REGIONE SICILIANA
Libero consorzio Comunale di Siracusa
Città Metropolitana di Catania
COMUNE DI LENTINI
COMUNE DI PALAGONIA

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "LENTINI 1" DELLA POTENZA NOMINALE DI 60.016,32 kWp POTENZA DI IMMISSIONE 52.300 kW E DELLE RELATIVE OPERE CONNESSE NEL COMUNE DI LENTINI (SR) E PALAGONIA (CT)

COMMITTENTE:

Iberdrola Renovables Italia S.p.A.
Sede Legale Piazzale dell'Industria n. 40
ROMA (RM) CAP 00144
CF/P.IVA 06977481008

SVILUPPATORE:

Fabroen s.r.l
Sede legale Via Brunetto Latini n. 11
Palermo (PA) CAP 90141
CF/P.IVA 05052720827
Legale rappresentante
Avv. Fabrizio Romeo

STUDIO IDROLOGICO E RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Data	Formato	Scala	Codice Elaborato	Codice Terna	Livello di progettazione	REV.	Visto:
Aprile 2024	A4		**RS06REL0018A0**	**202203039**	**Definitiva**	**0**	

COMMITTENTE	**Iberdrola Renovables Italia S.p.A.**		REDAZIONE	**Dr. Arch. Calogero Morreale**	MORREALE CALOGERO 27.05.2024 15:25:09 GMT+01:00
REDAZIONE	**Dr. Naturalista Mirko Amato**		REDAZIONE	**Dr. Agr. Paolo Di Bella**	
REDAZIONE	**Ing. El. Giuseppe Lo Presti**	Giuseppe Lo Presti 27.05.2024 12:31:07 GMT+00:00	REDAZIONE	**Ing. Daniele Carruba** **Ing. Mauro Alaimo**	daniele carruba 27.05.2024 12:38:21 GMT+01:00

INDICE

1 PREMESSA 1

2 STUDIO IDROLOGICO 4

2.1 CONTENUTI E METODOLOGIA DELLO STUDIO IDROLOGICO 4

2.2 STRUMENTI E PROCEDURE PER L'ANALISI MORFOMETRICA E IDROGRAFICA DEI BACINI 5

2.3 INDIVIDUAZIONE DEI BACINI E DEI RELATIVI PARAMETRI MORFOMETRICI 6

2.4 TEMPO DI RITORNO E PIOGGIA CRITICA 10

2.5 INDICAZIONI DEL PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO 11

2.6 CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA 15

3 STUDIO IDRAULICO 20

3.1 FINALITÀ E CRITERI GENERALI E DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA 20

3.2 ASSEGNAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO E CONDIZIONE DI MOTO 22

3.3 ASSETTO GEOMETRICO E MODELLAZIONE DELLE SEZIONI 22

3.4 CONDIZIONI IDRAULICHE AL CONTORNO 25

3.5 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA 25

3.6 LAYOUT DEGLI ATTRAVERSAMENTI DEL RETICOLO IDROGRAFICO 27

4 CONCLUSIONI 32

1 PREMESSA

La presente Relazione Idrologico-Idraulica è redatta nell'ambito della documentazione predisposta ai fini dell'ottenimento della Autorizzazione Unica per la realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico nel territorio del Comune di Lentini.

La caratteristica peculiare di un impianto agro-fotovoltaico consiste nella possibilità di impegnare terreni con impianti per la produzione di energia rinnovabile (fotovoltaica) consentendo nel contempo il mantenimento delle attività di coltivazione agricola e pastorale sul sito di installazione. Si tratta quindi di una pratica, in rapidissima diffusione, che ha effetti positivi sulla valorizzazione dei terreni, incrementando i redditi derivanti dall'attività primaria (agricoltura), solitamente incerti e comunque di basso livello, con quelli conseguenti alla produzione di energia elettrica, il cui fabbisogno risulta costantemente in crescita.

La soluzione innovativa che associa il fotovoltaico con le pratiche agricole e pastorali consente di fatto la realizzazione di impianti per la produzione di energia pulita non sottraendo suolo all'agricoltura e ai pascoli.

I pannelli solari, che costituiscono l'impatto principale nei confronti di una potenziale perdita di suolo e sono la parte più importante dell'impianto, risultano opportunamente installati in modo non solo da consentire la crescita delle piante, ma creando inoltre condizioni più favorevoli. Infatti, si sono potuti osservare gli effetti positivi che esercitano i pannelli proteggendo le piante da taluni agenti atmosferici, a cominciare dalla riduzione del soleggiamento diretto, per finire con la minore perdita di umidità per evaporazione, tutti effetti dell'ombreggiamento dei pannelli, che in definitiva produce localmente un microclima favorevole allo sviluppo delle piante e, di conseguenza, all'aumento della produttività agricola.

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico del tipo agrivoltaico per la produzione di energia elettrica, sito nei Comuni Lentini (SR) e Palagonia (CT). L'impianto di produzione avrà la potenza nominale 60.016,32 kW, pari alla somma delle potenze elettrica di picco nominali dei singoli moduli fotovoltaici installati. Il sito ove è prevista la realizzazione dell'impianto fotovoltaico è relativo ad un'area attualmente utilizzata ai fini agricoli avente estensione di circa 128 ha. L'impianto ingloba 12 aree e sarà costituito oltre che dai moduli su strutture metalliche (tracker mono assiali ad altezza tale da consentire colture tipiche siciliane (viti, agrumeti e similari), anche dalle cabine di smistamento (Unità di Potenza) e dagli edifici a servizio delle apparecchiature elettriche, e di stoccaggio, etc.

Il numero dei moduli è previsto sia 83.356 di potenza unitaria di 720 W di picco collegati in serie da 28 unità formanti stringhe da 20,16 kW.

L'impianto fotovoltaico sarà esercito attraverso 19 Unità di trasformazione e smistamento (UP-smart/trasformer) con potenza unitaria di 3,437 MVA distribuiti nei 19 sottocampi.

Le 19 Unità verranno raggruppati in 6 serie, ognuna delle quali avrà una sua linea di connessione costituita da una terna di cavi in alluminio da 70 mm2 – fino allo scomparto 36 kV che si trova entro l'edificio della stazione del produttore, da dove, a sua volta, usciranno i cavi di connessione per il collegamento alla stazione RTN.

Le 6 serie saranno costituiti da UP collegati fra loro in entra-esci fino al citato quadro AT di stazione.

La presente relazione riferisce in dettaglio sullo studio eseguito per la definizione dei caratteri idraulici relativi alle interferenze con il reticolo idrografico di superficie dei lavori relativi alla realizzazione del progetto prendendo in considerazione anche tutte le opere accessorie e di sistemazione connesse.

Lo studio condotto, una volta individuate le aste interferenti con gli impianti in oggetto, ha permesso la determinazione delle aree allagate con tempo di ritorno di 5 anni per identificare tutte quelle zone che non possono essere utilizzate per la realizzazione dell'impianto secondo quanto previsto dal D.S.G. n. 119 del 09/05/2022[1].

Nei successivi paragrafi è descritto lo studio eseguito:

- per la definizione dei caratteri idraulici relativi alle interferenze con il reticolo idrografico di superficie delle opere previste nel progetto dell'impianto fotovoltaico;
- per il dimensionamento della rete di drenaggio superficiale.

Lo studio ha inoltre considerato le interferenze tra la viabilità di progetto e l'idrografia locale. Pertanto, gli attraversamenti stradali sono stati progettati e verificati secondo quanto previsto dalla normativa vigente (Norme Tecniche per le Costruzioni - 2018) per i tombini stradali, soddisfacendo *il rispetto dei criteri dimensionali imposti dal punto 5.1.2.3. delle NTC 2018 e della Circolare 21 gennaio 2019 (NTC 2018): franco minimo pari a 0,50 m e tirante massimo pari a 2/3 dell'altezza della sezione*. Si precisa che le condizioni ora esposte sono riferite, come indicato nelle NTC 2018, alle portate caratterizzate dal tempo di ritorno di 200 anni.

Le analisi di compatibilità finalizzate a valutare che l'inserimento dell'opera, in coerenza con l'assetto idraulico del corso d'acqua, non comporti alterazioni delle condizioni di rischio idraulico, e assicuri, con adeguati franchi di sicurezza, il passaggio della piena di progetto, sono state sviluppate per le opere di attraversamento dei colatori minori, costituiti da tombini circolari di diametro di 1.500 mm. Le relative verifiche idrauliche dell'incisione rilevata sono state effettuate, come d'uso in questi casi, con riferimento alle condizioni di moto permanente, attraverso l'applicazione dei codici di calcolo del software FHWA HY-8 Culvert Analysis Program.

[1] *"Direttive per la determinazione dell'ampiezza dell'alveo nel caso di sponde incerte (art. 94 del R.D. 523/1904) e per la determinazione della fascia di pertinenza fluviale da sottoporre alle limitazioni d'uso di cui all'art. 96, lettera f, del R.D. 523/1904".*

Nel paragrafo 3.6 sono riportati tutti gli attraversamenti in progetto in formato tabellare e nell'allegato di progetto i risultati in forma grafica ottenuti con la simulazione.

2 STUDIO IDROLOGICO

2.1 CONTENUTI E METODOLOGIA DELLO STUDIO IDROLOGICO

Lo scopo dello studio idrologico è la stima delle onde di piena che possono interessare i bacini idrografici oggetto di analisi, con particolare riguardo al calcolo dei valori massimi (di colmo) che le portate possono raggiungere. Tali stime sono sviluppate associando agli eventi di piena, sulla base di analisi di tipo probabilistico/statistico, il corrispondente tempo di ritorno, che ne caratterizza la frequenza temporale e l'intensità, intendendo che gli eventi più intensi sono caratterizzati da basse frequenze di accadimento, presentandosi raramente (elevati tempi di ritorno).

In termini grafici, l'andamento nel tempo t (in minuti secondi - s) della portata $Q_{TR}(t)$ (in m^3/s) che si presenta in una data sezione di una rete idrografica è restituito dall'idrogramma di piena, associato al tempo di ritorno T_R misurato in anni.

I risultati dello studio idrologico costituiscono la base per le successive verifiche di carattere idraulico, nelle quali sono analizzate le condizioni di deflusso delle onde di piena nei tronchi e nelle sezioni del corso d'acqua di interesse.

La valutazione delle portate può essere eseguita con diverse metodologie di calcolo e in funzione della natura e quantità dei dati disponibili.

In generale, avendo a disposizione dati di portata registrati in continuo da una stazione idrometrica presente sul corso d'acqua di interesse, si esegue l'elaborazione statistica degli eventi estremi disponibili ("metodo diretto").

In mancanza di dati rilevati, si verifica la eventuale disponibilità di dati di portata di altri corsi d'acqua e bacini con caratteristiche idrografiche simili a quello oggetto di studio. In caso positivo, potendo quindi stabilire una "similitudine idrologica", si esegue l'elaborazione statistica dei dati disponibili e successivamente si riportano, con adeguata metodologia, i relativi risultati al caso del bacino di interesse.

In molti casi è possibile utilizzare i cosiddetti "metodi di regionalizzazione", che mettono a disposizione parametri idrologici appositamente elaborati, validi per ambiti territoriali vasti che presentano caratteristiche idrologiche, morfologiche e climatiche omogenee. Sulla base di tali parametri è possibile valutare le portate di piena nei singoli bacini idrografici che ricadono all'interno di tali zone omogenee.

Infine, è possibile ricorrere al "metodo indiretto", basato sulla trasformazione degli afflussi di origine meteorica in deflussi di superficie. Tale metodo, di diffusissima applicazione nel campo della idrologia tecnica per la effettiva e diffusa disponibilità di una congrua quantità di dati pluviometrici

rilevati per periodi significativamente lunghi, permette la valutazione delle portate al colmo in funzione delle precipitazioni intense, cioè delle piogge critiche precedentemente introdotte.

Nel caso in esame, si è adottato il "metodo indiretto", e si è quindi proceduto alla determinazione della pioggia di progetto.

La procedura adottata è conforme alle indicazioni contenute nelle direttive e nelle metodologie reperite da letteratura tecnica, a quelle indicate dal P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) della Regione Siciliana (2006) e infine alle direttive del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche nell'ambito del Progetto VA.P.I. (Valutazione delle Piene in Italia) pubblicate nel rapporto Valutazione delle Piene in Sicilia [Cannarozzo, D'Asaro e Ferro, 1993].

Tra le diverse procedure disponibili per il calcolo della portata con metodo indiretto, il modello più utilizzato risulta essere quello cinematico, in particolare il modello razionale, il quale permette di calcolare e stimare il valore delle portate di piena mediante l'analisi e l'elaborazione dei seguenti parametri:

- *Morfometrici e idrografici del bacino idrologico sotteso alla sezione di chiusura;*
- *Tempo di corrivazione;*
- *Altezza di pioggia critica;*
- *Coefficiente di deflusso per la determinazione della pioggia netta.*

Il modello razionale individua la pioggia critica, da assumere come pioggia di progetto che dà luogo al valore massimo della portata di piena alla sezione di chiusura del bacino in esame, assumendo che la sua durata sia pari al tempo di corrivazione che caratterizza il medesimo bacino. Una volta individuata la pioggia critica, si procede alla trasformazione dei corrispondenti afflussi meteorici, espressi in termini di altezze e intensità di pioggia, in portate idriche, tenendo conto della risposta del terreno (pioggia netta), in termini di formazione dei deflussi in superficie.

Nei seguenti paragrafi sono descritte le metodologie applicate per l'individuazione dei bacini da analizzare e delle relative caratteristiche morfometriche e idrografiche.

2.2 STRUMENTI E PROCEDURE PER L'ANALISI MORFOMETRICA E IDROGRAFICA DEI BACINI

Con riferimento al presente progetto, la individuazione del bacino idrografico e del reticolo è stata effettuata utilizzato un modello digitale del terreno (Digital Elevation Model – DEM di maglia 2mx2m) con procedura sviluppata in ambiente GIS.

Tale DEM è stato elaborato dalla Regione Siciliana ed è disponibile in download tramite procedura WCS Web Coverage Service
(http://map.sitr.regione.sicilia.it/gis/services/DEM/MDT_2012_2013/MapServer/WCSServer).

Le elaborazioni della matrice così ottenuta (raster), contenente le informazioni altimetriche delle singole celle, sono state eseguite in ambiente GIS utilizzando il software QGIS con opportune procedure di interpolazione, che di seguito vengono descritte.

Utilizzando come input un livello raster rappresentativo delle quote topografiche o un modello digitale del terreno (DEM), gli strumenti di analisi idrologica consentono di individuare in maniera automatica il sistema di drenaggio e quantificare le caratteristiche del sistema.

A seguito di queste operazioni preliminari si sono individuati i bacini principali relativi a tutti i corsi d'acqua principali e minori identificati tramite l'analisi delle CTR regionali e tutte le caratteristiche morfologiche desumibili attraverso appositi comandi propri del GIS.

Tale procedura si rende necessaria perché ciascuna metodologia riportata in letteratura per il calcolo della portata al colmo di piena necessita che siano determinati i valori di una serie di parametri da inserire all'interno del modello per applicare il relativo modello di calcolo a un determinato caso di studio.

Si tratta, fondamentalmente, di caratteristiche morfo-idrometriche del bacino e/o dell'asta principale del reticolo.

Tali grandezze possono essere ricavate tramite l'applicazione di alcuni basilari strumenti analitici comunemente applicati in ambiente GIS.

Senza entrare nel merito del significato concettuale di ciascuna applicazione, si fornisce di seguito l'elenco dei parametri ricercati, significativi ai fini del presente studio:

- *Estensione superficiale del bacino (km²).*
- *Lunghezza dell'asta fluviale principale (km)*
- *Quote media e massima del bacino (m s.l.m.)*
- *Quota della sezione di chiusura (m s.l.m.)*
- *Pendenza media del bacino (m/m)*
- *Pendenza media dell'asta fluviale (m/m)*

2.3 INDIVIDUAZIONE DEI BACINI E DEI RELATIVI PARAMETRI MORFOMETRICI

Il sito individuato per la realizzazione degli impianti ricade nel territorio del Comune di Lentini (SR) e di Palagonia (CT) per una estensione totale lorda di 128 ha. L'area di studio si trova ad un'altitudine s.l.m. mediamente di 65 mt. non presenta pendenze di rilievo per l'impianto, cosi che ha consentito di utilizzare i moduli con una inclinazione variabile (+/- 55°) Est-Ovest al fine di ottenere l'esposizione ottimale per lo sfruttamento dell'irraggiamento solare.

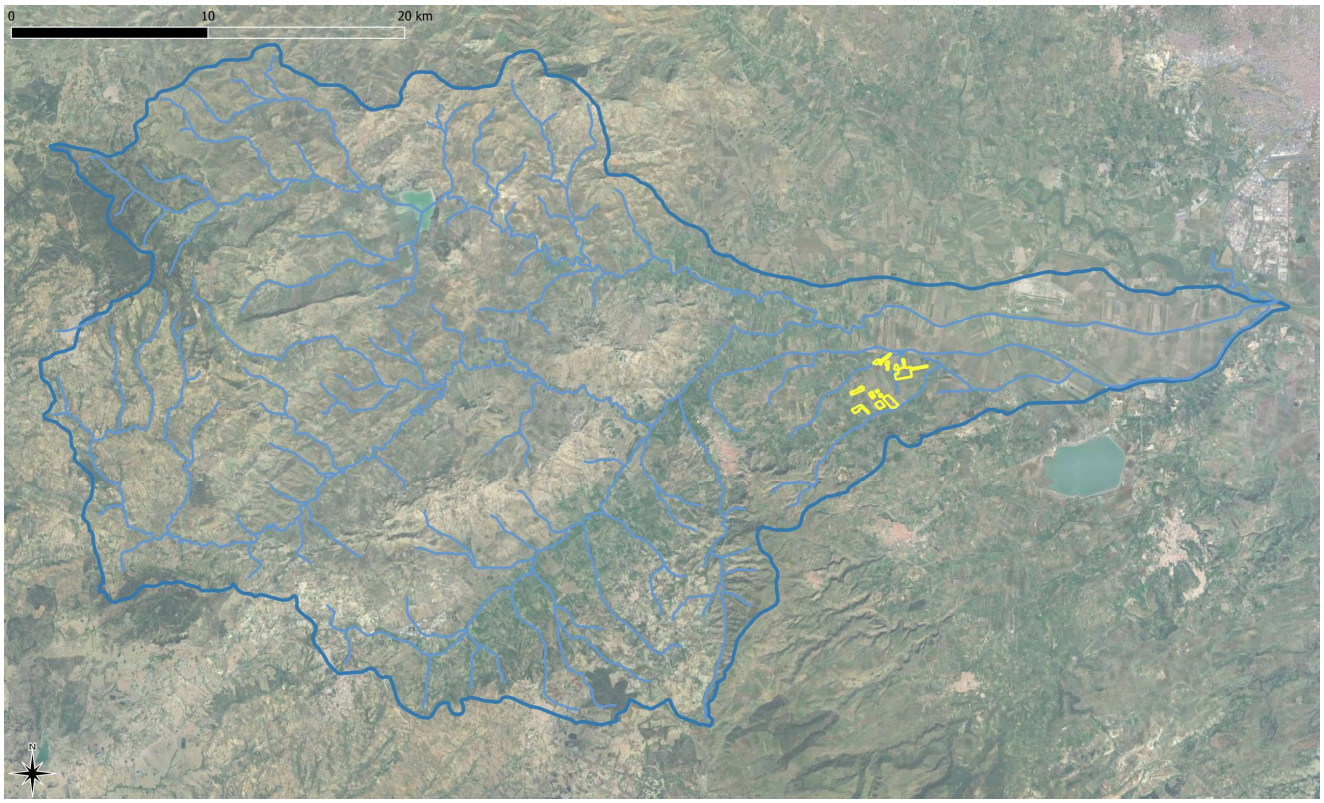


Figura 1: Bacino del fiume Gornalunga con indicazione delle aree interessate dagli impianti in progetto.

I bacini idrografici in cui saranno realizzati gli impianti fotovoltaici sono relativi ad affluenti del Fiume Gornalunga alla confluenza con il Dittaino.

Il Gornalunga è affluente del fiume Simeto. Bacino idrografico tra i più grandi della Sicilia.

Il bacino del F. Gornalunga si estende per circa 1130 Kmq interessando il territorio delle province di Catania e di Enna. Il corso d'acqua ricade nel bacino idrografico del F. Simeto, di cui è affluente. Il corso d'acqua trae origine dalle pendici di Cozzo Bannata e di M. Rossomanno sotto il nome di V.ne Rossomanno e si sviluppa per circa 80 Km nella zona meridionale del bacino idrografico del F. Simeto. Gli affluenti principali del F. Gornalunga, nella zona di monte, sono il Fosso Belmontino, il V.ne Murapano, il V.ne Gresti, il F. Secco.

Figura 2: Inquadramento delle aree dell'impianto fotovoltaico e interferenze con il reticolo idrografico ricavato dalla CTR della Regione Siciliana

Il software utilizzato ha permesso, una volta individuati sulla CTR regionale i rami interferenti con l'impianto da realizzare, di ricavare per ogni ramo il bacino contribuente al deflusso e di conseguenza tutte le grandezze morfometriche indispensabili, richieste per l'analisi idrologica e idraulica.

Sono stati individuati in totale 2 bacini idrografici in grado di generare interferenze con le opere da realizzare, con i relativi sottobacini (in numero di 4). Essi sono stati identificati con i seguenti codici: ID 01, ID 02.

Tutti i rami minori individuati sulla CTR sono stati analizzati con metodi speditivi che sono illustrati nel dettaglio più avanti nella presente relazione.

In particolare per la valutazione delle portate dei tratti di reticolo idrografico interferenti i campi fotovoltaici appartenenti al bacino identificato con il codice ID_01, sono stati identificati i sottobacini contribuenti al deflusso e a partire dai valori di portata e coefficiente udometrico del bacino ID_01 si sono ricavati i valori di portata da utilizzare per le successive modellazioni idrauliche.

I sottobacini individuati sono indicati nella figura seguente.

Nel prosieguo della trattazione le grandezze morfometriche, così come i risultati del calcolo idrologico, sono riepilogate in forma tabellare per i bacini idrografici dei rami interferenti con le opere in progetto, come sopra identificati. Lo schema delle interferenze è indicato nella figura che segue.

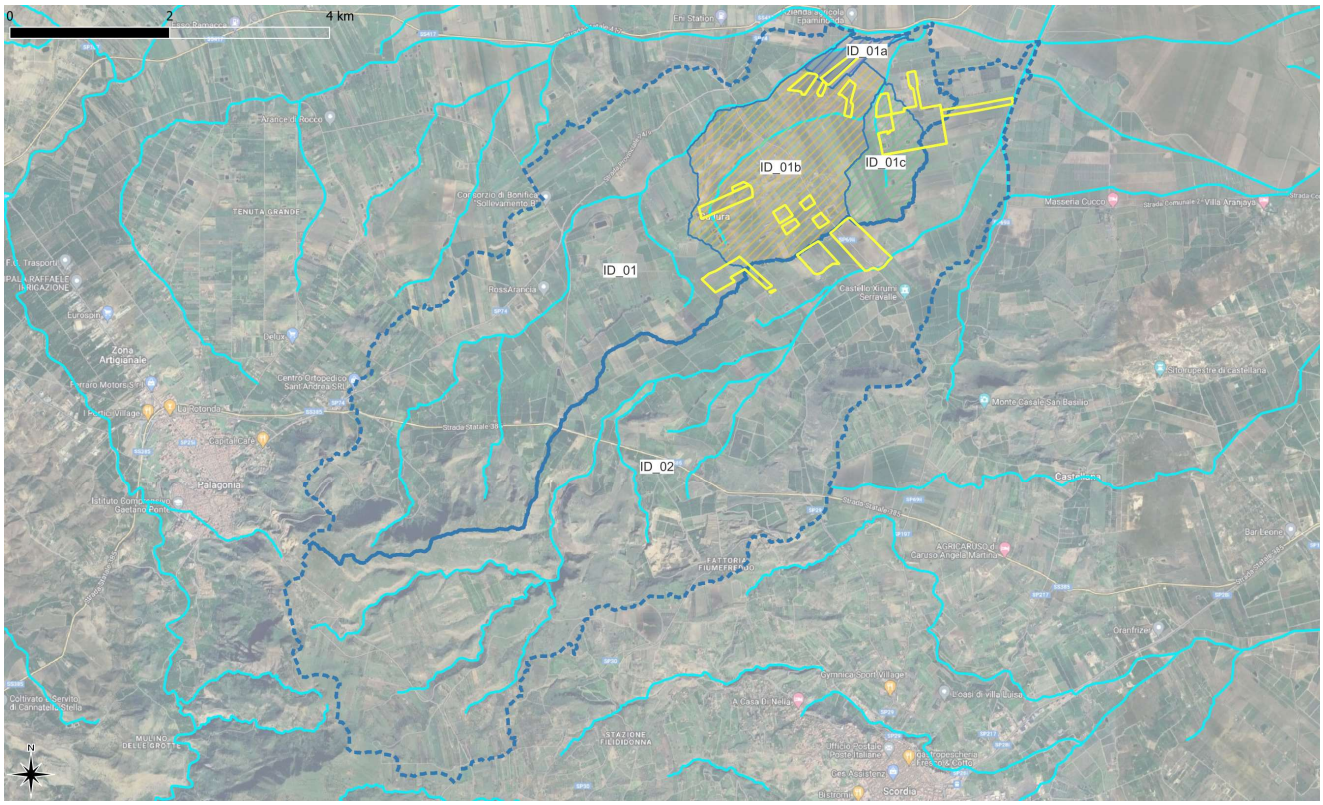


Figura 3: Bacini idrografici delle aste interferenti con le aree dell'impianto fotovoltaico

Di seguito si riportano i valori delle grandezze morfometriche ricavati attraverso il software di analisi morfologica QGIS dei bacini identificati.

ID BACINO		Bacino 01	Bacino 02
ASTE FLUVIALI	L [km]	11.78	14.78
	Hmax	189.0	425.7
	Hmin	31.8	28.3
	i [%]	2.83	4.19
BACINI SCOLANTI	A [km²] o S	22.08	24.24
	Hmax	470.5	550.3
	Hmin	30.7	28.2
	H media	107.0	219.5
	i [%]	10.2	13.7
	P [km]	38.144	45.928
	Dmax [Km]	19.072	22.964

Tabella 1 - Grandezze caratteristiche dei bacini individuati

2.4 TEMPO DI RITORNO E PIOGGIA CRITICA

Il metodo razionale, come è già stato sinteticamente illustrato, prevede che la portata della piena conseguente a un evento di pioggia di dato tempo di ritorno T_R (anni) e altezza totale h_{TR} (mm) assuma il valore massimo assoluto se la durata t_p della pioggia coincide con il tempo t_c di corrivazione caratteristico del bacino. Tale tempo è quello che impiega la particella liquida che deve muoversi sul percorso idraulicamente più lungo per raggiungere la sezione di chiusura del bacino scolante, nella quale è di interesse la stima della portata, in particolare del valore di colmo.

Nel caso in cui $t_p = t_c$ l'evento meteorico diventa critico (pioggia di progetto) ed è preso a base delle valutazioni di carattere idrologico e idraulico nei confronti degli interventi in progetto.

Per la stima dell'altezza della pioggia critica, necessaria per la valutazione degli afflussi, si introduce il concetto di tempo di ritorno T_R, legato alla probabilità di non superamento P(x) della variabile idrologica dalla relazione:

$$P(x) = 1 - \frac{1}{T_R}$$

Per la determinazione della pioggia critica caratterizzata dal tempo di ritorno T_R, si è fatto ricorso all'analisi probabilistica di Gumbel (legge di distribuzione di probabilità del massimo valore). Sono state inoltre applicate le procedure di calcolo indicate dal P.A.I. della Regione Siciliana (Relazione Generale 2004 e successive modifiche ed integrazioni).

Nel presente studio, la stima del tempo di corrivazione è stata effettuata mediante l'utilizzo e la comparazione di numerose formule empiriche, presenti nella letteratura tecnica ed elaborate per bacini idrografici di piccole dimensioni. Si è scelto di adottare la formula di Kirpich, valida per piccoli bacini, reputandola la più rispondente tra quelle analizzate.

Nel caso in esame, per l'applicazione dei differenti approcci di calcolo, si sono utilizzati i parametri morfometrici di ciascun bacino in studio (superficie A, quota massima della linea spartiacque H_{max}, quota media del bacino H_{med}, quota minima sulla sezione di chiusura prescelta H_{min}) e il parametro idrografico (lunghezza dell'asta principale L_a).

La espressione di Kirpich è la seguente:

$$t_c = 0{,}00325 \times \left(L_a \times 1.000 / \sqrt{i_a} \right)^{0{,}77}$$

nella quale:

- L_a è la lunghezza dell'asta idrografica principale (km);
- i_a è la pendenza media dell'asta principale (m/m).

I valori dei tempi di corrivazione caratteristici di ciascuno dei quattro bacini in studio, calcolati con l'espressione di Kirpich, sono riepilogati nella tabella che segue.

ID BACINO	Tempo di Corrivazione [h]
Bacino 01	1.749
Bacino 02	1.790

Tabella 2 – Tempi di corrivazione dei bacini individuati

2.5 INDICAZIONI DEL PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il P.A.I., attraverso le sue disposizioni, impone agli enti competenti in materia di difesa del suolo l'obiettivo di ridurre le conseguenze negative, derivanti dalle alluvioni, per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali. Per l'analisi idrologica si adottano le direttive riportate nella "Metodologia operativa per l'analisi idraulica e la valutazione del rischio per inondazione" della Relazione Generale del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrologico dell'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana (2004).

L'approccio utilizzato dal P.A.I. è di tipo probabilistico, ovvero utilizza un approccio probabilistico indiretto.

Tale approccio consiste nello stimare la portata di piena di progetto attraverso un'analisi probabilistica preliminare delle precipitazioni (afflussi di origine meteorica) nel bacino interessato e la successiva simulazione del processo della loro trasformazione in deflussi.

Lo studio del P.A.I. è stato effettuato per i valori del tempo di ritorno di 50, 100, 200 e 300 anni, assumendo l'ipotesi di linearità della trasformazione degli afflussi in deflussi. In questo modo, la portata conseguente a un evento meteorico risulta caratterizzata dal medesimo tempo di ritorno della pioggia che la ha generata.

Per la determinazione delle Curve di Possibilità Pluviometrica (C.P.P.) si è utilizzata la legge di distribuzione di probabilità del massimo valore EV1, meglio nota come legge di Gumbel.

Nell'ipotesi che le precipitazioni seguano la legge di invarianza di scala temporale, le C.P.P., espresse attraverso la legge di Gumbel, si possono scrivere nella seguente forma:

$$h_{t,T_R} = K_{T_R} \times at^n$$

in cui $h_{t,TR}$ è l'altezza di pioggia di durata t e tempo di ritorno T_R, mentre K_{TR} è il coefficiente di scala, detto coefficiente di crescita, che dipende dal tempo di ritorno T_R e dal coefficiente di variazione della stazione CVS attraverso la seguente relazione:

$$KT = 1 - CVS \times \left\{ 0{,}450 + 0{,}799 \times \ln\left[\ln\left(\frac{Tr}{Tr-1} \right) \right] \right\}$$

I valori di a, n e CV (quale coefficiente di variazione areale ottenuto dai coefficienti di varianza delle stazioni CVS) sopra riportati sono stati interpolati tramite kriging (Matheron, 1971) su tutto il territorio regionale, producendo le carte regionali dei valori di a, n e CV riportate nelle figure che seguono.

L'algoritmo utilizzato per l'interpolazione, il *kriging*, meglio conosciuto come metodo dell'interpolazione ottimale, si basa sulla circostanza che la grandezza regionale da interpolare è troppo irregolare perché sia modellata da funzioni matematiche regolari ma può essere descritta da una superficie stocastica.

L'interpolazione prevede una prima fase nella quale si indagano gli aspetti stocastici delle variabili regionalizzate e una fase successiva di modellazione vera e propria. Il successo del kriging consiste nella validità di importanti assunzioni che si fanno sulla natura statistica della variazione, assunzioni che sono contenute nella teoria delle variabili regionalizzate.

Dalle carte così ottenute è possibile risalire al valore medio areale di tali coefficienti senza fare ricorso al classico metodo dei topoieti.

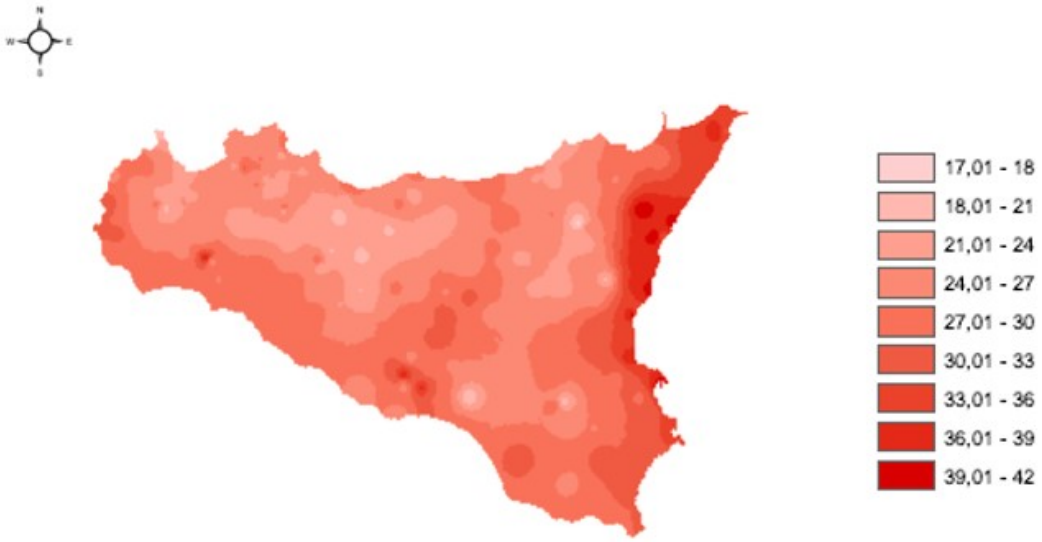


Figura 4: Stralcio della Tavola 4 allegata alla Relazione Generale del P.A.I. - valori regionali di a

Figura 5: Stralcio della Tavola 5 allegata alla Relazione Generale del P.A.I. - valori regionali di n

Figura 6: Stralcio della Tav. 5 allegata alla Relazione Generale del P.A.I. - valori regionali di CV

ID BACINO	**Bacino 01**	**Bacino 02**
a*	29.573	29.425
n	0.323	0.33
CV	0.511	0.502

Tabella 3 – Valori di a, n e CV ricavati per i bacini interessati nello studio

Il calcolo delle altezze critiche di pioggia è effettuato sulla base dei tempi di corrivazione (determinati nel paragrafo 2.4) e per coefficienti di crescita $h'(t,T_R)$ corrispondenti ai tempi di ritorno pari a 50 anni, 100 anni, 200 anni e 300 anni (in conformità alle indicazioni del P.A.I. Sicilia). Si precisa che nel presente caso i tempi di corrivazione dei bacini sono risultati tutti inferiori all'ora e pertanto per valutare l'altezza $h_{t,TR}$ della pioggia (t<60') si è dovuto procedere al calcolo delle C.P.P. servendosi della seguente formula (Ferreri et Al. - Bollettino Ordine degli ingegneri di Palermo, 1-2/89)

$$h_{t,T_R} = 0{,}208 \times h_{60,T_R} \times t^{0{,}386}$$

nella quale $h_{60,TR}$ è l'altezza della pioggia di durata t = 60' e la durata t è espressa in minuti primi (t<60').

Sono inoltre stati utilizzati opportuni coefficienti correttivi, assunti sulla base delle indicazioni disponibili in letteratura tecnica e supportate da ricerche svolte su alcune stazioni di misura italiane appartenenti ad aree pluviometriche con diverse caratteristiche, in particolare il pluviografo di Roma Macao (riportati in "Sistemi di fognatura – Manuale di progettazione" del Centro Studi Deflussi Urbani).

Durata [minuti]	5	10	15	20	25	30
r_δ	0,278	0,435	0,537	0,632	0,709	0,758

Tabella 4 – Coefficienti correttivi al pluviografo di Roma Macao (Calenda et al., 1993)

La metodologia precedentemente descritta permette di calcolare direttamente l'altezza della pioggia critica di durata $t_p = t_c$, pari cioè al tempo di corrivazione di ciascun bacino e per il tempo di ritorno T_R considerato. Di seguito la tabella riepilogativa con le altezze delle piogge critiche calcolate per i bacini studiati.

ID BACINO		Bacino 01	Bacino 02
TEMPO DI RITORNO	5	48.43	48.52
	50	82.30	82.02
	100	92.15	91.75
	200	101.96	101.45
	300	107.69	107.12

Tabella 5 – Valori delle altezze di pioggia critica per $t_p = t_c$ (tempo di corrivazione) per ciascun bacino studiato, in [mm]

2.6 CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA

Il valore massimo della portata di piena (portata al colmo di piena) secondo il metodo razionale, riferito alla durata di pioggia t_p pari al tempo di corrivazione t_c del bacino e al tempo di ritorno T_R è espresso dalla seguente relazione:

$$Q_{max}(t_c, T_R) = \frac{\varphi(t_c, T_R) \times A \times h_{ceff}(t_c, T_R)}{3{,}6 \times t_c} (m^3/sec)$$

nella quale:

- $\varphi(t_c,T_R)$ è il coefficiente di deflusso per la determinazione della pioggia netta, coincidente con il parametro di assorbimento CN, nel seguito definito;
- A è la superficie scolante del bacino sotteso dalla sezione di interesse (km^2);
- $h_{ceff}(t_c,T_R)$ = ARF x $h_c(t_c,T_R)$ è l'altezza efficace della pioggia critica (mm) del bacino, valutata come prima illustrato per durata pari al tempo di corrivazione e per ciascuno dei tempi di ritorno presi in considerazione, ottenuta applicando all'altezza puntuale della pioggia critica $h_c(t_c,T_R)$ (mm) il fattore di riduzione areale (ragguaglio) ARF.

In aderenza al metodo razionale adottato, si è fatto riferimento alla pioggia di progetto di durata t_p pari a quella t_c della pioggia critica, coincidente con il tempo di corrivazione del bacino considerato. In queste ipotesi il valore al colmo della portata risulta:

$$Q_{tot} = \frac{0{,}208 \times R_o \times A}{t_c}$$

nella quale:

- R_o è il volume netto di pioggia per unità di superficie (mm);
- A è la superficie del bacino (km^2);
- t_a è il tempo di accumulo (h) legato al tempo di corrivazione t_c secondo la seguente formula:

$$t_a = (0{,}6 \times t_c + \frac{0{,}133 \times t_c}{2})$$

La pioggia critica ottenuta secondo le metodologie illustrate in precedenza è quindi ragguagliata all'area tramite il parametro r, secondo la formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al Flood Studies Report:

- $r = 1 - (0{,}0394 \times A^{0.354})\, d^{(-0.40+0.0208\ \ln(4.6-\ln(A)))}$ per A < 20 km^2
- $r = 1 - (0{,}0394 \times A^{0.354})\, d^{(-0.40+0.003832\ (4.6-\ln(A)))}$ per A > 20 km^2

nelle quali

- d è la durata della precipitazione ($d = t_p$).
- A è la superficie del bacino.

Assumendo che l'invaso per infiltrazione nel suolo in ogni istante sia proporzionale al valore massimo dello stesso e che la precipitazione efficace sia proporzionale all'afflusso meteorico, si ha la seguente equazione (USDA – SCS, 1986) per la definizione del volume netto di pioggia per unità di superficie R_o:

$$R_o = (h - 0{,}2 \times S)^2 / (h + 0{,}8 \times S) \ (mm)$$

nella quale:

- h è la precipitazione meteorica ragguagliata (mm);
- S è il valore massimo dell'invaso per infiltrazione (mm).

