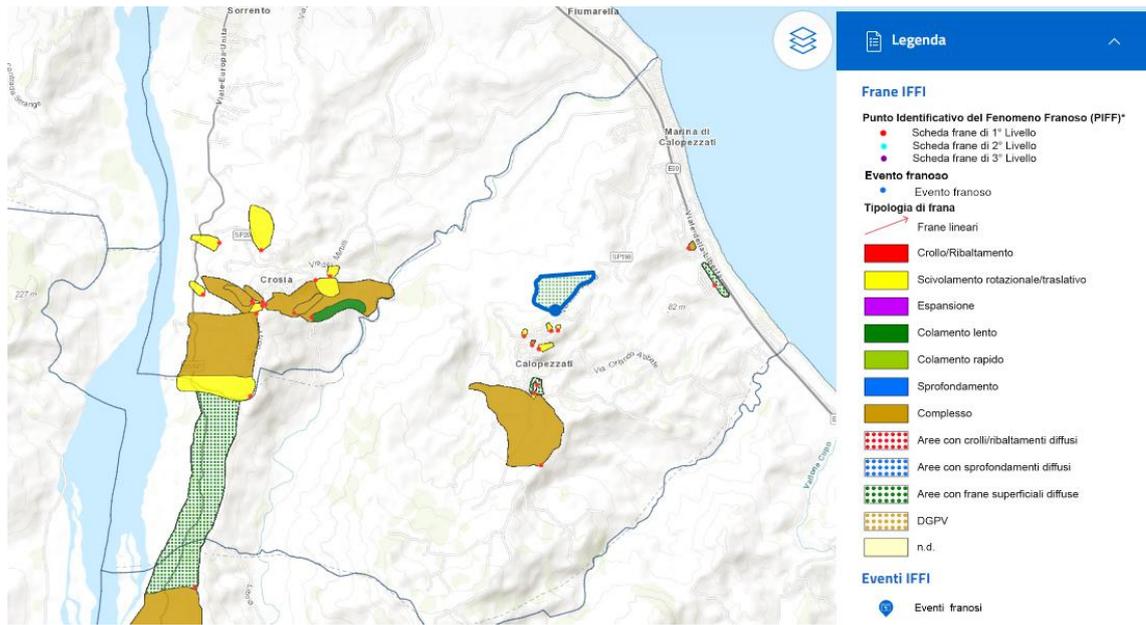


Figura 4 Eventi franosi nell'area di intervento e classificazione proposta da ISPRA

Dal portale ISPRA risulta infine una porzione a tergo dell'area di intervento interessata da fenomeni gravitativi superficiali, come riportato in figura 4, che tuttavia risulta quiescente.

Da un punto di vista idraulico, infine, l'intera asta fluviale risulta interessata da un rischio diffuso ed elevato da alluvione del quale, tuttavia, non è presente uno studio di dettaglio per la definizione delle aree di inondazione.

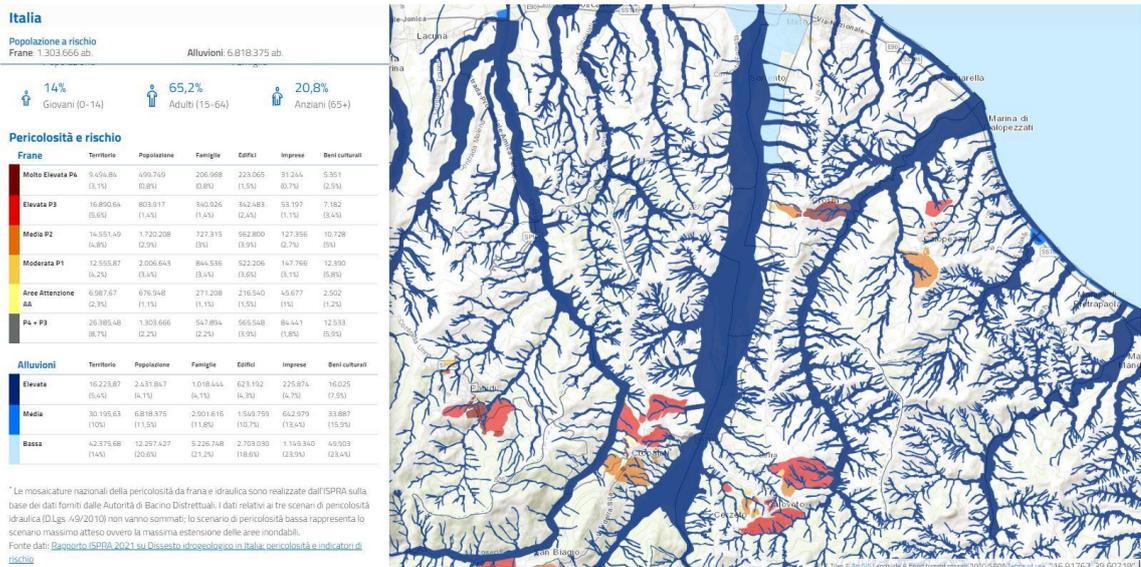


Figura 5 Rischio da alluvione, stralcio cartografia portale ISPRA

Si riporta infine un sito di attenzione evidenziato dal PAI, che coincide con l'attraversamento della strada E90 e della ferrovia lungo il tratto terminale del T. Fiumarella.



Figura 6 Sito di attenzione definito dal PAI



3. STIMA DELLE LINEE SEGNALATRICI DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA (LSPP)

Le LSPP caratteristiche del T. Fiumarella sono state definite tramite il metodo di Gumbel, sulla base dei dati pluviometrici storici disponibili per le vicine stazioni di Cropalati e Pietrapaola, rispettivamente installate a quota 367 e 400 m s.l.m. In particolare, le osservazioni disponibili vanno dal 1959 al 1981 per la stazione di Pietrapaola e dal 1999 al 2020 per la stazione di Cropalati.

La funzione di Gumbel per la definizione delle LSPP assume la seguente espressione:

$$P(x) = \exp\{-\exp[-(x - u_d)/\alpha_d]\}$$

dove $P(x)$ esprime la probabilità che la generica osservazione della variabile risulti minore o uguale a un valore x assegnato, α_d e u_d sono due parametri della distribuzione che possono essere stimati con una delle tecniche disponibili (metodi dei momenti, della massima verosimiglianza, ecc). Il metodo più diffuso di stima dei parametri è quello dei momenti, il quale utilizza le relazioni che legano i parametri α_d e u_d ai primi due momenti:

$$\alpha_d = \frac{1.283}{\sigma_d}$$

$$u_d = \mu_d - 0.45 \cdot \sigma_d$$

in cui μ_d e σ_d indicano rispettivamente la media e lo scarto quadratico medio del campione dei massimi annuali di precipitazione di durata d . Una volta valutati i parametri μ_d e α_d , risulta possibile stimare l'altezza di pioggia di assegnata durata d e tempo di ritorno T , attraverso la relazione:

$$h_d(T) = u_d - \frac{1}{\alpha_d} \cdot \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$$

In tabella 1 vengono riportate le misure disponibili per le stazioni pluviometriche di Cropalati e Pietrapaola, definite come mm di pioggia caduti nell'intervallo temporale di riferimento.



Tabella 1 Dati pluviometrici registrati dalle stazioni di Pietrapaola (1959-1981) e Cropalati (1999-2020)

| Anno | Durata | | | | |
|------|--------|-------|-------|--------|--------|
| | 1 ora | 3 ore | 6 ore | 12 ore | 24 ore |
| 1959 | 40.0 | 70.6 | 97.4 | 118.1 | 230.3 |
| 1960 | 20.0 | 38.6 | 59.0 | 90.0 | 136.3 |
| 1961 | 20.4 | 50.0 | 81.0 | 138.3 | 161.3 |
| 1962 | 21.0 | 34.6 | 36.0 | 59.2 | 77.2 |
| 1963 | 21.8 | 28.6 | 38.0 | 61.2 | 85.0 |
| 1964 | 79.0 | 103.5 | 109.8 | 160.7 | 207.5 |
| 1965 | 22.8 | 28.0 | 50.0 | 74.6 | 132.9 |
| 1966 | 26.0 | 40.6 | 69.8 | 94.2 | 121.3 |
| 1967 | 27.2 | 31.0 | 42.2 | 74.0 | 99.2 |
| 1968 | 38.8 | 42.8 | 66.0 | 81.8 | 109.6 |
| 1969 | 38.4 | 54.4 | 68.2 | 68.2 | 146.7 |
| 1970 | 47.0 | 103.1 | 135.7 | 163.3 | 164.5 |
| 1971 | 36.0 | 43.2 | 71.8 | 110.8 | 124.3 |
| 1972 | 28.2 | 64.0 | 107.1 | 161.3 | 213.1 |
| 1977 | 23.4 | 30.0 | 50.4 | 72.0 | 75.8 |
| 1978 | 17.6 | 28.4 | 53.2 | 83.6 | 108.1 |
| 1979 | 23.0 | 53.2 | 95.0 | 132.5 | 151.1 |
| 1980 | 20.0 | 32.4 | 57.4 | 86.0 | 96.8 |
| 1981 | 16.6 | 28.2 | 45.0 | 49.6 | 62.4 |
| 1999 | 41.2 | 92.4 | 117.4 | 132.8 | 163.8 |
| 2000 | 82.2 | 118.6 | 129.0 | 178.4 | 244.2 |
| 2001 | 21.6 | 28.8 | 53.2 | 74.8 | 113.6 |
| 2002 | 35.2 | 43.0 | 66.4 | 116.6 | 132.8 |
| 2004 | 72.8 | 89.8 | 92.4 | 92.4 | 94.2 |
| 2007 | 21.0 | 36.2 | 52.8 | 75.2 | 80.2 |
| 2009 | 49.6 | 69.6 | 81.6 | 116.4 | 192.8 |
| 2011 | 36.6 | 44.4 | 60.4 | 77.4 | 105.0 |
| 2012 | 18.4 | 24.2 | 43.4 | 73.4 | 111.4 |
| 2013 | 22.2 | 37.8 | 56.6 | 71.6 | 100.6 |
| 2014 | 26.2 | 31.2 | 41.2 | 49.0 | 76.8 |
| 2015 | 32.6 | 33.0 | 45.0 | 53.2 | 77.0 |
| 2016 | 47.2 | 48.6 | 58.4 | 96.2 | 131.8 |
| 2017 | 23.0 | 42.4 | 70.0 | 100.6 | 137.2 |
| 2018 | 30.6 | 74.8 | 94.0 | 106.2 | 116.4 |
| 2019 | 28.0 | 48.4 | 57.0 | 75.0 | 112.4 |
| 2020 | 49.6 | 105.2 | 144.0 | 182.8 | 219.6 |



Di seguito vengono riportati i parametri di Gumbel ottenuti dall'elaborazione dei dati pluviometrici sopra riportati, in funzione dei tempi di ritorno analizzati.

Tabella 2 Parametri LSPP con il metodo di Gumbel

| <i>Bacino T. Fiumarella</i> | | | | | |
|--------------------------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| <i>T</i> | <i>20</i> | <i>50</i> | <i>100</i> | <i>200</i> | <i>500</i> |
| <i>Distribuzione di Gumbel</i> | | | | | |
| <i>n</i> | 0.382 | 0.372 | 0.367 | 0.363 | 0.358 |
| <i>a</i> | 65.16 | 77.57 | 86.87 | 96.14 | 108.37 |

Dai parametri presentati in tabella 2, è possibile rappresentare le LSPP secondo il metodo di Gumbel, come riportato in figura 7.

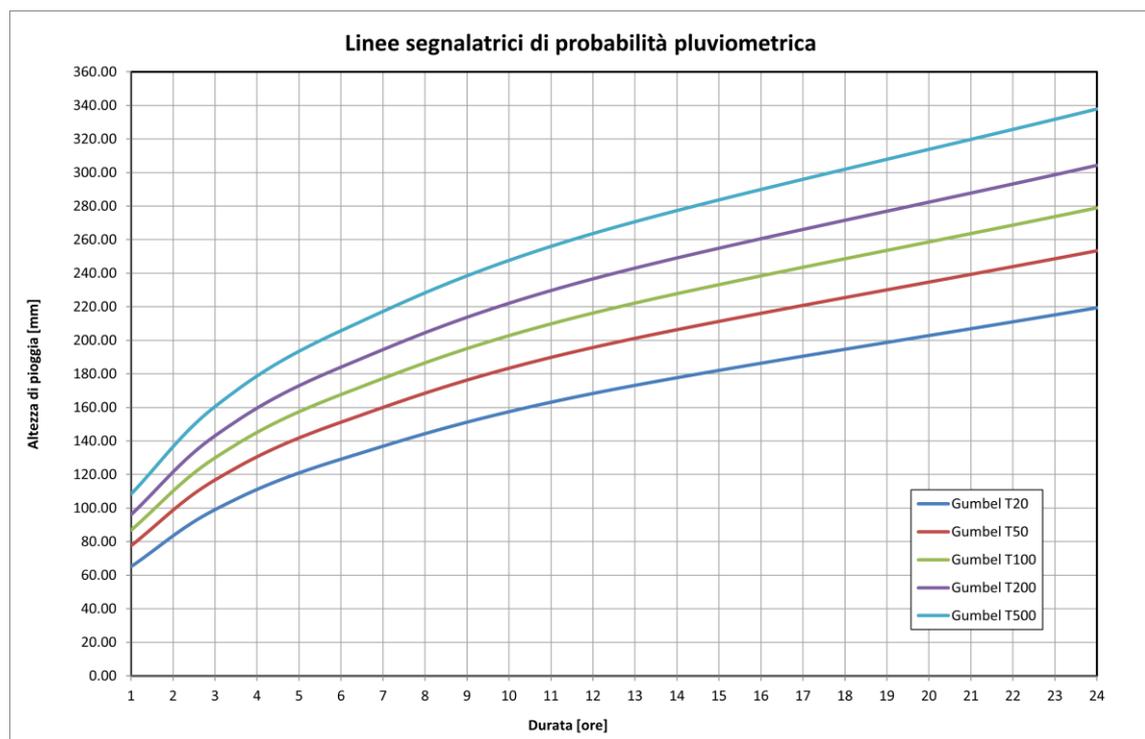


Figura 7 LSPP determinate applicando il metodo di Gumbel



4. TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il tempo di corrivazione di un punto del bacino è il tempo necessario affinché la goccia d'acqua caduta in un punto possa raggiungere la sezione di chiusura del bacino considerato. Tra tutti i tempi di corrivazione possibili, nelle applicazioni riveste particolare interesse il valore massimo che viene denominato tempo di corrivazione del bacino t_c , ossia il tempo necessario per raggiungere la sezione di chiusura partendo dal punto idraulicamente posto a distanza maggiore. Nell'individuazione del punto più remoto del bacino (idraulicamente più lontano) e nel calcolo della sua distanza effettiva dalla sezione di chiusura deve essere considerata, ovviamente, non solo la distanza planimetrica, che ne è la proiezione sul piano orizzontale di rappresentazione, ma anche la quota del punto stesso. In altri termini, a parità di distanza planimetrica deve essere considerato il punto di quota massima.

La definizione di tempo di corrivazione consente di spiegare perché la piena si verifica proprio se l'evento meteorico ha una durata almeno pari al tempo di corrivazione, dato che in questo caso tutta l'area scolante contribuisce ai fini del deflusso superficiale. Il concetto di tempo di corrivazione permette anche di giustificare perché nei piccoli bacini, aventi superficie dell'ordine di qualche decina di km², sono sufficienti piogge brevi (della durata di qualche ora) per determinare un evento di piena.

Per il calcolo del tempo di corrivazione di un bacino la "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità" del PAI propongono diverse metodologie, tra le quali quella di Giandotti, molto usata in Italia; tale formulazione, tuttavia, trova applicazione per bacini con estensione maggiore rispetto al bacino del T.Fiumarella. Nel caso specifico si è fatto quindi riferimento alla formulazione proposta da Ferro [Ferro, V. "Sistemazione dei bacini idrografici", 2006] valida per bacini con estensione compresa tra 1 e 5500 km²:

$$t_c = k\sqrt{A}$$

in cui t_c è espresso in ore, A in km² e k è un coefficiente pari a 0.675. Applicando tale equazione otteniamo infine un tempo di corrivazione del bacino pari a 3.81 h.



5. DEFINIZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Di fondamentale importanza per la stima della portata di piena è la valutazione del coefficiente di deflusso ϕ che tiene conto delle perdite in funzione della copertura del bacino. Nel presente studio, il valore di tale coefficiente è stato calcolato mediante il modello di pioggia netta del Curve Number (CN) proposto dal Soil Conservation Service (SCS).

Tale modello ipotizza che tra il volume specifico di pioggia netta P_{net} caduta all'inizio dell'evento meteorico fino all'istante generico t , ed il volume specifico di pioggia lorda P (ambidue espressi in mm) caduta nel medesimo intervallo temporale, esista la relazione:

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

nella quale S è il massimo volume specifico d'acqua che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione e I_a è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia produzione di deflusso. Con l'introduzione di questo parametro si tiene quindi conto di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali, che ritardano la formazione del deflusso superficiale.

In mancanza di adeguate informazioni sul bacino di interesse, per la stima di I_a si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

che sulla base di analisi di dati sperimentali condotte dal SCS, risulta verificata con buona approssimazione. Per la stima del parametro S invece si fa riferimento alla seguente espressione:

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

Nella quale S è espresso in mm, mentre l'indice di assorbimento CN è un parametro adimensionale compreso tra 0 e 100 che è funzione della natura del suolo, del



tipo di copertura vegetale e delle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione.

Al fine di definire il valore di CN, si è fatto riferimento alle carte di uso del suolo della Regione Calabria. In particolare, tramite software QGIS, si è proceduto intersecando l'area del bacino del T. Fiumarella con la carta di uso del suolo, ottenendo infine informazioni circa l'estensione areale delle varie porzioni di territorio (aree residenziali, boschi, coltivazioni etc..). Di seguito, in Tabella 3, vengono riportate le varie tipologie di area presenti all'interno dell'area di interesse, l'estensione territoriale ed il relativo coefficiente di deflusso, definito sulla base dei valori tabellari presentati nella pubblicazione "Applied Hydrology" [Ven Te Chow, 1988], facendo riferimento a suoli compresi tra il gruppo A ed il gruppo B e con una condizione di umidità del suolo di tipo standard indicata come AMC II (condizione intermedia).

Tabella 3 Coefficienti di deflusso per le aree individuate all'interno del bacino oggetto di studio

| Tipologia Area | Area [kmq] | CN |
|---|------------|----|
| Agrumeto | 0.742 | 67 |
| Aree con vegetazione rada | 2.504 | 71 |
| Aree estrattive | 0.007 | 65 |
| Aree interessate da incendi o altri eventi dannosi | 0.001 | 85 |
| Aree ricreative e sportive | 0.006 | 65 |
| Aree verdi urbane | 0.055 | 60 |
| Boschi di conifere | 0.109 | 60 |
| Boschi di latifoglie | 6.323 | 60 |
| Cantieri | 0.018 | 85 |
| Cespuglieti e arbusteti | 6.775 | 70 |
| Frutteti | 0.088 | 67 |
| oliveti misti agrumeti | 0.353 | 67 |
| Oliveti | 8.987 | 67 |
| Seminativi in aree irrigue | 1.834 | 90 |
| Rocce nude falesie e affioramenti | 0.012 | 85 |
| Oliveti misti vigneti | 0.21 | 66 |
| Spiagge e dune di sabbia | 0.044 | 85 |
| Sistemi colturali e particellari complessi | 0.143 | 72 |
| Seminativi in aree non irrigue | 3.149 | 80 |
| Vigneti | 0.021 | 66 |
| Tessuto discontinuo (extraurbano) | 0.097 | 72 |



| | | |
|----------------------------------|-------|-----|
| Tessuto continuo (urbano) | 0.252 | 85 |
| Superfici d'acqua | 0.2 | 100 |

Il coefficiente di deflusso complessivo è stato infine definito dalla media pesata dei singoli coefficienti delle aree individuate rispetto all'area di pertinenza. Applicando tale media pesata risulta infine un coefficiente di deflusso pari a $CN = 70$.



6. **MODELLAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI E STIMA DELLE ONDE DI PIENA**

Al fine di definire la portata al colmo di progetto è necessario applicare una modellazione afflussi-deflussi che tenga in considerazione le caratteristiche del bacino sopra definite e le LSPP di progetto, ottenute tramite modello di Gumbel. La modellazione è stata eseguita mediante un codice di calcolo sviluppato dall'Istituto di Idraulica del Politecnico di Milano a cura di P. Mignosa e A. Paoletti, denominato URBIS.

6.1 **Determinazione della pioggia di progetto**

Come dati meteorologici in ingresso nel modello afflussi-deflussi è stata immessa una pioggia di progetto con distribuzione di tipo Chicago [Keifer e Chu, 1957]. Tale ietogramma è caratterizzato da un picco di intensità massima i_{max} che può essere posizionato arbitrariamente all'inizio, alla fine oppure in una posizione intermedia dell'evento, e da una intensità media uguale a quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica; l'intensità $i(t)$ e l'altezza di pioggia $h(t)$ dello ietogramma sono date dalle equazioni:

$$i(t) = n \cdot \alpha' \cdot \left(\frac{t_r - t}{k}\right)^{n'-1} \quad h(t) = k \cdot \alpha' \cdot \left[\left(\frac{t_r}{k}\right)^{n'} - \left(\frac{t_r - t}{k}\right)^{n'}\right] \quad \text{per } t \leq t_r$$

$$i(t) = n \cdot \alpha' \cdot \left(\frac{t - t_r}{1-k}\right)^{n'-1} \quad h(t) = \alpha' \cdot \left[k \cdot \left(\frac{t_r}{k}\right)^{n'} + (1-k) \cdot \left(\frac{t_r - t}{k}\right)^{n'}\right] \quad \text{per } t \geq t_r$$

dove α' ed n' sono i parametri delle LSPP ragguagliate all'area, mentre $t_r = k\theta$ è l'istante di tempo in cui si verifica il picco.

Lo ietogramma Chicago rappresenta una pioggia critica per tutte le durate, nel senso che a tutte le durate corrisponde la stessa probabilità cumulata. Quindi nel dimensionamento di un'opera idraulica è possibile utilizzare un unico ietogramma Chicago per tutte le sezioni. Gli altri ietogrammi, invece, devono essere modificati in funzione della durata critica del bacino considerato.

Nella realtà un evento pluviometrico che è critico per una durata d non è necessariamente critico anche per tutte le altre durate e l'altezza complessiva dello ieto-



gramma Chicago è superiore a quella di ciascuno degli eventi reali che risultano critici per le diverse durate. Di conseguenza, nei problemi in cui, oltre alle intensità, contano anche i volumi di pioggia, ad esempio quando interessa la laminazione delle piene per mezzo di vasche volano, lo ietogramma Chicago risulta più gravoso di ciascuno degli eventi che costituiscono il caso critico. Questa considerazione finale conferma l'attendibilità della scelta di questo ietogramma nei confronti del caso in esame.

Nel presente studio la posizione del picco è definita ad 3/4 della durata complessiva dell'evento, posta pari a 12 ore. Il passo temporale utilizzato per la pioggia è di 5 minuti. I parametri a ed n , per assegnato tempo di ritorno, si riferiscono alle LSPP di progetto riportate nella Tabella 2.

6.2 **Modello di Nash**

Per la modellazione afflussi-deflussi è stato utilizzato il modello di Nash. In questo modello l'idrogramma unitario istantaneo (IUH) assume la seguente forma:

$$h(t) = \frac{1}{k \cdot (n-1)!} \cdot \left(\frac{t}{k}\right)^{n-1} \cdot e^{-t/k}$$

dove k è la costante di invaso di ciascuno degli n serbatoi supposti tutti uguali. Dato che la maggior parte del bacino si sviluppa in territorio collinare, si presuppone che i tempi di risposta siano piuttosto brevi e la formazione della piena tenderà ad evolversi molto rapidamente; ci è apparso quindi ragionevole assumere il numero di serbatoi n uguale a 3. Per quanto riguarda la determinazione della costante di invaso k nel modello utilizzato essa dipende direttamente dal tempo di corrivazione t_c ed è legata ad esso tramite la relazione:

$$k = \frac{0,5 \cdot t_c}{n - 1}$$

Come per la determinazione degli ietogrammi di progetto, i calcoli sono stati effettuati mediante il programma URBIS.



7. DEFINIZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO

Sulla base dei parametri definiti nei paragrafi precedenti e mediante il modello appena descritto, si è proceduto alla ricostruzione degli idrogrammi di piena per il bacino di interesse e per i diversi tempi di ritorno considerati. I risultati ottenuti, in termini di portate al colmo di piena, sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 4 Portate al colmo di progetto al variare del tempo di ritorno

| Bacino naturale | Q_{50} [m³/s] | Q_{100} [m³/s] | Q_{200} [m³/s] | Q_{500} [m³/s] |
|----------------------------|--|---|---|---|
| Torrente Fiumarella | 204.40 | 237.76 | 271.58 | 316.12 |

Nella figura seguente si riportano le onde di piena di progetto (T=50, 100, 200 e 500 anni) calcolate con il modello di Nash. Tali onde verranno utilizzate come input pluviometrico del modello idrodinamico della corrente.

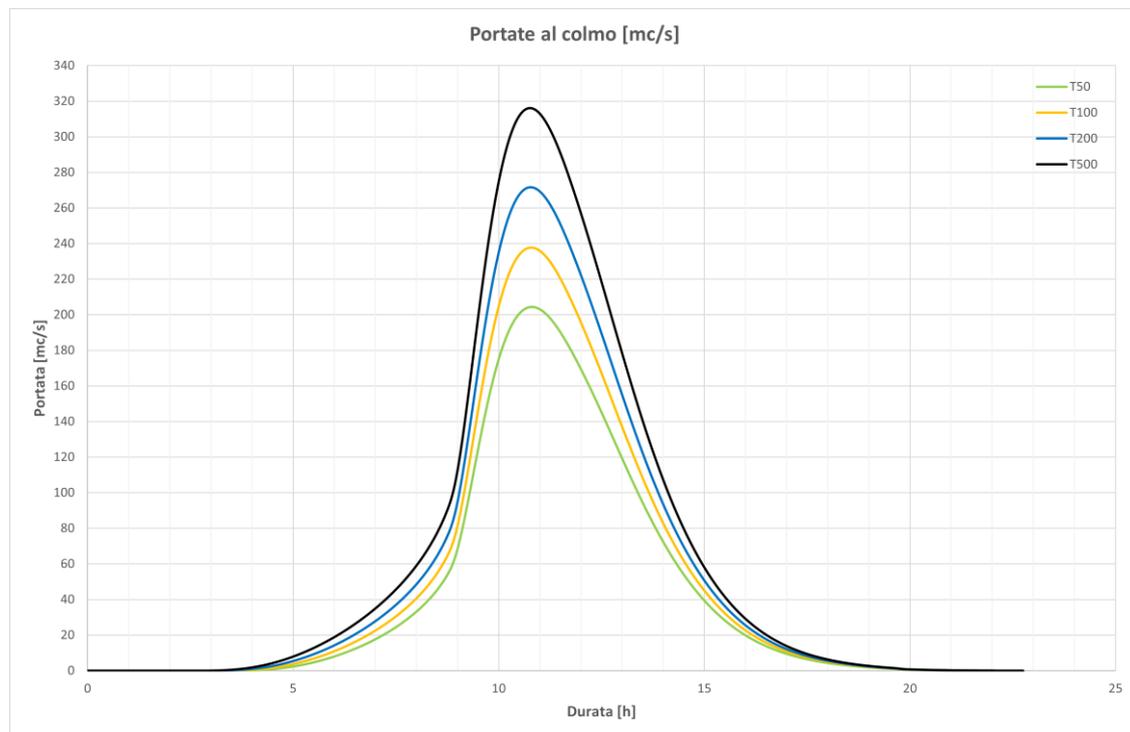


Figura 8 Portate al colmo definite dalla modellazione afflussi-deflussi



8. ANALISI IDRAULICA

Sulla base delle portate definite tramite la precedente analisi idrologica è stato simulato il comportamento idraulico del torrente Fiumarella mediante l'implementazione di un modello idraulico monodimensionale. Allo scopo si è fatto riferimento al codice di calcolo HEC-RAS 5.0.3 dell'U.S. Army Corps of Engineers. I tempi di ritorno simulati sono quelli di interesse per il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Calabria e quindi 50, 200 e 500 anni. È stata inoltre condotta un'ulteriore analisi con tempo di ritorno pari a 100 anni.

8.1 Il codice di calcolo HEC-RAS 5.0.3

Il modello monodimensionale è stato implementato mediante l'uso del software HEC-RAS 5.0.3 sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center.

Per la modellazione monodimensionale, HEC-RAS risolve le equazioni di De Saint Venant distinguendo tra alveo e zone golenali:

Equazione di continuità

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

dove

- x: distanza lungo il canale;
- t: tempo;
- Q: portata;
- A: area della sezione;
- S: area della sezione non considerata contribuyente al deflusso (ineffective flow area);
- q_l : flusso laterale per unità di lunghezza.

L'equazione può essere scritta per l'alveo inciso, per la golenella destra e per la golenella sinistra:

$$\frac{\partial A_a}{\partial t} + \frac{\partial Q_a}{\partial x_a} - q_g = 0$$



$$\frac{\partial A_g}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q_g}{\partial x_g} = q_a + q_l$$

dove il pedice a e g indicano, rispettivamente, alveo inciso e golene mentre q_c e q_g indicano gli scambi di portata tra l'alveo inciso e le zone golenali. Si noti come siano considerate distanze diverse lungo l'alveo inciso e le zone golenali.

Equazione dell'energia

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S \right) = 0$$

dove:

- g accelerazione di gravità;
- S perdite di energia dovute alla scabrezza;
- V velocità.

Anche in questo caso possiamo scrivere l'equazione per l'alveo inciso e per le golene:

$$\frac{\partial Q_a}{\partial t} + \frac{\partial(V_a Q_a)}{\partial x_a} + gA_a \left(\frac{\partial z}{\partial x_a} + S_a \right) = M_g$$

$$\frac{\partial Q_g}{\partial t} + \frac{\partial(V_g Q_g)}{\partial x_g} + gA_g \left(\frac{\partial z}{\partial x_g} + S_g \right) = M_a$$

$$\Delta x_a M_a = -\Delta x_g M_g$$

dove M rappresenta lo scambio di quantità di moto tra alveo inciso e golene, si noti che nelle equazioni, z (livello d'acqua) non è sottoscritto; infatti, un modello monodimensionale ha come assunzione implicita che il livello è costante all'interno dell'intera sezione. La velocità è invece diversa tra alveo inciso e zone golenali, per cui si avrebbe un valore dell'energia diverso, non possibile in un modello monodimensionale. Il valore dell'energia viene calcolato introducendo il valore α . Considerando una velocità media nella sezione e differenziando tra alveo, golena destra e golena sinistra, facendo una media pesata sulle portate, possiamo scrivere:



$$\alpha \frac{\bar{V}}{2g} = \frac{Q_{gsx} \frac{V_{gsx}^2}{2g} + Q_a \frac{V_a^2}{2g} + Q_{gdx} \frac{V_{gdx}^2}{2g}}{Q_{gsx} + Q_a + Q_{gdx}}$$

assumendo che la pendenza della linea dell'energia è unica risulta anche:

$$Q_{gsx} = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_{gsx} \quad Q_a = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_a \quad Q_{gdx} = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_{gdx}$$

dove K rappresenta la conveyance o conduttività idraulica. Inserendo quest'ultime nell'equazione precedente si ottiene:

$$\alpha = \frac{A_{Tot}^2 \left[\frac{K_{gsx}^3}{A_{gsx}^2} + \frac{K_a^3}{A_a^2} + \frac{K_{gdx}^3}{A_{gdx}^2} \right]}{K_{Tot}^3}$$

HEC-RAS utilizza l'equazione di Manning per la definizione delle perdite di carico per attrito:

$$Q = \frac{AR_H^{2/3} \sqrt{S}}{n}$$

dove n è il coefficiente di scabrezza secondo tale formulazione.

HEC-RAS nella scrittura, e quindi implementazione, dell'equazione dell'energia distingue sempre tra alveo inciso e zone golenali calcolando separatamente la conveyance di queste zone. Nel caso in cui all'interno di tali zone vi siano variazioni di scabrezza suddivide ulteriormente la sezione calcolando la conveyance per ogni tratto a partire da area e contorno bagnato.

Oltre alle perdite di carico per attrito, HEC-RAS considera anche le perdite di carico per allargamento o restringimento della sezione:

$$h_e = C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove c indica il coefficiente di contrazione.

In HEC-RAS possono essere schematizzate diversi tipi di strutture, sia trasversali al corso d'acqua che parallele allo stesso.

Per non appesantire la trattazione e per dettagli sul funzionamento computazionale del codice di calcolo utilizzato, si rimanda all'ampia documentazione disponibile al seguente indirizzo <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>.



8.2 Implementazione del modello matematico

8.2.1 Descrizione geometrica dell'alveo

Il tratto oggetto di studio si estende per una lunghezza totale di circa 740 m nella porzione terminale del T. Fiumarella. Tale tratto, ai fini della modellazione numerica, è stato suddiviso in 60 sezioni trasversali. Il modello è stato infine definito sul DEM del tratto di studio, già disponibile e realizzato a seguito dell'accordo tra il Commissario Straordinario della Regione Calabria e Università della Calabria (Dipartimento DIBEST). Tale modello digitale è stato realizzato con una risoluzione 5x5 m.



