SOMMARIO

1. PREMESSA 2
1.1 – Piano di Bacino 2
1.1.1 – Carta delle Fasce di Inondabilità..... 2
2. VERIFICHE IDRAULICHE 4
2.1 Portate di riferimento 4
2.2 Metodologia di calcolo 4
2.3 Configurazioni di verifica 6
2.4 Risultati 7

1. PREMESSA

L'area oggetto d'intervento è situata lungo l'asta del torrente Sturla, in Comune di Carasco, circa 500 m a monte della sua confluenza nel torrente Lavagna.
L'intervento in oggetto consiste nella realizzazione di un impianto di produzione idroelettrica, ubicato in corrispondenza di una briglia esistente sul torrente Sturla, avente un dislivello tra monte e valle di circa 4.5 m.
La briglia risulta essere in buone condizioni, infatti sull'opera sono stati effettuati recentemente interventi di manutenzione della massicciata.
L'opera di presa e i manufatti relativi all'impianto verranno collocati in sponda sinistra in una porzione di area localizzata tra l'alveo ed il muro della Strada Provinciale, al di fuori delle Fasce Fluviali contenute nel Piano di Bacino D.L. 180/98 – Ambito 16.

1.1 – Piano di Bacino

Il Piano stralcio per il rischio idrogeologico dell'Ambito 16 è stato approvato con delibera del Consiglio Provinciale n°3 del 29/01/2003.
L'area in oggetto è indagata sul Piano di Bacino. Si riportano di seguito le fasce d'inondabilità ed una analisi della situazione desunta dalle verifiche di Piano di Bacino.

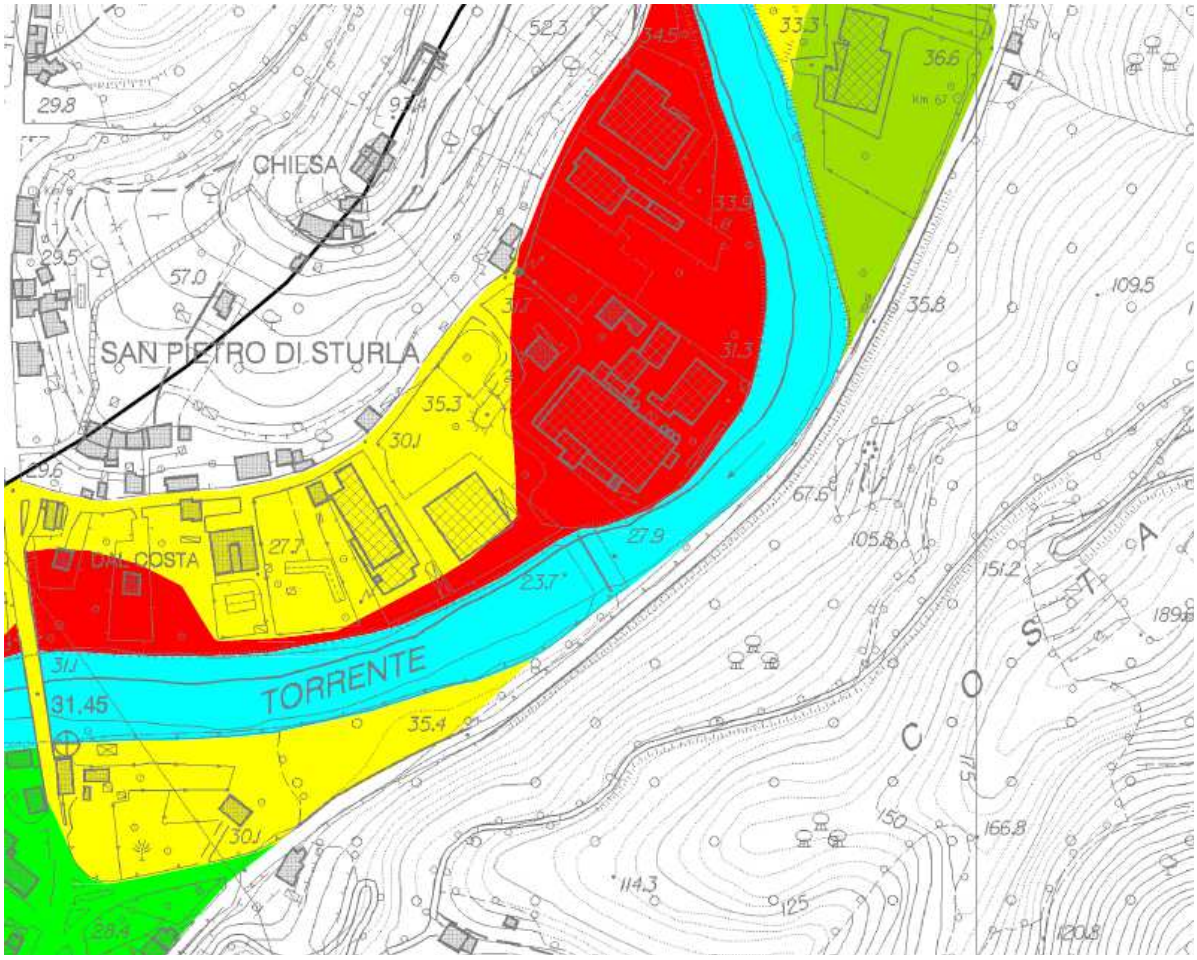
1.1.1 – Carta delle Fasce di Inondabilità

(Allegato 1 - scala 1:5.000)

L'area in sponda destra del T. Sturla nel tratto in prossimità dall'intervento è soggetta a monte della briglia ad eventi alluvionali con tempi di ritorno cinquantennale (fascia A), a valle della stessa ad eventi 50-ennali per una porzione limitata limitrofa all'alveo, e in larga parte ad eventi per tempo di ritorno 200-ennale (Fascia B).
L'area in sponda sinistra del Torrente Sturla, situata tra l'alveo e il muro della strada Provinciale, sulla quale verrà realizzato l'intervento è ubicata al di fuori delle fasce fluviali.

E' da sottolineare che il profilo a valle della briglia è condizionato dagli effetti di rigurgito dovuti alla confluenza nel torrente Lavagna, mentre a monte della stessa, proprio a causa del dislivello non si verifica più tale influenza.

L'allagabilità delle aree in sponda destra a monte della briglia è dovuta principalmente all'insufficienza arginale; la distanza tra il piano di campagna ed il fondo alveo è di circa 3.5 – 4 m e non ci sono rilevati arginali sopraelevati rispetto al piano campagna.



Fasce fluviali T. Sturla (Piano di Bacino Ambito 16) Squadro n°6

2. VERIFICHE IDRAULICHE

2.1 Portate di riferimento

I valori di portata per assegnato tempo di ritorno utilizzati nel presente progetto sono le portate 50-ennali e 200-ennali risultanti dal Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico, ambito di bacino di rilievo regionale GE 16, riferiti alla sezione ST1 di seguito riportati:

Torrente Sturla $Q_{50} = 474\ m^3/s$

$Q_{200} = 839\ m^3/s$

2.2 Metodologia di calcolo

La verifica idraulica è stata effettuata mediante l'ausilio del software Hec-Ras per il calcolo dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali che consente anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinatura, briglie, stramazzi, aree golenali, ecc.
La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard Step Method* che si basa sulla semplice equazione monodimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

Dove H_1 *[m] e* H_2 *[m]* sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, h_f *[m]* sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde, mentre h_e *[m]* è un termine che tiene conto della non cilindricità della corrente.
In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto d'alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f * L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza *L[m].*

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse simulazioni, in funzione della pendenza motrice *J* in corrispondenza delle sezioni d'inizio e fine di ciascun tratto.
Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$J = [Q/K]^2$

Dove Q [m^3/s] è la portata di calcolo e K (denominata conveyance) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}}$$

dove A [m^2] è l'area della sezione liquida, R [m] è il raggio idraulico e *n* [$m^{-1/3}s$] è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.
Il valore del coefficiente *n* è determinato secondo la procedura sviluppata da Cowan selezionando le caratteristiche più rilevanti ai fini della quantificazione dell'indice di resistenza.

In particolare, vista la natura e le caratteristiche del corso d'acqua in studio, si sono considerati come parametri preminenti il materiale del fondo alveo e delle sponde, l'irregolarità del fondo alveo e le variazione di forma e delle dimensioni delle sezioni.

Ai fini del calcolo nelle verifiche è stato assunto il valore del coefficiente *n* in base al Regolamento Regionale n°3 del 2011 ovvero *n* nella zona d'alveo bagnato pari a 0.033 corrispondente alla situazione di alveo naturale con vegetazione e movimento di materiale sul fondo; *n* pari a 0.05 nelle arre golenali laterali.
Il modello, infatti, consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso e due zone golenali laterali.

Il termine h_e dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta[\alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} - \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g}]$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e V_2 [m/s] sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombinatura (*culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica.

2.3 Configurazioni di verifica

Sono state analizzate le seguenti configurazioni:

- **stato attuale** :
- **stato di progetto**

Ai fini delle verifiche è stato effettuato un rilievo di dettaglio aggiornato al Marzo 2013: sono state rilevate 4 sezioni: una a valle ed una a monte della briglia, ed alte 2 circa 170 m e 350 m a monte.
E' stata inserita nelle verifiche anche la sezione 6 ricavata dal Piano di Bacino del Torrente Sturla (Ambito 16), situata a monte, e in essa sono state imposte come condizioni al contorno i livelli desunti dalle verifiche di Piano. Lo scopo di questa estensione del tratto è poter avere la minor influenza possibile delle condizioni al contorno nel tratto d'interesse.
I valori del pelo libero imposti nella sezione 6 sono 34.95 m per la 200-ennale e 33.31 m per al 50-ennale.
Anche nel tratto a valle della briglia sono state inserite le sezioni 1 e 2 presenti nel piano di Bacino e sono stati imposti i livelli del pelo libero di Piano di Bacino nella sezione più a valle, ovvero 29.71 m per la 200-ennale e 27.2 m per al 50-ennale.

