

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

S.O. OPERE CIVILI

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE-FALCONARA
RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228-CASTELPLANIO

ELABORATI GENERALI

Relazione idraulica –Corsi d'Acqua Minori - Lotto 2

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IR0F 02 R 09 RI ID0002 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	P. Cucino	Settembre 2021	F. Cabas	Settembre 2021	C. Urgiuoli	Settembre 2021	A. Vittozzi Settembre 2021

ITALFERR S.p.A.
U.D. Opere Civili - Sezione delle varianti
Dott. Ing. Paolo Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A20783

File: IR0F02R09RIID0002002A.doc

n. Elab.:

INDICE

1.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA.....	5
1.1	NORMATIVA NAZIONALE.....	5
1.2	NORMATIVA REGIONALE.....	5
1.3	1.3 DOCUMENTI TECNICI.....	5
2.	PREMESSA.....	6
3.	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	7
4.	IDROLOGIA E IDRAULICA.....	9
4.1	INQUADRAMENTO GENERALE.....	9
5.	ANALISI INTERFERENZE IDRAULICHE.....	11
5.1	MANUALE DI PROGETTAZIONE FERROVIARIO.....	12
5.2	VERIFICHE IDRAULICHE.....	13
5.2.1	<i>Verifiche idrauliche in moto uniforme</i>	14
5.2.2	<i>Verifiche idrauliche con il software HY-8</i>	16
5.2.3	<i>Verifiche idrauliche mediante il software HEC-RAS</i>	20
6.	ANALISI SISTEMAZIONI IDRAULICHE PRINCIPALI.....	27
6.1	TOMBINO IN01.....	27
6.1.1	<i>Condizioni ante operam</i>	27
6.1.2	<i>Condizioni post operam</i>	29
6.2	TOMBINO IN02.....	32
6.2.1	<i>Condizioni ante operam</i>	32
6.2.2	<i>Condizioni post operam</i>	35
6.3	DEVIAZIONE IN04.....	38
6.3.1	<i>Condizioni ante operam</i>	38
6.3.2	<i>Configurazione temporanea</i>	42
6.3.3	<i>Condizioni post operam</i>	46
	ALLEGATO A.....	49
	ALLEGATO B.....	62

INDICE DELLE FIGURE

FIGURE 1 INQUADRAMENTO IDROLOGICO/IDRAULICO: BACINO DEL FIUME ESINO.....	9
FIGURE 2 INDIVIDUAZIONE AREE CONTRIBUENTI RELATIVE AGLI ATTRAVERSAMENTI FERROVIARI NEL LOTTO 2.....	10
FIGURE 3 ESEMPIO DI MOTO CONTROLLATO DALLA SEZIONE DI INGRESSO	17
FIGURE 4 ESEMPIO DI MOTO CONTROLLATO DA SEZIONI A VALLE DEL TOMBINO.....	17
FIGURE 5 VARIABILI DI RIFERIMENTO PER L'EQUAZIONE DI CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA	19
FIGURE 6 SCHEMA DI CALCOLO PER LA DETERMINAZIONE DEL PROFILO LIQUIDO NEI CORSI D'ACQUA	21
FIGURE 7 SEZIONE SCHEMATICA DI UN CORSO D'ACQUA NATURALE	22
FIGURE 8 FORZE IN GIOCO NELL'APPLICAZIONE DEL PRINCIPIO DELLA QUANTITÀ DI MOTO	24
FIGURE 9 SCHEMA PLANIMETRICO DELL'ASSE IN01 E DELLE SEZIONI TRASVERSALI IN CONDIZIONI ANTE OPERAM.....	27
FIGURE 10 SEZIONI DI MONTE E VALLE DELL'ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO ESISTENTE	28
FIGURE 11 RISULTATI SIMULAZIONE HEC-RAS IN01 ANTE OPERAM.....	29
FIGURE 12 PROFILO SISTEMAZIONE IDRAULICA IN01 - MONTE	30
FIGURE 13 SEZIONE SISTEMAZIONE IDRAULICA IN01 - VALLE	30
FIGURE 14 SCHEMA PLANIMETRICO DELL'ASSE IN01 E DELLE SEZIONI TRASVERSALI IN CONDIZIONI POST OPERAM.....	31
FIGURE 15 RISULTATI SIMULAZIONE HEC-RAS IN01 ANTE OPERAM.....	32
FIGURE 16 SCHEMA PLANIMETRICO DELL'ASSE IN02 E DELLE SEZIONI TRASVERSALI IN CONDIZIONI ANTE OPERAM.....	33
FIGURE 17 SEZIONI DI MONTE E VALLE DELL'ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO ESISTENTE	34
FIGURE 18 RISULTATI SIMULAZIONE HEC-RAS IN02 ANTE OPERAM.....	35
FIGURE 19 SCHEMA FASI DI REALIZZAZIONE IN02	36
FIGURE 20 SEZIONE SISTEMAZIONE IDRAULICA IN02.....	36
FIGURE 21 SCHEMA PLANIMETRICO DELL'ASSE IN02 IN CONDIZIONI POST OPERAM.....	37
FIGURE 22 RISULTATI SIMULAZIONE HEC-RAS IN01 POST OPERAM.....	38
FIGURE 23 SCHEMA PLANIMETRICO DELL'ASSE IN04 IN CONDIZIONI ANTE OPERAM.....	39
FIGURE 24 SEZIONI DI MONTE E VALLE DELL'ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO ESISTENTE	39
FIGURE 25 PONTE CANALE SULLA LINEA ESISTENTE	40

FIGURE 26 SEZIONI DI MONTE E VALLE DELL'ATTRAVERSAMENTO IDRAULICO ESISTENTE SS76	41
FIGURE 27 RISULTATI SIMULAZIONE HEC-RAS IN04 ANTE OPERAM.....	42
FIGURE 28 SCHEMA FASE 1: CONFIGURAZIONE ESISTENTE CON REALIZZAZIONE DEVIAZIONE SU STRUTTURA RETICOLARE.....	44
FIGURE 29 SCHEMA FASE 2: REALIZZAZIONE GALLERIE ARTIFICIALI E SISTEMAZIONE IDRAULICA CON DEVIAZIONE TEMPORANEA DEL CANALE	44
FIGURE 30 SCHEMA FASE 3: NUOVA SISTEMAZIONE IDRAULICA IN ESERCIZIO CON DEVIAZIONE TEMPORANEA PER DEMOLIZIONE PONTE CANALE SU LINEA STORICA.....	45
FIGURE 31 SCHEMA FASE 3: NUOVA SISTEMAZIONE IDRAULICA COMPLETA E RIMOZIONE DEVIAZIONE TEMPORANEA.....	45
FIGURE 32 SEZIONI SISTEMAZIONI IDRAULICHE IN04.....	46
FIGURE 33 SCHEMA PLANIMETRICO DELL'ASSE IN04 E DELLE SEZIONI TRASVERSALI IN CONDIZIONI POST OPERAM.....	47
FIGURE 34 RISULTATI SIMULAZIONE HEC-RAS IN04 POST OPERAM.....	48

INDICE DELLE FIGURE

TAB. 1 – VALORI DI PORTATA OTTENUTI PER I SOTTOBACINI	11
TAB. 2 – VERIFICA IDRAULICA DEI TOMBINI FERROVIARI (MOTO UNIFORME)	14
TAB. 3 – VERIFICA IDRAULICA DEI TOMBINI STRADALI (MOTO UNIFORME).....	15
TAB. 4 – VERIFICA IDRAULICA DEL CANALE DI GRONDA IN07-A (MOTO UNIFORME).....	15
TAB. 5 – VERIFICA IDRAULICA DEI TOMBINI FERROVIARI (HY8).....	20
TAB. 6 – VERIFICA IDRAULICA DEI TOMBINI FERROVIARI (HEC RAS)	48

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE - FALCONARA. RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – CASTELPLANIO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA					
	RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA IROF	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A

1. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO E NORMATIVA

Con specifico riferimento agli strumenti di pianificazione e di tutela presenti sul territorio, a scala nazionale e regionale, i riferimenti principali nel campo idrologico-idraulico sono elencati nel seguito.

1.1 Normativa nazionale

- [1] R.D. 25/07/1904, n. 523 – “Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie”;
- [2] D.M. 12/12/1985 – “Normativa tecnica per le tubazioni”;
- [3] Circolare 20/03/1986, n. 27291 – “Istruzioni relative alla normativa tecnica per le tubazioni”;
- [4] Legge 18 maggio 1989, n. 183. Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.
- [5] L. 36/94 (Legge Galli). Disposizioni in materia di risorse idriche.
- [6] D.P.R. 14 aprile 1994. Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale e interregionale.
- [7] Dpcm 4/3/96. Disposizioni in materia di risorse idriche.
- [8] Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale.

1.2 Normativa regionale

- [9] Legge regionale 22 giugno 1998, n. 18. Disciplina delle risorse idriche.
- [10] Legge regionale 25/5/1999, n° 13. Disciplina regionale della difesa del suolo.
- [11] Piano per l’Assetto Idrogeologico (PAI) Marche, richiesto dalle LL. 267/98 e 365/00.
- [12] Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell’Appennino Centrale – P.G.R.A.A.C.
- [13] Legge regionale 23 novembre 2011, n. 22. Norme in materia di riqualificazione urbana sostenibile e assetto idrogeologico

1.3 Documenti tecnici

- [14] D. Citrini, G. Nosedà – “Idraulica” – Casa Editrice Ambrosiana Milano – 1987;
- [15] F. Arredi – “Costruzioni Idrauliche” – Utet – 1987;

- [16] G. Ippolito – “Appunti di costruzioni idrauliche” – Liguori – 1993;
- [17] S. Gabriele, G. Liritano – “Alcuni aspetti teorici ed applicativi nella regionalizzazione delle piogge con il modello TCEV” – Previsione e Prevenzione degli Eventi Idrologici Estremi e Loro Controllo, Rapporto 1992/93, L1, GNDCI-CNR, Roma – 1994;
- [18] G. Calenda, F. Campolo, C. Cosentino, R. Guercio – “Valutazione delle piene nei bacini delle sezioni idrografiche di Roma e Pescara” – In La valutazione delle piene in Italia- Rapporto Nazionale di Sintesi, CNR-GNDCI, Allegato F, Roma – 1994;
- [19] L. Da Deppo, C. Datei – “Fognature” – Edizioni Progetto Padova – 1997;
- [20] S. Artina et al. – “Sistemi di Fognatura” – Centro Studi Deflussi Urbani – Hoepli – 1997.

2. PREMESSA

Il presente documento è parte della Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica del “Raddoppio della tratta PM228 - Castelplanio - Lotto 2” nell’ambito del “Potenziamento infrastrutturale Orte - Falconara”.

La presente relazione descrive il dimensionamento e la verifica idraulica delle opere di attraversamento sui corsi d’acqua minori nel tratto dal Bivio Nord Albacina a Serra San Quirico, a partire dai risultati ottenuti dall’analisi idrologica che ha condotto alla determinazione delle massime portate di progetto dei bacini idrografici di interesse lungo l’intervento di progetto. Tali opere sono state individuate sia a partire dal rilievo disponibile del tracciato esistente, sia da analisi geomorfologiche dei bacini idrografici afferenti la linea ferroviaria.

L’analisi effettuata ha seguito le seguenti fasi:

- Verifica idraulica delle sistemazioni idrauliche principali mediante modello HEC-RAS 1D: confronto dei profili in moto permanente e delle sezioni con livelli idrici ed energetici relativi alle condizioni ante e post operam;
- Verifica idraulica delle sistemazioni di progetto minori con modello HY-8.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE - FALCONARA. RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – CASTELPLANIO					
	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA					
RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA IROF	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A	FOGLIO 7 di 63

3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Nell'ambito del potenziamento infrastrutturale della Linea ferroviaria Orte-Falconara, il presente Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica riguarda il raddoppio della tratta PM228-Castelplanio. Tale progetto è suddiviso nei 3 Lotti Funzionali di seguito elencati:

Lotto 1: da PM228 a Bivio Nord Albacina da progressiva Km 0+00 (Km 228+014 della LS) alla progressiva Km 7+200 di progetto.

Lotto 2: da Bivio Nord Albacina a Serra San Quirico (i) da progressiva Km 0+00 (Km 237+589 della LS) alla progressiva Km 8+889 (Km 246+958 della LS).

Lotto 3 da Serra San Quirico (e) a Castelplanio (e) da progressiva Km 0+00 a progressiva Km 6+272 (Km 252+578 della LS).

Nel 2003 era stato redatto da ITF il progetto preliminare nell'ambito della Legge Obiettivo che già teneva conto dei 3 Lotti Funzionali sopra descritti. Rispetto al tracciato previsto in tale Progetto, che non ha ricevuto alcuna approvazione da parte degli Enti, il tracciato del PFTE in oggetto è stato aggiornato per tenere conto degli aggiornamenti normativi intercorsi.

Lotto 2

Il tracciato complessivo del Lotto 2 ha uno sviluppo complessivo pari a circa 8.900 m.

L'intervento ha inizio alla pk 7+200=0+47 di progetto, con una sovrapposizione di circa 47 m con i binari del Lotto 1, in corrispondenza dell'imbocco Sud della galleria GN02, galleria "Valtreara".

Ad inizio intervento nei pressi del Bivio Nord Albacina, è prevista una Cabina TE per gestire il corretto assetto delle protezioni della LdC e garantire l'equipotenzialità delle condutture.

Il tracciato prosegue in galleria (Galleria Valtreara di circa 900m); all'uscita dalla galleria è prevista l'opera di scavalco di Via di San Vittore, e dopo un tratto in viadotto (circa 210m) si arriva nella stazione di Genga, dove viene realizzata una nuova stazione su scatolare (in posizione rialzata rispetto all'esistente per problemi di incompatibilità idraulica dell'attuale tracciato), e vengono riorganizzati gli spazi dell'attuale parcheggio e delle attività commerciali previste in funzione della posizione del nuovo tracciato ferroviario. La nuova stazione prevederà marciapiedi H55cm, rampe scale e ascensori. Entrambi i marciapiedi verranno dotati di nuove pensiline ferroviarie.

Nell'area della fermata verrà realizzato un Fabbricato Tecnologico con annesso locale di Consegna ENEL.

Tra le viabilità di progetto c'è la Nuova Viabilità NV02 che risolve l'interferenza di Via Guglielmo Marconi fra gli abitati di S. Vittore e Genga Stazione, entrambi frazione di Genga, nella zona attorno all'attuale parcheggio per le grotte di Frassasi.

In questo tratto la viabilità esistente viene interferita quasi perpendicolarmente dal tracciato della ferrovia di progetto: in progetto viene previsto che la nuova viabilità sottopassi la Linea ferroviaria di progetto; il PL esistente alla progressiva Km 239+600 viene eliminato a seguito dello spostamento della linea ferroviaria in nuova sede.

In uscita dalla nuova stazione di Genga è prevista la nuova galleria "Genga" di circa 570 m, e poi una serie di gallerie (galleria Mogiano 800m, Galleria Chiarodovo 280m, Galleria La Rossa 1.230m e Galleria Murano 1.100 m) alternate a tratti all'aperto, che costituiscono un sistema di gallerie equivalenti, che pertanto sono state attrezzate con le predisposizioni di sicurezza in galleria in ottemperanza al DM del 28.10.2005, con fabbricati di emergenza (PGEP) per la sicurezza in galleria e marciapiedi PES (aventi lunghezza pari a 250m) per gestire l'esodo delle persone in condizioni di sicurezza.

Nei tratti all'aperto in alternanza alle gallerie sono previsti 3 viadotti di circa 240m, 210m e 110m.

Infine è prevista l'adeguamento a fermata dell'impianto di Serra San Quirico, con realizzazione di un nuovo sovrappasso, dei collegamenti perdonali (rampe scale ed ascensori), realizzazione di due nuovi marciapiedi L utile pari a 250 m e H=55 cm. Entrambi i marciapiedi verranno dotati di nuove pensiline ferroviarie.

Nell'area della fermata verrà realizzato un Fabbricato Tecnologico con annesso locale di Consegna ENEL.

E' prevista la soppressione del PL posto alla progressiva Km 246+400 circa, mediante viabilità sostitutiva che sovrappassa la linea ferroviaria in progetto.

Subito dopo la fermata di Serra San Quirico verrà realizzata una Cabina TE provvisoria.

Sono previste barriere antirumore per una lunghezza complessiva pari a circa 1.650 m, tra binario pari e binario dispari, di tipo H4 e H6.

4. IDROLOGIA E IDRAULICA

4.1 Inquadramento generale

Dal punto di vista idrologico-idraulico, la tratta ferroviaria in progetto si sviluppa interamente in affiancamento al Fiume Esino, attraversando quest'ultimo in vari punti, lungo il tracciato, in ognuno dei tre lotti previsti. Inoltre, sono attraversati anche una serie di corsi d'acqua minori, tributari del Fiume Esino stesso, oggetto della presente relazione.

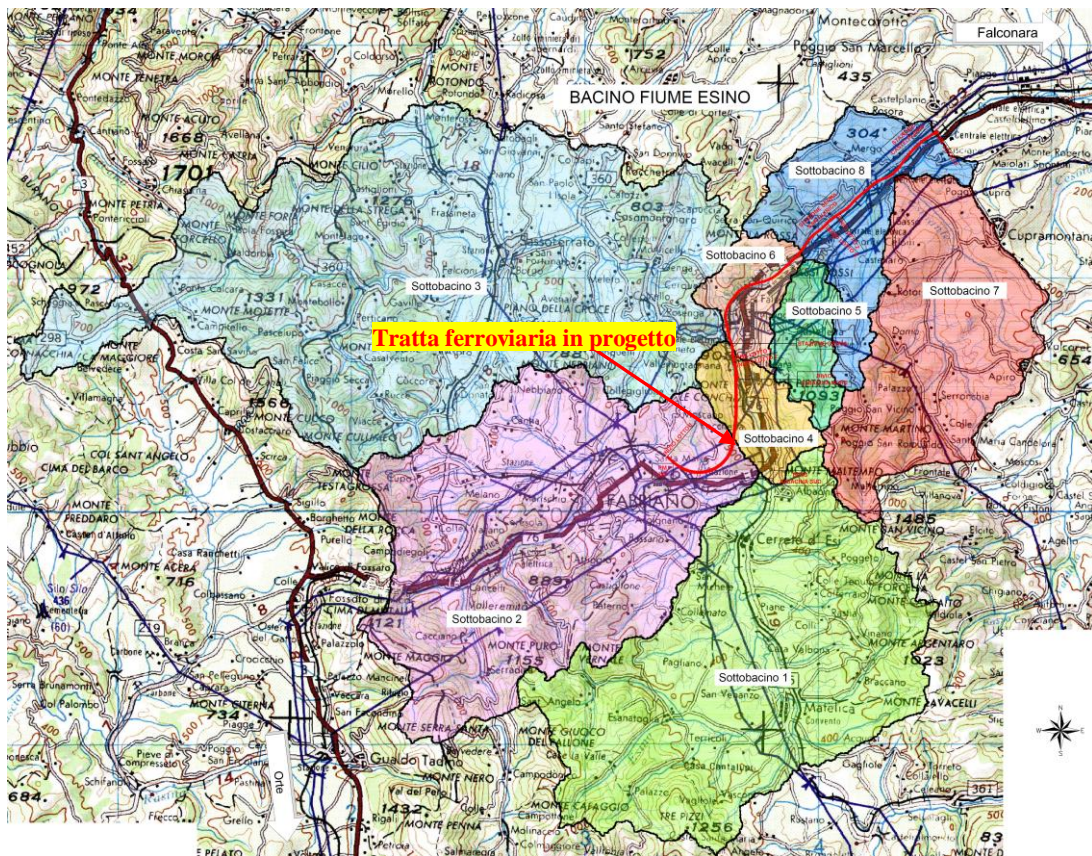


Figure 1 Inquadramento idrologico/idraulico: bacino del Fiume Esino

Come analizzato nella relazione idrologica, per rappresentare l'andamento plano-altimetrico dell'area di studio è stato utilizzato il DTM (Digital Terrain Model) della Regione Marche (risoluzione 20mx20m) e quello del MATT (risoluzione 1mx1m) per la fascia in prossimità del Fiume Esino.

Oltre al reticolo idrografico disponibile nel database dell'idrografia regionale della Regione Marche, sulla base del DTM è stata ricostruita la rete idrografica dell'area di intervento, perimetrando i bacini

affidenti ai corsi d'acqua interferenti con la linea ferroviaria e le viabilità di progetto, come riportato nella figura seguente.

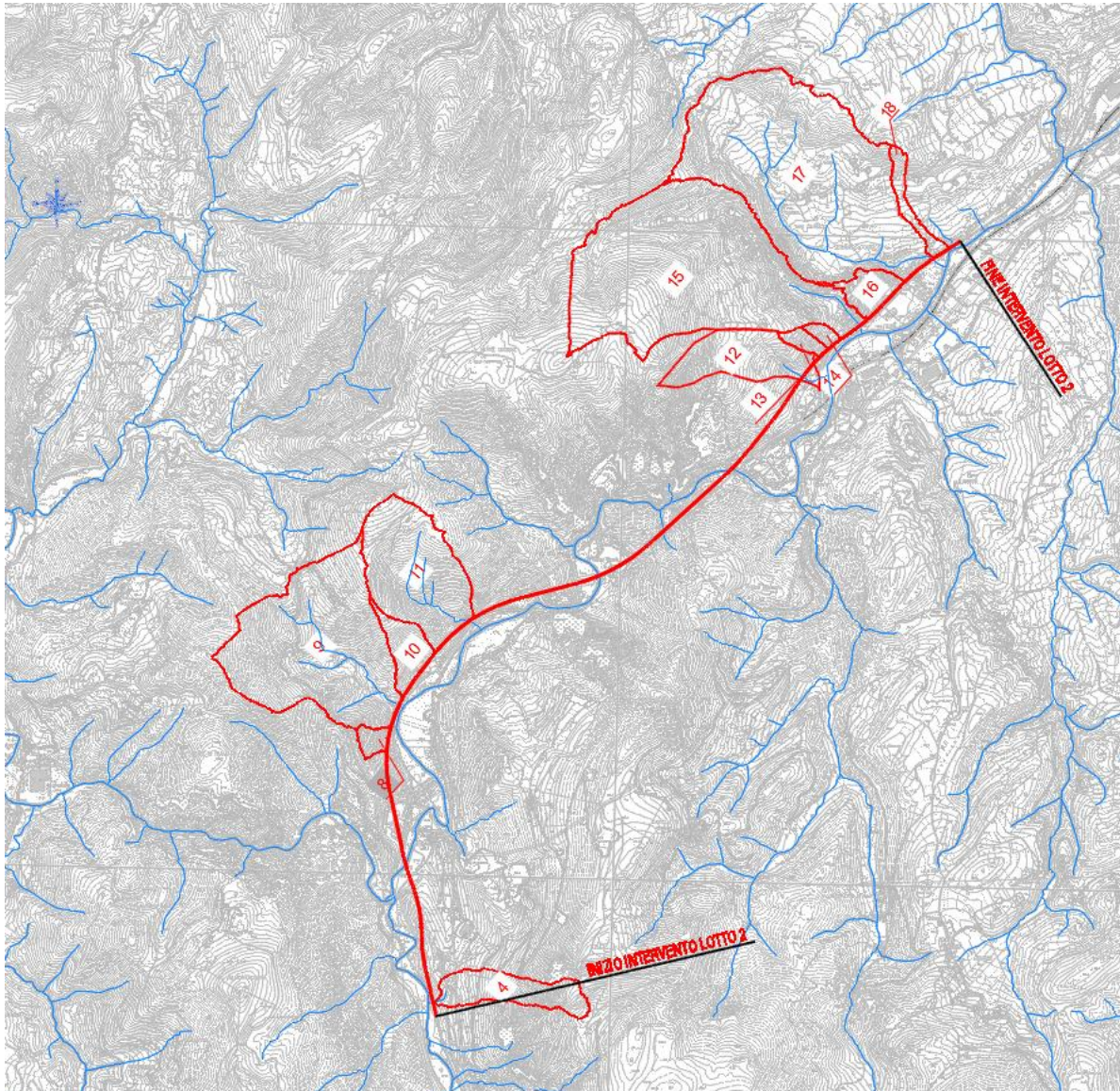


Figure 2 Individuazione aree contribuenti relative agli attraversamenti ferroviari nel Lotto 2.

Le portate afferenti alle sezioni di chiusura dei bacini minori sono state calcolate con il metodo razionale, confrontando i risultati derivanti dall'elaborazione statistica di Gumbel delle curve di possibilità pluviometrica delle stazioni di misura di riferimento con quelli ottenuti dagli studi idrologici condotti secondo la procedura di analisi regionale VAPI. I risultati vengono riassunti nella tabella seguente dove emerge come i valori di portata calcolati con la seconda procedura risultino sempre

maggiori e sono quindi stati considerati per i successivi dimensionamenti idraulici, poiché ritenuti più cautelativi.

ID bacino	Progressiva km	Pn GUMBEL (mm)	Pn VAPI (mm)	Q GUMBEL (mc/s)	Q VAPI (mc/s)	WBS manufatto
4	0+160 (NVP01)	0.96	2.67	0.34	0.94	NI04 IN00
8	2+254	3.38	5.60	0.21	0.35	IN01
9	2+513	0.79	2.30	1.37	3.99	IN02
10	2+849	0.13	2.67	0.03	0.53	IN03
11	3+475	0.12	3.51	0.11	3.16	IN04
12	0+100 (NV06)	1.87	3.51	0.89	1.58	NI01
13	7+423 0+400 (NV06)	7.52	9.96	0.43	0.58	IN05 NI02
14	7+483 0+470 (NV06)	0.34	9.96	0.01	0.41	IN06 NI03
15	7+760	0.8	3.6	1.93	8.99	IN07
16	8+019	1.5	25.7	0.23	4.05	Tombino esistente
17	8+592	4.5	6.4	10.57	16.82	IN08
18	8+672	8.3	9.2	2.19	1.07	IN09

Tab. 1 – Valori di portata ottenuti per i sottobacini

5. ANALISI INTERFERENZE IDRAULICHE

Nei paragrafi seguenti vengono descritti i criteri di verifica, gli approcci metodologici, i parametri idraulici e le formule applicative utilizzate per il dimensionamento degli attraversamenti di progetto e lo studio dell'interazione tra il reticolo idrografico superficiale e la linea ferroviaria e stradale di progetto.

I criteri di dimensionamento delle opere di attraversamento e presidio in corrispondenza dei corsi d'acqua minori realizzati con tombini consistono essenzialmente in:

- evitare la formazione di rigurgiti in corrispondenza delle portate di progetto;

- prevedere adeguati raccordi a monte e a valle dell'opera.

Nel dimensionamento delle opere si è cercato di non determinare restringimenti significativi delle sezioni del corso d'acqua verificando che i massimi livelli per l'evento di progetto garantiscano un corretto deflusso. Ove necessario, sono stati previsti raccordi tra incisione naturale e manufatto in cls, realizzati mediante sistemazioni a gradoni in massi cementati, come descritto negli elaborati grafici specifici.

Infine, per i manufatti con scarico di valle in prossimità di aree soggette ad esondazione è stata valutata anche l'interazione con quota di esondazione dell'Esino con Tr200, al fine di evitare eventuali fenomeni di rigurgito.

5.1 Manuale di progettazione ferroviario

Come previsto dal Manuale di Progettazione ferroviario ogni tipo di manufatto idraulico è stato verificato utilizzando i seguenti tempi di ritorno Tr:

Manufatti di attraversamento (ponti e tombini):

- linea ferroviaria Tr= 200 anni
- deviazioni stradali Tr=200 anni

Per la verifica idraulica delle opere di attraversamento secondarie il manuale prevede quanto segue:

“Le tipologie ammesse sono:

- tombini circolari in c.a. con diametro minimo 1.5m;
- tombini scatolari in c.a. con dimensione minima 2m x 2m;

Sono ammessi fino a due tombini affiancati.

In nessun caso saranno ammessi attraversamenti con opere a sifone.

La pendenza longitudinale del fondo dell'opera non dovrà essere inferiore al 2‰ e ciò al fine di impedire la sedimentazione di eventuale materiale solido trasportato.

La sezione di deflusso complessiva del tombino dovrà consentire lo smaltimento della portata massima di piena con un grado di riempimento non superiore al 70% della sezione totale.

Dovranno essere previsti gli opportuni accorgimenti per evitare, in corrispondenza delle fondazioni del manufatto, fenomeni di scalzamento o erosione.

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE - FALCONARA. RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – CASTELPLANIO					
	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA					
RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA IROF	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A	FOGLIO 13 di 63

Per la sistemazione idraulica di torrenti e fossi esistenti prescrive inoltre.

“La sistemazione idraulica dei torrenti naturali esistenti potrà comportare, sulla base della morfologia locale e della tipologia della linea ferroviaria, la deviazione dell'asta incisa ovvero opere di raccordo a monte ed a valle dello scatolare di attraversamento.

Le deviazioni e le opere di raccordo dovranno essere realizzate in modo da garantire la stabilità dell'alveo e la sicurezza della infrastruttura ferroviaria nei confronti di fenomeni di esondazione e/o di erosione; quindi la forma delle sezioni, i valori di pendenza dell'alveo e delle sponde, il progetto dei salti e delle opere di rivestimento e stabilizzazione, la tipologia delle opere e i materiali utilizzati dovranno essere compatibili con le caratteristiche morfologiche del corso d'acqua e la sua tendenza evolutiva.

I raccordi a monte ed a valle degli scotolari dovranno essere dimensionati in modo tale da consentire comunque il deflusso a superficie libera senza fenomeni di rigurgito.

Qualora il dislivello tra la quota di fondo del tombino e la quota di fondo fosso, in corrispondenza della sezione di imbocco, sia di particolare rilievo ($\Delta H > 20\%$ dell'altezza dello scatolare), si dovranno prevedere a monte del tombino uno o più salti di fondo di appropriata altezza.”

5.2 Verifiche idrauliche

I fenomeni di deflusso in esame si caratterizzano per la prevalenza di una dimensione rispetto alle altre, ed appare quindi ragionevole l'accettazione della ipotesi di monodimensionalità del moto.

Nei paragrafi seguenti verranno quindi esposte le metodologie impiegate per le verifiche idrauliche oggetto della presente relazione, evidenziando le ipotesi adottate di semplificazione ed i criteri di valutazione assunti per la quantificazione dei parametri.

Per tutti gli attraversamenti minori, oggetto di questa relazione, è stato effettuato dapprima un dimensionamento in moto uniforme e, in seguito, la verifica secondo modelli di simulazione numerica implementati con due diversi software:

- simulazione Hec-Ras 1D per gli attraversamenti principali, in presenza di sezioni batimetriche restituite dal rilievo di dettaglio eseguito da Italferr (2021);
- verifica HY-8 per gli attraversamenti minori, dove le condizioni di valle sono ben definite.

Al § 5.2.1 sono riportate le verifiche eseguite a moto uniforme; nell'Allegato A è possibile consultare il report riassuntivo di output del software HY-8; nell'Allegato B sono riportati i risultati del software Hec-Ras (sezioni e profili di moto).

5.2.1 Verifiche idrauliche in moto uniforme

Per il dimensionamento e la verifica dei manufatti idraulici in condizioni di moto uniforme, è stato fatto riferimento alla formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = A \cdot k_s \cdot \sqrt{i_f} \cdot (R_H)^{2/3}$$

dove le grandezze indicate sono:

Q portata [m³/s];

R_H raggio idraulico [m];

A sezione idraulica bagnata [m²];

i pendenza [m/m];

K_s coefficiente di scabrezza, posto cautelativamente pari a 50 m^{1/3}/s per considerare le condizioni di usura dovute all'esercizio.

Tombini idraulici

Considerando, dove possibile, le dimensioni minime indicate nel manuale di progettazione e un riempimento massimo dei manufatti pari al 70%, in tabella vengono riportate le verifiche in moto uniforme dei manufatti di progetto.

WBS manufatto	Progressiva km	Q (m ³ /s)	Sezione		I _f (m/m)	R _h (m)	Tirante y (m)	GR %
			B	H				
IN00	1+130 (BN Albacina)	0.94	2.0	2.0	0.015	0.189	0.233	11.67%
IN01	2+254	0.35	2.0	2.0	0.01	0.151	0.177	8.86%
IN02	2+513	3.99	4.0	2.0	0.01	0.408	0.513	25.66%
IN03	2+849	0.53	2.0	2.0	0.010	0.155	0.183	9.17%
IN05	7+423	0.58	2.0	2.0	0.005	0.195	0.242	12.11%
IN06	7+483	0.41	2.0	2.0	0.010	0.135	0.156	7.79%
IN07	7+760	8.99	4.0	2.5	0.01	0.517	0.698	27.90%
IN08	8+592	16.82	4.0	2.5	0.01	0.697	1.070	42.79%
IN09	8+672	1.07	2.0	2.0	0.005	0.267	0.364	18.19%

Tab. 2 – Verifica idraulica dei tombini ferroviari (moto uniforme)

WBS manufatto	Progressiva km	Q (m ³ /s)	Sezione		I _f (m/m)	Rh (m)	Tirante y (m)	GR %
			B	H				
NI01	0+100 (NV06)	1.58	2.0	2.0	0.005	0.32	0.48	24%
NI02	0+400 (NV06)	0.58	2.0	2.0	0.005	0.19	0.24	12%
NI03	0+470 (NV06)	0.41	2.0	2.0	0.010	0.13	0.16	8%
NI04	0+160 (NVP01)	0.94	2.0	2.0	0.010	0.21	0.27	13%

Tab. 3 – Verifica idraulica dei tombini stradali (moto uniforme)

Come si evince dalla tabella sopra riportata, a moto uniforme, tutti i manufatti risultano ampiamente verificati, con gradi di riempimento inferiori all'70%.

IN07-A Canale di gronda a protezione della viabilità NV07-A

In prossimità della viabilità NV07-A, per poter garantire il deflusso della portata proveniente dal tombino esistente (pk. 8+019) fino al Fiume Esino, si è reso necessario il dimensionamento di un canale di gronda a sezione trapezia a protezione della viabilità stessa.

Il tratto di imbocco iniziale (20 m circa) avrà una protezione in massi cementati, mentre il resto del canale sarà in terra. Di seguito si riporta la verifica in moto uniforme della sezione trapezia.

Q [m ³ /s]	4.046
if [%]	0.010
sponda [m/m]	1.000
base [m]	3.000
Ks [m ^(1/3) /s]	35.000
A [mq]	2.007
C [m]	4.593
tirante [m]	0.563
h canale [m]	1.000
V [m/s]	2.02
GR [%]	56

Tab. 4 – Verifica idraulica del canale di gronda IN07-A (moto uniforme)

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE - FALCONARA. RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – CASTELPLANIO</p> <p>PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA</p>					
<p>RELAZIONE IDRAULICA</p>	<p>COMMESSA IR0F</p>	<p>LOTTO 02 R 09</p>	<p>CODIFICA RI</p>	<p>DOCUMENTO ID0002 002</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 16 di 63</p>

5.2.2 Verifiche idrauliche con il software HY-8

Tale software consente di simulare il deflusso che avviene all'interno di un tombino in condizioni di moto permanente, sfruttando l'equazione di conservazione dell'energia secondo la metodologia messa a punto dall'agenzia americana U.S. Federal Highway Administration.

Il funzionamento idraulico dei manufatti di attraversamento a sezione chiusa dipende da numerosi fattori quali:

- la pendenza;
- la sezione;
- la forma;
- la scabrezza ;
- i livelli liquidi a monte e a valle del collettore.

La verifica proposta dalla FHWA (*Federal Highway Administration*) ossia l'Agenzia del Dipartimento dei Trasporti degli Stati Uniti, che detta i criteri e gli standard di progettazione delle strade, intende stabilire il tipo di funzionamento del tombino, che può essere controllato da monte (inlet control) o da valle (outlet control) e ricavare in base ad esso il grado di riempimento della sezione.

Il programma HY-8 ha quindi lo scopo di consentire un supporto alla progettazione ed alla verifica delle intersezioni dei corsi d'acqua minori con le infrastrutture viarie come strade e ferrovie. Il software utilizza le routines, in accordo ai criteri della FHWA definiti nelle pubblicazioni seguenti: HDS-5, "Hydraulic Design of Highway Culverts," e HEC-14, "Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels".

I principali risultati che si possono ottenere tramite questo programma sono:

- determinare la dimensione, la forma ed il numero di opere d'arte (tombini e scolorari) necessari a far defluire la portata di progetto;
- definire la capacità di deflusso di un manufatto esistente imponendo il livello idrico ammissibile di monte;
- calcolare il livello idrico raggiunto a monte del manufatto per far defluire una determinata portata, sia in condizioni di normale deflusso che in condizioni di acqua ferma all'imbocco;
- determinare la scala di portata o altre relazioni tra le principali variabili idrauliche per determinare il livello di rischio della struttura;
- determinare il profilo idrico della portata transitante nell'opera.

Metodologia utilizzata

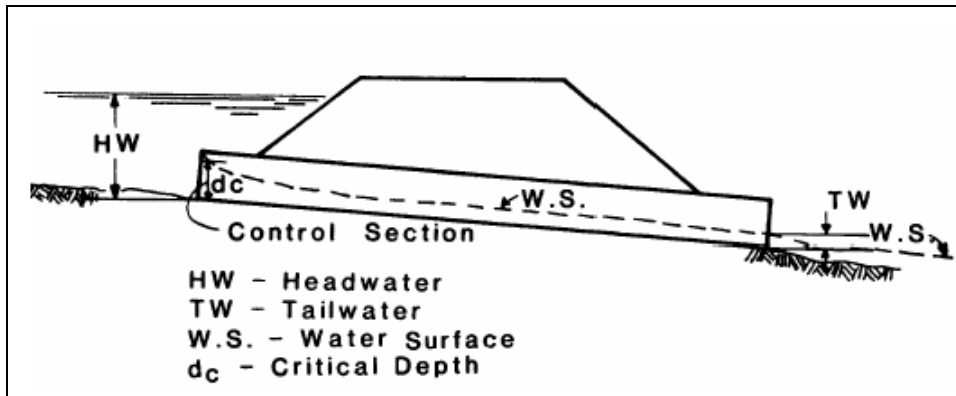


Figure 3 Esempio di moto controllato dalla sezione di ingresso

Il “controllo da monte” si realizza quando il tombino può convogliare più portata di quanta transiti attraverso l’ingresso. La sezione di controllo si localizza appena oltre l’ingresso come sezione ad altezza critica e prosegue in regime supercritico.

Il “controllo da valle” invece si verifica quando il tombino non è in grado di convogliare tanta portata quanta ne accetta l’ingresso. La sezione di controllo si localizza allora all’uscita del tombino o più a valle. In queste condizioni il moto può essere sia a pelo libero che in pressione.

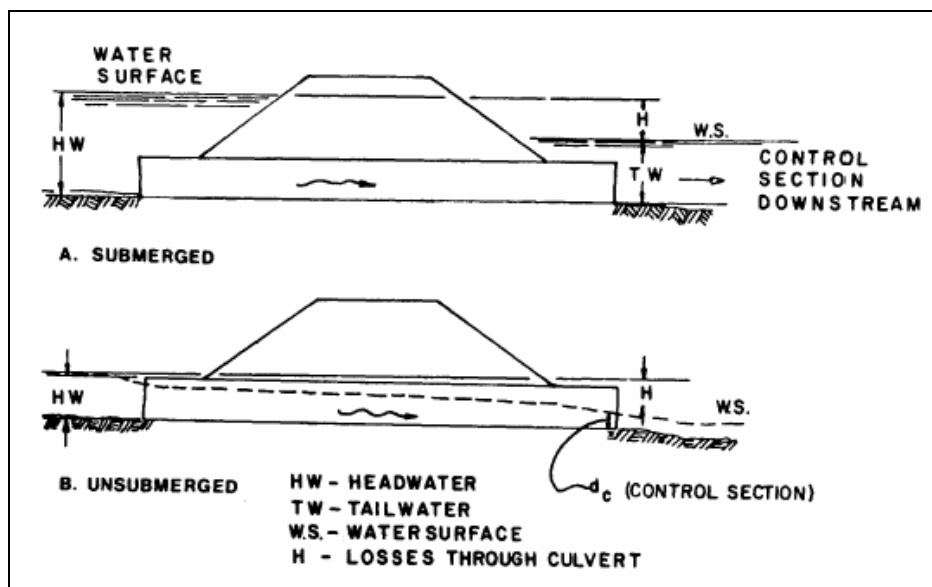


Figure 4 Esempio di moto controllato da sezioni a valle del tombino

Per calcolare il livello idrico a monte del manufatto vengono utilizzati dei diagrammi sperimentali (Hydraulic Charts for the selection of highway culverts – Bureau of Public Roads – 1964, USA).

Il software HY-8 determina, per diversi valori della portata, il tipo di controllo (inlet/outlet) che si instaura nella canna e fornisce per esso il profilo della superficie idrica lungo la canna, nonché il tirante all'imbocco e allo sbocco.

Nell'analisi delle strutture di progetto di nuovi tombini è fondamentale conoscere la condizione al contorno di valle.

Il programma permette di assegnare al livello idrico di valle un valore costante (caso tipico dell'immissione in un lago o in un altro fiume, o in un manufatto di sbocco in cui per la sezione di partenza del canale di allontanamento si possono ipotizzare condizioni di acqua ferma e quindi componente cinetica iniziale nulla.) o l'altezza di moto uniforme che si sviluppa nel canale di valle.

Calcolo idraulico per tombini con controllo all'ingresso

Le equazioni del deflusso dipendono dal fatto che l'imbocco del tombino sia sommerso o meno.

Il manuale HDS-5, già citato, fornisce le equazioni sulla base del parametro (non adimensionale):

$$Q / AD^{0,5}$$

Dove Q [ft^3/s] è la portata, A [ft^2] è la sezione del tombino e D [ft] è l'altezza interna.

Riferendoci alle unità del SI, le equazioni usate dal software assumono le seguenti forme:

Se $Q / AD^{0,5} < 1,932$ l'imbocco è non sommerso, e si utilizza:

$$H_{wi} = H_c/D + K[1,81 Q/AD^{0,5}] - 0,5 S$$

Se $Q / AD^{0,5} > 2,208$ l'imbocco è sommerso, e si utilizza:

$$H_{wi} = c[1,81 Q/AD^{0,5}]^2 + Y - 0,5 S$$

Se infine $1,932 < Q / AD^{0,5} < 2,208$ si è in una zona di transizione e si effettua una interpolazione lineare tra le due equazioni precedenti.

I termini utilizzati nelle equazioni indicano:

- H_{wi} = altezza idrica prima dell'imbocco, nel caso di velocità in arrivo nulla;
- H_c = energia critica;

- S = pendenza della condotta;
- K, M, Y, c = coefficienti dipendenti dalla forma dell'imbocco, dai materiali e dall'equazione usata.

Calcolo idraulico per tombini con sezione di controllo a valle

Il calcolo viene eseguito sulla base della conservazione dell'energia (simboli indicati in figura):

$$Hw_0 + \frac{v_u^2}{2g} = TW + \frac{v_d^2}{2g} + H_L$$

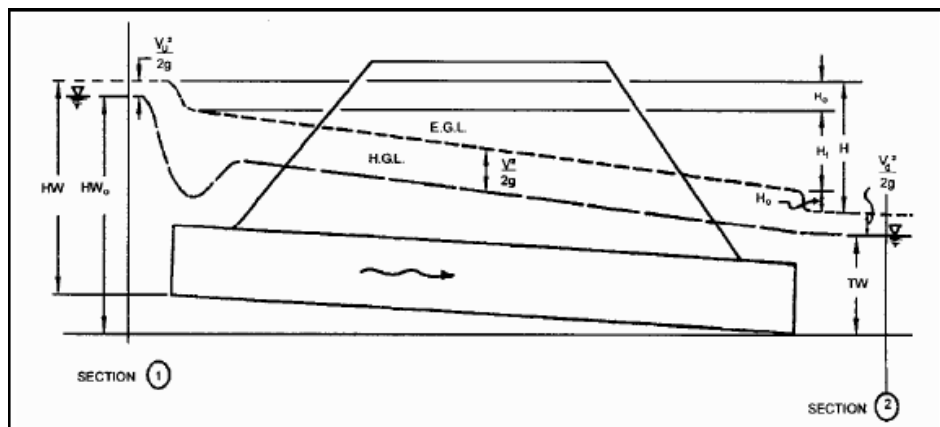


Figure 5 Variabili di riferimento per l'equazione di conservazione dell'energia

Il pelo libero di moto permanente viene integrato utilizzando gli usuali metodi numerici e tenendo conto della pendenza dello stato rapido o lento della corrente e degli eventuali risalti idraulici.

Per calcolare la condizione al contorno di valle, che è fondamentale, come già detto, è possibile definire la sezione del canale e la sua scabrezza, sia per canali con sezione geometrica (rettangolare, trapezia, ecc.), sia per alvei naturali.

Il calcolo del moto uniforme si basa sulla formula di Manning:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Dove:

- v [m/s] = velocità media della corrente;

- R [m] = raggio idraulico;
- S = pendenza della linea dell'energia;
- n = scabrezza. Per canali rivestiti in materassi è pari a 0.025, per canali rivestiti in cls pari a 0.02.

Nella tabella di seguito vengono riportate le verifiche degli scatolari idraulici effettuate mediante HY-8, mentre i risultati completi dell'analisi sono riportati all'allegato A.

WBS manufatto	Progressiva km	Q (m ³ /s)	Sezione		If (m/m)	Rh (m)	Tirante y (m)	GR %
			B	H				
IN05	7+423	0.58	2.0	2.0	0.005	0.195	0.242	12.11%
IN06	7+483	0.41	2.0	2.0	0.010	0.135	0.156	7.79%
IN07	7+760	8.99	4.0	2.5	0.01	0.517	0.698	27.90%
IN08	8+592	16.82	4.0	2.5	0.01	0.697	1.070	42.79%

Tab. 5 – Verifica idraulica dei tombini ferroviari (HY8)

Tutti i manufatti risultano verificati, con valori del grado di riempimento inferiori al 70%.

5.2.3 Verifiche idrauliche mediante il software HEC-RAS

Il software utilizzato per lo studio dei profili delle sistemazioni idrauliche principali è HEC-RAS 1D, il quale è in grado di simulare l'andamento idraulico monodimensionale del tirante in canali naturali o artificiali in condizioni di fondo fisso, in regime subcritico, supercritico o vario.

Il profilo della superficie libera viene calcolato a partire da una sezione alla successiva, posta a monte o a valle a seconda che il regime sia, rispettivamente, subcritico o supercritico, risolvendo con una procedura iterativa nota come *standard step*, l'equazione che esprime il bilancio dell'energia della corrente, nota anche come equazione di Bernoulli e riportata di seguito:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + h_e$$

dove:

- i pedici 1 e 2 indicano i valori relativi alla sezione di valle e di monte del tratto considerato;

- Y rappresenta il tirante;
- Z rappresenta la quota del fondo dell'alveo rispetto ad un riferimento prefissato;
- v rappresenta la velocità media nella sezione;
- α è il coefficiente di Coriolis;
- g è l'accelerazione di gravità;
- h_e rappresenta la perdita di energia complessiva tra la sezione di monte e quella di valle.

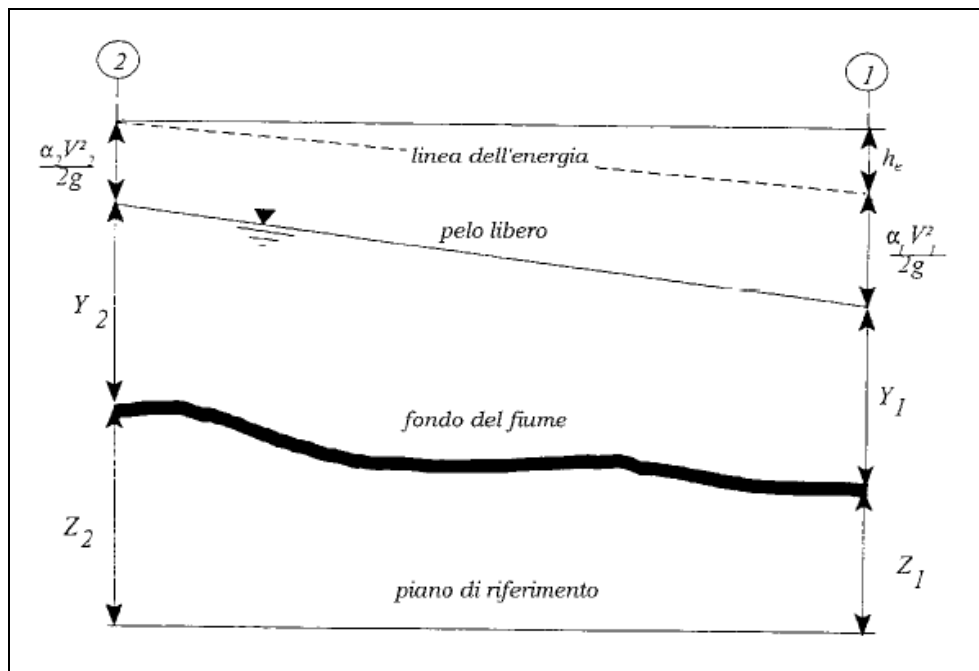


Figure 6 Schema di calcolo per la determinazione del profilo liquido nei corsi d'acqua

Le perdite complessive di energia h_e tra le due sezioni sono imputabili sia alle perdite continue, derivanti dagli attriti interni dovuti all'esistenza di strati a diversa velocità nell'interno della massa fluida, sia a quelle localizzate in genere dovute alla presenza in alveo di strutture che inizialmente producono un restringimento della corrente ed un successivo allargamento con formazione di vortici, che, come è noto, sono fenomeni dissipativi. La perdita di carico complessiva tra le due sezioni viene infatti valutata come somma di due termini, il primo termine corrisponde alle perdite di carico distribuite ed il secondo termine corrispondente a perdite di carico concentrate:

$$h_e = L\bar{J} + C \left(\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \right)$$

dove:

- L è la distanza tra le sezioni di calcolo;
- \bar{J} rappresenta la cadente media dell'energia specifica nel tratto compreso tra le due sezioni;
- C è il coefficiente di perdita dovuto all'espansione o contrazione della vena fluida.

Per la valutazione della perdita di carico J viene utilizzata la formula di Manning:

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} \sqrt{J}$$

da cui si ottiene:

$$J = \frac{nv}{R_h^{4/3}}$$

dove:

- Q è la portata;
- A è l'area della sezione bagnata;
- R_h è il raggio idraulico della sezione;
- n è il coefficiente di scabrezza di Manning e pari a $\frac{1}{K_s}$

con K_s [$m^{1/3}/s$] = coefficiente di scabrezza.

Nel caso di sezioni composte (come quella riportata in figura), tipiche dei corsi d'acqua naturali, è necessario suddividere la sezione in parti dove la velocità media possa essere ritenuta, a fini pratici, costante.

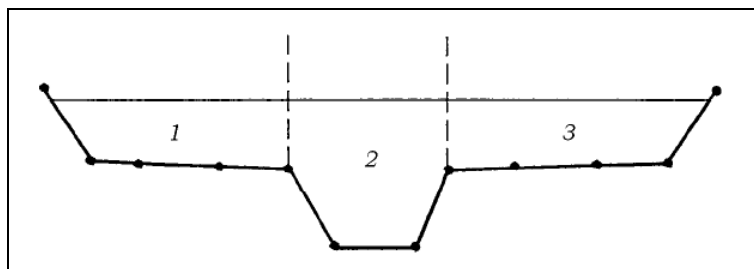


Figure 7 Sezione schematica di un corso d'acqua naturale

Con riferimento allo schema riportato, indicando con $K_i = Q_i / \sqrt{J}$ la capacità di portata di ogni idesima parte in cui la sezione è stata suddivisa, si ottiene, in accordo con la formula di Manning:

$$K_i = \frac{1}{n} A_i R_{h,i}^{2/3}$$

Calcolata la capacità di portata si calcolano la perdita di carico per unità di lunghezza \bar{J} , il coefficiente di Coriolis α e le perdite di energia h_e ; l'equazione del bilancio dell'energia permette quindi di calcolare $Y_2 + Z_2$, nella sezione di monte, essendo noto, in corrispondenza della sezione di

valle, il valore dell'energia totale, $Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}$, quando ci si trovi in condizioni di corrente lenta. Al contrario per le correnti veloci l'incognita è la quota del pelo libero all'estremità di valle del tronco, essendo noti i valori a monte. Essendo l'equazione del bilancio dell'energia un'equazione non lineare, la soluzione viene ottenuta con ciclo iterativo, che parte da una soluzione iniziale approssimata di primo tentativo.

Il software HEC- RAS utilizza, parallelamente all'equazione di bilancio dell'energia, anche l'equazione di bilancio della quantità di moto. Tale equazione viene utilizzata più in particolare, in tutte quelle situazioni in cui il profilo di corrente è rapidamente variabile, come nei risalti idraulici o nelle confluenze, e, pertanto non risulta più possibile applicare in maniera affidabile il principio di conservazione dell'energia. Ogni volta che si verifica il passaggio da un regime di corrente veloce ad un regime di corrente lenta o viceversa il programma HEC-RAS automaticamente applica l'equazione della quantità di moto.

Questa equazione deriva dalla seconda legge di moto di Newton:

$$\sum F_x = ma$$

L'applicazione di tale legge al volume di controllo indicato in Figure 8 riferita all'unità di tempo, permette di ricavare l'equazione della quantità di moto:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta v_x$$

dove:

- P : pressione idrostatica nelle sezioni 1 e 2;
- W_x : forza peso proiettata nella direzione del moto;
- F_f : risultante degli sforzi tangenziali agenti sulla superficie bagnata del tratto considerato;

- Q : portata;
- ρ : densità dell'acqua;
- Δv_x : variazione di velocità tra la sezione 2 e la sezione 1.

Esplicitando i vari termini dell'equazione si ottiene:

$$\gamma \cdot A_2 \bar{Y}_2 - \gamma \cdot A_1 \bar{Y}_1 + \gamma \cdot \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot LS_0 - \gamma \cdot \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot LS_f = \frac{Q_1 \gamma}{g} \beta_1 V_1 - \frac{Q_2 \gamma}{g} \beta_2 V_2$$

dove:

- γ : peso specifico dell'acqua;
- A_1, A_2 : area bagnata delle sezioni 1 e 2;
- \bar{Y}_1, \bar{Y}_2 : profondità d'acqua misurata dal pelo libero al baricentro della sezione;
- L : distanza tra la sezione 1 e la sezione 2 misurata lungo x ;

- S_0 : pendenza dell'alveo, data da $\frac{z_2 - z_1}{L}$, con z_1 e z_2 quota del fondo nelle sezioni 1 e 2;
- S_f : pendenza della linea dei carichi;
- β_1, β_2 : coefficienti correttivi della quantità di moto per tenere conto della non uniforme distribuzione della velocità nella sezione.

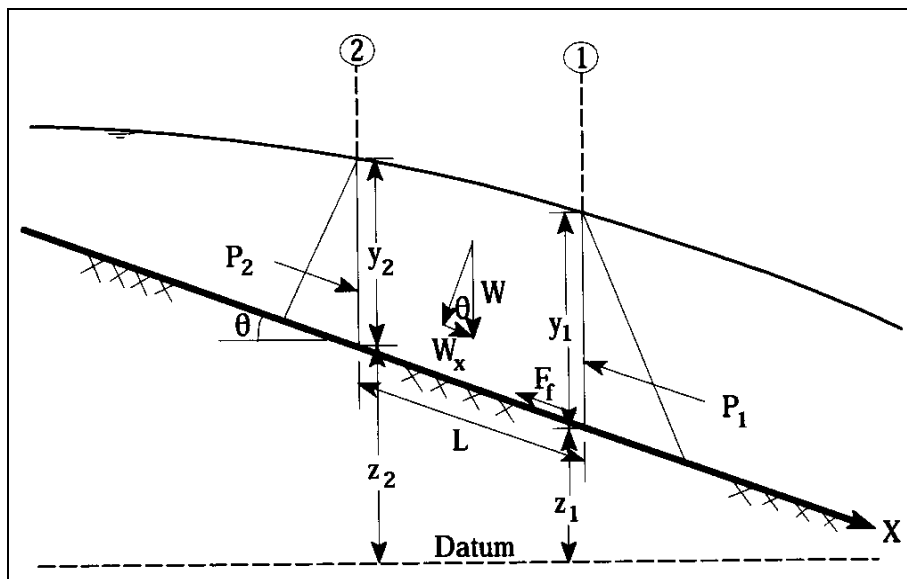


Figure 8 Forze in gioco nell'applicazione del principio della quantità di moto

	POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE ORTE - FALCONARA. RADDOPPIO DELLA TRATTA PM228 – CASTELPLANIO					
	PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA					
RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA IROF	LOTTO 02 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 002	REV. A	FOGLIO 25 di 63

I dati di input del programma HEC-RAS, necessari per la simulazione dei profili d'acqua con fondo fisso, comprendono dati sia di tipo geometrico che di tipo idraulico riguardanti l'intero tratto di alveo che si intende studiare.

Una volta inserite la geometria delle sezioni, si passa all'inserimento dei dati riguardanti le portate in ingresso, le condizioni a contorno ed i coefficienti di scabrezza.

Portate in ingresso

Le portate con le quali sono state effettuate le simulazioni del profilo idraulico delle sistemazioni idrauliche principali sono quelle calcolate per Tr 200 anni.

Condizioni al contorno

Il programma richiede, per la modellazione, la scelta del tipo di condizione al contorno, cioè l'assegnazione in una determinata sezione, di un valore noto del livello idrico da cui far procedere il calcolo dei livelli incogniti (partendo da valle se la corrente è subcritica, o viceversa da monte se la corrente è supercritica) e del tipo di regime di flusso. Le possibili condizioni al contorno da assegnare sono essenzialmente tre:

- un livello idrico noto;
- il livello idrico di moto uniforme per l'assegnata portata e pendenza di fondo nota;
- il livello di stato critico per l'assegnata portata.

La prima condizione si verifica quando il corso d'acqua in esame è collegato (a monte o a valle) ad un recipiente idrico (corso d'acqua maggiore, serbatoio o lago) il cui livello possa considerarsi invariante nel tempo; la stessa condizione può essere applicata anche quando il livello da assegnare sia noto perché misurato in situ.

Quando non sia disponibile un valore noto del livello, è possibile ipotizzare l'instaurarsi delle condizioni di moto uniforme nel tratto a valle (per le correnti lente) o in quello a monte (per le correnti veloci), anche se data la natura variabile delle correnti, i corsi d'acqua naturali sono sempre molto lontani dalle condizioni ideali del moto uniforme.

Più facilmente nei corsi d'acqua naturali si possono trovare situazioni morfologiche per le quali si stabiliscono, per la corrente, condizioni di deflusso in stato critico che costituiscono sezioni di controllo dal punto di vista idraulico.

Per i modelli delle sistemazioni in oggetto è stata imposta come condizione di monte quella di moto uniforme, considerando come pendenza del fondo quella ottenuta dalle sezioni batimetriche del rilievo nel tratto finale di studio, mentre a valle è stata imposta la quota del tirante del Fiume Esino per Tr 200 anni, per poter valutare eventuali fenomeni di rigurgito.

Per quanto riguarda invece il regime di corrente è stata scelta una condizione di corrente mista.

Scabrezza idraulica dell'alveo

La scabrezza idraulica fornisce informazioni riguardo la scabrezza del fondo dell'alveo. Una formula

ampiamente utilizzata in alvei fluviali, con riferimento al coefficiente $K_s = \frac{1}{n}$ di Gauckler-Strickler, è la formula di Meyer-Peter e Müller, riferita al d_{90} , diametro che meglio rappresenta la scabrezza:

$$K_s = \frac{26}{d_{90}^{1/6}}$$

Tuttavia la definizione del coefficiente richiede attenzione in quanto la scabrezza intrinseca di grano non è l'unica causa di resistenza al moto; nella determinazione di un coefficiente globale di resistenza entrano in gioco anche altri fattori quali:

- la vegetazione in termini di altezza, densità, distribuzione e tipologia della stessa;
- forme di fondo e variazioni di forma come dimensione della sezione trasversale con contigui allargamenti e restringimenti che si succedono lungo il corso d'acqua;
- ostruzioni, quali macigni, alberi, pile di ponti, sbarramenti, ecc;
- regolarità del contorno in termini di regolarità dell'andamento planimetrico sinuoso o a meandri.

Per le analisi in oggetto si sono considerati i seguenti valori di scabrezza:

- alveo inciso in terra **n= 0.029** che corrisponde a un $K_s = 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- rivestimento in cls **n=0.020**, che corrisponde a un $K_s=50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$
- golene **n=0.045**, che corrisponde a un $K_s=22 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

Nel capitolo successivo sono analizzate le sistemazioni idrauliche principali, per le quali è stata effettuata un'analisi delle condizioni ante e post operam secondo modello monodimensionale 1D.

6. ANALISI SISTEMAZIONI IDRAULICHE PRINCIPALI

6.1 Tombino IN01

All'uscita della galleria GN02 "Genga", alla pk. 2+254, è stata studiato l'attraversamento del corso d'acqua interferente con la linea storica esistente (condizioni ante operam) e con il tracciato di progetto (post operam). Il tratto oggetto di modellazione inizia circa 50 m a monte dell'attraversamento della linea ferroviaria di progetto e si estende fino a valle del tombino idraulico esistente.

6.1.1 Condizioni ante operam

Per l'analisi delle condizioni ante operam le sezioni di studio sono quelle batimetriche restituite dal rilievo, così come le dimensioni dei manufatti esistenti.

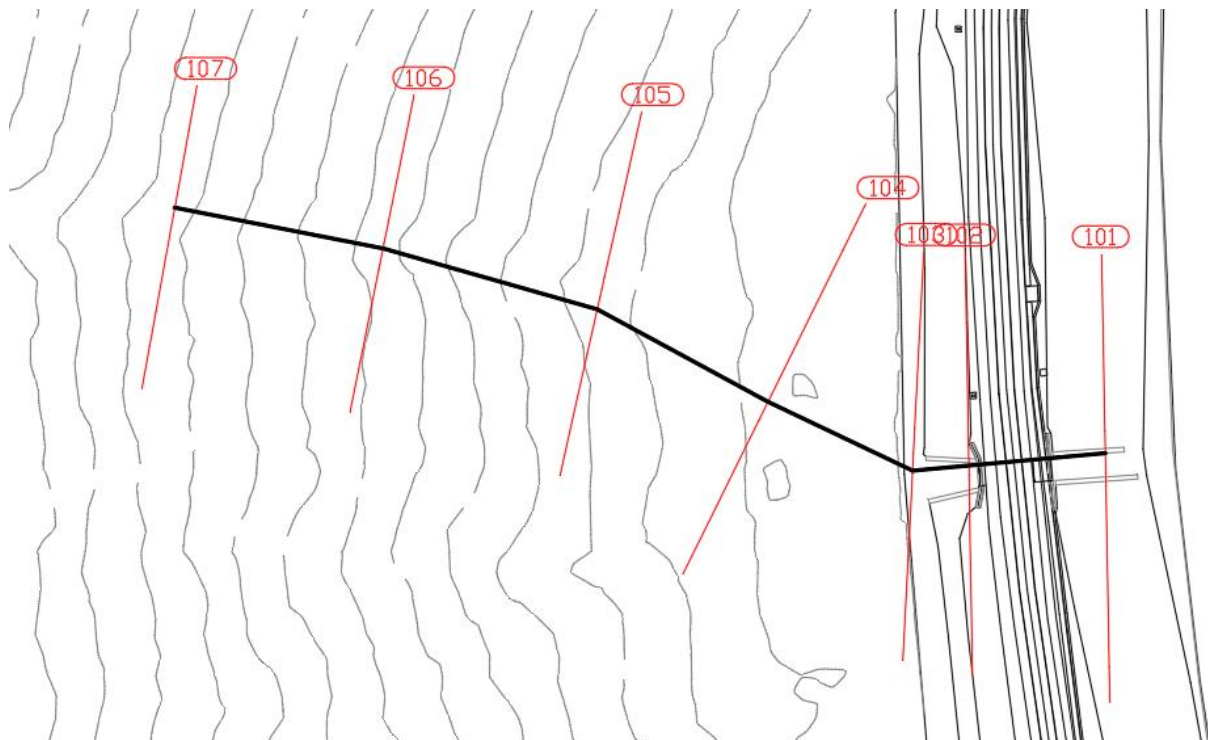


Figure 9 Schema planimetrico dell'asse IN01 e delle sezioni trasversali in condizioni Ante Operam

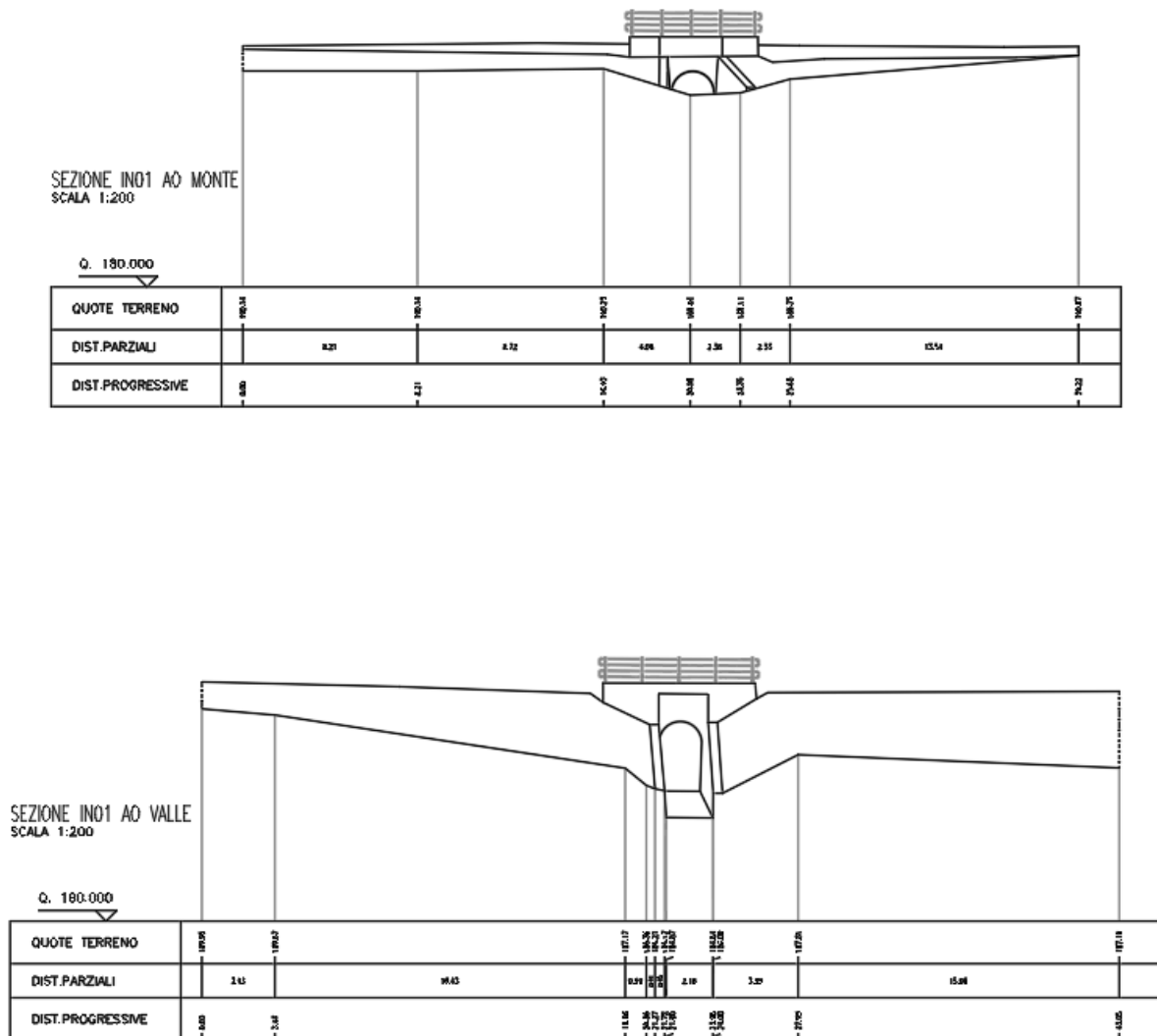


Figure 10 Sezioni di monte e valle dell'attraversamento idraulico esistente

Dalle sezioni disponibili dal rilievo, il tratto iniziale presenta pendenza particolarmente elevata, mentre la condizione imposta a valle è la quota di piena del Fiume Esino per Tr 200 anni.

