



ANAS S.p.A.



Commissario Governativo Delegato
OPCM n. 3869 del 23 aprile 2010
OPCM n. 3895 del 20/8/2010



REGIONE SARDEGNA

O.P.C.M. n. 3869 del 23/04/2010. Disposizioni urgenti di protezione civile per fronteggiare l'emergenza determinatasi nel settore del traffico e della mobilità nelle province di Sassari ed Olbia- Tempio, in relazione alla strada statale Sassari - Olbia

SOGGETTO ATTUATORE ANAS S.p.A.

**ADEGUAMENTO AL TIPO B (4 CORSIE) DELL'ITINERARIO
SASSARI-OLBIA
LOTTO 2**

PROGETTO ESECUTIVO

**IDROLOGIA ED IDRAULICA
INALVEAZIONI IDRAULICHE
SISTEMAZIONE IDRAULICA S36 - KM 23+994,00
RELAZIONE IDRAULICA**

RIFERIMENTO ELABORATO

CODICE PROGETTO		
1° livello	2°liv.	3° livello
D P C A 0 3	E	1 0 0 2

CODICE ELABORATO				
1° livello	2° livello	3° livello	4° livello	5°liv.
T 0 0	0 1 2 4	I D R	R E 0 1	D

REVISIONI	REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
	D	Ottobre 2014	AGGIORNAMENTO A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS	G.A.IDDA	M.CHERCHI	R.SOLMONA
	C	Ottobre 2014	AGGIORNAMENTO PER ISTRUTTORIA GENIO CIVILE	G.A.IDDA	M.CHERCHI	R.SOLMONA

SCALA:

DATA: Apr.2014

Imprese - A.T.I.:

MANDATARIA MANDANTE



MANDANTE



Il Responsabile del
Procedimento:

Ing. Luigi Silletta

Progettisti indicati - A.T.P.:

MANDATARIA



MANDANTE



MANDANTE



Il Progettista

Il Geologo

Impresa – A.T.I.:

Mandataria



Mandante



Mandante



Progettisti indicati – A.T.P.:

Mandataria



studio solmona & vitali

Mandante



favero&milan ingegneria

Mandante



TECNICAER
engineering s.r.l.

Relazione idraulica inalveazione S36

N° PROGETTO: **013.13**

ELABORATO: T00OI24IDRRE01_D.docx

AGGIORNAMENTO A SEGUITO ISTRUTTORIA ANAS	B	Lug. 2014	G.A.Idda	M.Cherchi	R.Solmona
AGGIORNAMENTO PER ISTRUTTORIA GENIO CIVILE	C	Ott. 2014	G.A.Idda	M.Cherchi	R.Solmona
AGGIORNAMENTO PER ISTRUTTORIA ANAS	D	Gen. 2015	G.A.Idda	M.Cherchi	R.Solmona
descrizione	revisione	data	redatto	controllato	approvato

Impresa – A.T.I.:

Mandataria



Mandante



Mandante



Progettisti indicati – A.T.P.:

Mandataria



studio solmona & vitali

Mandante



favero&milan ingegneria

Mandante



TECNICAER
engineering s.r.l.

INDICE

1	PREMESSA	1
1.1	LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI.....	1
1.1.1	Interferenze delle opere con corsi d'acqua secondari.....	1
2	ATTRAVERSAMENTI PRINCIPALI, SECONDARI E INALVEAZIONI – METODOLOGIA E CODICE DI CALCOLO.....	2
2.1	CODICE DI CALCOLO – ELABORAZIONI HEC-RAS.....	2
3	OPERE MINORI PER LA REGIMAZIONE DELLE ACQUE INTERFERENTI CON IL TRACCIATO STRADALE	3
3.1	CRITERI DI PROGETTO	3
4	SISTEMAZIONE INALVEAZIONI.....	4
4.1	CRITERI DI INTERVENTO	4
4.2	INALVEAZIONE S36.....	4
4.2.1	Verifiche al trascinamento	4
4.3	FRANCHI IDRAULICI.....	7
4.4	TABULATI DI CALCOLO HEC-RAS	7

Impresa – A.T.I.:

Mandataria



Mandante



Mandante



Progettisti indicati – A.T.P.:

Mandataria



studio solmona & vitali

Mandante



favero&milan ingegneria

Mandante



TECNICAER
engineering s.r.l.

1

1 PREMESSA

L'intervento in progetto, in generale, prevede una strada a carreggiate separate a due corsie per senso di marcia, per l'adeguamento del collegamento già esistente tra Sassari ed Olbia.

Gli attraversamenti idraulici sono stati dimensionati in base ai valori di portata individuati nella relazione idrologica e all'individuazione dello schema di drenaggio più atto ad un efficace allontanamento delle acque precipitate sulla piattaforma stradale, in conformità alle soluzioni progettuali individuate.

Lungo il suo sviluppo l'infrastruttura stradale va ad interferire con numerosi corsi d'acqua e fossi, caratterizzati da un regime spiccatamente torrentizio e bacini idrografici di estensione inferiore a 10 km².

La relazione è stata strutturata in modo da fornire una descrizione specifica per ciascuna delle inalveazioni progettate, come di seguito sarà illustrato.

1.1 LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

Gli interventi previsti in progetto sono opere caratterizzate da diverse dimensioni a seconda dell'interferenza della struttura viaria in progetto con il corso dei compluvi interessati.

1.1.1 Interferenze delle opere con corsi d'acqua secondari

La dimensione di tali opere idrauliche è stata commisurata alle dimensioni dell'area sottesa dal compluvio e consentono l'attraversamento idraulico sia della sede viaria stradale sia della viabilità secondaria migliorando sostanzialmente le condizioni di deflusso dei compluvi, favorendo la linearizzazione degli alvei e la loro riprofilatura con pendenze che garantiscano ove possibile una riduzione delle velocità ed in conseguenza dei fenomeni erosivi.

Le opere previste saranno realizzate con una tipologia di strutture di tipo scatolari di diverse dimensioni. A monte e a valle delle opere di attraversamento sono previste delle sistemazioni degli alvei, che verranno meglio descritte nei paragrafi successivi.

Impresa – A.T.I.:

Mandataria



Mandante



Mandante



Progettisti indicati – A.T.P.:

Mandataria



studio solmona & vitali

Mandante



favero&milan ingegneria

Mandante



TECNICAER
engineering s.r.l.

2

2 ATTRAVERSAMENTI PRINCIPALI, SECONDARI E INALVEAZIONI – METODOLOGIA E CODICE DI CALCOLO

2.1 CODICE DI CALCOLO – ELABORAZIONI HEC-RAS

La determinazione delle caratteristiche del moto all'interno delle opere idrauliche è stata effettuata con l'uso del software HEC-RAS 4.1.0 della U.S. Army Corps of Engineering.

L'utilizzo di tale codice consente di studiare il comportamento delle correnti, siano esse in pressione o a pelo libero, sia in condizioni di moto uniforme, che in condizioni di moto permanente gradualmente variato.

Nel caso in esame si è analizzato il deflusso della corrente in moto permanente gradualmente variato.

Per l'illustrazione della metodologia di calcolo adoperata si rimanda all'elaborato T00ID00IDRRE02_F.

Impresa – A.T.I.:

Mandataria



Mandante



Mandante



Progettisti indicati – A.T.P.:

Mandataria



studio solmona & vitali

Mandante



favero&milan ingegneria

Mandante



TECNICAER
engineering s.r.l.

3

3 OPERE MINORI PER LA REGIMAZIONE DELLE ACQUE INTERFERENTI CON IL TRACCIATO STRADALE

3.1 CRITERI DI PROGETTO

La portata di progetto utilizzata nelle verifiche idrauliche è la duecentennale.

Le opere di attraversamento sono state predimensionate in regime di moto uniforme, assumendo un grado massimo di riempimento del 70% dell'altezza dell'opera nel caso dei tombini, e comunque ammettendo velocità di deflusso inferiori ai 5 m/s. Successivamente le stesse opere sono state verificate in regime di moto permanente a mezzo del codice di calcolo HEC-RAS.

Per i franchi idraulici di progetto si è fatto riferimento a quanto prescritto nell'art. 21 comma 1 e comma 2 lettera d delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Autonoma della Sardegna.

In allegato alla presente relazione saranno raccolti i report di calcolo, comprensivi di planimetrie, profili e sezioni principali, per ogni singolo attraversamento e per le relative opere di inalveazioni. Tuttavia, la maggior parte delle inalveazioni drena lungo il suo sviluppo longitudinale. Quindi, assegnare l'intera portata alla sezione iniziale è comunque un'ipotesi esemplificativa e speditiva, e in generale conservativa. Talvolta è stata necessaria anche qualche ipotesi esemplificativa circa lo sbocco dalle opere di inalveazione, anche per le difficoltà legate alla scala del rilievo e alla sua estensione disponibile.

Nel caso dei tombini, in taluni casi, le dimensioni sono assolutamente sovrabbondanti rispetto alle portate di progetto calcolate, sono state determinate tenendo in conto la situazione attuale dell'attraversamento, ove esistente, e comunque assicurando in ogni caso la facilità di intervento in sicurezza per le future operazioni manutentive.



4 SISTEMAZIONE INALVEAZIONI

4.1 CRITERI DI INTERVENTO

Per interferenze col tracciato o con gli svincoli, nonché in alcuni casi per ben raccordare i nuovi tombini della strada oggetto della progettazione, è prevista una deviazione locale di alcuni fossi e/o corsi d'acqua. Si è provveduto al calcolo idraulico, in regime di moto permanente a mezzo del codice di calcolo HEC-RAS. E' stata assunta la portata di progetto duecentennale.

Per le inalveazioni dei ponti è stata eseguita una verifica con la portata avente $T_r=500$ anni allo scopo di garantire che il livello massimo non vada a toccare l'intradosso della trave dell'opera.

Per la determinazione di dette portate si è proceduto con gli stessi criteri esposti nella relazione idrologica del presente progetto, a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

In taluni casi si interverrà sul profilo del corso d'acqua introducendo opportunamente un certo numero di salti al fine di ridurre la naturale pendenza del canale risultata eccessiva, e di conseguenza abbattere le velocità dei deflussi in occorrenza di piene significative.

4.2 INALVEAZIONE S36

L'inalveazione S36 sarà realizzata alla progressiva km 23+944 dell'asse principale.

Si tratta della sistemazione idraulica relativa al tombino TM18 sulla viabilità principale, realizzata a monte e a valle di quest'ultimo. La portata calcolata a 200 anni pari a 0.417 mc/sec.

Tale inalveazione ha lo scopo, a monte di canalizzare le acque verso il tombino, limitando notevolmente i fenomeni di scalzamento dello stesso, a valle, di velocizzare l'allontanamento delle acque dal corpo stradale, evitando sversamenti laterali oltre il fondo alveo.

La sezione tipo di progetto scelta è la tipo 2 realizzata con argini in scogliera cementata (il dettaglio è riportato nelle tavola T00ID00IDRST01_C).

I franchi idraulici previsti in normativa risultano verificati come riportato nella relazione idraulica.

Le sezioni trasversali hanno un andamento crescente da valle verso monte, in accordo a quanto previsto dal software Hec-Ras.