Figura 9 DEM utilizzato per la modellazione idraulica del T. Fiumarella



8.2.3 Coefficienti di scabrezza

I calcoli idraulici per la ricostruzione dei profili di piena sono stati effettuati con riferimento al coefficiente di scabrezza di Strickler o di Manning ($n = 1/k_s$), indicati nel testo "Ven Te Chow, Ph. D – Open Channel Hydraulics" - Mc Graw Hill International Editions – 1986".

La scelta è stata effettuata considerando le caratteristiche geometriche dei materiali che compongono attualmente l'alveo e della copertura vegetale delle sponde. Nello specifico si è adottato un valore di k_s pari a $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per i tratti con fondo e sponde naturali. Le aree golenali non sono state definite, in quanto non presenti nel rilievo a disposizione.

8.3 Simulazioni condotte e risultati ottenuti

Sulla base delle considerazioni espresse nei paragrafi precedenti, il modello ha condotto all'individuazione dei livelli di piena e alle portate che si formano lungo l'asta del torrente Fiumarella e per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni. Le simulazioni condotte sono state eseguite in moto permanente: tale scelta è stata dettata dal DEM a disposizione, dal quale non è stato possibile definire con esattezza i limiti dell'asta fluviale e delle aree limitrofe a causa della presenza di alberi ed altre interferenze che generano dislivelli tali da non permettere una corretta definizione della geometria del problema.

Di seguito vengono riportati i risultati grafici ottenuti a seguito della modellazione idraulica. La Figura 11 riporta il profilo di moto permanente definito per i diversi tempi di ritorno analizzati.

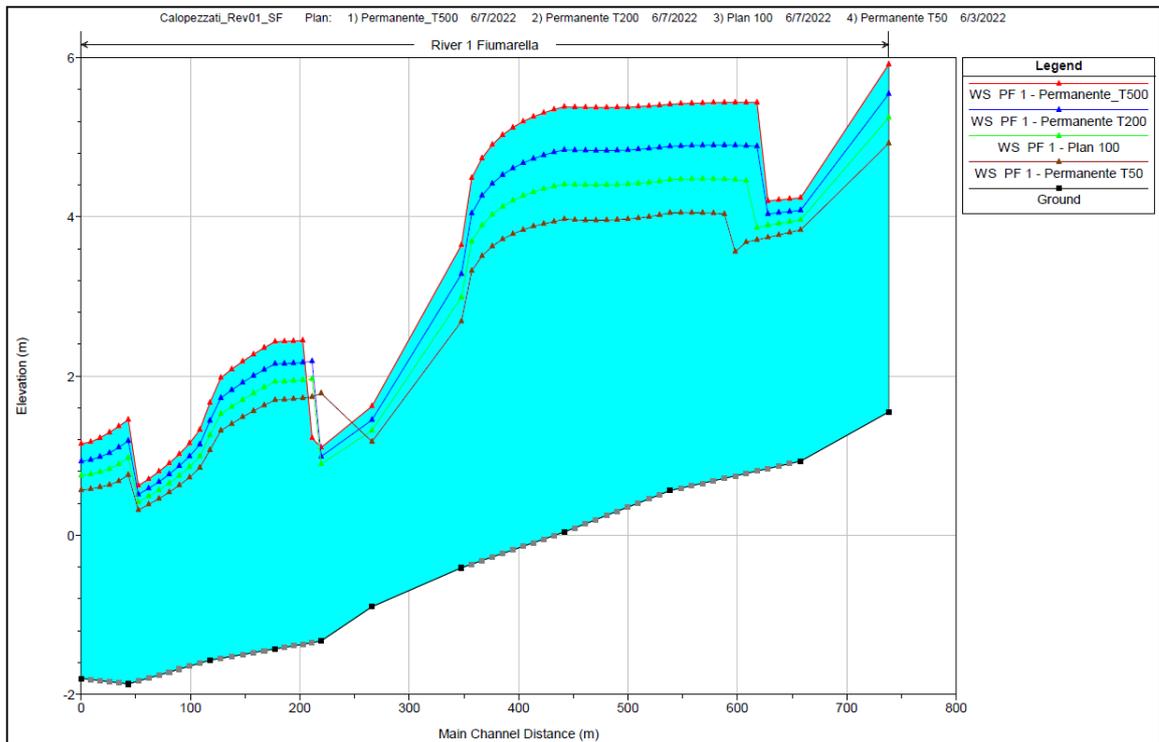


Figura 11 Profilo di moto permanente ai vari tempi di ritorno considerati

In Figura 12 viene riportato, infine, uno stralcio delle analisi eseguite sulle singole sezioni trasversali definite. Come si evince da tale elaborazione, il tirante idrico definito risulta maggiore rispetto all'alveo del T. Fiumarella già a partire dalla modellazione con $T = 50$ anni. Tale risultato viene riscontrato per ciascuna sezione analizzata. Come anticipato, tale elaborazione risulta influenzata dal DEM in ingresso, con una risoluzione non adatta alla definizione di scenari di inondamento e analisi più approfondite.

I risultati in termini di altezza del pelo libero per le altre sezioni analizzate, vengono infine riportati negli allegati alla presente relazione.

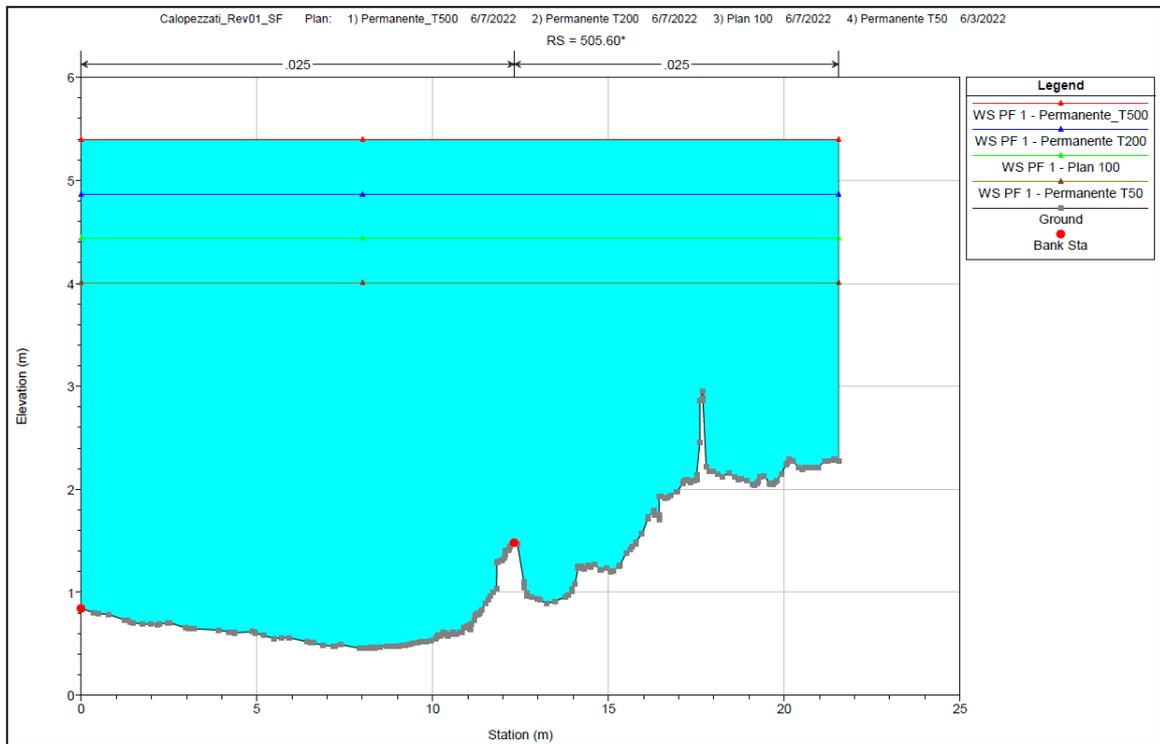


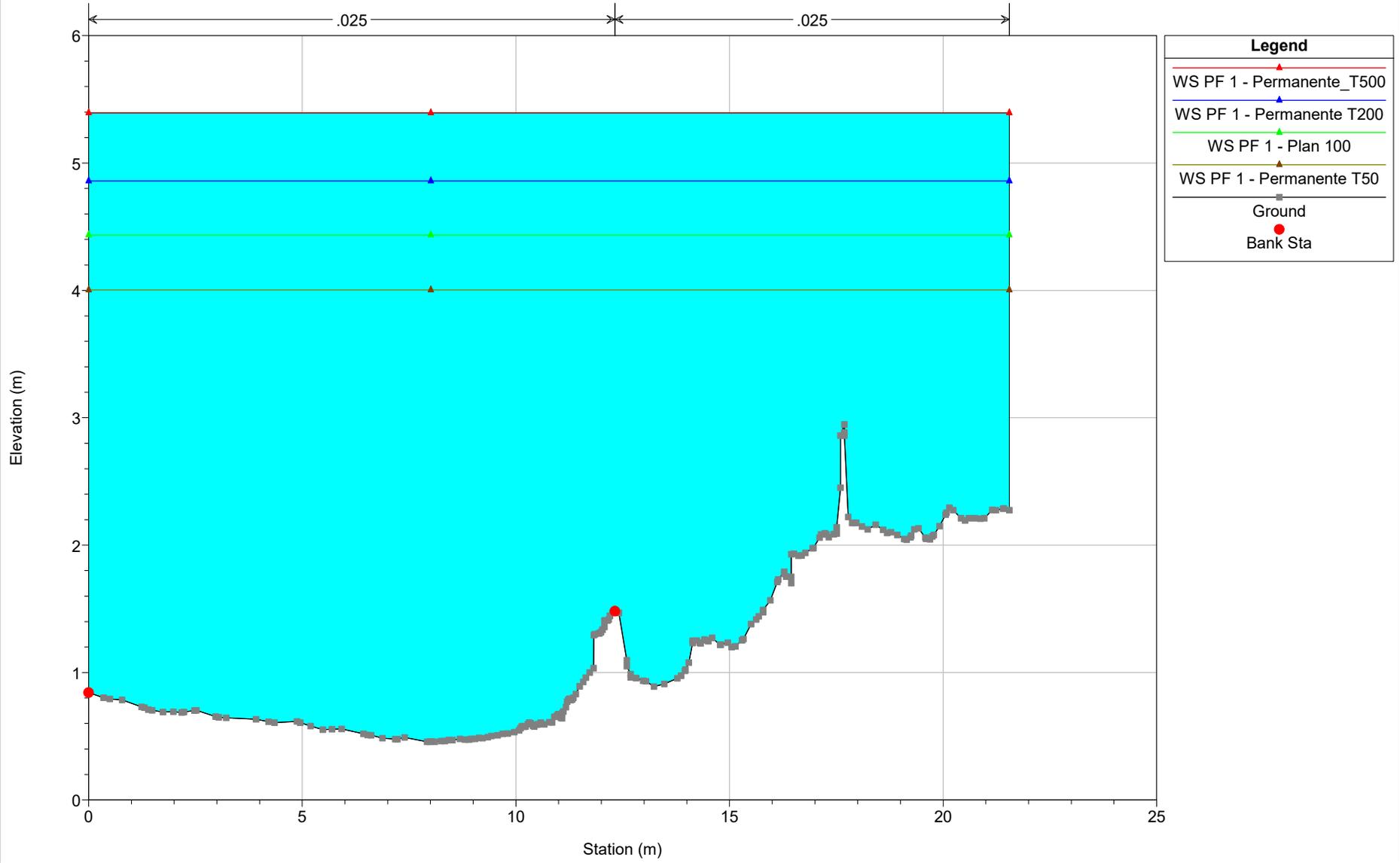
Figura 12 Altezze del pelo libero al variare dei tempi di ritorno per la sezione di calcolo n°1



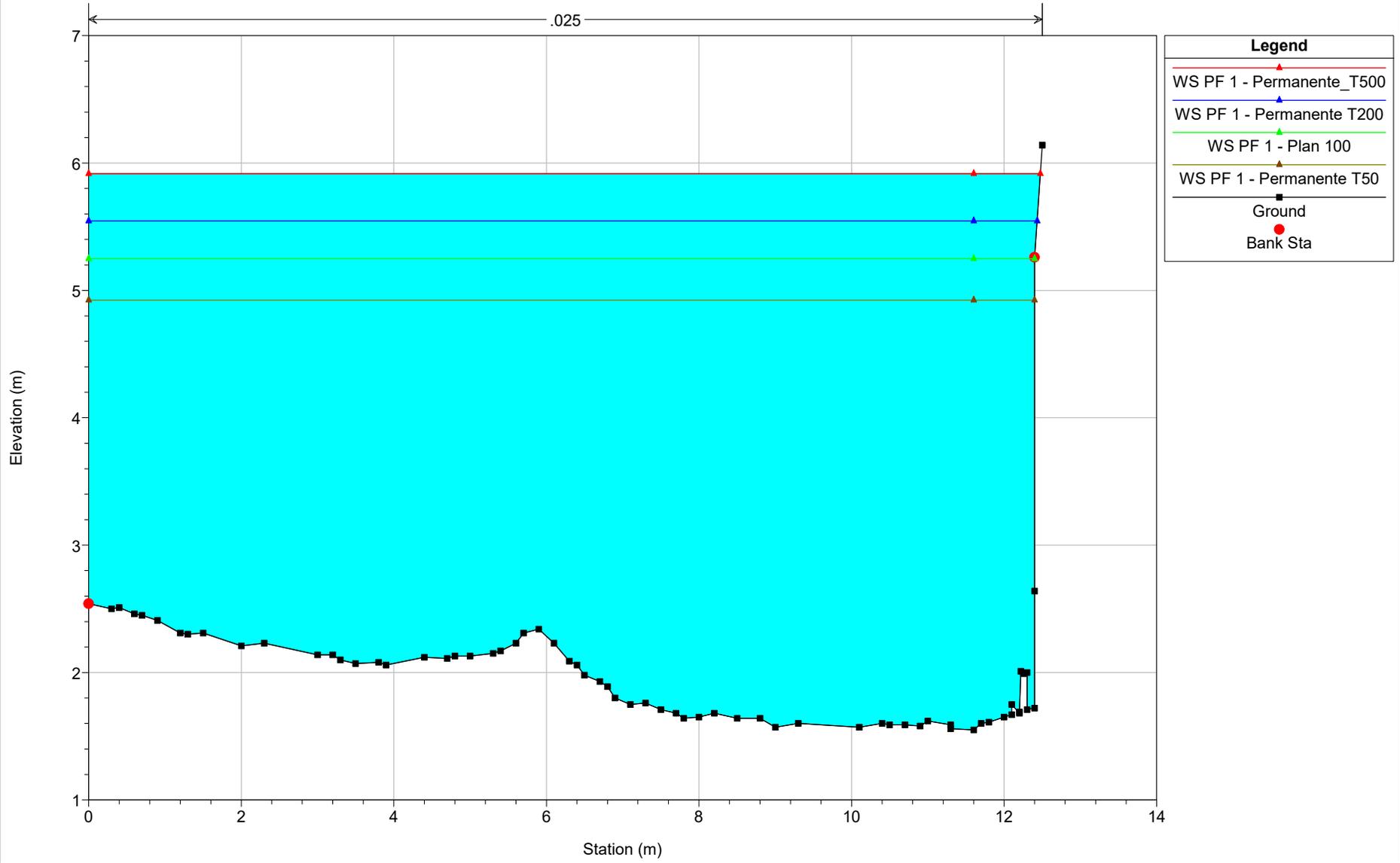
ALLEGATO – TIRANTE IDRICO

Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

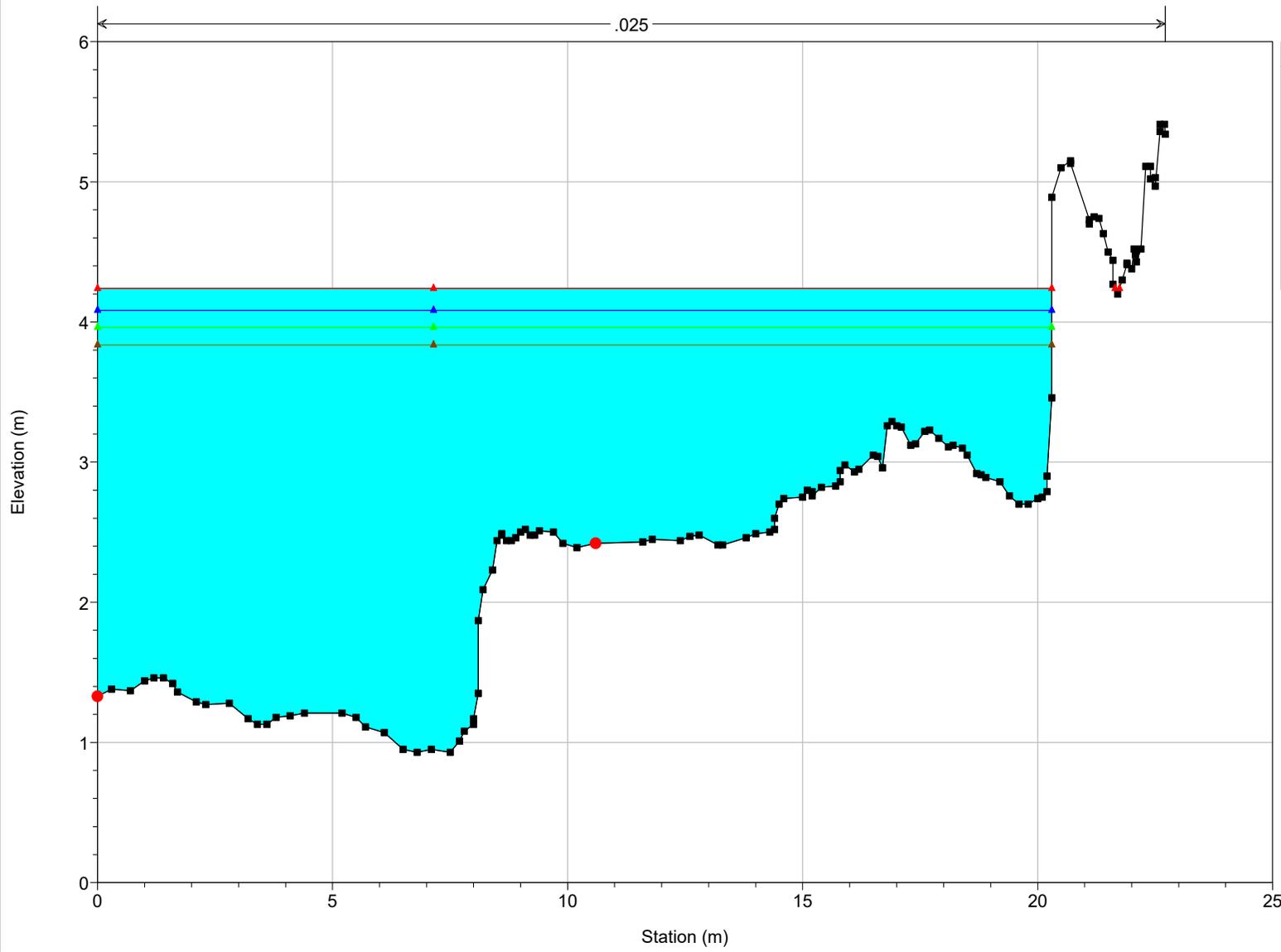
RS = 505.60°



RS = 712

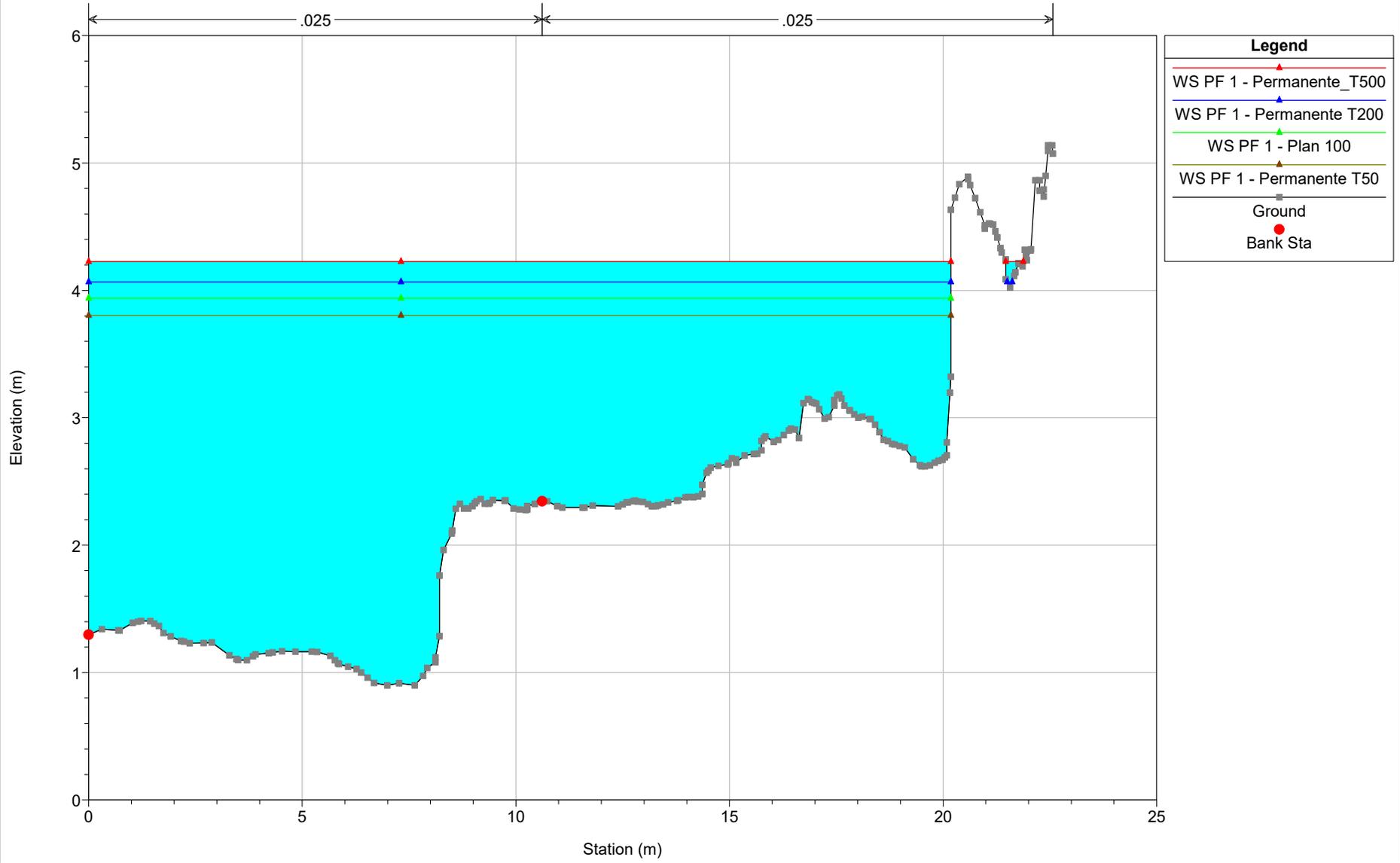


RS = 645



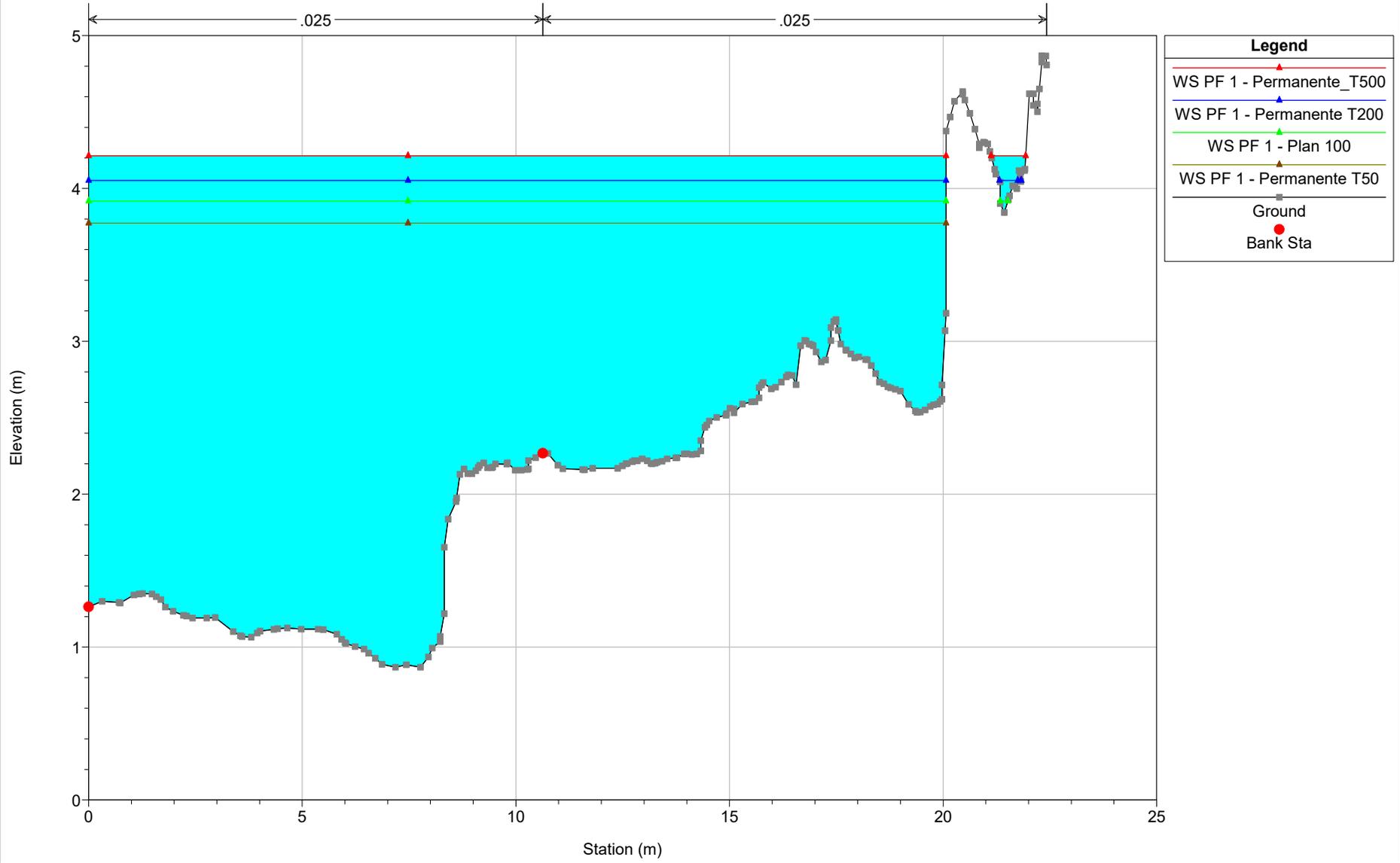
| Legend | |
|--------|---------------------------|
| —▲— | WS PF 1 - Permanente_T500 |
| —▲— | WS PF 1 - Permanente T200 |
| —▲— | WS PF 1 - Plan 100 |
| —▲— | WS PF 1 - Permanente T50 |
| ■ | Ground |
| ● | Bank Sta |

RS = 635.00*



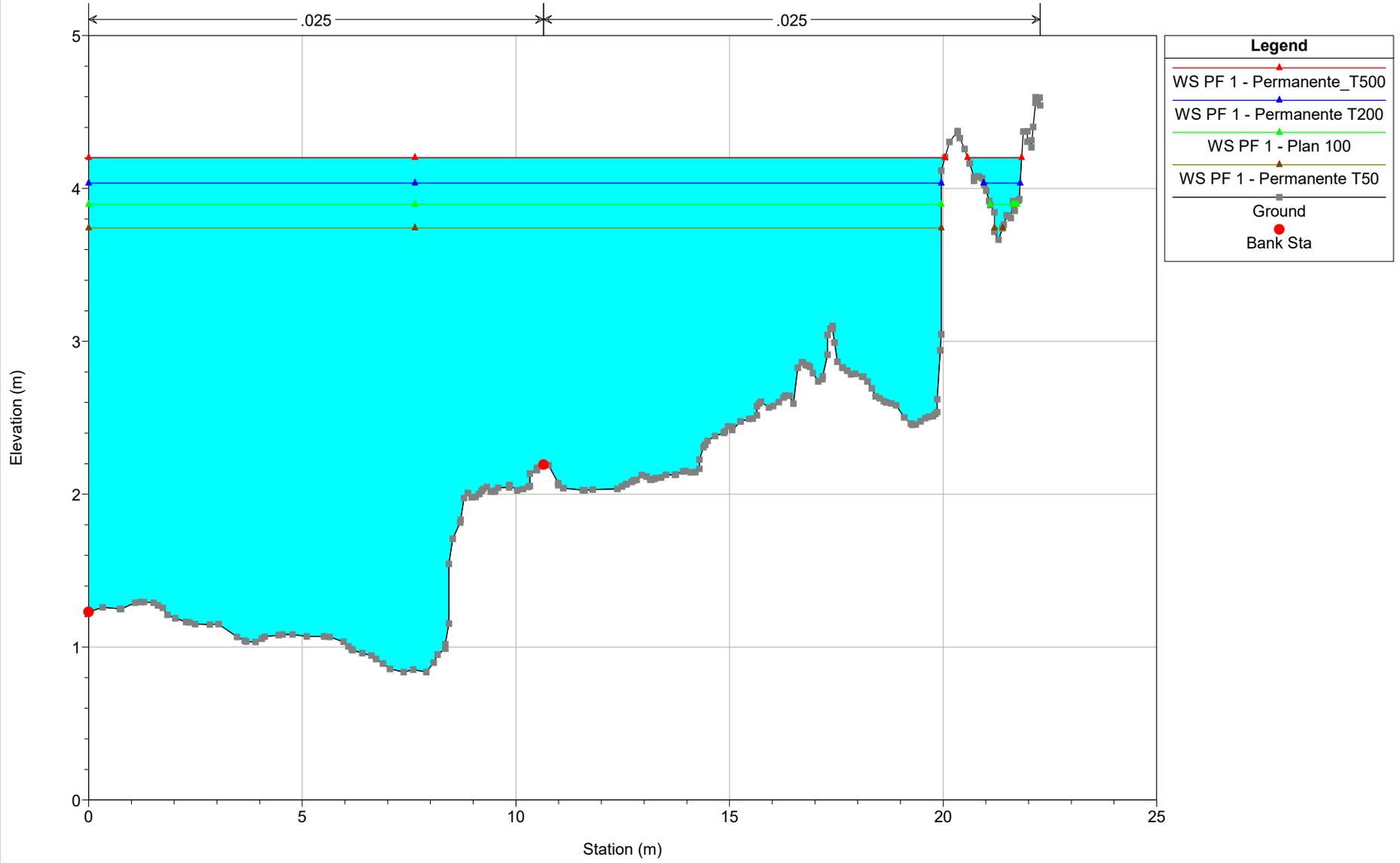
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 625.00*