Nella tabella sono indicate le grandezze fondamentali del moto risultanti dalla simulazione, mentre in allegato vengono riportati gli elaborati grafici ottenuti di profilo e sezioni.

Reach	River Sta	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Y (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude
IN01 AO	107	0.35	241.61	241.69	0.08	242.35	0.89984	3.59	5.57
IN01 AO	106	0.35	222.12	222.31	0.19	223.88	0.885578	5.55	5.77
IN01 AO	105	0.35	202.2	202.37	0.17	203.83	0.902689	5.36	5.93
IN01 AO	104	0.35	193.15	193.25	0.1	193.79	0.597908	3.25	4.65
IN01 AO	103	0.35	189.01	189.12	0.11	189.39	0.264998	2.32	3.16
IN01 AO	102	0.35	187.35	187.7	0.35	187.71	0.001383	0.47	0.26
IN01 AO	101	0.35	184.84	186	1.16	186	0.000041	0.14	0.04

Figure 11 Risultati simulazione HEC-RAS IN01 ante operam

Il deflusso nelle condizioni attuali avviene per quasi tutto il tratto in corrente veloce, mentre passa a corrente lenta in corrispondenza del tratto terminale, dove è presente l'opera di attraversamento esistente. Dal profilo allegato emerge come il livello di piena dell'Esino provochi un rigurgito all'interno del tombino esistente, compromettendo la sua capacità di deflusso durante il passaggio della piena.

6.1.2 Condizioni post operam

Per l'analisi delle condizioni post operam è stata considerata la sistemazione idraulica a monte del tombino, integrata con l'intervento di sistemazione del versante. Si è resa necessaria dapprima una riprofilatura di un tratto a gradoni con massi cementati, al fine di evitare l'erosione del fondo del canale, e successivamente un approfondimento localizzato del versante stesso al fine di raccordarsi altimetricamente con la quota di fondo del tombino di attraversamento, secondo il tipologico riportato.

A valle del tombino invece, il raccordo all'alveo esistente avverrà mediante un canale trapezio in massi cementati.

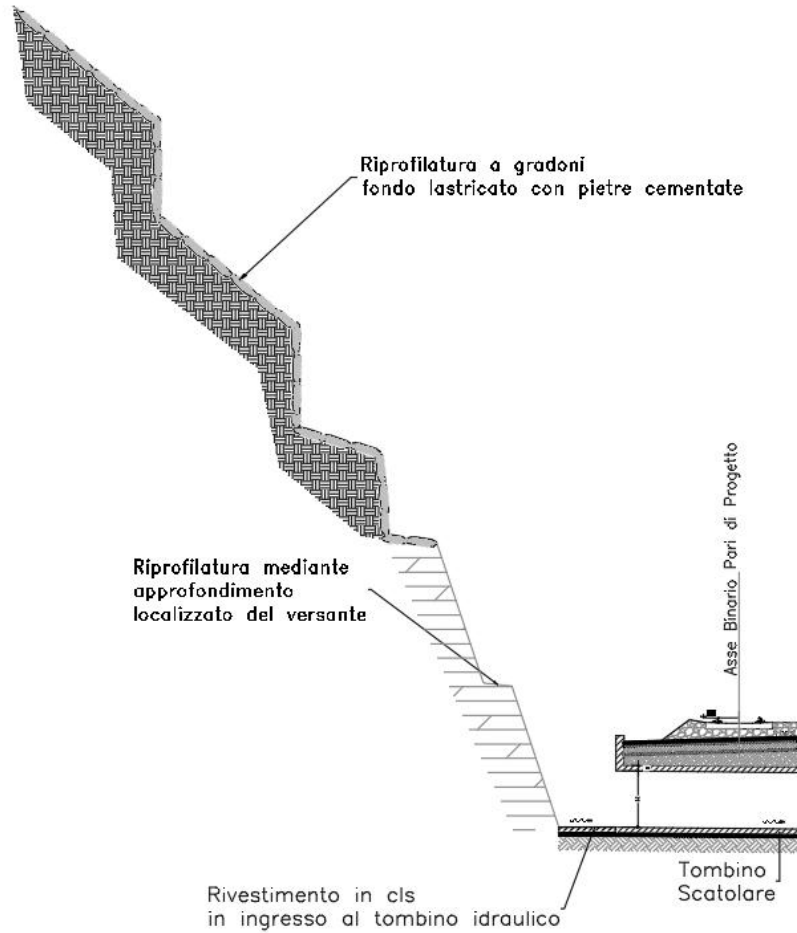


Figure 12 Profilo sistemazione idraulica IN01 - monte

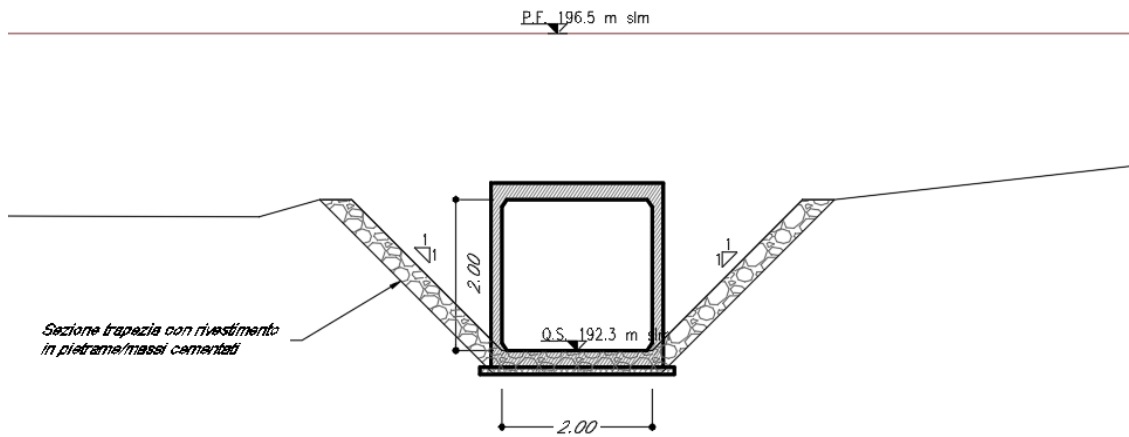


Figure 13 Sezione sistemazione idraulica IN01 - valle

Le sezioni di studio sono state quindi costruite in corrispondenza dei punti significativi della sistemazione (monte e valle dei gradoni), mantenendo come condizione di valle la quota di piena del Fiume Esino per Tr 200 anni.

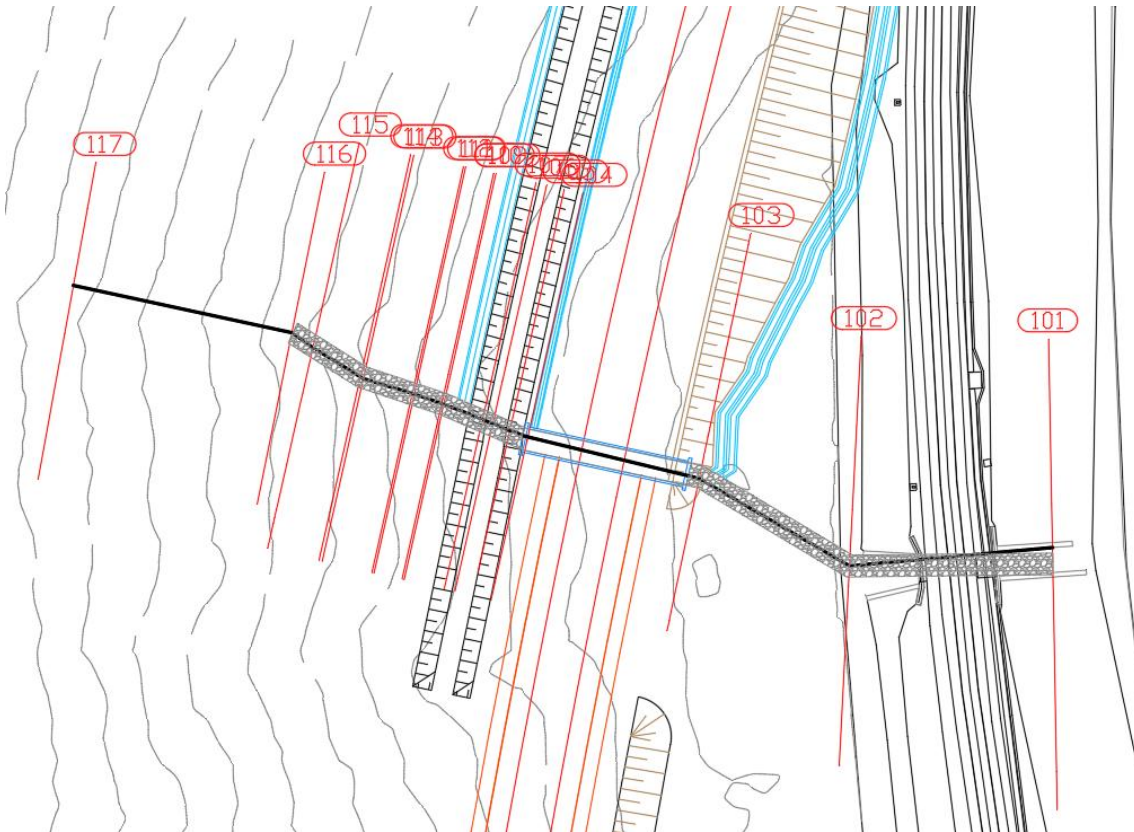


Figure 14 Schema planimetrico dell'asse IN01 e delle sezioni trasversali in condizioni Post Operam

Nella tabella sono indicate le grandezze fondamentali del moto risultanti dalla simulazione, mentre in allegato vengono riportati gli elaborati grafici ottenuti di profilo e sezioni.

Reach	River Sta	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Y (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude
IN01 PO	117	0.35	241.61	241.7	0.09	242.36	0.900638	3.61	5.58
IN01 PO	116	0.35	222.12	222.31	0.19	223.86	0.873737	5.52	5.74
IN01 PO	115	0.35	219.2	219.26	0.06	221.09	1.564312	6	8.13
IN01 PO	114	0.35	215.67	215.74	0.07	216.85	0.719073	4.67	5.71
IN01 PO	113	0.35	212.67	212.71	0.04	215.95	3.897452	7.97	12.41
IN01 PO	112	0.35	208.97	209.03	0.06	210	0.807114	4.36	5.89
IN01 PO	111	0.35	205.97	206	0.03	209.22	5.682314	7.95	14.4
IN01 PO	110	0.35	205.7	205.79	0.09	206.14	0.159218	2.62	2.8

Reach	River Sta	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Y (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude
IN01 PO	109	0.35	202.7	202.73	0.03	205.56	4.588818	7.45	13.05
IN01 PO	108	0.35	202.5	202.59	0.09	203	0.188341	2.84	3
IN01 PO	107	0.35	197.5	197.54	0.04	199.69	2.931933	6.49	10.62
IN01 PO	106	0.35	197.4	197.47	0.07	198.14	0.444397	3.63	4.45
IN01 PO	105	0.35	192.4	192.43	0.03	193.86	2.941509	5.31	10.22
IN01 PO	104	0.35	192.38	192.62	0.24	192.64	0.002612	0.6	0.39
IN01 PO	103	0.35	192.31	192.44	0.13	192.5	0.018627	1.13	1
IN01 PO	102	0.35	189.11	189.17	0.06	189.48	0.228048	2.44	3.25
IN01 PO	101	0.35	184.84	186	1.16	186	0.000041	0.14	0.04

Figure 15 Risultati simulazione HEC-RAS IN01 ante operam

Il deflusso nelle condizioni di progetto avviene in corrente veloce per tutto il tratto di sistemazione a gradoni, attraversando lo scatolare di progetto con un tirante di **0.24 m**. Dal profilo allegato emerge come il livello di piena dell'Esino non influenzi più il deflusso del tombino ferroviario, essendo il tracciato di progetto posizionato più a monte rispetto a quello attuale.

6.2 Tombino IN02

In corrispondenza della pk 2+513, è stata studiato l'attraversamento del corso d'acqua interferente con la linea storica esistente (condizioni ante operam) e con il tracciato di progetto (post operam). Il tratto oggetto di modellazione inizia circa 170 m a monte dell'attraversamento della linea ferroviaria di progetto e si estende fino a valle del tombino idraulico esistente.

6.2.1 Condizioni ante operam

Per l'analisi delle condizioni ante operam le sezioni di studio sono quelle batimetriche restituite dal rilievo, così come le dimensioni dei manufatti esistenti.

Dalle sezioni disponibili dal rilievo, in avvicinamento alla linea esistente è presente una cascata di raccordo tra il primo tratto dell'alveo inciso a monte e la quota del fondo dell'attraversamento attuale.

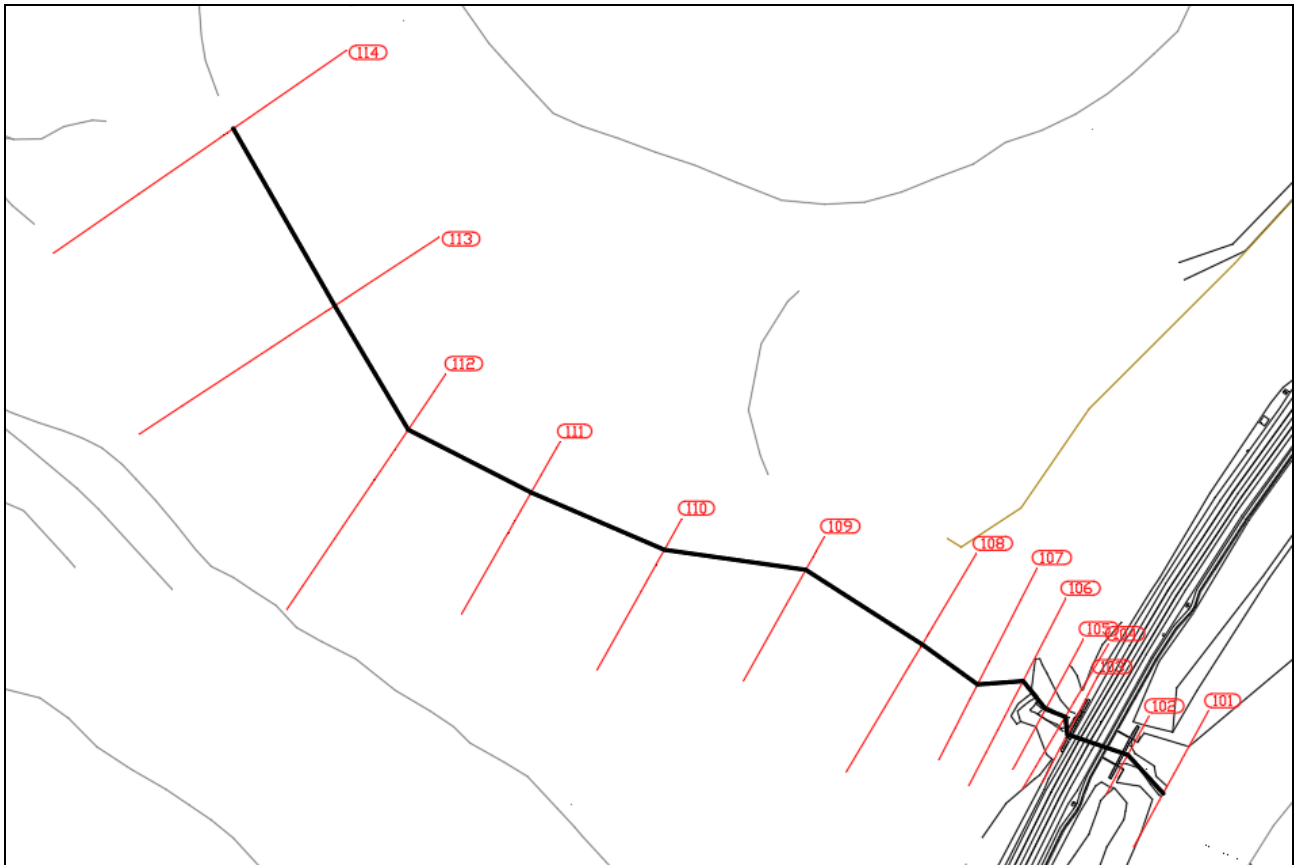


Figure 16 Schema planimetrico dell'asse IN02 e delle sezioni trasversali in condizioni Ante Operam

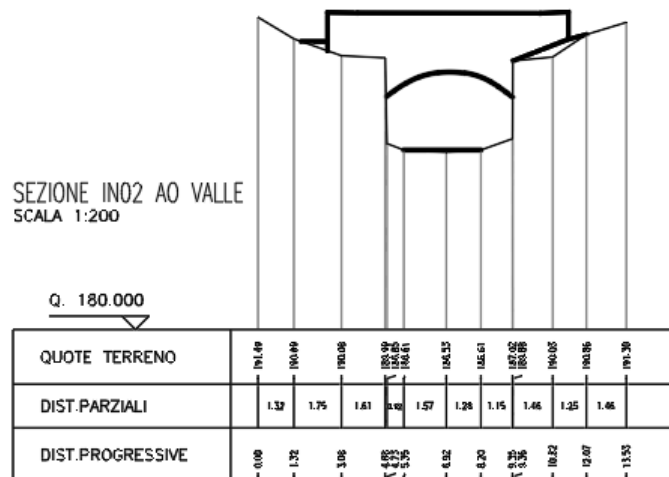
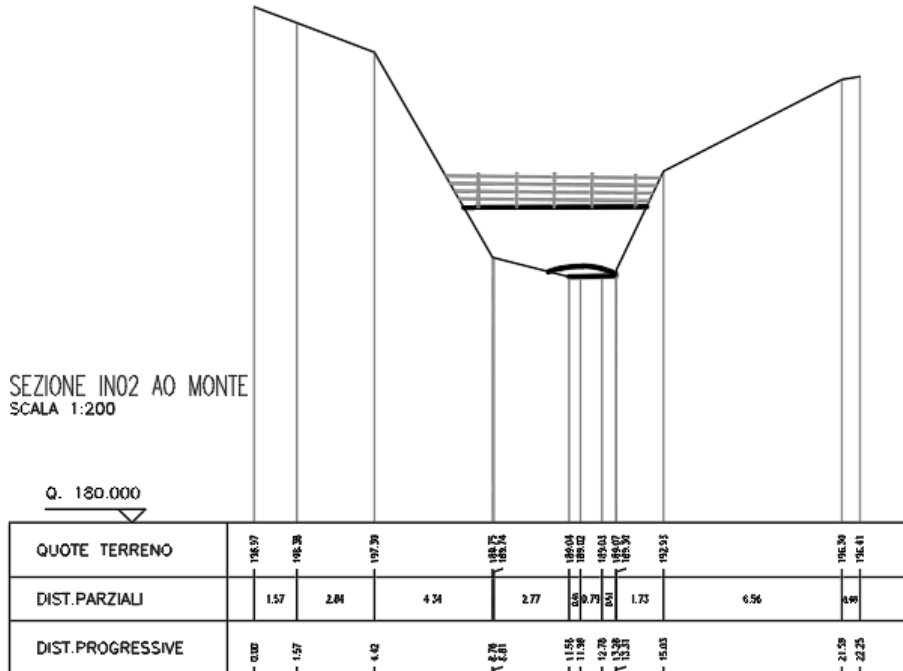


Figure 17 Sezioni di monte e valle dell'attraversamento idraulico esistente

Nella tabella sono indicate le grandezze fondamentali del moto risultanti dalla simulazione, mentre in allegato vengono riportati gli elaborati grafici ottenuti di profilo e sezioni.

Reach	River Sta	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Y (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude
IN02 AO	114	3.99	209.26	209.85	0.59	210.85	0.100069	4.44	2.38
IN02 AO	113	3.99	207.06	207.35	0.29	207.84	0.078862	3.08	2.14
IN02 AO	112	3.99	205.43	205.69	0.26	206.18	0.08331	3.08	2.19
IN02 AO	111	3.99	204.45	205.01	0.56	205.25	0.035151	2.14	1.41
IN02 AO	110	3.99	202.32	202.73	0.41	203.42	0.074192	3.69	2.11
IN02 AO	109	3.99	201.58	202.11	0.53	202.48	0.043759	2.69	1.58
IN02 AO	108	3.99	200.51	200.83	0.32	201.21	0.061017	2.72	1.88
IN02 AO	107	3.99	200.05	200.25	0.2	200.52	0.06322	2.29	1.84
IN02 AO	106	3.99	199.77	199.92	0.15	200.2	0.09506	2.34	2.16
IN02 AO	105	3.99	189.02	189.27	0.25	194.42	1.185683	10.04	7.87
IN02 AO	104	3.99	187.91	188.19	0.28	190.95	0.553538	7.36	5.45
IN02 AO	103	3.99	186.69	186.83	0.14	189.84	0.421187	7.68	7.13
IN02 AO	102	3.99	186.53	186.67	0.14	188.52	0.207983	6.01	5.06
IN02 AO	101	3.99	185.72	185.96	0.24	186.65	0.115202	3.68	2.53

Figure 18 Risultati simulazione HEC-RAS IN02 ante operam

Il deflusso nelle condizioni attuali avviene per tutto il tratto in corrente veloce e come mostrato nel profilo allegato non è influenzato dal livello di piena dell'Esino.

6.2.2 Condizioni post operam

Per l'analisi delle condizioni post operam è stata considerata la configurazione definitiva, ottenuta mediante rimodellamento del versante a monte e innalzamento della quota di scorrimento all'interno del manufatto idraulico. A valle dell'attraversamento invece, il raccordo all'alveo esistente avverrà mediante un canale trapezio in massi cementati.

Durante la fase di realizzazione della deviate provvisoria sarà necessario installare un'opera idraulica provvisoria, per garantire la continuità tra il manufatto esistente di attraversamento della linea storica in esercizio a monte e l'alveo esistente a valle verso l'Esino. Una volta completata la deviate provvisoria e dismessa la linea storica, nel corso delle lavorazioni di adeguamento del rilevato ferroviario di progetto, verrà demolita l'opera idraulica esistente. In seguito alla riprofilatura del terreno mediante scavi e riporti, verrà quindi posato il manufatto definitivo, a una quota più alta rispetto a quella di scorrimento attuale, mantenendo sempre la continuità idraulica con il tombino

temporaneo. Infine, nella configurazione definitiva il manufatto temporaneo verrà rimosso e quello di progetto garantirà la continuità idraulica tra l'alveo esistente proveniente dal versante a monte e quello oggetto di sistemazione idraulica a valle fino all'immissione nell'Esino (dettagli agli elaborati IR0F02R10W9IF0001002 e IR0F02R10W9IF0001005A).

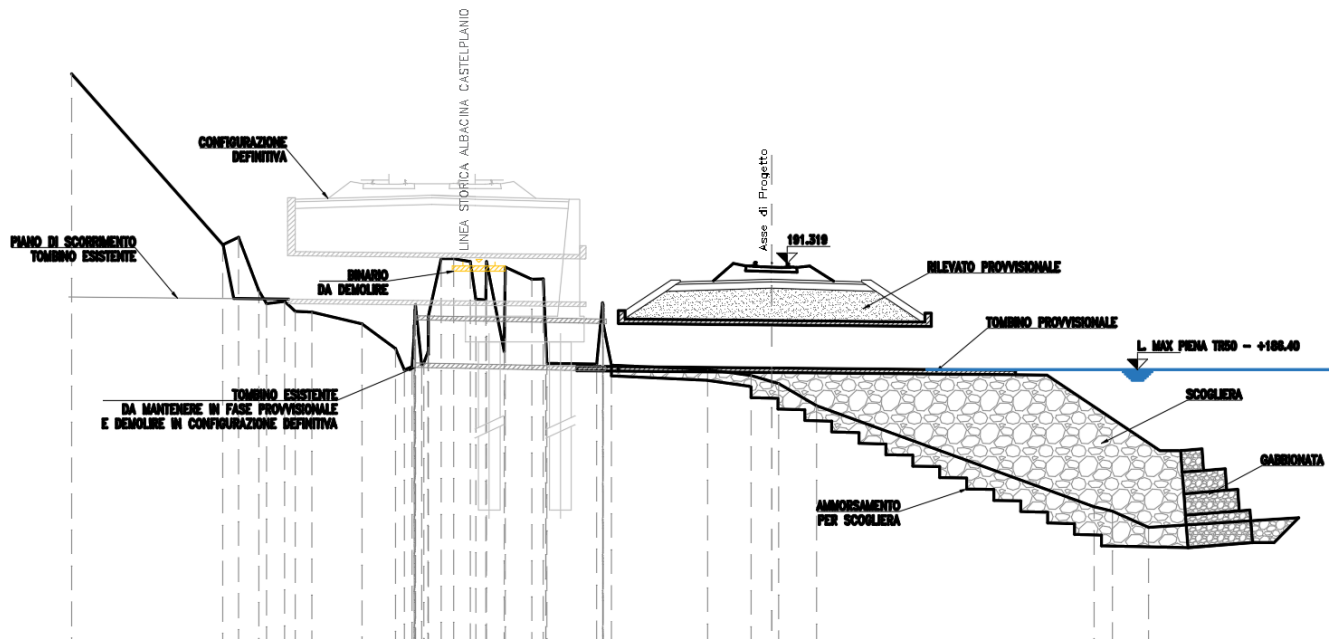


Figure 19 Schema fasi di realizzazione IN02

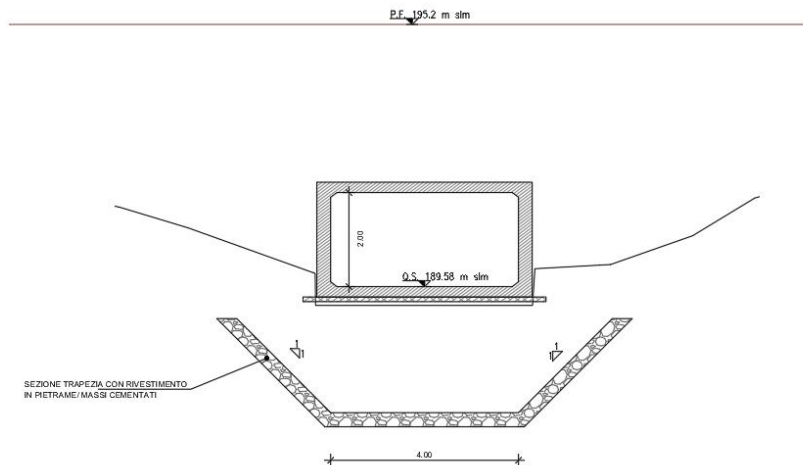


Figure 20 Sezione sistemazione idraulica IN02

Le sezioni di studio sono state quindi costruite in corrispondenza dei punti significativi della sistemazione, mantenendo come condizione di valle la quota di piena del Fiume Esino per Tr 200 anni.

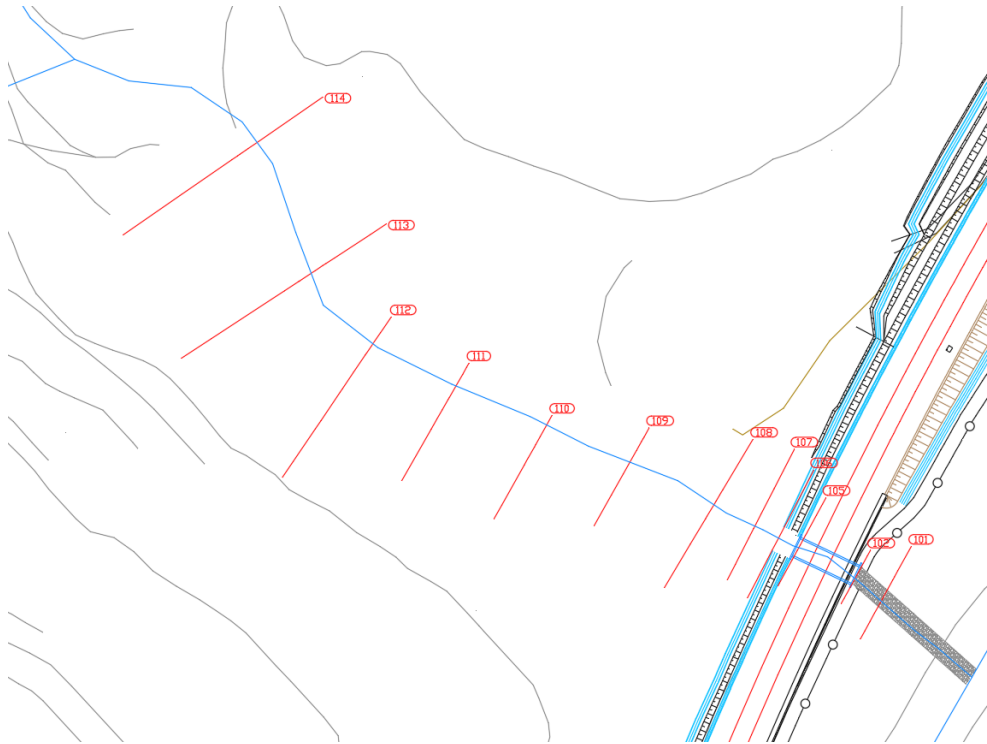


Figure 21 Schema planimetrico dell'asse IN02 in condizioni Post Operam

Nella tabella sono indicate le grandezze fondamentali del moto risultanti dalla simulazione, mentre in allegato vengono riportati gli elaborati grafici ottenuti di profilo e sezioni.

Reach	River Sta	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Y (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude
IN02 PO	114	3.99	209.26	209.85	0.59	210.85	0.100069	4.44	2.38
IN02 PO	113	3.99	207.06	207.35	0.29	207.84	0.07903	3.08	2.15
IN02 PO	112	3.99	205.43	205.69	0.26	206.18	0.083104	3.08	2.18
IN02 PO	111	3.99	204.45	205.01	0.56	205.25	0.035141	2.14	1.41
IN02 PO	110	3.99	202.32	202.73	0.41	203.42	0.074046	3.69	2.11
IN02 PO	109	3.99	201.58	202.11	0.53	202.48	0.043732	2.69	1.58
IN02 PO	108	3.99	200.51	200.83	0.32	201.21	0.061017	2.72	1.88
IN02 PO	107	3.99	200.05	200.25	0.2	200.52	0.063436	2.29	1.84
IN02 PO	106	3.99	192.19	192.32	0.13	195.19	0.925638	7.5	6.58

Reach	River Sta	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Y (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude
IN02 PO	105.88	3.99	189.69	189.8	0.11	194.22	1.869761	9.31	9.09
IN02 PO	105	3.99	189.66	189.84	0.18	191.3	0.31144	5.34	4.03
IN02 PO	103.1	3.99	189.53	189.85	0.32	190.17	0.014141	2.48	1.42
IN02 PO	103	3.99	186.82	186.93	0.11	189.89	0.489319	7.62	7.19
IN02 PO	102	3.99	186.53	186.65	0.12	189.14	0.339098	6.98	6.34
IN02 PO	101	3.99	185.72	185.96	0.24	186.66	0.117896	3.7	2.56

Figure 22 Risultati simulazione HEC-RAS IN01 Post Operam

Il deflusso nelle condizioni di progetto avviene in corrente veloce per tutto il tratto di studio, attraversando lo scatolare di progetto con un tirante di **0.32 m**. Dal profilo allegato emerge come il livello di piena dell'Esino non influenza il profilo del tombino ferroviario di progetto.

6.3 Deviazione IN04

In corrispondenza della galleria ferroviaria GA01 "Mogiano", alla pk 3+475, e della GA0A relativa alla viabilità NV03, è stata studiato l'attraversamento del corso d'acqua interferente con la linea storica esistente (condizioni ante operam) e con il tracciato di progetto (post operam). Il tratto oggetto di modellazione inizia circa 330 m a monte dell'attraversamento della linea ferroviaria di progetto e si estende fino a valle del tombino stradale esistente (attraversamento SS76).

6.3.1 Condizioni ante operam

Per l'analisi delle condizioni ante operam le sezioni di studio sono quelle batimetriche restituite dal rilievo, così come le dimensioni dei manufatti esistenti.

Nella configurazione attuale il tratto di studio presenta un primo tombino idraulico per l'attraversamento della viabilità che collega gli abitati di Palombare e Mogiano, del quale è riportata la sezione restituita dal rilievo.

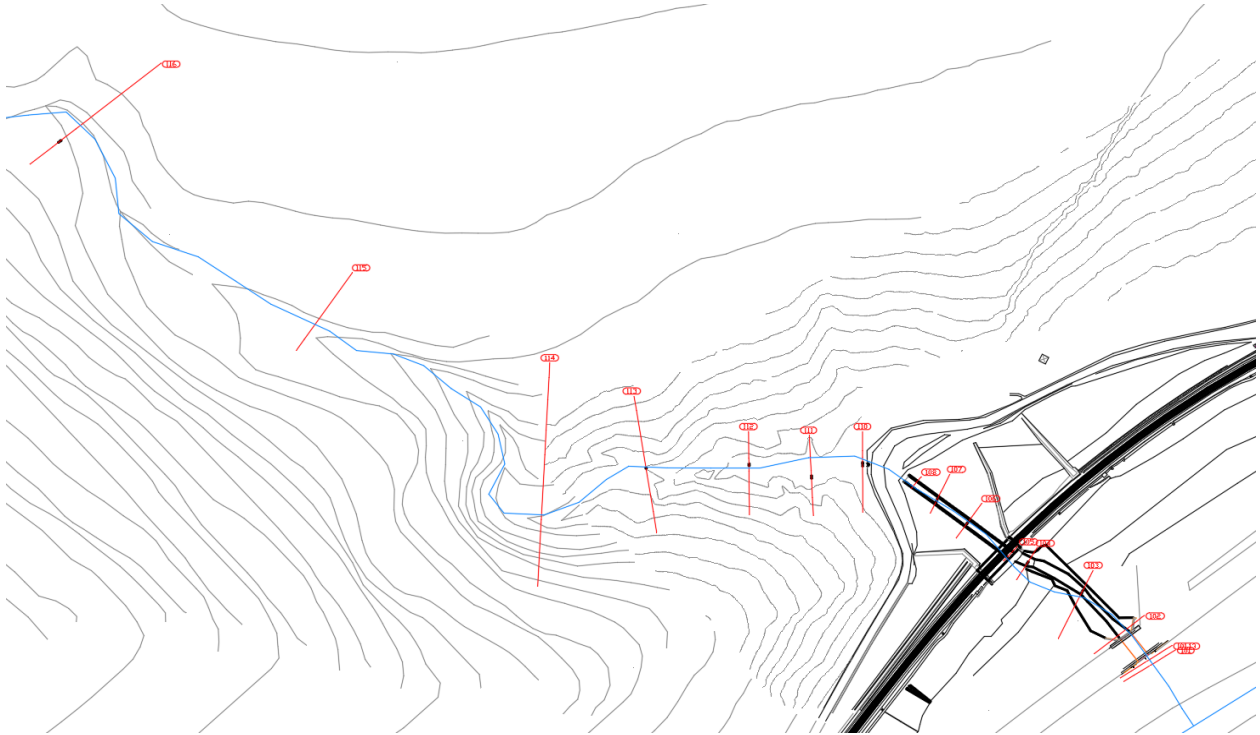


Figure 23 Schema planimetrico dell'asse IN04 in condizioni Ante Operam

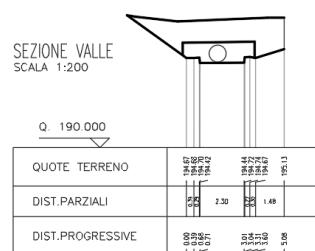
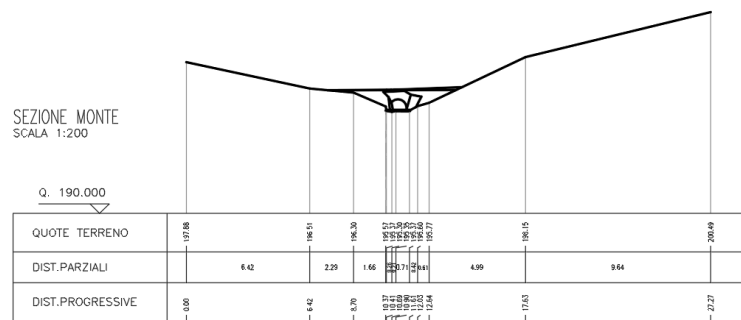


Figure 24 Sezioni di monte e valle dell'attraversamento idraulico esistente

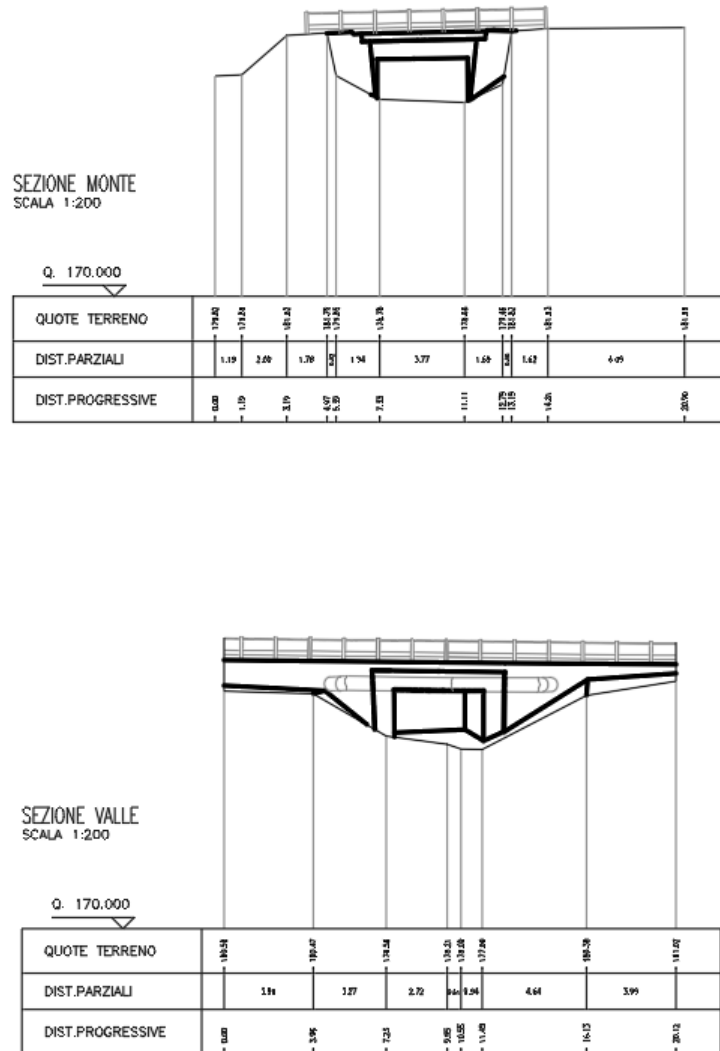


Figure 26 Sezioni di monte e valle dell'attraversamento idraulico esistente SS76

Nella tabella sono indicate le grandezze fondamentali del moto risultanti dalla simulazione, mentre in allegato vengono riportati gli elaborati grafici ottenuti di profilo e sezioni.

Reach	River Sta	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Y (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude
IN04 AO	116	3.16	264.65	265.04	0.39	265.55	0.090007	3.17	2.27
IN04 AO	115	3.16	255.24	255.54	0.3	255.94	0.164804	4.07	2.62
IN04 AO	114	3.16	214.7	214.96	0.26	216.69	0.418288	5.84	4.62
IN04 AO	113	3.16	209.57	210.38	0.81	211.55	0.12373	4.79	2.4
IN04 AO	112	3.16	197.41	197.89	0.48	200.12	0.477999	6.61	4.88

IN04 AO	111	3.16	196.31	197.02	0.71	197.64	0.052157	3.49	1.71
IN04 AO	110	3.16	195.3	196.76	1.46	196.77	0.000451	0.57	0.2
IN04 AO	108	3.16	194.42	194.96	0.54	195.16	0.00313	2.05	0.95
IN04 AO	107	3.16	194.1	194.43	0.33	194.92	0.016823	3.34	1.99
IN04 AO	106	3.16	193.64	194.03	0.39	194.07	0.001882	1.11	0.67
IN04 AO	105	3.16	192.3	192.4	0.1	192.79	0.019857	1.44	1.87
IN04 AO	104	3.16	185.9	186.19	0.29	189.75	0.798225	8.35	6.47
IN04 AO	103	3.16	179.5	184	4.5	184	0.000001	0.06	0.01
IN04 AO	102	3.16	178.66	184	5.34	184	0.000001	0.06	0.01
IN04 AO	101	3.16	177.99	184	6.01	184	0	0.04	0.01

Figure 27 Risultati simulazione HEC-RAS IN04 ante operam

Il deflusso nelle condizioni attuali avviene prevalentemente in corrente veloce e, come evidenziato nel profilo allegato, entrambi i manufatti esistenti non risultano sufficienti per la portata relativa a T_r 200 anni. In corrispondenza del primo tombino, infatti, la viabilità viene sormontata dalla corrente, mentre il tratto finale è completamente compreso nell'area di esondazione dell'Esino. Inoltre, come riportato nelle sezioni allegate, anche la sezione del canale esistente sopra la linea storica non risulta sufficiente per la portata di progetto considerata.

6.3.2 Configurazione temporanea

E' stata analizzata anche la fase transitoria di deviazione del canale denominato "IN04" ai fini della realizzazione delle due gallerie artificiali, ferroviaria e stradale.

Per la determinazione del tempo di ritorno dell'evento di riferimento della portata di verifica del corso d'acqua da considerare nel dimensionamento delle opere provvisorie, in mancanza di una specifica analisi di rischio, viene assunta una probabilità di accadimento, nel periodo di interferenza, usualmente compresa tra il 5% ed il 10% (Da Deppo et al., 2004).

Come è noto, la probabilità di accadimento R_{n,T_r} del verificarsi in un numero n di anni dell'evento $X(T_r)$ caratterizzato da frequenza di superamento $P[X(T_r)] = 1/T_r$ è, per la probabilità di eventi statisticamente indipendenti, ottenibile dalla relazione:

$$R_{n,T_r} = 1 - P[X(T_r)]^n = 1 - (1 - 1/T_r)^n$$

Fissato il valore $R_{n,T_r} = 0.05 \div 0.10$ e il numero di anni (n) di permanenza delle opere in alveo, è possibile quindi definire il tempo di ritorno dell'evento a base del progetto delle opere provvisorie.

Nel caso specifico delle opere provvisorie necessarie per garantire la continuità idraulica del corso d'acqua denominato "IN04" durante la realizzazione delle gallerie artificiali, ferroviaria e stradale, in quel di Mogiano, assumendo una durata delle lavorazioni di circa 12 mesi (1 anno) ed imponendo $R_{n,Tr} = 0.10$, il tempo di ritorno della piena di riferimento da considerare per il dimensionamento delle opere provvisionali ammonta a circa 10 anni.

Considerando quindi l'analisi pluviometrica riportata nella relazione idrologica IR0F02R09RIID0001001 con il metodo VaPI, l'altezza di pioggia che si ottiene per un tempo di ritorno di 10 anni e durata di precipitazione di 15 minuti è pari a 28.8 mm.

La portata corrispondente a tale precipitazione, calcolata secondo la procedura riportata nella stessa relazione idrologica, è quindi pari a 0.683 m³/s.

La deviazione temporanea del canale per permettere la demolizione del tombino stradale esistente e la realizzazione delle gallerie artificiali, ferroviaria e stradale, sarà quindi costituita da una condotta DN 1000 su struttura reticolare.

Garantendo una pendenza minima del 0.2% fino al canale sopra la linea storica in esercizio, tale configurazione garantisce un grado di riempimento del 52.6 %.

Successivamente, completata la costruzione delle gallerie e della nuova sistemazione idraulica, quest'ultima entrerà in esercizio e sarà realizzata una seconda deviazione idraulica di connessione all'alveo di valle per permettere la demolizione dell'ultimo tratto del canale esistente sopra la linea storica e la realizzazione della sistemazione a gradoni (dettagli delle fasi all'elaborato IR0F02R09P7ID0002001).

Di seguito, si riportano alcuni stralci descrittivi della successione di tali fasi provvisorie.

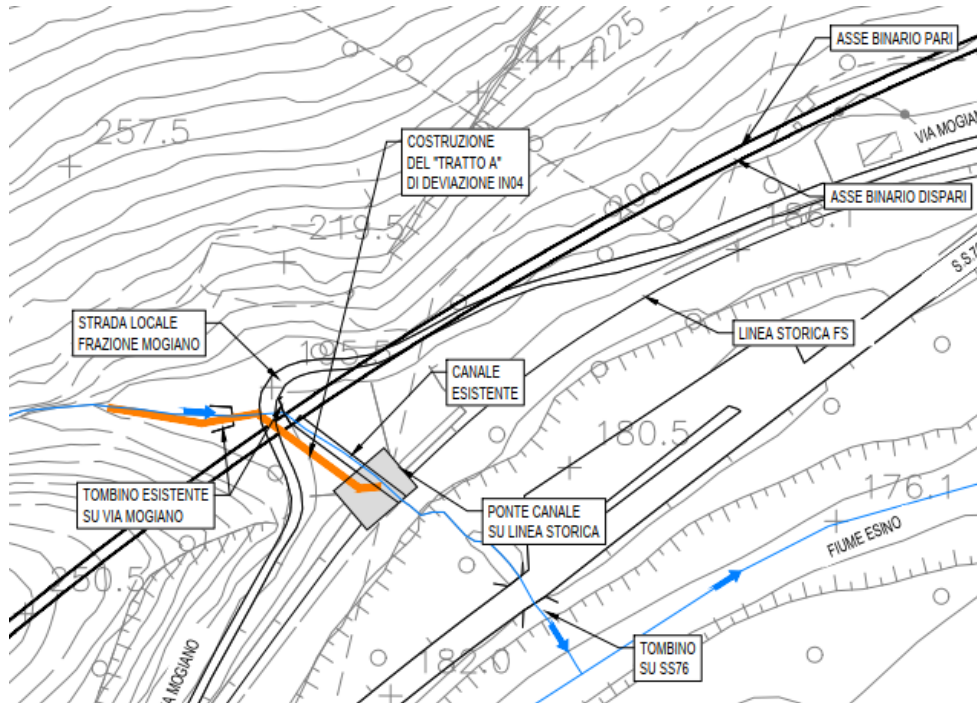


Figure 28 Schema fase 1: configurazione esistente con realizzazione deviazione su struttura reticolare

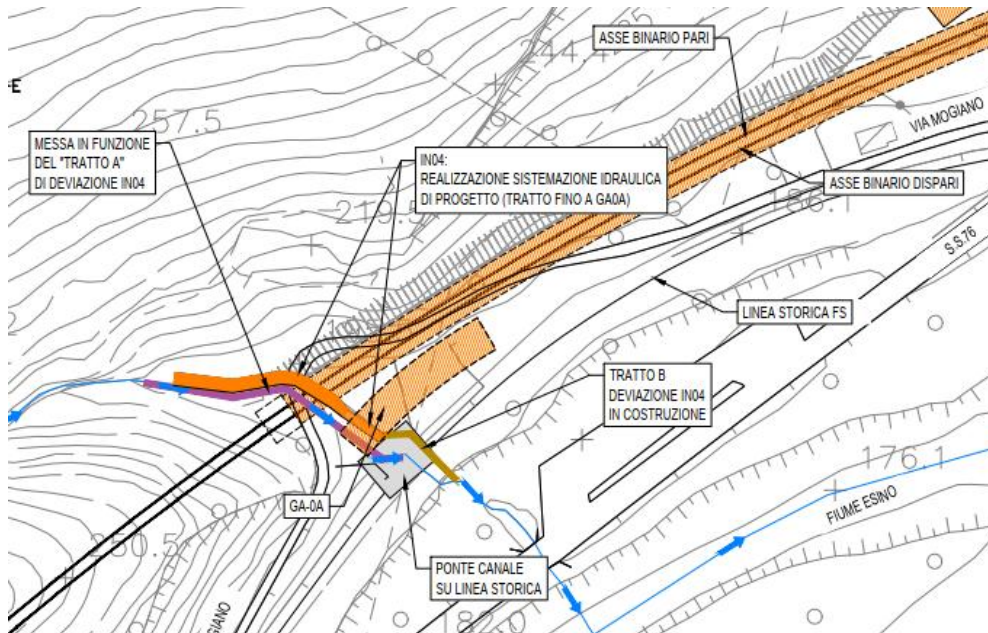


Figure 29 Schema fase 2: realizzazione gallerie artificiali e sistemazione idraulica con deviazione temporanea del canale

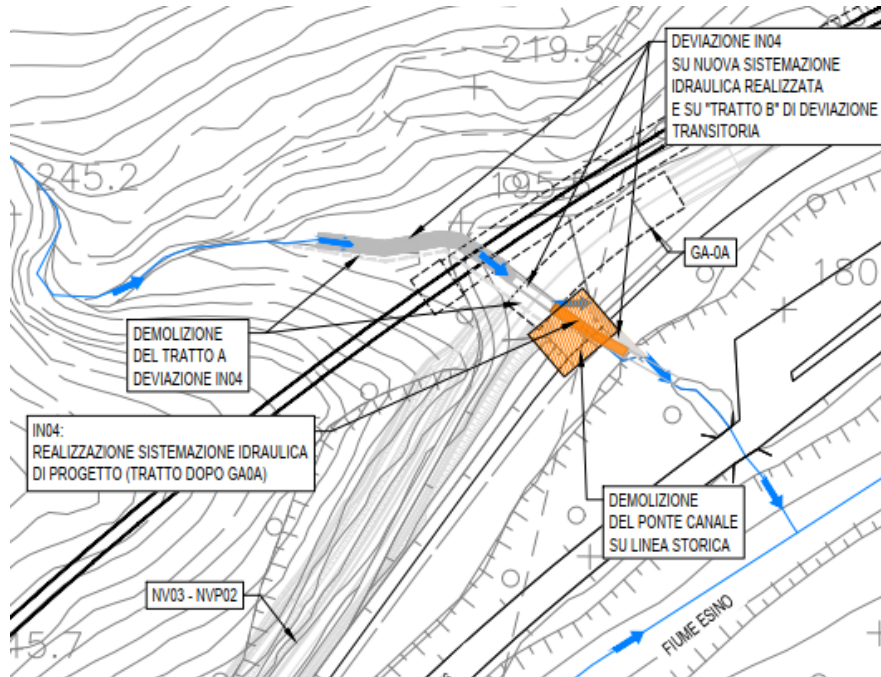


Figure 30 Schema fase 3: nuova sistemazione idraulica in esercizio con deviazione temporanea per demolizione ponte canale su linea storica

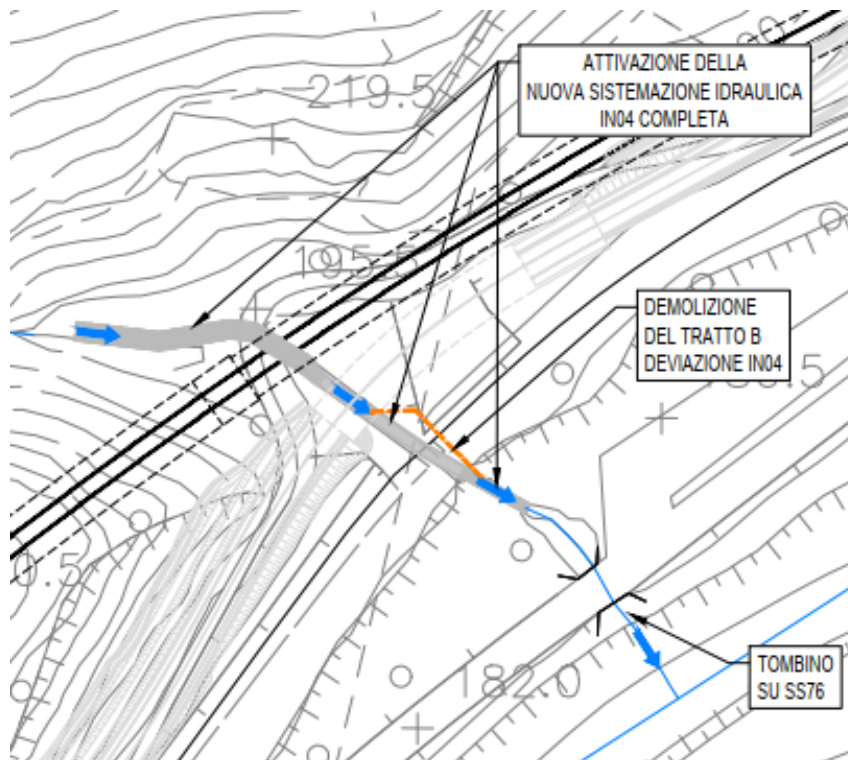


Figure 31 Schema fase 3: nuova sistemazione idraulica completa e rimozione deviazione temporanea

6.3.3 Condizioni post operam

Per l'analisi delle condizioni post operam è stata considerata la demolizione del canale esistente e della relativa galleria ferroviaria artificiale attuale, sostituito da una sistemazione idraulica a sezione trapezia in massi cementati per la deviazione sopra la GA01 "Mogiano", a partire da circa 50 m a monte della stessa per riuscire a garantire sia un'adeguata pendenza del tratto, sia il ricoprimento sopra la galleria. Per il tratto successivo invece, per superare l'interferenza con la NV03 sopra la GA0A, è stato dimensionato un canale rettangolare in cls, che si raccorderà poi all'alveo esistente a valle mediante una sistemazione a gradoni, in modo da raccordarsi al tombino esistente di attraversamento della SS76, prima di immettersi nel Fiume Esino.

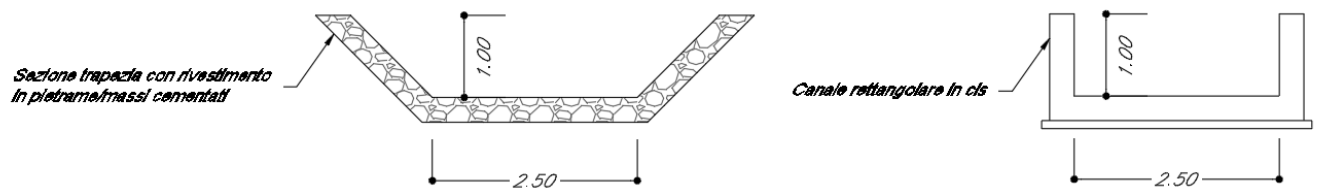


Figure 32 Sezioni sistemazioni idrauliche IN04

Le sezioni di studio sono state quindi costruite in corrispondenza dei punti significativi della sistemazione, mantenendo come condizione di valle la quota di piena del Fiume Esino per Tr 200 anni (estratta da modello numerico 2D).

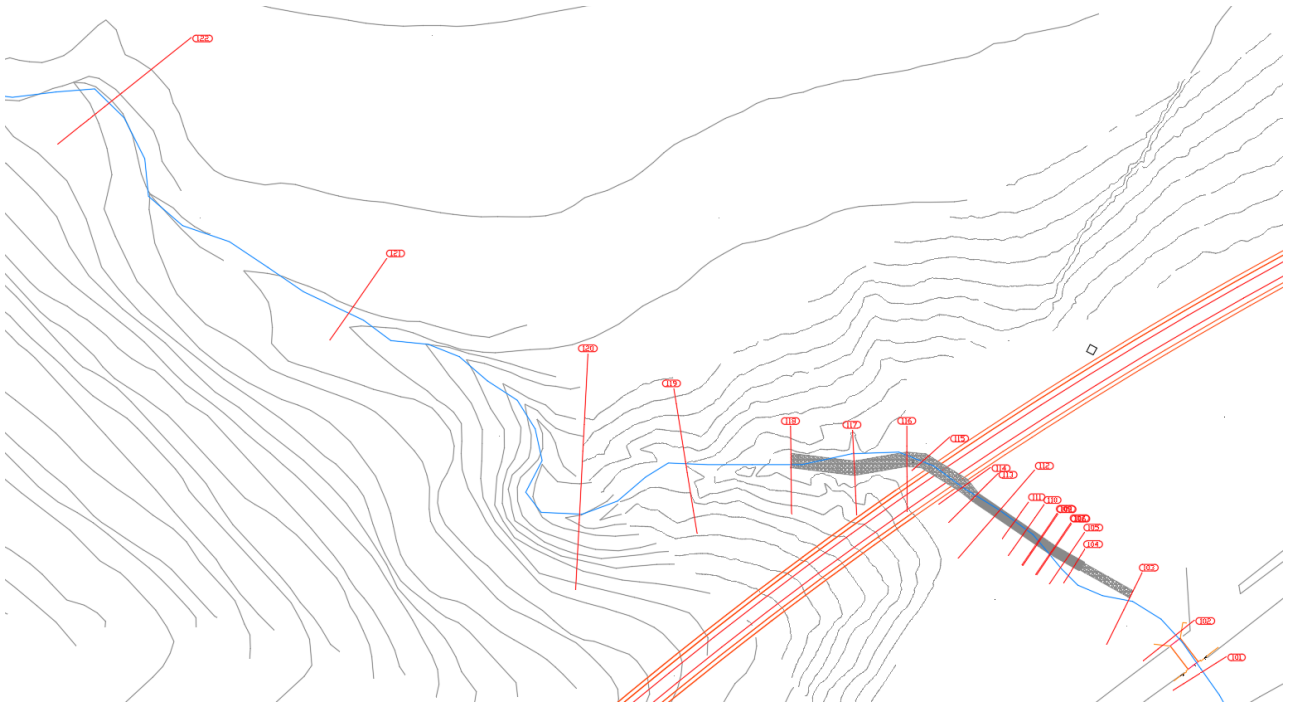


Figure 33 Schema planimetrico dell'asse IN04 e delle sezioni trasversali in condizioni Post Operam

Nella tabella sono indicate le grandezze fondamentali del moto risultanti dalla simulazione, mentre in allegato vengono riportati gli elaborati grafici ottenuti di profilo e sezioni.

Reach	River Sta	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Y (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude
IN04 PO	122	3.16	264.65	265.03	0.38	265.57	0.080016	3.26	2.35
IN04 PO	121	3.16	255.24	255.53	0.29	256.1	0.177351	4.84	3.17
IN04 PO	120	3.16	214.7	214.94	0.24	217.23	0.421886	6.76	5.3
IN04 PO	119	3.16	209.57	210.37	0.8	211.65	0.115375	5.02	2.54
IN04 PO	118	3.16	199.3	199.49	0.19	201.4	0.33666	6.13	4.63
IN04 PO	117	3.16	197.24	197.51	0.27	198.39	0.101263	4.15	2.65
IN04 PO	116	3.16	197.15	197.85	0.7	197.95	0.004331	1.42	0.6
IN04 PO	115	3.16	197.13	197.82	0.69	197.93	0.00426	1.42	0.6
IN04 PO	114	3.16	197.05	197.76	0.71	197.86	0.004006	1.39	0.58
IN04 PO	113	3.16	197.02	197.62	0.6	197.84	0.00567	2.08	0.87
IN04 PO	112	3.16	196.98	197.56	0.58	197.79	0.006184	2.14	0.91
IN04 PO	111	3.16	196.95	197.51	0.56	197.76	0.006785	2.21	0.96
IN04 PO	110	3.16	196.93	197.47	0.54	197.73	0.007497	2.29	1.01

Reach	River Sta	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Y (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Froude
IN04 PO	109	3.16	196.4	196.72	0.32	197.53	0.040293	4.01	2.3
IN04 PO	108	3.16	193.9	194.06	0.16	197.25	0.338055	7.9	6.35
IN04 PO	107	3.16	193.4	193.62	0.22	195.27	0.250288	5.68	3.88
IN04 PO	106	3.16	190.4	190.54	0.14	194.87	0.551679	9.22	7.99
IN04 PO	105	3.16	188.4	188.58	0.18	190.94	0.465941	6.8	5.38
IN04 PO	104	3.16	185.9	186.21	0.31	189.29	0.541943	7.78	5.91
IN04 PO	103	3.16	179.5	184	4.5	184	0.000001	0.06	0.01
IN04 PO	102	3.16	178.66	184	5.34	184	0.000001	0.06	0.01
IN04 PO	101	3.16	177.99	184	6.01	184	0	0.04	0.01

Figure 34 Risultati simulazione HEC-RAS IN04 post operam

Dai risultati emerge che il deflusso nelle condizioni di progetto avviene in corrente veloce per il primo tratto di monte, mentre procede in corrente lenta nei tratti soggetti a sistemazione sopra le due gallerie. A valle invece, nel collegamento a gradoni fino all'alveo esistente il flusso torna in condizioni di corrente veloce, fino all'area di Esondazione dell'Esino.

Nella tabella di seguito vengono riportate le verifiche degli scolaratori idraulici effettuate mediante HEC RAS, mentre i risultati completi dell'analisi sono riportati all'allegato B.