2.4 Risultati

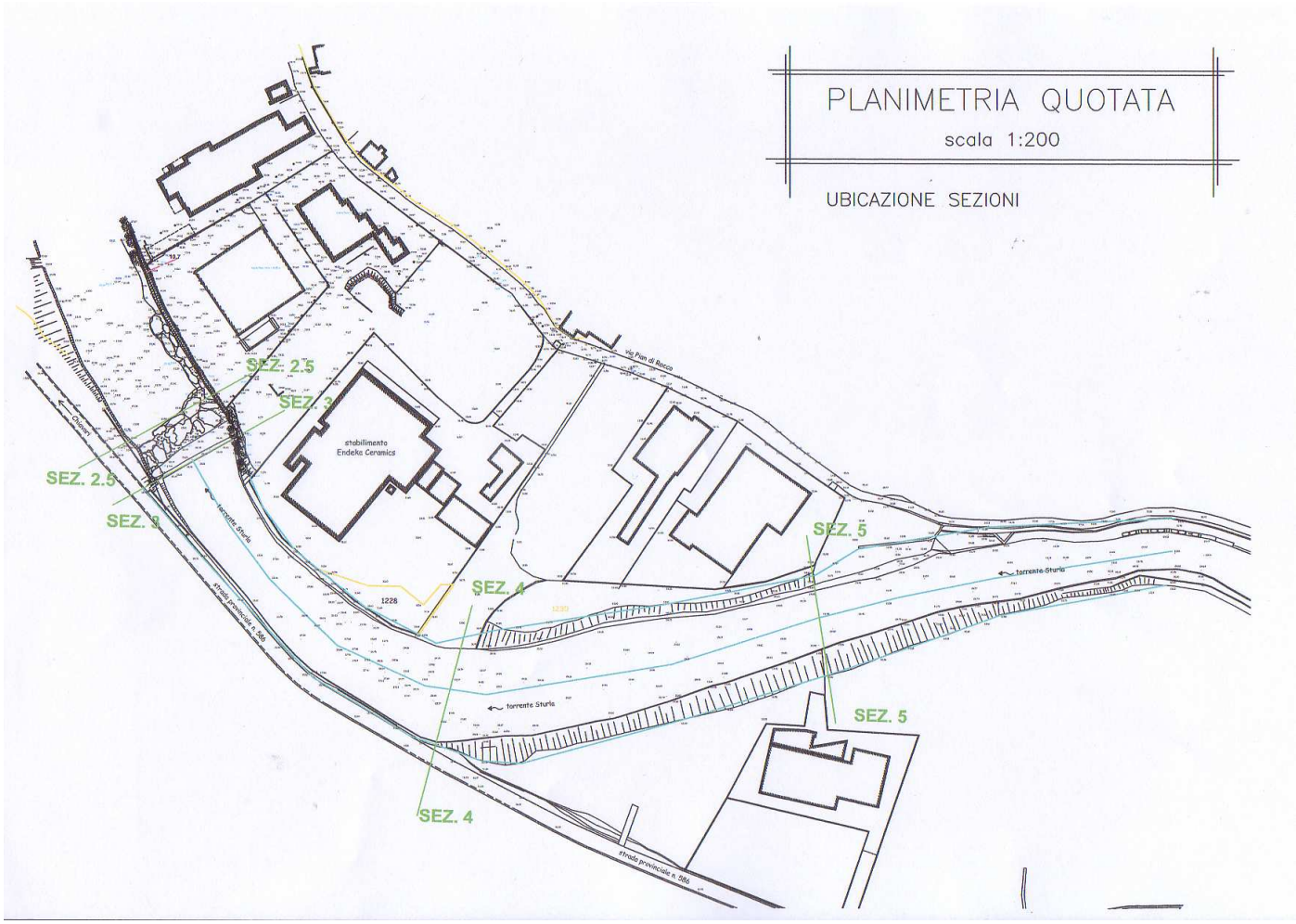
STATO ATTUALE

Dalle verifiche di stato attuale si nota, rispetto alle verifiche contenute nel Piano di Bacino, una variazione dei livelli del pelo libero nel tratto a monte della briglia, sia per portata 50-ennale che per portata 200-ennale, dovuta essenzialmente alle differenze geometriche che si riscontrano nella sezione di testa dell'opera. Il rilievo attuale mostra, infatti, una sezione più stretta di circa 10 m e con la sponda destra più alta rispetto a quella di PdB. Ciò provoca l'innalzamento del valore della profondità critica e poichè in questa sezione si ha passaggio attraverso tale profondità, conseguentemente i livelli di monte risultano più elevati rispetto a quelli contenuti nelle verifiche di Piano di Bacino.

STATO DI PROGETTO

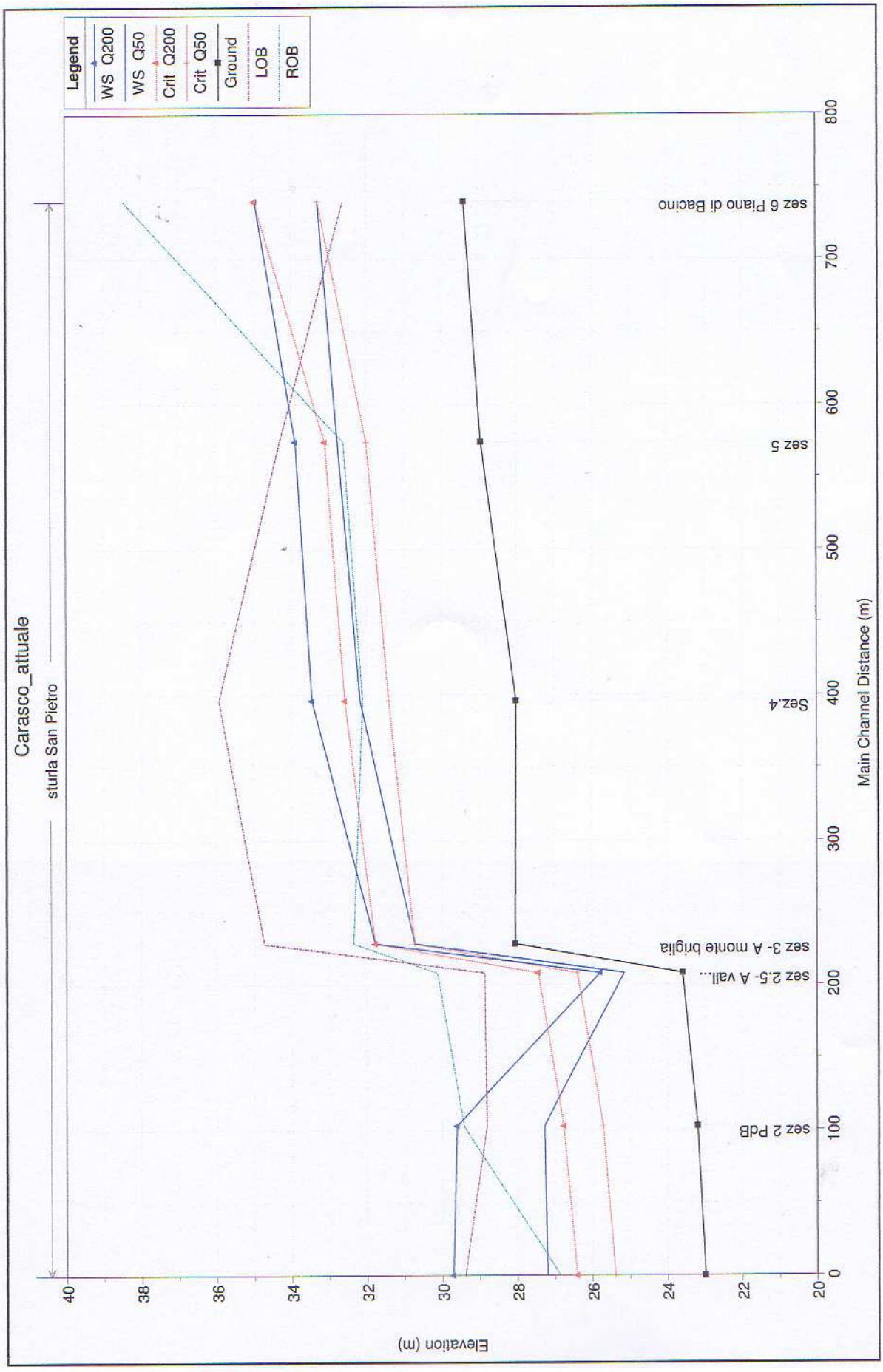
Nello stato di progetto sono stati inseriti tutti i manufatti previsti per la realizzazione dell'impianto idroelettrico. Essi consistono essenzialmente nell'allargamento dell'attuale sezione di testa della briglia di circa 2 m in sponda sinistra, con l'innalzamento del muretto esistente di circa 1 m per creare il canale di derivazione dell'acqua. Più a valle invece verrà costruito il locale macchine che nella parte bassa allargherà la sezione esistente e nella parte alta si eleverà alla stessa quota della strada provinciale.
Dalle verifiche idrauliche risulta che i livelli idrici per le portate sia 50-ennali che 200-ennali sono molto simili in entrambe le configurazioni (attuale e di progetto). Nello stato di progetto si ha un leggero miglioramento proprio nella sezione di testa della briglia con abbassamento dei peli liberi che va dai 5 cm per la 50-ennale ai 10 cm per la 200-ennale, che si ripercuote a monte per circa 200 metri.
Con le verifiche i cui elaborati sono di seguito allegati si mostra che l'opera in progetto non costituisce un peggioramento delle condizioni di deflusso della corrente e anzi provoca un lieve abbassamento dei peli liberi per le portate di riferimento.