4.2.1 Verifiche al trascinamento

Nel calcolo di una protezione spondale (progettazione o verifica) si può fare riferimento a due metodi generali per stabilire l'ammissibilità di un materiale, basati su:

Velocità di trascinamento $v < V_{inc}$

Tensione ammissibile $\tau < \tau_{amm}$



Dal punto di vista ingegneristico, la situazione più critica alla quale occorre fare riferimento nelle verifiche di resistenza delle protezioni spondali è costituita dalle tensioni tangenziali.

La verifica delle opere di inalveazione è stata condotta basandosi sui risultati provenienti dal software HEC-RAS, che propone i valori di sforzo tangenziale relativi alle seguenti situazioni:

$\tau_b = \gamma_w \cdot R \cdot i_f$	Sforzo tangenziale di trascinamento al fondo
$\tau_b = \gamma_w \cdot (Y_{\max} - z_i) \cdot i_f$	Sforzo tangenziale di trascinamento al fondo
$\tau_m = 0.75 \cdot \gamma_w \cdot (Y_{\max} - z_i) \cdot i_f$	Sforzo tangenziale di trascinamento sulla sponda rettilinea
$\tau_m = 0.75 \cdot K_c \cdot \gamma_w \cdot (Y_{\max} - z_i) \cdot i_f$	Sforzo tangenziale di trascinamento sulla sponda in curva

Dove:

- τ_b forza di trascinamento espressa come tensione tangenziale al fondo
- τ_m forza di trascinamento espressa come tensione tangenziale al fondo sulla sponda
- γ_w peso specifico dell'acqua
- R raggio idraulico
- i_f pendenza dell'alveo

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati delle verifiche al trascinamento per le sezioni dell'inalveazione.

Il calcolo è stato effettuato in riferimento alle caratteristiche della portata duecentennale.

Reach	River Sta	Profile	Shear Chan	Shear LOB	Shear ROB	Shear Total
(-)	(-)	(-)	(N/m ²)	(N/m ²)	(N/m ²)	(N/m ²)
S36 - TM18	275	Q(T=200y)	0	0.01	0	0.01
S36 - TM18	257.3	Q(T=200y)	0	0	0	0
S36 - TM18	251.38	Q(T=200y)	14.7	8.46	6.64	10.88
S36 - TM18	250.38	Q(T=200y)	278.36			278.36
S36 - TM18	236.82	Q(T=200y)	18.83			18.83
S36 - TM18	231.31	Q(T=200y)	1.87			1.87
S36 - TM18	231.3		Culvert			
S36 - TM18	214.03	Q(T=200y)	6.04			6.04
S36 - TM18	198.62	Q(T=200y)	1.87			1.87
S36 - TM18	198.61		Culvert			
S36 - TM18	167.42	Q(T=200y)	1.05			1.05
S36 - TM18	162.18	Q(T=200y)	0.92			0.92
S36 - TM18	150	Q(T=200y)	5.02			5.02
S36 - TM18	135.66	Q(T=200y)	4.51			4.51
S36 - TM18	125	Q(T=200y)	4.07			4.07
S36 - TM18	116.34	Q(T=200y)	7.55			7.55
S36 - TM18	100	Q(T=200y)	3.98	1.69	1.13	3.13
S36 - TM18	75	Q(T=200y)	5.17	1.74	1.72	2.33
S36 - TM18	50	Q(T=200y)	7.54	1.39	1.38	5.89
S36 - TM18	25	Q(T=200y)	5.04			5.04
S36 - TM18	0	Q(T=200y)	34.11			34.11

Tabella 1: Valori di sforzo di trascinamento in condizioni di progetto

In tabella 1 è stato sono state riportate le tensioni di trascinamento. Nel tratto in giallo sono evidenziate le tensioni in corrispondenza dell'opera in progetto.

Si considera accettabile un valore di resistenza al trascinamento inferiore a 500 N/m², valore associato in bibliografia alla scogliera cementata, come quelle previste nell'opera in progetto.

Si può notare che le sezioni a monte e a valle del tratto rivestito in scogliera hanno valori di tensione tangenziale inferiore ai 15 N/m². Tale valore è considerato (come riportato in tabella 2), valore limite per sabbia fine mista a ghiaietto (Dmax < 2 cm), che è il tipo di materiale prevalente presente nell'alveo.

Si può quindi confermare la scogliera unicamente nelle sezioni sopraindicate

Si riporta di seguito una tabella contenente i valori massimi di resistenza al trascinamento di un terreno.

Materiali	Resistenza massima al trascinamento (N/m ²)
Sabbia fine	2
Ghiaietto	15
Sabbia e ciottoli	30
Ciottoli e ghiaia	50
Cotici erbosi	10
Talee arbusti	10
Copertura diffusa	50

Tabella 2: valori limite di resistenza al trascinamento

4.3 FRANCHI IDRAULICI

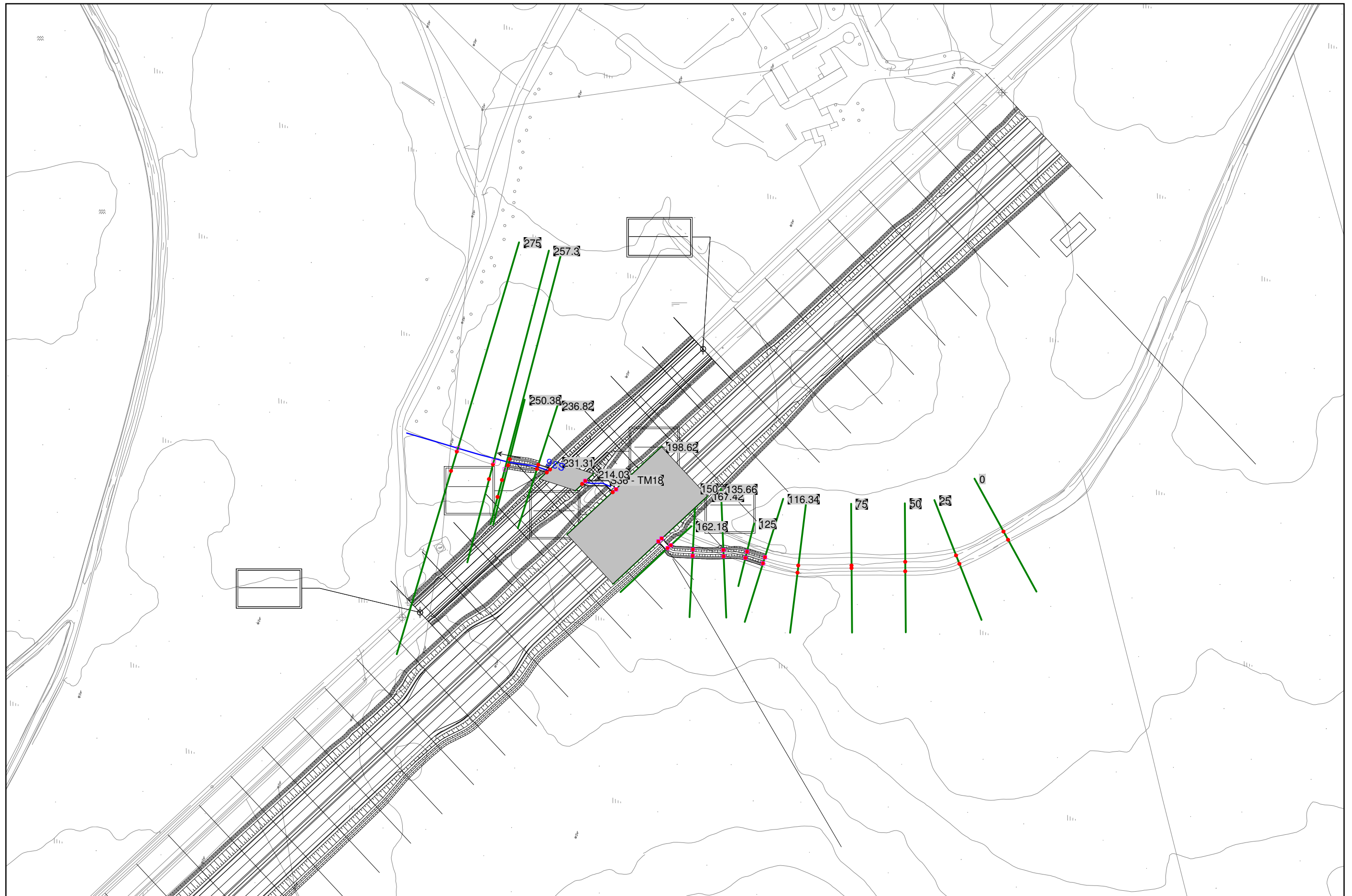
Si riportano di seguito i franchi idraulici attesi e quelli minimi previsti da normativa. E' stato inoltre verificato che il grado di riempimento massimo del tombino fosse del 70%.

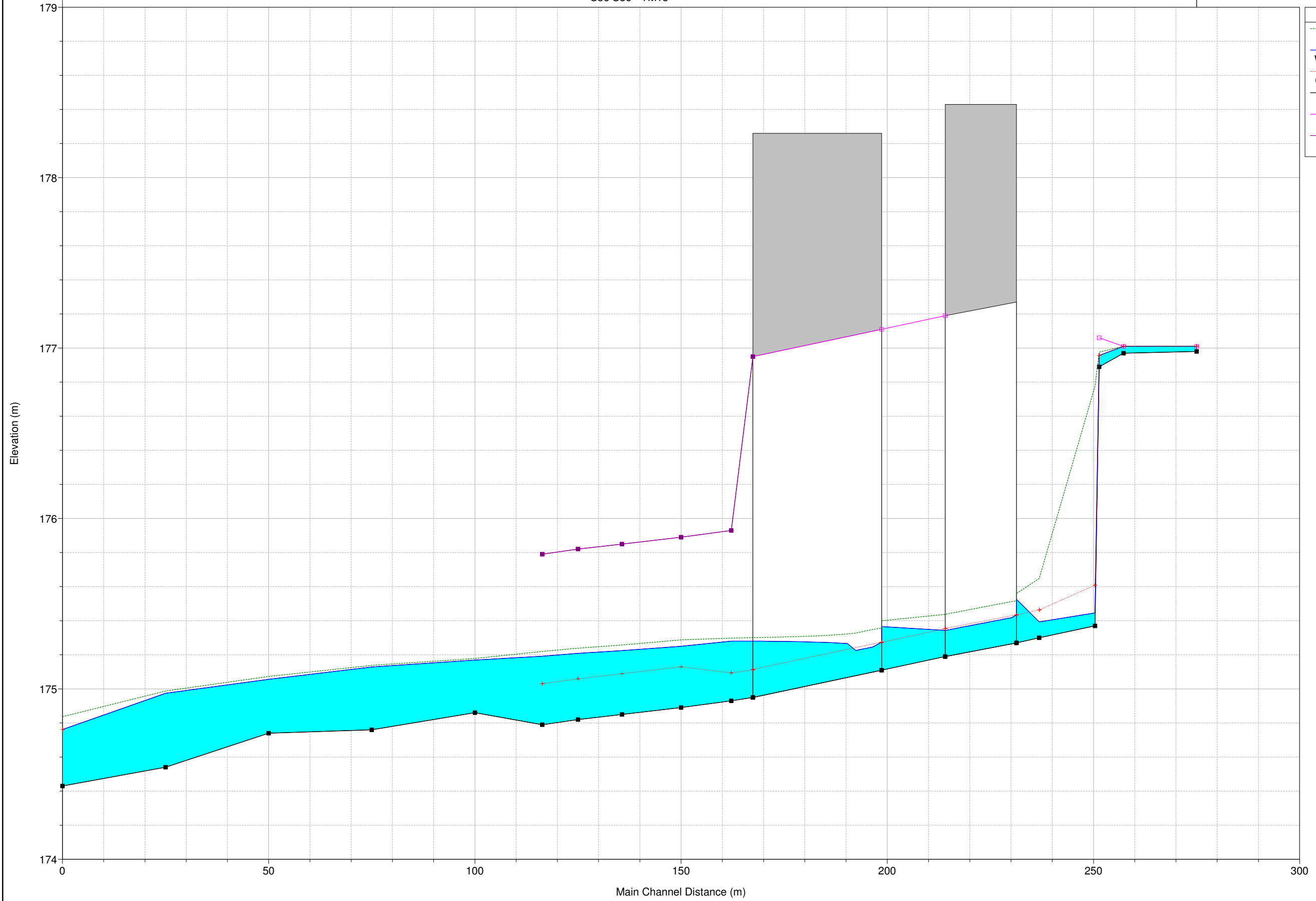
Per il dettaglio delle modalità di calcolo dei franchi idraulici e per la normativa di riferimento si rimanda alla relazione idraulica.