WBS manufatto	Progressiva km	Q (m ³ /s)	Sezione		If (m/m)	Rh (m)	Tirante y (m)	GR %
			B	H				
IN01	2+254	0.35	2.0	2.0	0.01	0.193	0.24	12.0
IN02	2+513	3.99	4.0	2.0	0.01	0.296	0.32	16.0

Tab. 6 – Verifica idraulica dei tombini ferroviari (HEC RAS)

ALLEGATO A

HY-8 Culvert Analysis Report

Crossing Discharge Data: IN05 L2

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0

Design Flow: 0.58 mc/s

Maximum Flow: 1.0 mc/s

Table 1 - Summary of Culvert Flows at Crossing: IN05 L2

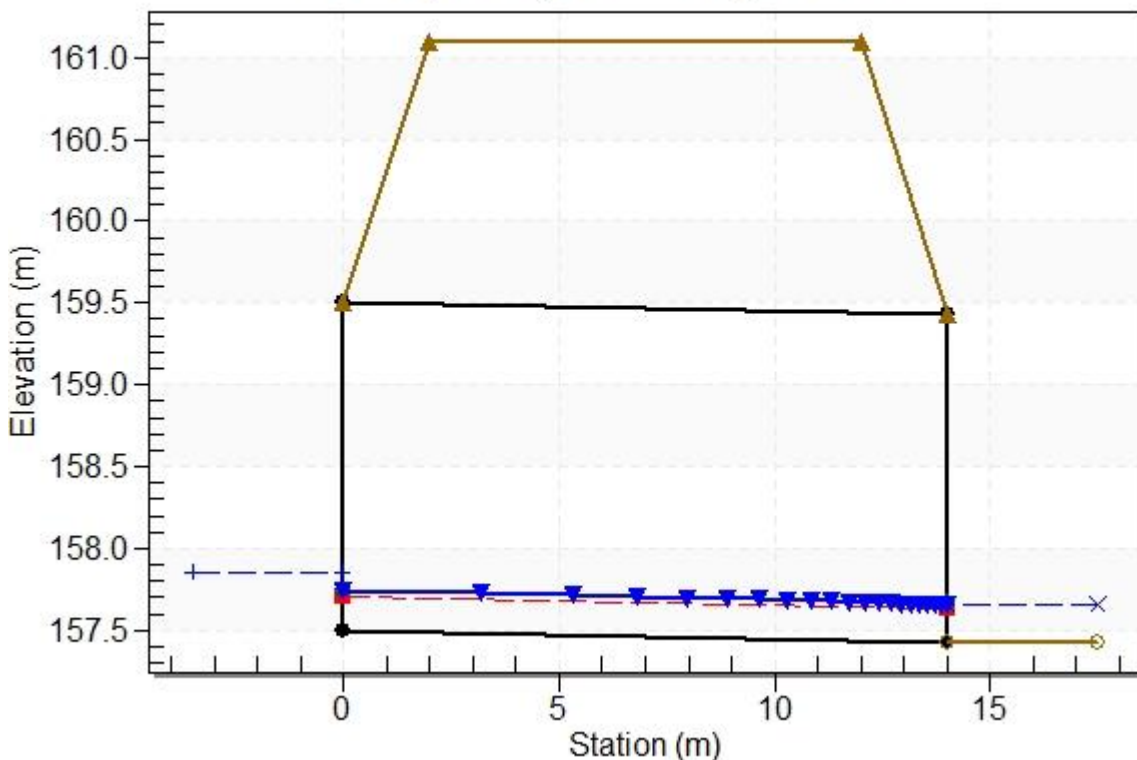
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	pk 7+423 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
157.50	0.00	0.00	0.00	1
157.61	0.10	0.10	0.00	1
157.67	0.20	0.20	0.00	1
157.73	0.30	0.30	0.00	1
157.77	0.40	0.40	0.00	1
157.82	0.50	0.50	0.00	1
157.85	0.58	0.58	0.00	1
157.90	0.70	0.70	0.00	1
157.94	0.80	0.80	0.00	1
157.97	0.90	0.90	0.00	1
158.01	1.00	1.00	0.00	1
161.10	15.74	15.74	0.00	Overtopping

Table 2 - Culvert Summary Table: IN05 L2

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	157.50	0.000	0.000	0-NF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.10	0.10	157.61	0.108	0.109	3-M1t	0.078	0.063	0.078	0.078	0.645	1.197
0.20	0.20	157.67	0.172	0.173	3-M2t	0.122	0.101	0.117	0.117	0.851	1.524
0.30	0.30	157.73	0.225	0.227	3-M2t	0.159	0.132	0.150	0.150	1.003	1.746
0.40	0.40	157.77	0.273	0.275	3-M2t	0.190	0.160	0.177	0.177	1.128	1.917
0.50	0.50	157.82	0.317	0.319	3-M2t	0.220	0.185	0.202	0.202	1.237	2.058
0.58	0.58	157.85	0.350	0.352	3-M2t	0.242	0.205	0.220	0.220	1.315	2.155
0.70	0.70	157.90	0.396	0.399	3-M2t	0.274	0.232	0.246	0.246	1.423	2.284
0.80	0.80	157.94	0.433	0.436	3-M2t	0.300	0.254	0.266	0.266	1.505	2.378
0.90	0.90	157.97	0.469	0.471	3-M2t	0.324	0.274	0.284	0.284	1.582	2.463
1.00	1.00	158.01	0.503	0.506	3-M2t	0.348	0.294	0.302	0.302	1.654	2.541

Crossing - IN05 L2 , Design Discharge - 0.58 cms

Culvert - pk 7+423, Culvert Discharge - 0.58 cms



Site Data - pk 7+423

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 157.50 m

Outlet Station: 14.00 m

Outlet Elevation: 157.43 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - pk 7+423

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 2000.00 mm

Barrel Rise: 2000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0200

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall

Inlet Depression: None

Tailwater Channel Data - IN05 L2

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 1.00 m

Side Slope (H:V): 1.00 (1:1)

Channel Slope: 0.0400

Channel Manning's n: 0.0280

Channel Invert Elevation: 157.43 m

Roadway Data for Crossing: IN05 L2

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 5.00 m

Crest Elevation: 161.10 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 10.00 m

Crossing Discharge Data: IN06 L2

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0

Design Flow: 0.41 mc/s

Maximum Flow: 1.0 mc/s

Table 3 - Summary of Culvert Flows at Crossing: IN06 L2

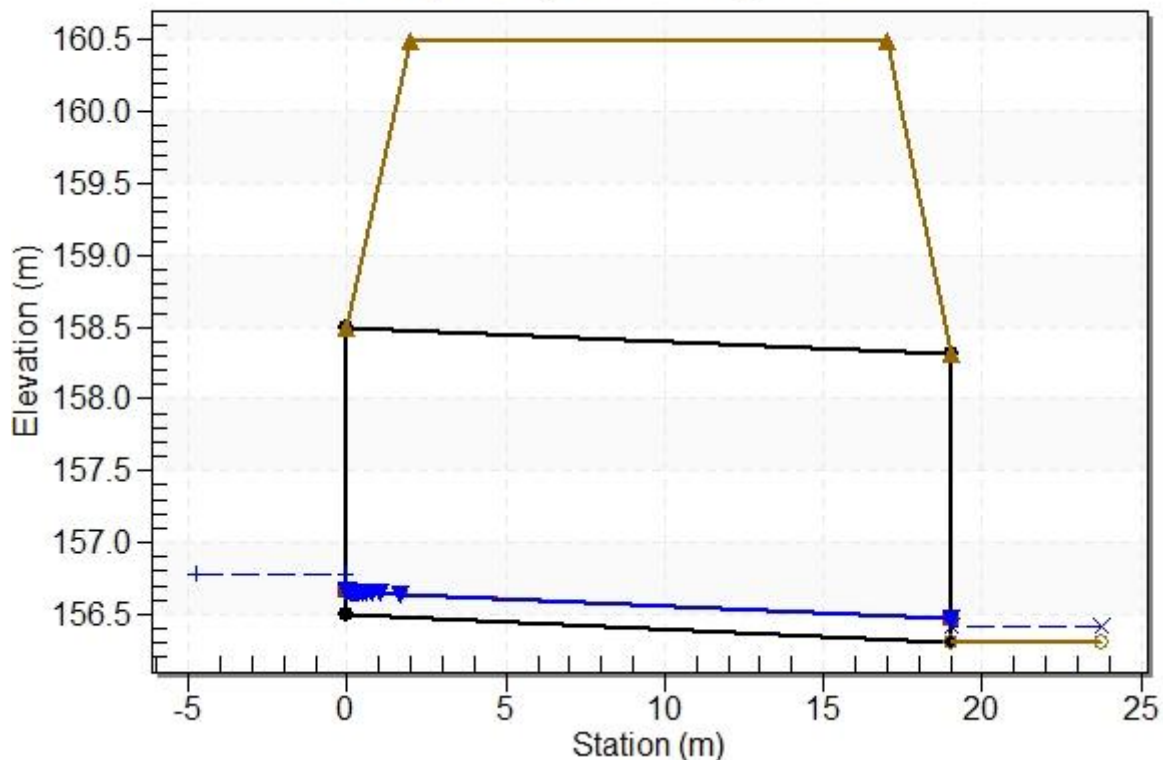
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	pk 7+483 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
156.50	0.00	0.00	0.00	1
156.61	0.10	0.10	0.00	1
156.67	0.20	0.20	0.00	1
156.72	0.30	0.30	0.00	1
156.78	0.41	0.41	0.00	1
156.82	0.50	0.50	0.00	1
156.86	0.60	0.60	0.00	1
156.89	0.70	0.70	0.00	1
156.93	0.80	0.80	0.00	1
156.97	0.90	0.90	0.00	1
157.00	1.00	1.00	0.00	1
160.50	17.23	17.23	0.00	Overtopping

Table 4 - Culvert Summary Table: IN06 L2

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	156.50	0.000	0.000	0-NF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.10	0.10	156.61	0.108	0.0*	1-S2n	0.063	0.063	0.063	0.048	0.799	1.995
0.20	0.20	156.67	0.171	0.0*	1-S2n	0.099	0.101	0.099	0.073	1.014	2.570
0.30	0.30	156.72	0.224	0.0*	1-S2n	0.126	0.132	0.126	0.093	1.187	2.968
0.41	0.41	156.78	0.276	0.0*	1-S2n	0.156	0.162	0.156	0.112	1.318	3.307
0.50	0.50	156.82	0.315	0.0*	1-S2n	0.176	0.185	0.176	0.126	1.423	3.538
0.60	0.60	156.86	0.356	0.021	1-S2n	0.198	0.209	0.198	0.140	1.514	3.762
0.70	0.70	156.89	0.394	0.045	1-S2n	0.219	0.232	0.219	0.153	1.600	3.958
0.80	0.80	156.93	0.431	0.067	1-S2n	0.238	0.254	0.238	0.166	1.677	4.134
0.90	0.90	156.97	0.466	0.089	1-S2n	0.258	0.274	0.258	0.178	1.744	4.295
1.00	1.00	157.00	0.500	0.110	1-S2n	0.276	0.294	0.277	0.189	1.803	4.441

Crossing - IN06 L2, Design Discharge - 0.41 cms

Culvert - pk 7+483, Culvert Discharge - 0.41 cms



Site Data - pk 7+483

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 156.50 m

Outlet Station: 19.00 m

Outlet Elevation: 156.31 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - pk 7+483

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 2000.00 mm

Barrel Rise: 2000.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0200

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall

Inlet Depression: None

Tailwater Channel Data - IN06 L2

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 1.00 m

Side Slope (H:V): 1.00 (1:1)

Channel Slope: 0.2000

Channel Manning's n: 0.0280

Channel Invert Elevation: 156.31 m

Roadway Data for Crossing: IN06 L2

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 5.00 m

Crest Elevation: 160.50 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 15.00 m

Crossing Discharge Data: IN07 L2

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0

Design Flow: 8.99 mc/s

Maximum Flow: 30 mc/s

Table 5 - Summary of Culvert Flows at Crossing: IN07 L2

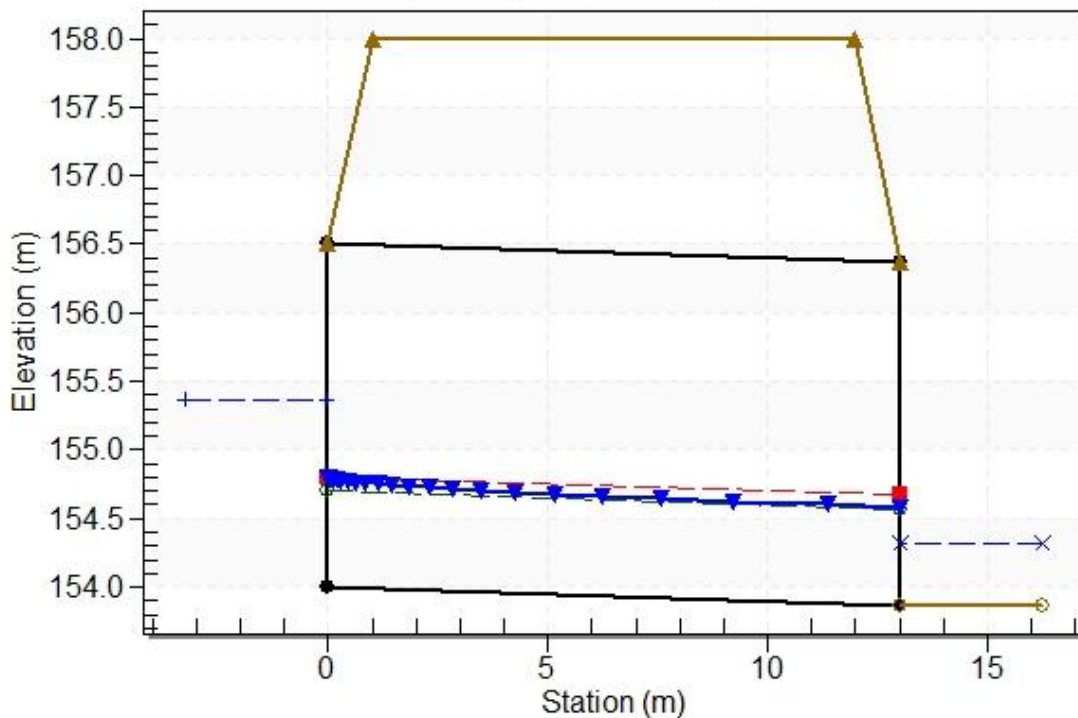
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	pk 7+760 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
154.00	0.00	0.00	0.00	1
154.66	3.00	3.00	0.00	1
155.04	6.00	6.00	0.00	1
155.36	8.99	8.99	0.00	1
155.64	12.00	12.00	0.00	1
155.90	15.00	15.00	0.00	1
156.14	18.00	18.00	0.00	1
156.38	21.00	21.00	0.00	1
156.61	24.00	24.00	0.00	1
156.85	27.00	27.00	0.00	1
157.10	30.00	30.00	0.00	1
158.00	39.52	39.52	0.00	Overtopping

Table 6 - Culvert Summary Table: IN07 L2

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	154.00	0.000	0.000	0-NF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.00	3.00	154.66	0.655	0.263	1-S2n	0.340	0.386	0.343	0.235	2.189	3.954
6.00	6.00	155.04	1.040	0.512	1-S2n	0.533	0.612	0.541	0.355	2.772	5.034
8.99	8.99	155.36	1.359	0.739	1-S2n	0.697	0.801	0.713	0.452	3.153	5.764
12.00	12.00	155.64	1.640	0.962	1-S2n	0.846	0.972	0.870	0.536	3.447	6.331
15.00	15.00	155.90	1.898	1.186	1-S2n	0.986	1.127	1.017	0.611	3.688	6.796
18.00	18.00	156.14	2.141	1.414	1-S2n	1.120	1.273	1.156	0.680	3.893	7.193
21.00	21.00	156.38	2.378	1.650	1-S2n	1.249	1.411	1.289	0.744	4.074	7.542
24.00	24.00	156.61	2.613	1.895	5-S2n	1.373	1.542	1.417	0.804	4.234	7.852
27.00	27.00	156.85	2.854	2.149	5-S2n	1.495	1.668	1.541	0.860	4.380	8.133
30.00	30.00	157.10	3.103	2.413	5-S2n	1.614	1.790	1.661	0.914	4.514	8.391

Crossing - IN07 L2, Design Discharge - 8.99 cms

Culvert - pk 7+760, Culvert Discharge - 8.99 cms



Site Data - pk 7+760

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 154.00 m

Outlet Station: 13.00 m

Outlet Elevation: 153.87 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - pk 7+760

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 4000.00 mm

Barrel Rise: 2500.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0200

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall

Inlet Depression: None

Tailwater Channel Data - IN07 L2

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 3.00 m

Side Slope (H:V): 1.00 (1:1)

Channel Slope: 0.1000

Channel Manning's n: 0.0280

Channel Invert Elevation: 153.87 m

Roadway Data for Crossing: IN07 L2

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 7.00 m

Crest Elevation: 158.00 m

Roadway Surface: Paved

Roadway Top Width: 11.00 m

Crossing Discharge Data: IN08 L2

Discharge Selection Method: Specify Minimum, Design, and Maximum Flow

Minimum Flow: 0

Design Flow: 16.82 mc/s

Maximum Flow: 32.0 mc/s

Table 7 - Summary of Culvert Flows at Crossing: IN07 L2

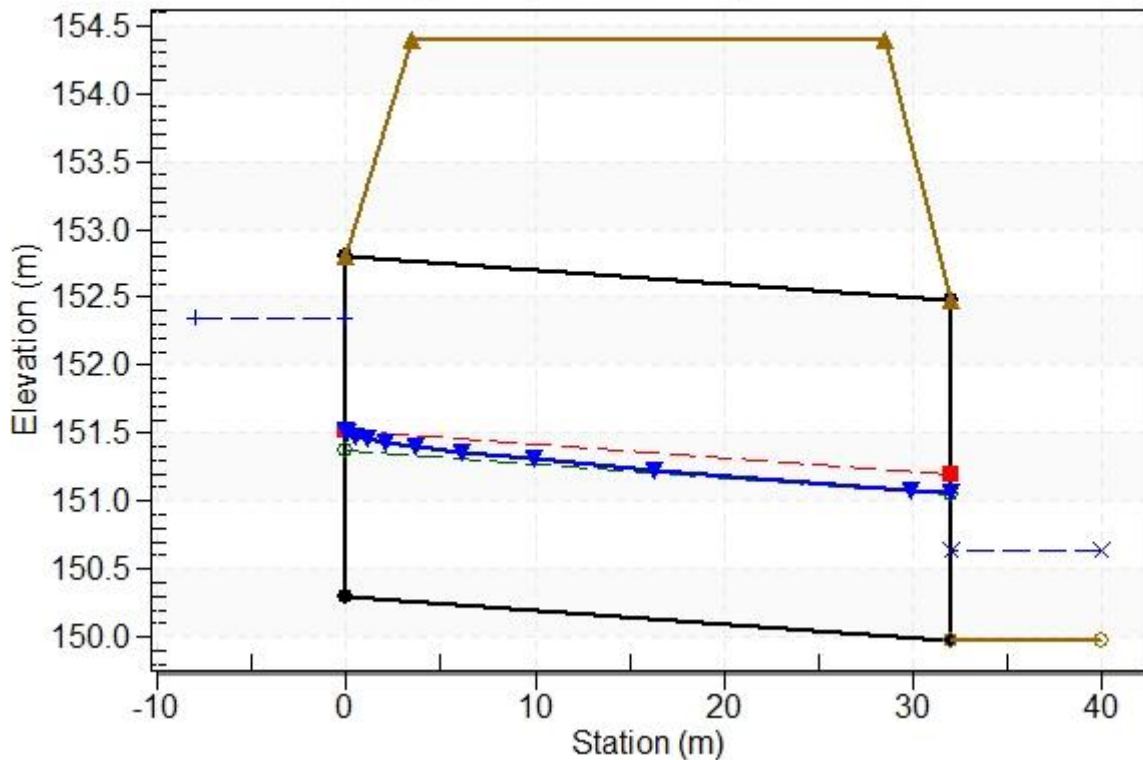
Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	pk 8+592 Discharge (cms)	Roadway Discharge (cms)	Iterations
150.30	0.00	0.00	0.00	1
150.98	3.20	3.20	0.00	1
151.39	6.40	6.40	0.00	1
151.72	9.60	9.60	0.00	1
152.01	12.80	12.80	0.00	1
152.35	16.82	16.82	0.00	1
152.54	19.20	19.20	0.00	1
152.79	22.40	22.40	0.00	1
153.04	25.60	25.60	0.00	1
153.30	28.80	28.80	0.00	1
153.58	32.00	32.00	0.00	1
154.40	40.47	40.47	0.00	Overtopping

Table 8 - Culvert Summary Table: IN08 L2

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth (m)	Outlet Control Depth (m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	150.30	0.000	0.000	0-NF	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.20	3.20	150.98	0.684	0.092	1-S2n	0.354	0.403	0.354	0.244	2.258	4.046
6.40	6.40	151.39	1.086	0.358	1-S2n	0.556	0.639	0.556	0.369	2.879	5.146
9.60	9.60	151.72	1.418	0.604	1-S2n	0.728	0.837	0.733	0.470	3.276	5.889
12.80	12.80	152.01	1.711	0.849	1-S2n	0.885	1.014	0.885	0.557	3.618	6.463
16.82	16.82	152.35	2.047	1.164	1-S2n	1.068	1.217	1.079	0.654	3.896	7.044
19.20	19.20	152.54	2.236	1.357	1-S2n	1.172	1.329	1.187	0.706	4.045	7.338
22.40	22.40	152.79	2.487	1.627	1-S2n	1.307	1.473	1.322	0.772	4.236	7.691
25.60	25.60	153.04	2.741	1.909	5-S2n	1.438	1.610	1.456	0.834	4.396	8.005
28.80	28.80	153.30	3.002	2.205	5-S2n	1.567	1.742	1.585	0.892	4.542	8.290
32.00	32.00	153.58	3.277	2.516	5-S2n	1.692	1.868	1.711	0.948	4.675	8.551

Crossing - IN08 L2, Design Discharge - 16.82 cms

Culvert - pk 8+592, Culvert Discharge - 16.82 cms



Site Data - pk 8+592

Site Data Option: Culvert Invert Data

Inlet Station: 0.00 m

Inlet Elevation: 150.30 m

Outlet Station: 32.00 m

Outlet Elevation: 149.98 m

Number of Barrels: 1

Culvert Data Summary - pk 8+592

Barrel Shape: Concrete Box

Barrel Span: 4000.00 mm

Barrel Rise: 2500.00 mm

Barrel Material: Concrete

Embedment: 0.00 mm

Barrel Manning's n: 0.0200

Culvert Type: Straight

Inlet Configuration: Square Edge (90°) Headwall

Inlet Depression: None

Tailwater Channel Data - IN08 L2

Tailwater Channel Option: Trapezoidal Channel

Bottom Width: 3.00 m

Side Slope (H:V): 1.00 (1:1)

Channel Slope: 0.1000

Channel Manning's n: 0.0280

Channel Invert Elevation: 149.98 m

Roadway Data for Crossing: IN08 L2

Roadway Profile Shape: Constant Roadway Elevation

Crest Length: 7.00 m

Crest Elevation: 154.40 m

Roadway Surface: Paved

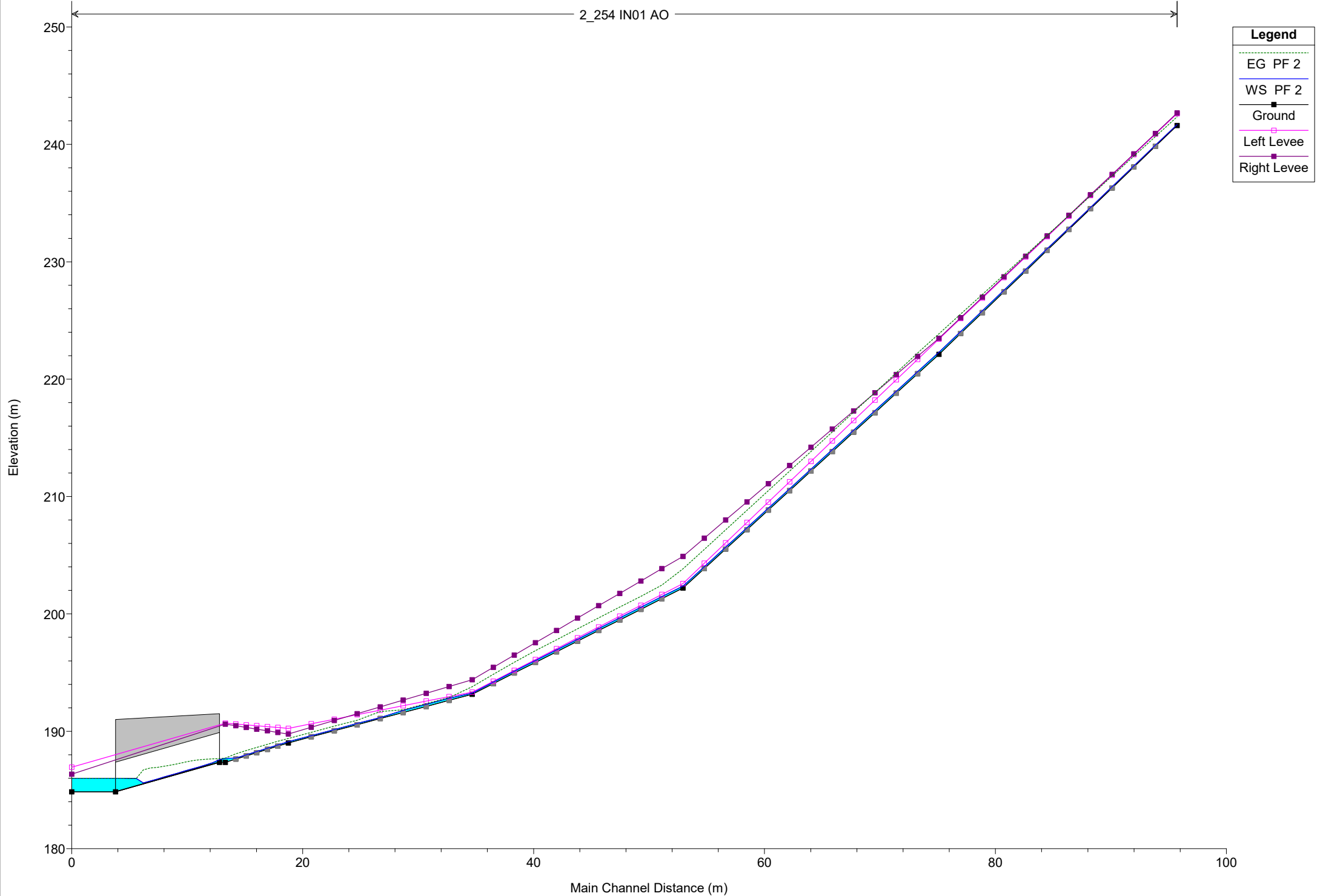
Roadway Top Width: 25.00 m

ALLEGATO B

RISULTATI MODELLAZIONE HEC-RAS

IN01 AO

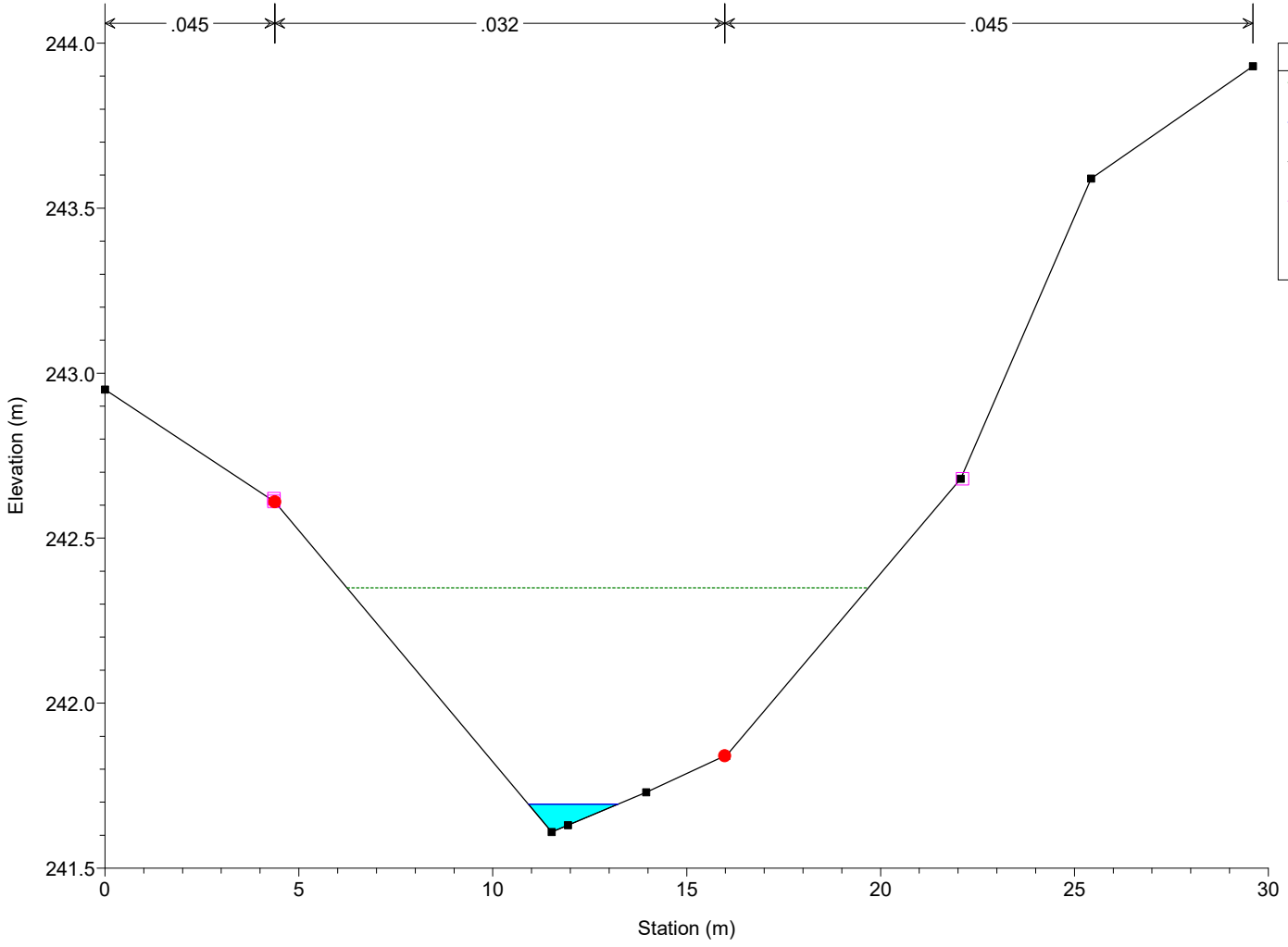
2_254 IN01 AO



Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Left Levee
- Right Levee

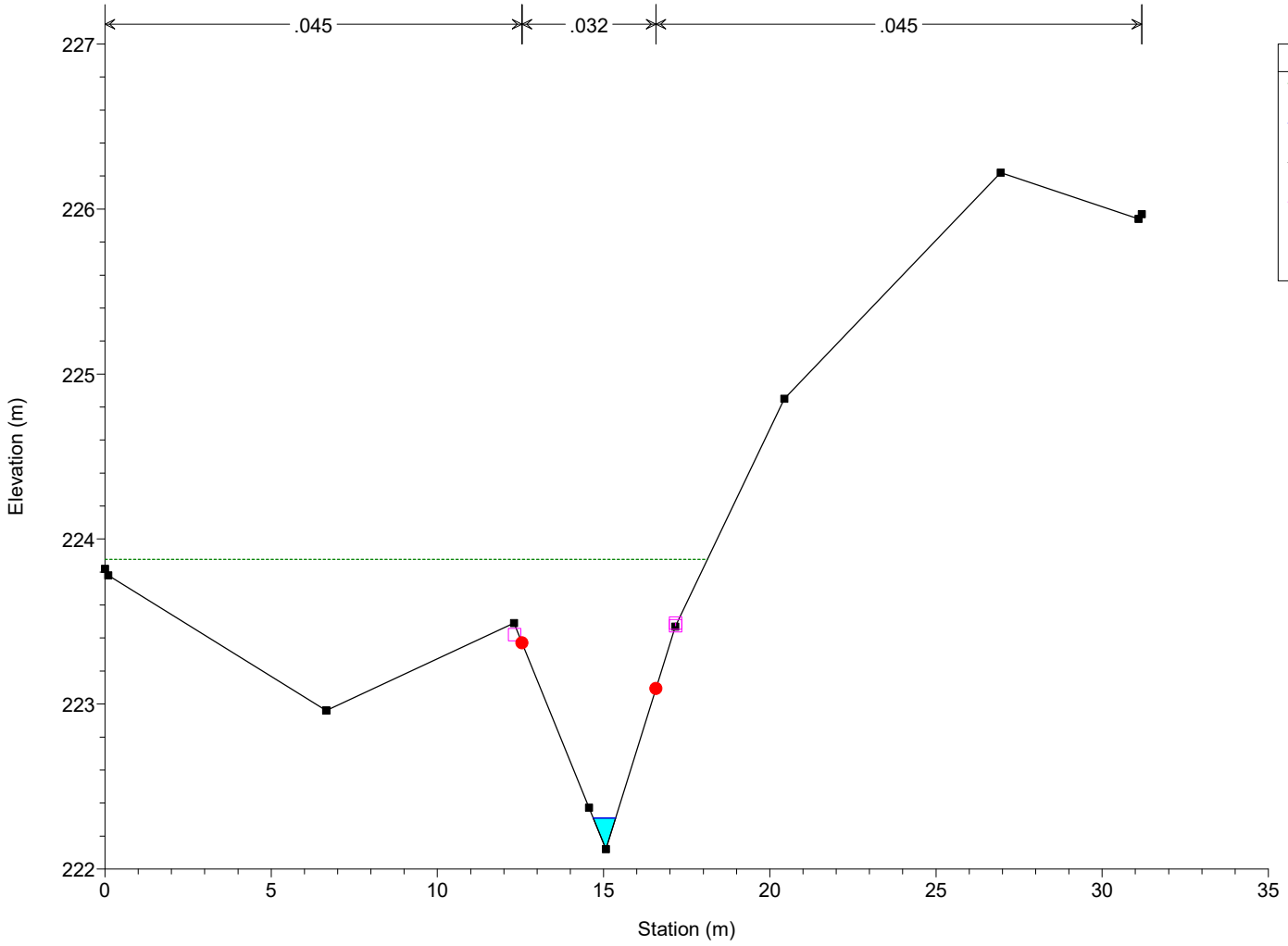
IN01 AO
RS = 107



Legend

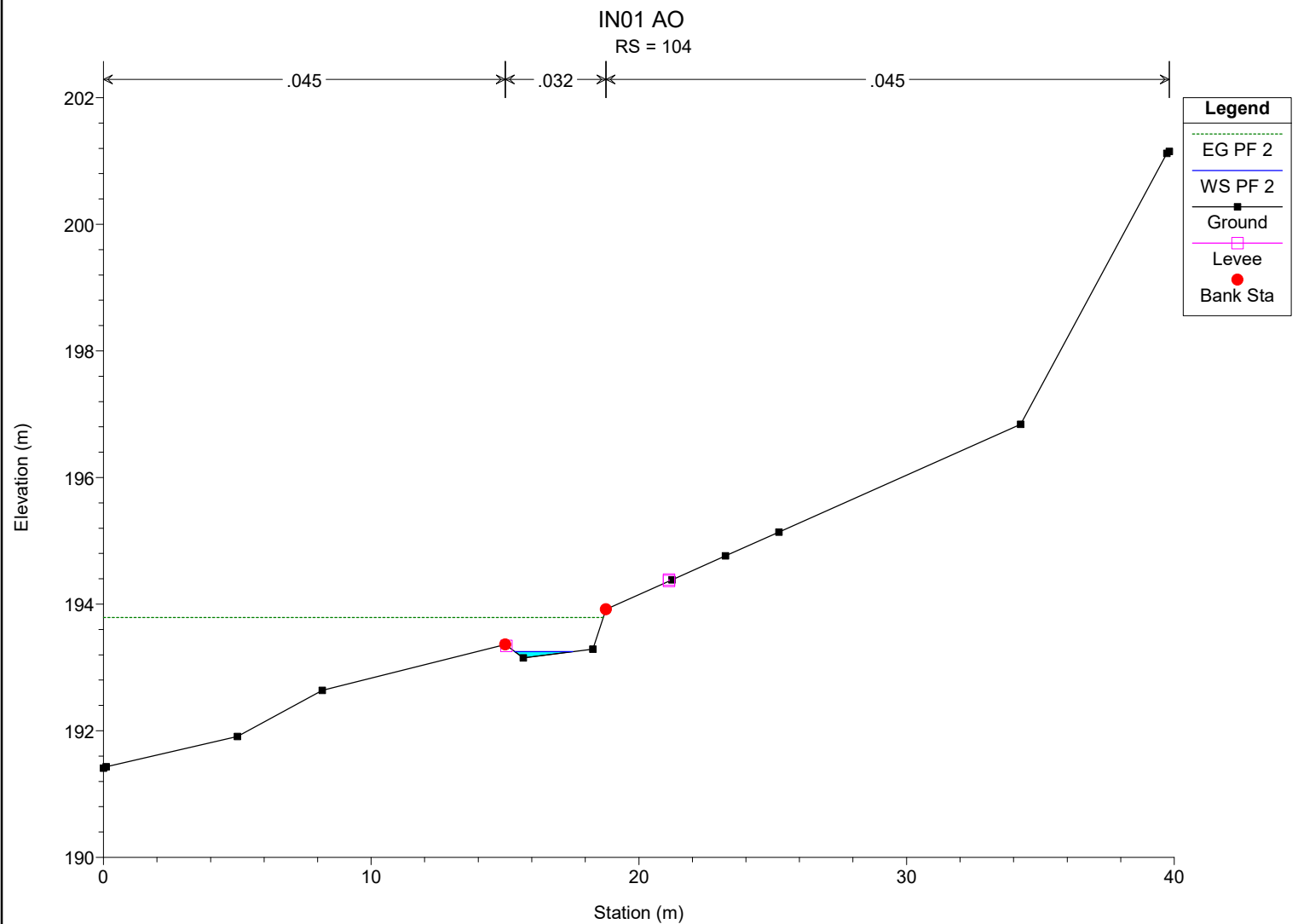
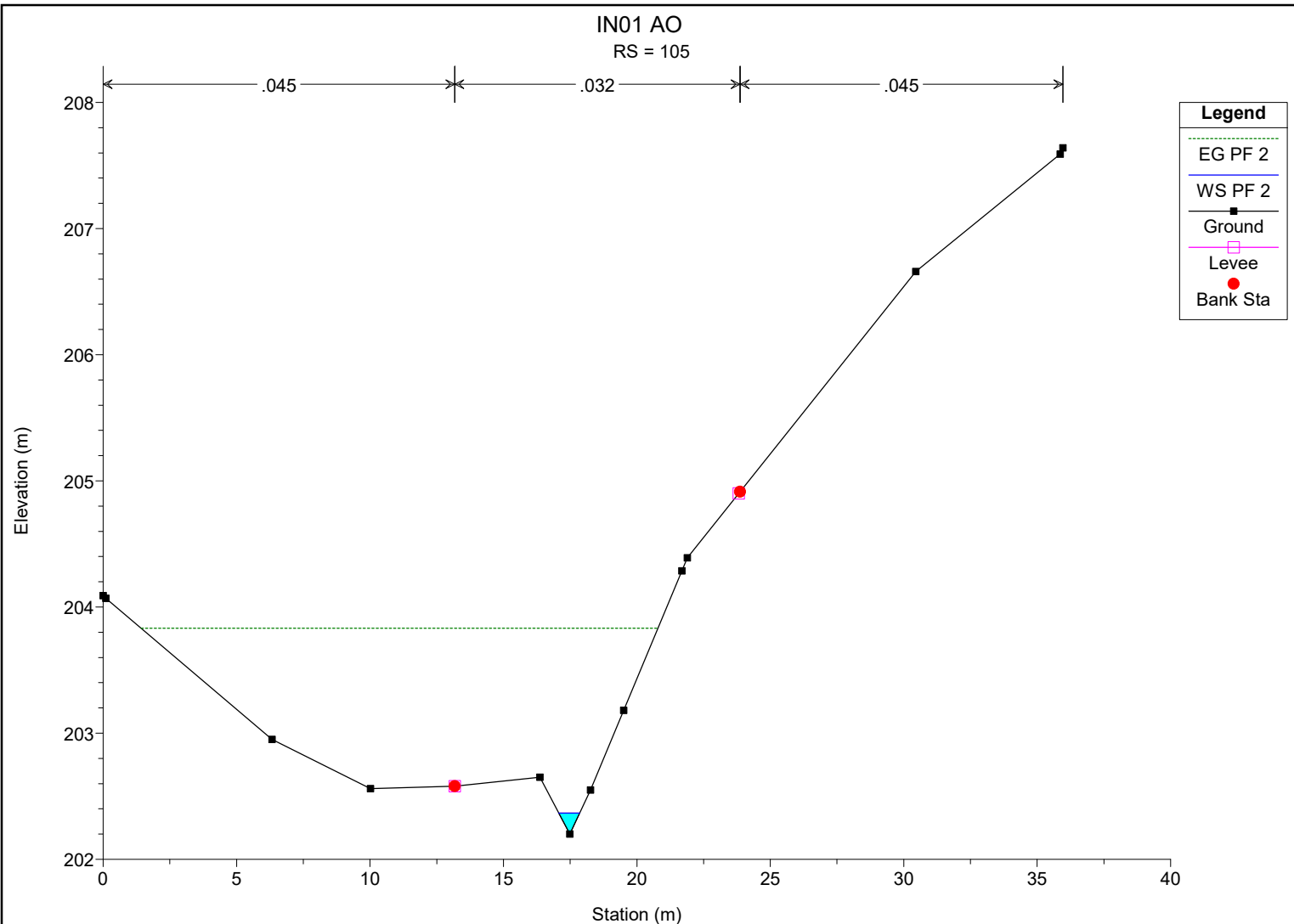
- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

IN01 AO
RS = 106

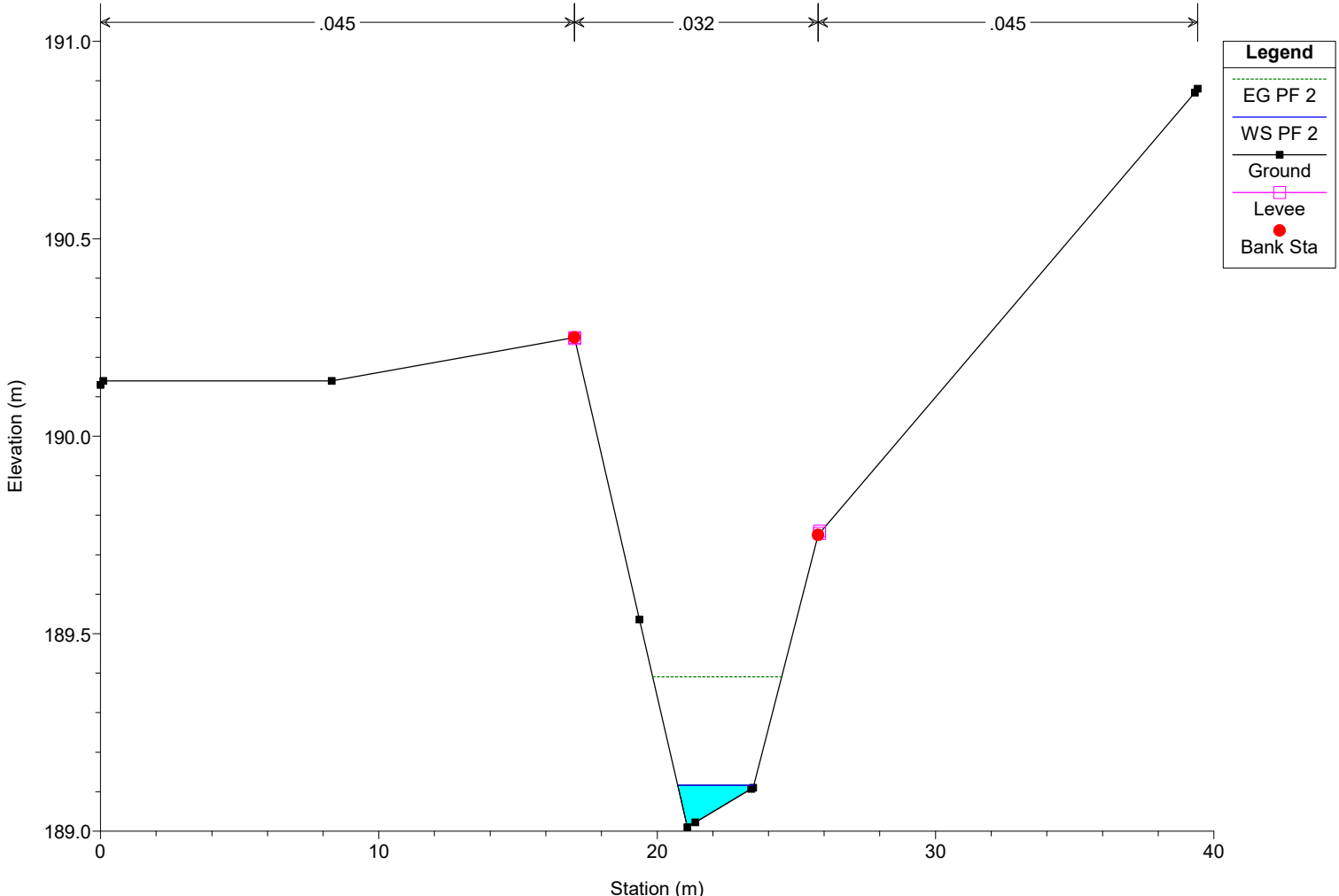


Legend

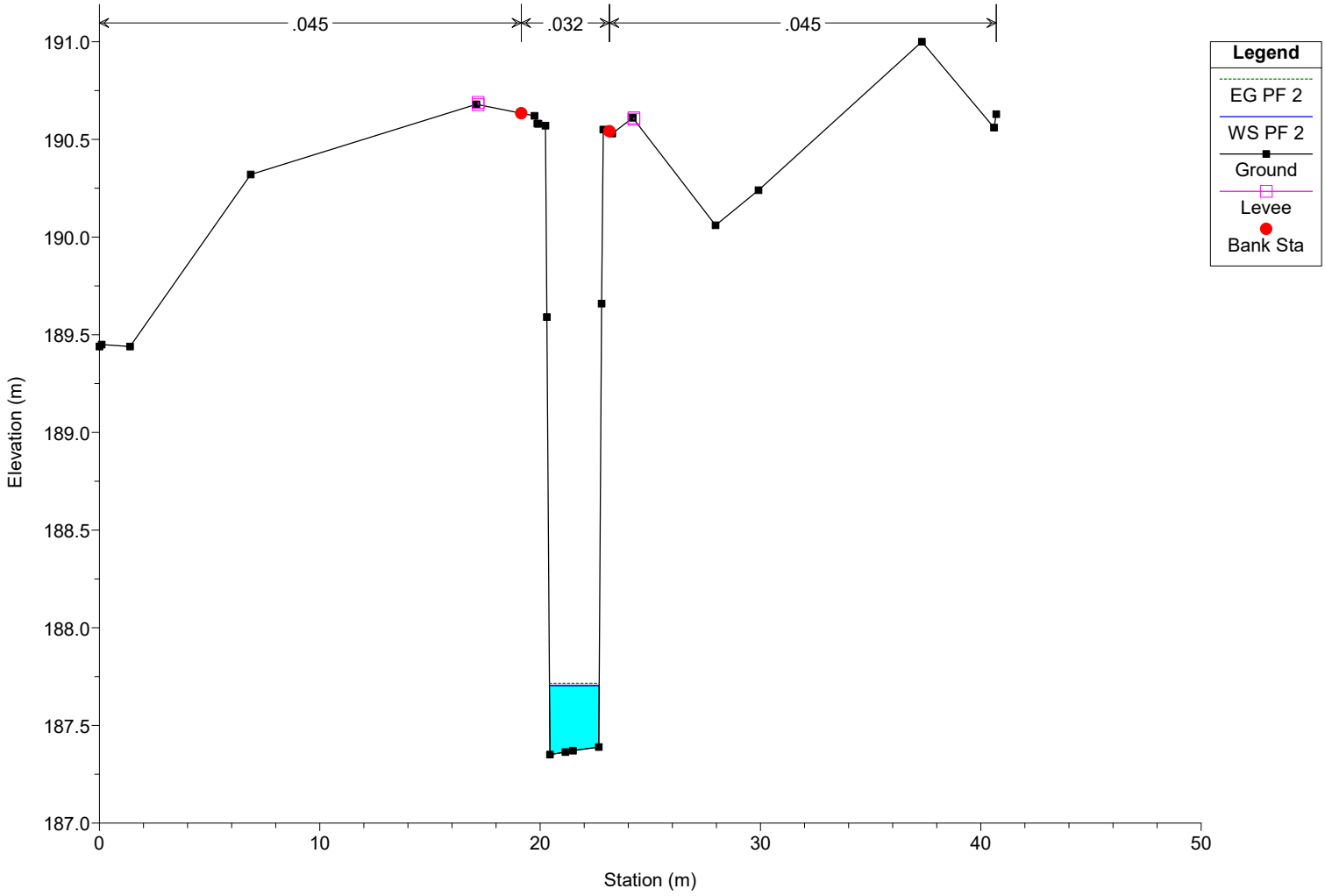
- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

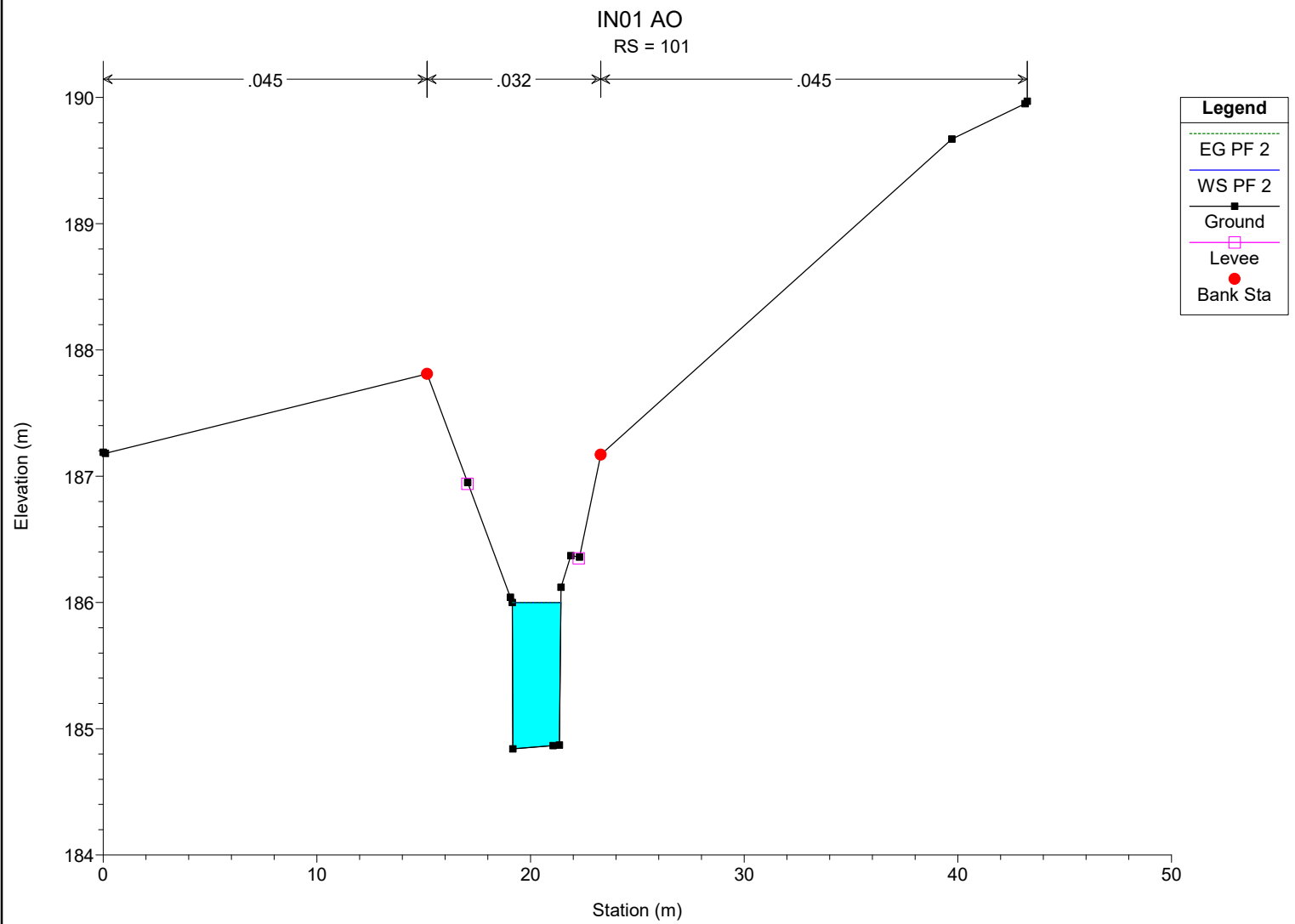
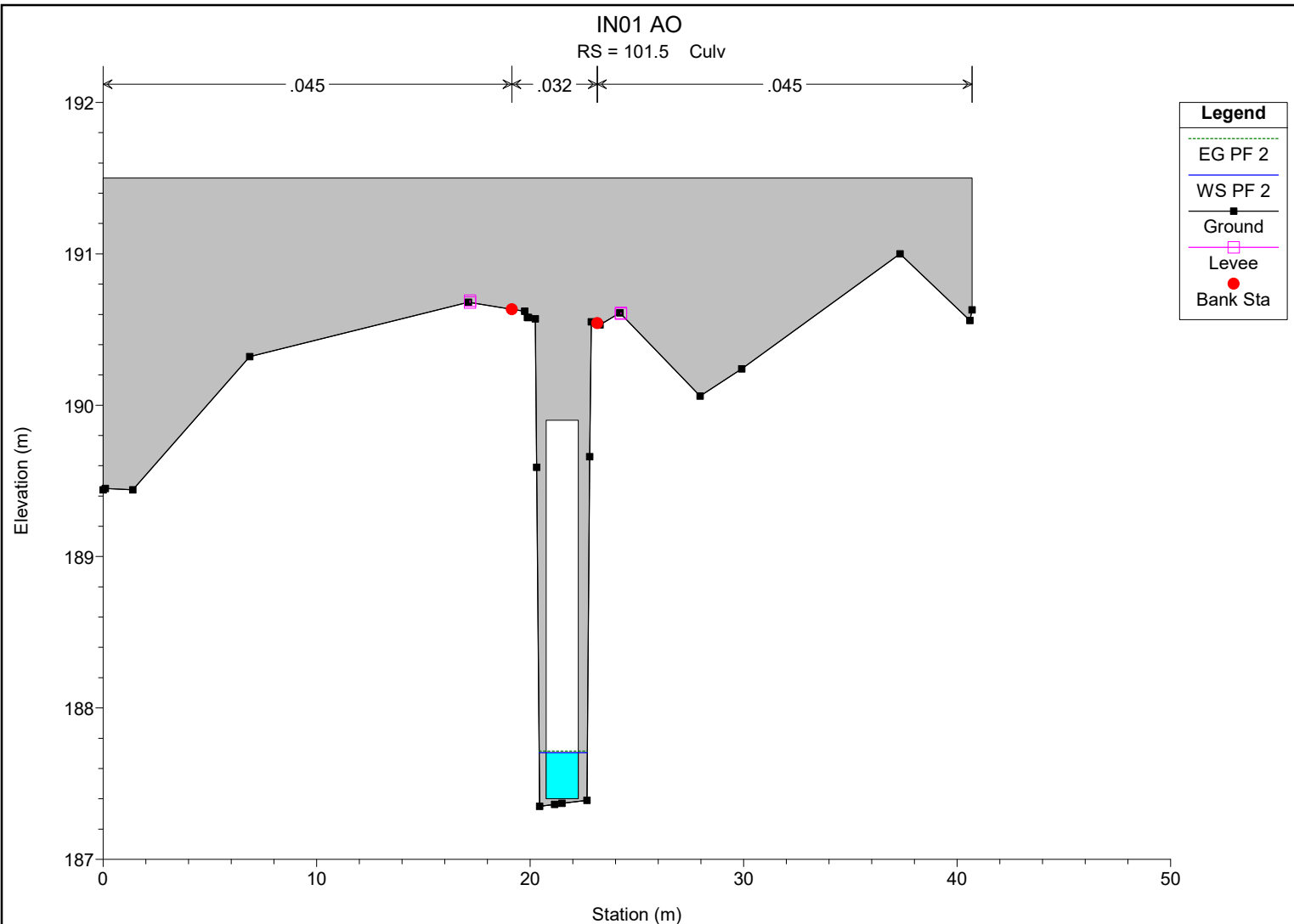


IN01 AO
RS = 103



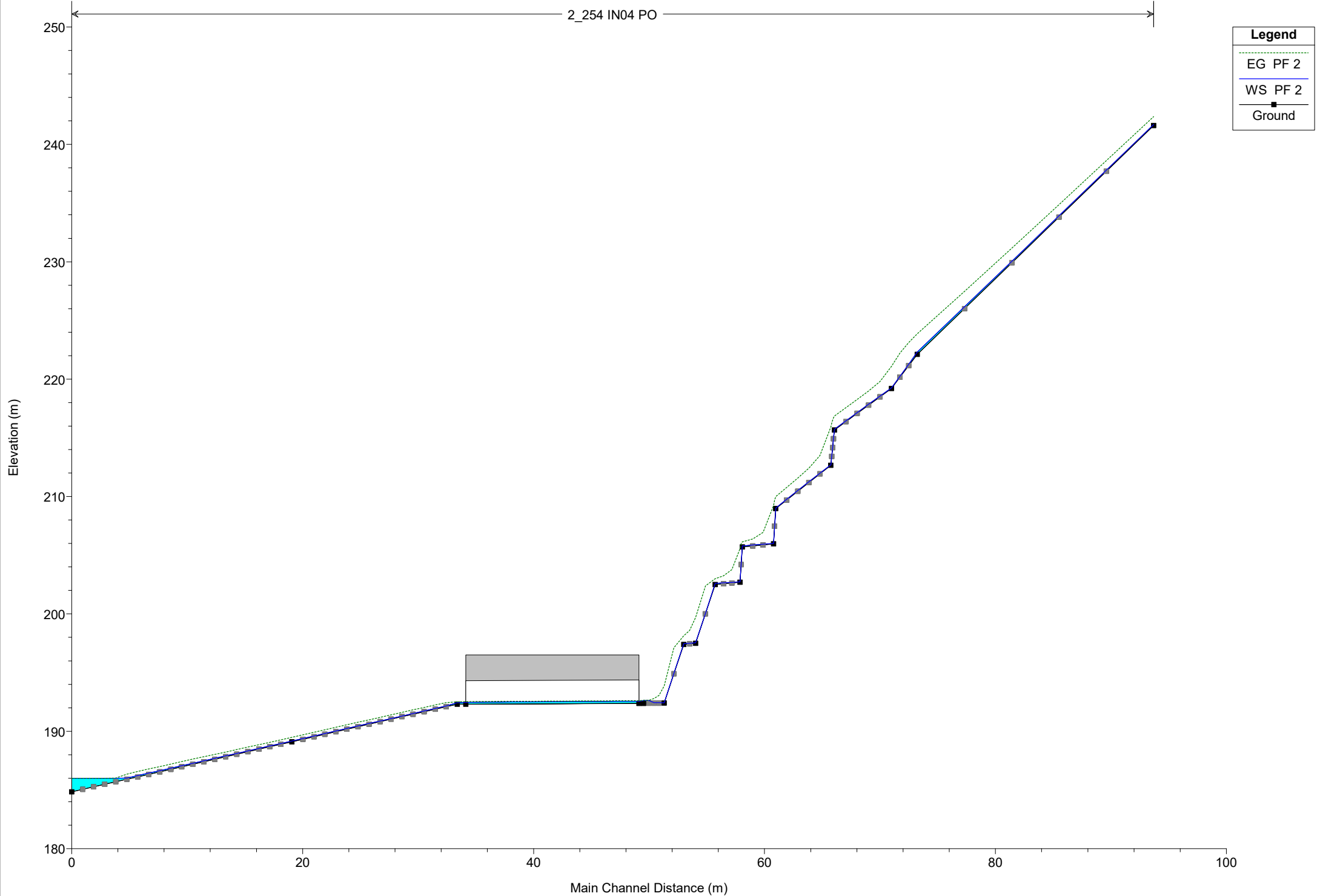
IN01 AO
RS = 102





IN01 PO

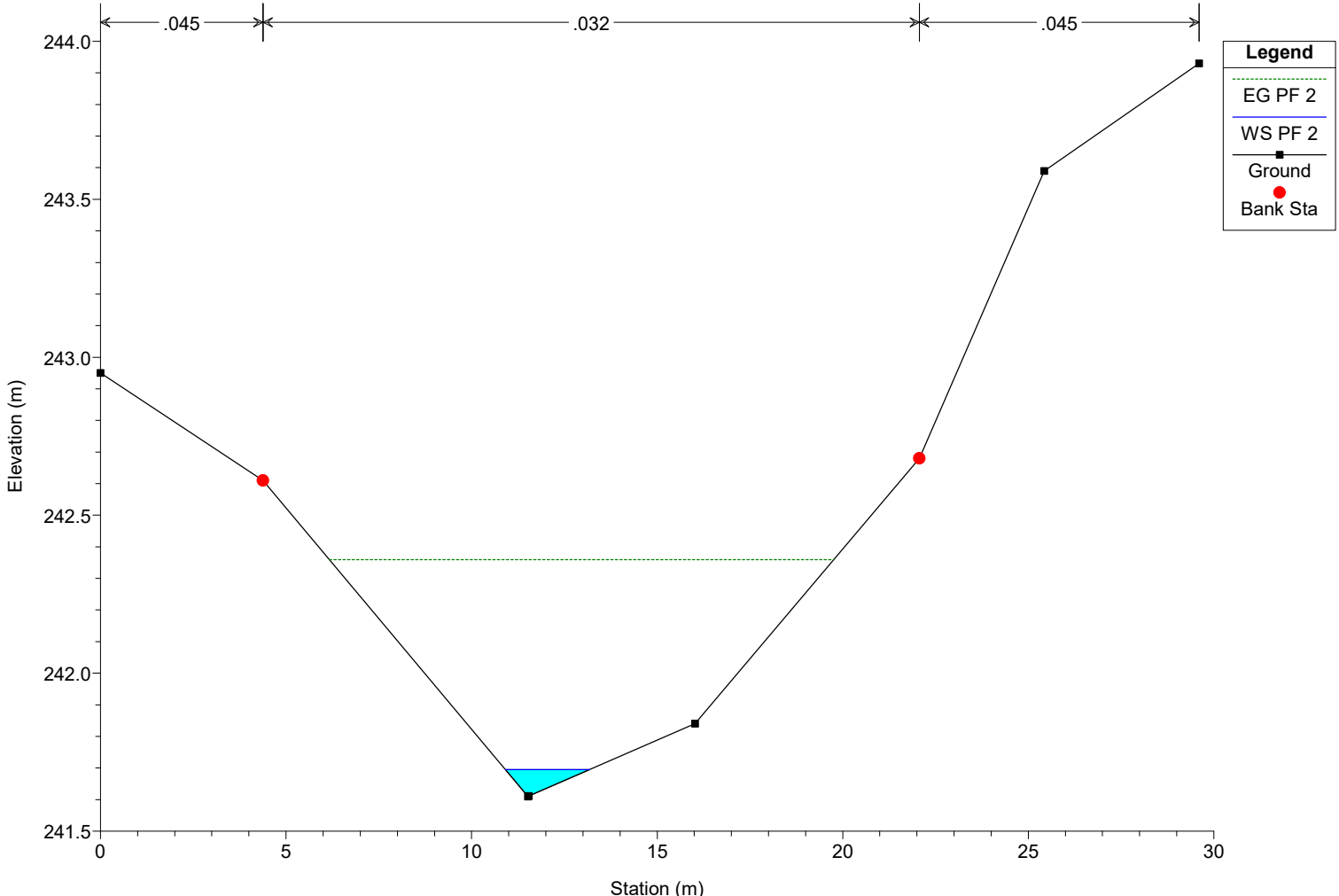
2_254 IN04 PO



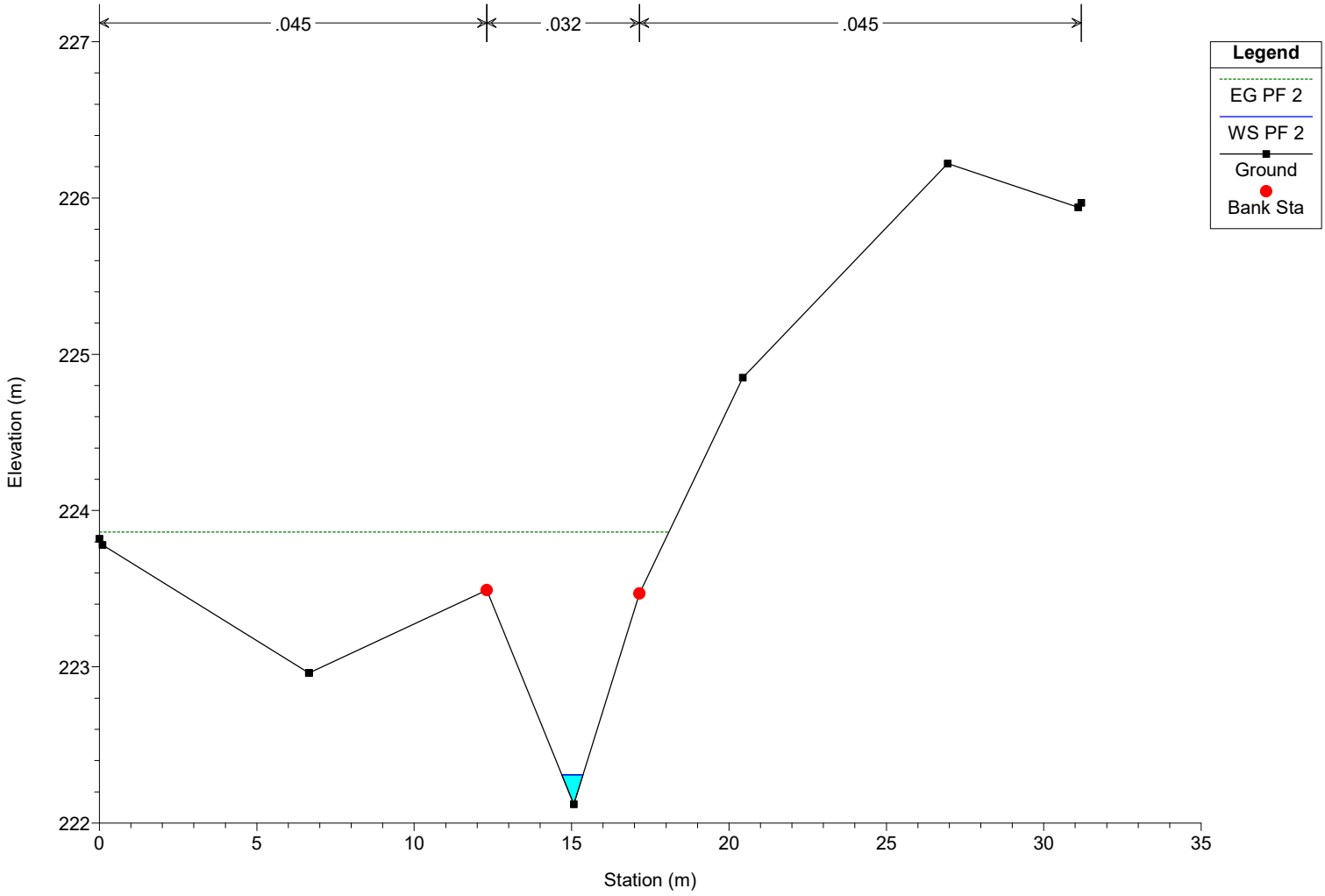
Legend

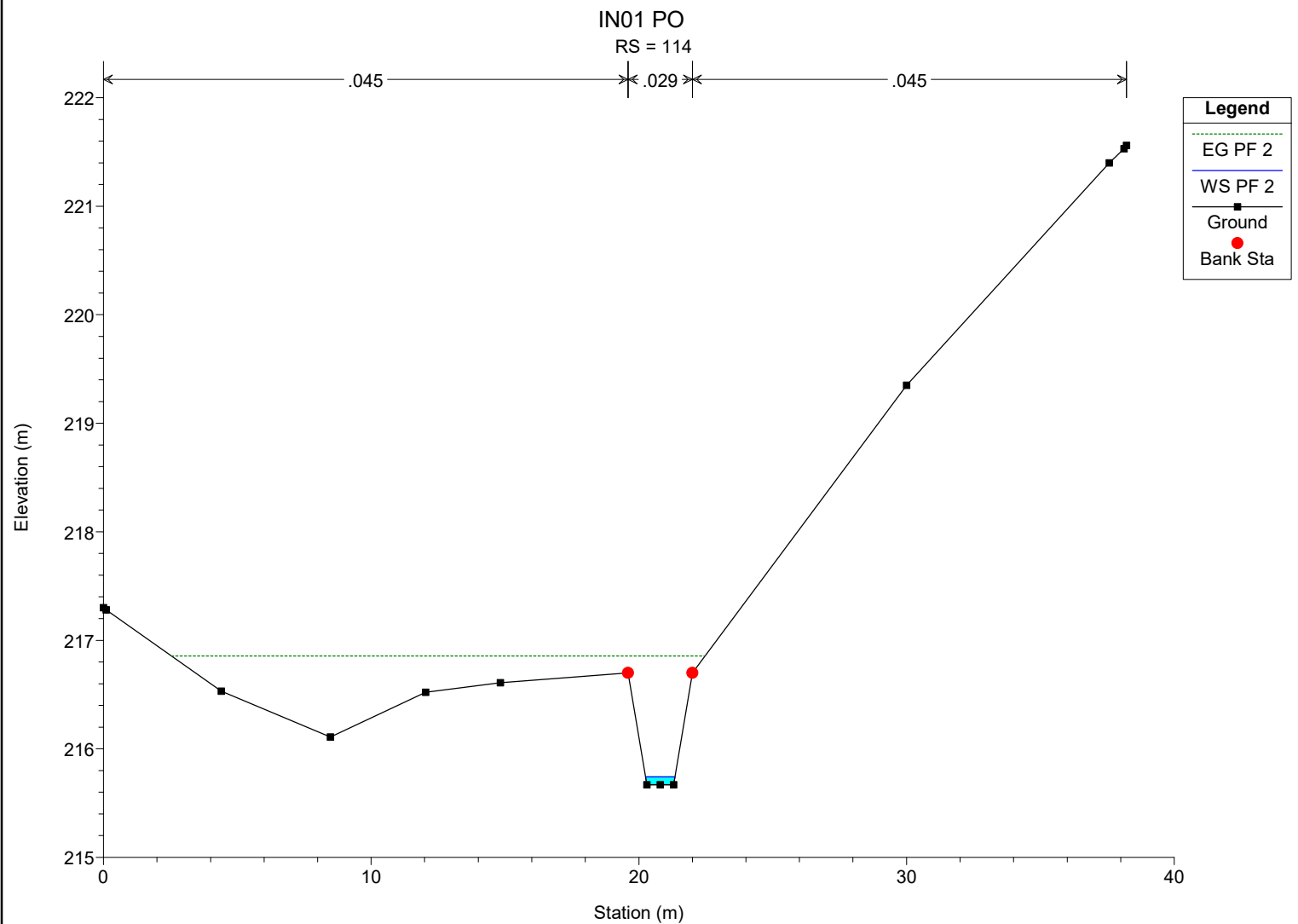
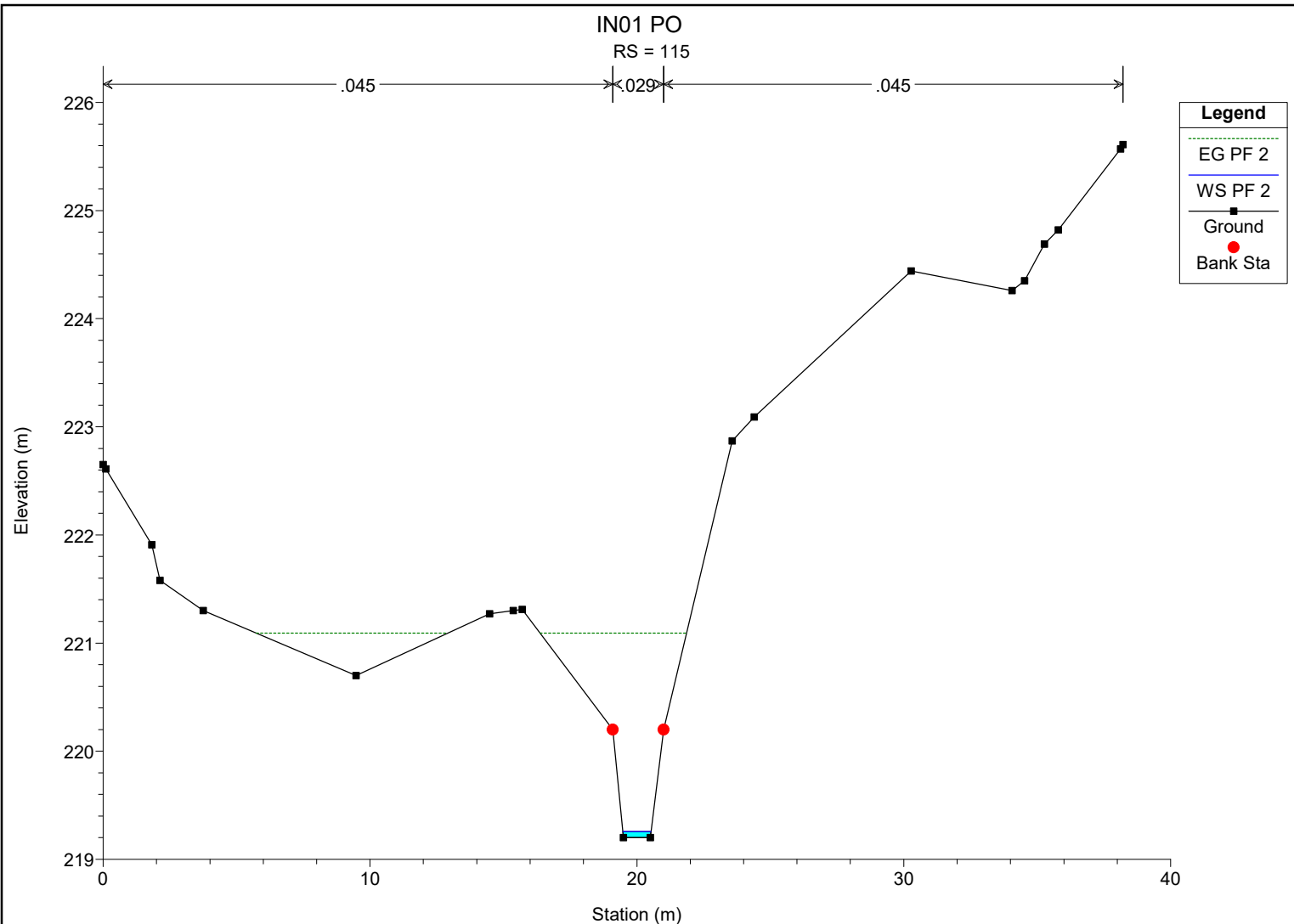
- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground

IN01 PO
RS = 117

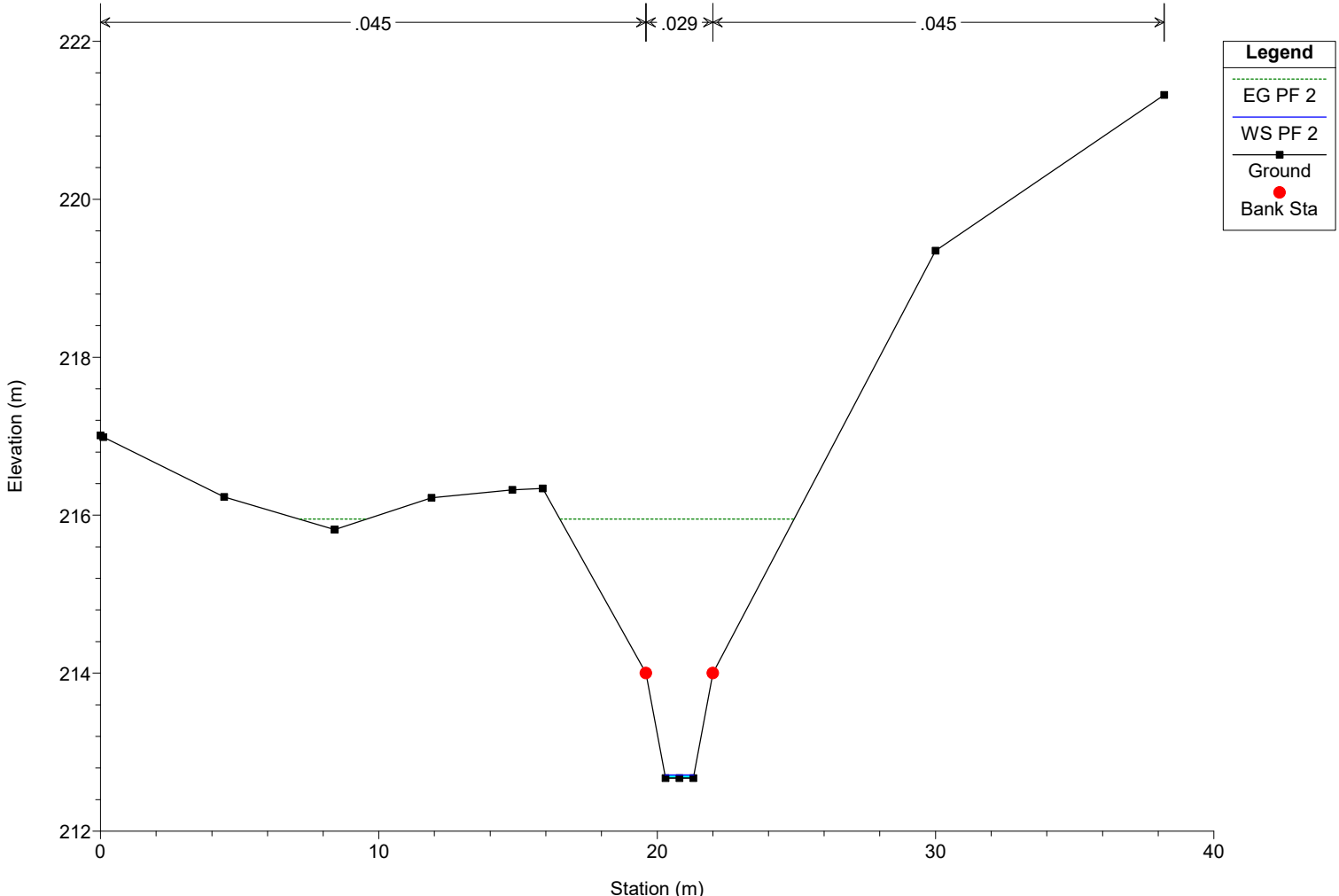


IN01 PO
RS = 116

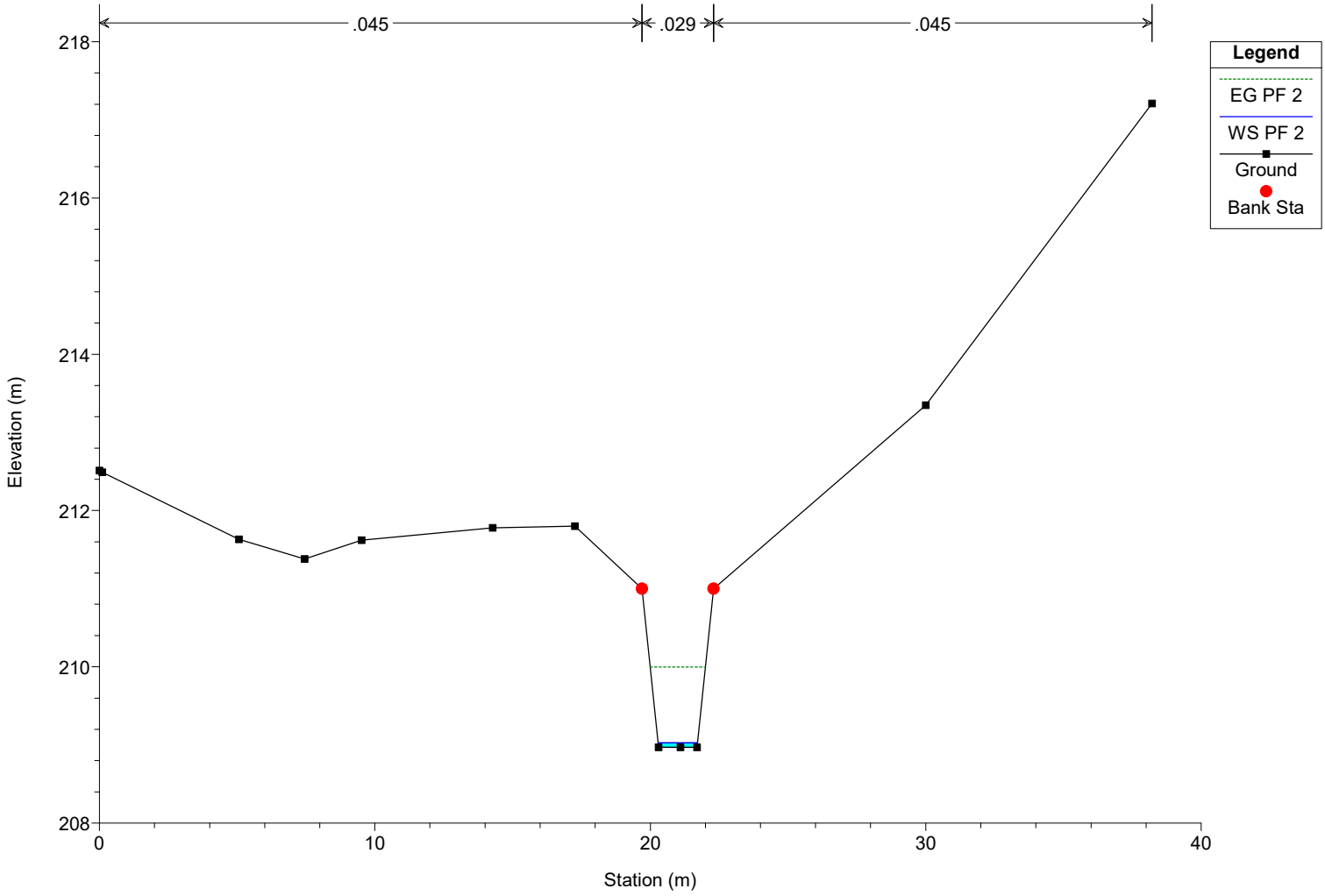


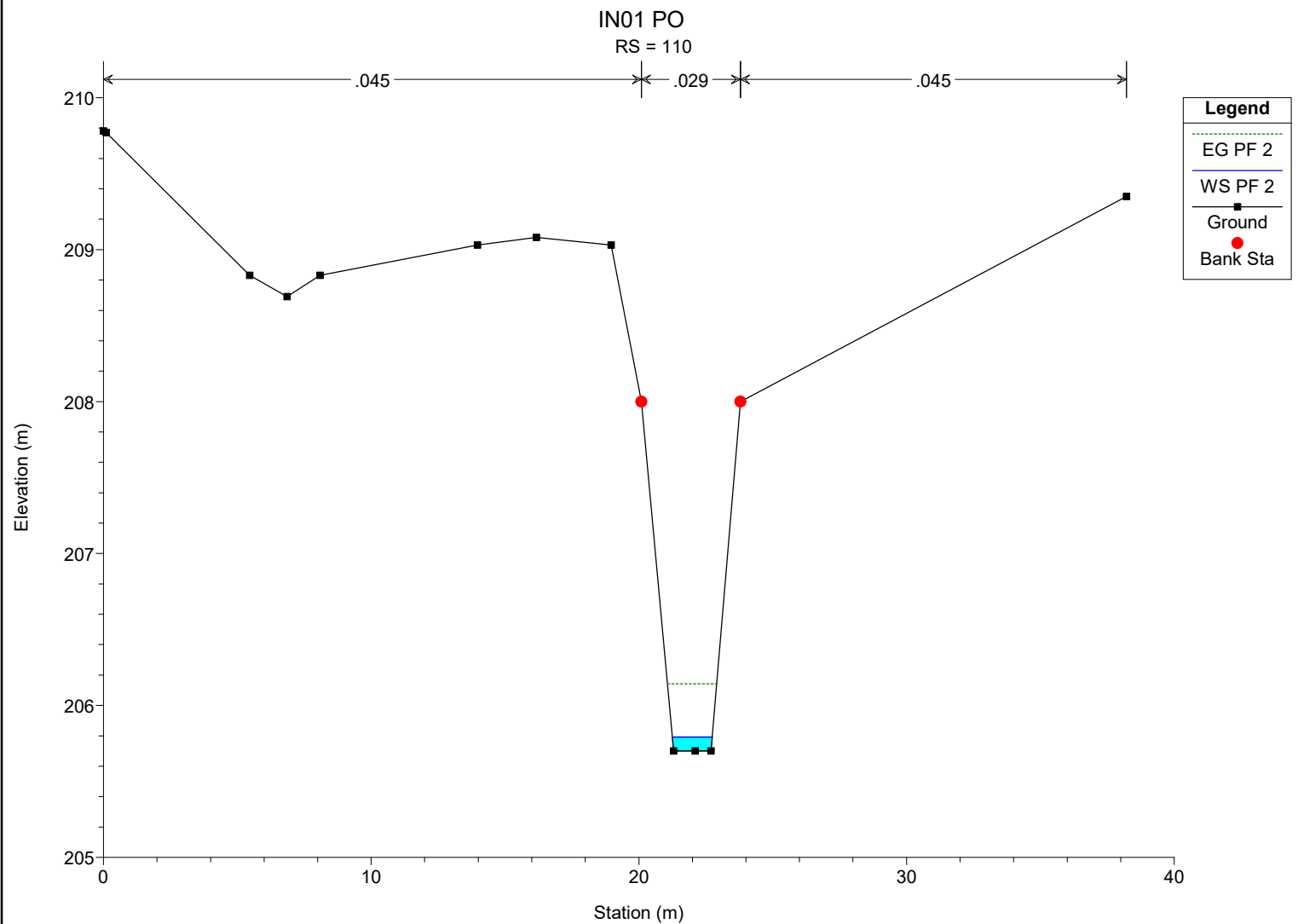
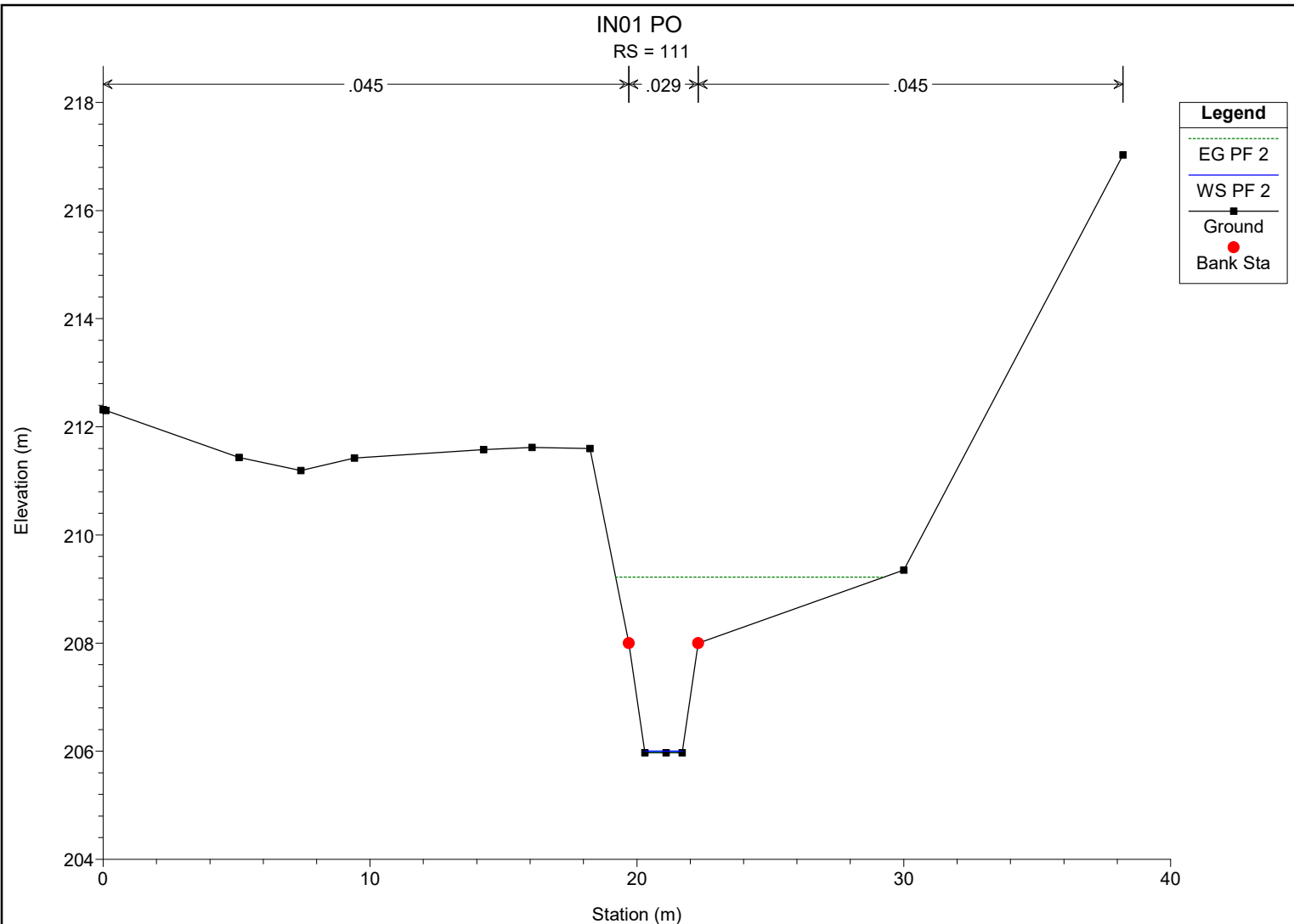


IN01 PO
RS = 113

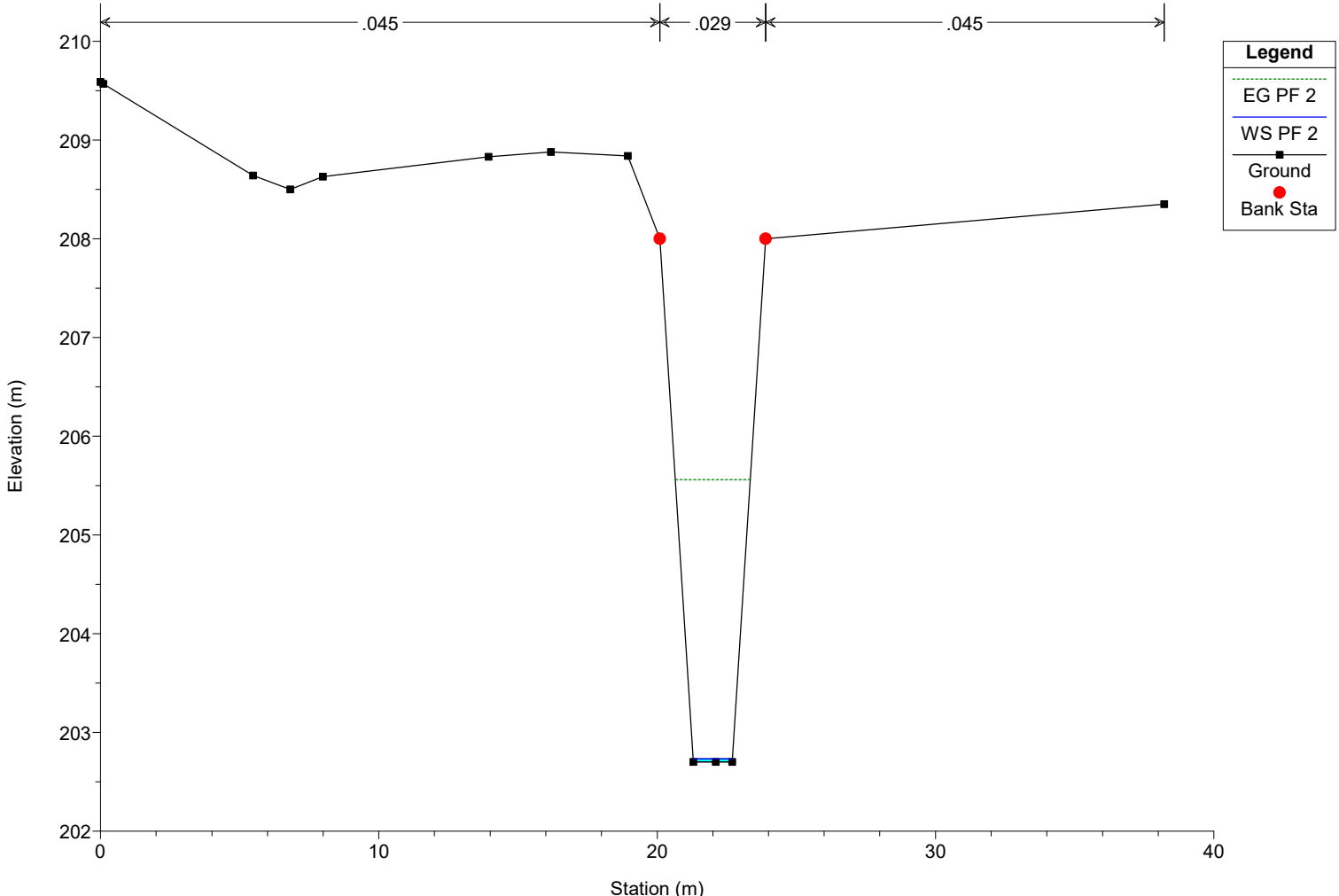


IN01 PO
RS = 112





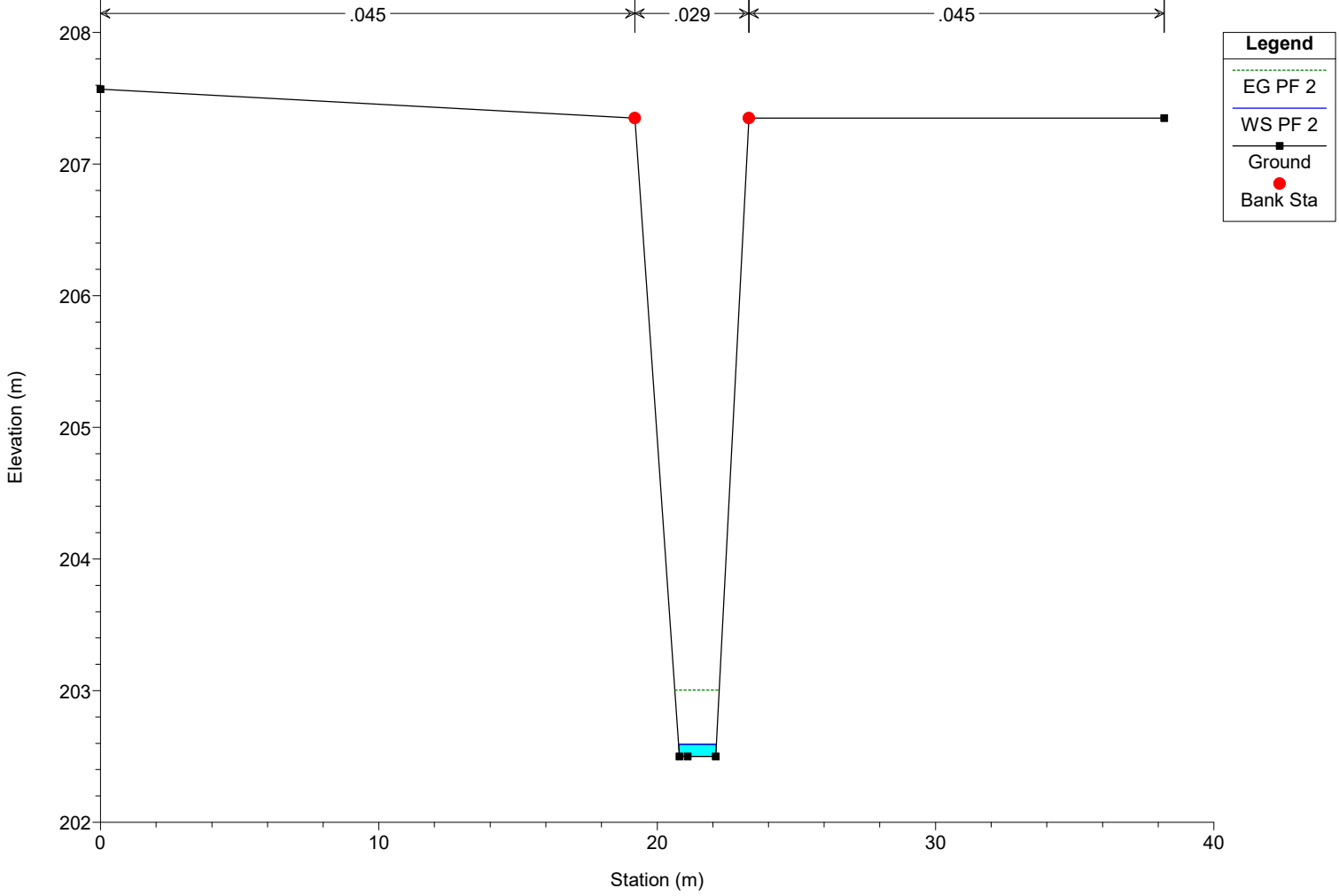
IN01 PO
RS = 109



Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Bank Sta

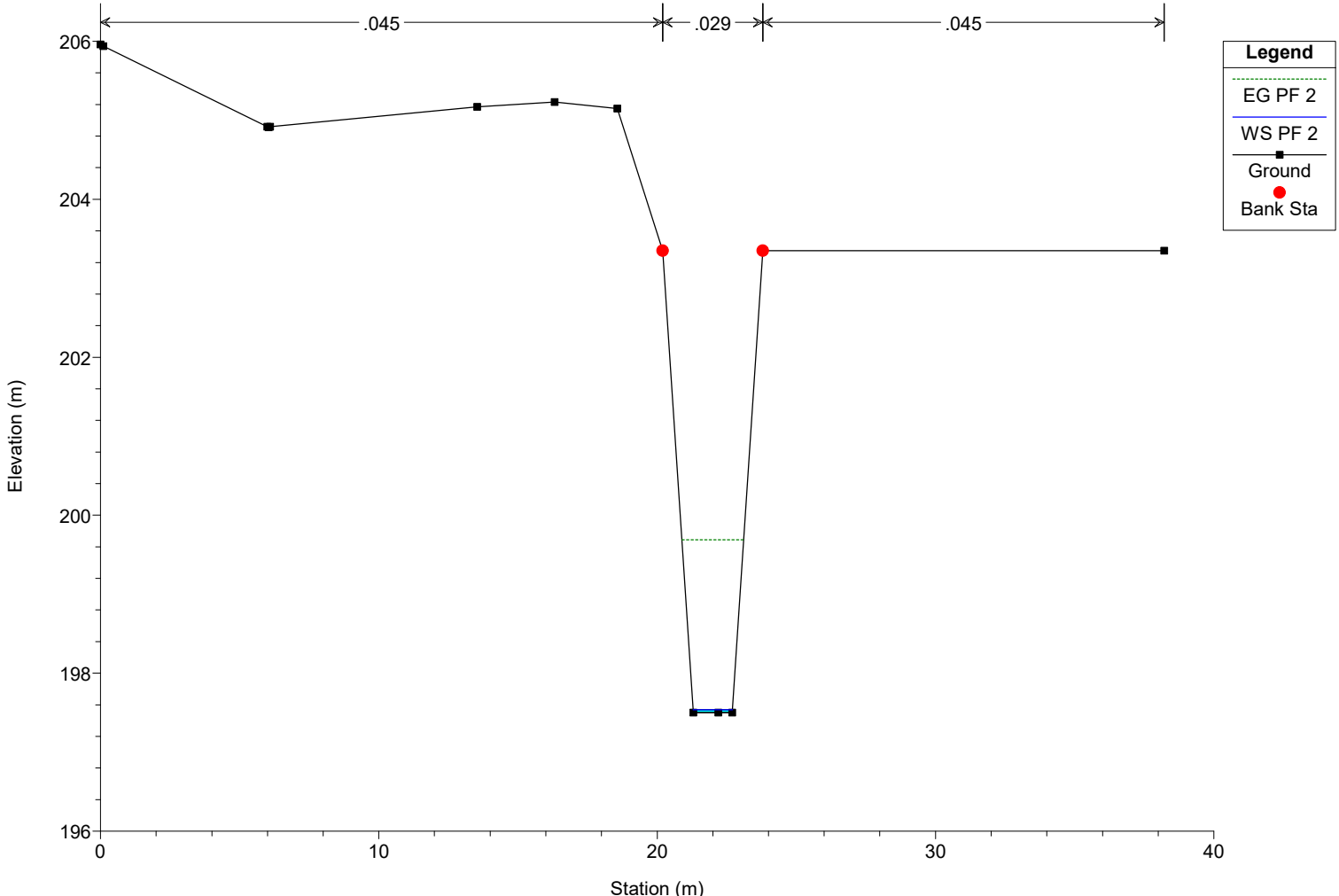
IN01 PO
RS = 108



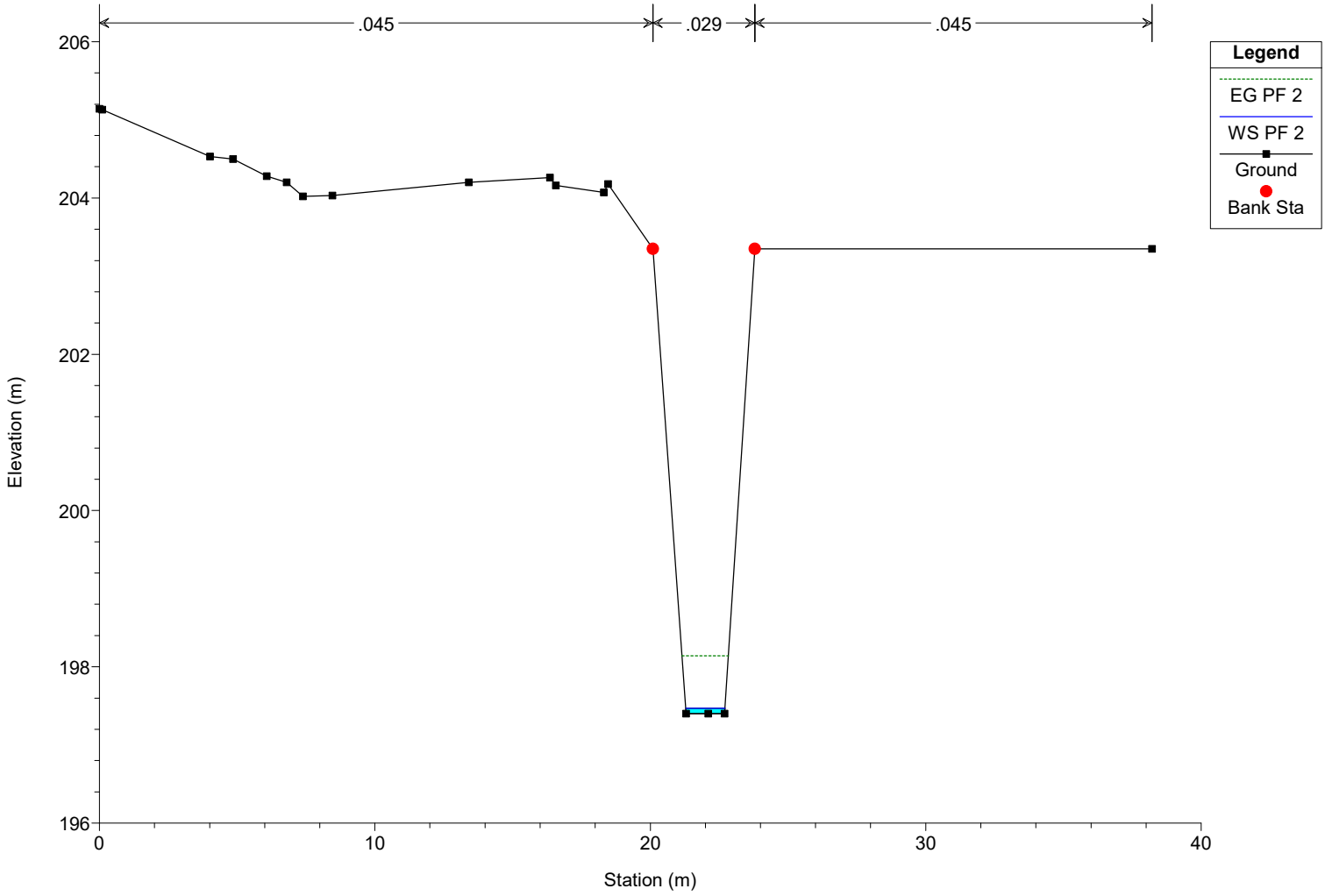
Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Bank Sta

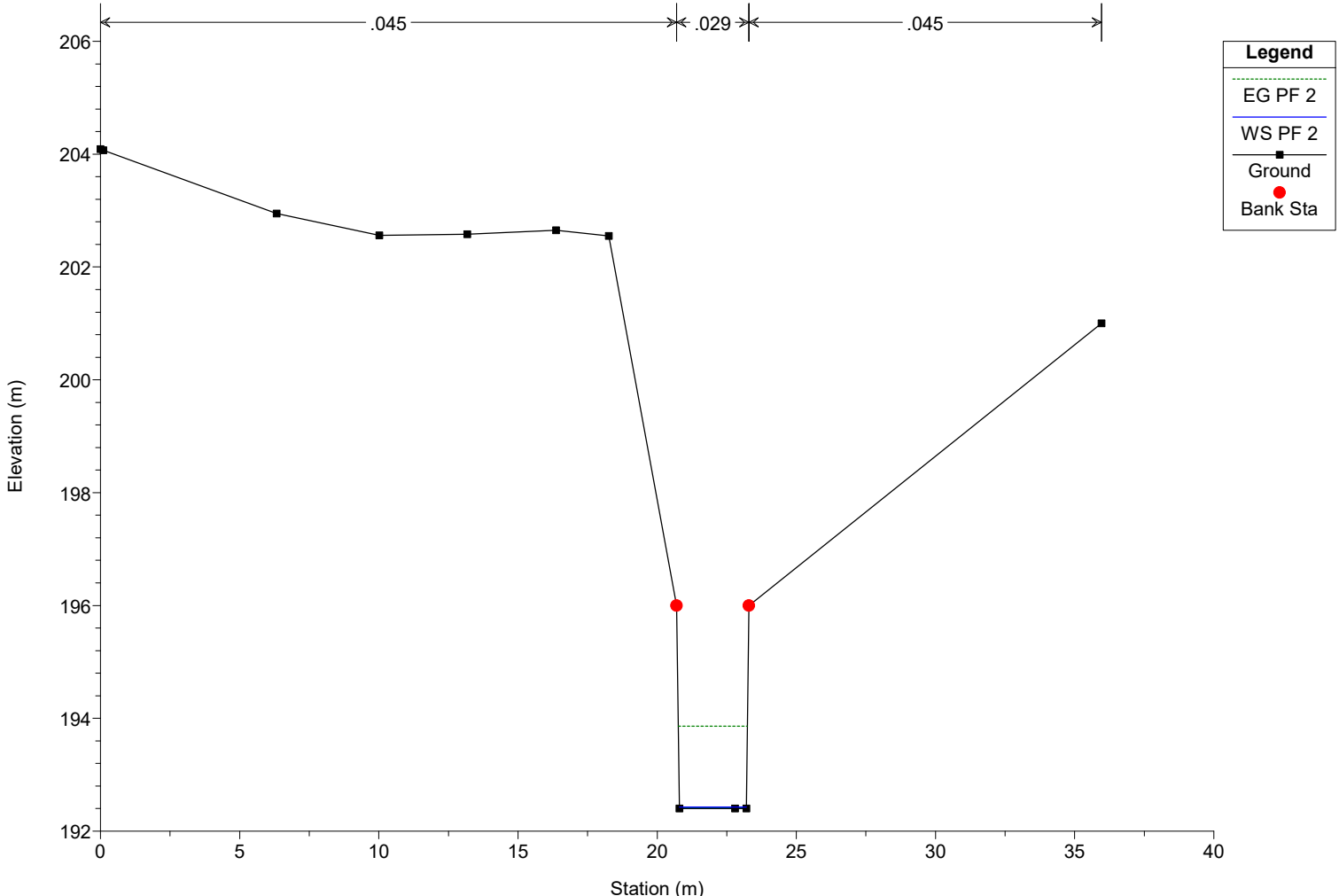
IN01 PO
RS = 107



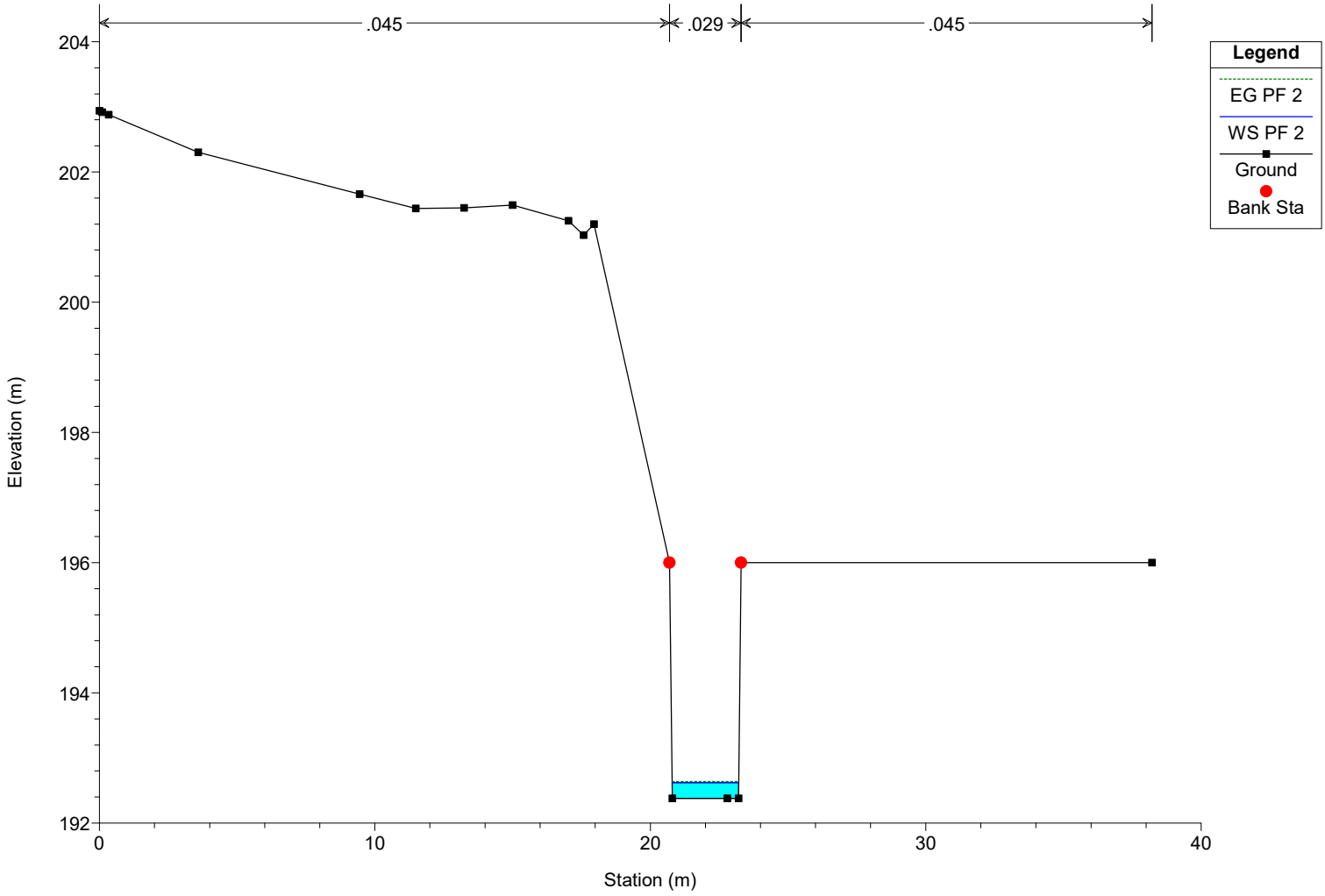
IN01 PO
RS = 106



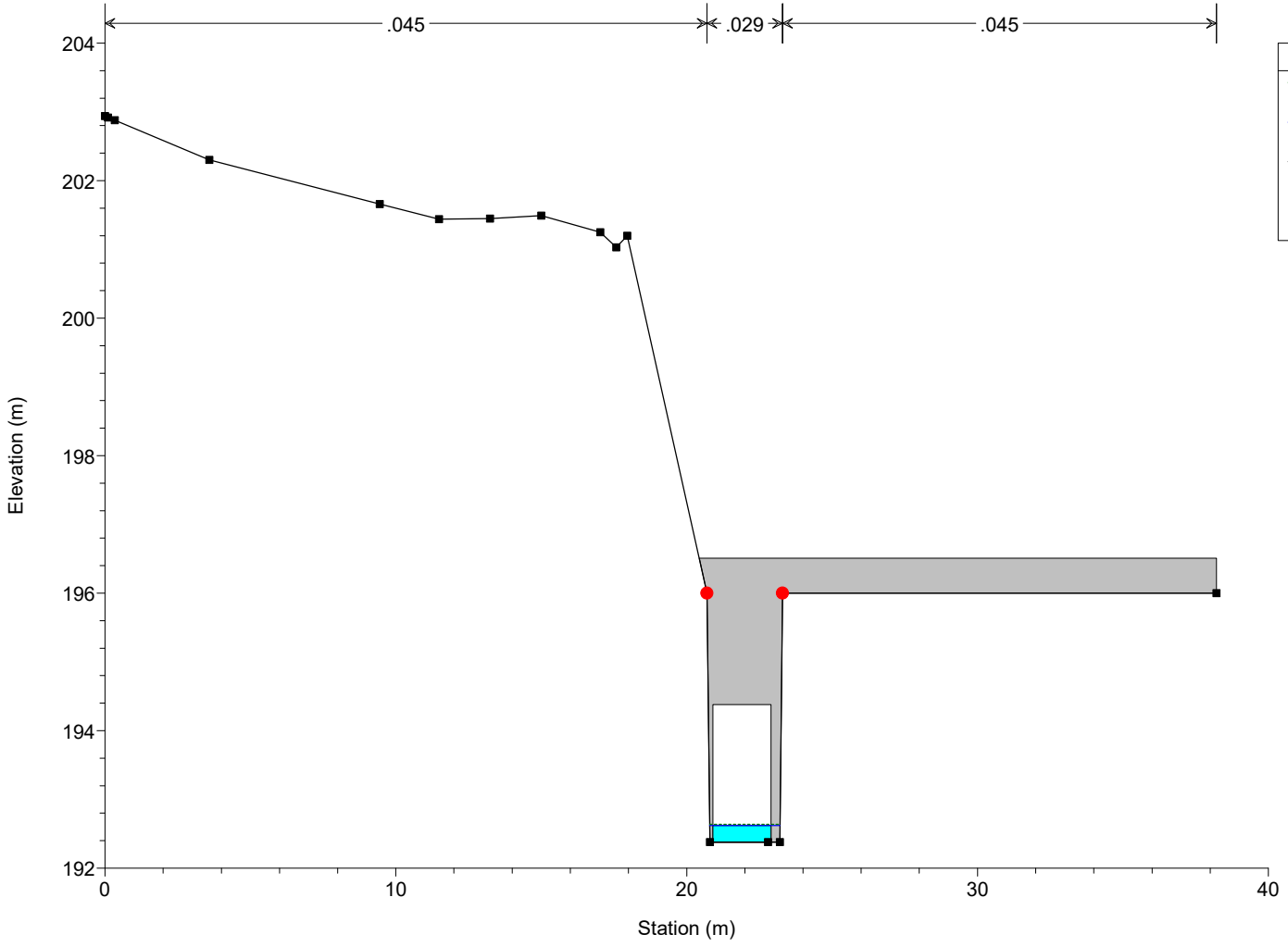
IN01 PO
RS = 105



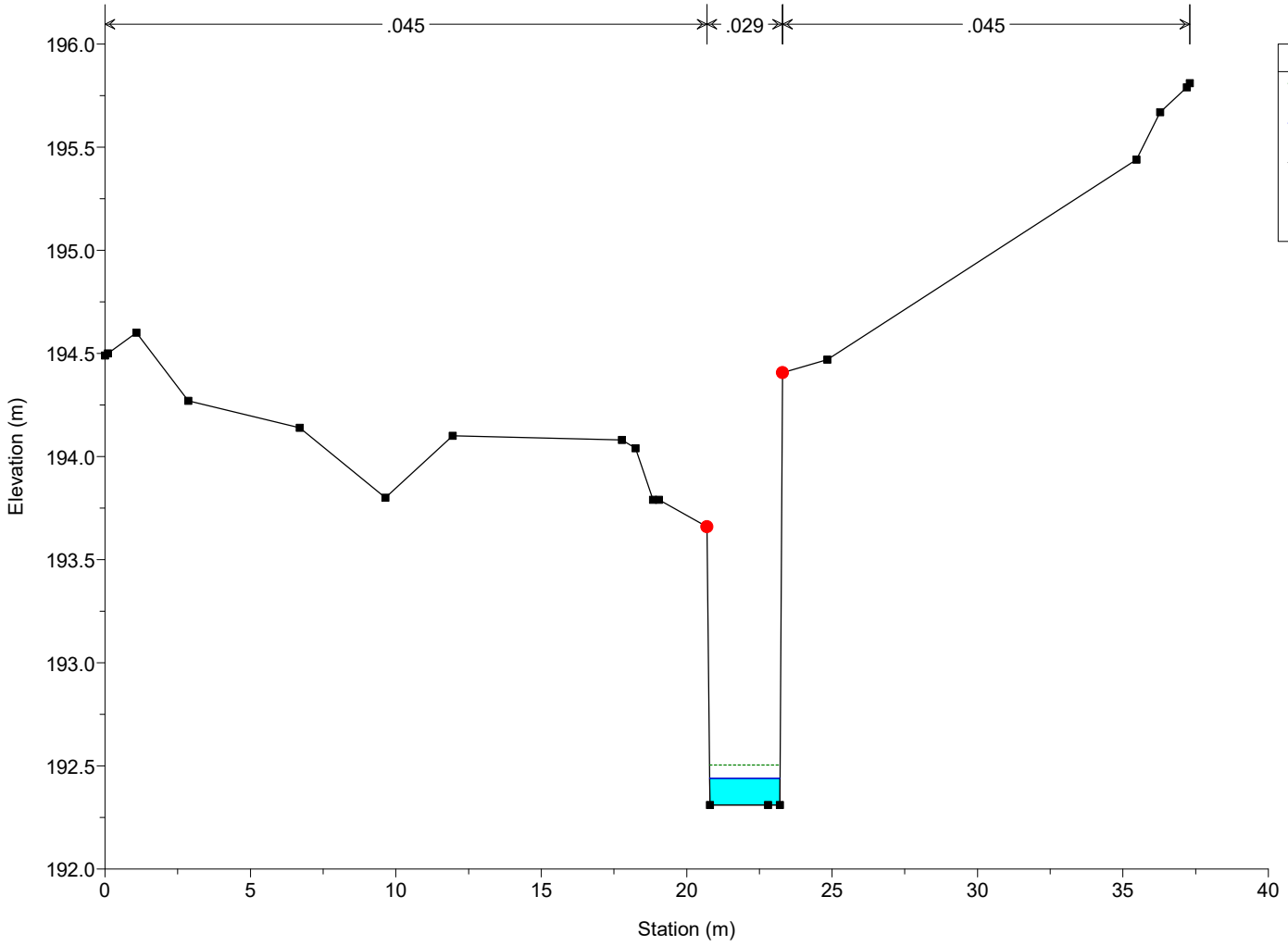
IN01 PO
RS = 104



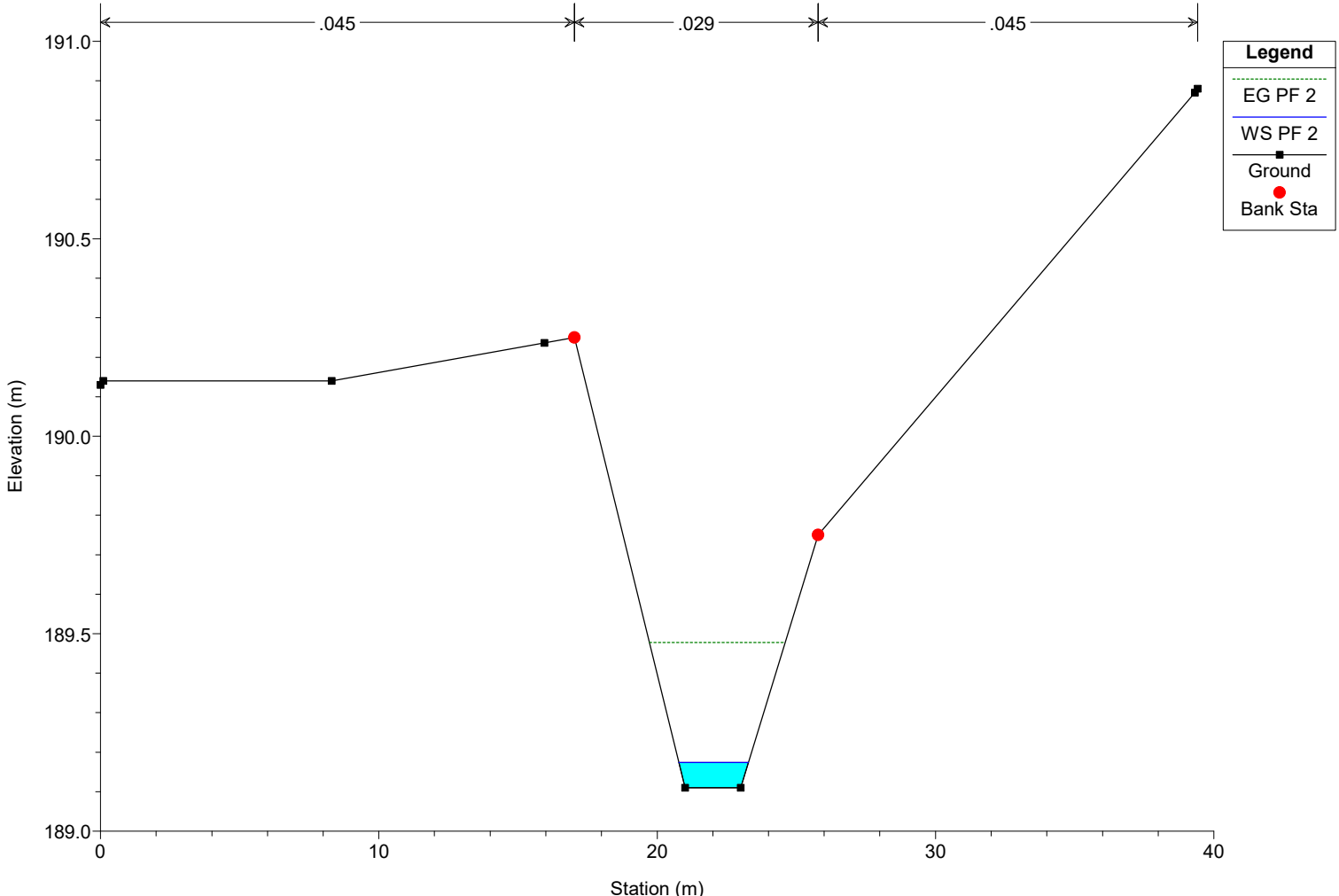
IN01 PO
RS = 103.5 Culv



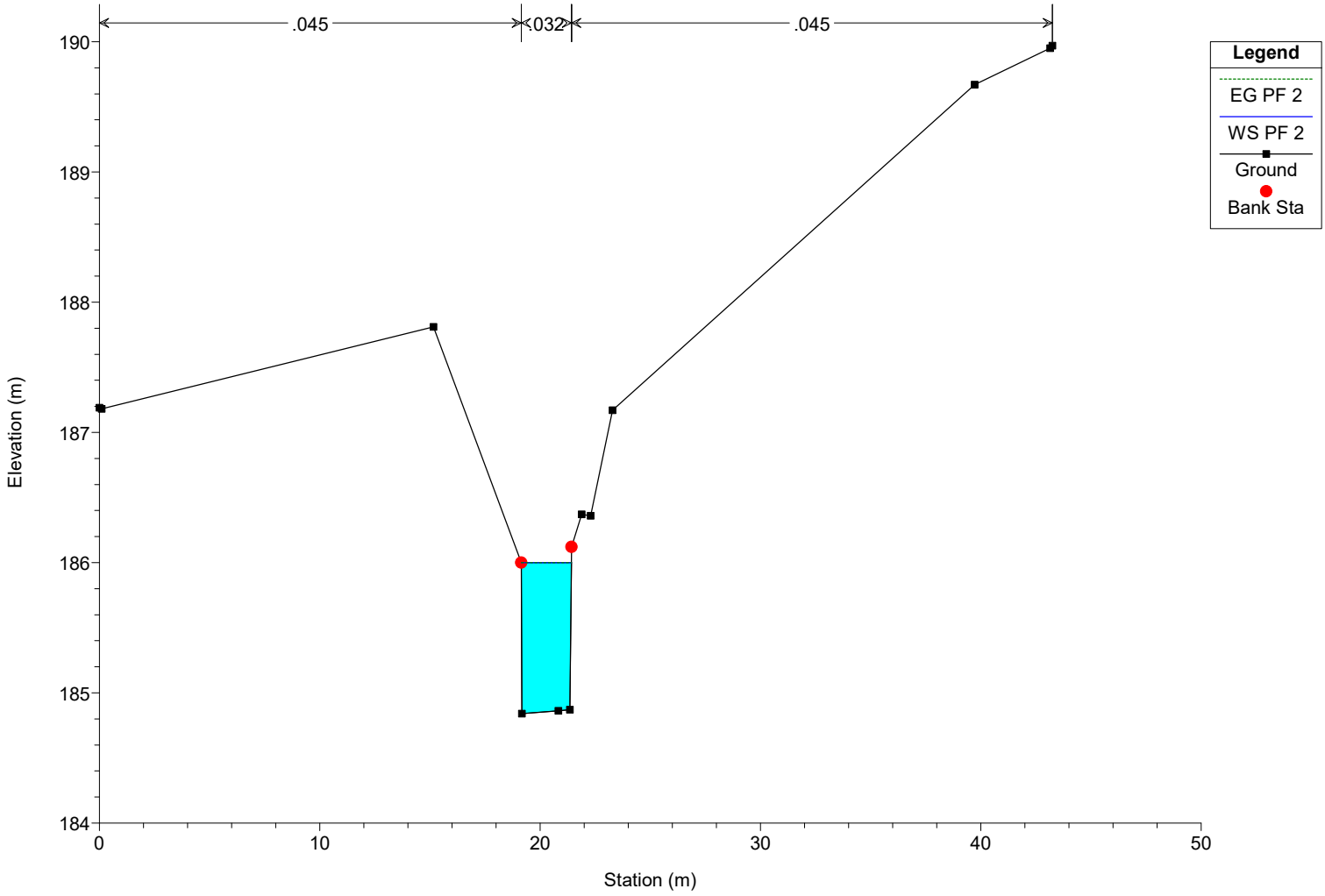
IN01 PO
RS = 103



IN01 PO
RS = 102

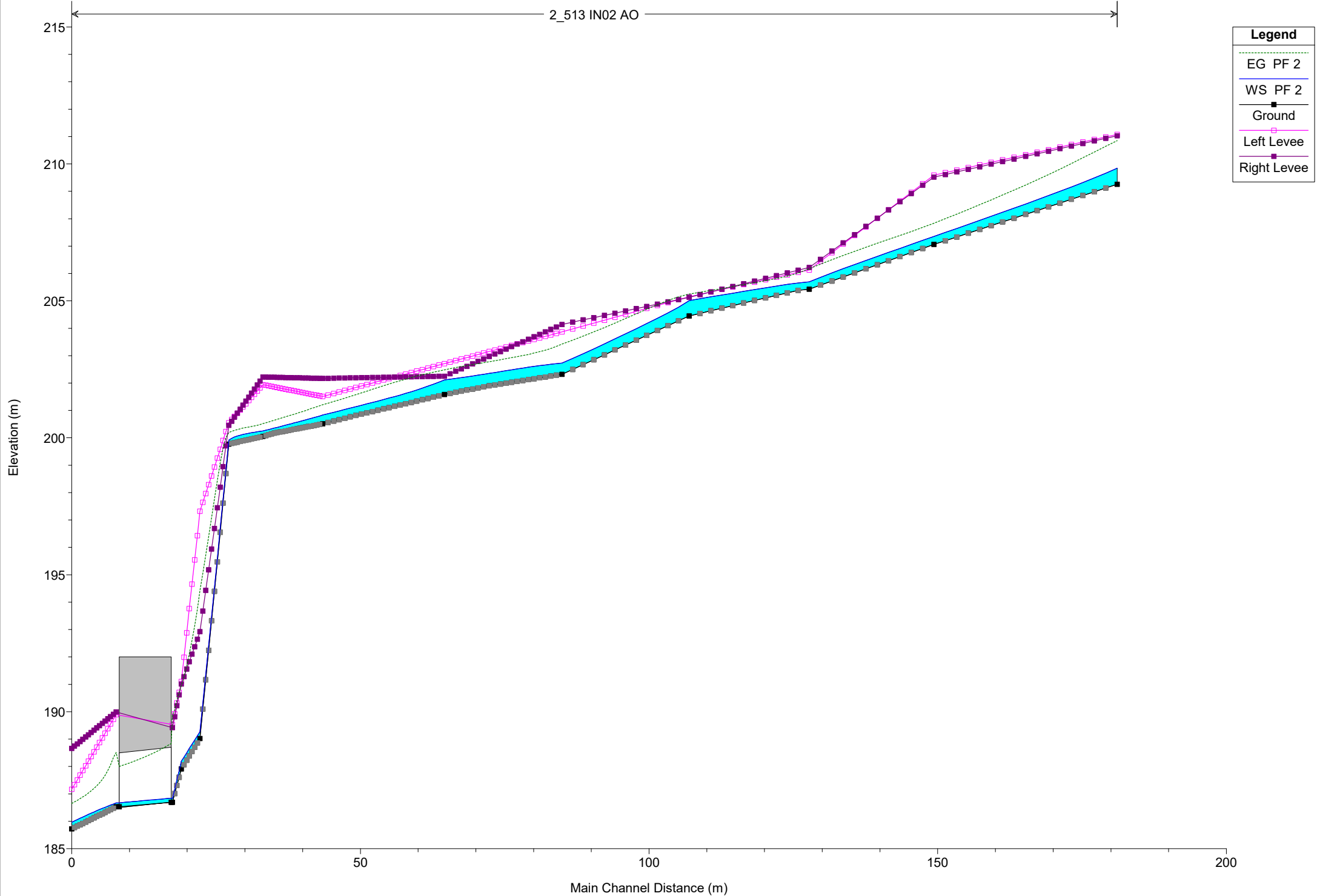


IN01 PO
RS = 101

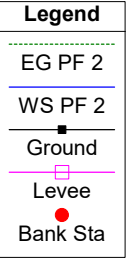
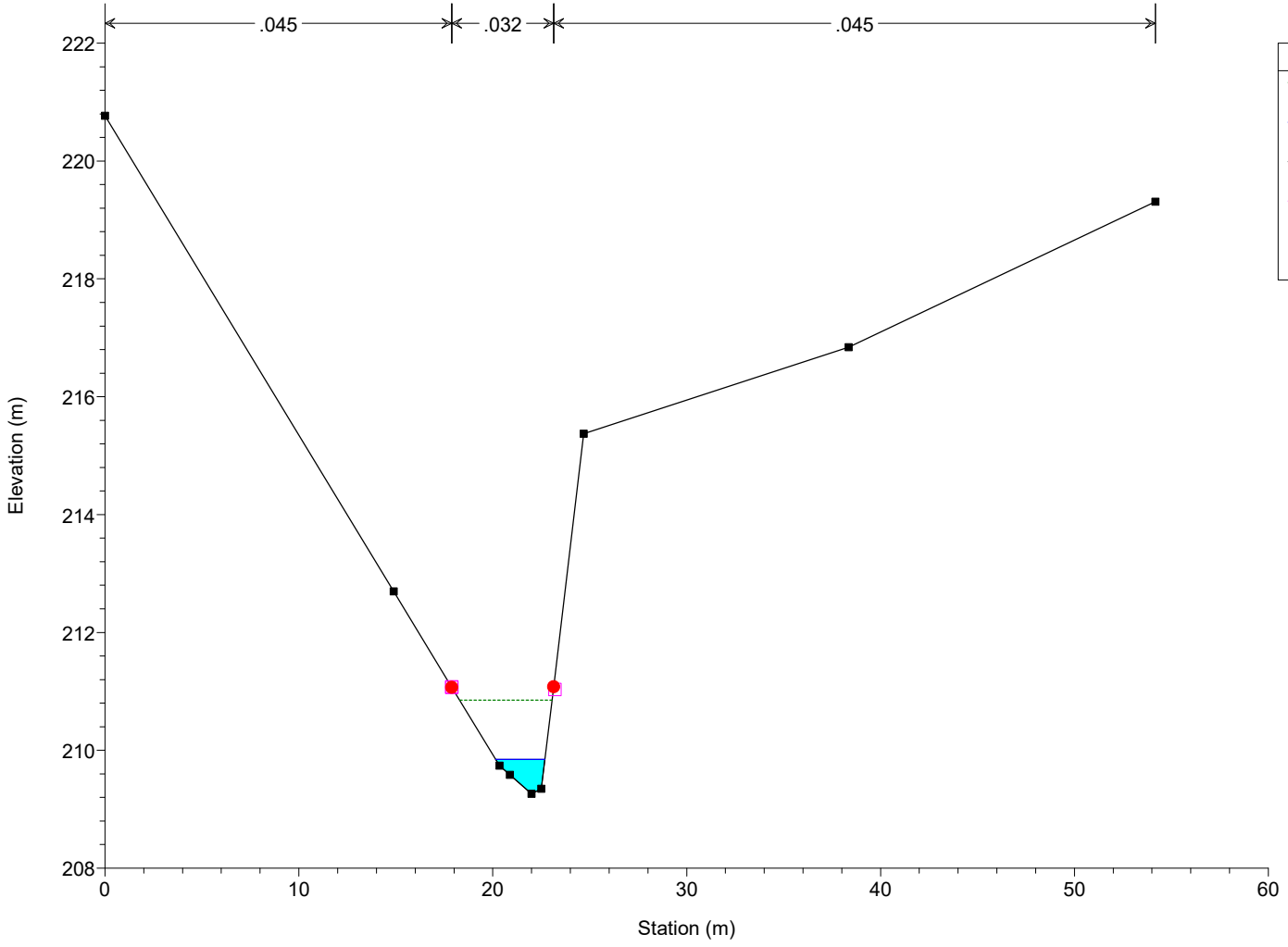


IN02 AO

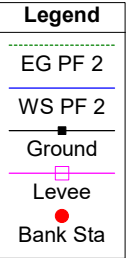
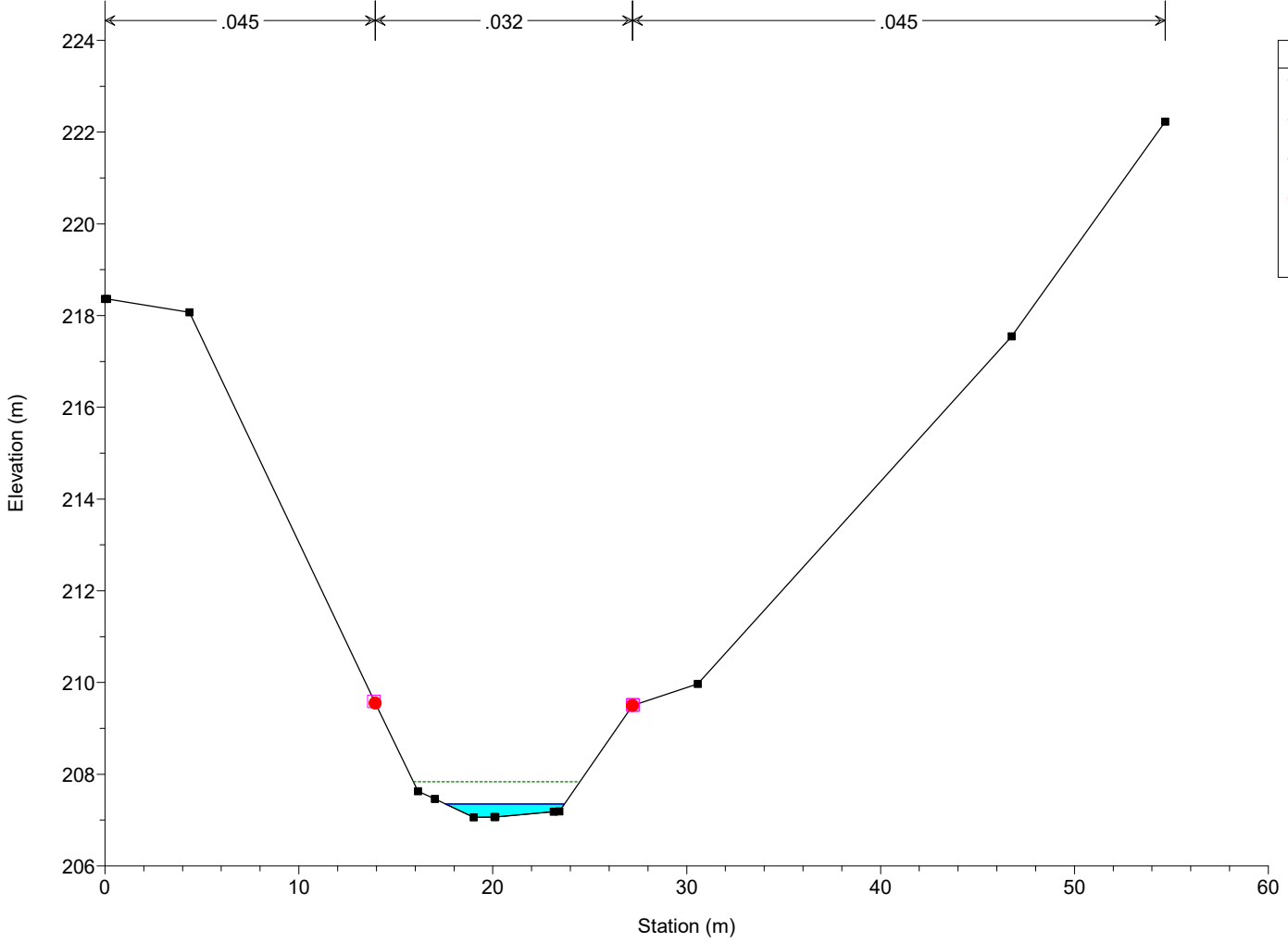
2_513 IN02 AO



