

# PARCO EOLICO MONTE CERCHIO

Il Committente:  Windtek

Sede Legale: Corso Vercelli n. 10  
10152, Torino (TO)  
P.IVA e C.F. 12930940015

Oggetto:  
**RELAZIONE SPECIALISTICA**

Titolo:  
**RELAZIONE IDRAULICA  
RIO CODEVILLA**

Il Progettista



Ing. Silvio Mario Bauducco

Data	Emis.	Aggiornamento	Data	Contr.	Data	Autor.
07/2023	MP	Emissione	07/2023	MP	07/2023	SMB

SCALA: N.A.

FORMATO: A4

LUGLIO 2023

Commessa	Tip. impianto	Fase Progetto	Disciplina	Tip. Doc	Titolo	N. Elab	REV
22102	EO	DE	ID	R	07	0001	A

RICERCA, SVILUPPO E COORDINAMENTO IMPIANTI EOLICI E FOTOVOLTAICI A CURA DI:

  
**EMME CONSULTING** s.r.l.s.

Sede Amministrativa e Operativa  
via Benessia, 14 12100 Cuneo (CN)  
tel 335.6012098  
e-mail: emmecsrlls@gmail.com

Geom. Domenico Bresciano

PROGETTAZIONE EDILE, AMBIENTALE, STRUTTURALE ED IMPIANTISTICA A CURA DI:

  
**BAUTEL** s.r.l.

Sede Amministrativa via Maroncelli, 23 10024 Moncalieri (TO)  
tel 011.6052113 - 011.6059915 e-mail: amministrazione@bautel.it  
Sede Operativa Torino - via Maroncelli, 23 10024 Moncalieri (TO)  
Sede Operativa Genova - via Banderalli, 2/4 16121 Genova (GE)

I Tecnici:

Coord. gruppo di progettazione  
Ing. Silvio Mario Bauducco

Collaboratori

Geom. Benzoni Manuel  
Per. Ind. Biasin Emanuele  
Ing. Occhiuto Felice  
Arch. Ostino Paolo  
Arch. Pelleri Martina

File: testalini relazioni.dwg

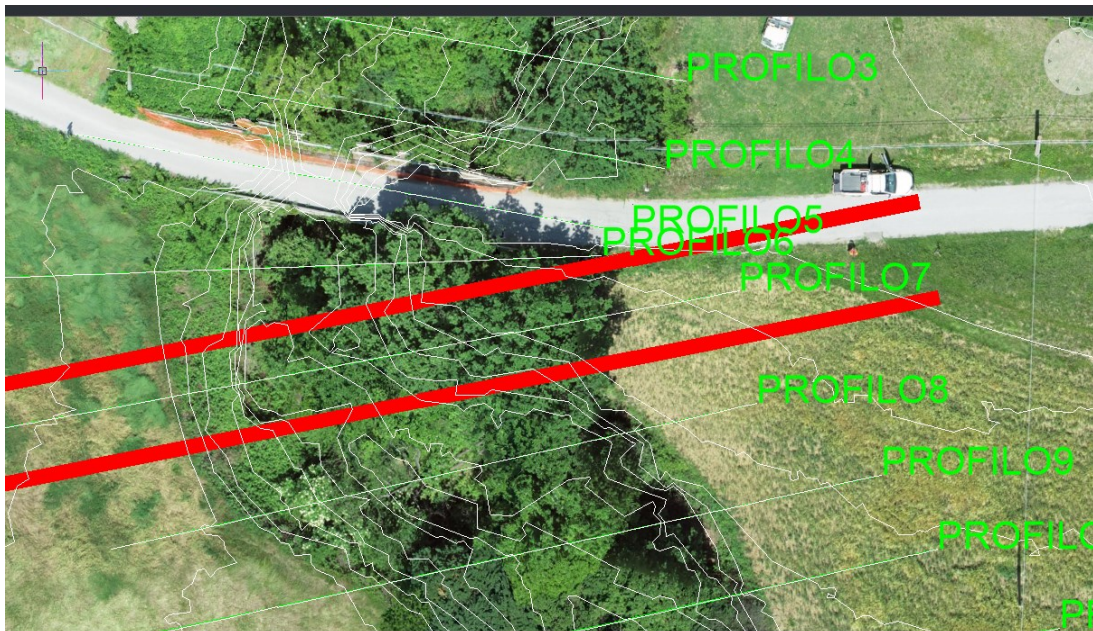
TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI - Questo documento è di proprietà esclusiva del progettista ivi indicato sul quale si riserva ogni diritto. Pertanto questo documento non può essere copiato, riprodotto, comunicato o divulgato ad altri o usato in qualsiasi maniera, nemmeno per fini sperimentali, senza autorizzazione scritta dallo stesso progettista.

## INDICE

PREMESSA .....	2
1. CARATTERI DEL CORSO D'ACQUA .....	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-MORFOLOGICO .....	3
3. ANALISI GEOMORFICA QUANTITATIVA .....	4
4. INDAGINE IDRAULICA .....	5
5. VERIFICA IDRAULICA DELLA SEZIONE ESISTENTE .....	7
6. CONCLUSIONI .....	9
ALLEGATO A .....	11
ELABORAZIONI DI CALCOLO .....	11
ALLEGATO B .....	18
ELABORAZIONI DI CALCOLO .....	18

## PREMESSA

Oggetto della presente relazione tecnica è la verifica idraulica delle sezioni del Rio Codevilla in corrispondenza del previsto nuovo ponte di superamento del rio per la realizzazione della nuova strada che permette l'accesso all'impianto eolico denominato Monte Cerchio. Tale nuovo ponticello a forma di scatolare se ne rende indispensabile la costruzione in quanto risulta indispensabile rettificare la strada per garantire l'accesso ai mezzi ed ai conchi e pale delle turbine da montare. Si prevede la realizzazione a valle di quello esistente ad una distanza di pochi m da un lato e di circa 8 m dall'altra.



In allegato si riportano pertanto i tabulati di verifica della sezione e comprendenti le sezioni immediatamente a valle e a monte di quelle oggetto dell'intervento previsto per la realizzazione della nuova strada.

Si sono inoltre previste la realizzazione di scogliere tra i 2 ponticelli di cui uno esistente e la realizzazione di un taglione a circa 2m a valle del nuovo ponticello per prevenire eventuali fenomeni di erosione del fondo alveo con scalzamento del piano di appoggio dello scatolare. Il fondo scorrevole dello scatolare è stato rivestito in pietra

Nel seguito si riporta nuovamente l'analisi idraulica svolta per la determinazione dell'altezza massima del livello di piena duecentennale.

In allegato si riportano gli schemi delle sezioni con l'indicazione dell'altezza d'acqua per le portate analizzate, la verifica delle sezioni in accordo agli interventi previsti nel presente progetto.

## **1. CARATTERI DEL CORSO D'ACQUA**

In Cairo Montenotte l'alveo del rio Codevilla, in corrispondenza del tratto oggetto degli interventi, è caratterizzato dall'esistenza di un fondo scorrevole molto vegetato con presenza di notevole vegetazione che ne ostruisce il naturale deflusso delle acque.

L'indagine eseguita ha evidenziato la completa assenza di ghiacciai perenni che garantirebbero una certa continuità alla portata del Torrente, ma la stessa ha carattere puramente torrentizio legata al deflusso delle acque superficiali del bacino imbrifero durante i fenomeni di pioggia, pertanto esclusivamente ad un ciclo nivo-pluviale.