Opera (ID ponte)	Sistemazione (km)	Q (m ³ /s)	Dimensioni (B, H)		y (m)	V (m/s)	delta h1 (m)	delta h2 (m)	delta h3 (m)	delta h4 (m)	H-max f (m)	verifica (-)	Verifica grado riempimento (-)
TM18b	0	0.4173	4	2	0.26	1.27	0.44	0.00	0.06	1.00	1.74	VERIFICATO	VERIFICATO
TM18a	S36	0.4173	4	2	0.33	0.63	0.50	0.00	0.01	1.00	1.67	VERIFICATO	VERIFICATO

4.4 TABULATI DI CALCOLO HEC-RAS

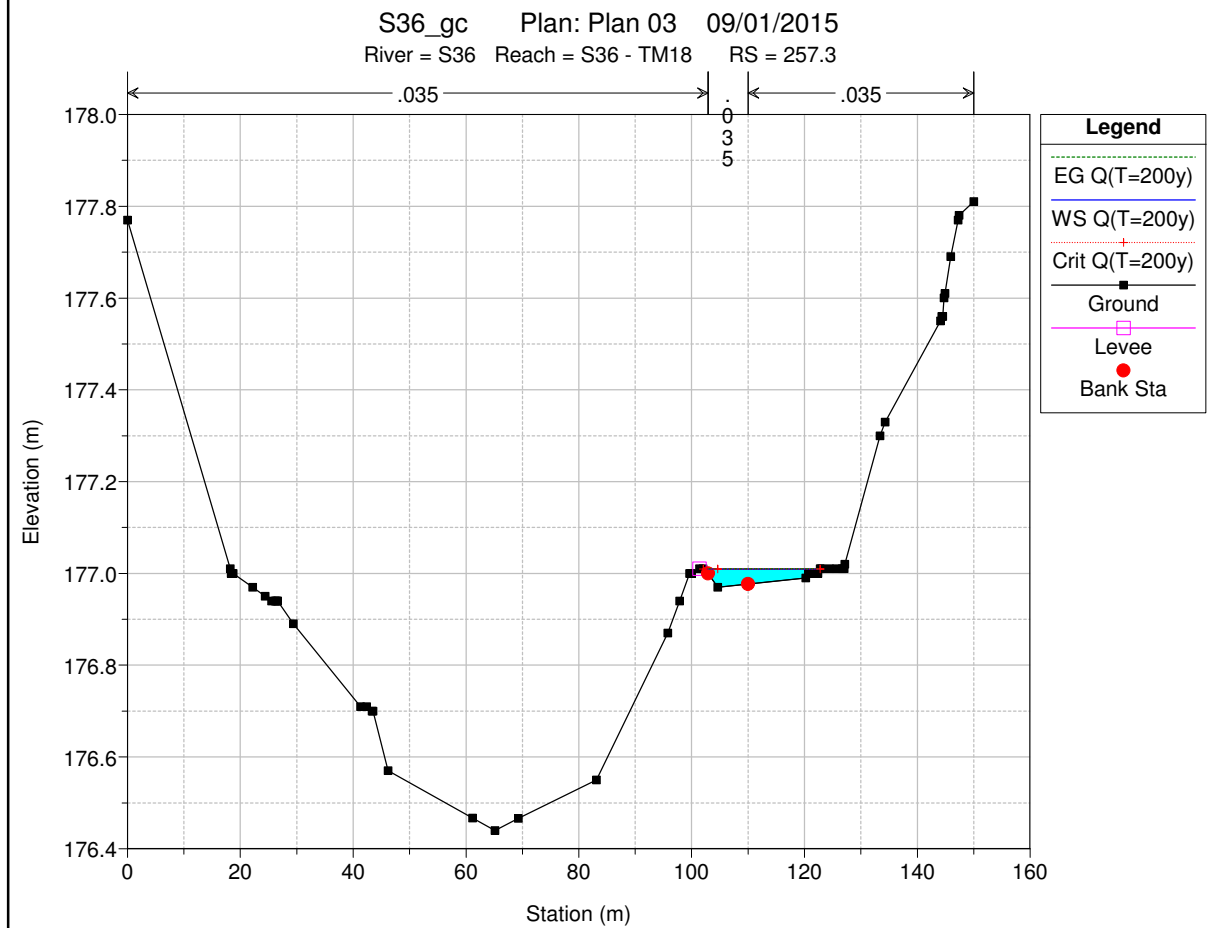
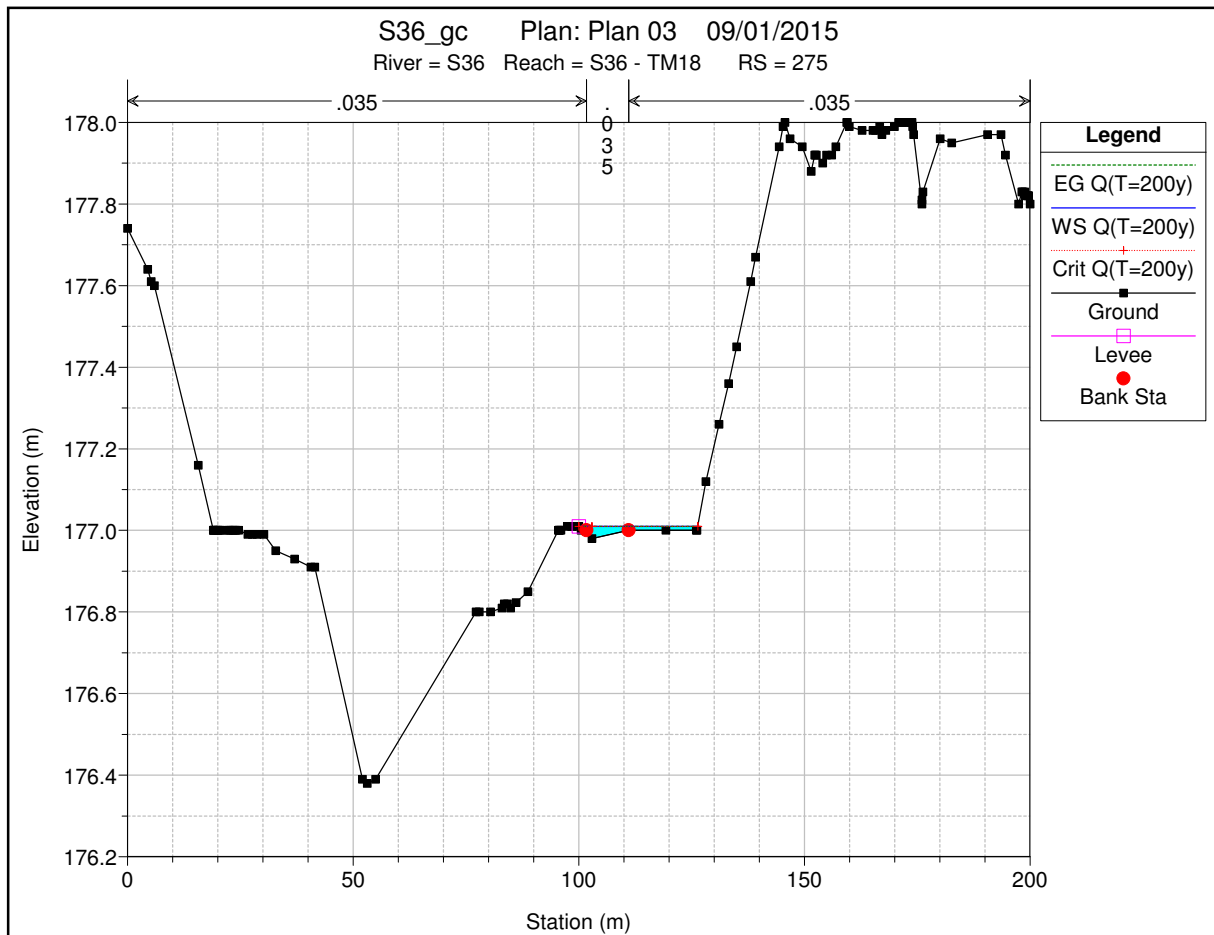
Si rimanda alla documentazione posta in calce alla presente.