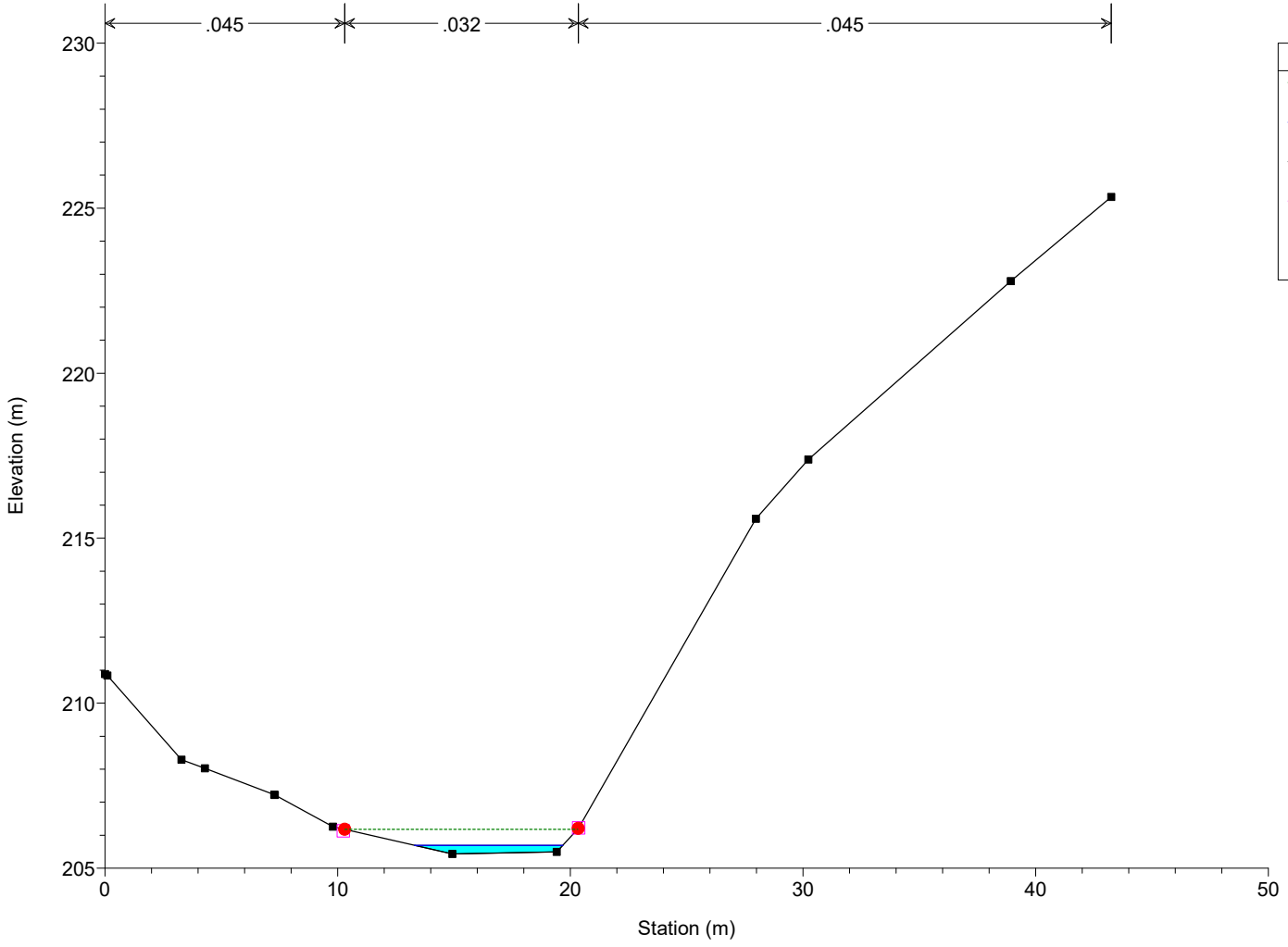
IN02 AO
RS = 114



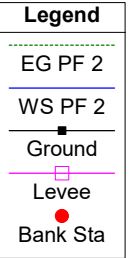
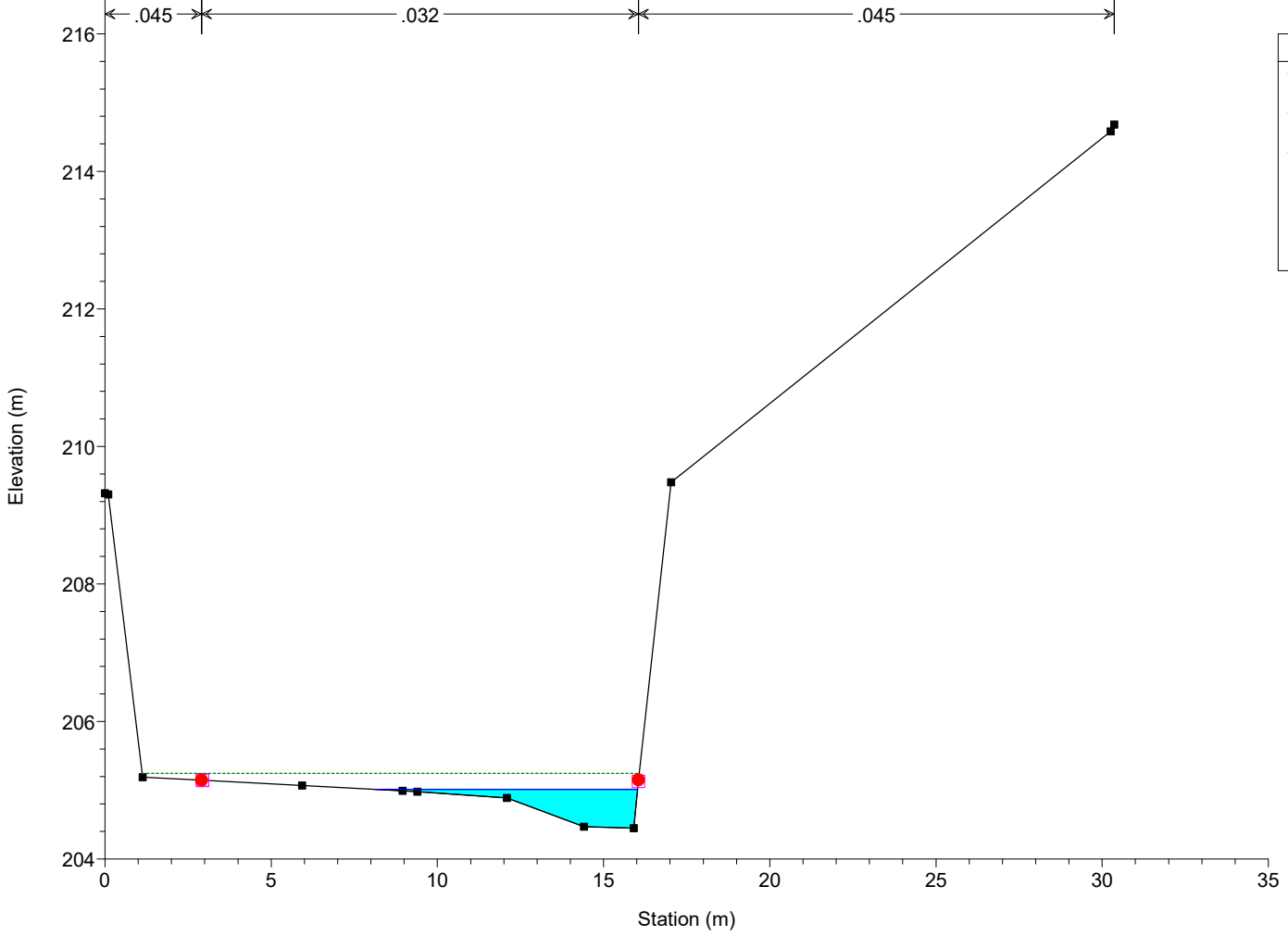
IN02 AO
RS = 113



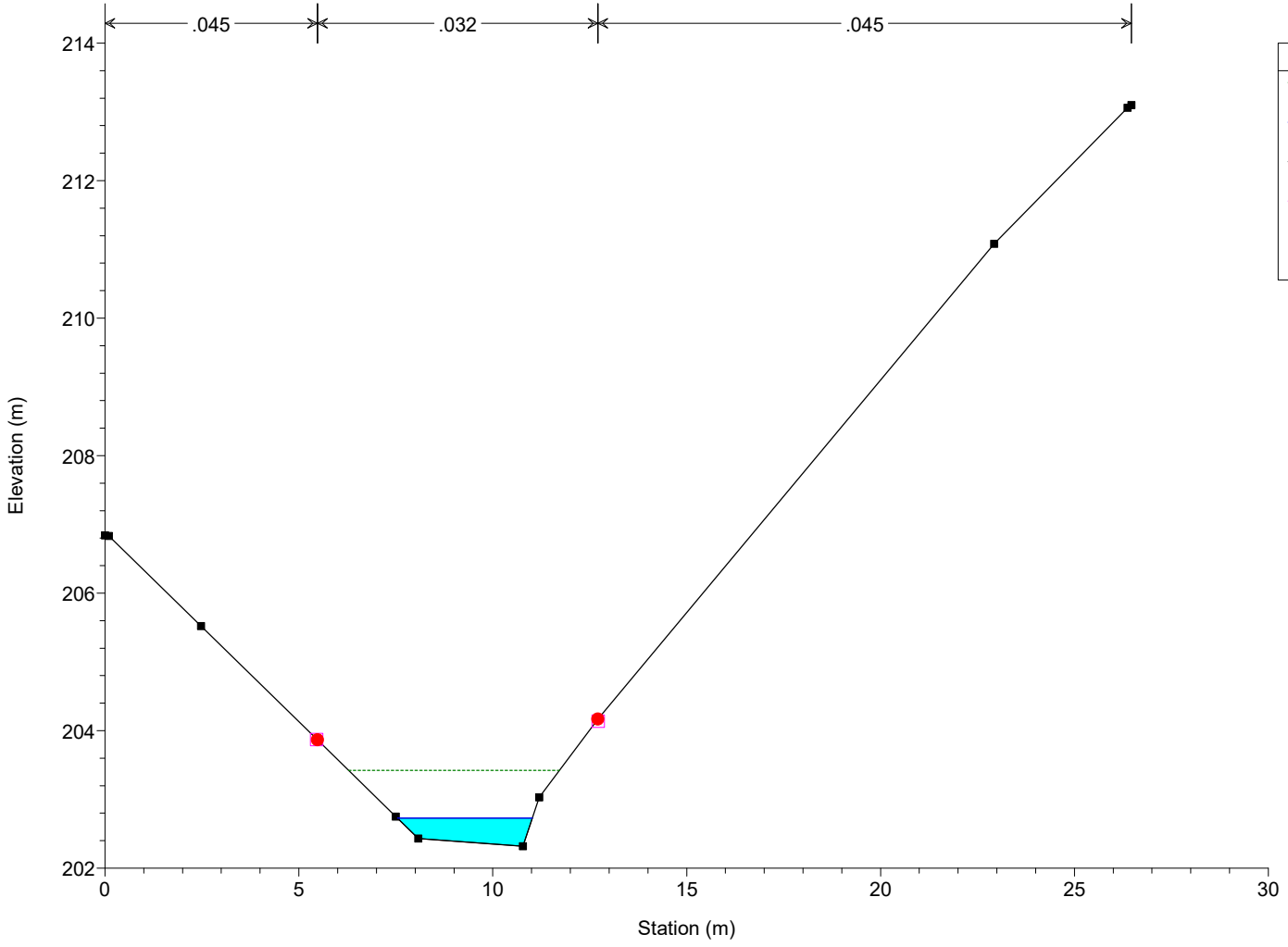
IN02 AO
RS = 112



IN02 AO
RS = 111

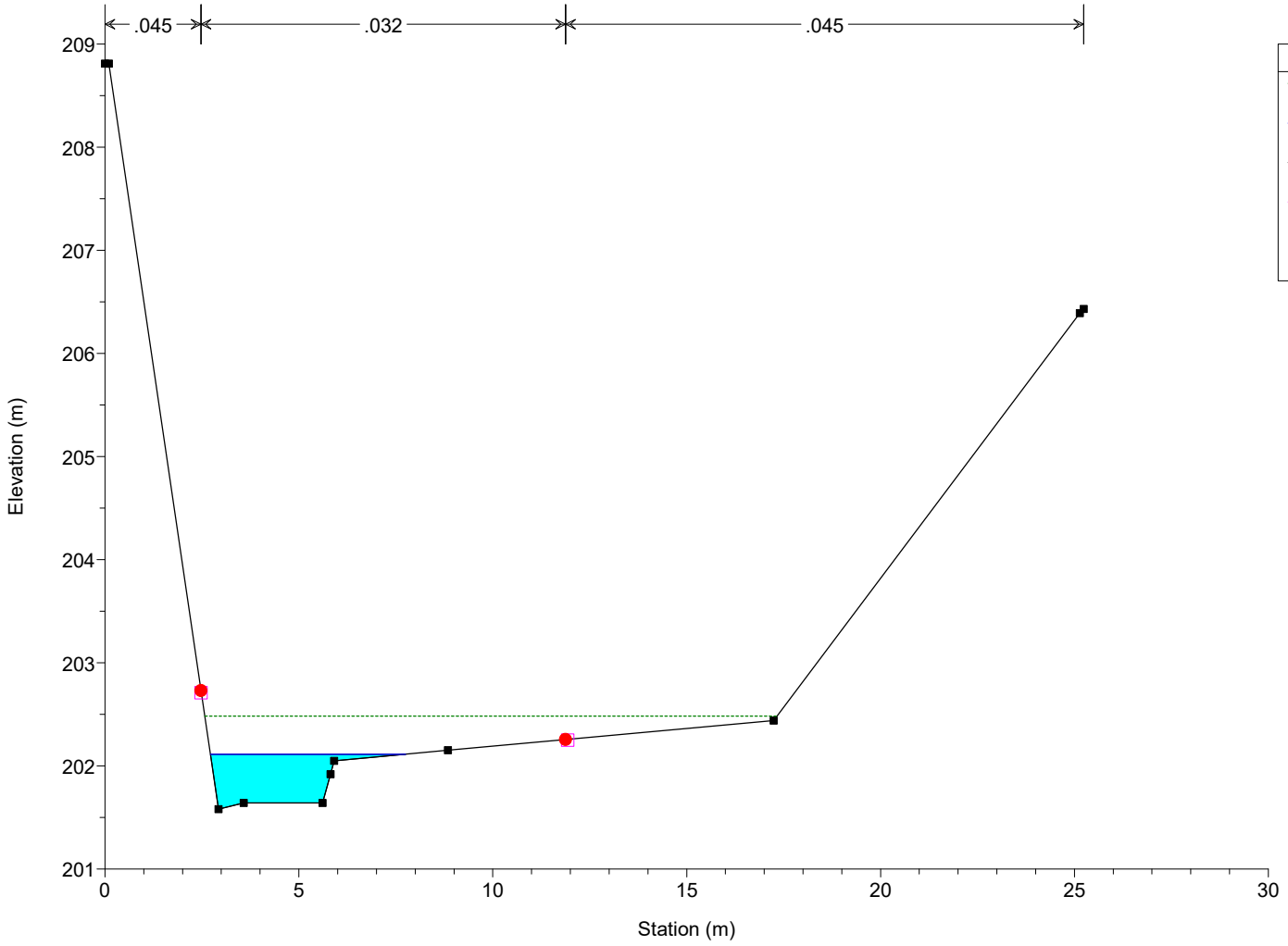


IN02 AO
RS = 110



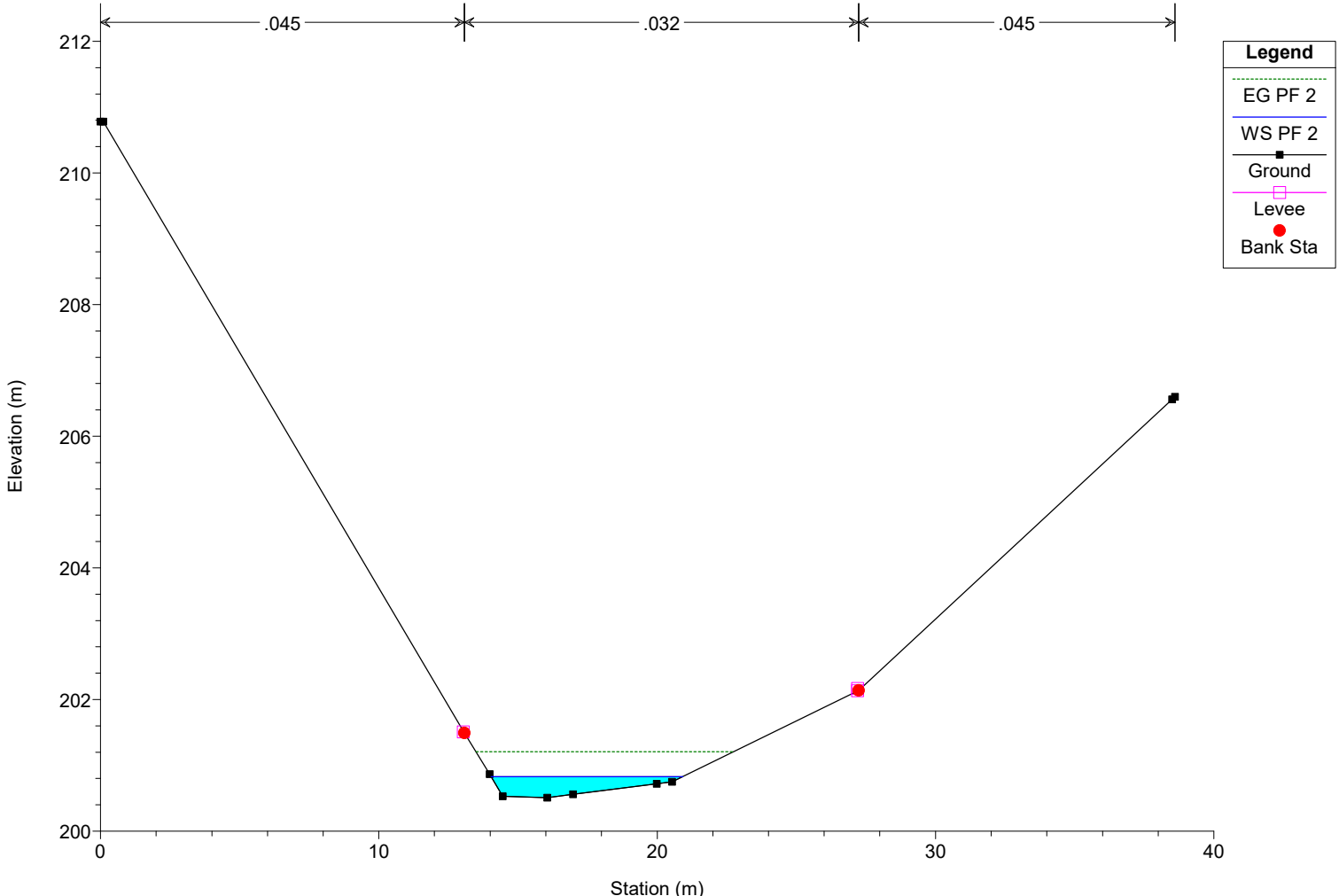
Legend	
EG PF 2	(Dashed green line)
WS PF 2	(Blue line)
Ground	(Black line with square markers)
Levee	(Cyan shaded area)
Bank Sta	(Red circle)

IN02 AO
RS = 109

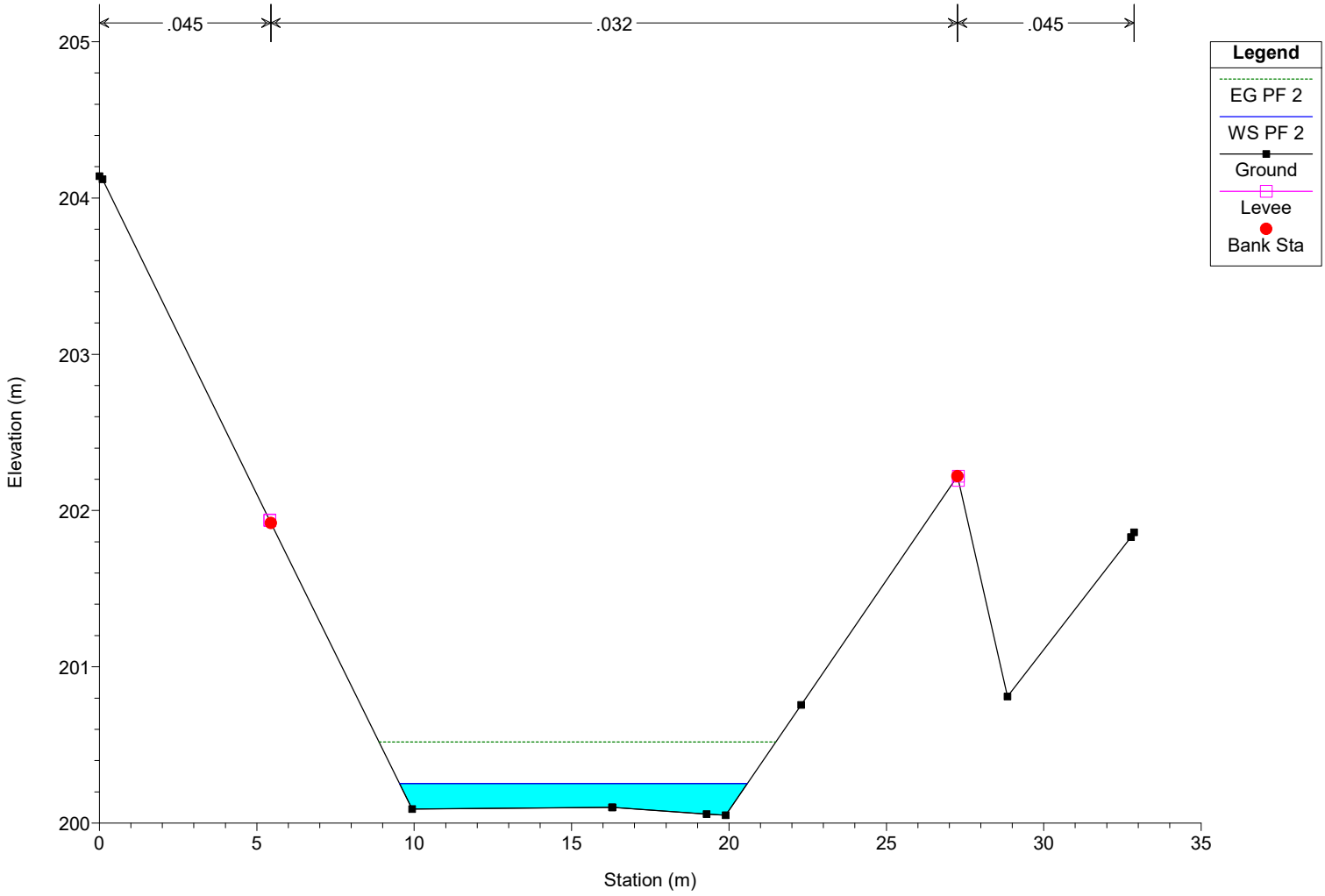


Legend	
EG PF 2	(Dashed green line)
WS PF 2	(Blue line)
Ground	(Black line with square markers)
Levee	(Cyan shaded area)
Bank Sta	(Red circle)

IN02 AO
RS = 108



IN02 AO
RS = 107



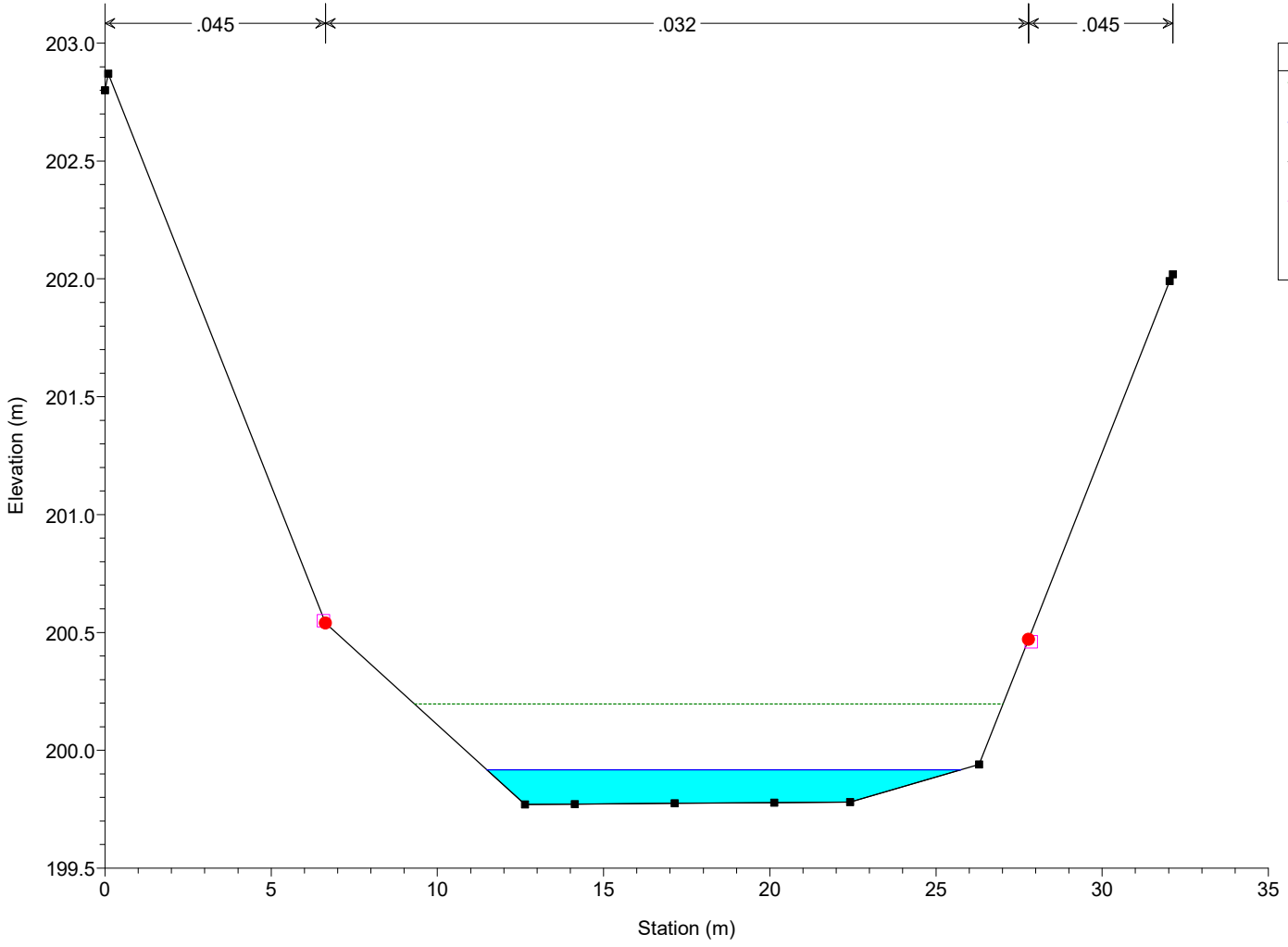
Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

Legend

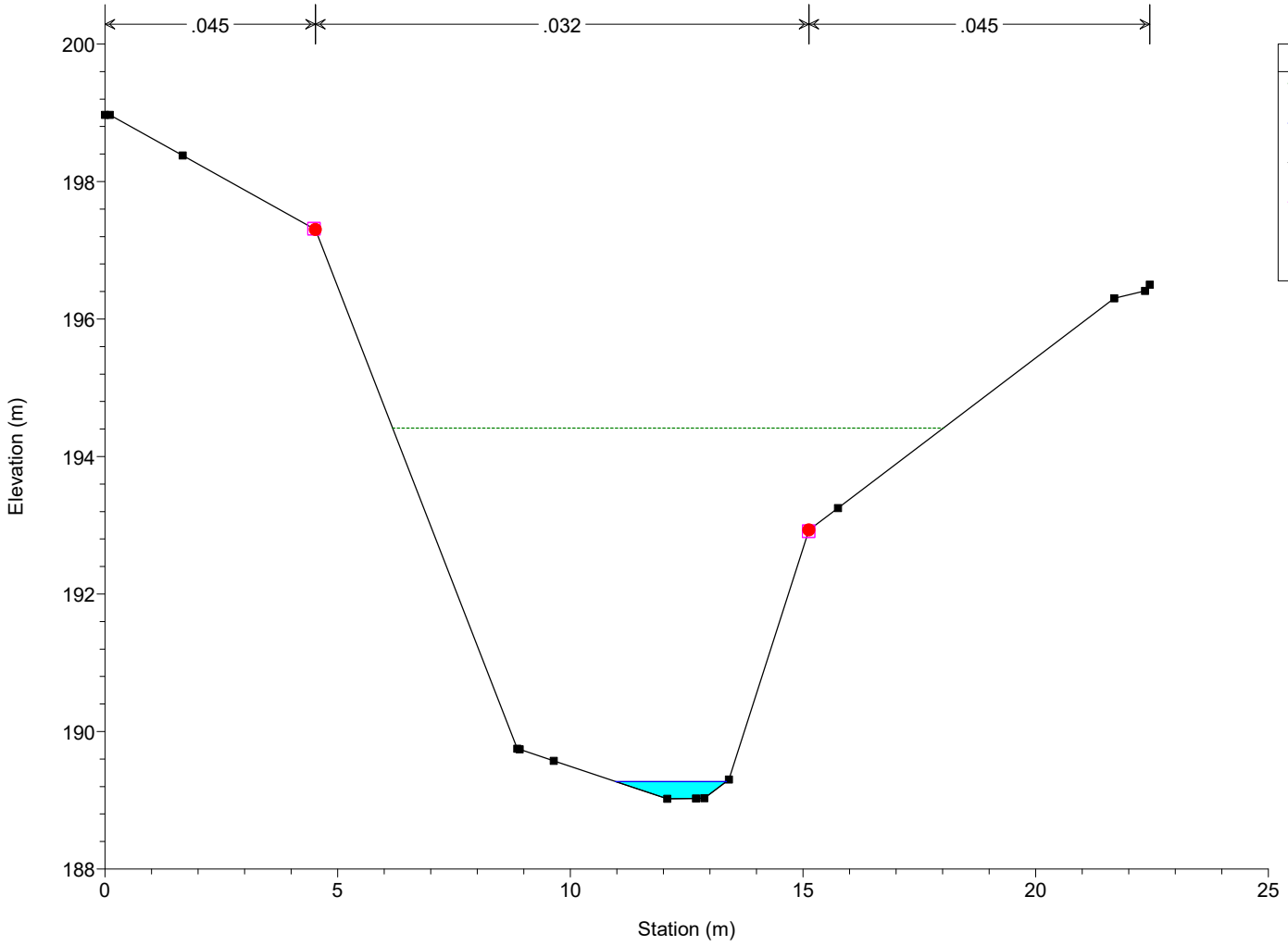
- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

IN02 AO
RS = 106



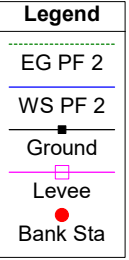
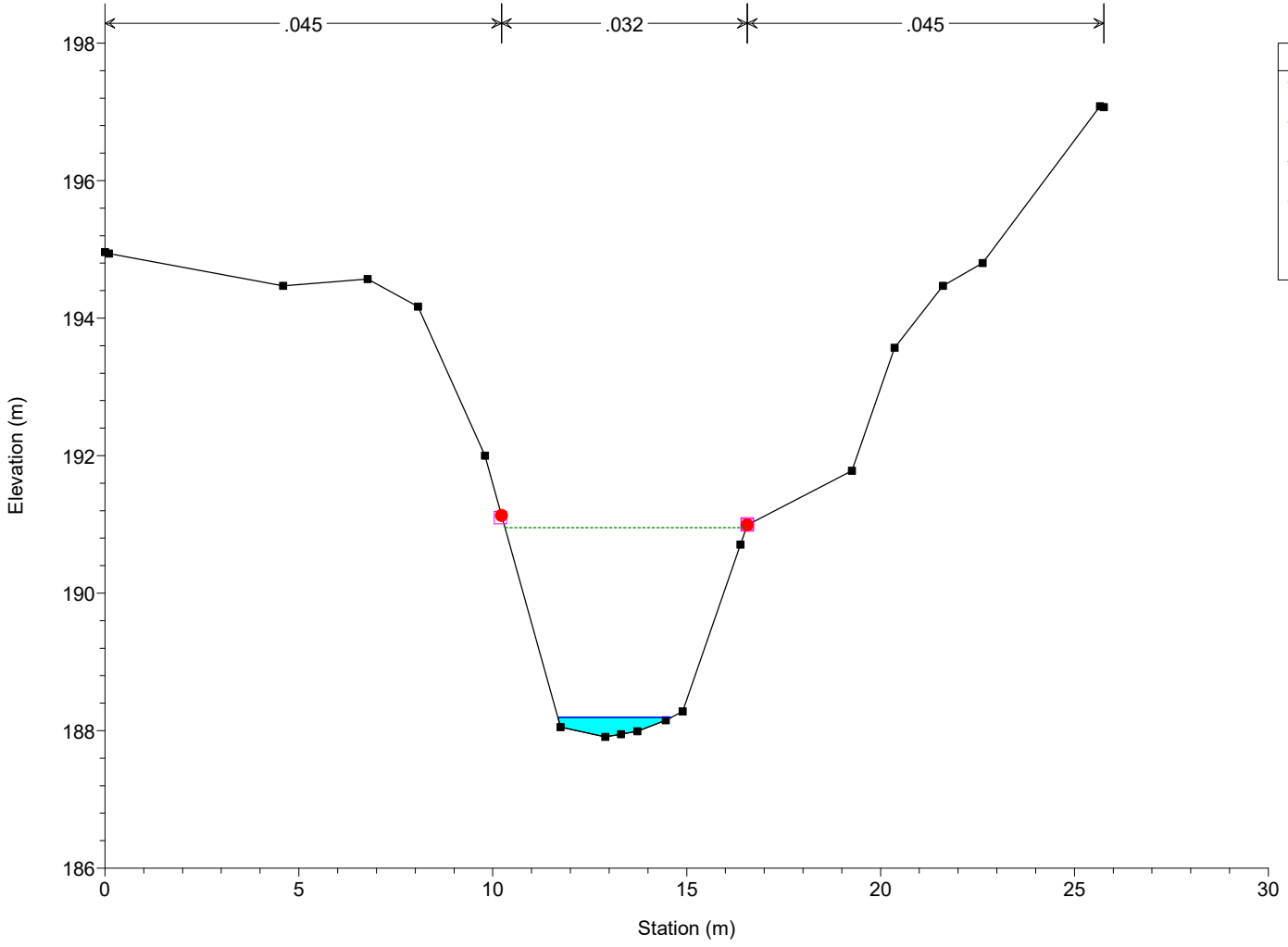
Legend	
EG PF 2	(Dashed Green Line)
WS PF 2	(Blue Line)
Ground	(Black Line with Square)
Levee	(Cyan Area)
Bank Sta	(Red Circle)

IN02 AO
RS = 105

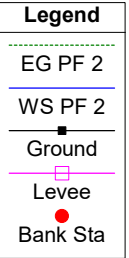
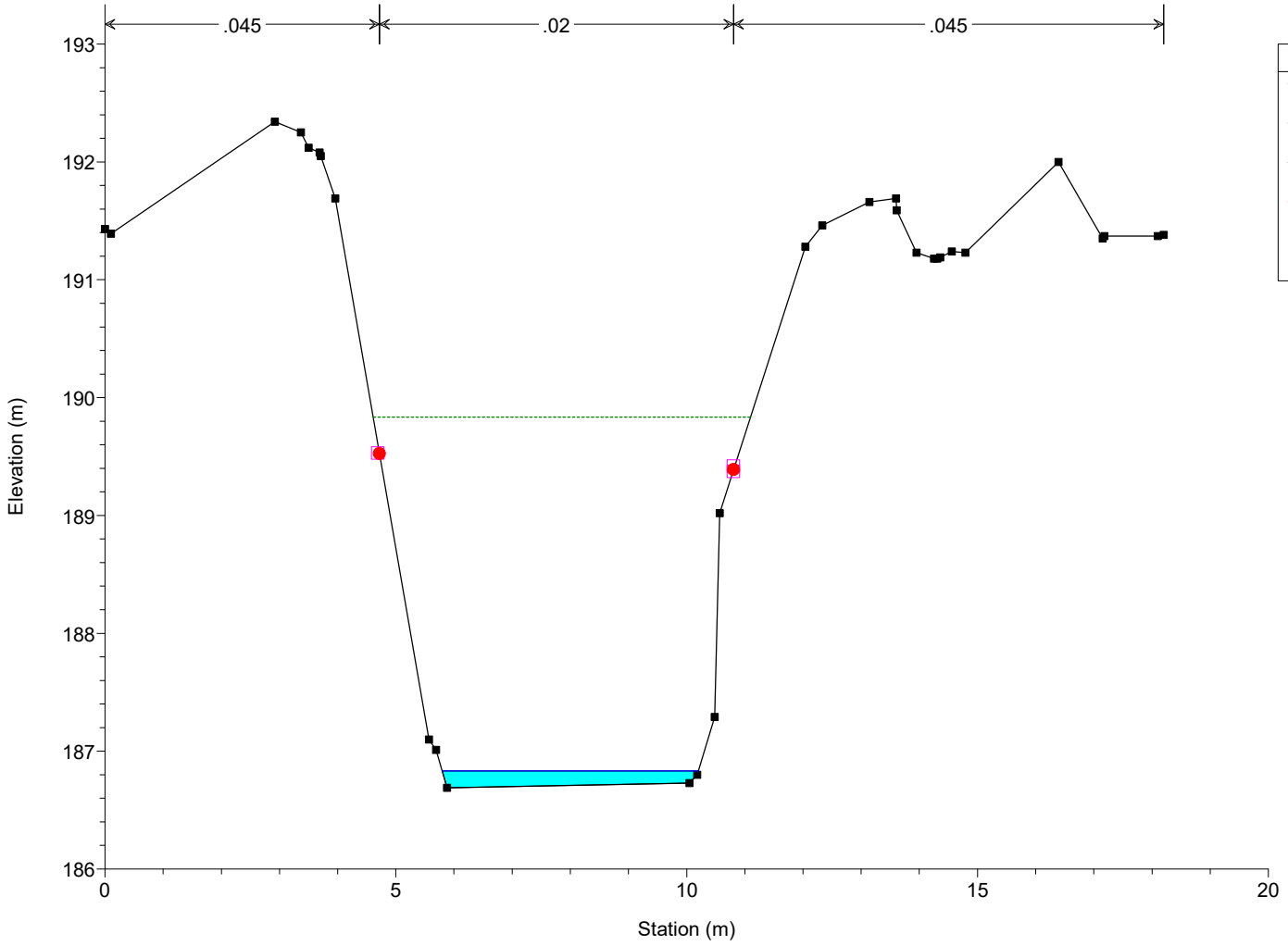


Legend	
EG PF 2	(Dashed Green Line)
WS PF 2	(Blue Line)
Ground	(Black Line with Square)
Levee	(Cyan Area)
Bank Sta	(Red Circle)

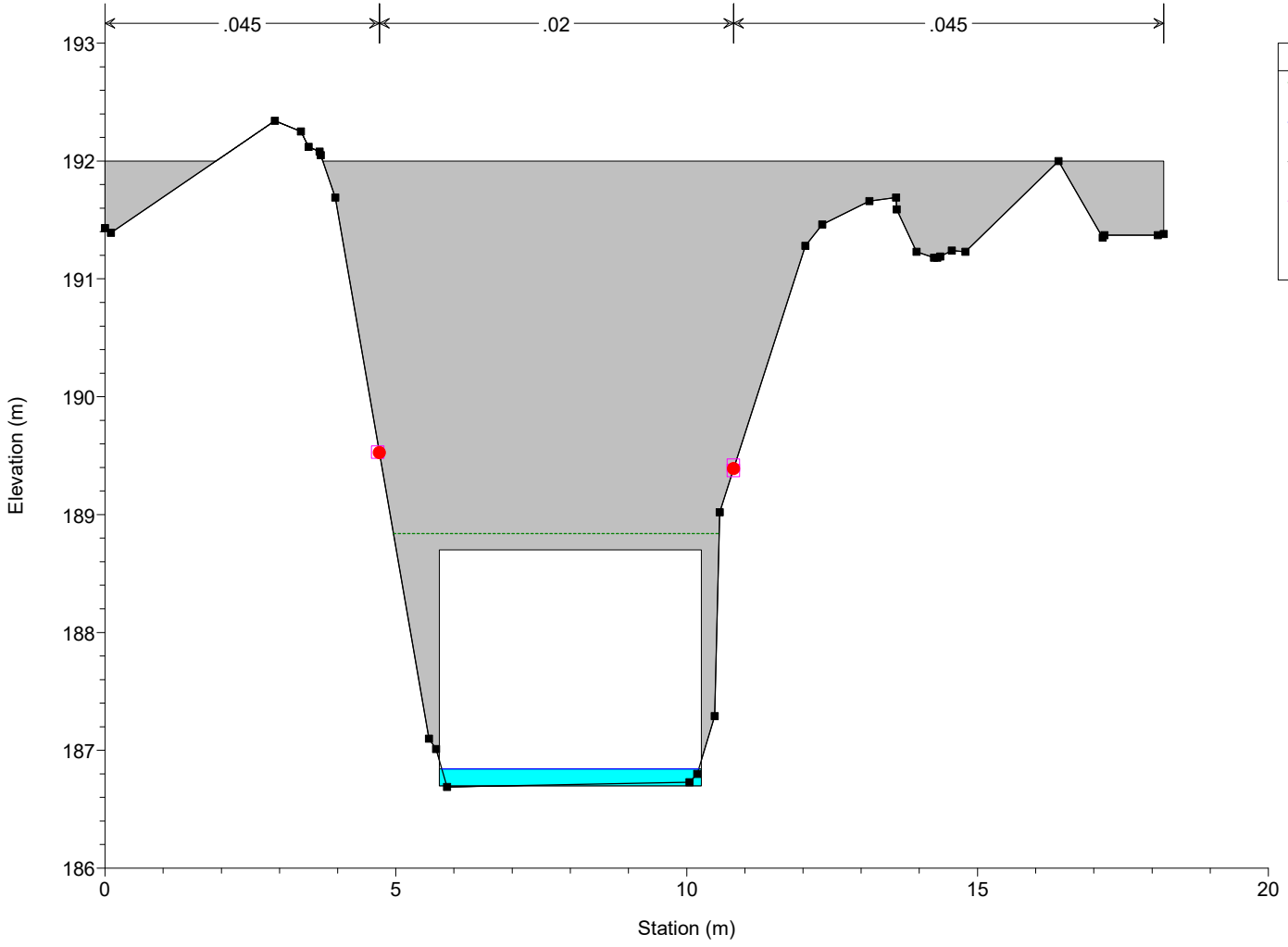
IN02 AO
RS = 104



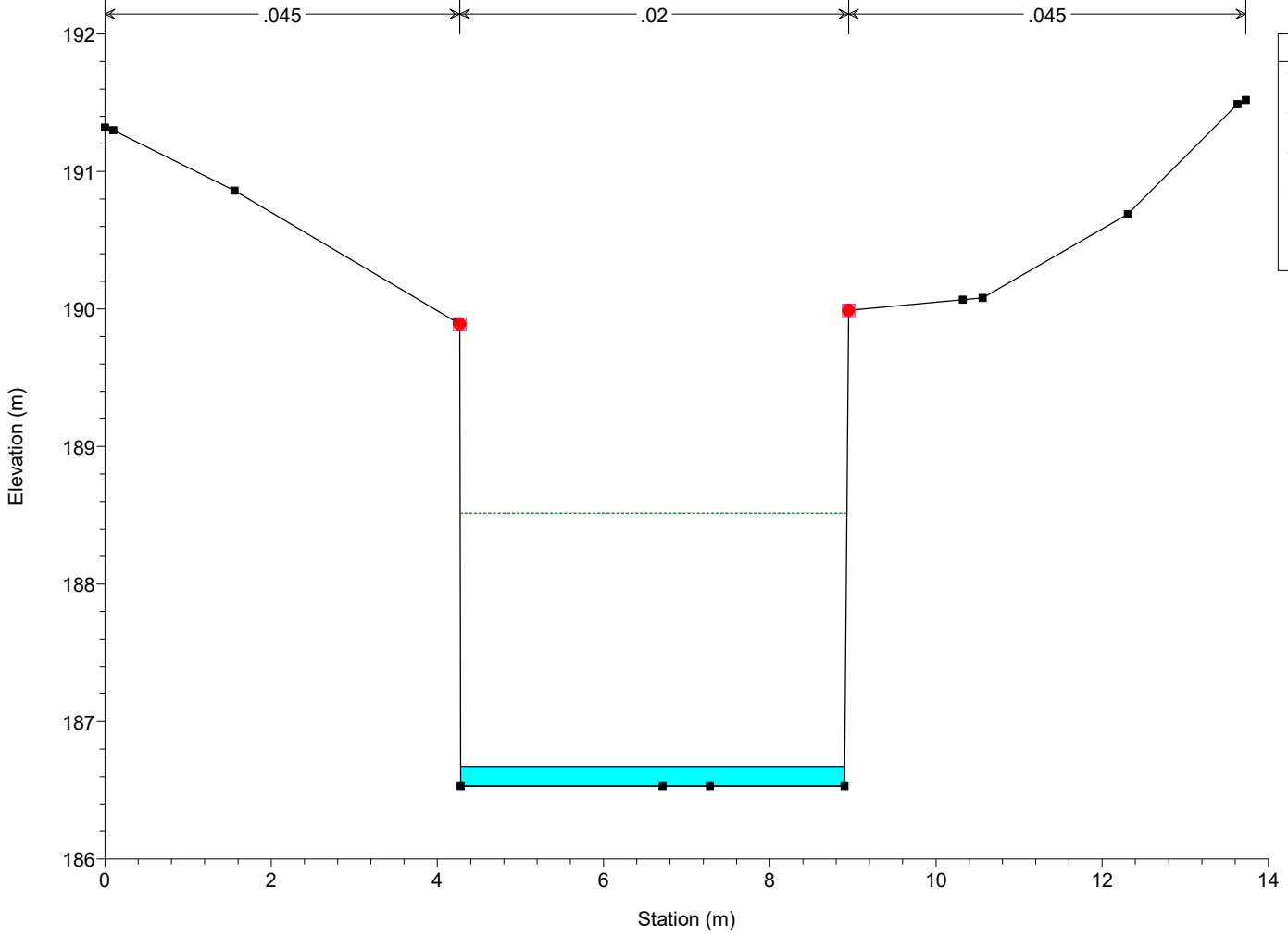
IN02 AO
RS = 103



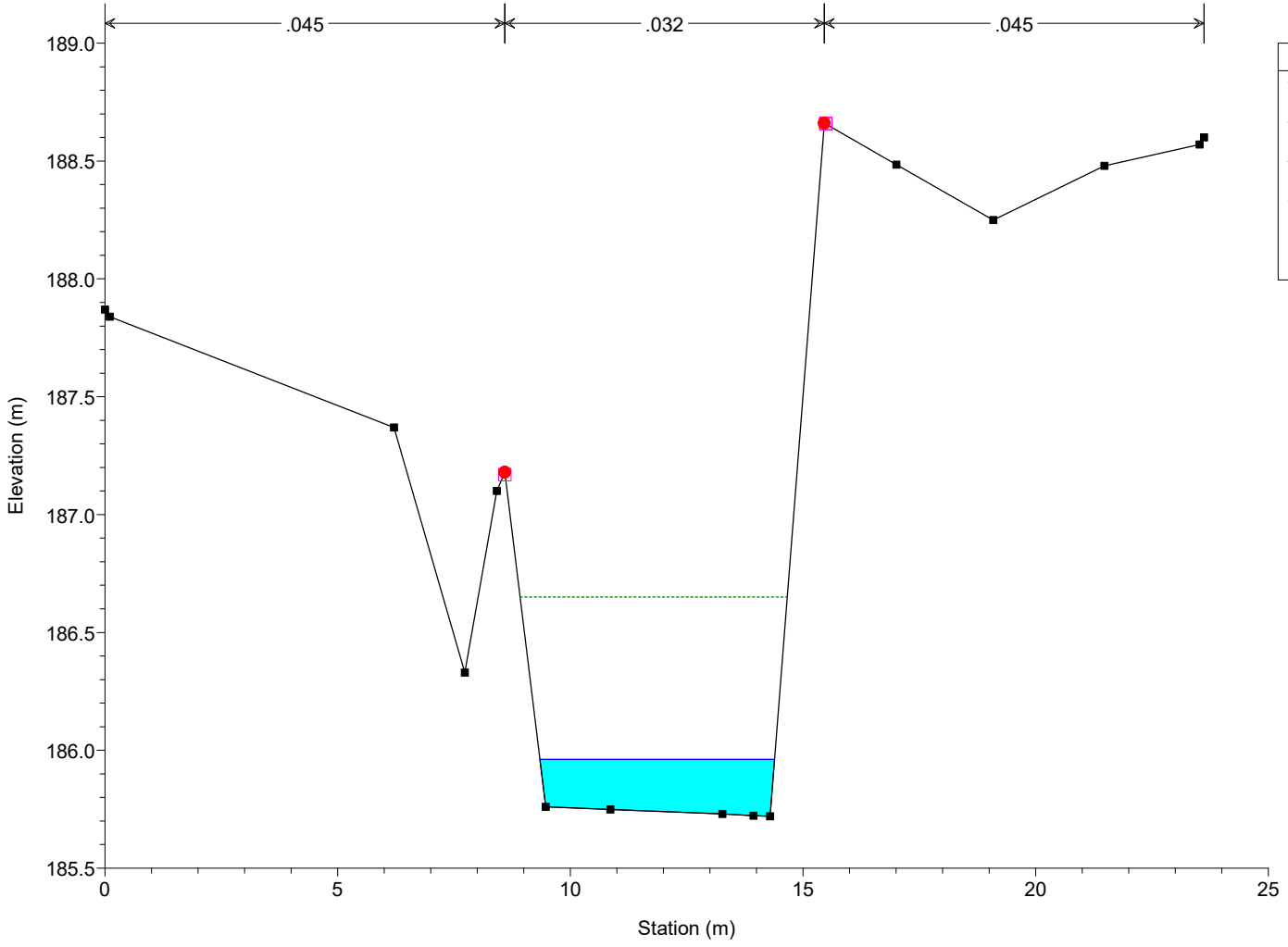
IN02 AO
RS = 102.5 Culv



IN02 AO
RS = 102



IN02 AO
RS = 101

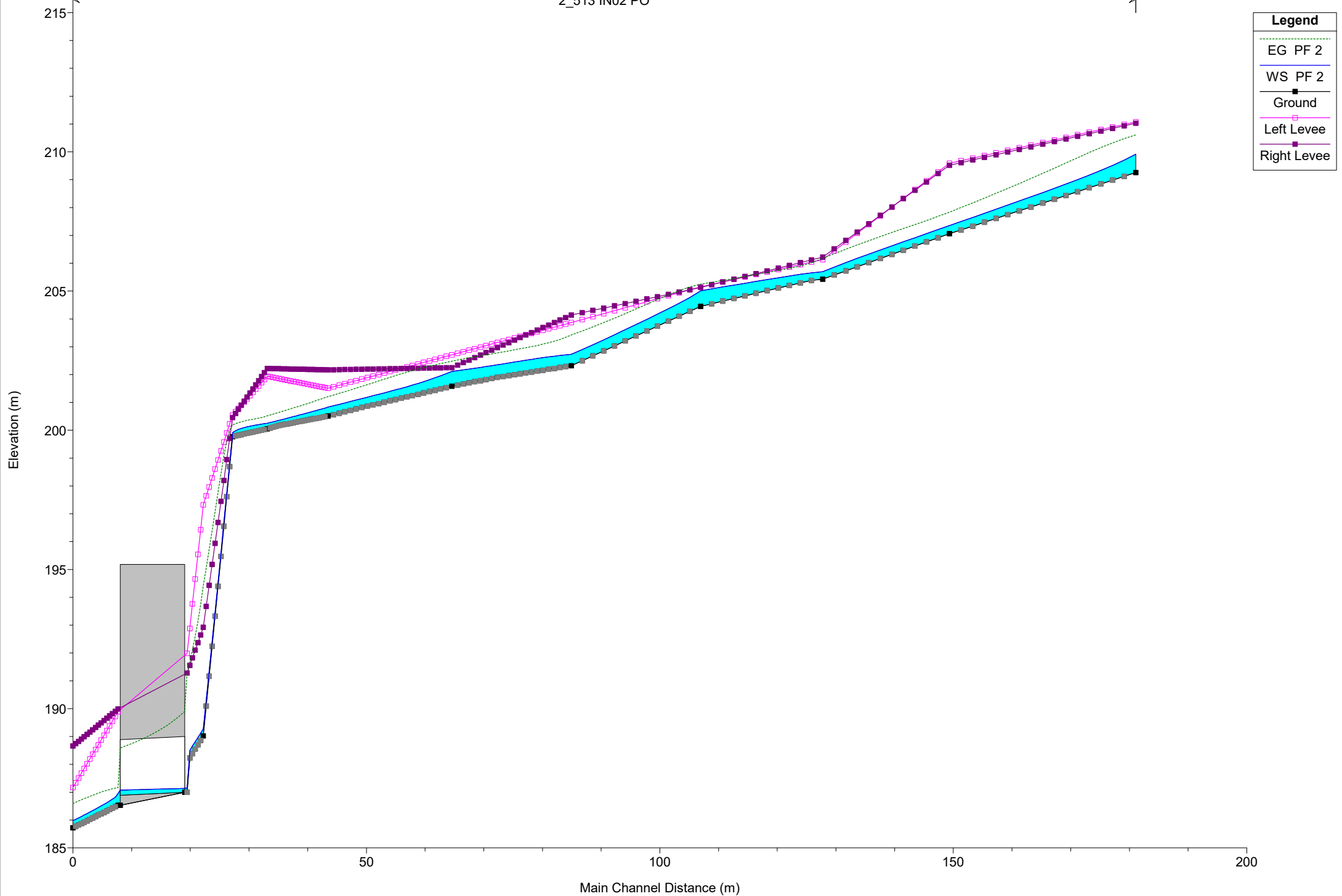


Legend

- EG PF 2 (Green dashed line)
- WS PF 2 (Cyan filled area)
- Ground (Black line with square markers)
- Levee (Pink line with square markers)
- Bank Sta (Red circle)

IN02 PO

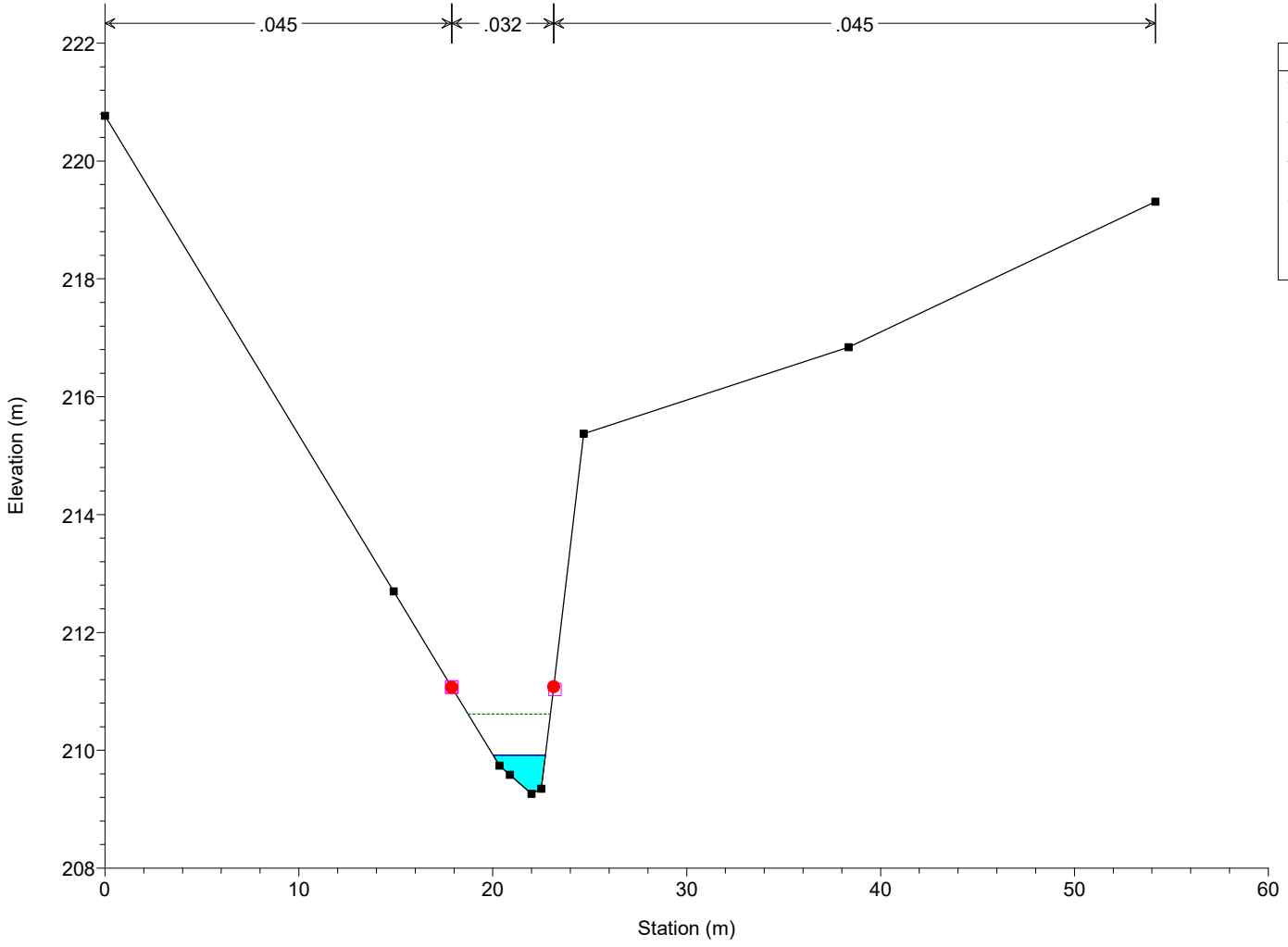
2_513 IN02 PO



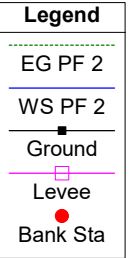
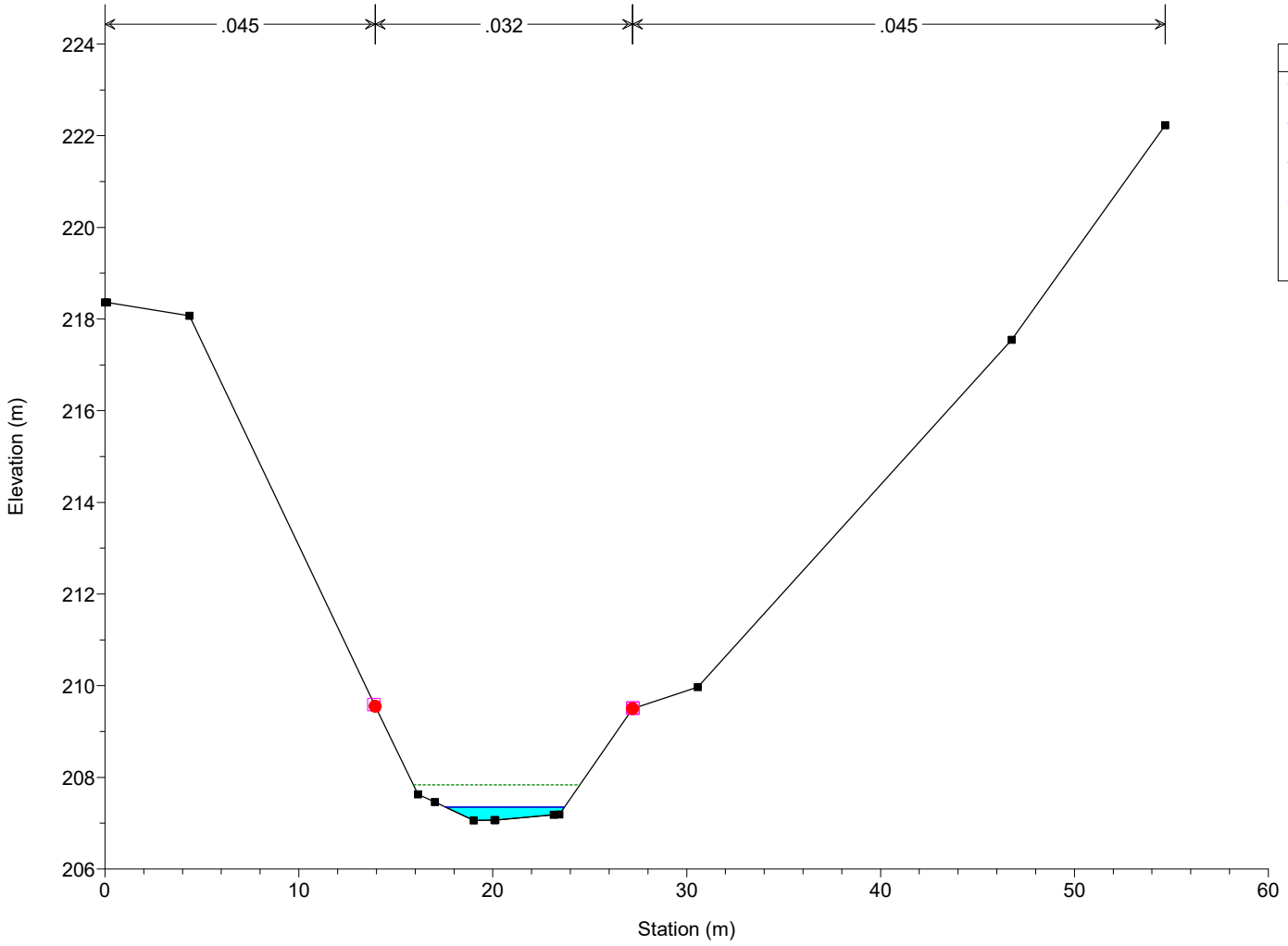
Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Left Levee
- Right Levee

