

COMUNE DI SASSO MARCONI



ACCORDO DI PROGRAMMA IN VARIANTE AREA "EX ALFA WASSERMANN" SITA NEL COMUNE DI SASSO MARCONI, FRAZIONE DI BORGONUOVO

PNRR - MISSIONE M5C2-COMPONENTE C2-INVESTIMENTO 2.3

PROGETTO PINQUA QUALITA' DELL'ABITARE

FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA - NEXT GENERATION EU

RUP: ING. ANDREA NEGRONI

ASSESSORE: GIANLUCA ROSSI

CUP B99J20002220001

PROPONENTE:



COMUNE DI SASSO MARCONI
P.ZZA DEI MARTIRI DELLA
LIBERAZIONE N.6
40037 SASSO MARCONI (BO)

TECNICO RESPONSABILE:

Ing. Alessandra Senesi
Dott. Alessandro Michellini
Ing. Francesco Faraone

GRUPPO DI LAVORO:



ARCHITETTO SILVIA POLI
PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA E URBANISTICA



TITOLO ELABORATO :

Adp Approvato - Relazione idrologica - idraulica

CODICI :	CODICE COMMESSA	TIPOLOGIA PROGETTO	TEMA	TIPO ELABORATO	REVISIONE CORRENTE	SCALA
RIFERIMENTI ELABORATO: GE0007	CIG: 9568925EB3	PRELIMINARE	GE	RT	00	-
file: pp_GE0007_00_Adp Approvato - Relazione idrologica - idraulica						

		DATA	NOTE DI REVISIONE:	REDATTO	APPROVATO
EMISSIONE		12/05/2023	EMISSIONE	-	-
REV.	1				
	2				
	3				

PROTOCOLLI E VISTI:



COMUNE DI SASSO MARCONI



COMUNE DI CASALECCHIO DI RENO



PROVINCIA DI BOLOGNA

DESCRIZIONE DEI LAVORI

ACCORDO DI PROGRAMMA PER L'ATTUAZIONE URBANISTICA
DELL'AMBITO AN.1 IN COMUNE DI SASSO MARCONI
E DELL'AMBITO TUM4 IN COMUNE DI CASALECCHIO DI RENO
PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DEL SUB-AMBITO 1 DELL'AMBITO AN.1 DEL COMUNE DI SASSO MARCONI
E DELL'AMBITO TUM4 DEL PSC DEL COMUNE DI CASALECCHIO DI RENO

SPAZIO RISERVATO ALL'U.I.

NUMERO PROGETTO U.I.T.

DATI ELABORATO

Committente:

ALFA WASSERMANN

Progettazione generale:

arch. Ivonne Carlier

con Alex Marchi
con Chiara Fabbri
per il corpo del piano
per il corpo del piano
per il corpo del piano

ORGANIZZAZIONE CON SISTEMA DI GESTIONE CERTIFICATO CERMET SECONDO LA NORMA UNI EN ISO 9001:2008

info@isicstudio.it - www.isicstudio.it

I-40033 Casalecchio di Reno - via S. Petroni, 5 T +390546133220 F +39054698044

HYDROGEO
ENGINEERING

ing. Anna Ricci



OGGETTO ELABORATO

PIA
RELAZIONE
IDROLOGICA-IDRAULICA

Relazione

TAVOLA N°

RII

SCALA

Comm.	File	Emissione	Disegno	Verifica	Data	Aggiornamento
U.I.T.						5
						4
						3
						2
	1274-PIA - RII	PIANO URBANISTICO ATTUATIVO			NOVEMBRE 2014	1

INDICE

2.1	DESCRIZIONE DEL BACINO	5
2.1.1	CURVA IPSOGRAFICA	6
2.1.2	PENDENZA ASTA TORRENTIZIA PRINCIPALE.....	7
2.2	TEMPO DI CORRIVAZIONE T_c	9
2.3	ANALISI DELLE PIOGGE	11
2.3.1	STIMA DELLA CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA	11
2.4	STIMA DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA.....	15
2.4.1	STIMA DELLA PORTATA MASSIMA PER SIMILITUDINE IDROLOGICA	15
2.4.2	STIMA DELLA PORTATA MASSIMA CON LA FORMULA DI FORTI	18
2.4.3	STIMA DELLA PORTATA MASSIMA PER FULLER.....	18
2.4.4	STIMA DELLA PORTATA MASSIMA CON LA FORMULA DI GIANDOTTI	19
2.4.5	STIMA DELLA PORTATA MASSIMA CON COEFFICIENTE UDOMETRICO.....	20
2.5	STIMA DELL'IDROGRAMMA DI PIENA.....	21
3.1	RILIEVO TOPOGRAFICO	24
3.2	DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	27
3.3	ATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO SENZA SEDIMENTI	28
3.4	CRITICITÀ NELLA FUNZIONALITÀ IDRAULICA ALLO STATO DI FATTO	29
3.5	IL SERBATOIO DI PIENA SUL RIO DELL'ASINO	30
3.6	VERIFICHE IDRAULICHE IN MOTO VARIO LUNGO IL RIO DELL'ASINO NELLA SITUAZIONE DI PROGETTO	34

1 PREMESSA

La presente relazione Idrologica – Idraulica, per il Rio dell'Asino in Comune di Sasso Marconi, ha lo scopo di individuare, prendendo in considerazione diverse metodologie di calcolo, la stima dei parametri e delle caratteristiche idrologiche per il bacino idrografico, la pluviometria e gli idrogrammi di piena, con la portata massima al colmo, per i diversi tempi di ritorno. Tali idrogrammi saranno di fondamentale importanza nella previsione della laminazione della portata per la stima dei volumi di accumulo temporaneo.

Le verifiche idrauliche riguarderanno, al momento, l'analisi dello stato di fatto dell'area di pertinenza della proprietà Alfa Wassermann, l'analisi dello stato di fatto con un ipotesi di ripristino della sezione sotto il ponte della Ferrovia sulla linea ferroviaria Bologna-Porretta e l'eliminazione dei due attraversamenti del Rio attualmente esistenti nel sedime.

In questa fase si individuerà anche una sezione tipo dell'alveo tra la Vecchia Porrettana ed il ponte FF.SS del tutto indicativa con l'unico scopo di evidenziare la differenza tra lo stato attuale e quello di progetto e di verificarne gli ingombri.

Nel capitolo Relazione Idrologica si farà spesso riferimento ed in parte si utilizzeranno i dati già raccolti ed elaborati in una tesi di laurea, presso la Facoltà di Ingegneria di Bologna, dal titolo "Il rischio idraulico in aree vallive e pedecollinari a forte urbanizzazione derivante dal reticolo idrografico minore e minuto. Analisi e proposte d'intervento per il Comune di Sasso Marconi" redatta dalla laureanda Laura Pirazzani, relatore Prof. Ing. Alberto montanari, correlatrici Dott.ri Ing.ri Lorenza Zamboni e Laura Montanari, fornita gentilmente dall'Ing. Lorenza Zamboni dell'Autorità di Bacino del Reno.

Per chiarezza ogni richiamo che verrà effettuato di seguito sarà sintetizzato con "tesi di laurea".

2 RELAZIONE IDROLOGICA

Nel corso della presente relazione verranno prese in considerazione diverse metodologie di calcolo al fine di valutare gli aspetti attinenti il calcolo e la stima dei parametri e dei valori caratteristici idrologici per bacini idrografici che difettano di registrazioni pluviometriche o idrometriche sul bacino o in prossimità dello stesso.

Desunta la pluviometria saranno individuati gli idrogrammi di piena, con la portata massima al colmo, per i diversi tempi di ritorno.

Tali idrogrammi saranno di fondamentale importanza nella previsione della laminazione della portata per la stima dei volumi di accumulo temporaneo.

Si farà riferimento ed in parte si utilizzeranno i dati già raccolti ed elaborati in una tesi di laurea, presso la Facoltà di Ingegneria di Bologna, dal titolo "Il rischio idraulico in aree vallive e pedecollinari a forte urbanizzazione derivante dal reticolo idrografico minore e minuto. Analisi e proposte d'intervento per il Comune di Sasso Marconi" redatta dalla laureanda Laura Pirazzani, relatore Prof. Ing. Alberto montanari, correlatrici Dott.ri Ing.ri Lorenza Zamboni e Laura Montanari.

2.1 DESCRIZIONE DEL BACINO

Il Rio dell'Asino è situato a Borgonuovo in Comune di Sasso Marconi in Provincia di Bologna.

Il bacino imbrifero del Rio è delimitato a ovest dal crinale del Monte Cervo a quota 430 m s.l.m. è per la maggior parte in comune di Sasso Marconi, tranne nell'ultimo tratto, in corrispondenza della tenuta agricola Villa Toiano, in comune di Casalecchio di Reno.

La sezione di chiusura del bacino è stata collocata in corrispondenza dell'attraversamento della SS 64 Porrettana. Il bacino ha un'estensione di 3.30 km²

Come riportato nella tesi di laurea: *Il bacino è per lo più caratterizzato da boschi, nelle zone occidentali a quota maggiore, e coltivazioni, più a valle. Le formazioni attraversate dal rio sono prevalentemente argillose (risalenti al Miocene, all' Oligocene superiore, all'Eocene), mentre l'interferenza con la Porrettana è localizzata in corrispondenza di un terrazzo alluvionale del Pleistocene. La sezione da considerare si trova al confine meridionale della tenuta agricola Villa Toiano, dove il rio attraversa la SS.64 a una quota sul livello del mare di 79 m . Il punto più alto del bacino si trova a 430 m, mentre la sua quota media rispetto alla sezione di chiusura è di 225 m s.l.m. .*

La descrizione del bacino viene di seguito corredata dai dati morfologici che ne descrivono le caratteristiche stesse. Nella tabella si riassumono le principali caratteristiche morfologiche del bacino in esame.

Superficie	A	Km ²	3.30
Lunghezza asta principale	L	m	4585
Quota massima	Z _{max}	m slm	430
Quota della sezione di chiusura	Z _{min}	m slm	79
Quota media del bacino	Z _{med}	m slm	225
Pendenza media dell'asta principale	i	-	4%

Tabella: Caratteristiche morfologiche del bacino idrografico del Rio dell'Asino

2.1.1 CURVA IPSOGRAFICA

Mettendo in relazione le informazioni circa le aree elementari che compongono il bacino idrografico con le curve di livello che delimitano le aree suddette otteniamo la *curva ipsografica* che permette di calcolare l'altitudine media del bacino, definita come quella quota al di sopra ed al di sotto della quale resta uguale l'area del bacino idrografico.

Quote altimetriche (m s.l.m.)	Aree sottese	
	(Km ²)	(%)
430	0	0.00%
400	0.029	0.89%
375	0.105	3.19%
350	0.215	6.52%
325	0.355	10.76%
300	0.538	16.30%
275	0.840	25.46%
250	1.240	37.57%
225	1.680	50.90%
200	2.059	62.38%
175	2.340	70.89%
150	2.585	78.31%
125	2.813	85.23%
100	3.160	95.75%
79	3.300	100.00%

Tabella: Dati per la curva ipsografica – Rio dell'Asino

Per il bacino idrografico in esame l'altitudine media risulta essere pari a circa 225 m s.l.m.

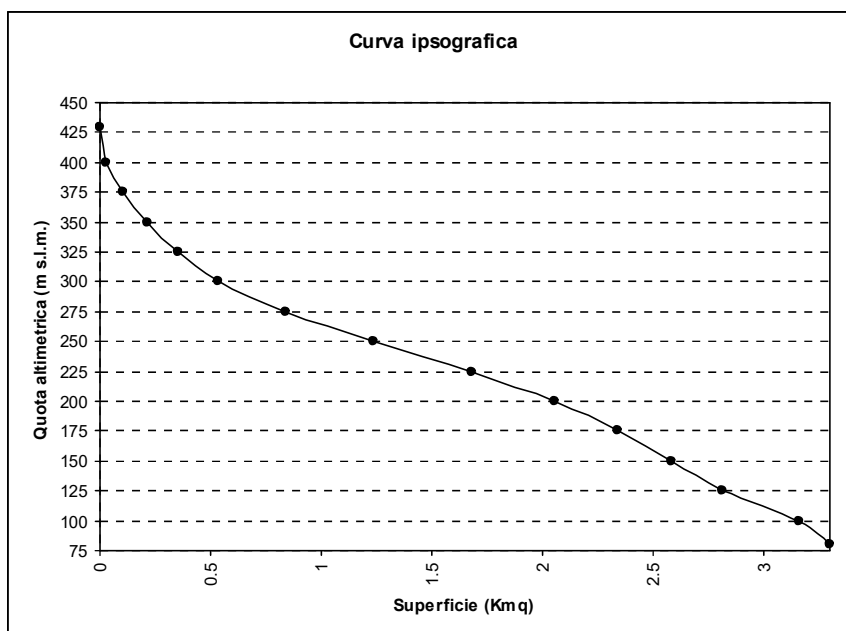


Figura: Curva ipsografica del bacino imbrifero del Rio dell'Asino

2.1.2 PENDENZA ASTA TORRENTIZIA PRINCIPALE

Interpretando le carte tecniche a disposizione (CTR 1:25.000) l'origine del Rio dell'Asino viene stabilita indicativamente a quota di 430 m s.l.m. in corrispondenza della località Fornace sul versante del monte Cervo.

Essendo la sezione di chiusura in esame posta a quota 79 m s.l.m., in corrispondenza dell'attraversamento della strada Porrettana in località Romissone, il dislivello altimetrico complessivo risulta pari a 351 m.

La lunghezza dell'asta torrentizia è stata valutata attraverso la carta tecnica regionale. Essa è pari a circa 4.58 Km. Quindi il Rio dell'Asino, ha una pendenza, valutata in prima approssimazione, come il rapporto tra il dislivello e la lunghezza complessiva, pari a 0.077, ossia pari a 77 m/Km, ossia pari al 7.7%.

Tuttavia non essendo la pendenza del torrente costante lungo tutto il suo percorso è stata condotta un'analisi maggiormente dettagliata atta alla definizione della curva di fondo dell'asta torrentizia in esame.

Come noto in letteratura, la curva di fondo è rappresentata da un diagramma cartesiano che si ottiene riportando i punti le cui ordinate ed ascisse rappresentano rispettivamente, la quota altimetrica del fondo e la lunghezza progressiva dell'asta principale. Operativamente occorre misurare la lunghezza dell'alveo che intercorre tra le diverse curve di livello.

Dalla curva di fondo si determina l'altezza mediana del corso d'acqua. L'altezza mediana è definita dalla seguente relazione

$$z = \frac{1}{L} \int_0^L z dl$$

ove L rappresenta la lunghezza complessiva dell'asta torrentizia

L'area del rettangolo con base A e altezza z è dunque equivalente all'area sottesa dalla curva ipsografica; tale affermazione è utilizzata per la determinazione dell'altezza media del bacino con il metodo grafico. Il rapporto tra l'altezza di un triangolo di area uguale all'area sottesa dalla curva ipsografica e la lunghezza totale dell'asta torrentizia esprime la pendenza media dell'alveo.

Nella seguente figura si mostra la curva di fondo relativa al Rio dell'Asino. La pendenza media, valutata adottando la metodologia descritta in precedenza, risulta pari a circa 3.6%.

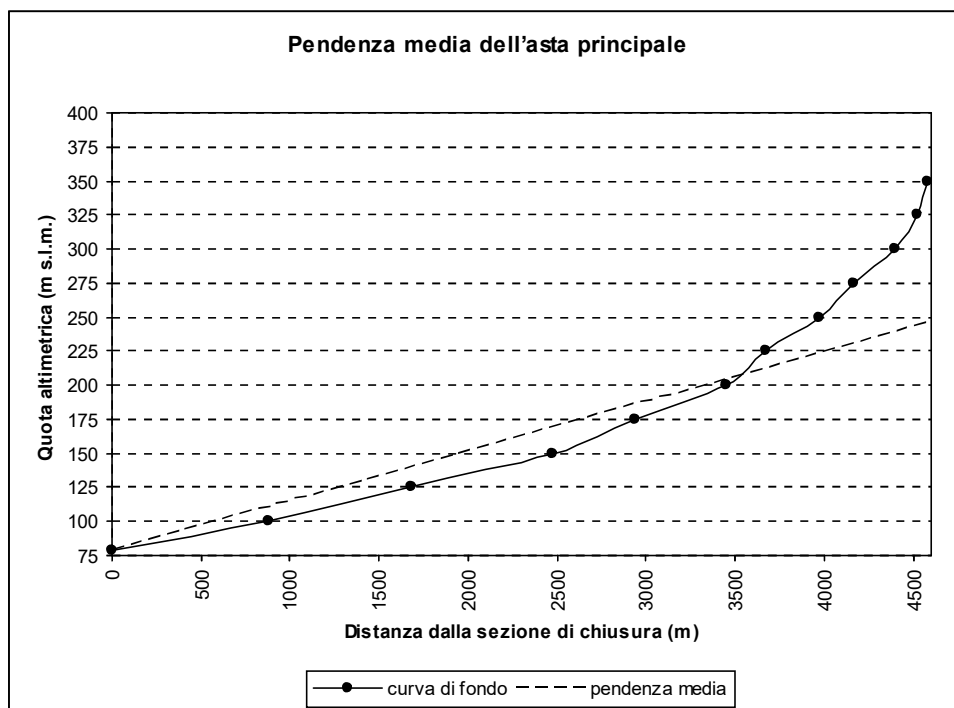


Figura: pendenza media dell'asta principale del Rio dell'Asino

Un altro modo per stimare il valore della pendenza media è quella di suddividere l'asta principale in "n" tratti, di valutare per ciascuno di essi la pendenza effettiva e successivamente applicare la seguente formula:

$$\sqrt{i_m} = \left[\frac{L}{\sum_n \frac{L_n}{\sqrt{i_n}}} \right]$$

Inserendo le pendenze dei singoli tratti e le lunghezze di ciascuno si ottiene una pendenza media pari a 0.042, ossia pari al 4.2%.

La pendenza media di prima approssimazione pari al 7.7% si ritiene di doverla scartare in quanto molto lontana dagli altri due valori ottenuti.

Tra i valori di 3,6% e 4,2% si opta per un valore intermedio e di facile utilizzo pari al 4%.

Quindi, in conclusione, si assume come valore della pendenza media dell'asta principale il 4%.

2.2 TEMPO DI CORRIVAZIONE T_c

Per quanto concerne la valutazione del tempo di corrivazione, essa viene effettuata adottando diverse formule empiriche.

La comune prassi ingegneristica ne indica alcune (Giandotti, Ventura, Pasini, Kirpich) da utilizzare per bacini di piccole dimensioni tra cui quella proposta da Giandotti è tra le più utilizzate in Italia.

Di seguito si riporta la formulazione empirica proposta da Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$$

In cui:

- T_c : tempo di corrivazione valutato in ore
- L : lunghezza dell'asta principale
- A : Superficie del bacino espressa in Km^2
- H : altitudine media del bacino espressa in m rispetto alla sezione di chiusura

Di seguito si riporta la formulazione empirica proposta da Ventura:

$$T_c = 0.1272 \sqrt{\frac{A}{i}}$$

In cui:

- T_c : tempo di corrivazione valutato in ore
- A : Superficie del bacino espressa in Km^2
- i : pendenza media dell'asta principale

Di seguito si riporta la formulazione empirica proposta da Pasini:

$$T_c = 0.108 \frac{(AL)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{i}}$$

In cui:

- T_c : tempo di corrivazione valutato in ore
- L : lunghezza dell'asta principale
- A : Superficie del bacino espressa in Km^2
- i : pendenza media dell'asta principale

Di seguito si riporta una formulazione empirica proposta da Kirpich:

$$T_c = 0.0662 L^{0.77} i^{-0.385}$$

In cui:

- T_c : tempo di corrivazione valutato in ore
- L : lunghezza dell'asta principale
- A : Superficie del bacino espressa in Km^2
- i : pendenza valutata come rapporto fra la lunghezza dell'asta principale e la differenza di quota tra il punto più lontano del bacino e la sezione di chiusura media dell'asta principale

Di seguito si riporta un'altra formulazione empirica proposta da Kirpich:

$$T_c = \frac{0.0195}{60} * \left(L \frac{L}{H^{0.5}} \right)^{0.77}$$

In cui:

- T_c : tempo di corrivazione valutato in ore
- L : lunghezza dell'asta principale espressa in m
- H : dislivello altimetrico tra il punto più alto dell'asta principale e la sezione di chiusura espressa in m
- i : pendenza valutata come rapporto fra la lunghezza dell'asta principale e la differenza di quota tra il punto più lontano del bacino e la sezione di chiusura media dell'asta principale

Valori ottenuti del Tempo di Corrivazione (T_c) espressi in ore	
Secondo GIANDOTTI	1.46
Secondo VENTURA	1.16
Secondo PASINI	1.34
Secondo KIRPICH (1)	1.14
Secondo KIRPICH (2)	0.58

Il tempo di corrivazione T_c di progetto risulta pari a 1.13 ore, pari alla media dei valori ottenuti con le diverse espressioni rappresentate nella tabella.

2.3 ANALISI DELLE PIOGGE

Come è ampiamente noto i metodi adottati per il calcolo della portata al colmo possono suddividersi in metodi indiretti, quelli basati sulla trasformazione afflussi — deflussi, ed in metodi diretti che stimano la portata al colmo elaborando la serie storica di portate osservate.

Nel caso in esame data l'assenza di dati idrometrici lungo l'asta del Rio dell'Asino, si è ricorso alla metodologia indiretta che, noti i dati geomorfologici del bacino in esame, stima la portata al colmo attraverso una trasformazione afflussi - deflussi.

2.3.1 STIMA DELLA CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

La presente metodologia si basa sull'elaborazione statistica dei dati aggiornati all'anno 2012 di precipitazione registrati dal 1935 al 2012) dalla stazione pluviometrica di Bologna – Oss. Sez. Idr., pur se non così vicina al comprensorio oggetto di studio. La stazione pluviometrica in esame é posta a 51 m s.l.m. mentre il bacino idrografico è a quote molto superiori (quota media 225 m s.l.m.), ma in considerazione delle valutazioni fatte nella tesi di laurea in merito al confronto tra la curva pluviometrica così ottenuta con le altezze di pioggia ricavate sulla base di uno studio di regionalizzazione delle precipitazioni estreme, operato dai tecnici dell'Autorità di Bacino, è stato considerato opportuno prenderla come riferimento per la zona in esame sia per durate superiori sia per durate inferiori all'ora.

Considerato che si sono utilizzati i dati degli annali fino al 2012 si riportano nelle pagine successive i dati pluviometrici superiori ed inferiori all'ora utilizzati per le valutazioni statistiche, i parametri di Gumbel, i valori di “a” ed “n” per i diversi tempi di ritorno.

Le curve di possibilità pluviometrica utilizzate, con tempo di ritorno di 200 anni, hanno le seguenti espressioni:

$$h = a * t^n = 62.02 * t^{0.4971} \quad \text{per } t < 1 \text{ ora e } Tr=200 \text{ anni}$$

$$h = a * t^n = 58.38 * t^{0.2820} \quad \text{per } t \geq 1 \text{ ora e } Tr=200 \text{ anni}$$

STAZIONE PLUVIOMETRICA: BOLOGNA - OSS. SEZ. IDR. (51 m slm)								
ALTEZZE DI PIOGGIA MASSIME ANNUALI								
	DURATA (MINUTI)			DURATA (ORE)				
ANNO	15	30	45	1	3	6	12	24
1935		33.0		35.0	35.8	37.6	57.0	64.8
1936				61.0	64.4	64.4	64.4	64.4
1937				18.2	21.8	36.6	43.0	68.2

1938	10.0			27.0	27.2	28.2	35.6	48.8
1939	18.8			27.0	27.2	28.2	35.6	48.8
1940		20.2		30.8	39.4	46.2	74.6	110.0
1941	14.2			18.2	20.6	24.6	32.4	52.8
1942		18.0		21.0	21.0	23.6	23.6	36.4
1943		14.2		14.8	21.4	27.4	44.0	58.4
1944		21.2		21.2	25.0	26.4	34.2	68.5
1945		17.2		17.8	20.4	20.4	30.4	32.2
1946		14.4		19.6	27.2	44.2	53.4	57.2
1947		17.0		17.2	18.2	31.0	43.8	54.4
1948		11.6		13.6	30.0	49.2	71.9	101.2
1949		24.8		28.2	35.0	50.0	57.8	69.4
1950		9.8		11.6	15.4	19.6	26.2	29.6
1951	9.4			25.0	28.6	33.4	47.2	73.0
1952				18.6	31.0	32.4	39.6	58.8
1953	21.0			28.8	28.8	28.8	43.0	55.8
1954			29.0	32.2	39.8	40.6	48.6	70.2
1955				44.4	46.6	46.6	49.8	49.8
1956				26.6	28.2	29.4	43.8	50.0
1957				12.0	17.0	22.0	40.6	49.8
1958	12.8	18.0		18.2	22.6	33.6	50.6	79.4
1959				24.6	30.0	39.6	47.0	63.2
1960				27.6	47.4	53.4	55.8	55.8
1961	14.0	30.0		30.0	40.0	48.4	49.2	68.0
1962				18.2	19.6	30.8	40.4	64.0
1963	17.4	16.0		48.2	48.2	53.2	71.8	77.2
1964		21.8		22.6	27.2	30.6	36.8	50.8
1965				11.0	16.6	33.0	39.2	54.4
1966	18.4	19.4		20.6	25.9	35.2	61.0	92.3

STAZIONE PLUVIOMETRICA: BOLOGNA - OSS. SEZ. IDR. (51 m slm)								
ALTEZZE DI PIOGGIA MASSIME ANNUALI								
ANNO	DURATA (MINUTI)			DURATA (ORE)				
	15	30	45	1	3	6	12	24
1967	12.2			15.0	27.5	34.6	48.2	70.0
1968	16.6			18.0	24.0	27.4	49.8	57.2
1969				16.0	25.4	33.8	40.4	42.6
1970				22.2	22.2	22.2	30.2	34.0
1971				13.4	21.4	36.2	46.8	48.4
1972	13.4			20.0	34.0	50.2	84.8	105.8
1973	17.2	15.0		25.6	39.0	57.6	64.0	96.2
1974		32.0		38.8	39.8	39.8	44.6	58.0
1975				22.0	32.0	53.0	68.0	101.6
1976	12.2	13.6		15.6	23.4	26.8	40.8	54.0
1977		19.8		22.8	40.4	43.4	48.0	78.8
1978			18.2	18.6	19.0	23.4	33.2	48.8
1979				27.8	30.0	43.6	71.4	86.0
1980				10.4	27.0	29.4	38.8	59.6
1981				25.0	33.4	33.4	59.0	80.8
1982		32.0		44.0	64.8	64.8	65.5	71.0
1983				27.0	74.0	79.8	79.8	86.6
1984	19.0	24.2		40.0	58.8	58.8	60.2	62.2
1985				22.6	26.6	28.4	40.6	50.6
1986		17.4		24.0	48.0	62.0	92.4	102.8
1987		12.6		14.0	20.2	32.0	54.2	62.4
1988	13.8	20.6		23.2	27.8	28.2	29.8	31.8
1989		19.8		25.0	43.6	54.4	80.2	98.8
1990	16.6	19.0	31.4	34.0	73.2	99.0	119.0	134.6
1991	11.4	17.4	22.4	26.8	29.0	37.6	59.2	85.0
1992	14.4	19.6	23.4	27.2	38.8	39.6	49.0	68.4
1993	8.8	16.4	24.0	29.8	42.0	42.6	42.6	51.4
1994	9.4	17.0	20.6	23.4	33.6	47.6	54.8	88.8
1995	14.4	19.6	24.6	28.6	48.4	70.4	89.2	119.8
1996	9.8	16.2	21.4	26.0	43.6	49.4	58.8	91.6
1997	11.0	12.2	13.4	14.8	24.6	31.8	35.4	49.8
1998	11.4	13.4	15.6	17.8	25.4	35.2	39.4	39.4
1999	12.8	17.6	21.2	22.8	31.2	38.6	45.4	51.4
2000	13.4	17.2	23.6	26.4	37.4	37.4	37.4	37.4
2001	22.2	24.0	26.0	26.8	36.0	36.4	43.0	56.0
2002	22.6	37.6	41.6	42.4	42.4	42.4	45.4	59.4
2003	5.8	9.2	12.6	14.6	31.4	38.4	55.2	66.6
2004	11.0	15.0	17.6	18.2	29.0	44.0	58.6	61.2
2005	7.4	11.8	16.2	17.6	43.0	76.0	105.6	114.2
2006	10.0	11.8	15.0	17.2	29.6	41.4	53.2	59.8
2007	18.6	24.4	28.8	31.6	35.2	46.4	64.2	90.6
2008	14.2	19.8	22.0	24.2	27.4	34.0	43.2	72.0
2009	16.2	19.4	22.2	23.6	23.6	25.6	37.6	47.6
2010	14.6	18.2	19.2	20.4	22.4	26.4	36.2	48.6
2011	25.2	47.2	50.4	51.8	52.2	52.2	54.8	55.0
2012	13.2	25.4	27.8	28.2	28.2	29.4	36.2	43.0

Parametri secondo la distribuzione di Gumbel

	15min	30min	45min	1ora	3ore	6ore	12ore	24ore
media	14.23	19.65	23.53	24.56	33.04	40.17	51.62	66.12
dev.st	4.338367	7.305224	8.444896	9.525618	12.5198	14.57596	17.70692	21.99843
u	12.27608	16.37026	19.73306	20.28351	27.41748	33.62426	43.66343	56.23236
alfa	0.295964	0.175765	0.152045	0.134794	0.102558	0.08809	0.072514	0.058368

Altezze di pioggia secondo la distribuzione di Gumbel - per diversi tempi di ritorno

Altezze di pioggia secondo la distribuzione di Gumbel								
Tr / DURATA	0.250	0.500	0.750	1	3	6	12	24
5	17.34	24.90	29.60	31.41	42.04	50.65	64.35	81.93
10	19.88	29.17	34.53	36.98	49.36	59.17	74.70	94.79
20	22.31	33.27	39.27	42.32	56.38	67.34	84.62	107.12
25	23.08	34.57	40.77	44.01	58.61	69.93	87.77	111.03
50	25.46	38.57	45.40	49.23	65.46	77.92	97.47	123.08
100	27.82	42.54	49.99	54.41	72.27	85.85	107.10	135.05
200	30.17	46.50	54.56	59.57	79.05	93.74	116.69	146.96
500	33.27	51.72	60.60	66.38	88.00	104.16	129.35	162.69
1000	35.61	55.67	65.16	71.53	94.77	112.04	138.92	174.57

Parametri "a" e "n" per durate inferiori all'ora - per diversi tempi di ritorno

Tr	n	a
5	0.4403	32.67
10	0.4578	38.46
20	0.4706	44.03
25	0.4740	45.79
50	0.4833	51.23
100	0.4908	56.63
200	0.4971	62.02
500	0.5039	69.12
1000	0.5083	74.48

Parametri "a" e "n" per durate superiori o uguali all'ora - per diversi tempi di ritorno

Tr	n	a
5	0.3007	30.62
10	0.2949	36.11
20	0.2907	41.37
25	0.2895	43.04
50	0.2865	48.19
100	0.2841	53.30
200	0.2820	58.38
500	0.2798	65.10
1000	0.2784	70.17

2.4 STIMA DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA

La stima della portata di massima piena viene effettuata esclusivamente con metodi indiretti e con formule empiriche non essendo disponibili dati di portata per il corso d'acqua in esame.

Tali metodologie vengono usate per supplire alla insufficienza dei dati, ad osservazioni su altri corsi d'acqua della medesima regione idrologica o, più semplicemente, a formule empiriche dedotte da tali osservazioni; o infine, nel caso si conoscano le precipitazioni sul bacino, utilizzando opportuni modelli matematici di trasformazione afflussi – deflussi.

Per quanto riguarda le formule empiriche, è da sottolineare il limitato valore derivante sia dalla notevole difficoltà che comporta la scelta dei valori dei parametri che in esse compaiono e che variano in campi molto estesi sia dalla mancanza di qualsiasi indicazione sulla frequenza probabile o tempo di ritorno che può essere attribuita alle portate che esse forniscono.

Nella tabella seguente si riporta la sintesi dei risultati ottenuti, utilizzando i metodi descritti nei paragrafi seguenti, della stima della portata di piena.

Stima della portata di massima piena Q_{\max} espressi in m^3/s	
Secondo la similitudine idrologica	30.80
Secondo la formula di Forti	30.59
Secondo la formula di Fuller	33.14
Secondo la formula di Giandotti	34.22
Secondo il coefficiente udometrico	33.00

La portata di massima piena di progetto risulta pari a $32.35 \text{ m}^3/\text{s}$, pari alla media dei valori ottenuti con le diverse espressioni rappresentate nella tabella.

2.4.1 STIMA DELLA PORTATA MASSIMA PER SIMILITUDINE IDROLOGICA

I dati necessari per la stima della portata corrispondono a:

- Area del bacino idrografico 3.30 km^2
- Altitudine media 225 m s.l.m.
- Altitudine della sezione di chiusura 79 m s.l.m.
- Lunghezza dell'asta principale 4.585 km
- Coefficiente di deflusso 0.8

- Tempo di corrivazione T_c 1.13 ore

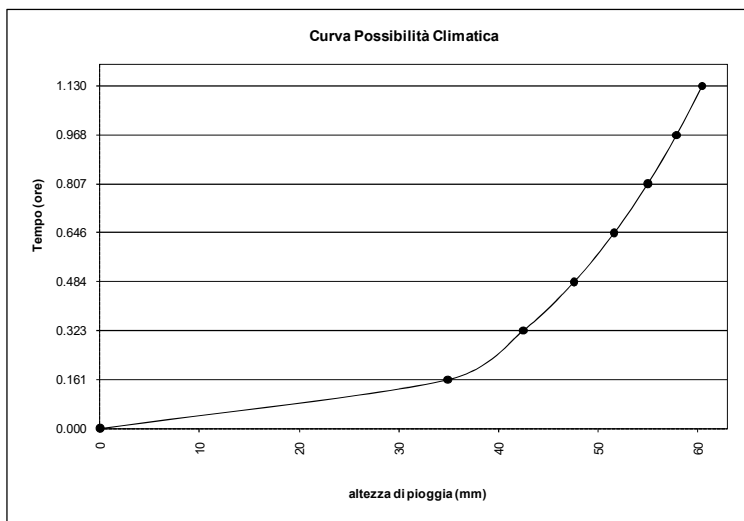
La curva di possibilità climatica con tempo di ritorno di 200 anni:

$$h = a \cdot t^n = 58.38 \cdot t^{0.2820} \quad \text{per } t \geq 1 \text{ ora}$$

Di seguito è rappresentata la curva di possibilità climatica di progetto con, diversamente da quanto usualmente si fa, in ordinata il tempo espresso in ore ed in ascissa l'altezza di pioggia espressa in mm.

Il tempo T_c pari a 1,13 ore è stato suddiviso in sette parti, ciascuna delle quali vale 0,1614 ore, e per ciascuna di esse è stata calcolata l'altezza di pioggia corrispondente.