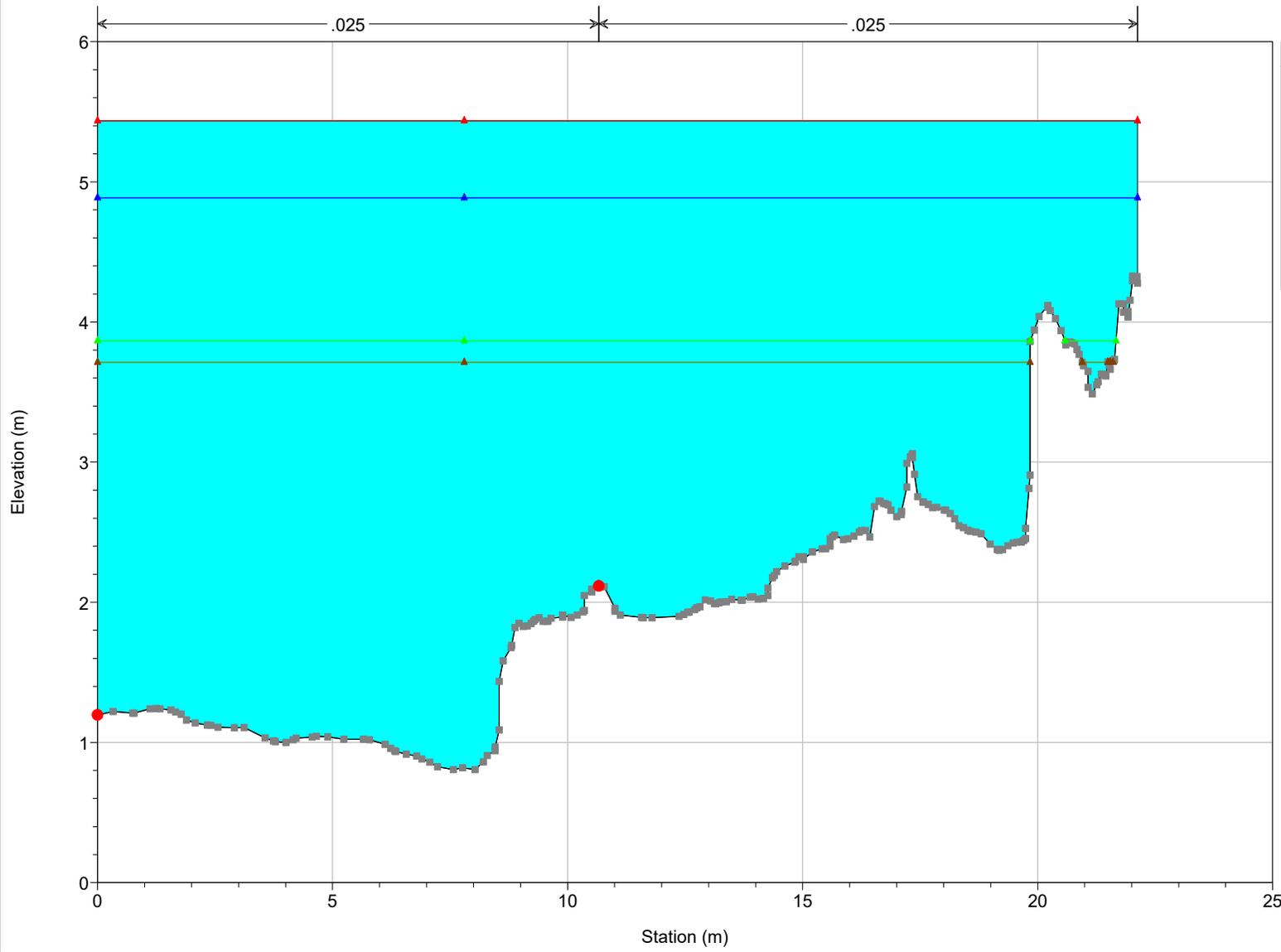


Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 615.00*



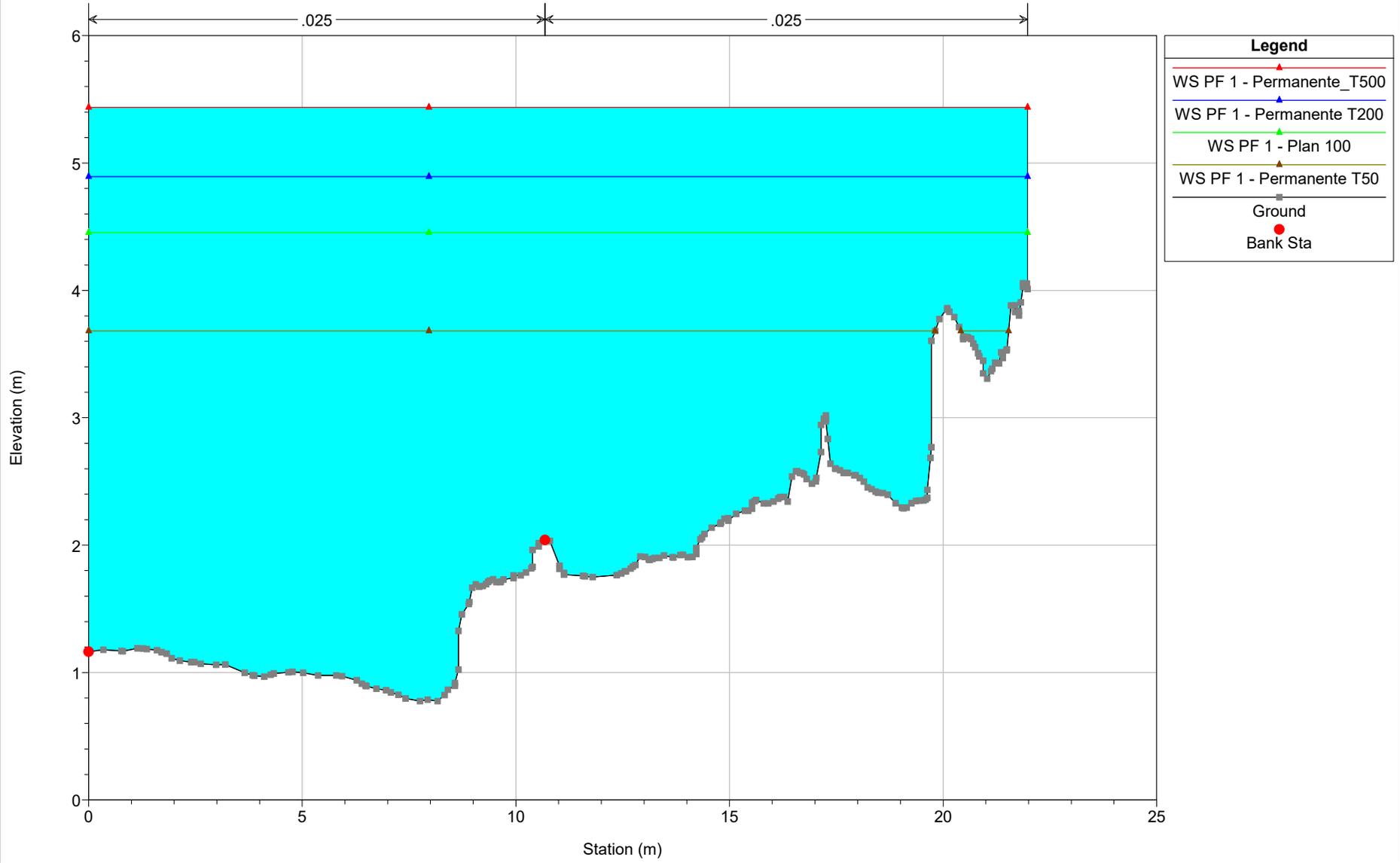
RS = 605.00*



| Legend | |
|---------------------------|---|
| WS PF 1 - Permanente_T500 | ▲ |
| WS PF 1 - Permanente T200 | ▲ |
| WS PF 1 - Plan 100 | ▲ |
| WS PF 1 - Permanente T50 | ▲ |
| Ground | ■ |
| Bank Sta | ● |

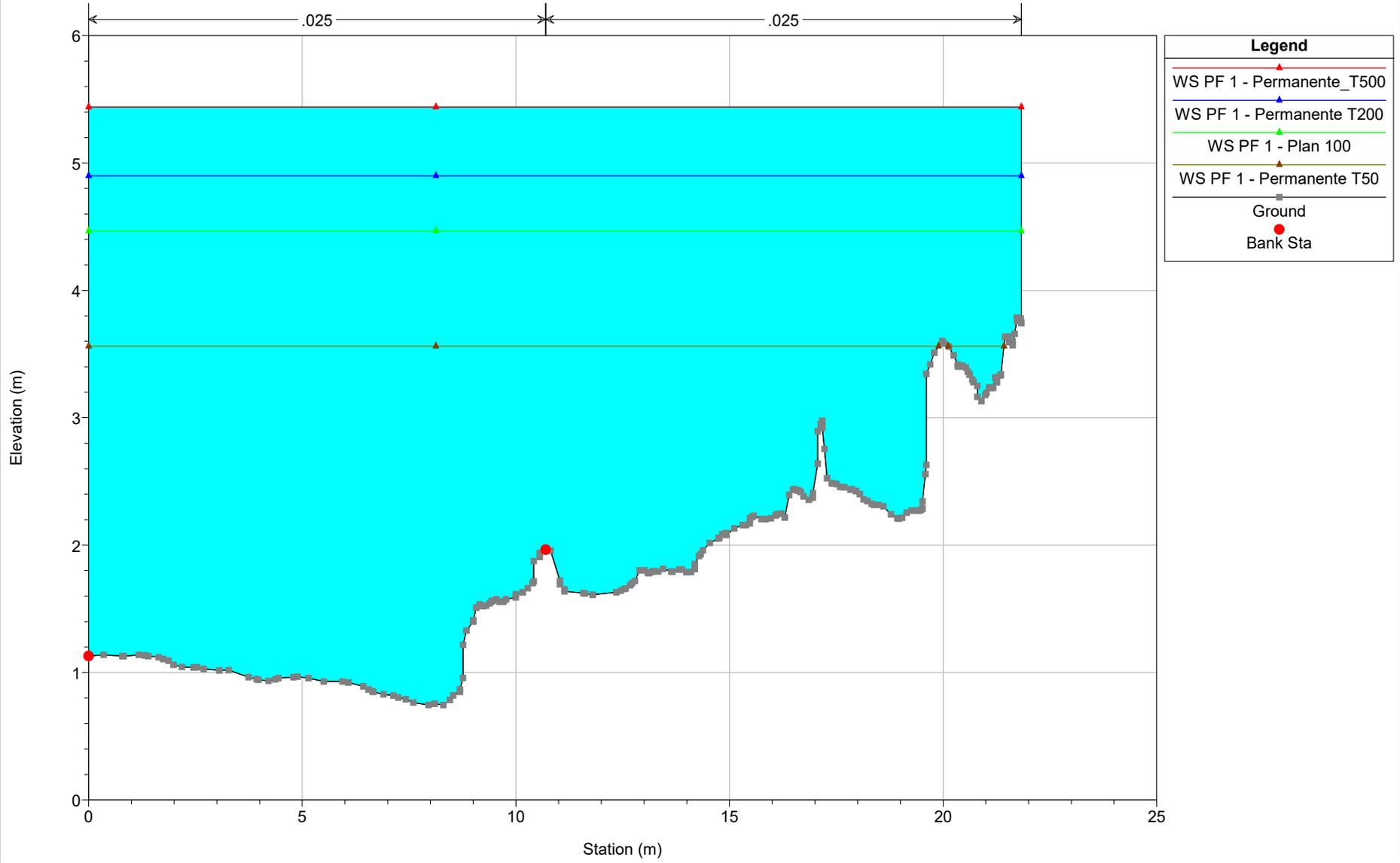
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 595.00*

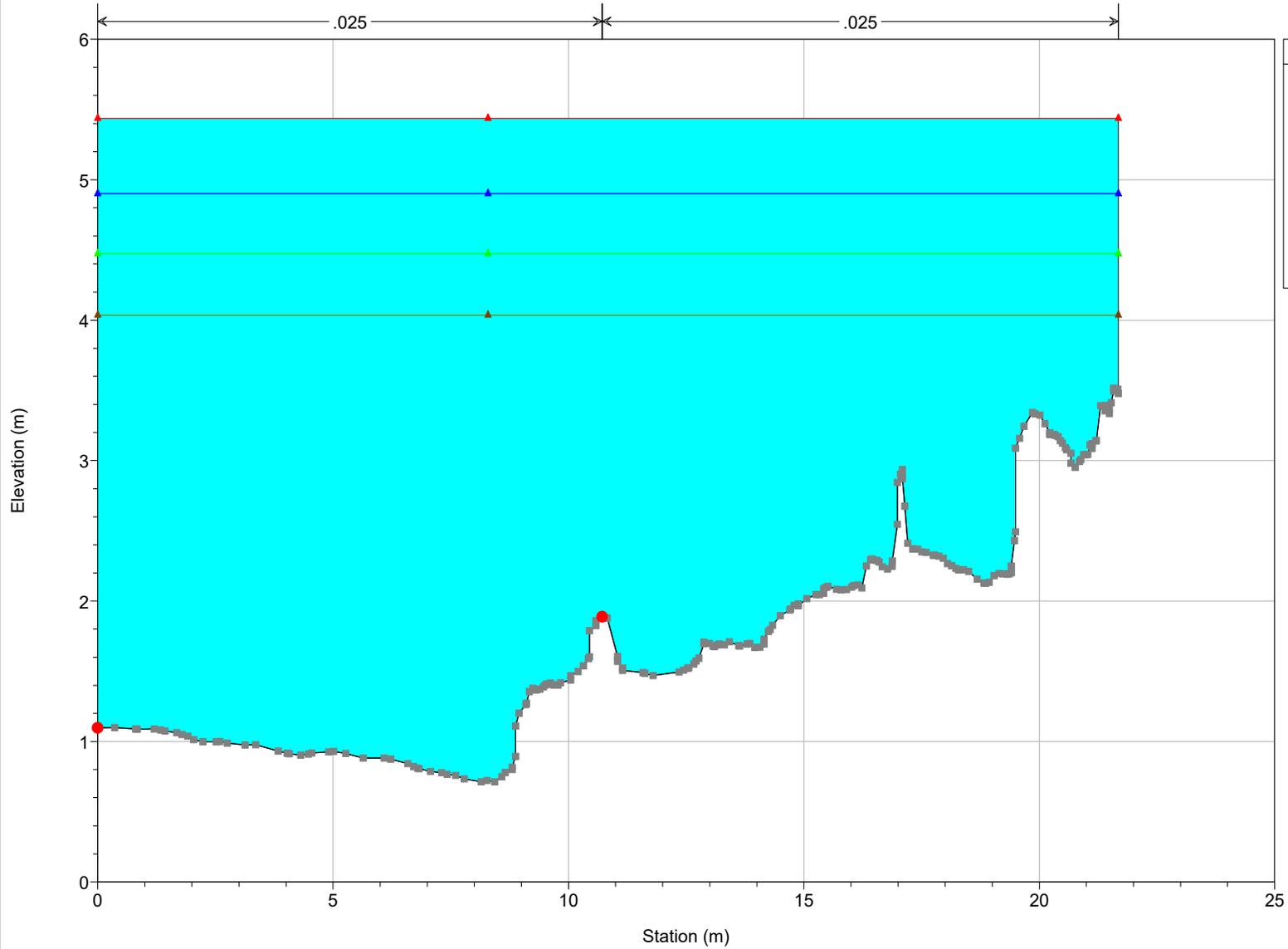


Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 585.00*



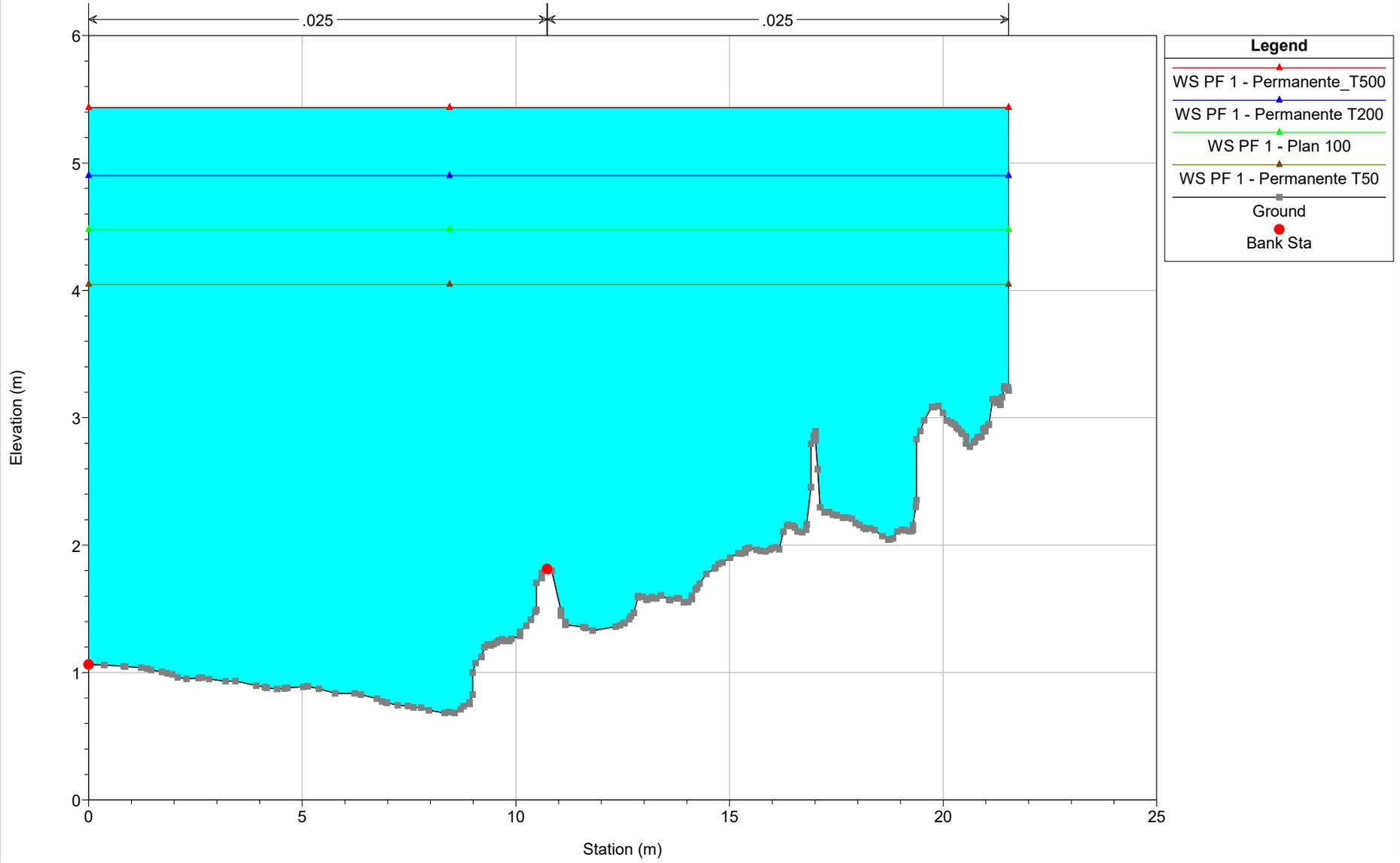
RS = 575.00*



| Legend | |
|---------------------------|---|
| WS PF 1 - Permanente_T500 | ▲ |
| WS PF 1 - Permanente T200 | ▲ |
| WS PF 1 - Plan 100 | ▲ |
| WS PF 1 - Permanente T50 | ▲ |
| Ground | ■ |
| Bank Sta | ● |

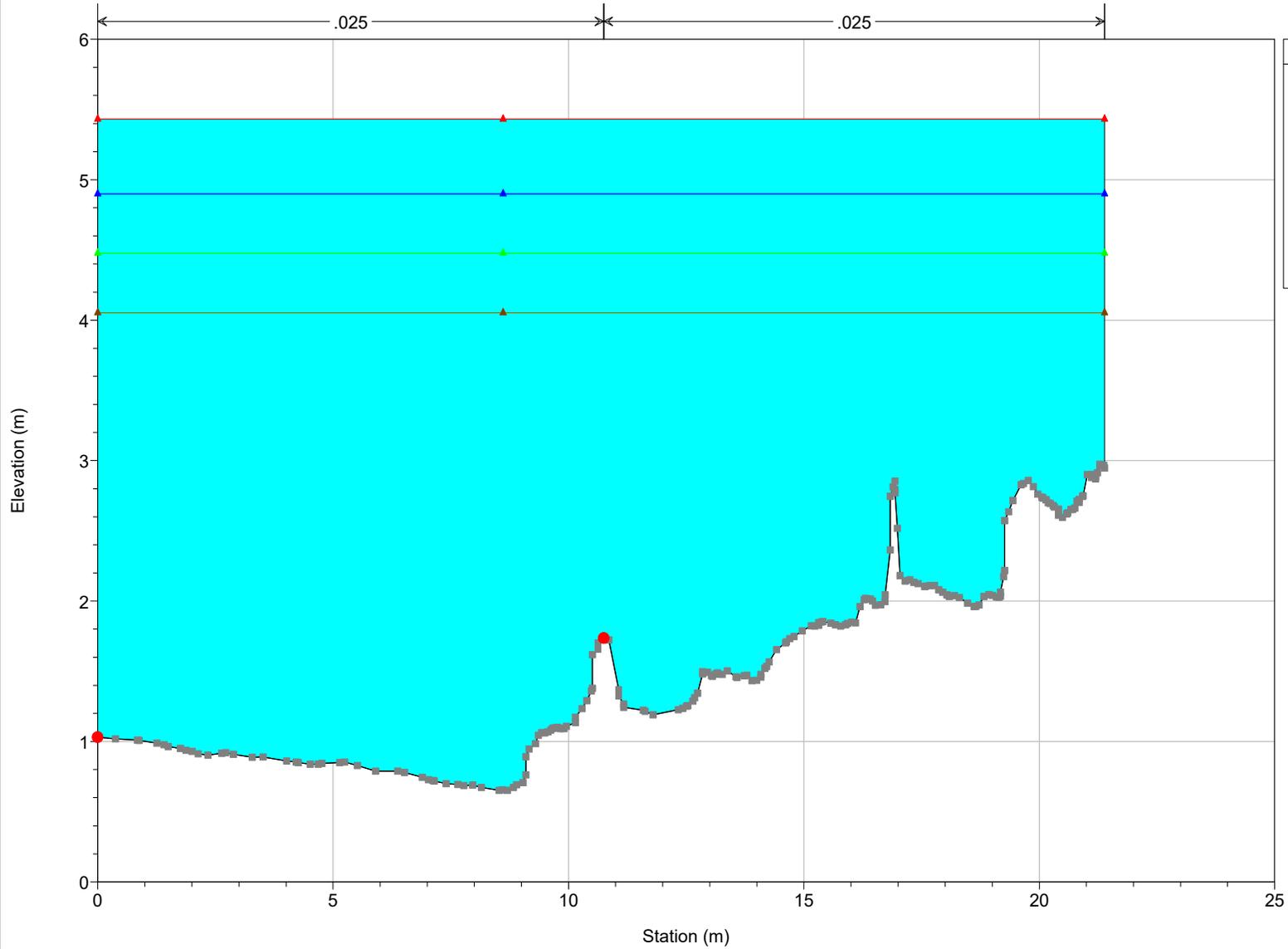
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 565.00*



Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 555.00*

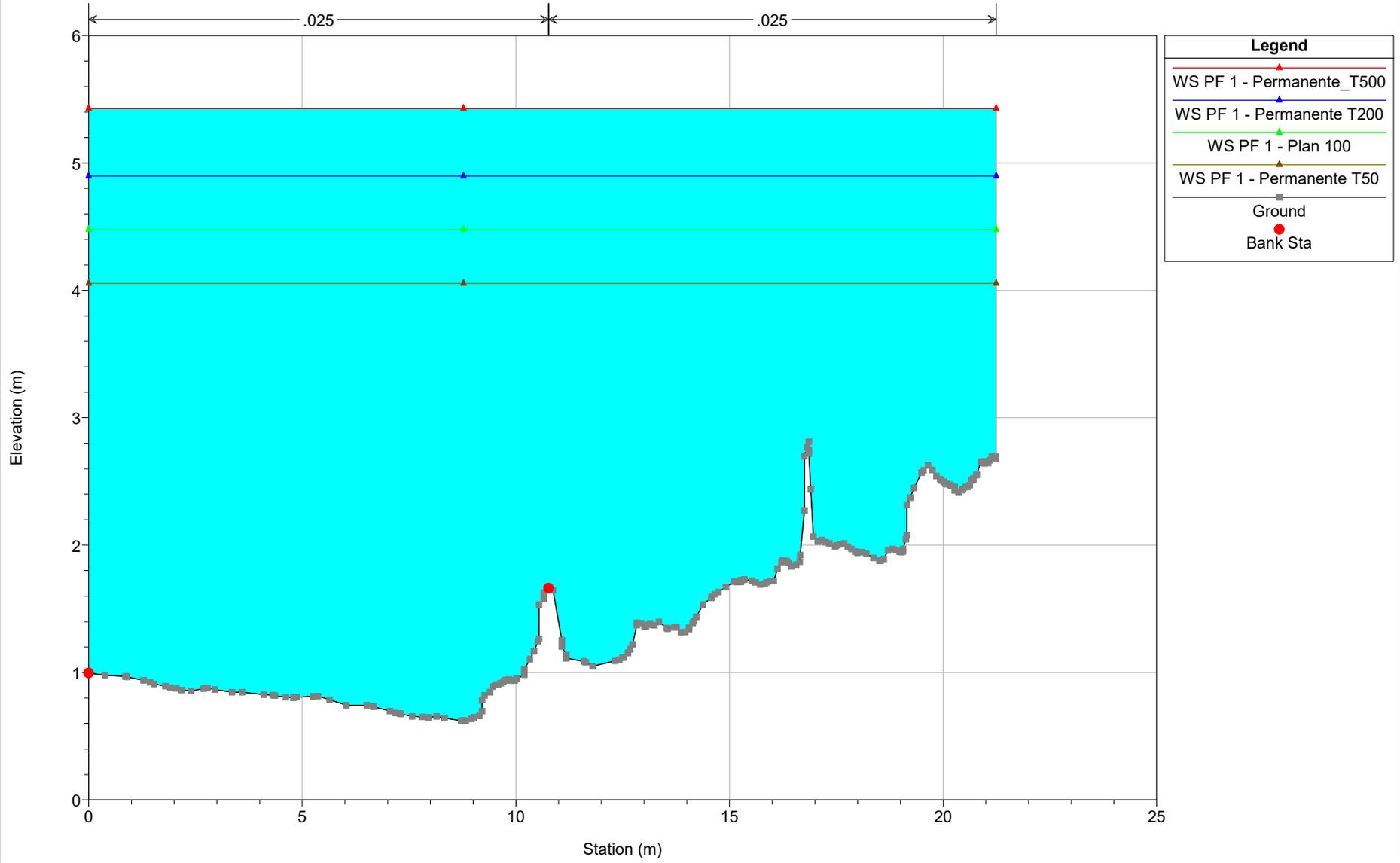


Legend

- WS PF 1 - Permanente_T500
- WS PF 1 - Permanente T200
- WS PF 1 - Plan 100
- WS PF 1 - Permanente T50
- Ground
- Bank Sta

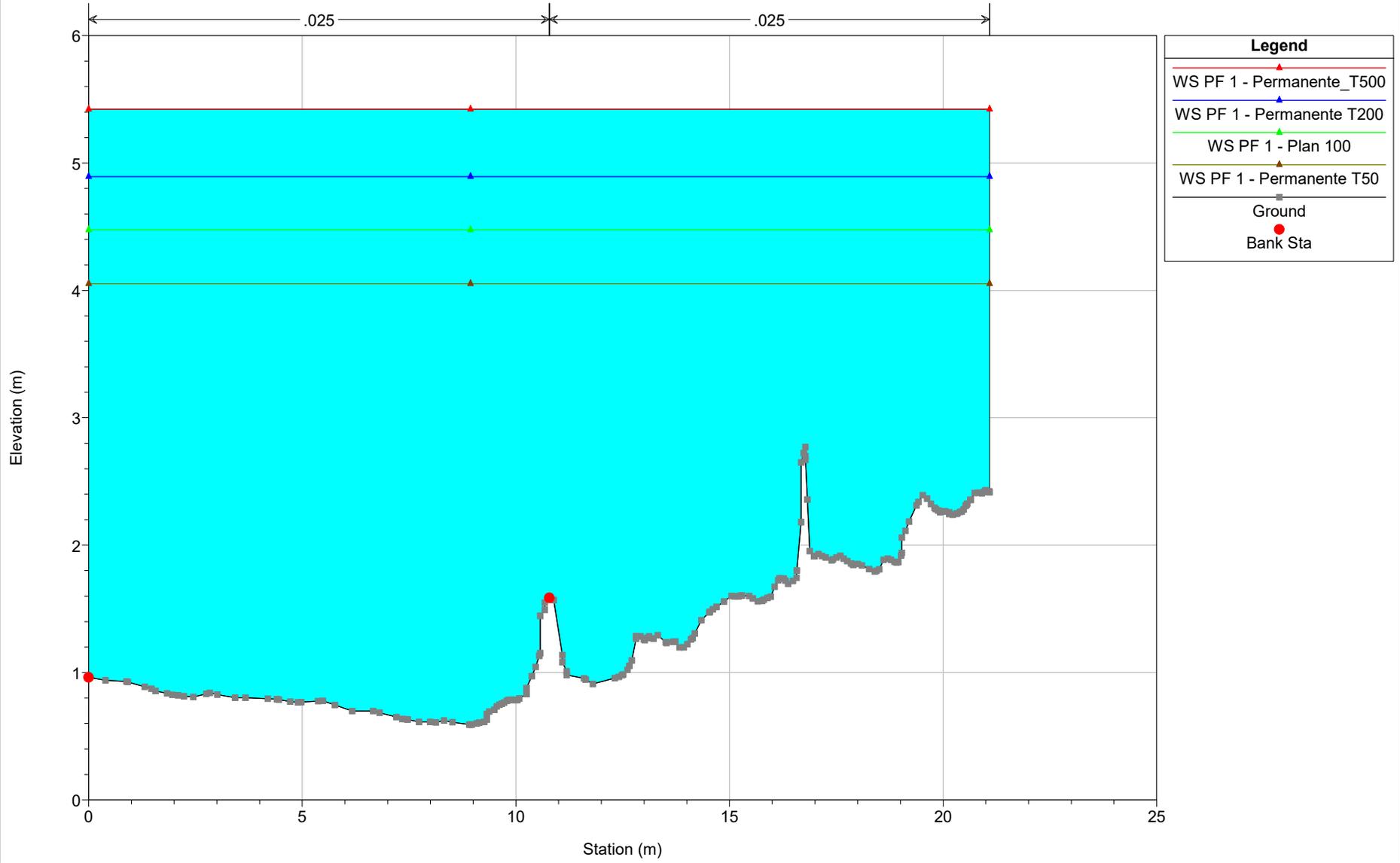
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 545.00*