## **2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-MORFOLOGICO**

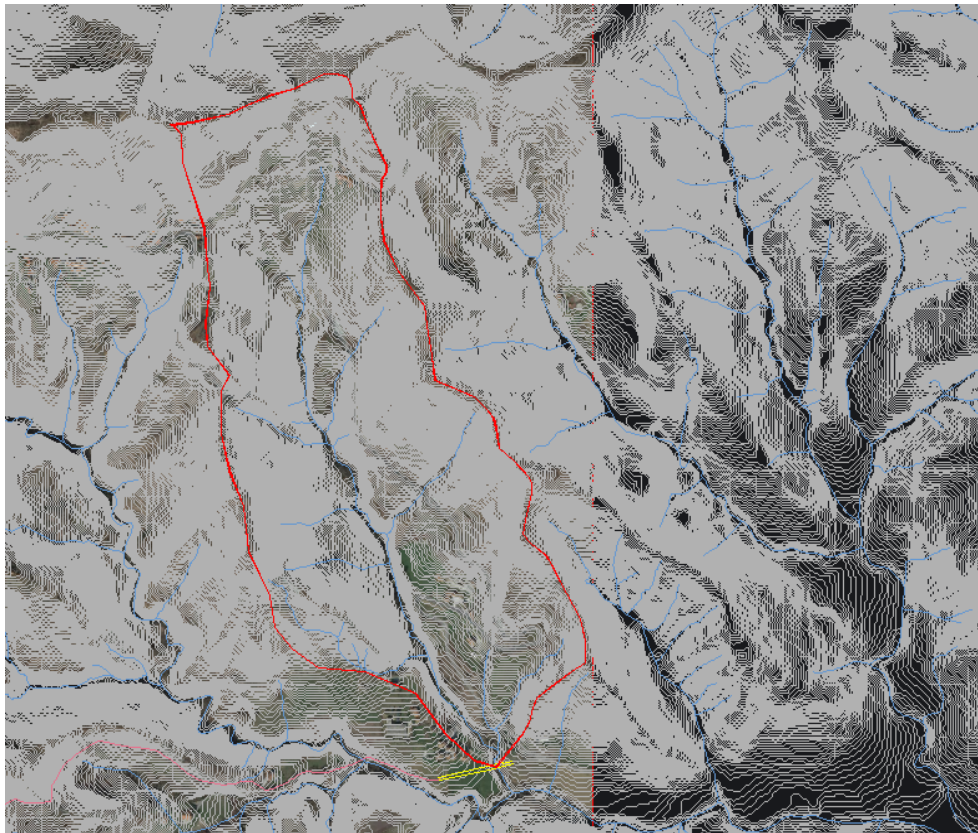
Il bacino imbrifero del tratto interessato è costituito dal Rio Codevilla che, partendo dalle pendici delle montagne alle spalle della sezione di analisi posta ad una quota di circa 600m, con un andamento degradante verso sud – leggermente sud est, giunge fino alla quota di 356 m sul livello del mare.

Il tipo di permeabilità a cui sono assoggettati i depositi terziari è sempre primario, variabile, in funzione della quantità di materiale fino, qui in considerazione del fatto che l'area è prettamente calanchiva, ai fini della sicurezza si manterrà un coefficiente di deflusso  $C=1$ .

### 3. ANALISI GEOMORFICA QUANTITATIVA

I dati morfometrici relativi al reticolo idrografico del Rio Codevilla sono stati ricavati utilizzando come base la carta tecnica delle vallate interessate dal reticolo di deflusso.

Le caratteristiche fisiografiche del bacino relativo al rio Codevilla nella sezione di chiusura definita dalla zona d'intervento in oggetto, di interesse per la determinazione del comportamento idrologico, sono di seguito riassunti.



Superficie del bacino	S	= 0.63 kmq
Altezza massima del bacino	Hmax	= 603 m
Altitudine media	Hmed	= 452 m
Quota sezione di chiusura	Hsez	= 356 m
Lunghezza asta principale	L	1650 m
Pendenza media		39,66%

## 4. INDAGINE IDRAULICA

L'Autorità di Bacino del fiume Po, nella cui area di riferimento ricade il sito oggetto di intervento, ha definito con una propria direttiva, in attuazione dell'art.10 del P.A.I. i valori delle precipitazioni intense da assumere come base di progetto di opere idrauliche. La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto del bacino è stata effettuata attraverso l'individuazione della curva di probabilità pluviometrica, cioè della relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa da una legge di potenza del tipo

$$h = a \ t^n$$

dove :

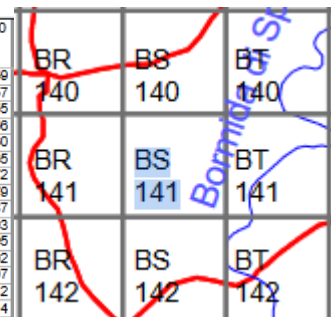
h : altezza di precipitazione espressa in mm

t : durata della precipitazione

a, n : parametri corrispondenti alle caratteristiche pluviometriche del bacino idrografico in esame

L'area di interesse è compresa nella cella identificata dal PAI come BS141, come evidenziato nella seguente figura (Allegato 3 : Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense - TAVOLA 13 - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità' idraulica)

Cella	Coordinate Est UTM cella di calcolo	Coordinate Nord UTM cella di calcolo	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
BS127	441000,00000	4947000,00000	35,31	0,375	45,48	0,365	49,83	0,362	55,56	0,359
BS128	441000,00000	4945000,00000	35,97	0,373	46,45	0,363	50,93	0,359	56,84	0,357
BS129	441000,00000	4943000,00000	36,72	0,371	47,56	0,362	52,19	0,358	58,29	0,355
BS130	441000,00000	4941000,00000	37,54	0,372	48,75	0,362	53,54	0,359	59,85	0,356
BS131	441000,00000	4939000,00000	38,41	0,374	50,00	0,366	54,95	0,362	61,49	0,360
BS132	441000,00000	4937000,00000	39,54	0,378	51,59	0,370	56,74	0,367	63,54	0,365
BS133	441000,00000	4935000,00000	40,59	0,384	53,04	0,377	58,36	0,374	65,38	0,372
BS134	441000,00000	4933000,00000	41,71	0,389	54,53	0,384	60,03	0,381	67,26	0,379
BS135	441000,00000	4931000,00000	42,96	0,395	56,16	0,390	61,83	0,388	69,28	0,387
BS136	441000,00000	4929000,00000	44,25	0,400	57,80	0,397	63,62	0,395	71,27	0,393
BS137	441000,00000	4927000,00000	45,57	0,402	59,51	0,399	65,51	0,397	73,39	0,395
BS138	441000,00000	4925000,00000	46,89	0,409	61,14	0,408	67,29	0,404	75,37	0,402
BS139	441000,00000	4923000,00000	48,02	0,413	62,48	0,411	68,74	0,409	76,95	0,407
BS140	441000,00000	4921000,00000	49,20	0,418	63,89	0,415	70,26	0,413	78,61	0,412
<b>BS141</b>	441000,00000	4919000,00000	50,28	0,420	65,14	0,417	71,61	0,415	80,08	0,414
BS142	441000,00000	4917000,00000	51,51	0,424	66,45	0,420	73,08	0,418	81,79	0,416



Il coefficiente  $t_c$  rappresenta il tempo di corrvazione relativo al rio, e può essere ottenuto per mezzo di numerose correlazioni tra le quali:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{h_{mr}}}$$

Giandotti (1934);

$$t_c = 0,396 \frac{L}{\sqrt{i_a}} \left( \frac{A}{L^2} \frac{\sqrt{i_a}}{\sqrt{i_m}} \right)^{0,72}$$

Tournon (1973);

$$t_c = 0,055 \frac{L}{i_a^{0,5}}$$

Pezzoli (1970);

$$T_c = 0,95 \frac{L^{1,155}}{d^{0,385}}$$

Kirpich (1940) per piccoli bacini

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione in ore;

A = superficie considerata in Km<sup>2</sup>;

L = lunghezza del rio in Km;

$h_{mr}$  = altezza media dell'area rispetto alla sezione di chiusura del rio ( $h_{mr}=h_m-h_v$ );

$i_a$  = pendenza caratteristica del rio;

$i_m$  = pendenza media dell'area;

d = dislivello del rio in metri.