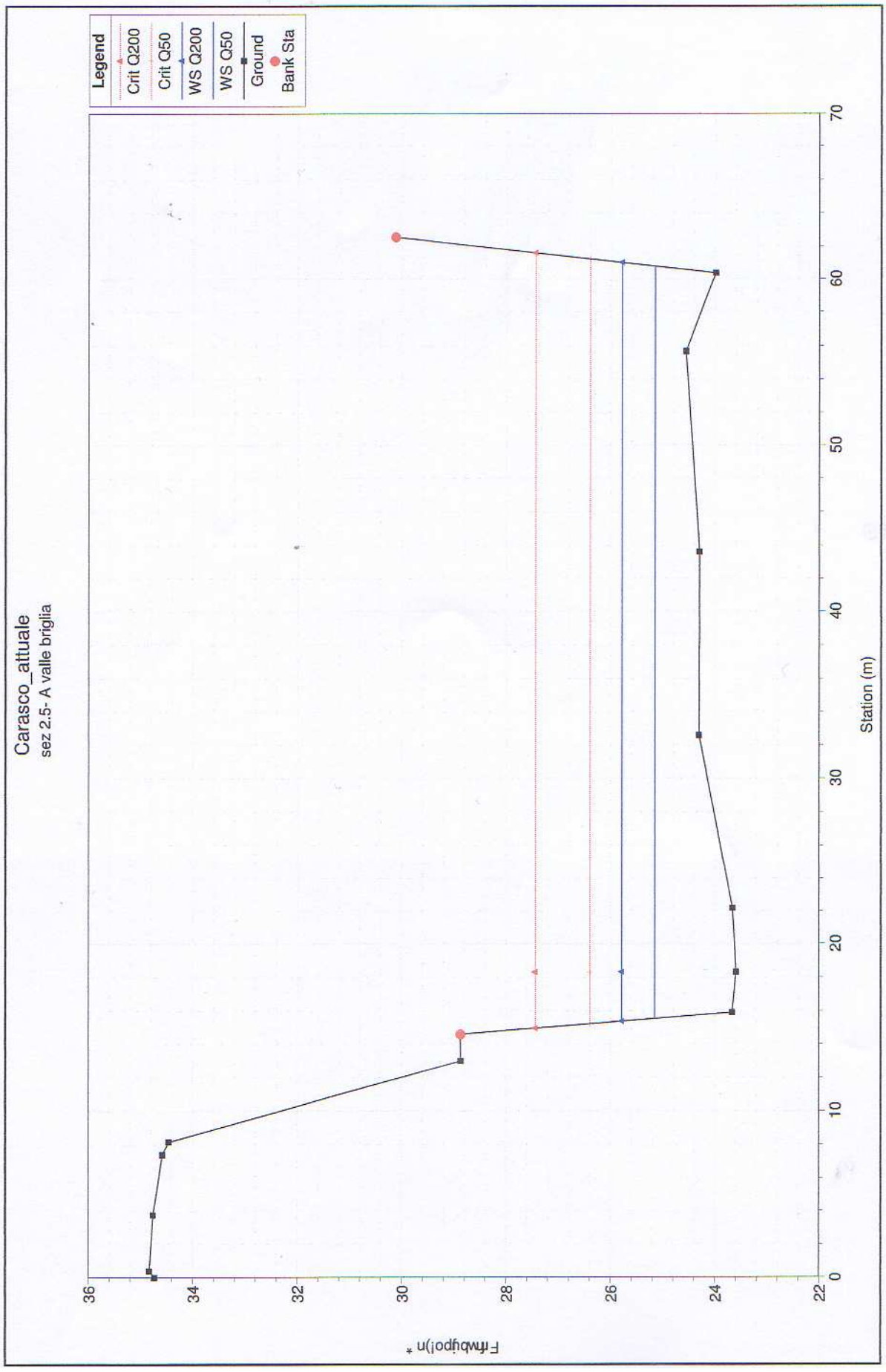
VERIFICHE IDRAULICHE

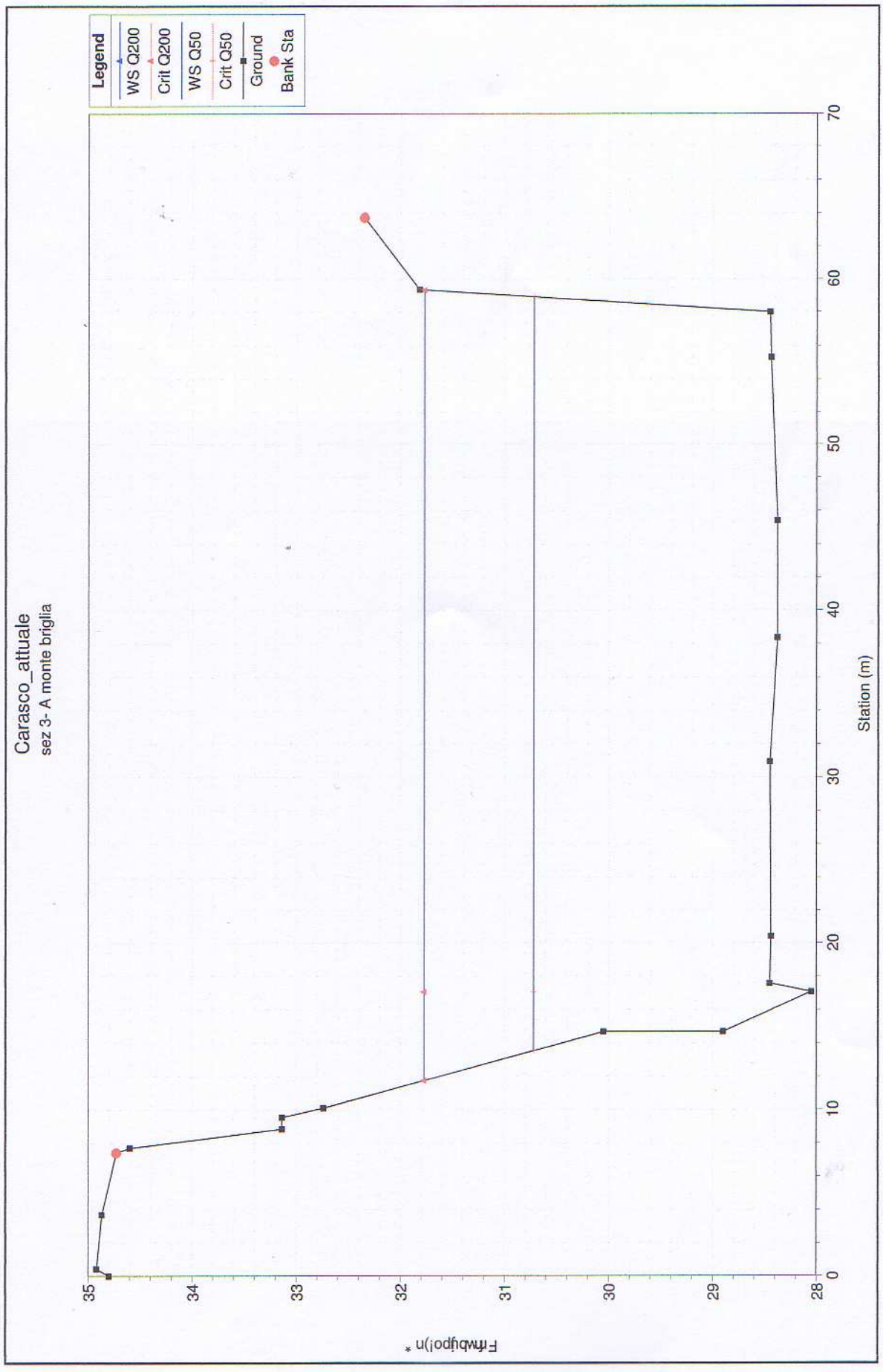

PLANIMETRIA QUOTATA
scala 1:200
UBICAZIONE SEZIONI
SEZ. 2.5
SEZ. 3
SEZ. 2.5
SEZ. 3
SEZ. 4
SEZ. 5
SEZ. 5
SEZ. 4
stabilimento
Endeka Ceramics
torrente Sturla
torrente Sturla
torrente Sturla
Strada provinciale n. 586
Strada provinciale n. 586
via Pian di Nocco
1226