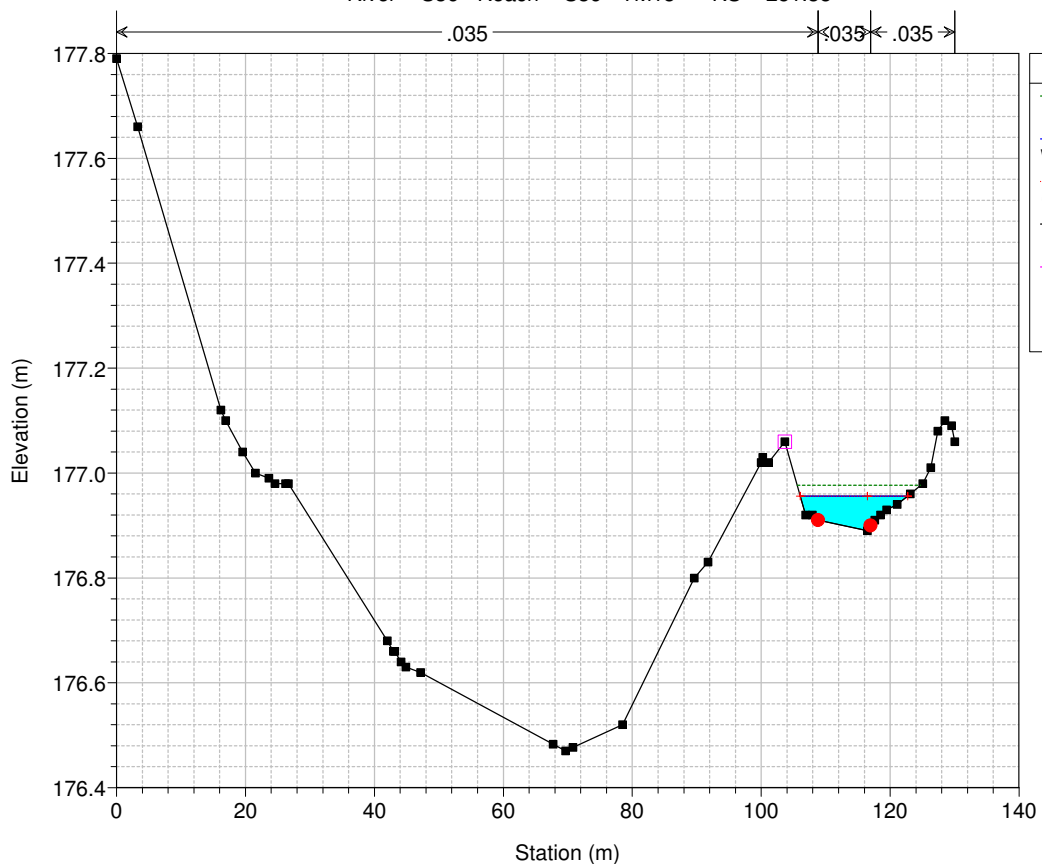


Legend

- EG Q(T=200y)
- WS Q(T=200y)
- Crit Q(T=200y)
- Ground
- Left Levee
- Right Levee

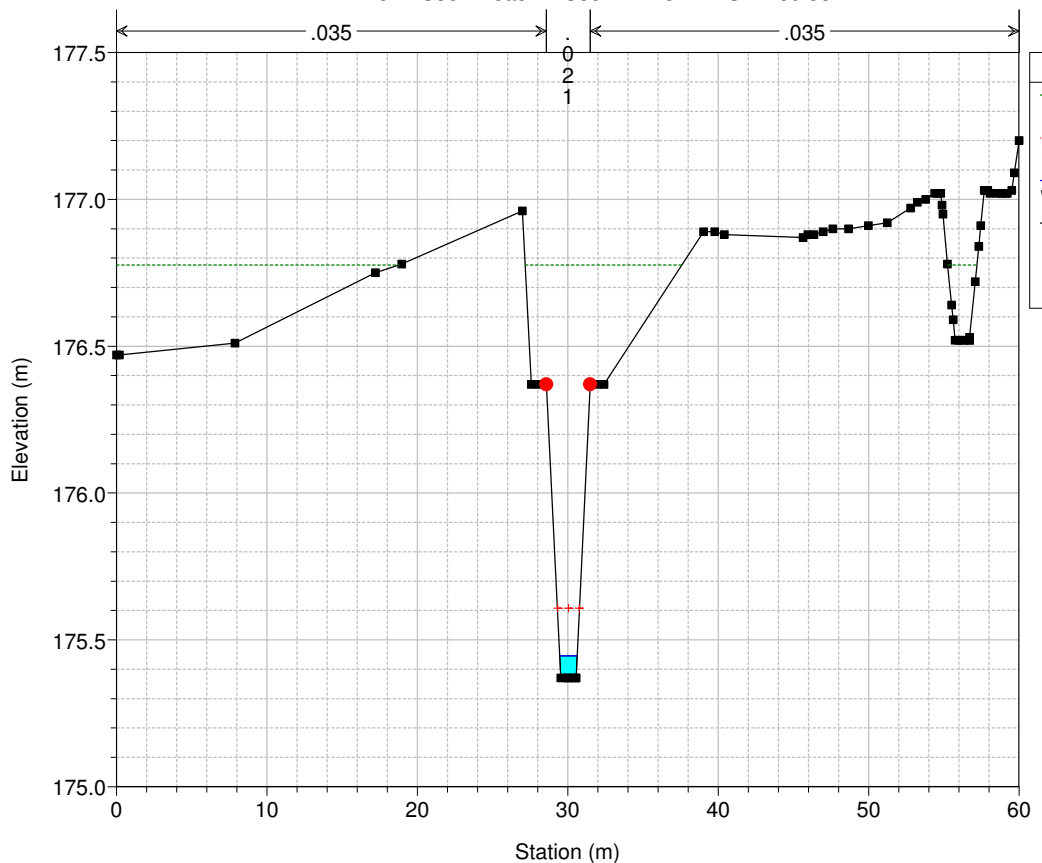


S36_gc Plan: Plan 03 09/01/2015
 River = S36 Reach = S36 - TM18 RS = 251.38

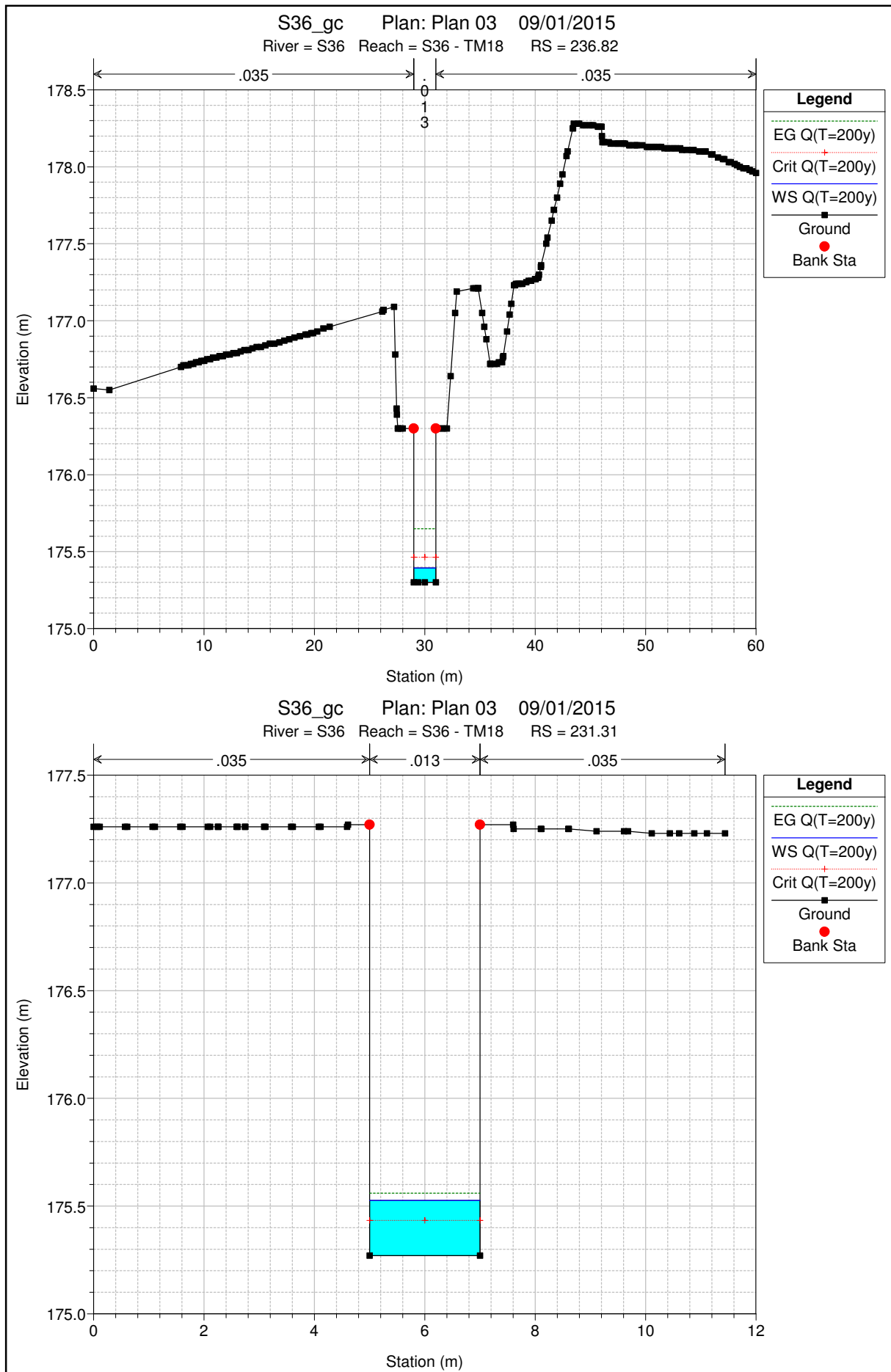


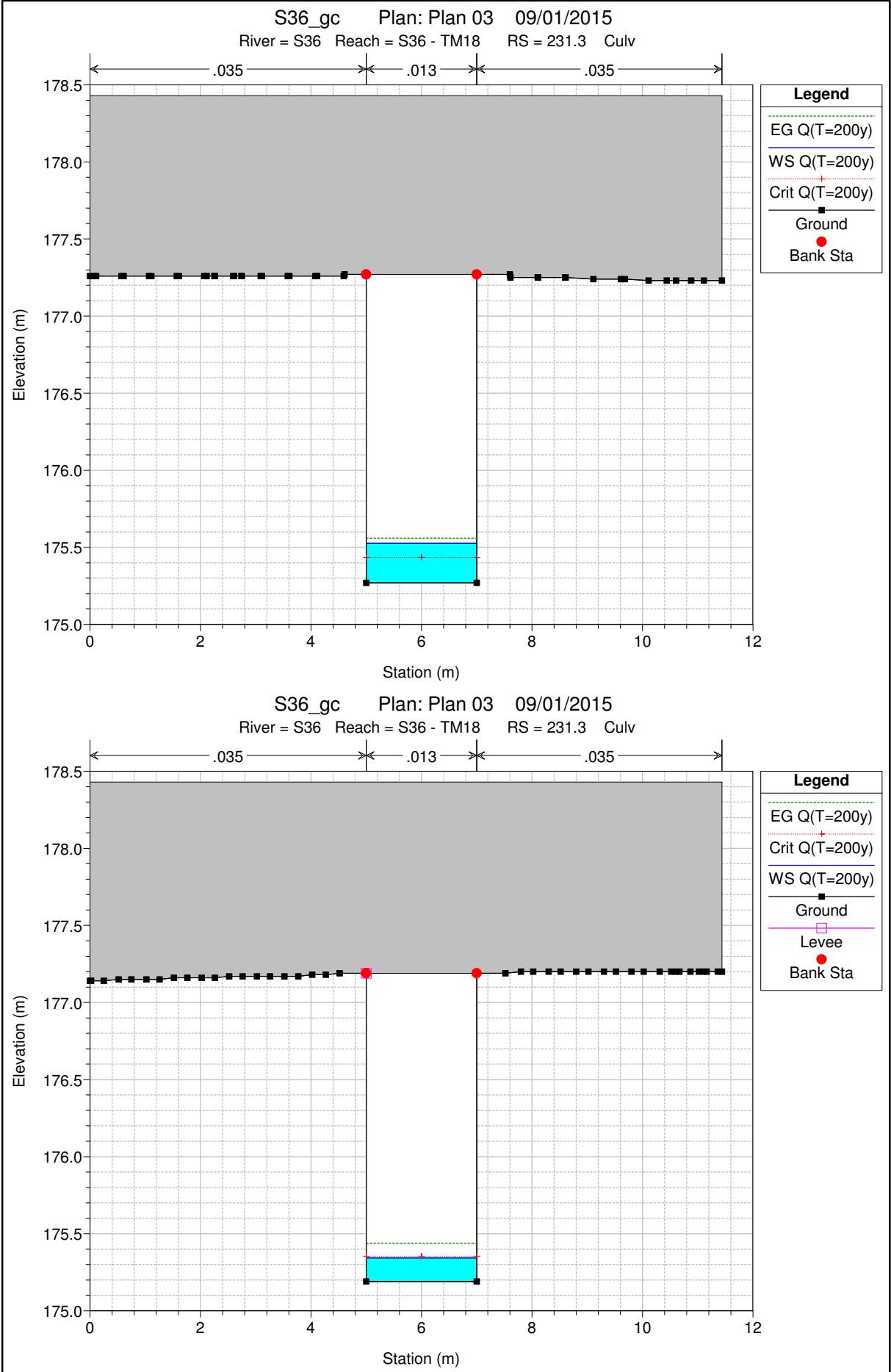
Legend	
— — — — —	EG Q(T=200y)
—————	WS Q(T=200y)
- - - - -	Crit Q(T=200y)
■	Ground
— — — — —	Levee
●	Bank Sta