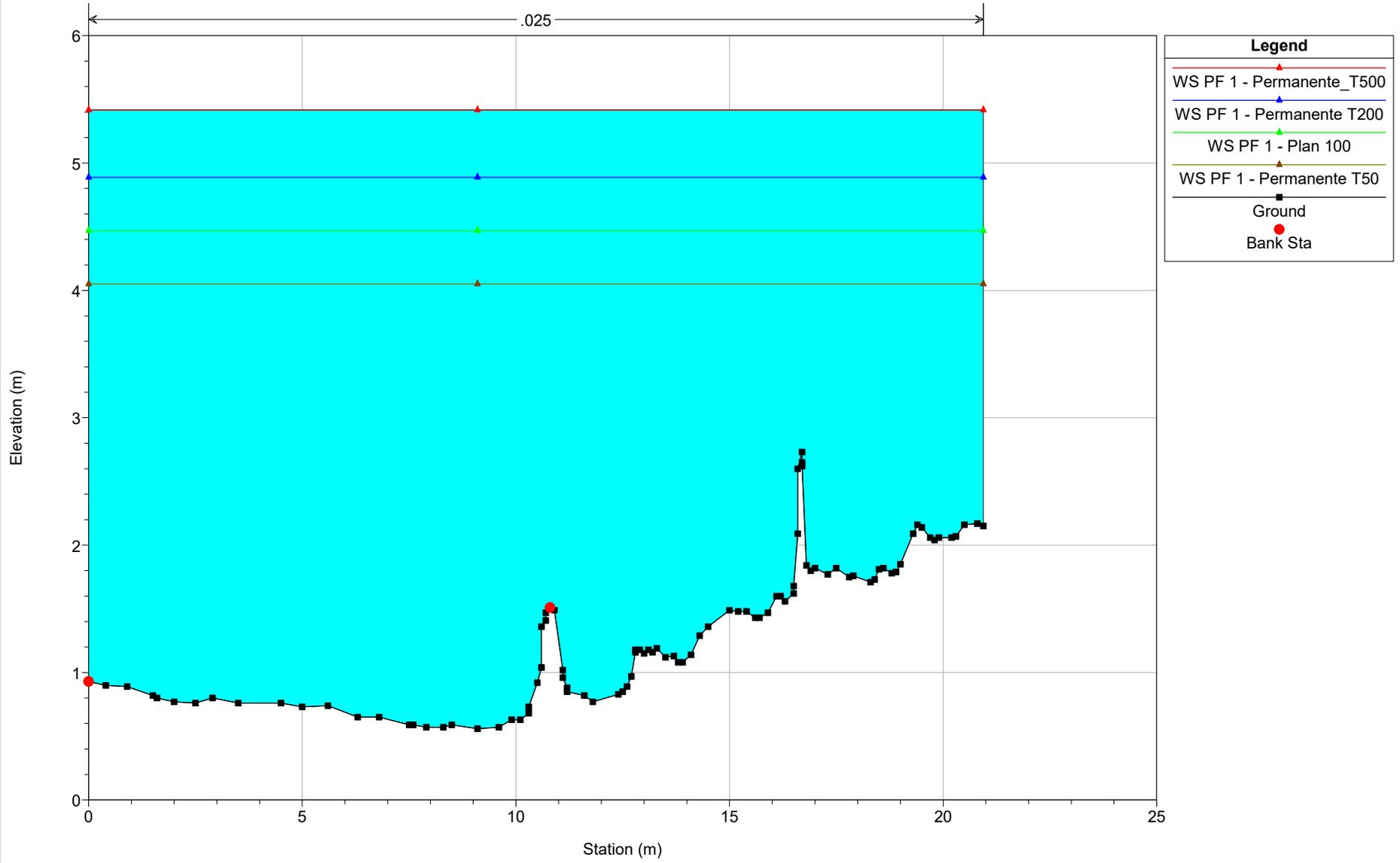


Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 535.00*

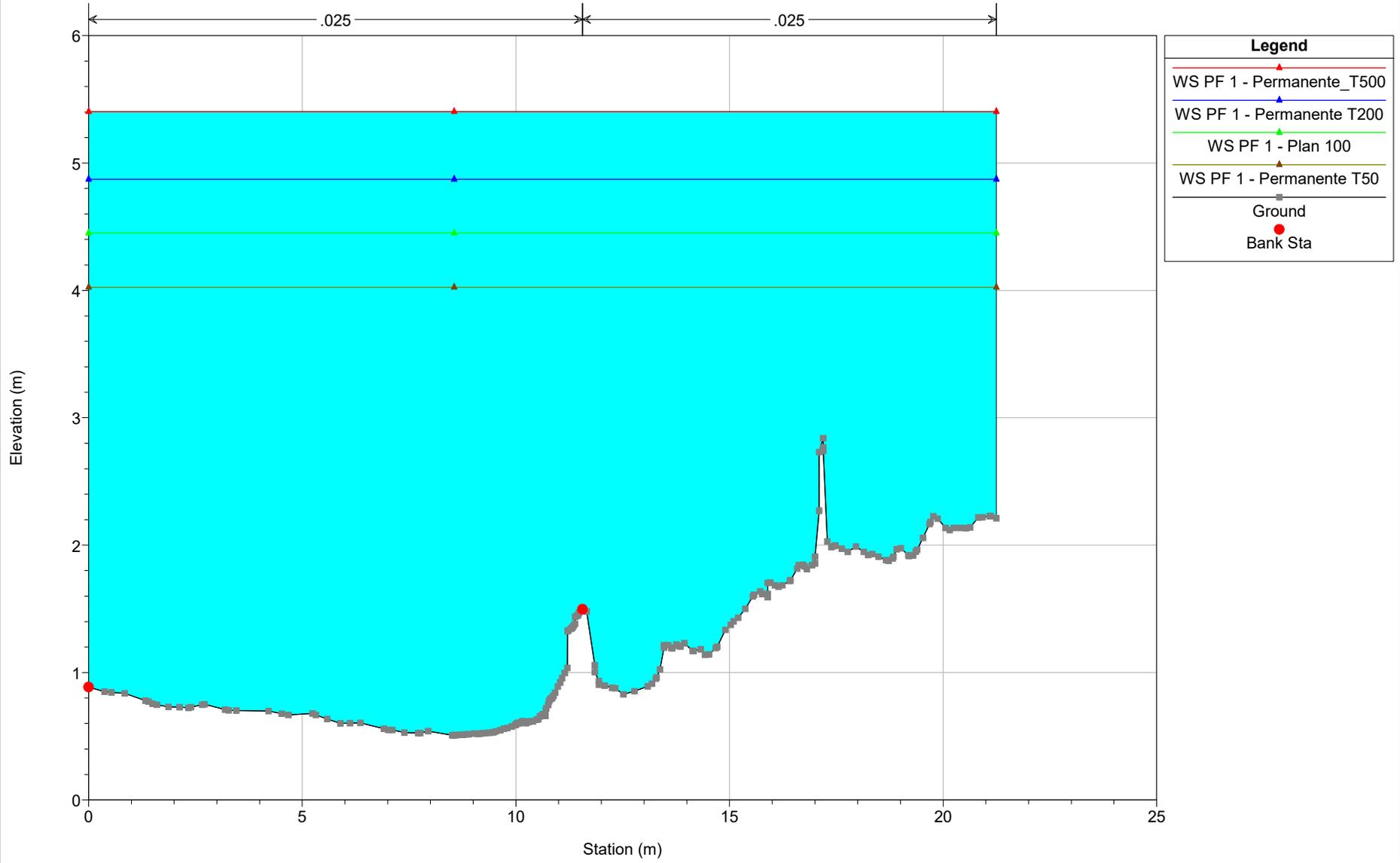


RS = 525



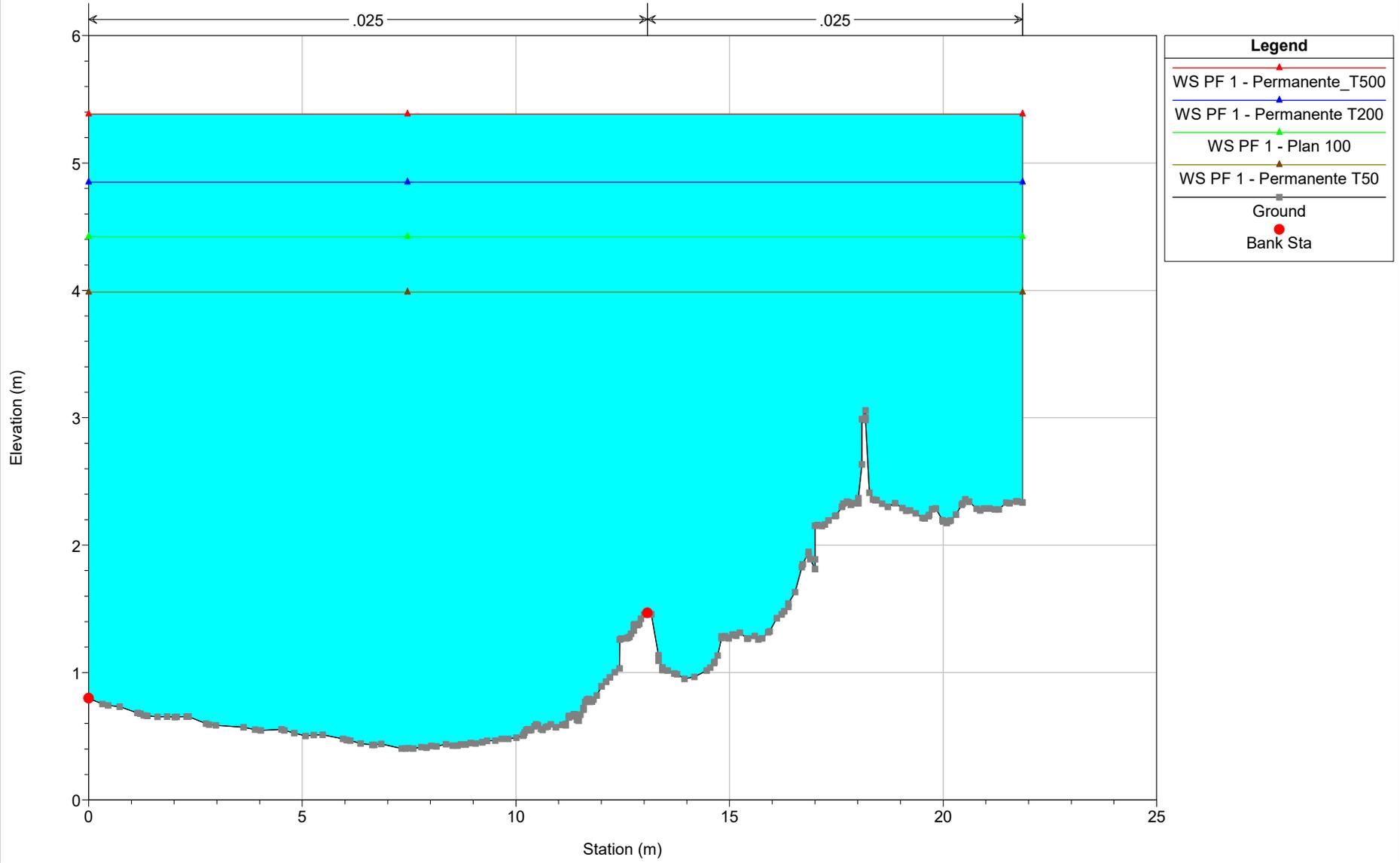
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 515.30°



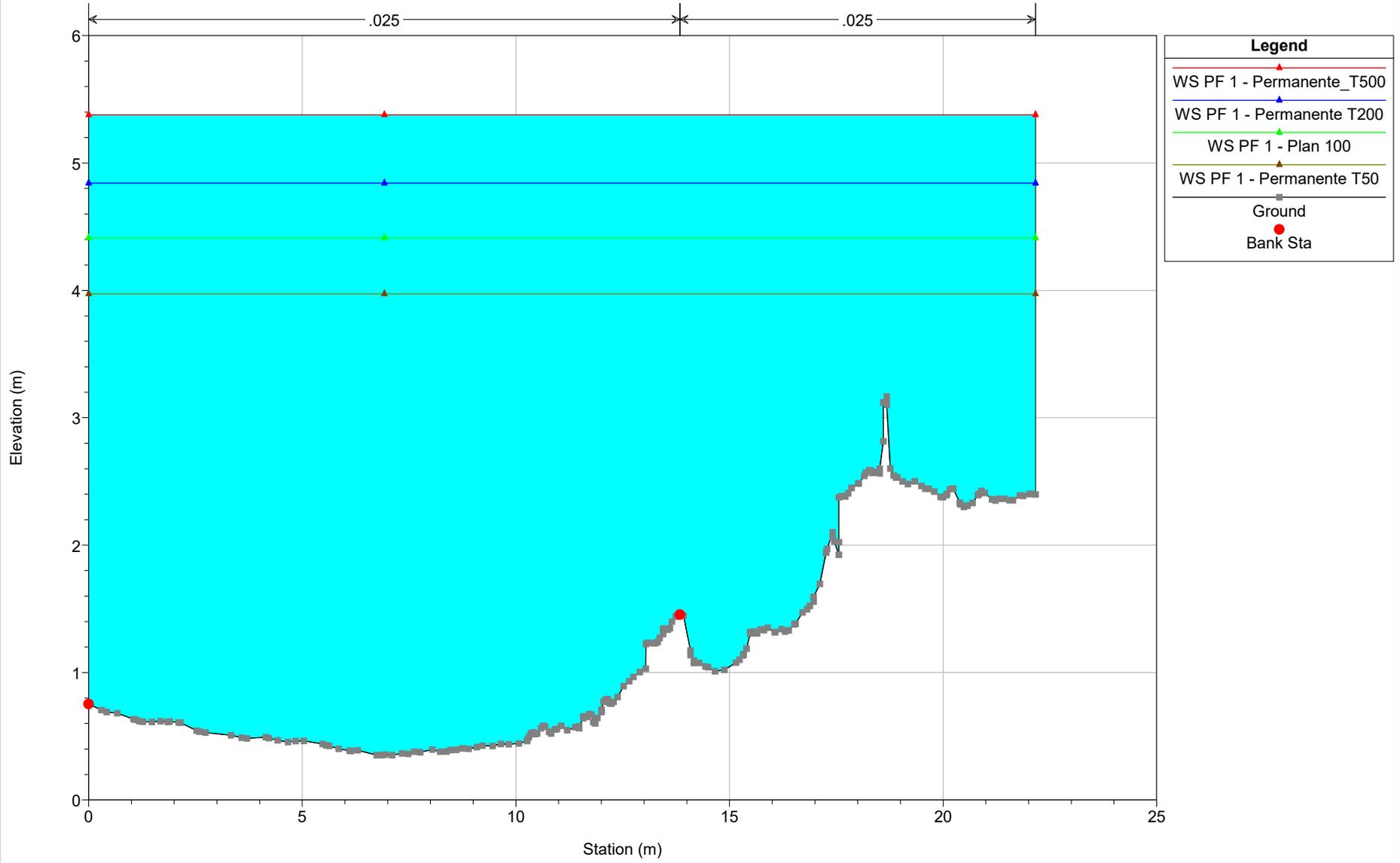
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 495.90°



Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

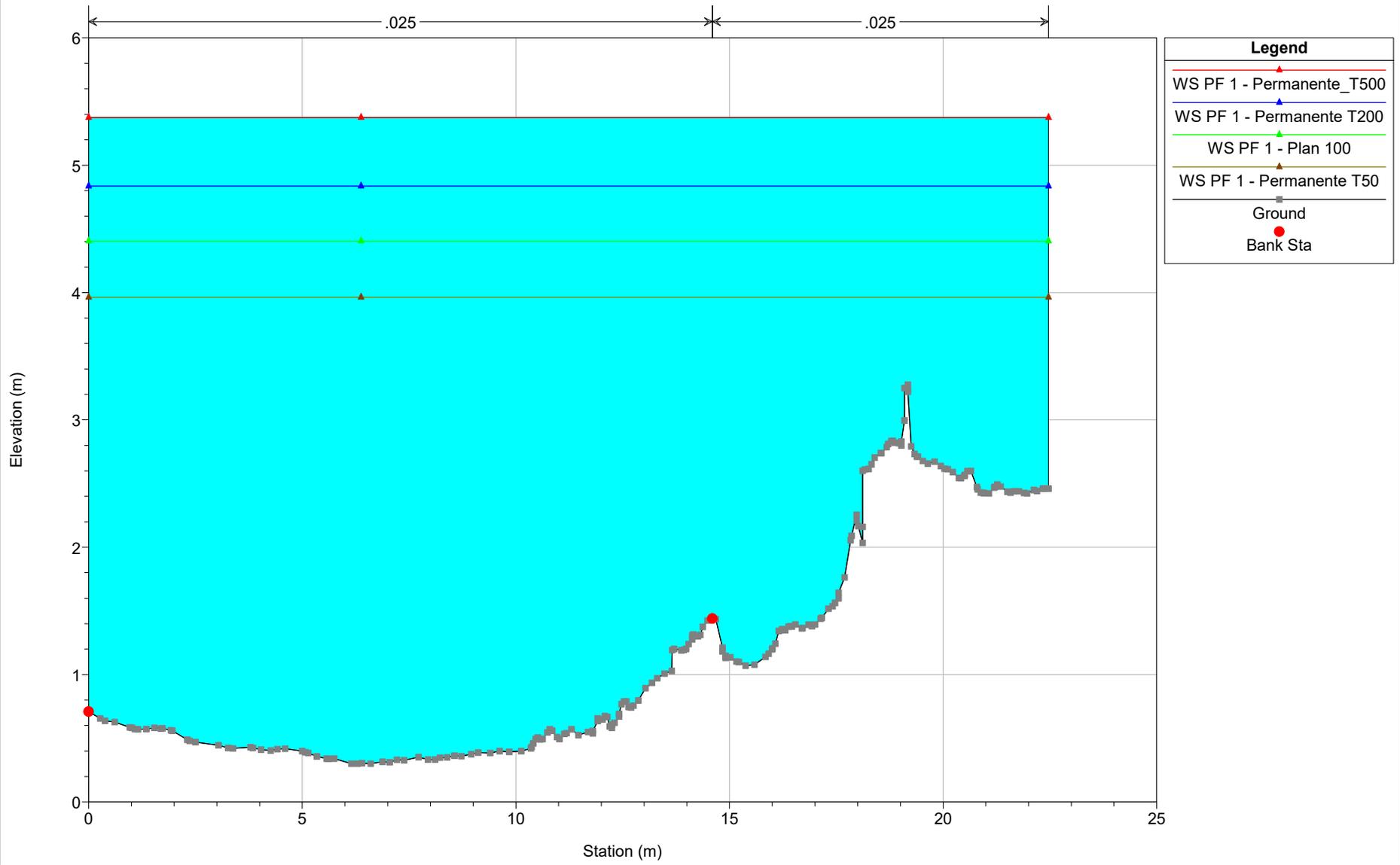
RS = 486.20*



Legend

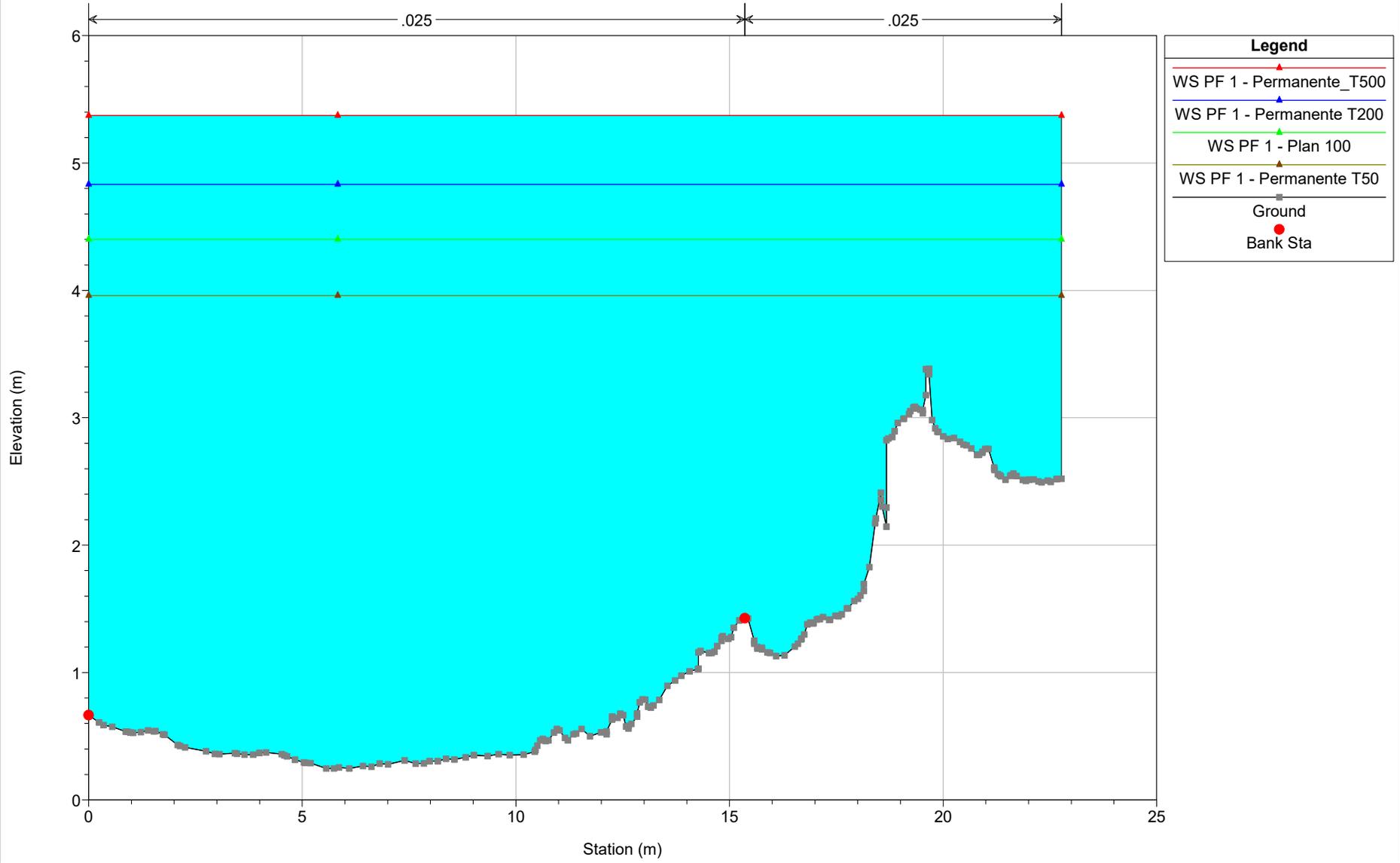
- WS PF 1 - Permanente_T500
- WS PF 1 - Permanente T200
- WS PF 1 - Plan 100
- WS PF 1 - Permanente T50
- Ground
- Bank Sta

RS = 476.50*



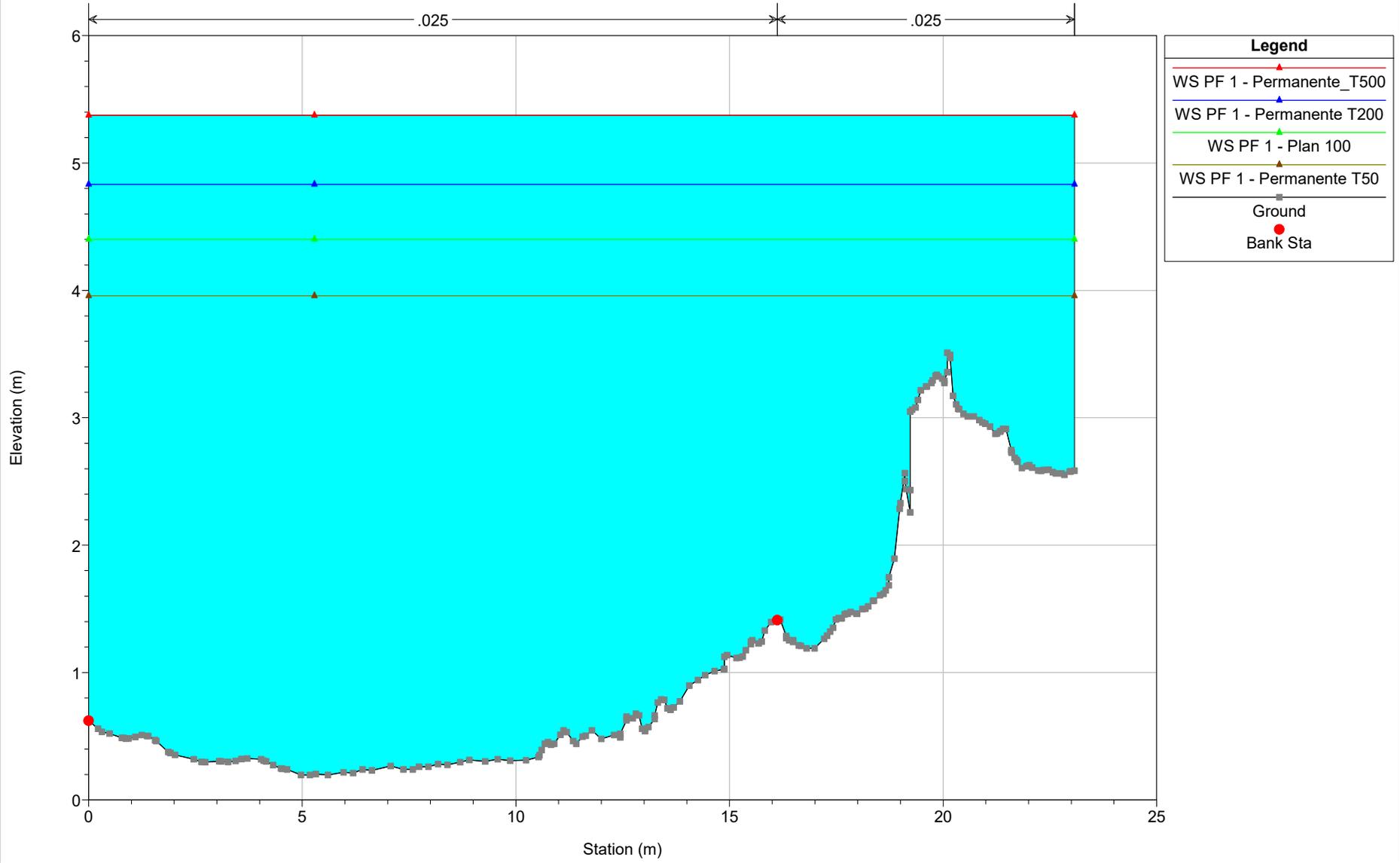
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 466.80°



Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 457.10*

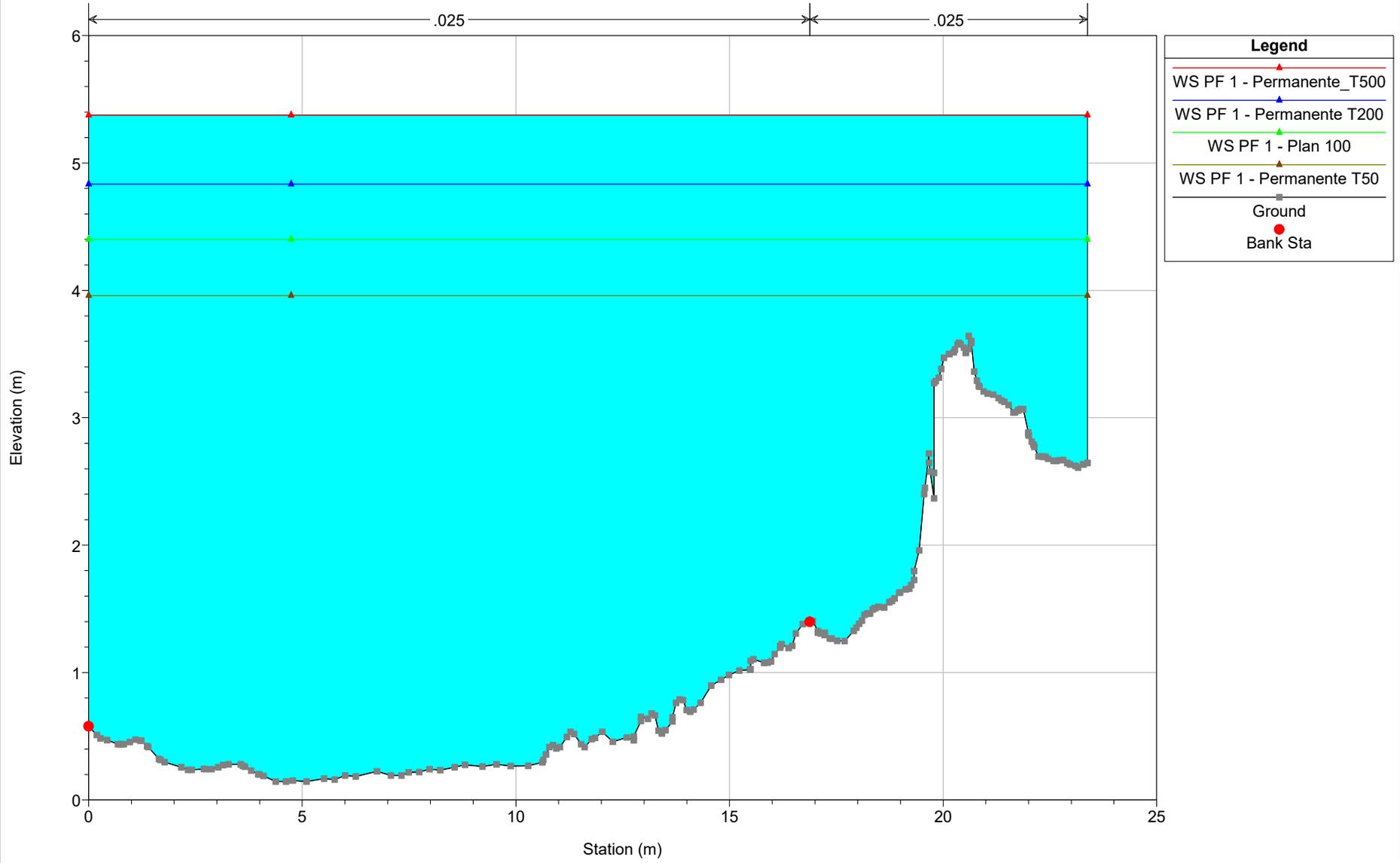


Legend

- WS PF 1 - Permanente_T500
- WS PF 1 - Permanente T200
- WS PF 1 - Plan 100
- WS PF 1 - Permanente T50
- Ground
- Bank Sta

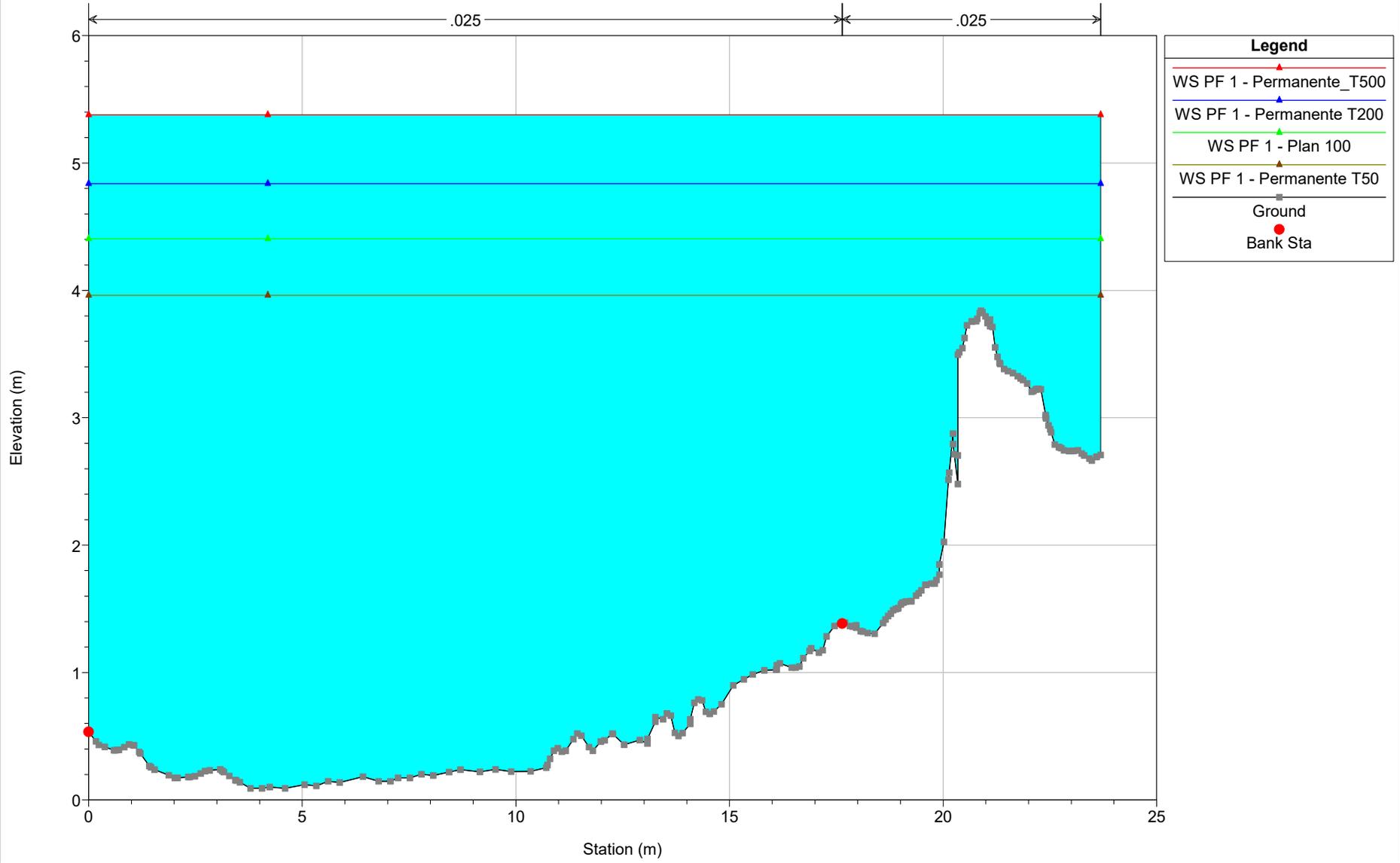
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 447.40*



Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

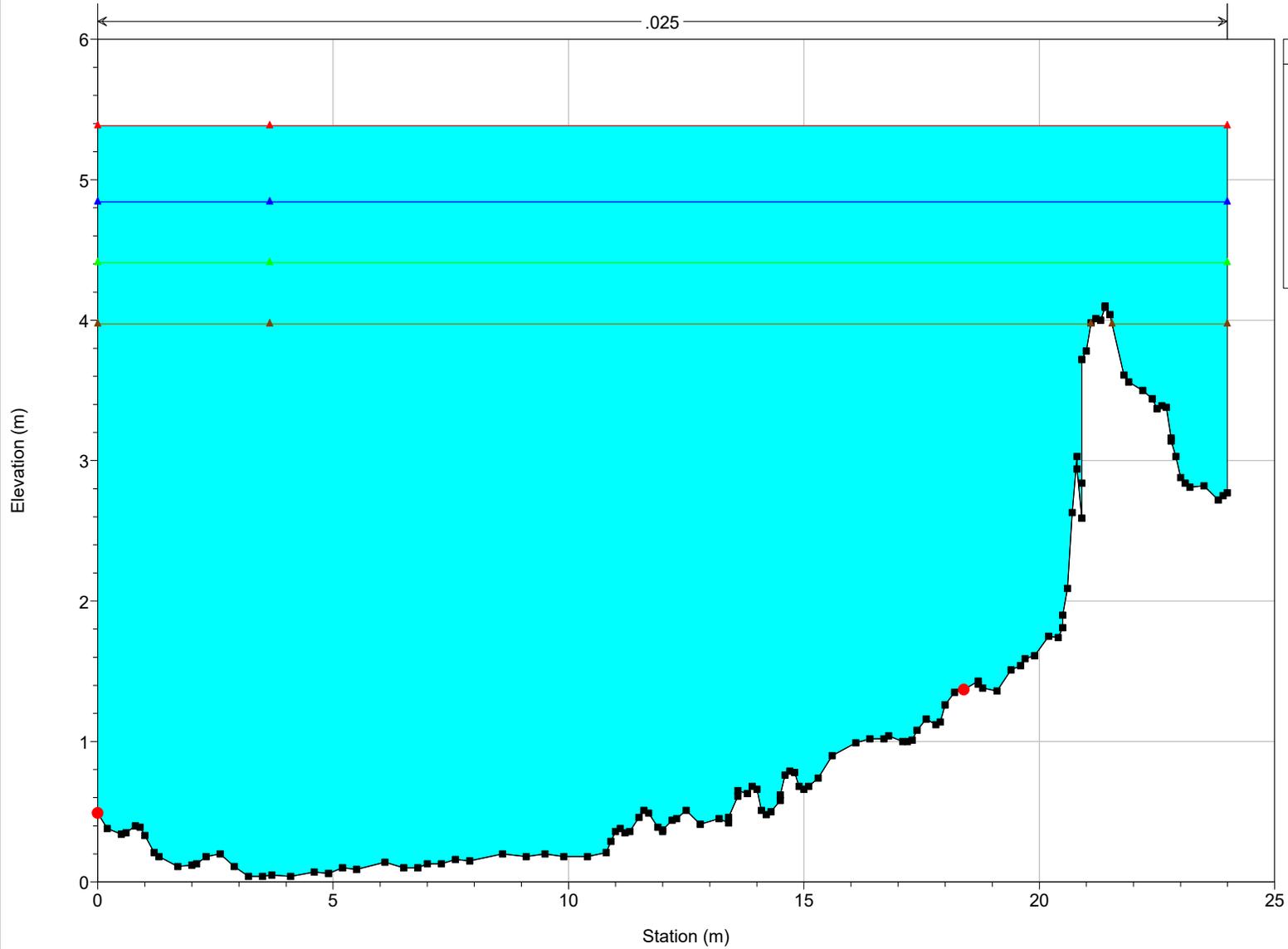
RS = 437.70°



Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 428

.025

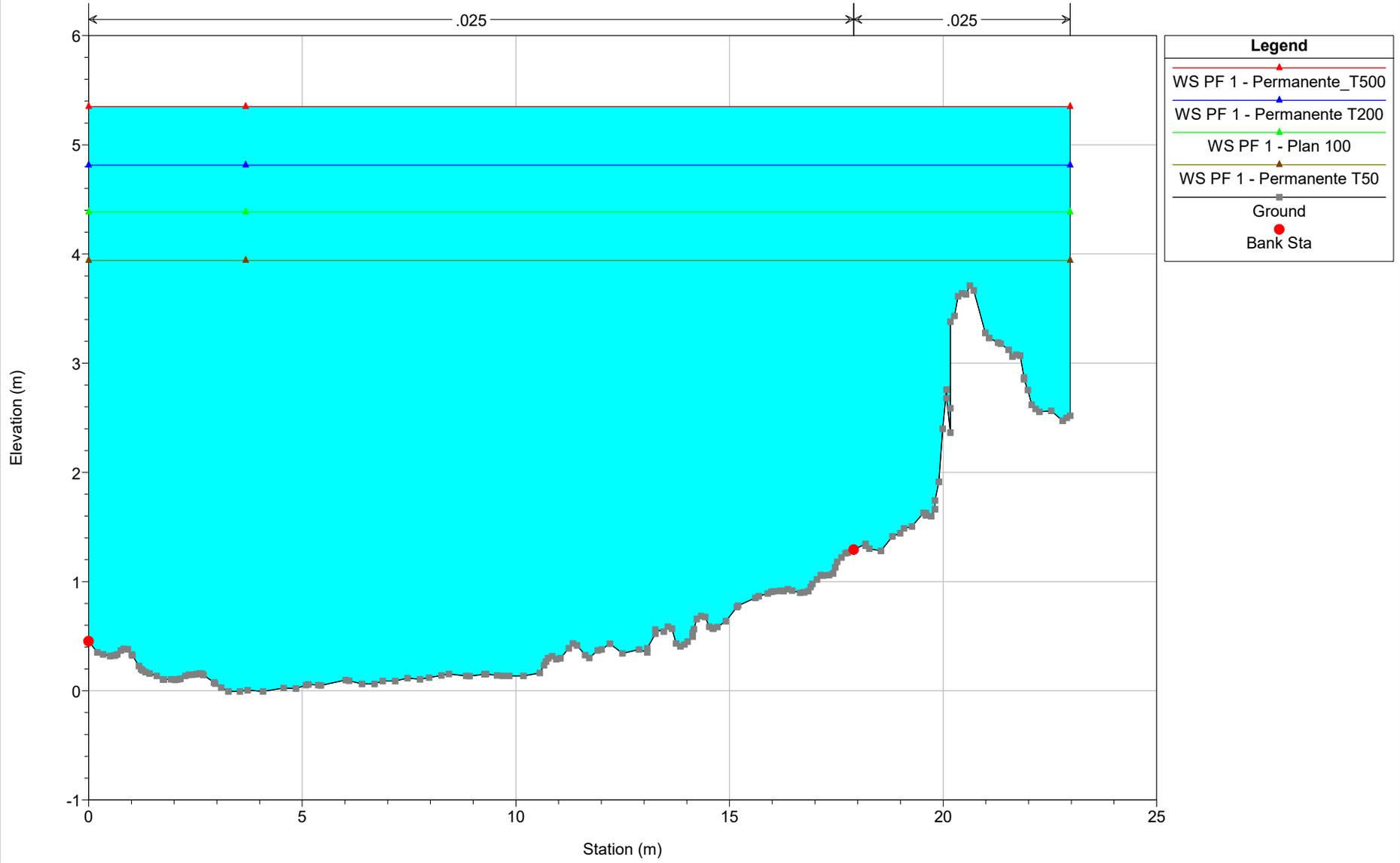


Legend

- WS PF 1 - Permanente_T500
- WS PF 1 - Permanente T200
- WS PF 1 - Plan 100
- WS PF 1 - Permanente T50
- Ground
- Bank Sta