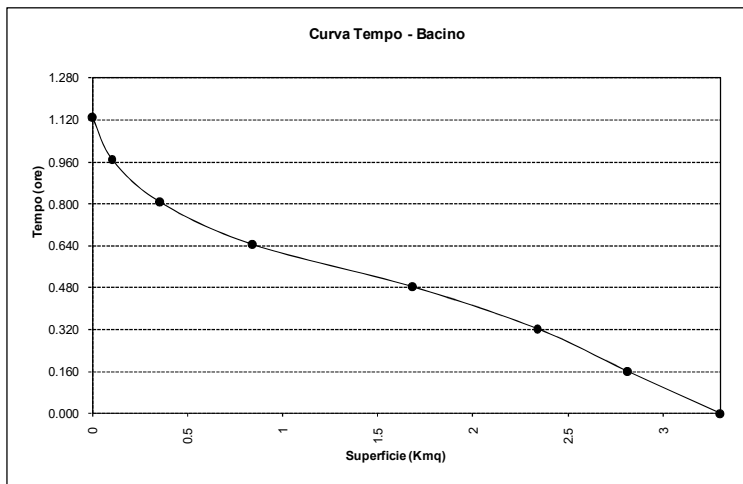
Nella tabella, a fianco del grafico, si sono rappresentate i valori delle altezze di pioggia relative (delta).



h	T	DELTA
0	0.000	0
34.9	0.161	34.9
42.4	0.323	7.5
47.6	0.484	5.1
51.6	0.646	4.0
55.0	0.807	3.4
57.9	0.968	2.9
60.4	1.130	2.6

Di seguito è riportato in diagramma aree – tempi del bacino, cioè il diagramma che ha in ordinate i tempi ed in ascisse la superficie della porzione di bacino avente tempo di corrivazione minore o uguale a T_c , costruito con l'ipotesi che le linee isocorrive coincidano con quelle ottenute collegando i punti della rete idrografica aventi ugual distanza dalla sezione di chiusura e che il tempo di corrivazione del bacino sia pari a 1,13 ore, valore ottenuto come descritto nei paragrafi precedenti.

Il bacino è stato suddiviso in sette aree a mezzo di sei linee isocorrive intervallate di 0,1614 ore; le aree delle superfici parziali A_i sono indicate nella tabella a fianco del grafico.



H	T	Aree (Ai)
430	0.000	0
380.0	0.161	0.105
330.0	0.323	0.355
280.0	0.484	0.84
230.0	0.646	1.68
180.0	0.807	2.34
130.0	0.968	2.81
79.0	1.130	3.3

La stima della portata massima, a meno del coefficiente di deflusso, corrisponde a:

$$\left(\frac{34.9}{1000} \times 0.105\right) + \left(\frac{7.50}{1000} \times 0.355\right) + \left(\frac{5.10}{1000} \times 0.84\right) + \left(\frac{4.0}{1000} \times 1.68\right) + \left(\frac{3.4}{1000} \times 2.34\right) + \left(\frac{2.9}{1000} \times 2.81\right) + \left(\frac{2.6}{1000} \times 3.31\right) =$$

Se invece si suppone la precipitazione di intensità costante nel tempo, sempre a meno del coefficiente di deflusso otteniamo:

$$Q_{max} = \frac{10^6 \times 3.30 \times 0.0538 \times 1.13^{0.282}}{1.13 \times 3600} = 49.02 \frac{mc}{s}$$

Di tali valori ottenuti occorre farne la media e moltiplicare il risultato per il coefficiente di deflusso, ottenendo:

$$Q_{max} = 0.8 \frac{27.97 + 49.02}{2} = 30.80 \frac{mc}{s}$$

2.4.2 STIMA DELLA PORTATA MASSIMA CON LA FORMULA DI FORTI

Questa formula, insieme per analogia con quelle di Marchi e Pagliaro, è stata dedotta senza alcuna considerazione di carattere statistico ma soltanto cercando di mettere in relazione il massimo contributo di piena verificatosi in passato con la superficie del bacino.

La formula di Forti, dedotta nel 1922, riferita a bacini con superficie inferiore ai 1000 km² in cui la pioggia giornaliera è inferiore ai 200 mm/giorno corrisponde a:

$$q_{max} = 2.25 \frac{500}{S + 125} + 0.5 = 9.27 \frac{mc}{s \text{ km}^2}$$

In cui:

- S: Superficie del bacino espressa in Km²

La portata q_{max} così ottenuta corrisponde ad un coefficiente udometrico per km², quindi la portata massima risulta pari a:

$$Q_{max} = 9.27 \times 3.30 = 30.59 \frac{mc}{s}$$

2.4.3 STIMA DELLA PORTATA MASSIMA PER FULLER

La formula di Fuller è stata ricavata elaborando i massimi annuali delle portate medie giornaliere di 300 corsi d'acqua appartenenti a diverse regioni del mondo, rese adimensionali dividendo ciascuna di esse per il valore medio della corrispondente serie.

Tale formula corrisponde a:

$$q_{max} = q'_{max}(1 + 0.8 \log_{10} T)$$

In cui:

- T: tempo di ritorno.

La portata q_{max} , corrispondente ad un certo T, non rappresenta la portata che mediamente viene uguagliata o superata una volta ogni T anni, ma la media di tutte le portate che possono superare quest'ultima.

Per poter definire q'_{max} , valore dei massimi annuali q_{max} delle portate medie giornaliere, Fuller propone la seguente relazione empirica:

$$q'_{max} = C_p S^{0.8}$$

In cui:

- C_p : un coefficiente (coefficiente di piena) da ricavare sulla base delle osservazioni sperimentali relative ad ogni singolo bacino;
- S : superficie del bacino imbrifero

Il valore del contributo di piena per unità di superficie risulta pari a:

$$Q'_{max} = C_p S^{-0.2} (1 + 2.66 S^{-0.3}) (1 + 0.18 \log_{10}(T)) = 10.04 \frac{mc}{s \text{ km}^2}$$

In cui:

- $C_p=1.57$: nel nostro caso, non avendo osservazioni dirette, si è scelto, come riferimento o similitudine, il bacino del Reno alla stazione di Pracchia (superficie del bacino 41.0 km², coefficiente di piena pari a 1.57)
- T : tempo di ritorno di 200 anni
- S : superficie del bacino imbrifero pari a 3.30 km²

La portata Q'_{max} così ottenuta corrisponde ad un coefficiente udometrico per km², quindi la portata massima risulta pari a:

$$Q_{max} = 9.67 \times 3.30 = 33.14 \frac{mc}{s}$$

2.4.4 STIMA DELLA PORTATA MASSIMA CON LA FORMULA DI GIANDOTTI

E' stata dedotta da considerazioni di carattere cinematico analoghe a quelle su cui si basa il metodo della corrivazione e fornisce il valore della portata al colmo della piena in funzione del volume di acqua precipitata sul bacino durante l'evento meteorico, tenendo anche in qualche conto la forma dell'onda di piena.

Se supponiamo che l'idrogramma di piena abbia forma triangolare, con tempo di base pari ad un multiplo k del tempo di corrivazione T_c , la portata Q_{max} risulta data da:

$$Q_{max} = 2 \frac{\text{volume onda}}{k T_c} = \left[\frac{mc}{s} \right]$$

Per idrogrammi che si scostano dalla forma triangolare possiamo ancora adottare la precedente espressione sostituendo al fattore 2 un fattore di forma λ (rapporto tra la portata massima al colmo e la portata media durante la piena). Inoltre andrà tenuto conto di un coefficiente di afflusso Φ e che l'altezza di pioggia per definire la quantità di precipitazione

caduta sul bacino deve corrispondere a quella caduta per una durata della precipitazione pari a T_c .

Si precisa che λ , Φ e k , al di là delle definizioni, sono parametri della formula di Giandotti, e che lo stesso ne ha proposto dei valori.

La formula di Giandotti risulta essere:

$$Q_{max} = 0.277 \lambda \Phi \frac{a T_c^n}{k T_c} S = 34.22 \frac{mc}{s}$$

In cui:

- λ : rapporto tra la portata massima al colmo e la portata media durante la piena; nel nostro caso si è assunto pari a 7;
- S : superficie del bacino imbrifero pari a 3.30 km²
- Φ : coefficiente di afflusso pari a 0.50;
- k : multiplo del tempo T_c pari a 4;
- a, n : parametri della curva di possibilità climatica di progetto

Nella tabella successiva si sono riportati i valori dei parametri della formula di Giandotti λ , Φ e k , come da lui proposti per bacini inferiori a 300 km² e quelli, invece, utilizzati per il calcolo della portata di piena:

VALORI DEI PARAMETRI			
	λ	Φ	k
SECONDO GIANDOTTI ($S < 300$ km ²)	10	0.5	4
NEL NOSTRO CASO ($S = 3.30$ km ²)	7	0.5	4

Precisato che già in letteratura, l'applicazione di detta formula, si considera accettabile con buona approssimazione per la stima della portata di piena al colmo con bacini di superficie superiore a 25÷30 km², mentre per bacini di superficie inferiore non risulta attendibile per sovra stima.

L'utilizzo per il parametro λ di un valore pari a 7 anziché 10, per bacini 100 volte più piccoli rispetto a quelli considerati da Giandotti, nasce dall'esperienza professionale maturata in quindici anni di collaborazione con il prof. Alberto Bizzarri.

2.4.5 STIMA DELLA PORTATA MASSIMA CON COEFFICIENTE UDOMETRICO

Il valore del coefficiente udometrico, indicato per piccoli bacini, utilizzato nella tesi di laurea, corrisponde a 10 mc/(s km²).

Si tratta certamente di un valore cautelativo, ma, considerato la natura del bacino idrografico, la sua estensione, la pendenza, ecc..., in condizioni di saturazione del terreno,

come siamo già stati abituati a verificare in questi ultimi anni sia in autunno-primavera sia in inverno, del tutto ragionevole.

La portata massima risulta così essere pari a:

$$Q_{max} = S \times 10 = 33 \frac{mc}{s}$$

In cui:

- S: superficie del bacino imbrifero pari a 3.30 km²

2.5 STIMA DELL'IDROGRAMMA DI PIENA

Per quanto riguarda la definizione dei livelli idrometrici del Rio dell'Asino nelle sezioni attuali o in quelle di progetto, essendo sufficienti simulazioni in moto permanente, sarà necessario il valore di portata al colmo come ottenuto nelle pagine precedenti.

Nel nostro caso, invece, oltre ai livelli di piena si renderà necessario valutare il possibile inserimento di casse di espansione. Ai fini della verifica idraulica, del loro dimensionamento (volume di invaso, quota di fondo, quota arginale, etc...) e di tutti i manufatti idraulici ad essa correlati (traversa, sfioro laterale di alimentazione, sfioro di emergenza, scarico di fondo, etc...) occorrerà individuare un idrogramma di piena e si renderanno necessarie simulazioni in moto vario.

In assenza di osservazioni dirette, nella pratica professionale e come individuato nella tesi di laurea si è soliti utilizzare per costruire l'idrogramma di piena lo studio pubblicato sugli Annali Idrologici del 1964, che elabora le pur poche osservazioni disponibili per torrenti con bacini imbriferi di estensione compresa tra i 3 ed i 15 km².

Gli Annali non forniscono alcuna indicazione riguardo l'andamento delle curve di crescita e di esaurimento dell'onda.

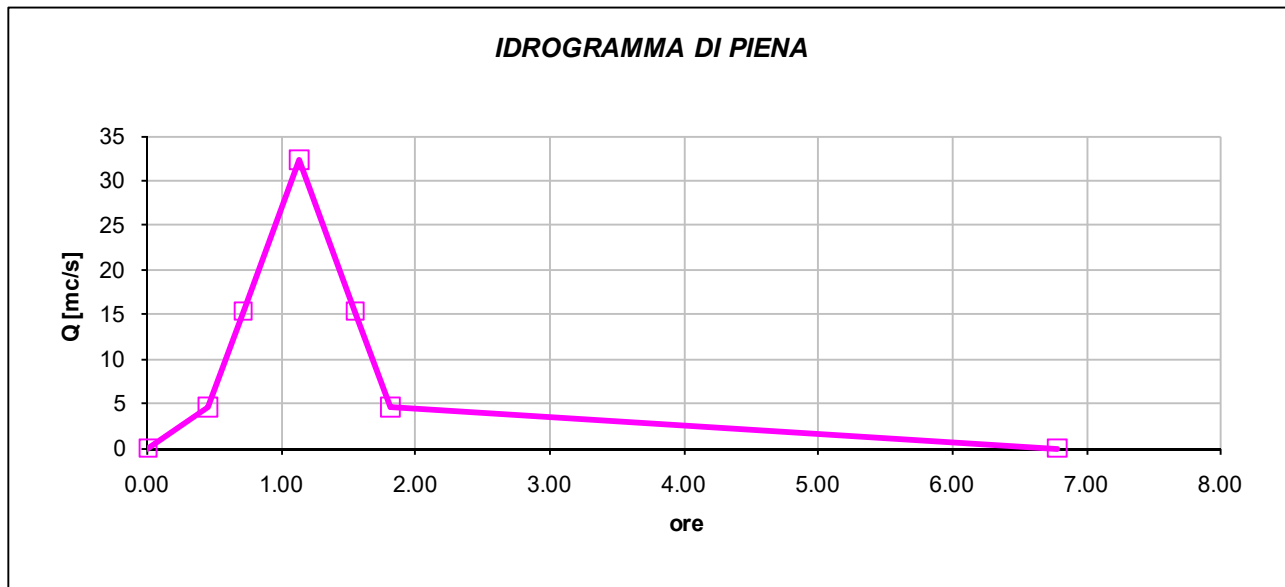
I parametri che caratterizzano e definiscono l'idrogramma di piena sono:

1. Durata della fase di esaurimento dell'onda di piena pari a 5 volte la durata della fase di concentrazione;
2. Portata al colmo di piena pari a 7 volte la portata media;
3. La durata della fase di concentrazione coincide con il tempo di corrivazione;
4. La portata al colmo coincide con quella stimata per il tempo di ritorno di 200 anni.

Nella figura seguente si riporta l'idrogramma di piena che verrà utilizzato per il dimensionamento e/o verifiche idrauliche per il Rio dell'Asino e le sue eventuali casse d'espansione.

I parametri principali sono tutti quelli ampiamente descritti nelle pagine precedenti e qui riportate in modo sintetico:

- Tempo di corrivazione: 1.13 ore
- Portata al colmo con tempo di ritorno di 200 anni: 32.35 mc/s



Si riporta anche la tabella in cui sono rappresentati i vertici della spezzata, rappresentate l'onda di piena.

T [ore]	Q [mc/s]
0.00	0
0.45	4.62
0.71	15.40
1.13	32.35
1.55	15.40
1.81	4.62
6.78	0.00

Per verifica con quanto rappresentato nella tesi di laurea si è indicato la portata pari a 15,40 mc/s, individuata come quella transitante nel manufatto di attraversamento sotto la vecchia Porrettana senza produrre allagamenti. Il triangolo soprastante tale valore, rappresentato nella figura, ha un volume pari a 25.360,00 mc circa, compatibile con quanto ricavato nella pubblicazione citata.


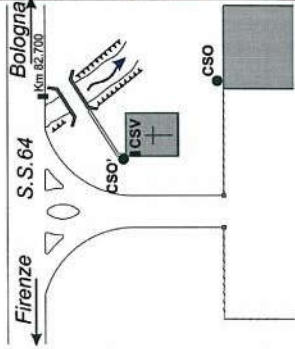


In fase di progettazione del nuovo alveo del Rio dell'Asino tale idrogramma potrà subire piccole modifiche (pendenza in fase di concentrazione, portata iniziale maggiore di zero, etc...) necessarie per fare convergere la modellazione matematica delle simulazioni idrauliche. Tali, eventuali, accorgimenti saranno sempre improntati a non modificare il

volume di piena dell'onda da laminare, a non creare fenomeni locali di innalzamento del livello, etc... ossia tali a non modificare, da un punto di vista idraulico, gli elementi necessari per la modellazione.

3 RELAZIONE IDRAULICA

3.1 RILIEVO TOPOGRAFICO

Il rilievo topografico effettuato (v. TAV 04 e TAV 05) è stato riferito al seguente caposaldo dell'Istituto Geografico Militare: SS 64 km 82.700 – bivio ex azienda Alfa chimica, di cui si riporta la monografia e la foto del chiodo di segnalazione:

 <p> Nazione: Italia Regione: Emilia Romagna Provincia: Bologna Comune: Sasso Marconi </p>	<p> Serie 100: 087 Bologna Serie 50: 220 Casalecchio di Reno Serie 25: 220 sez II Casalecchio di Reno Serie 25V: 087 IINO Casalecchio di Reno </p>
<p> <input type="checkbox"/> C: 78 (CSO') Pozzetti di IV categoria rialzato con tubo in pvc e tappo in gthisa protetto da chiusino in cemento IGM, posto a 0,30 m dallo spigolo di sinistra della facciata della cappella, alla base del muretto di recinzione. </p>	<p> <input checked="" type="checkbox"/> C: 78 (CSO) Bullone infisso sulla parete laterale della casa di abitazione, presso lo spigolo destro, lato S.S. 64. </p>
<p> <input checked="" type="checkbox"/> C: 81 (CSV) Piastrina a barilotto infissa sulla stessa facciata del CSO' ed a sinistra della porta d'ingresso. </p>	<div> <div>  </div> <div>  </div> </div> <div> <div>  </div> <div> <p> Coordinate geografiche ETRF2000 Roma40 φ: 44° 26' 58" φ: 44° 26' 56" λ: 11° 16' 21" λ: -01° 10' 46" </p> </div> </div>
<p>S.S 64 KM 82.700(Bivio ex Azienda Alfa chimica)</p>	<p>0005#_###_173#</p>



Riguardo al rilievo delle sezioni ed all'inserimento delle stesse nel modello di simulazione HEC-RAS si precisa, come osservabile dalla TAV.04, che alcune sezioni sono state inserite con le lunghezze leggermente ridotte ($x = x' \cdot \cos \alpha$) in quanto non perpendicolari al corso d'acqua. Precisando meglio sono state rappresentate graficamente (TAV.05) come da rilievo mentre sono state inserite in HEC RAS modificate.

3.2 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Il tratto del Rio dell'Asino analizzato corrisponde a quello compreso tra l'attraversamento della SS n. 64 Porrettana e il sottopasso dell'Autostrada A1 Bologna-Firenze.

Il manufatto di attraversamento della SS n. 64 risulta attualmente insufficiente ed è previsto che sarà oggetto di una successiva progettazione e ricostruzione con cui sarà individuata una sezione tale da consentire il transito della portata bisecolare individuata con il presente studio; a riguardo, per le valutazioni finali dello stato di progetto occorrerà anche definire l'effettiva quota di scorrimento del sottopasso in accordo con l'Autorità di Bacino ed il Servizio Tecnico e l'Ente gestore della strada.

Come si può osservare dalle foto allegate (v. Appendice n. 1 - Documentazione Fotografica) e dalle sezioni (Tavola n. 05) tutti i manufatti-ponti di attraversamento del Rio risultano fortemente insufficienti rispetto alla portata bisecolare di progetto.

Il primo manufatto immediatamente a valle della SS n. 64 consiste in un ponticello in muratura che è fortemente interrito; di quest'opera è prevista la demolizione.

Allo stesso modo verrà demolito il manufatto di attraversamento costituito da una tubazione in calcestruzzo DN 1000 posto in posizione intermedia sul tratto in esame per consentire il transito su ambo le sponde dei mezzi agricoli che sino ad ora hanno operato sull'area.

Il sottopasso delle FF SS (linea ferroviaria Porrettana Bologna – Pistoia) risulta particolarmente intasato da sedimenti (v. Appendice n. 1 - Documentazione Fotografica); questo è stato oggetto di un saggio mediante escavatore per conoscerne l'effettiva sezione e quindi di poter definire la massima portata che vi possa effettivamente transitare.

Oggi, appare esclusa qualsiasi opportunità di rifacimento e/o allargamento del manufatto, eventualmente da progettarsi e realizzarsi da parte delle FF SS.

Il sottopasso dell'Autostrada A1 Bologna-Firenze esteso anche per la nuova Porrettana è realizzato in parte in c.a. a sezione rettangolare ed in parte, nel tratto di valle, con condotta in lamiera ondulata tipo Finsider. Occorrerà prevederne la sua pulizia in quanto, al suo interno, sono presenti corpi estranei ingombranti (trabattelli, assi di legno per casseforme, ferri di armature, etc..).

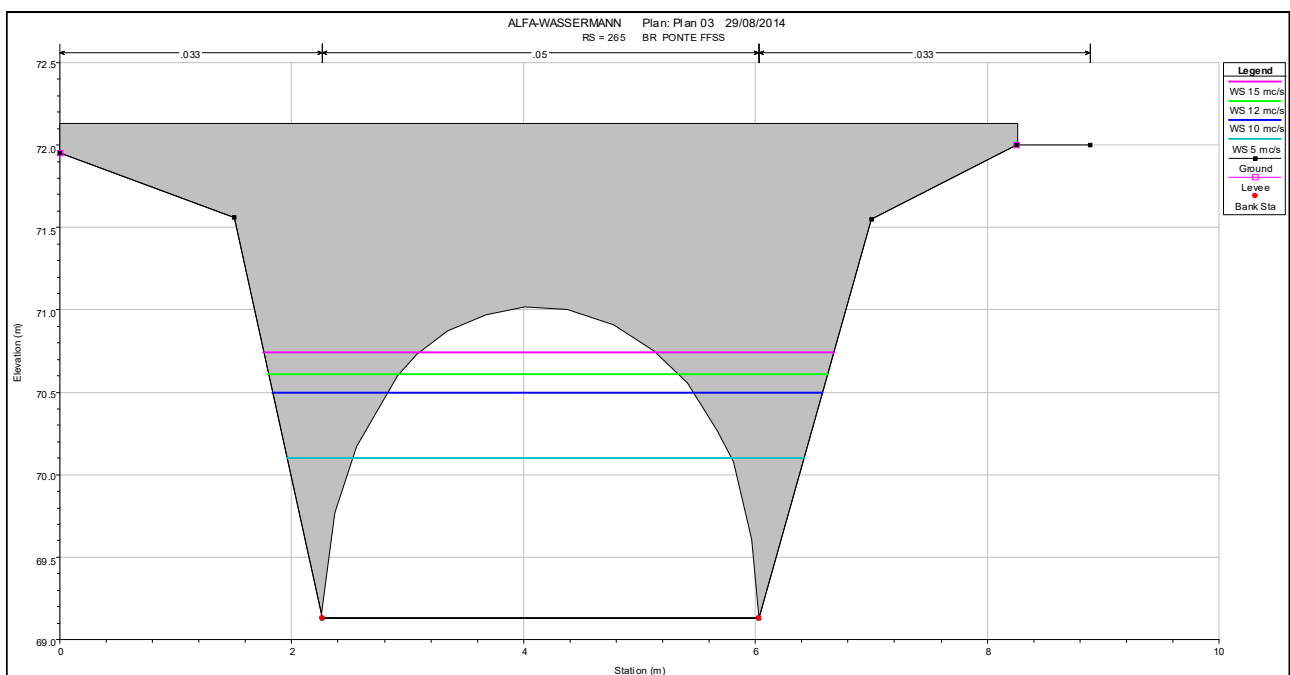
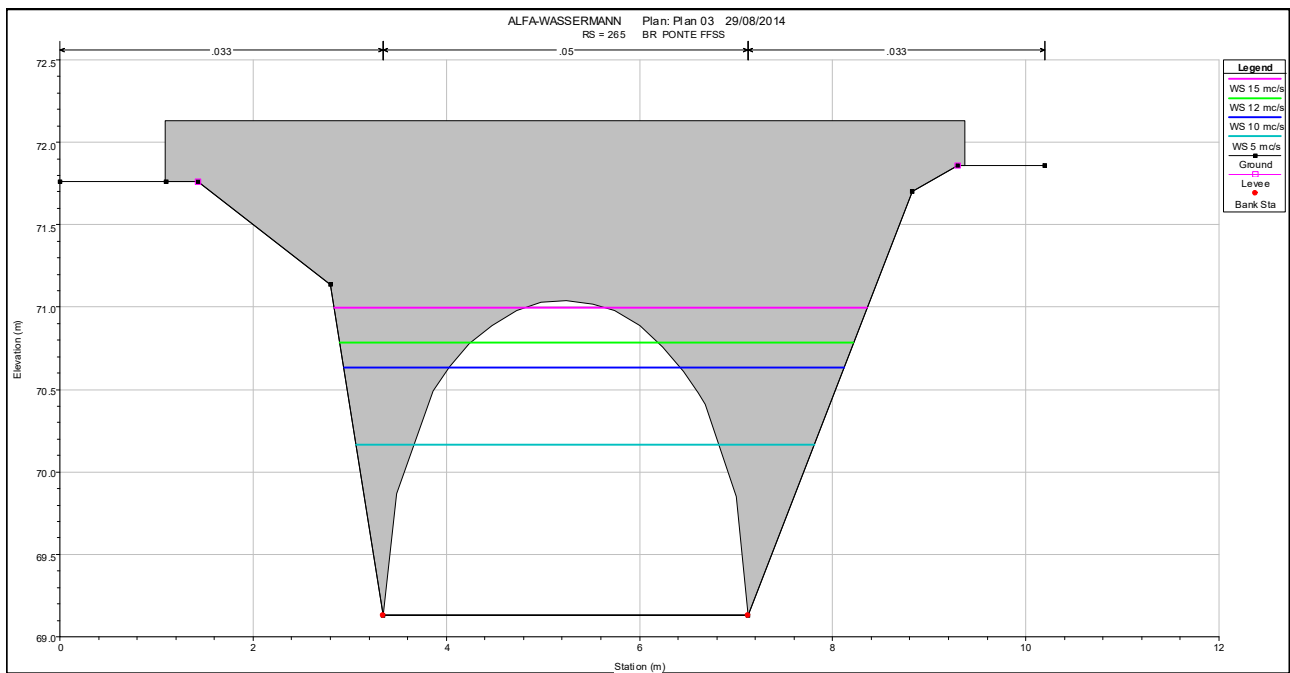
Non sono stati evidenziati o trovati altri manufatti di attraversamento.

Tra le interferenze insistenti sull'area occorre infine segnalare la presenza dell'Oleodotto militare della POL-NATO come indicato nella Tavola n. 04.

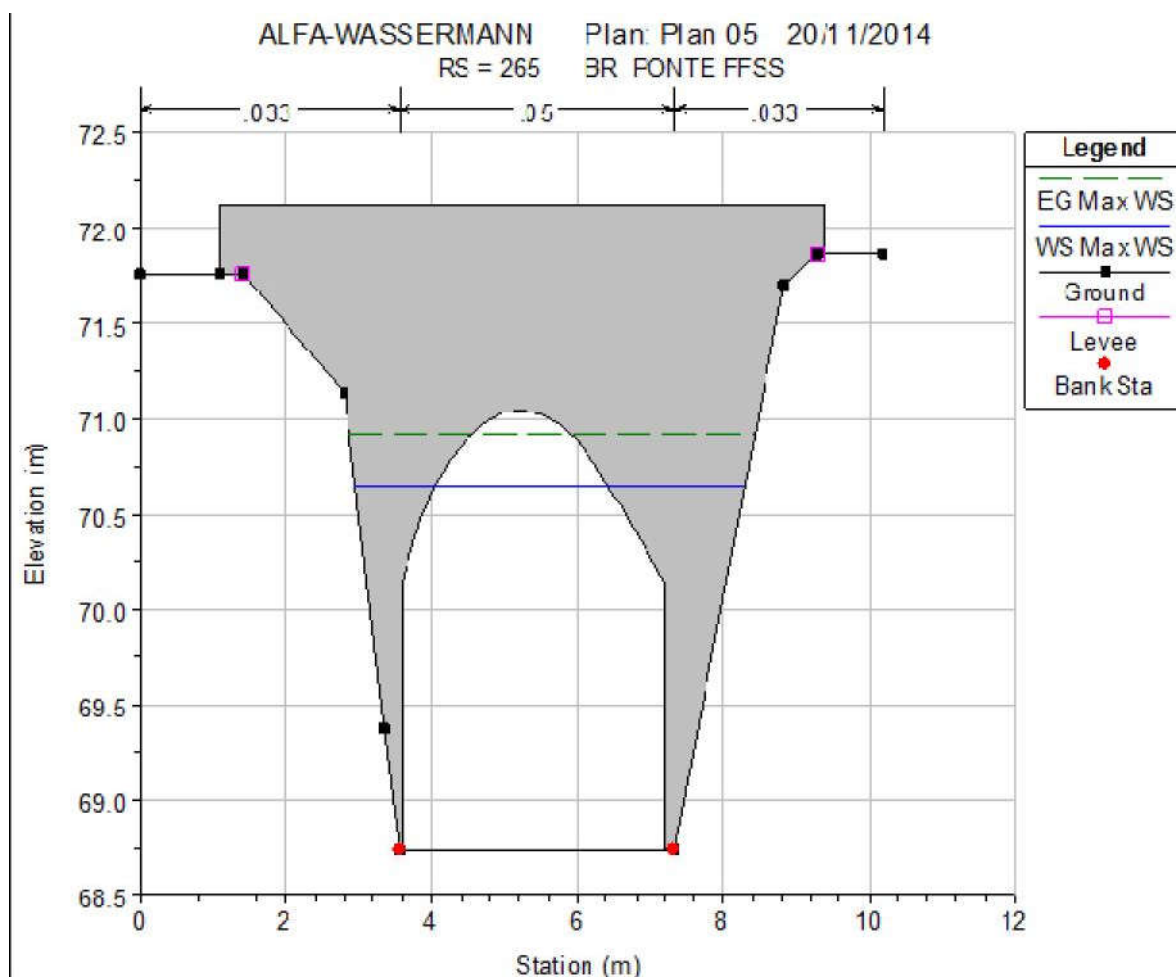
3.3 ATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO SENZA SEDIMENTI

Per poter fornire una prima indicazione sulla portata transitabile a valle del manufatto di attraversamento della ferrovia Bologna – Porretta si era inizialmente rappresentata una ipotesi di sezione costruita in modo del tutto arbitrario, ipotizzando l'eliminazione e lo spurgo dai sedimenti oggi depositatisi sotto il manufatto medesimo.

Nelle figure di seguito riportate sono rappresentate la sezione di monte e di valle del manufatto, dal modello di Hec Ras, con le portate di piena pari a 10 mc/s, 12 mc/s e 15 mc/s.



A seguito della verifica dimensionale dell'attraversamento ferroviario si è successivamente potuta determinare l'effettiva sezione da cui si è determinata la portata massima che effettivamente può transitare individuata in 16 mc/sec.



In ogni caso risulta evidente che da tale manufatto possa transitare solo circa la metà della portata corrispondente alla piena bisecolare.

3.4 CRITICITÀ NELLA FUNZIONALITÀ IDRAULICA ALLO STATO DI FATTO

È del tutto evidente come allo stato attuale portate anche minime corrispondenti tempi di ritorno pur brevi possano mettere in crisi il tratto esaminato del Rio dell'Asino. Anche assumendo l'avvenuta eliminazione dei due attraversamenti intermedi ora esistenti tra la SS.64 e la ferrovia, qualsiasi portata eccedente già i 5 mc/sec comporterebbe l'esondazione su aree estese soprattutto in corrispondenza delle sezioni più a valle e prossime alla ferrovia. Dall'esame del rilievo e della cartografia disponibile e dai listati del calcolo idraulico risulta

che le aree più colpite sarebbero quelle poste in sinistra idraulica rispetto al rio corrispondenti alla proprietà identificata sul CTR come “Villa Giorgi” che rimane inclusa alla quota di circa 71,00 m s.l.m. tra il rio e il rilevato ferroviario che in evento di esondazione costituirebbe un vero e proprio argine con quota di coronamento posta a circa 72,20 m s.l.m.; l'area Alfa Wassermann, in destra idraulica rispetto al Rio dell'asino, in caso di esondazione risulterebbe interessata solamente nella porzione più orientale posta a ridosso della ferrovia e comunque non in corrispondenza di aree ove nell'attuale piano edificatorio sono previste costruzioni.

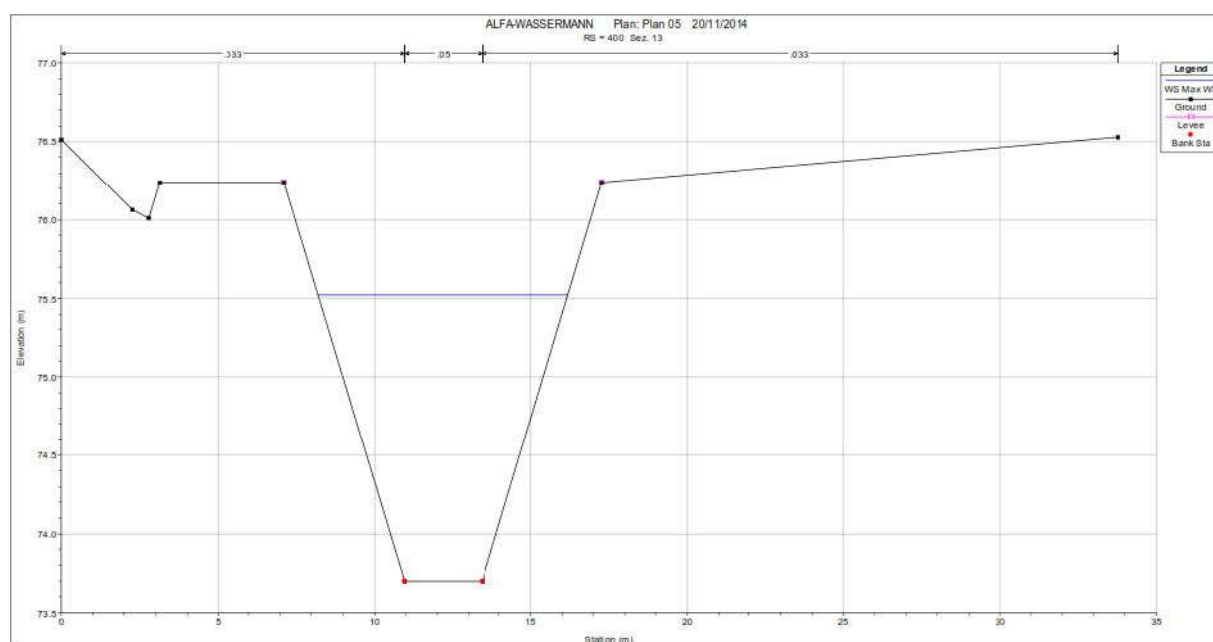
Lo stesso scenario si riprodurrebbe con identica modalità anche nel caso in cui, riqualificato l'attraversamento della SS. 64 e risezionata la sezione del Rio dell'Asino per consentire il transito della portata bisecolare fissato in 32,40 mc/sec, si producessero eventi di piena con portate superiori ai 16,00 mc/sec sopra individuati come limite transitabile attraverso l'attraversamento della linea FF.SS: nell'area Alfa Wasserman si allagherebbe l'area più prossima alla linea ferroviaria mentre in sponda sinistra risulterebbe sommersa tutta l'area di Villa Giorgi con il rilevato ferroviario fungente da argine, questo sarebbe tracimato in una sezione circa 200 m più a settentrione ove la quota risulta pari a 72,00 m s.l.m..

Un ulteriore elemento di criticità deve infine essere richiamato in merito al tratto del Rio dell'Asino compreso tra la linea ferroviaria e l'Autostrada ove, qualora si provveda alla pulizia del manufatto di monte con abbassamento della attuale quota di scorrimento di circa 1,30 m, ferma restando la soglia di scorrimento del manufatto autostradale si avrebbe una riduzione della pendenza e dovrebbe essere rivalutata la capacità di consentire il deflusso della portata di 16 mc/sec transitabile da monte.

3.5 IL SERBATOIO DI PIENA SUL RIO DELL'ASINO

Dall'insieme delle valutazioni sopra esposte emerge che, oltre a risezionare il rio dell'Asino a valle del' attraversamento della SS.64 secondo le dimensioni che si evidenziano alla fig. seguente in modo da consentire il transito della portata bisecolare, è necessario laminare a monte della ferrovia una portata di circa 16,40 mc/sec per un volume complessivo dell'onda di piena di circa 30.000 mc; sulla base di quanto concordato con gli

SEZIONE TIPO



Enti competenti (Autorità di Bacino e Servizio Tecnico) si è pertanto sviluppata l'ipotesi di realizzare monte della ferrovia un serbatoio di piena. Esso viene interamente localizzato sulla attuale sponda destra del rio (sul sedime di proprietà Alfa Wassermann); il corso del rio sarà per questo leggermente deviato per rimanere contenuto nella striscia libera di terreno compresa tra l'argine in sinistra, che sarà eretto in corrispondenza dell'attuale sedime del rio medesimo, ed la fascia di rispetto a salvaguardia dell'oleodotto POL NATO; immediatamente a valle dello scaricatore di fondo, che sarà posizionato anch'esso in posizione tale da rimanere all'esterno della fascia di rispetto dell'oleodotto POL NATO, l'argine devierà a sud in direzione parallela alla ferrovia per poi ricurvare a ovest e degradare dolcemente in quota assecondando la naturale pendenza del terreno.