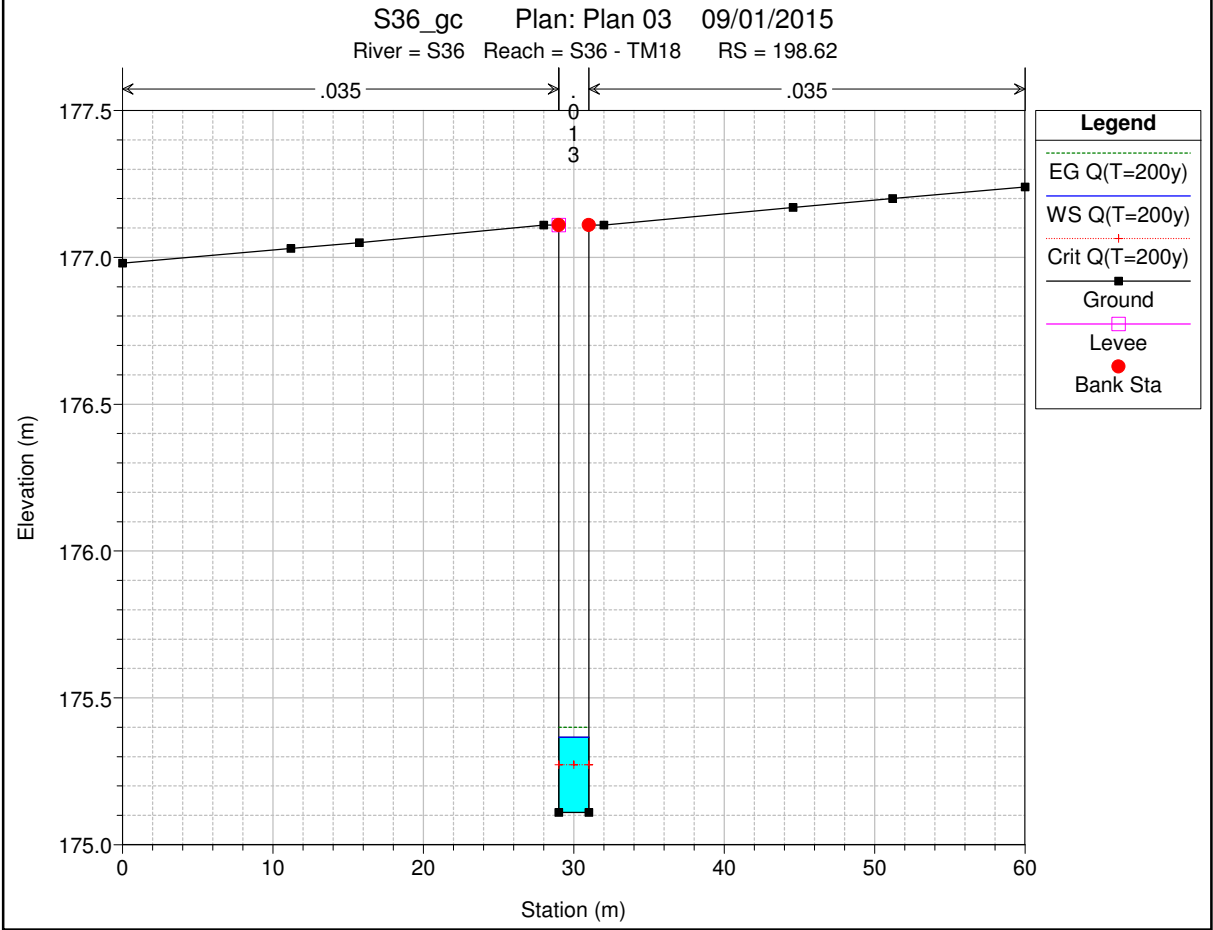
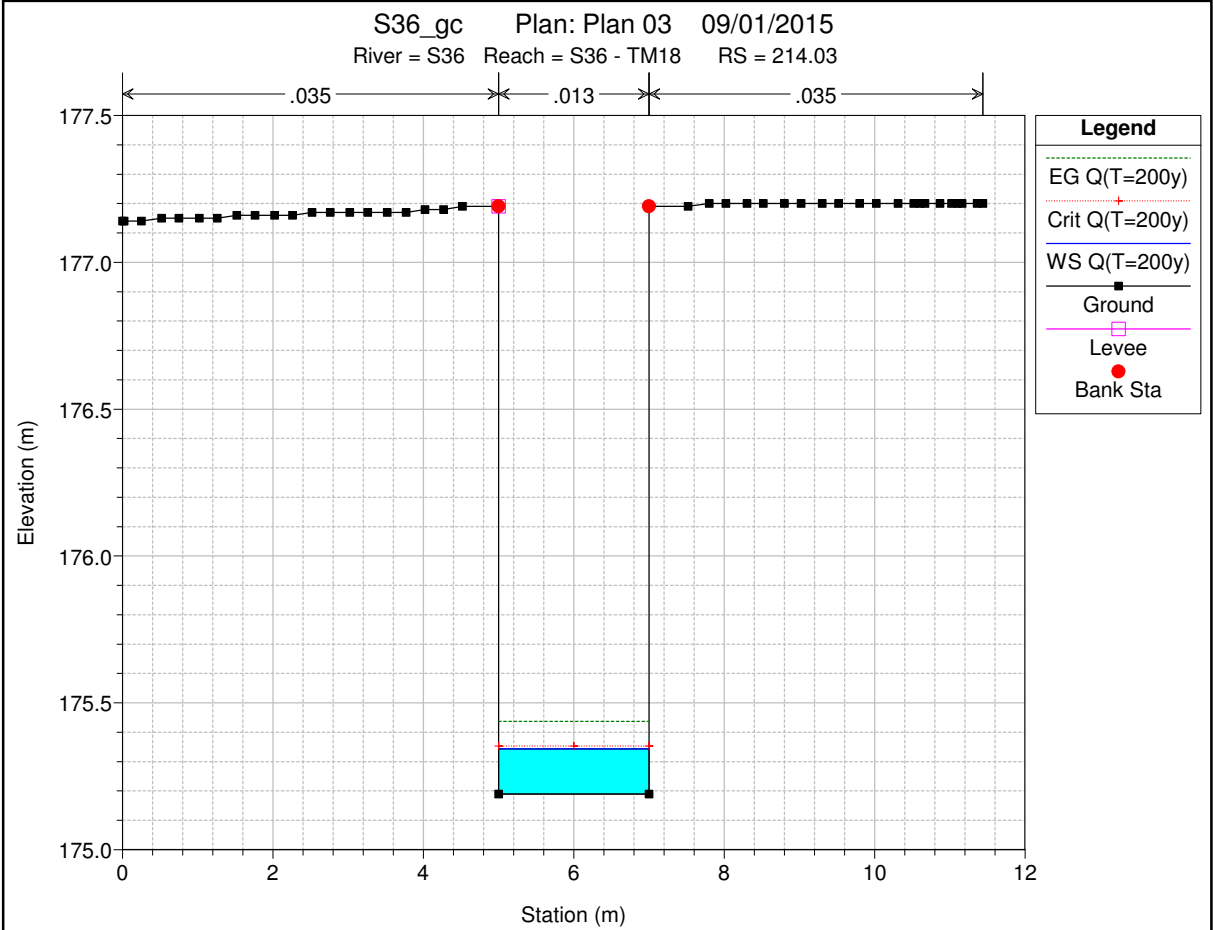
S36_gc Plan: Plan 03 09/01/2015
 River = S36 Reach = S36 - TM18 RS = 250.38

