

COMUNE DI COSSANO BELBO PROVINCIA DI CUNEO

Variante Generale n° 3 al PRGC
per adeguamento al Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico
in base alla Legge 18/05/1989 n° 183
art. 17 comma 6-ter

**ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO
NELLA FASCIA FLUVIALE DEL
TORRENTE BELBO E TRIBUTARI
PRINCIPALI**

L'INGEGNERE
INCARICATO
Ing. Manlio Dardo

IL TECNICO
COLLABORATORE

ing. A. Selleri



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI CUNEO
776 *Dott. Ing. Andrea Selleri*

CUNEO, luglio 2005

SOMMARIO

1. PREMESSE.....	3
1.1 Introduzione.....	3
1.2 Cenni storici.....	4
2. IDROGRAFIA.....	7
3. STIMA DELLA PORTATA MASSIMA AL COLMO.....	8
3.1 Stima della portata con il metodo cinematico (formula razionale).....	9
3.2 Tempo di corrivazione.....	9
3.3 La pioggia critica determinante l'evento di massima piena.....	10
3.4 Risultati ottenuti con l'applicazione del metodo razionale e confronto con l'evento alluvionale del 1994.....	10
3.5 Confronto con i valori di portata forniti dall'Autorità di bacino.....	13
4. PROFILO DEL PELO LIBERO DELLA CORRENTE IN CONDIZIONI DI PORTATA MASSIMA AL COLMO.....	14
4.1 Metodologia di calcolo di HEC-RAS.....	15
4.2 Calcolo del profilo in presenza di singolarità.....	16
4.3 Caratteristiche geometriche dell'alveo.....	19
4.4 Morfologia dell'alveo di piena.....	20
4.5 Analisi dei risultati e verifica dei ponti.....	21
5. CONSIDERAZIONI FINALI.....	25
ALLEGATO.....	26

1. PREMESSE

1.1 Introduzione

Il "*Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico*" (PAI) rappresenta l'atto di pianificazione, per la difesa del suolo dal rischio idraulico e idrogeologico, conclusivo e unificante dei due strumenti di pianificazione parziale: il "*Piano stralcio per la realizzazione degli interventi necessari al ripristino dell'assetto idraulico, alla eliminazione delle situazioni di dissesto idrogeologico e alla prevenzione dei rischi idrogeologici nonché per il ripristino delle aree di esondazione*" (PS 45) e il "*Piano Stralcio delle Fasce Fluviali*" (PSFF).

La presente relazione è stata elaborata nel contesto del PAI al fine di valutare il rischio idraulico al quale sono soggetti i territori attraversati dal Torrente Belbo e dai suoi affluenti principali, compresi nel territorio comunale di Cossano Belbo.

Il centro abitato sorge alla quota di 244 m s.l.m. in sponda destra del T. Belbo, al margine di un altopiano delimitato a nord-ovest da una parete pressoché verticale di roccia che scende alla quota dei piani coltivati di fondovalle con un dislivello di 15-20 m.

Il Comune di Cossano Belbo ha subito in passato notevoli danni dovuti a fenomeni di alluvionamento e allagamento da parte del T. Belbo nel fondovalle, crolli del ponte sul torrente. Si sono verificati anche alluvionamenti ricorrenti nella zona orientale dell'abitato da parte del Rio S. Maria. Inoltre i processi legati all'instabilità dei versanti hanno provocato lesioni ad abitazioni nella zona nord-occidentale e nord-orientale del concentrico. Al paragrafo 1.2 si riporta la descrizione di alcuni eventi catastrofici principali.

Nel corso degli anni sono stati effettuati numerosi interventi di sistemazione, tra i quali: moltissime opere di sostegno e di stabilizzazione dei versanti, opere di difesa spondale, lavori di sistemazione dell'alveo, lavori di ristrutturazione delle strade comunali, rifacimenti dei ponti sul T. Belbo, opere di sistemazione del Rio S. Maria.

A partire dall'analisi dell'alveo attuale, allo scopo di realizzare una mappatura delle aree a rischio idraulico, per i corsi d'acqua principali compresi nel comune in esame si determinano:

- 1) le portate massime prevedibili per tempi di ritorno di 50 anni, 200 anni e 500 anni;
- 2) il comportamento idraulico in presenza di eventi di piena aventi le caratteristiche sopra individuate, mediante simulazione con modello matematico;
- 3) le aree di esondazione, definite in funzione delle caratteristiche geomorfologiche, idrologiche, geometriche e idrauliche dell'alveo.