Calopezzi_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 418.60°

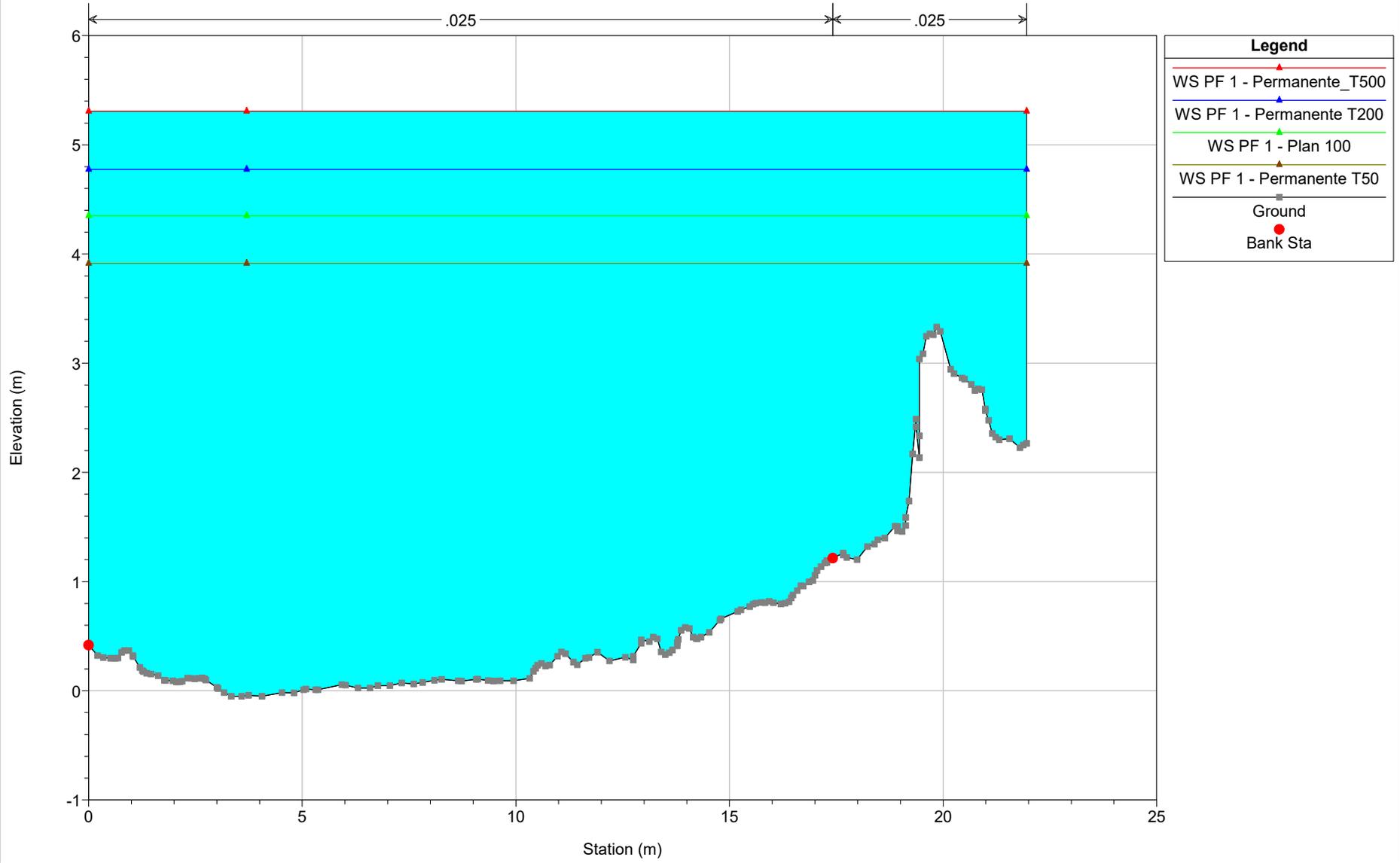


Legend

- WS PF 1 - Permanente_T500
- WS PF 1 - Permanente T200
- WS PF 1 - Plan 100
- WS PF 1 - Permanente T50
- Ground
- Bank Sta

Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 409.20*

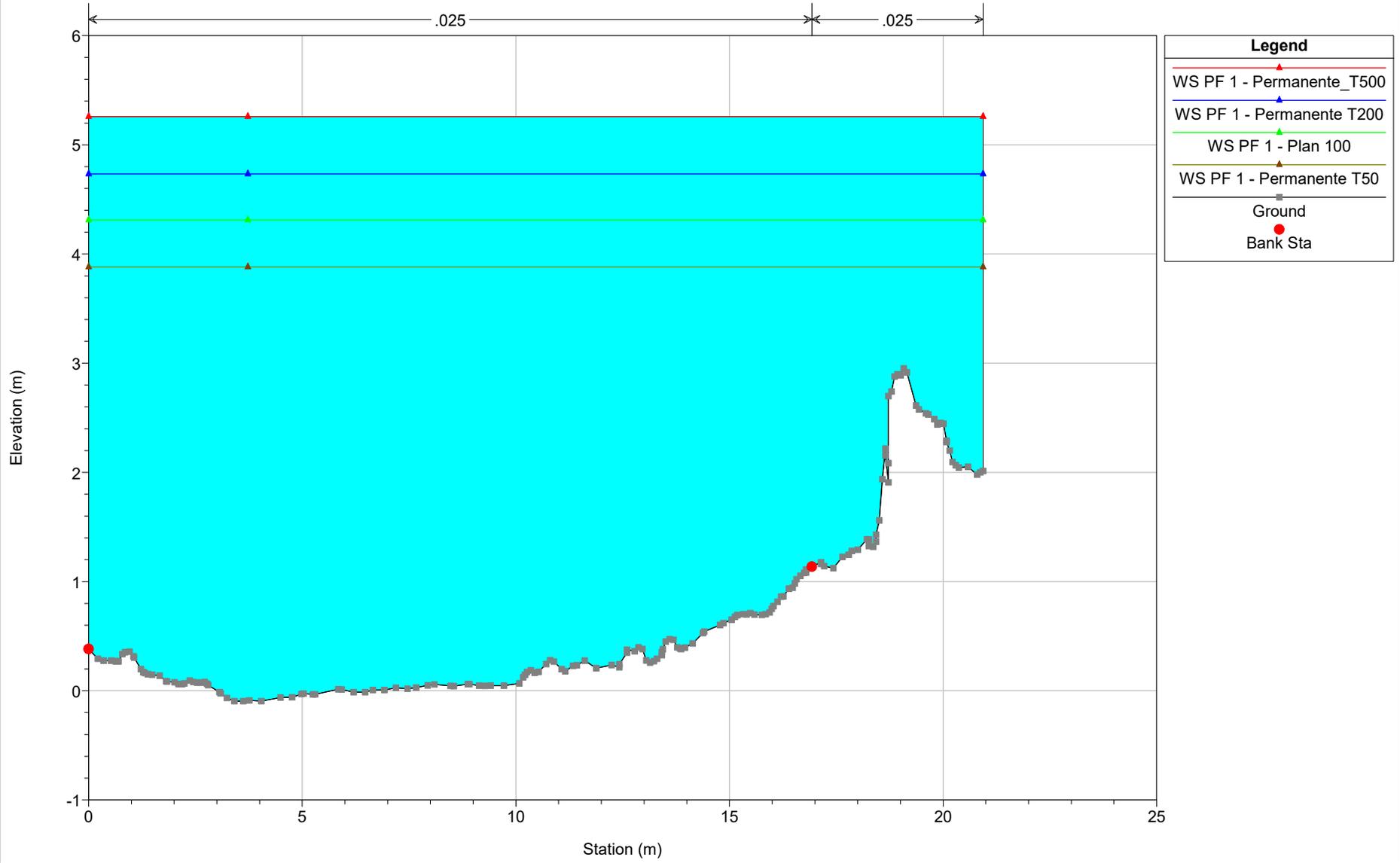


Legend

- WS PF 1 - Permanente_T500
- WS PF 1 - Permanente T200
- WS PF 1 - Plan 100
- WS PF 1 - Permanente T50
- Ground
- Bank Sta

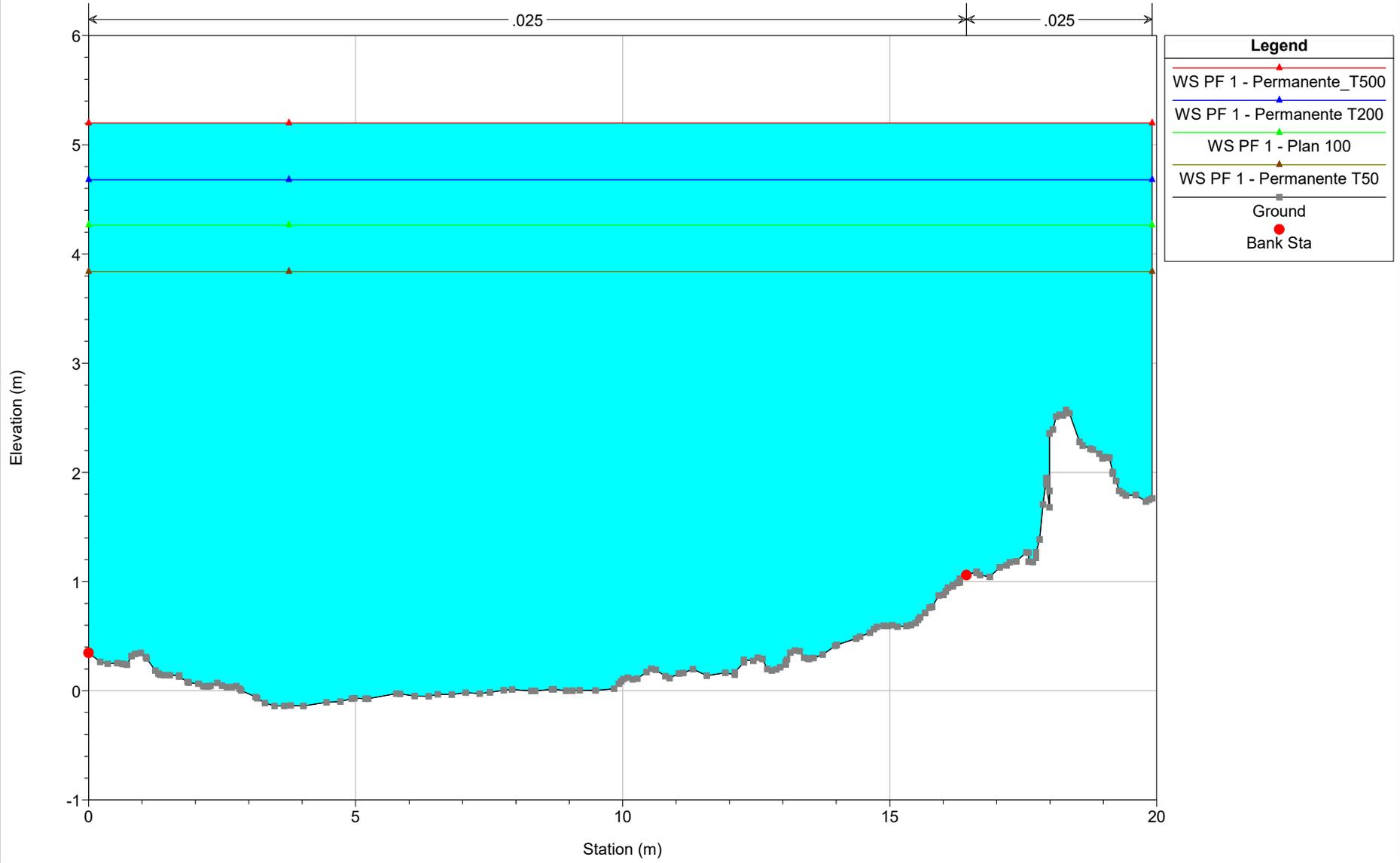
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 399.80°



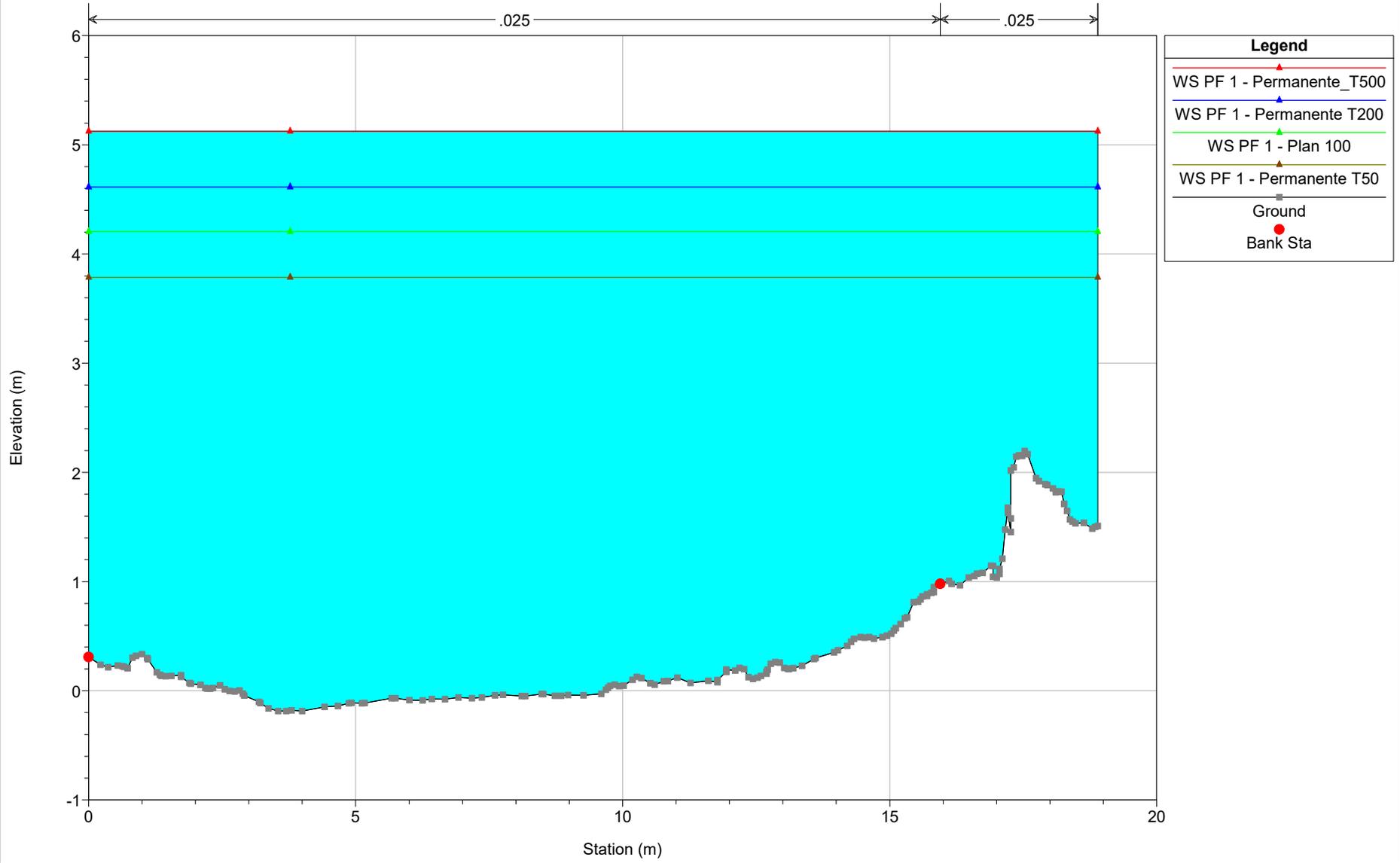
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 390.40*



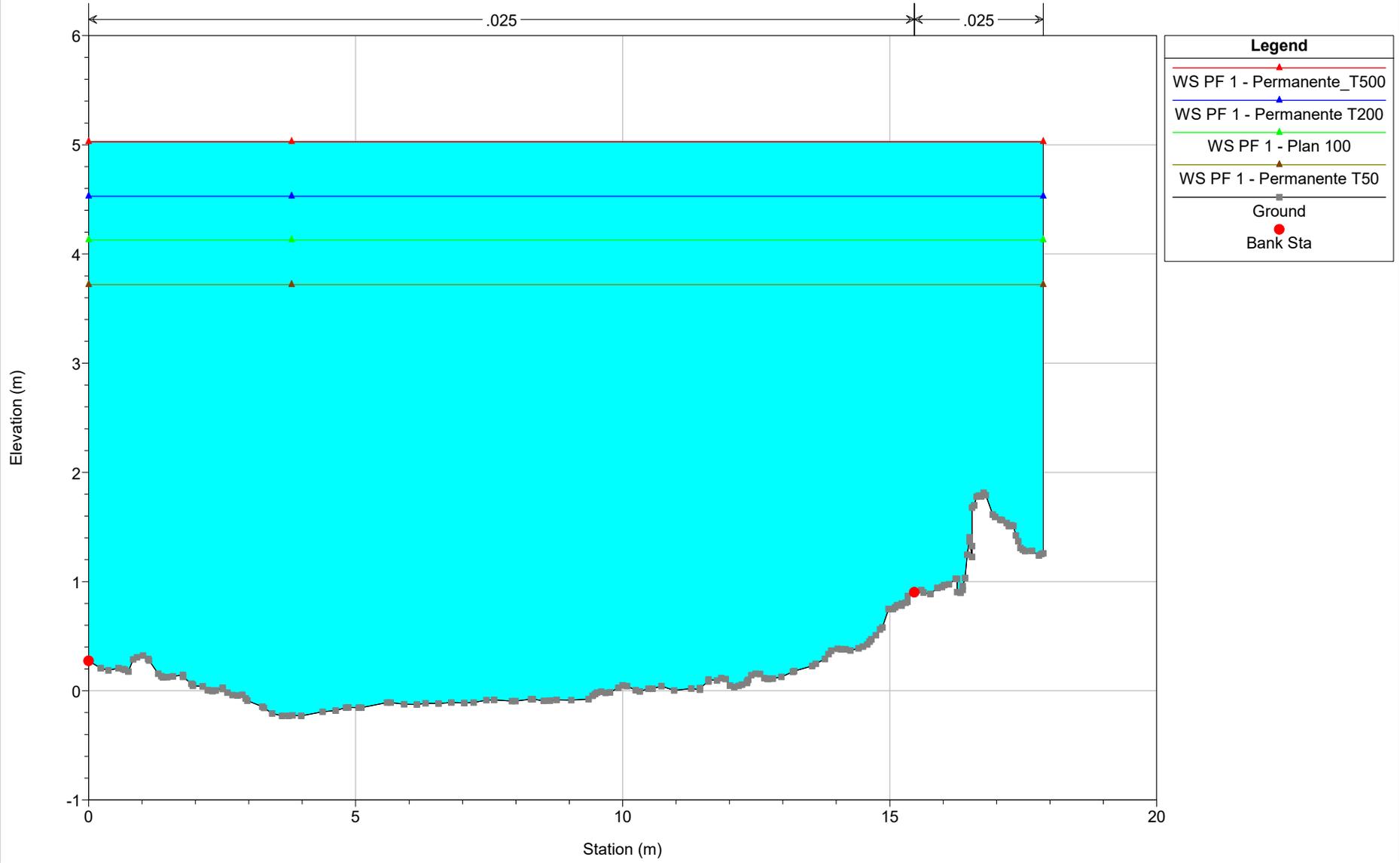
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 381.00*



Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 371.60°

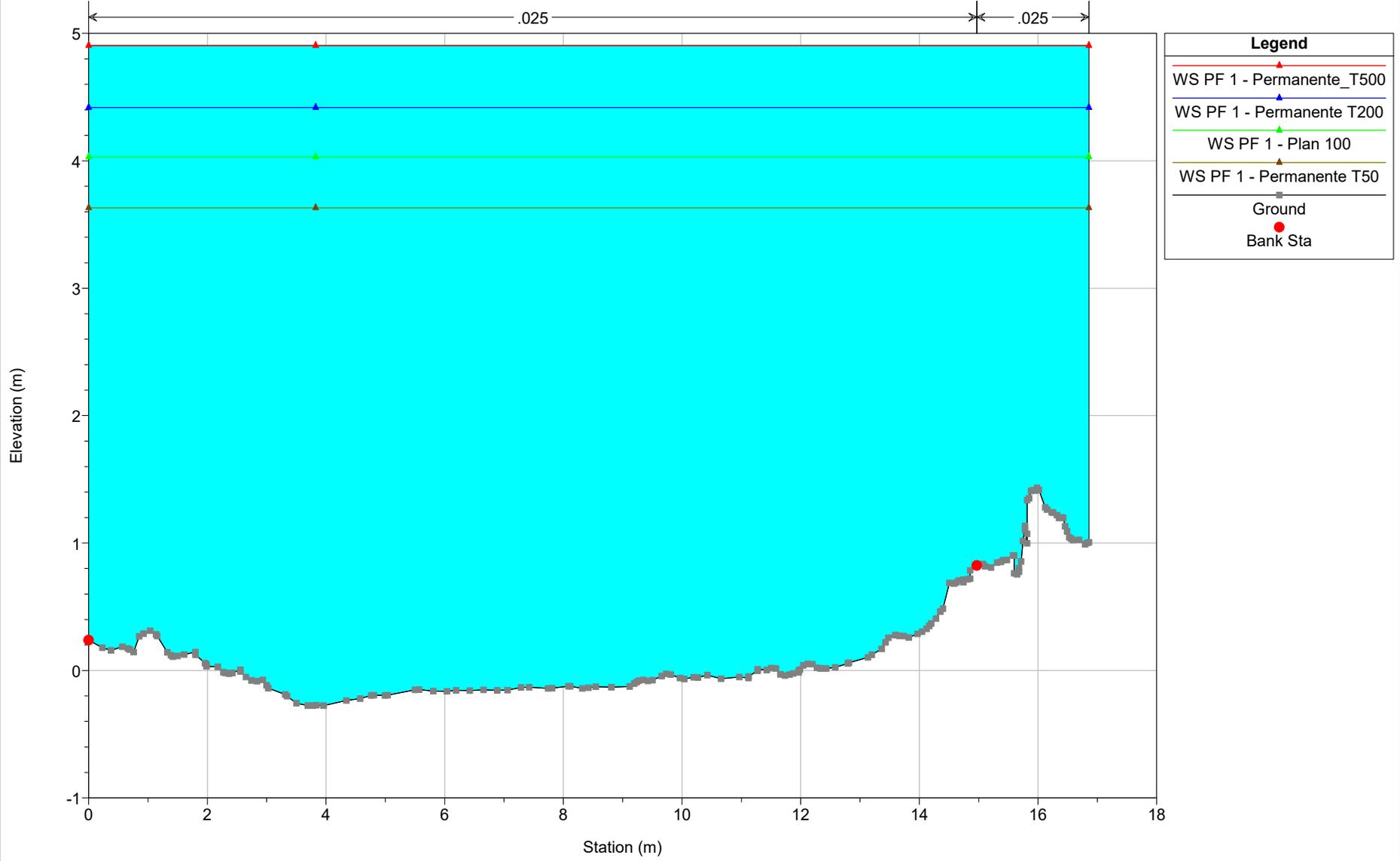


Legend

- WS PF 1 - Permanente_T500
- WS PF 1 - Permanente T200
- WS PF 1 - Plan 100
- WS PF 1 - Permanente T50
- Ground
- Bank Sta

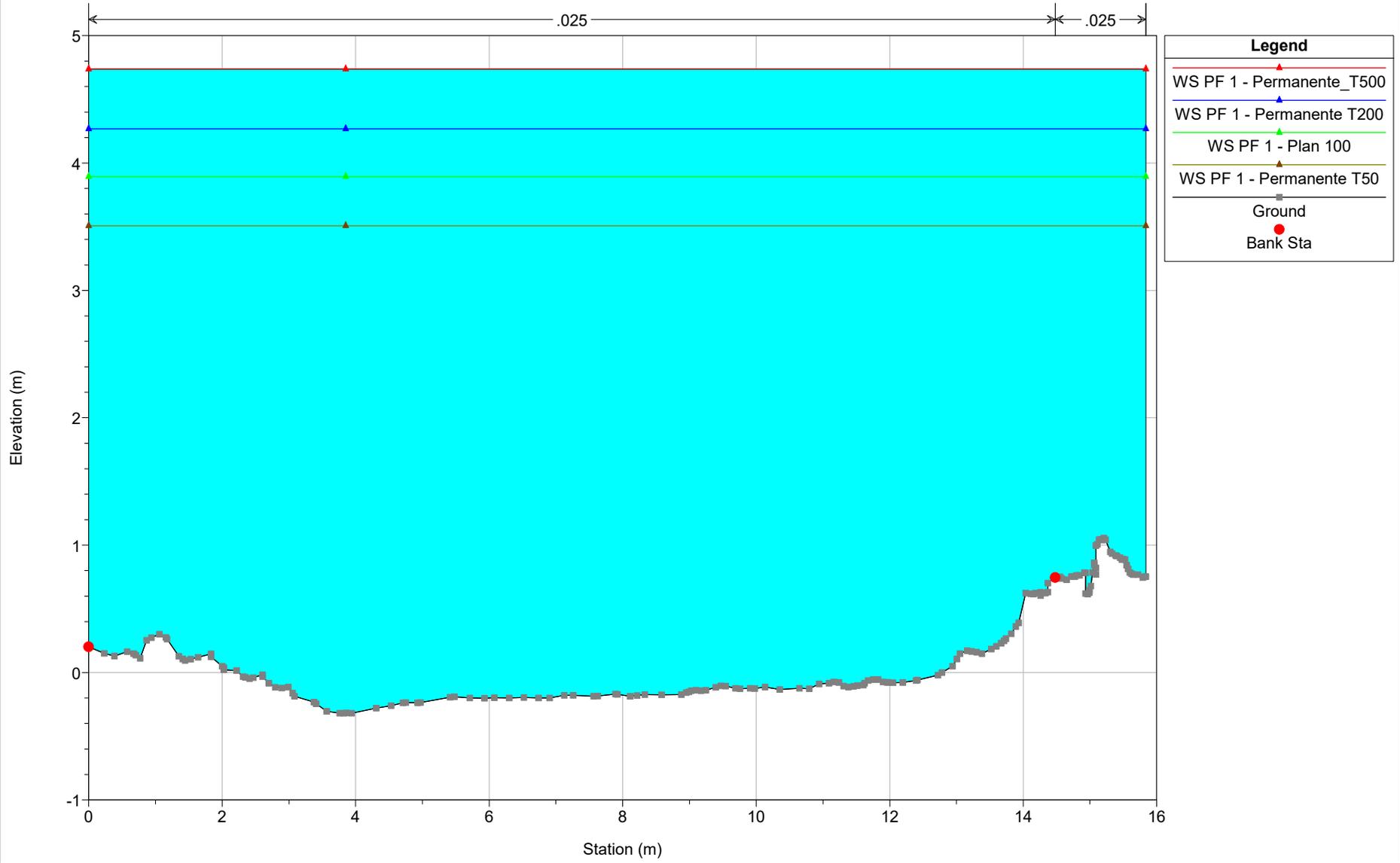
Calopezzi_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 362.20°