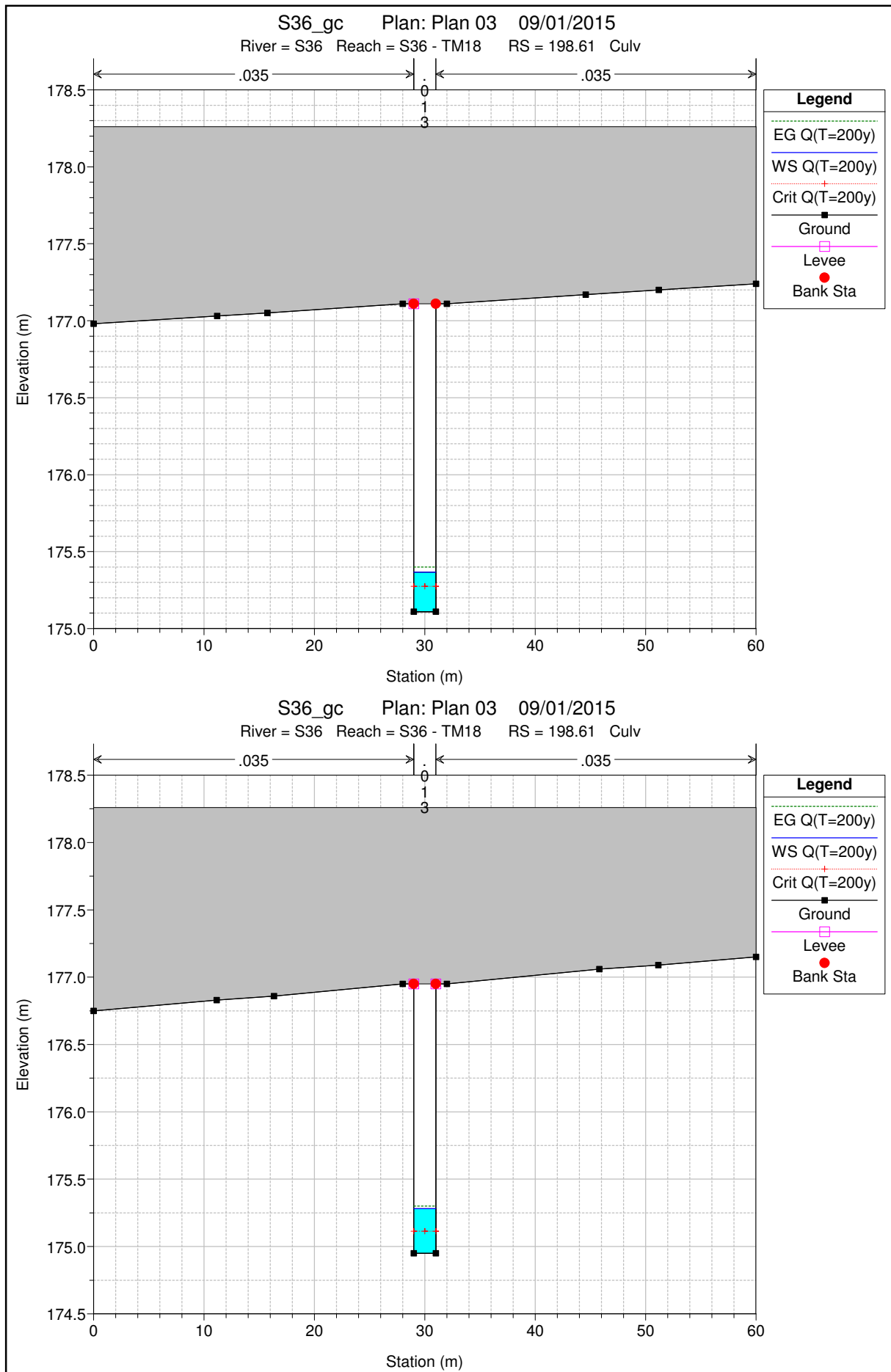


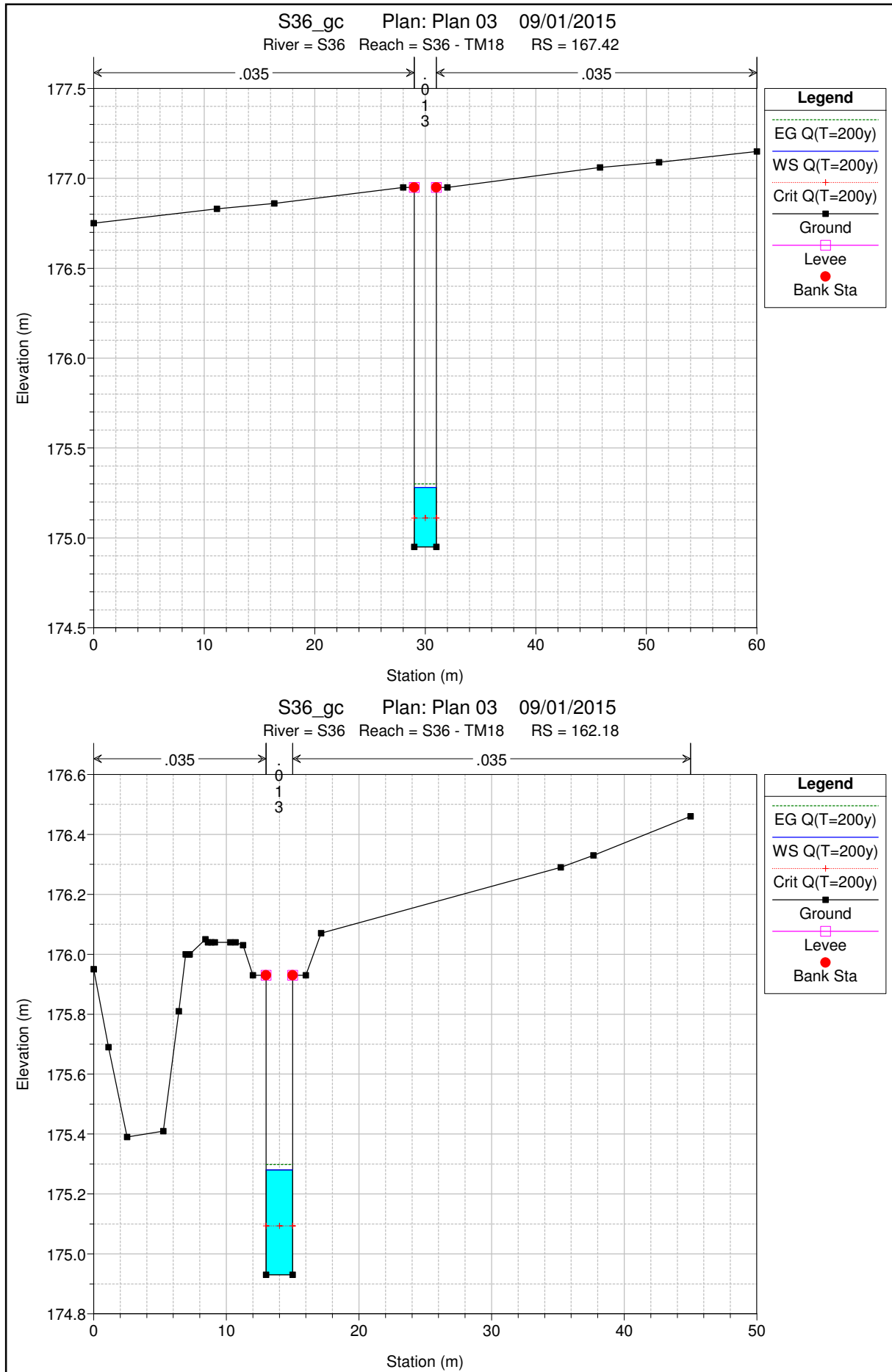
Legend	
— — — — —	EG Q(T=200y)
- - - - -	Crit Q(T=200y)
—————	WS Q(T=200y)
■	Ground
●	Bank Sta