Il valore S è calcolato dall'equazione:

$$S = 254 \times (100/CN - 1)$$

I valori del parametro di assorbimento CN da inserire nella formula sono determinati facendo riferimento alla carta del CN costruita sulla base delle informazioni disponibili relativamente all'uso suolo, alla litologia e alla permeabilità. Tali informazioni sono state ricavate analogamente alle precedenti carte su scala regionale per tutta la Sicilia.

Il modello empirico a base fisica Curve Number (CN-SCS) del Soil Conservation Center (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972), assume che, in un evento di piena, il volume specifico del deflusso superficiale Q, sia proporzionale a quello netto precipitato Pn, pari al volume lordo precipitato P depurato dall'assorbimento iniziale Ia, in ragione del rapporto tra volume specifico infiltrato W e un volume specifico S, che caratterizza la massima ritenzione potenziale del terreno:

$$\frac{Q}{P_n} = \frac{W}{S}$$

che, tenendo conto delle seguenti relazioni:

$$W = P - Ia - Q; \ \ Ia = 0{,}2 \times S; \ \ P_n = P - Ia$$

si trasforma in:

$$Q = \frac{(P - 0{,}2 \times S)^2}{P + 0{,}8 \times S}$$

Il parametro S dipende fondamentalmente dalla combinazione di due fattori: la natura geolitologica e pedologica del terreno nonché l'uso/copertura del suolo. L'effetto combinato di questi fattori è rappresentato globalmente dal parametro adimensionale CN (0<CN<100), legato a S dalla relazione precedente.

Unendo le informazioni provenienti dalla geologia e dalla pedologia, il bacino in esame è classificato in uno dei quattro tipi idrologici di suoli di riferimento, elencati di seguito, caratterizzati da permeabilità progressivamente decrescenti:

- *Gruppo A: Sabbie profonde, terriccio marnoso profondo, aggregati limosi e sabbiosi;*
- *Gruppo B: Sabbie argillose, terriccio marnoso sottile;*
- *Gruppo C: Argille sabbiose, suoli poveri di contenuti organici, ricchi di componenti argillose;*
- *Gruppo D: Suoli con tendenza al rigonfiamento, argille plastiche, suoli salini.*

Il valore di CN si ottiene per incrocio fra le caratteristiche idrologiche del suolo secondo i tipi A – B – C – D e le caratteristiche di uso prevalente del suolo.

Il parametro CN, denominato *Curve Number*, rappresenta l'attitudine del bacino a produrre deflusso, intendendo che valori bassi indicano bassa capacità a produrre deflusso superficiale, mentre alti valori indicano elevata capacità a produrre deflussi, ovvero il bacino invasa poco deflusso.

Incrociando le caratteristiche idrologiche dei suoli con l'uso/copertura si ricavano numerose aree omogenee per caratteristiche idrologiche e copertura del suolo per le quali stimare il valore del Curve Number, operazione che si effettua mediante l'aiuto della letteratura tecnica.

Ulteriore fattore che influenza il CN è rappresentato dalla condizione iniziale in cui si verifica l'evento critico di pioggia.

La letteratura tecnica individua tre condizioni iniziale di seguito definite:

- *Condizione iniziale AMCI (secca) a cui corrisponde il valore CN (I);*
- *Condizione iniziale AMCII (normale) a cui corrisponde il valore CN (II), riportati nelle tabelle presenti in letteratura tecnica;*
- *Condizione iniziale AMCIII (umida), condizione peggiore il cui valore C(III) è amplificato dal fattore correttivo pari a:* $FIII = 3{,}4212 - 1{,}999 \times \log(CN(II))$ $\mathbf{FIII = 3{,}4212 - 1{,}999 x \log(CN(II))}$ *"Formula reperita dal Ferro 1993".*

Per il calcolo del valore del Curve Number, in condizioni di umidità standard "CN(II)", si utilizza la Tavola 7 allegata alla Relazione Generale del P.A.I. Sicilia. Tramite l'utilizzo delle griglie si è determinato il valore medio del Curve Number in condizione di umidità standard CN(II), in funzione della sua distribuzione areale all'interno del bacino.

Figura 7: Stralcio della Tav.7 allegata alla Relazione Generale del P.A.I, con griglia areale del coefficiente "CN"

Per ogni bacino è stato quindi incrociato in ambiente GIS il tematismo della carta del CN con quello della perimetrazione dell'area in esame ed è stato così ricavato il valore di CN da utilizzare. I valori sono riepilogati nella seguente tabella.

ID BACINO	**Bacino 01**	**Bacino 02**
CN	74.0	73.0

Tabella 6 – Valori di CN per bacino

Per quanto riguarda la stima del tempo di crescita dell'onda di piena si è fatto riferimento alla seguente formula:

$$t_p = D/2 + t_{lag}$$

nella quale:

- D è la durata della pioggia (h);
- t_{lag} è l'intervallo di tempo valutato tra l'istante corrispondente al centroide della pioggia e l'istante corrispondente al colmo della pioggia (h).

Per tali grandezze si assume:

- $D = 0{,}133 \times t_c$;
- $t_{lag} = 0{,}6 \times t_c$;

e quindi la precedente espressione diventa:

$$t_p = (0{,}133 \times t_c/2) + 0{,}6 \times t_c$$

Infine, è stato possibile calcolare per ciascuno dei bacini considerati le portate massime di piena, riepilogate nella seguente tabella.

ID BACINO		**Bacino 01**	**Bacino 02**
TEMPO DI RITORNO	5	23.13	22.27
	50	86.78	86.61
	100	109.53	109.88
	200	133.55	134.52
	300	148.11	149.50

Tabella 7 – Valori di portata massima (m^3/s) ricavati per ogni bacino e per i tempi di ritorno indicati.

Sulla base di tali valori sono state effettuate le valutazioni di carattere idraulico delle quali si riferisce nel capitolo che segue.

3 STUDIO IDRAULICO

3.1 FINALITÀ E CRITERI GENERALI E DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA

La costruzione dei modelli di simulazione idraulica risulta necessaria per riprodurre, in termini fisico-matematici, l'impatto della portata di piena conseguente alla pioggia di progetto sul territorio oggetto dell'intervento, con riferimento, in generale, sia alla condizione "ante operam" attuale (modello "Stato di Fatto") sia alla condizione "post operam" futura (modello "Stato di Progetto"), caratterizzata quest'ultima dalla presenza delle nuove opere, per verificare che la loro realizzazione non provochi alterazioni del regime idraulico del corso fluviale non compatibili con le preesistenti condizioni di sicurezza idraulica del territorio.

La modellazione idraulica è sviluppata mediante l'utilizzo di software specifici che permettono, sulla base del modello digitale del terreno (Digital Elevation Model – DEM), la simulazione matematica del deflusso delle portate conseguenti agli eventi di pioggia. Il risultato è costituito dalla distribuzione spaziale dei tiranti idrici con cui si muoverà la corrente, consentendo di stimare la capacità di convogliamento del corso d'acqua, determinando anche le fasce di territorio eventualmente soggette a esondazione. Inoltre, i modelli idraulici rivestono un ruolo fondamentale nella valutazione della effettiva sussistenza di pericolosità idrauliche in un territorio poiché permettono di determinare l'andamento dei livelli idrici associati a differenti condizioni di moto.

Il modello idraulico è stato costruito rispettando quanto riportato nel Capitolo 7 della Relazione Generale del P.A.I. (2004) della Regione Siciliana. Tali raccomandazioni riguardano le metodologie di input e le leggi idrauliche da adoperare per la costruzione del modello fluviale monodimensionale e permettono di valutare l'effetto della propagazione delle onde di piena, la capacità di convogliamento dell'alveo e le interazioni con manufatti esistenti.

La qualità dei modelli idraulici di propagazione monodimensionali utilizzabili sono legati alla qualità della cartografia disponibile e alla presenza di rilievi di dettaglio eseguiti in situ lungo il corso d'acqua.

Il modello idraulico monodimensionale di propagazione utilizzato nel presente studio è costruito mediante l'utilizzo del software HEC-RAS (River Analysis System) sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers.

L'applicazione di tale software permette di ottenere l'andamento dei profili di rigurgito in condizione di moto stazionario, potendo quindi individuare l'entità e l'estensione delle zone di allagamento sia all'interno dell'alveo che nelle zone contigue, valutando l'influenza di eventuali ponti o di ostacoli di varia natura sul normale deflusso della corrente.

Le ipotesi alla base del modello sono quelle di condizioni di moto permanente monodimensionale.

La soluzione dell'equazione di conservazione dell'energia, ottenuta per iterazione, fornisce l'altezza d'acqua in una assegnata sezione trasversale.

Come condizioni idrauliche al contorno, sono stati utilizzati i valori delle portate al colmo ricavati dagli idrogrammi di piena costruiti per i tempi di ritorno di 5, 50, 100, 200 e 300 anni, ricavati nell'ambito dello studio idrologico come specificato nei paragrafi precedenti.

Gli identificativi dei profili in tutti gli elaborati relativi agli output del modello sono i seguenti:

Tempo di ritorno	Identificativo profilo di Corrente
5 anni	PRF1

Note le condizioni idrauliche al contorno associate alle portate di calcolo e le caratteristiche morfologiche dei tronchi delle aste idrografiche studiate, in termini di sezioni trasversali d'alveo e sezioni in corrispondenza di eventuali manufatti significativi, potenzialmente in grado di interferire con il deflusso, la procedura di calcolo individua per ogni sezione i valori di una serie di grandezze idrauliche e geometriche, tra i quali sono di interesse i valori massimi raggiunti dai livelli idrici, le velocità medie, le pendenze medie, l'energia specifica totale della corrente.

Una volta noti i valori di tali grandezze, dal confronto tra i livelli idrici e le quote del terreno rilevate in corrispondenza delle sezioni trasversali si evidenzia la capacità di convogliamento del tronco in esame nei confronti della portata di calcolo, potendo distinguere i tratti in cui si ottiene il contenimento dei deflussi nelle zone d'alveo inciso, ovvero i tratti in cui le portate si espandono nelle aree golenali, sino ai casi di insufficienza con esondazione delle acque al di là delle sponde e/o degli argini e manufatti di contenimento spondale.

Altro obiettivo della modellazione idraulica è quello di elaborare la mappa delle aree che possono essere raggiunte dalle acque in caso di eventi di piena ordinari, corrispondenti a un tempo di ritorno di 5 anni. Tali aree, secondo quanto previsto dal D.S.G. n. 119/22[2], costituiscono la fascia di pertinenza fluviale a partire dalla quale si determinano le aree sottoposte alle limitazioni d'uso contenute nell'art. 96, lettera f, del Regio Decreto n. 523 del 1904 "Testo unico sulle opere idrauliche". Sono esclusi da questa procedura i corsi d'acqua per i quali l'alveo demaniale, a partire dal quale deve essere individuata la fascia di rispetto, risulta riportato nelle mappe catastali.

Il comportamento idraulico dei tombini stradali è regolato anch'esso dalle NTC 2018 e risulta piuttosto articolato, perché può ricadere sia nel campo dell'idraulica a pelo libero che in quello delle condotte in pressione, in funzione della portata transitante. Le verifiche idrauliche compiute sono finalizzate a determinare che il deflusso relativo agli eventi di piena di riferimento siano compatibili

[2] Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia n. 119 del 9 maggio 2022, recante "Direttive per la determinazione dell'ampiezza dell'alveo nel caso di sponde incerte (art. 94 del R.D. 523/1904) e per la determinazione della fascia di pertinenza fluviale da sottoporre alle limitazioni d'uso di cui all'art. 96, lettera f, del R.D. 523/1904".

con il funzionamento delle opere di attraversamento, comunque senza interessare l'infrastruttura stradale.

3.2 ASSEGNAZIONE DELLA PORTATA DI PROGETTO E CONDIZIONE DI MOTO

Nota la portata massima di progetto, si è proceduto alla verifica idraulica dei tratti delle aste idrografiche che comportano interferenze con le aree d'impianto in progetto.

La stima dei parametri idraulici che caratterizzano il deflusso delle portate di piena nei tratti delle aste idrografiche oggetto di studio è stata condotta nell'ipotesi di moto permanente monodimensionale, che corrisponde alla condizione che il valore della portata sia costante nel tempo e nello spazio e la geometria delle sezioni trasversali possa variare lungo l'asse dell'alveo.

La validità del calcolo e la conseguente stima dei valori delle grandezze idrauliche scaturiti dal modello monodimensionale, in condizioni di moto permanente, è subordinata alle seguenti limitazioni del modello:

- analisi relativa ad un tratto limitato;
- analisi sugli effetti del massimo valore del livello idrico raggiunto durante l'evento di piena e il corrispondente regime di velocità.

Lo schema monodimensionale in moto permanente, quale modello di propagazione della piena, permette di assimilare l'alveo e le fasce di pertinenza fluviale a un semplice canale a geometria variabile, dove le velocità si mantengono parallele all'asse del corso d'acqua. La adeguatezza di tale ipotesi è giustificata sia dalle caratteristiche dell'andamento della linea d'asse dei tratti dei corsi d'acqua in esame, con curvature molto ridotte, sia dal fatto che le variazioni della forma delle sezioni lungo l'asse sono sufficientemente contenute, in modo da non contravvenire il vincolo della quasi-unidirezionalità del moto.

Basandosi sul concetto di quasi-unidirezionalità del campo di moto, peculiarità dei modelli monodimensionali, la corrente è individuata per mezzo di una coordinata curvilinea x, mentre le sezioni trasversali idriche della corrente si definiscono dalle intersezioni dell'ascissa curvilinea x con piani a essa ortogonali. Le grandezze fisiche, quali velocità, quantità di moto, energia, ecc., risultano matematicamente mediate nei piani ortogonali che identificano le sezioni idriche.

3.3 ASSETTO GEOMETRICO E MODELLAZIONE DELLE SEZIONI

Per l'acquisizione della geometria del tratto del corso d'acqua in esame si è utilizzato un codice di calcolo largamente utilizzato a livello mondiale, l'HEC-RAS vers. 5.0.5 (Hydrologic Engineering Service – River Analysis System), distribuito dalla Water Resources Consulting Service per conto dell'US Army Corps of Engineers.

HEC-RAS è un programma di modellazione monodimensionale e pertanto interpreta il tratto d'alveo con la modalità prima illustrata, considerandolo quindi come un canale pseudo-rettilineo, nel quale le eventuali deviazioni planimetriche, comunque contenute, sono registrate inserendo tra due sezioni consecutive, oltre alla distanza misurata lungo l'asse, anche due distanze misurate nei punti che definiscono i margini dell'alveo fluviale in destra e in sinistra.

I passi seguiti nella compilazione plano-altimetrica del modello sono:

1. importazione del rilievo topografico;
2. tracciamento dell'asse principale dell'asta fluviale;
3. inserimento plano-altimetrico delle sezioni provenienti dagli elaborati di progetto;
4. caratterizzazione e ripartizione delle sezioni trasversali rilevate in tre parti: Channel, (alveo fluviale comprensivo delle aree golenali e dell'alveo inciso), LOB (area inondabile su sponda sinistra idraulica), ROB (area inondabile in destra idraulica).
5. attribuzione, per ogni sezione trasversale rilevata, dei valori del coefficiente di scabrezza o di resistenza idraulica di Manning "n" individuati nella tabella di Figura 8, utilizzata nel P.A.I. (2006) per la modellazione idraulica:
   a. per la parte denominata Channel (alveo inciso e golene) si è assunto il valore $n = 0{,}035\ m^{-1/3}/sec$;
   b. per la parte denominata LOB (area inondabile in sinistra idraulica) si è assunto il valore $n = 0{,}07\ m^{-1/3}/sec$;
   c. per la parte denominata ROB (area inondabile in destra idraulica) si è assunto il valore $n = 0{,}07\ m^{-1/3}/sec$.

APPENDICE C – RISULTATI DELLE VERIFIC

Valori del coefficiente di scabrezza di Mannin

A.	**CORSI D'ACQUA NATURALI**
	Corsi d'acqua minori (tirante inferiore a 3,5m)
1.	**Corsi d'acqua di pianura**
a.	Puliti, rettilinei, in piena senza scavi localizzati
b.	Puliti, rettilinei, in piena senza scavi localizzati, con sassi e sterpagl
c.	Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi
d.	Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi, con cespugli e pietre
e.	Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi, in magra
f.	Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi, con cespugli e p pietrame
g.	Tratti lenti, sterpaglia e buche profonde
h.	Tratti molto erbosi, buche profonde e grossi arbusti e cespugli
2.	**Aree golenali**
a.	A pascolo senza vegetazione arbustiva
b.	Aree coltivate
c.	Con vegetazione arbustiva spontanea
d.	Con vegetazione arborea coltivata
3.	**Corsi d'acqua montani, senza vegetazione in alveo, sponde ripi alberi e cespugli lungo le sponde sommergibili durante le piene**
a.	Fondo: ghiaia, ciottoli e massi sparsi
b.	Fondo: ciottoli e massi grossi
B.	**CANALI ARTIFICIALI**
1.	**Canali in terra lisciata ed uniforme**
a.	Puliti, scavata di recente
b.	Puliti, dopo prolungata esposizione
c.	Ghiaia, sezione uniforme, pulita
d.	Erba corta, pochi cespugli
2.	**Canali in terra con ondulazioni o irregolari**
a.	Senza vegetazione
b.	Con erba e pochi cespugli

Figura 8: Tabella dei valori del coefficiente di scabrezza di Manning (Fonte P.A.I. 2006)

3.4 CONDIZIONI IDRAULICHE AL CONTORNO

La costruzione dei profili di rigurgito delle correnti di piena è stata effettuata immettendo le informazioni relative alla corrente in regime stazionario a cui associare le relative condizioni idrauliche al contorno ("Boundary Conditions").

Per la modellazione idraulica è stato applicato il modello monodimensionale realizzato con HEC-RAS, nell'ipotesi di regime di moto permanente e "Mixed Flow". In questo modo, il modello di calcolo determina, sulla base delle caratteristiche del canale, il tipo di regime di moto che si instaura, a partire dalla condizione al contorno che è necessario imporre in corrispondenza della prima sezione di valle del modello, per potere avviare il calcolo dei profili di rigurgito.

Nelle modellazioni effettuate per il presente studio, si è attivata l'opzione prevista dal software di calcolo, con la quale mediante il comando "Critical Depth" si impone che altezza del tirante idrico di monte sia pari all'altezza critica raggiungibile dalla corrente nella suddetta sezione. Per quanto riguarda le condizioni di valle è stata imposta l'altezza di moto uniforme relativa alla pendenza che il tratto di valle possiede, misurato sul DEM della Regione Siciliana.

In generale, il confronto tra le configurazioni relative a "Stato di Fatto" e "Stato di Progetto" richiede che siano costruiti i relativi modelli e ciò è possibile mediante l'utilizzo del software HEC-RAS. Per rendere confrontabili le due configurazioni considerate, sono state adottate le stesse condizioni al contorno ("Boundary Conditions") e le stesse condizioni di moto ("Mixed Flow").

Nel caso in esame non si è in effetti proceduto a tale confronto ed è stata esaminata esclusivamente la condizione "Stato di Fatto", avendo valutato, come è illustrato in dettaglio nel successivo capitolo 0, che gli interventi in progetto non comportano modifiche del regime idrologico del reticolo idrografico.

Per la costruzione geometrica del modello nella configurazione "Stato di Fatto" si sono reperite le informazioni geometriche dei tratti modellati e delle sezioni dal DEM 2m×2m elaborato dalla Regione Siciliana.

3.5 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA

La modellazione idraulica ha permesso di ricavare i valori di tutti i parametri necessari a definire e caratterizzare il deflusso delle portate di piena nei tratti d'interesse.

Per facilitare la lettura delle tabelle e dei grafici di output del modello è necessario specificare il significato fisico, matematico e geometrico di ogni parametro del modello, facendo riferimento alle etichette dell'output di HEC-RAS, mediante le seguenti definizioni:

- RS (River Station), numero identificativo della sezione;
- Qtotal, portata complessiva defluente nell'intera sezione trasversale (costante);
- Min Ch El (Minimum Channel Elevation), quota minima dell'alveo medio principale;

- W.S. Elev (Water Surface Elevation), quota della superficie idrica nella condizione di moto determinata;
- Crit W.S. (Critical Water Surface Elevation), quota della superficie idrica corrispondente all'altezza critica;
- E.G. Elev (Energy Gradient Elevation), quota della linea dell'energia per il profilo di rigurgito calcolato;
- E.G. Slope (Energy Gradient Slope), pendenza della linea dell'energia;
- Vel Chnl (Velocity Channel), velocità media nella sezione trasversale;
- Flow Area, superficie della sezione idrica trasversale;
- Top Width, larghezza in superficie della sezione idrica;
- Froude # Chl, numero di Froude.

Le figure che seguono mostrano l'estensione delle aste idrografiche oggetto di modellazione in relazione alla configurazione delle aree 01 e 02 di impianto delle opere in progetto, con indicazione delle sezioni di calcolo. Le prime due figure sono realizzate con il supporto cartografico costituito dal DEM 2m×2m elaborato dalla Regione Siciliana. Le due figure successive evidenziano la sovrapposizione delle medesime informazioni geometriche con l'ortofoto.

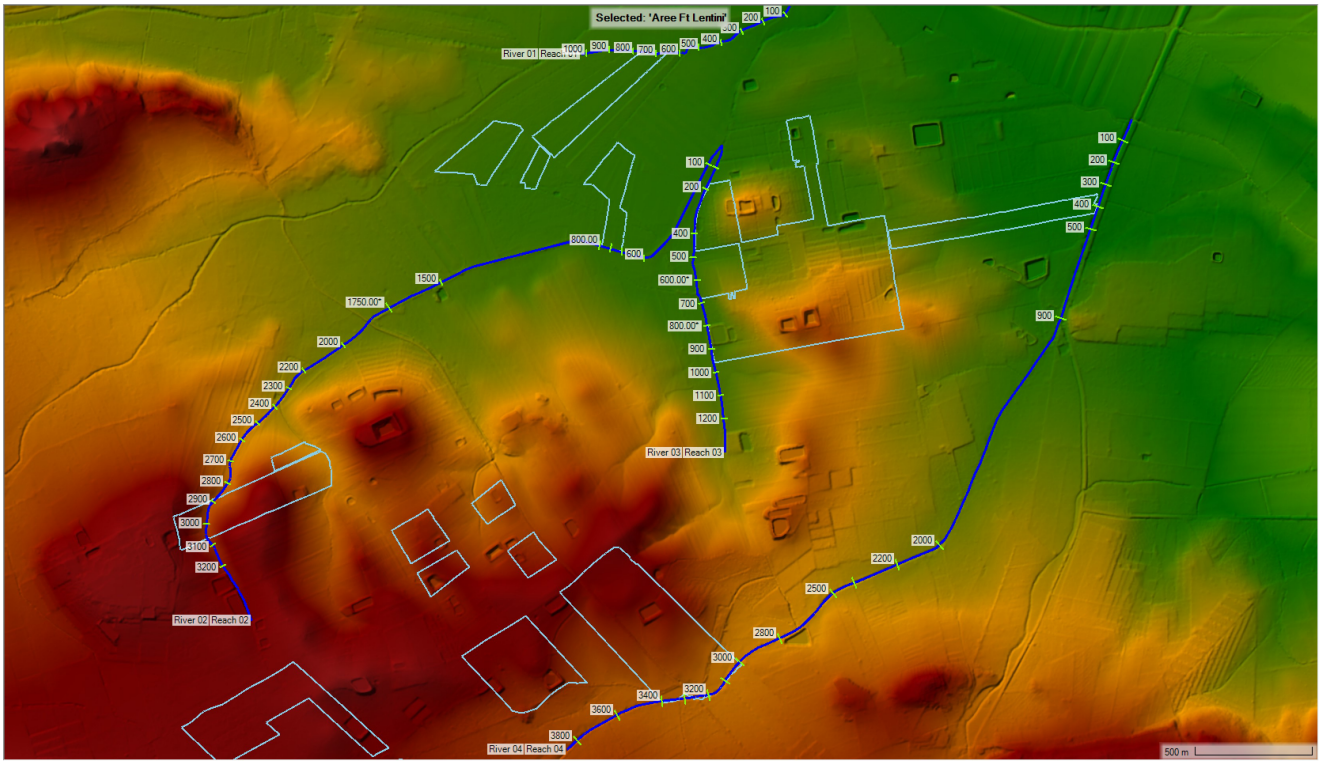


Figura 9: Sovrapposizione del modello idraulico con il DEM – in ciano l'area dell'impianto.

Tutte le sezioni trasversali, i cui dati numerici sono stati inseriti nel modello di calcolo, sono state ricostruite per l'area oggetto di studio a partire dal modello digitale del terreno DEM 2m×2m elaborato dalla Regione Siciliana e scaricato dal sito web del Sistema Informativo Territoriale Regionale. Tale DEM è stato utilizzato per la realizzazione del modello attraverso il software RAS-Mapper, applicativo presente in HEC-RAS che permette la estrazione della geometria a partire da un modello digitale del terreno.

Le condizioni idrauliche al contorno imposte sono state descritte in precedenza.

In appendice allegata alla presente relazione si riportano tutte le sezioni modellate nello "Stato di Fatto" e gli attraversamenti presi in considerazione, presenti lungo le singole aste idrografiche modellate.

Nell'elaborato "Planimetria dei contorni bagnati e degli attraversamenti" sono riportati i contorni che definiscono, secondo le indicazioni del D.S.G. n. 119/22[3], l'ampiezza delle fasce di pertinenza fluviale da sottoporre alle limitazioni d'uso di cui all'art. 96, lettera f, del R.D. n. 523 del 1904.

Le ampiezze di tali aree sono state determinate, per le aste idrografiche di interesse a sponde incerte (alveo demaniale non riportato nelle mappe catastali), a partire dalla fascia interessata dal deflusso delle portate caratterizzate dal tempo di ritorno T_R = 5 anni (piena ordinaria), ampliando tale fascia di ulteriori 10 m a partire da entrambi i limiti così determinati.

Nel seguente paragrafo 3.6 si riporta la tabella con il riepilogo delle informazioni principali sugli attraversamenti progettati e le relative sezioni. Tali attraversamenti sono identificati e localizzati nella stessa planimetria prima richiamata.

Si riportano inoltre in appendice i riepiloghi sotto forma di tabelle delle simulazioni effettuate nello "Stato di Fatto" e le sezioni trasversali che costituiscono l'output del software HEC-RAS, con indicazione grafica dei livelli idrici corrispondenti ai diversi tempi di ritorno presi in considerazione. La condizione di riferimento è lo "Stato di Fatto", avendo valutato, come già anticipato e illustrato in dettaglio nel successivo capitolo 0, che gli interventi in progetto non comportano modifiche del regime idrologico del reticolo idrografico.

3.6 LAYOUT DEGLI ATTRAVERSAMENTI DEL RETICOLO IDROGRAFICO

Si riportano di seguito i dimensionamenti effettuati per i manufatti di attraversamento che risolvono le interferenze della viabilità di progetto con il reticolo idrografico la cui localizzazione è evidenziata nella figura seguente.

[3] Decreto del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia n. 119 del 9 maggio 2022, recante "Direttive per la determinazione dell'ampiezza dell'alveo nel caso di sponde incerte (art. 94 del R.D. n.523/1904) e per la determinazione della fascia di pertinenza fluviale da sottoporre alle limitazioni d'uso di cui all'art. 96, lettera f, del R.D. n. 523/1904"

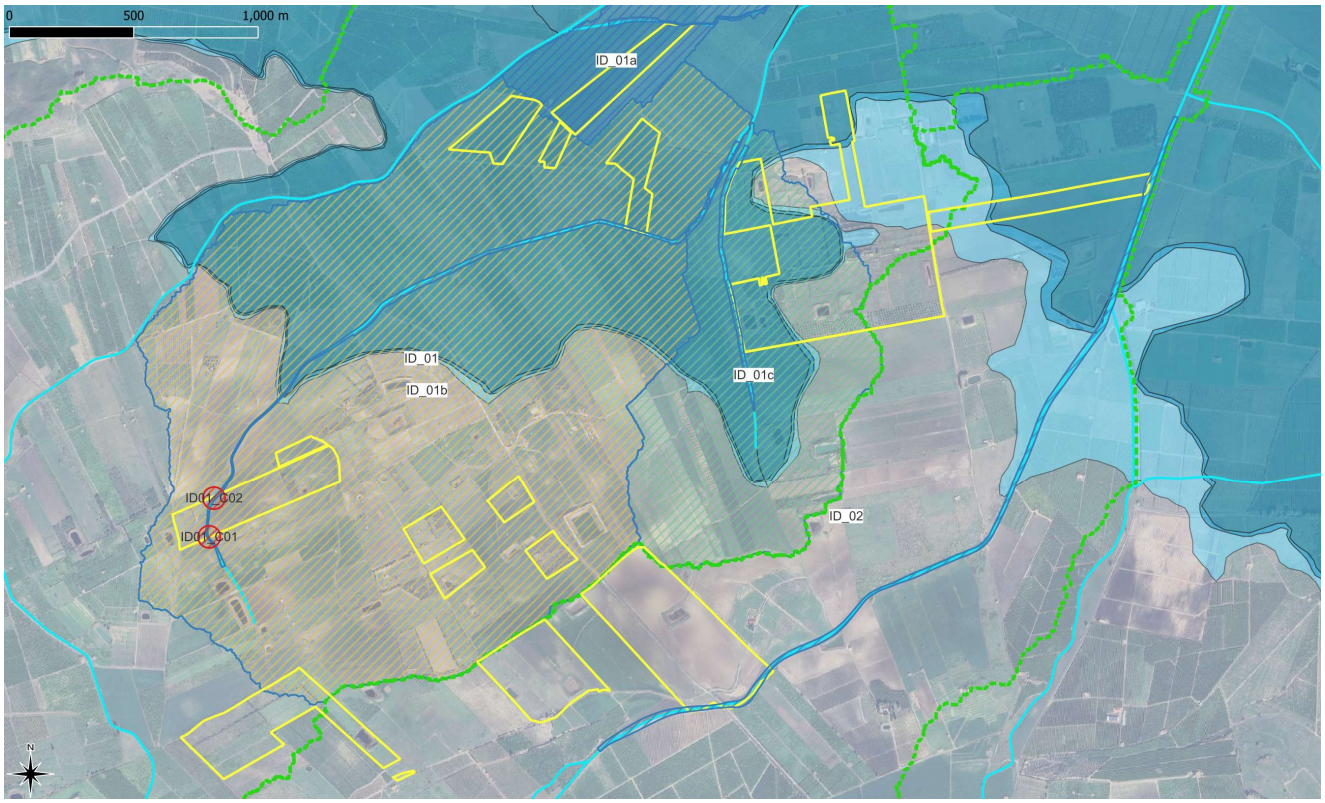


Figura 10: Posizionamento planimetrico degli attraversamenti idraulici.

Il dimensionamento di ciascun manufatto di attraversamento è stato effettuato con riferimento alla portata massima calcolata per il bacino considerato nella sezione di chiusura, adottando quindi per gli attraversamenti che in effetti ricadono più a monte una condizione molto cautelativa.

I tombini sono stati dimensionati e verificati secondo quanto previsto dalla normativa vigente per i tombini stradali, ossia soddisfacendo *il rispetto dei criteri dimensionali imposti dal punto 5.1.2.3. delle NTC 2018 e della Circolare 21 gennaio 2019 (NTC 2018): franco minimo pari a 0,50 m e tirante massimo pari a 2/3 dell'altezza della sezione*, per la portata con tempo di ritorno di 200 anni.

Le analisi di compatibilità sono state finalizzate a valutare che l'inserimento dell'opera, in coerenza con l'assetto idraulico dell'asta idrografica interessata, non comporti alterazioni delle condizioni di pericolosità idraulica e garantisca, con adeguati franchi di sicurezza, il deflusso della piena di progetto.

Per le opere di attraversamento previste, costituite da tombini circolari di diametro di 1.500 mm, sono state sviluppate le verifiche idrauliche dell'incisione rilevata, anche in questi casi con riferimento alle condizioni di moto permanente, attraverso l'applicazione dei codici di calcolo del software FHWA HY-8 Culvert Analysis Program.

ATTRAV.	pend	D	num.
id	m/m	mm	elementi
ID01_C01	0,05	1.500	2
ID01_C02	0,05	1.500	2

Tabella 8: Riepilogo dati di calcolo per gli attraversamenti

Nella figura che segue è riportata la sezione tipo degli attraversamenti previsti in progetto per risolvere le interferenze tra la viabilità di servizio e la rete idrografica, con riferimento ai diametri della precedente tabella. Si prevede la collocazione di tubi armco su un letto di posa di materiale arido adeguato e la costruzione di tronchi di raccordo a monte e a valle, da realizzarsi mediante gabbionate/materassi. Tali raccordi hanno la funzione di evitare i fenomeni di scalzamento in corrispondenza delle sezioni di passaggio e, inoltre, di raccordare anche altimetricamente le sezioni di sbocco a valle degli attraversamenti con l'alveo, nei casi in cui la pendenza dell'alveo risulti maggiore rispetto alla pendenza del manufatto di attraversamento.

Di seguito si espongono i risultati delle verifiche idrauliche effettuate relativamente agli attraversamenti in progetto.

ATTRAV.	pend	D	Q_{200}	H	F	H Lim
id	m/m	mm	m^3/s	m	m	m
ID01_C01/ID01_C02	0,05	1.500	2,6	0,77	0,73	1,00
Legenda						
pend	pendenza attraversamento					
D	diametro tombino circolare					
Q_{200}	Portata con tempo di ritorno di 200 anni					
H	tirante massimo corrispondente alla portata con TR 200 anni					
F	franco all'interno del tombino (valore limite 0.50 m)					
H Lim	tirante limite pari a 2/3 della luce					

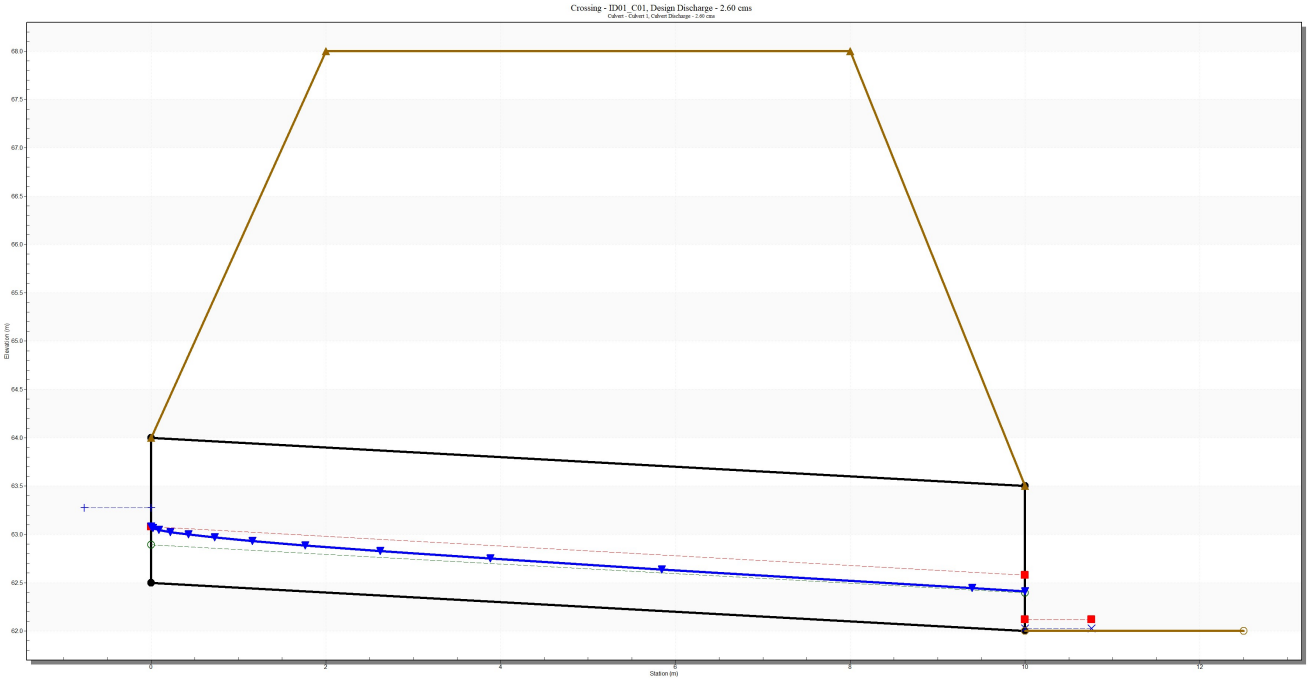


Figura 11: Profilo idraulico per TR200 anni per gli attraversamenti studiati.

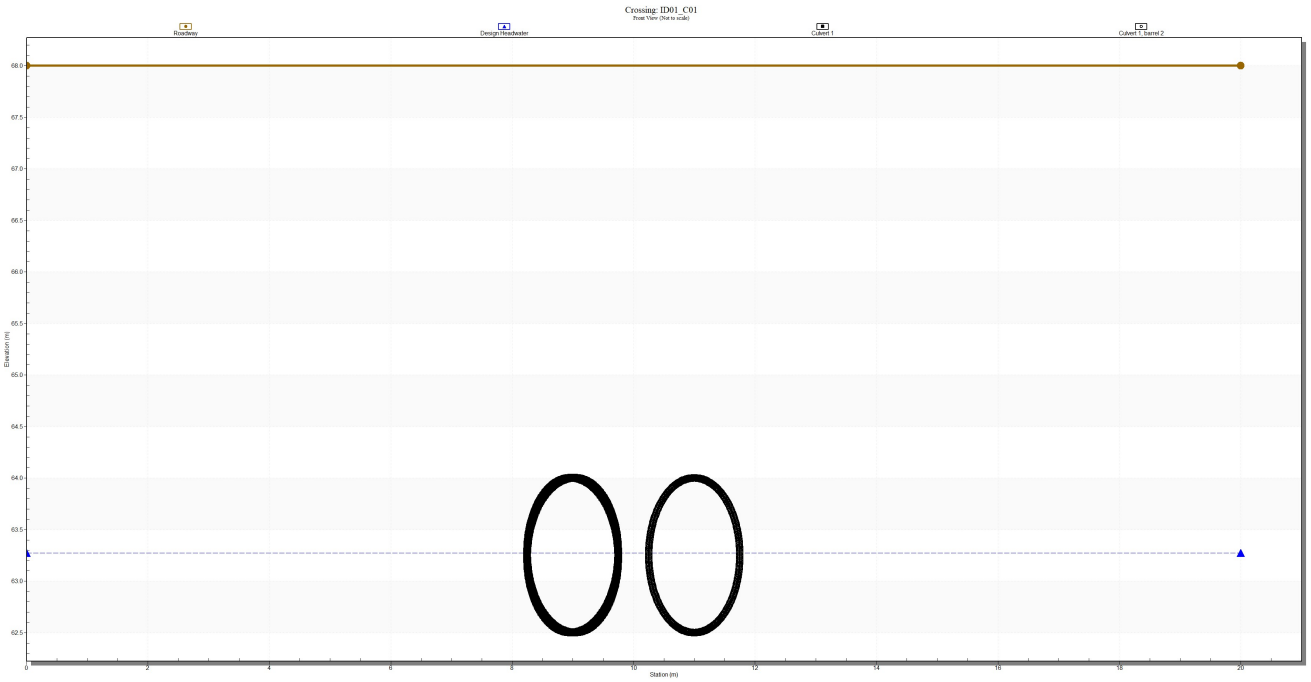


Figura 12: Vista frontale per TR200 anni per gli attraversamenti studiati.