1.2 Cenni storici

Nella scheda redatta dal C.N.R. - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica nel bacino padano (I.R.P.I.) - compresa nello studio di "Previsione e prevenzione eventi franosi a grande rischio - Programma Speciale: Studio Centri Abitati Instabili", sono elencati gli eventi alluvionali principali verificatisi dal 1825 al 1974 nel Comune di Cossano Belbo.

L'alluvione più antica riportata nel documento risale all'**ottobre del 1857**:

- "La pioggia che per alcuni giorni di seguito cadde a rovescio sulle adiacenti colline di questo paese, fece straripare il T. Belbo in modo tale, che non havvi esempio negli annali di questo comune. L'antico alveo è sparito e le adiacenti colline che fanno corona a questa fertilissima vallata formano ora le sponde dell'alveo nuovo. Furono dalle irrompenti acque schiantati i più robusti alberi, rovesciati i più solidi ponti, molini, ed alcune fabbriche ..." (Giornale Gazzetta del Popolo, 30 ottobre 1857).
- "... Guasti arrecati alla comunità stessa per averle asportato il Ponte Comunale sul Belbo e sei o sette chilometri di strade comunali sia verso Rocchetta Belbo, sia verso S. Stefano Belbo per frane, slige. ... Immensi danni calcolati per approssimazione di lire quattro cento mila e più" (Comune di Cossano Belbo, 6 novembre 1857).

Successivamente si verificarono altri eventi tra cui:

1926 (16 maggio)

- “Il torrente Belbo all'altezza dell'abitato ... ha asportato un ponte in ferro con relative spalle in muratura ed accessi di destra e di sinistra per oltre 60 m, formando una profonda lunata di erosione minacciante le abitazioni in regione Borgo.” (Comune di Cossano Belbo, maggio 1926);

1948 (4-5 e 12-13 settembre)

- “violentissimi nubifragi (262 mm d'acqua dal 4 al 5 settembre, stazione di Benevello, Ufficio Idrografico del Po, Annali Idrologici 1948) hanno colpito il Comune di Cossano Belbo, ove il T. Belbo ha asportato il ponte in cemento armato a due campate della luce complessiva di m 28, ... e complessivamente circa 1500 m di strada” (Genio Civile di Cuneo, 18 settembre e 11 ottobre 1948);

1949 (maggio e agosto)

- richiesta del consiglio comunale per urgenti lavori di sistemazione lungo il Rio S. Maria: si chiese l'incanalamento delle acque presso la piazzetta prospiciente la chiesa parrocchiale, al fine di evitare sia il totale franamento di questa, sia per assicurare la stabilità dei fabbricati circostanti, resi pericolanti per il mancato deflusso delle acque (Comune di Cossano Belbo, 8 maggio e 21 agosto 1949);

1951 (9-11 febbraio)

- “il T. Belbo e alcuni affluenti minori sono entrati in piena impetuosa, allagando ed invadendo di materiali detritici campagne ed abitati e provocando franamenti lungo le pendici collinari della valle.” (Genio Civile di Cuneo, 24 aprile 1951);

1951 (9-11 novembre)

- “... la piena del T. Belbo asportò due campate del ponte in cemento armato (della lunghezza di 30 m) allacciante il Capoluogo con la frazione S. Pietro ed altre varie borgate...” (Genio Civile di Cuneo, 16 novembre 1951);

1969 (primavera)

- "il Rio S. Maria straripò in Cossano Belbo, trasportando sulla piazza Calleri tronchi, melma e pietrame per un'altezza media di 40-50 cm: alluvionò più di 1200 mq della suddetta piazza, interessando anche 4 strade del concentrico" (Comune di Cossano Belbo, 20 maggio 1969).

Dalla descrizione degli eventi passati si deduce che spesso le piene hanno colpito ponti e strade, provocando notevoli danni. Sono stati allagati ed alluvionati ampi settori di campi e numerose costruzioni situate nel fondovalle a fianco del corso principale, mentre il concentrico è stato interessato solo marginalmente.