Applicando gli elementi sopra indicati, con un coefficiente di deflusso C =1 a causa dell'elevata impermeabilità del bacino, si ricavano i seguenti valori di  $t_c$  e Q per un tempo di ritorno di progetto di 200 anni:

Metodo di calcolo	Tc (ore)	h altezza pioggia (mm)	Q (mc/sec)
<b>Giandotti</b>	0.721	16.72	4.06
<b>Tournon</b>	0.544	14.87	4.79
<b>Pezzoli</b>	0.227	10.35	7.98
<b>Kirpich</b>	0.203	9.88	<b>8.51</b>

La portata maggiormente cautelativa che verrà utilizzata per le verifiche e il dimensionamento del nuovo manufatto di attraversamento sarà pertanto di **8,51 mc/sec per un tempo di ritorno di progetto di 200 anni**

## 5. VERIFICA IDRAULICA DELLA SEZIONE ESISTENTE

La verifica idraulica del tratto di torrente interessato, le cui sezioni sono riportate in allegato, è stata condotta tramite il programma HEC-RAS.

HEC-RAS è un modello matematico che permette di calcolare i livelli del pelo libero di correnti in moto permanente in una rete di canali o in un generico corso d'acqua.

Il programma configura un modello unidimensionale dell'energia da applicare per correnti gradualmente variate.

La prima procedura di calcolo utilizzata si basa sull'equilibrio energetico che deve esistere tra due sezioni consecutive del corso d'acqua. Ove, invece, il profilo dell'acqua o la dimensione delle sezioni cambino rapidamente, il programma applica, tra due sezioni consecutive, l'equazione di conservazione della quantità di moto. Questa seconda procedura è quindi usata in presenza di: ponti, strettoie, traverse, soglie, strutture nelle golene oppure in situazioni di regime misto come, ad esempio, nel risalto idraulico.

Il modello, che nella versione utilizzata 6.0, è nato nel 1970 dall'Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps Engineers. Il programma è già adottato da anni ed è quindi collaudato ed attendibile, adatto alla gestione delle zone inondabili, agli studi sulla sicurezza dei fiumi ed a valutare gli effetti idraulici di ponti, argini, traverse nonché di eventuali ampliamenti di canali e di ogni variazione topografica del corso d'acqua.

HEC-RAS fornisce risultati apprezzabili nelle situazioni in cui si opera in condizioni di morfologia dettagliatamente nota. La scelta di questo modello di calcolo si



è rivelata particolarmente adatta per soddisfare le esigenze di questo studio in quanto presenta le caratteristiche sopra descritte.

Elemento essenziale per la definizione dell'andamento dell'alveo consiste nella descrizione delle sezioni trasversali, che sono significative al fine di evidenziare l'andamento del terreno.

Queste sezioni sono localizzate, ad intervalli definiti, lungo l'alveo ad una distanza tale da descrivere, in modo significativo, la capacità di trasporto della corrente sia nel canale principale e nelle golene.

Le sezioni analizzate sono state desunte per mezzo di un rilievo topografico eseguito in loco e riportate sul modello di calcolo attraverso l'inserimento delle coordinate, distanza e quota, assunte rispetto un sistema d'assi posto sull'asse dell'alveo. Il numero di punti utilizzato è funzione dell'andamento del terreno ed è comunque tale da garantire una descrizione sufficientemente precisa in presenza di ogni variazione significativa.

La distanza tra due sezioni trasversali consecutive, è stata misurata in tre diversi punti:

1. *Channel*: individua la distanza tra due sezioni successive del fondo alveo
2. *Lob*: rappresenta la distanza tra le due sponde destre
3. *Rob*: rappresenta la distanza tra le due sponde sinistre.

La differenza dei tre valori tra due sezioni consente di delineare l'andamento sinuoso del corso d'acqua.

Per la definizione del modello matematico è stato necessario inserire i coefficienti di perdita. Le perdite sono state descritte tramite due coefficienti: quelle dovute all'attrito attraverso il coefficiente  $n$  di Manning, e quelle che si manifestano nelle contrazioni ed espansioni con omonimi coefficienti.

Il coefficiente di Manning è funzione di più fattori tra i quali il tipo e la quantità di vegetazione, la geometria del canale, le dimensioni del materiale che costituisce il fondo, pertanto, lungo la sezione trasversale, può assumere valori differenti. HEC-RAS consente di assegnare a questo coefficiente tre diversi valori (uno per la golena destra, uno per quella sinistra ed uno per il canale) oppure un numero maggiore quando ciò è

necessario per descrivere situazioni complesse che si presentano a lato dell'alveo inciso. I valori assegnati risultano pari a 0.033 sia per l'alveo di magra che per le sponde che vengono interessate solo in presenza di piena nonché per le aree interessate dallo scatolare.

Le perdite di energia non sono però legate unicamente all'attrito, occorre tener conto, infatti, anche delle espansioni e contrazioni della corrente dovute alle variazioni di geometria della sezione. Questa eventualità si esprime mediante due coefficienti il cui valore risulta rispettivamente pari a 0.1 e 0.3, se le variazioni di sezione sono di piccola entità.

In relazione alla portata di progetto, che è necessario specificare nel programma, si è assunta quella derivante dal calcolo per un tempo di ritorno di 200 anni.

Dal tabulato riportato in allegato si evincono i risultati delle calcolazioni eseguite dal programma per determinare la massima altezza dell'acqua in ogni singola sezione.

La determinazione della compatibilità del nuovo scatolare con le dimensioni dell'alveo, finalizzate a garantire il corretto deflusso delle precipitazioni, si evince dalle verifiche idrauliche condotte.

Dalle analisi condotte si evince che l'altezza del pelo libero dell'acqua in corrispondenza della piena 200ennale è di 31 cm, avendo lo scatolare una sezione utile di 7 m di larghezza per 4 di altezza.

## 6. CONCLUSIONI

Con la presente relazione si è proceduto alla verifica idraulica della nuova opera di attraversamento del rio Codevilla. Dalle risultanza di calcolo si evince che il nuovo scatolare è ampiamente in grado di far defluire la massima portata di piena del rio.