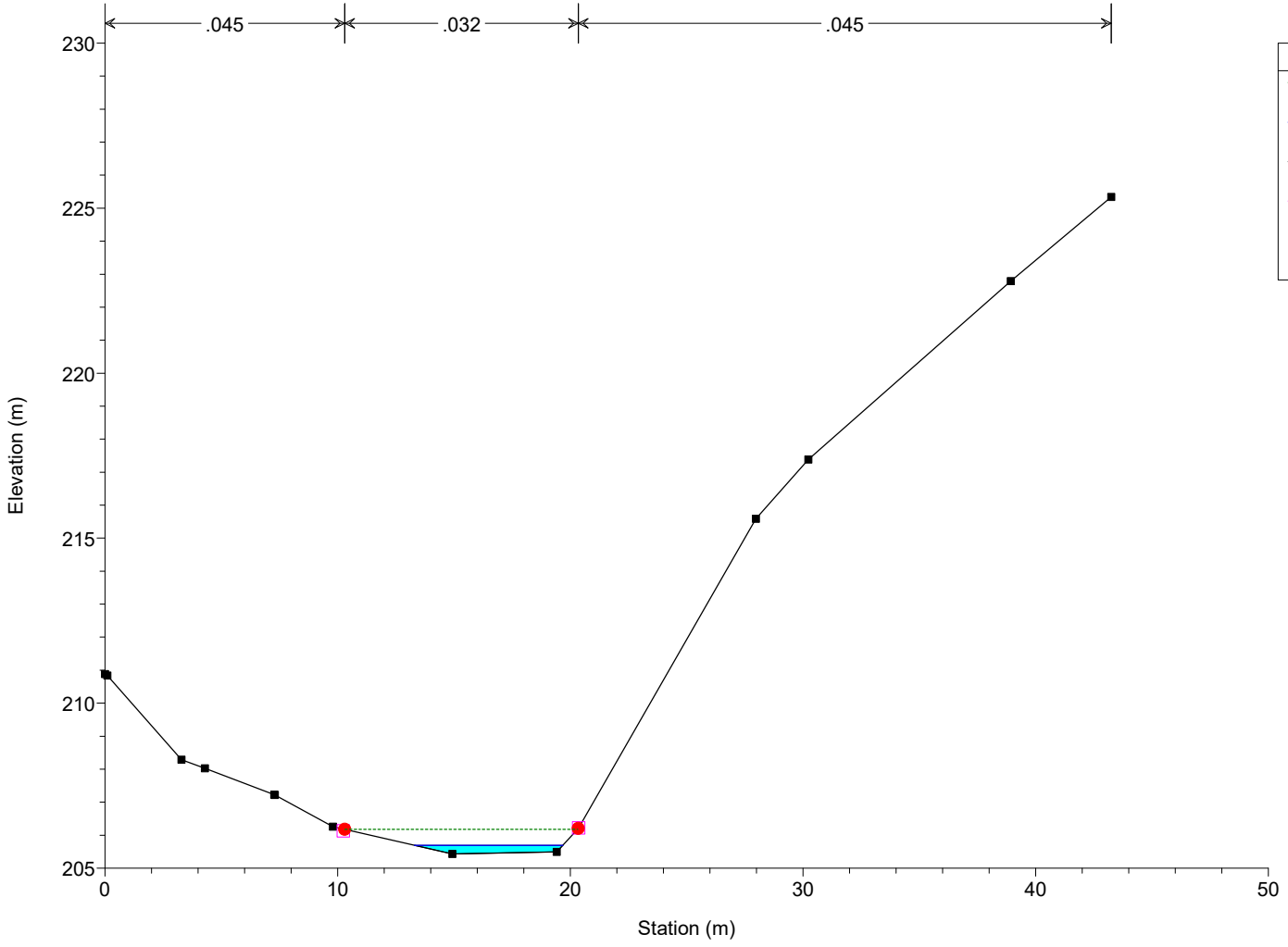
IN02 PO
RS = 114



IN02 PO
RS = 113



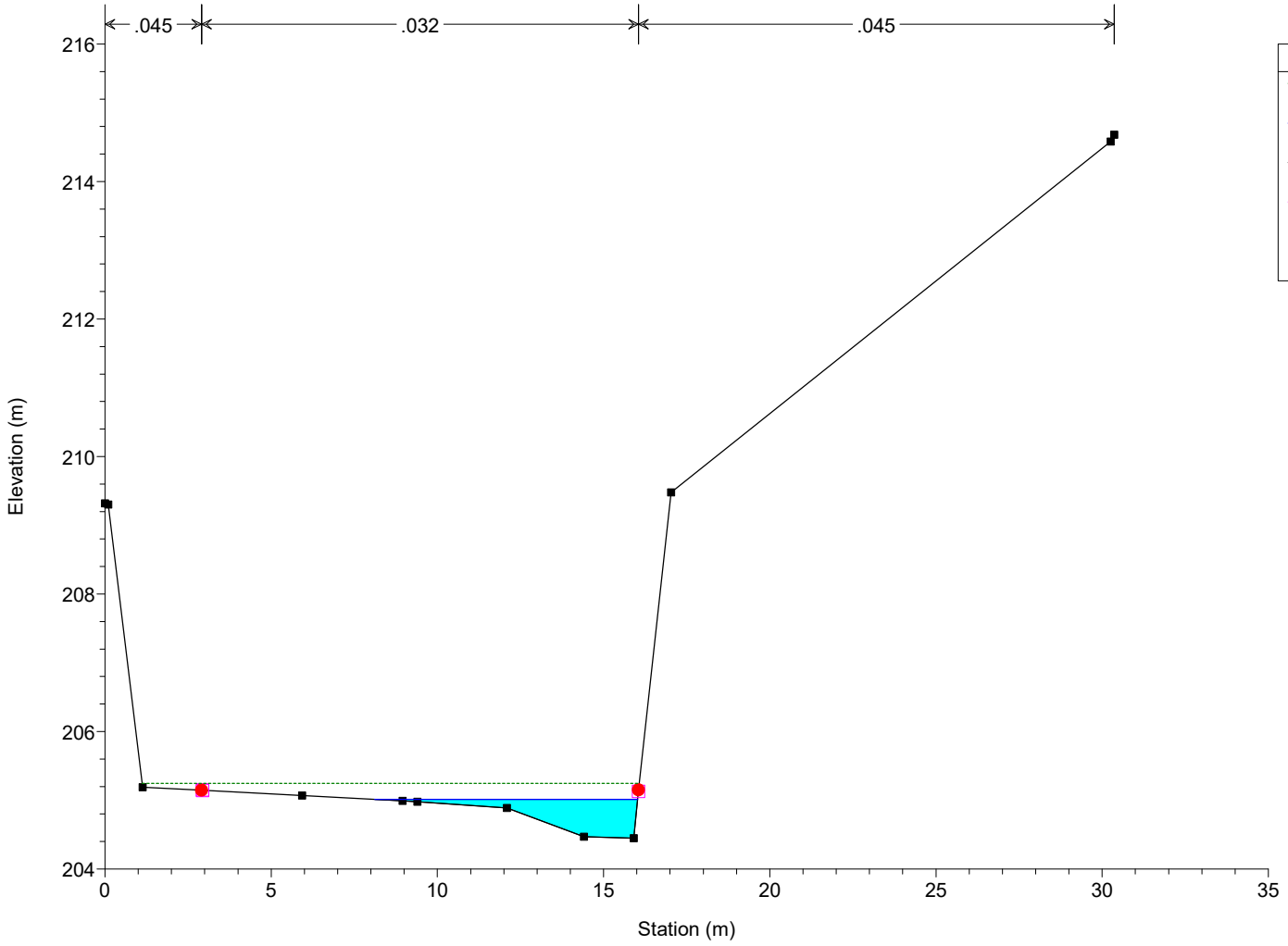
IN02 PO
RS = 112



Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

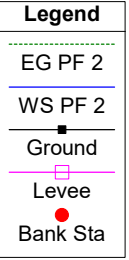
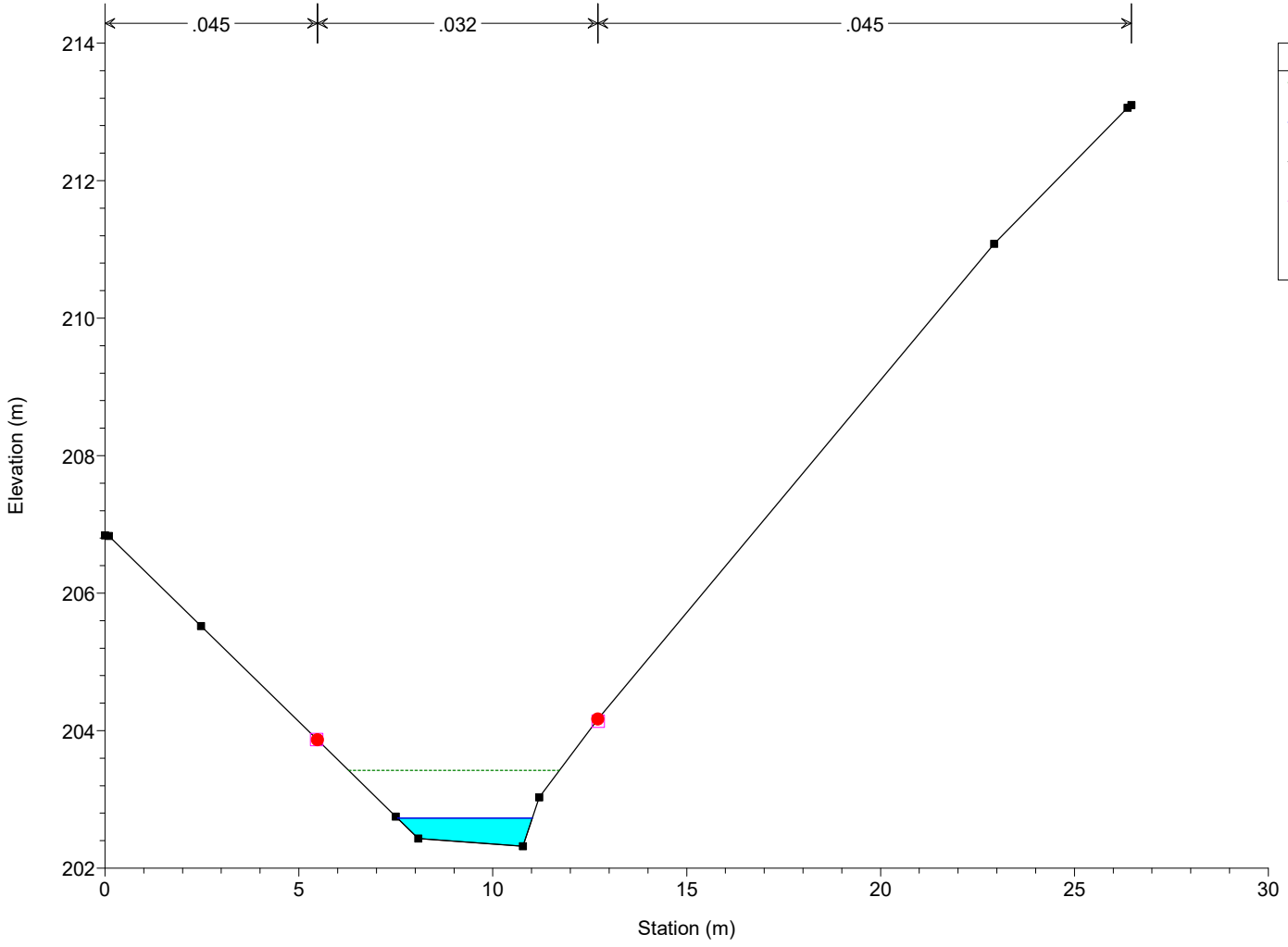
IN02 PO
RS = 111



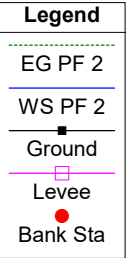
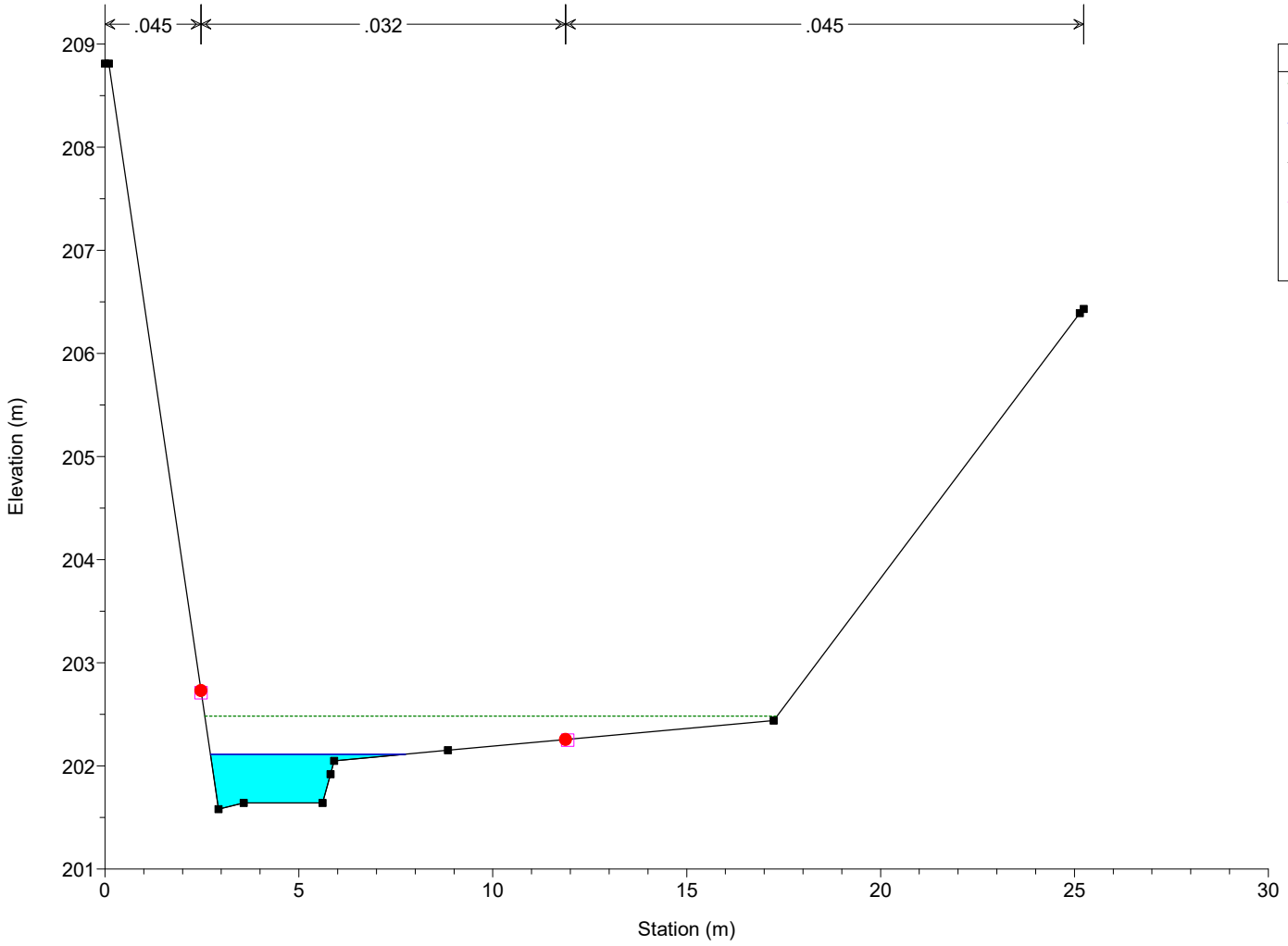
Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

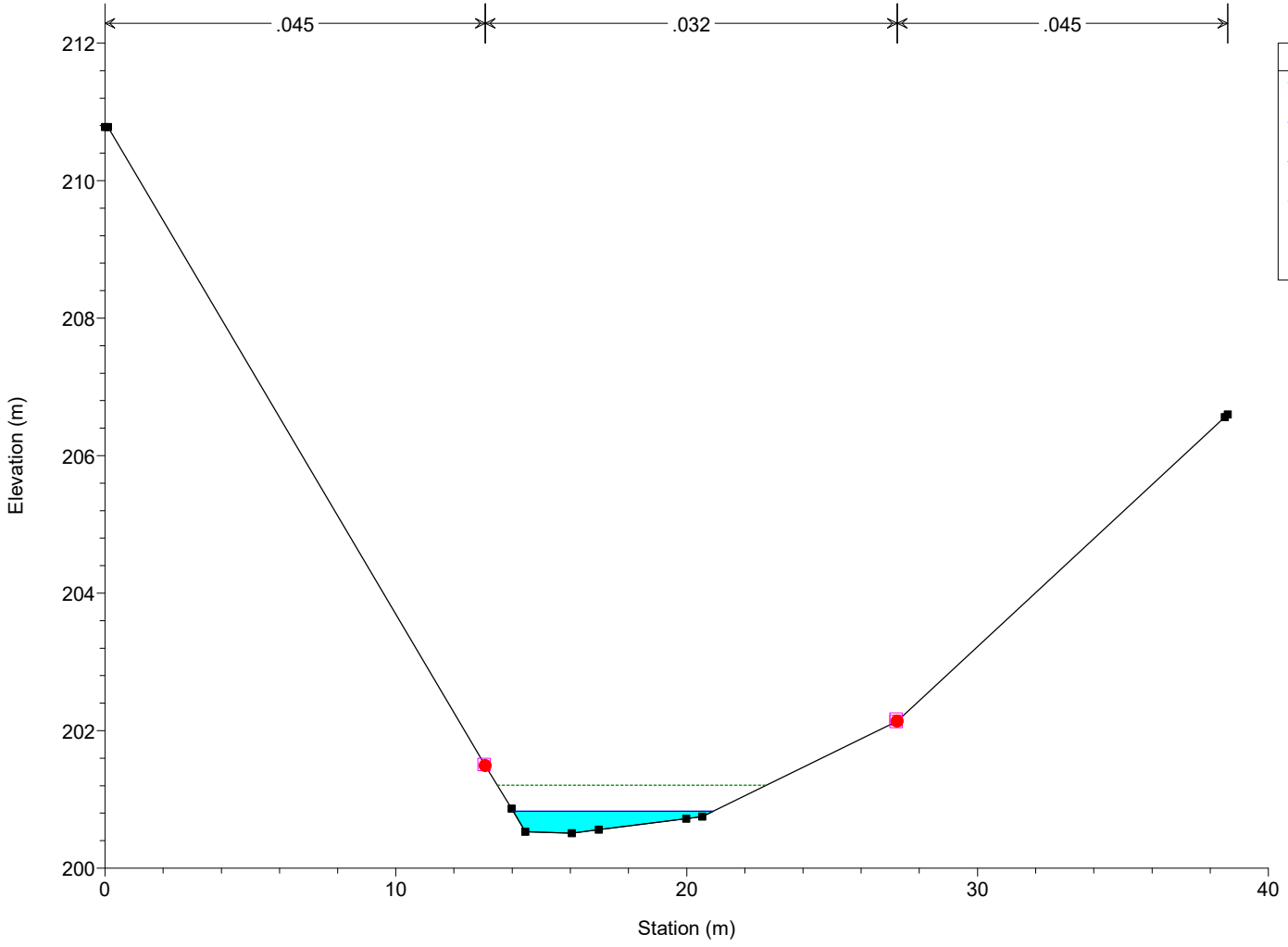
IN02 PO
RS = 110



IN02 PO
RS = 109



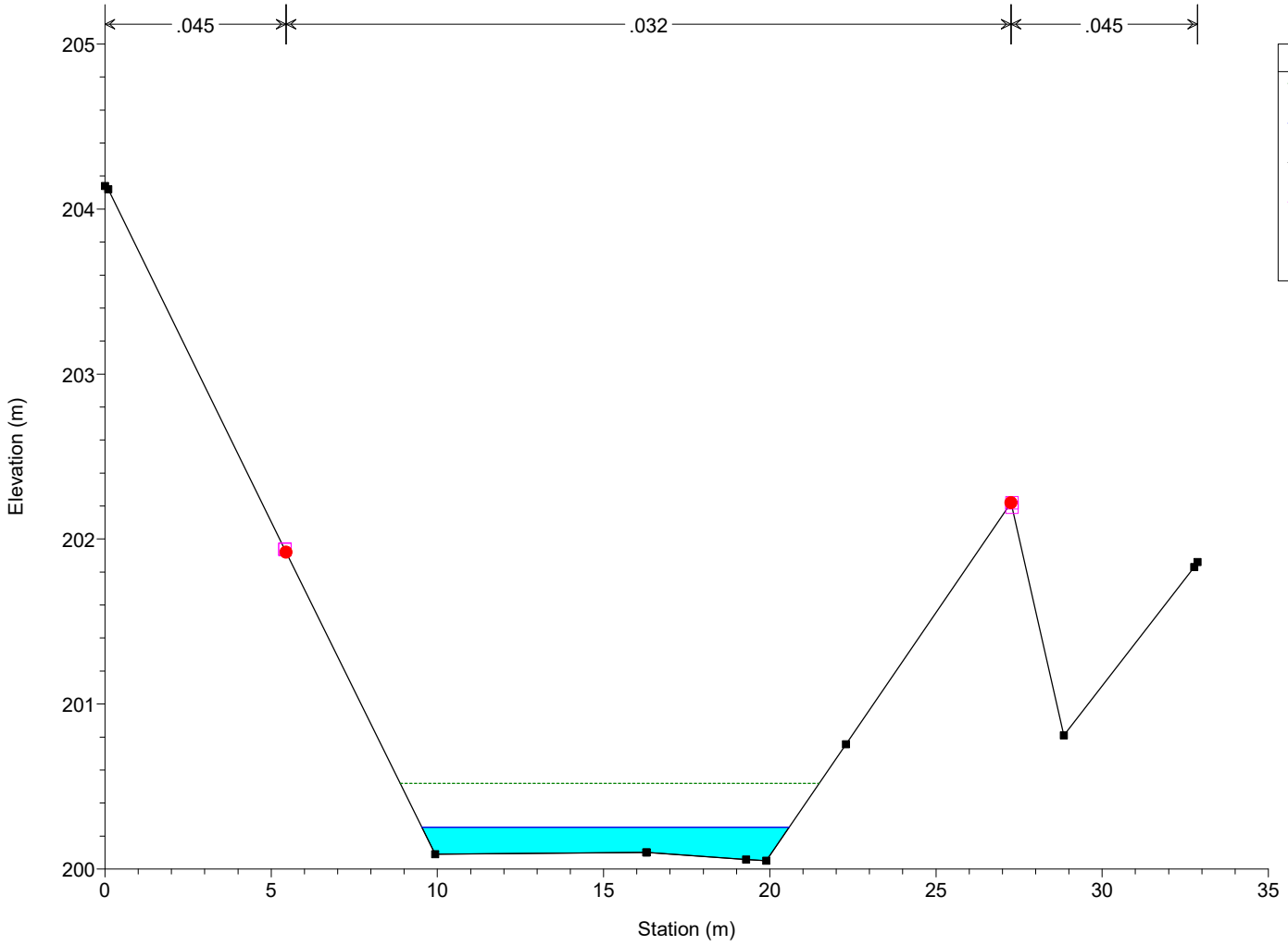
IN02 PO
RS = 108



Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

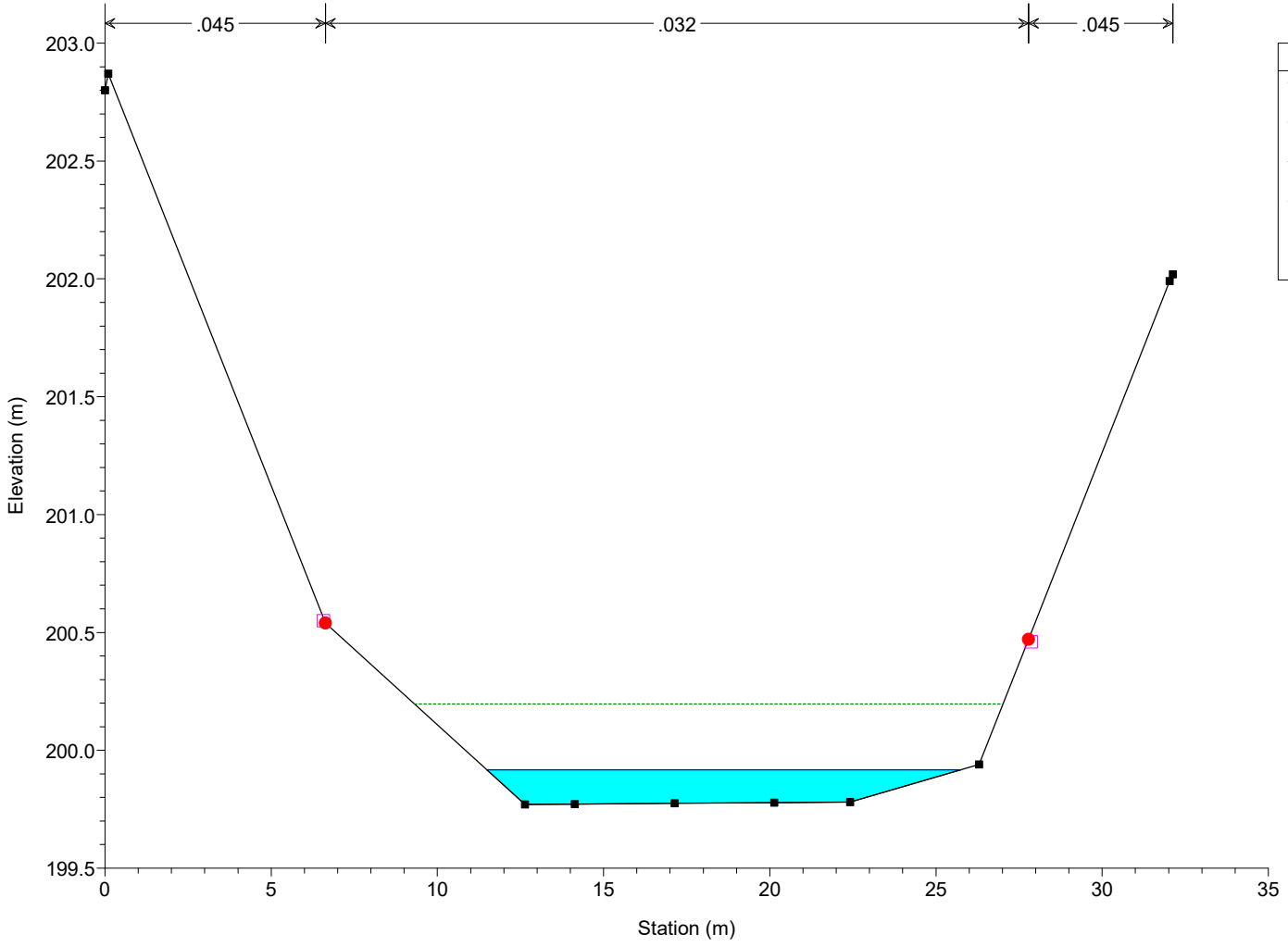
IN02 PO
RS = 107



Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

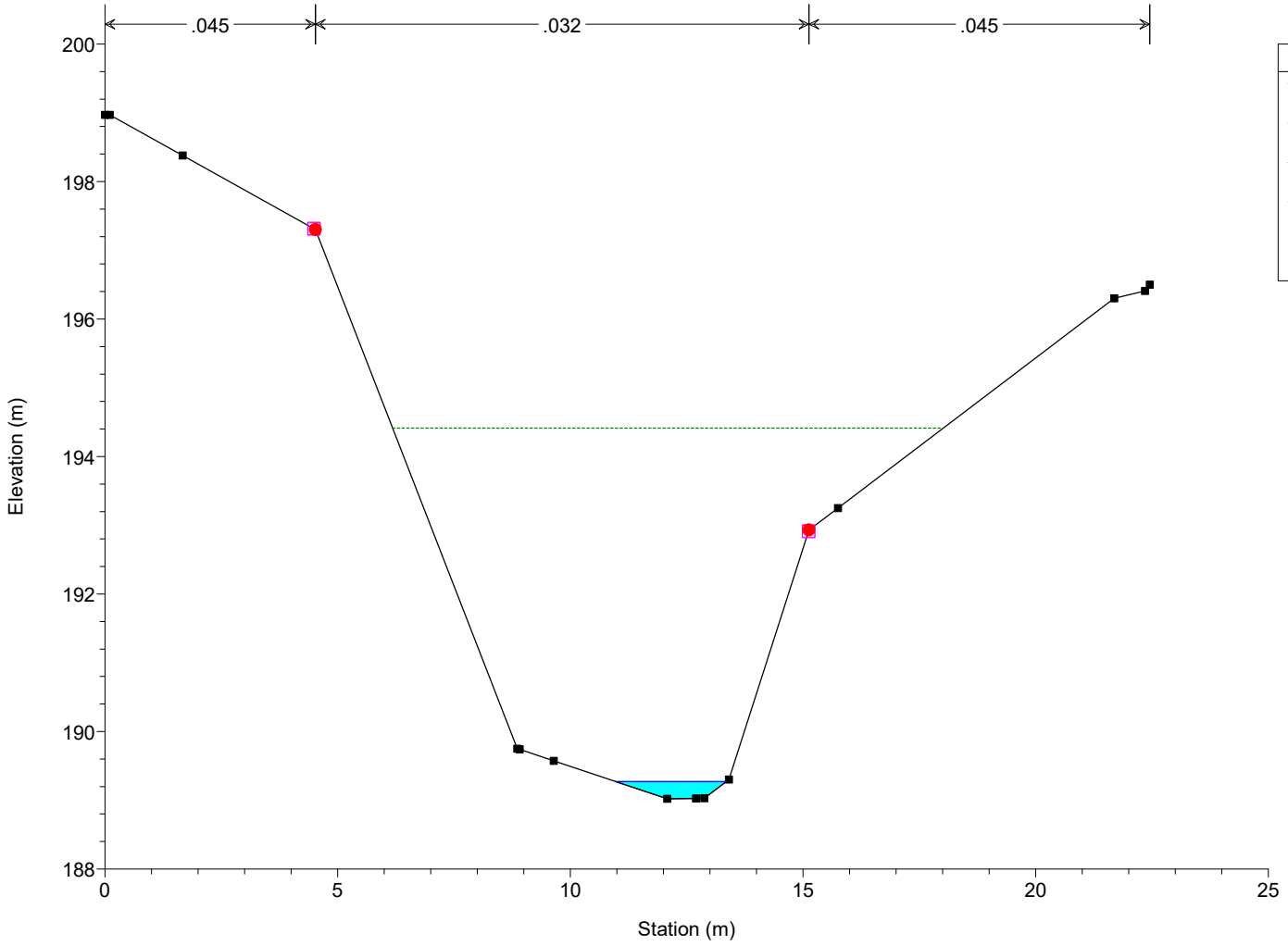
IN02 PO
RS = 106



Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

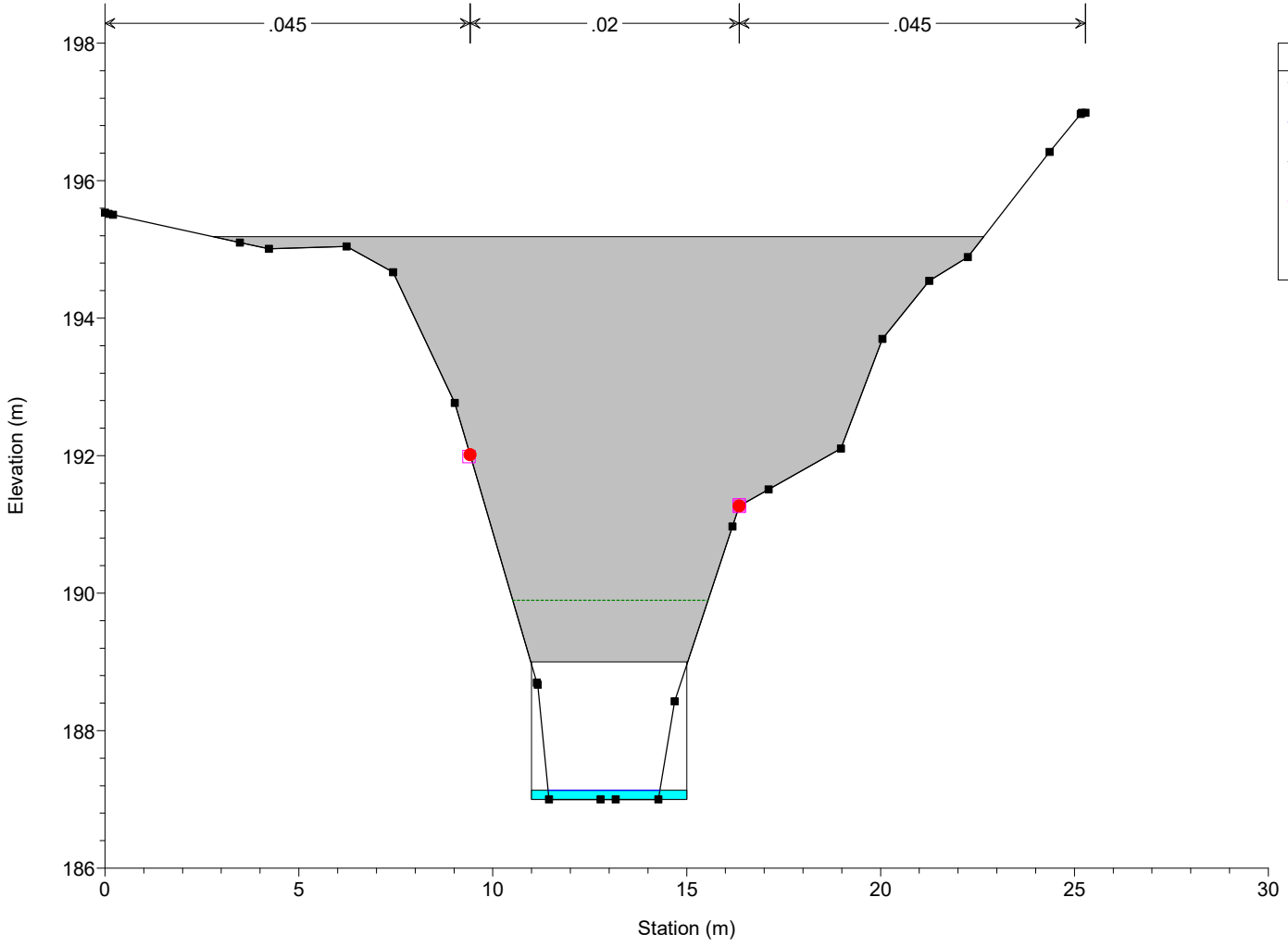
IN02 PO
RS = 105



Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

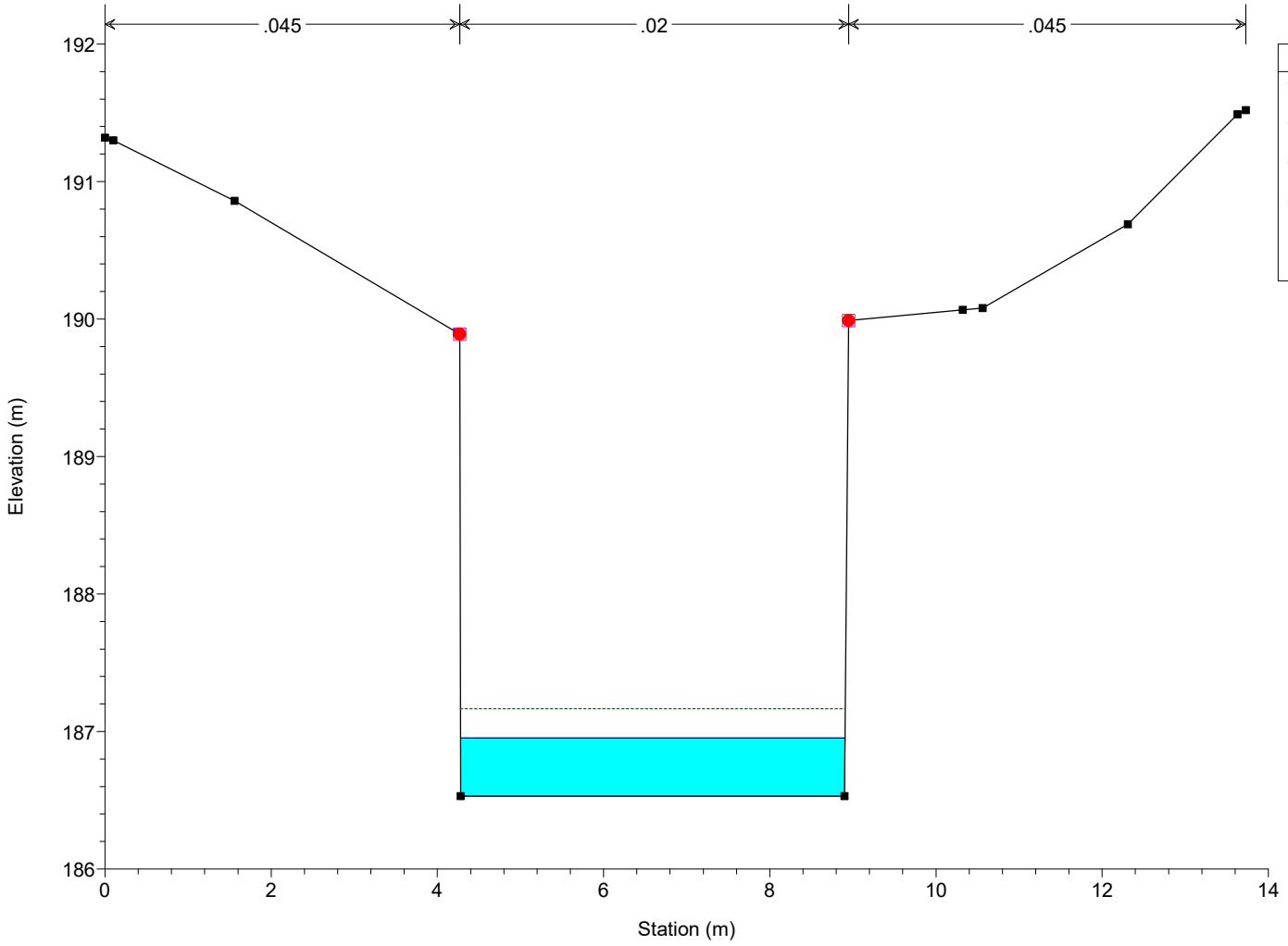
IN02 PO
RS = 102.5 Culv



Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

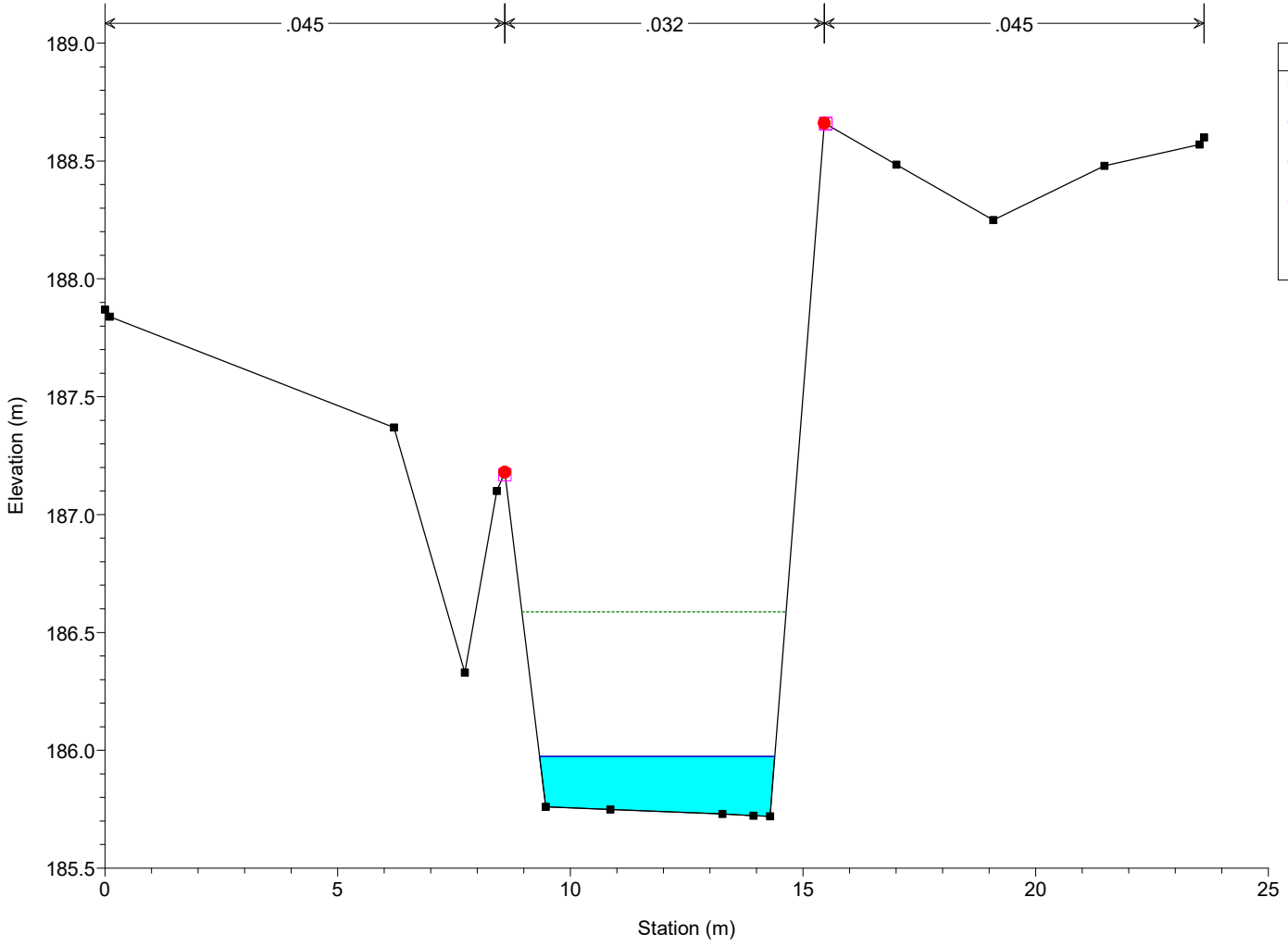
IN02 PO
RS = 102



Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

IN02 PO
RS = 101

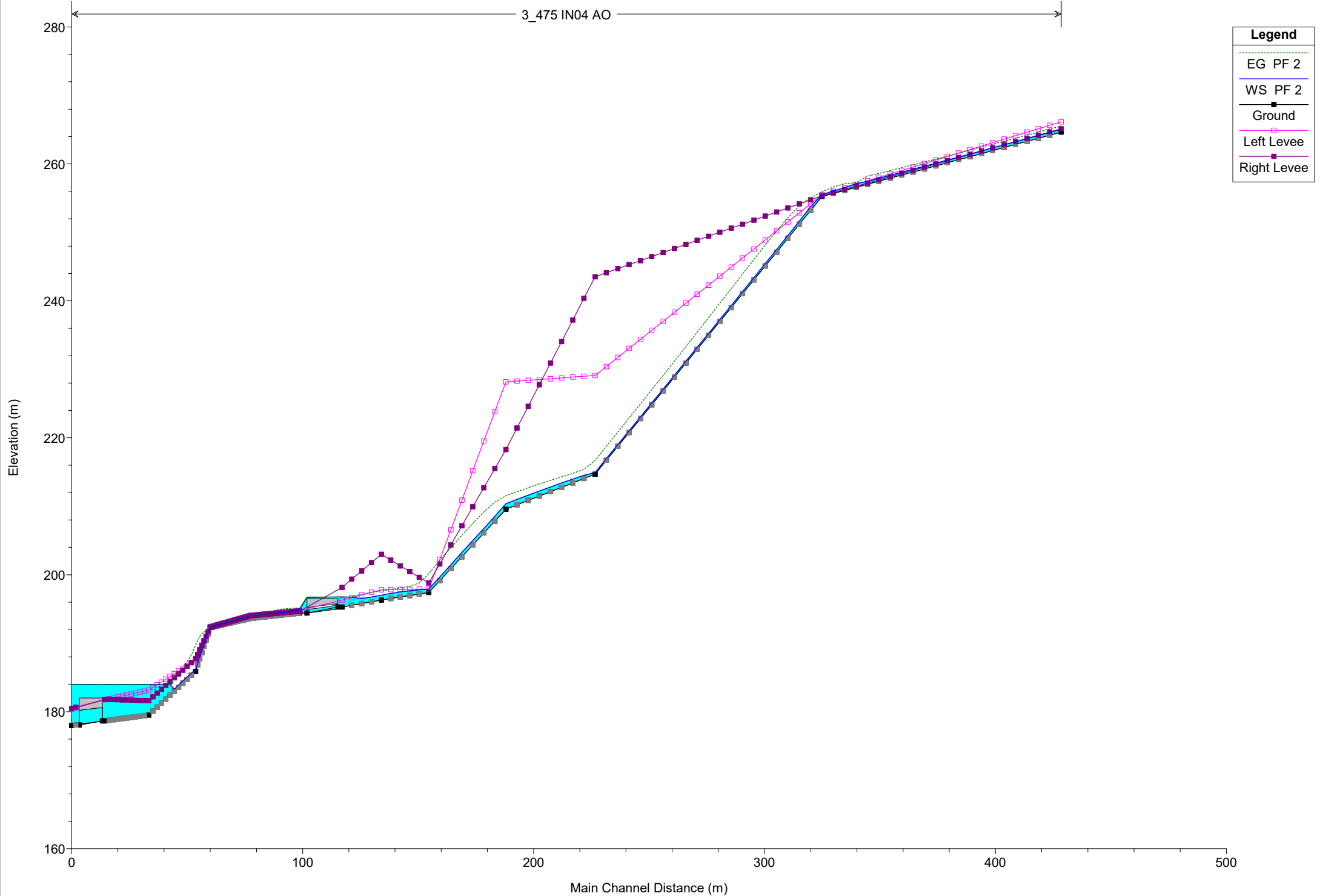


Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

IN04 AO

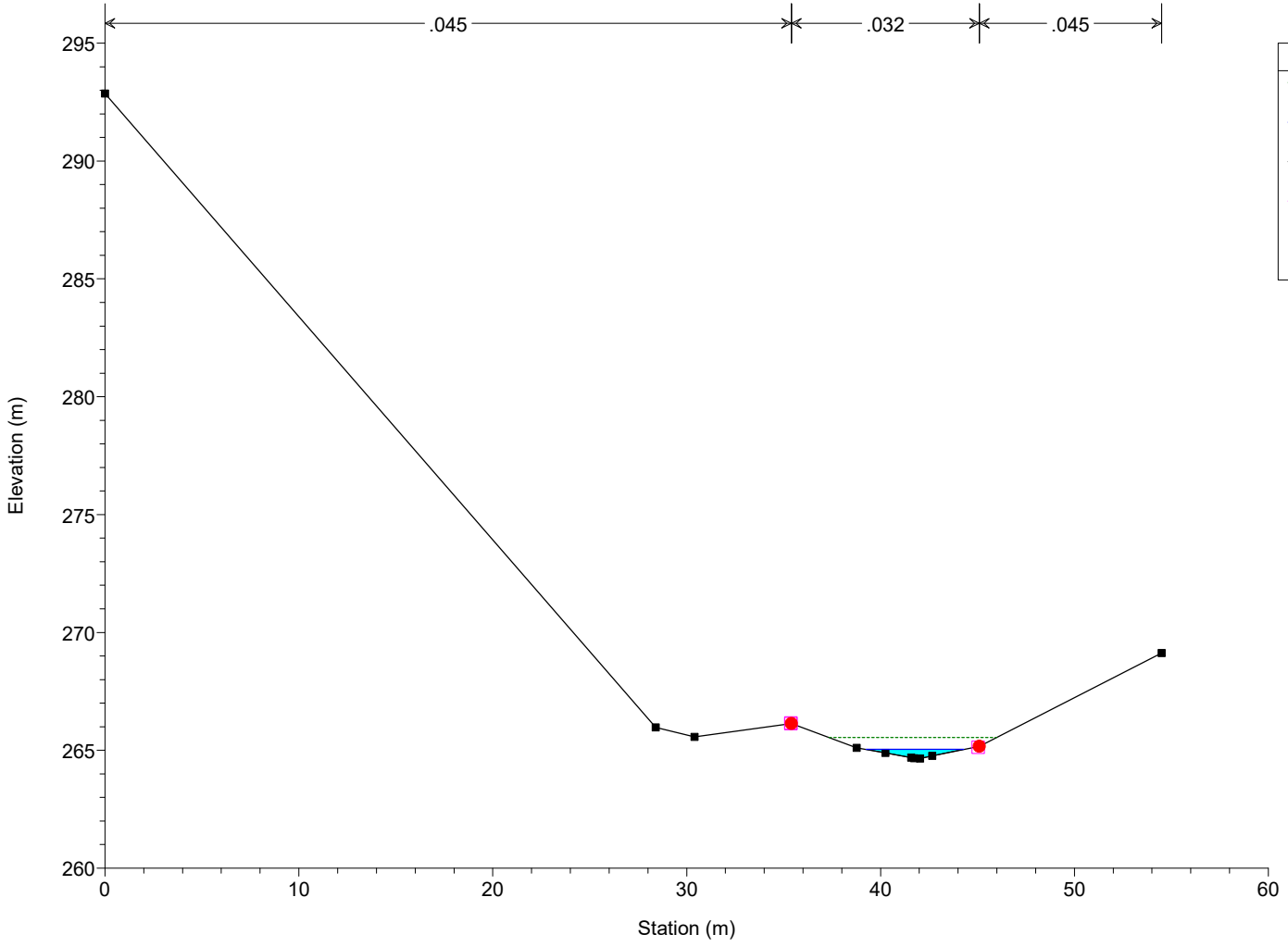
3_475 IN04 AO



Legend

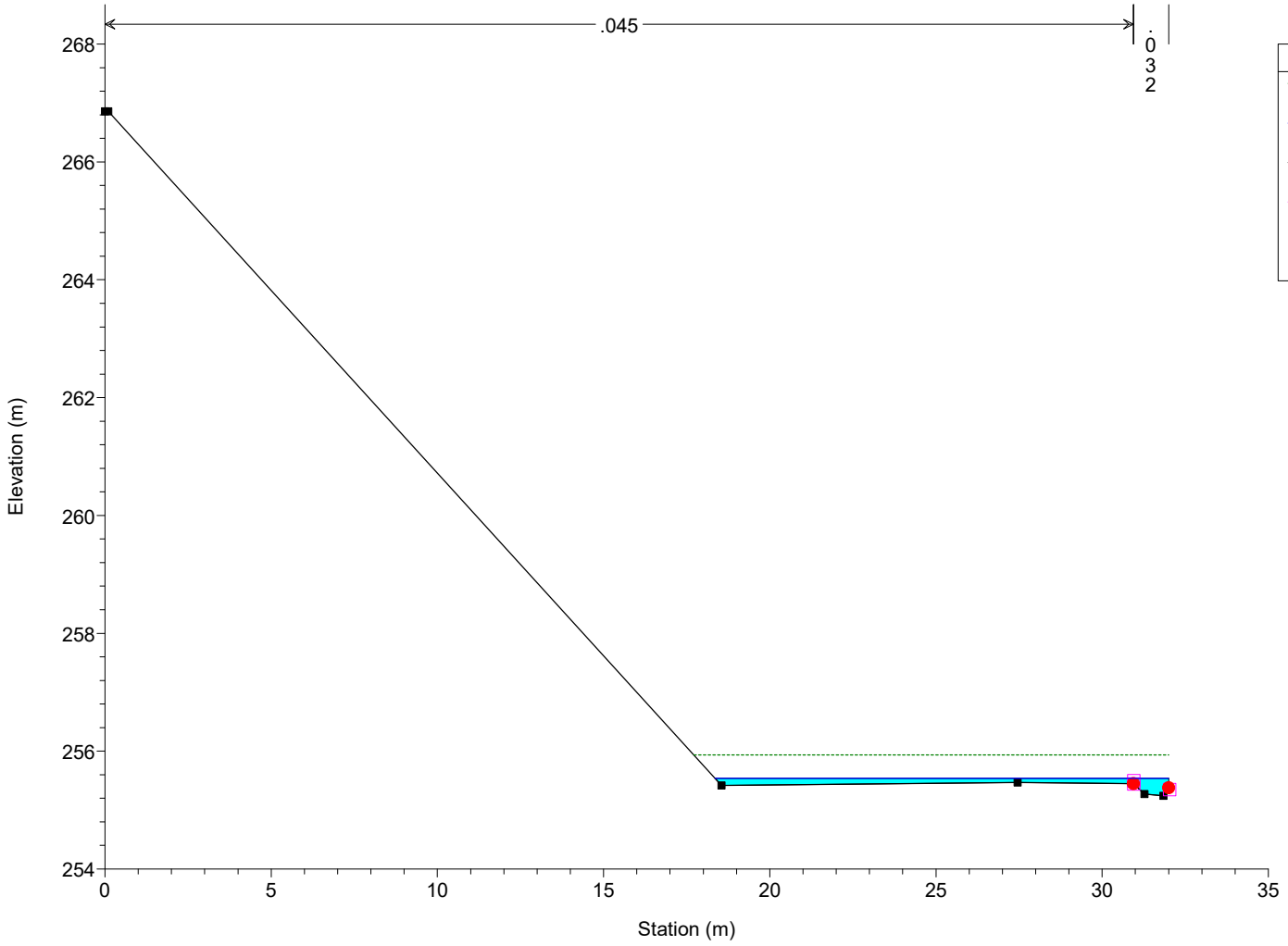
- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Left Levee
- Right Levee

IN04 AO
RS = 116



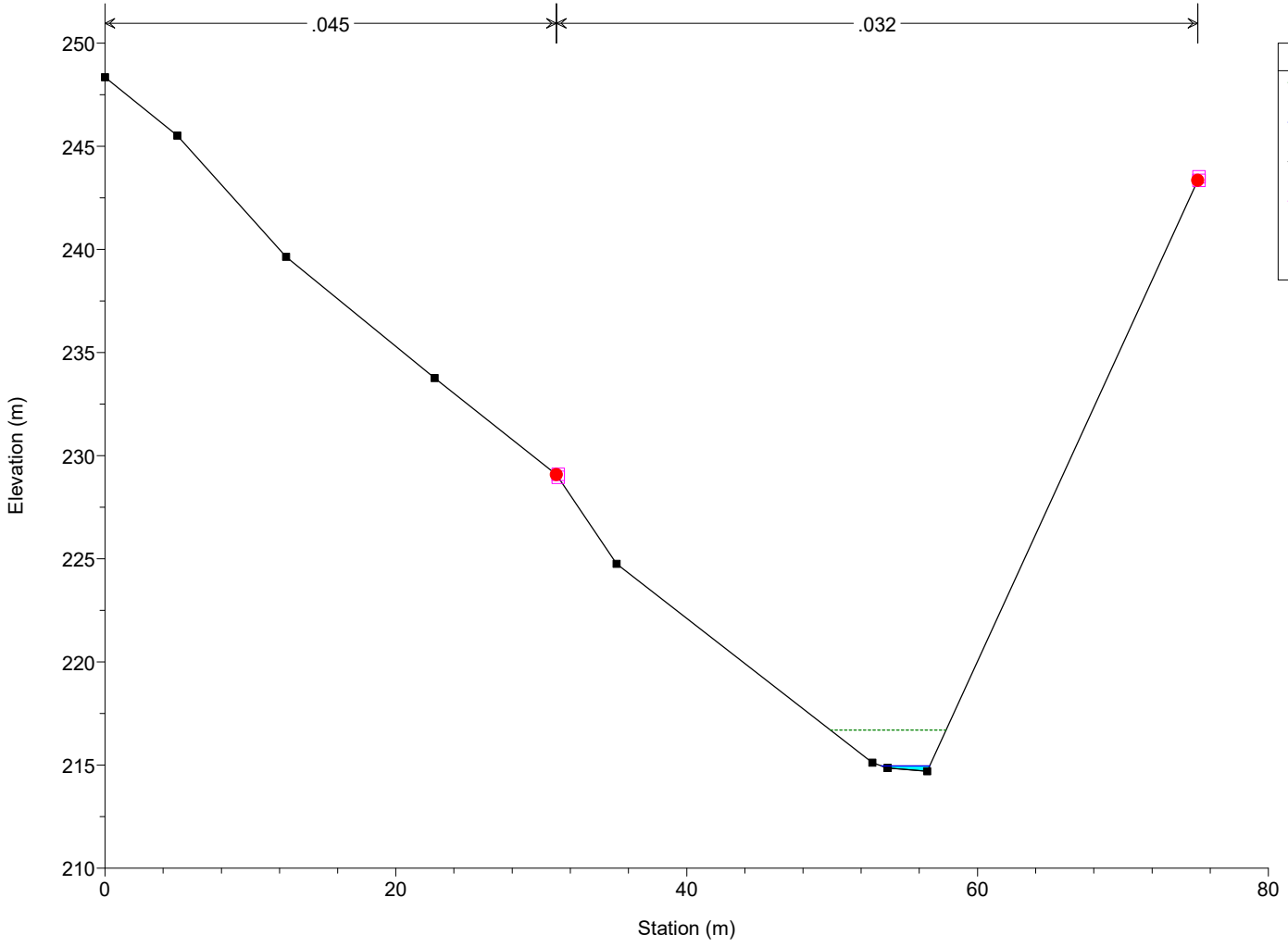
Legend	
EG PF 2	(Dashed Green Line)
WS PF 2	(Solid Blue Line)
Ground	(Solid Black Line with Square Marker)
Levee	(Pink Line with Square Marker)
Bank Sta	(Red Circle)

IN04 AO
RS = 115



Legend	
EG PF 2	(Dashed Green Line)
WS PF 2	(Solid Blue Line)
Ground	(Solid Black Line with Square Marker)
Levee	(Pink Line with Square Marker)
Bank Sta	(Red Circle)

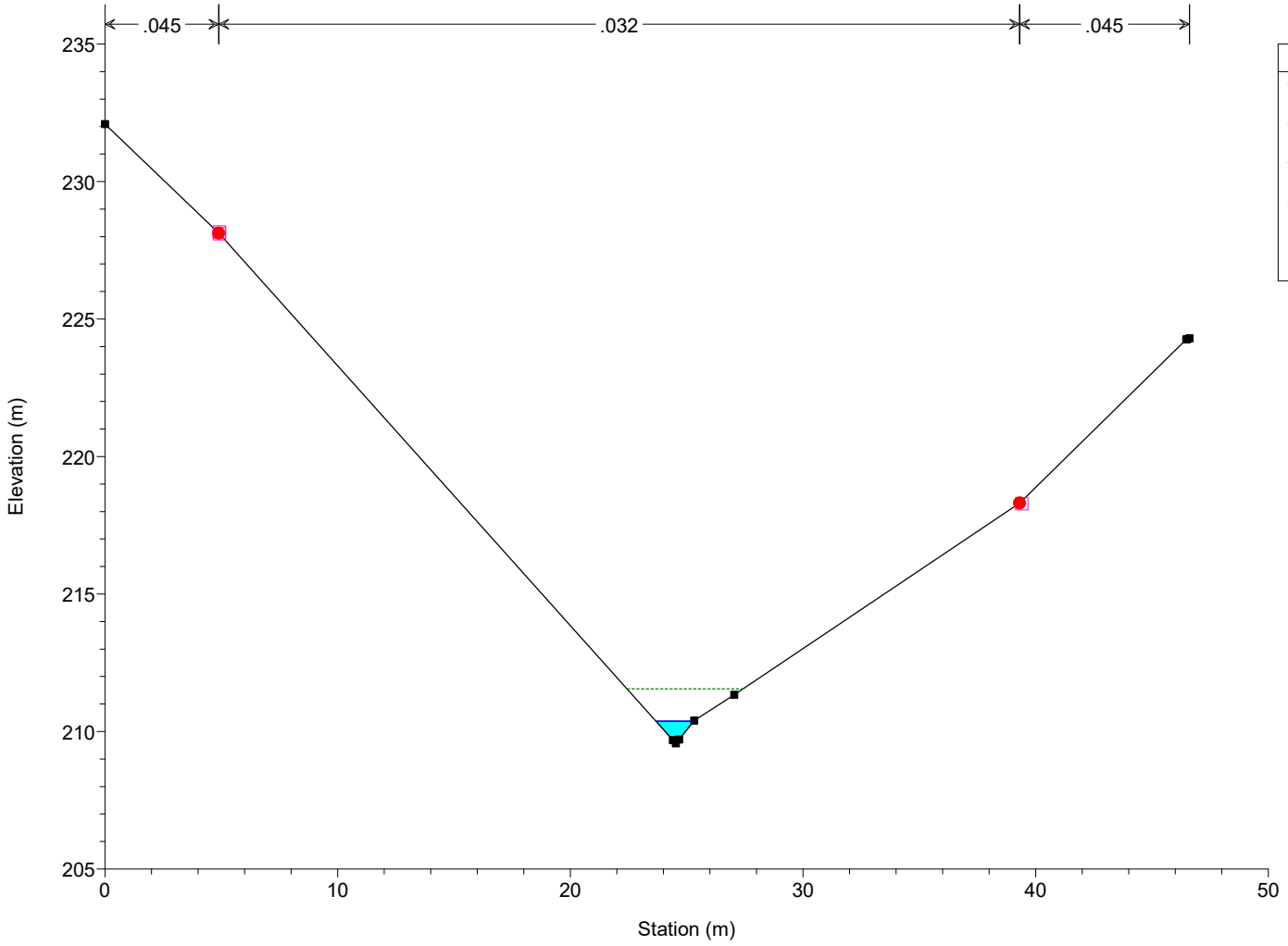
IN04 AO
RS = 114



Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

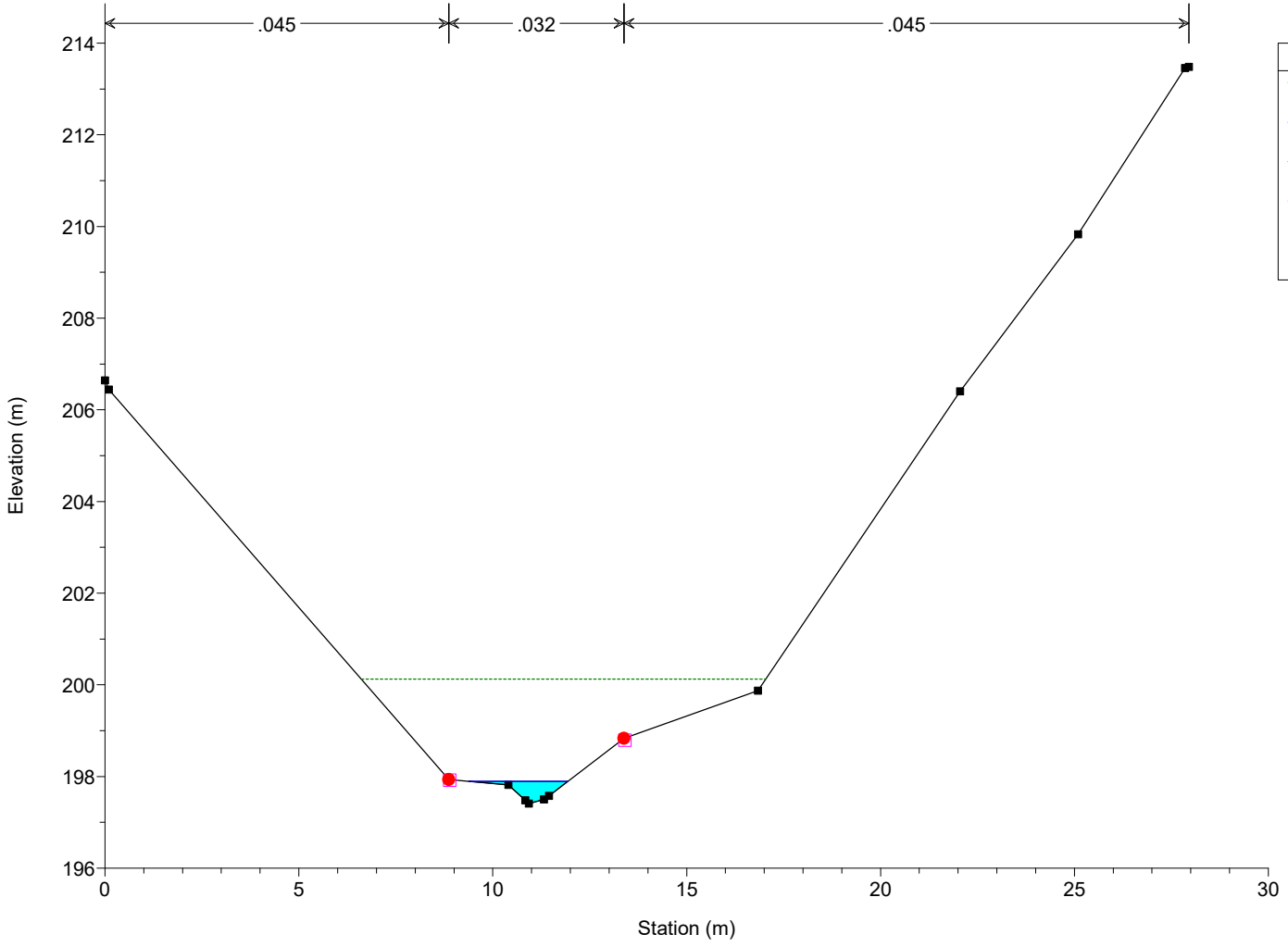
IN04 AO
RS = 113



Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

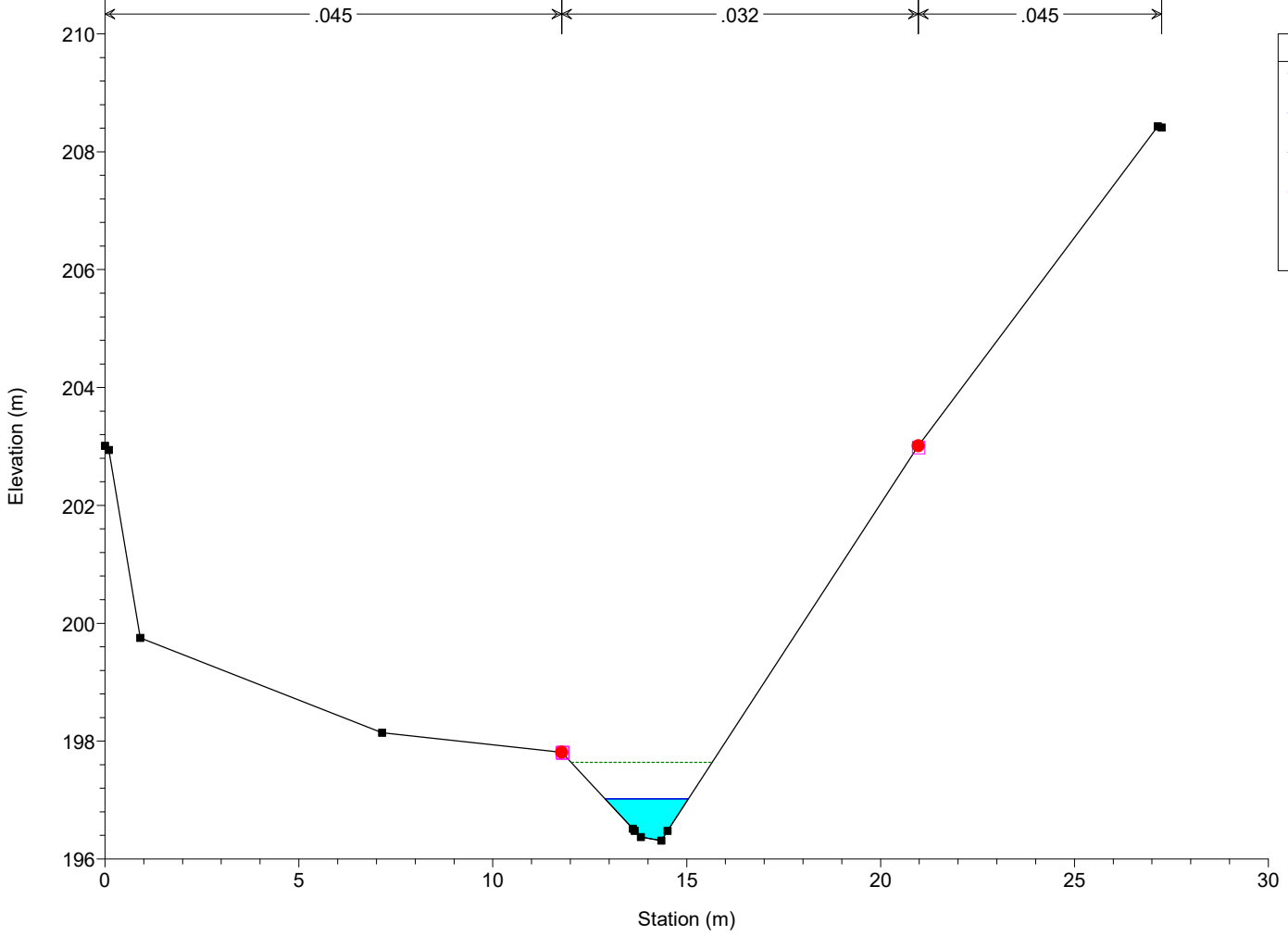
IN04 AO
RS = 112



Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

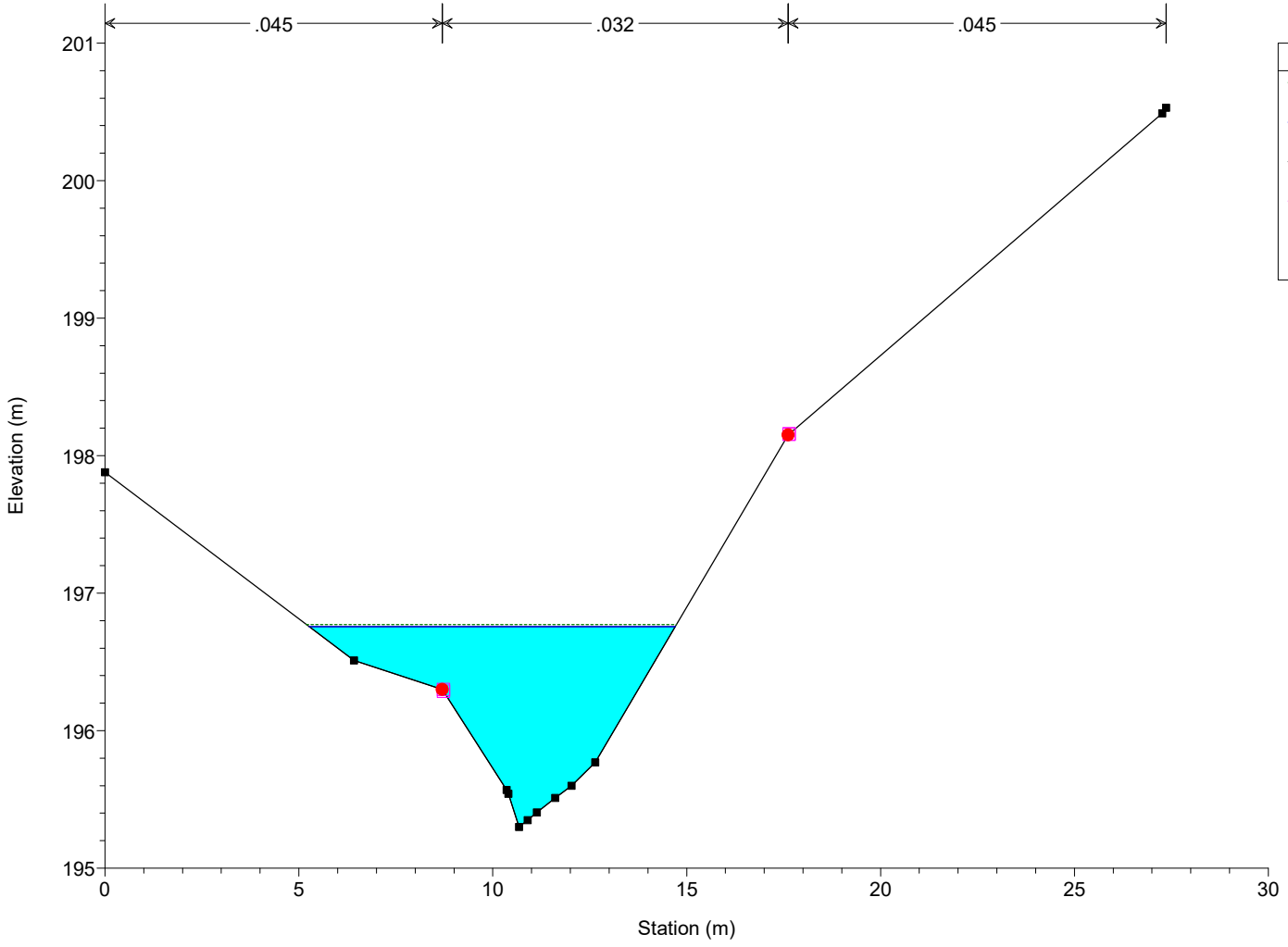
IN04 AO
RS = 111



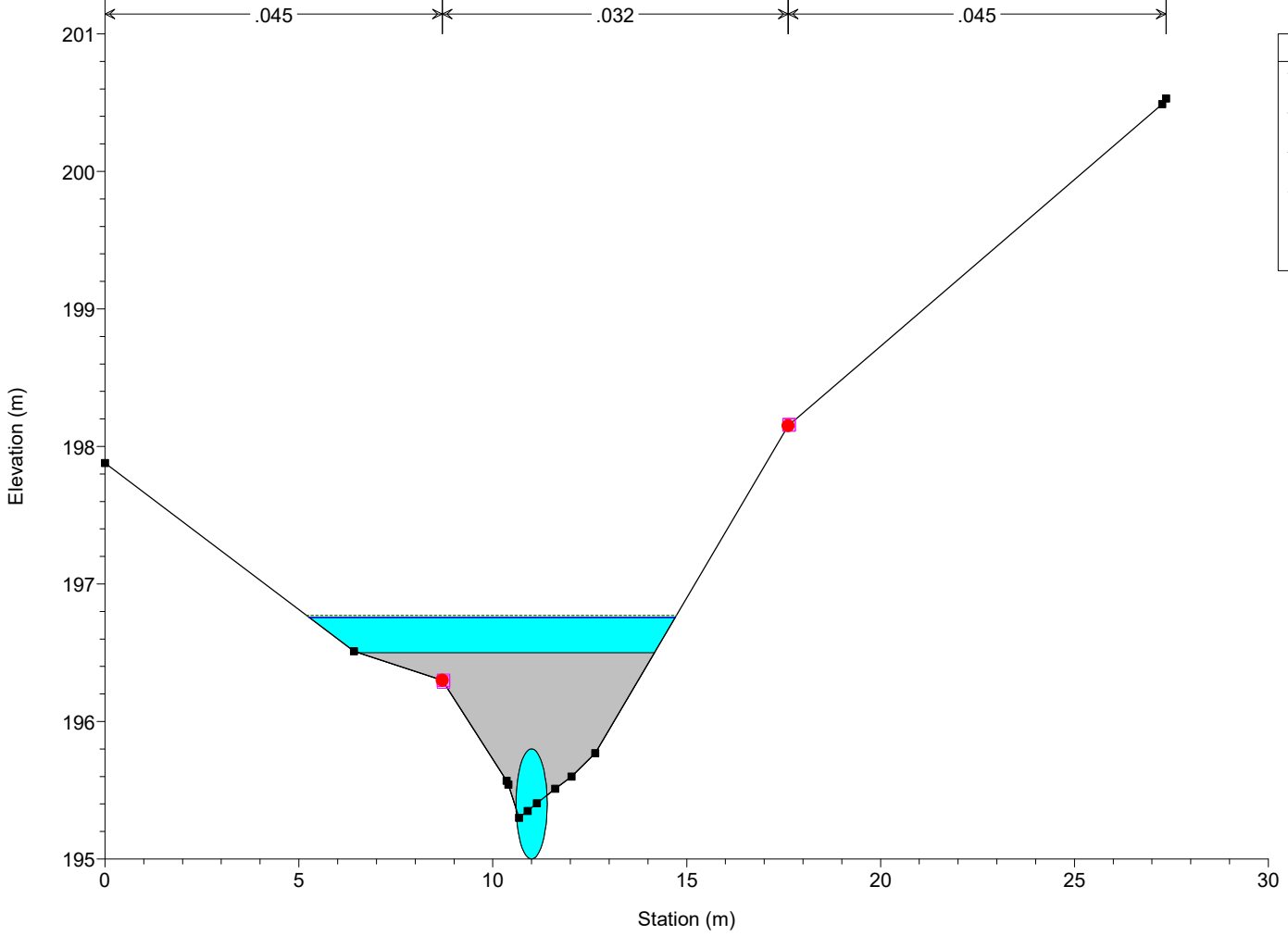
Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