STATO ATTUALE

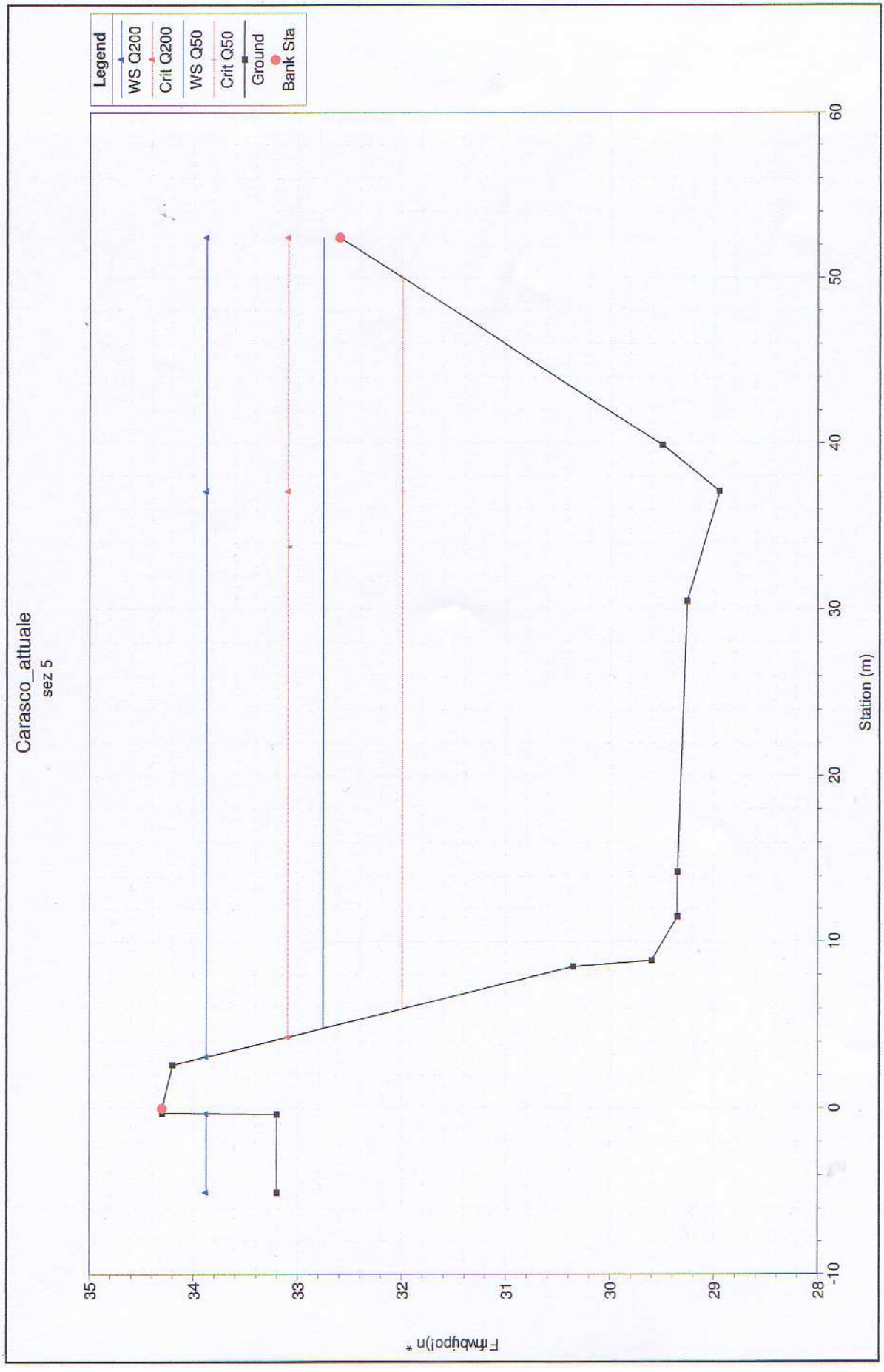
- Profilo Attuale
- Sez. 2.5 – a valle della briglia esistente
- Sez. 3 – a monte della briglia esistente
- Sez. 4
- Sez. 5
- Tabella


Legend
WS Q200
WS Q50
Crit Q200
Crit Q50
Ground
LOB
ROB
Carasco_attuale
sturla San Pietro
sez 6 Piano di Bacino
sez 5
Sez.4
sez 3- A monte briglia
sez 2.5- A vall...
sez 2 PdB
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
20
22
24
26
28
30
32
34
36
38
40
0
100
200
300
400
500
600
700
800


Legend
Crit Q200
Crit Q50
WS Q200
WS Q50
Ground
Bank Sta
Carasco_attuale
sez 2.5- A valle briglia
Station (m)
0
10
20
30
40
50
60
70
22
24
26
28
30
32
34
36


Legend
WS Q200
Crit Q200
WS Q50
Crit Q50
Ground
Bank Sta
Carasco_attuale
sez 3- A monte briglia
Station (m)
0
10
20
30
40
50
60
70
28
29
30
31
32
33
34
35


Legend
WS Q200
Crit Q200
WS Q50
Crit Q50
Ground
Bank Sta
Carasco_attuale
Sez.4
Station (m)
0
20
40
60
80
28
30
32
34
36
38

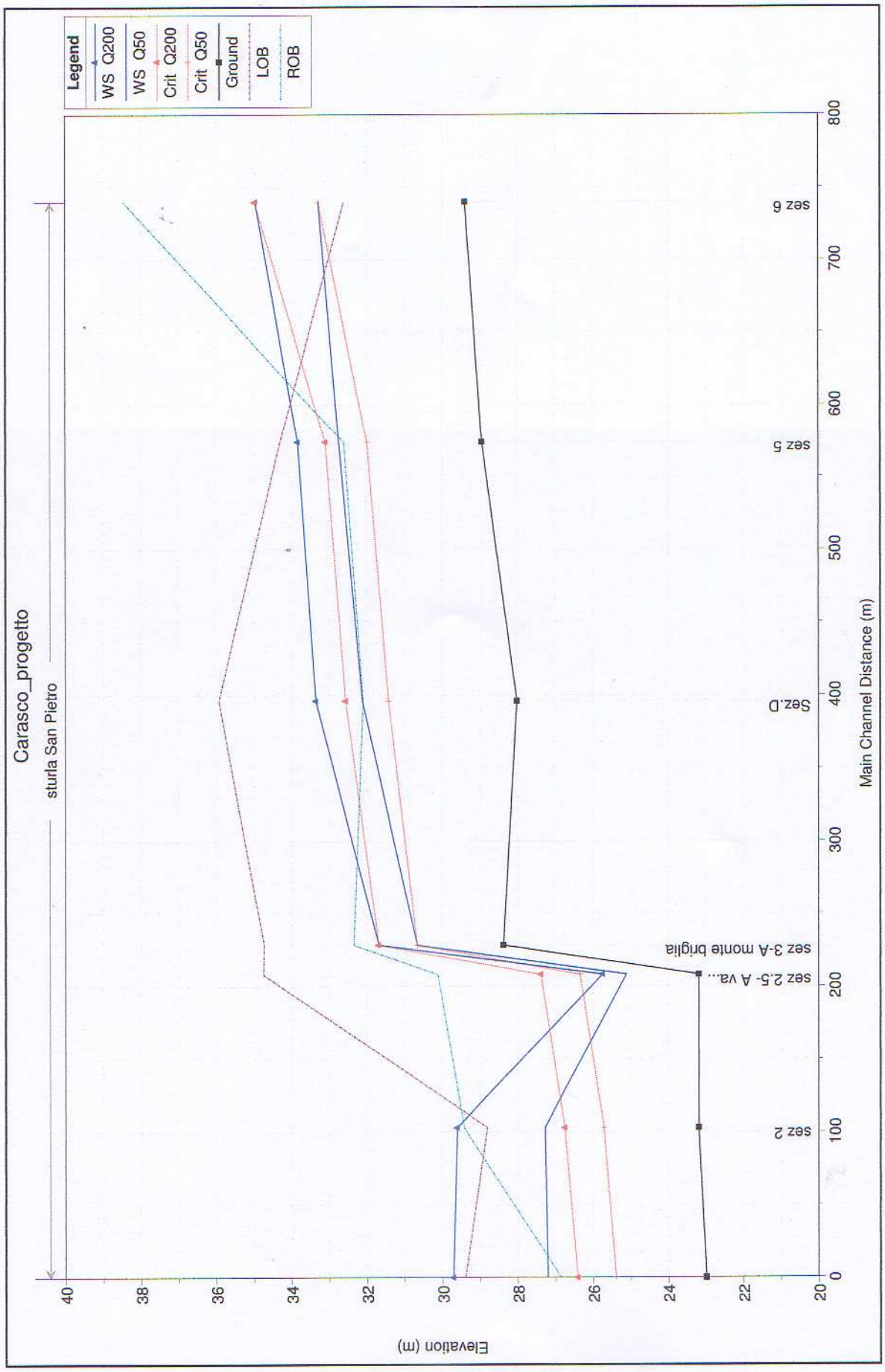

Legend
WS Q200
Crit Q200
WS Q50
Crit Q50
Ground
Bank Sta
Carasco_attuale
sez 5
Station (m)
60
50
40
30
20
10
0
-10
35
34
33
32
31
30
29
28