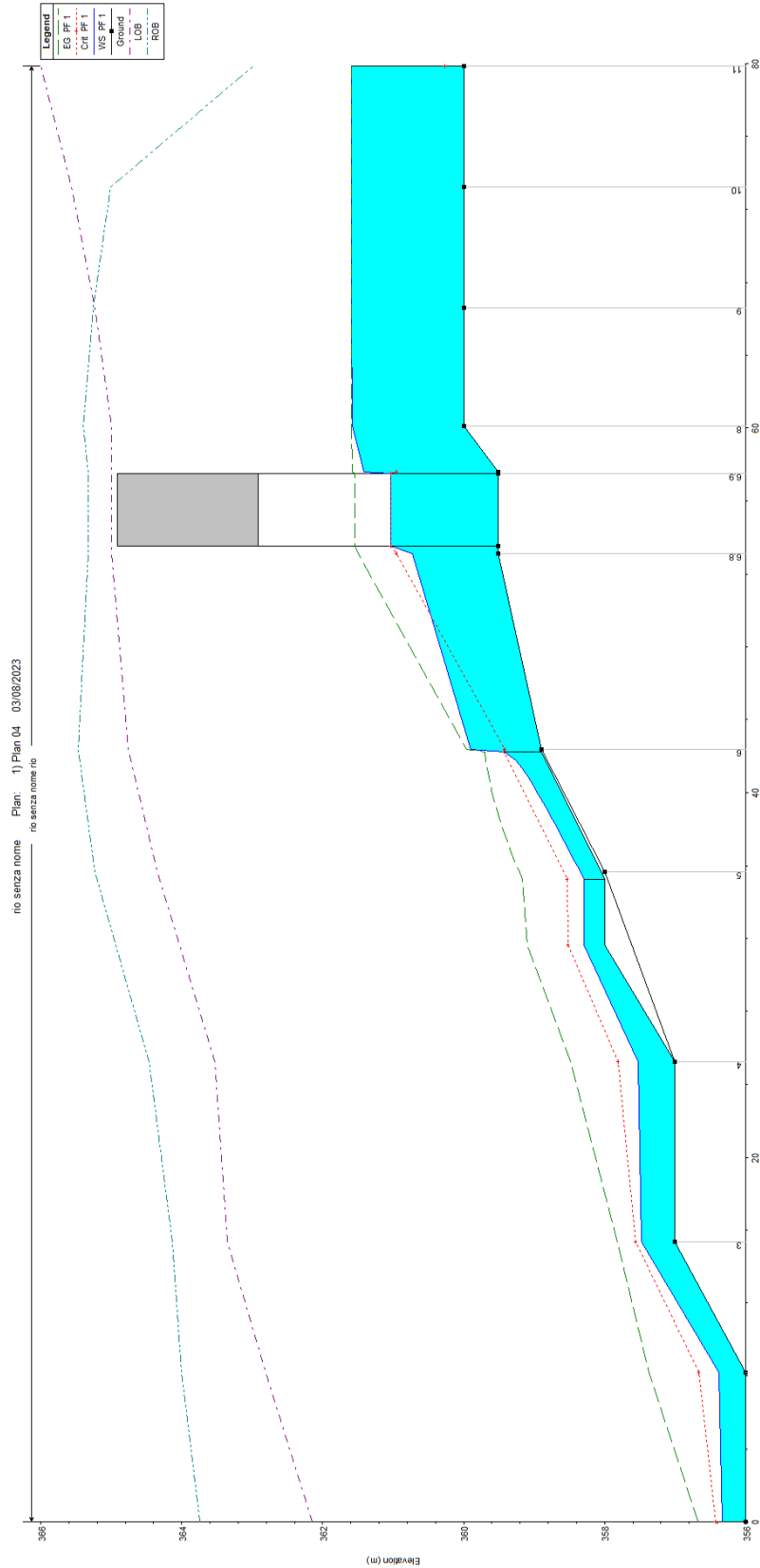
**ALLEGATO A**

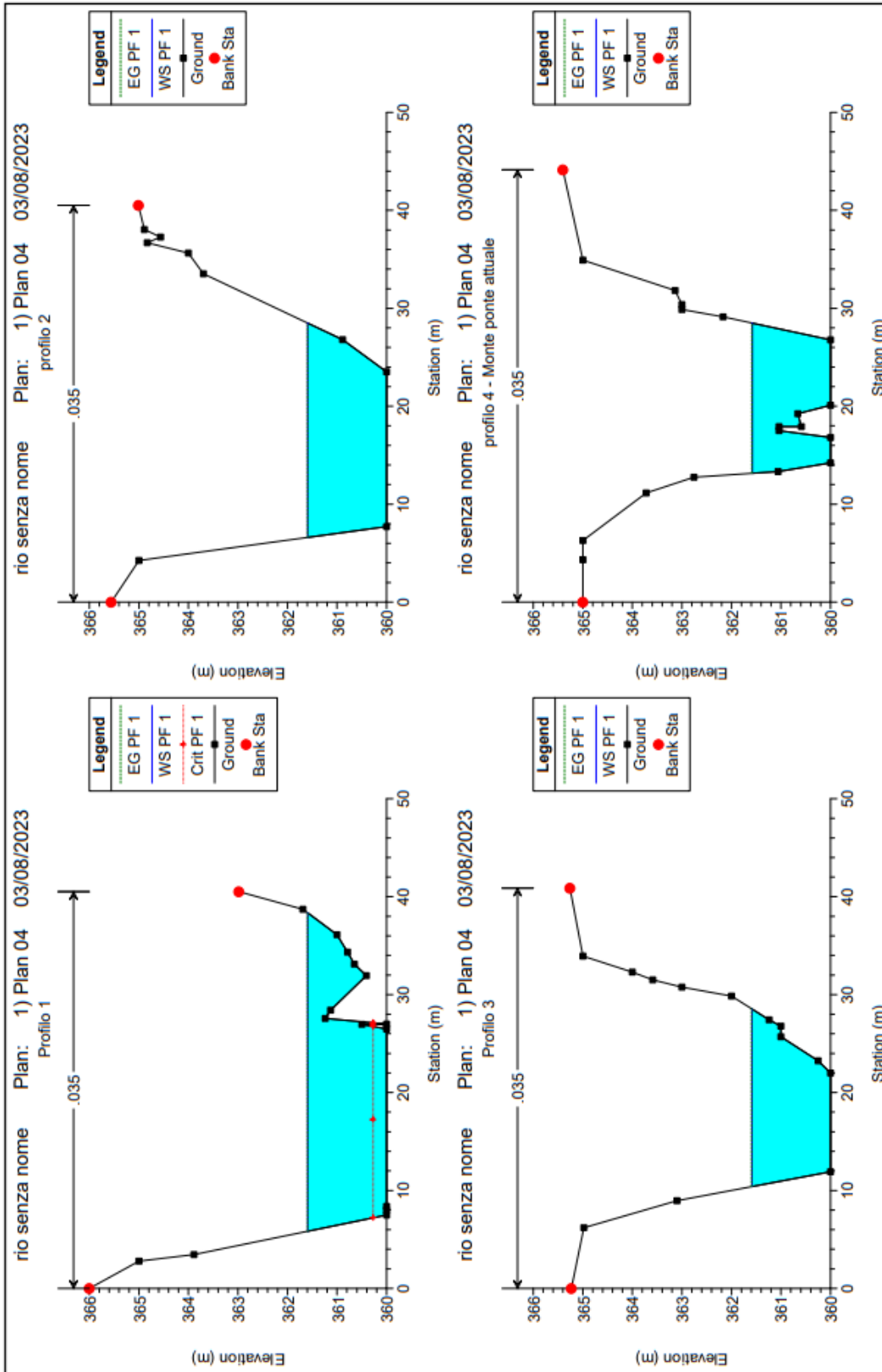
**ELABORAZIONI DI CALCOLO**

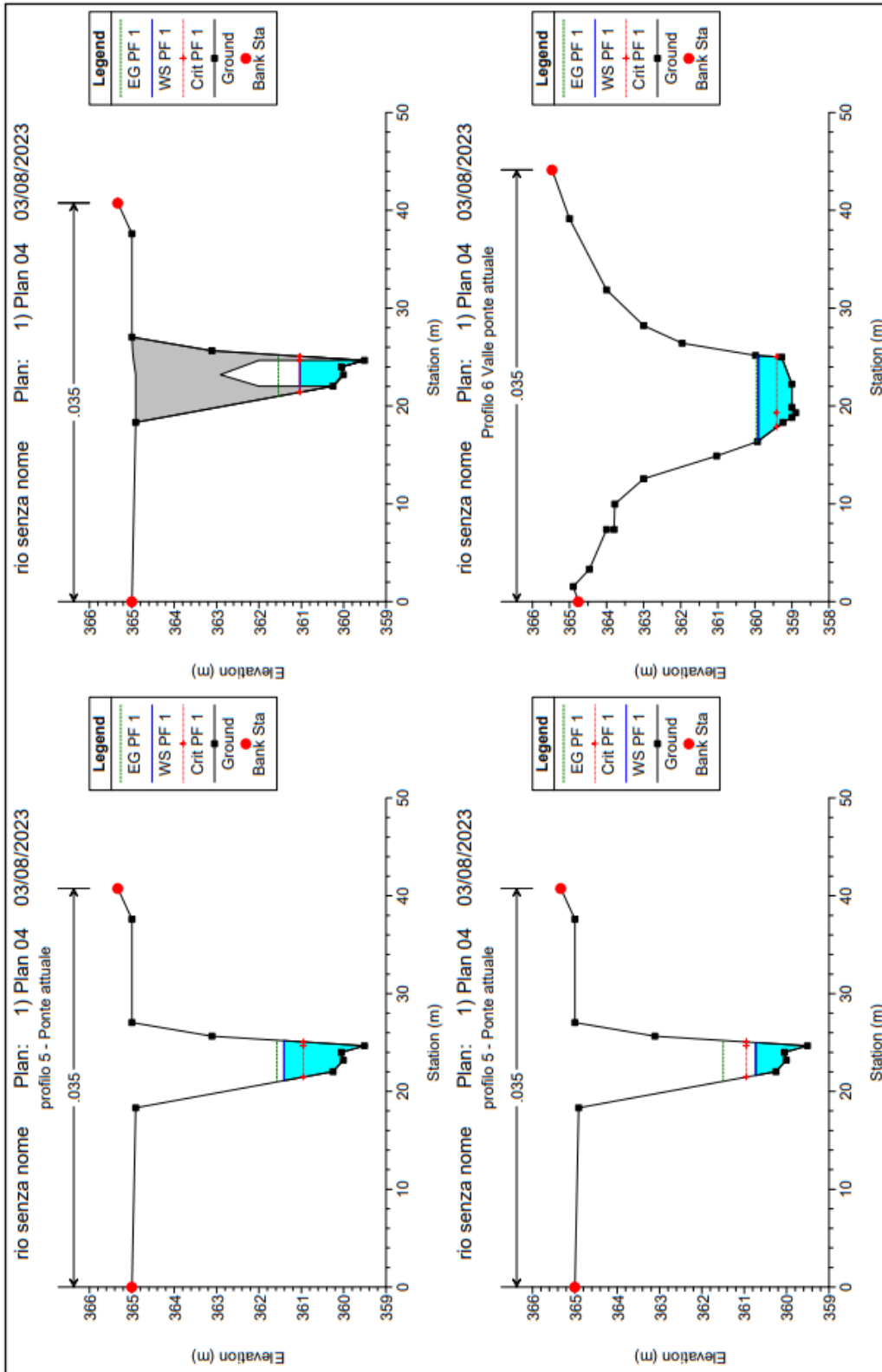
**Q = 200 anni**

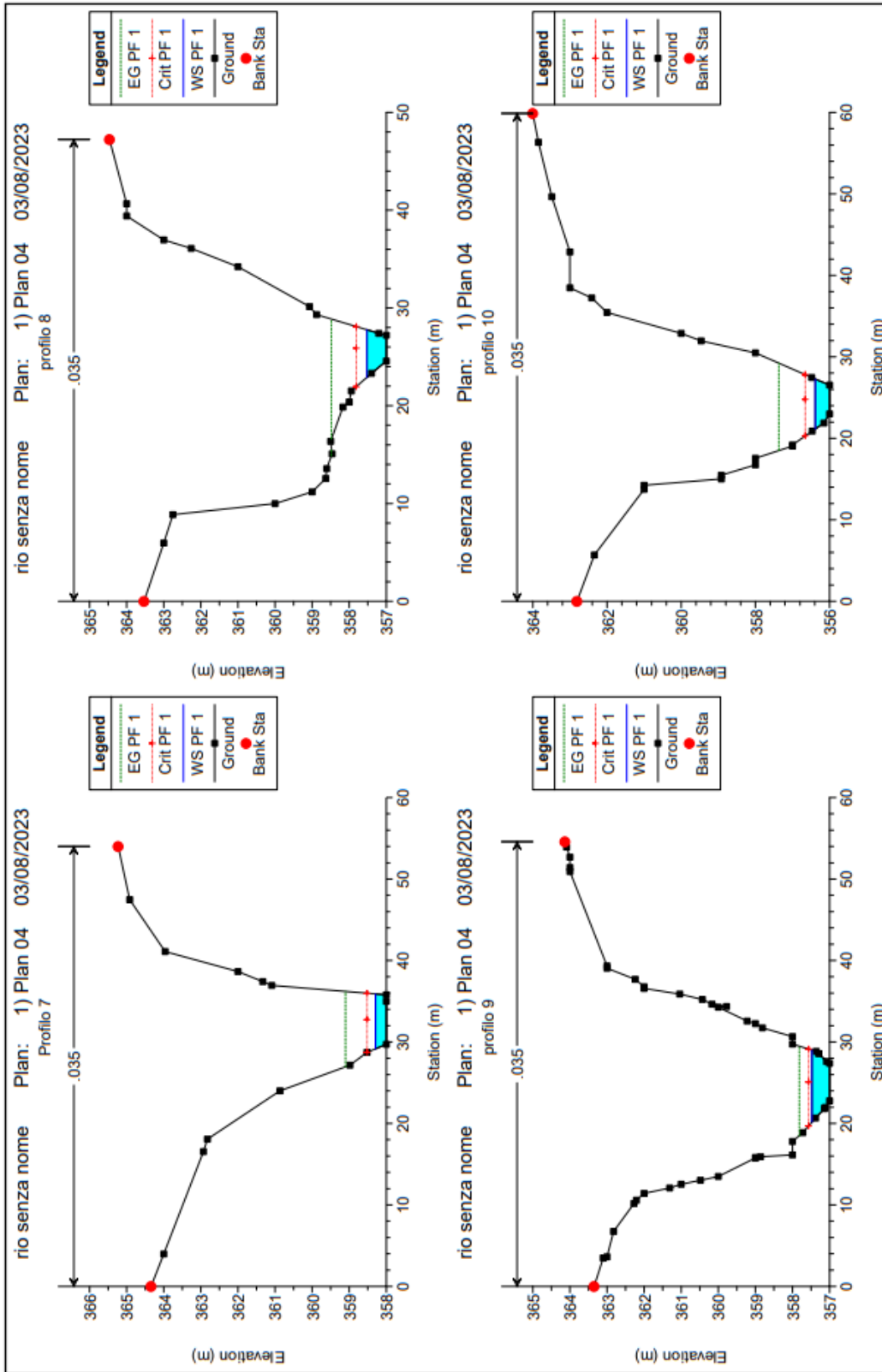
**SITUAZIONE IN STATO ATTUALE**

### PROFILO IDRAULICO DI STATO ATTUALE Q=200

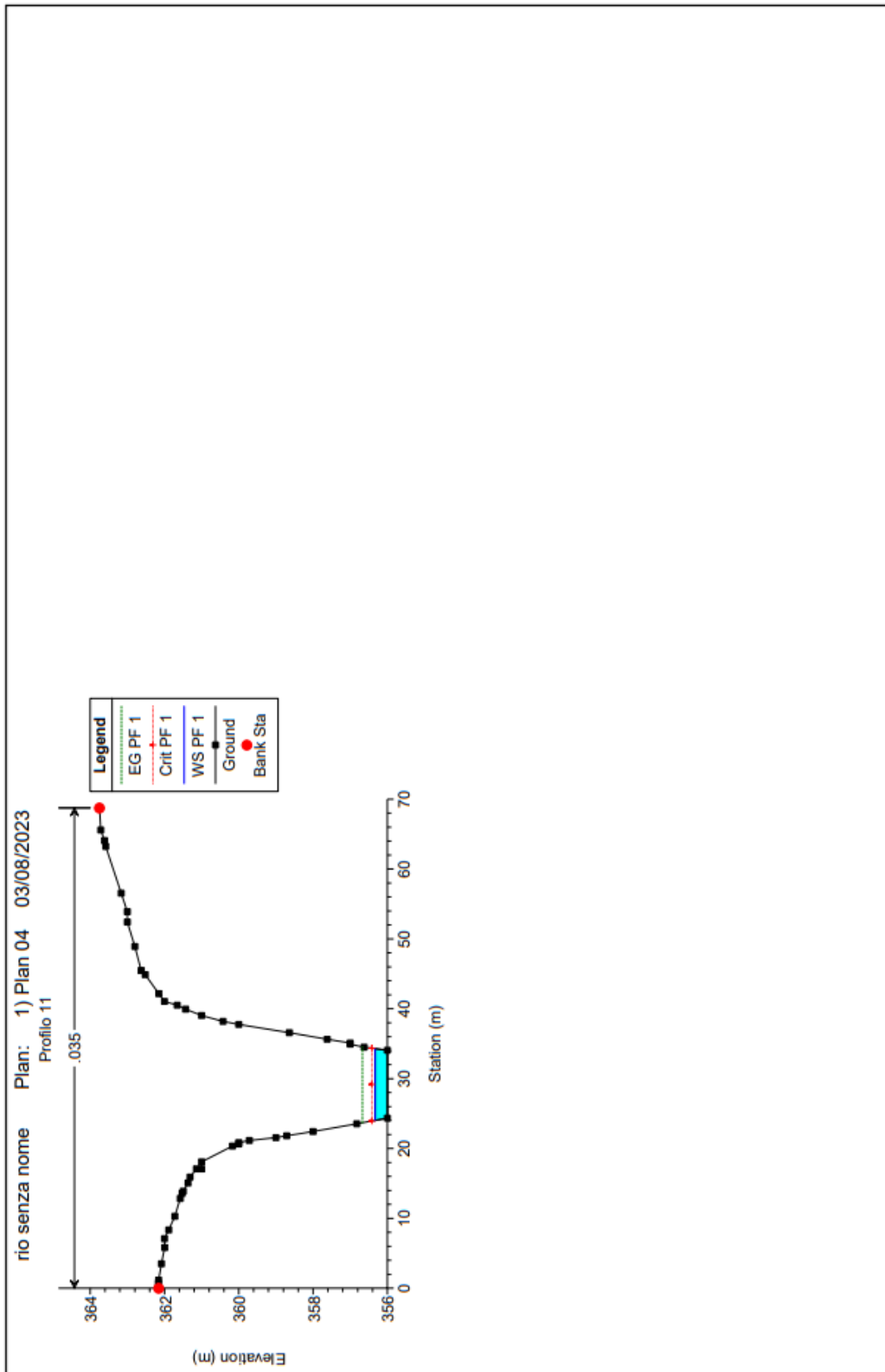












---

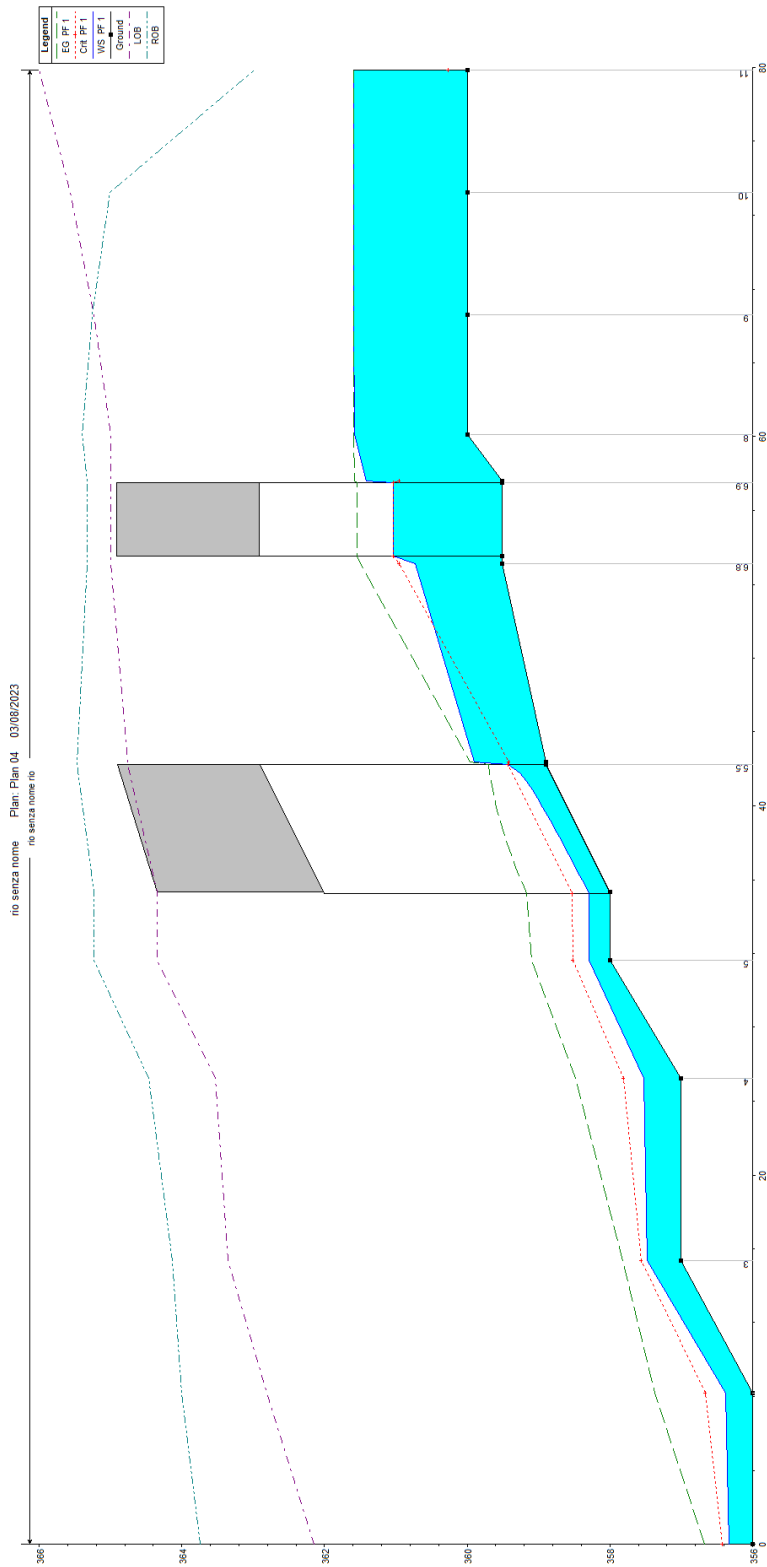
**TABELLA MODELLO CONDIZIONI DI STATO ATTUALE Q=200**

HEC-RAS Plan: Plan 03 River: rio senza nome Reach: rio Profile: PF 1