Quest'ultimo è stato, però, colpito in passato da ricorrenti esondazioni da parte del Rio S. Maria, nella zona orientale dell'abitato. Inoltre, una frana di scorrimento rotazionale ha interessato alcune abitazioni a NE del centro.

In seguito a tali eventi calamitosi, vennero effettuati alcuni interventi di sistemazione, tra i quali: la costruzione di un robusto muro di cemento armato (anni '60) a sostegno della scarpata rocciosa sul cui margine è situata una parte dell'abitato; la ricostruzione dei ponti danneggiati, la realizzazione di rilevati ai margini del torrente e la sistemazione del Rio S. Maria mediante la canalizzazione della parte terminale e la realizzazione di una briglia selettiva a monte del cunicolo.

Il Comune di Cossano Belbo ha in progetto la realizzazione di un piazzale nella zona sovrastante il cimitero, al di sopra della fossa ad imbuto che raccoglie le acque, confluenti poco più a monte, dei rii Vola e Vassa. In occasione dei lavori si intende effettuare la sistemazione del corso d'acqua, mediante una canalizzazione sotterranea. Di tale situazione si terrà conto nella verifica idraulica effettuata di seguito.

Nei giorni dal **2 al 6 novembre del 1994** il Piemonte fu interessato da un evento meteorico di carattere eccezionale. L'intensità e soprattutto la persistenza e l'ampia distribuzione spaziale delle precipitazioni hanno comportato sull'intero reticolo idrografico piemontese condizioni di piena di rilevante gravosità, che hanno raggiunto carattere di eccezionalità nel bacino del Tanaro e sull'asta del Po a valle di questo affluente.

In particolare sul bacino del Belbo è stata messa fuori servizio la stazione idrometrica di Castelnuovo. I rilievi eseguiti successivamente all'evento sulle tracce di piena hanno evidenziato un livello al colmo a Castelnuovo eccezionalmente elevato pari a 7,8 m.

Il comune in esame è stato colpito pesantemente dall'evento: l'alveo del T. Belbo si è rivelato insufficiente a contenere una piena di tale entità (valutata, come spiegato in seguito, pari ad una piena con tempo di ritorno superiore ai 100 anni) con la conseguenza che l'acqua ha allagato i terreni limitrofi, eroso le sponde in alcuni tratti, danneggiato parte del rilevato stradale e, in alcuni casi, raggiunto e danneggiato edifici.

2. IDROGRAFIA

Il Comune di Cossano è situato nella zona nord-orientale della Provincia di Cuneo, a circa 244 m s.l.m., in destra del Torrente Belbo.

Il T. Belbo nasce dalle Alpi Liguri, nei pressi della Frazione Tetti di Montezemolo a circa 700 m s.l.m., scorre in una valle dalla forma stretta e allungata e si immette nel F. Tanaro a monte di Alessandria, a Villa d. Foro, circa 30 km prima della confluenza di quest'ultimo con il Po.

Lungo il suo corso, nel Comune di Cossano, si incontrano alcune zone coltivate, qualche edificio per la maggior parte industriale e tre ponti.

La verifica idraulica è stata effettuata anche su sei rii minori, tutti affluenti del T. Belbo: Rio Entracine, Rio Vola-Vassa, Rio Tamiano, Rio S. Maria, Rio Lanlonza e Rio Monsignore.

I valori caratteristici dei bacini idrologici sono riportati di seguito:

Corso d'acqua	S	L	H_{max}	H_{min}	H_{media}
T. Belbo (*)	142,25	43,76	894	216	350
Rio Entracine	0,78	1,58	618	240	223
Rio Vola-Vassa	1,86	2,33	676	222	246
Rio Tamiano	4,31	4,6	647	216	238
Rio S. Maria	0,78	1,82	600	210	176
Rio Lanlonza	6,23	6,78	629	195	233
Rio Monsignore	1,54	2,67	615	190	210

Tab. 1

(*) Per il torrente Belbo sono stati determinati nove bacini idrografici procedendo da monte a valle, per tenere conto dell'aumentare della superficie del bacino e dell'immissione dei rii laterali. In tabella si è riportata la situazione intermedia.