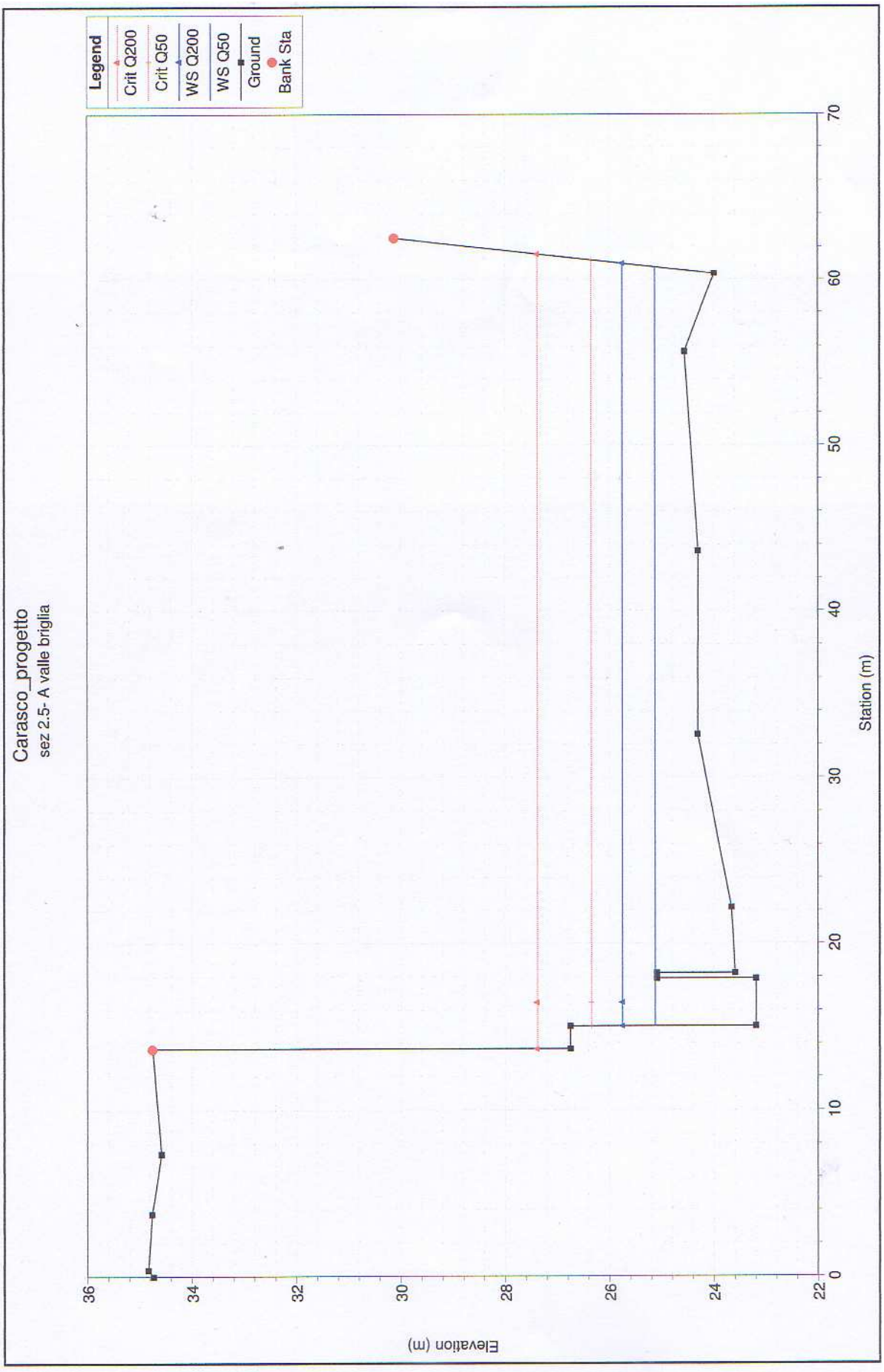
HEC-RAS Plan: Car_att River: sturla Reach: San Pietro

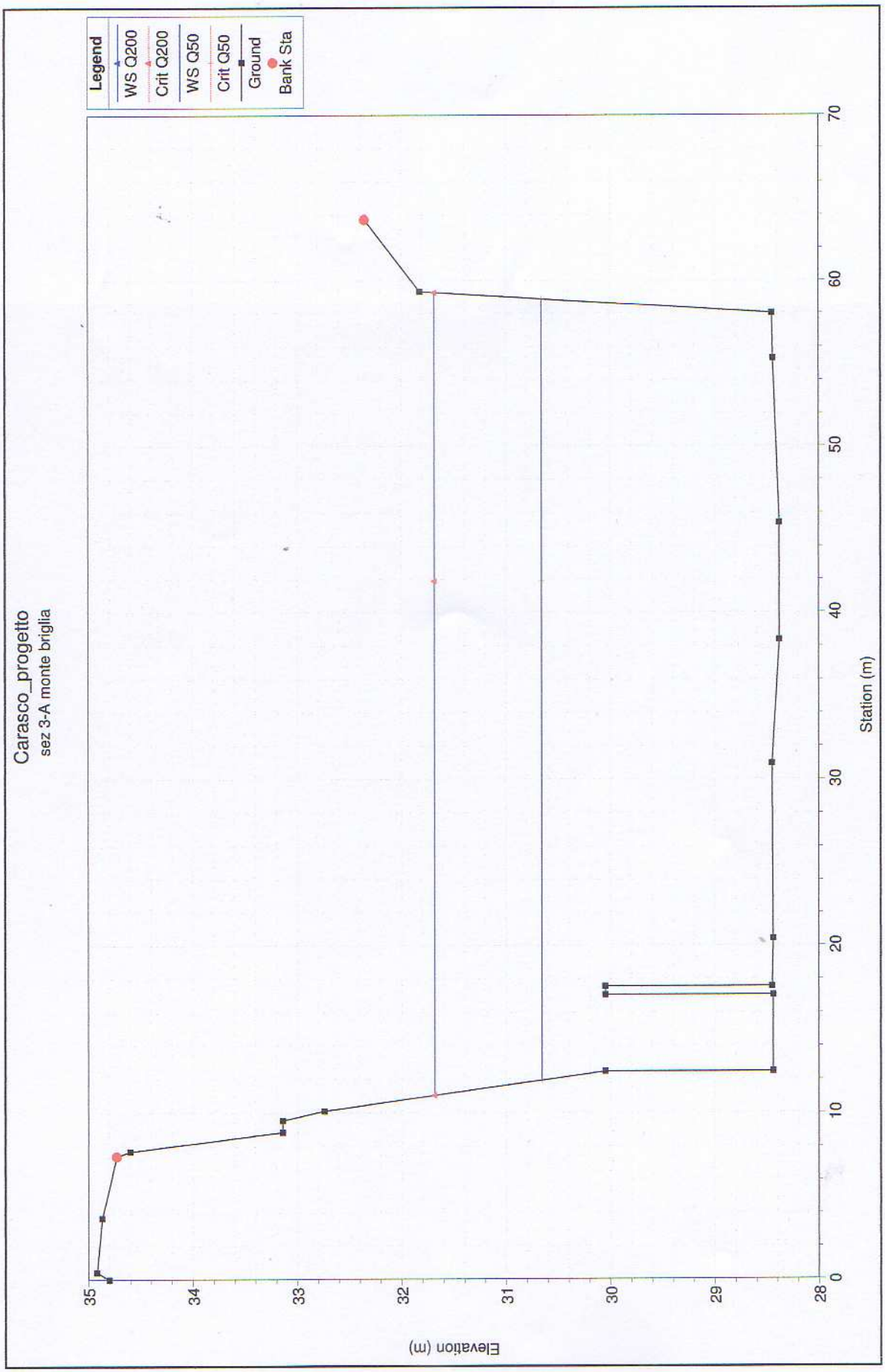
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
San Pietro	6 sez 6	Q50	474.00	29.40	33.28	33.28	34.73	0.008424	5.34	89.42	33.45	1.01
San Pietro	6 sez 6	Q200	839.00	29.40	34.95	34.97	35.78	0.003550	4.55	302.21	187.19	0.69
San Pietro	5 sez 5	Q50	474.00	28.95	32.75	31.99	33.38	0.003537	3.52	134.73	47.61	0.67
San Pietro	5 sez 5	Q200	839.00	28.95	33.88	33.10	34.87	0.003851	4.42	192.50	54.01	0.72
San Pietro	4	Q50	474.00	28.02	32.17	31.40	32.76	0.003338	3.43	142.34	69.36	0.64
San Pietro	4	Q200	839.00	28.02	33.44	32.57	34.22	0.002887	3.99	231.50	70.44	0.63
San Pietro	3 sez 3	Q50	474.00	28.05	30.72	30.72	31.84	0.009036	4.70	100.95	45.34	1.00
San Pietro	3 sez 3	Q200	839.00	28.05	31.77	31.77	33.37	0.008268	5.60	149.83	47.56	1.01
San Pietro	2.5 sez 2.5	Q50	474.00	23.59	25.16	26.40	30.92	0.133507	10.64	44.55	45.25	3.42
San Pietro	2.5 sez 2.5	Q200	839.00	23.59	25.79	27.44	32.48	0.082815	11.46	73.22	45.63	2.89
San Pietro	2 sez 2	Q50	474.00	23.20	27.28	25.72	27.66	0.001619	2.73	173.77	46.93	0.45
San Pietro	2 sez 2	Q200	839.00	23.20	29.61	26.76	30.05	0.001074	2.94	288.44	67.88	0.39
San Pietro	1 sez 1	Q50	474.00	22.99	27.20	25.39	27.49	0.001201	2.40	200.66	71.95	0.40
San Pietro	1 sez 1	Q200	839.00	22.99	29.71	26.41	29.91	0.000498	2.13	559.94	211.51	0.27