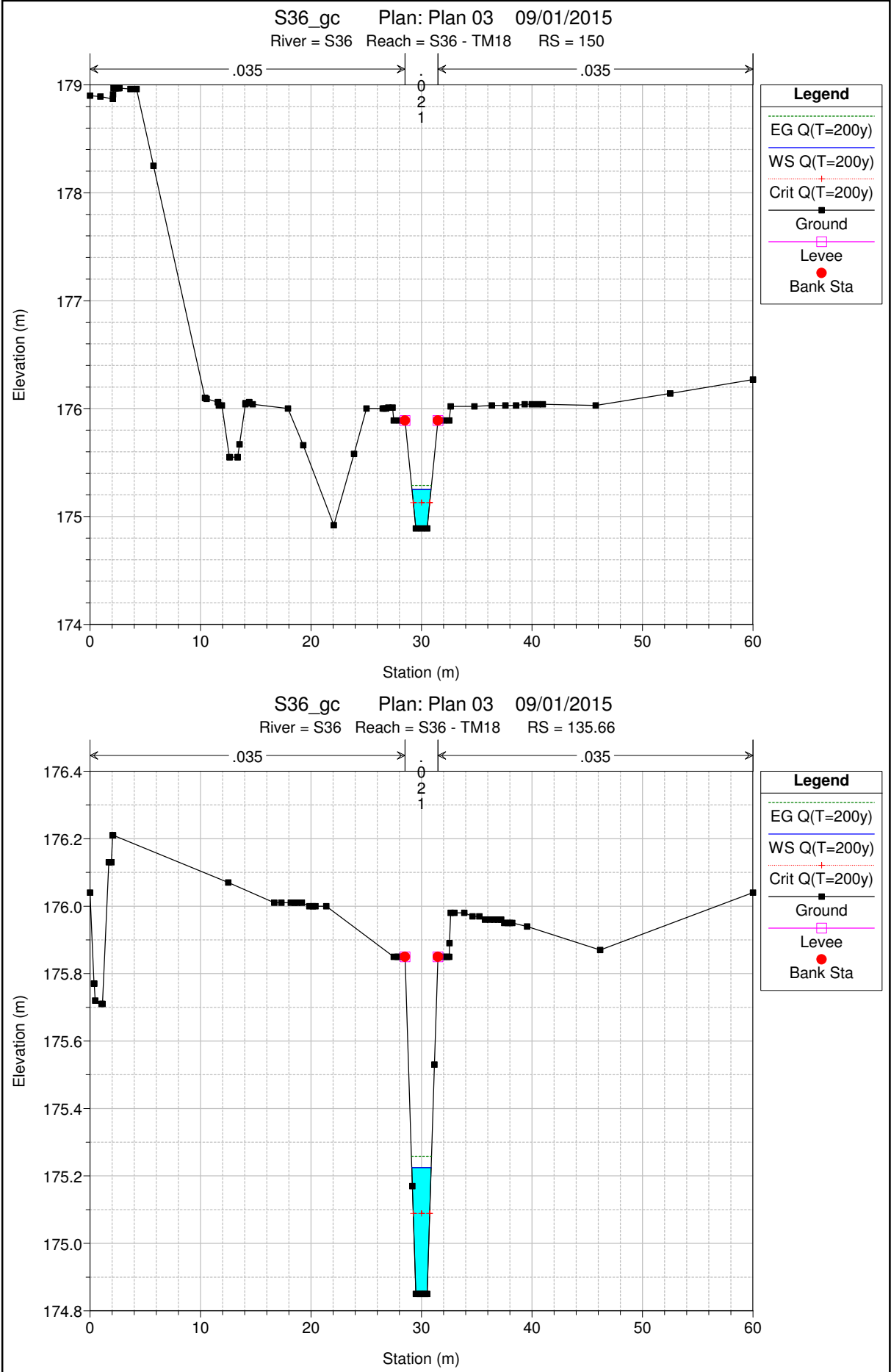


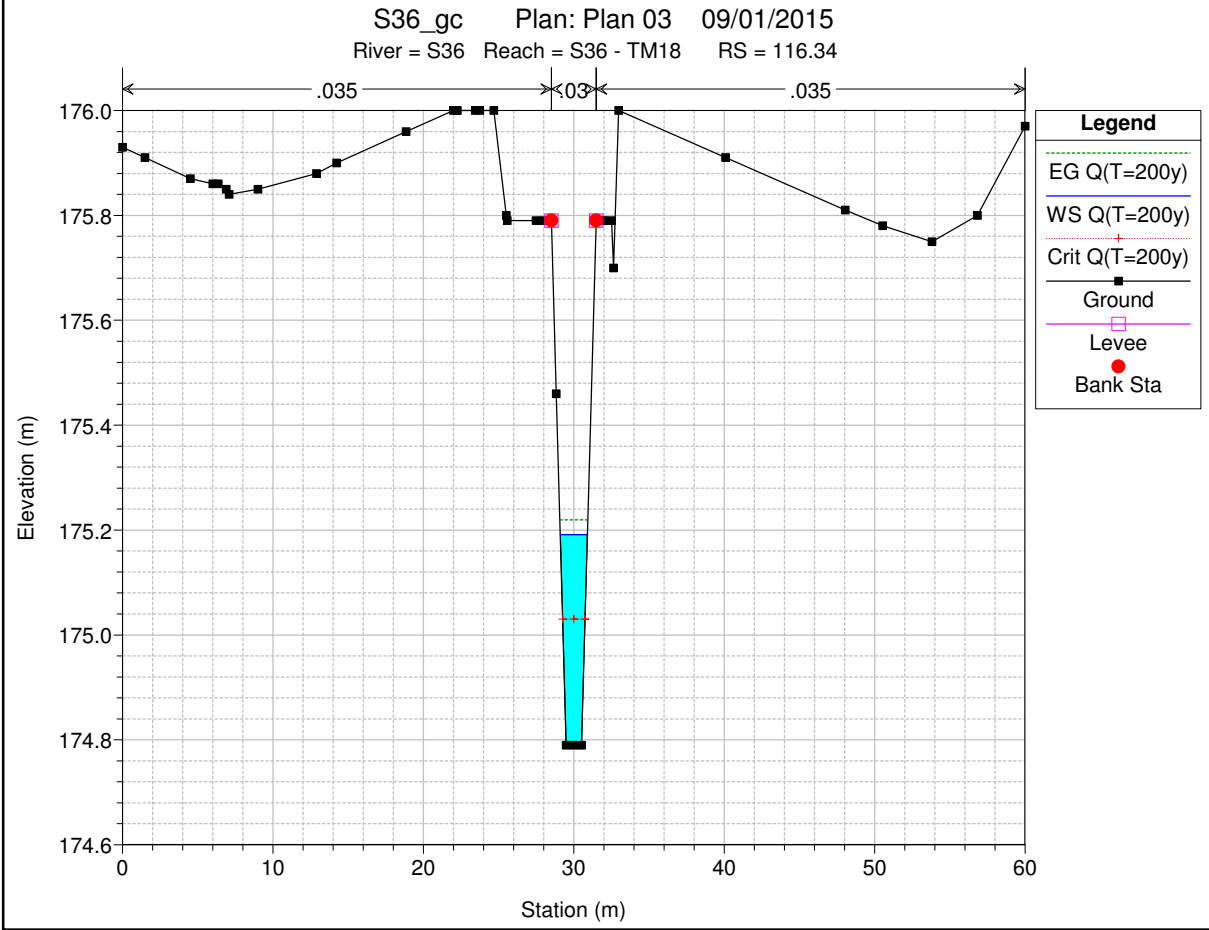
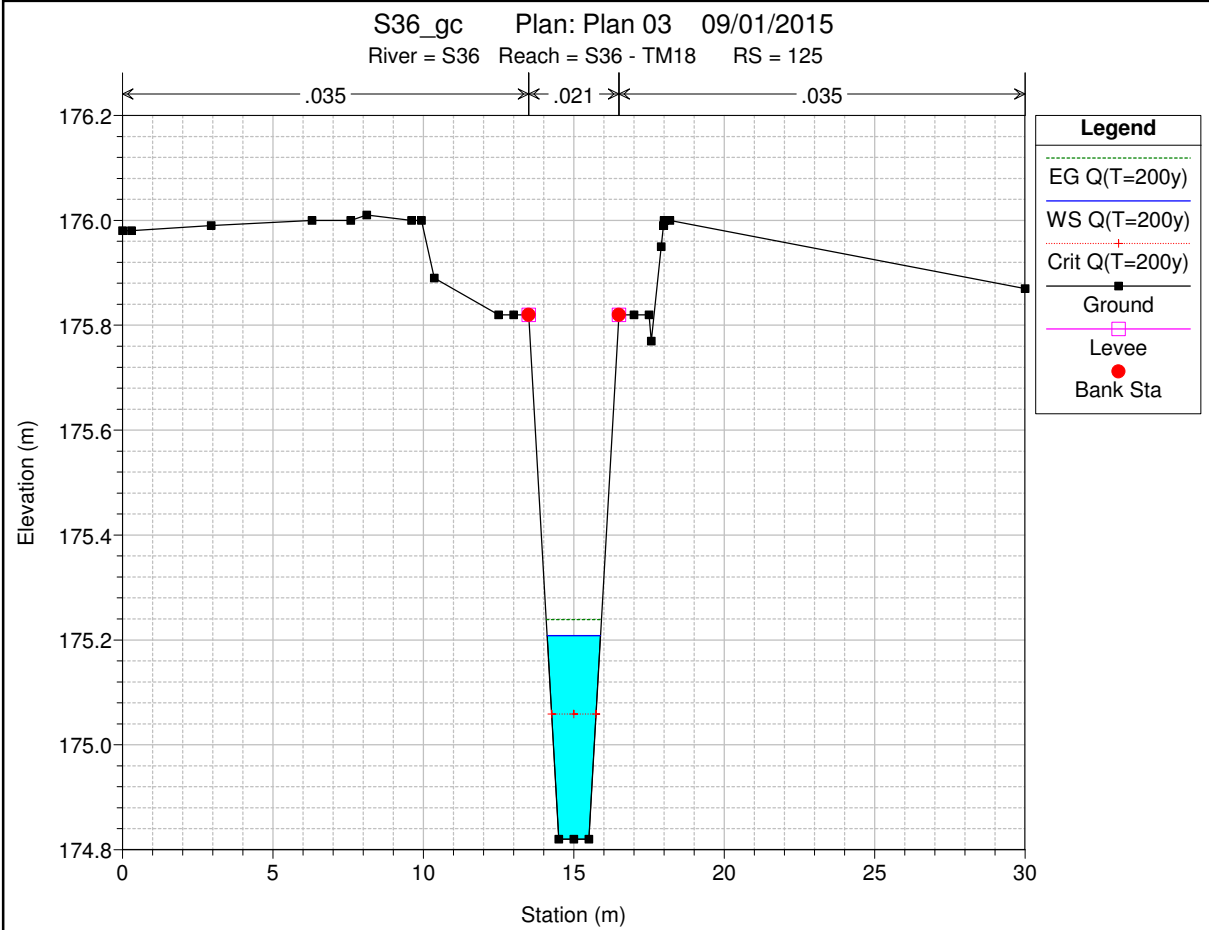