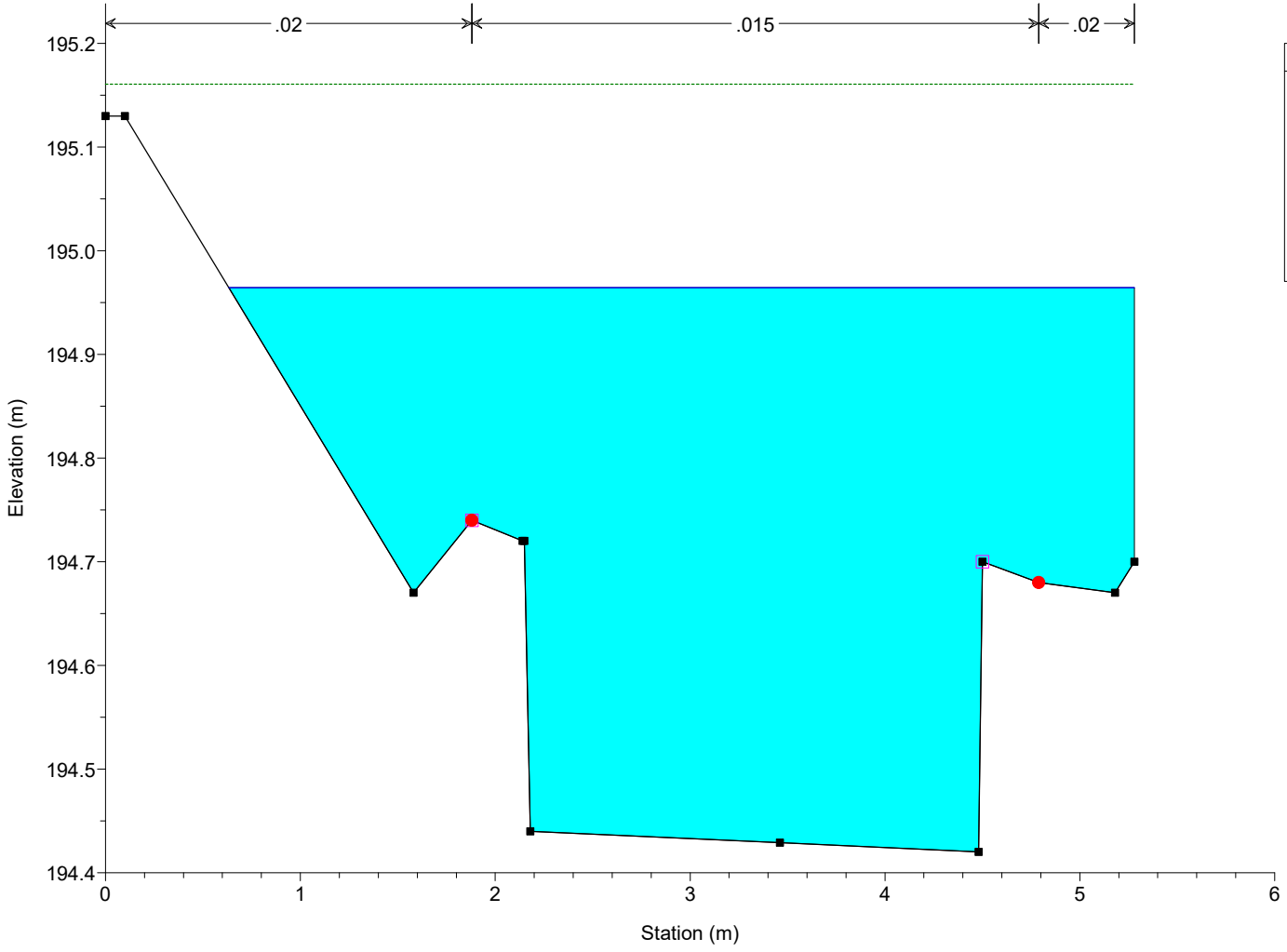
IN04 AO
RS = 110



IN04 AO
RS = 109.9 Culv



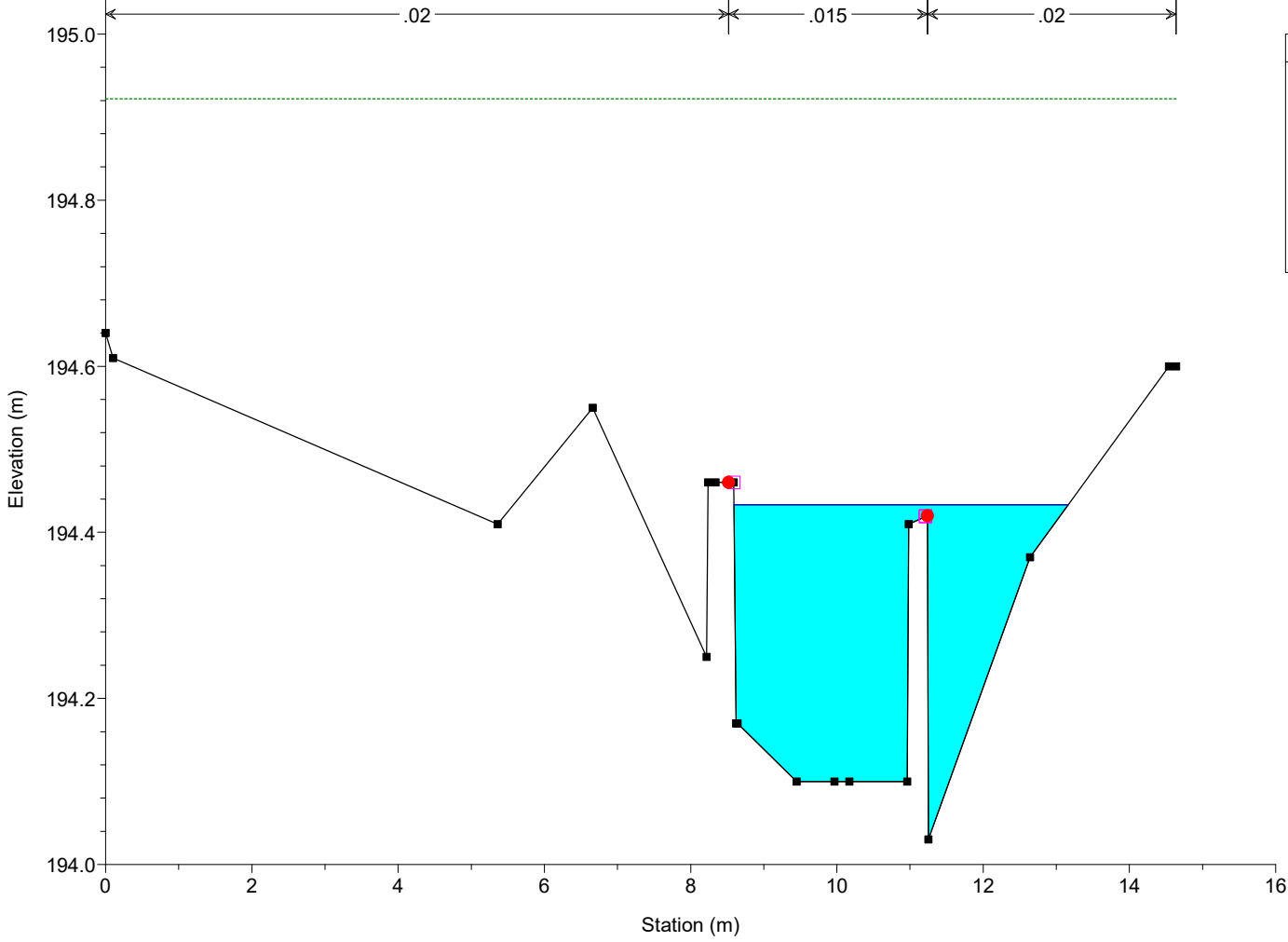
IN04 AO
RS = 108



Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

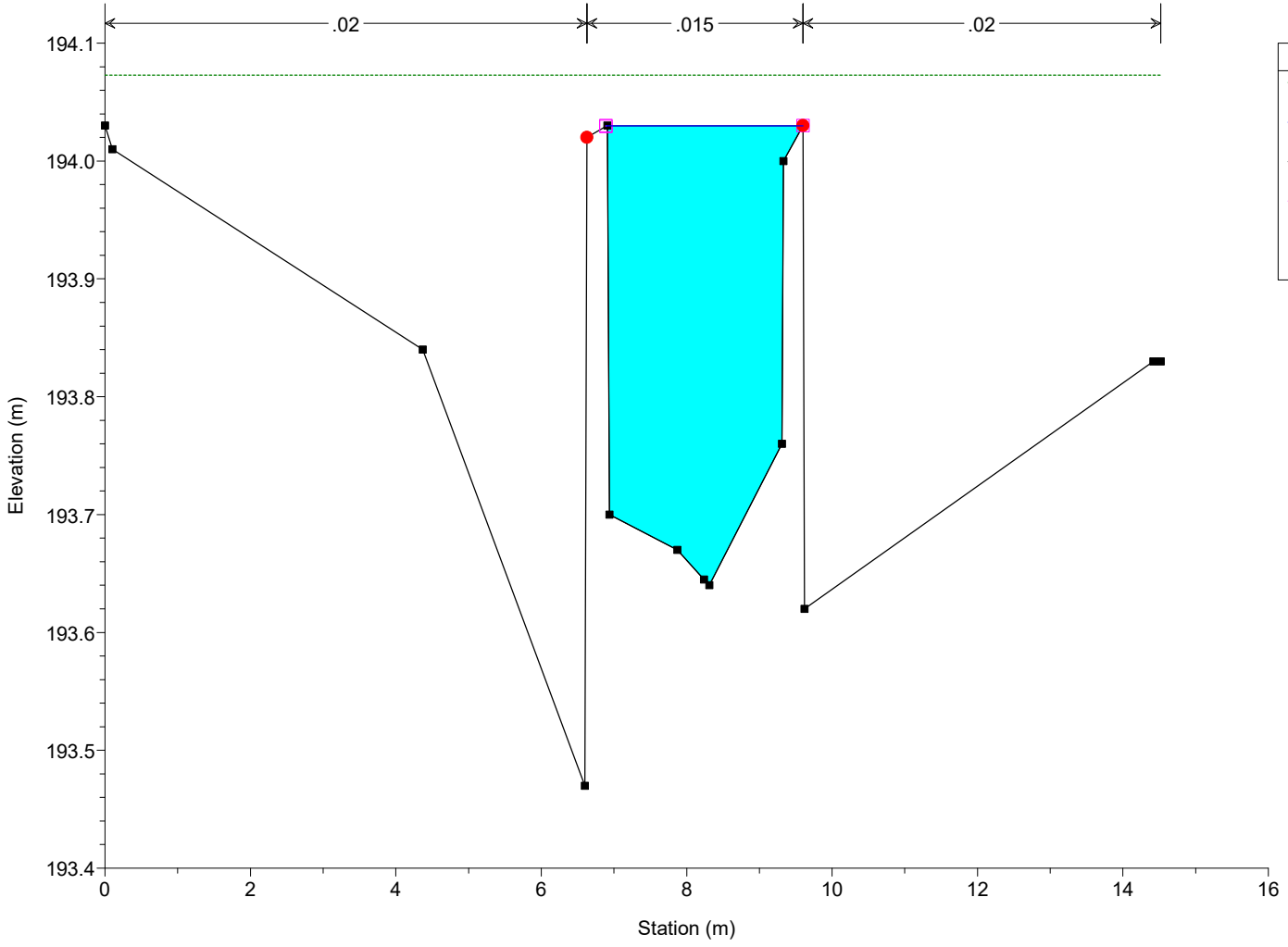
IN04 AO
RS = 107



Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

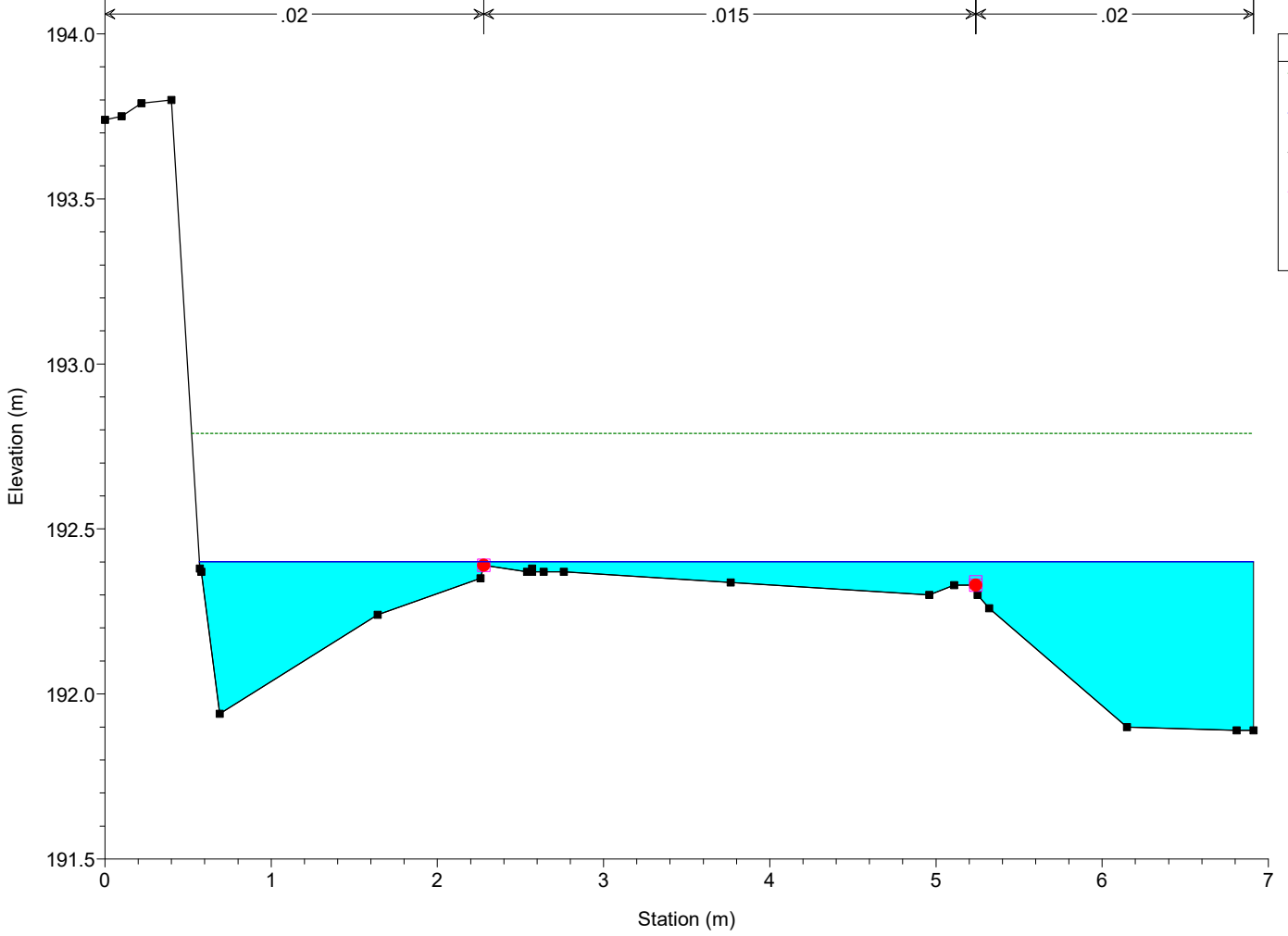
IN04 AO
RS = 106



Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

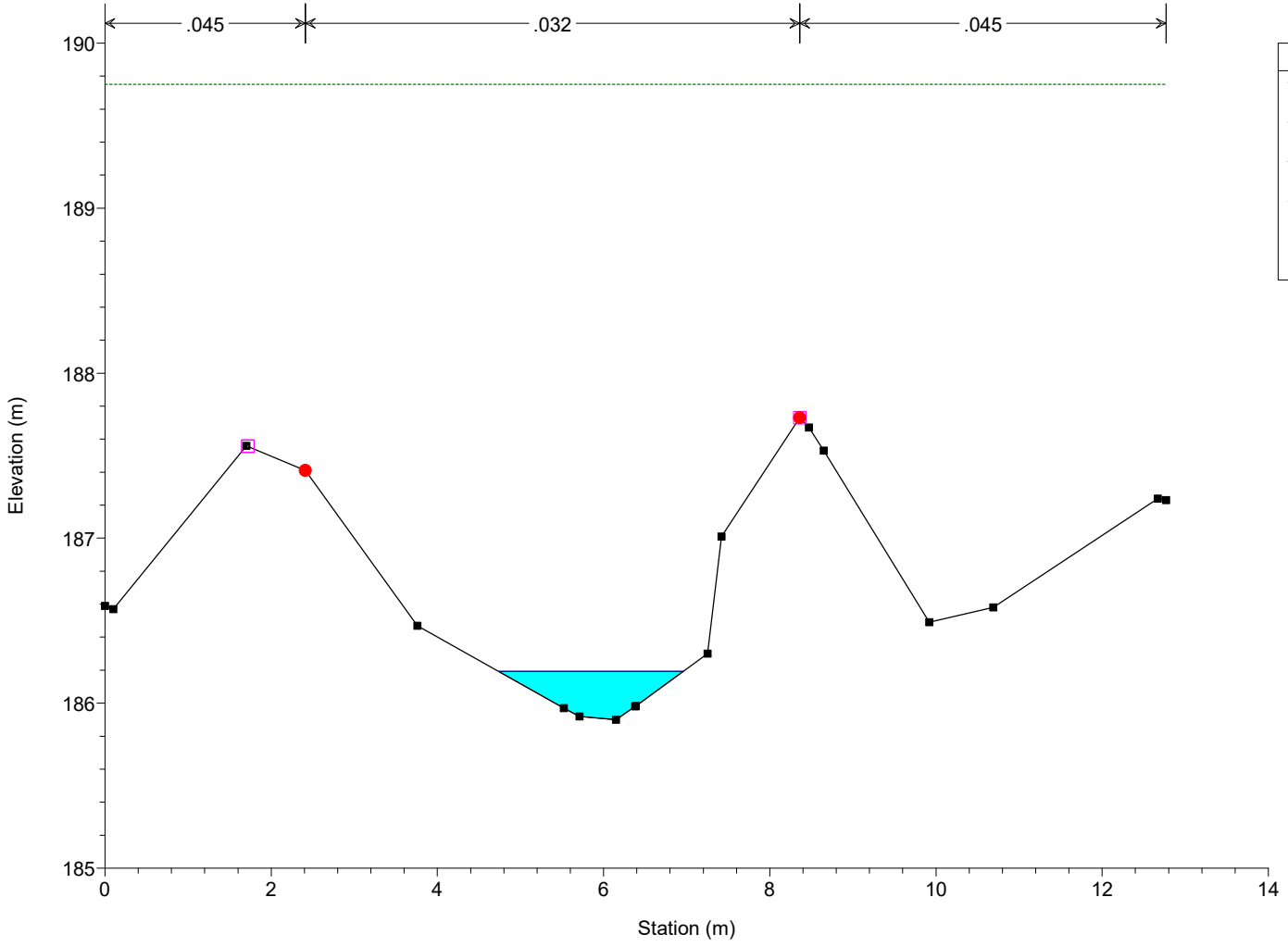
IN04 AO
RS = 105



Legend

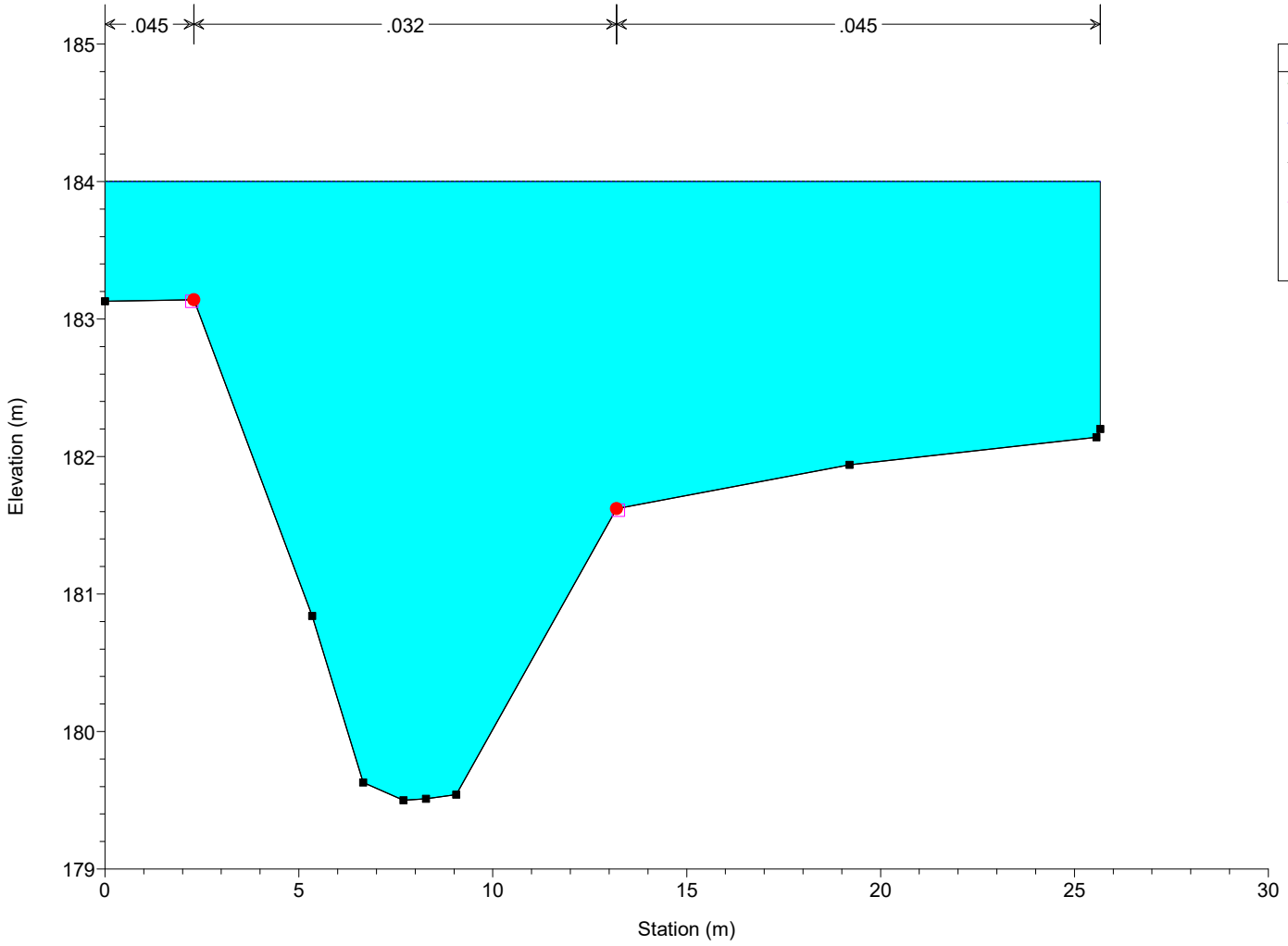
- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

IN04 AO
RS = 104



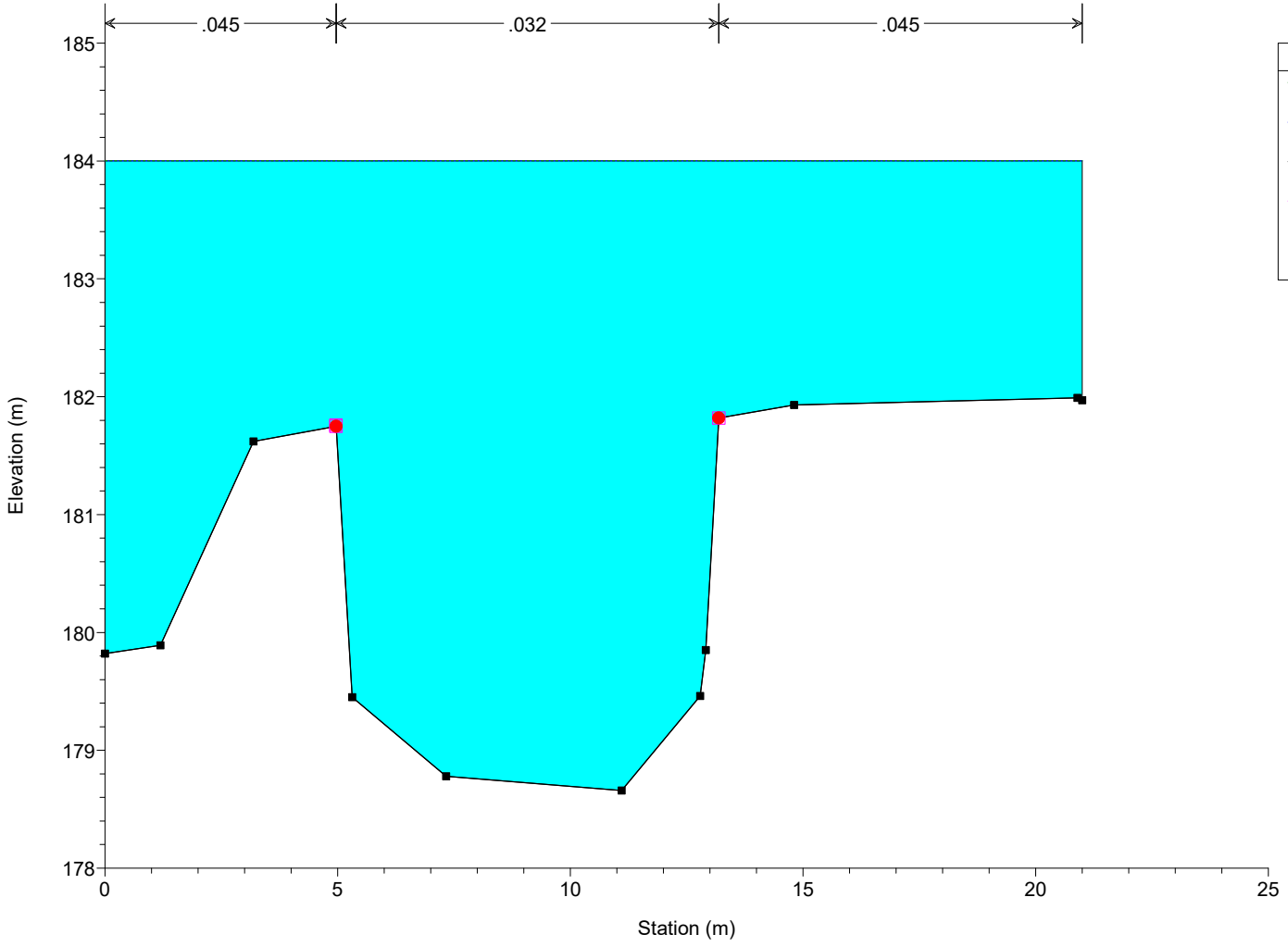
Legend	
EG PF 2	-----
WS PF 2	-----
Ground	—■—
Levee	—□—
Bank Sta	●

IN04 AO
RS = 103



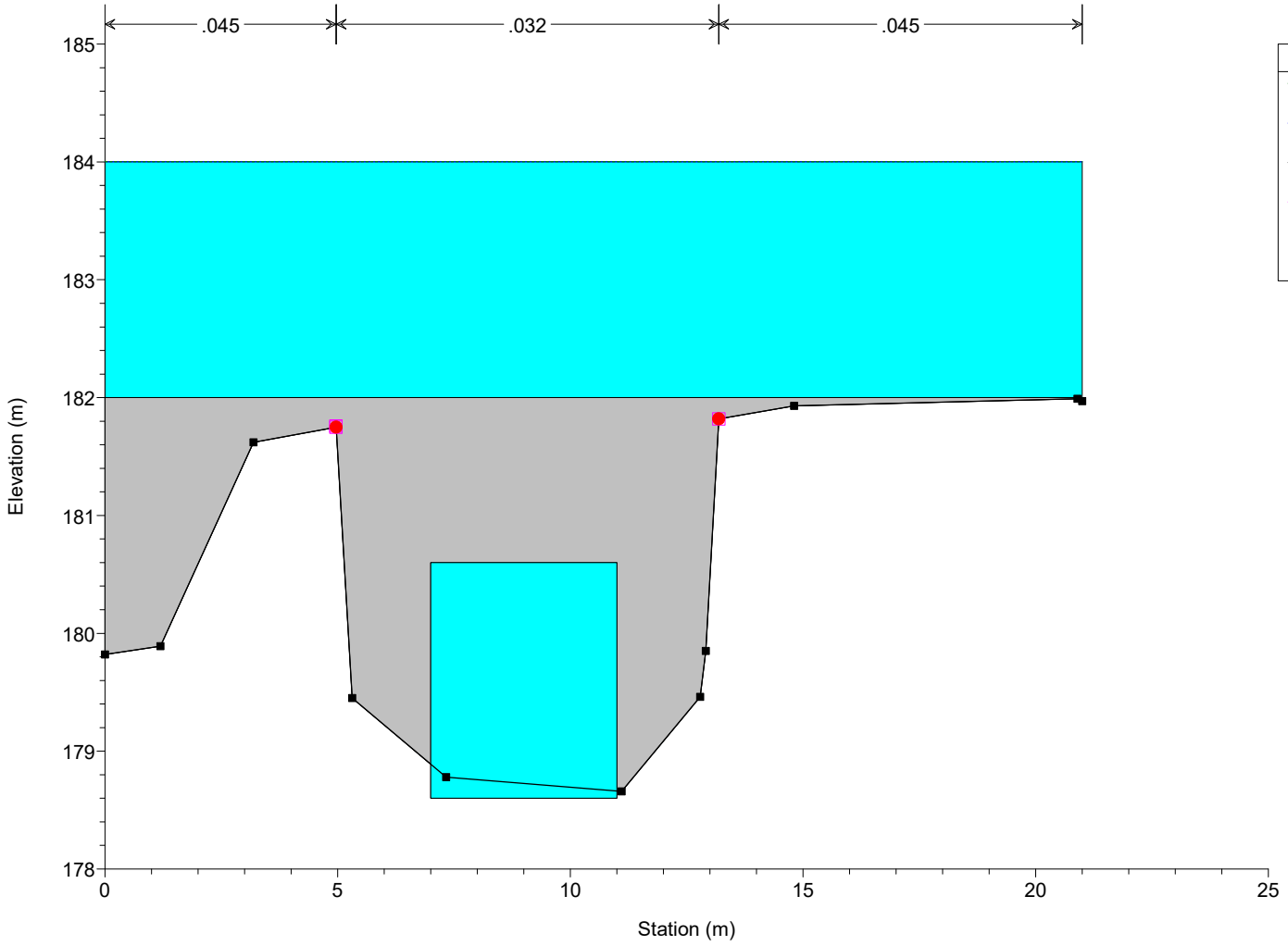
Legend	
EG PF 2	-----
WS PF 2	-----
Ground	—■—
Levee	—□—
Bank Sta	●

IN04 AO
RS = 102



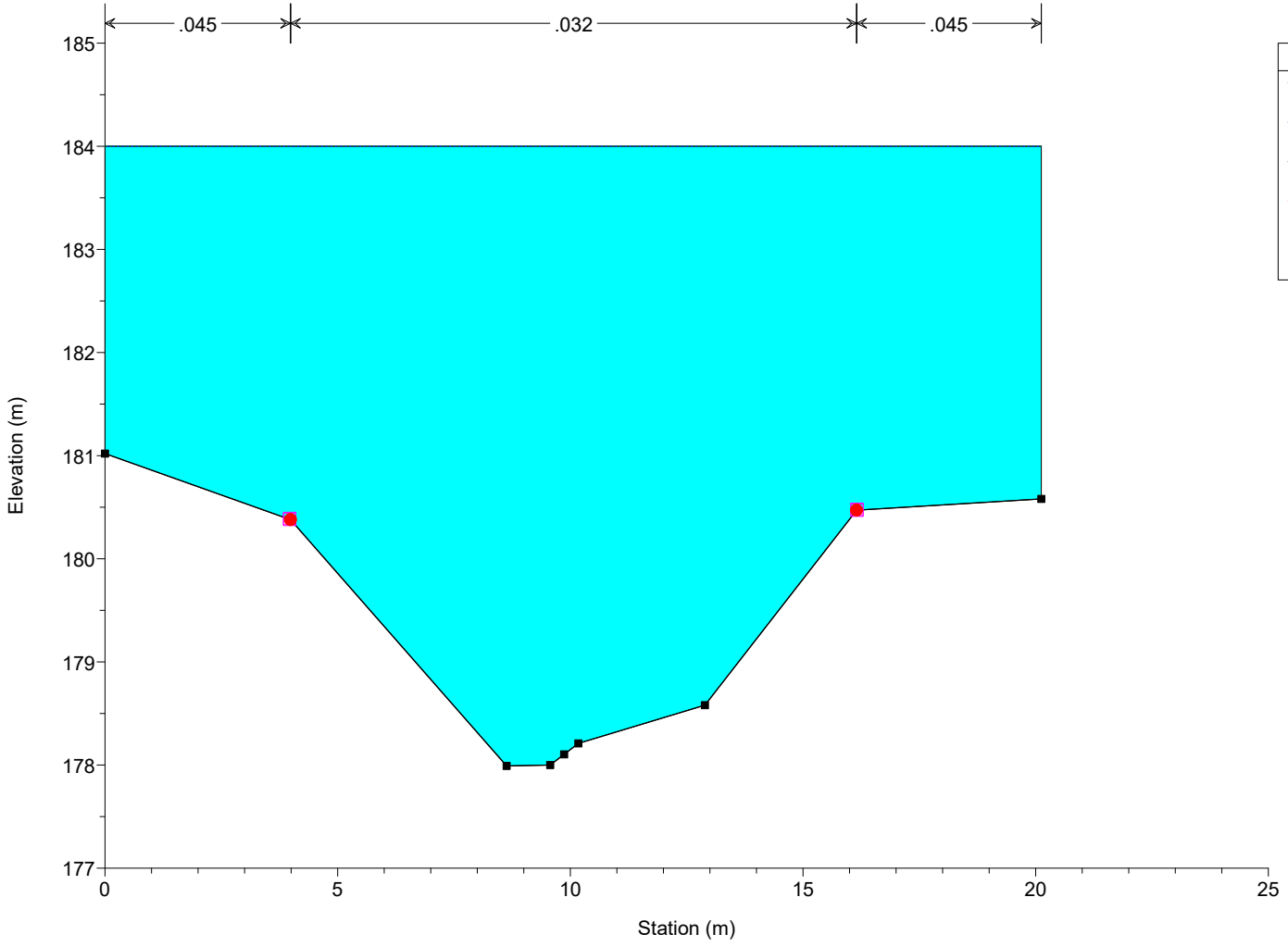
Legend	
EG PF 2	-----
WS PF 2	-----
Ground	-----■
Levee	-----□
Bank Sta	-----●