4 CONCLUSIONI

Gli studi effettuati dimostrano la compatibilità dell'intervento in progetto con le disposizioni di cui al D.S.G. n. 119 del 09/05/2022 "Direttive per la determinazione dell'ampiezza dell'alveo nel caso di sponde incerte (art. 94 del R.D. 523/1904) e per la determinazione della fascia di pertinenza fluviale da sottoporre alle limitazioni d'uso di cui all'art. 96, lettera f, del R.D. 523/1904".

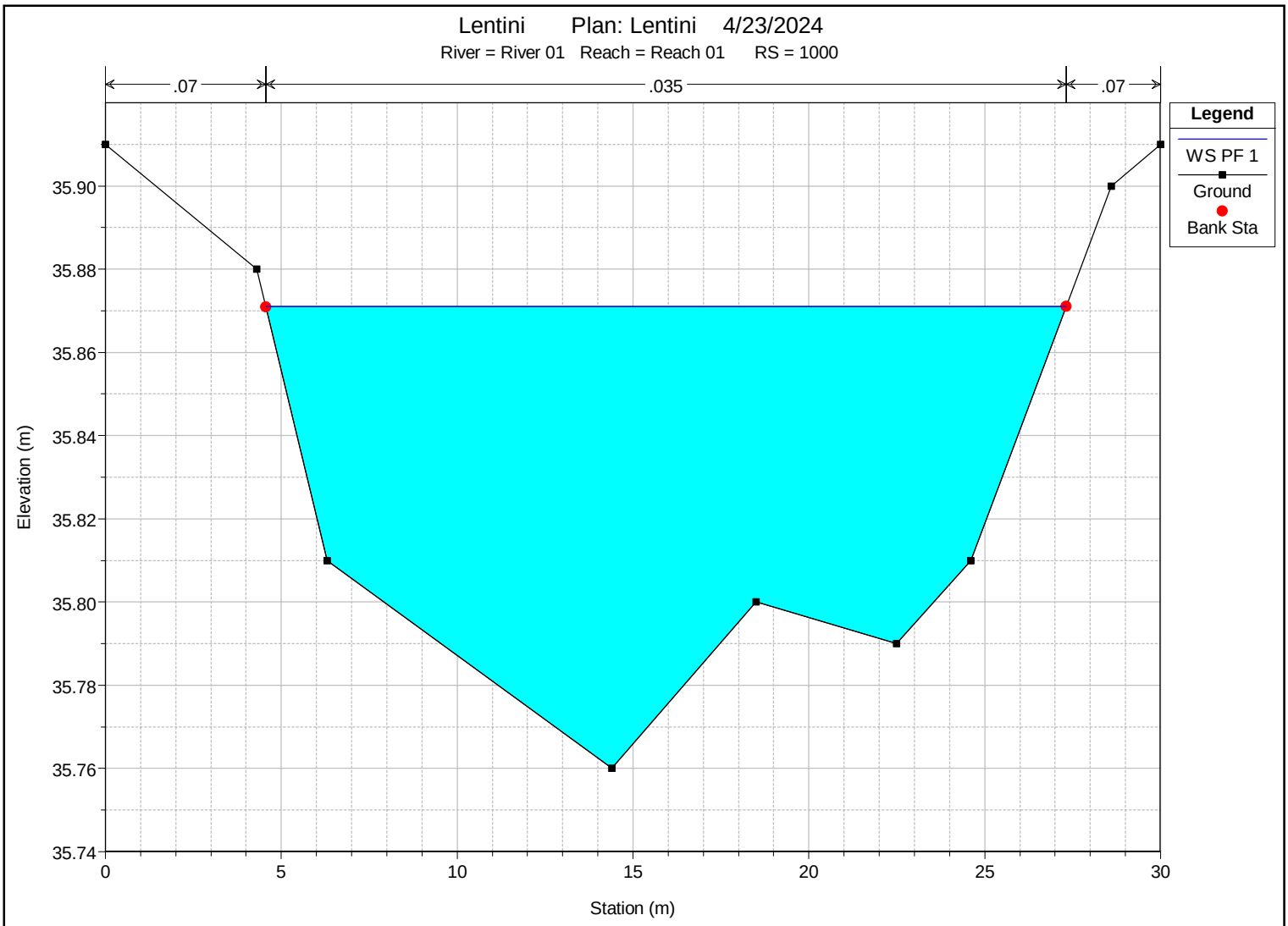
APPENDICE 01
RISULTATI SIMULAZIONI STATO DI FATTO

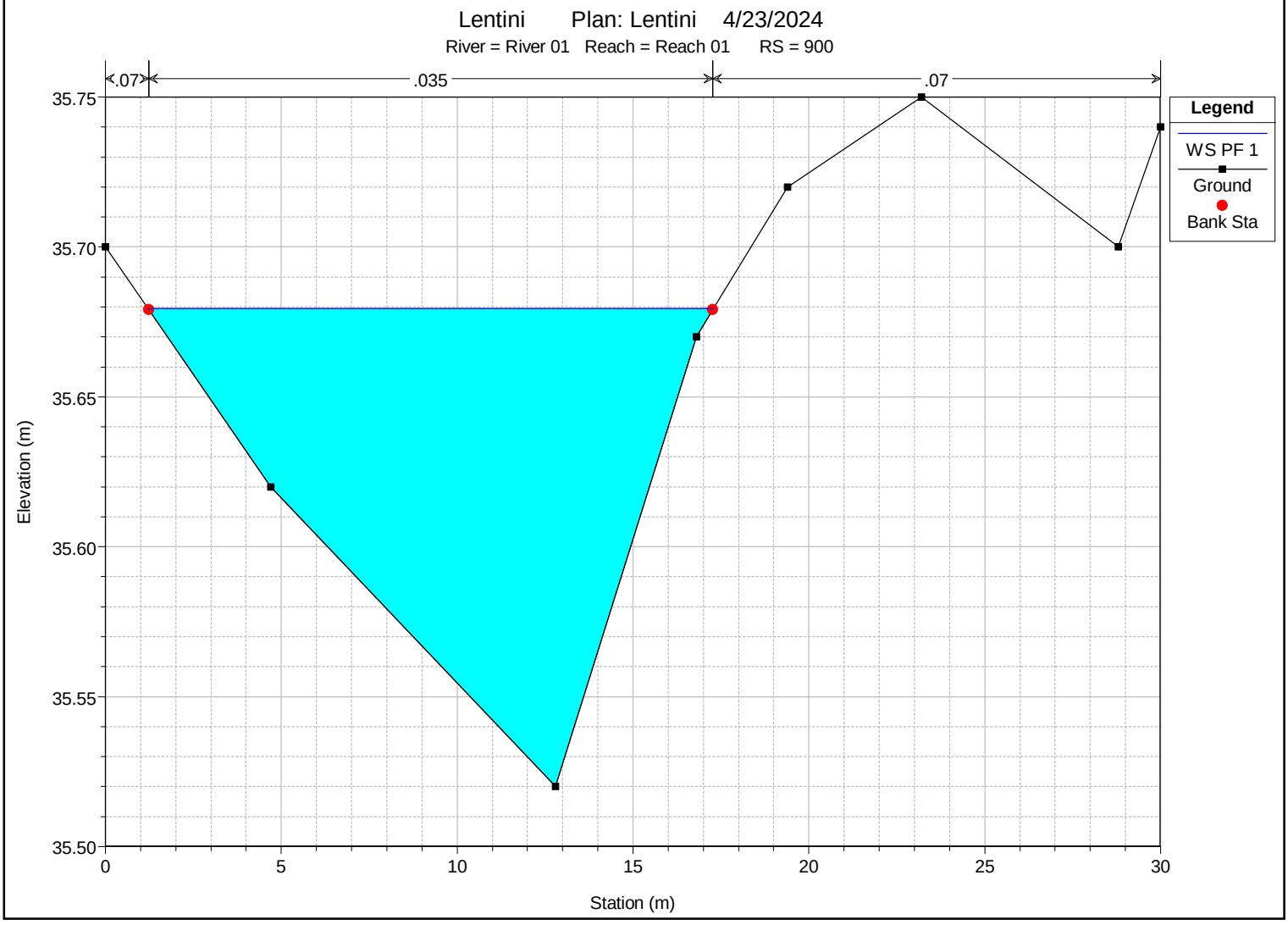
TABELLE RIEPILOGATIVE

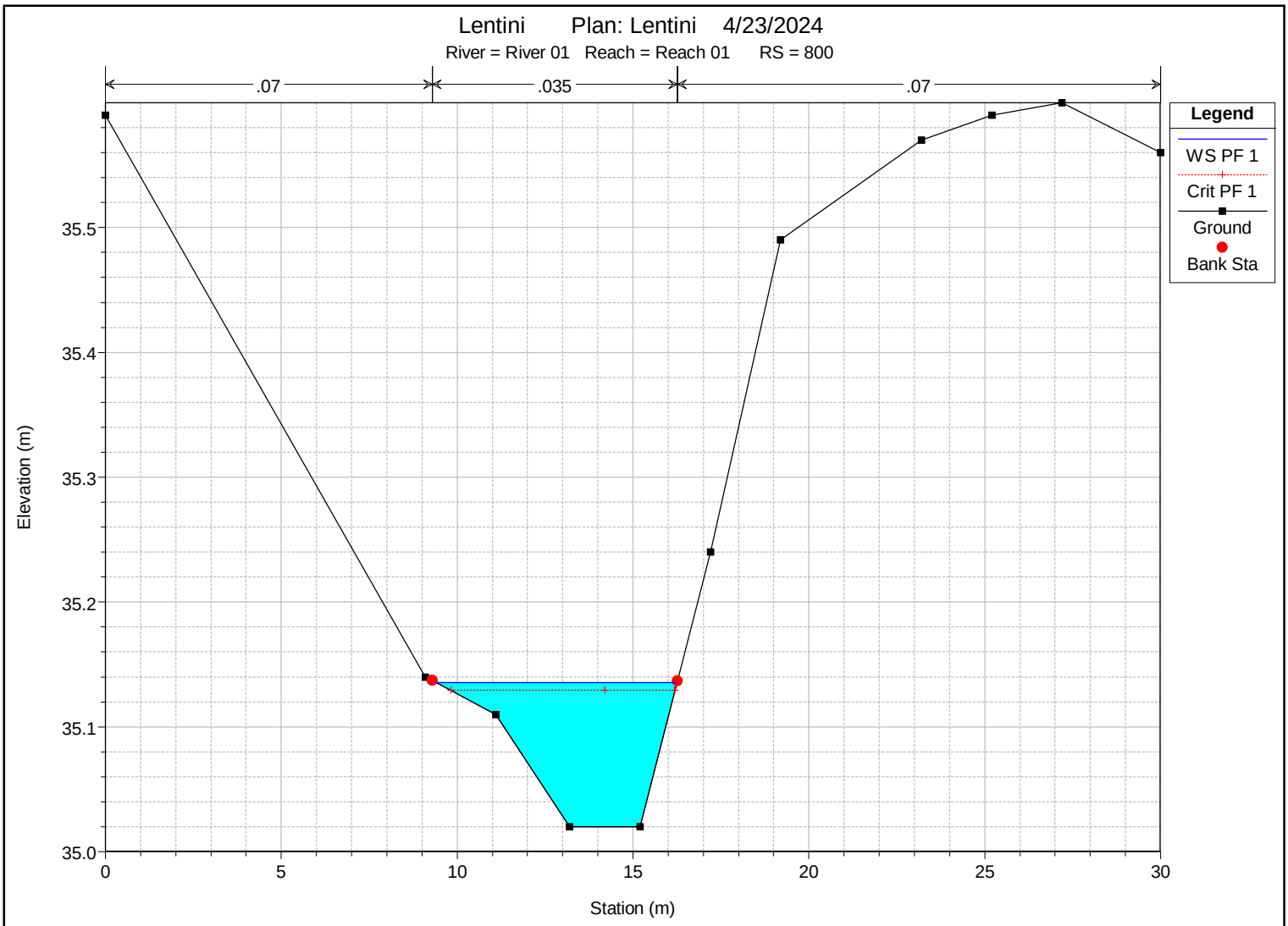
HEC-RAS Plan: Lentini_RP5 Profile: PF 1

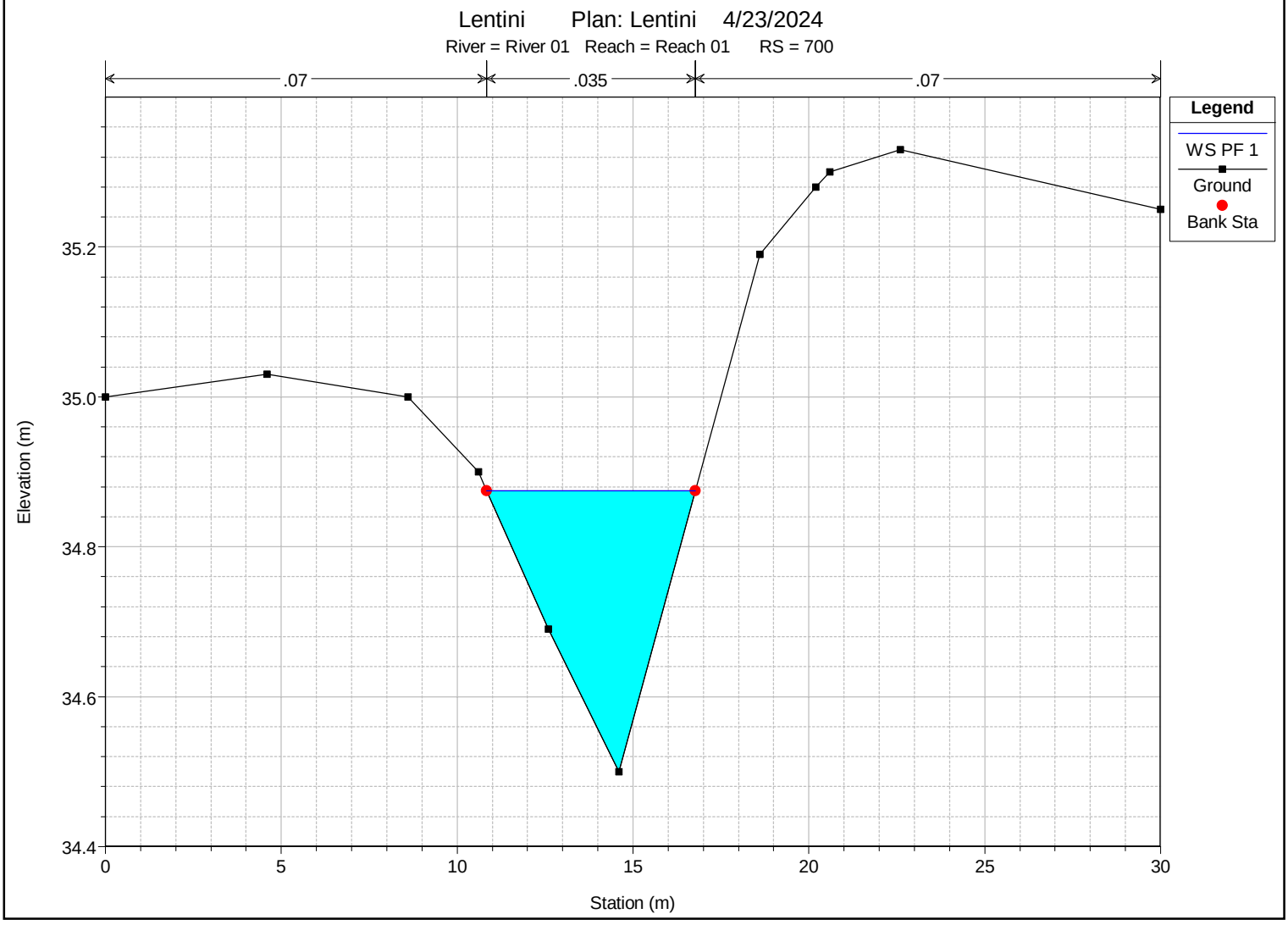
River	Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
				(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
River 04	Reach 04	3800	PF 1	22.64	56.11	57.95		58.06	0.002809	1.43	15.80	16.67	0.47
River 04	Reach 04	3600	PF 1	22.64	55.00	56.71	56.70	56.89	0.017999	1.88	12.05	34.60	1.02
River 04	Reach 04	3400	PF 1	22.64	53.26	54.95		55.09	0.005359	1.67	13.58	18.62	0.62
River 04	Reach 04	3300	PF 1	22.64	52.71	53.95	53.93	54.27	0.013427	2.48	9.12	13.77	0.97
River 04	Reach 04	3200	PF 1	22.64	51.94	52.91		53.07	0.009945	1.79	12.68	25.47	0.81
River 04	Reach 04	3100	PF 1	22.64	50.98	51.95		52.10	0.009441	1.75	12.96	25.90	0.79
River 04	Reach 04	3000	PF 1	22.64	49.77	50.92	50.82	51.16	0.009235	2.15	10.52	14.91	0.82
River 04	Reach 04	2800	PF 1	22.64	47.87	48.91	48.83	49.12	0.011222	2.02	11.23	20.66	0.87
River 04	Reach 04	2500	PF 1	22.64	43.66	44.97	44.97	45.37	0.013896	2.81	8.05	10.16	1.01
River 04	Reach 04	2400	PF 1	22.64	42.31	43.56	43.56	43.96	0.013643	2.80	8.07	10.06	1.00
River 04	Reach 04	2200	PF 1	22.64	40.38	42.25	41.84	42.41	0.004618	1.77	12.80	14.15	0.59
River 04	Reach 04	2000	PF 1	22.64	39.40	40.56	40.56	40.88	0.014481	2.54	8.92	13.81	1.01
River 04	Reach 04	900	PF 1	22.64	32.78	34.23		34.29	0.002049	1.12	20.14	24.65	0.40
River 04	Reach 04	500	PF 1	22.64	31.01	32.20	32.20	32.52	0.014878	2.50	9.05	14.61	1.02
River 04	Reach 04	400	PF 1	22.64	30.30	31.54		31.59	0.002223	1.02	22.21	33.56	0.40
River 04	Reach 04	300	PF 1	22.64	29.72	31.30		31.39	0.001855	1.28	17.66	16.15	0.39
River 04	Reach 04	200	PF 1	22.64	29.38	31.17		31.24	0.001150	1.09	20.77	16.85	0.31
River 04	Reach 04	100	PF 1	22.64	29.49	30.89	30.55	31.03	0.004002	1.64	13.79	15.62	0.56
River 03	Reach 03	1200	PF 1	1.61	38.63	38.94	38.94	39.04	0.021382	1.42	1.13	5.66	1.01
River 03	Reach 03	1100	PF 1	1.61	37.42	37.95		37.96	0.002079	0.49	3.27	14.07	0.33
River 03	Reach 03	1000	PF 1	1.61	37.10	37.41	37.41	37.47	0.022199	1.08	1.49	11.68	0.96
River 03	Reach 03	900	PF 1	1.61	36.22	36.73		36.75	0.003378	0.68	2.38	9.05	0.42
River 03	Reach 03	800.00*	PF 1	1.61	35.91	36.36		36.39	0.004033	0.69	2.33	9.88	0.45
River 03	Reach 03	700	PF 1	1.61	35.60	36.04		36.05	0.002718	0.57	2.83	11.99	0.37
River 03	Reach 03	600.00*	PF 1	1.61	35.21	35.52		35.56	0.011504	0.86	1.88	12.66	0.71
River 03	Reach 03	500	PF 1	1.61	34.82	35.31		35.31	0.000969	0.38	4.26	15.37	0.23
River 03	Reach 03	400	PF 1	1.61	34.67	35.19		35.20	0.001335	0.45	3.56	12.42	0.27
River 03	Reach 03	200	PF 1	1.61	34.45	34.81		34.82	0.002875	0.53	3.02	14.71	0.38
River 03	Reach 03	100	PF 1	1.61	34.02	34.42	34.31	34.45	0.005007	0.70	2.31	11.38	0.49
River 02	Reach 02	3200	PF 1	3.86	66.75	67.08	67.08	67.18	0.022138	1.39	2.78	14.85	1.03
River 02	Reach 02	3100	PF 1	3.86	62.93	63.43	63.43	63.59	0.018186	1.79	2.15	6.68	1.01
River 02	Reach 02	3000	PF 1	3.86	59.46	59.99	59.99	60.16	0.017994	1.81	2.14	6.47	1.01
River 02	Reach 02	2900	PF 1	3.86	56.67	57.14	57.14	57.26	0.020225	1.54	2.50	10.65	1.02
River 02	Reach 02	2800	PF 1	3.86	52.92	53.39	53.39	53.55	0.018340	1.76	2.19	7.04	1.01
River 02	Reach 02	2700	PF 1	3.86	49.94	50.62	50.62	50.80	0.018279	1.88	2.05	5.87	1.02
River 02	Reach 02	2600	PF 1	3.86	47.60	48.19	48.19	48.38	0.017690	1.93	2.00	5.33	1.01
River 02	Reach 02	2500	PF 1	3.86	45.29	45.85	45.83	46.01	0.015524	1.74	2.22	6.38	0.94
River 02	Reach 02	2400	PF 1	3.86	43.46	44.14	44.14	44.32	0.018425	1.84	2.10	6.23	1.01
River 02	Reach 02	2300	PF 1	3.86	41.61	42.35	42.23	42.46	0.007725	1.44	2.68	5.94	0.69
River 02	Reach 02	2200	PF 1	3.86	40.94	41.48		41.59	0.009884	1.45	2.66	7.13	0.76
River 02	Reach 02	2000	PF 1	3.86	39.68	40.43		40.48	0.003450	0.92	4.20	10.17	0.46
River 02	Reach 02	1750.00*	PF 1	3.86	38.36	38.98		39.07	0.010642	1.33	2.90	9.45	0.77
River 02	Reach 02	1500	PF 1	3.86	37.04	37.78		37.80	0.002870	0.72	5.39	16.69	0.40
River 02	Reach 02	800.00	PF 1	3.86	35.44	36.28		36.31	0.001653	0.76	5.11	9.52	0.33
River 02	Reach 02	750.00*	PF 1	3.86	35.33	36.20		36.22	0.001624	0.76	5.09	9.32	0.33
River 02	Reach 02	700.00*	PF 1	3.86	35.23	36.12		36.14	0.001580	0.76	5.11	9.19	0.32
River 02	Reach 02	650.00*	PF 1	3.86	35.12	36.04		36.07	0.001509	0.75	5.17	9.12	0.32
River 02	Reach 02	600	PF 1	3.86	35.01	35.97		35.99	0.001398	0.73	5.28	9.08	0.31
River 02	Reach 02	100	PF 1	3.86	34.31	34.77	34.63	34.80	0.005004	0.78	4.96	20.65	0.51
River 01	Reach 01	1000	PF 1	0.34	35.76	35.87		35.87	0.001673	0.20	1.66	22.75	0.24
River 01	Reach 01	900	PF 1	0.34	35.52	35.68		35.68	0.002187	0.25	1.33	16.09	0.28
River 01	Reach 01	800	PF 1	0.34	35.02	35.14	35.13	35.16	0.023991	0.73	0.46	6.85	0.90
River 01	Reach 01	700	PF 1	0.34	34.50	34.87		34.88	0.001010	0.30	1.13	5.93	0.22
River 01	Reach 01	600	PF 1	0.34	34.41	34.54	34.54	34.59	0.027120	0.97	0.35	3.69	1.01
River 01	Reach 01	500	PF 1	0.34	33.63	33.90	33.80	33.91	0.002876	0.46	0.74	4.46	0.36
River 01	Reach 01	400	PF 1	0.34	33.06	33.21	33.21	33.26	0.026363	0.96	0.35	3.71	1.00
River 01	Reach 01	300	PF 1	0.34	32.44	32.81		32.82	0.001027	0.36	0.93	3.61	0.23
River 01	Reach 01	200	PF 1	0.34	32.30	32.65		32.66	0.002723	0.48	0.71	3.88	0.35
River 01	Reach 01	100	PF 1	0.34	32.25	32.50	32.39	32.50	0.001000	0.24	1.44	10.80	0.21

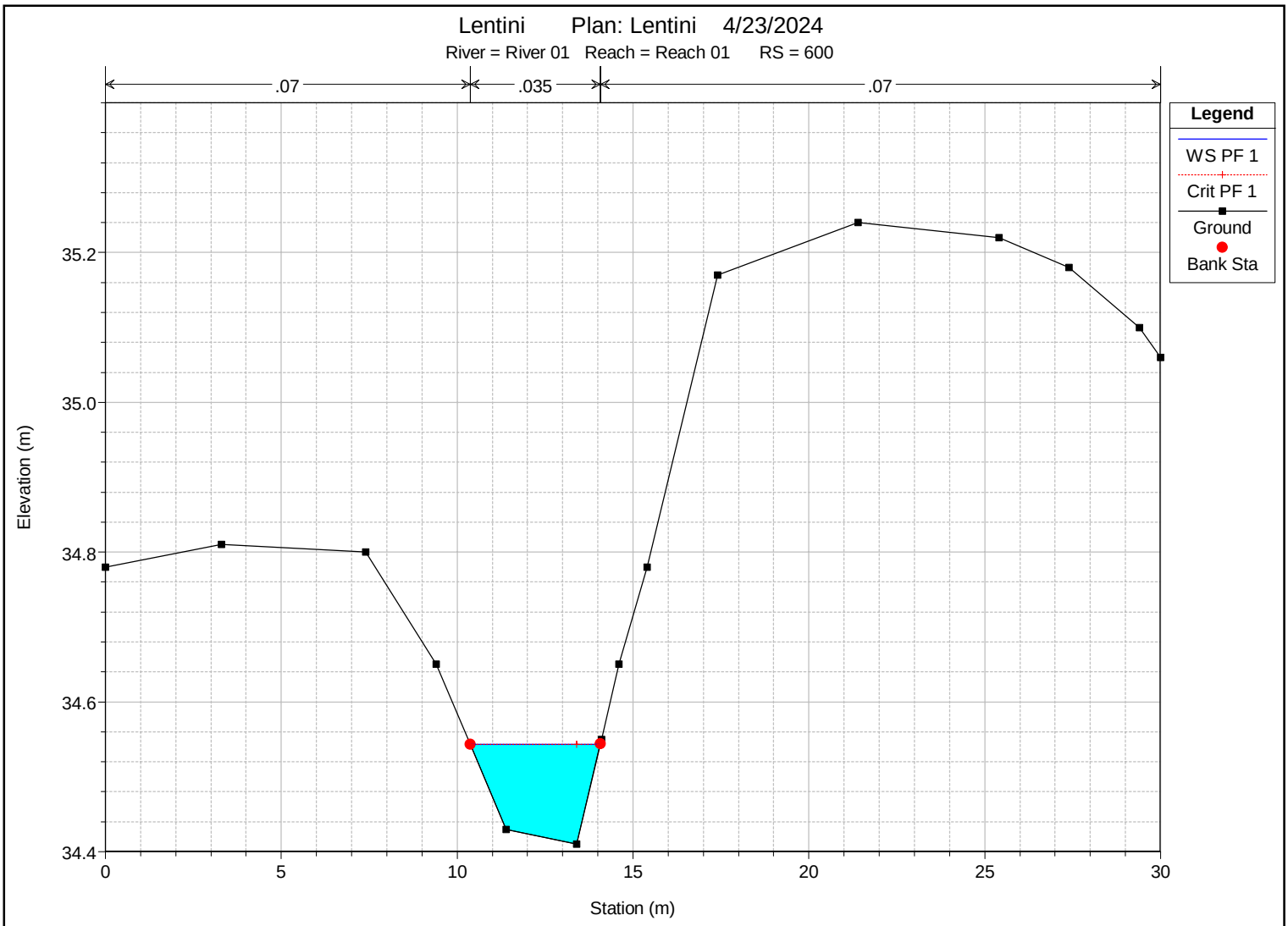
SEZIONI

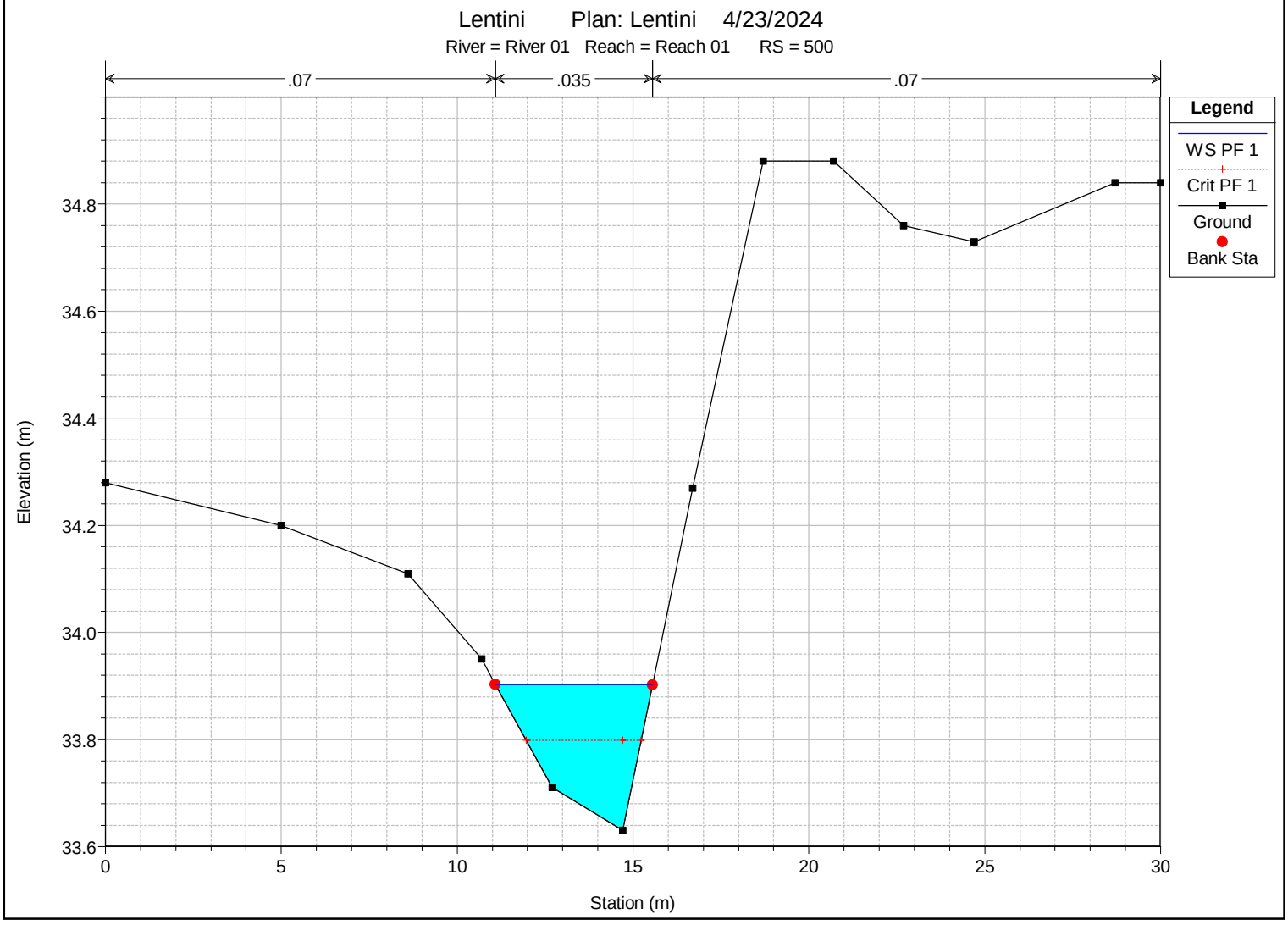

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 01 Reach = Reach 01 RS = 1000
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
35.90
35.88
35.86
35.84
35.82
35.80
35.78
35.76
35.74
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

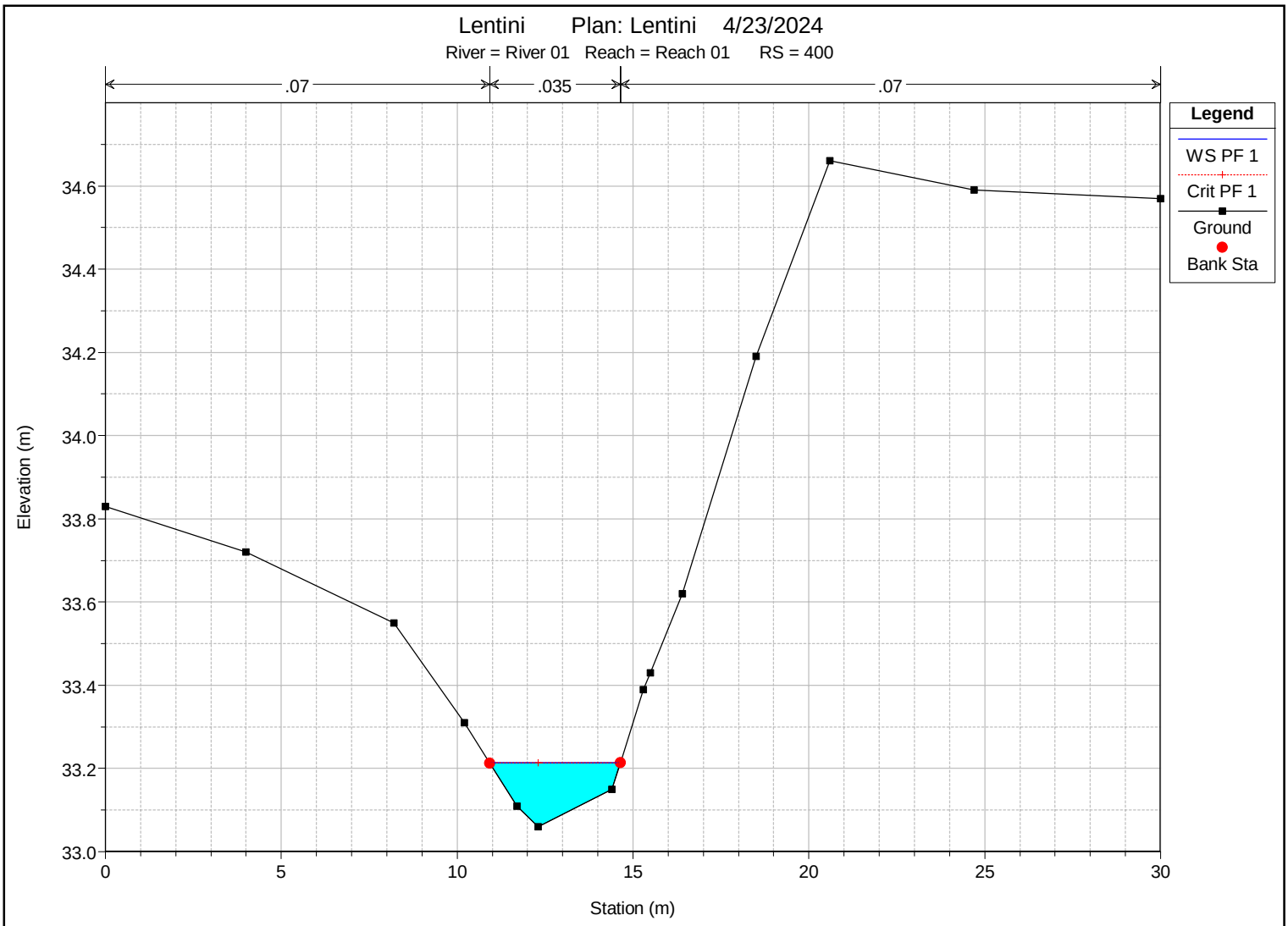

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 01 Reach = Reach 01 RS = 900
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
35.75
35.70
35.65
35.60
35.55
35.50
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

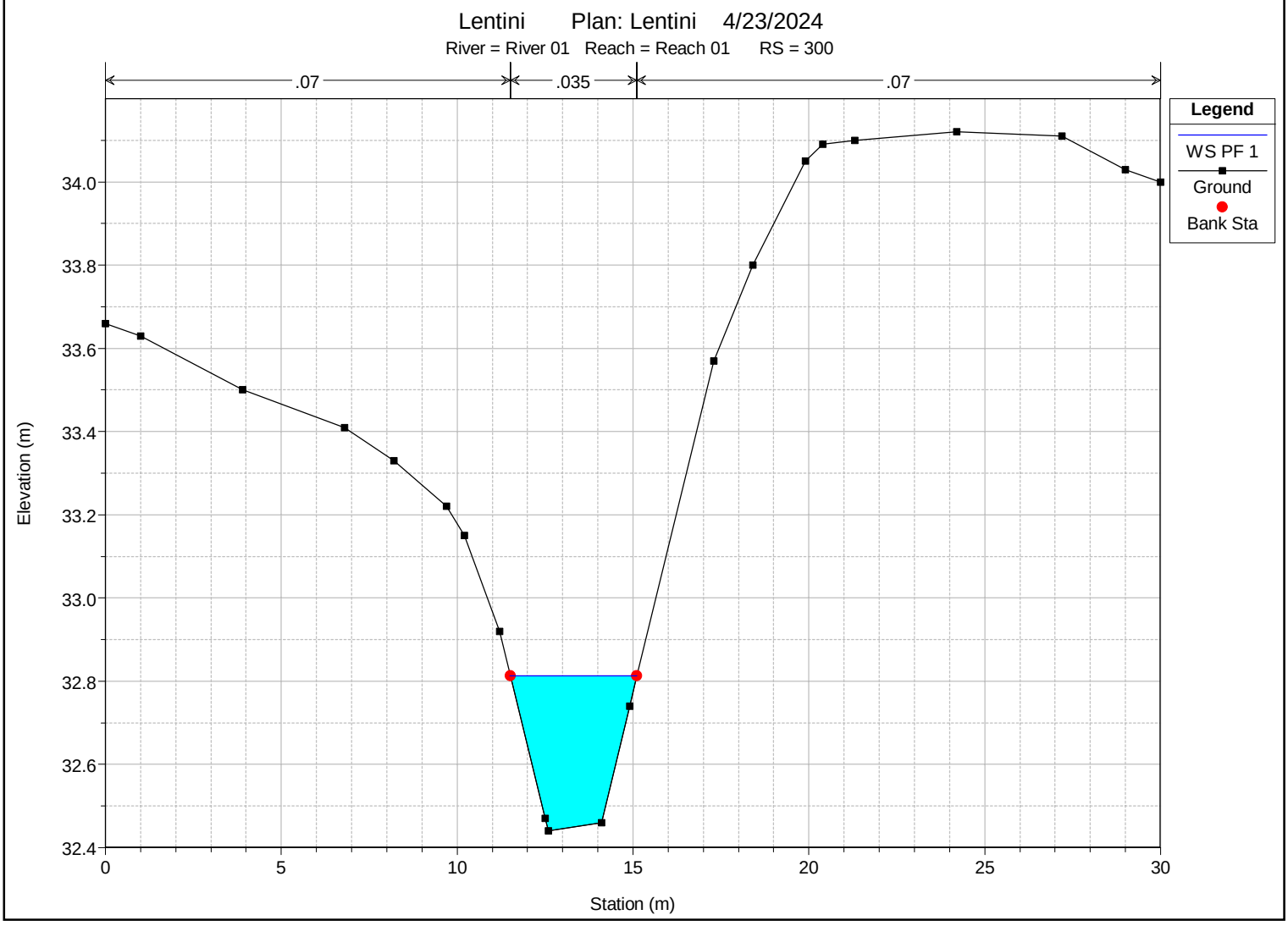

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 01 Reach = Reach 01 RS = 800
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
35.5
35.4
35.3
35.2
35.1
35.0
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