Il serbatoio di piena sarà ricavato mediante scavo di cappellaccio e di terreno vegetale e limoso e conseguente leggero abbassamento del piano di campagna, recupero del terreno vegetale per ripristinare lo strato di terreno agrario e del terreno limoso per la costruzione di argini (coronamento a quota 74,00 m s.l.m.); la capacità di invaso disponibile sotto lo scaricatore di superficie a quota 73,00 m s.l.m., è pari a 30.000 mc circa.

Il serbatoio di piena sarà dotato di luce di regolazione le cui dimensione saranno calcolate nelle successive fasi di progettazione.

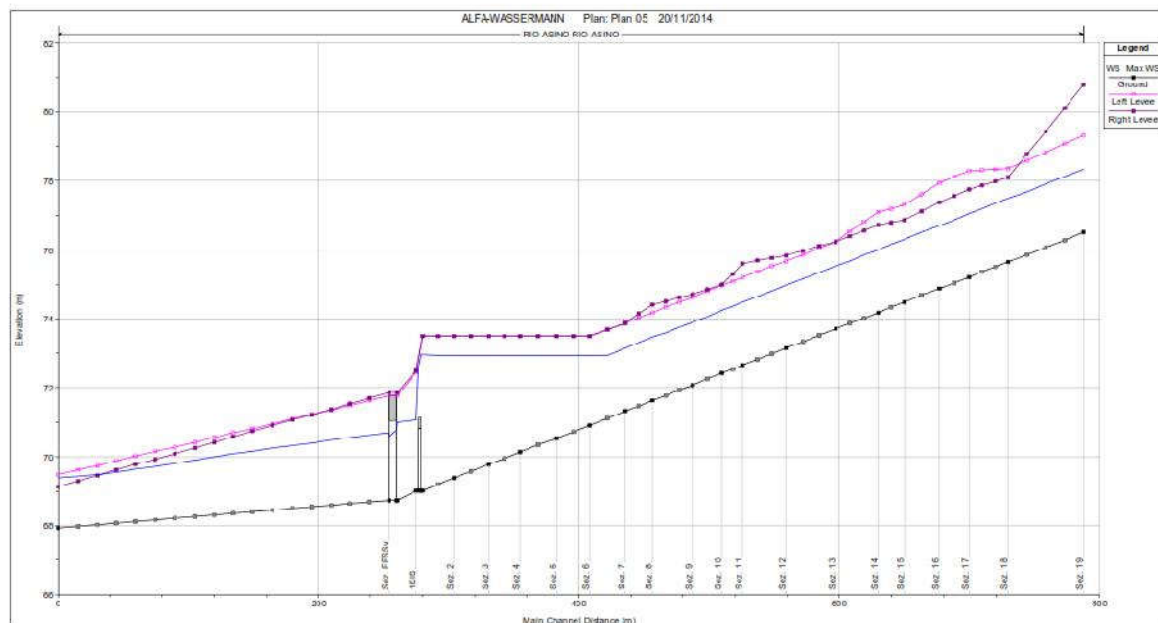
Sistemi di dissipazione raccorderanno la luce di fondo e quella di superficie all'alveo a valle.

Con l'input idrologico costituito dall'idrogramma di piena bisecolare di progetto (vedasi la relazione idrologica), il serbatoio di piena permette di ridurre la portata al colmo da 32,4 a 16 mc/s, valore compatibile con l'officiosità idraulica dell'attraversamento della ferrovia Porrettana.

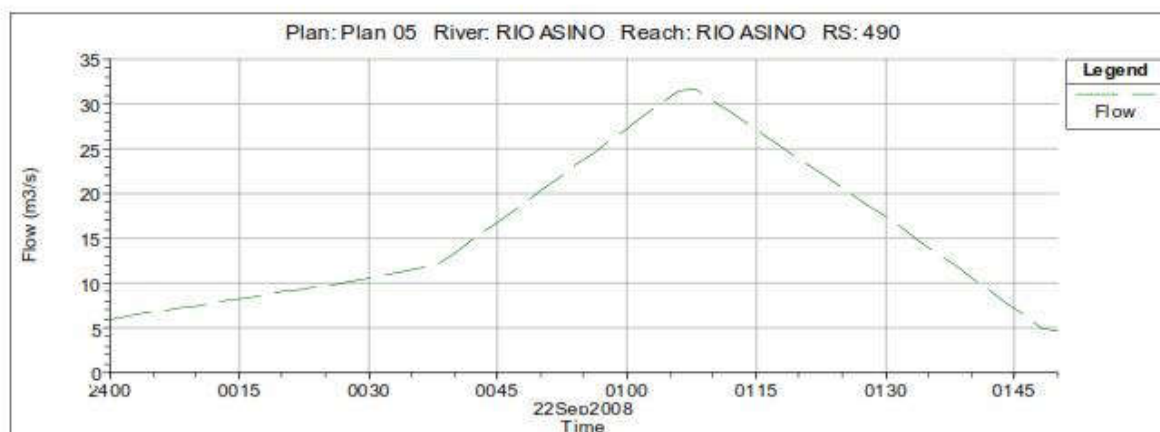
In caso di portate in afflusso superiori alla bisecolare, con l'invaso a quota 73 m s.l.m. viene quindi attivato lo scarico di superficie, essendo in tal caso assicurato un franco di sia pure inferiore ai 100 cm. Tale scaricatore sarà posizionato sull'argine in sinistra in modo da conferire le eventuali portate eccezionali in un'area pianeggiante e libera da edifici che lambisce la ferrovia degrada dolcemente a nord ove risulta essere presente un ulteriore attraversamento del corpo del rilevato ferroviario che consentirà lo smaltimento a gravità dei volumi laminati. Lo scarico di superficie entrerebbe in funzione anche in caso di completa ostruzione della luce dello scaricatore di fondo; il serbatoio assicurerebbe in tale situazione comunque una sia pure ridotta protezione idraulica del tratto a valle, ma il franco rispetto al coronamento si ridurrebbe rispetto a quello del funzionamento normale.

Il funzionamento idraulico della cassa dianzi descritto è stato verificato mediante impiego del programma di calcolo HEC-RAS, nella versione idonea a rappresentare le condizioni di moto variabile nel tempo; i risultati del calcolo sono sintetizzati nei grafici seguenti.

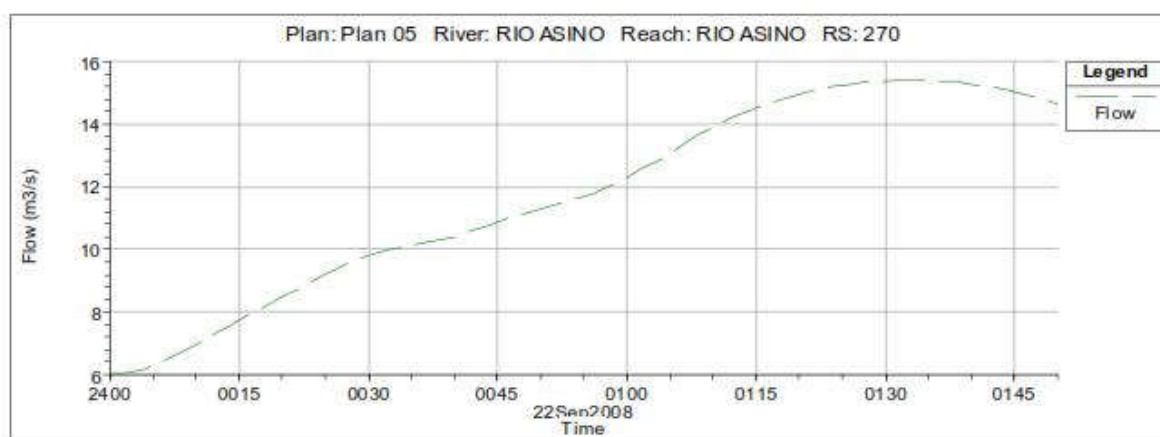
PROFILO LONGITUDINALE



IDROGRAMMA IN INGRESSO



IDROGRAMMA A VALLE DELLA LUCE TARATA



Le verifiche sono state eseguite considerando una portata al colmo di 32,4 mc/s.

La riduzione del colmo della portata da monte a valle del serbatoio di piena è quindi dell'ordine di 16 mc/s.

Nei confronti della proprietà sita in sponda sinistra del Rio si deve fare notare come la realizzazione delle opere proposte porterebbe ad un notevole miglioramento delle condizioni di sicurezza idraulica; difatti come già espresso ai paragrafi precedenti attualmente le condizioni del Rio portano tali aree ad allagarsi già in presenza di portate dell'ordine dei 5 mc/sec corrispondenti a tempi di ritorno ben inferiori al valore di 15-16 mc/sec della portata trentennale che potrebbe transitare senza problemi qualora fossero eseguite nel rio sole opere di pulizia e risezionamento di alveo. In presenza della cassa di espansione tutta l'area sarebbe per contro garantita contro possibilità di esondazione fino a portate con tempi di ritorno di 200 anni.

3.6 VERIFICHE IDRAULICHE IN MOTO VARIO LUNGO IL RIO DELL'ASINO NELLA SITUAZIONE DI PROGETTO

PORTATE

Idrogramma di piena con portata di picco $Q = 32.35 \text{ mc/s}$

Con restituzione di:

- Descrizione del modello inserito
- Planimetria con traccia delle sezioni
- Profili di rigurgito
- Tabulati dei risultati delle verifiche idrauliche in moto permanente

Scabrezza:	secondo Strickler	$60 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$	c.a. e cls
	secondo Strickler	$20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$	letto naturale con ciottoli
	secondo Strickler	$30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$	letto erboso
	secondo Strickler	$30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$	scarpate inerbite

Ai fini delle verifiche idrauliche dello stato di progetto (v. elaborati grafici) il Rio dell'Asino è stato simulato in moto vario con idrogramma di piena, riportato nelle pagine successive, con portata di punta pari a 32,35 mc/s.

La portata ammissibile transitabile sotto il ponte della ferrovia è stata considerata pari a 15-16 mc/s.

La luce tarata in linea con il corso d'acqua per poter invasare a monte il volume di piena per tutte le portate eccedenti quelle transitabili verso valle è stata assunta di sezione quadrata pari a 1,80 m x 1,80 m.

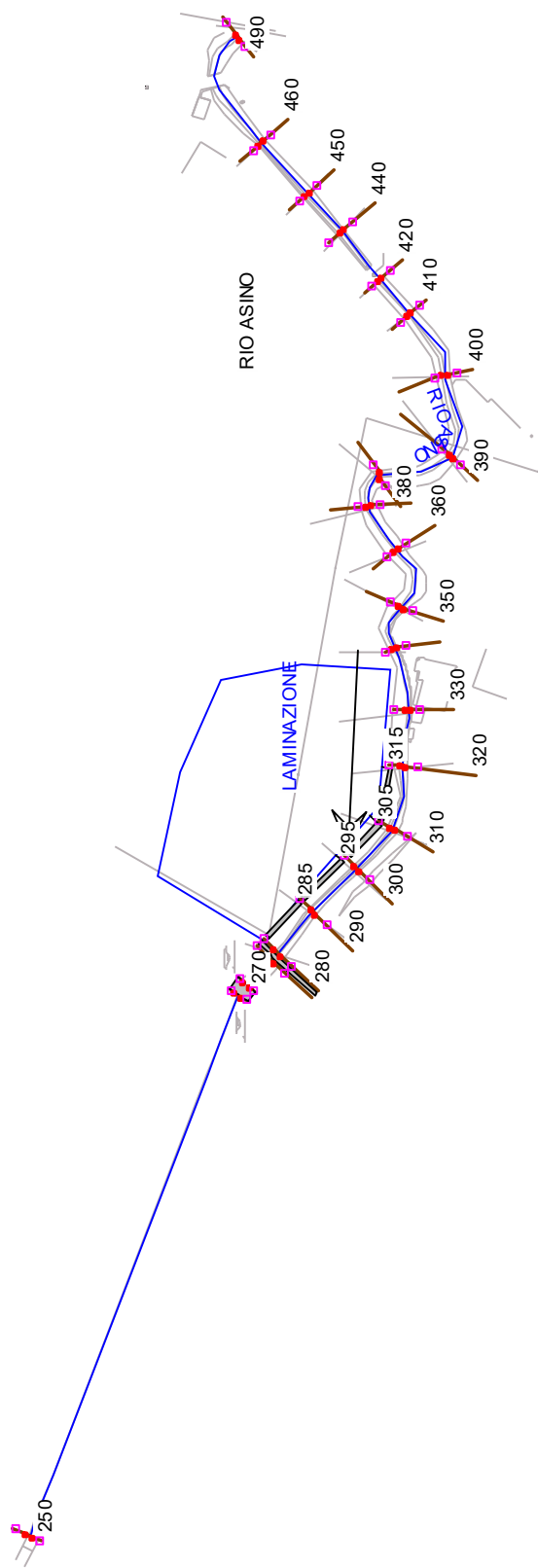
Il volume di invaso necessario, nelle condizioni della simulazione effettuata, corrisponde a poco più di 30.000 mc.

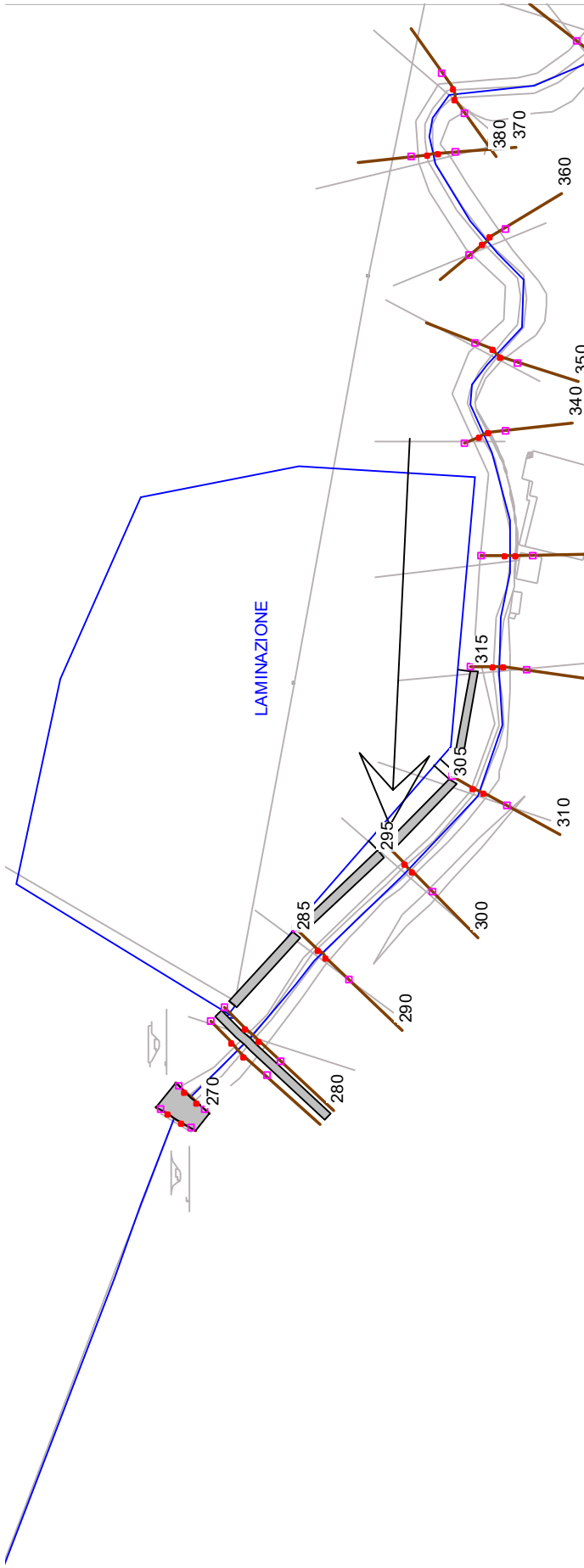
L'area di laminazione di progetto è in linea con il corso d'acqua, ossia è stata ricavata allargando le sezioni in modo considerevole rispetto all'alveo.

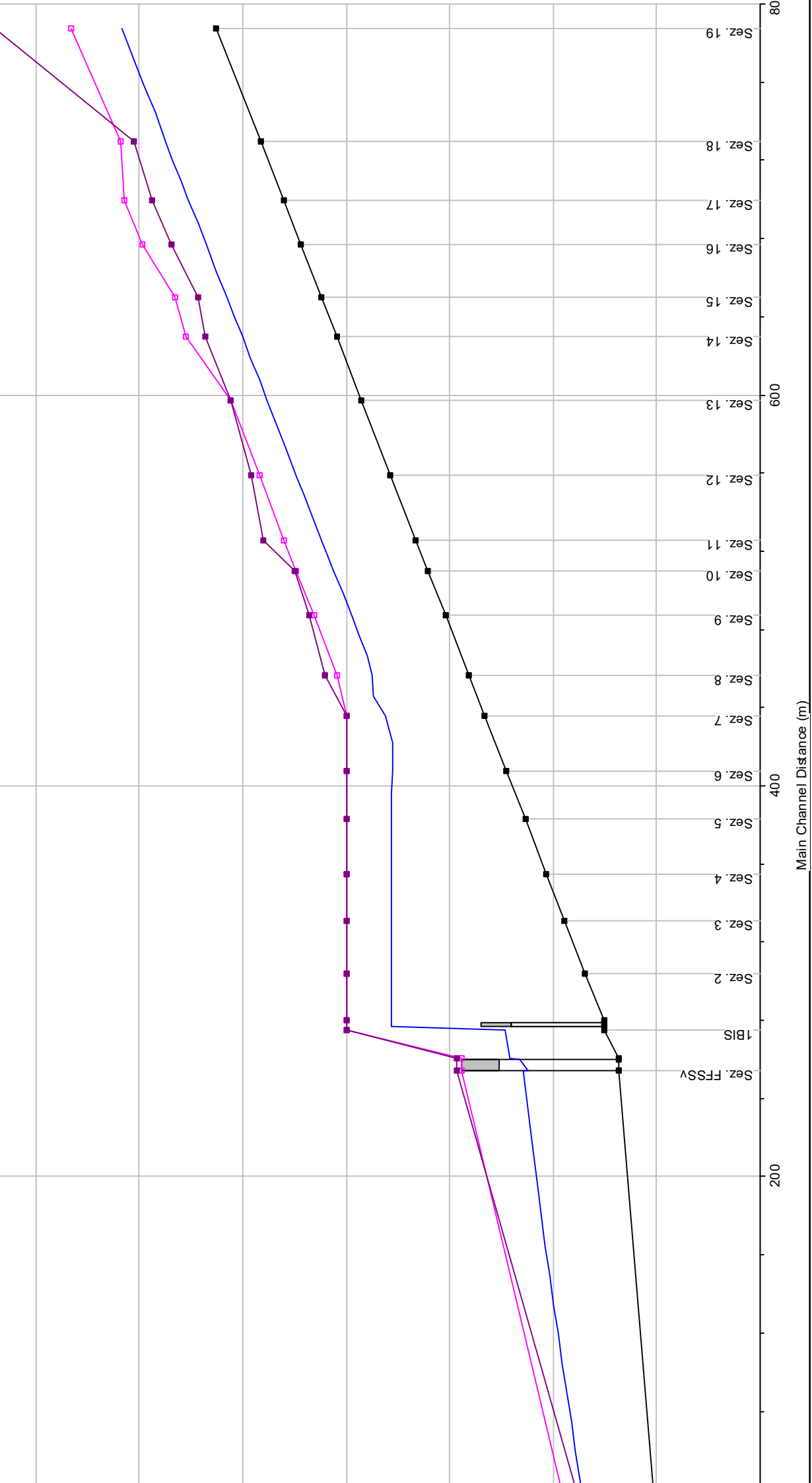
Le simulazioni in moto vario mal digeriscono un brusco allargamento delle sezione generando picchi di instabilità della soluzione.

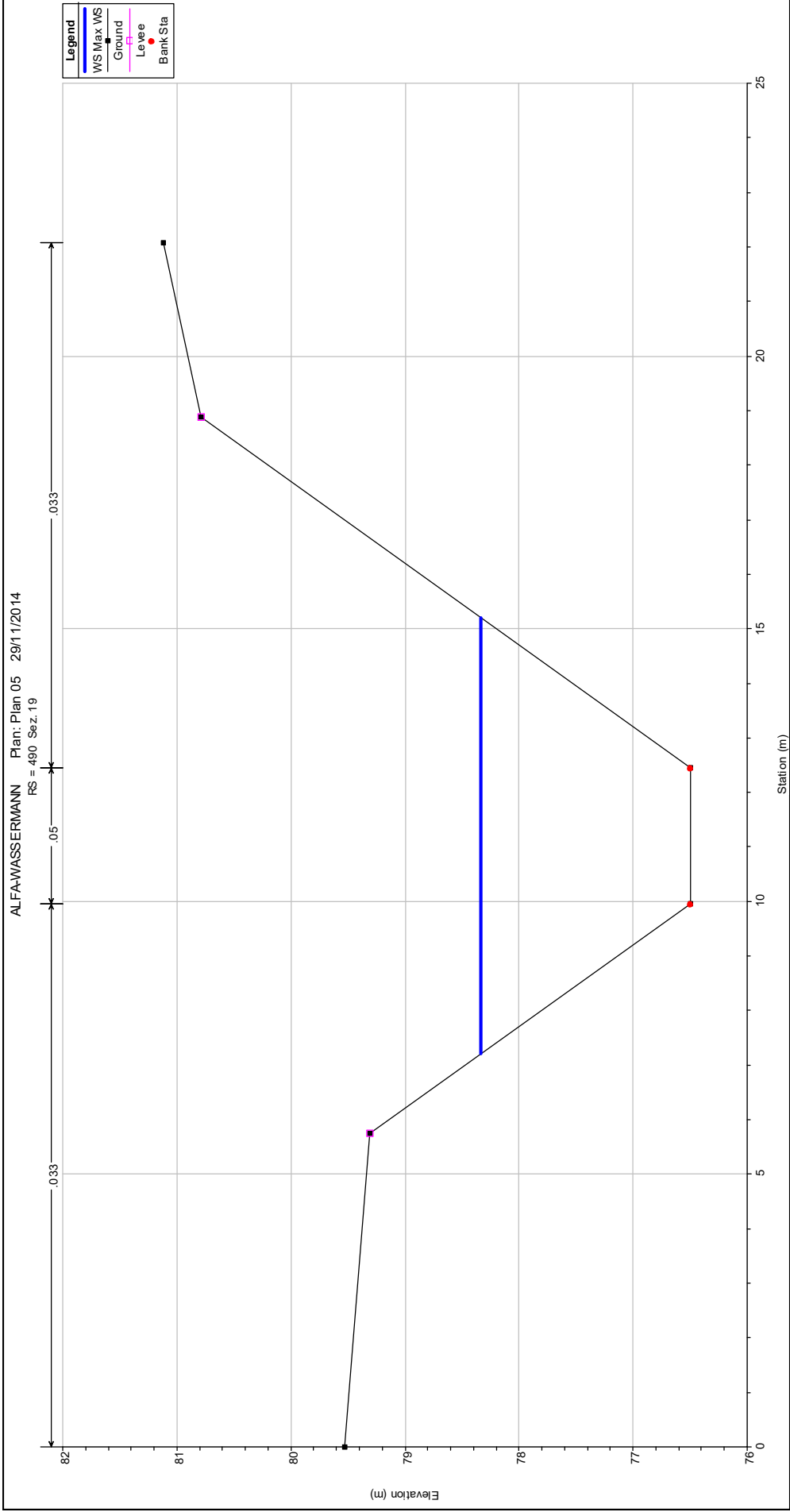
Ai fini di ovviare a tale problema, per tutto il tratto del corso d'acqua interessato dalla laminazione in linea, sono stati inseriti sfioratori laterali fittizi a quote poco superiori all'alveo di magra collegati ad un bacino di laminazione con superficie di 15.000 mq e quota di fondo pari a 71,10 m s.l.m.

Tale artificio, stante anche il dettaglio della soluzione individuata, non inficia in alcun modo i risultati che interessano.



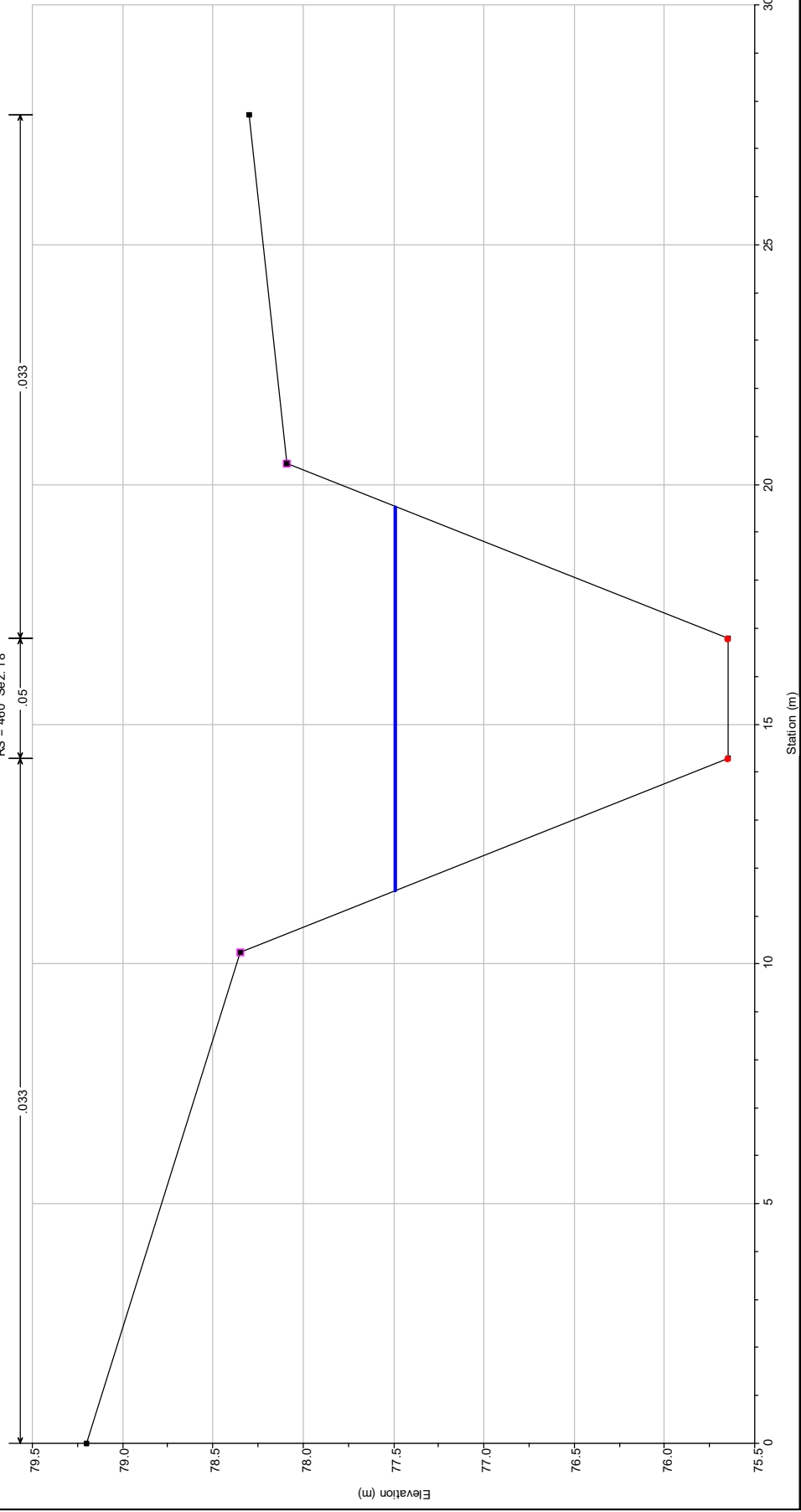




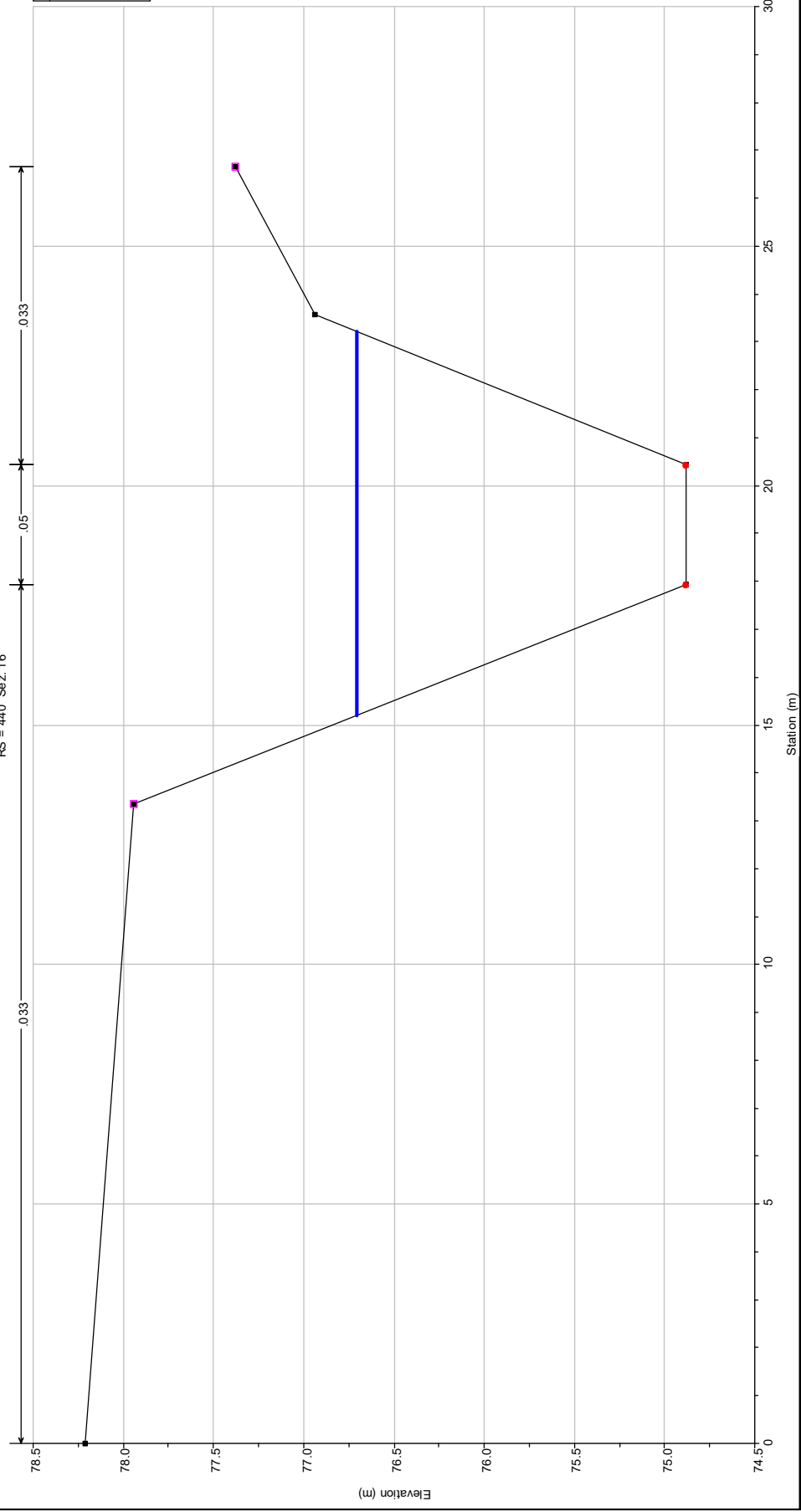


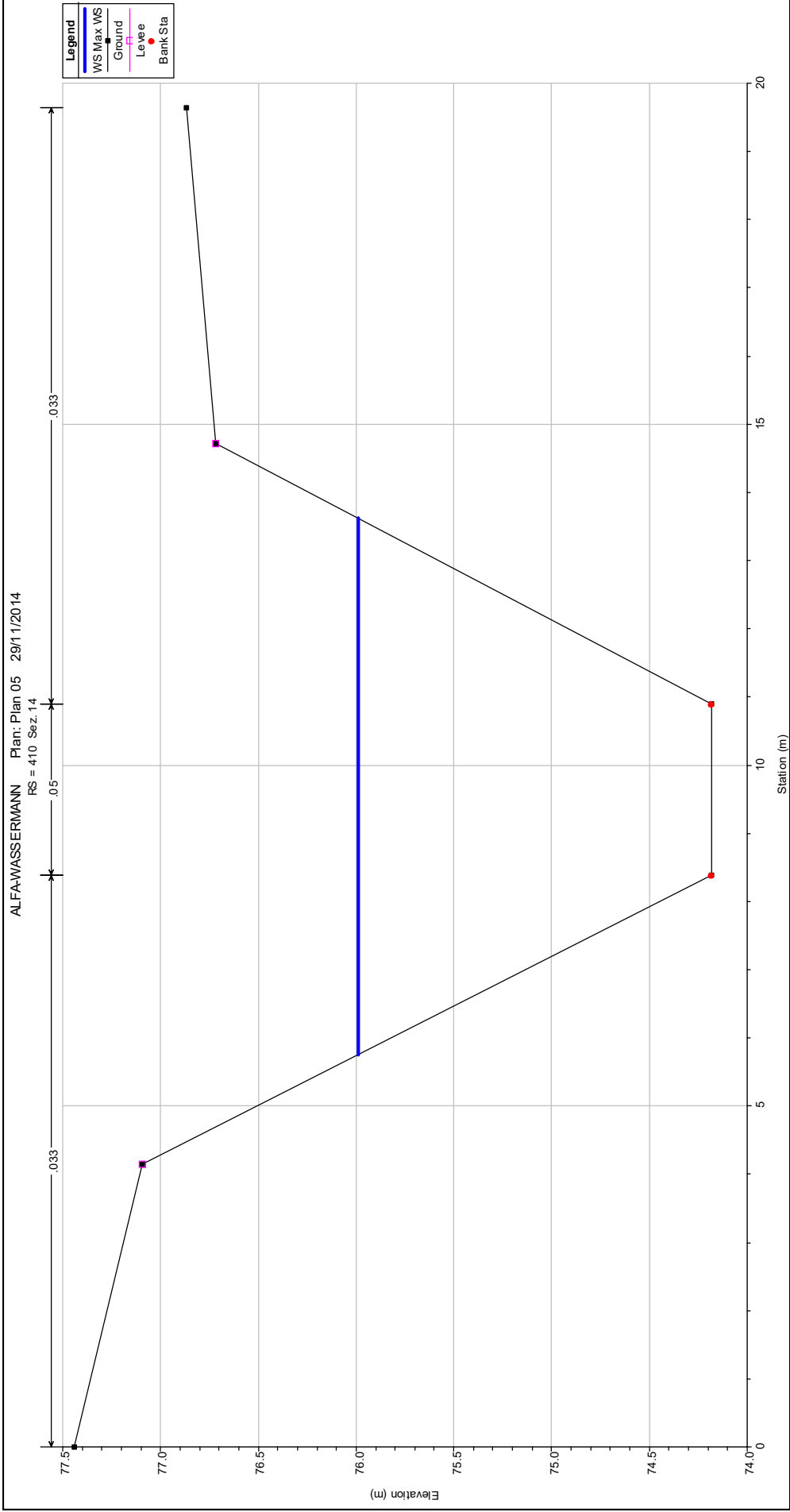
ALFA-WASSERMANN Plan: Plan 05 29/11/2014