LEGENDA

S (km²) Superficie del bacino

L (km) Percorso del punto idrologicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino

H_{max} (m s.l.m.) altitudine massima del bacino

H_{min} (m s.l.m.) altitudine della sezione di chiusura del bacino

H_{med} (m.) altitudine media riferita alla sezione di chiusura

3. STIMA DELLA PORTATA MASSIMA AL COLMO

Secondo quanto indicato nella "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" in base all'art.10 delle Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), il calcolo delle portate di piena sui bacini idrografici in esame è effettuato mediante l'impiego di modelli cinematici afflussi-deflussi, trattandosi di bacini per i quali non si hanno a disposizione valori di portata per un periodo di osservazione sufficientemente lungo.

Le portate di piena, con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni, sono determinate con il metodo razionale.

3.1 Stima della portata con il metodo cinematico (formula razionale)

La formula razionale è:

$$Q_{\max} = \frac{\varphi \cdot i \cdot S}{3,6} \quad (3-1)$$

dove i è l'intensità di pioggia espressa in mm/h, ed S è la superficie espressa in km².

La formula razionale assume che la portata di massima piena sia correlata essenzialmente con la precipitazione di massima intensità che ha durata pari al tempo di corrivazione (t_c), cioè il tempo che impiega la particella liquida più lontana per raggiungere la sezione alla quale si riferisce la portata massima. Essendo la pioggia critica riferita al punto della stazione pluviometrica, si introduce un coefficiente di ragguaglio correttivo dell'intensità di pioggia i (la quale pertanto è da intendersi come intensità di pioggia ragguagliata) per tenere conto della distribuzione di pioggia nell'intero bacino imbrifero sotteso dalla sezione, coefficiente che è tanto più prossimo all'unità quanto più è ridotta la superficie del bacino anzidetto.

La portata di massima piena dipende anche dalla capacità del bacino di trattenere la pioggia, cioè dalla sua permeabilità, che si esprime col

coefficiente di deflusso (ϕ), rapporto cioè tra l'altezza del deflusso e quella del corrispondente afflusso meteorico.

3.2 Tempo di corrivazione

Per il calcolo di t_c si applica la formula del Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H_m - H_o}} \quad (3-2)$$

in cui

S superficie del bacino in km^2

L lunghezza dell'asta principale in Km

H_m altitudine media del bacino in m s.l.m.

H_o quota della sezione di chiusura in m s.l.m.

3.3 La pioggia critica determinante l'evento di massima piena

L'equazione monomia

$$h = a t^n \quad (3-3)$$

correla l'altezza della precipitazione massima h (espressa in mm) alla durata t (espressa in ore) con riferimento a diversi tempi di ritorno (Tr).

I parametri a ed n sono stati calcolati applicando il Modello TCEV redatto dalla Regione Piemonte, Ass.to Difesa Suolo - Assetto Idrogeologico, nel "Progetto VAPI". Per i bacini analizzati si è ottenuto:

<i>Tr = 50</i>		<i>Tr = 200</i>		<i>Tr = 500</i>	
<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
61,14	0,39	76,11	0,39	87,53	0,39

Tab. 2

3.4 Risultati ottenuti con l'applicazione del metodo razionale e confronto con l'evento alluvionale del 1994

Di seguito si riporta una tabella che riassume per i bacini in esame i risultati ottenuti sostituendo nelle formule su riportate i valori caratteristici.

Bacino	Belbo*	Entracine	Volta-Vas	Tamiano	S.Maria	Lanionza	Monsign
$\varphi^{(1)}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
t_c (ore)	7,57	0,49	0,71	1,23	0,59	1,65	0,77
$K_r^{(2)}$	0,9	0,98	0,93	0,95	0,98	0,94	0,97
$h_{c(50)}$ (mm)	123,64	45,91	50	62,88	49,26	69,47	53,92
$h_{c(200)}$ (mm)	153,91	57,14	62,32	78,27	61,32	86,48	67,12
$h_{c(500)}$ (mm)	177	65,72	71,67	90,02	70,52	99,46	77,2
$i_{(50)}$ (mm/h)	16,34	92,84	70,24	51,07	83,58	42,13	69,62
$i_{(200)}$ (mm/h)	20,34	115,58	87,44	63,58	104,04	52,44	86,66
$i_{(500)}$ (mm/h)	23,4	132,92	100,56	73,12	119,65	60,31	99,67
$Q_{max(50)}$ (m ³ /s)	387,35	11,49	18,1	35,99	10,27	43,36	17,19
$Q_{max(200)}$ (m ³ /s)	482,18	14,34	22,53	44,8	12,78	53,98	21,4
$Q_{max(500)}$ (m ³ /s)	554,51	16,45	25,91	51,52	14,7	62,07	24,61