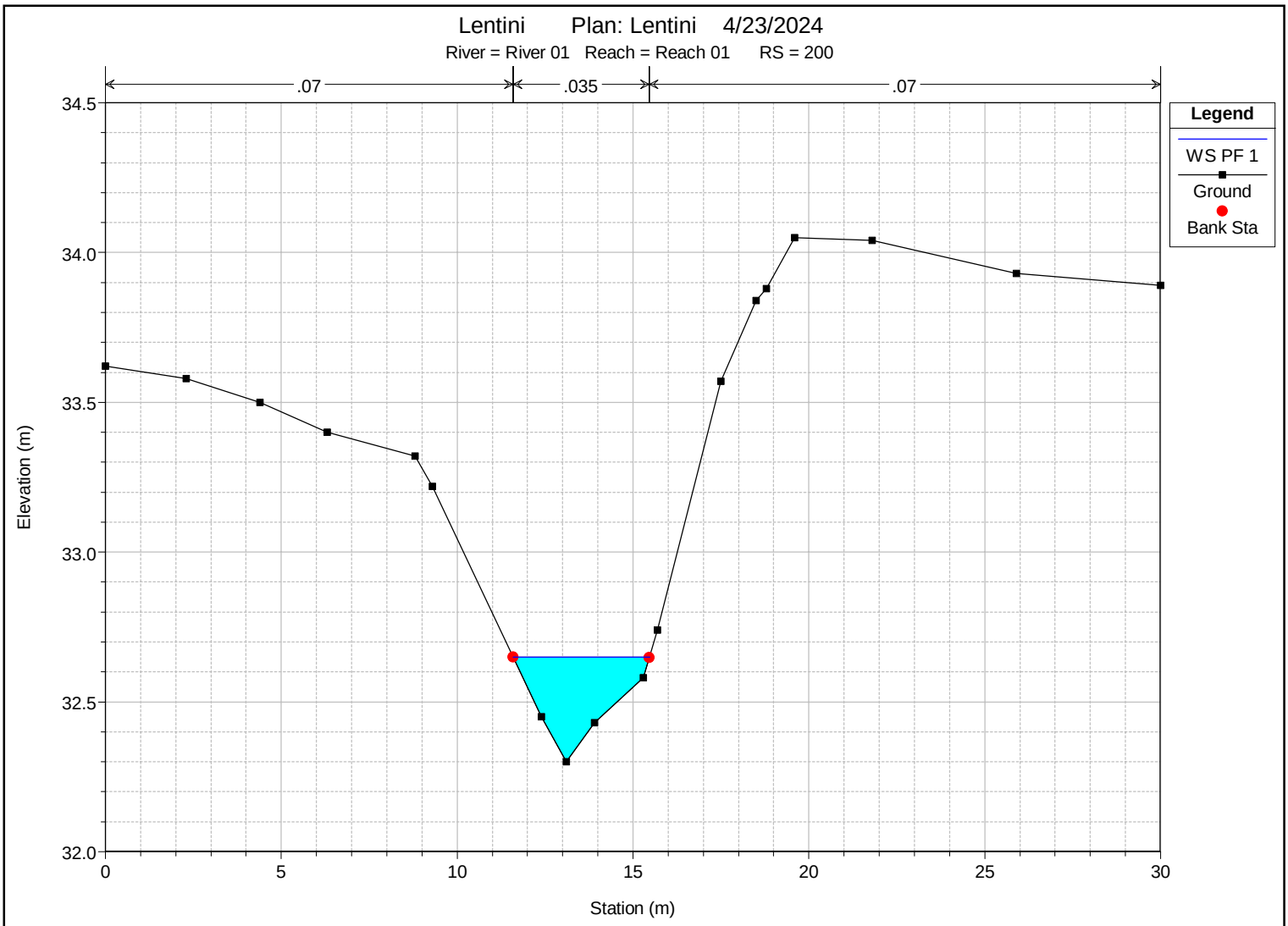

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 01 Reach = Reach 01 RS = 700
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
35.2
35.0
34.8
34.6
34.4
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

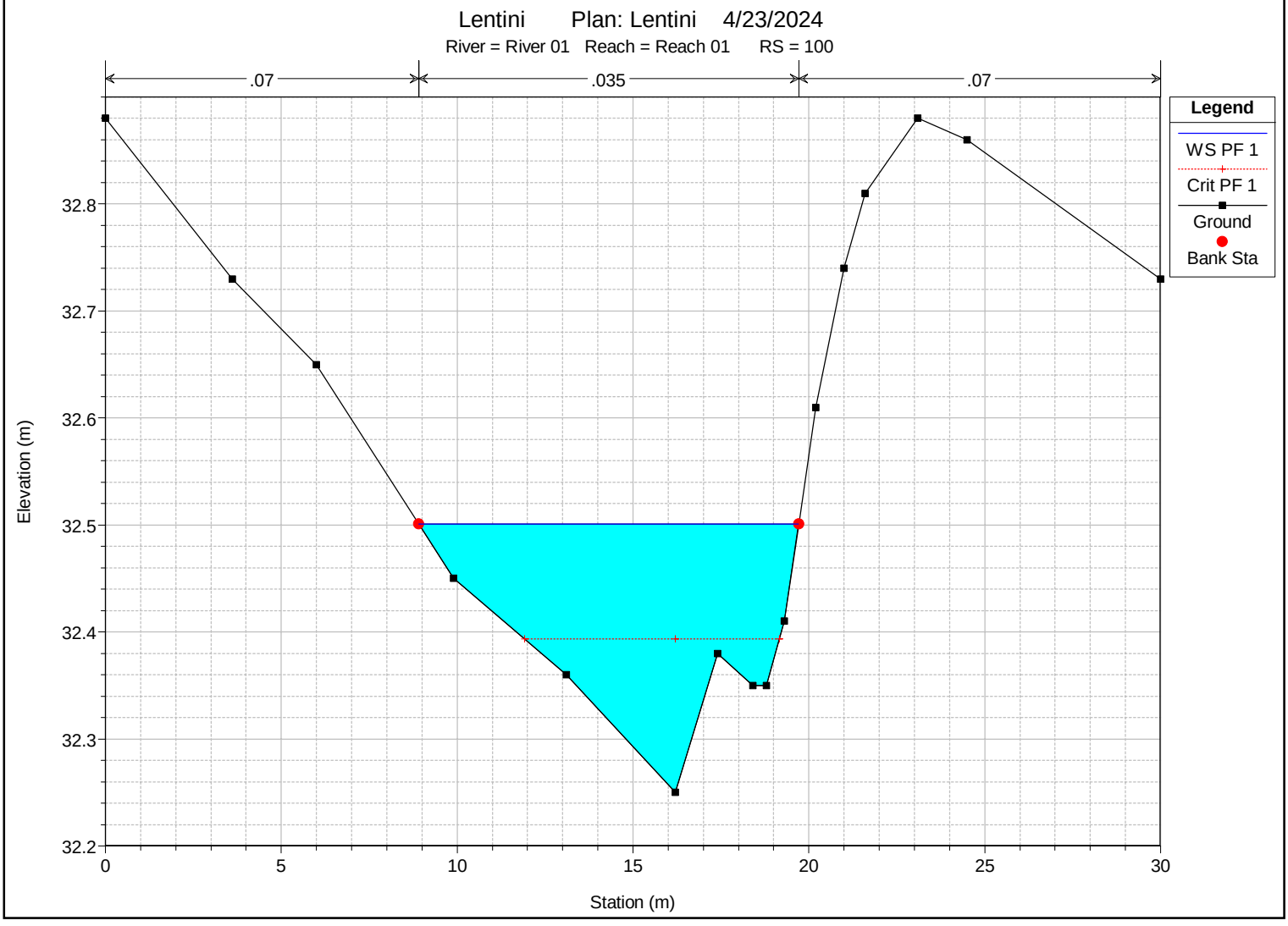

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 01 Reach = Reach 01 RS = 600
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
35.2
35.0
34.8
34.6
34.4
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

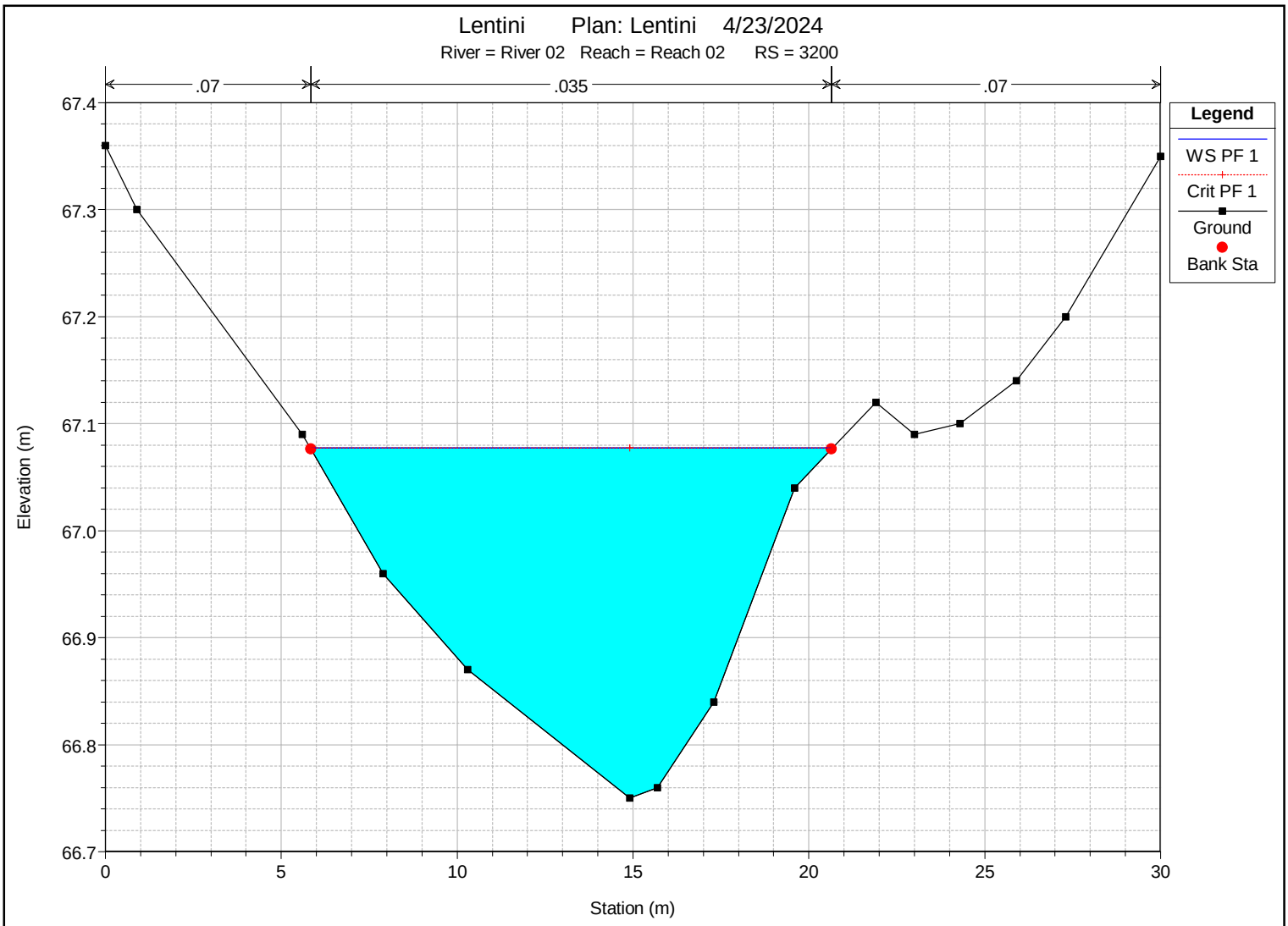

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 01 Reach = Reach 01 RS = 500
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
34.8
34.6
34.4
34.2
34.0
33.8
33.6
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

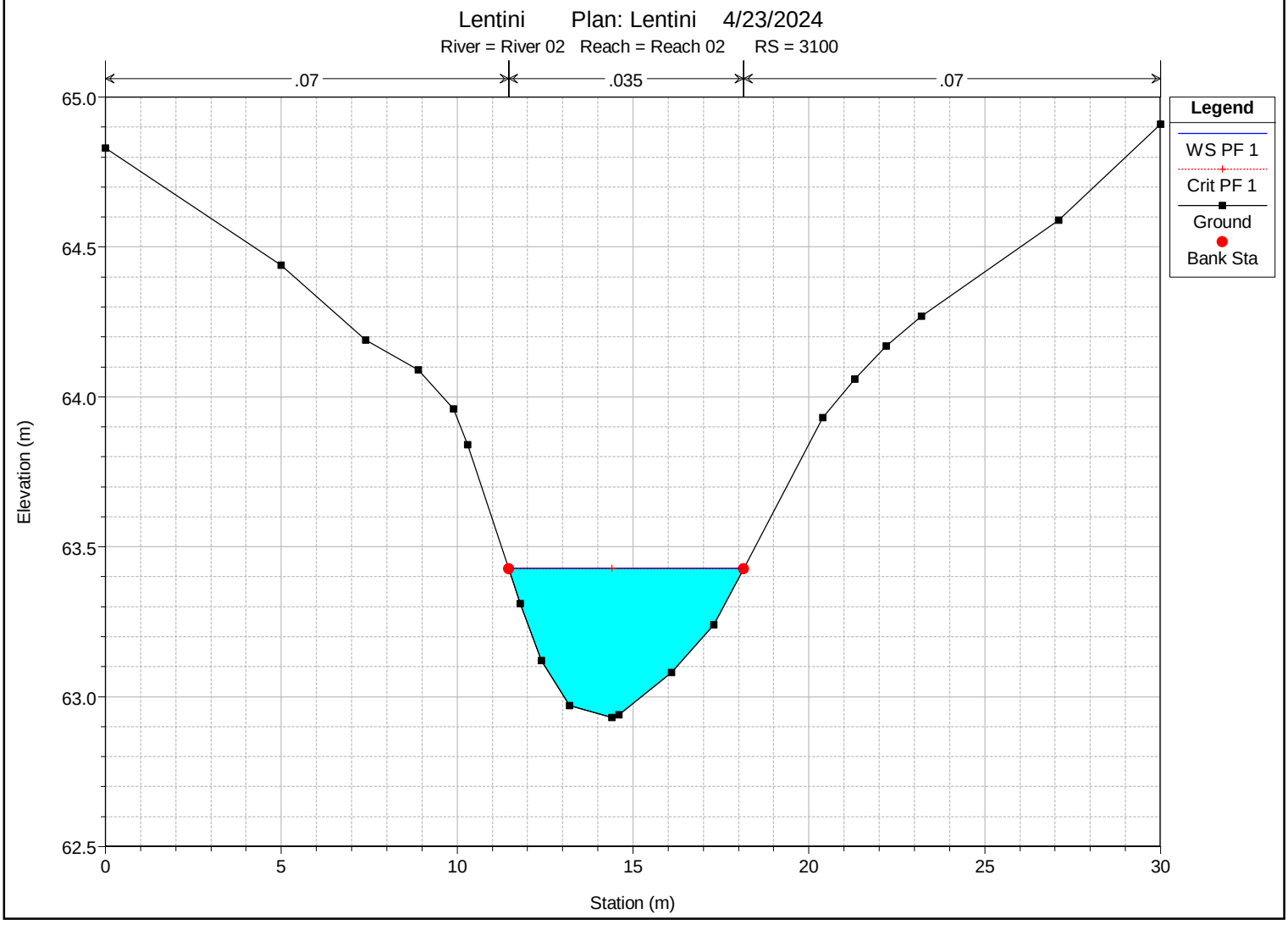

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 01 Reach = Reach 01 RS = 400
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
34.6
34.4
34.2
34.0
33.8
33.6
33.4
33.2
33.0
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

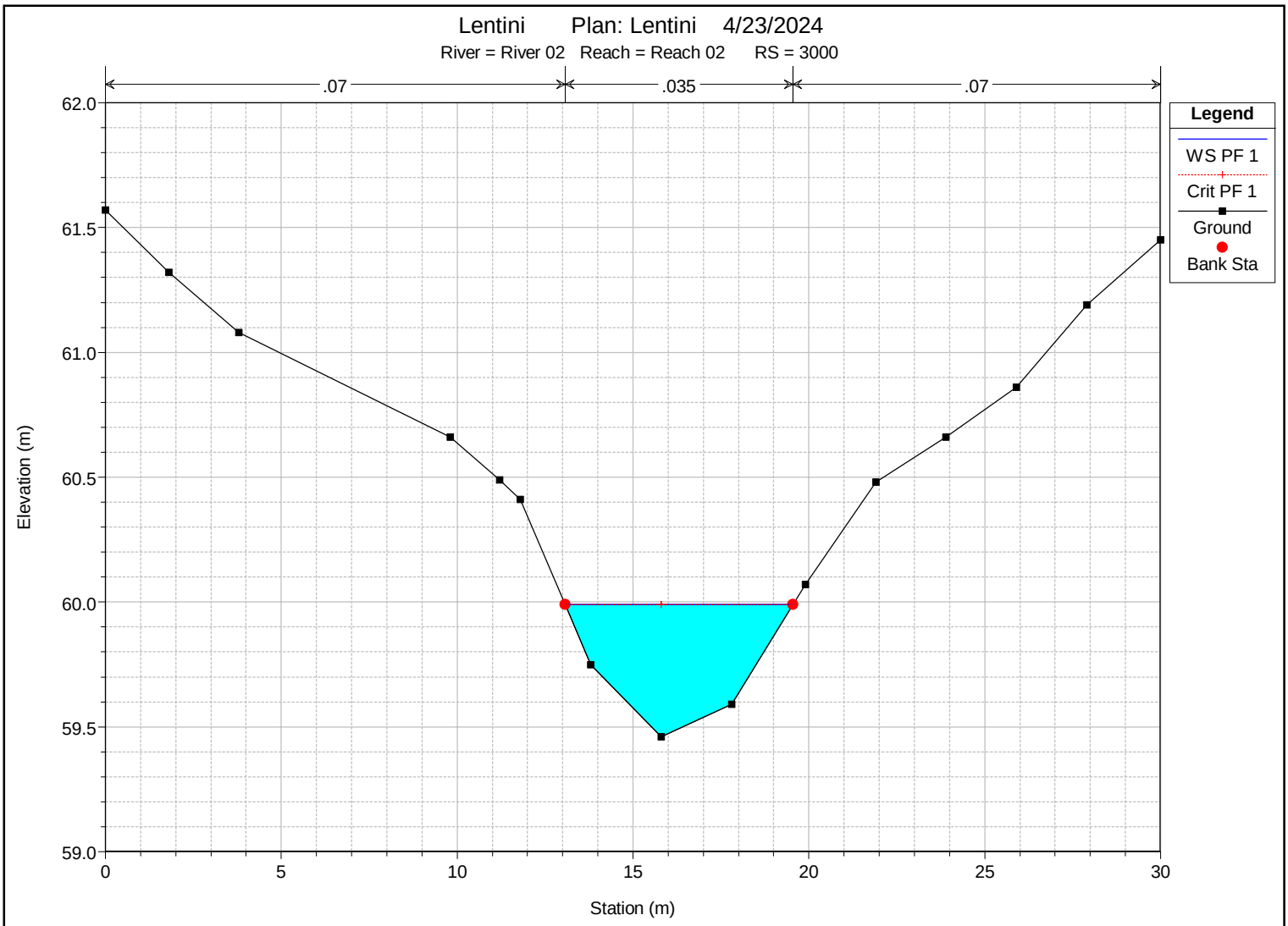

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 01 Reach = Reach 01 RS = 300
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
34.0
33.8
33.6
33.4
33.2
33.0
32.8
32.6
32.4
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

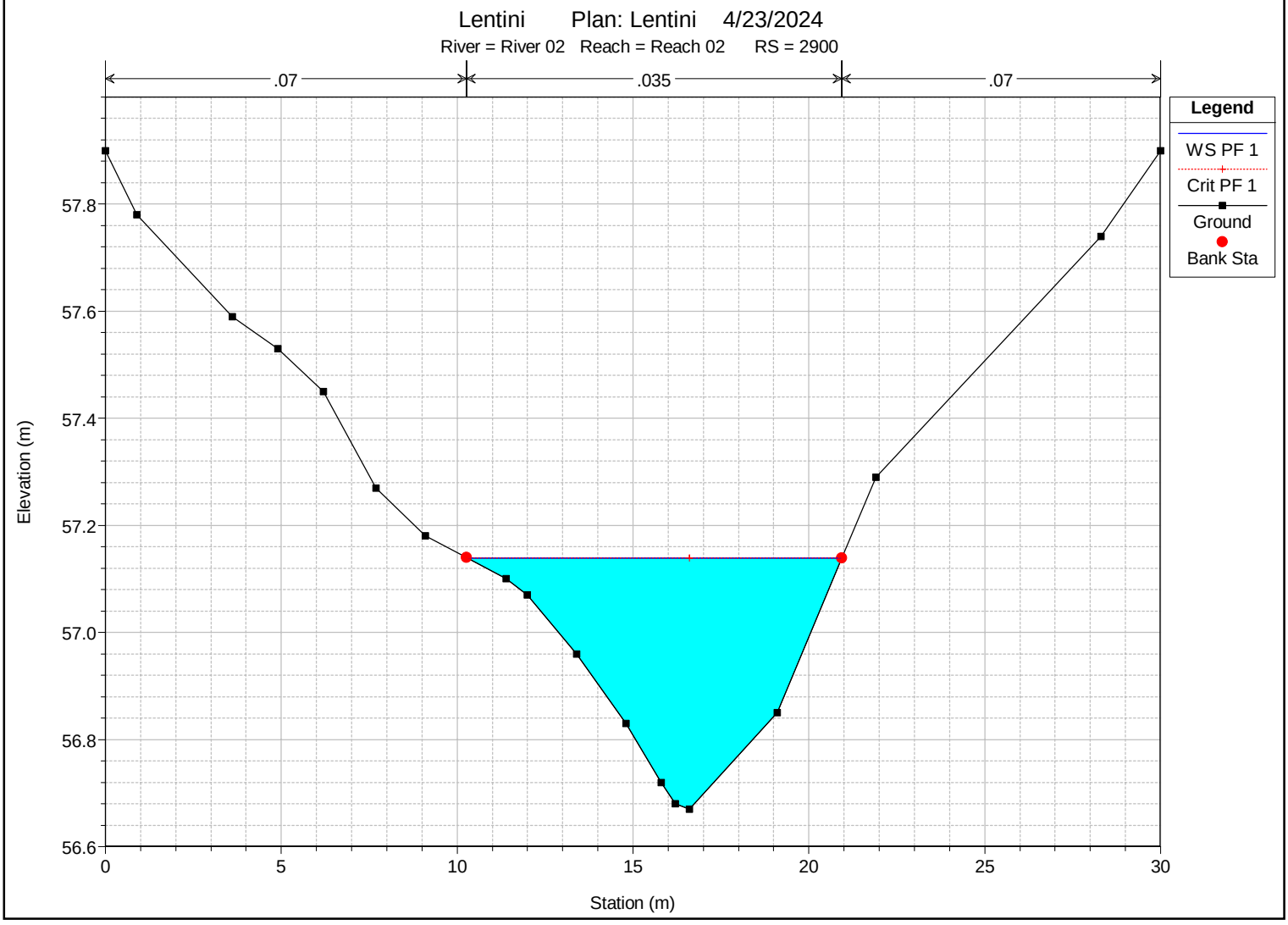

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 01 Reach = Reach 01 RS = 200
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
34.5
34.0
33.5
33.0
32.5
32.0
0
5
10
15
20
25
30

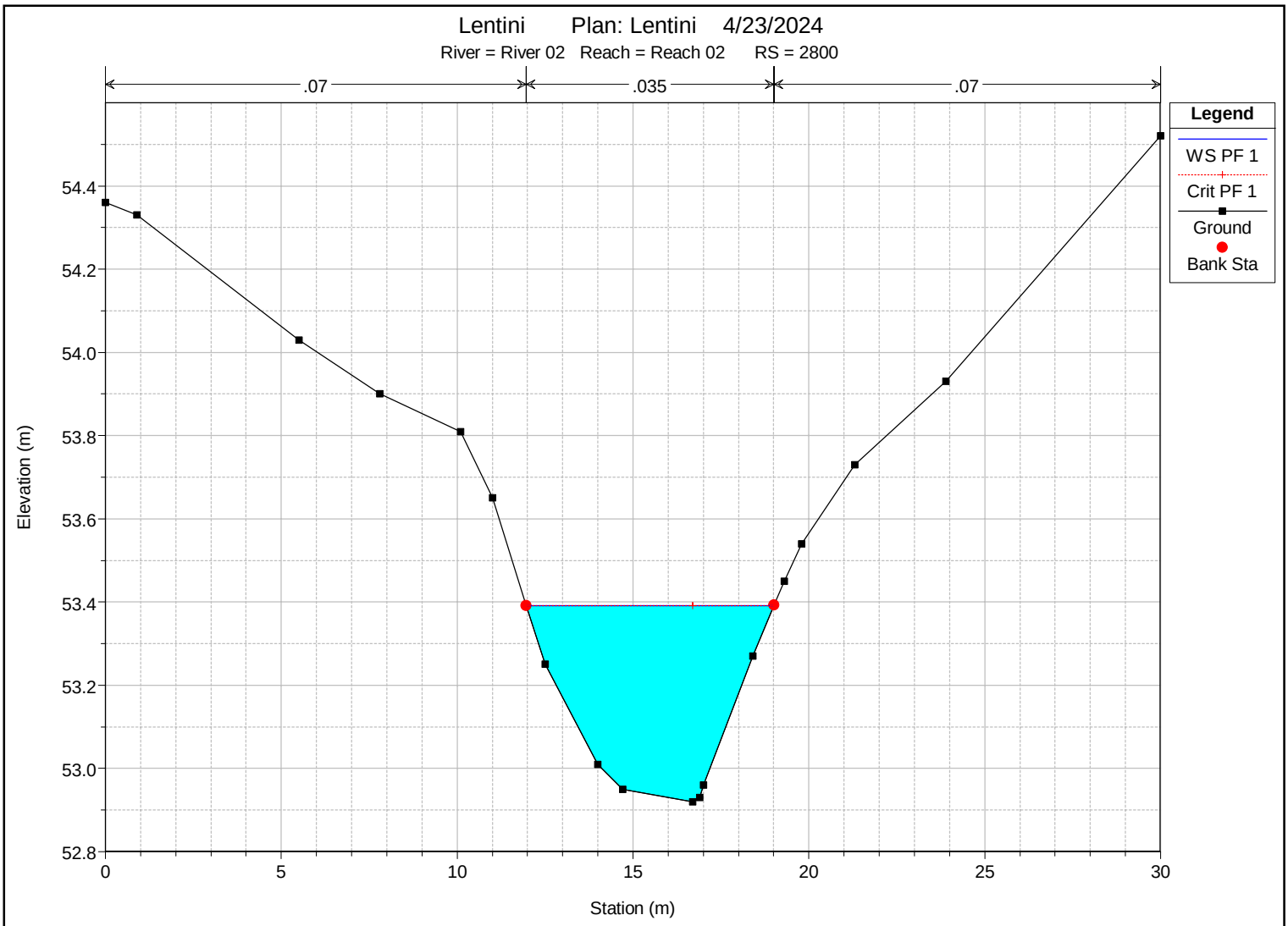

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 01 Reach = Reach 01 RS = 100
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
32.8
32.7
32.6
32.5
32.4
32.3
32.2
0
5
10
15
20
25
30

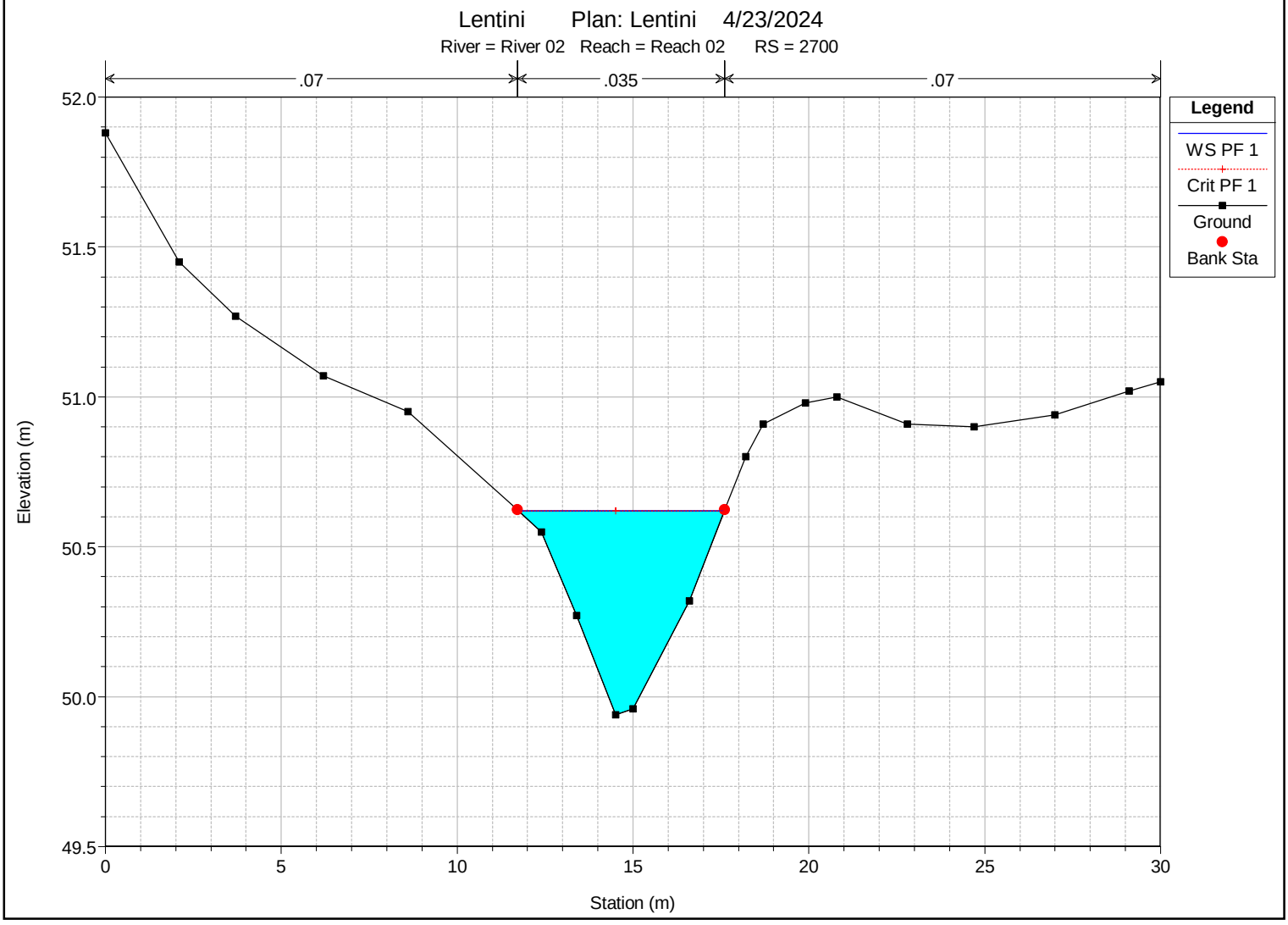

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 3200
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
67.4
67.3
67.2
67.1
67.0
66.9
66.8
66.7
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

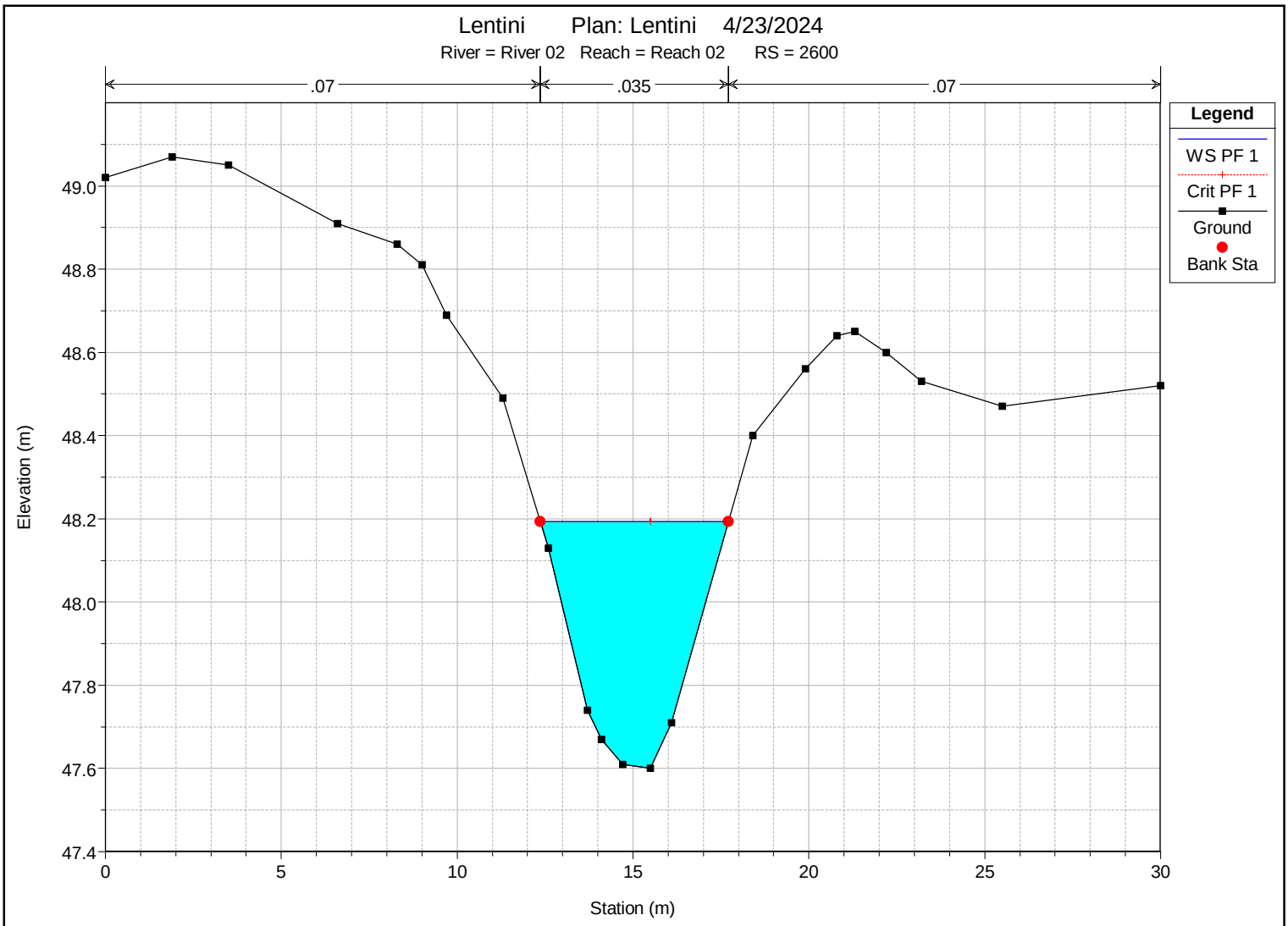

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 3100
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
65.0
64.5
64.0
63.5
63.0
62.5
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

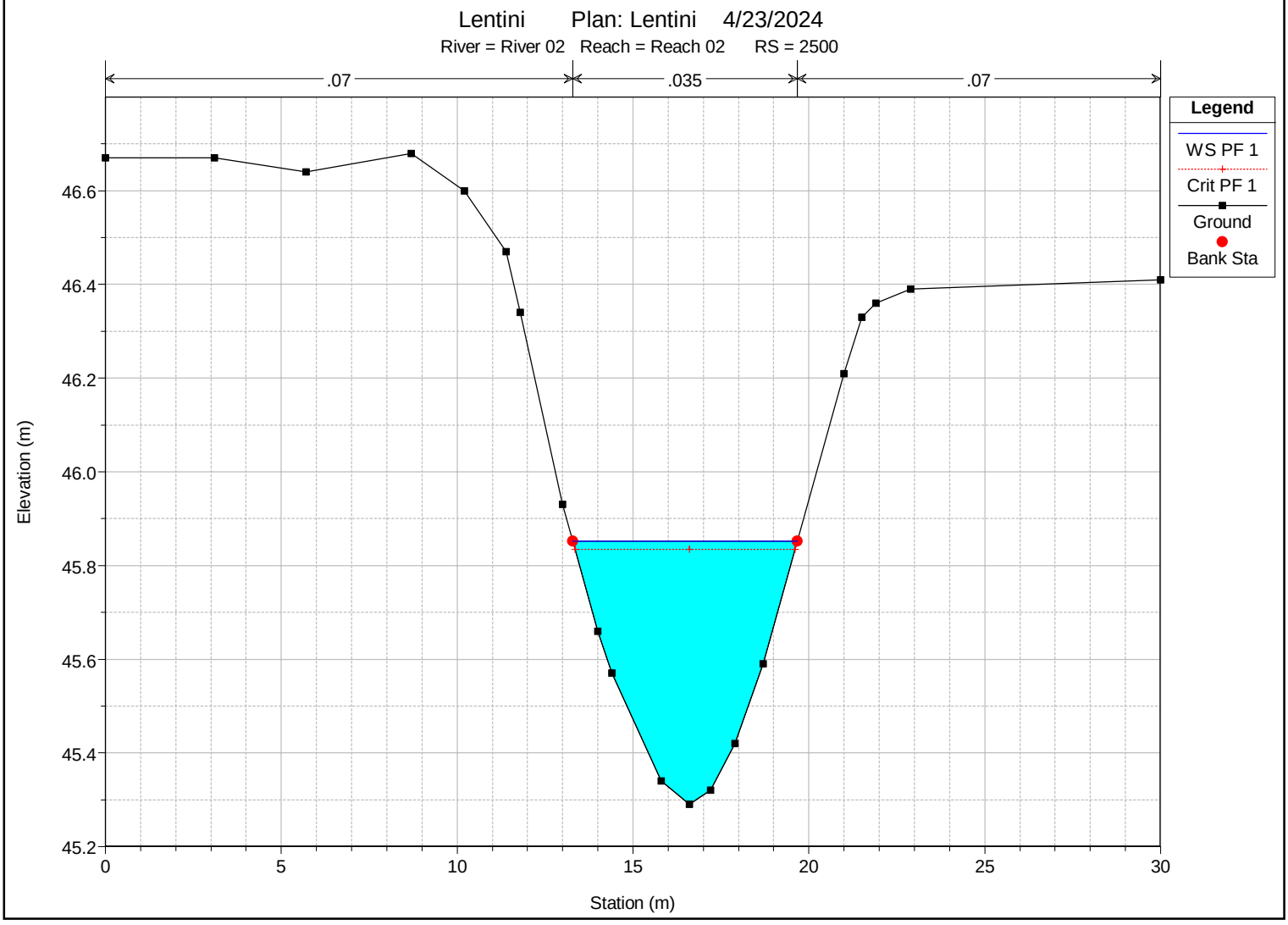

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 3000
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
62.0
61.5
61.0
60.5
60.0
59.5
59.0
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