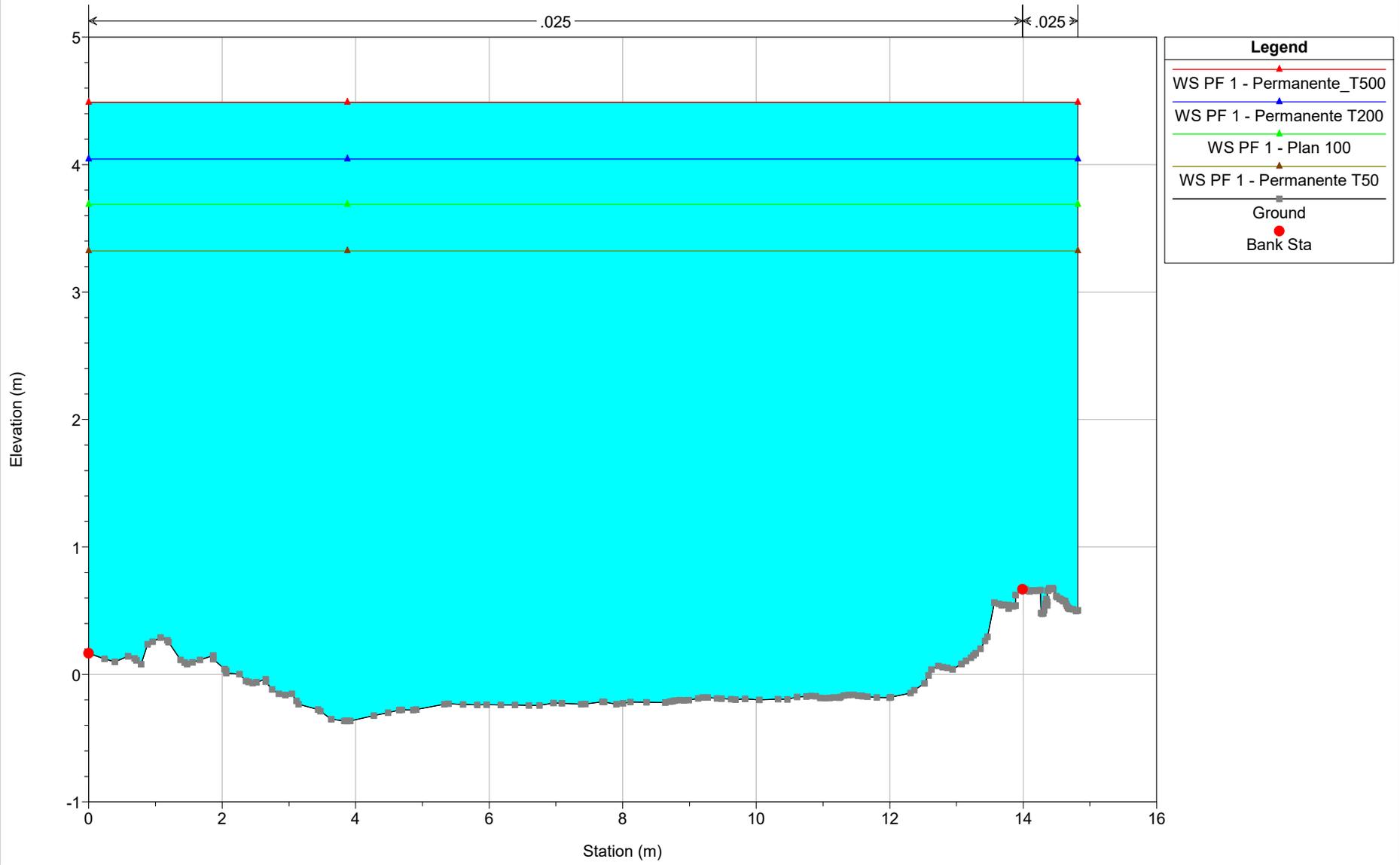


Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 352.80°



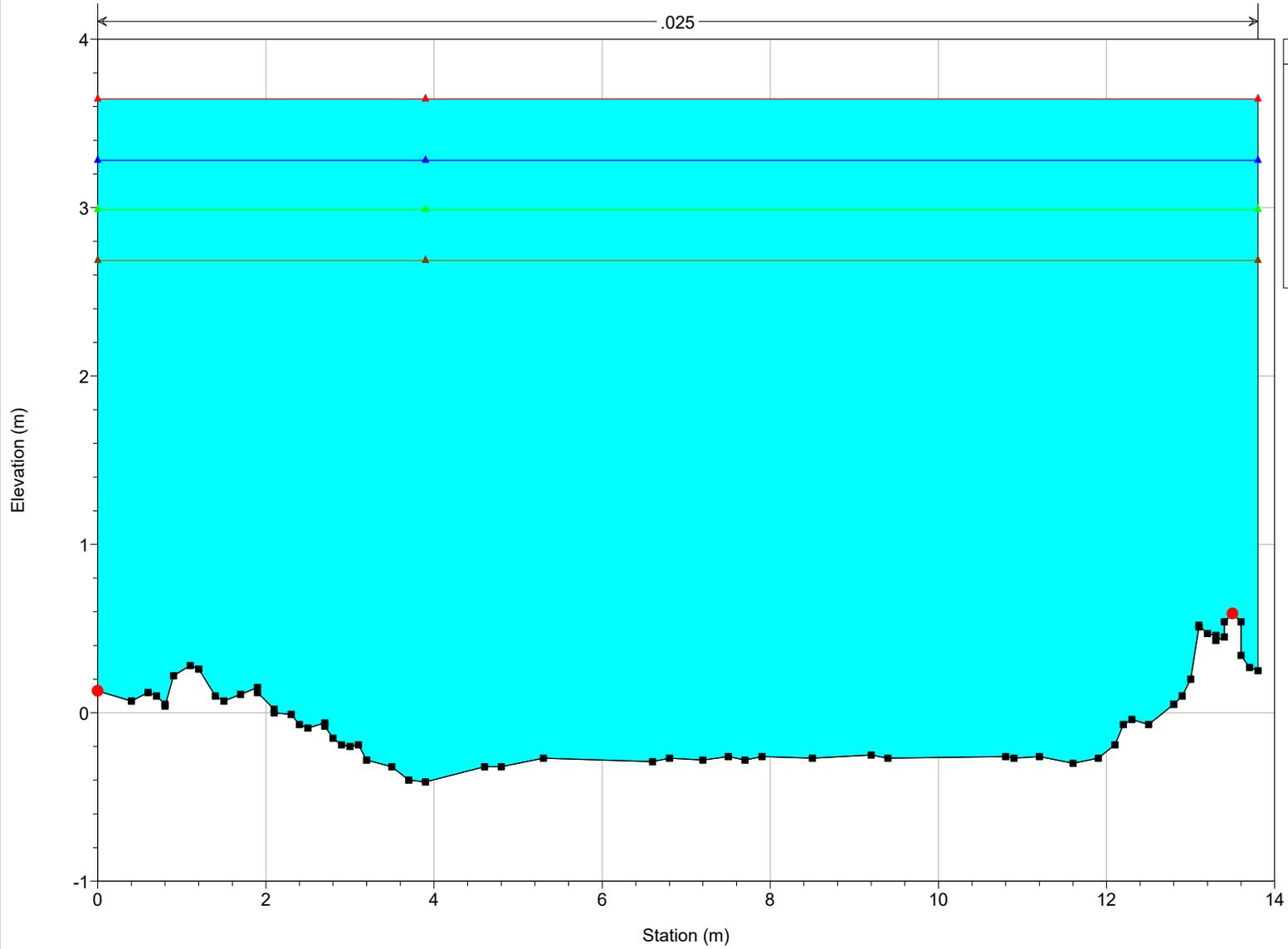
RS = 343.40°



Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 334

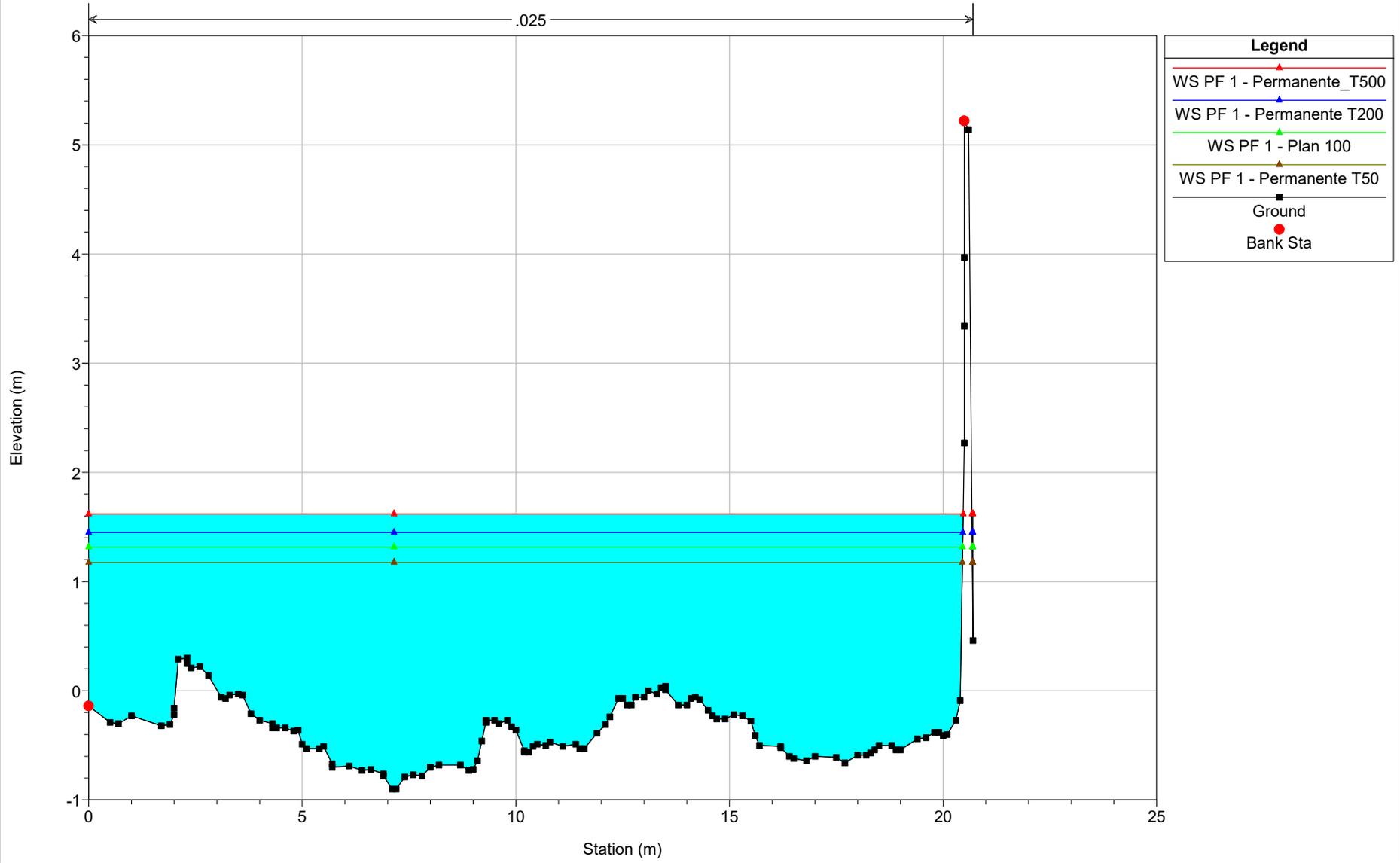
.025



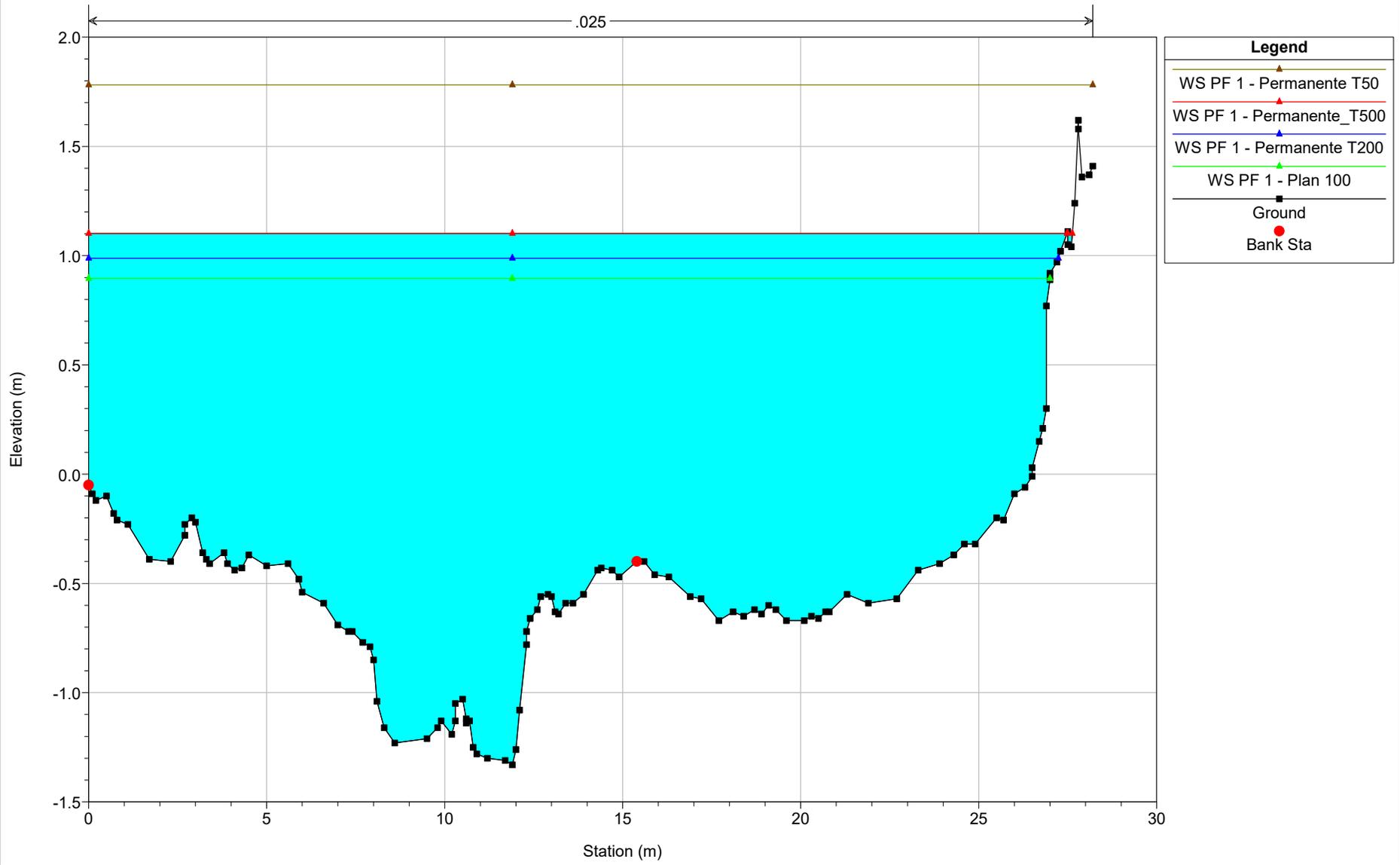
Legend

- WS PF 1 - Permanente_T500
- WS PF 1 - Permanente T200
- WS PF 1 - Plan 100
- WS PF 1 - Permanente T50
- Ground
- Bank Sta

RS = 266



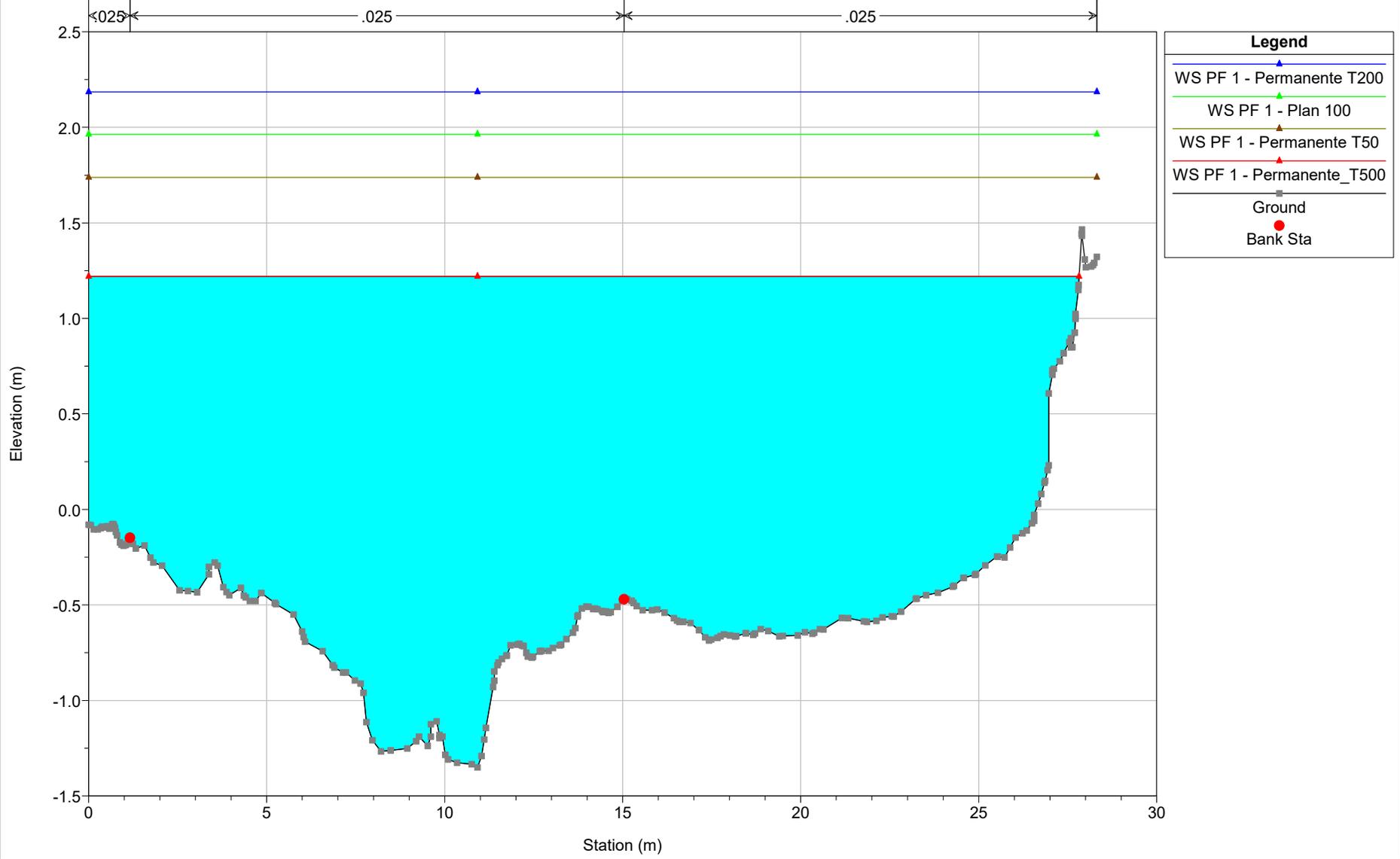
RS = 234



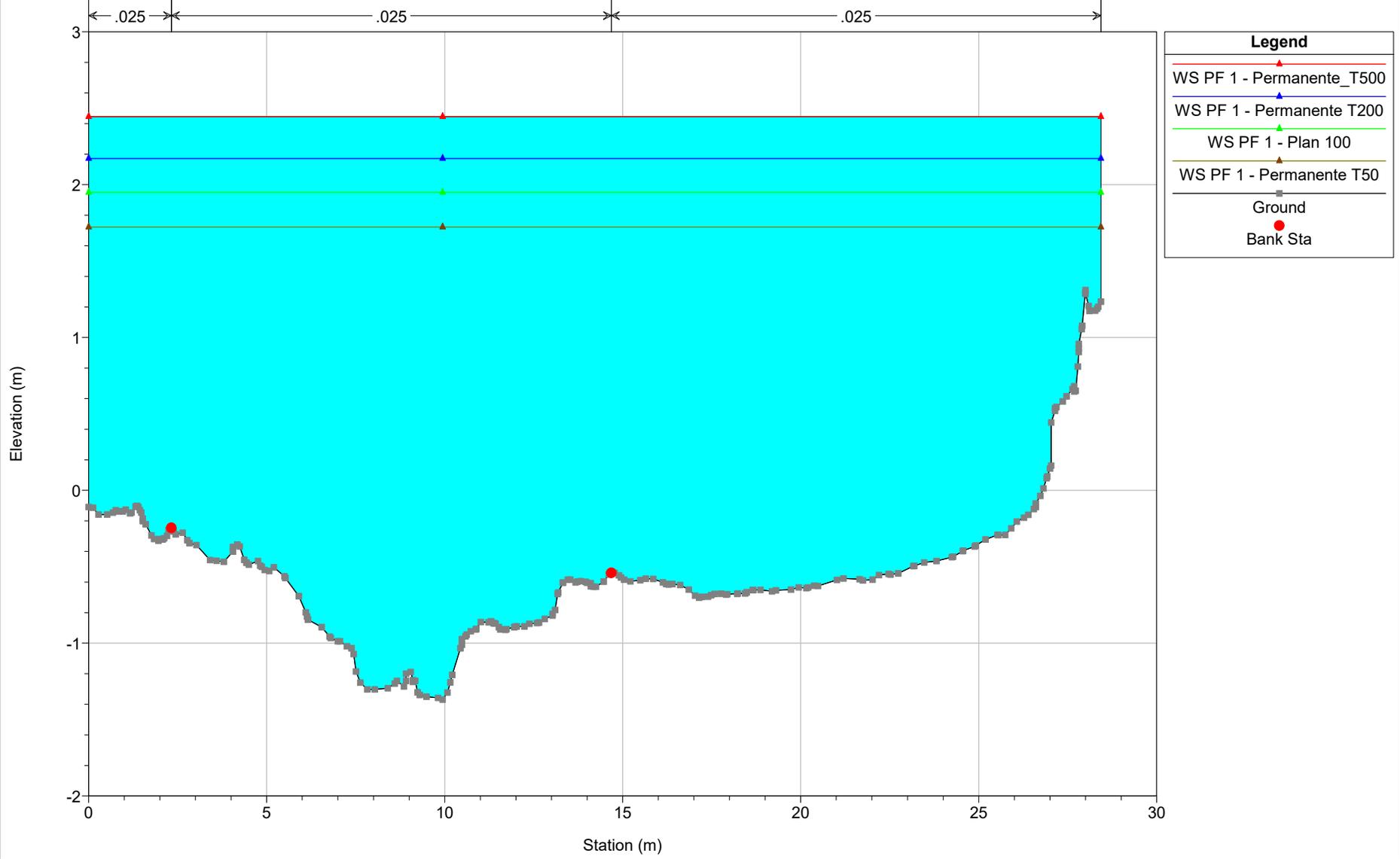
| Legend | |
|---------------------------|---|
| WS PF 1 - Permanente T50 | ▲ |
| WS PF 1 - Permanente T500 | ▲ |
| WS PF 1 - Permanente T200 | ▲ |
| WS PF 1 - Plan 100 | ▲ |
| Ground | ■ |
| Bank Sta | ● |

Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 225.60°

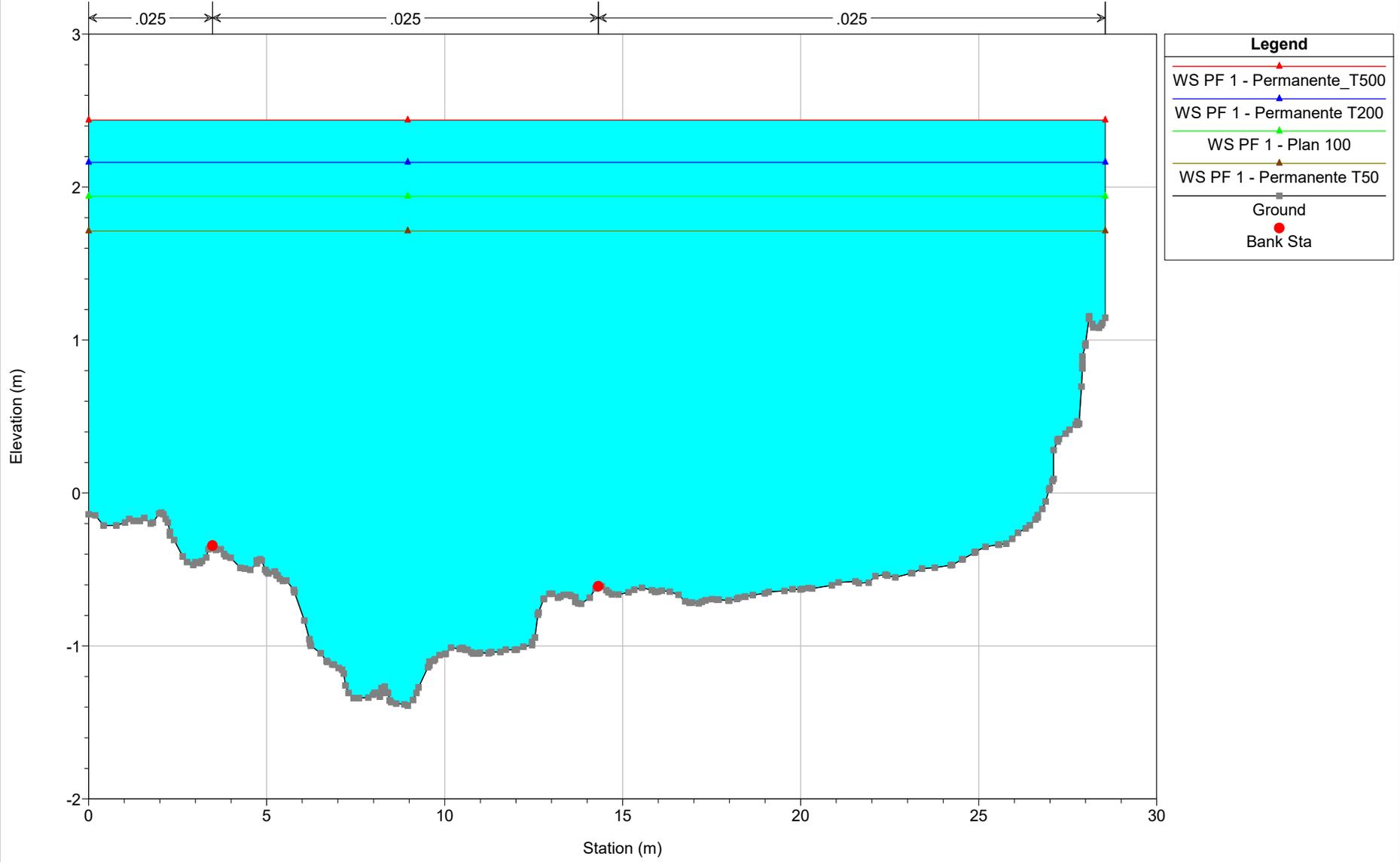


RS = 217.20°



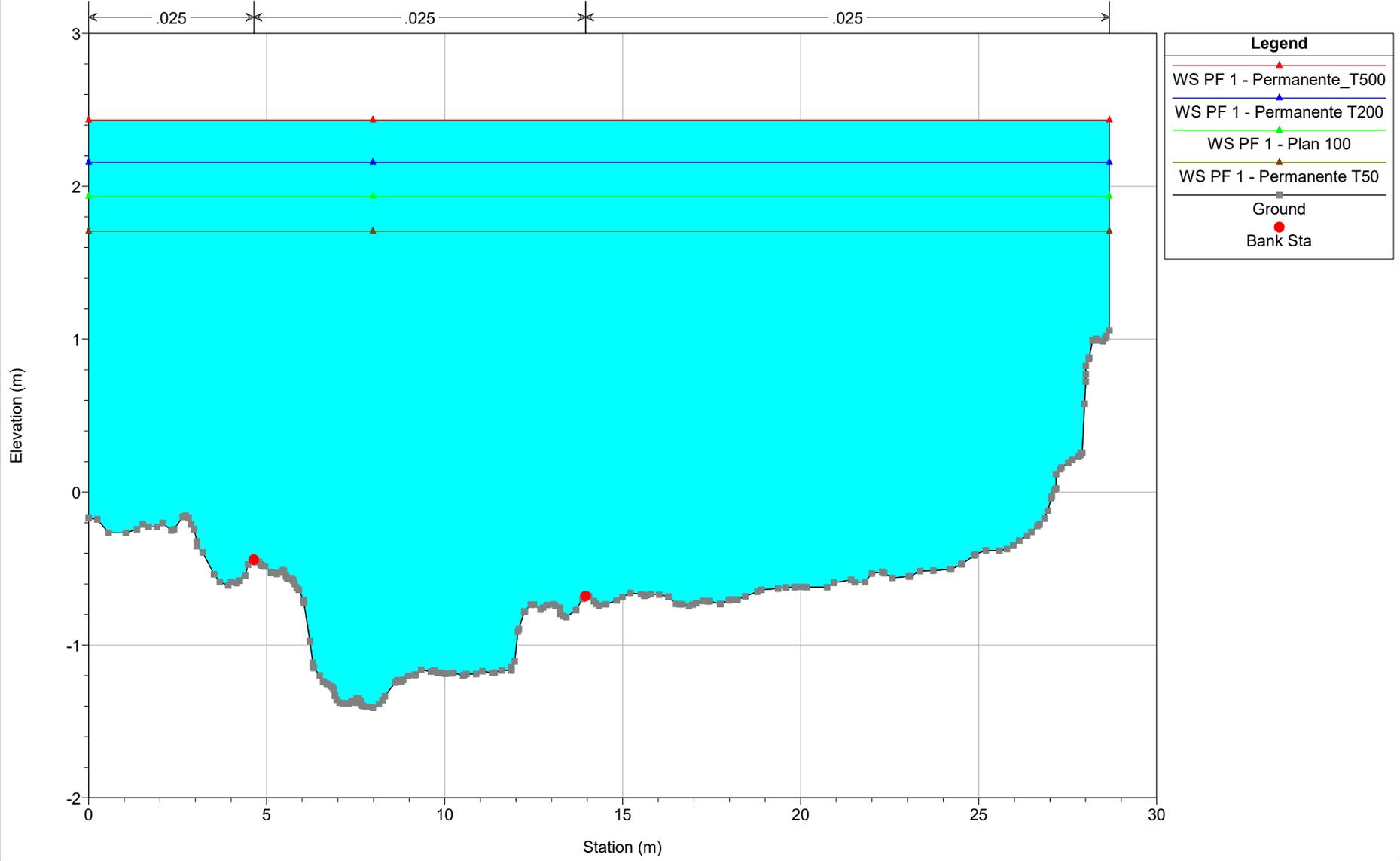
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 208.80°



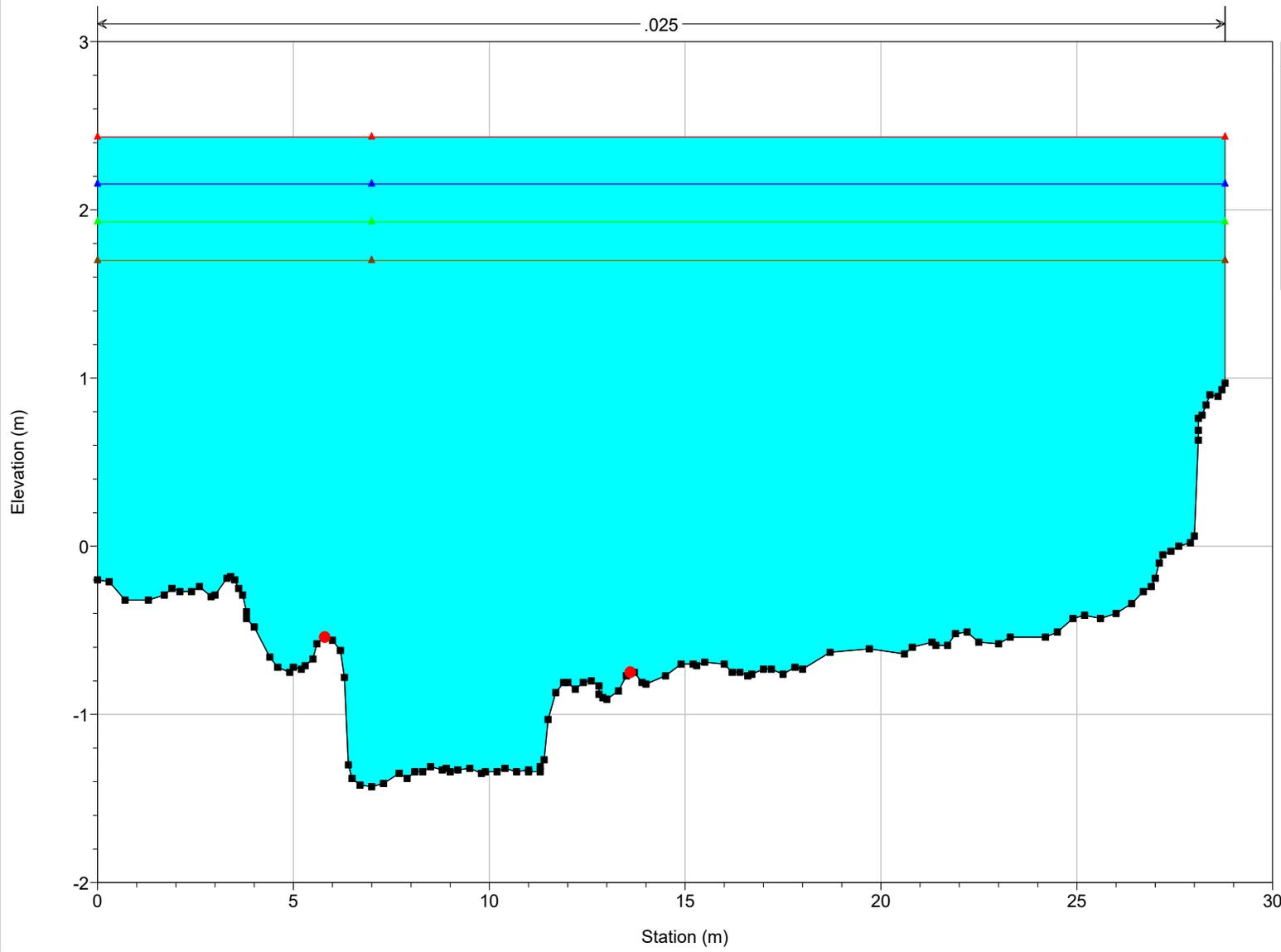
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 200.40°



RS = 192

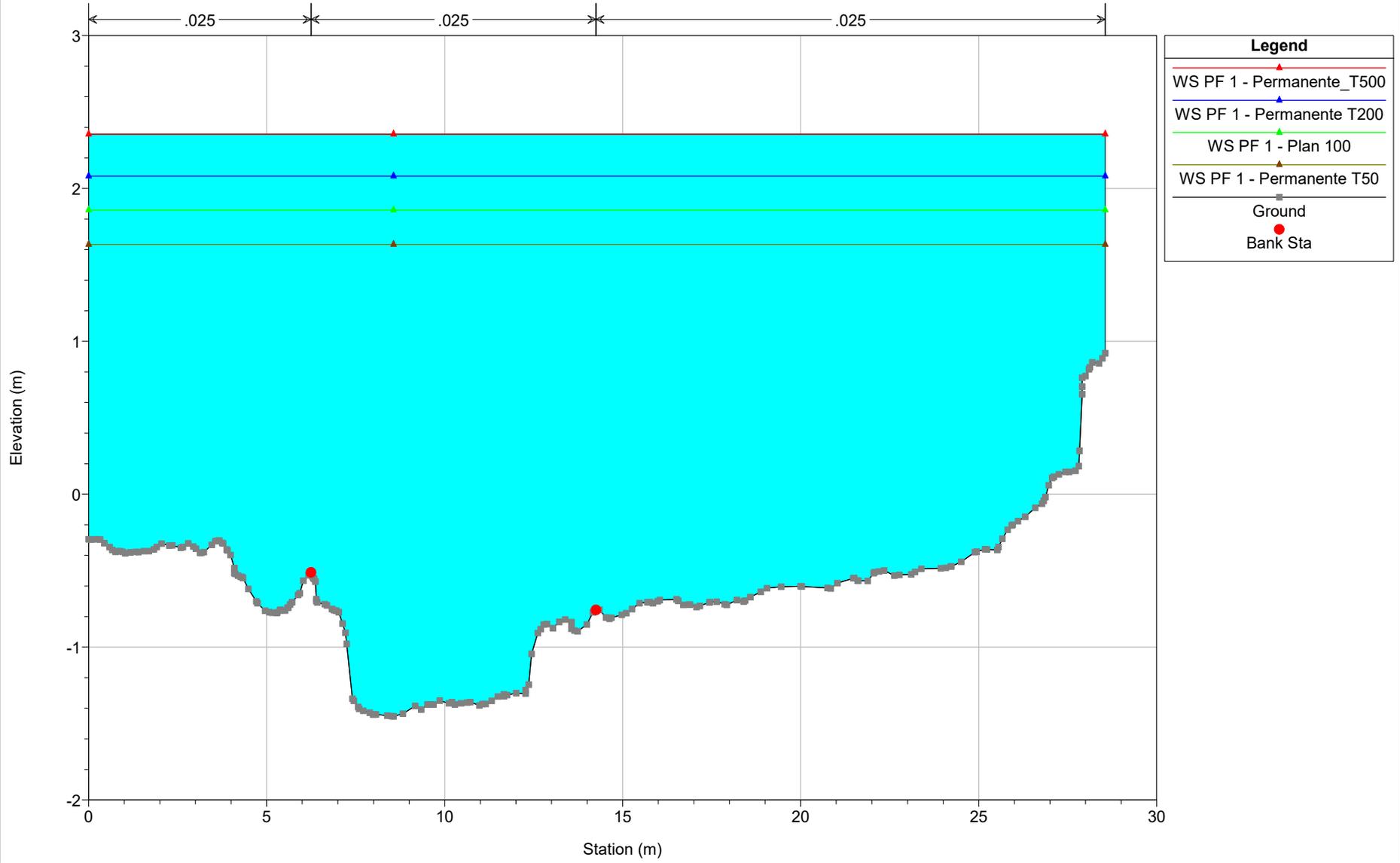
.025



| Legend | |
|--------|---------------------------|
| | WS PF 1 - Permanente_T500 |
| | WS PF 1 - Permanente T200 |
| | WS PF 1 - Plan 100 |
| | WS PF 1 - Permanente T50 |
| | Ground |
| | Bank Sta |