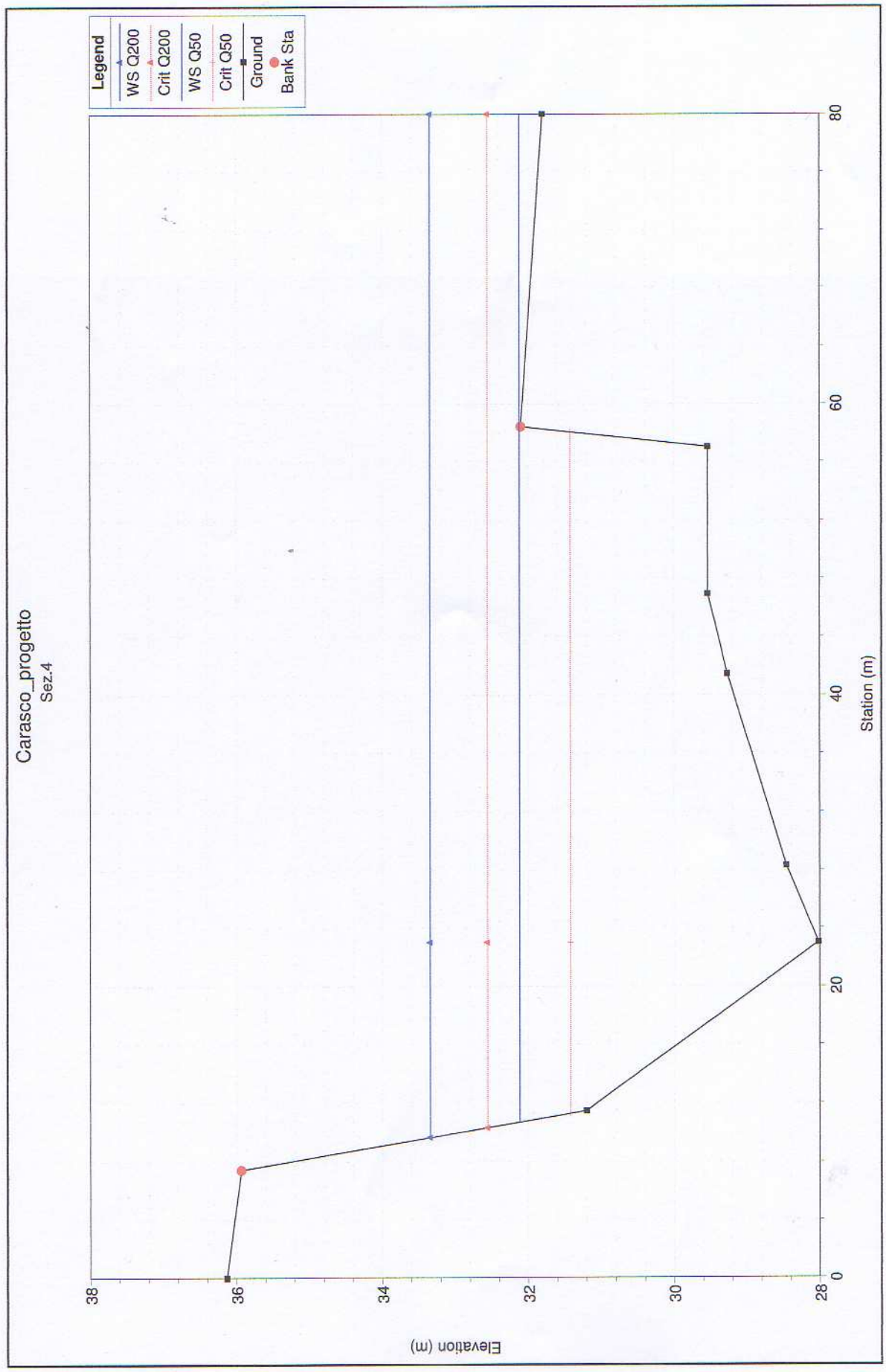
STATO DI PROGETTO

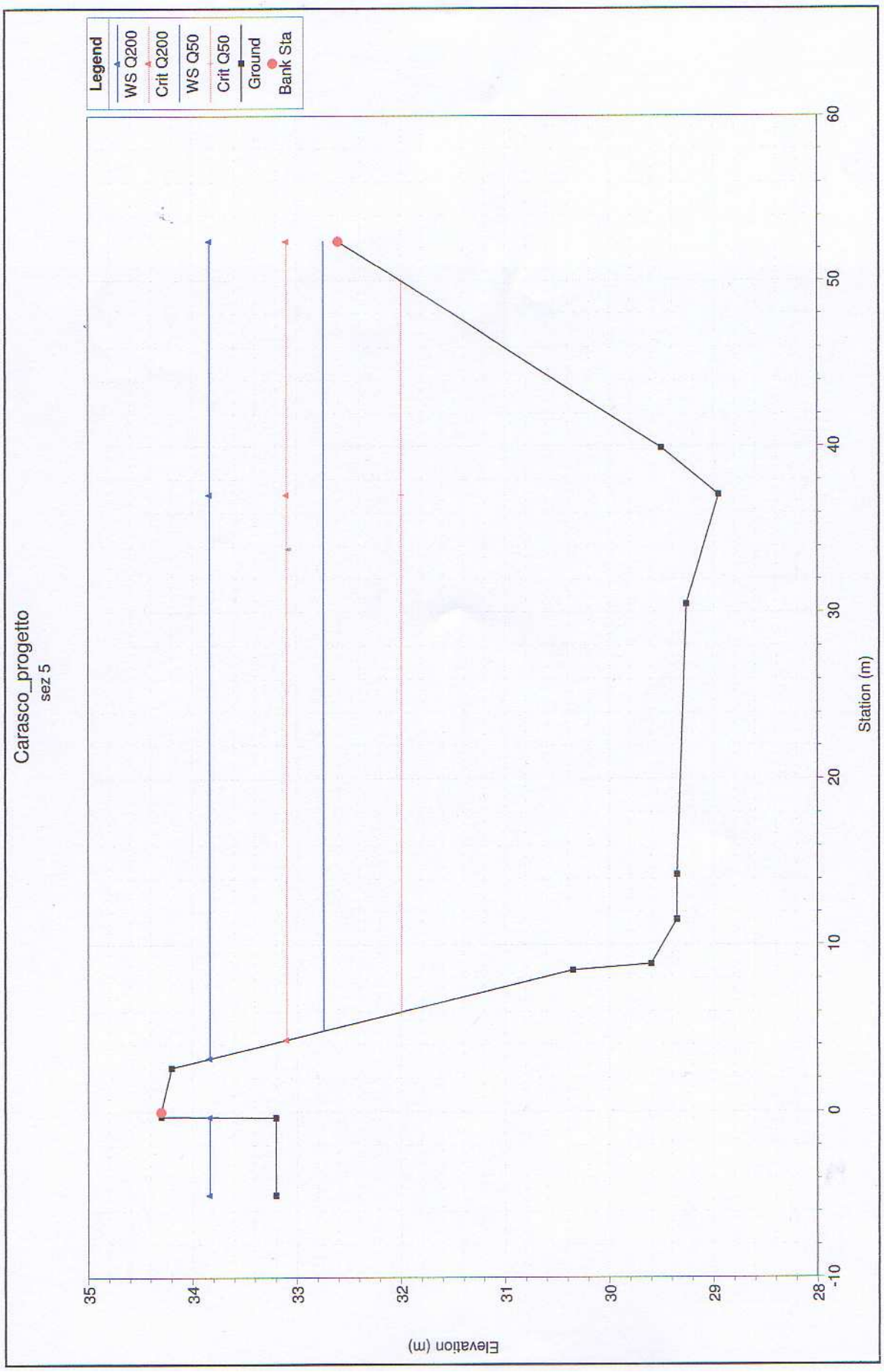
- Profilo di Progetto
- Sez. 2.5 – a valle della briglia esistente
- Sez. 3 – a monte della briglia esistente
- Sez. 4
- Sez. 5
- Tabella


Legend
WS Q200
WS Q50
Crit Q200
Crit Q50
Ground
LOB
ROB
Carasco_progetto
sturla San Pietro
sez 6
sez 5
Sez.D
sez 3-A monte briglia
sez 2.5- A va...
sez 2
Main Channel Distance (m)
Elevation (m)
0
100
200
300
400
500
600
700
800
20
22
24
26
28
30
32
34
36
38
40


Legend
Crit Q200
Crit Q50
WS Q200
WS Q50
Ground
Bank Sta
Carasco_progetto
sez 2.5- A valle briglia
Elevation (m)
Station (m)
36
34
32
30
28
26
24
22
0
10
20
30
40
50
60
70


Carasco_progetto
sez 3-A monte briglia
Legend
WS Q200
Crit Q200
WS Q50
Crit Q50
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
35
34
33
32
31
30
29
28
Station (m)
0
10
20
30
40
50
60
70


Legend
WS Q200
Crit Q200
WS Q50
Crit Q50
Ground
Bank Sta
Carasco_progetto
Sez.4
Elevation (m)
Station (m)
38
36
34
32
30
28
0
20
40
60
80