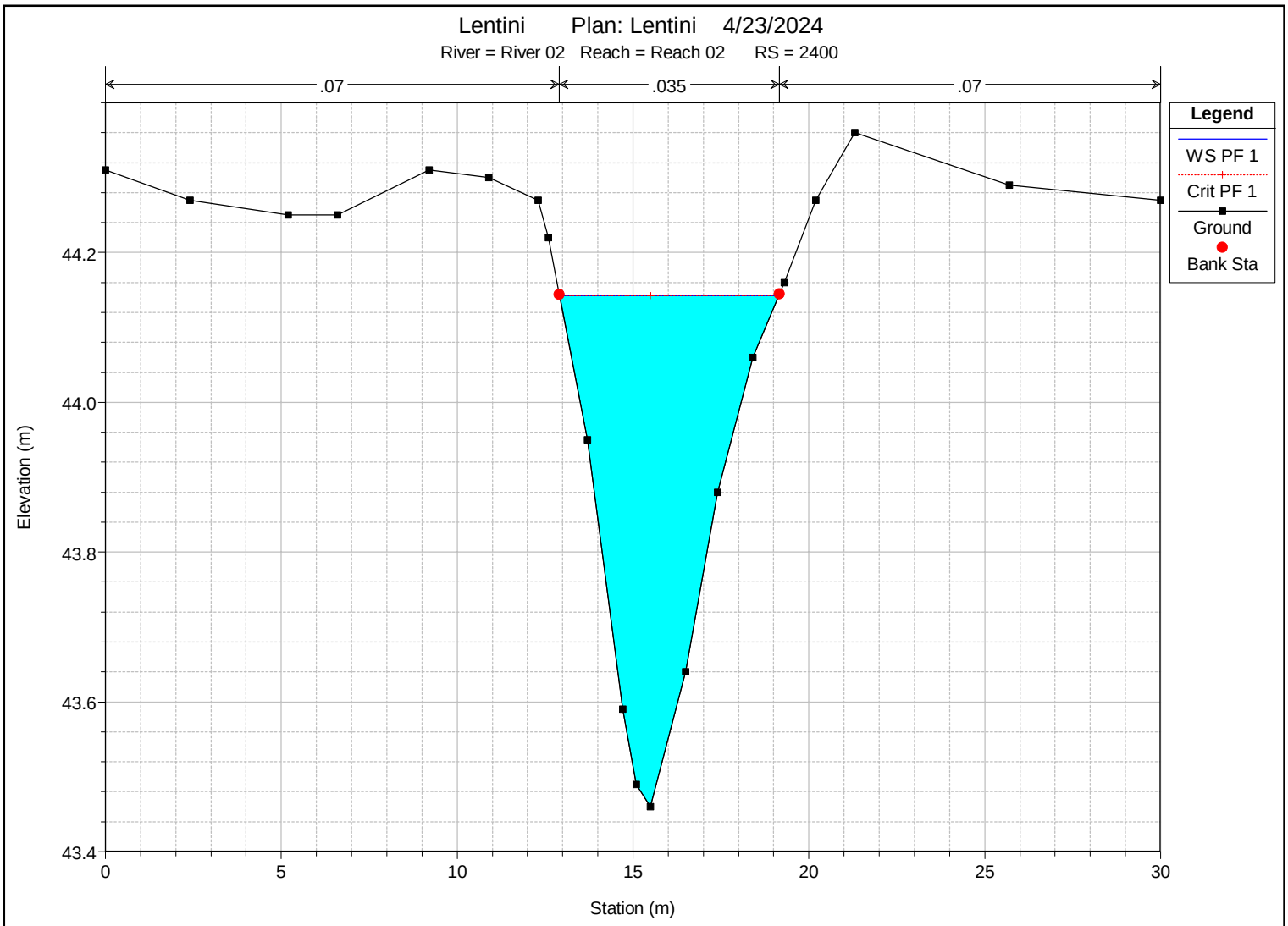

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 2900
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
57.8
57.6
57.4
57.2
57.0
56.8
56.6
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

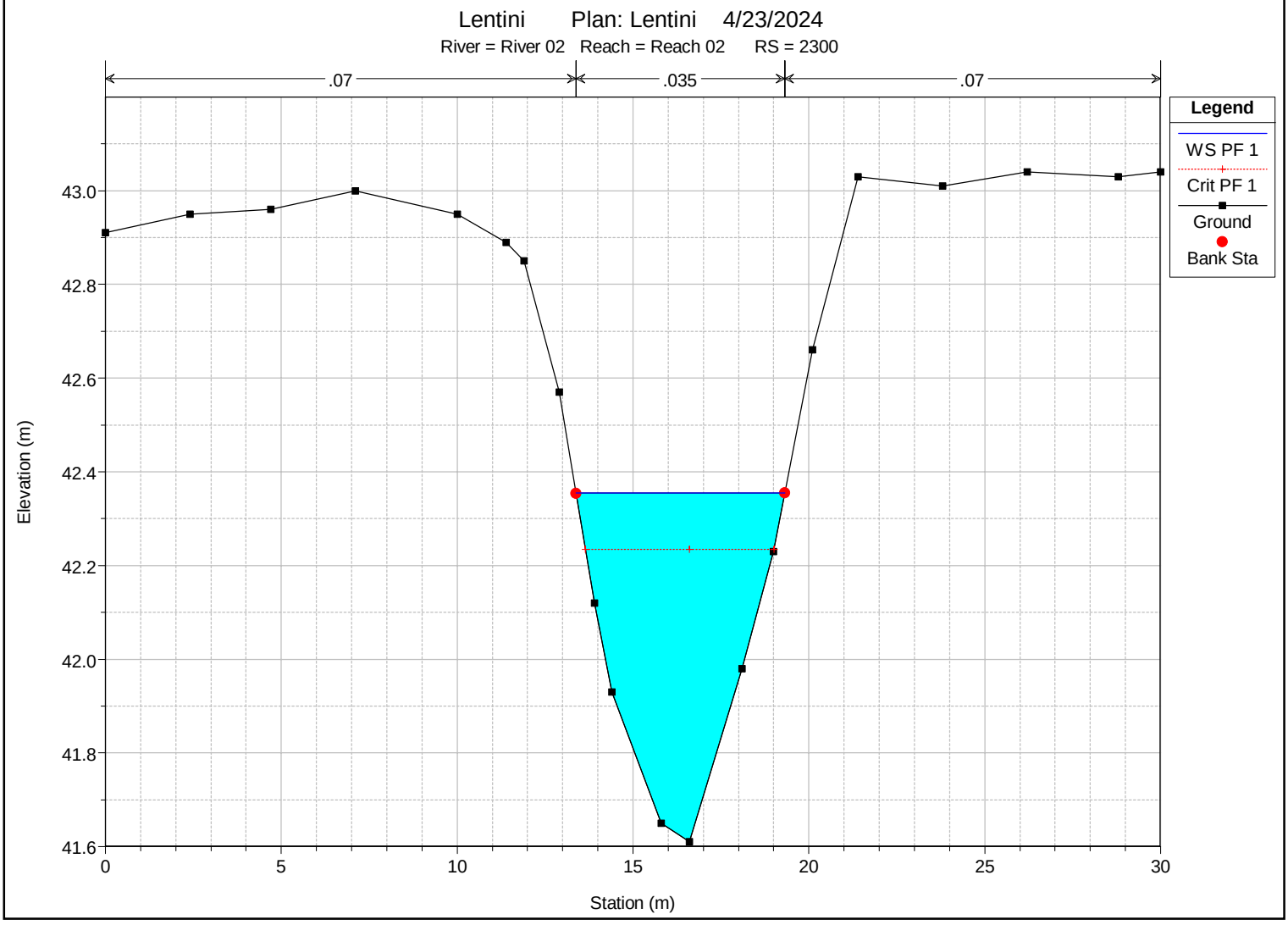

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 2800
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
54.4
54.2
54.0
53.8
53.6
53.4
53.2
53.0
52.8
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

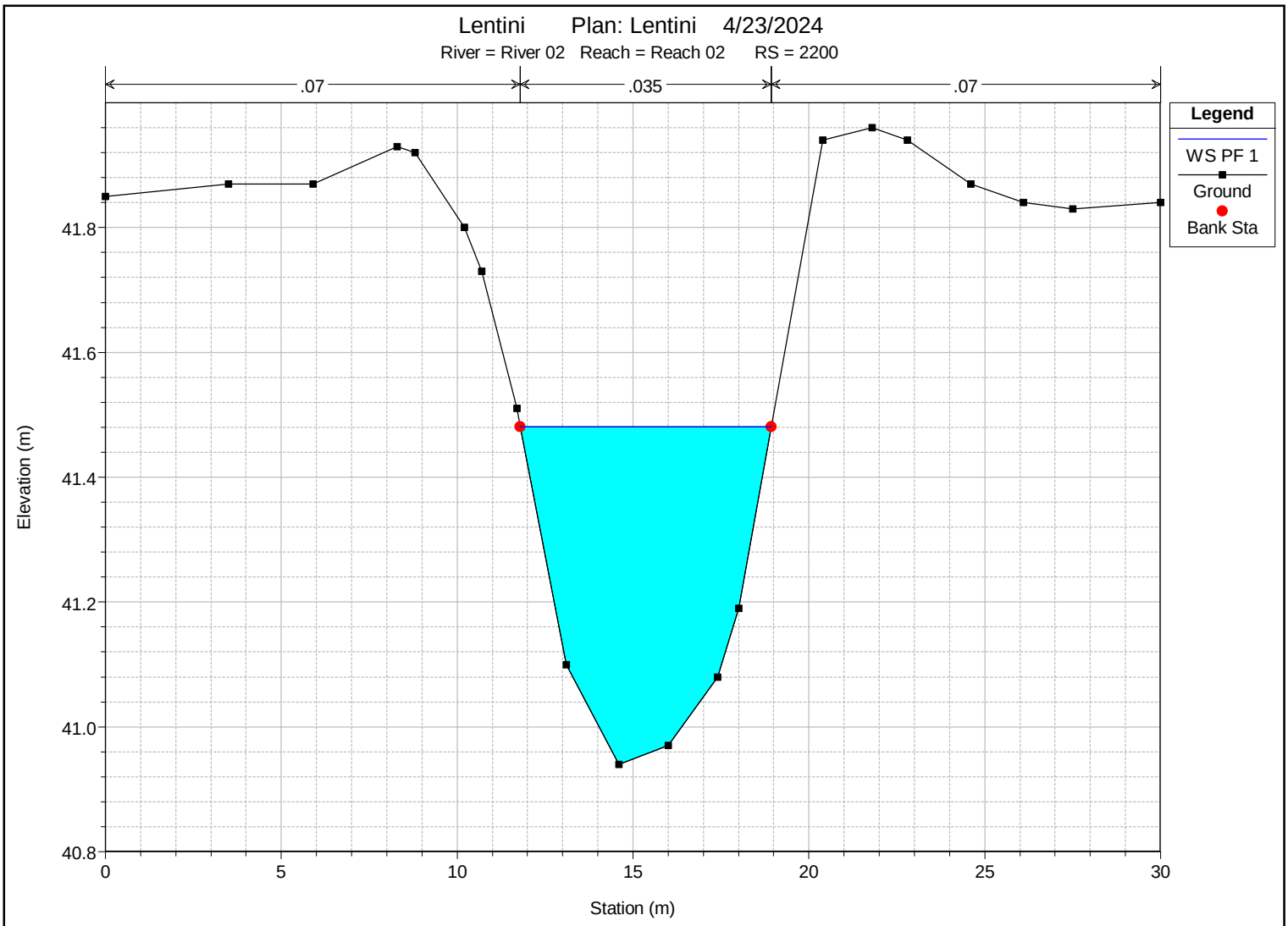

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 2700
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
52.0
51.5
51.0
50.5
50.0
49.5
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

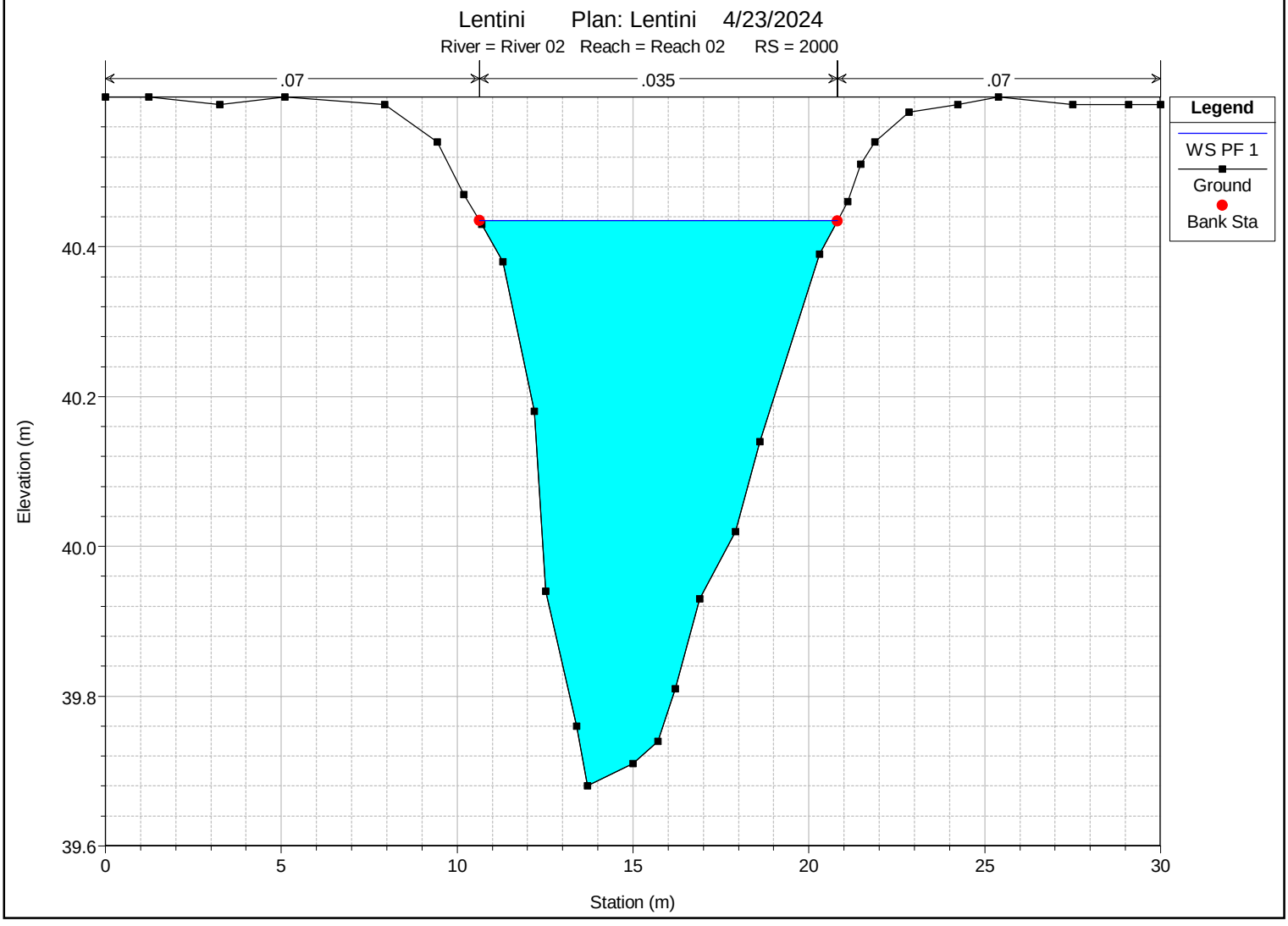

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 2600
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
49.0
48.8
48.6
48.4
48.2
48.0
47.8
47.6
47.4
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

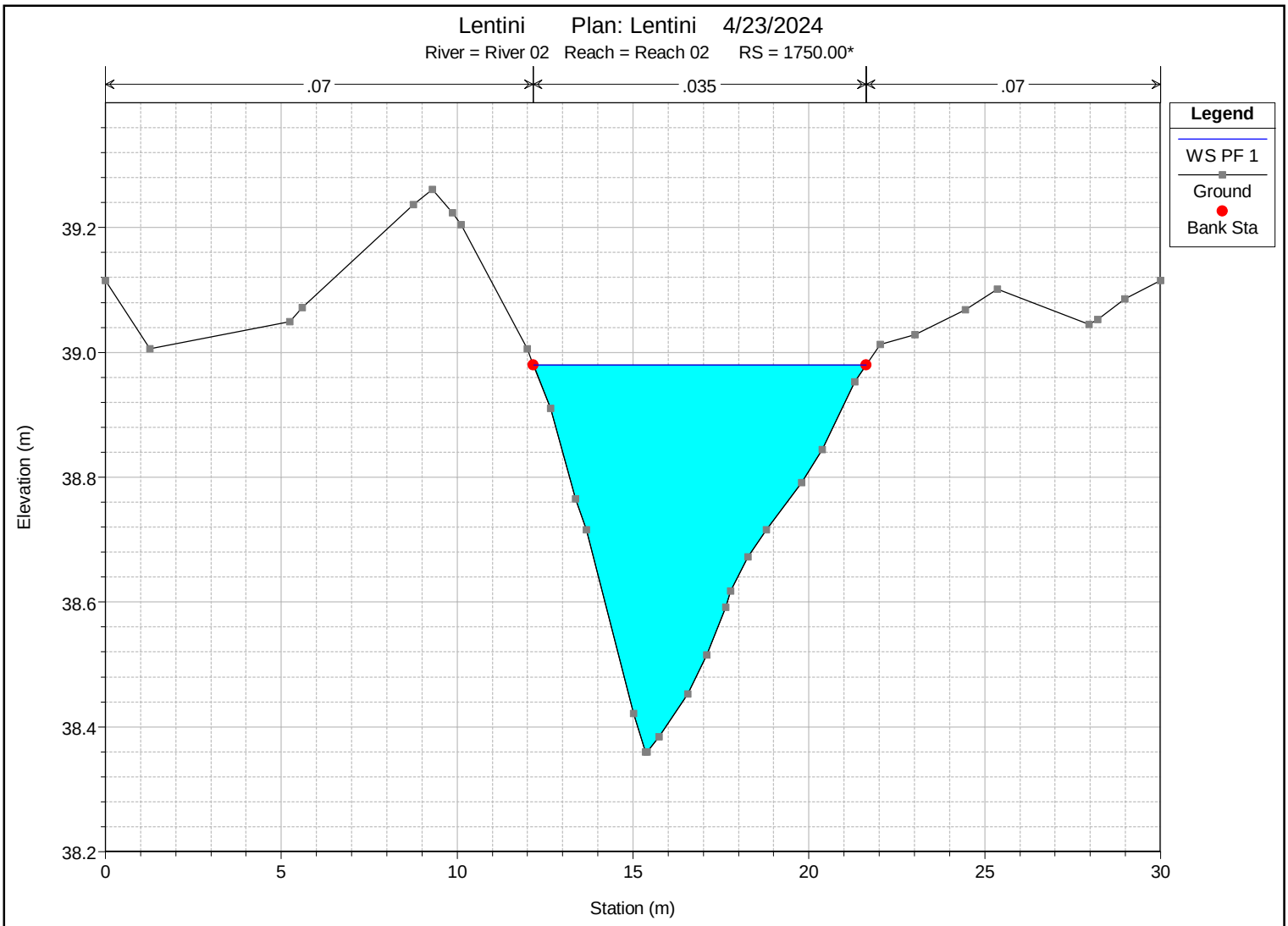

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 2500
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
46.6
46.4
46.2
46.0
45.8
45.6
45.4
45.2
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

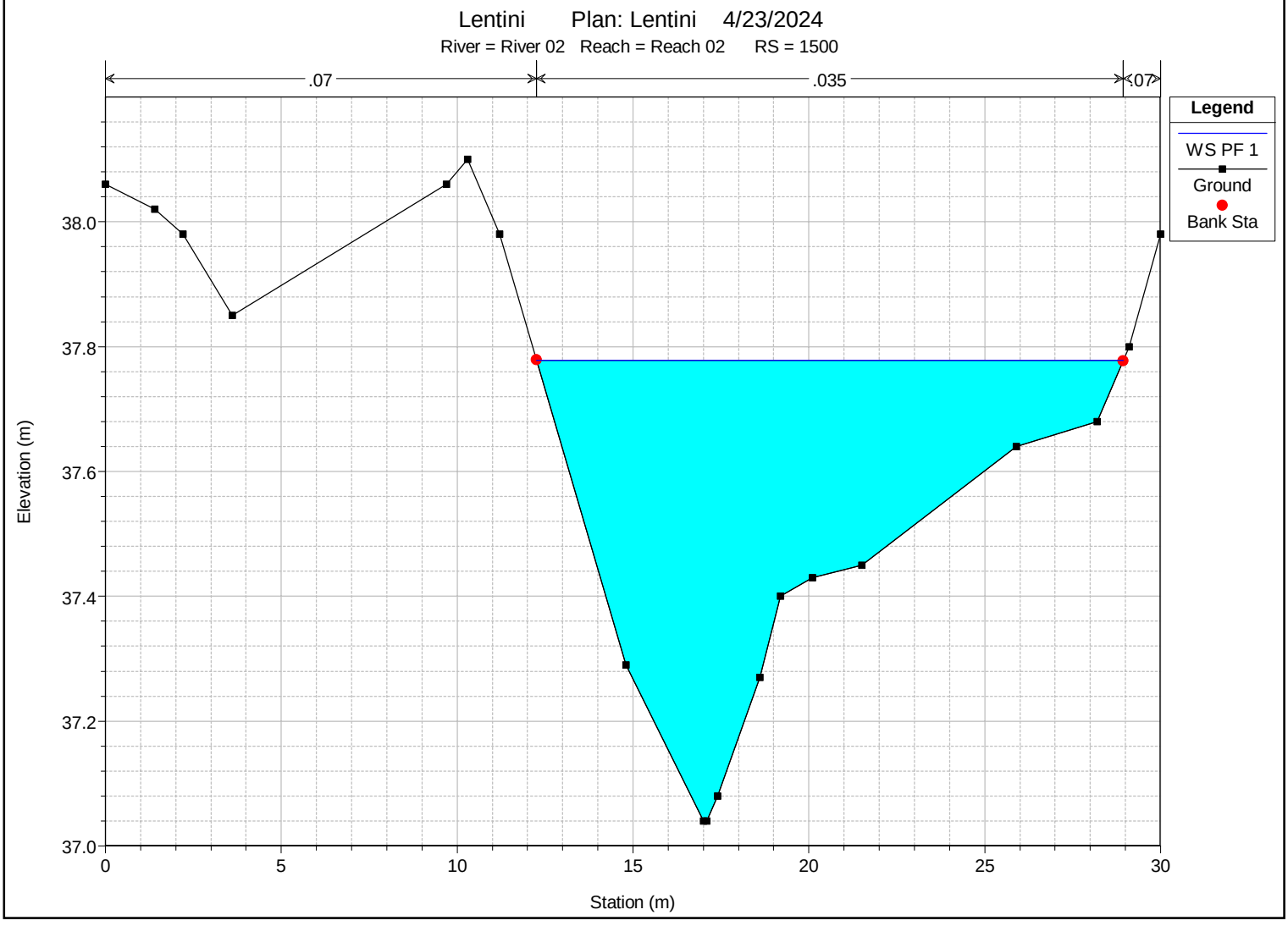

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 2400
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
44.2
44.0
43.8
43.6
43.4
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

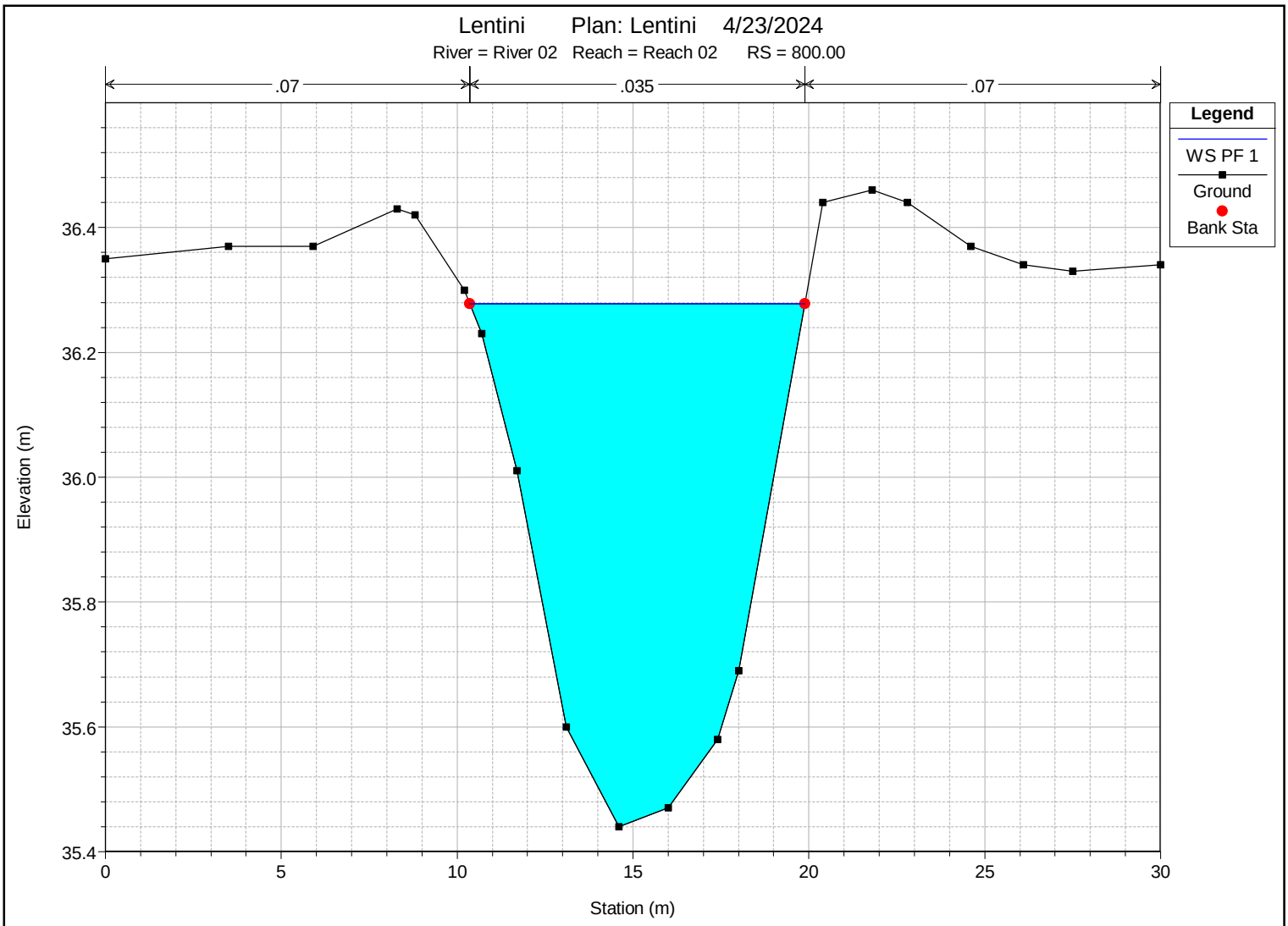

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 2300
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
43.0
42.8
42.6
42.4
42.2
42.0
41.8
41.6
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

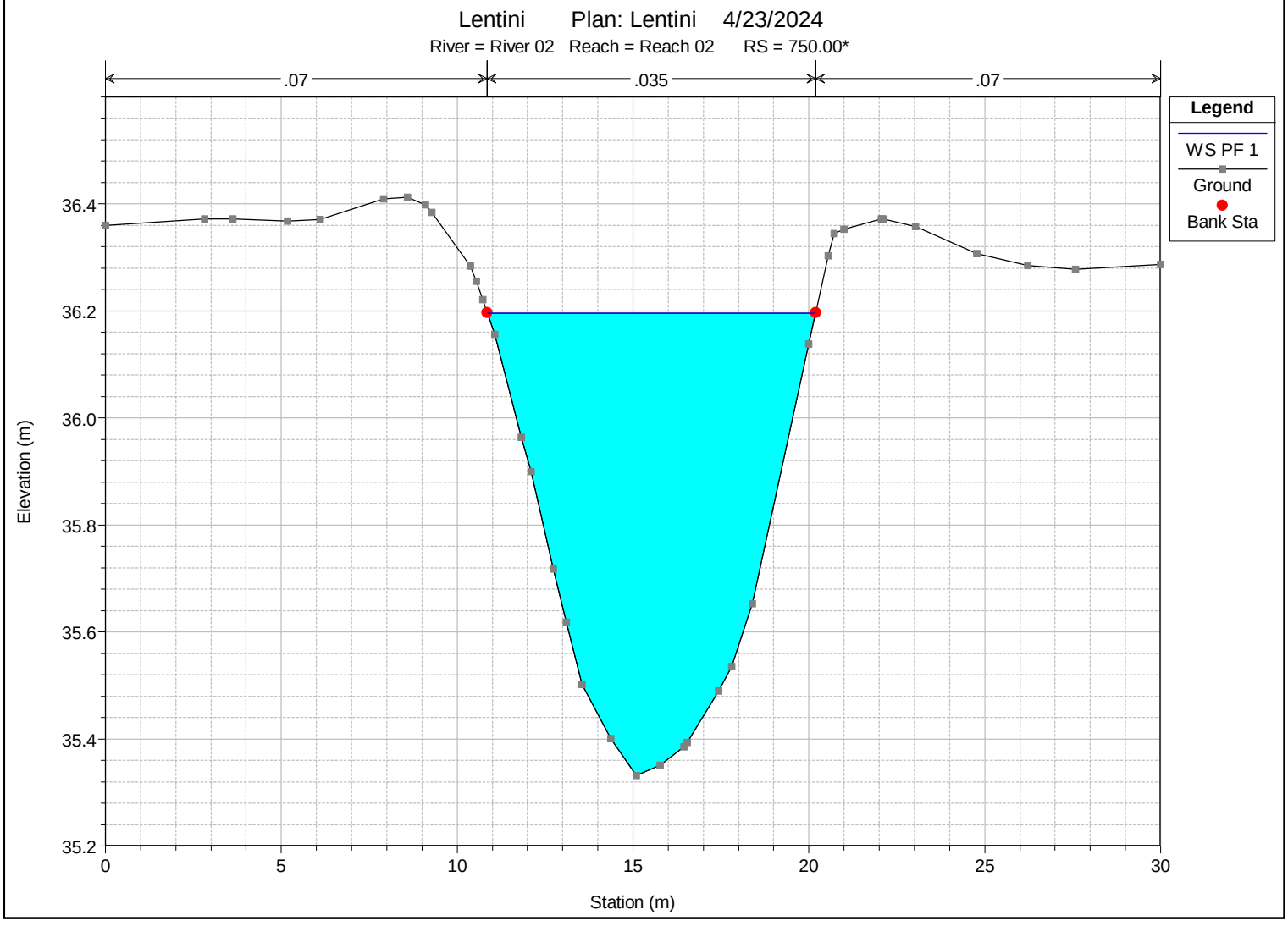

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 2200
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
41.8
41.6
41.4
41.2
41.0
40.8
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

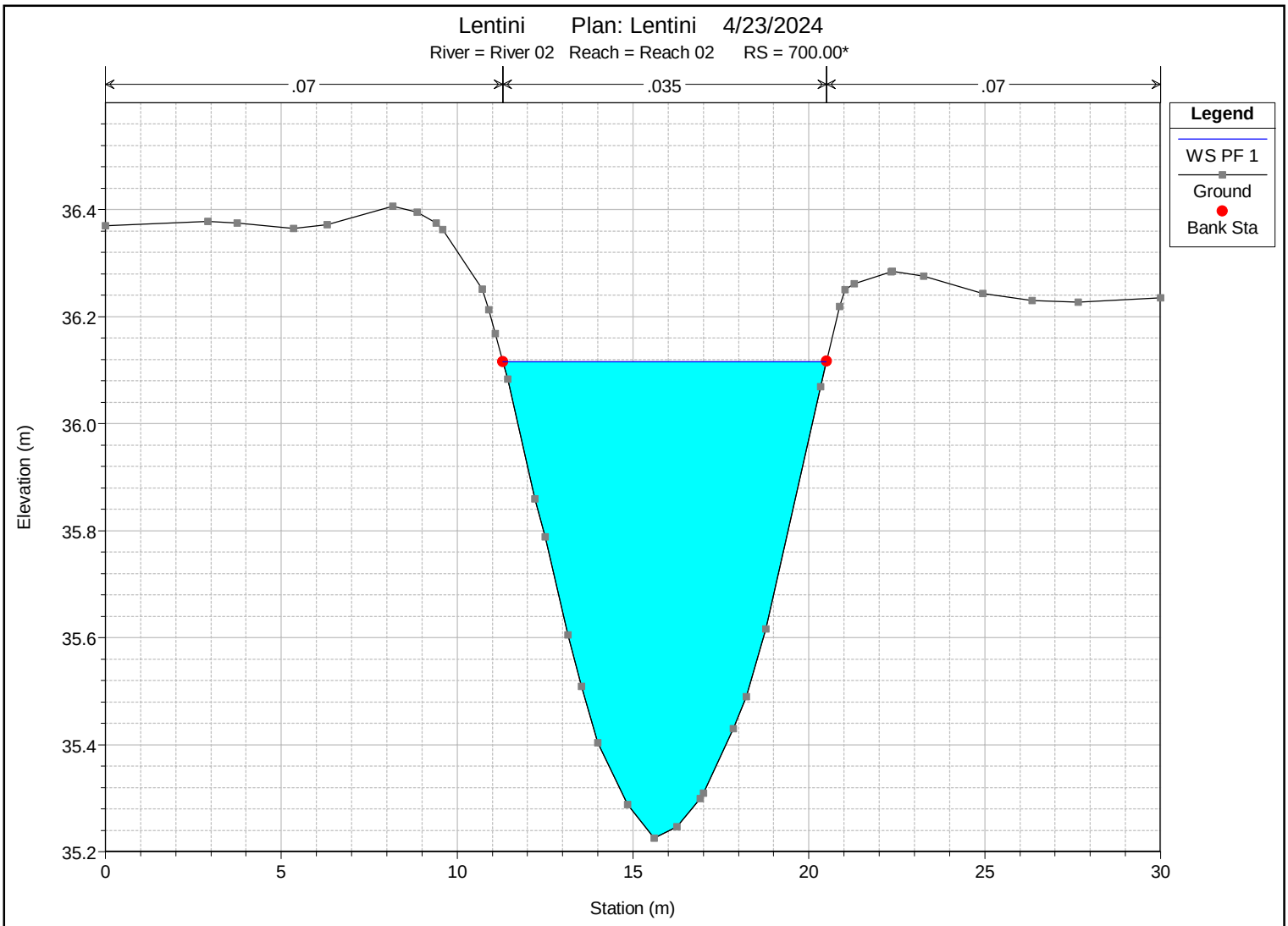

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 2000
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
40.4
40.2
40.0
39.8
39.6
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

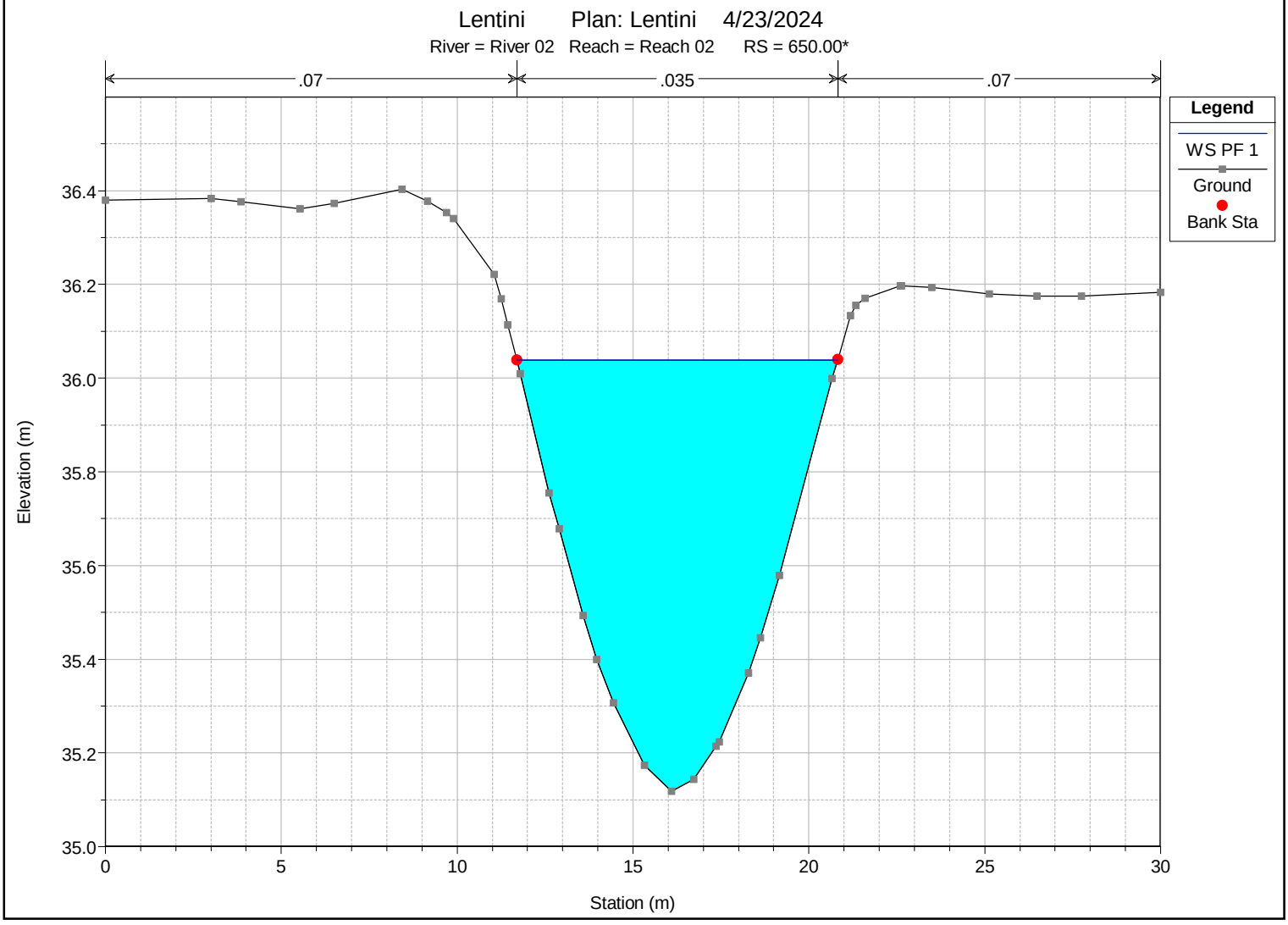

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 1750.00*
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
39.2
39.0
38.8
38.6
38.4
38.2
Elevation (m)
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

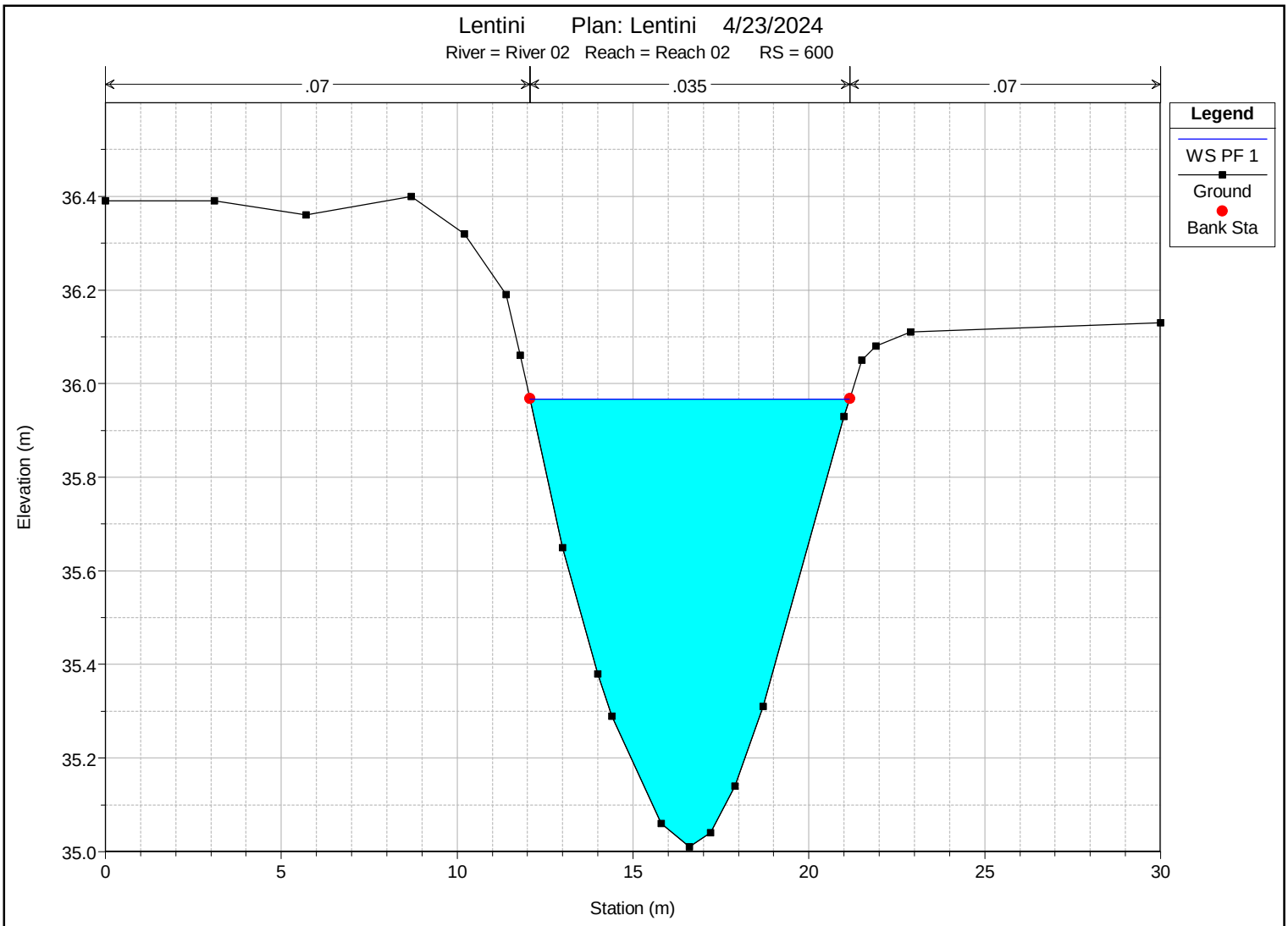

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 1500
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
38.0
37.8
37.6
37.4
37.2
37.0
Elevation (m)
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