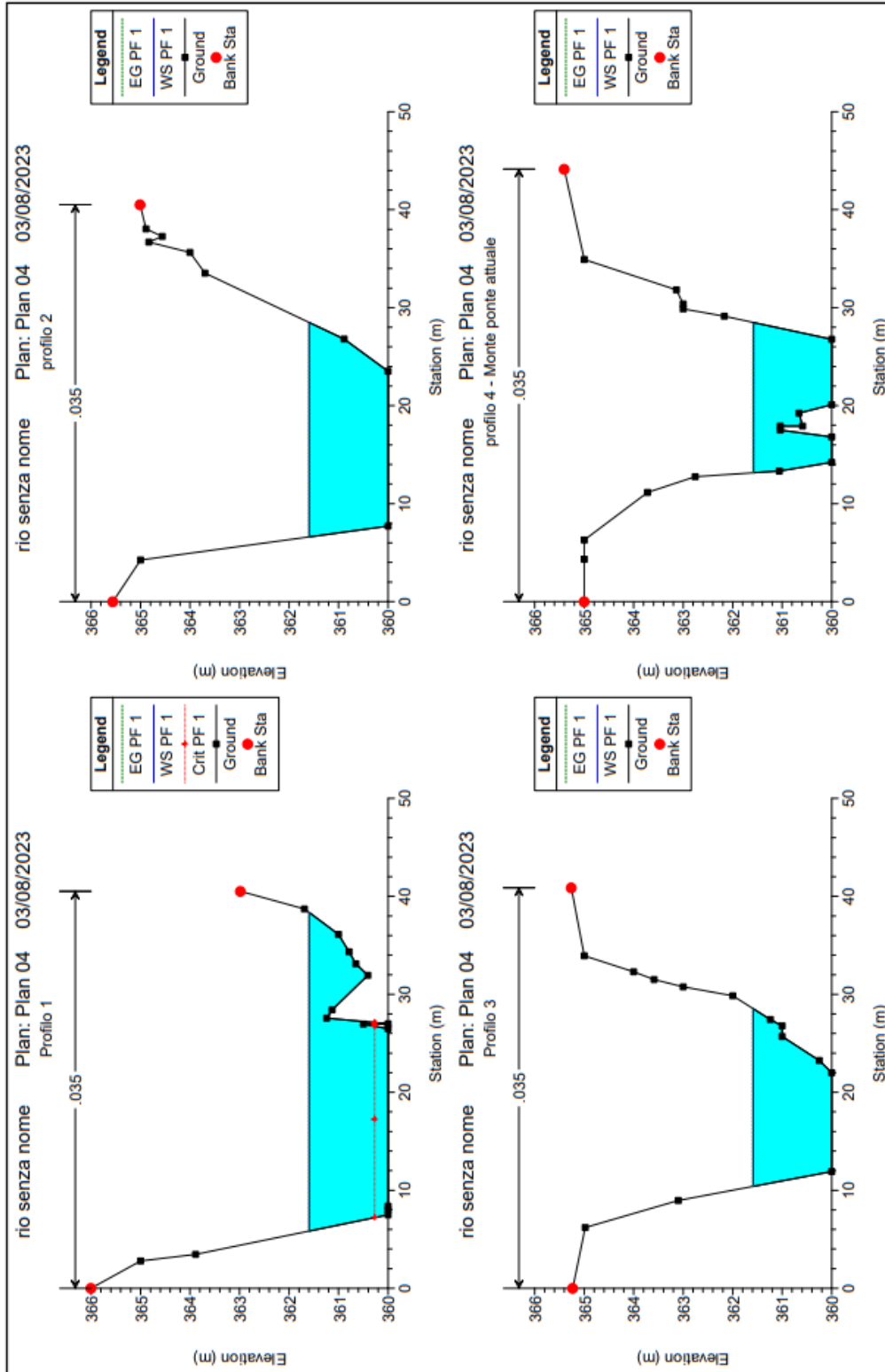
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
rio	11	PF 1	8.50	360.00	361.59	360.27	361.59	0.000045	0.21	40.27	32.51	0.06
rio	10	PF 1	8.50	360.00	361.59		361.59	0.000066	0.28	30.35	21.87	0.08
rio	9	PF 1	8.50	360.00	361.59		361.59	0.000140	0.38	22.49	18.13	0.11
rio	8	PF 1	8.50	360.00	361.58		361.59	0.000184	0.42	20.30	15.33	0.12
rio	7	PF 1	8.50	359.51	361.41	360.95	361.57	0.005828	1.80	4.73	4.09	0.53
rio	6.9		Bridge									
rio	6.8	PF 1	8.50	359.51	360.73	360.95	361.50	0.052138	3.90	2.18	3.36	1.54
rio	6	PF 1	8.50	358.90	359.32	359.60	360.51	0.181300	4.83	1.76	6.91	3.05
rio	5	PF 1	8.50	358.00	358.29	358.56	359.37	0.152214	4.59	1.85	6.72	2.80
rio	4	PF 1	8.50	357.00	357.58	357.81	358.33	0.059400	3.84	2.22	5.10	1.86
rio	3	PF 1	8.50	357.00	357.49	357.56	357.81	0.027934	2.49	3.42	8.95	1.29
rio	2	PF 1	8.50	356.00	356.38	356.66	357.38	0.116031	4.43	1.92	6.11	2.52
rio	1	PF 1	8.50	356.00	356.33	356.42	356.67	0.039266	2.59	3.28	10.28	1.47