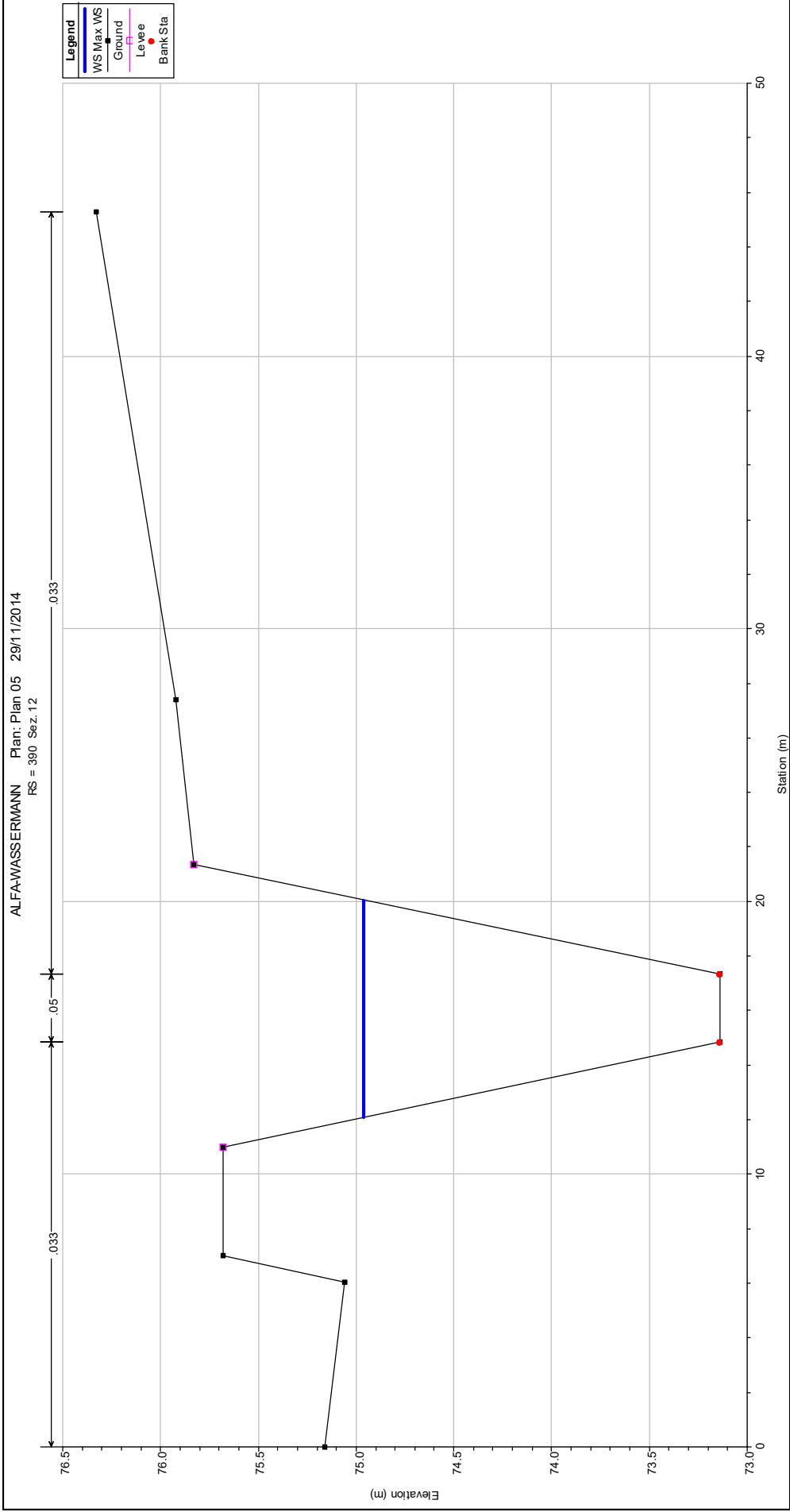
RS = 460 Sez. 18

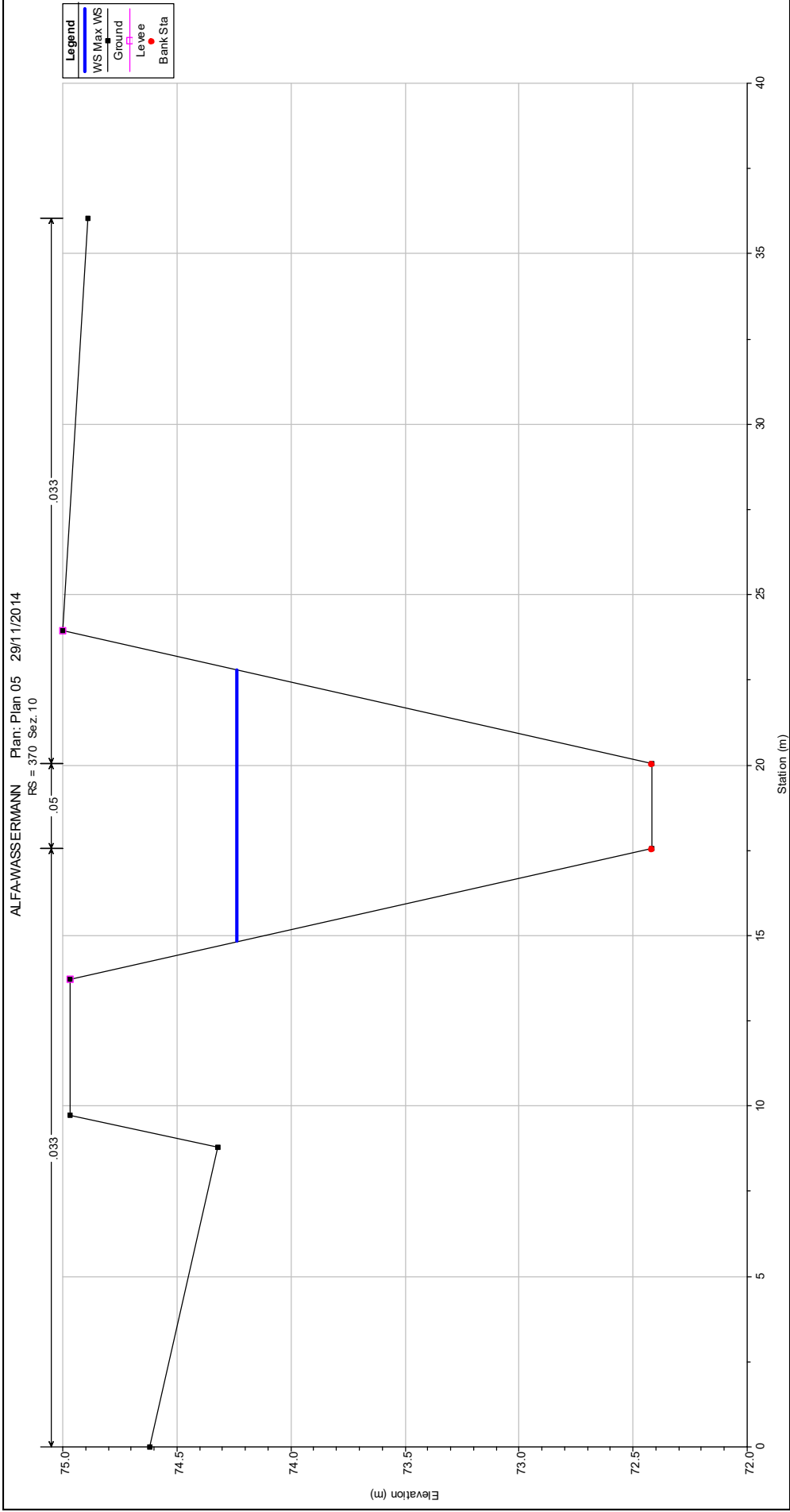


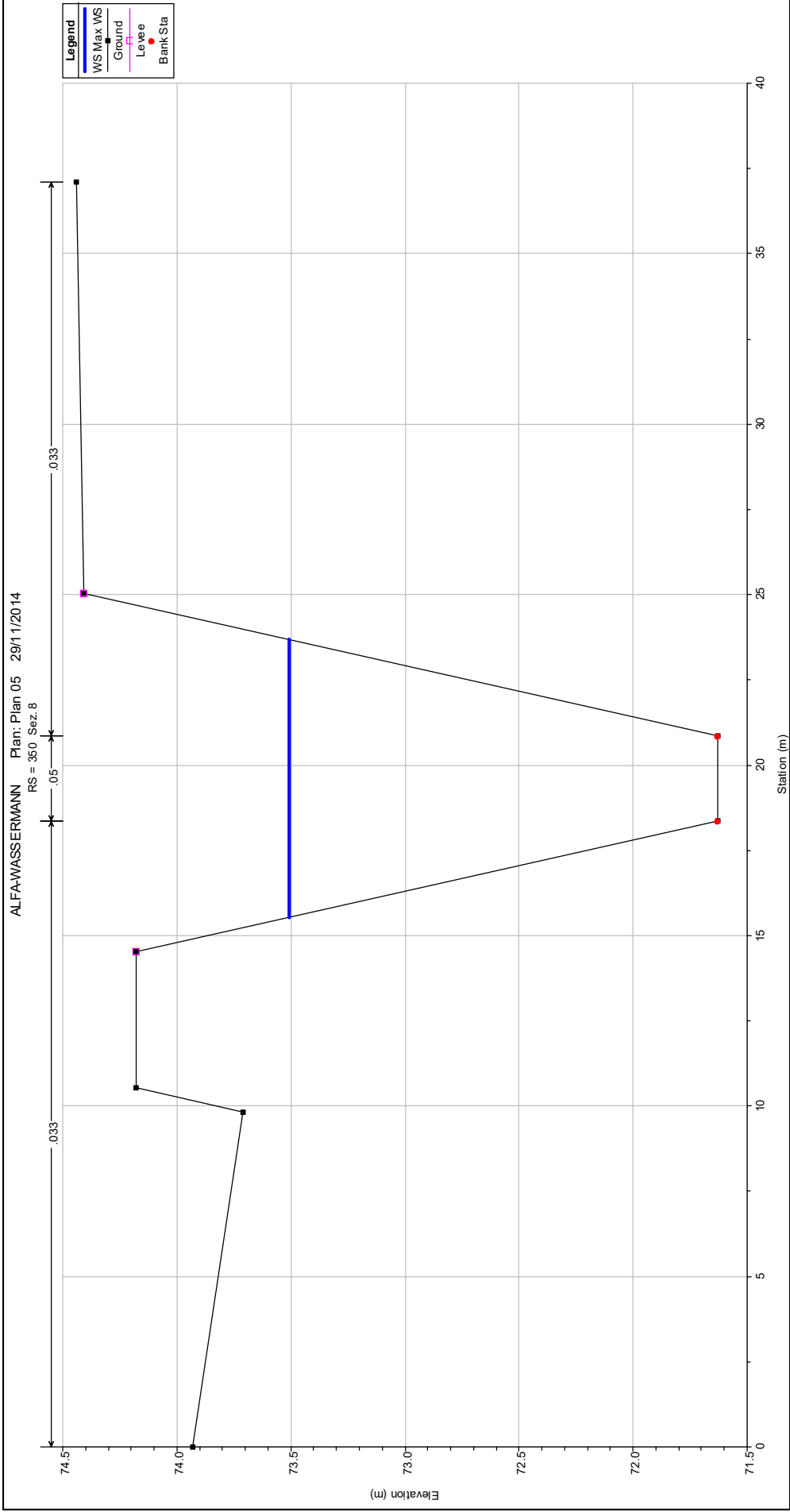
Legend
WS Max WS
Ground
Levee
Bank Sta

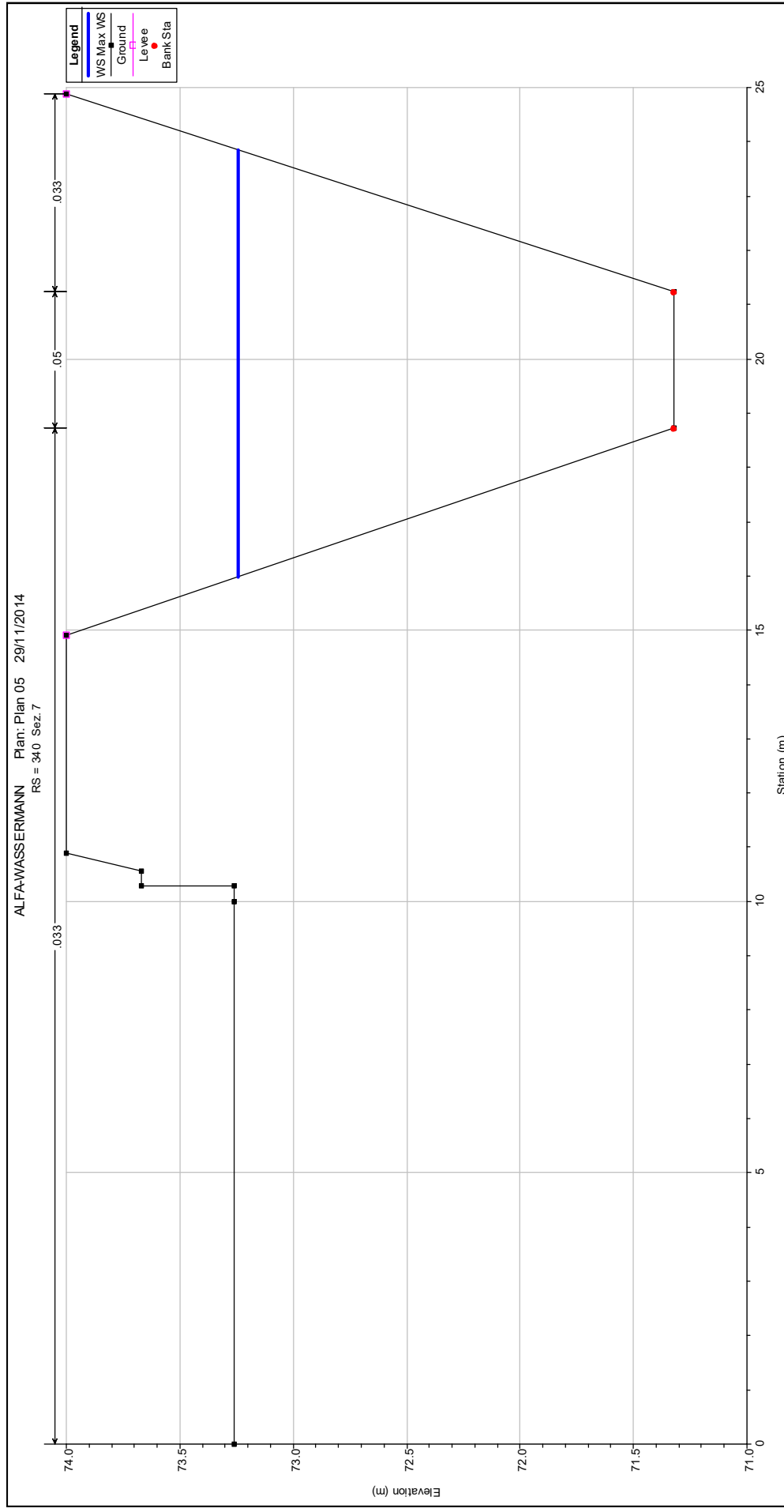


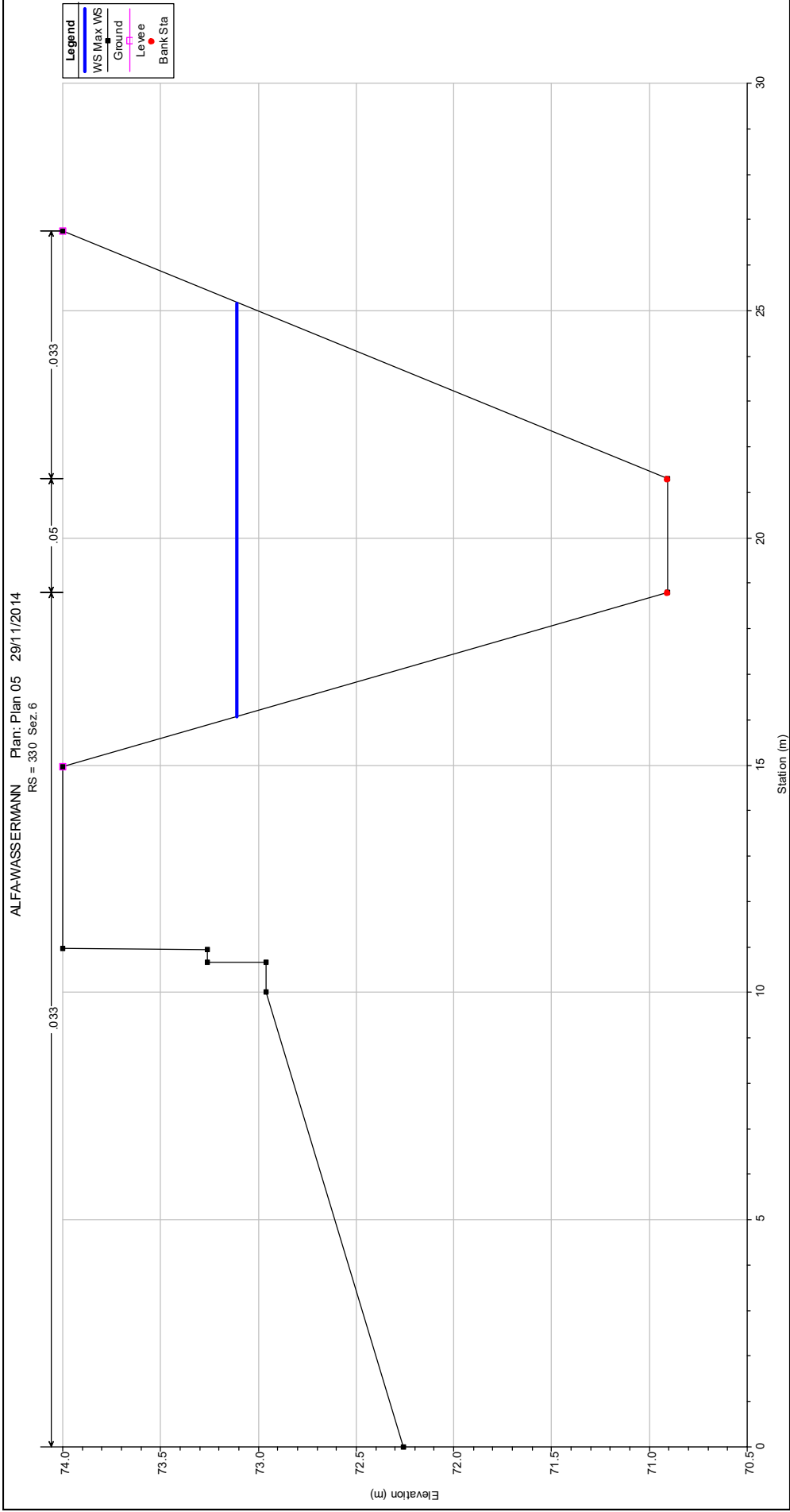


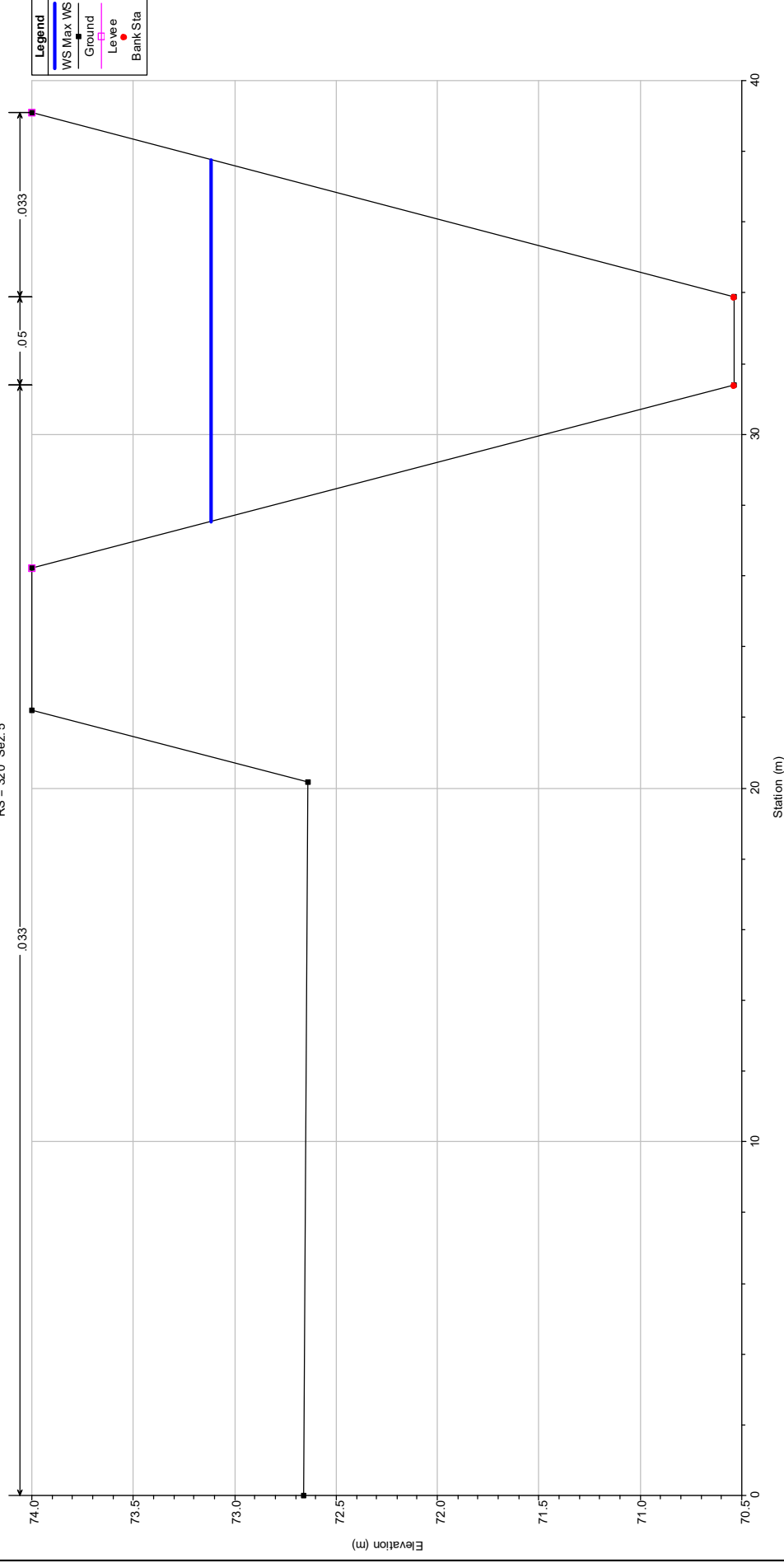


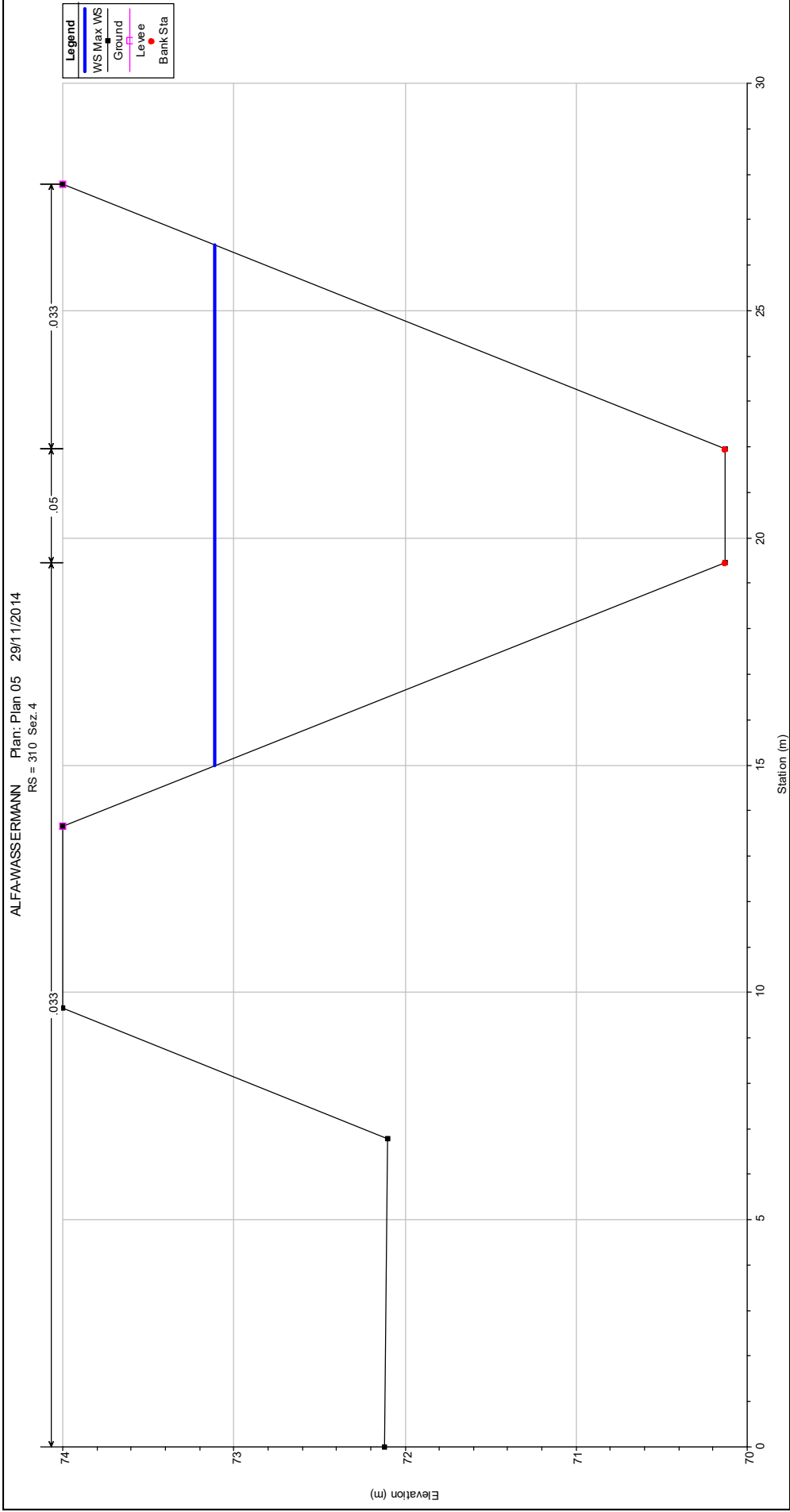


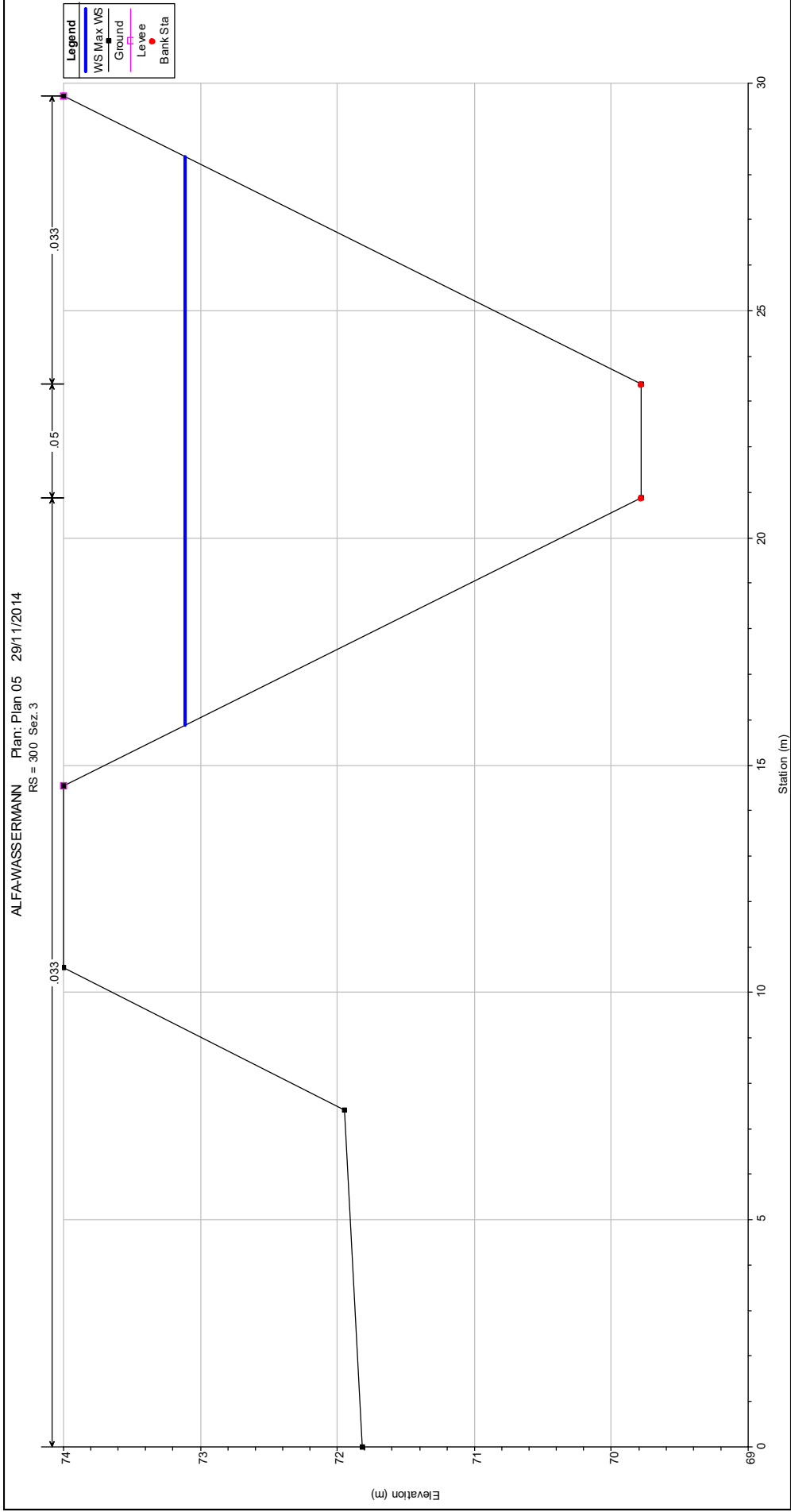


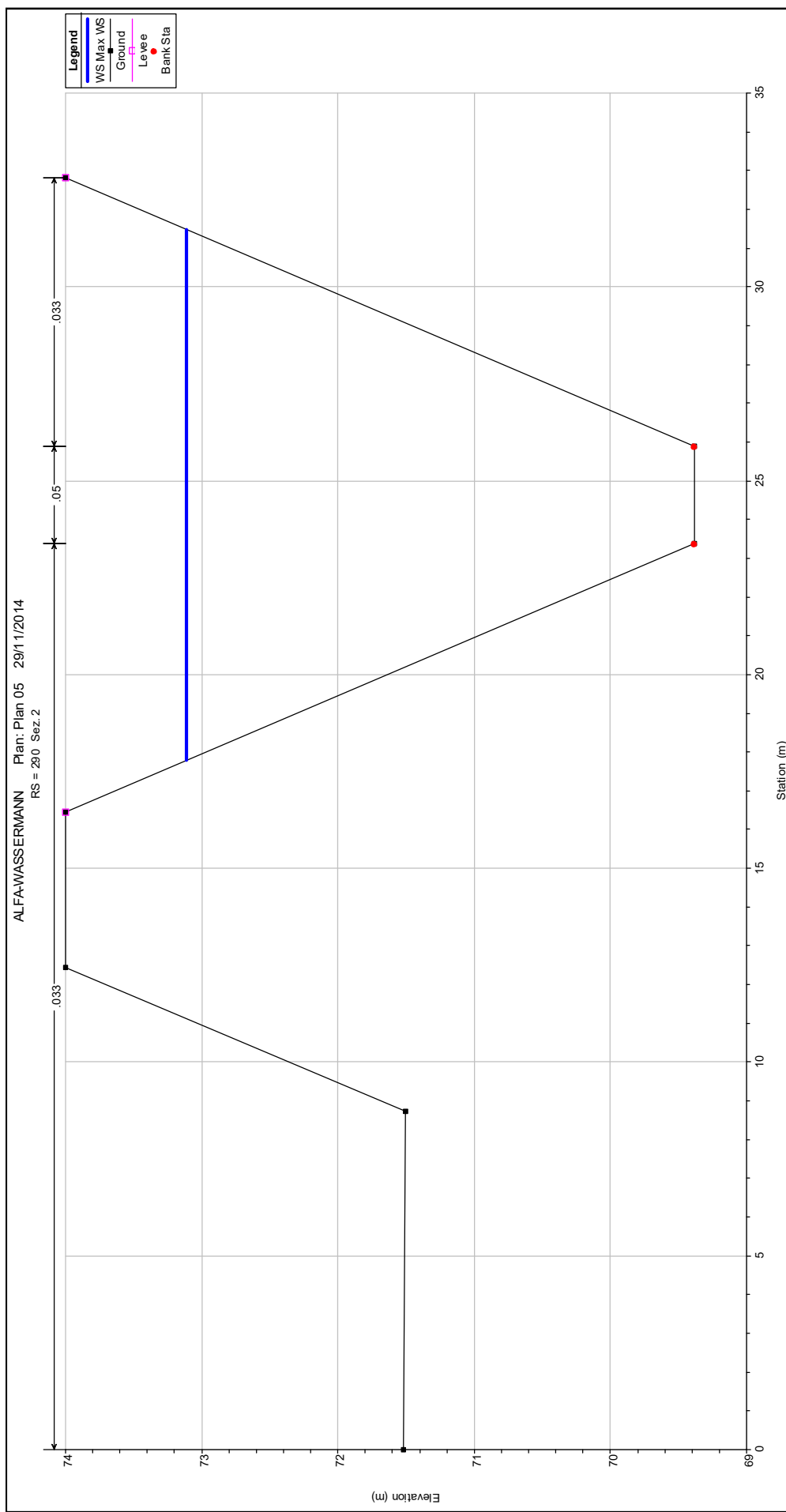




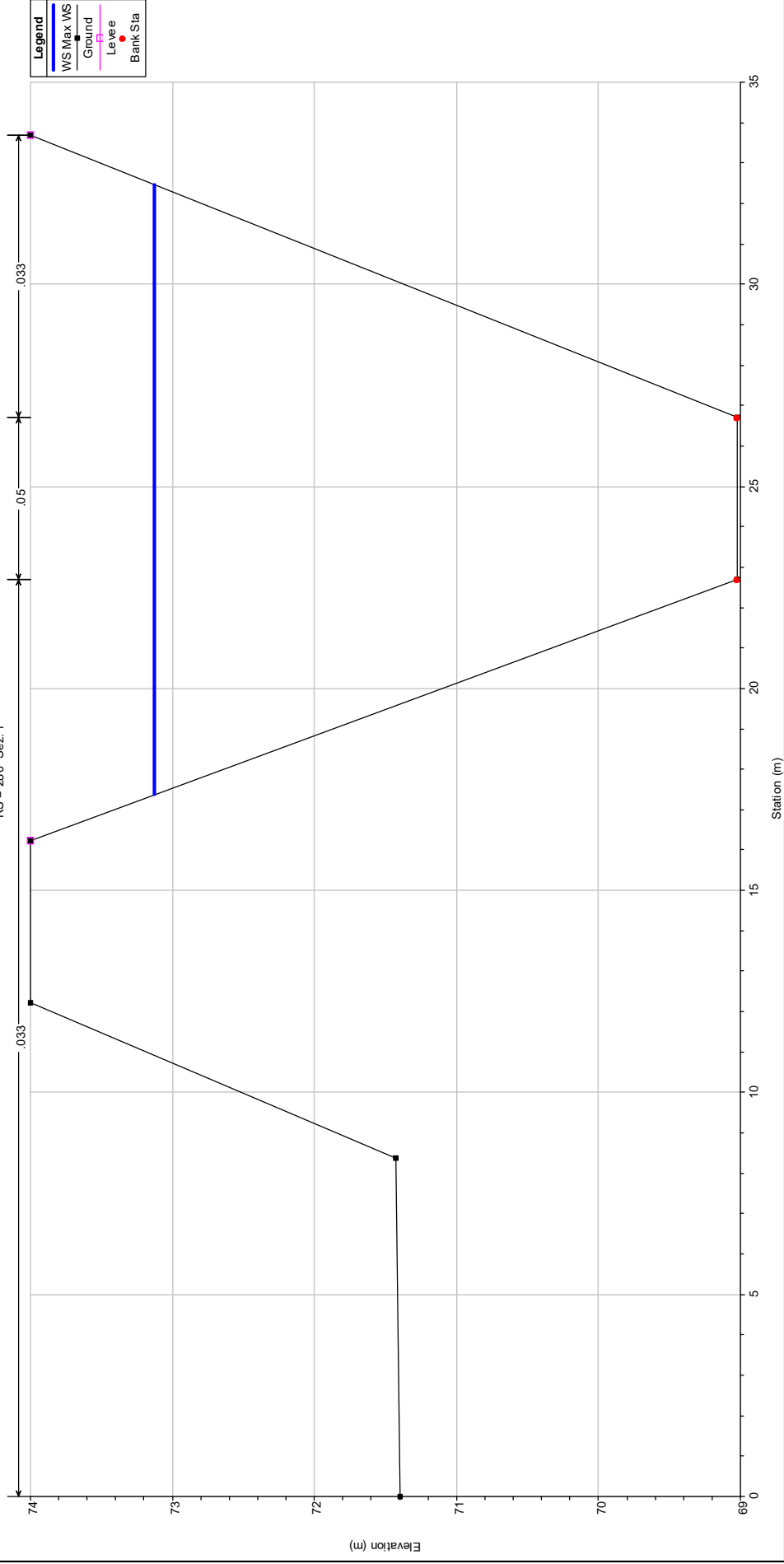


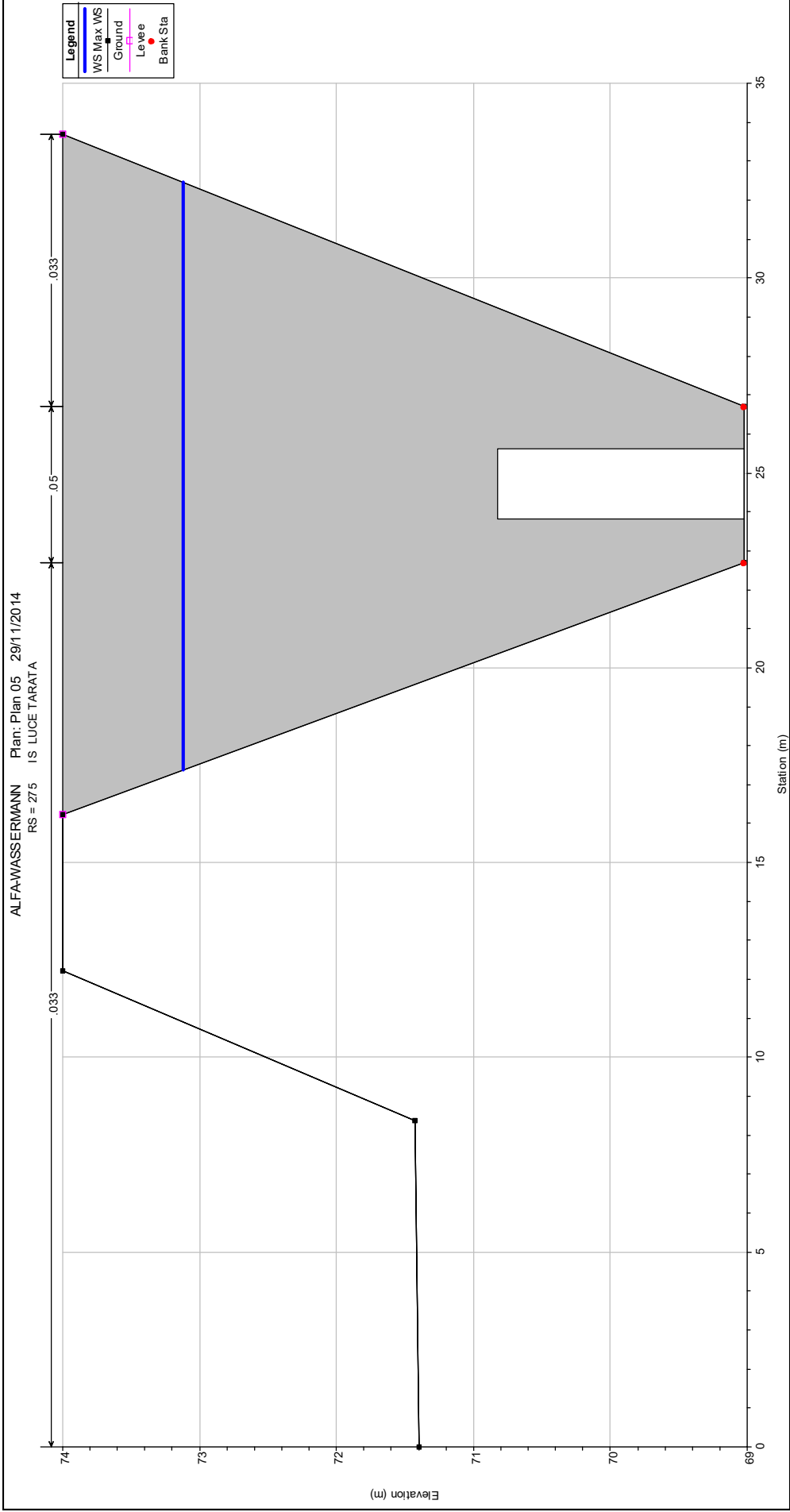


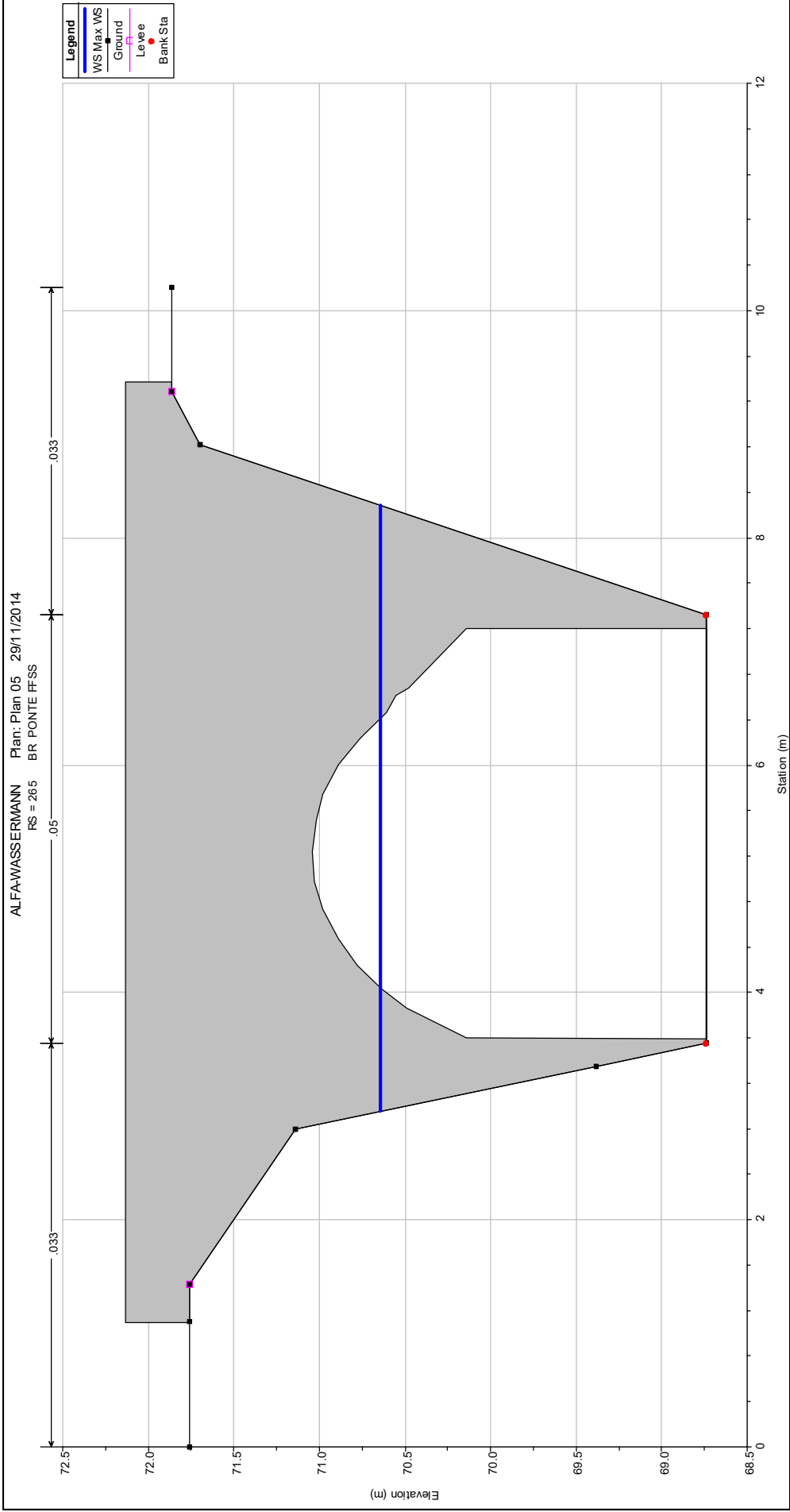




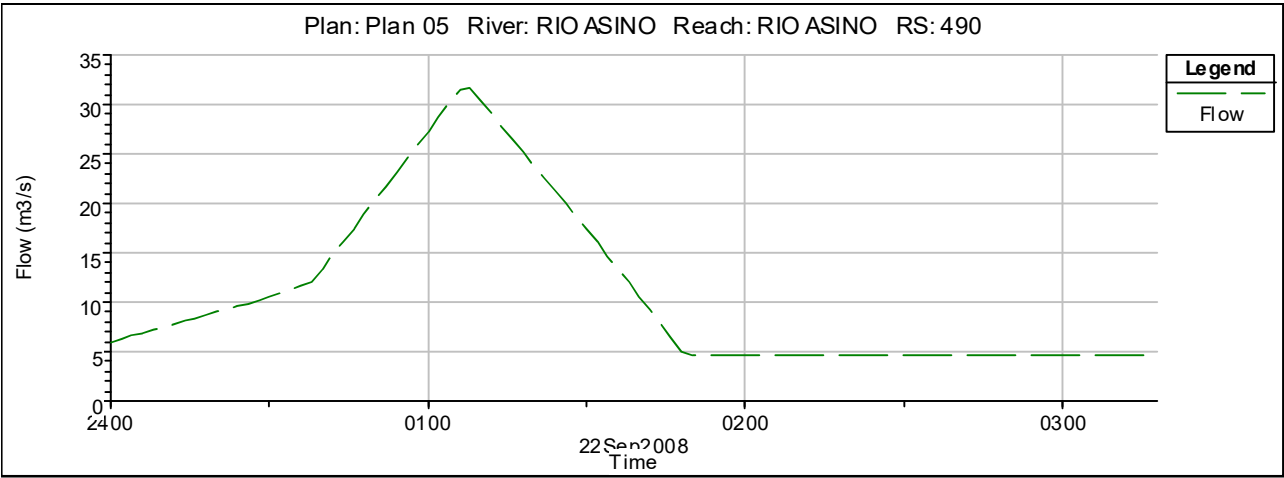
ALFAWASSERMANN Plan: Plan 05 29/11/2014
RS = 280 Sez. 1



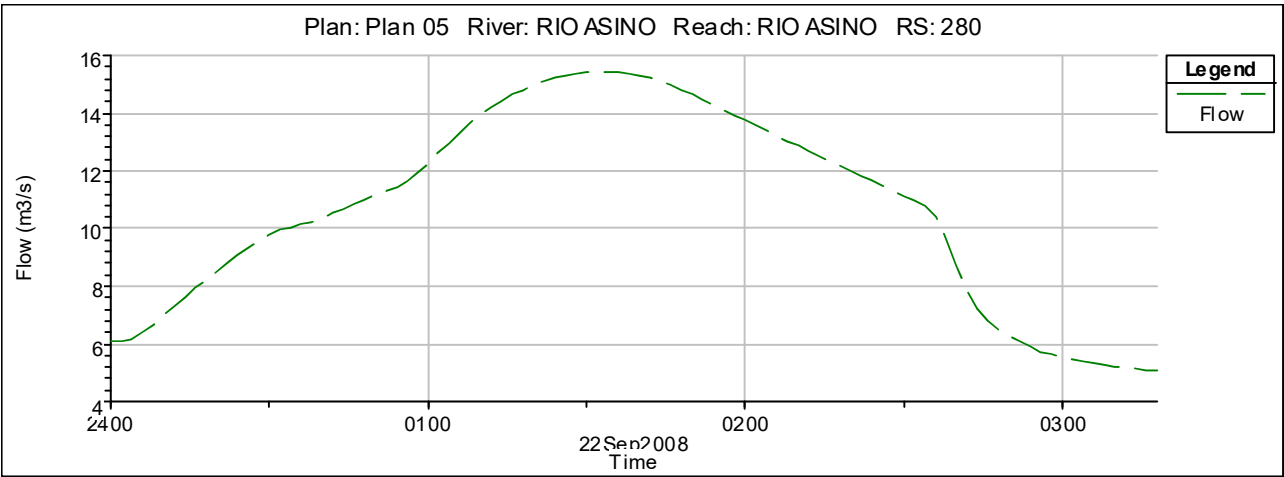




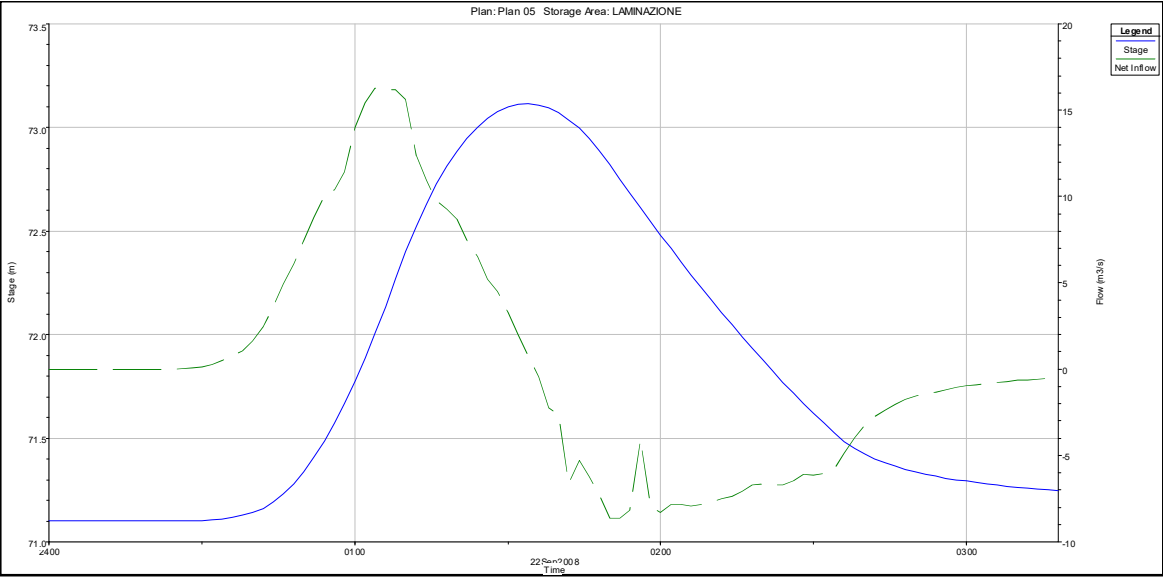
Idrogramma di piena nella sezione immediatamente a valle della Porrettana



Idrogramma di piena in corrispondenza del sottopasso della ferrovia a valle della luce tarata



Idrogramma e livelli nell'area di laminazione



River Station	Sezioni	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)	
490	Sez. 19	32.35	76.5	78.33	78.33	78.92	0.014967	3.66	9.61	7.99	0.86
460	Sez. 18	32.18	75.65	77.49	77.47	78.07	0.014652	3.63	9.65	8	0.86
450	Sez. 17	32.09	75.21	77.04	77.02	77.62	0.01483	3.65	9.59	7.97	0.86
440	Sez. 16	32.03	74.88	76.71	76.69	77.28	0.014658	3.62	9.63	8.03	0.85
420	Sez. 15	31.95	74.48	76.3	76.29	76.89	0.014973	3.65	9.53	7.97	0.86
410	Sez. 14	31.9	74.18	75.99	76	76.59	0.015537	3.7	9.38	7.87	0.88
400	Sez. 13	31.83	73.7	75.52	75.51	76.1	0.01483	3.63	9.54	7.98	0.86
390	Sez. 12	31.82	73.14	74.96	74.95	75.54	0.014752	3.63	9.55	7.97	0.86
380	Sez. 11	31.79	72.65	74.47	74.46	75.05	0.014778	3.63	9.54	7.97	0.86
370	Sez. 10	31.78	72.42	74.24	74.22	74.82	0.014848	3.63	9.52	7.97	0.86
360	Sez. 9	31.75	72.08	73.91	73.88	74.48	0.014623	3.61	9.57	7.98	0.85
350	Sez. 8	30.67	71.63	73.51		74	0.012018	3.34	10.01	8.15	0.78
340	Sez. 7	31.55	71.32	73.24		73.77	0.012584	3.47	9.97	7.87	0.8
330	Sez. 6	15.63	70.91	73.11		73.19	0.001578	1.34	12.77	9.1	0.29
320	Sez. 5	15.63	70.54	73.11		73.16	0.000786	1.05	16.38	10.22	0.21
315	Lat Struct										
310	Sez. 4	15.96	70.13	73.11		73.15	0.000422	0.85	20.83	11.45	0.16