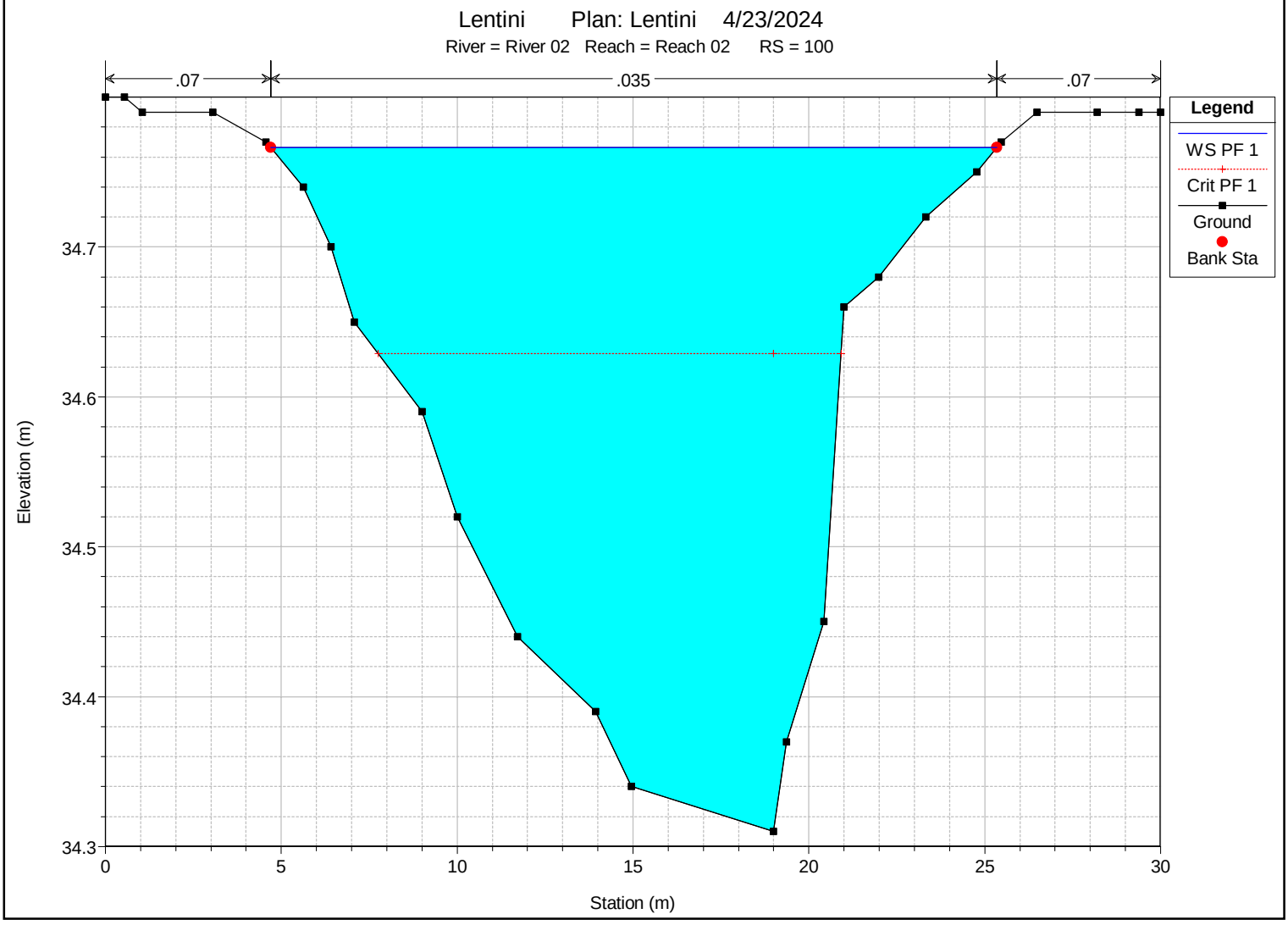

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 800.00
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
36.4
36.2
36.0
35.8
35.6
35.4
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

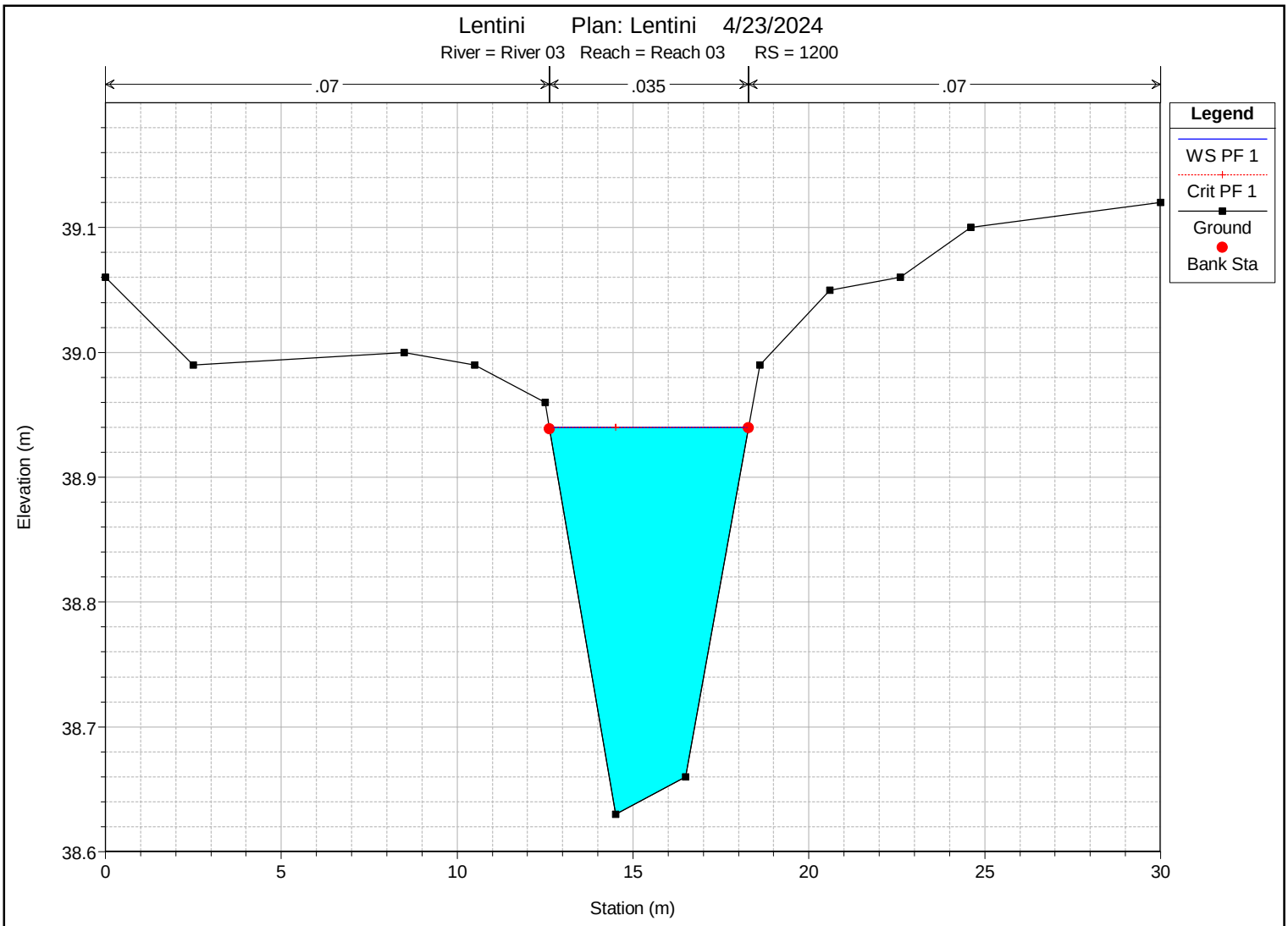

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 750.00*
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
36.4
36.2
36.0
35.8
35.6
35.4
35.2
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

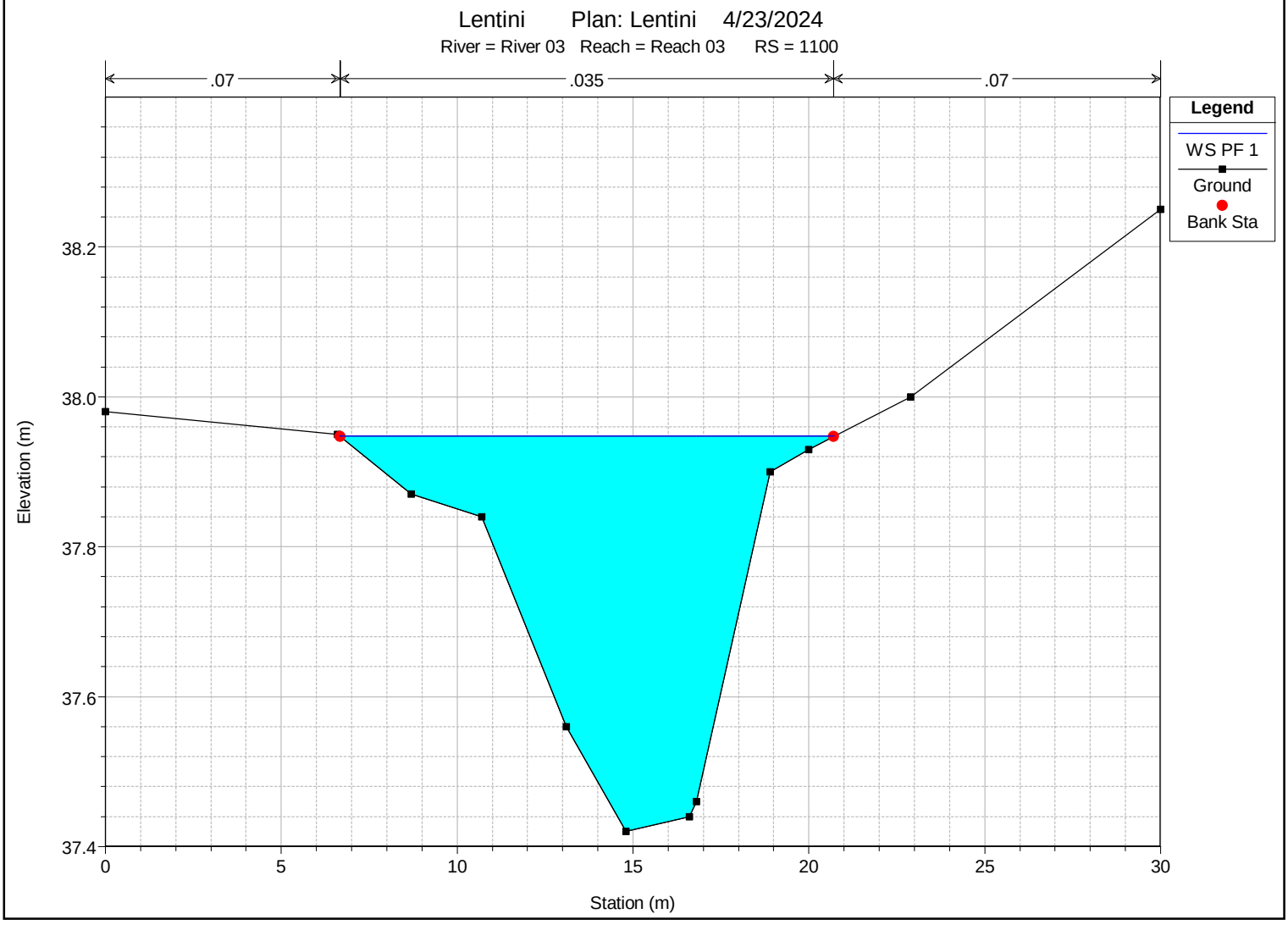

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 700.00*
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
36.4
36.2
36.0
35.8
35.6
35.4
35.2
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

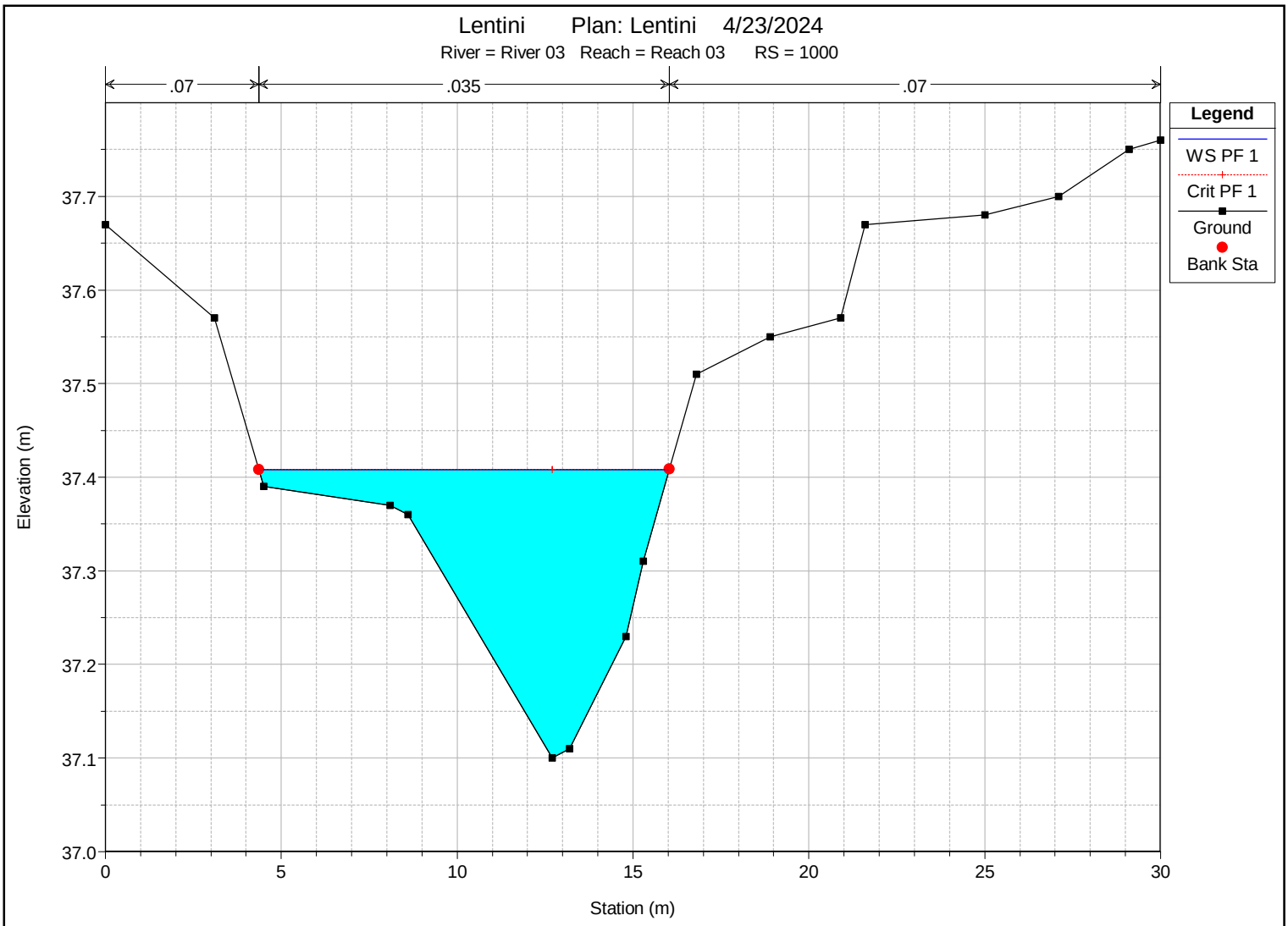

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 650.00*
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
36.4
36.2
36.0
35.8
35.6
35.4
35.2
35.0
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

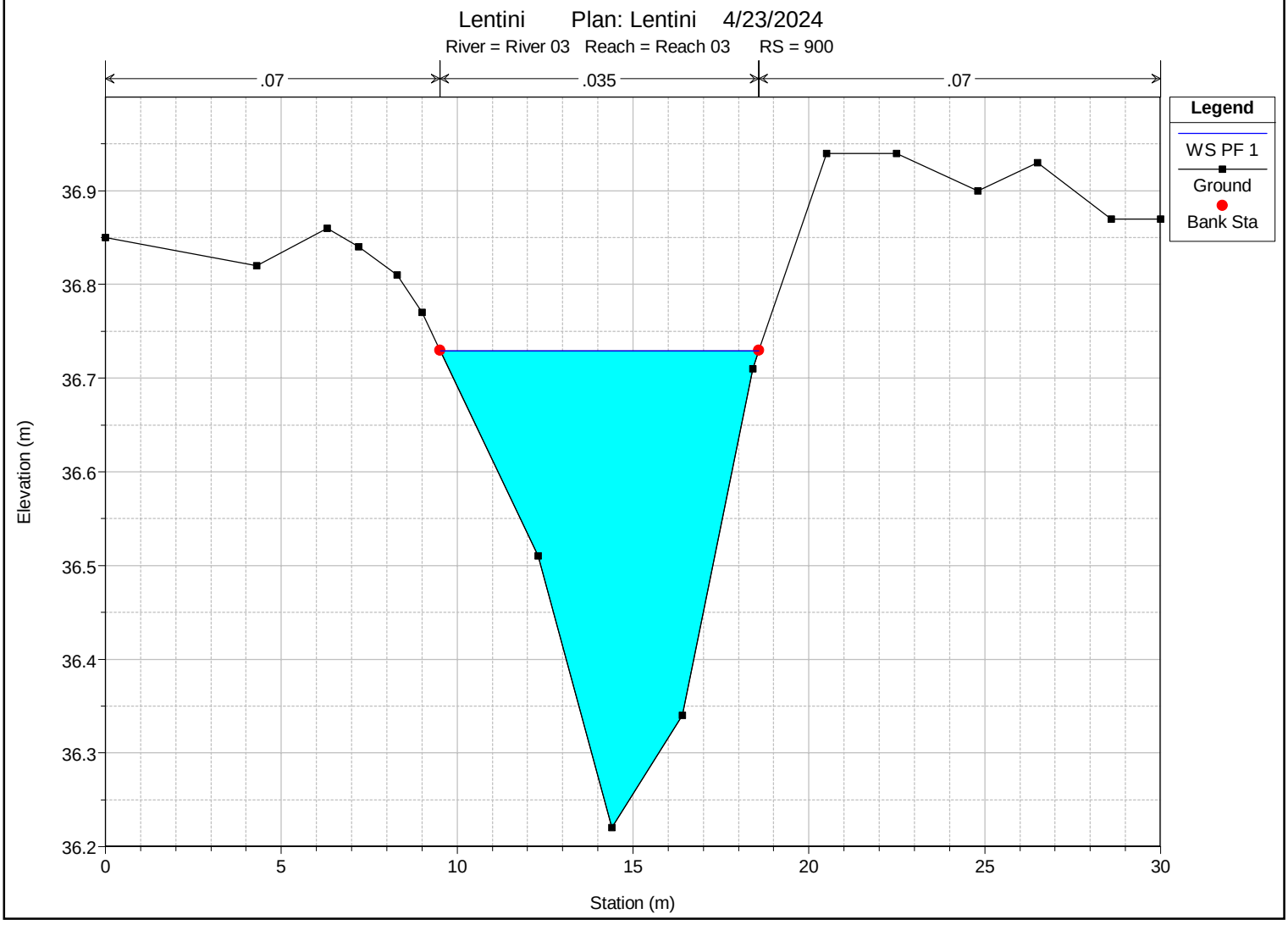

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 600
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
36.4
36.2
36.0
35.8
35.6
35.4
35.2
35.0
0
5
10
15
20
25
30

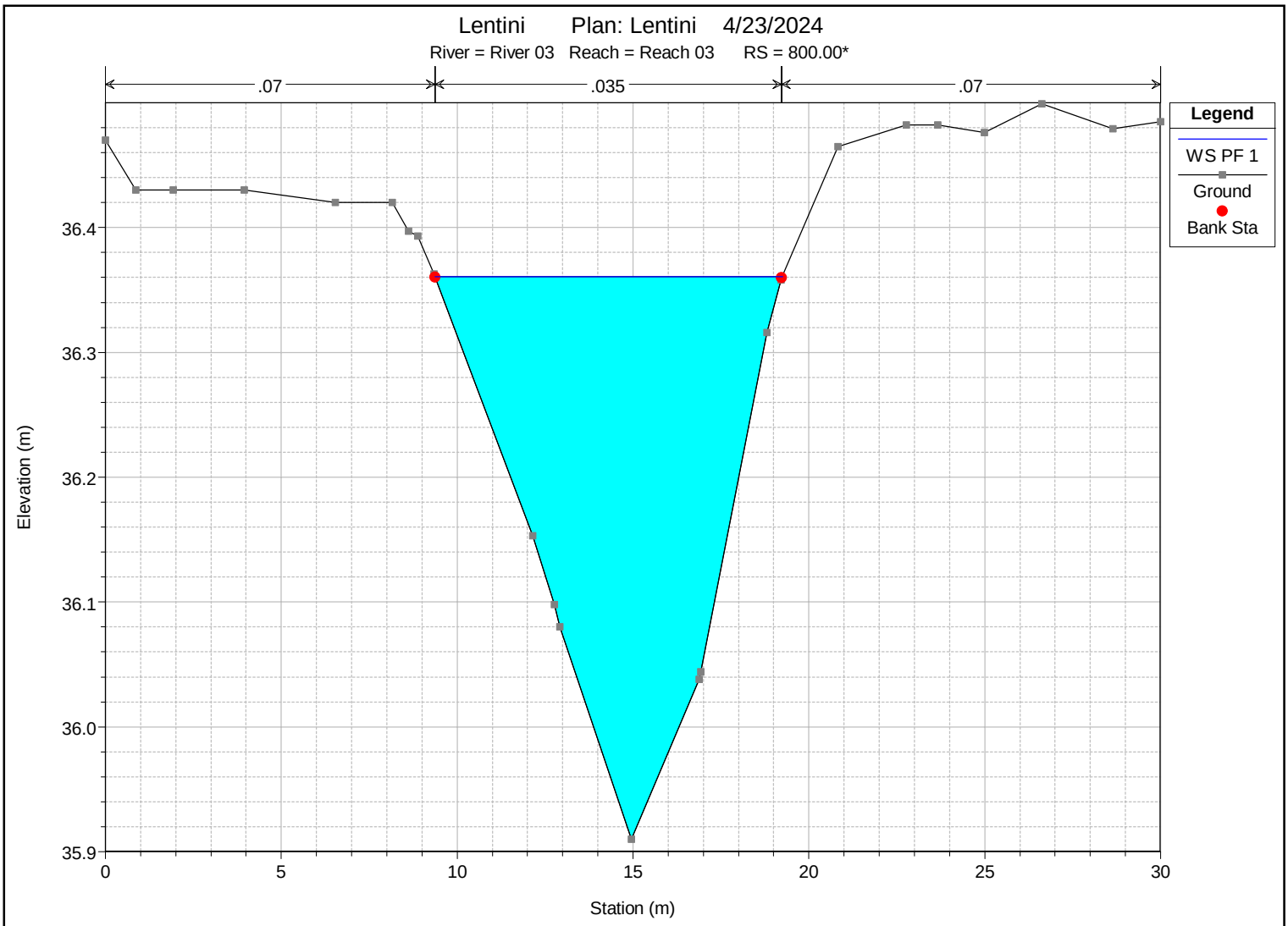

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 02 Reach = Reach 02 RS = 100
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
34.7
34.6
34.5
34.4
34.3
0
5
10
15
20
25
30

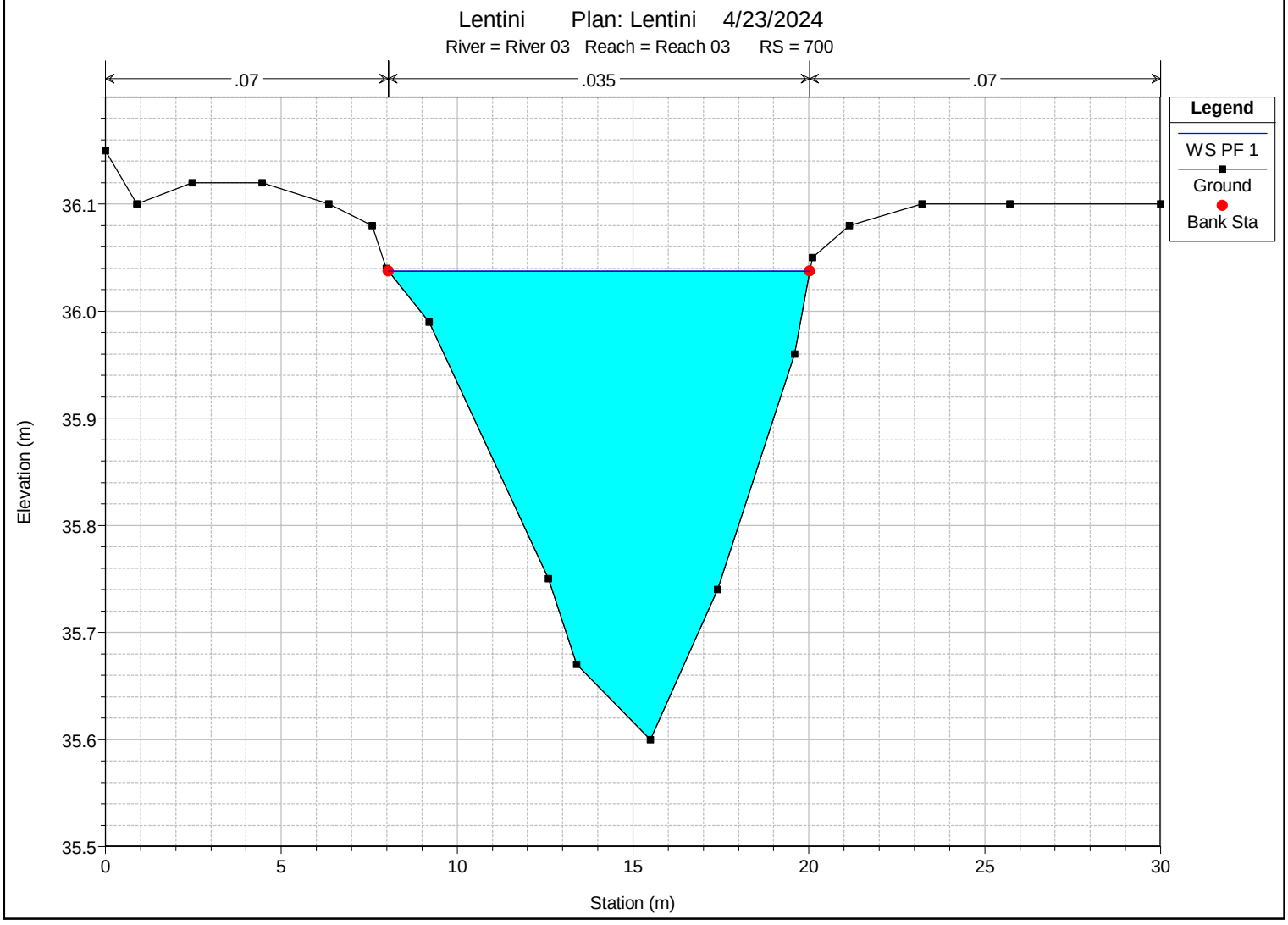

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 03 Reach = Reach 03 RS = 1200
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
39.1
39.0
38.9
38.8
38.7
38.6
Elevation (m)
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

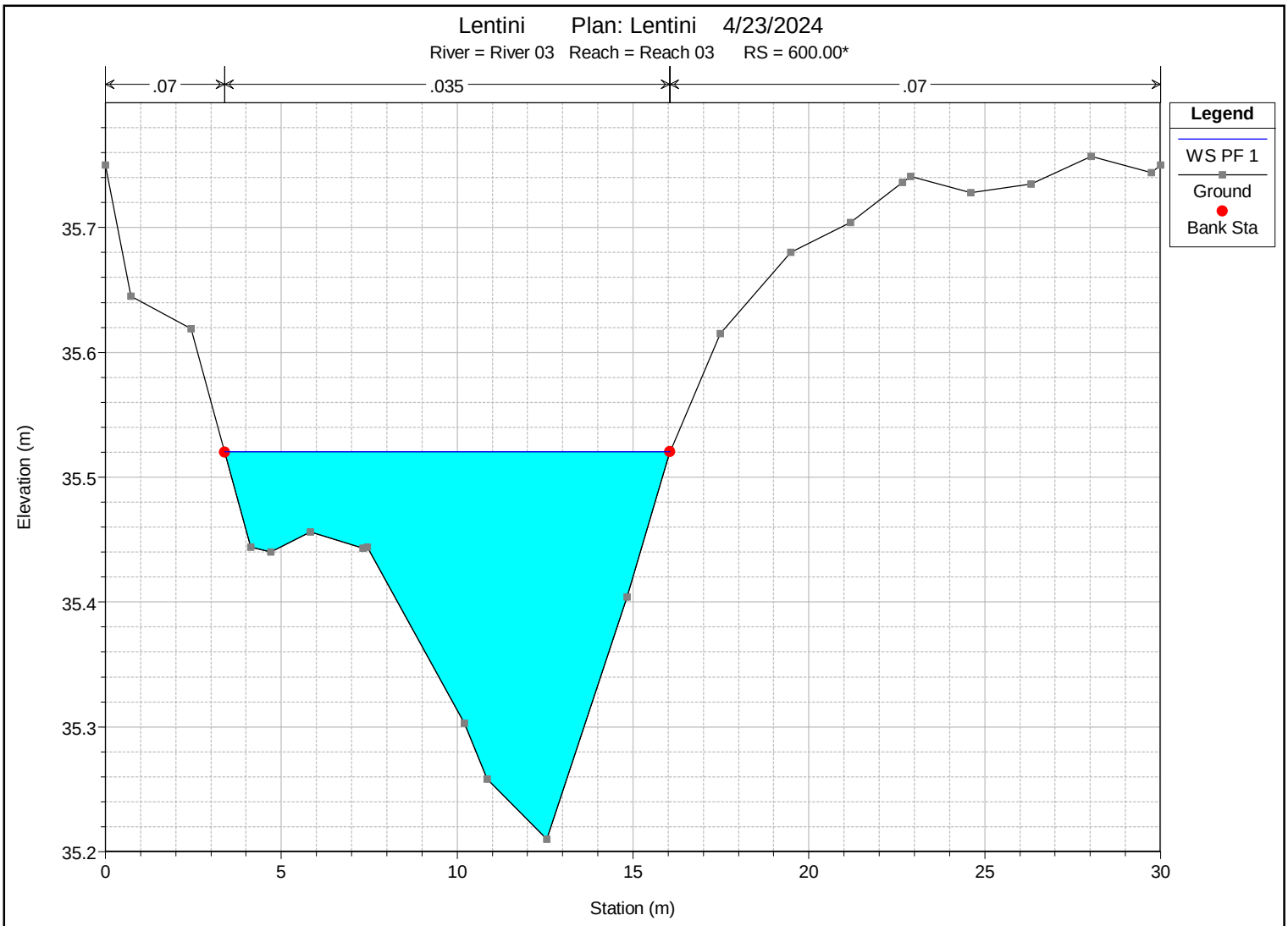

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 03 Reach = Reach 03 RS = 1100
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
38.2
38.0
37.8
37.6
37.4
Elevation (m)
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

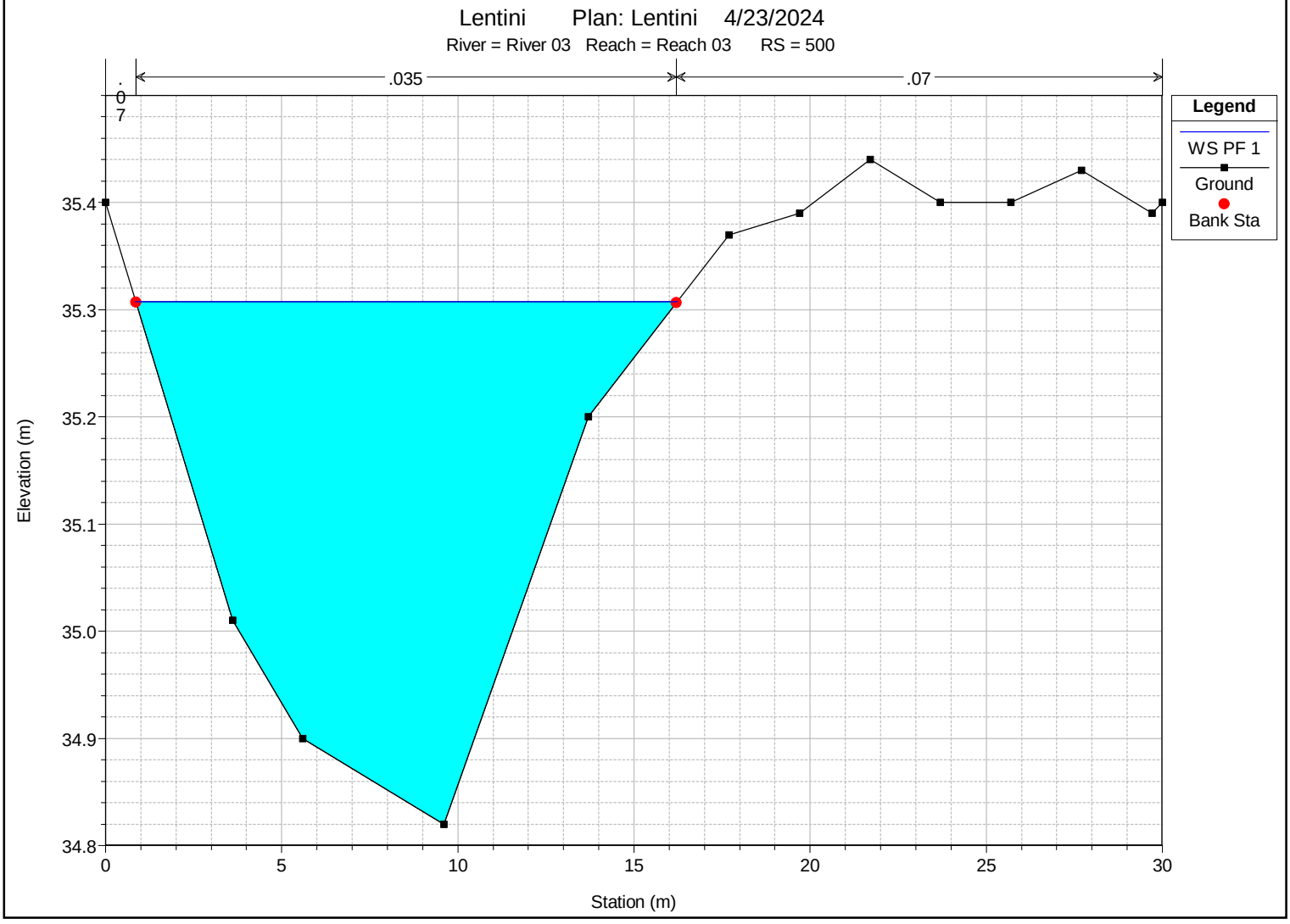

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 03 Reach = Reach 03 RS = 1000
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
37.7
37.6
37.5
37.4
37.3
37.2
37.1
37.0
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

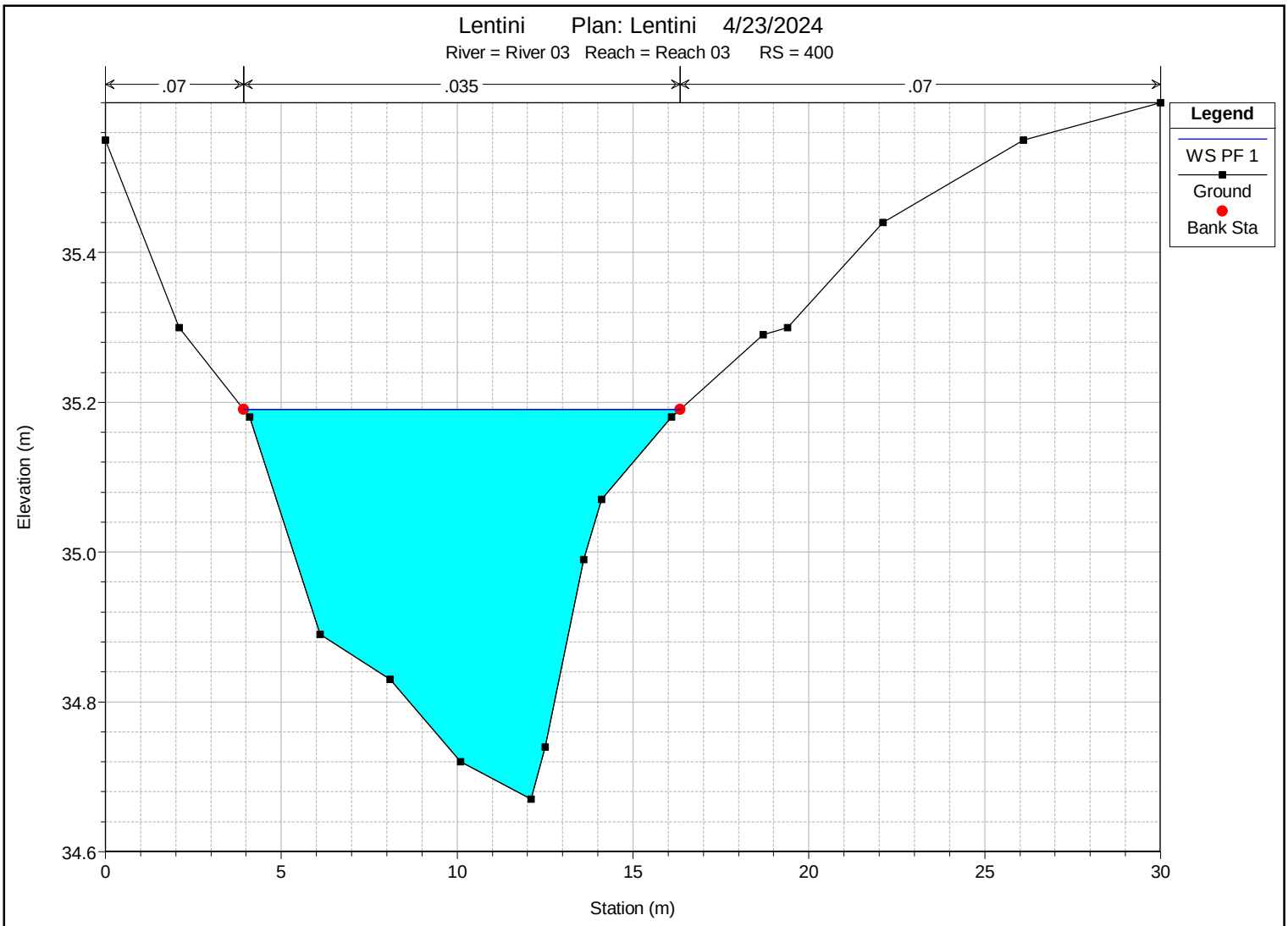

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 03 Reach = Reach 03 RS = 900
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
36.9
36.8
36.7
36.6
36.5
36.4
36.3
36.2
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