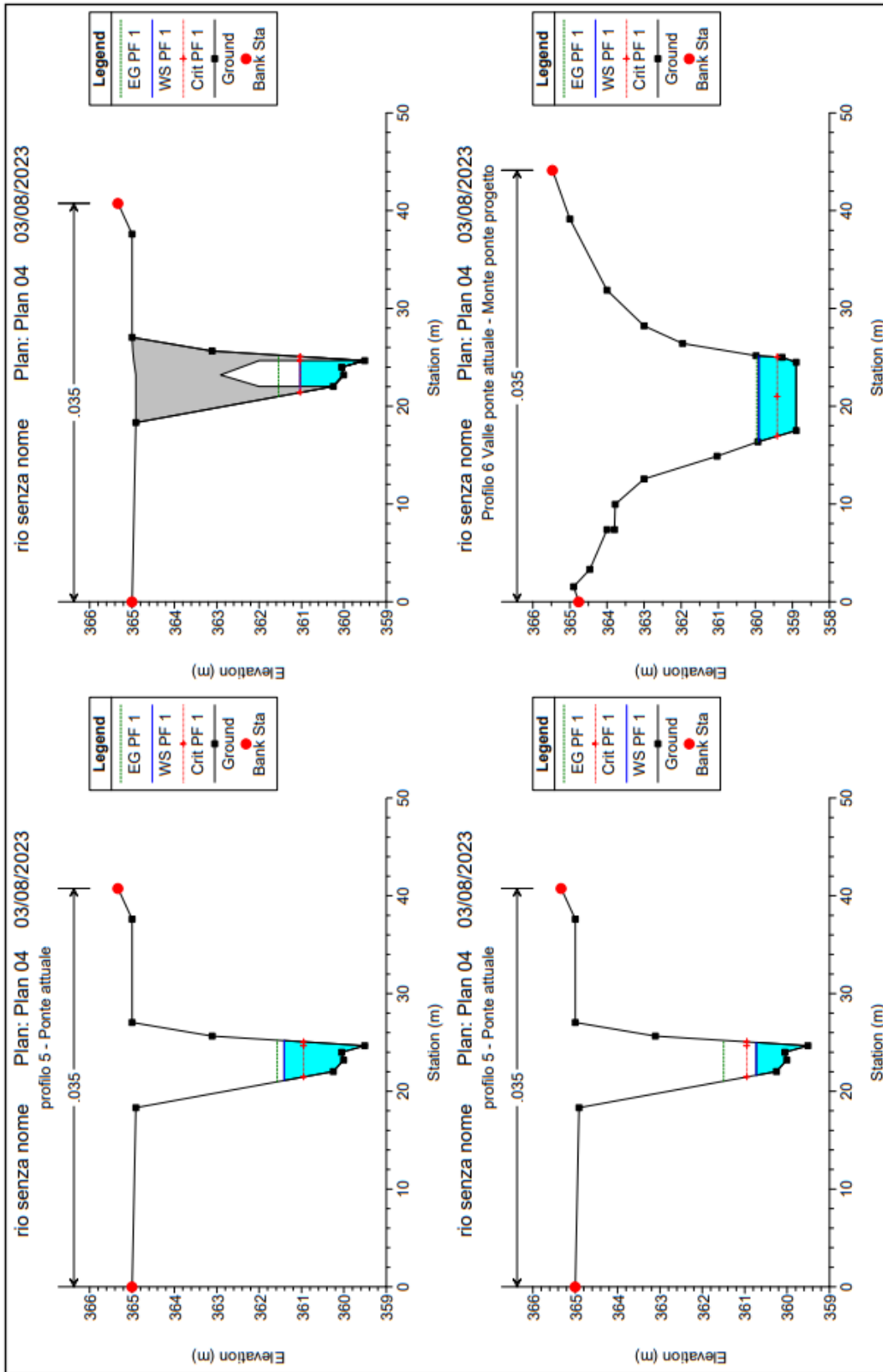
**ALLEGATO B**  
**ELABORAZIONI DI CALCOLO**  
**Q = 200 anni**  
**SITUAZIONE IN PROGETTO**