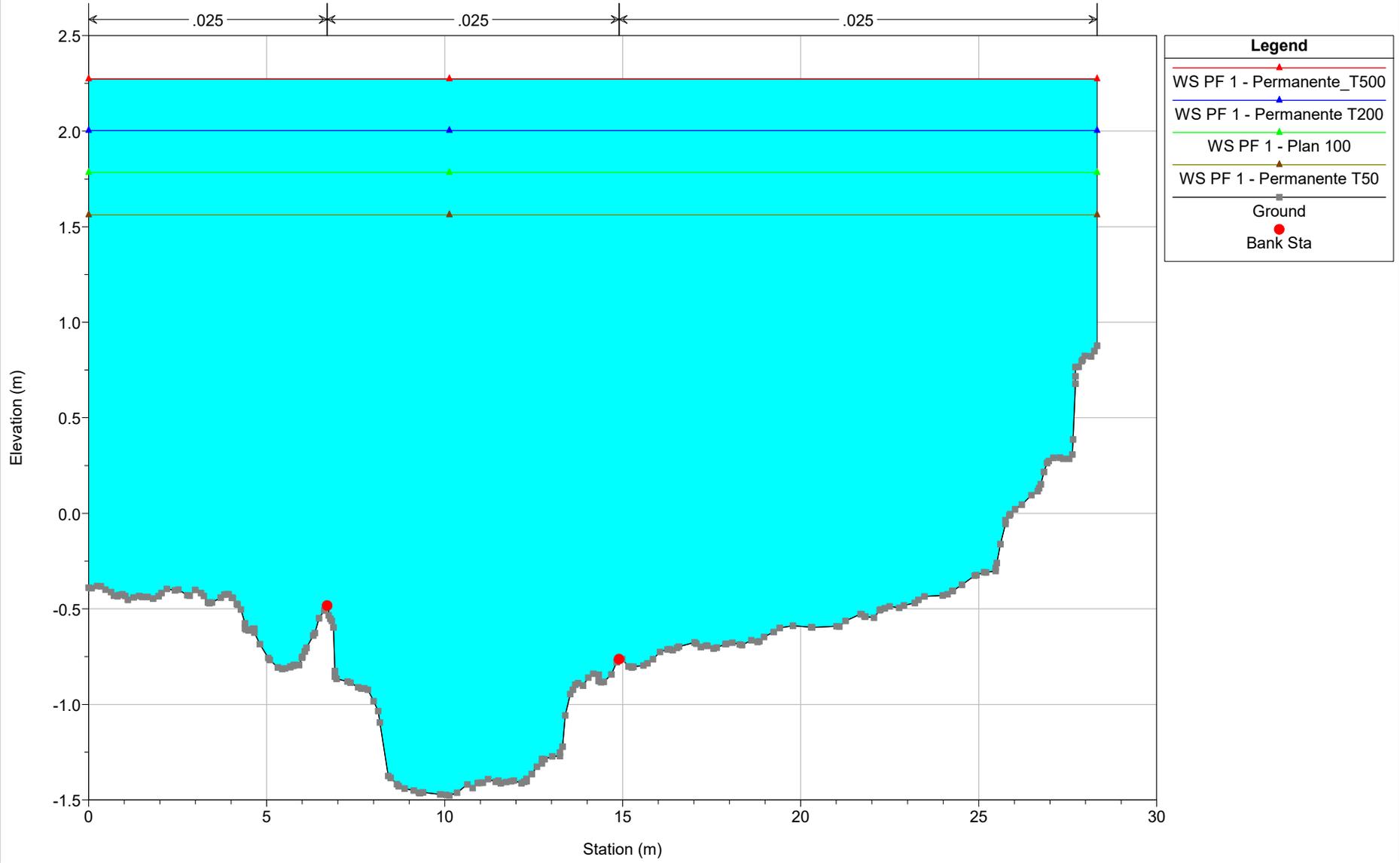
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 182.17*



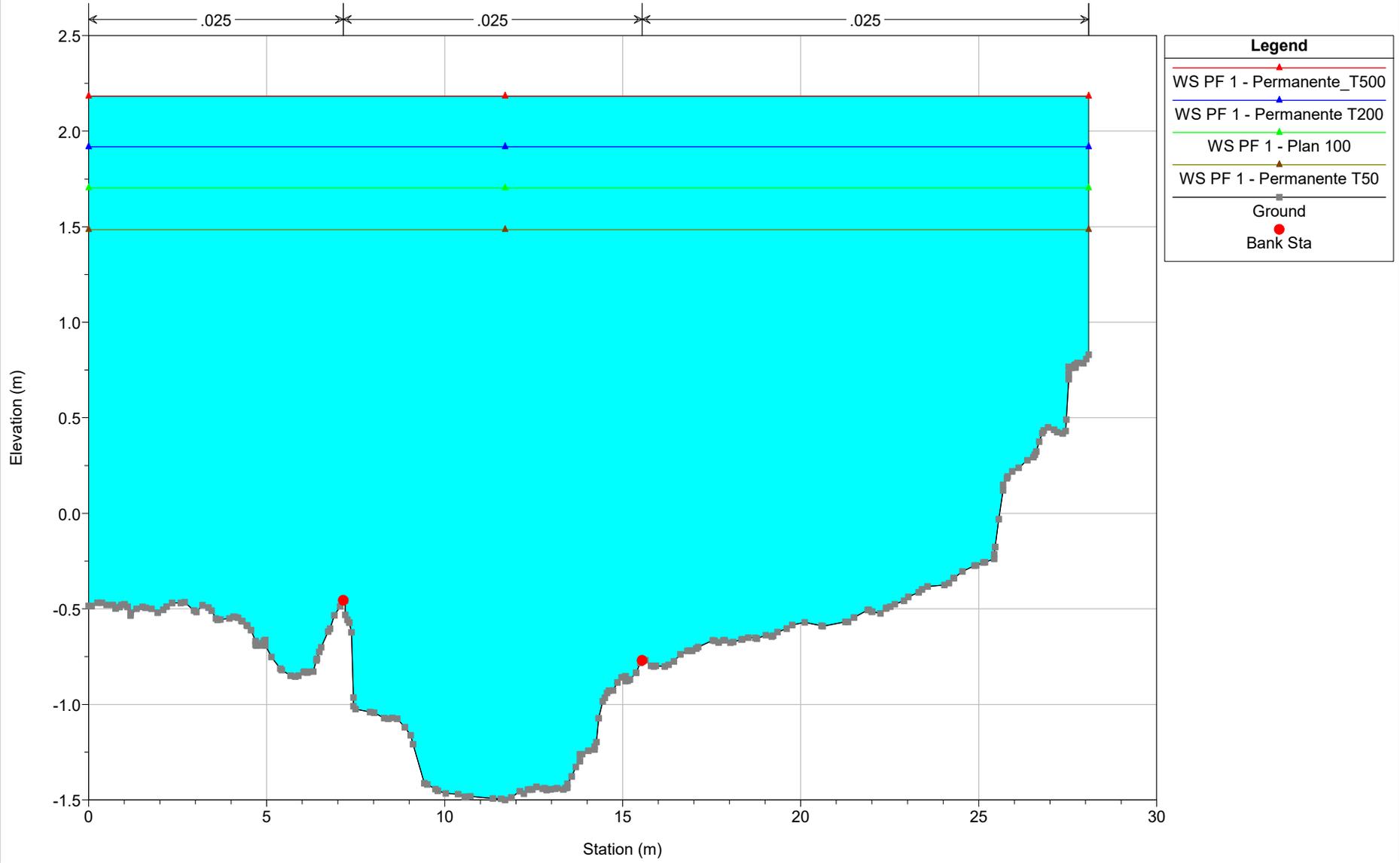
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 172.33*



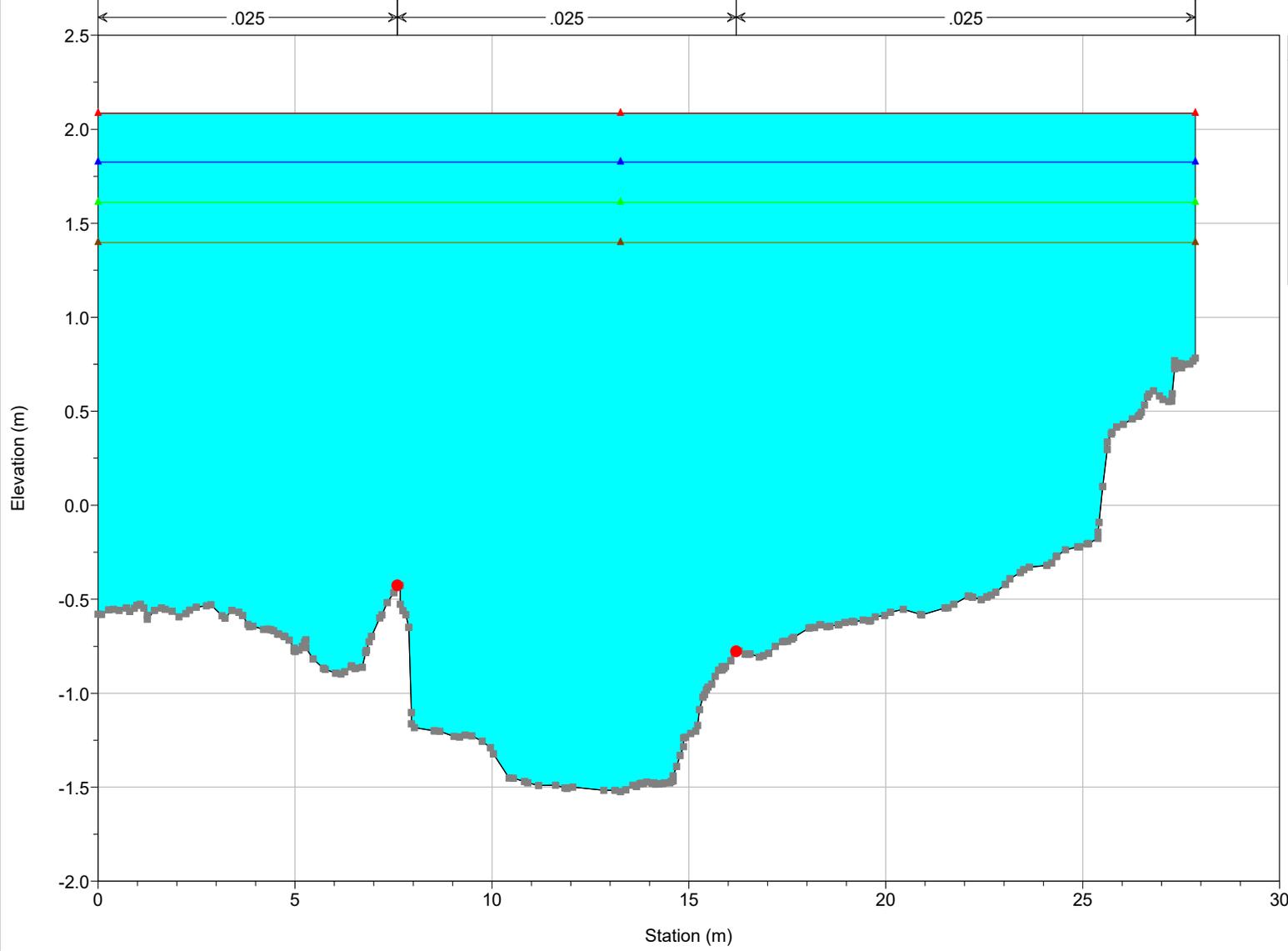
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 162.50°



Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

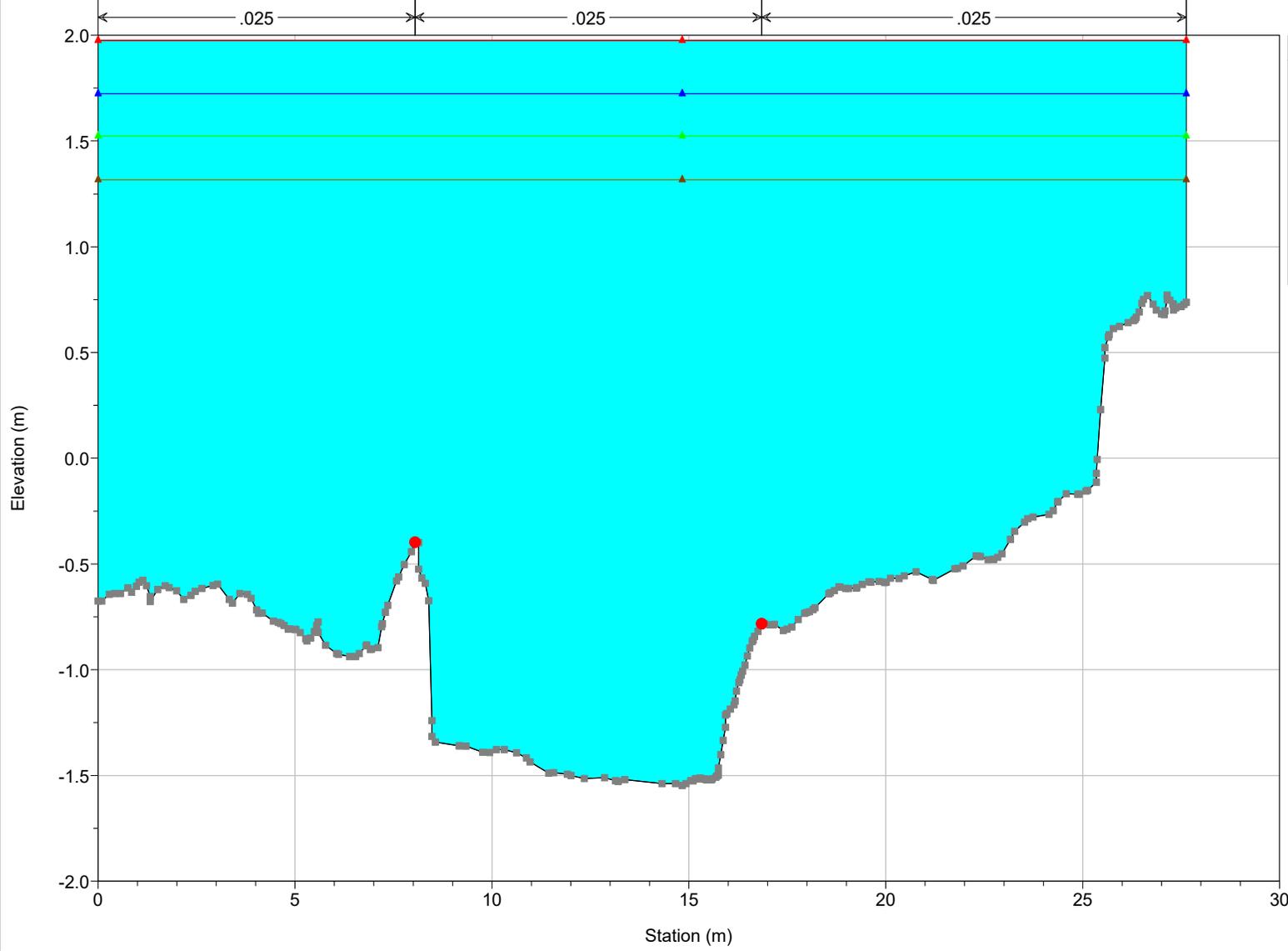
RS = 152.67*



| Legend | |
|--------|---------------------------|
| —▲— | WS PF 1 - Permanente_T500 |
| —▲— | WS PF 1 - Permanente T200 |
| —▲— | WS PF 1 - Plan 100 |
| —▲— | WS PF 1 - Permanente T50 |
| —■— | Ground |
| ● | Bank Sta |

Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

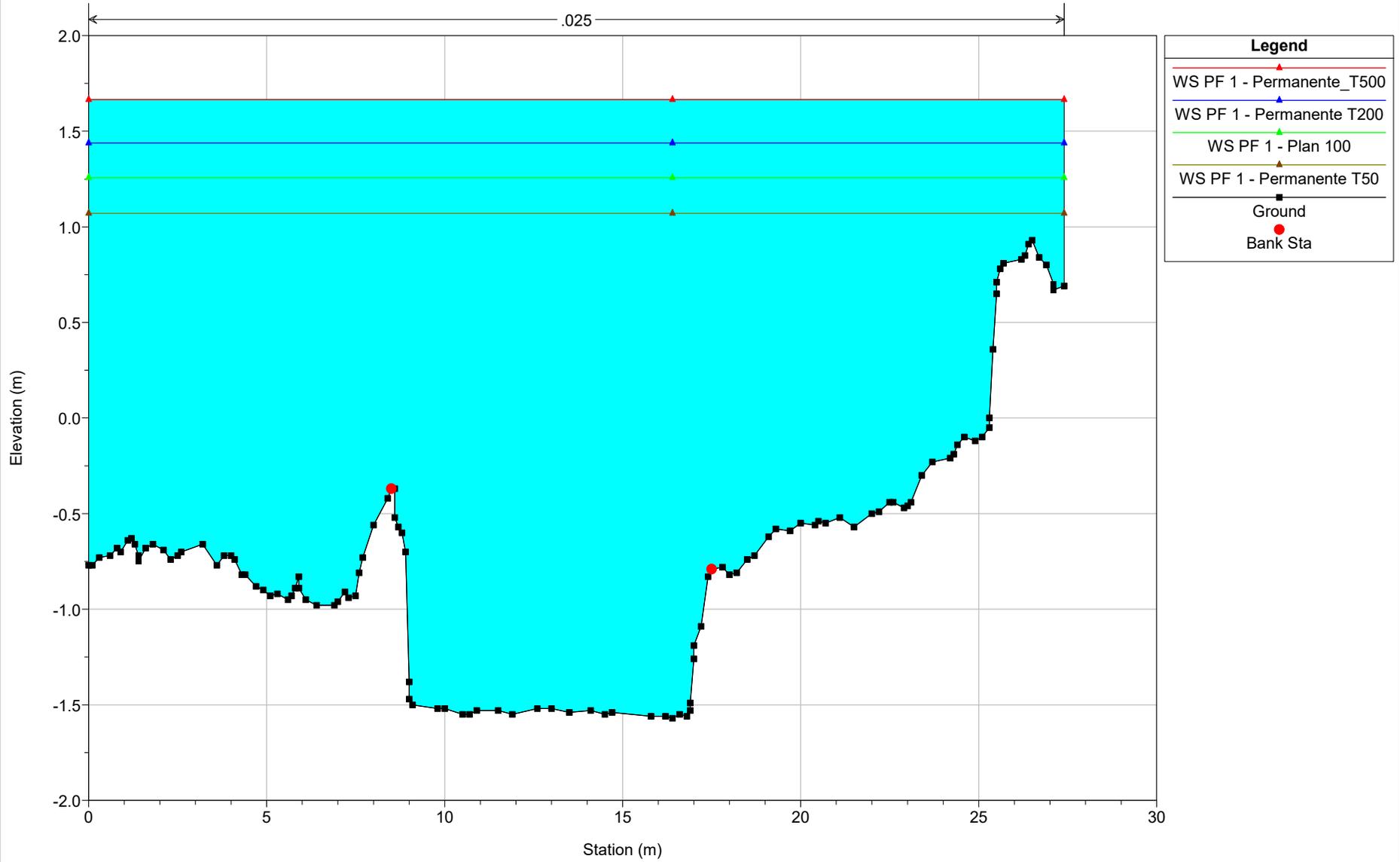
RS = 142.83*



| Legend | |
|--------|---------------------------|
| —▲— | WS PF 1 - Permanente_T500 |
| —▲— | WS PF 1 - Permanente T200 |
| —▲— | WS PF 1 - Plan 100 |
| —▲— | WS PF 1 - Permanente T50 |
| —■— | Ground |
| ● | Bank Sta |

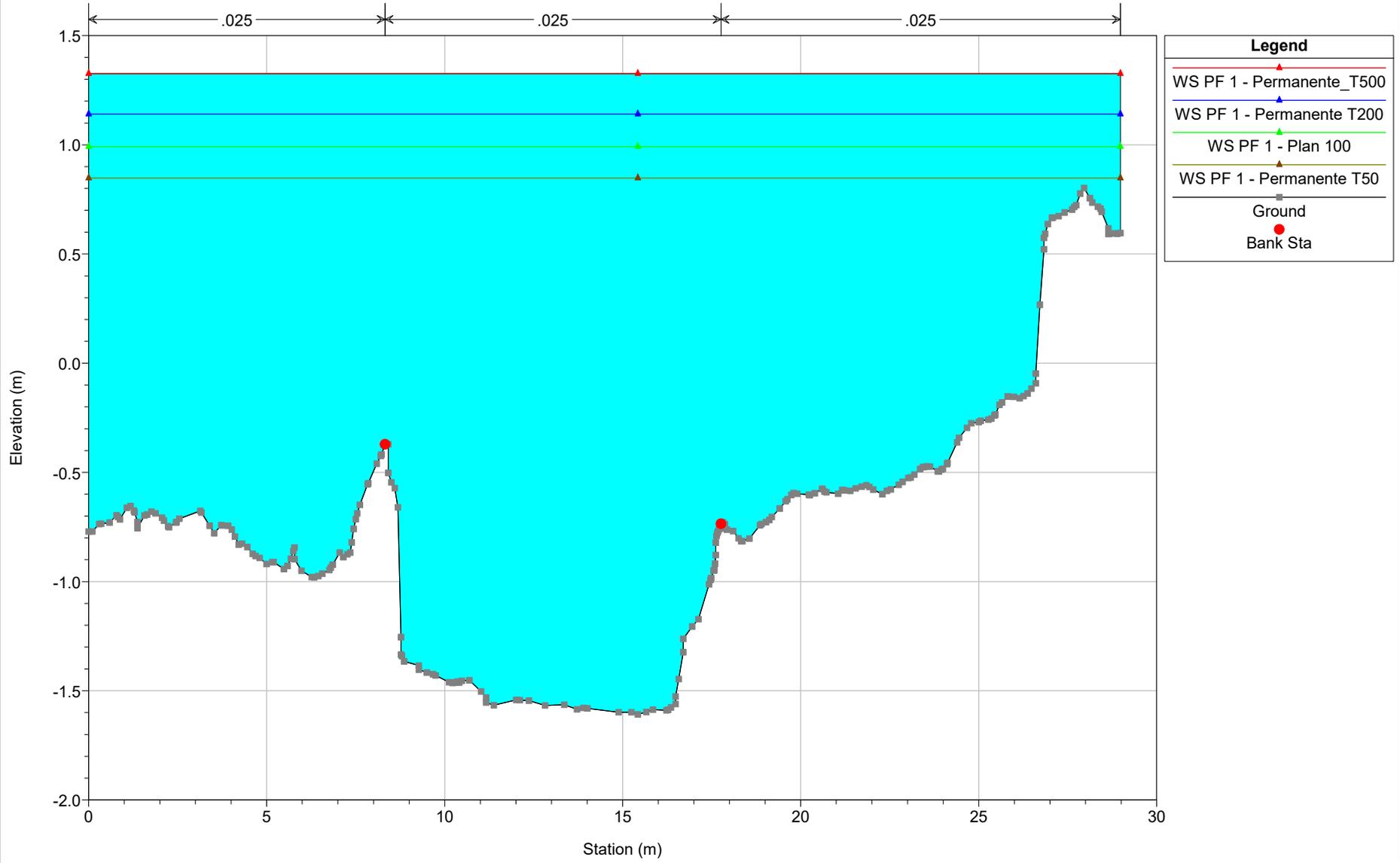
RS = 133

.025



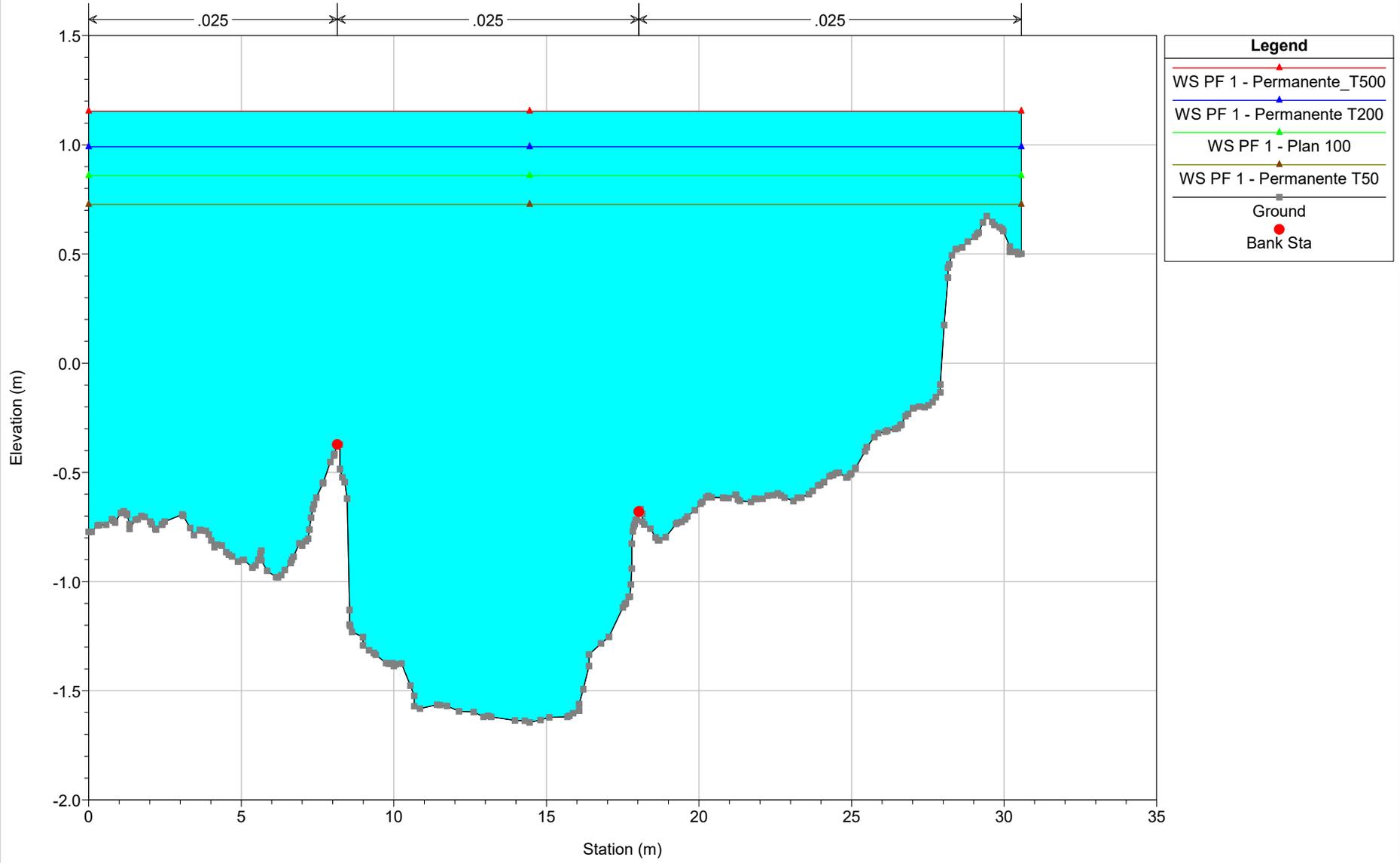
Calopezzi_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 123.63*



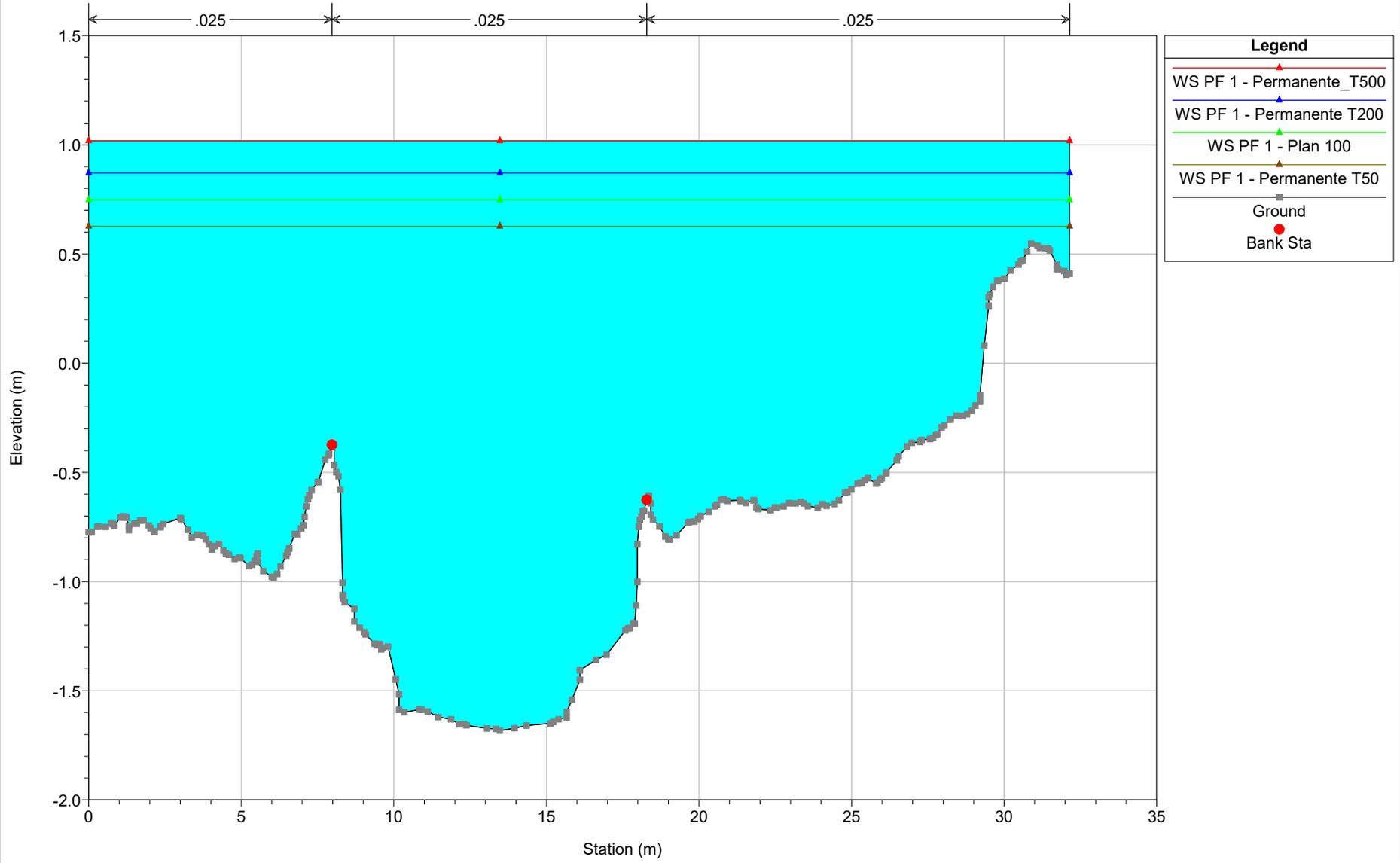
Calopezzi_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 114.25°