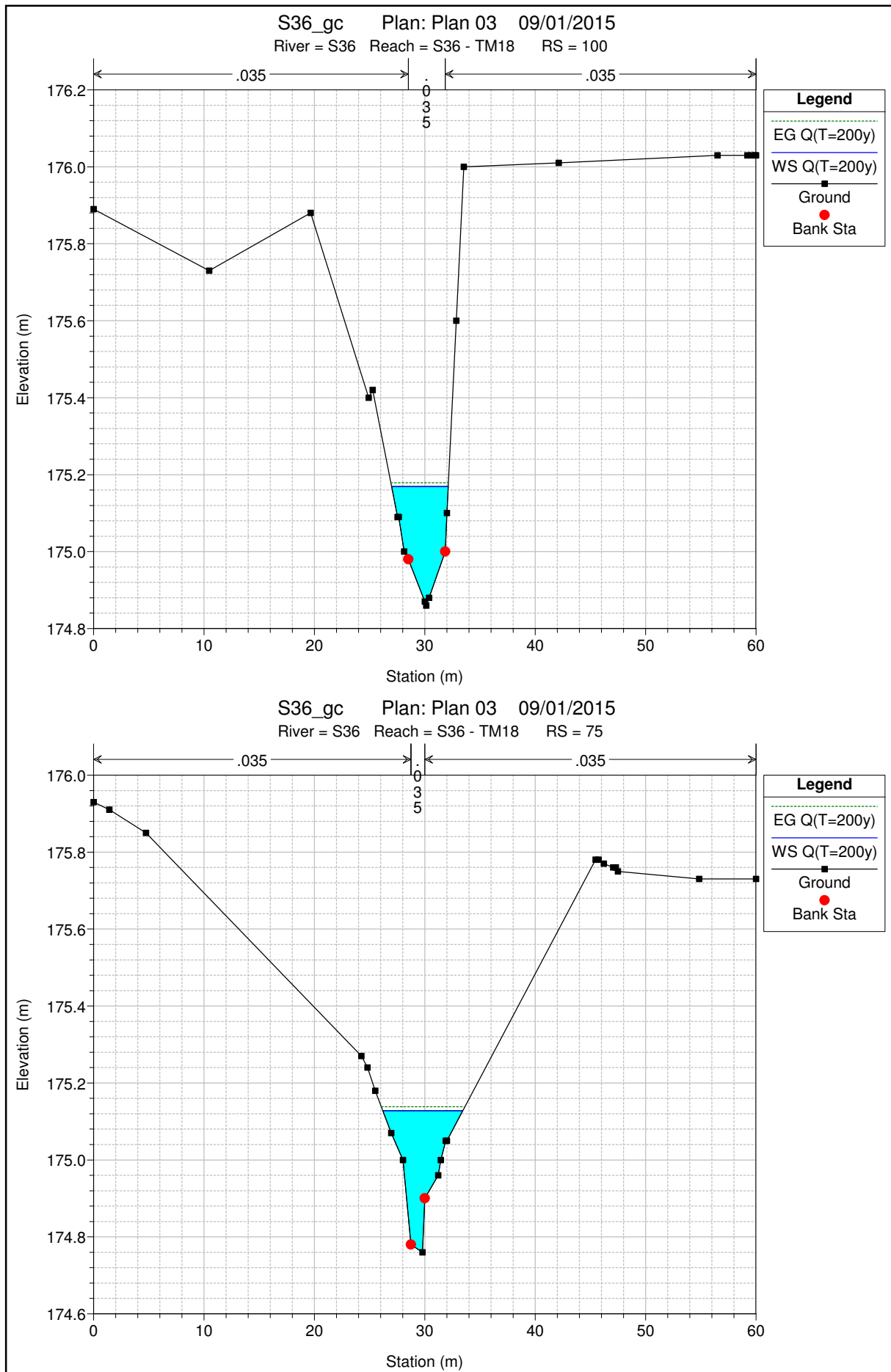


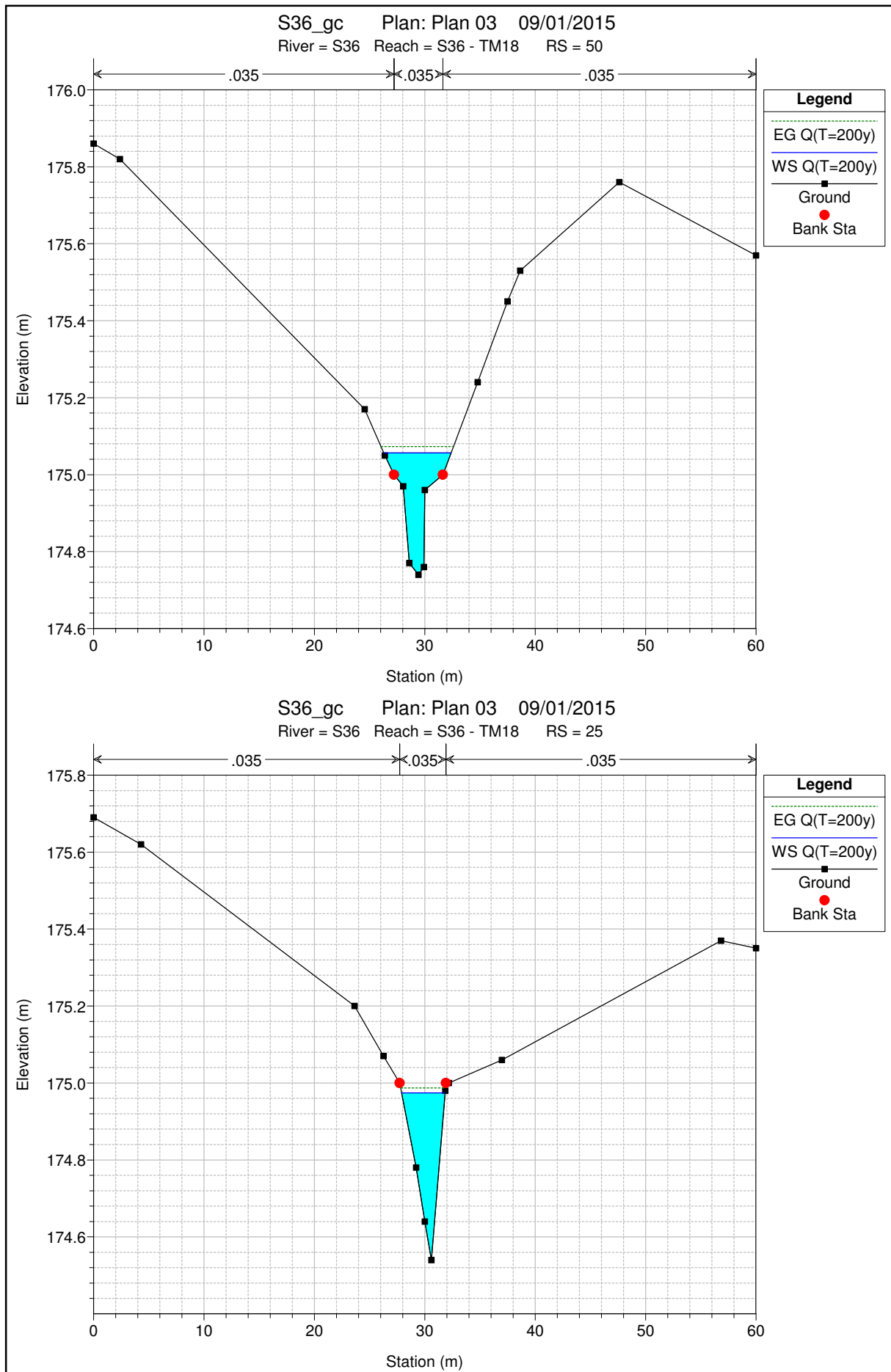






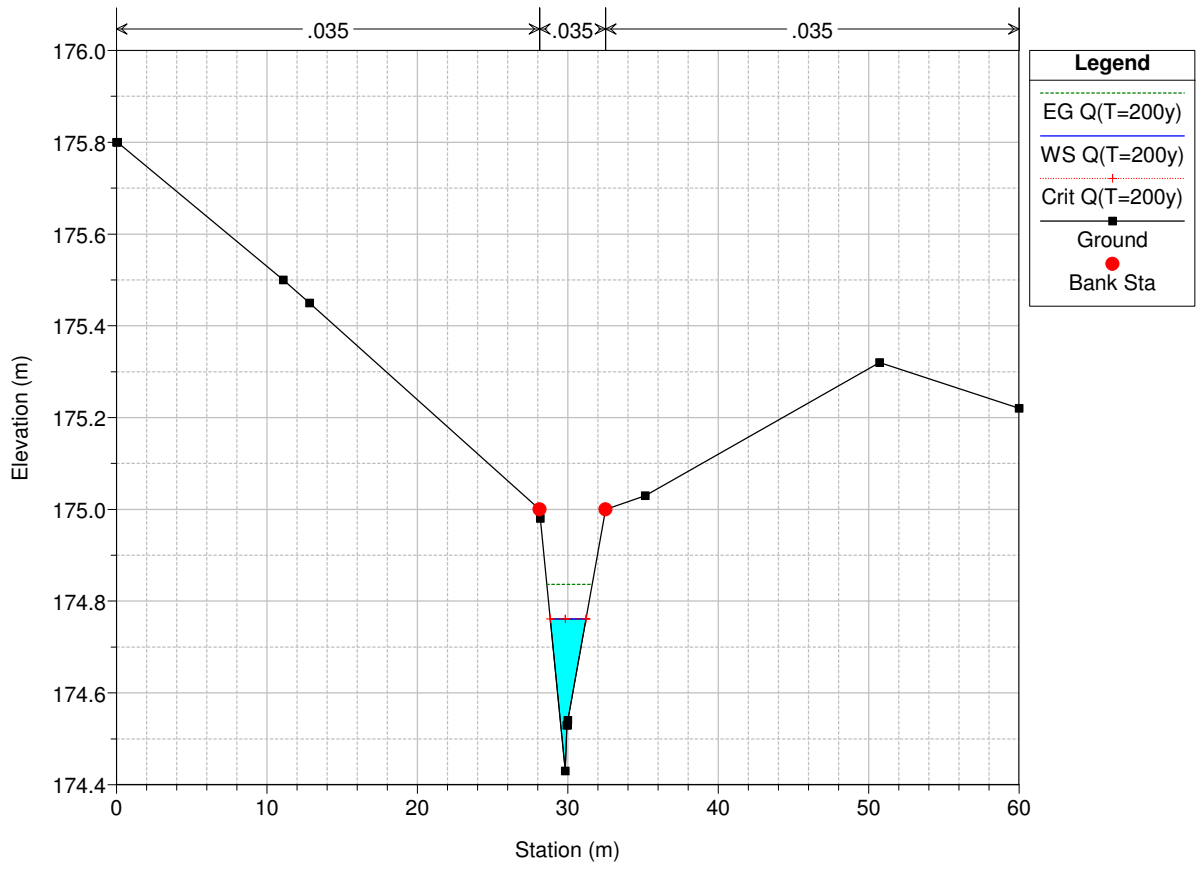






S36_gc Plan: Plan 03 09/01/2015

River = S36 Reach = S36 - TM18 RS = 0



Plan: Plan 03 S36 S36 - TM18 RS: 231.3 Culv Group: Culvert #1 Profile: Q(T=200y)

Q Culv Group (m3/s)	0.42	Culv Full Len (m)	
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	1.27
Q Barrel (m3/s)	0.42	Culv Vel DS (m/s)	1.36
E.G. US. (m)	175.56	Culv Inv El Up (m)	175.27
W.S. US. (m)	175.53	Culv Inv El Dn (m)	175.19
E.G. DS (m)	175.44	Culv Frctn Ls (m)	0.08
W.S. DS (m)	175.36	Culv Exit Loss (m)	0.00
Delta EG (m)	0.13	Culv Entr Loss (m)	0.05
Delta WS (m)	0.16	Q Weir (m3/s)	
E.G. IC (m)	175.56	Weir Sta Lft (m)	
E.G. OC (m)	175.56	Weir Sta Rgt (m)	
Culvert Control	Inlet	Weir Submerg	
Culv WS Inlet (m)	175.43	Weir Max Depth (m)	
Culv WS Outlet (m)	175.34	Weir Avg Depth (m)	
Culv Nml Depth (m)	0.15	Weir Flow Area (m2)	
Culv Crt Depth (m)	0.16	Min El Weir Flow (m)	178.43

Plan: Plan 03 S36 S36 - TM18 RS: 198.61 Culv Group: Culvert #1 Profile: Q(T=200y)

Q Culv Group (m3/s)	0.42	Culv Full Len (m)	
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	1.27
Q Barrel (m3/s)	0.42	Culv Vel DS (m/s)	0.63
E.G. US. (m)	175.40	Culv Inv El Up (m)	175.11
W.S. US. (m)	175.37	Culv Inv El Dn (m)	174.95
E.G. DS (m)	175.30	Culv Frctn Ls (m)	0.06
W.S. DS (m)	175.28	Culv Exit Loss (m)	0.00
Delta EG (m)	0.10	Culv Entr Loss (m)	0.05
Delta WS (m)	0.09	Q Weir (m3/s)	
E.G. IC (m)	175.40	Weir Sta Lft (m)	
E.G. OC (m)	175.40	Weir Sta Rgt (m)	
Culvert Control	Inlet	Weir Submerg	
Culv WS Inlet (m)	175.27	Weir Max Depth (m)	
Culv WS Outlet (m)	175.28	Weir Avg Depth (m)	
Culv Nml Depth (m)	0.15	Weir Flow Area (m2)	
Culv Crt Depth (m)	0.16	Min El Weir Flow (m)	178.26

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: S36 Reach: S36 - TM18 Profile: Q(T=200y)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
S36 - TM18	275	Q(T=200y)	0.42	176.98	177.01	177.01	177.01	0.000004	0.00	19.02	107.53	0.01
S36 - TM18	257.3	Q(T=200y)	0.42	176.97	177.01	177.01	177.01	0.000001	0.00	28.25	108.81	0.01
S36 - TM18	251.38	Q(T=200y)	0.42	176.89	176.96	176.96	176.98	0.026572	0.69	0.70	16.68	0.92
S36 - TM18	250.38	Q(T=200y)	0.42	175.37	175.45	175.61	176.78	0.424053	5.11	0.08	1.15	6.14
S36 - TM18	236.82	Q(T=200y)	0.42	175.30	175.39	175.46	175.65	0.022522	2.24	0.19	2.00	2.34
S36 - TM18	231.31	Q(T=200y)	0.42	175.27	175.53	175.43	175.56	0.000936	0.81	0.51	2.00	0.51
S36 - TM18	231.3			Culvert								
S36 - TM18	214.03	Q(T=200y)	0.42	175.19	175.34	175.35	175.44	0.004646	1.36	0.31	2.00	1.11
S36 - TM18	198.62	Q(T=200y)	0.42	175.11	175.37	175.27	175.40	0.000937	0.82	0.51	2.00	0.51
S36 - TM18	198.61			Culvert								
S36 - TM18	167.42	Q(T=200y)	0.42	174.95	175.28	175.11	175.30	0.000431	0.63	0.66	2.00	0.35
S36 - TM18	162.18	Q(T=200y)	0.42	174.93	175.28	175.09	175.30	0.000363	0.60	0.70	2.00	0.32
S36 - TM18	150	Q(T=200y)	0.42	174.89	175.25	175.13	175.29	0.002107	0.85	0.49	1.72	0.51
S36 - TM18	135.66	Q(T=200y)	0.42	174.85	175.22	175.09	175.26	0.001838	0.81	0.51	1.75	0.48
S36 - TM18	125	Q(T=200y)	0.42	174.82	175.21	175.06	175.24	0.001614	0.77	0.54	1.78	0.45
S36 - TM18	116.34	Q(T=200y)	0.42	174.79	175.19	175.03	175.22	0.002922	0.74	0.56	1.80	0.42
S36 - TM18	100	Q(T=200y)	0.42	174.86	175.17		175.18	0.001665	0.45	1.00	5.14	0.29
S36 - TM18	75	Q(T=200y)	0.42	174.76	175.13		175.14	0.001565	0.55	1.11	7.24	0.30
S36 - TM18	50	Q(T=200y)	0.42	174.74	175.06		175.07	0.005005	0.58	0.75	6.10	0.46
S36 - TM18	25	Q(T=200y)	0.42	174.54	174.97		174.99	0.002488	0.50	0.84	3.95	0.35
S36 - TM18	0	Q(T=200y)	0.42	174.43	174.76	174.76	174.84	0.025286	1.21	0.34	2.39	1.02