305	Lat Struct										
300	Sez. 3	16.42	69.78	73.11		73.14	0.000269	0.73	25.02	12.5	0.13
295	Lat Struct										
290	Sez. 2	17.07	69.38	73.11		73.13	0.000172	0.63	30.26	13.7	0.1
285	Lat Struct										
280	Sez. 1	15.43	69.02	73.12	70.04	73.13	0.000073	0.44	39.15	15.08	0.07
275	Ini Struct										
272	Sez. 1BIS	15.43	69.02	70.93		71.01	0.001847	1.32	12.53	9.15	0.31
270	Sez. FFSSm	15.43	68.74	70.83	69.9	70.98	0.002875	1.75	9.68	5.48	0.39
265	Bridge										
260	Sez. FFSSv	15.43	68.74	70.58		70.77	0.004505	2.02	8.33	5.28	0.47
250	Sez. Autostrade	15.42	67.95	69.3	68.93	69.42	0.004002	1.55	10.37	11.27	0.42

4 APPENDICE N. 1 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

FOTO: FINSIDER DI ATTRAVERSAMENTO EX S.S. 64 – PORRETTANA



FOTO: PONTICELLO IN PROPRIETA' PRIVATA, SUBITO A VALLE
DELLA EX S.S. 64 PORRETTANA DA BY-PASSARE

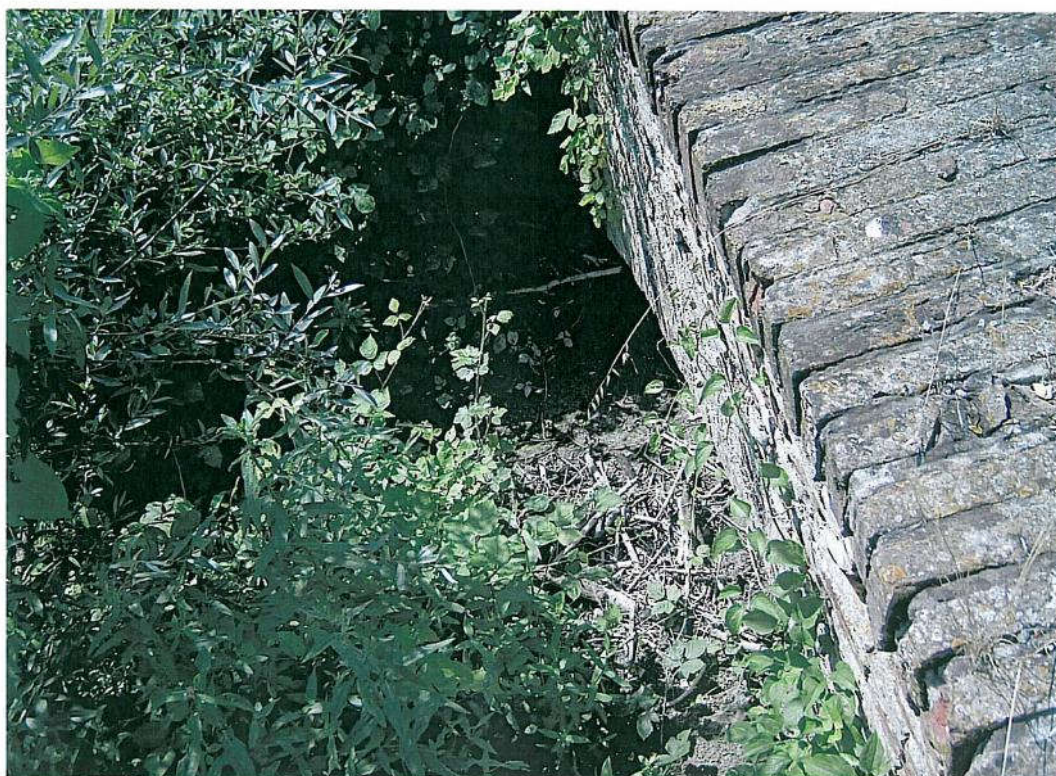
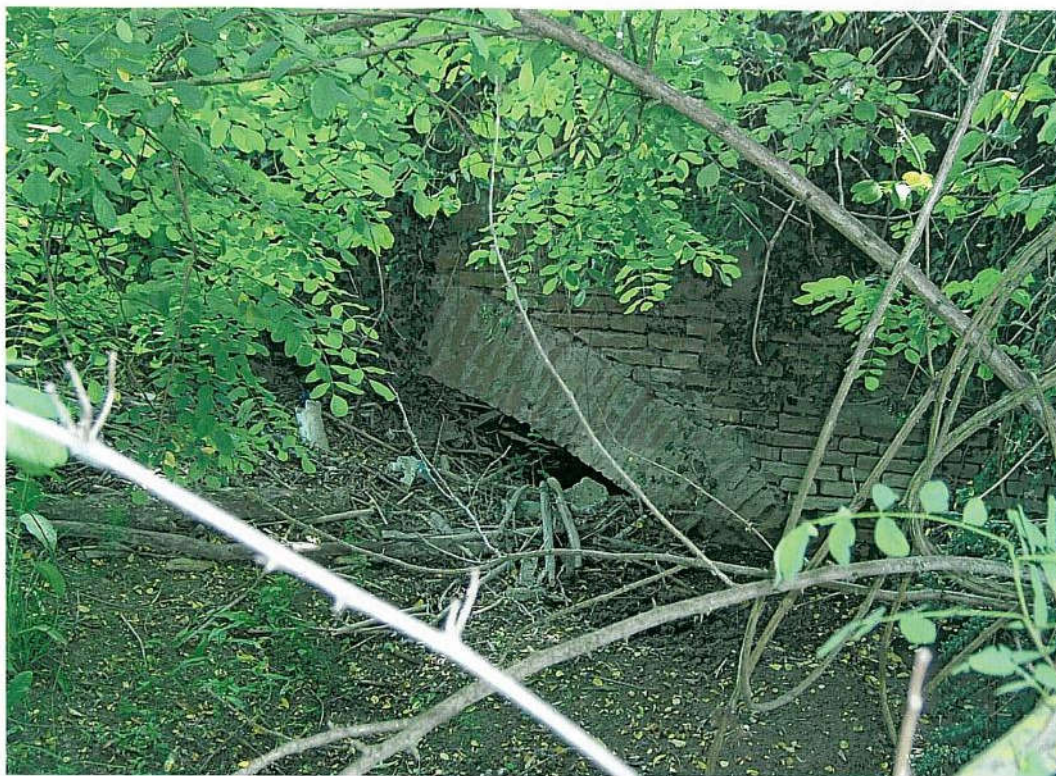


FOTO: PONTICELLO DENOMINATO "PONTE CHIESINA" IN PROPRIETA' PRIVATA, SUBITO A VALLE DELLA EX S.S. 64 PORRETTANA DA BY-PASSARE

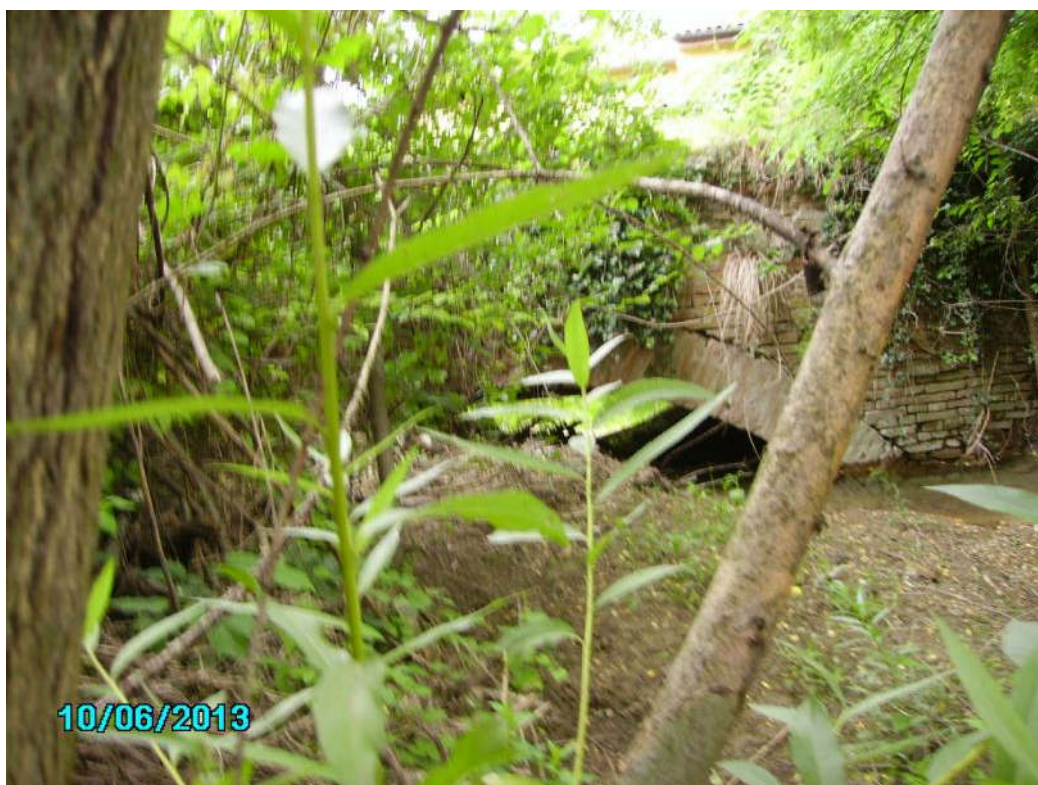


FOTO: PONTE DELLA LINEA FERROVIARIA BOLOGNA-PORRETTA

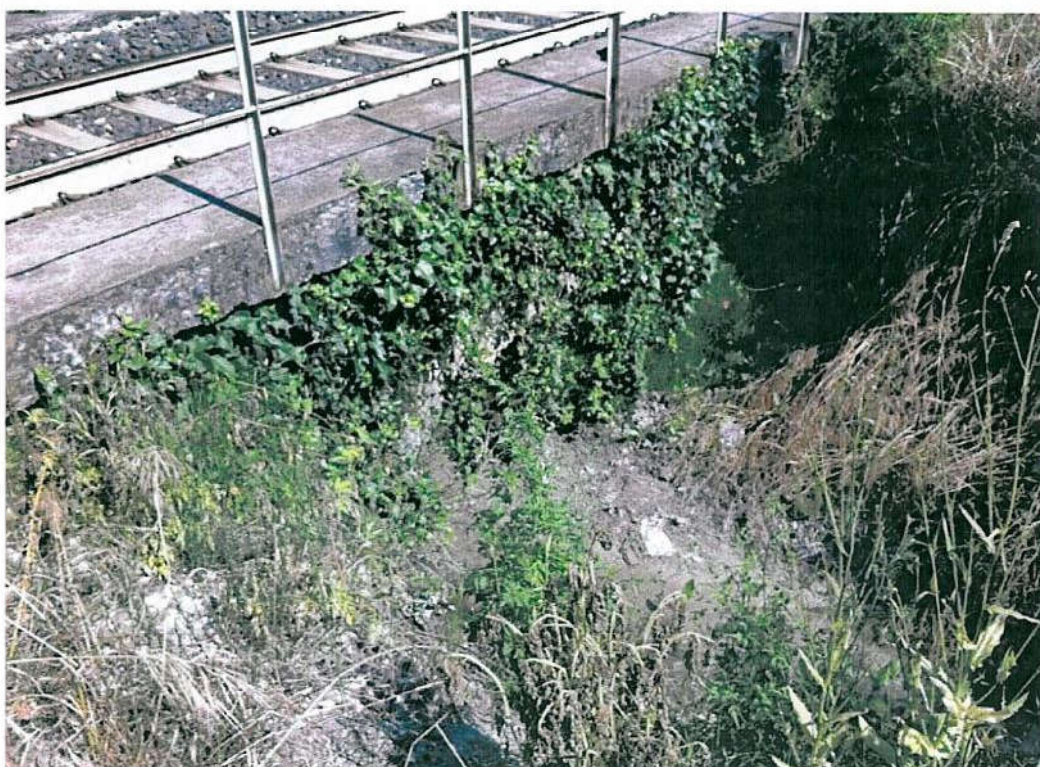


FOTO: PONTE DELLA LINEA FERROVIARIA BOLOGNA-PORRETTA



FOTO: SOTTOPASSO DELL'AUTOSTRADA A1 – BOLOGNA FIRENZE – VISTO DA MONTE
SULLA DESTRA SI SCORGE LA CONDOTTA IN PEAD DN 600 DI SCARICO DALLA PIATTAFORMA



FOTO: SOTTOPASSO DELL'AUTOSTRADA A1 – BOLOGNA FIRENZE – VISTO DA MONTE
AL CENTRO E SUI LATI SI VEDONO I RESTI DI UN TRABATTELLO



FOTO: SOTTOPASSO DELL'AUTOSTRADA A1 – BOLOGNA FIRENZE – VISTO DA MONTE
TRATTO TERMINALE IN FINSIDER PER FUTURA REALIZZAZIONE SS64



FOTO: SBOCCO DEL RIO DELL'ASINO IN USCITA DAL SOTTOPASSO AUTOSTRADA A1 – BO-FI



FOTO: ALVEO RIO DELL'ASINO – TRATTO A VALLE DEL “PONTE CHIESINA”



FOTO: ALVEO RIO DELL'ASINO E VEGETAZIONE INSISTENTE SULLO STESSO A VALLE DEL
MANUFATTO DI ATTRAVERSAMENTO PER NECESSITA' AGRICOLE (DN1000)



FOTO: ALVEO RIO DELL'ASINO E VEGETAZIONE INSISTENTE SULLO STESSO SINISTRA DELLA
FOTO. SUL CONFINE DEL CAMPO, AL CENTRO DELLA FOTO, SI TROVA LA LINEA FERROVIARIA. IL
CARTELLO BIANCO AL CENTRO INDICA LA POSIZIONE DELL'OLEODOTTO MILITARE.