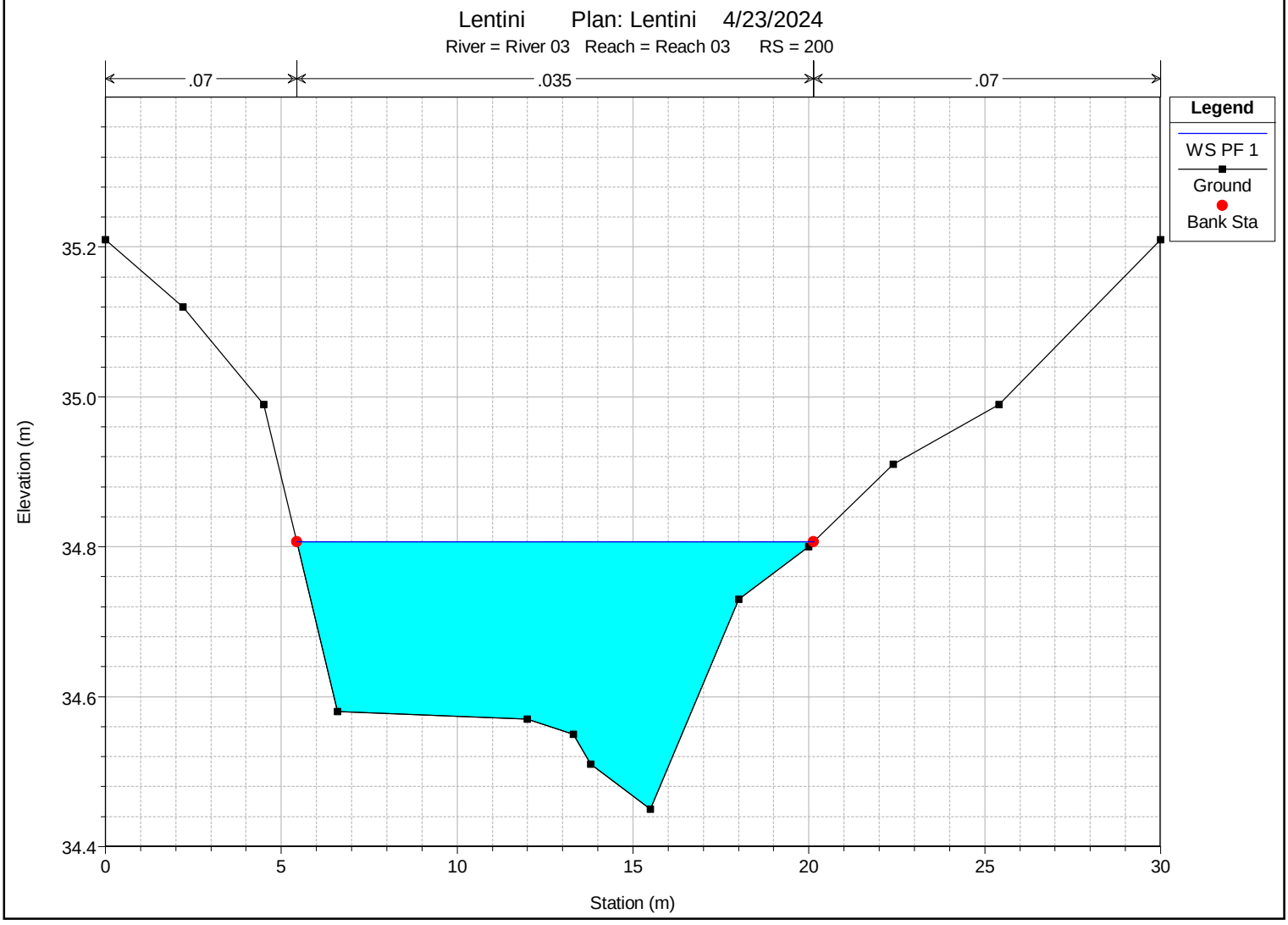

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 03 Reach = Reach 03 RS = 800.00*
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
35.9
36.0
36.1
36.2
36.3
36.4
0
5
10
15
20
25
30

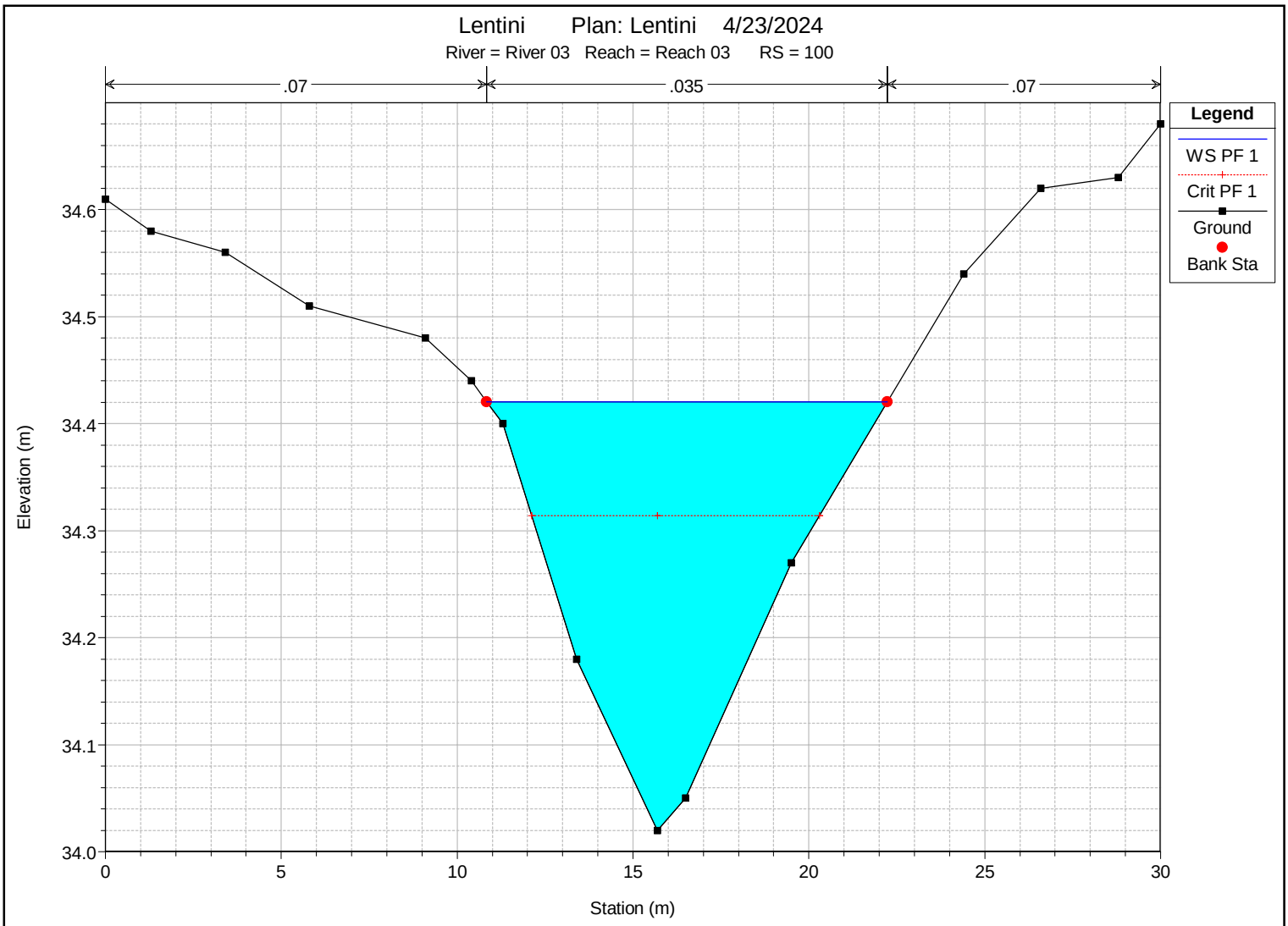

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 03 Reach = Reach 03 RS = 700
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
35.5
35.6
35.7
35.8
35.9
36.0
36.1
0
5
10
15
20
25
30

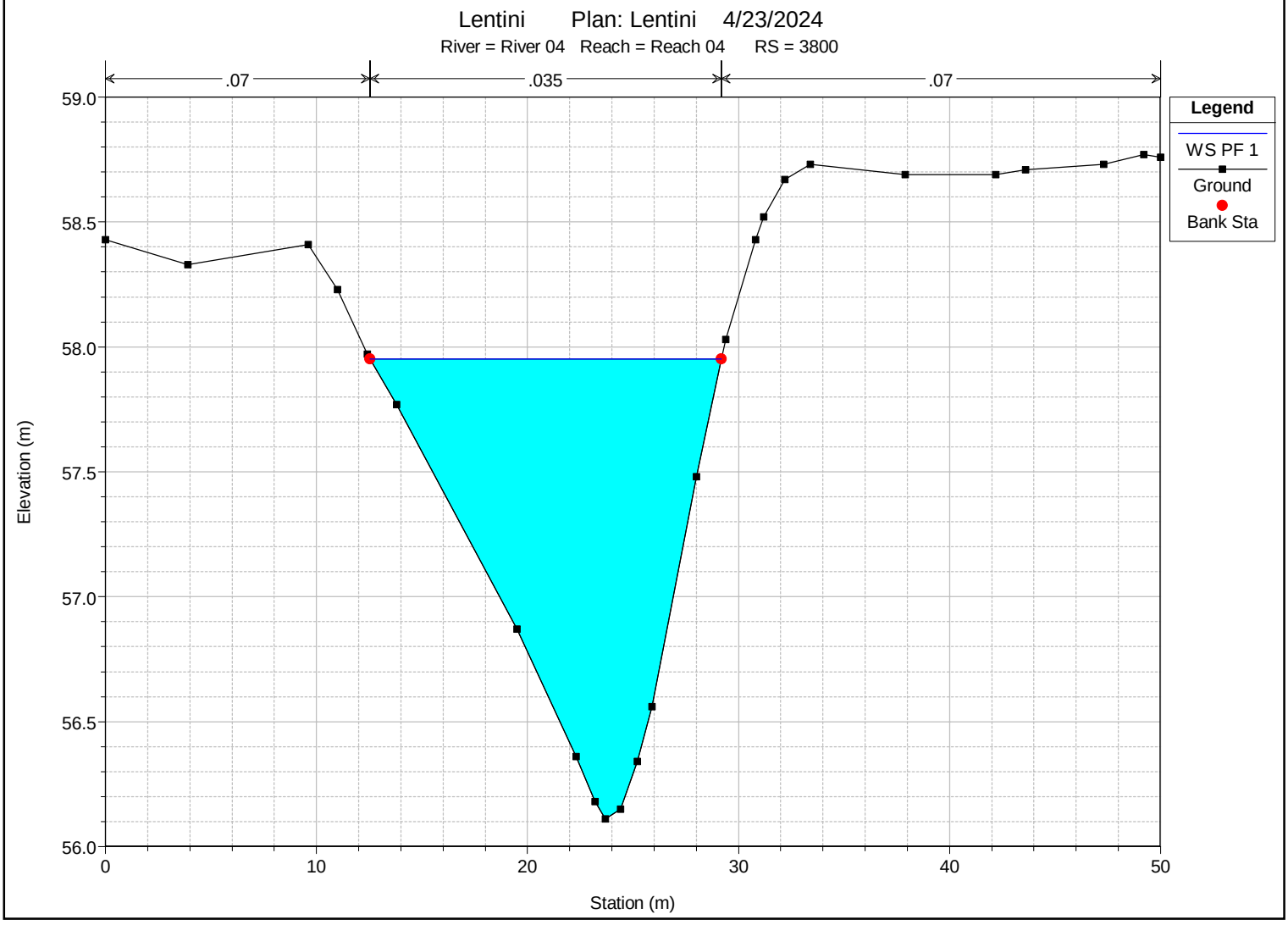

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 03 Reach = Reach 03 RS = 600.00*
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
35.7
35.6
35.5
35.4
35.3
35.2
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

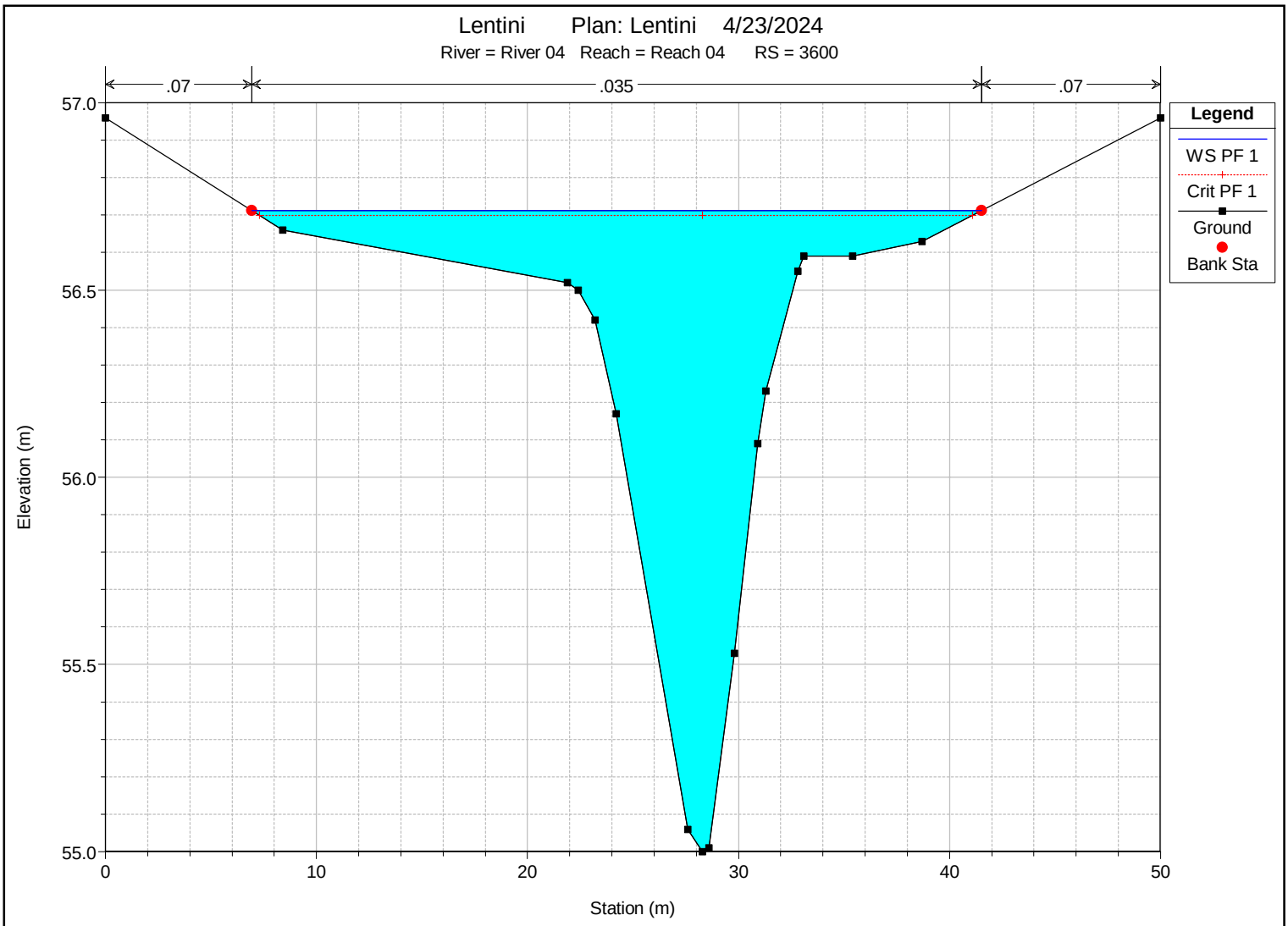

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 03 Reach = Reach 03 RS = 500
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
35.4
35.3
35.2
35.1
35.0
34.9
34.8
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

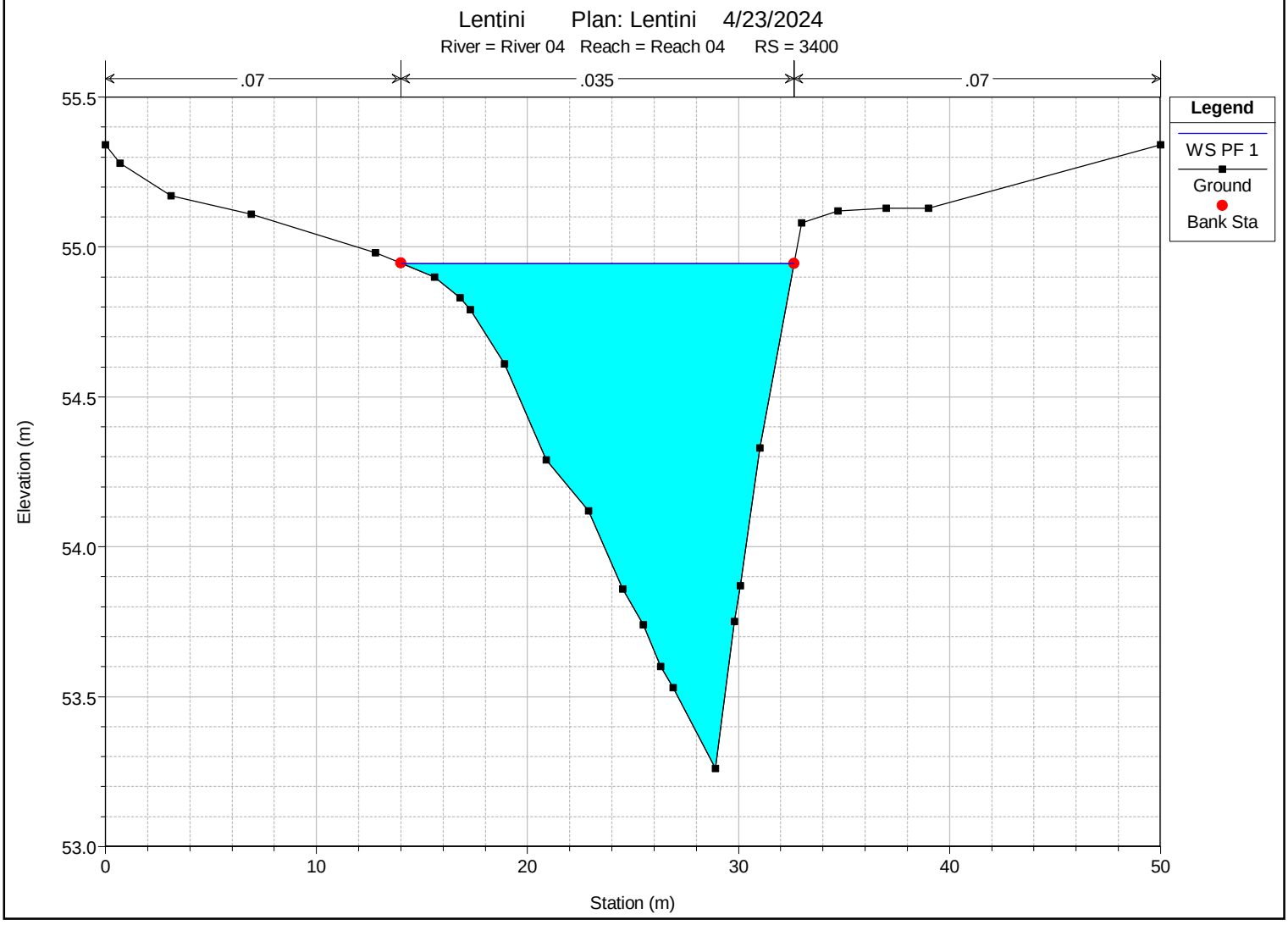

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 03 Reach = Reach 03 RS = 400
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
35.4
35.2
35.0
34.8
34.6
Elevation (m)
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

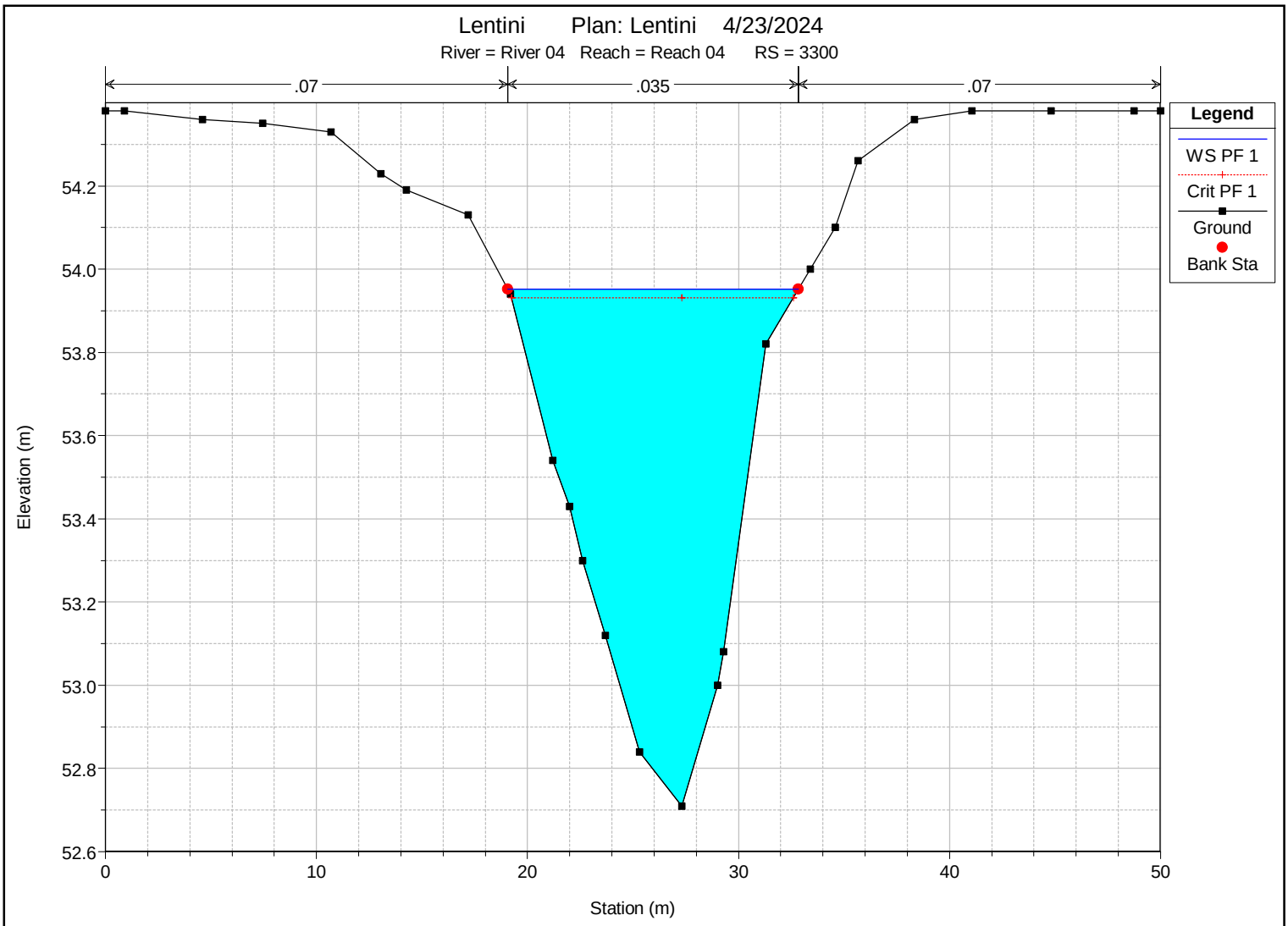

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 03 Reach = Reach 03 RS = 200
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
35.2
35.0
34.8
34.6
34.4
Elevation (m)
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

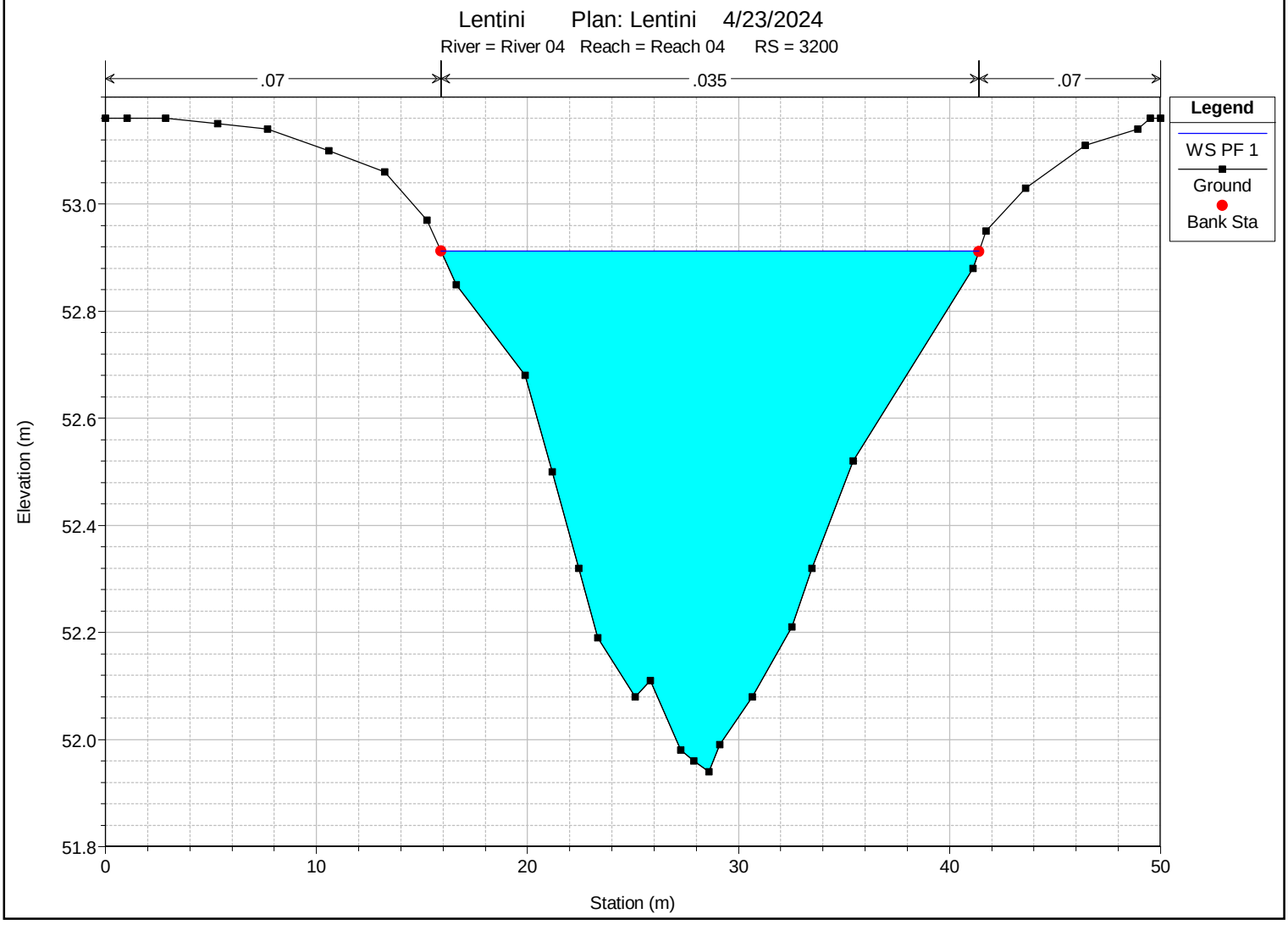

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 03 Reach = Reach 03 RS = 100
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
34.6
34.5
34.4
34.3
34.2
34.1
34.0
0
5
10
15
20
25
30
Station (m)

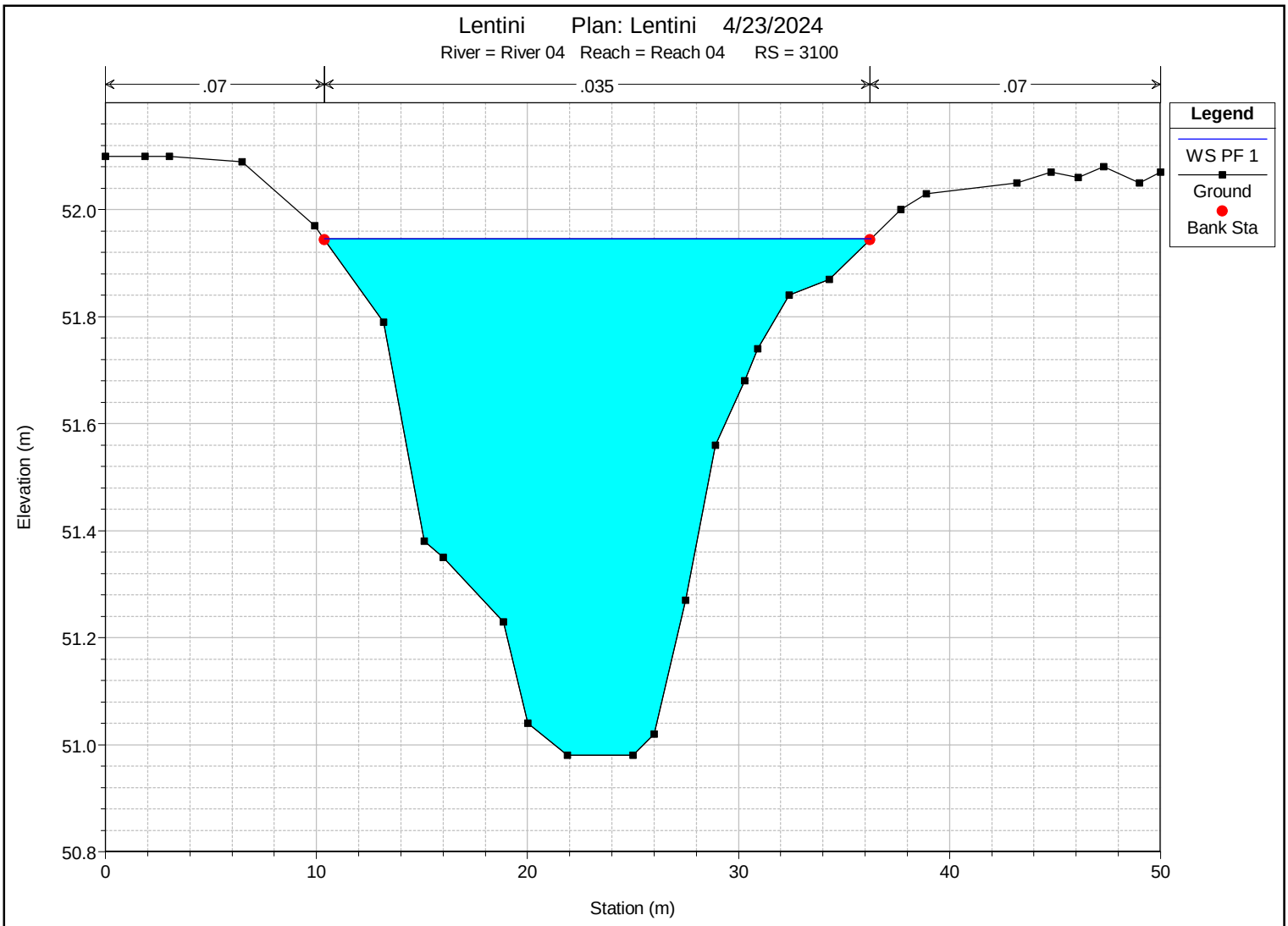

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 3800
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
59.0
58.5
58.0
57.5
57.0
56.5
56.0
0
10
20
30
40
50
Station (m)

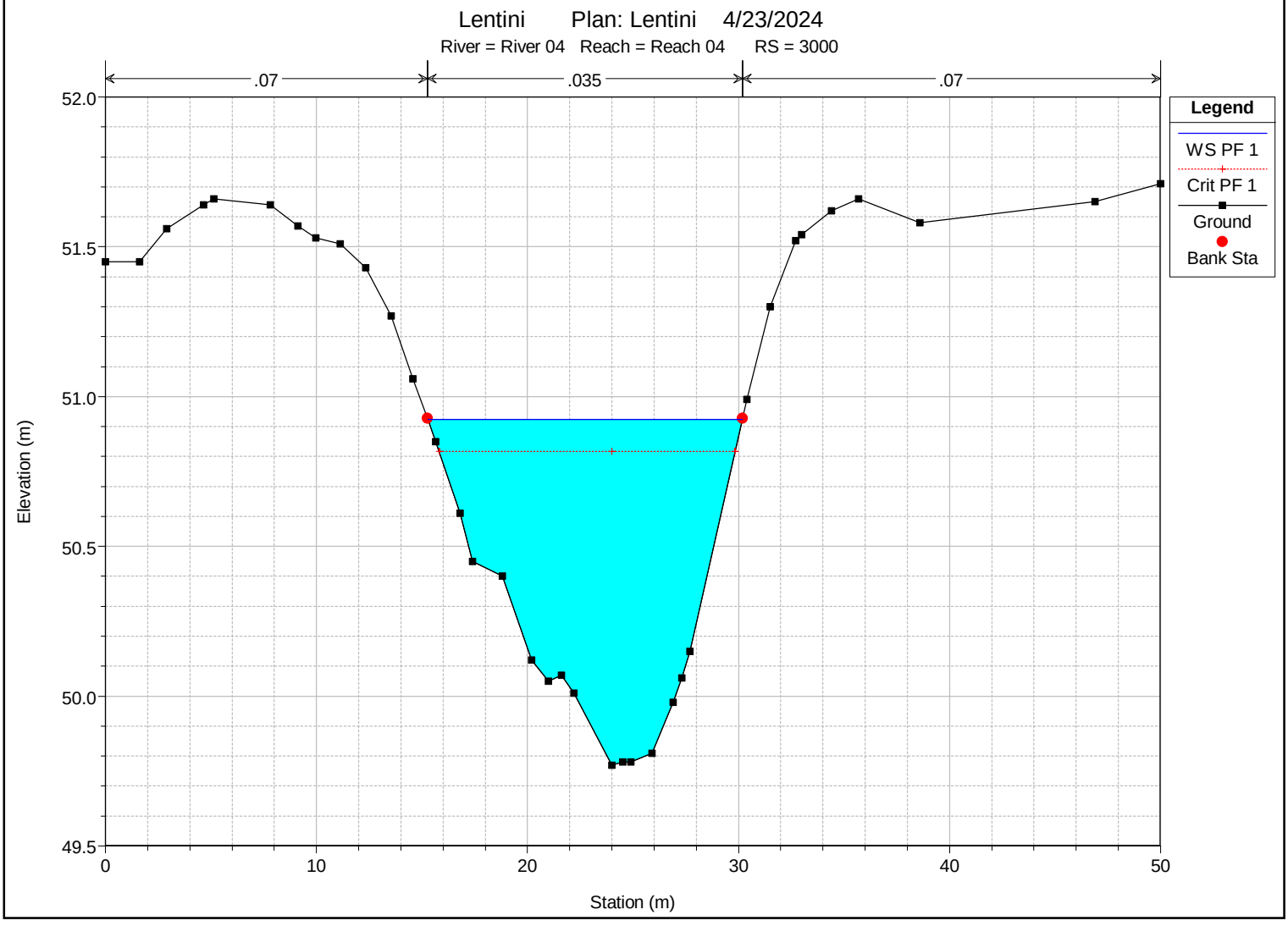

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 3600
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
57.0
56.5
56.0
55.5
55.0
0
10
20
30
40
50

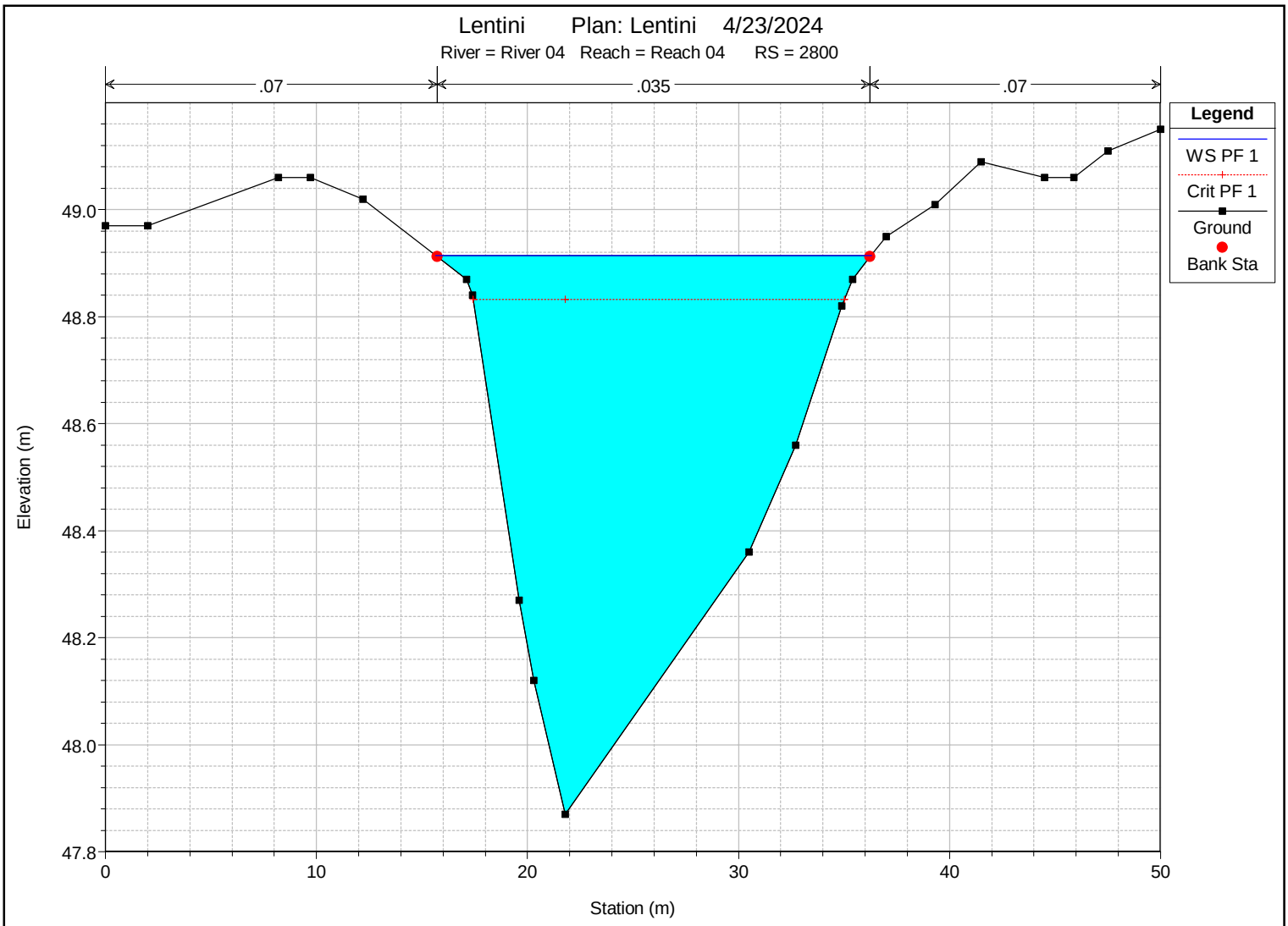

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 3400
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
55.5
55.0
54.5
54.0
53.5
53.0
0
10
20
30
40
50