IN04 AO
RS = 101.9 Culv



Legend	
EG PF 2	-----
WS PF 2	-----
Ground	-----■
Levee	-----□
Bank Sta	-----●

IN04 AO
RS = 101

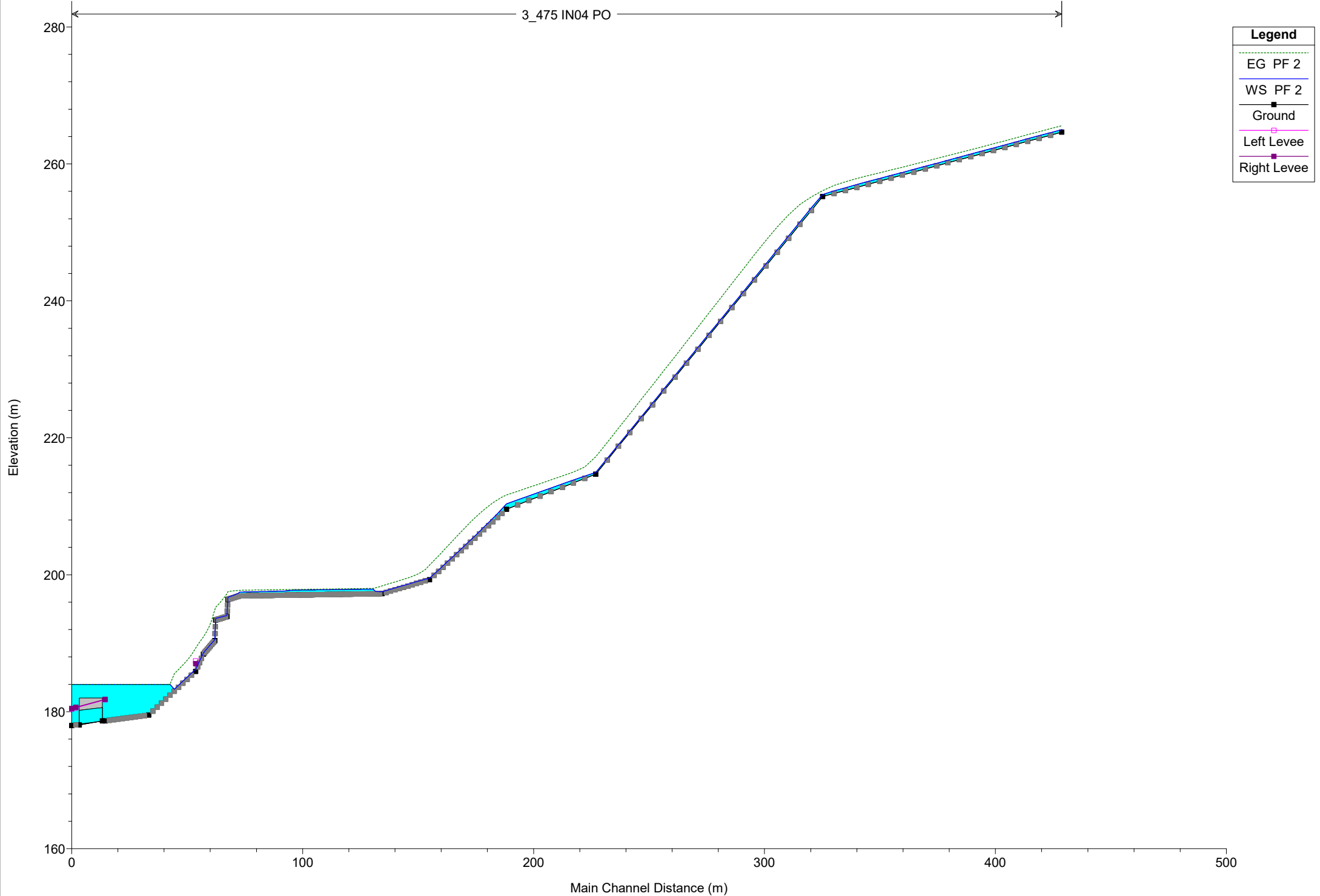


Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Levee
- Bank Sta

IN04PO

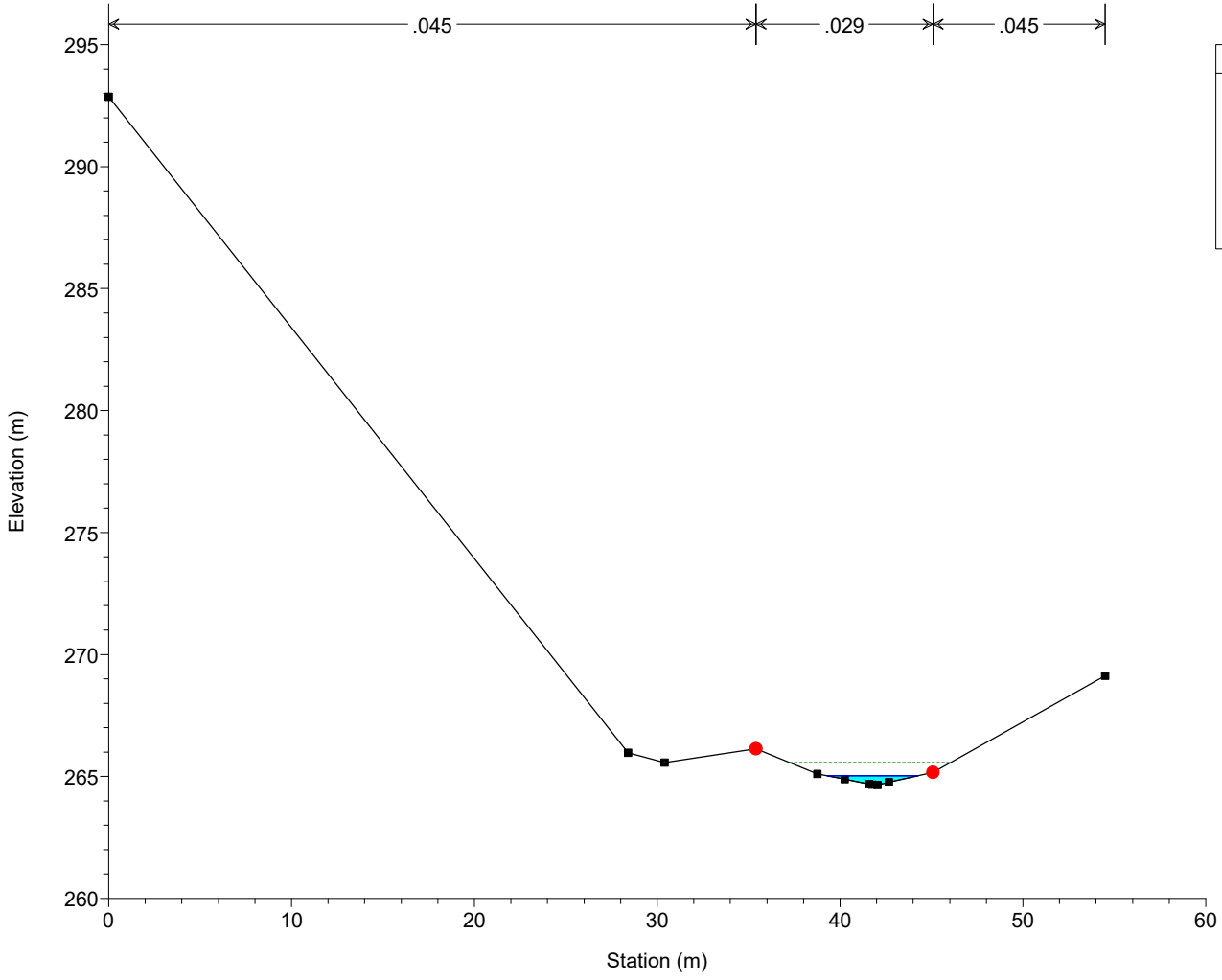
3_475 IN04 PO



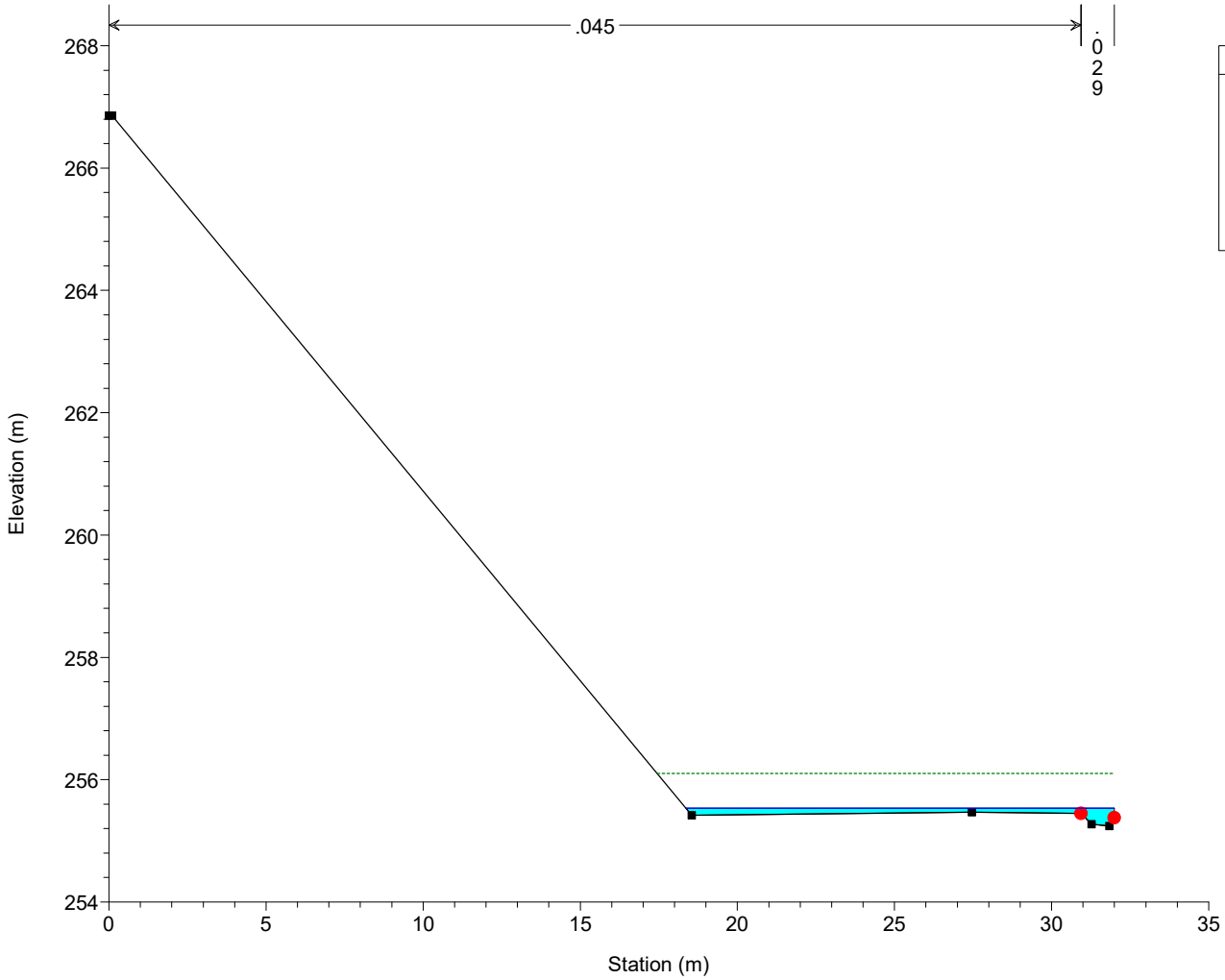
Legend

- EG PF 2
- WS PF 2
- Ground
- Left Levee
- Right Levee

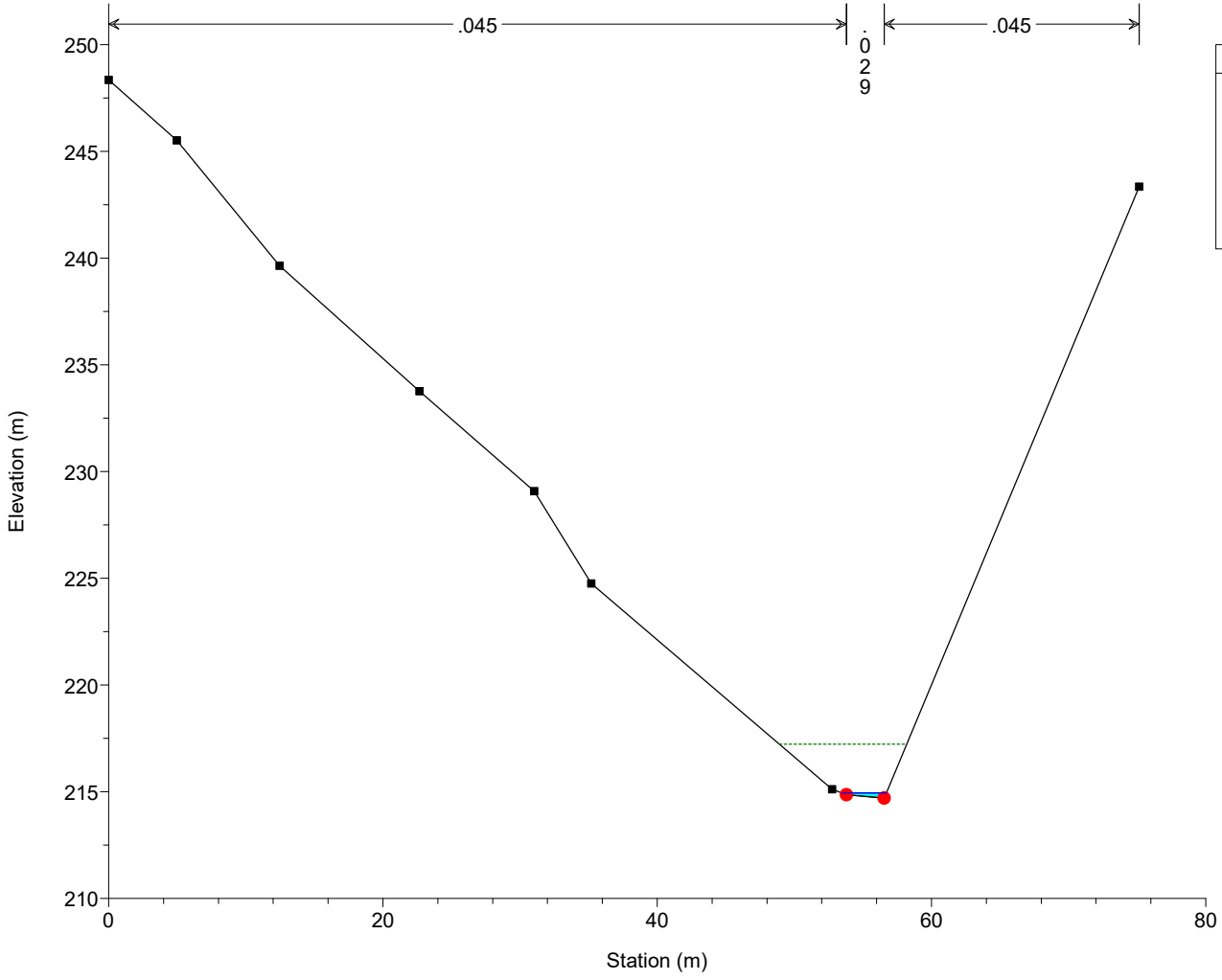
IN04PO
RS = 122



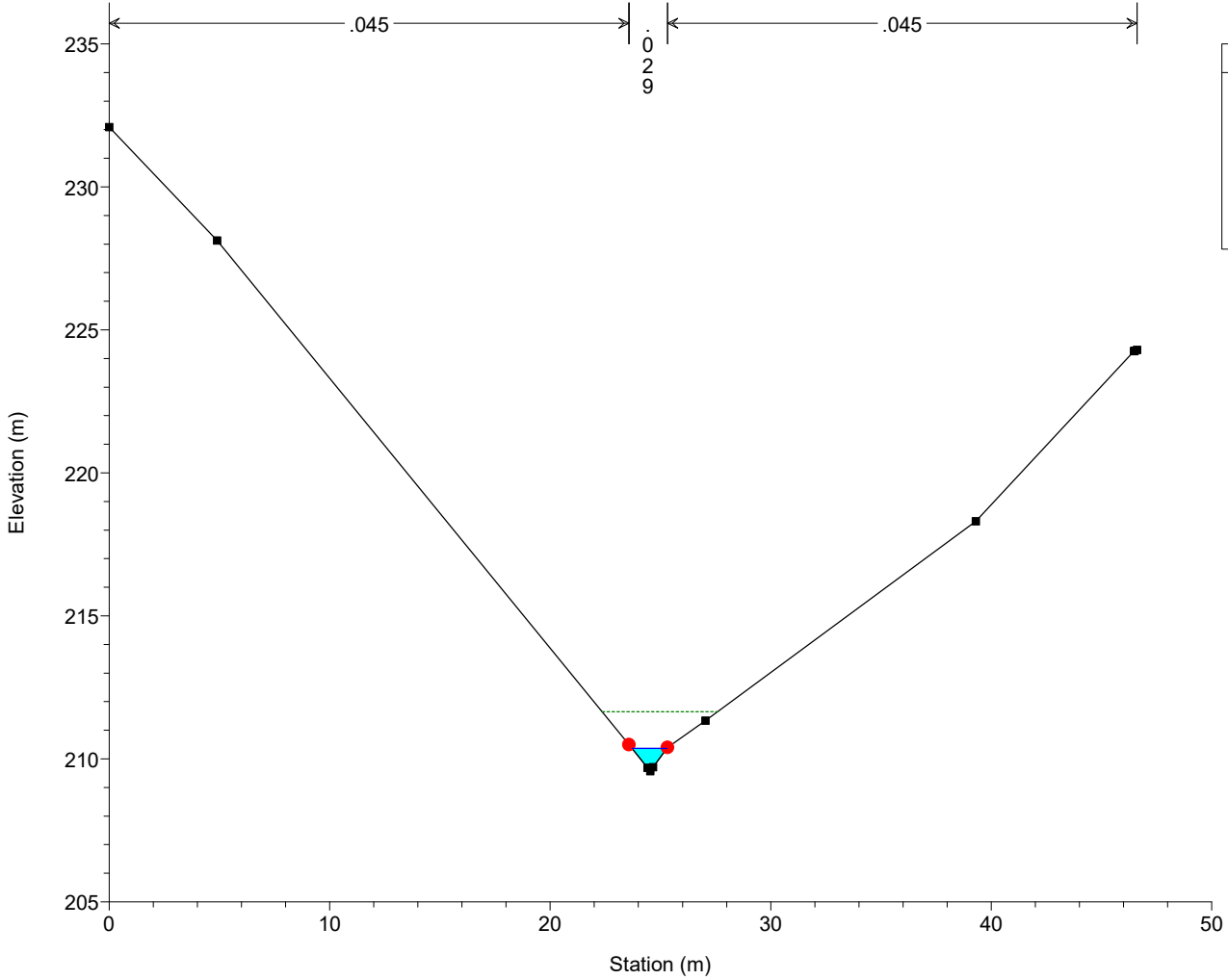
IN04PO
RS = 121



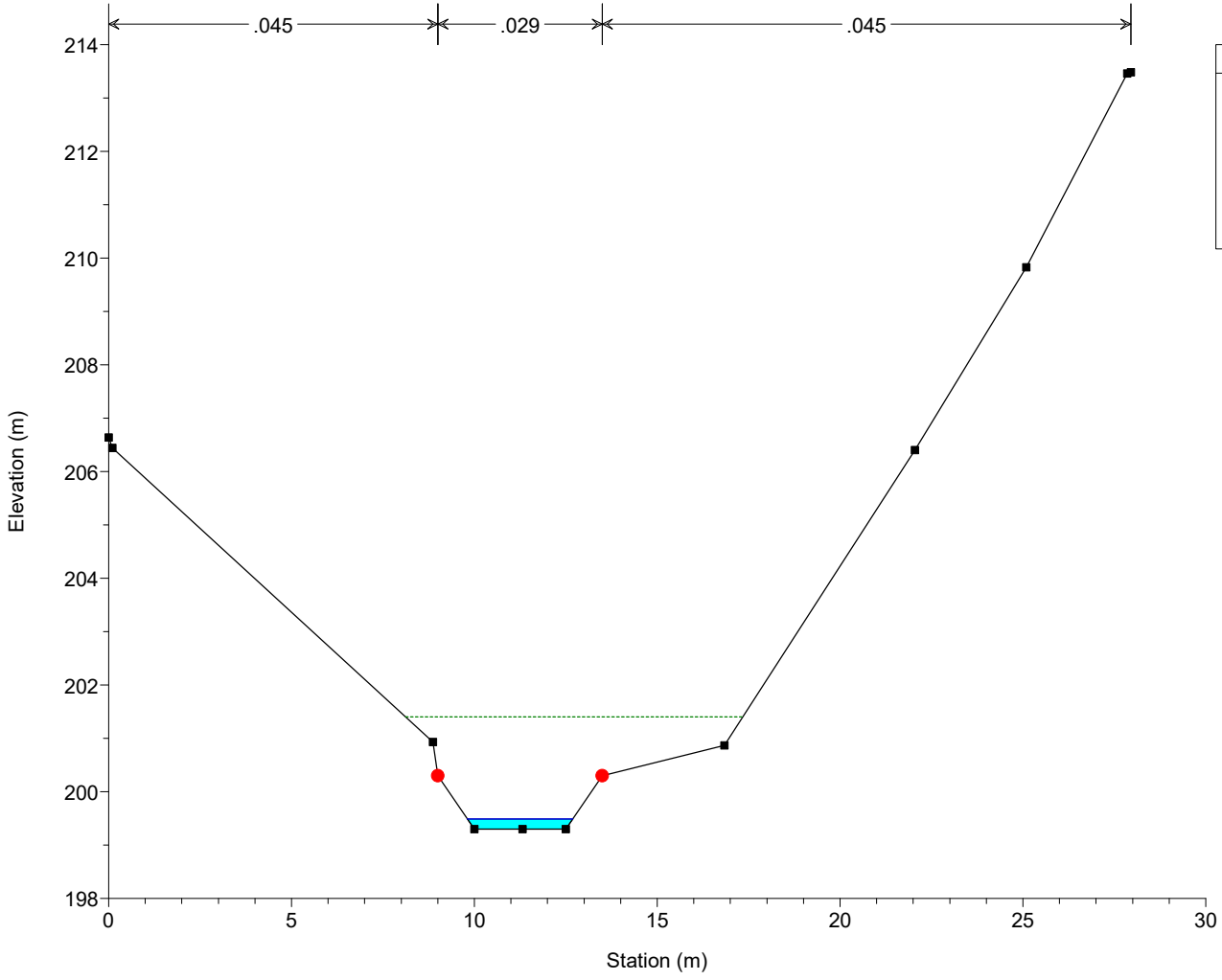
IN04PO
RS = 120



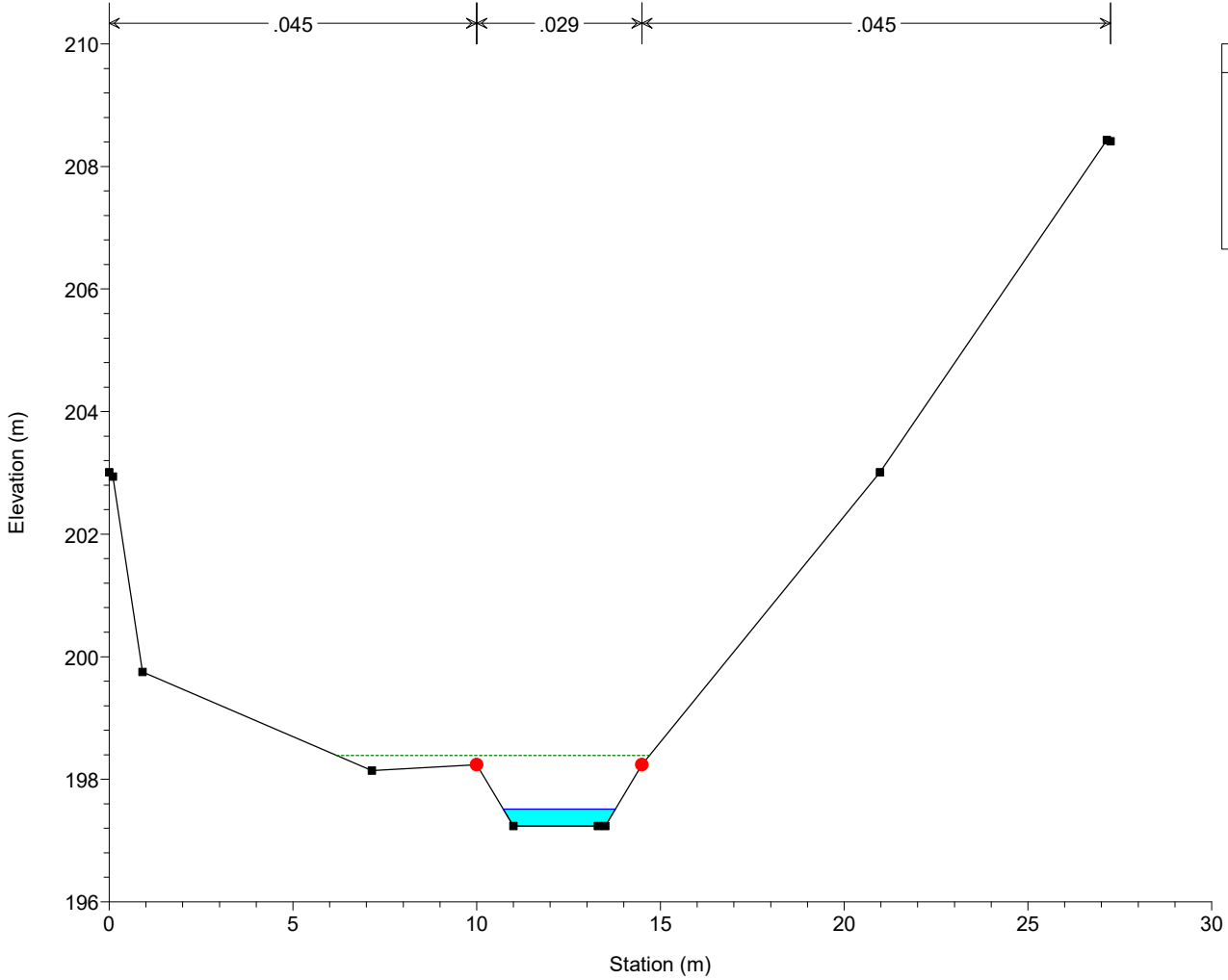
IN04PO
RS = 119



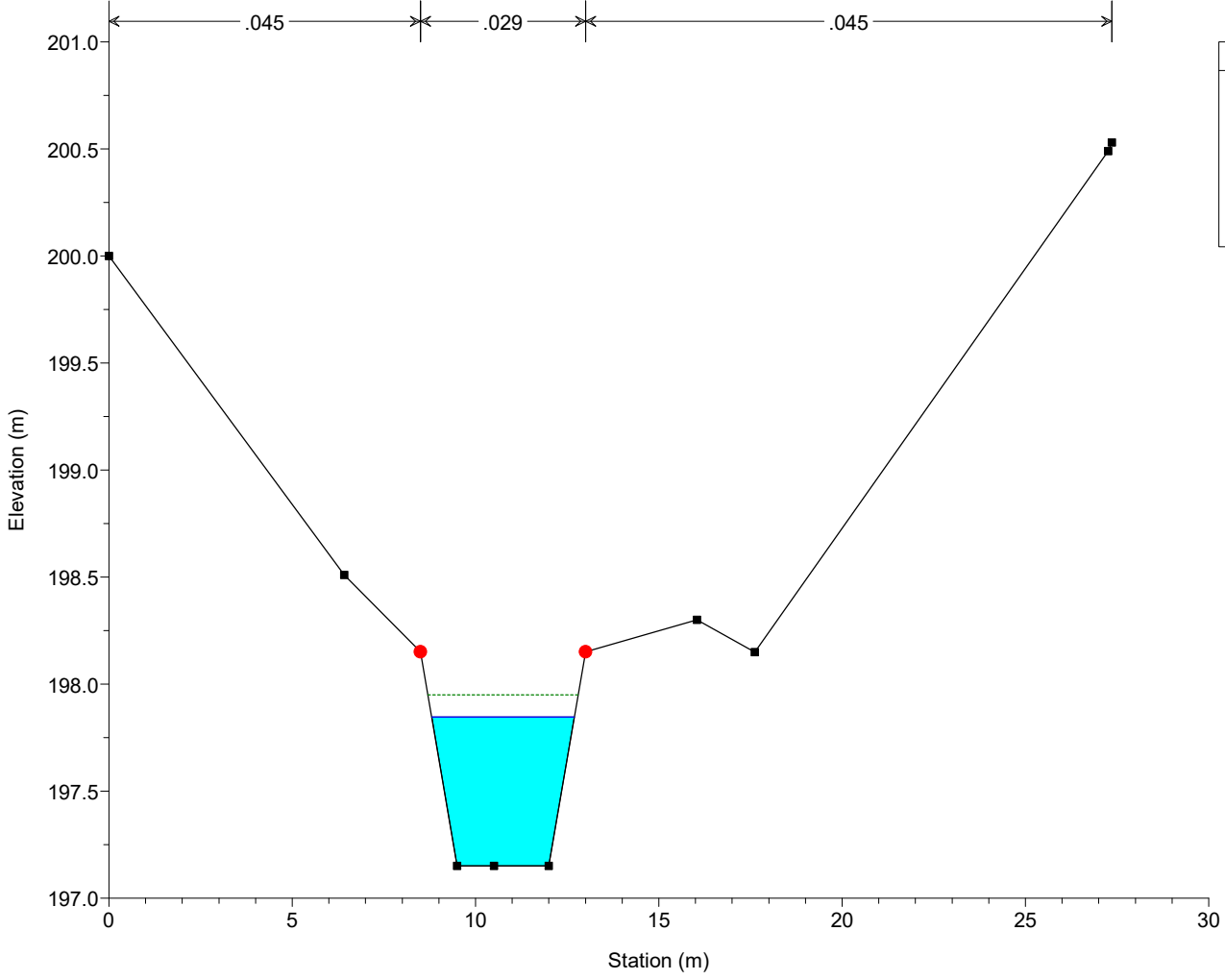
IN04PO
RS = 118



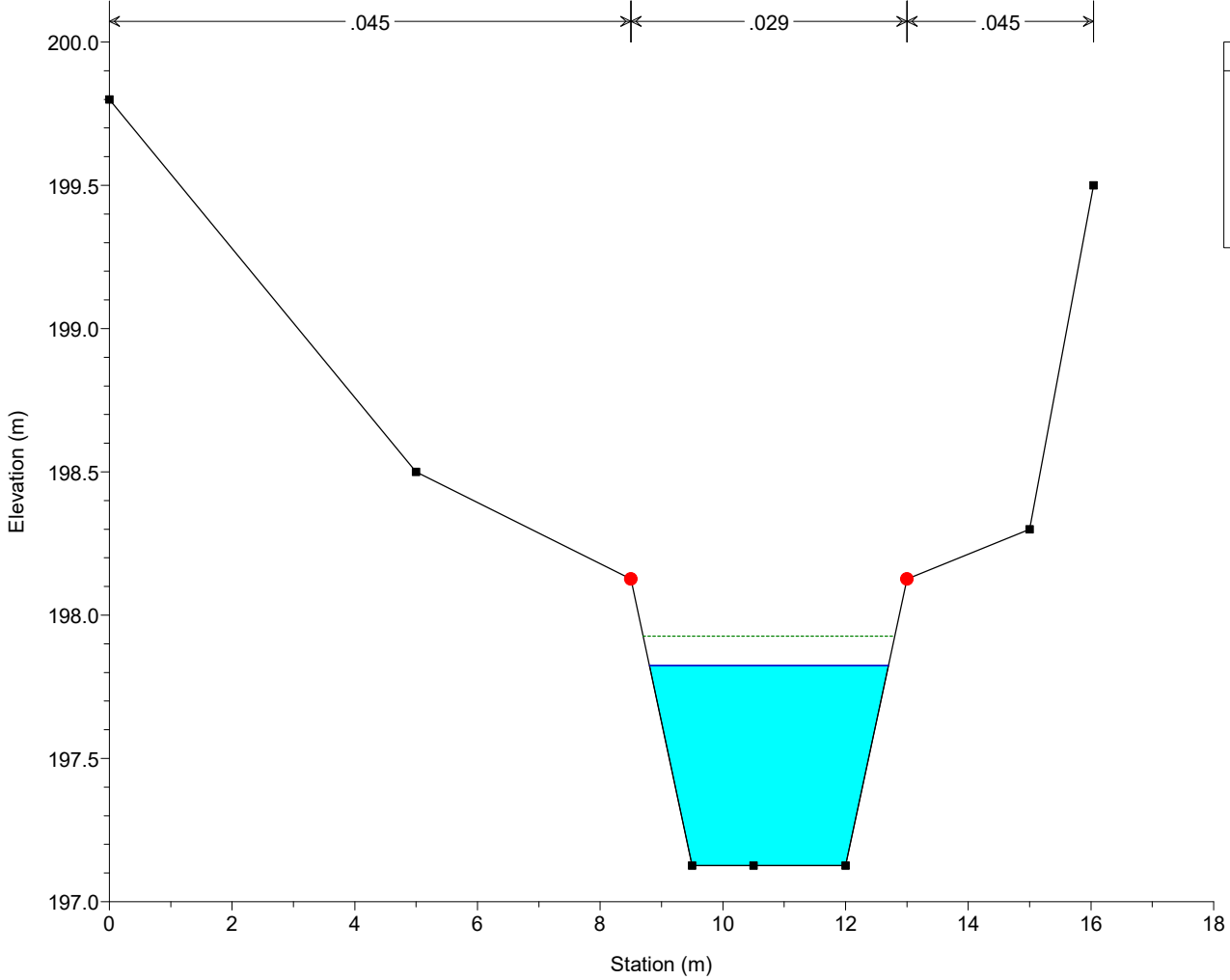
IN04PO
RS = 117



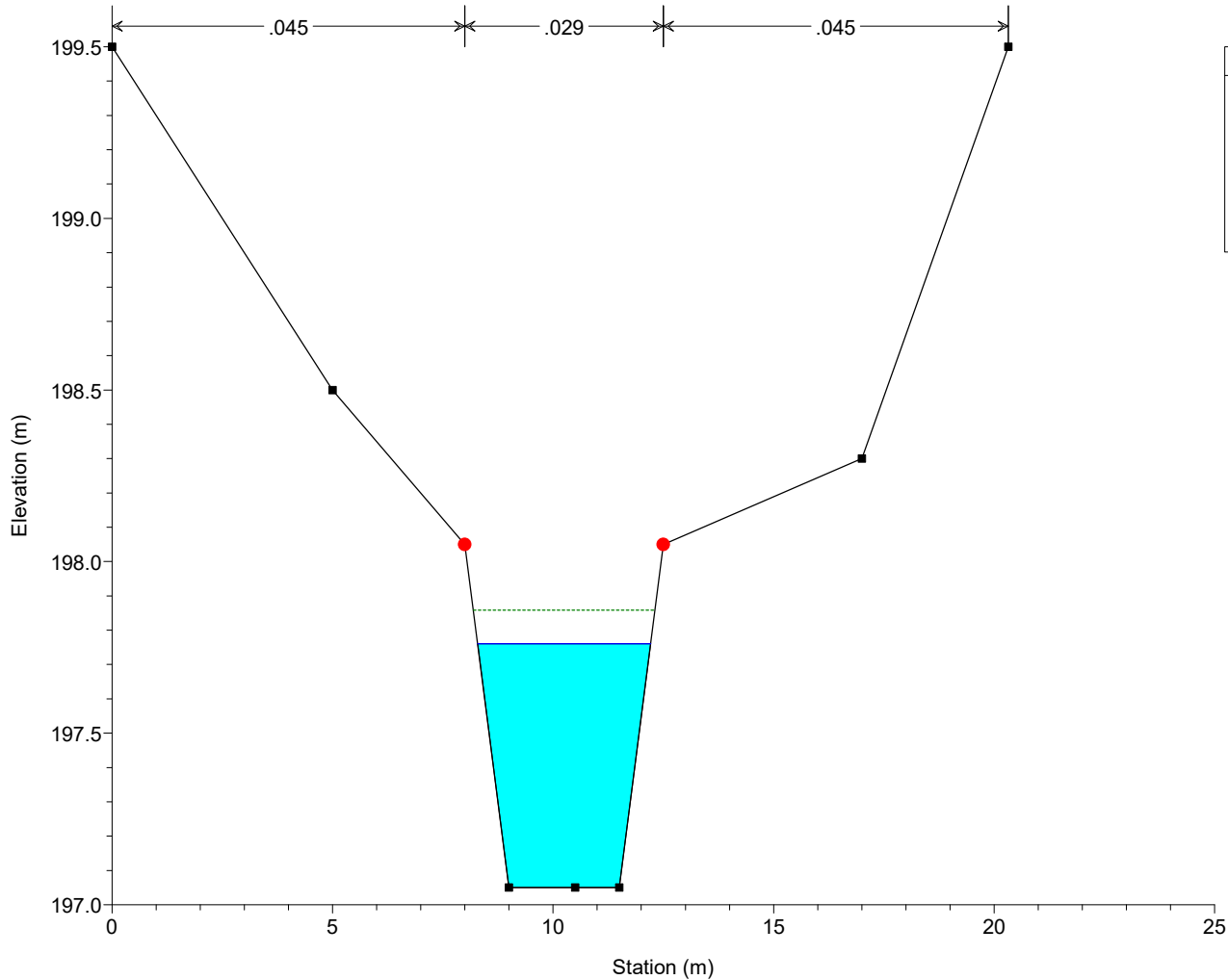
IN04PO
RS = 116



IN04PO
RS = 115

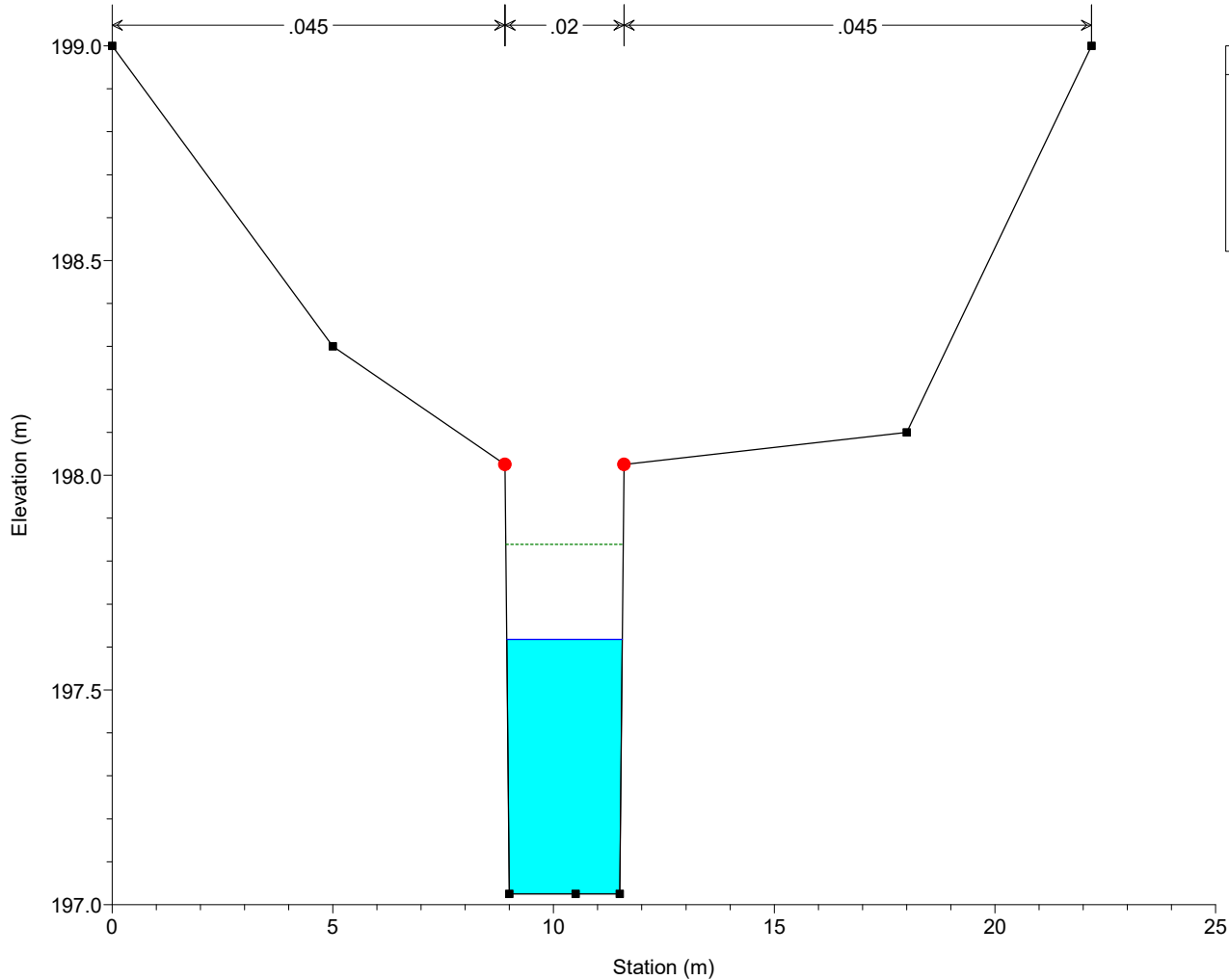


IN04PO
RS = 114



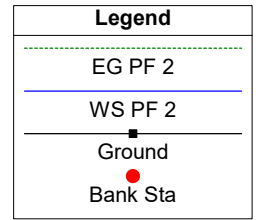
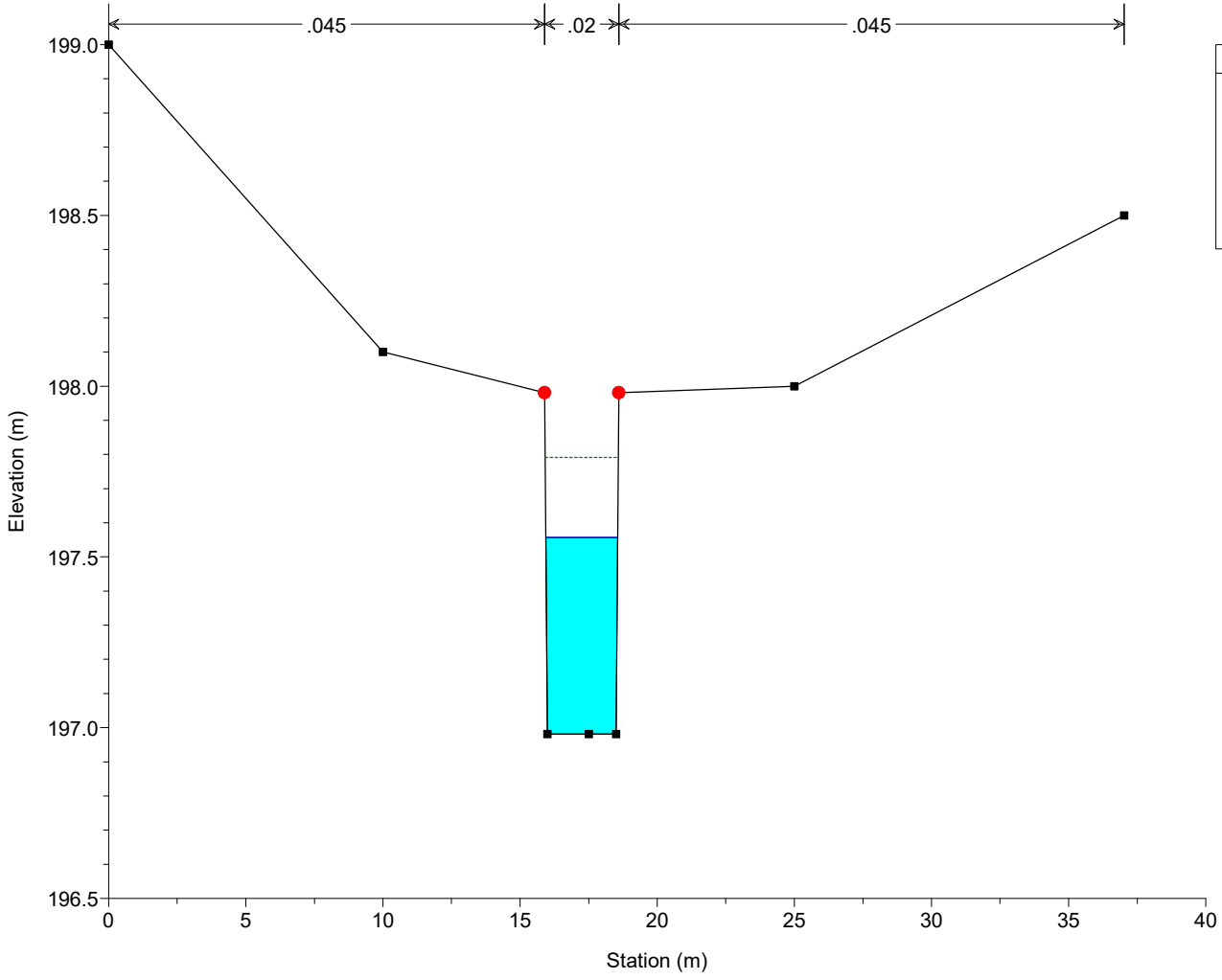
Legend	
EG PF 2	-----
WS PF 2	-----
Ground	-----■
Bank Sta	-----●

IN04PO
RS = 113

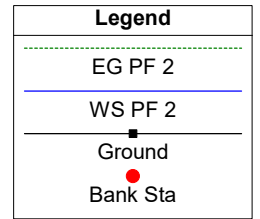
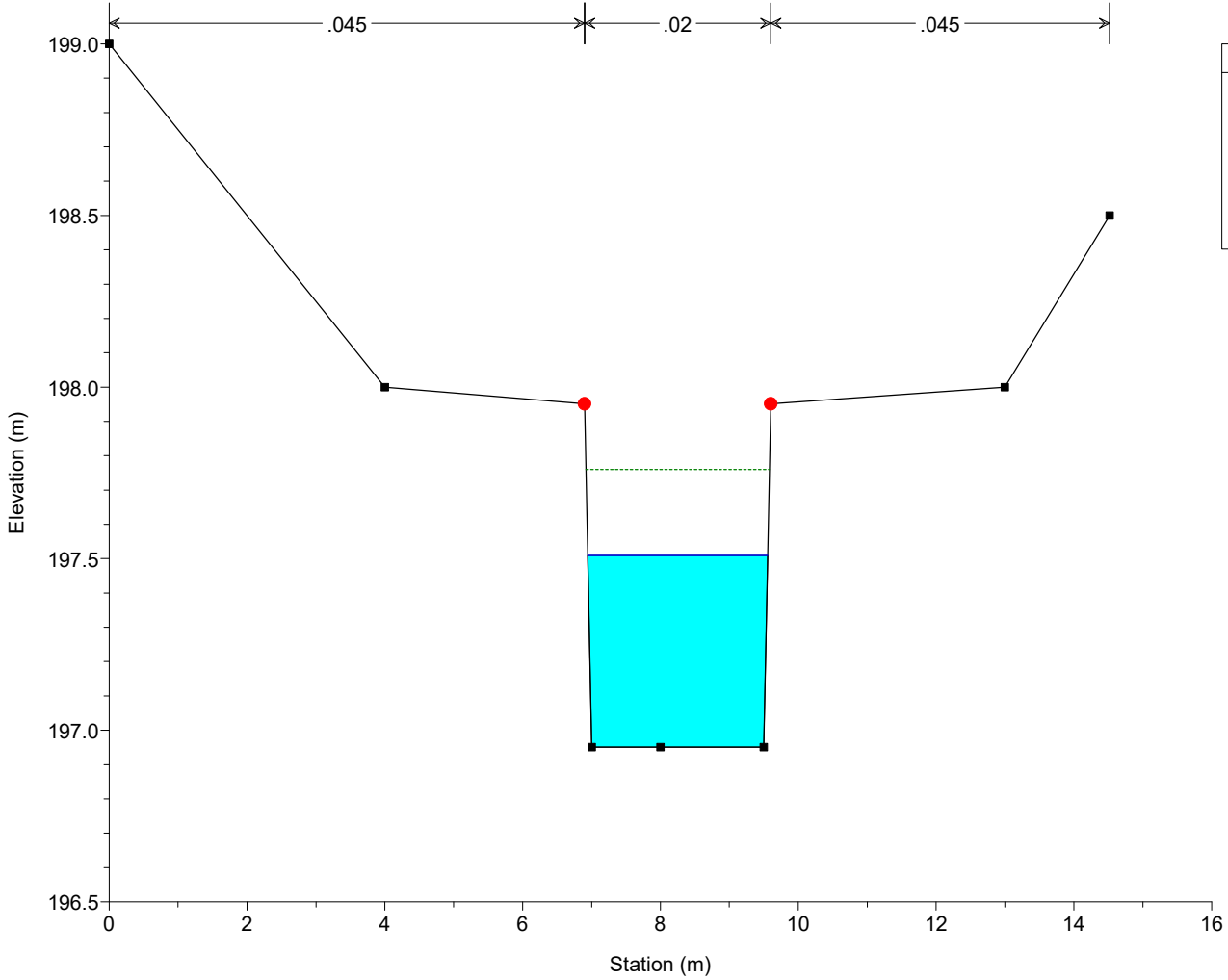


Legend	
EG PF 2	-----
WS PF 2	-----
Ground	-----■
Bank Sta	-----●

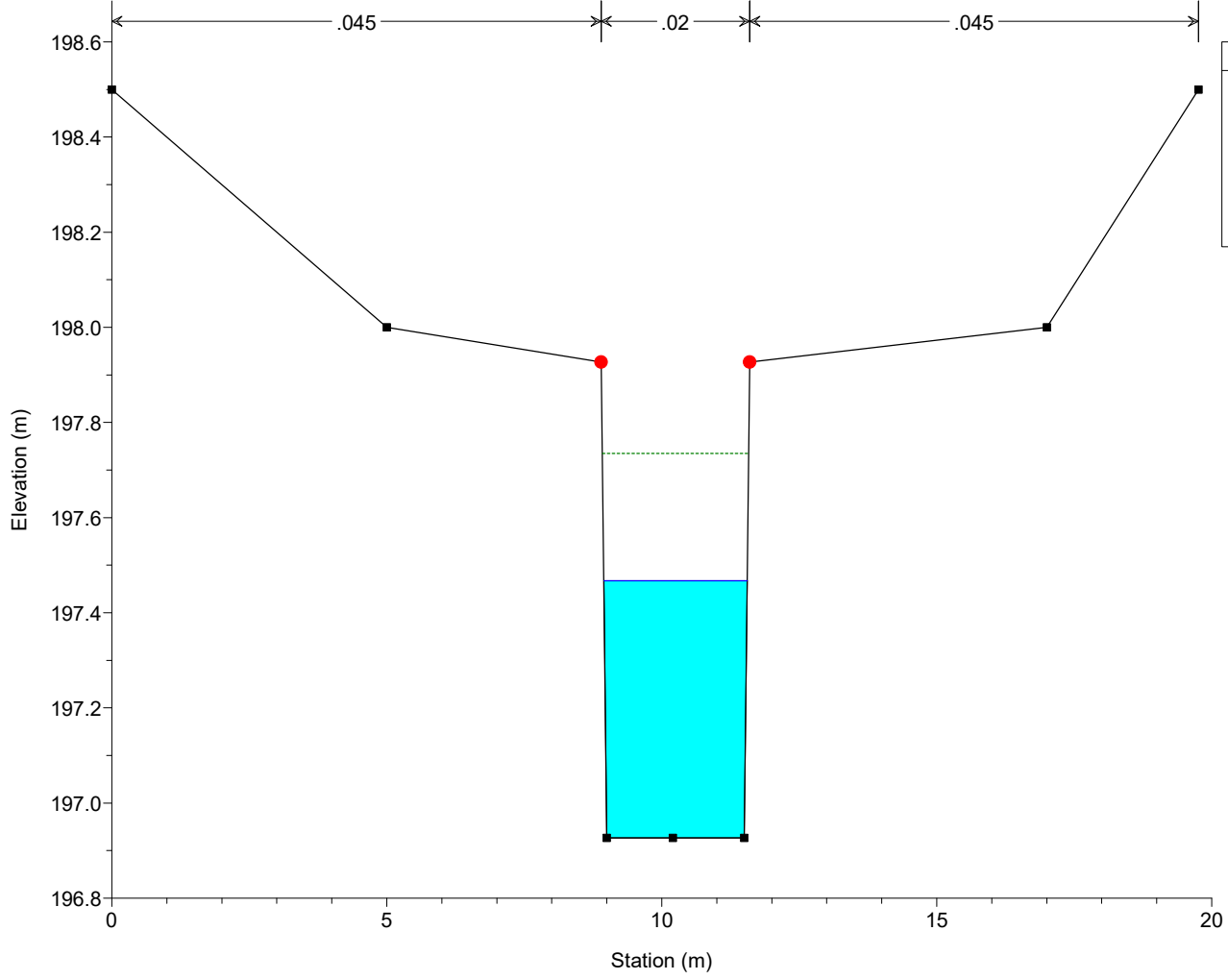
IN04PO
RS = 112



IN04PO
RS = 111

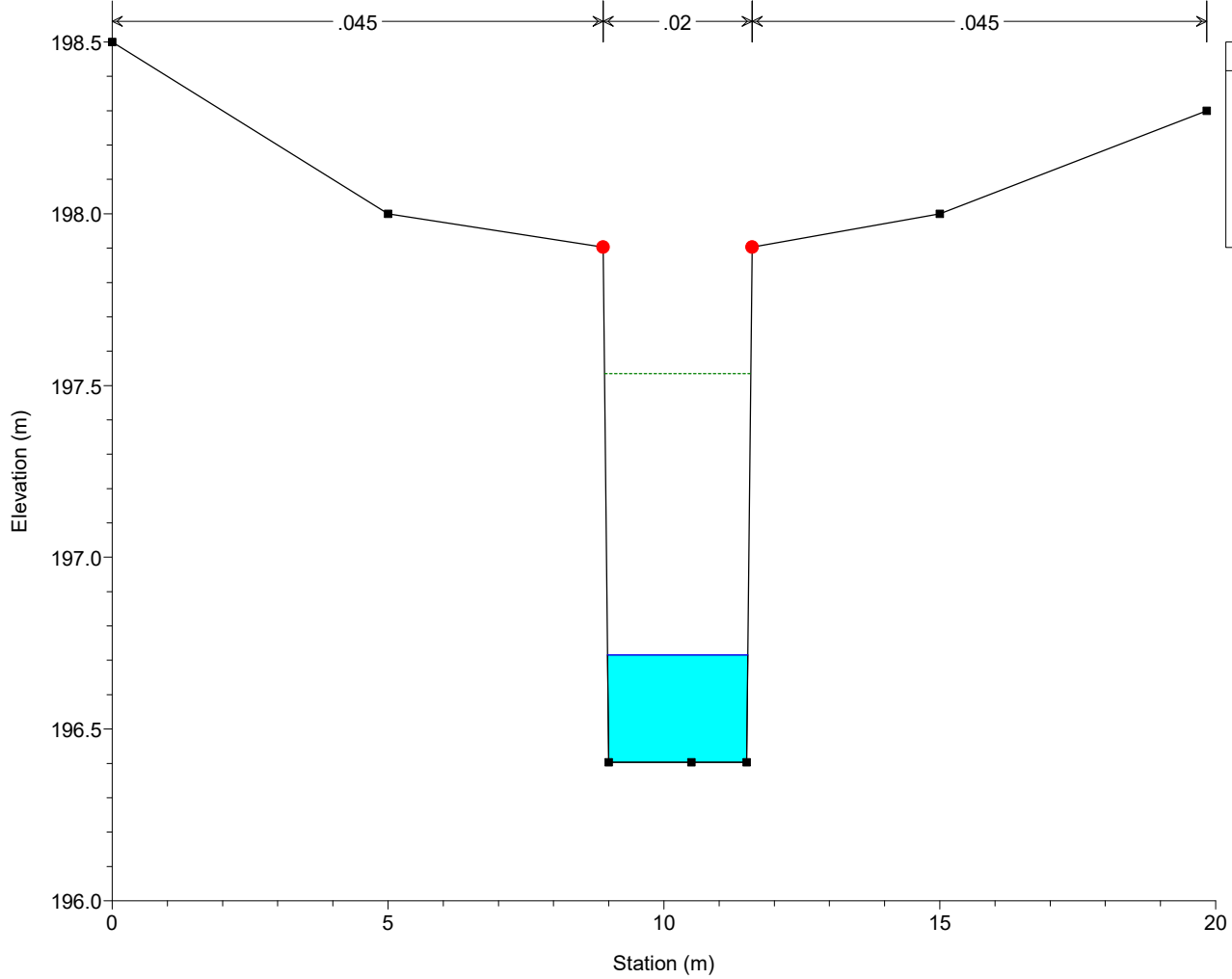


IN04PO
RS = 110



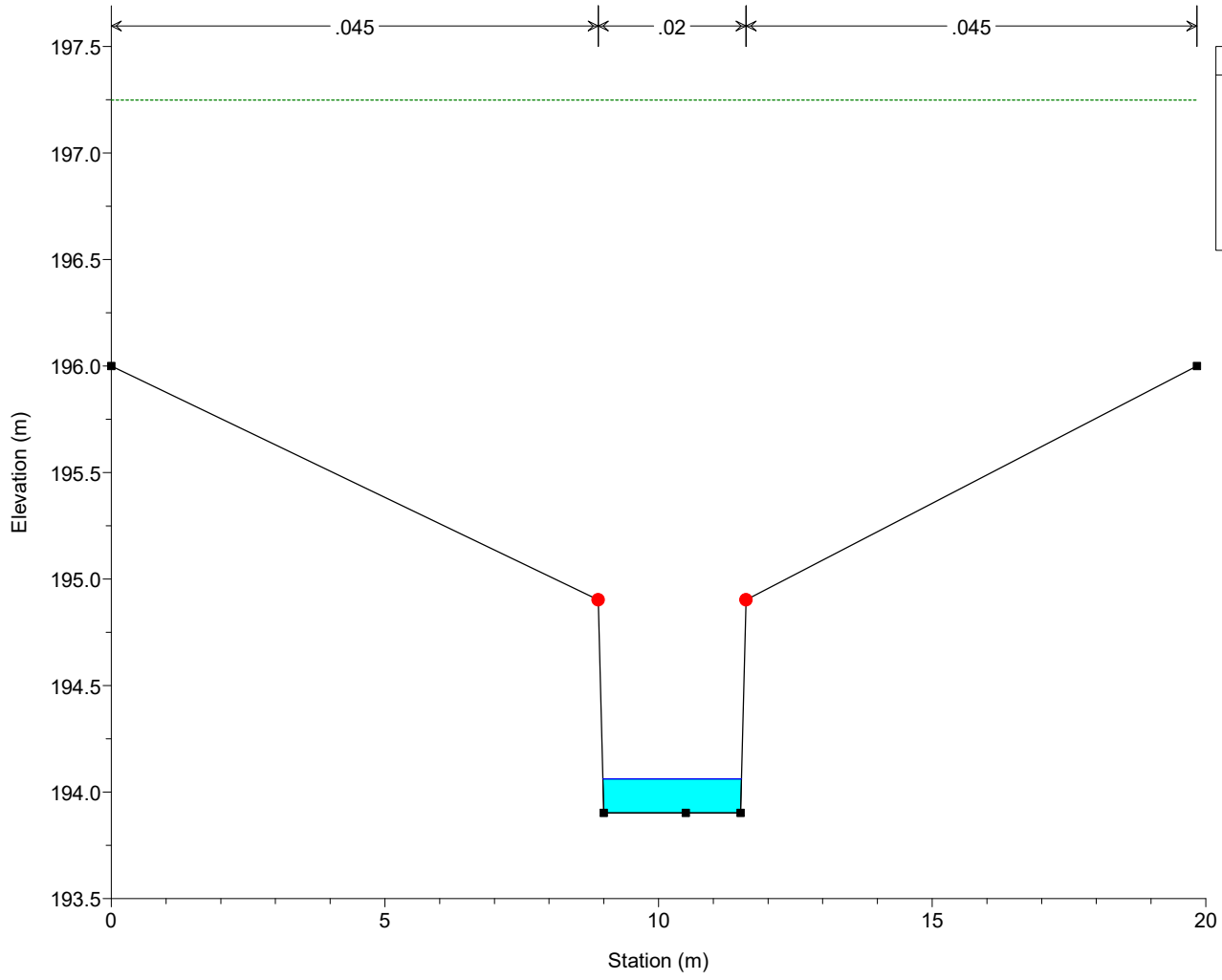
Legend	
	EG PF 2
	WS PF 2
	Ground
	Bank Sta

IN04PO
RS = 109

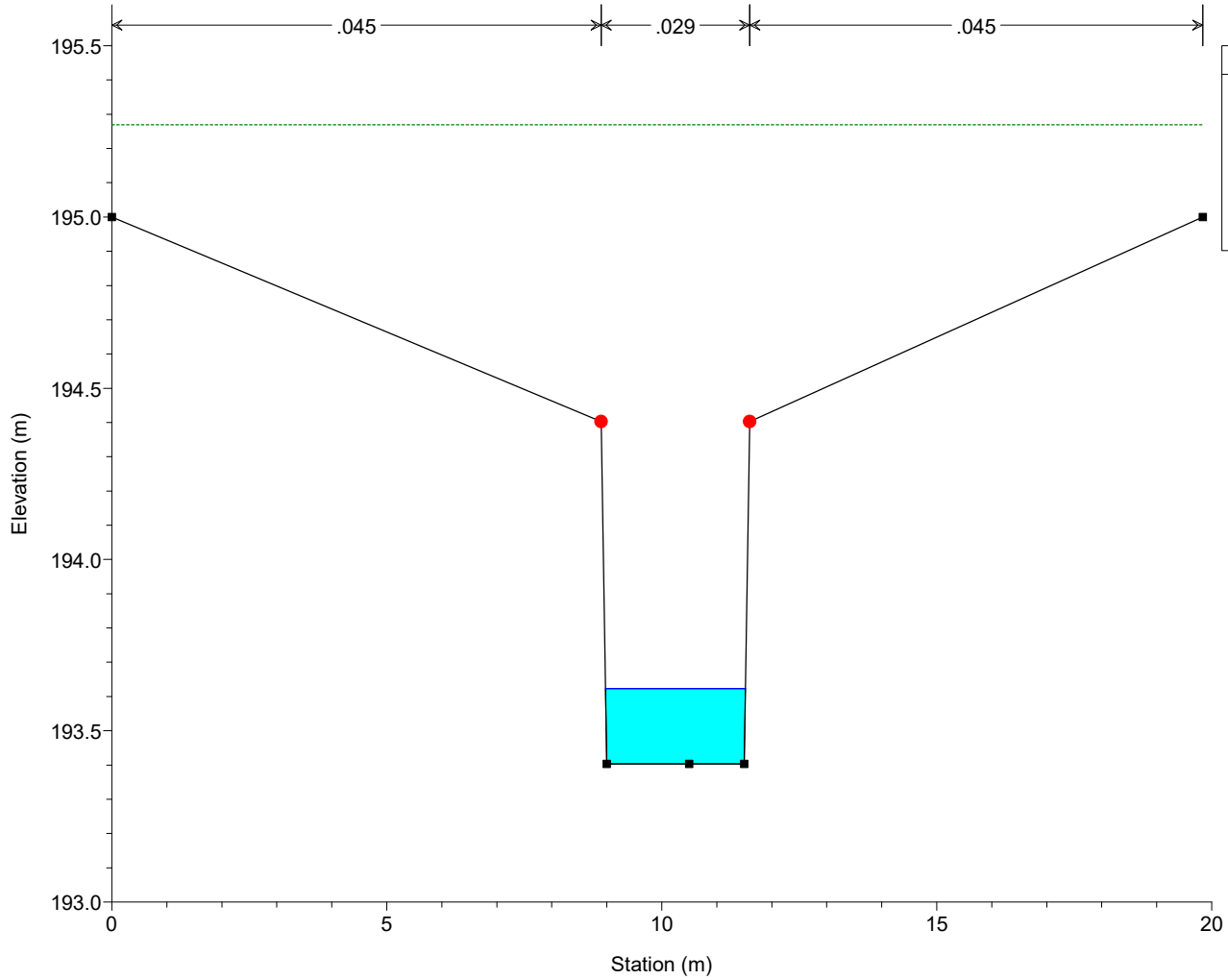


Legend	
	EG PF 2
	WS PF 2
	Ground
	Bank Sta

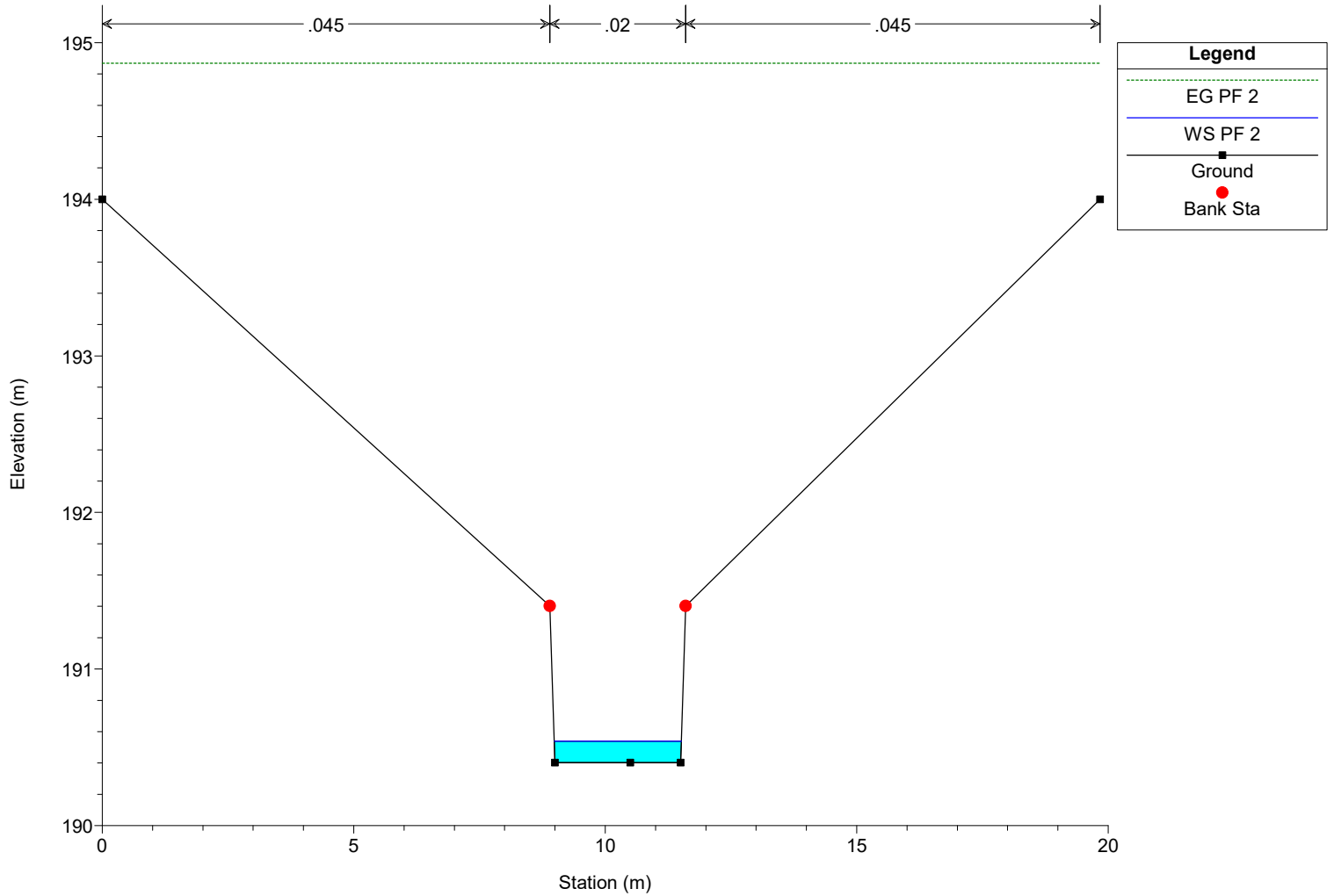
IN04PO
RS = 108



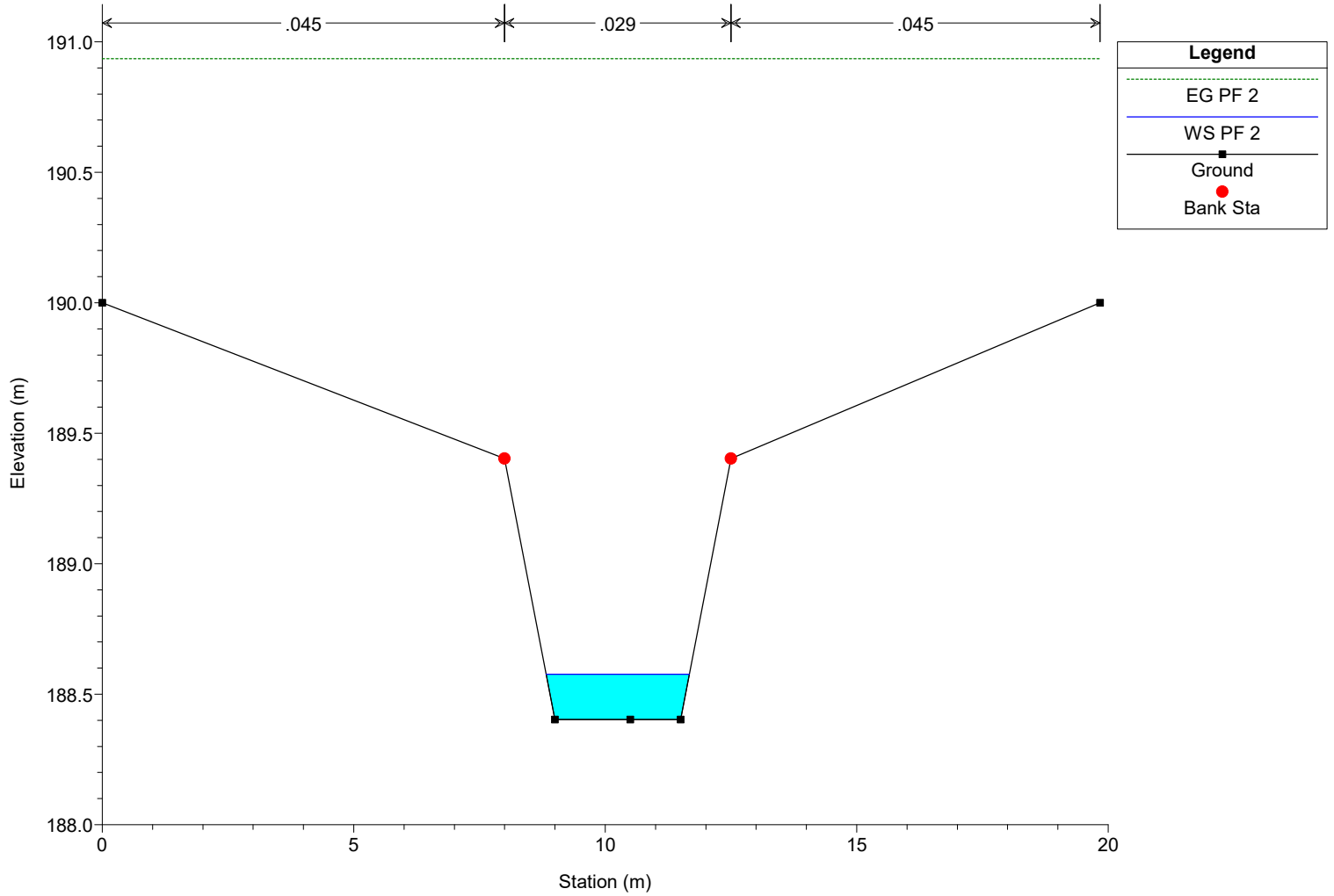
IN04PO
RS = 107



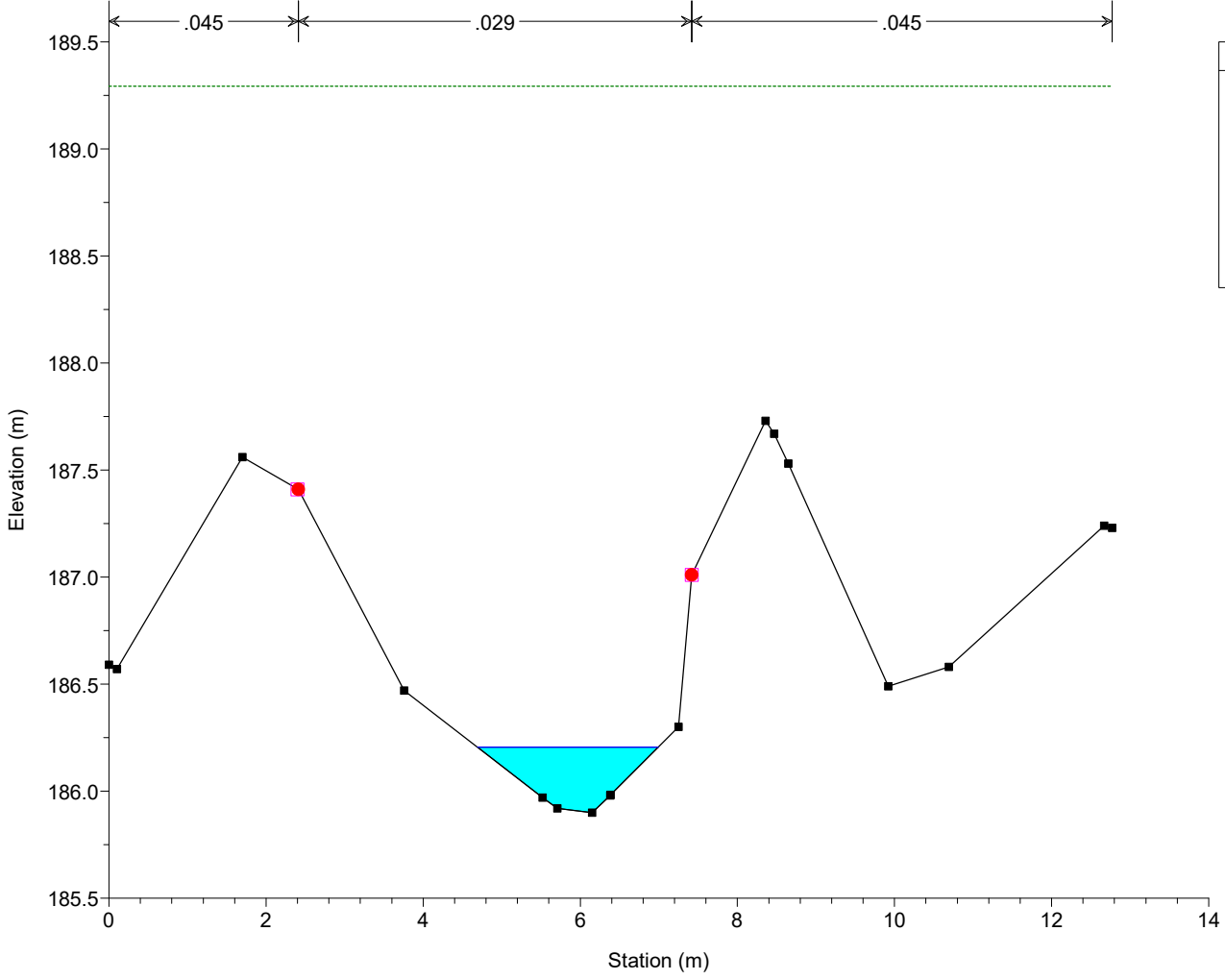
IN04PO
RS = 106



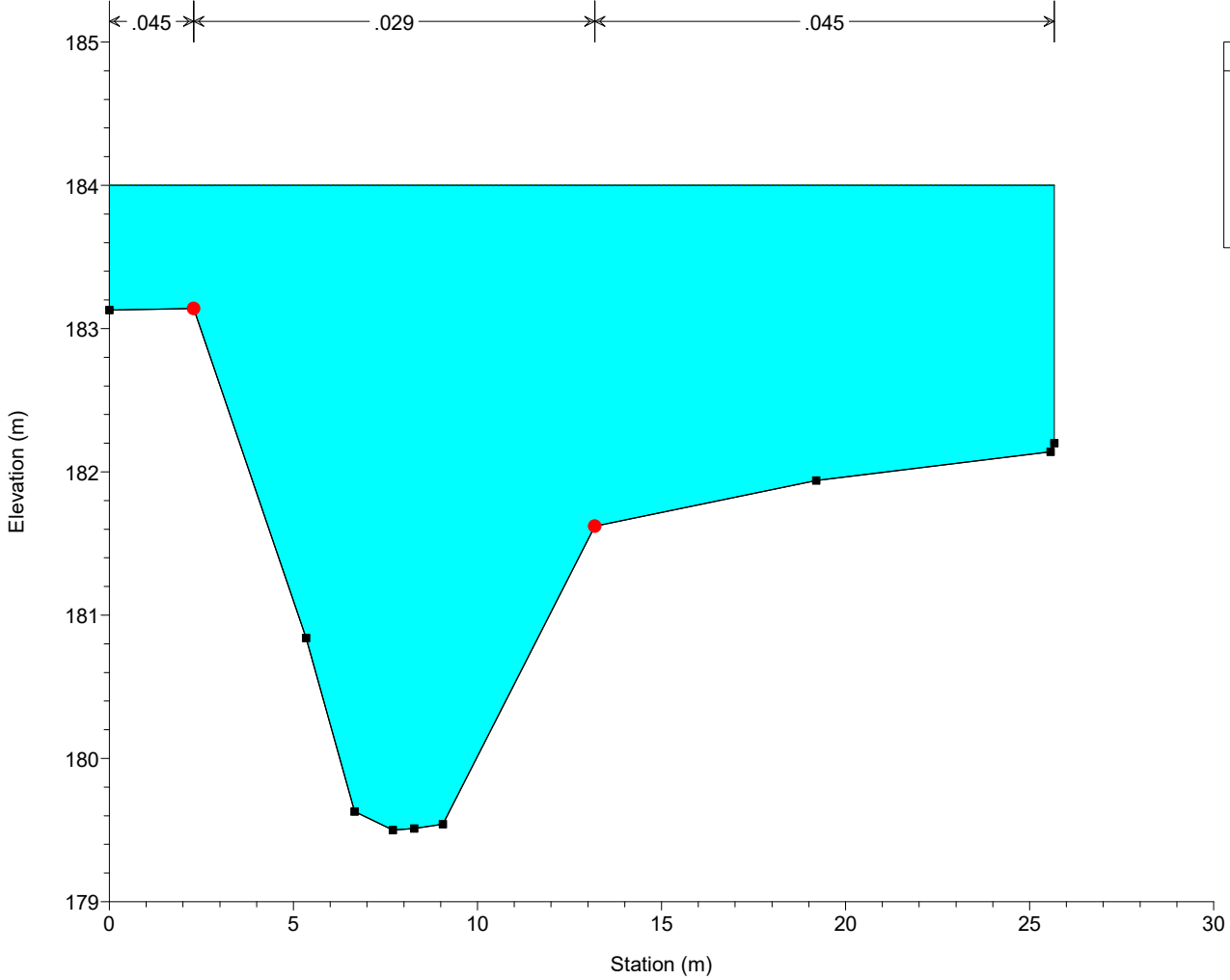
IN04PO
RS = 105



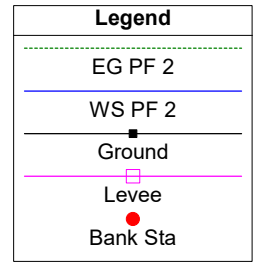
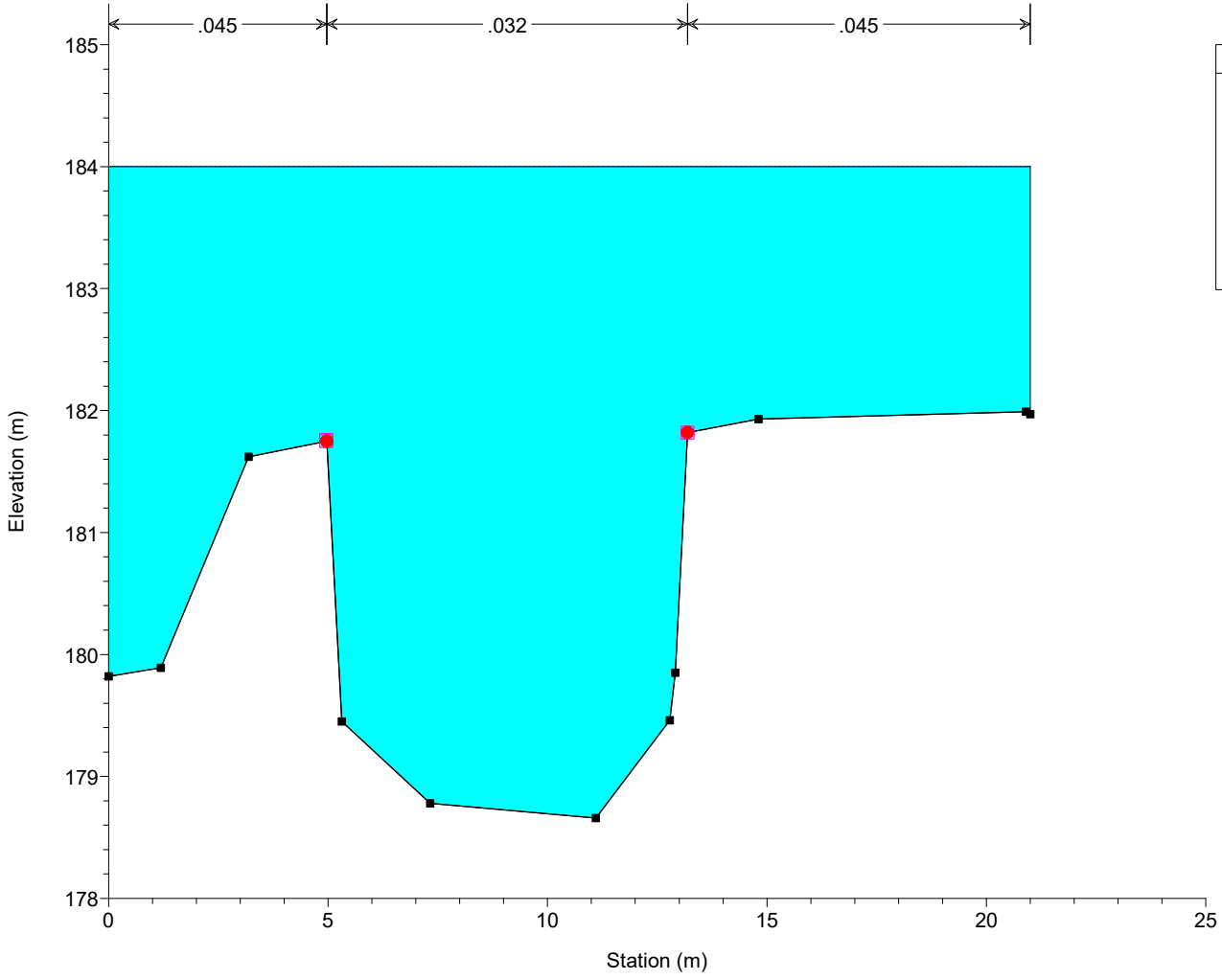
IN04PO
RS = 104



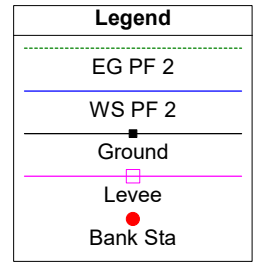
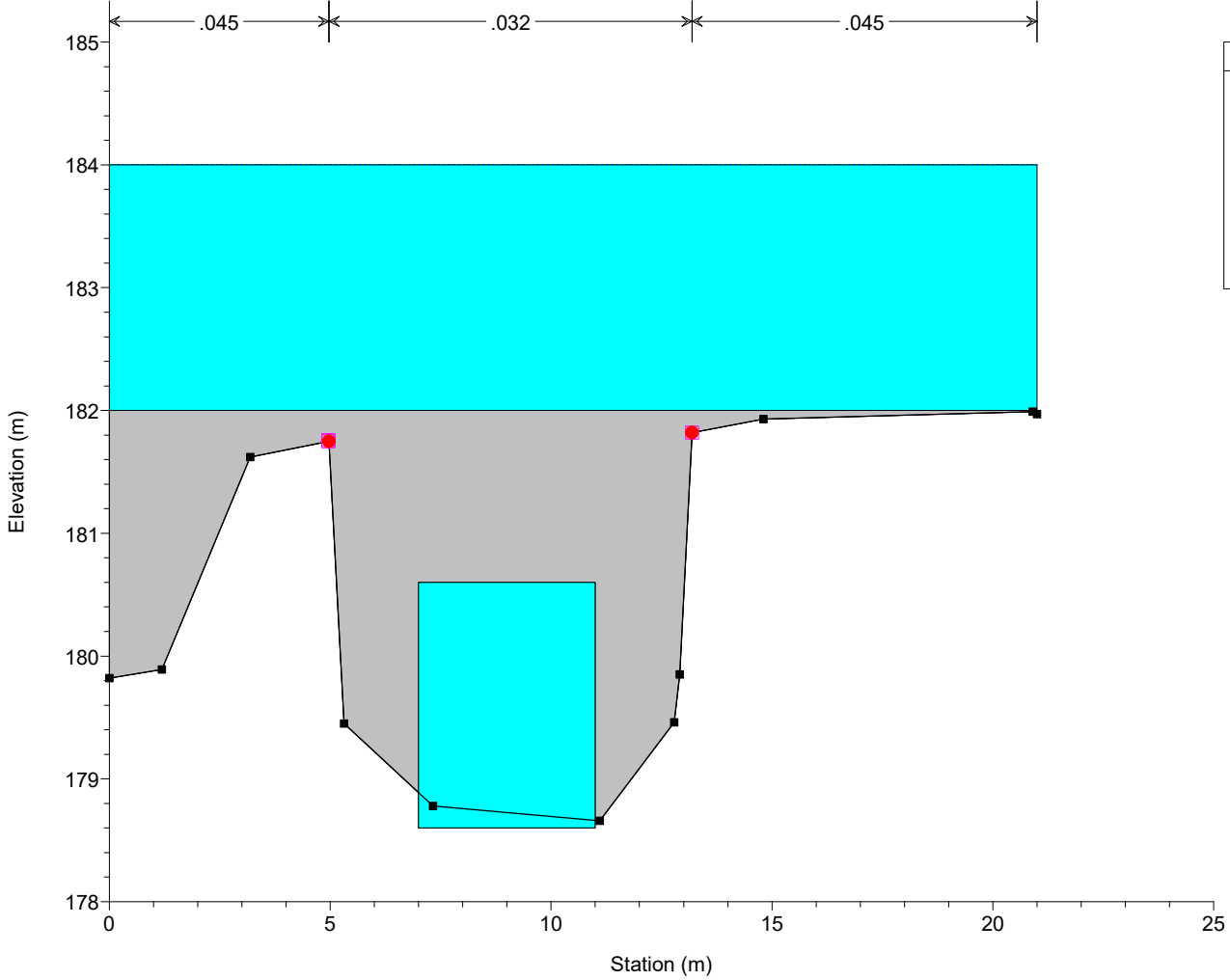
IN04PO
RS = 103



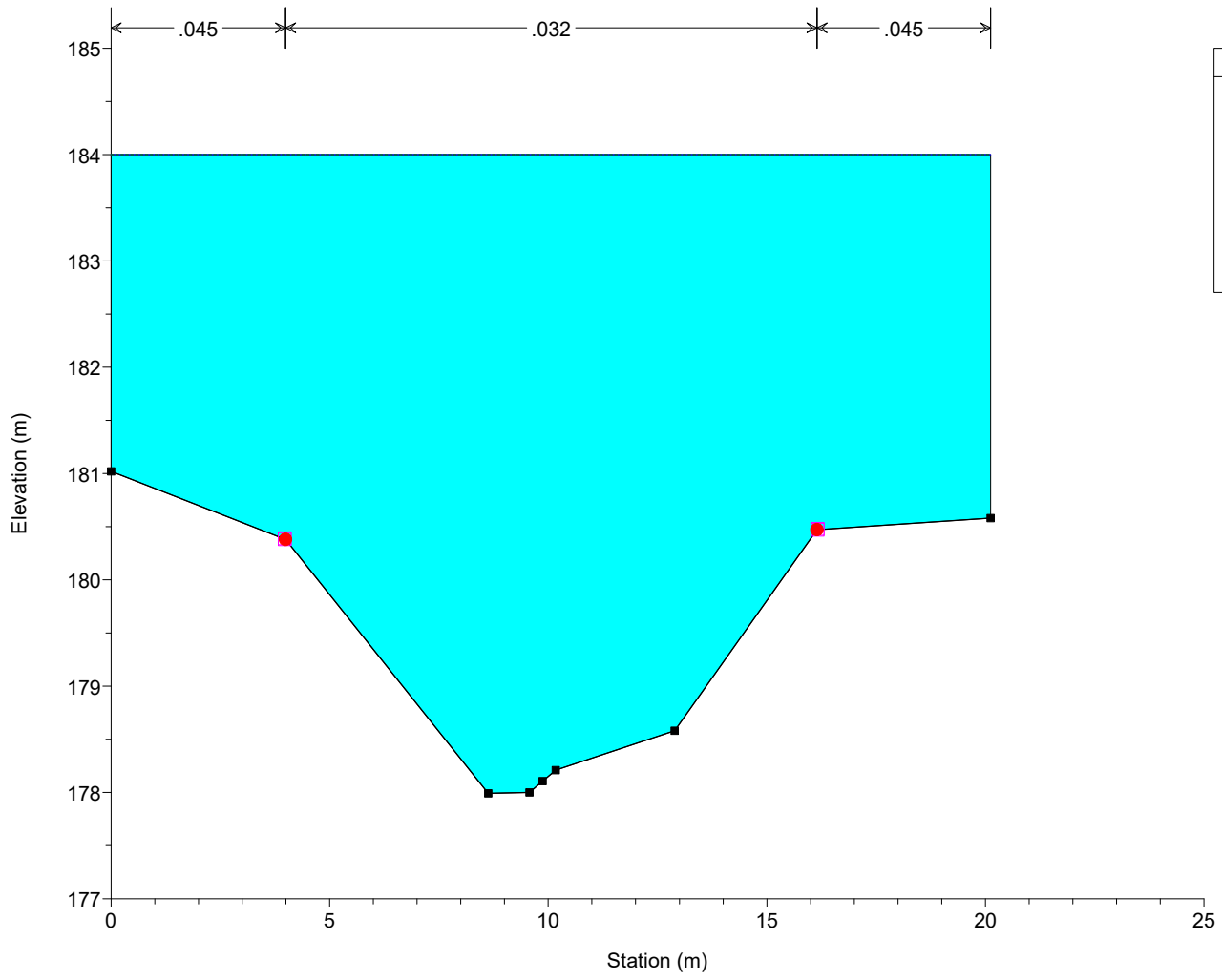
IN04PO
RS = 102



IN04PO
RS = 101.9 Culv



IN04PO
RS = 101



Legend	
EG PF 2	-----
WS PF 2	-----
Ground	-----■
Levee	-----□
Bank Sta	-----●