FOTO: ALVEO RIO DELL'ASINO TRA LA FERROVIA E L'AUTOSTRADA



FOTO: ALVEO RIO DELL'ASINO IMMEDIATAMENTE A MONTE DELL'AUTOSTRADA A1 – BO-FI



5 APPENDICE N. 2 - RISULTATI DEL CALCOLO IDRAULICO - STATO DI FATTO

VERIFICHE IDRAULICHE IN MOTO PERMANENTE LUNGO IL RIO DELL'ASINO NELLA SITUAZIONE ATTUALE

PORTATE

Q = 1.00 mc/s

Q = 5.00 mc/s

Q = 10.00 mc/s

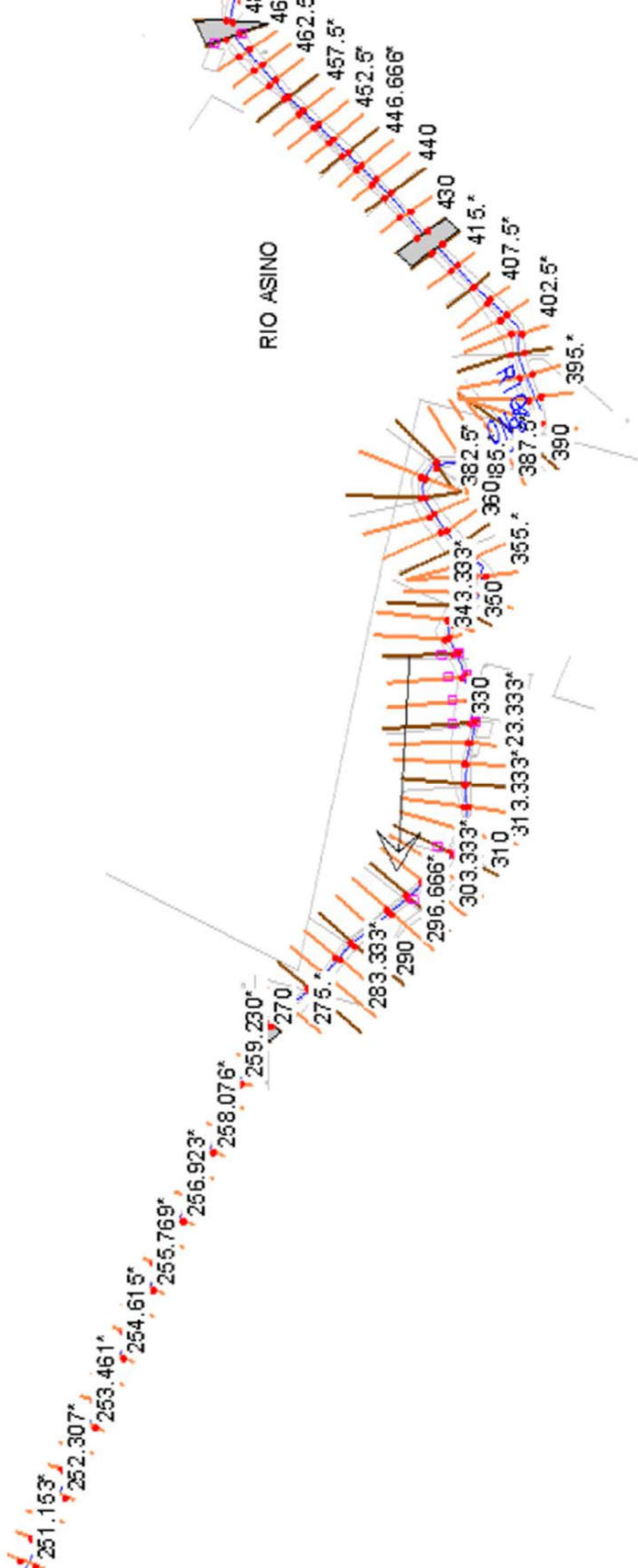
Q = 15.00 mc/s

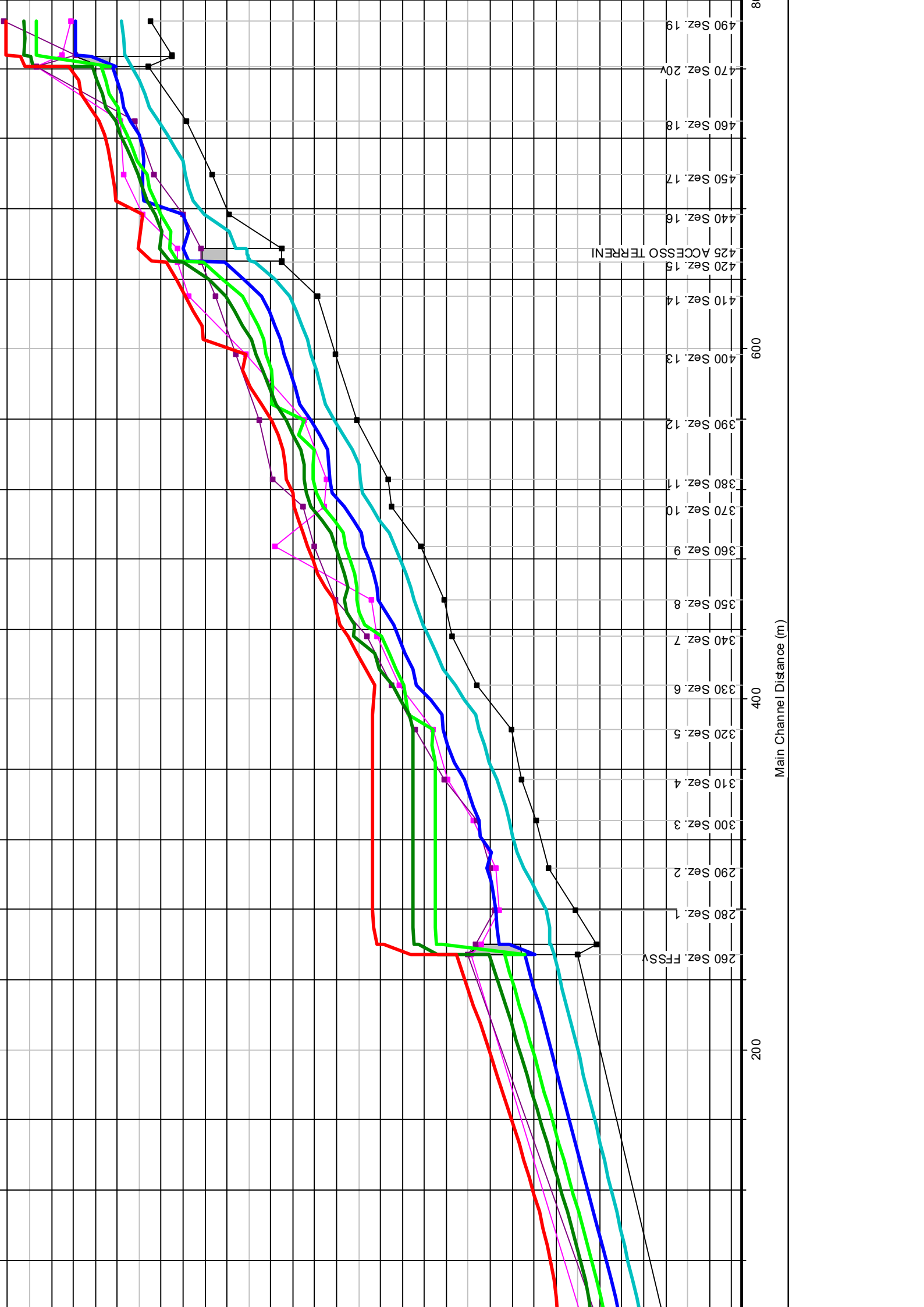
Q = 32.35 mc/s

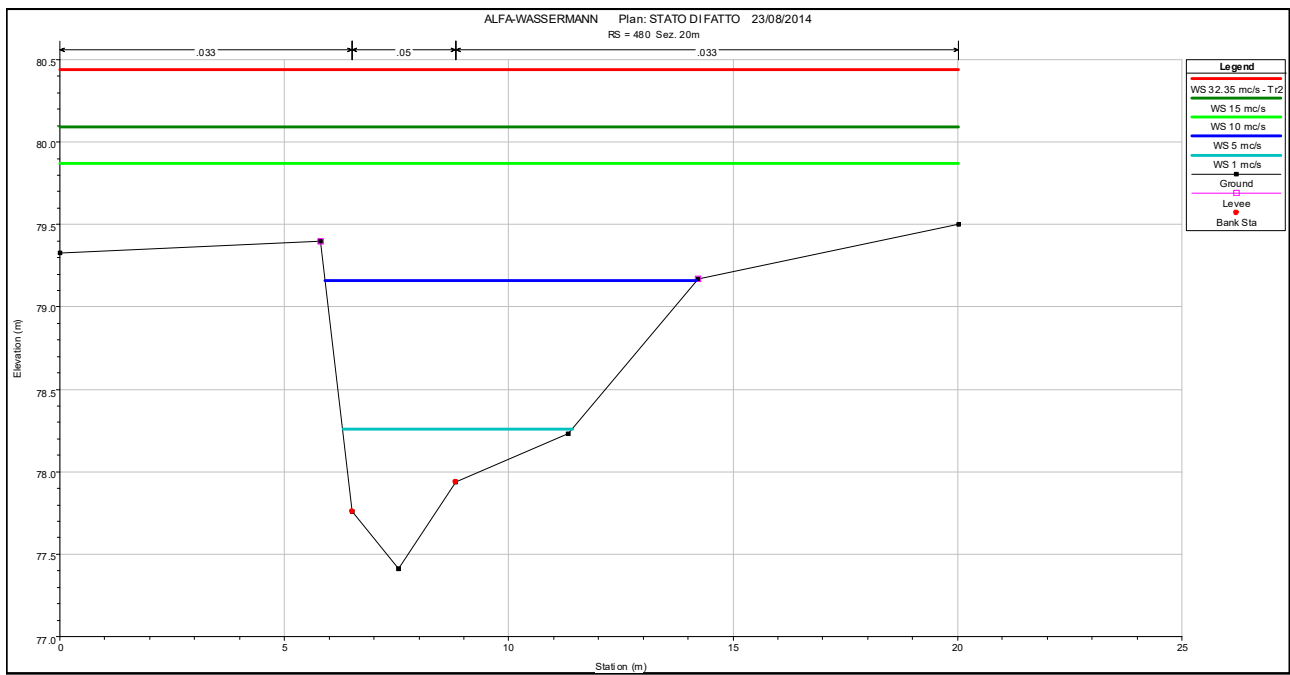
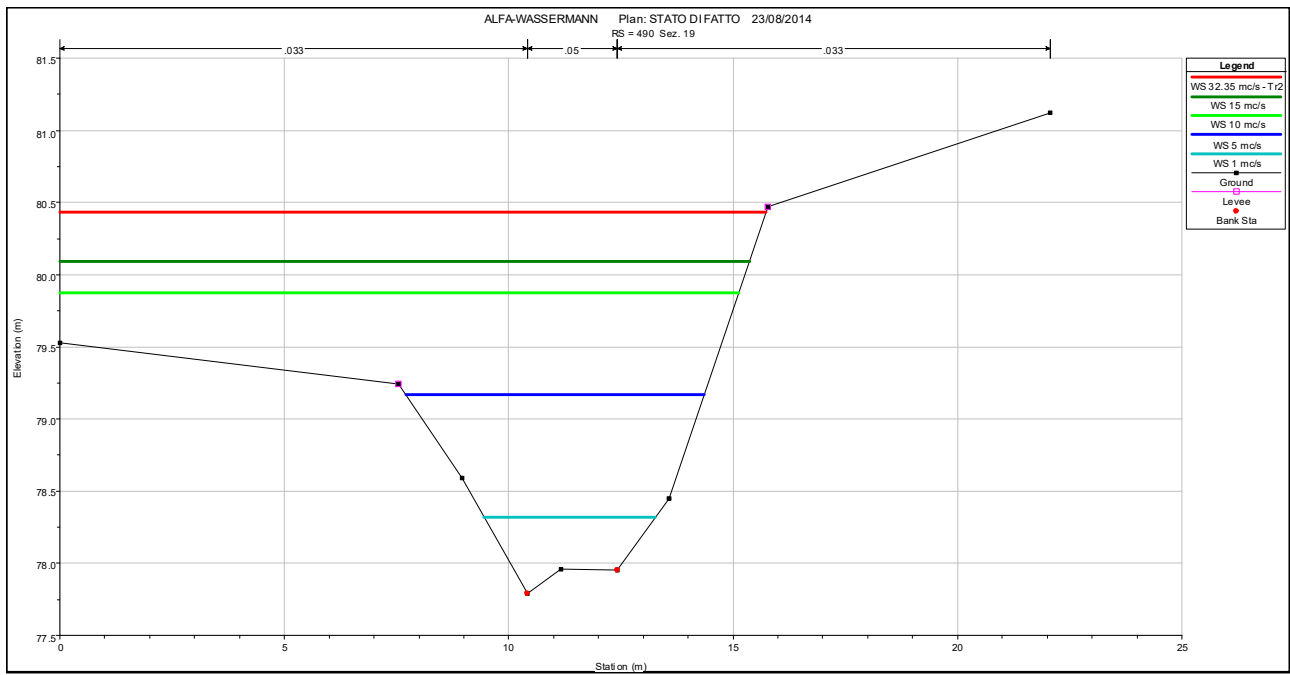
Con restituzione di:

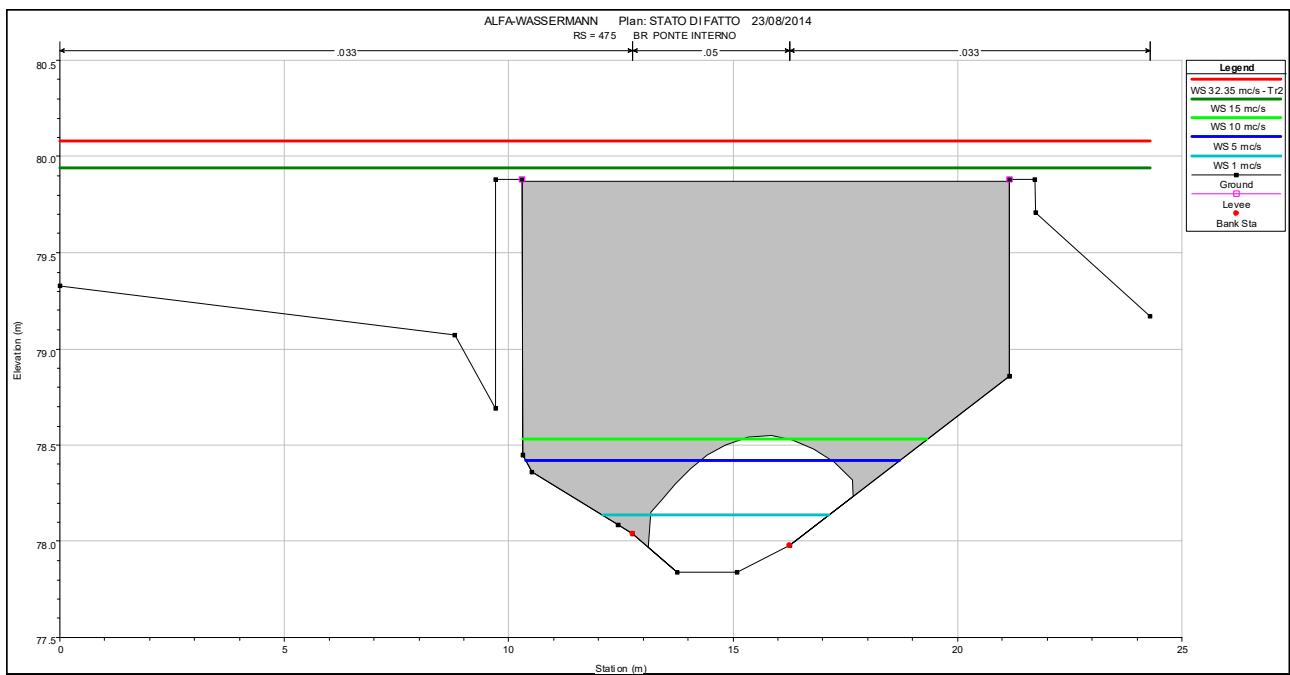
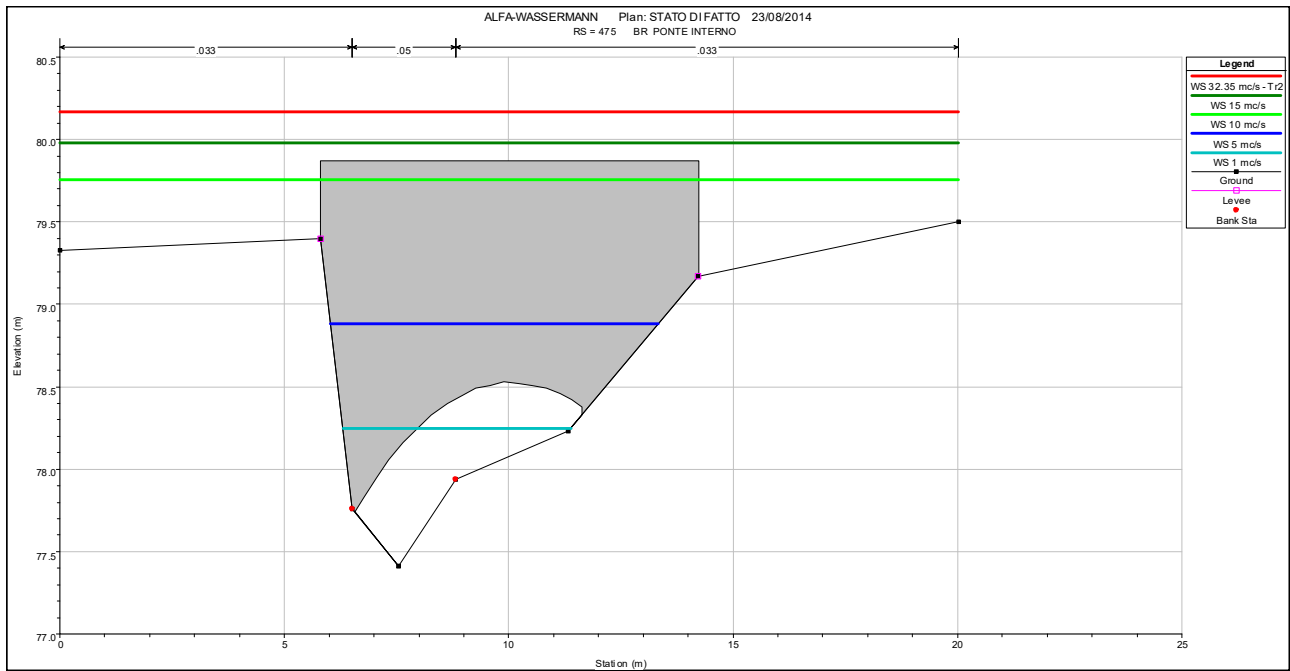
- Planimetria con traccia delle sezioni
- Profili di rigurgito
- Tabulati dei risultati delle verifiche idrauliche in moto permanente

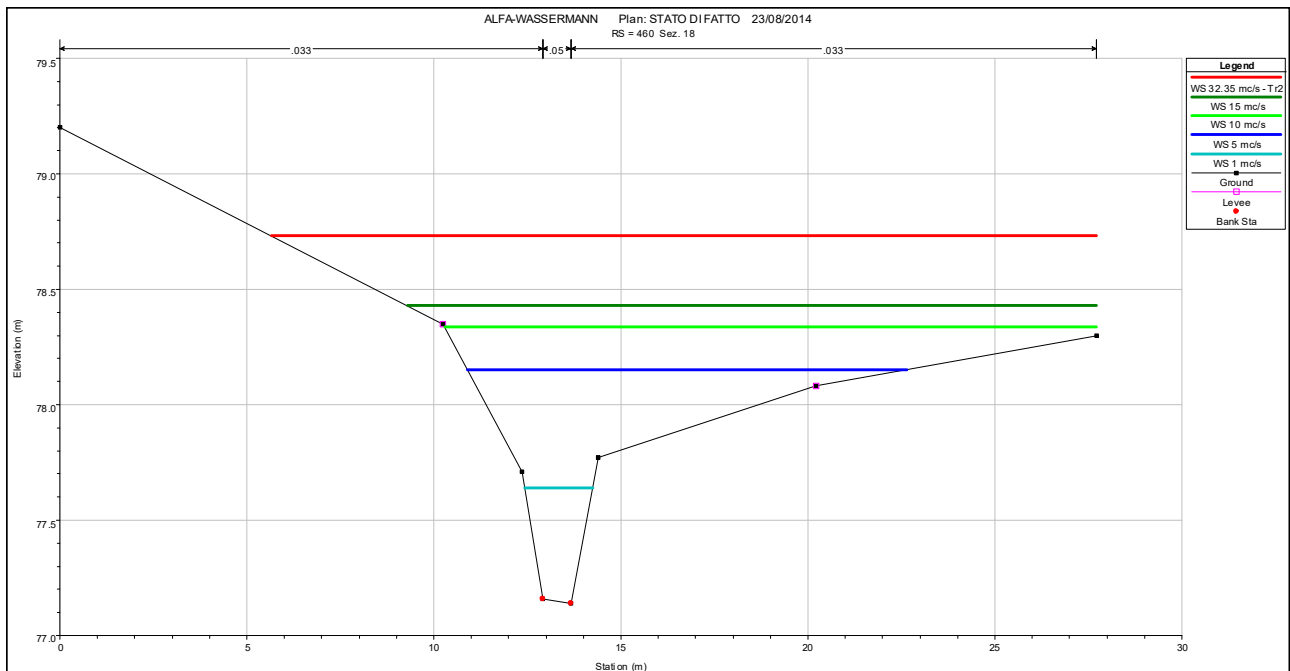
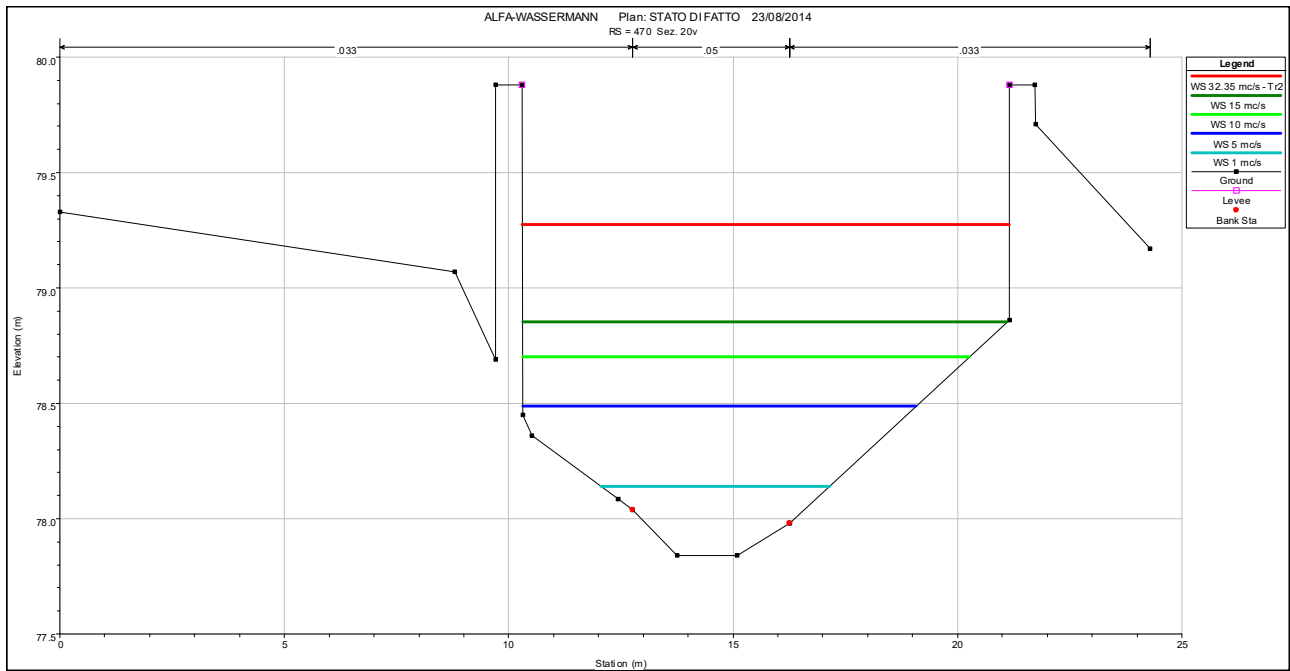
Scabrezza:	secondo Strickler	$60 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$	c.a. e cls
	secondo Strickler	$20 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$	letto naturale con ciottoli
	secondo Strickler	$30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$	letto erboso
	secondo Strickler	$30 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$	scarpate inerbite

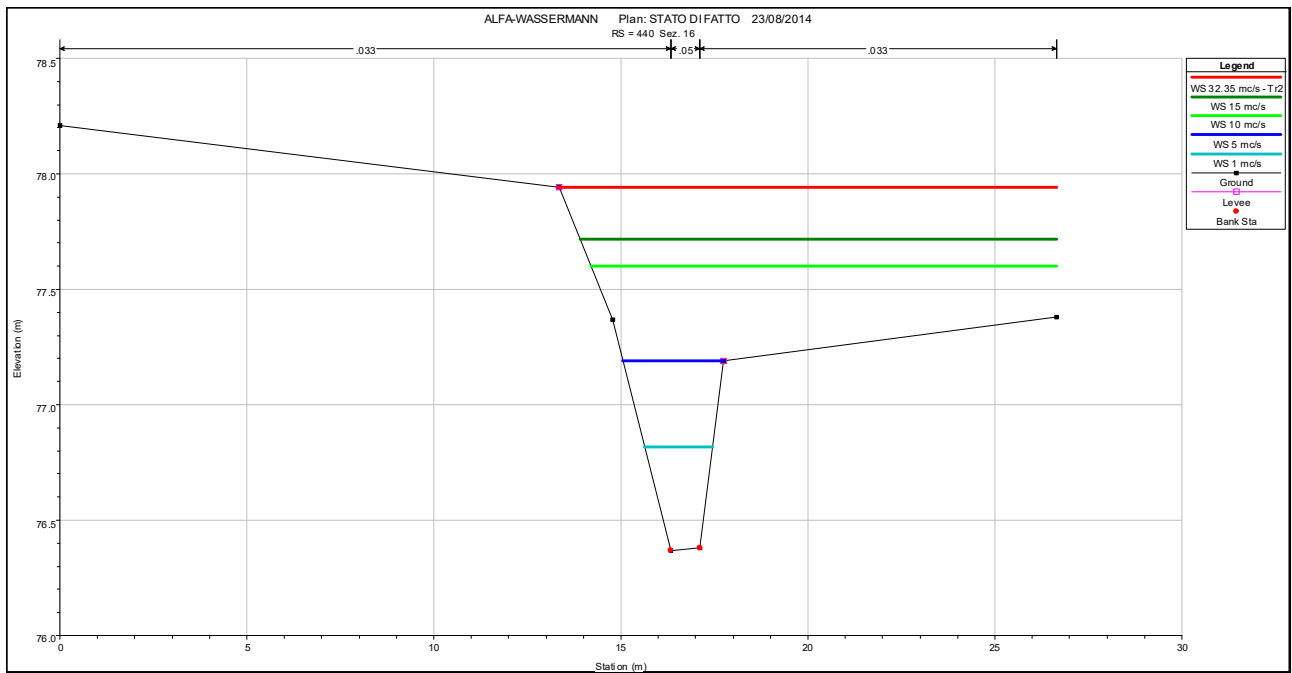
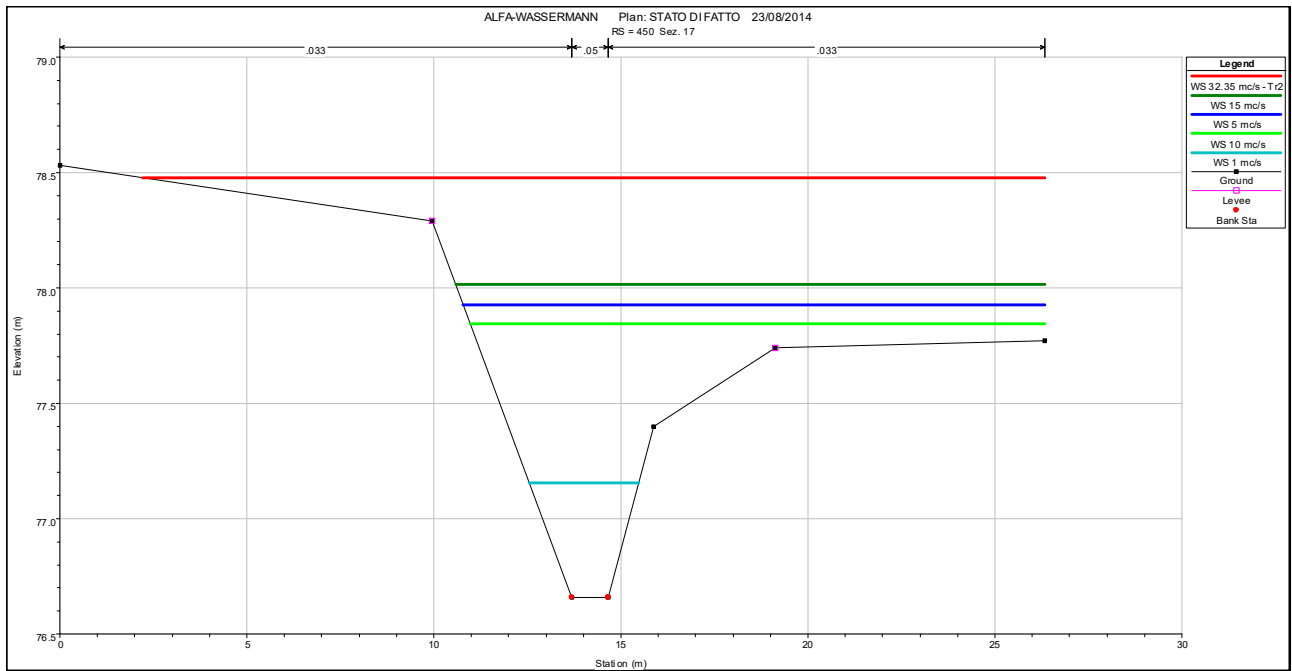


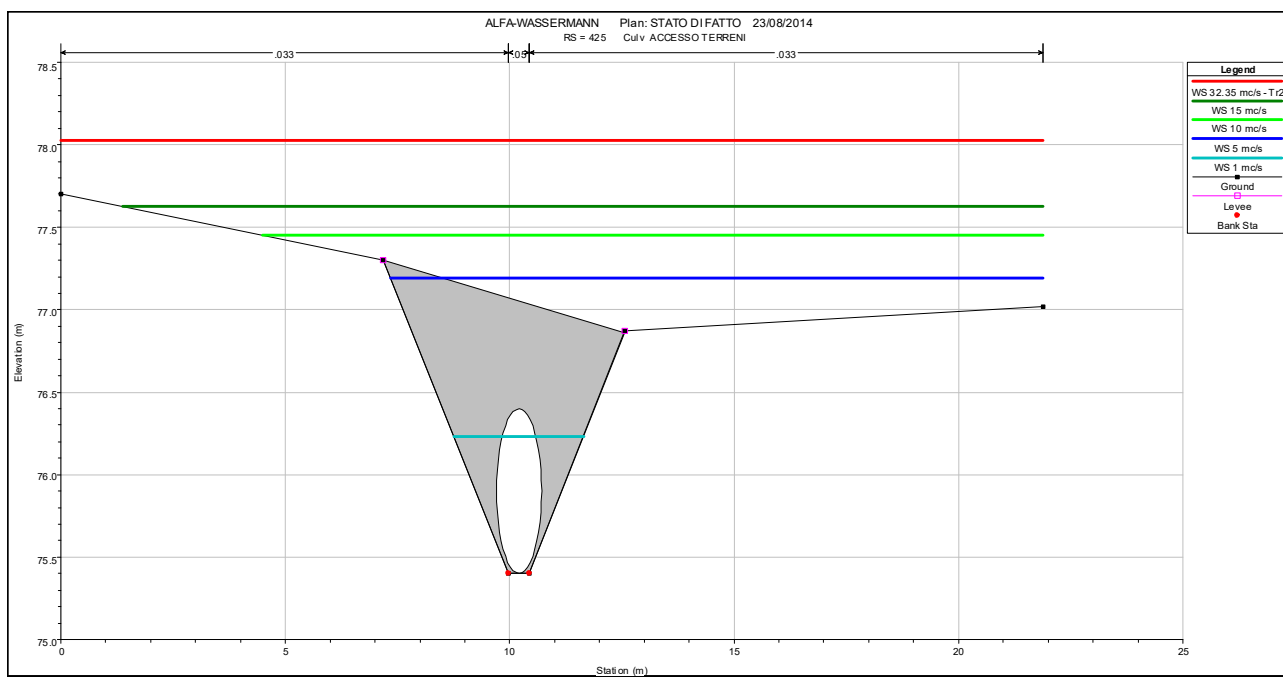
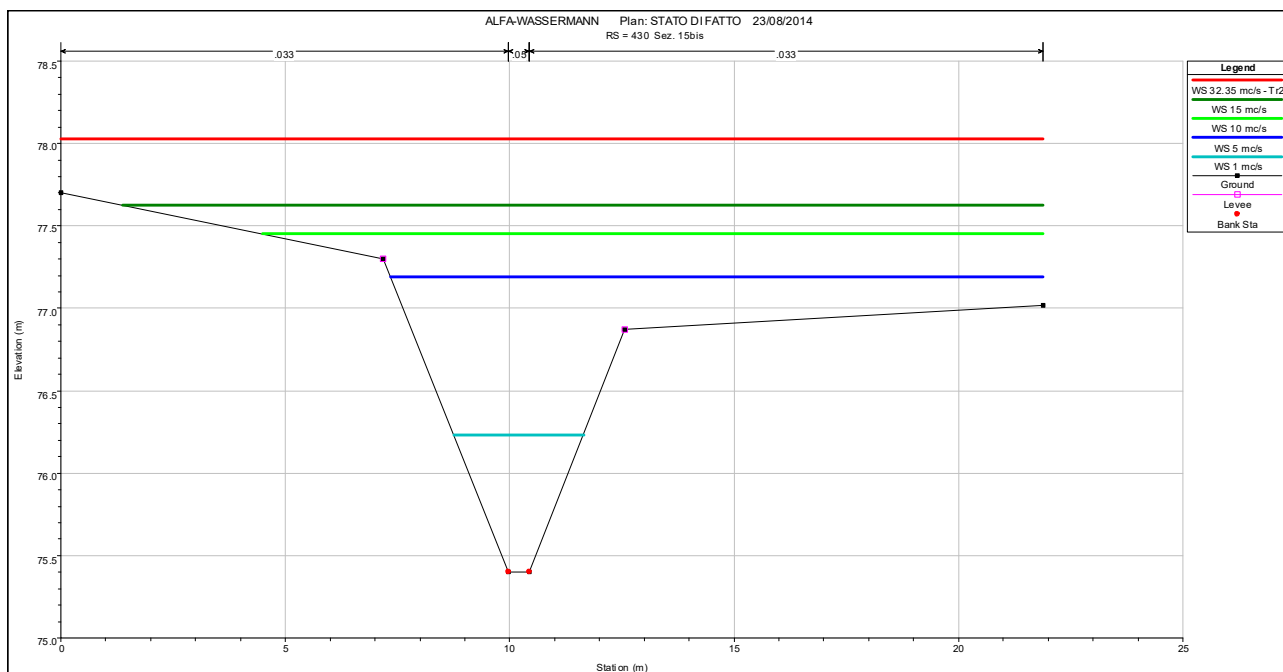


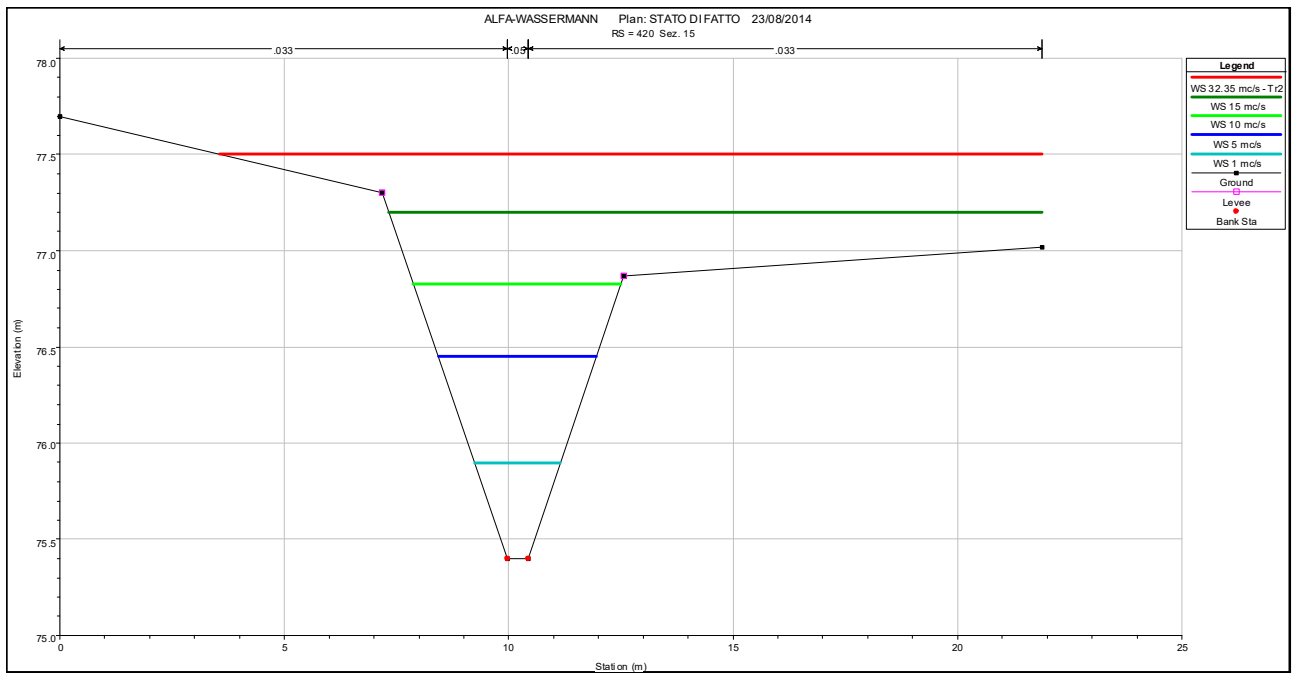
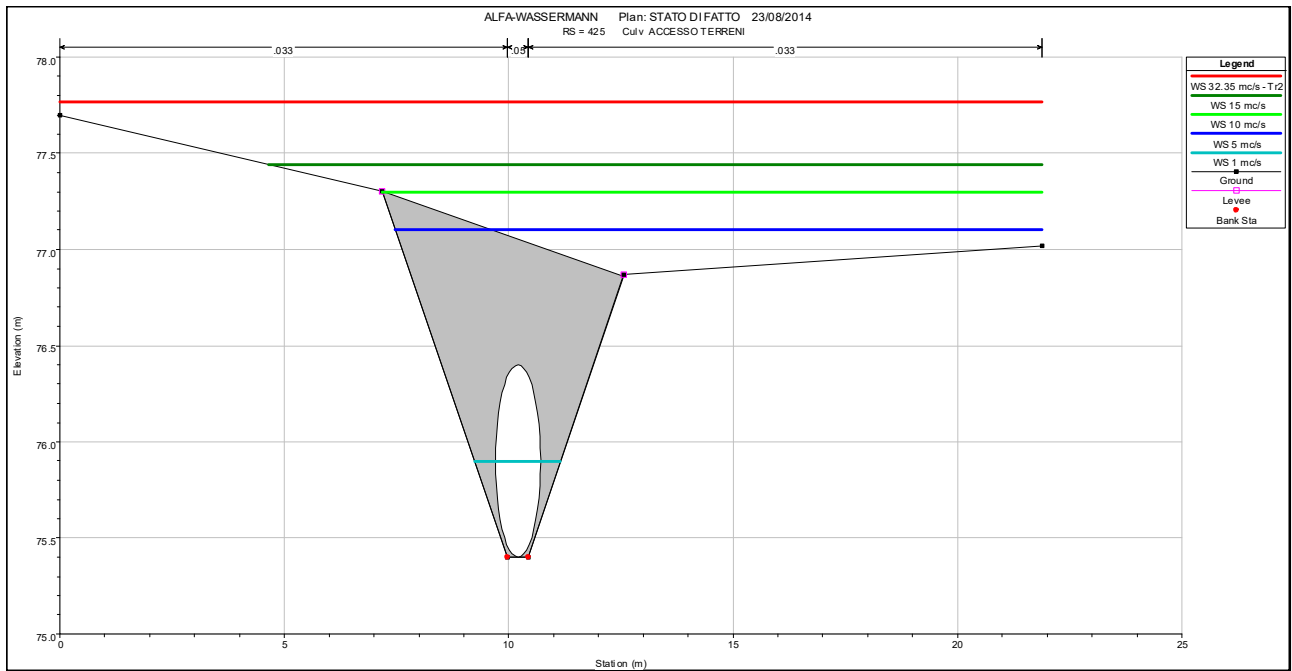