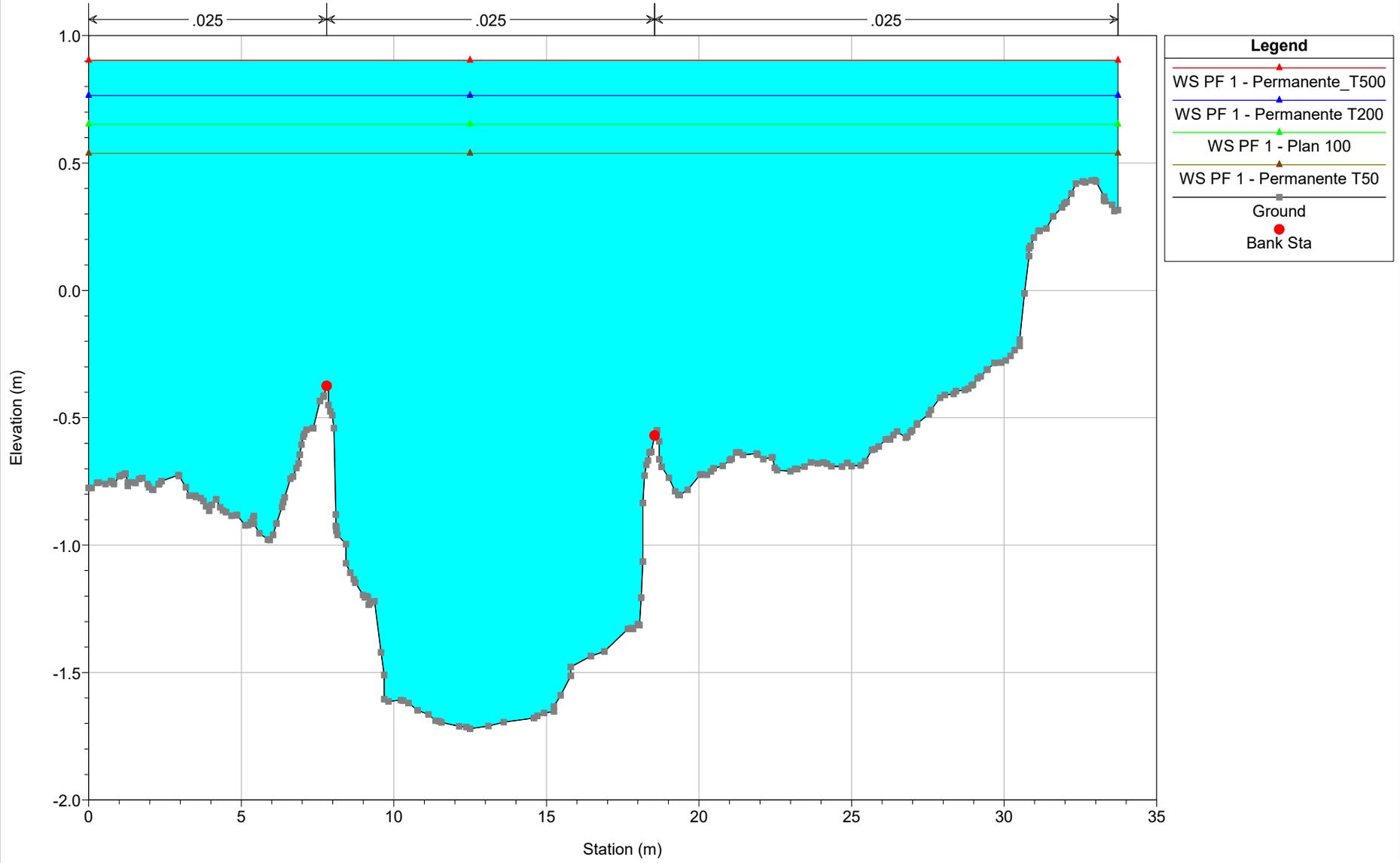
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 104.88°



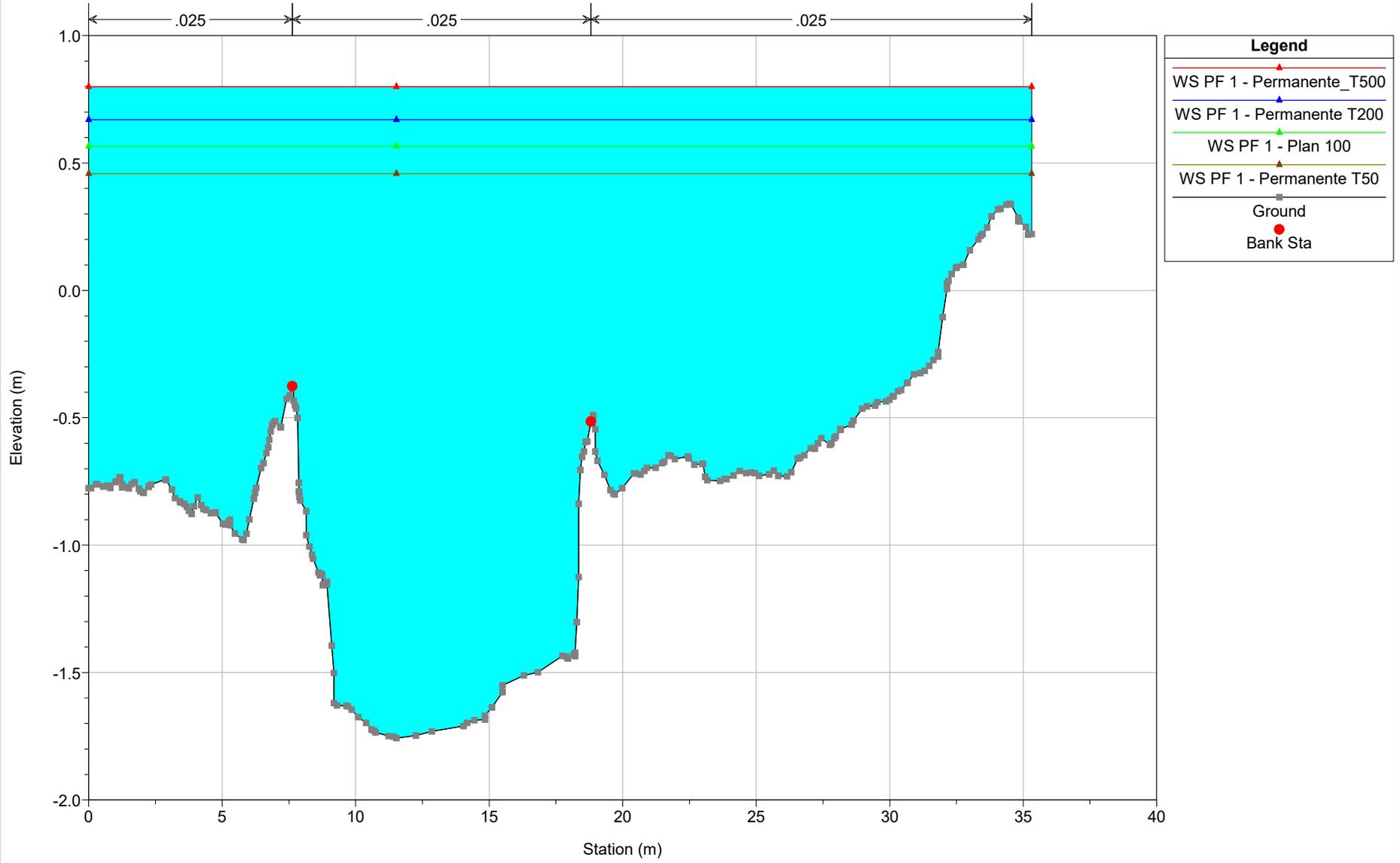
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 95.50*



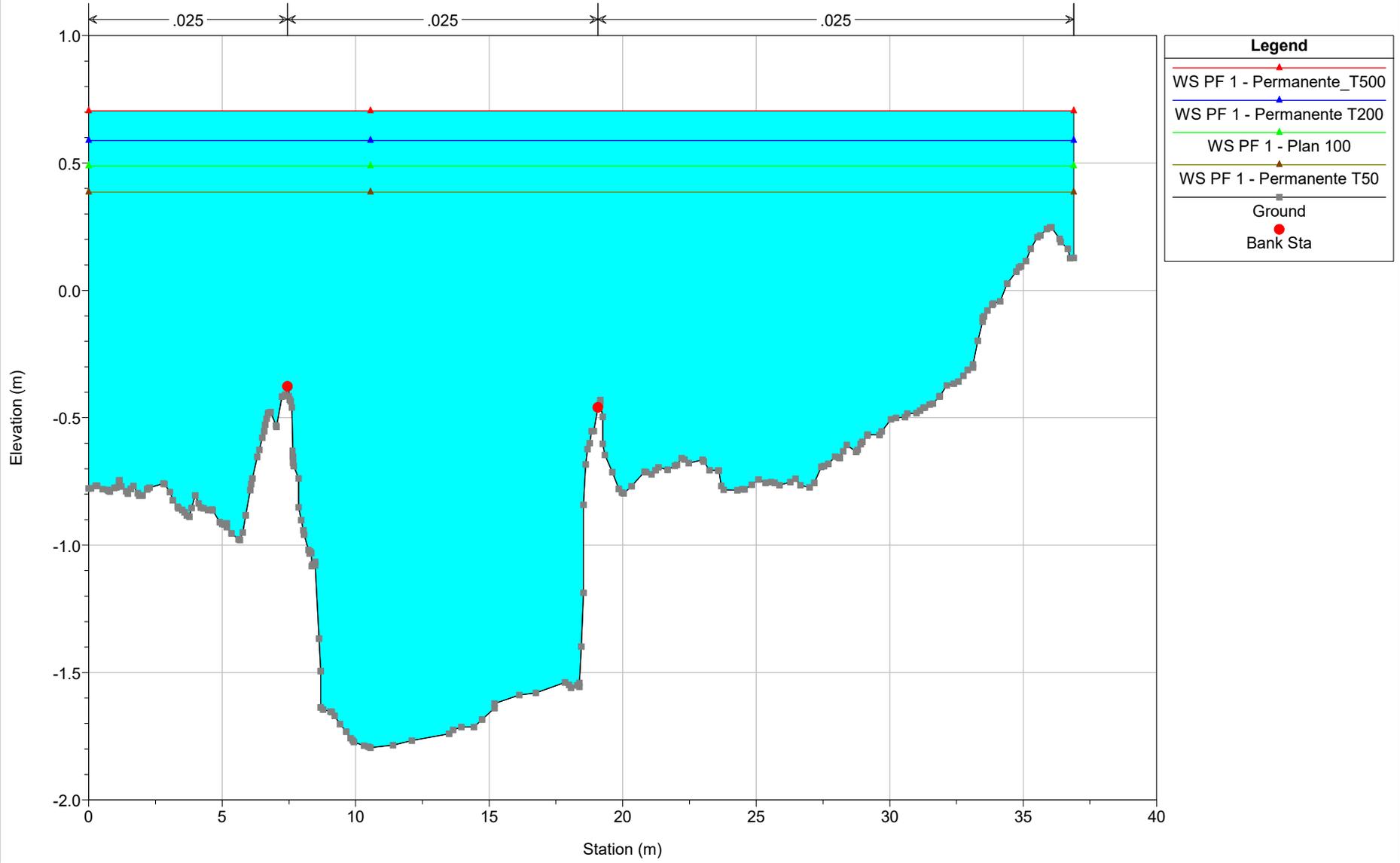
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 86.13*



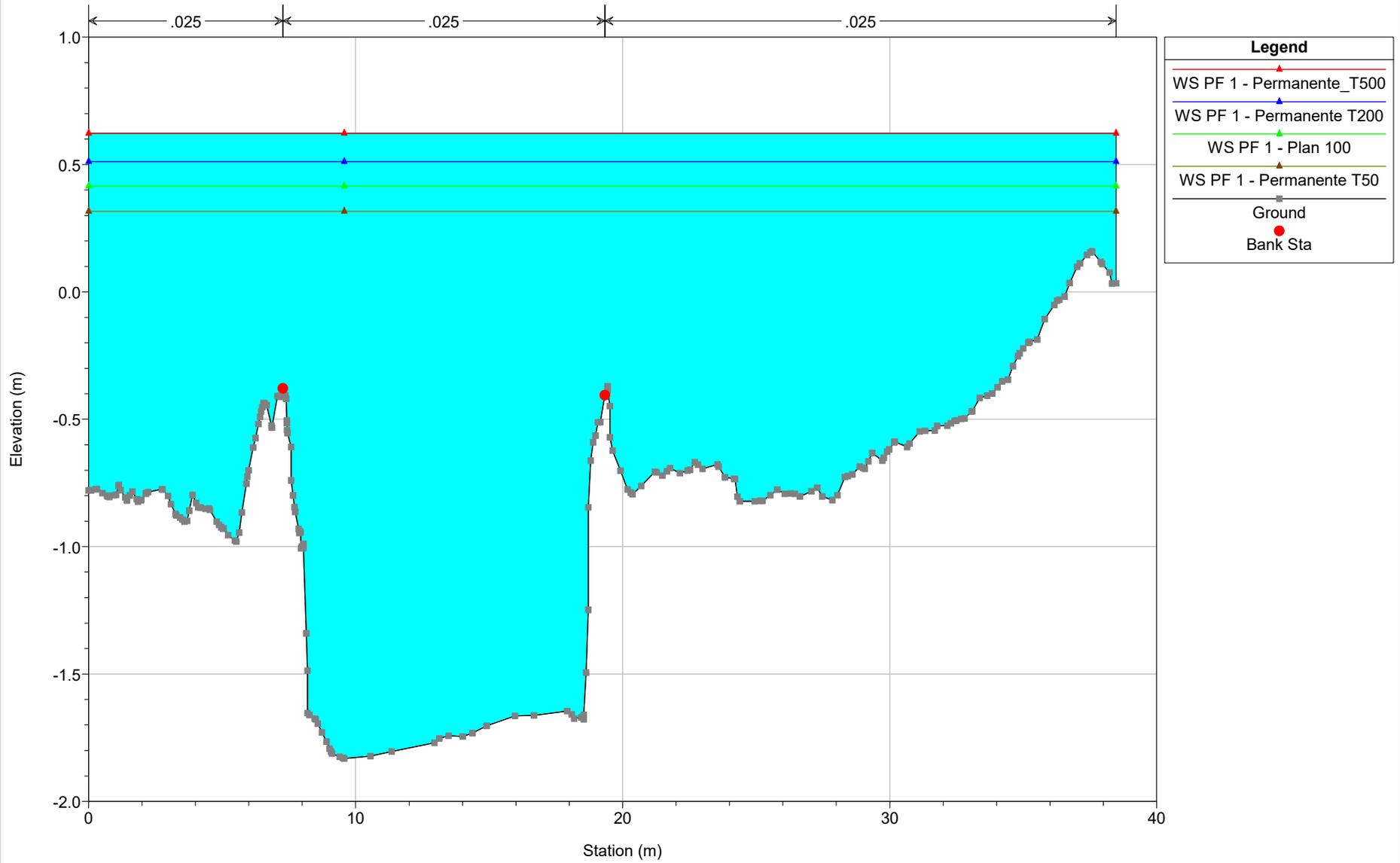
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 76.75*



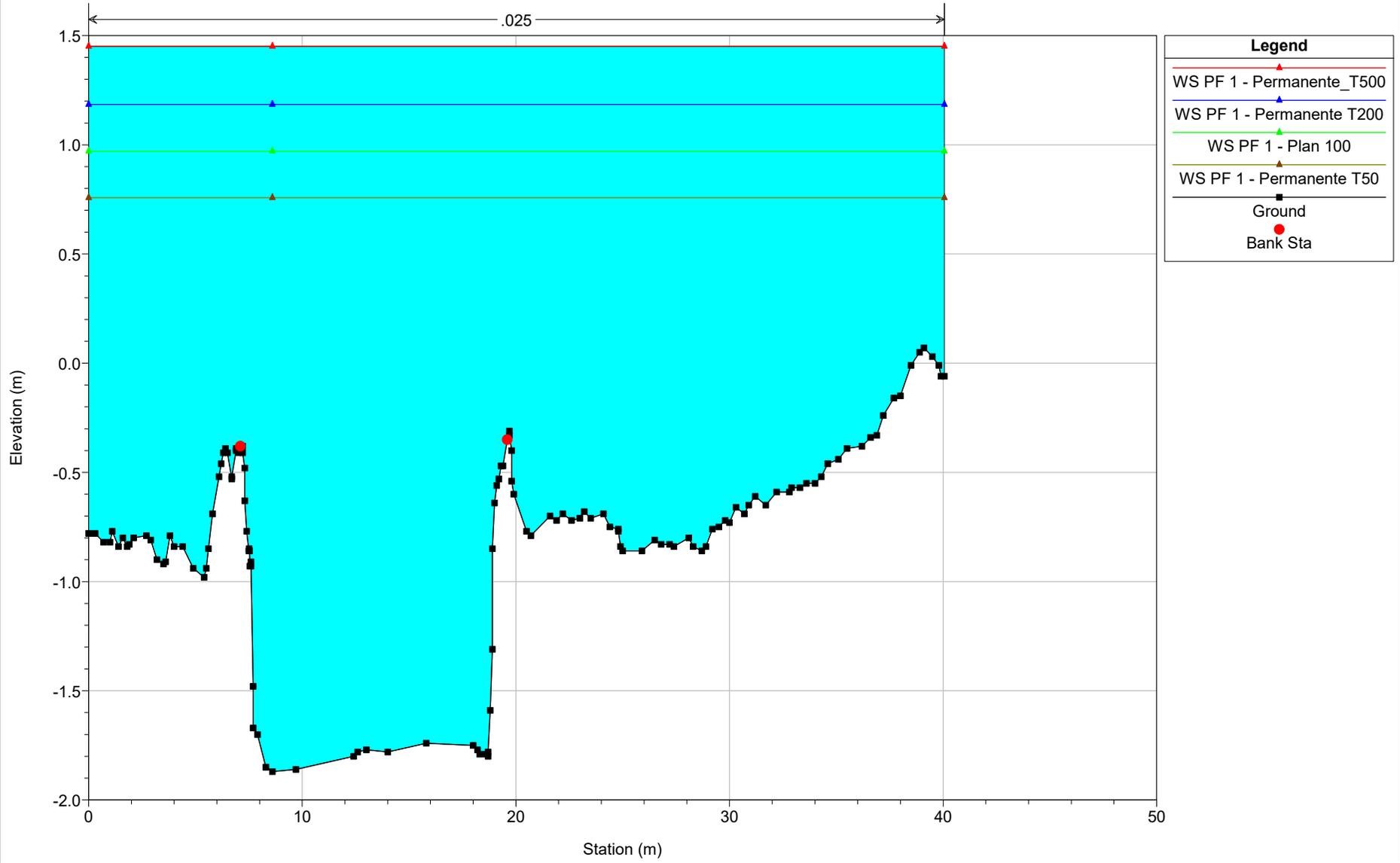
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 67.38*



Calopezzi_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 58

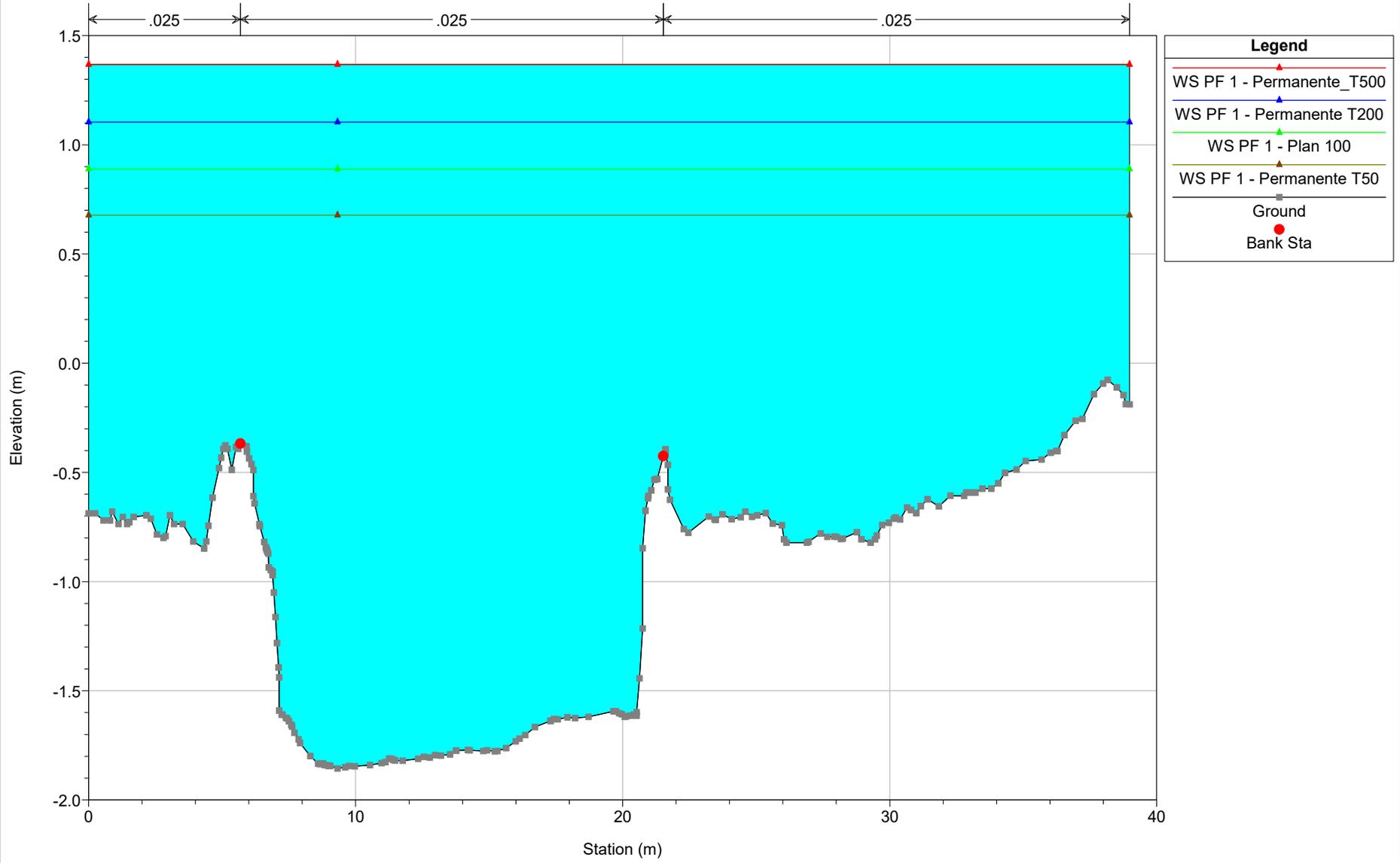


Legend

- WS PF 1 - Permanente_T500
- WS PF 1 - Permanente T200
- WS PF 1 - Plan 100
- WS PF 1 - Permanente T50
- Ground
- Bank Sta

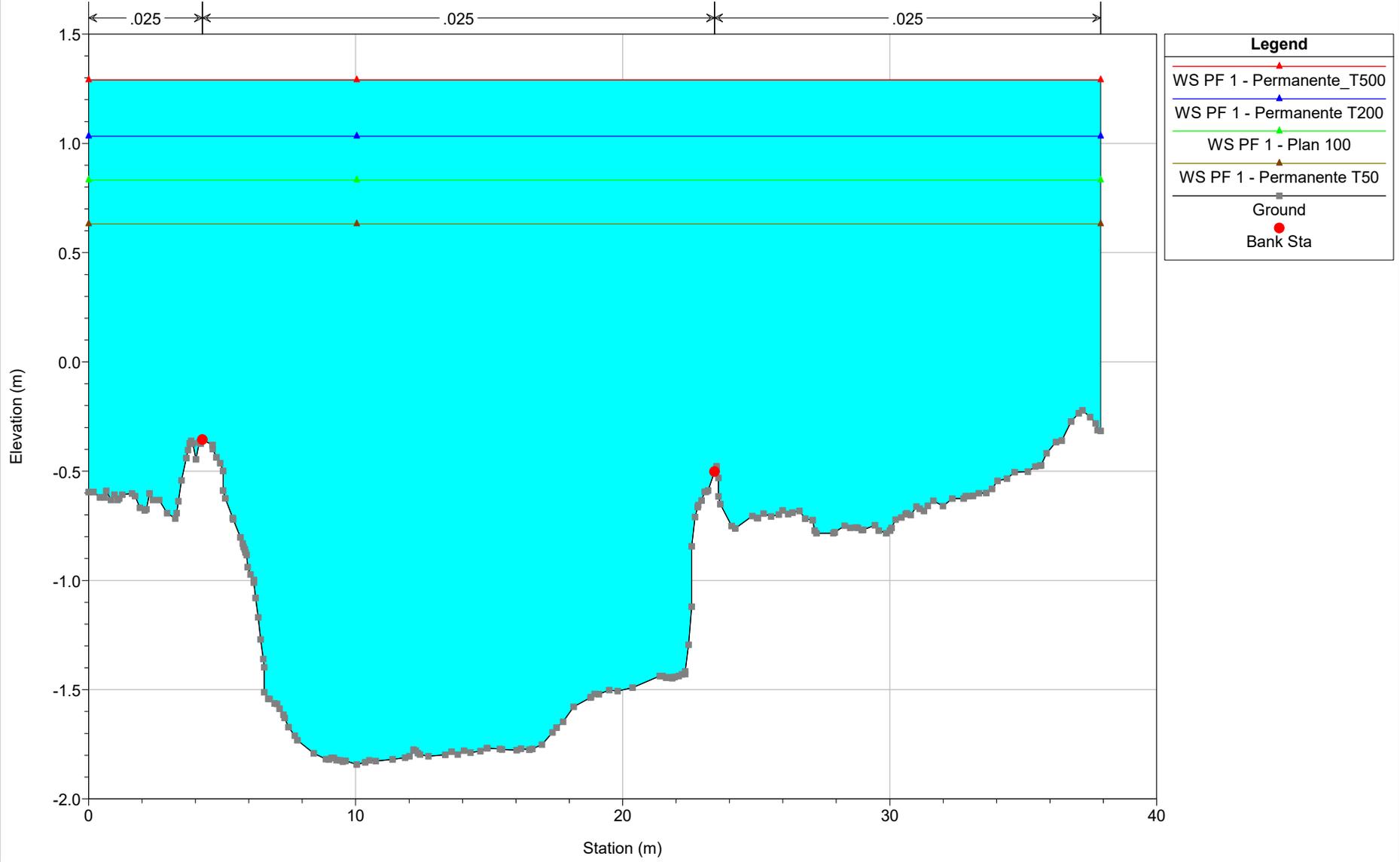
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 49.400*



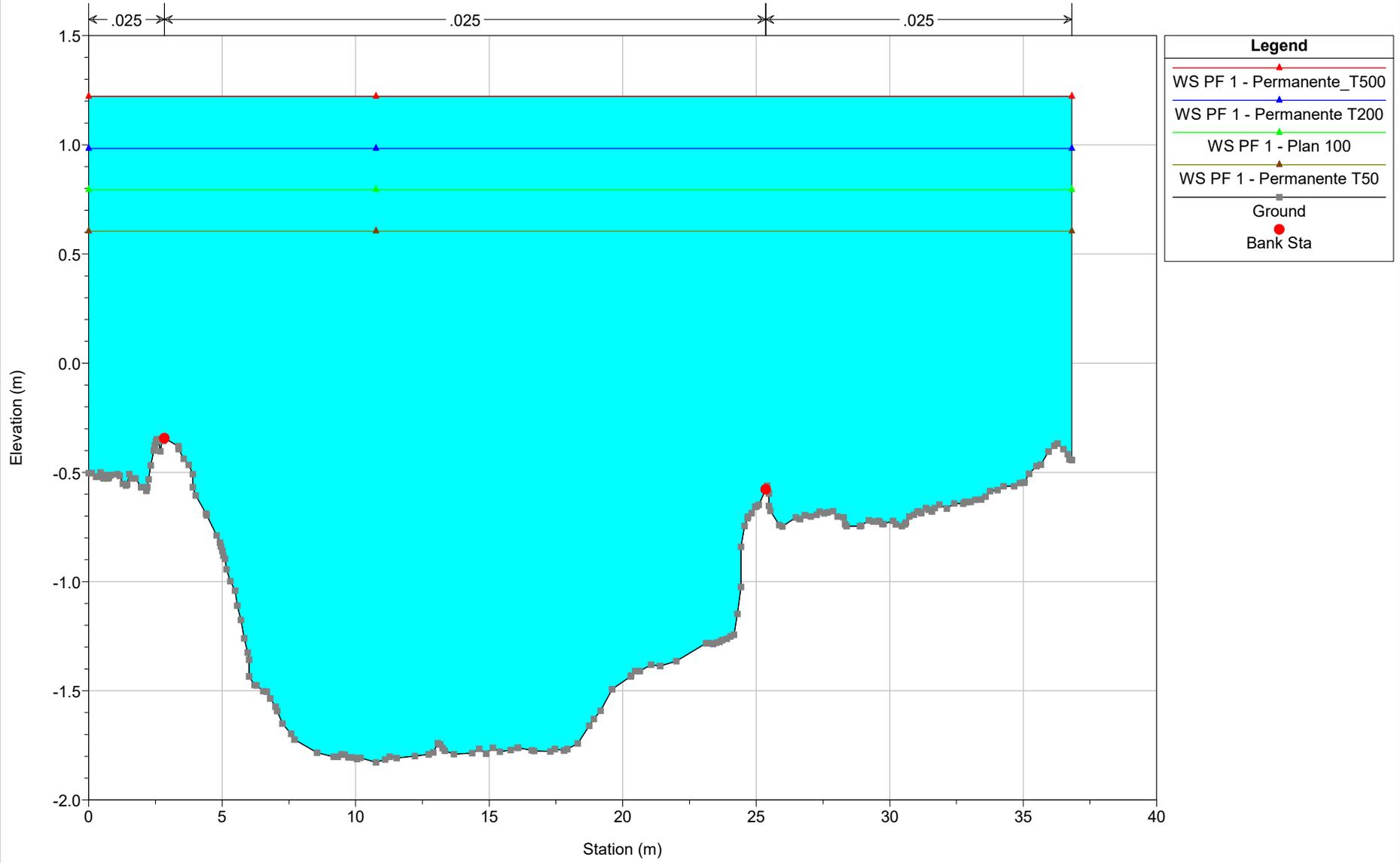
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 40.800*



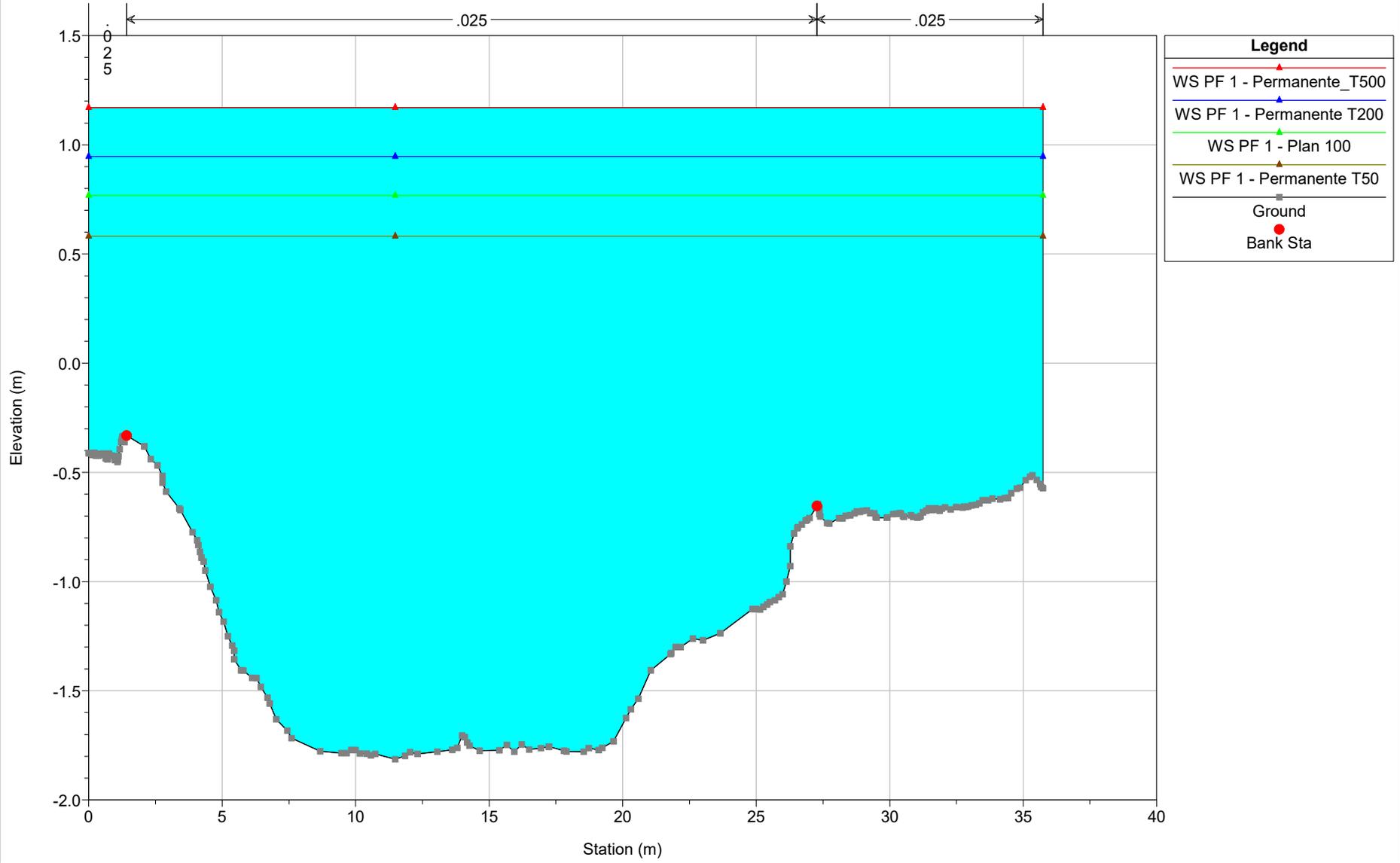
Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 32.200*



Calopezziati_Rev01_SF Plan: 1) Permanente_T500 6/7/2022 2) Permanente T200 6/7/2022 3) Plan 100 6/7/2022 4) Permanente T50 6/3/2022

RS = 23.600*



RS = 15