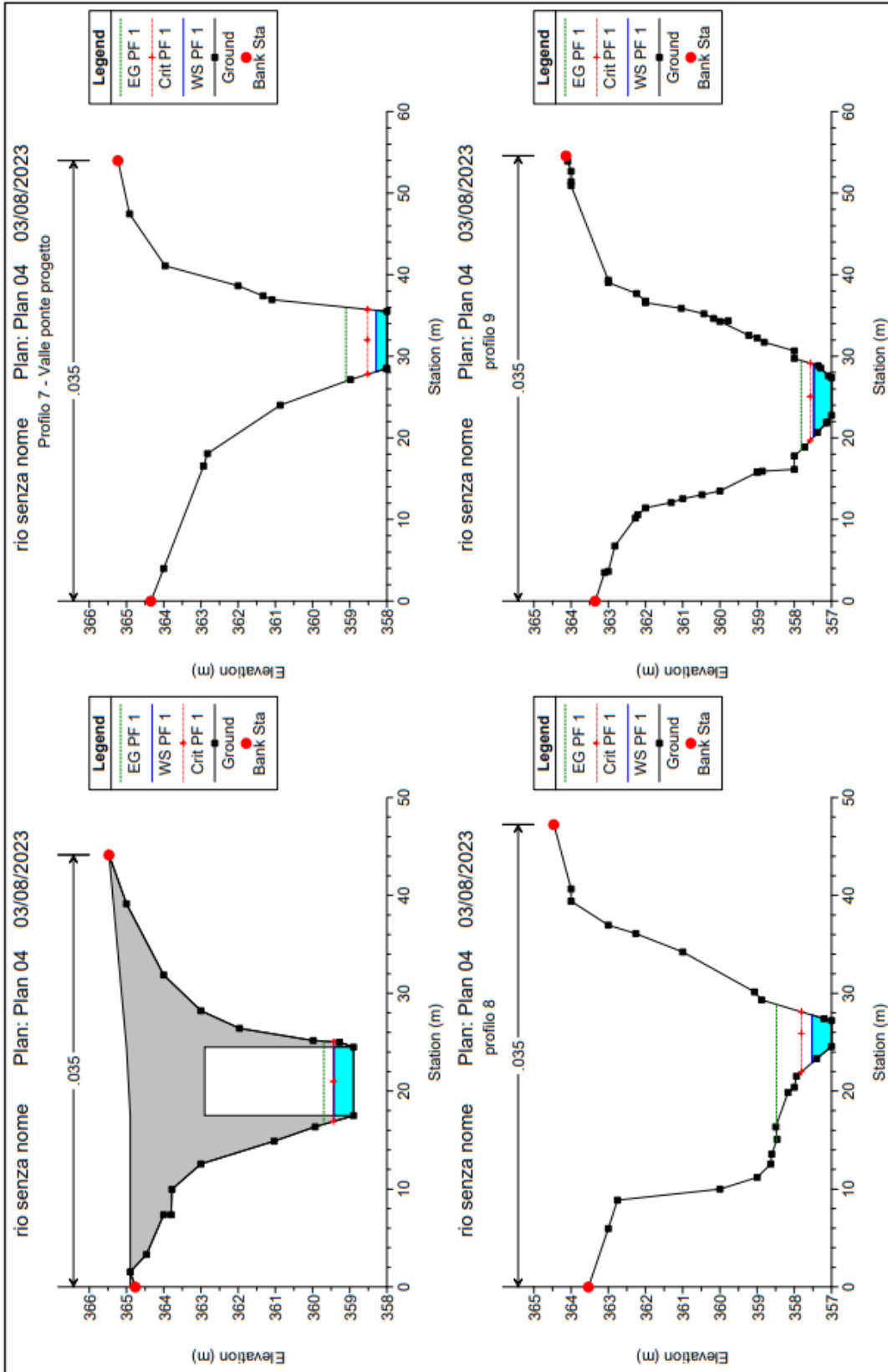
## PROFILIO IDRAULICO IN CONDIZIONI DI PROGETTO Q = 200

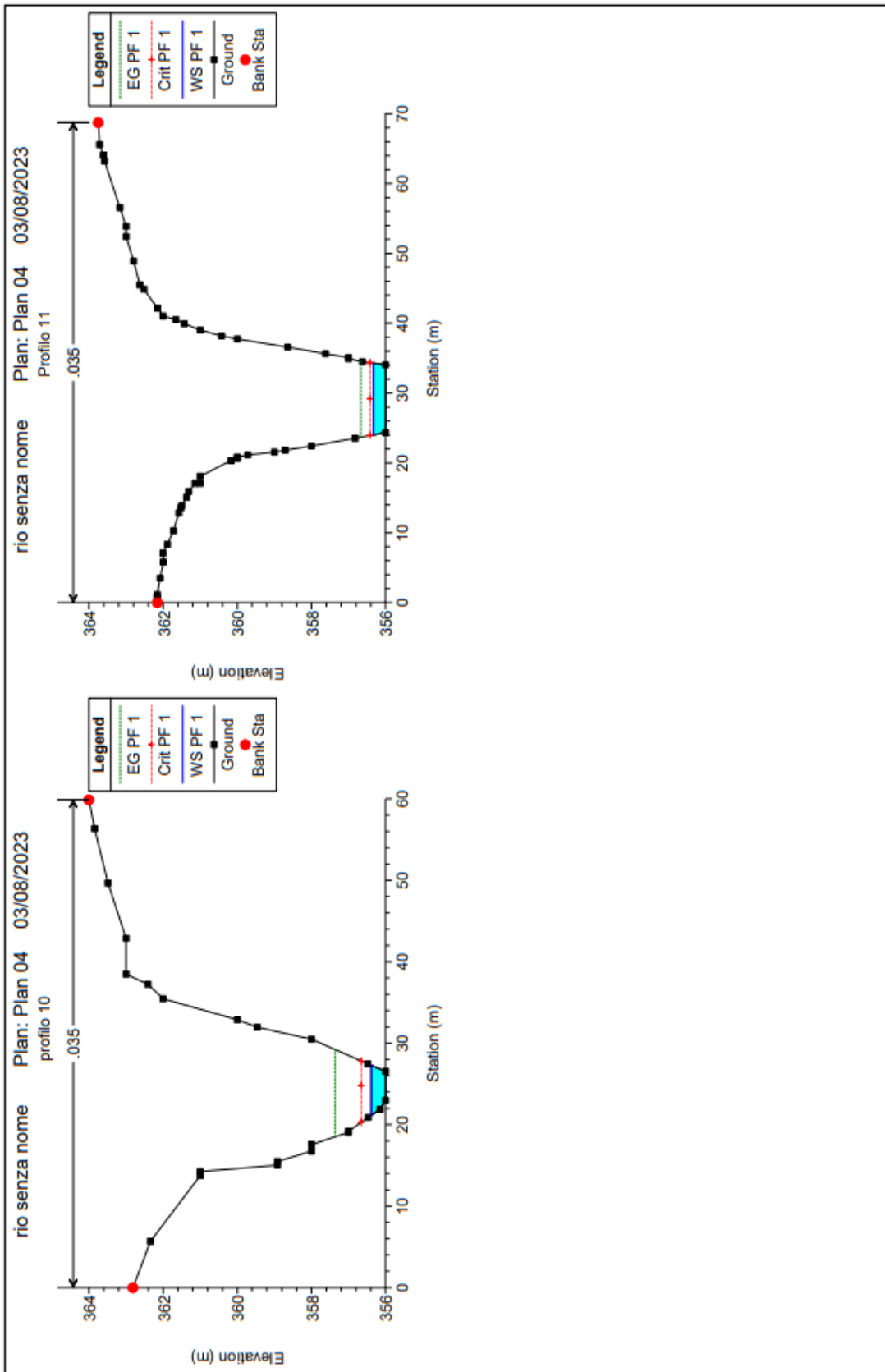


SEZIONI IDRAULICHE IN CONDIZIONI DI PROGETTO Q= 200











## TABELLA MODELLO IN CONDIZIONI DI PROGETTO Q=200

HEC-RAS Plan: Plan 04 River: rio senza nome Reach: rio Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /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 (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
rio	11	PF 1	8.50	360.00	361.59	360.27	361.59	0.000045	0.21	40.27	32.51	0.06
rio	10	PF 1	8.50	360.00	361.59		361.59	0.000066	0.28	30.35	21.87	0.08
rio	9	PF 1	8.50	360.00	361.59		361.59	0.000140	0.38	22.49	18.13	0.11
rio	8	PF 1	8.50	360.00	361.58		361.59	0.000184	0.42	20.30	15.33	0.12
rio	7	PF 1	8.50	359.51	361.41	360.95	361.57	0.005828	1.80	4.73	4.09	0.53
rio	6.9		Bridge									
rio	6.8	PF 1	8.50	359.51	360.73	360.95	361.50	0.052138	3.90	2.18	3.36	1.54
rio	6	PF 1	8.50	358.90	359.90	359.41	359.96	0.001775	1.06	8.04	8.75	0.35
rio	5.5		Culvert									
rio	5	PF 1	8.50	358.00	358.29	358.52	359.10	0.109777	3.98	2.13	7.53	2.39
rio	4	PF 1	8.50	357.00	357.53	357.81	358.48	0.082908	4.32	1.97	4.88	2.17
rio	3	PF 1	8.50	357.00	357.47	357.56	357.82	0.031636	2.60	3.28	8.85	1.36
rio	2	PF 1	8.50	356.00	356.38	356.66	357.37	0.113490	4.40	1.93	6.12	2.50
rio	1	PF 1	8.50	356.00	356.33	356.42	356.67	0.038854	2.58	3.29	10.28	1.46