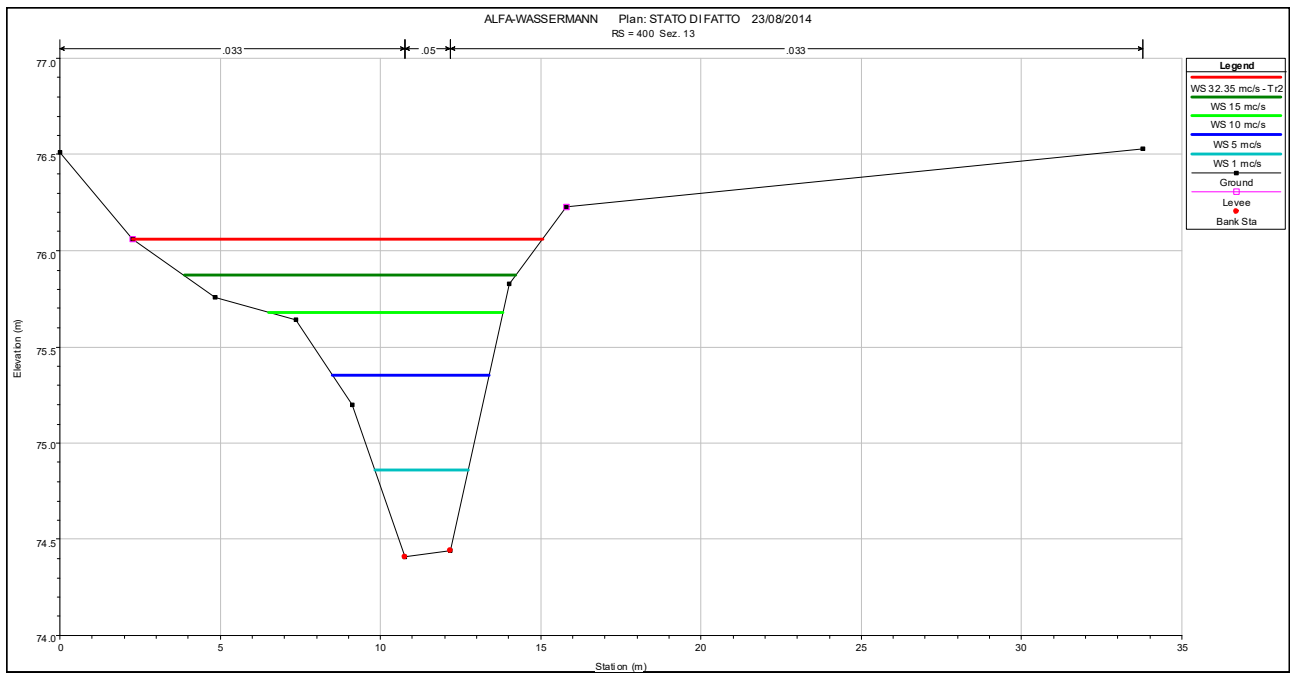
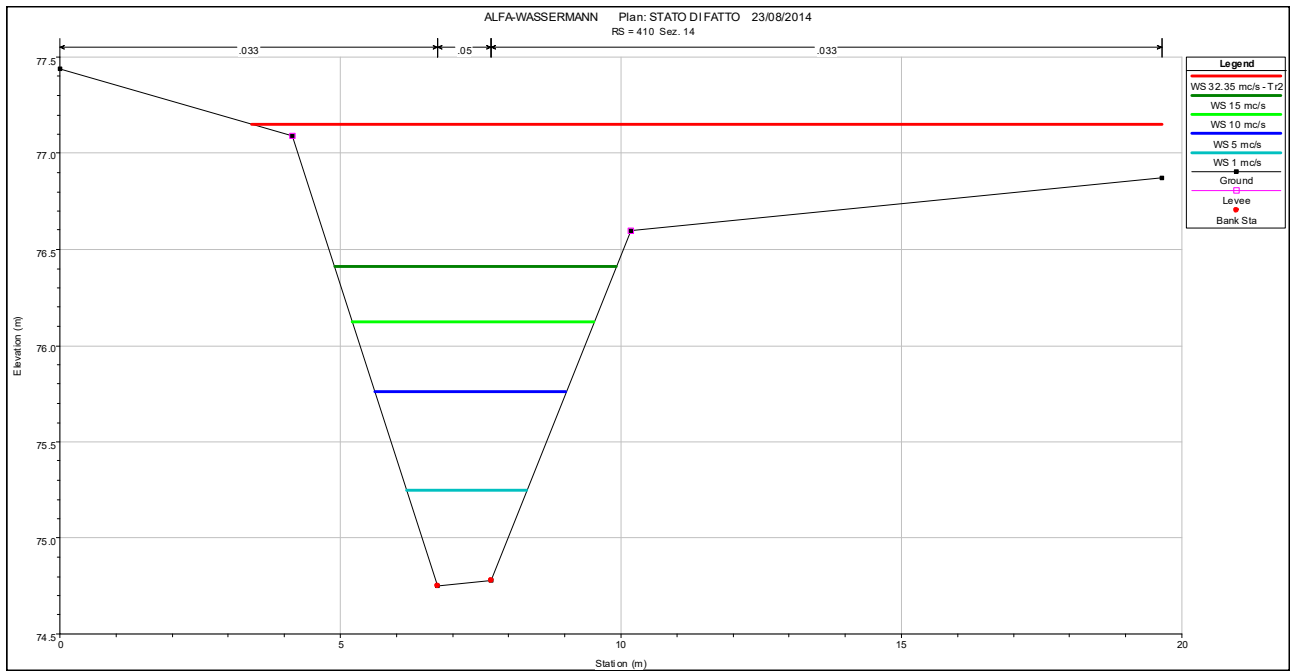


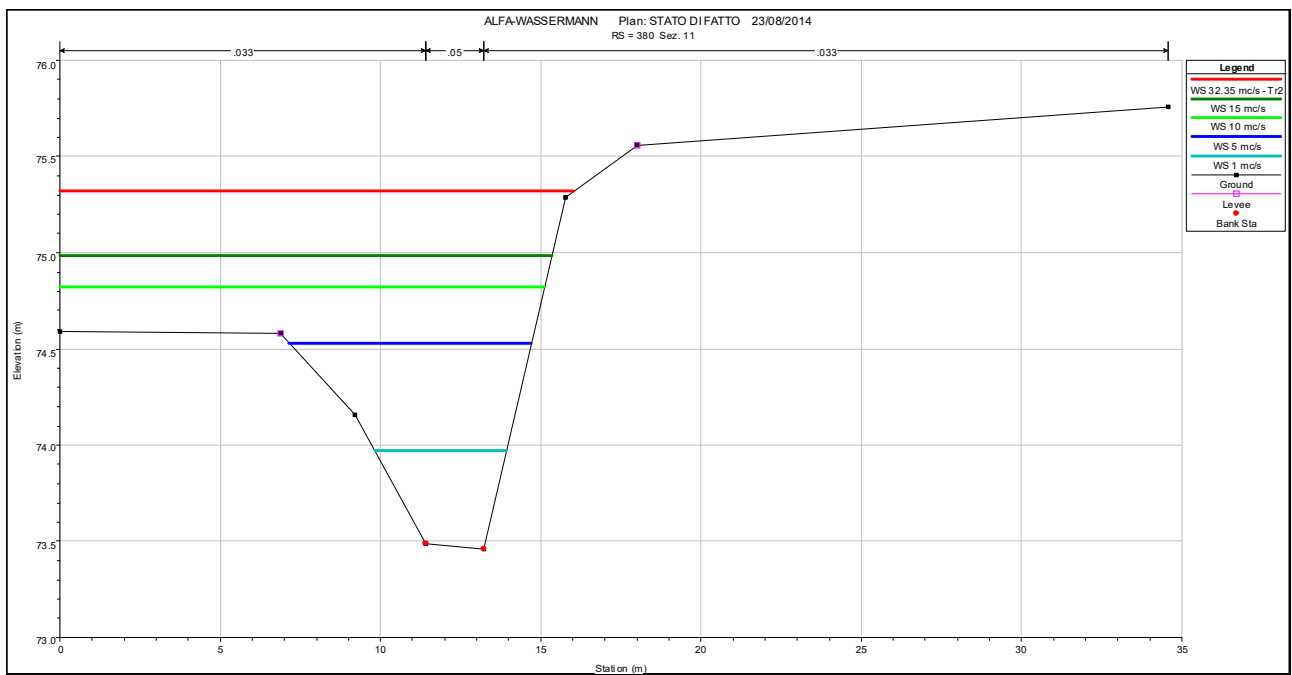
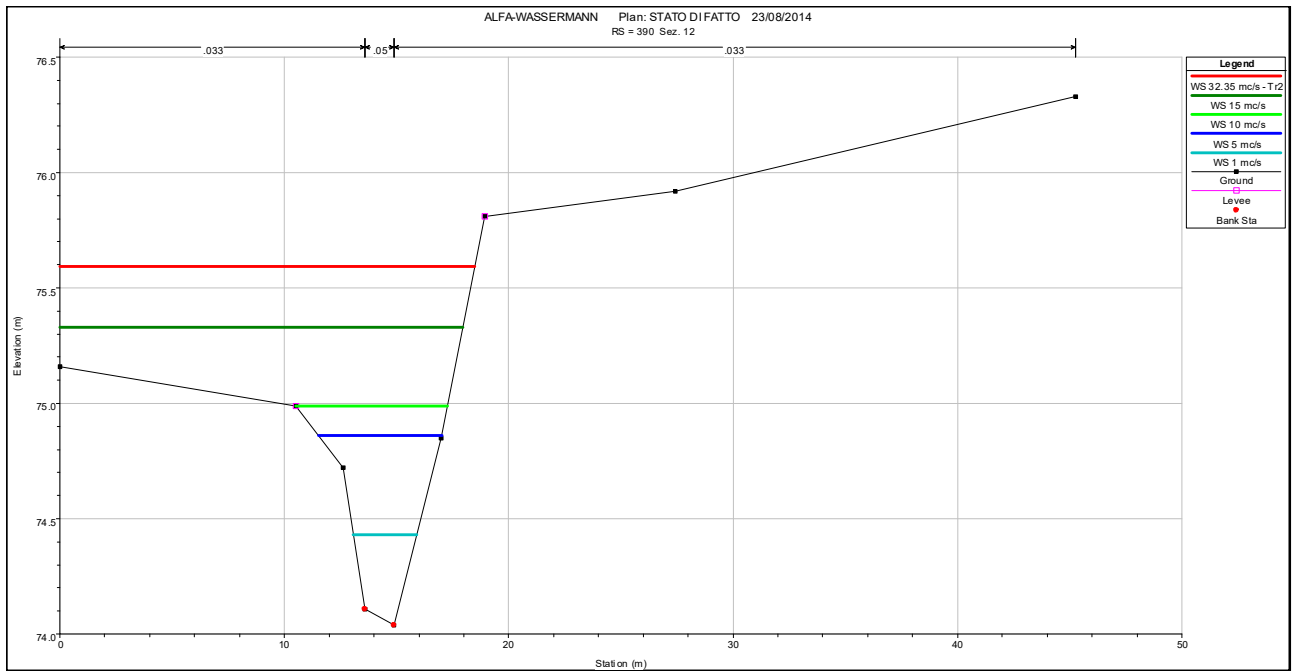


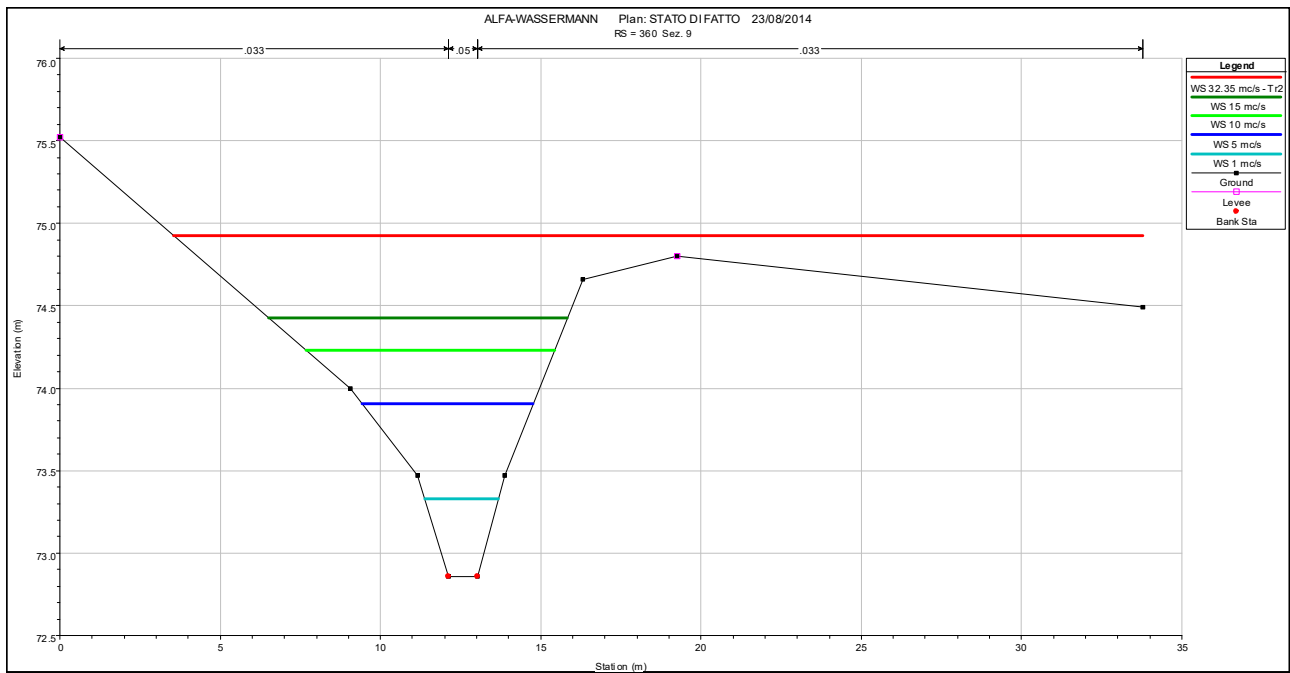
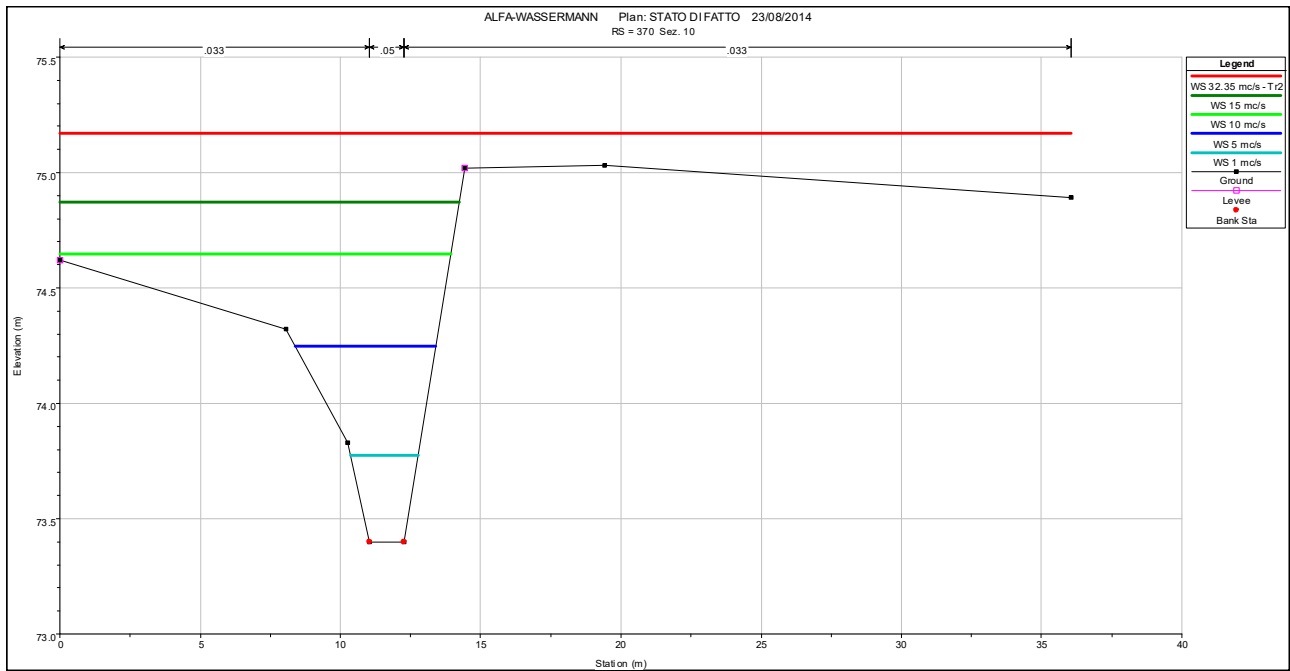


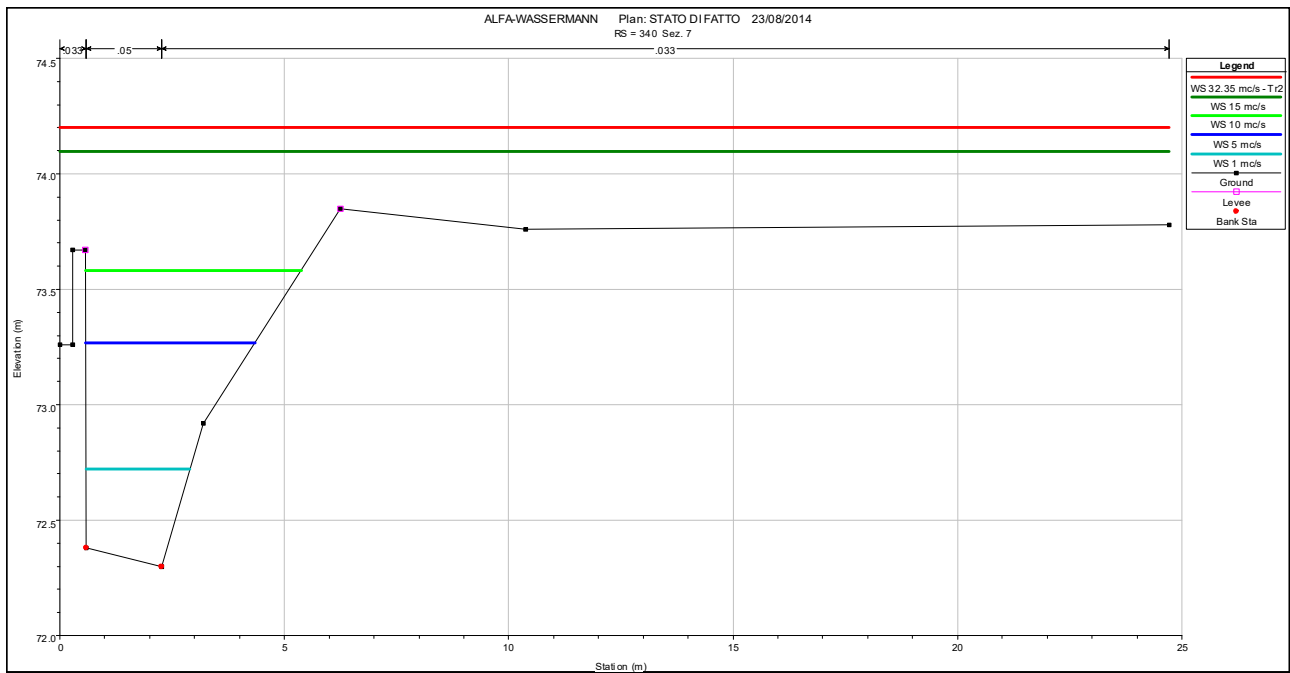
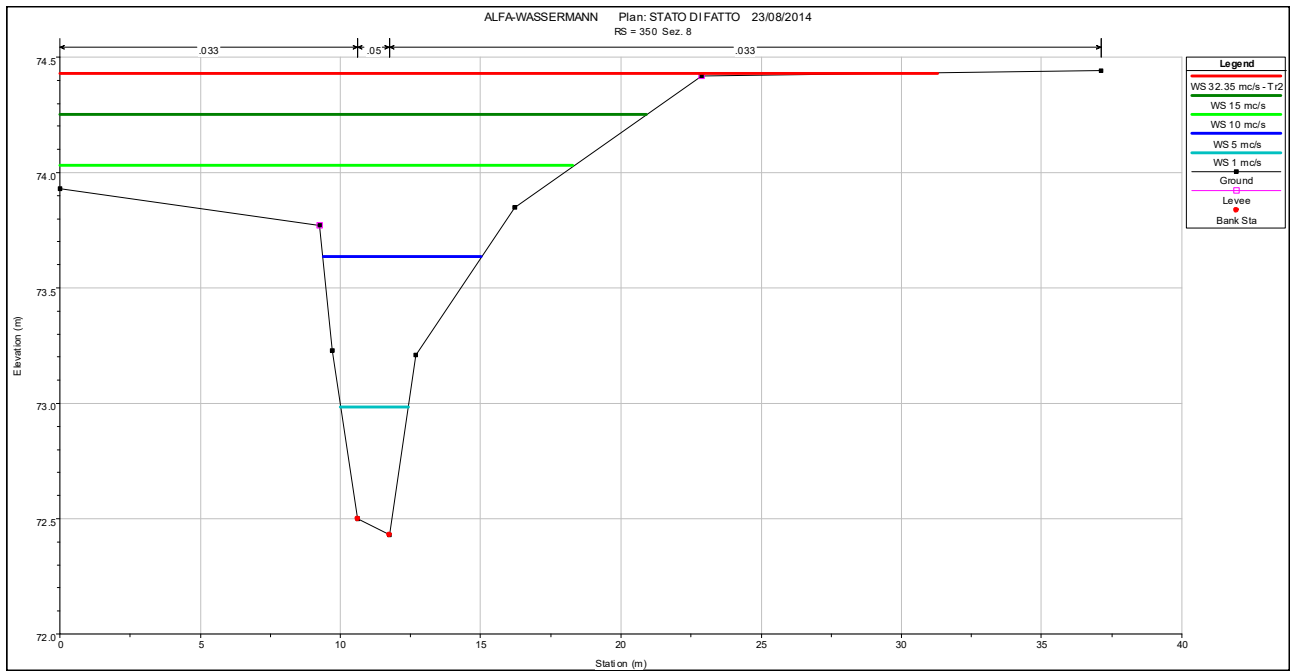


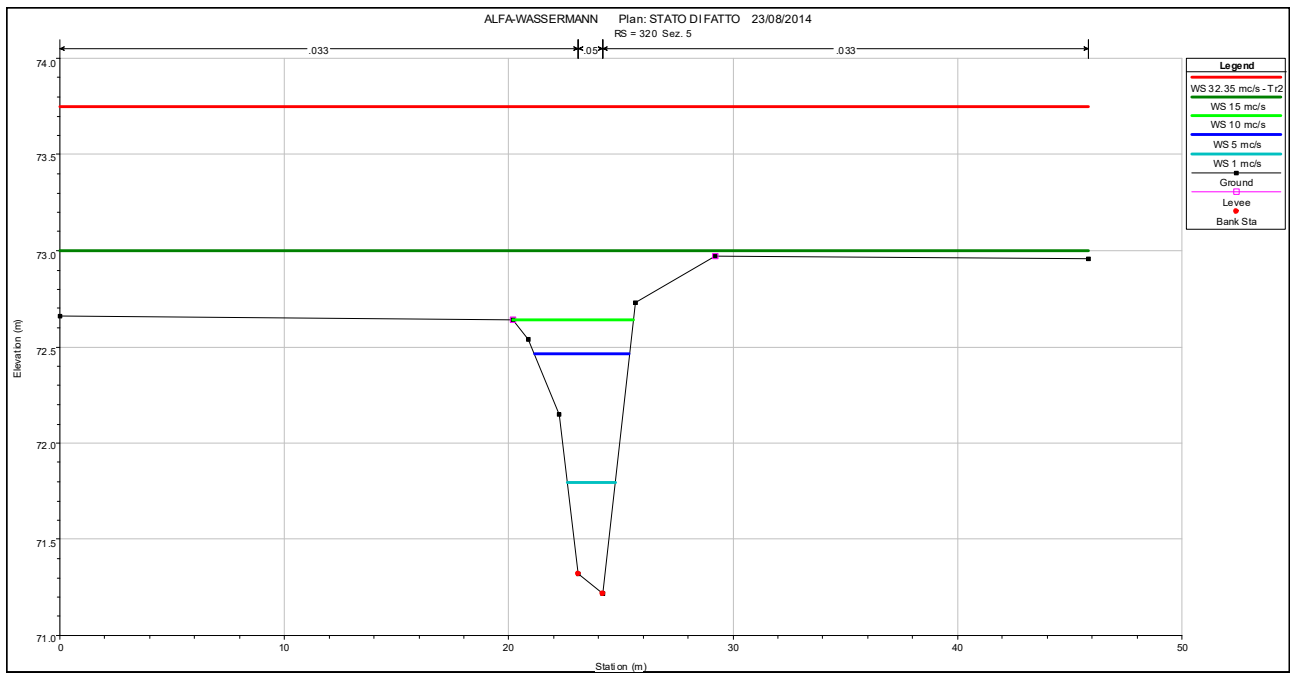
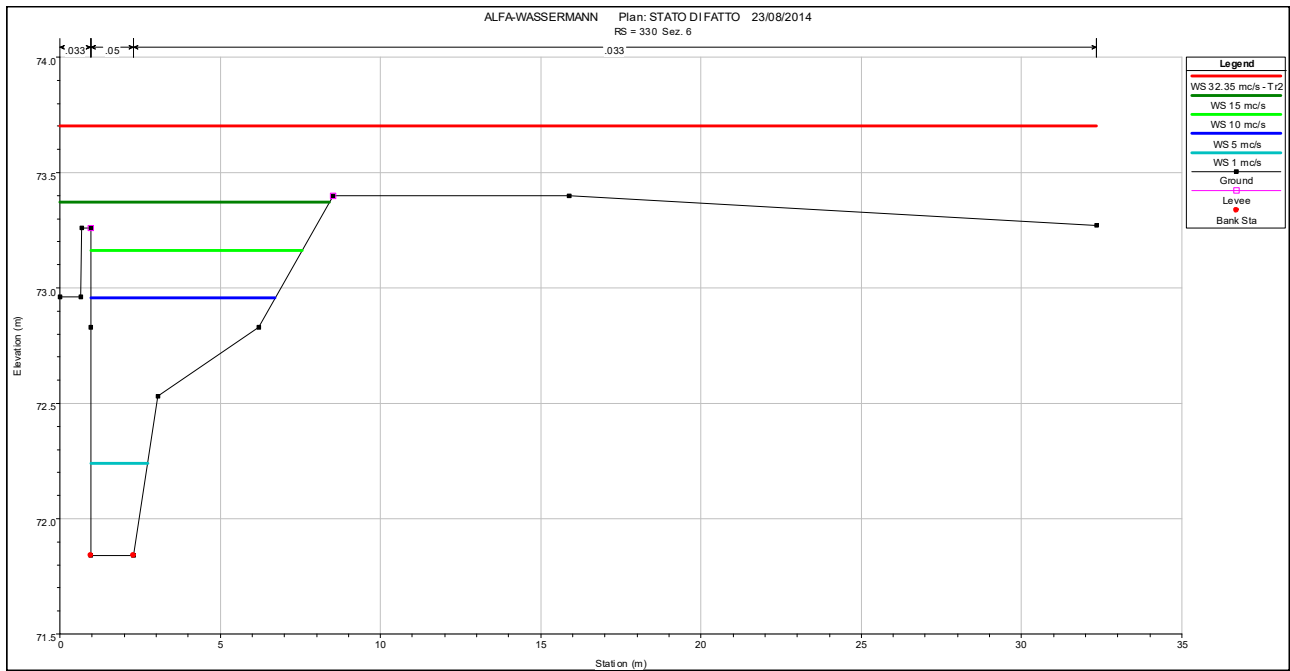


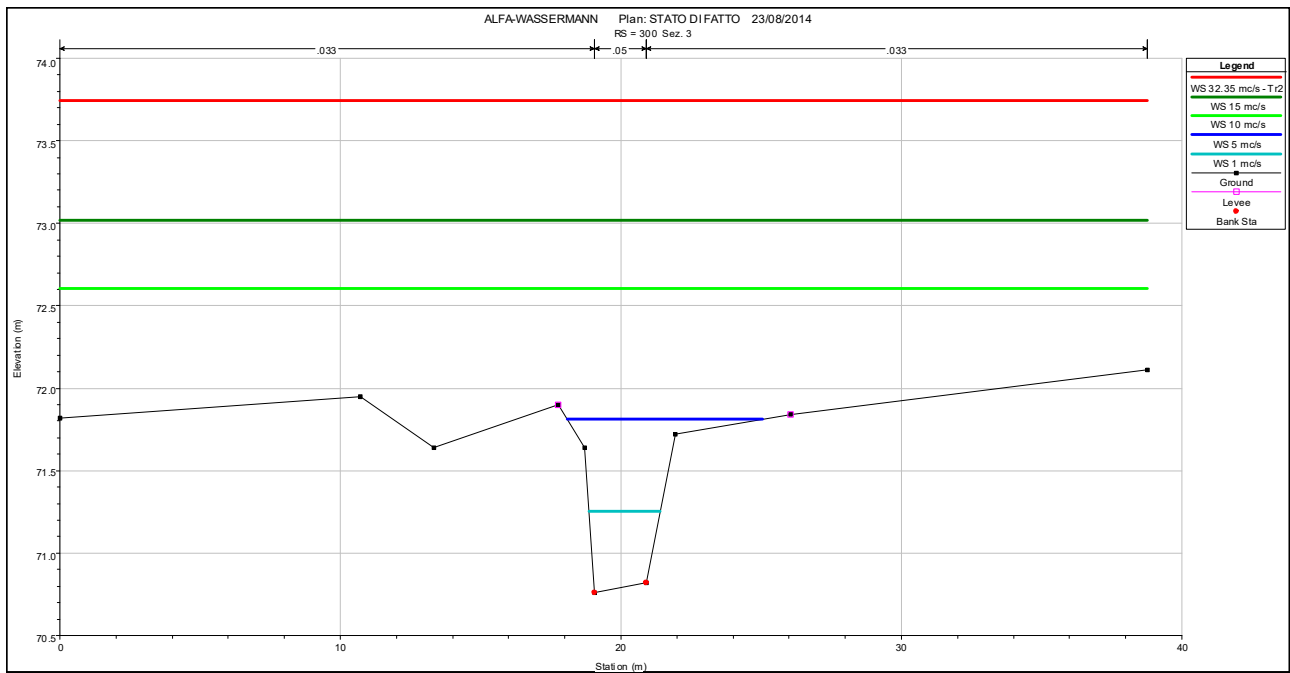
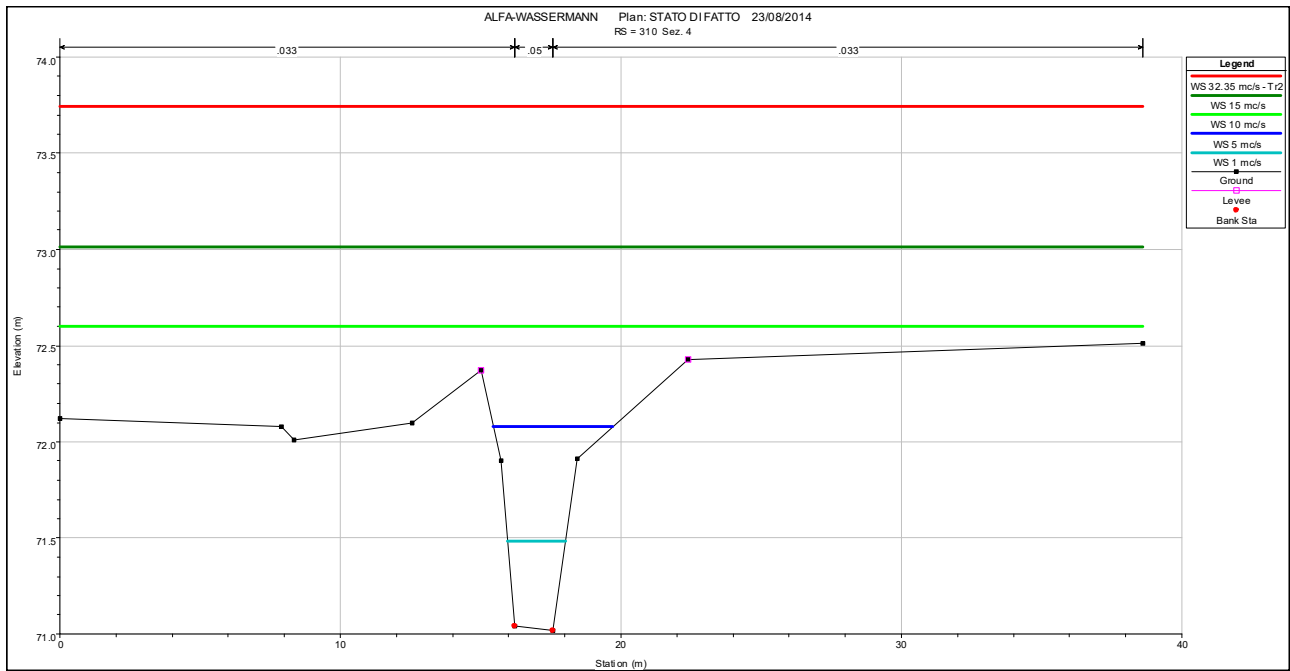