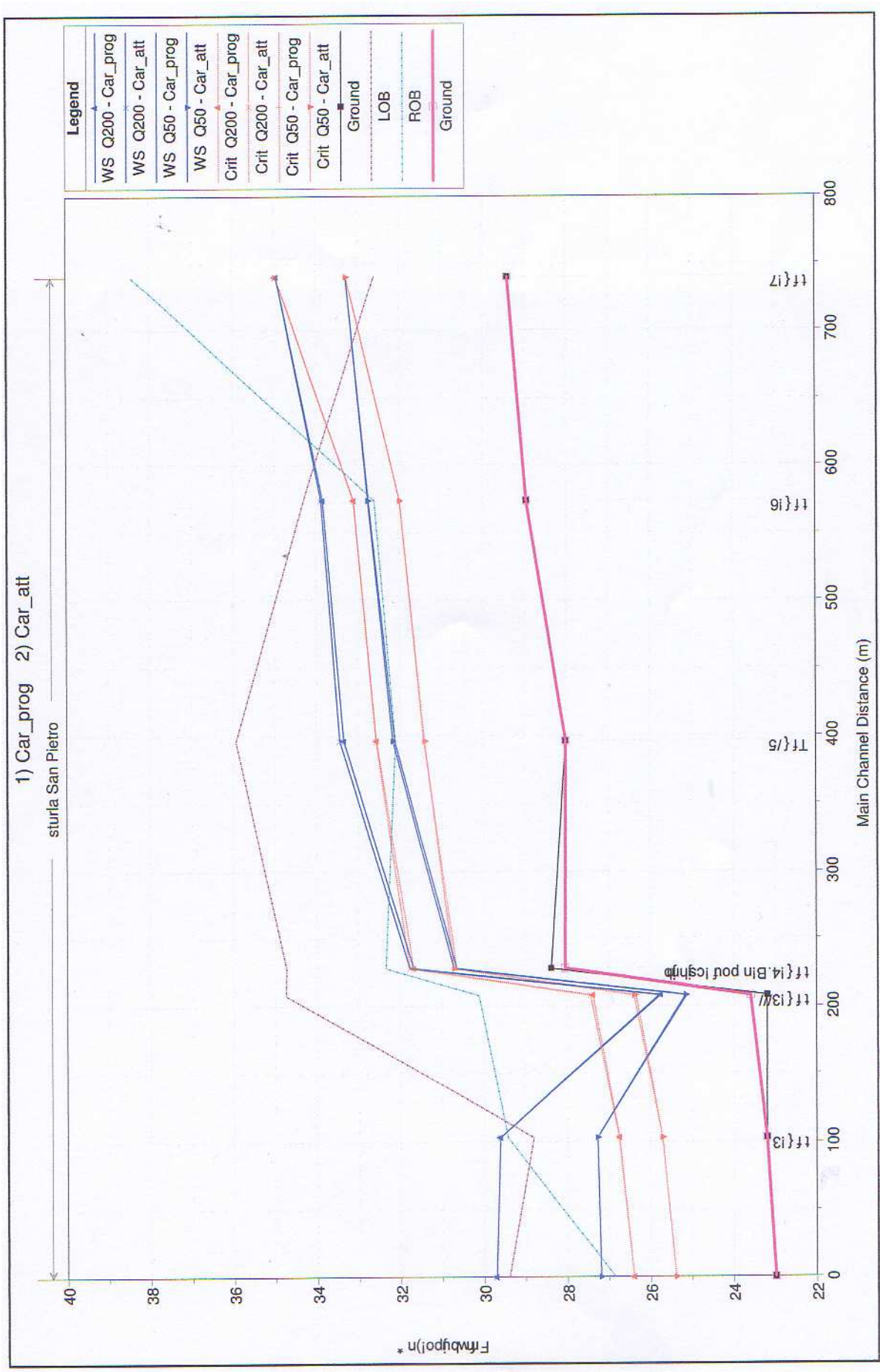

Legend
WS Q200
Crit Q200
WS Q50
Crit Q50
Ground
Bank Sta
Carasco_progetto
sez 5
Elevation (m)
Station (m)
35
34
33
32
31
30
29
28
-10
0
10
20
30
40
50
60

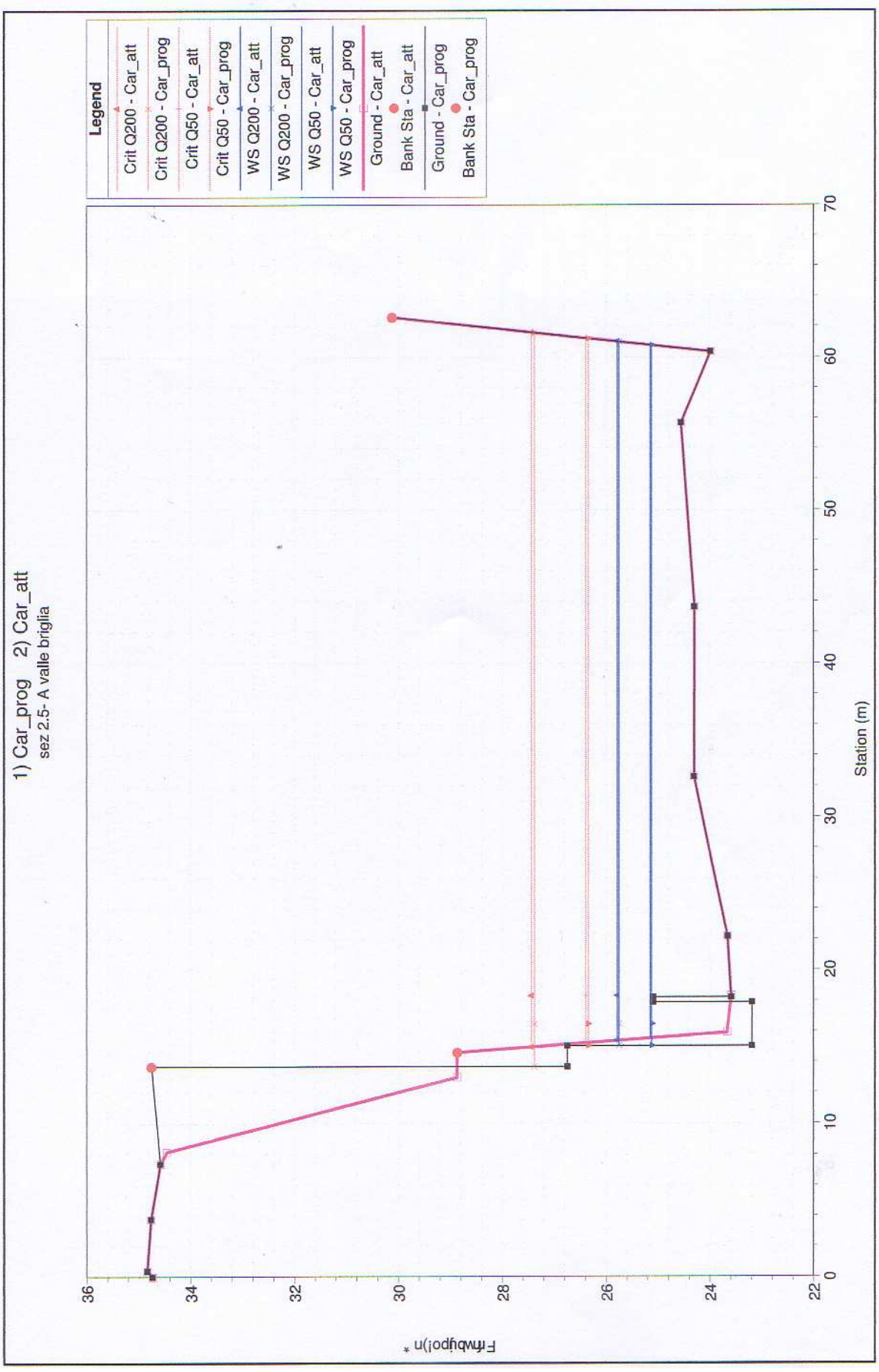
HEC-RAS Plan: Car_prog River: sturla Reach: San Pietro