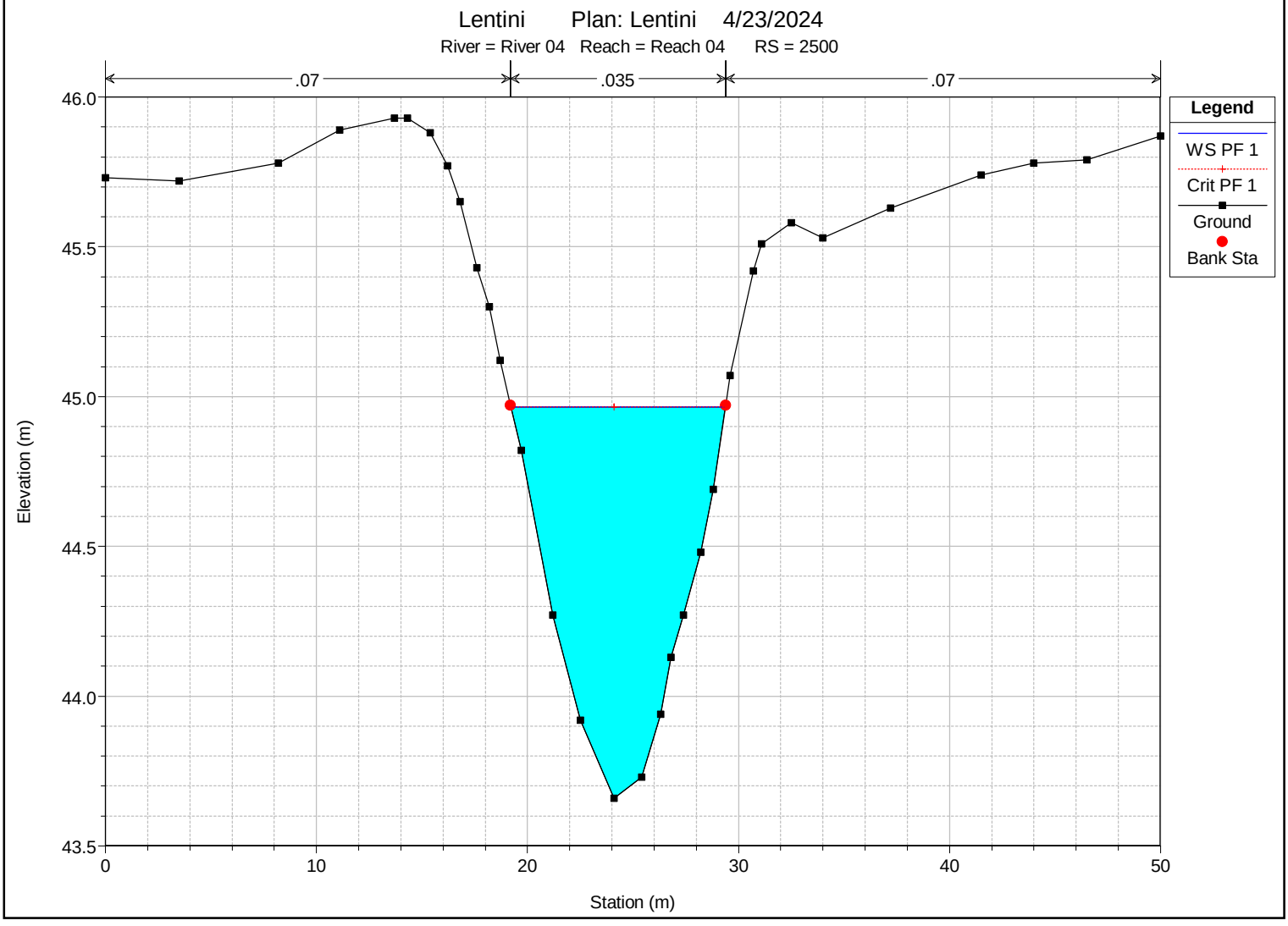

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 3300
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
54.2
54.0
53.8
53.6
53.4
53.2
53.0
52.8
52.6
0
10
20
30
40
50
Station (m)

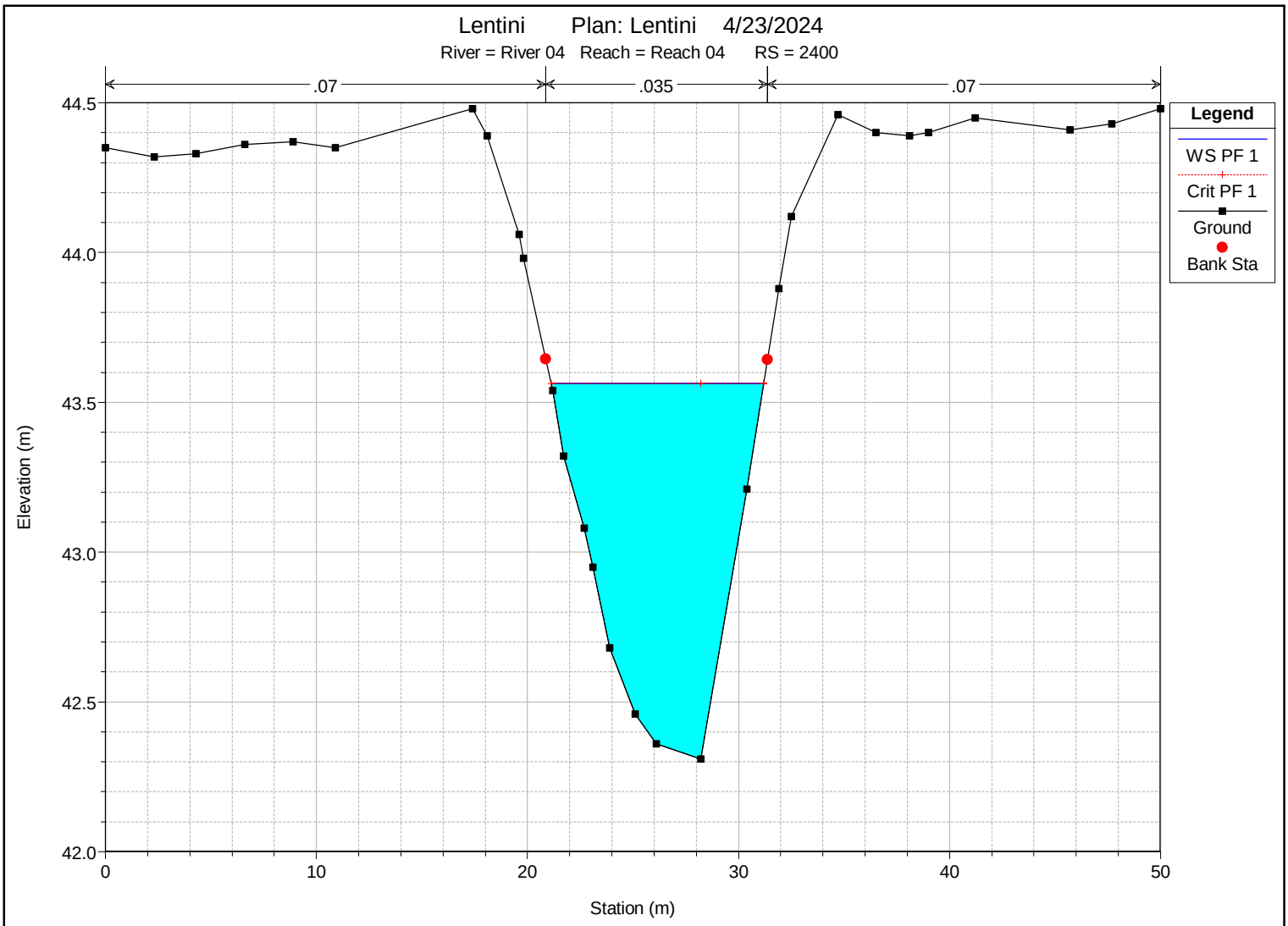

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 3200
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
53.0
52.8
52.6
52.4
52.2
52.0
51.8
0
10
20
30
40
50
Station (m)

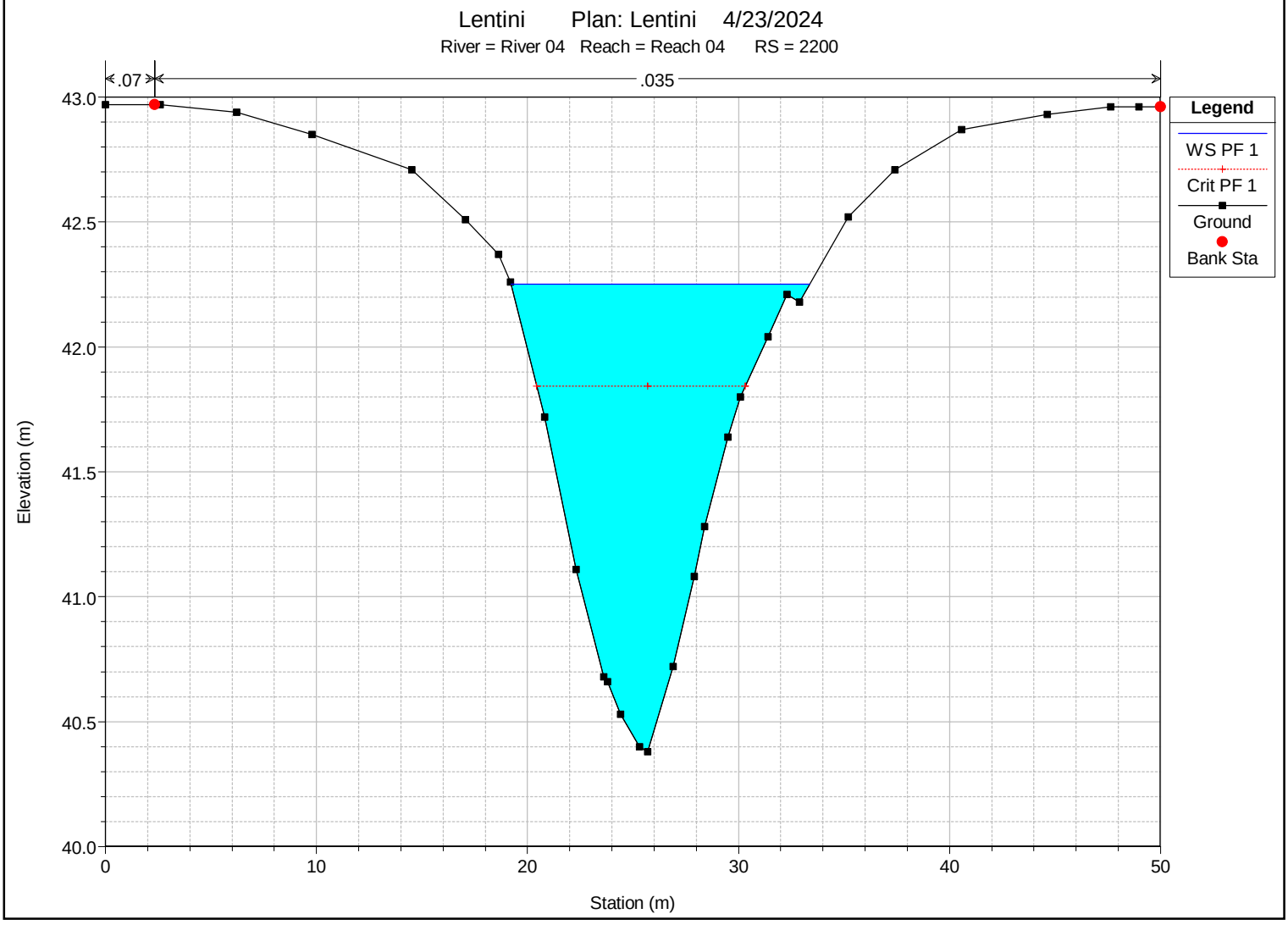

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 3100
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
52.0
51.8
51.6
51.4
51.2
51.0
50.8
0
10
20
30
40
50
Station (m)

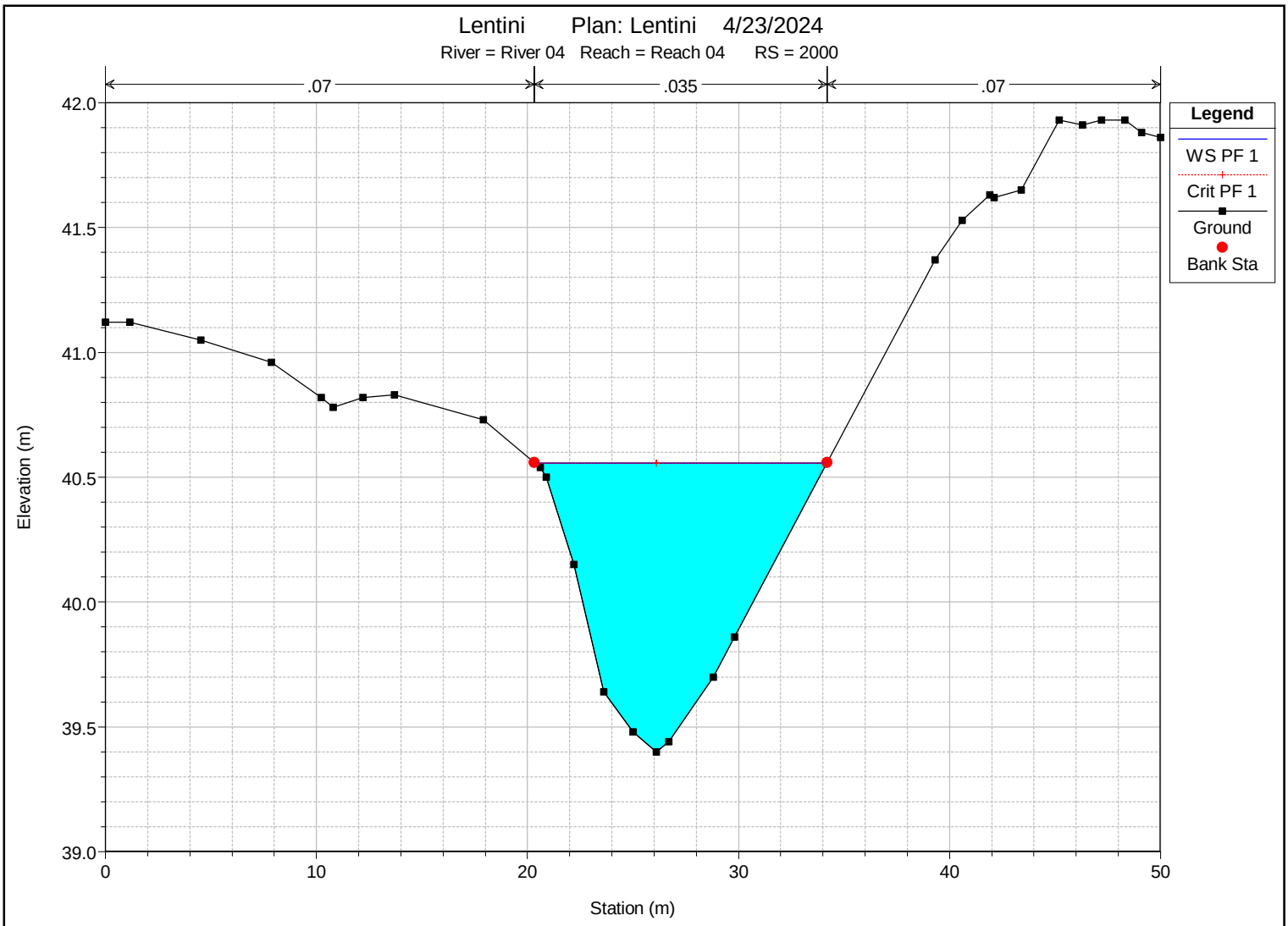

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 3000
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
52.0
51.5
51.0
50.5
50.0
49.5
0
10
20
30
40
50
Station (m)

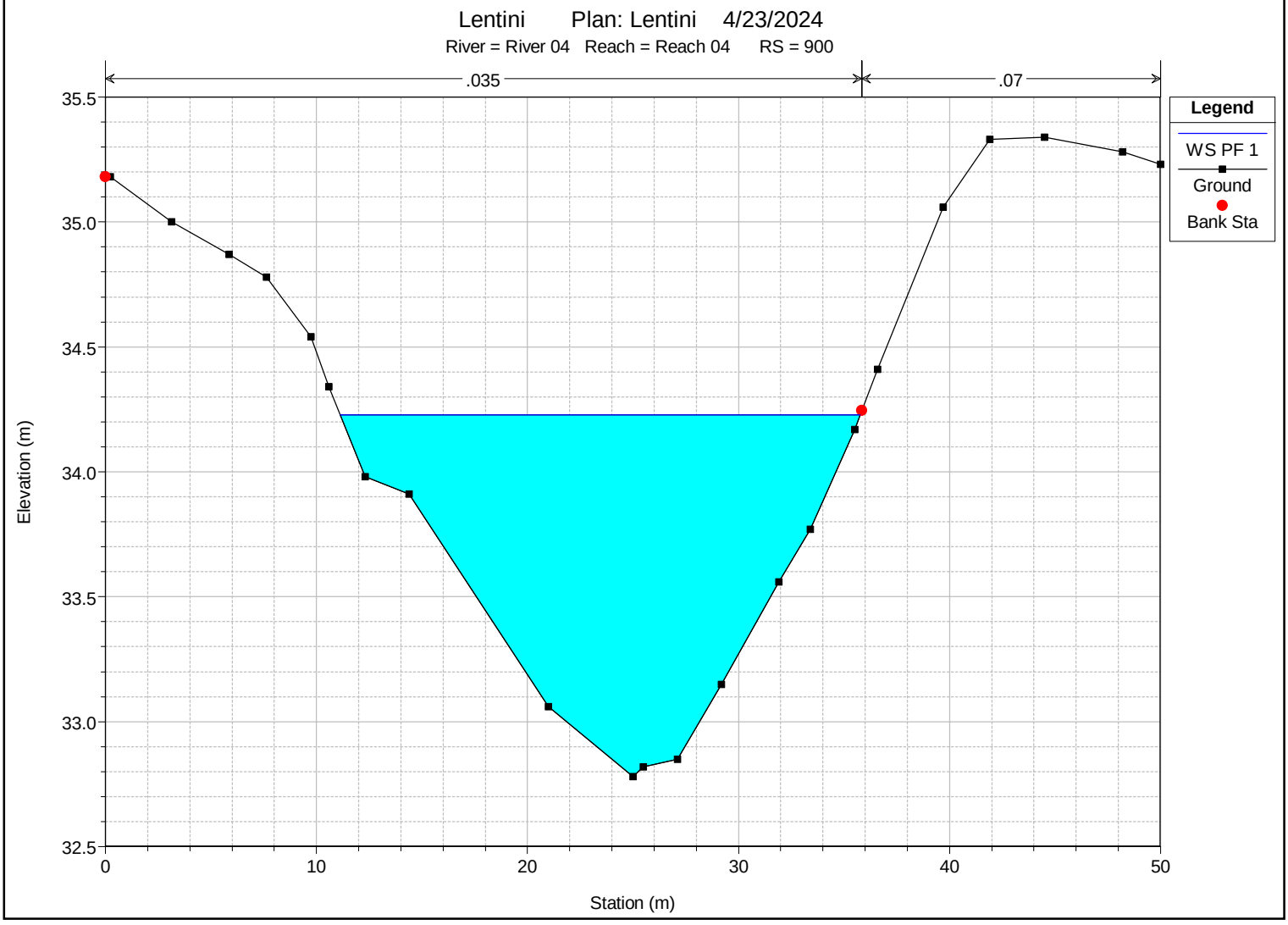

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 2800
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
49.0
48.8
48.6
48.4
48.2
48.0
47.8
0
10
20
30
40
50
Station (m)

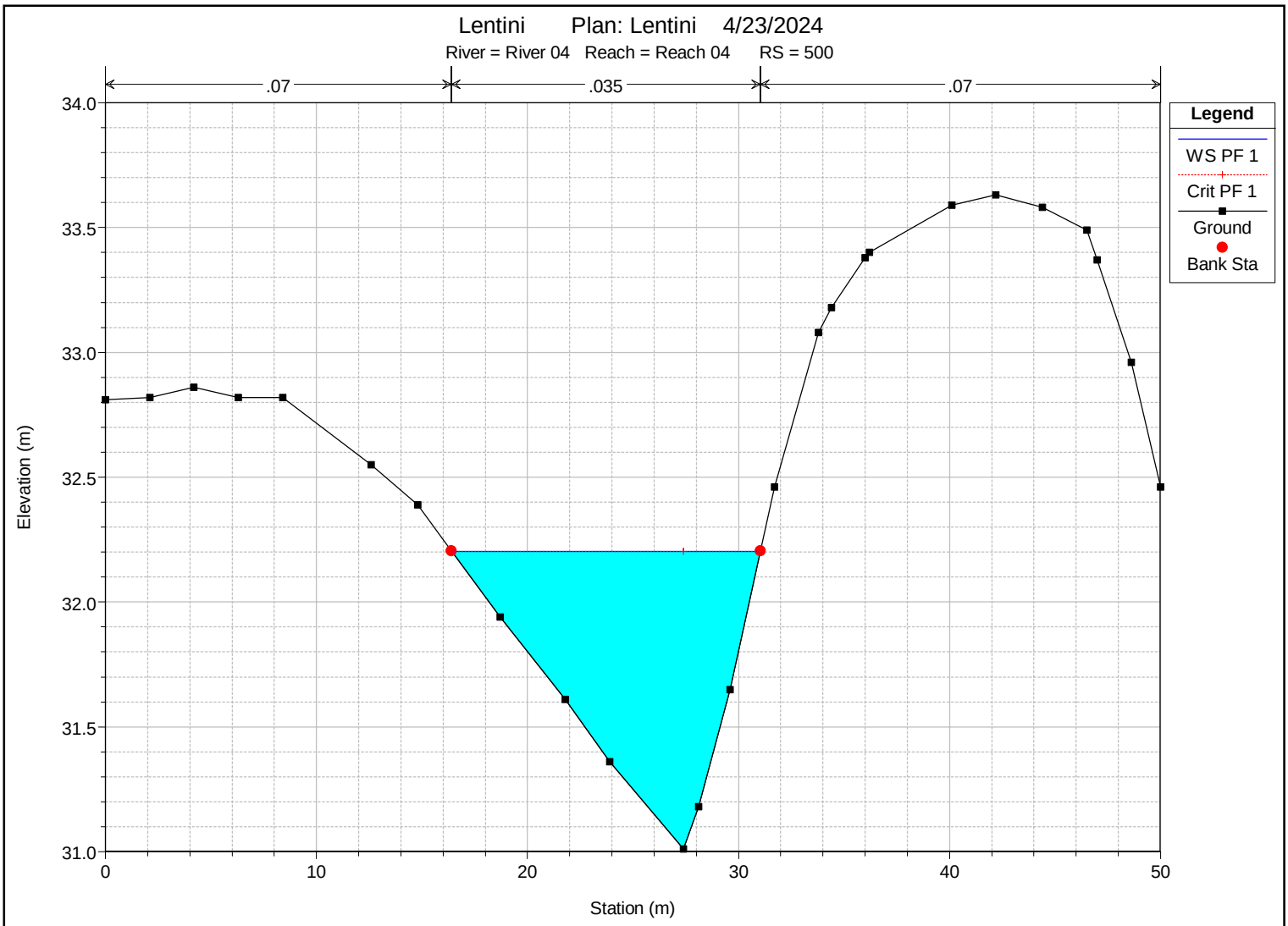

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 2500
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
46.0
45.5
45.0
44.5
44.0
43.5
0
10
20
30
40
50
Station (m)

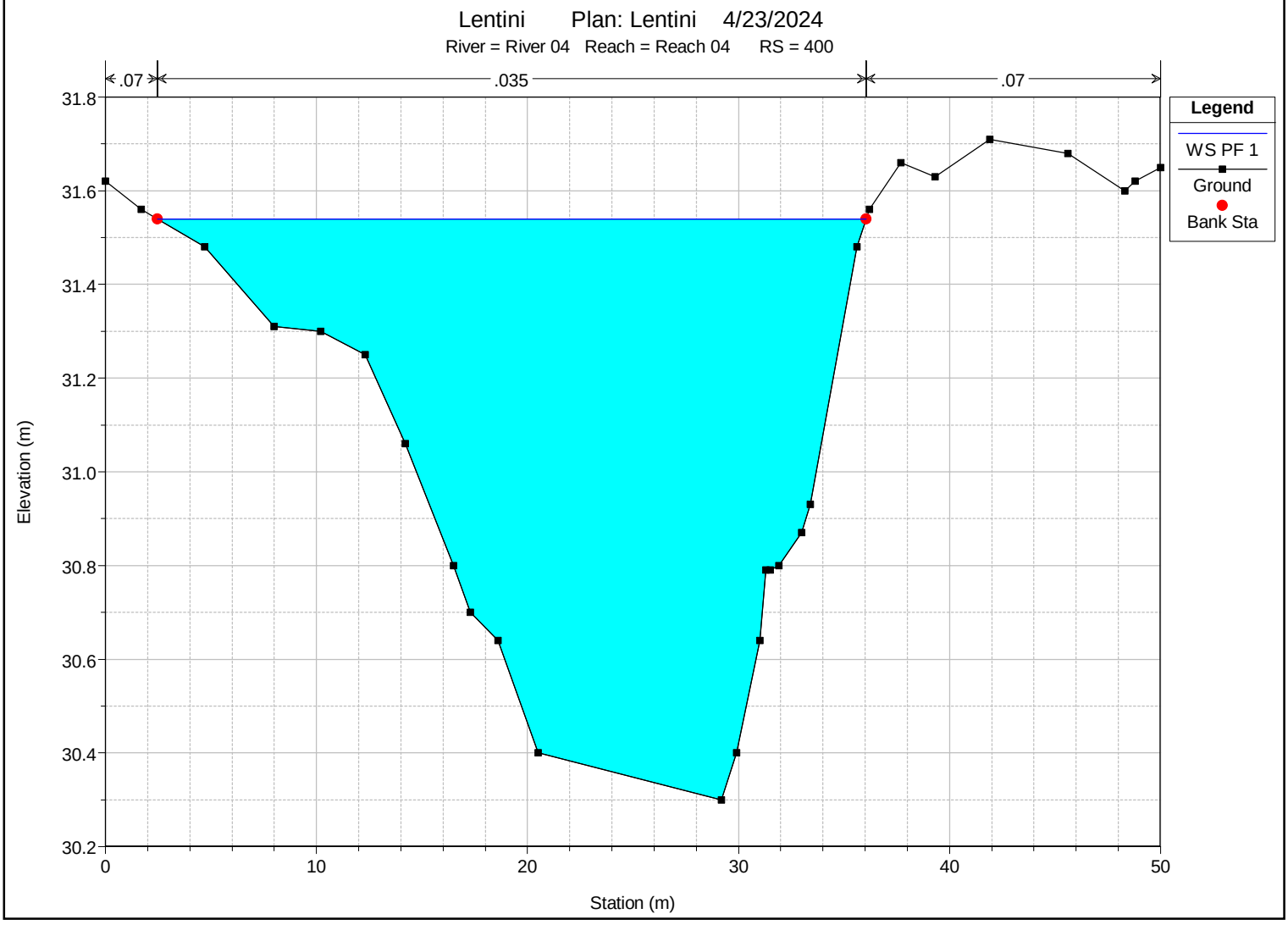

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 2400
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
44.5
44.0
43.5
43.0
42.5
42.0
0
10
20
30
40
50

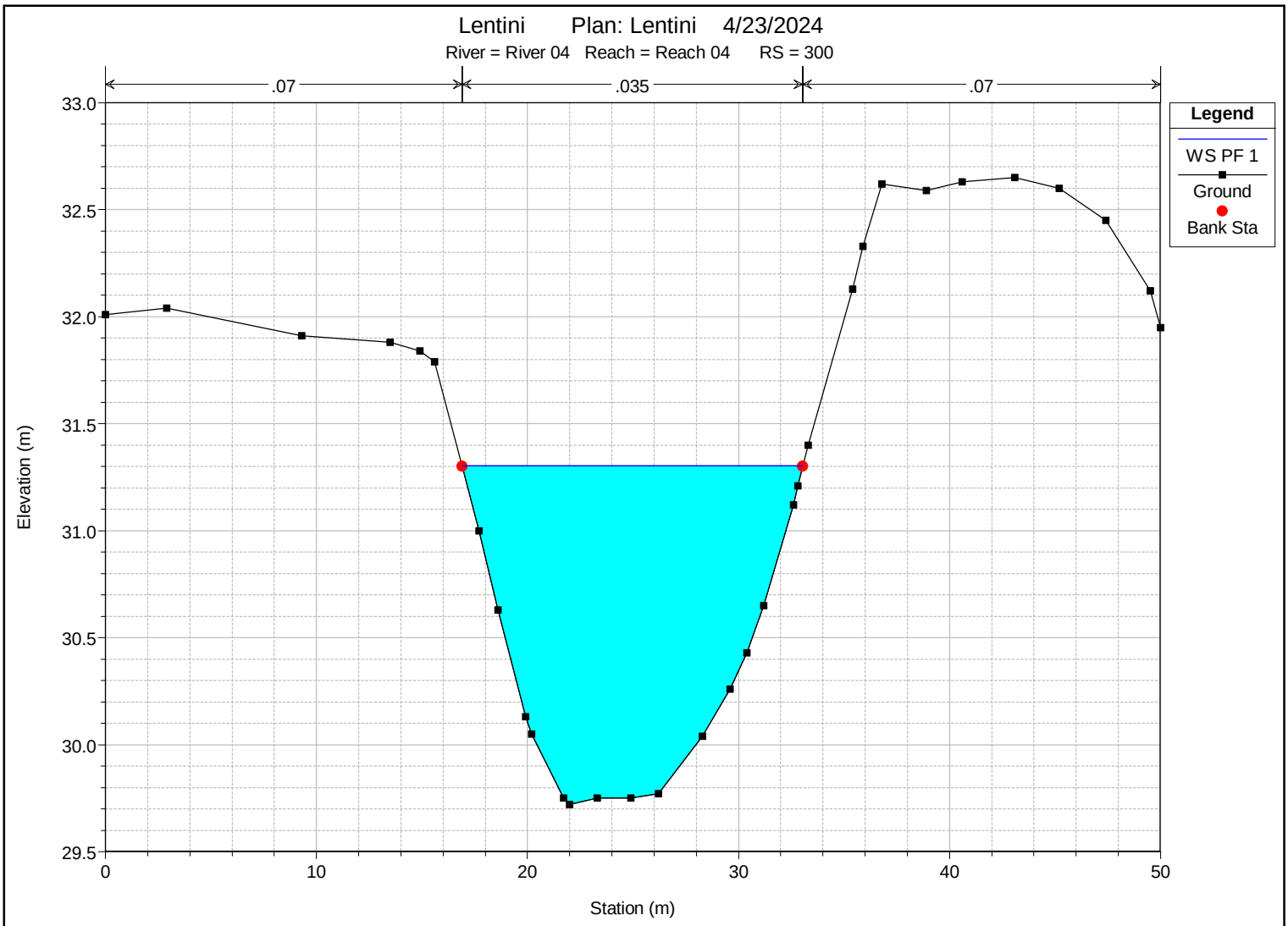

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 2200
.07
.035
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
43.0
42.5
42.0
41.5
41.0
40.5
40.0
0
10
20
30
40
50

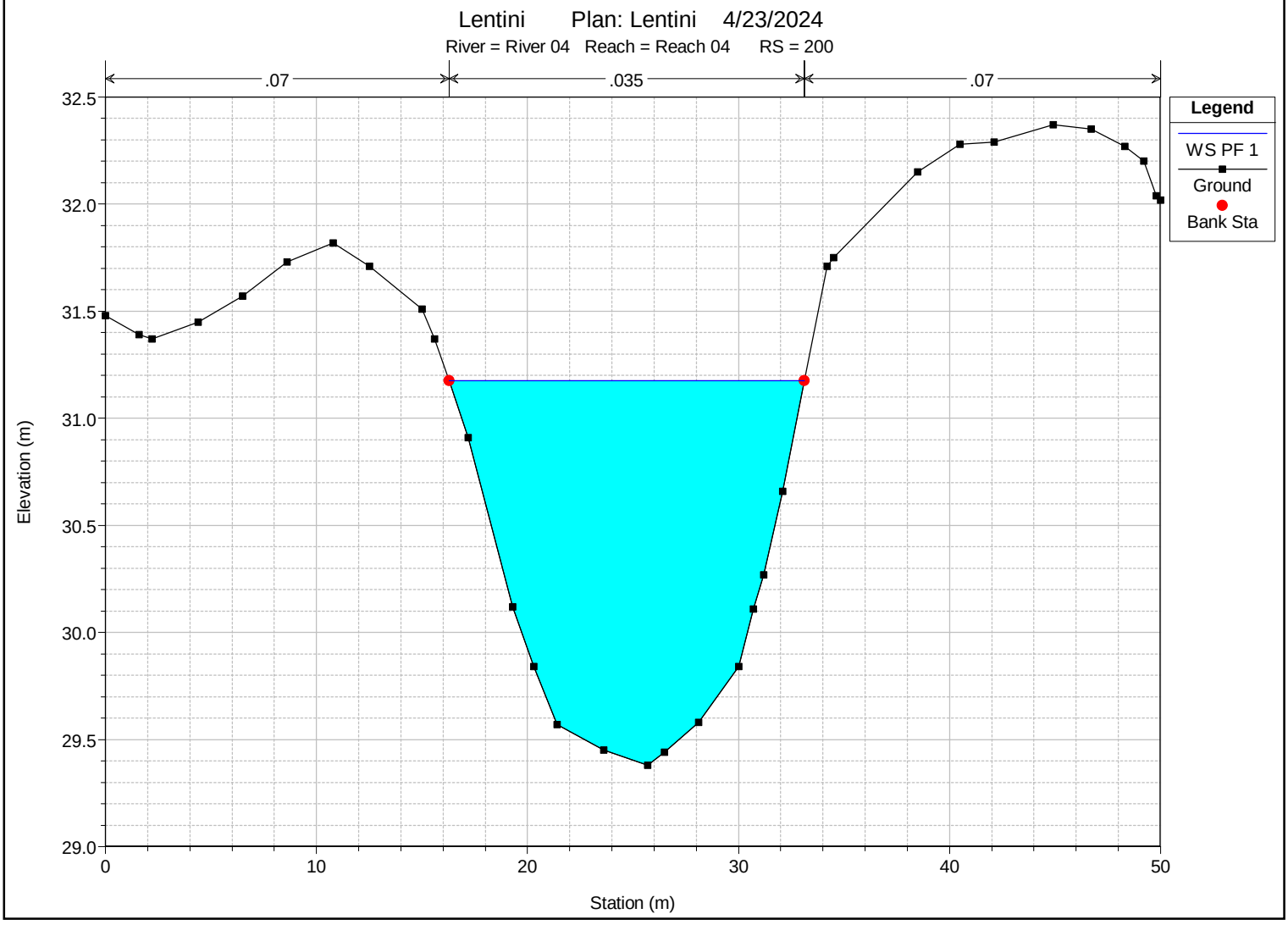

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 2000
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
42.0
41.5
41.0
40.5
40.0
39.5
39.0
0
10
20
30
40
50

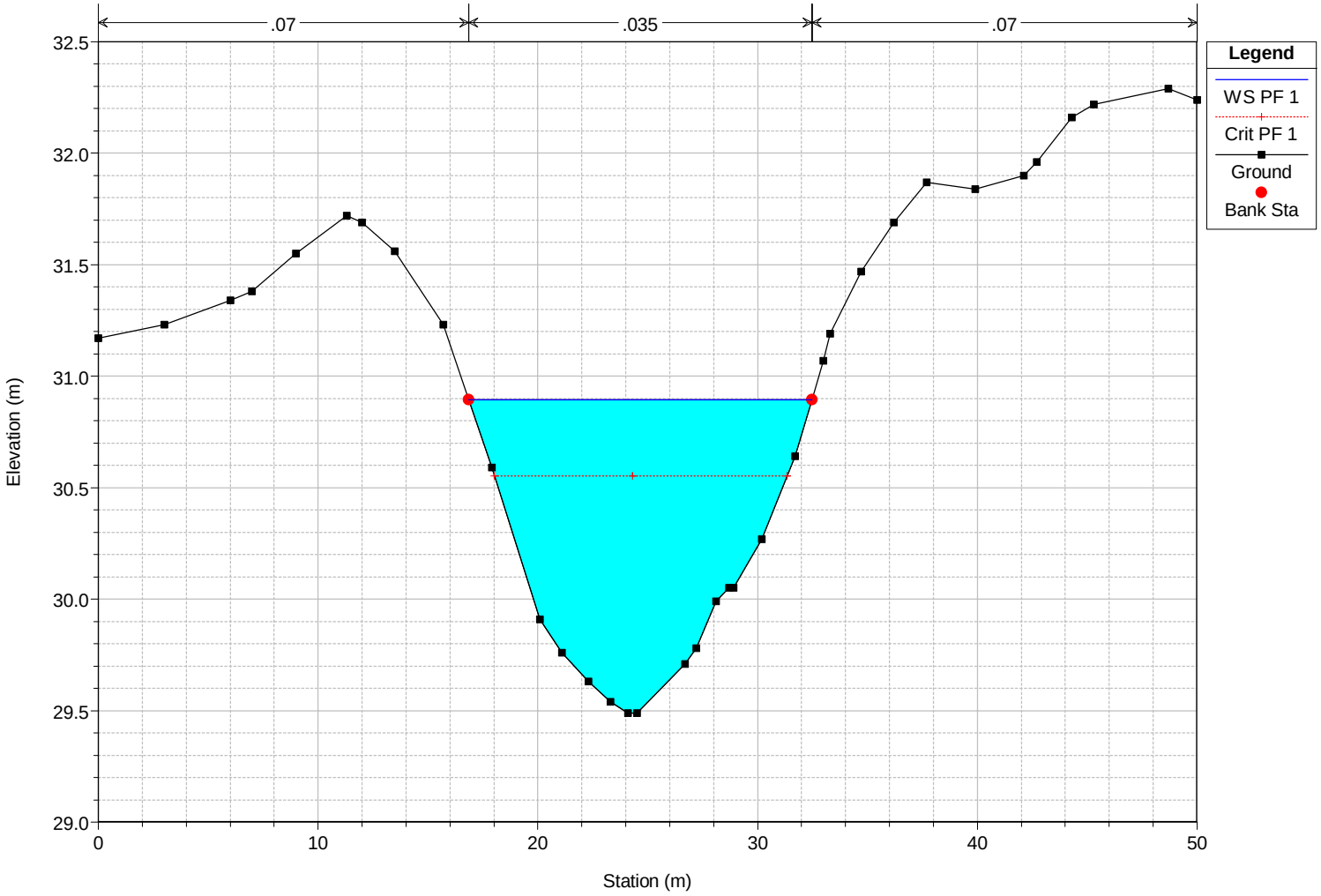

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 900
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
35.5
35.0
34.5
34.0
33.5
33.0
32.5
0
10
20
30
40
50


Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 500
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 400
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 300
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
33.0
32.5
32.0
31.5
31.0
30.5
30.0
29.5
0
10
20
30
40
50


Lentini Plan: Lentini 4/23/2024
River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 200
.07
.035
.07
Legend
WS PF 1
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
32.5
32.0
31.5
31.0
30.5
30.0
29.5
29.0
0
10
20
30
40
50

Lentini Plan: Lentini 4/23/2024

River = River 04 Reach = Reach 04 RS = 100