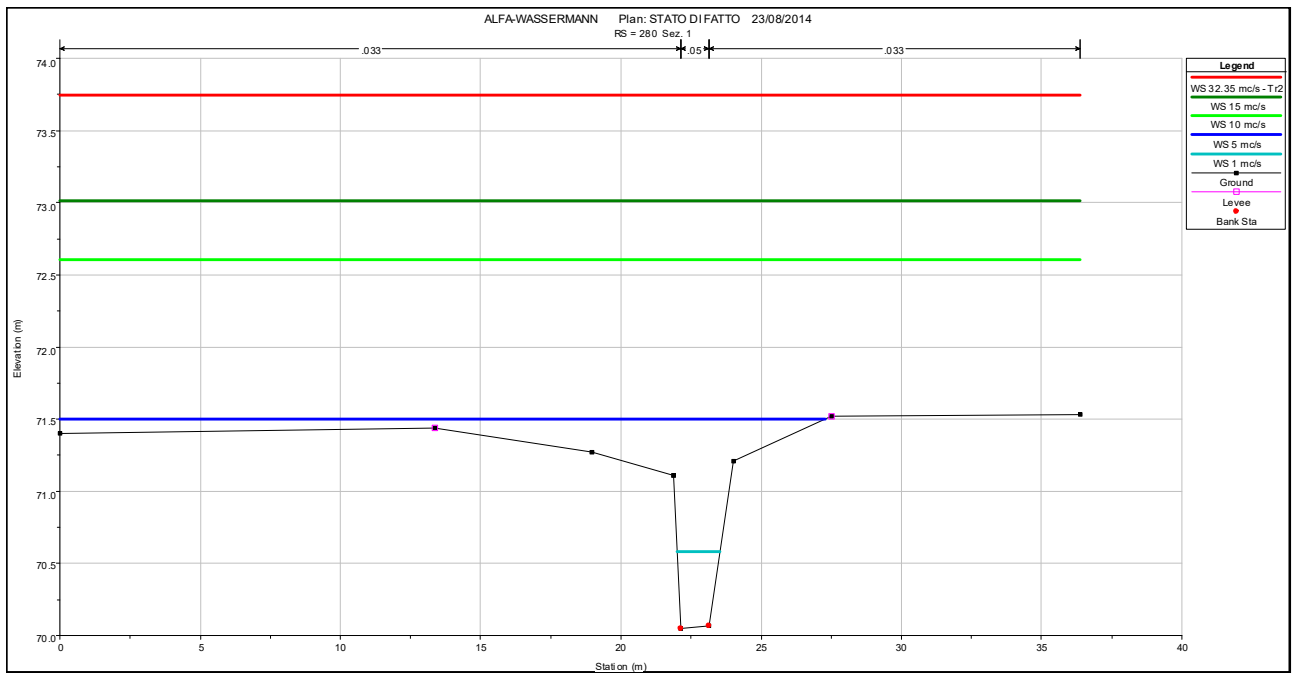
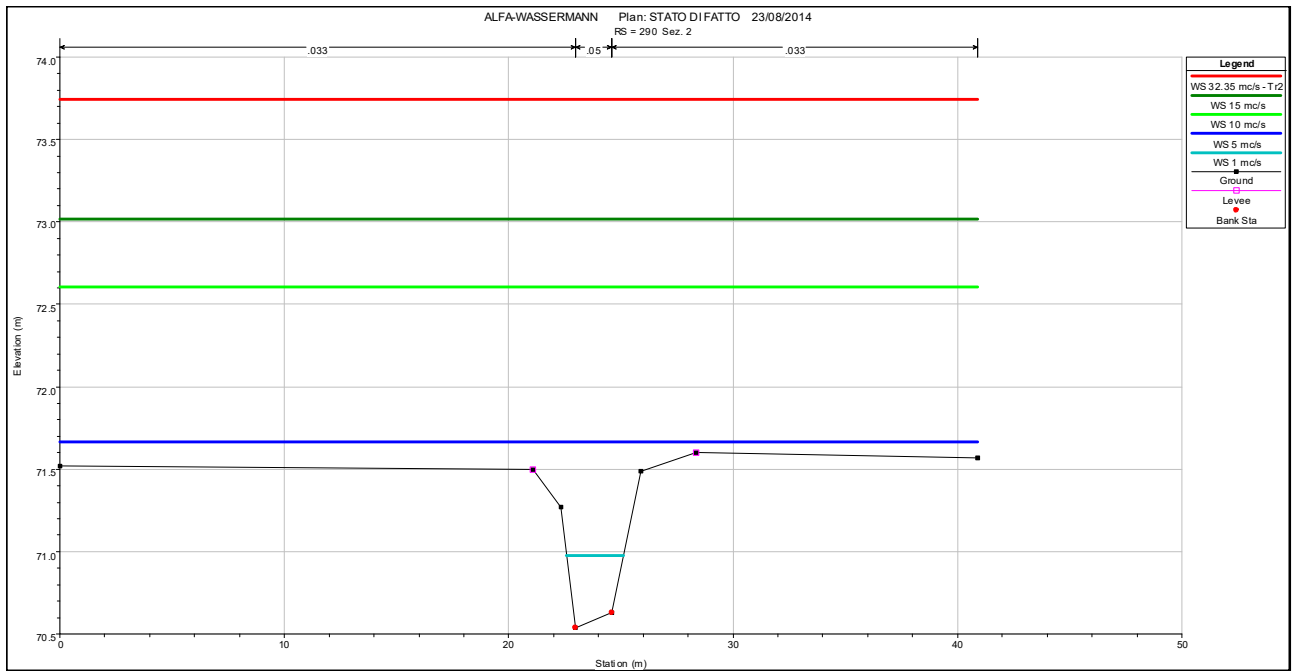


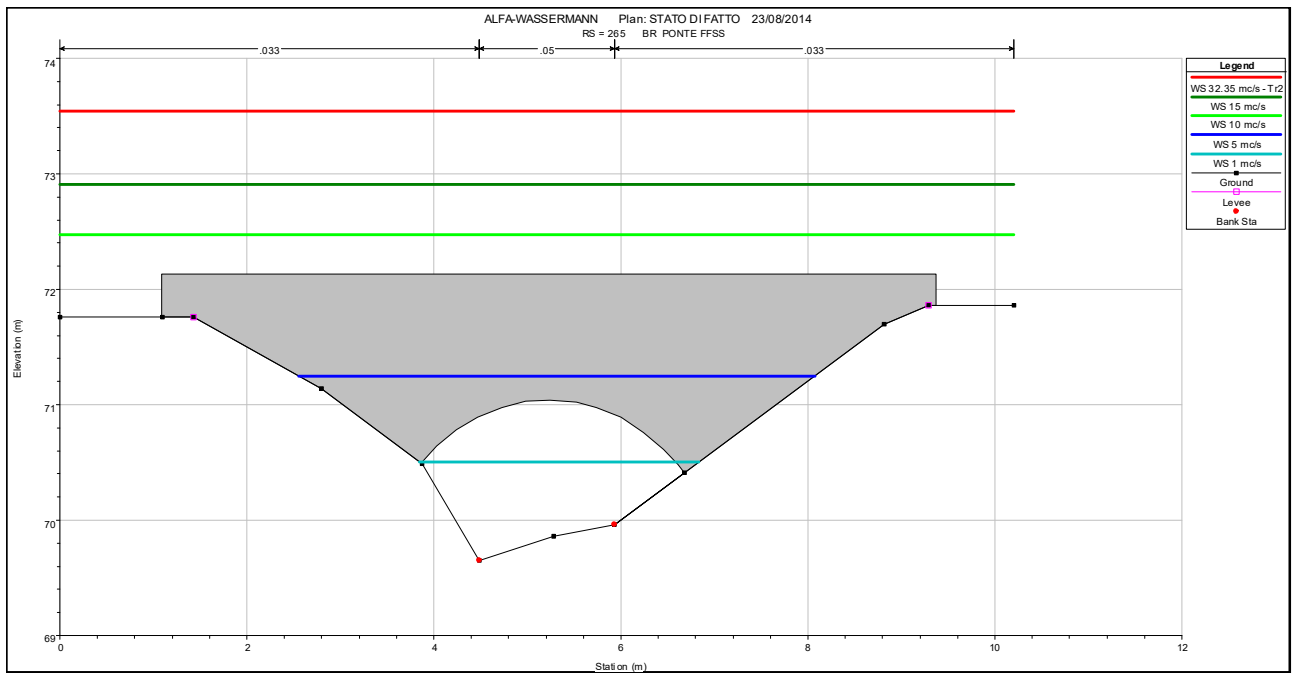
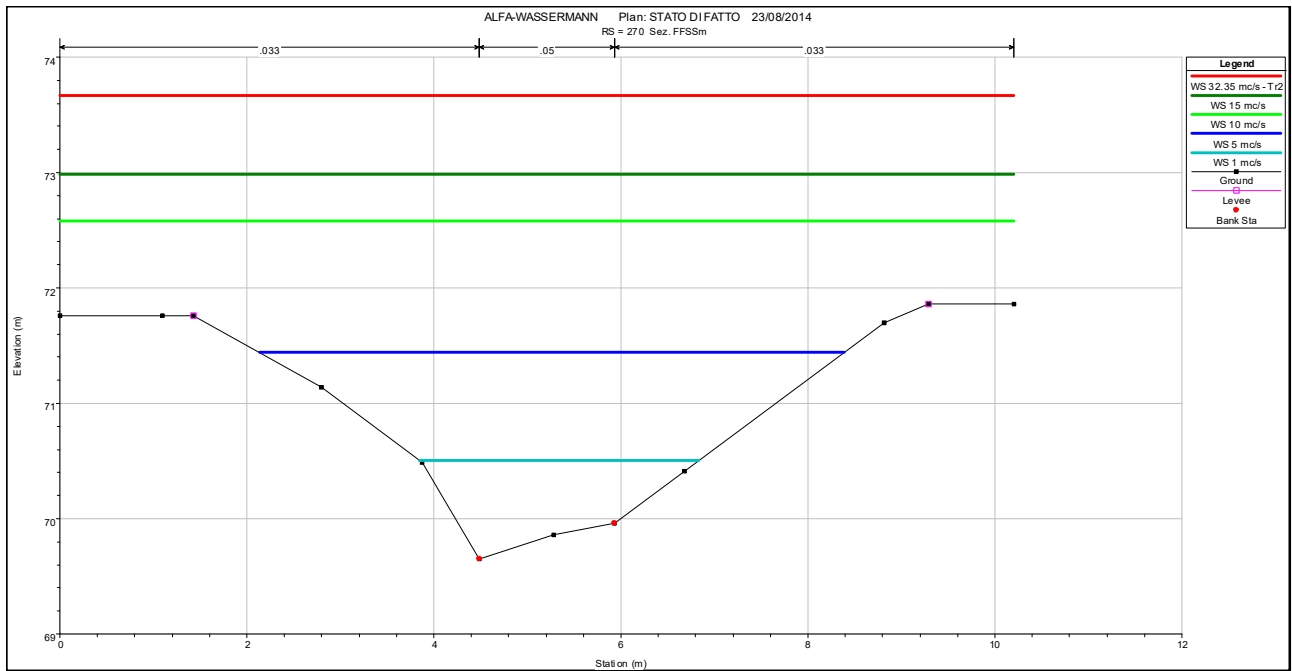


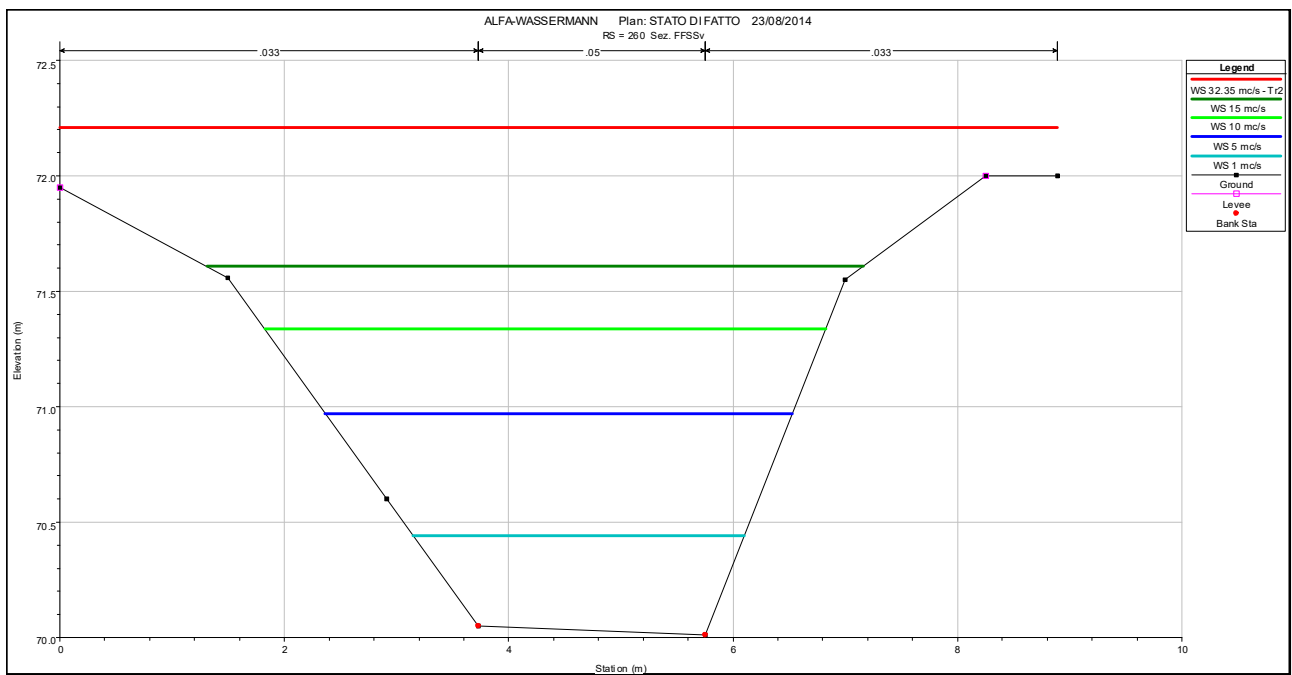
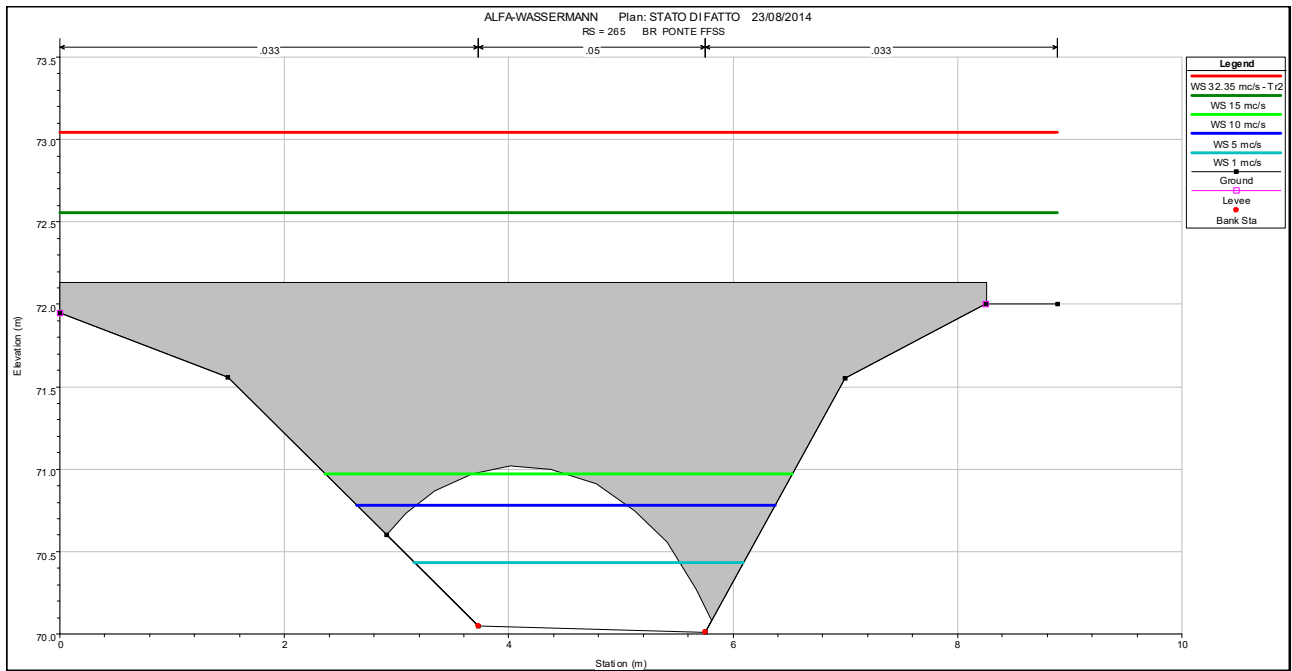


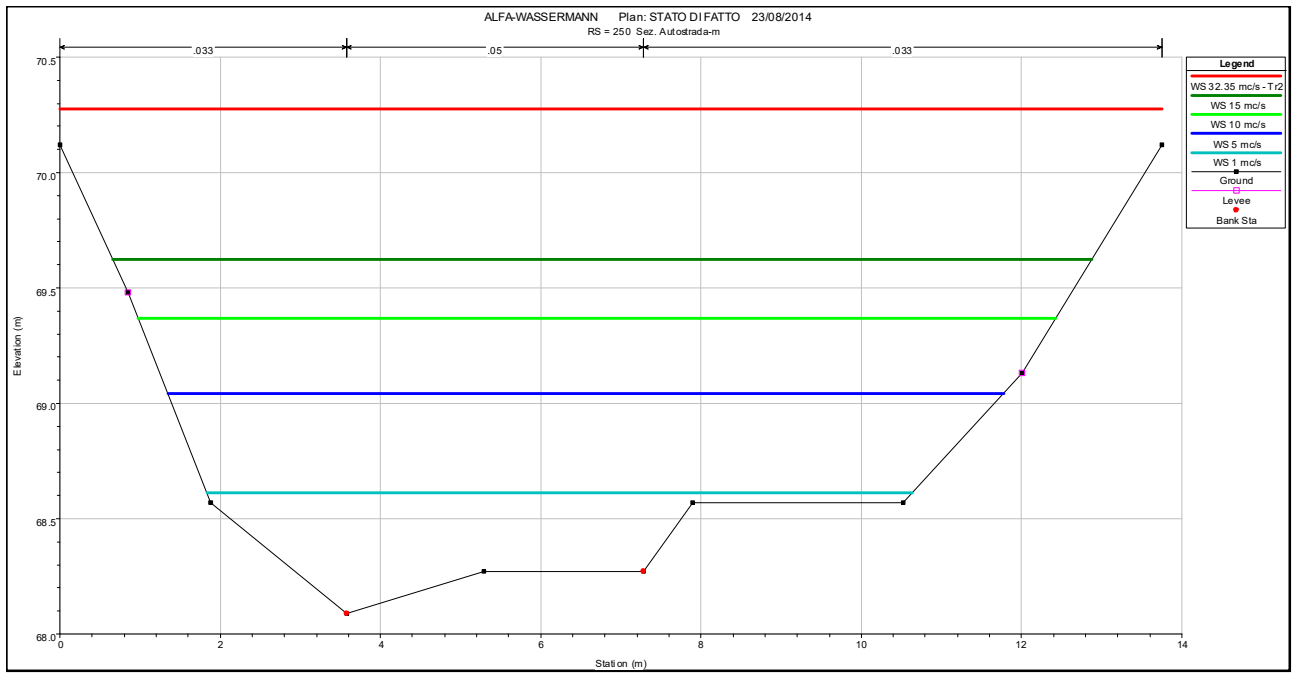












River Station	Sezioni	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
490	Sez. 19	1 mc/s	1	77.79	78.32	78.18	78.35	0.006206	0.84	1.19	3.81	0.43
490	Sez. 19	5 mc/s	5	77.79	79.17	78.57	79.21	0.001587	0.92	5.68	6.65	0.26
490	Sez. 19	10 mc/s	10	77.79	79.87	78.87	79.9	0.000689	0.81	14.42	15.13	0.19
490	Sez. 19	15 mc/s	15	77.79	80.09	79.1	80.13	0.000819	0.95	17.8	15.37	0.21
490	Sez. 19	32.35 mc/s	32.35	77.79	80.44	79.75	80.54	0.001709	1.52	23.12	15.74	0.31
480	Sez. 20m	1 mc/s	1	77.41	78.26	77.9	78.27	0.001685	0.57	1.92	5.12	0.23
480	Sez. 20m	5 mc/s	5	77.41	79.16	78.37	79.18	0.000677	0.66	7.93	8.27	0.17
480	Sez. 20m	10 mc/s	10	77.41	79.87	78.63	79.88	0.000324	0.59	19.95	20.03	0.13
480	Sez. 20m	15 mc/s	15	77.41	80.09	78.84	80.11	0.000394	0.69	24.39	20.03	0.14
480	Sez. 20m	32.35 mc/s	32.35	77.41	80.44	79.57	80.49	0.000846	1.1	31.33	20.03	0.21
475			Bridge									
470	Sez. 20v	1 mc/s	1	77.84	78.14	78.1	78.2	0.018248	1.06	0.98	5.1	0.68
470	Sez. 20v	5 mc/s	5	77.84	78.49	78.42	78.6	0.011799	1.53	3.45	8.77	0.63
470	Sez. 20v	10 mc/s	10	77.84	78.7	78.61	78.87	0.012061	1.9	5.45	9.95	0.67
470	Sez. 20v	15 mc/s	15	77.84	78.85	78.77	79.09	0.012861	2.19	7.01	10.79	0.72
470	Sez. 20v	32.35 mc/s	32.35	77.84	79.28	79.17	79.67	0.0121	2.72	11.63	10.85	0.74
460	Sez. 18	1 mc/s	1	77.14	77.64	77.61	77.78	0.020059	1.76	0.63	1.82	0.8
460	Sez. 18	5 mc/s	5	77.14	78.15	78.15	78.29	0.012161	2.21	3.38	11.75	0.7
460	Sez. 18	10 mc/s	10	77.14	78.34	78.34	78.49	0.011518	2.4	6.17	17.42	0.7
460	Sez. 18	15 mc/s	15	77.14	78.43	78.43	78.63	0.013181	2.7	7.83	18.42	0.76
460	Sez. 18	32.35 mc/s	32.35	77.14	78.73	78.71	79.02	0.011235	2.88	13.95	22.06	0.73
450	Sez. 17	1 mc/s	1	76.66	77.16	77.03	77.21	0.007655	1.1	0.97	2.92	0.5
450	Sez. 17	5 mc/s	5	76.66	77.93	77.53	77.96	0.001911	1.02	6.58	15.55	0.29
450	Sez. 17	10 mc/s	10	76.66	77.84	77.74	78.08	0.013768	2.63	5.28	15.36	0.77
450	Sez. 17	15 mc/s	15	76.66	78.01	78	78.22	0.010129	2.46	7.92	15.75	0.68
450	Sez. 17	32.35 mc/s	32.35	76.66	78.48	78.29	78.71	0.007288	2.54	16.14	24.13	0.6

River Station	Sezioni	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)	
440	Sez. 16	1 mc/s	1	76.37	76.82	76.82	76.98	0.026721	1.89	0.57	1.82	0.91
440	Sez. 16	5 mc/s	5	76.37	77.19	77.19	77.86	0.051781	3.97	1.42	2.69	1.4
440	Sez. 16	10 mc/s	10	76.37	77.6	77.6	77.79	0.011843	2.49	5.47	12.44	0.72
440	Sez. 16	15 mc/s	15	76.37	77.72	77.72	77.97	0.012949	2.77	6.97	12.74	0.76
440	Sez. 16	32.35 mc/s	32.35	76.37	77.94	77.94	78.5	0.020912	3.9	9.87	13.34	0.99
430	Sez. 15bis	1 mc/s	1	75.4	76.23	75.9	76.26	0.002121	0.82	1.39	2.89	0.29
430	Sez. 15bis	5 mc/s	5	75.4	77.19	76.45	77.22	0.001045	0.95	7.73	14.55	0.23
430	Sez. 15bis	10 mc/s	10	75.4	77.45	76.83	77.49	0.001484	1.24	11.73	17.41	0.28
430	Sez. 15bis	15 mc/s	15	75.4	77.62	77.2	77.68	0.001746	1.42	15.02	20.52	0.3
430	Sez. 15bis	32.35 mc/s	32.35	75.4	78.03	77.5	78.12	0.002041	1.72	23.78	21.89	0.34
425			Culvert									
420	Sez. 15	1 mc/s	1	75.4	75.9	75.9	76.05	0.022999	1.9	0.58	1.9	0.86
420	Sez. 15	5 mc/s	5	75.4	76.45	76.45	76.75	0.017418	2.73	2.09	3.53	0.85
420	Sez. 15	10 mc/s	10	75.4	76.83	76.83	77.22	0.015603	3.17	3.63	4.64	0.85
420	Sez. 15	15 mc/s	15	75.4	77.2	77.2	77.42	0.008996	2.81	7.86	14.56	0.67
420	Sez. 15	32.35 mc/s	32.35	75.4	77.5	77.5	77.86	0.012809	3.71	12.64	18.33	0.82
410	Sez. 14	1 mc/s	1	74.75	75.25	75.17	75.34	0.014037	1.46	0.74	2.14	0.67
410	Sez. 14	5 mc/s	5	74.75	75.76	75.73	76.04	0.017068	2.6	2.16	3.4	0.83
410	Sez. 14	10 mc/s	10	74.75	76.12	76.12	76.54	0.016968	3.2	3.57	4.31	0.87
410	Sez. 14	15 mc/s	15	74.75	76.41	76.41	76.9	0.015862	3.51	4.92	5.02	0.87
410	Sez. 14	32.35 mc/s	32.35	74.75	77.15	77.15	77.51	0.009973	3.57	13.07	16.23	0.74
400	Sez. 13	1 mc/s	1	74.41	74.86	74.75	74.92	0.009362	1.11	0.94	2.91	0.54
400	Sez. 13	5 mc/s	5	74.41	75.35	75.22	75.52	0.010515	1.95	2.81	4.88	0.65
400	Sez. 13	10 mc/s	10	74.41	75.68	75.57	75.92	0.01134	2.48	4.72	7.33	0.71
400	Sez. 13	15 mc/s	15	74.41	75.87	75.87	76.17	0.012765	2.89	6.47	10.36	0.77
400	Sez. 13	32.35 mc/s	32.35	74.41	76.06	76.06	76.84	0.029432	4.76	8.64	12.8	1.19

River Station	Sezioni	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
390	Sez. 12	1 mc/s	1	74.04	74.43	74.4	74.53	0.019318	1.4	0.74	2.82	0.75
390	Sez. 12	5 mc/s	5	74.04	74.86	74.86	75.09	0.018135	2.29	2.41	5.51	0.83
390	Sez. 12	10 mc/s	10	74.04	74.99	74.99	75.53	0.035003	3.52	3.19	6.75	1.18
390	Sez. 12	15 mc/s	15	74.04	75.33	75.33	75.52	0.010098	2.33	8.26	17.95	0.67
390	Sez. 12	32.35 mc/s	32.35	74.04	75.59	75.59	75.91	0.011924	2.88	13.06	18.48	0.75
380	Sez. 11	1 mc/s	1	73.46	73.97	73.76	74	0.003223	0.71	1.47	4.12	0.32
380	Sez. 11	5 mc/s	5	73.46	74.53	74.16	74.59	0.00327	1.18	4.64	7.56	0.37
380	Sez. 11	10 mc/s	10	73.46	74.82	74.47	74.9	0.003519	1.45	8.63	15.11	0.4
380	Sez. 11	15 mc/s	15	73.46	74.99	74.58	75.08	0.003631	1.59	11.15	15.34	0.41
380	Sez. 11	32.35 mc/s	32.35	73.46	75.32	75.05	75.52	0.00519	2.17	16.33	16.02	0.51
370	Sez. 10	1 mc/s	1	73.4	73.77	73.75	73.88	0.021814	1.53	0.68	2.41	0.8
370	Sez. 10	5 mc/s	5	73.4	74.25	74.24	74.48	0.017174	2.35	2.41	5.03	0.81
370	Sez. 10	10 mc/s	10	73.4	74.65	74.63	74.81	0.009178	2.22	6.08	13.94	0.63
370	Sez. 10	15 mc/s	15	73.4	74.87	74.74	75.01	0.005941	1.99	9.23	14.24	0.52
370	Sez. 10	32.35 mc/s	32.35	73.4	75.17	75.17	75.39	0.007268	2.49	17.72	36.05	0.6
360	Sez. 9	1 mc/s	1	72.86	73.33	73.26	73.42	0.013666	1.42	0.76	2.3	0.66
360	Sez. 9	5 mc/s	5	72.86	73.9	73.8	74.07	0.010095	2.07	2.84	5.32	0.65
360	Sez. 9	10 mc/s	10	72.86	74.23	74.13	74.45	0.009732	2.43	4.96	7.75	0.66
360	Sez. 9	15 mc/s	15	72.86	74.43	74.35	74.7	0.010301	2.74	6.65	9.33	0.7
360	Sez. 9	32.35 mc/s	32.35	72.86	74.93	74.93	75.16	0.008036	2.91	16.84	30.24	0.65
350	Sez. 8	1 mc/s	1	72.43	72.98	72.84	73.04	0.008169	1.16	0.92	2.42	0.52
350	Sez. 8	5 mc/s	5	72.43	73.63	73.41	73.76	0.006411	1.78	3.36	5.64	0.52
350	Sez. 8	10 mc/s	10	72.43	74.03	73.77	74.14	0.005155	1.93	7.82	18.3	0.49
350	Sez. 8	15 mc/s	15	72.43	74.25	73.77	74.34	0.003594	1.76	12.2	20.92	0.42
350	Sez. 8	32.35 mc/s	32.35	72.43	74.43	74.34	74.68	0.009701	3.09	16.18	31.26	0.7

River Station	Sezioni	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
340	Sez. 7	1 mc/s	1	72.3	72.72	72.65	72.81	0.015679	1.31	0.77	2.32	0.68
340	Sez. 7	5 mc/s	5	72.3	73.27	73.19	73.5	0.01421	2.27	2.38	3.77	0.75
340	Sez. 7	10 mc/s	10	72.3	73.58	73.57	73.96	0.016224	2.94	3.72	4.81	0.84
340	Sez. 7	15 mc/s	15	72.3	74.1	73.91	74.19	0.003682	1.77	12.8	24.72	0.43
340	Sez. 7	32.35 mc/s	32.35	72.3	74.2	74.2	74.47	0.009752	2.99	15.41	24.72	0.7
330	Sez. 6	1 mc/s	1	71.84	72.24	72.21	72.38	0.023535	1.67	0.62	1.77	0.84
330	Sez. 6	5 mc/s	5	71.84	72.96	72.89	73.12	0.00902	2.04	2.97	5.75	0.62
330	Sez. 6	10 mc/s	10	71.84	73.16	73.16	73.47	0.013419	2.79	4.25	6.6	0.77
330	Sez. 6	15 mc/s	15	71.84	73.37	73.37	73.72	0.012752	3	6.03	8.41	0.77
330	Sez. 6	32.35 mc/s	32.35	71.84	73.7	73.7	73.92	0.009463	2.95	17.14	32.34	0.69
320	Sez. 5	1 mc/s	1	71.22	71.8	71.66	71.87	0.009566	1.27	0.85	2.13	0.56
320	Sez. 5	5 mc/s	5	71.22	72.46	72.25	72.64	0.008654	2.09	2.84	4.24	0.61
320	Sez. 5	10 mc/s	10	71.22	72.64	72.64	73.06	0.018423	3.34	3.67	5.37	0.91
320	Sez. 5	15 mc/s	15	71.22	73	72.9	73.09	0.004477	1.92	13.82	45.82	0.47
320	Sez. 5	32.35 mc/s	32.35	71.22	73.75	73.12	73.77	0.000502	0.82	48.08	45.82	0.17
310	Sez. 4	1 mc/s	1	71.02	71.48	71.39	71.57	0.013636	1.38	0.77	2.07	0.65
310	Sez. 4	5 mc/s	5	71.02	72.08	71.91	72.34	0.014848	2.51	2.39	4.27	0.78
310	Sez. 4	10 mc/s	10	71.02	72.6	72.37	72.63	0.00141	1.02	15.3	38.6	0.26
310	Sez. 4	15 mc/s	15	71.02	73.02	72.42	73.03	0.00036	0.6	31.28	38.6	0.14
310	Sez. 4	32.35 mc/s	32.35	71.02	73.74	72.67	73.76	0.000213	0.57	59.4	38.6	0.11
300	Sez. 3	1 mc/s	1	70.76	71.25	71.09	71.31	0.007519	1.04	1.01	2.54	0.49
300	Sez. 3	5 mc/s	5	70.76	71.81	71.61	72.01	0.01144	2.17	2.85	6.98	0.68
300	Sez. 3	10 mc/s	10	70.76	72.61	72.04	72.61	0.000172	0.39	30.99	38.77	0.09
300	Sez. 3	15 mc/s	15	70.76	73.02	72.11	73.02	0.0001	0.34	46.91	38.77	0.07
300	Sez. 3	32.35 mc/s	32.35	70.76	73.75	72.26	73.75	0.000101	0.41	75.17	38.77	0.08

River Station	Sezioni	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
290	Sez. 2	1 mc/s	1	70.54	70.98	70.9	71.06	0.01474	1.3	0.81	2.53	0.66
290	Sez. 2	5 mc/s	5	70.54	71.67	71.43	71.7	0.002953	1.14	7.97	40.88	0.35
290	Sez. 2	10 mc/s	10	70.54	72.61	71.7	72.61	0.000049	0.22	46.39	40.88	0.05
290	Sez. 2	15 mc/s	15	70.54	73.02	71.75	73.02	0.00004	0.23	63.2	40.88	0.05
290	Sez. 2	32.35 mc/s	32.35	70.54	73.75	71.9	73.75	0.000053	0.31	93	40.88	0.06
280	Sez. 1	1 mc/s	1	70.05	70.58	70.49	70.71	0.015679	1.63	0.67	1.53	0.72
280	Sez. 1	5 mc/s	5	70.05	71.5	71.5	71.58	0.00437	1.69	5.68	27.28	0.45
280	Sez. 1	10 mc/s	10	70.05	72.6	71.61	72.61	0.000045	0.25	45.63	36.37	0.05
280	Sez. 1	15 mc/s	15	70.05	73.02	71.68	73.02	0.000041	0.26	60.58	36.37	0.05
280	Sez. 1	32.35 mc/s	32.35	70.05	73.74	71.83	73.75	0.000059	0.37	87.06	36.37	0.06
270	Sez. FFSSm	1 mc/s	1	69.65	70.51	70.16	70.53	0.002261	0.72	1.5	2.99	0.28
270	Sez. FFSSm	5 mc/s	5	69.65	71.44	70.69	71.48	0.001345	0.99	5.77	6.26	0.25
270	Sez. FFSSm	10 mc/s	10	69.65	72.58	71.08	72.6	0.000341	0.71	16.25	10.2	0.14
270	Sez. FFSSm	15 mc/s	15	69.65	72.99	71.35	73.01	0.000392	0.84	20.36	10.2	0.15
270	Sez. FFSSm	32.35 mc/s	32.35	69.65	73.67	72.05	73.74	0.00077	1.34	27.32	10.2	0.22
265			Bridge									
260	Sez. FFSSv	1 mc/s	1	70.01	70.44	70.31	70.49	0.008421	1.02	1.03	2.96	0.51
260	Sez. FFSSv	5 mc/s	5	70.01	70.97	70.77	71.13	0.009359	1.86	2.91	4.16	0.61
260	Sez. FFSSv	10 mc/s	10	70.01	71.34	71.14	71.59	0.010074	2.4	4.58	5	0.67
260	Sez. FFSSv	15 mc/s	15	70.01	71.61	71.41	71.94	0.010587	2.79	6.03	5.85	0.71
260	Sez. FFSSv	32.35 mc/s	32.35	70.01	72.21	72.17	72.72	0.011316	3.58	10.68	8.89	0.77
250	Sez. Autostrade	1 mc/s	1	68.09	68.61	68.4	68.63	0.002	0.47	2.15	8.81	0.24
250	Sez. Autostrade	5 mc/s	5	68.09	69.04	68.71	69.08	0.002	0.78	6.28	10.44	0.28
250	Sez. Autostrade	10 mc/s	10	68.09	69.37	68.89	69.42	0.002001	0.98	9.86	11.46	0.29
250	Sez. Autostrade	15 mc/s	15	68.09	69.62	69.04	69.69	0.002001	1.12	12.88	12.22	0.3
250	Sez. Autostrade	32.35 mc/s	32.35	68.09	70.28	69.45	70.39	0.002	1.44	21.45	13.75	0.32

6 ALLEGATI

RII – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA (Presente)

RII 1 – COROGRAFIA - BACINO IDROGRAFICO

RII 2 – RILIEVO TOPOGRAFICO RIO DELL'ASINO

RII 3 – SEZIONI RIO DELL'ASINO

RII 4 – PROFILO LONGITUDINALE DEL RIO DELL'ASINO

RII 5 – PLANIMETRIA E SEZIONI TRASVERSALI DEGLI INTERVENTI