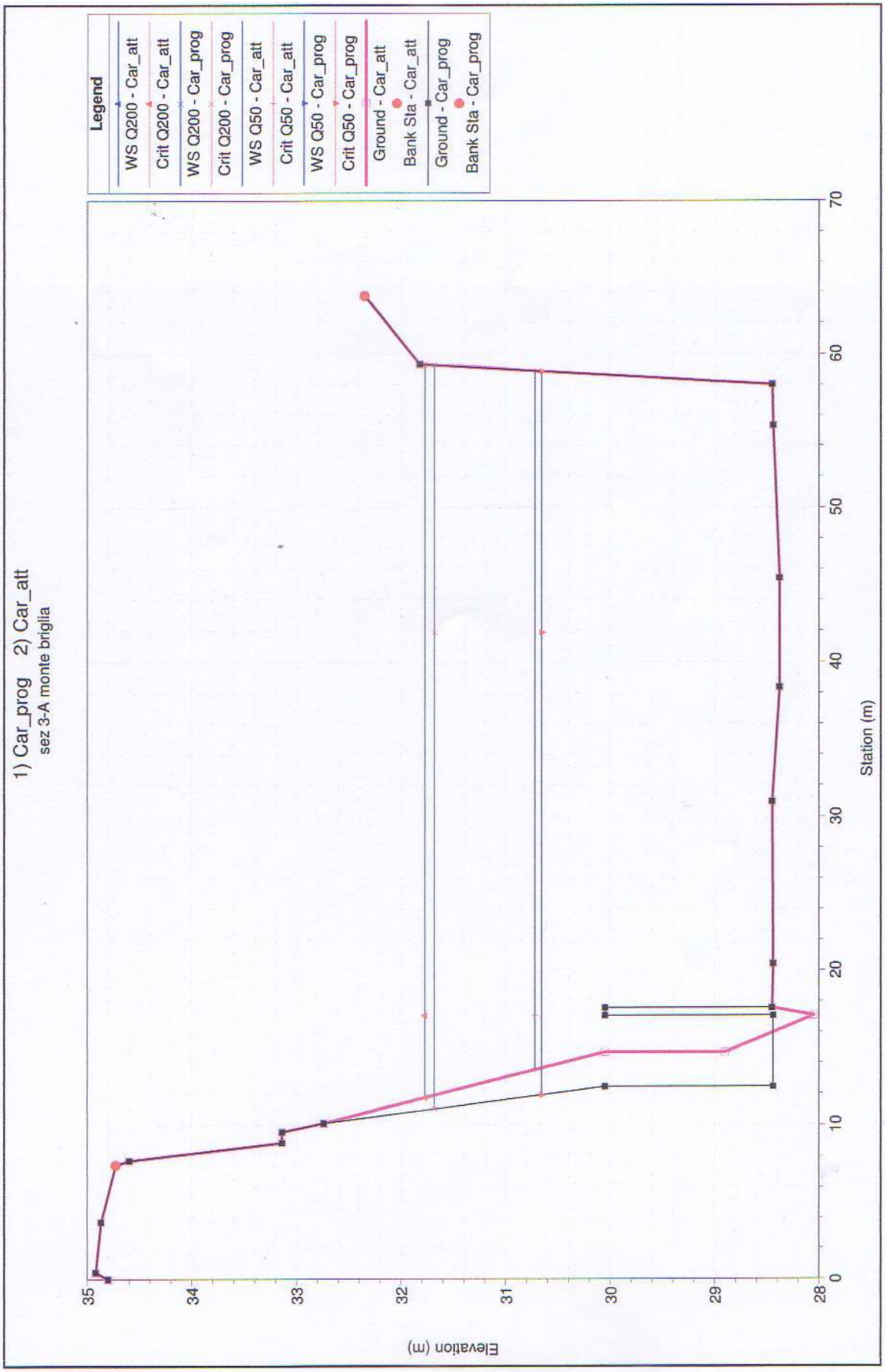
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
San Pietro	6 sez 6	Q50	474.00	29.40	33.28	33.28	34.73	0.008424	5.34	89.42	33.45	1.01
San Pietro	6 sez 6	Q200	839.00	29.40	34.95	34.97	35.78	0.003550	4.55	302.21	187.19	0.69
San Pietro	5 sez 5	Q50	474.00	28.95	32.74	31.99	33.38	0.003595	3.54	134.03	47.59	0.67
San Pietro	5 sez 5	Q200	839.00	28.95	33.83	33.10	34.85	0.003996	4.47	190.05	53.94	0.73
San Pietro	4	Q50	474.00	28.02	32.12	31.42	32.74	0.003546	3.50	138.80	69.31	0.66
San Pietro	4	Q200	839.00	28.02	33.34	32.56	34.17	0.003147	4.11	224.49	70.35	0.66
San Pietro	3 sez 3	Q50	474.00	28.38	30.66	30.66	31.75	0.009937	4.64	102.07	46.95	1.01
San Pietro	3 sez 3	Q200	839.00	28.38	31.68	31.68	33.26	0.008971	5.56	150.95	48.26	1.00
San Pietro	2.5 sez 2.5	Q50	474.00	23.19	25.12	26.35	30.80	0.147146	10.55	44.92	45.73	3.40
San Pietro	2.5 sez 2.5	Q200	839.00	23.19	25.75	27.38	32.34	0.091095	11.37	73.78	45.96	2.86
San Pietro	2 sez 2	Q50	474.00	23.20	27.28	25.72	27.66	0.001619	2.73	173.77	46.93	0.45
San Pietro	2 sez 2	Q200	839.00	23.20	29.61	26.75	30.05	0.001074	2.94	288.44	67.88	0.39
San Pietro	1 sez 1	Q50	474.00	22.99	27.20	25.39	27.49	0.001201	2.40	200.66	71.95	0.40
San Pietro	1 sez 1	Q200	839.00	22.99	29.71	26.41	29.91	0.000498	2.13	559.94	211.51	0.27

CONFRONTO TRA STATO ATTUALE E DI PROGETTO

- Profilo di Progetto
- Sez. 2.5 – a valle della briglia esistente
- Sez. 3 – a monte della briglia esistente
- Tabella


Legend
WS Q200 - Car_prog
WS Q200 - Car_att
WS Q50 - Car_prog
WS Q50 - Car_att
Crit Q200 - Car_prog
Crit Q200 - Car_att
Crit Q50 - Car_prog
Crit Q50 - Car_att
Ground
LOB
ROB
Ground
1) Car_prog 2) Car_att
sturla San Pietro
Main Channel Distance (m)
0
100
200
300
400
500
600
700
800
22
24
26
28
30
32
34
36
38
40


1) Car_prog 2) Car_att
sez 2.5- A valle briglia
Legend
Crit Q200 - Car_att
Crit Q200 - Car_prog
Crit Q50 - Car_att
Crit Q50 - Car_prog
WS Q200 - Car_att
WS Q200 - Car_prog
WS Q50 - Car_att
WS Q50 - Car_prog
Ground - Car_att
Bank Sta - Car_att
Ground - Car_prog
Bank Sta - Car_prog
Station (m)
0
10
20
30
40
50
60
70
22
24
26
28
30
32
34
36


1) Car_prog 2) Car_att
sez 3-A monte briglia
Legend
WS Q200 - Car_att
Crit Q200 - Car_att
WS Q200 - Car_prog
Crit Q200 - Car_prog
WS Q50 - Car_att
Crit Q50 - Car_att
WS Q50 - Car_prog
Crit Q50 - Car_prog
Ground - Car_att
Bank Sta - Car_att
Ground - Car_prog
Bank Sta - Car_prog
Elevation (m)
35
34
33
32
31
30
29
28
Station (m)
0
10
20
30
40
50
60
70

HEC-RAS River: sturla Reach: San Pietro

Reach	River Sta	Profile	Plan	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)	
San Pietro	6 sez 6	Q50	Car_prog	474.00	29.40	33.28	33.28	34.73	0.008424	5.34	89.42	33.45	1.01
San Pietro	6 sez 6	Q50	Car_att	474.00	29.40	33.28	33.28	34.73	0.008424	5.34	89.42	33.45	1.01
San Pietro	6 sez 6	Q200	Car_prog	839.00	29.40	34.95	34.97	35.78	0.003550	4.55	302.21	187.19	0.69
San Pietro	6 sez 6	Q200	Car_att	839.00	29.40	34.95	34.97	35.78	0.003550	4.55	302.21	187.19	0.69
San Pietro	5 sez 5	Q50	Car_prog	474.00	28.95	32.74	31.99	33.38	0.003595	3.54	134.03	47.59	0.67
San Pietro	5 sez 5	Q50	Car_att	474.00	28.95	32.75	31.99	33.38	0.003537	3.52	134.73	47.61	0.67
San Pietro	5 sez 5	Q200	Car_prog	839.00	28.95	33.83	33.10	34.85	0.003996	4.47	190.05	53.94	0.73
San Pietro	5 sez 5	Q200	Car_att	839.00	28.95	33.88	33.10	34.87	0.003851	4.42	192.50	54.01	0.72
San Pietro	4	Q50	Car_prog	474.00	28.02	32.12	31.42	32.74	0.003546	3.50	138.80	69.31	0.66
San Pietro	4	Q50	Car_att	474.00	28.02	32.17	31.40	32.76	0.003338	3.43	142.34	69.36	0.64
San Pietro	4	Q200	Car_prog	839.00	28.02	33.34	32.56	34.17	0.003147	4.11	224.49	70.35	0.66
San Pietro	4	Q200	Car_att	839.00	28.02	33.44	32.57	34.22	0.002887	3.99	231.50	70.44	0.63
San Pietro	3 sez 3	Q50	Car_prog	474.00	28.38	30.66	30.66	31.75	0.009937	4.64	102.07	46.95	1.01
San Pietro	3 sez 3	Q50	Car_att	474.00	28.05	30.72	30.72	31.84	0.009036	4.70	100.95	45.34	1.00
San Pietro	3 sez 3	Q200	Car_prog	839.00	28.38	31.68	31.68	33.26	0.008971	5.56	150.95	48.26	1.00
San Pietro	3 sez 3	Q200	Car_att	839.00	28.05	31.77	31.77	33.37	0.008268	5.60	149.83	47.56	1.01
San Pietro	2.5 sez 2.5	Q50	Car_prog	474.00	23.19	25.12	26.35	30.80	0.147146	10.55	44.92	45.73	3.40
San Pietro	2.5 sez 2.5	Q50	Car_att	474.00	23.59	25.16	26.40	30.92	0.133507	10.64	44.55	45.25	3.42
San Pietro	2.5 sez 2.5	Q200	Car_prog	839.00	23.19	25.75	27.38	32.34	0.091095	11.37	73.78	45.96	2.86
San Pietro	2.5 sez 2.5	Q200	Car_att	839.00	23.59	25.79	27.44	32.48	0.082815	11.46	73.22	45.63	2.89
San Pietro	2 sez 2	Q50	Car_prog	474.00	23.20	27.28	25.72	27.66	0.001619	2.73	173.77	46.93	0.45
San Pietro	2 sez 2	Q50	Car_att	474.00	23.20	27.28	25.72	27.66	0.001619	2.73	173.77	46.93	0.45
San Pietro	2 sez 2	Q200	Car_prog	839.00	23.20	29.61	26.75	30.05	0.001074	2.94	288.44	67.88	0.39
San Pietro	2 sez 2	Q200	Car_att	839.00	23.20	29.61	26.76	30.05	0.001074	2.94	288.44	67.88	0.39
San Pietro	1 sez 1	Q50	Car_prog	474.00	22.99	27.20	25.39	27.49	0.001201	2.40	200.66	71.95	0.40
San Pietro	1 sez 1	Q50	Car_att	474.00	22.99	27.20	25.39	27.49	0.001201	2.40	200.66	71.95	0.40
San Pietro	1 sez 1	Q200	Car_prog	839.00	22.99	29.71	26.41	29.91	0.000498	2.13	559.94	211.51	0.27
San Pietro	1 sez 1	Q200	Car_att	839.00	22.99	29.71	26.41	29.91	0.000498	2.13	559.94	211.51	0.27