Tab. 3

¹ - Per la scelta di φ si è fatto riferimento alla tabella, contenente i coefficienti di deflusso raccomandati da Handbook of Applied Hydrology (Ven Te Chow, 1964), riportata nella Direttiva già citata.

² - Il coefficiente di ragguglio K_r è stato calcolato con la relazione proposta da Merlo (1973) sulla base di osservazioni di eventi significativamente gravosi in Piemonte:

$$K_r = 1 - 0,0236 A^{0,5084}$$

(*) Anche in questo caso sono stati riportati, per il T. Belbo, i valori relativi ad un bacino intermedio: in realtà le portate variano tra la prima sezione e l'ultima considerate nel calcolo.

L'intensità di pioggia i si ottiene dall'espressione $i = Kr \times (hc/tc)$.

I risultati ottenuti, per quanto riguarda le precipitazioni, sono stati confrontati con i dati, relativi all'evento pluviometrico che ha provocato il fenomeno alluvionale del 1994, contenuti nella "Banca Dati Meteorologica" fornita dal Settore Meteorologico e Reti di Monitoraggio della Regione Piemonte.

Le piogge cadute in occasione di tale evento hanno avuto un carattere di eccezionalità, collocandosi tra i massimi storici degli ultimi decenni.

Nello studio condotto sull'intensità delle precipitazioni sono state determinate le isolinee di uguale tempo di ritorno per l'intero territorio piemontese, calcolate con l'approccio "regionale"³. Il bacino del T. Belbo, per precipitazioni di massima intensità di durata 12 e 24 ore, ricade all'interno della fascia dei territori colpiti da precipitazioni con tempi di ritorno superiori ai 100 anni (200 anni nella zona a quota più elevata del bacino).

L'alluvione del '94, quindi, essendo un evento reale rappresenta un utile termine di paragone per la stima delle precipitazioni.

Si hanno a disposizione i dati rilevati alla stazione di Mombarcaro, situata a 906 m s.l.m. in posizione quasi centrale rispetto al bacino del torrente Belbo alla sezione analizzata.

³ Avendo a disposizione stazioni di misura con un periodo di funzionamento limitato a pochi anni, l'analisi è stata condotta sulle informazioni disponibili in una pluralità di siti. Per la delimitazione della "regione" lo studio ha fatto riferimento al *bacino padano* proposto nell'ambito del progetto nazionale VAPI (Valutazione delle Piene) sviluppato dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (A. Brath e R. Rosso 1995).

Per una conoscenza più approfondita della metodologia utilizzata si rimanda al documento fornito dalla Regione Piemonte, in particolare al § 1.4.

Di seguito sono riportati i valori di precipitazioni di massima intensità per unità temporali di 1-3-6-12-24 ore registrati alla stazione di Mombarcaro.

ore	mm	mm/h	data
1	24,2	24,2	05/11/1994
3	47,4	15,8	05/11/1994
6	64,2	10,7	05/11/1994
12	122	10,2	05/11/1994
24	162	6,75	04/11/94

Tab. 4

Il metodo razionale ha fornito valori di precipitazioni superiori rispetto a quelli rilevati in occasione dell'alluvione. L'intensità di pioggia stimata per un tempo di ritorno di 200 anni ed una durata pari al tempo di corrivazione, circa 7,5 ore, è risultata pari 20,34 mm/h; l'intensità di pioggia misurata alla stazione di Mombarcaro nel '94 per durate di 6 e di 12 ore ha raggiunto i valori massimi rispettivamente di 10,7 e 10,2 mm.

3.5 Confronto con i valori di portata forniti dall'Autorità di bacino

All'interno del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) di cui alla Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6 ter, adottato con deliberazione n. 18 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po in data 26 aprile 2001 è contenuta una Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica.

I valori di portata determinati per il T. Belbo sono stati confrontati con le portate di piena fornite dall'Autorità di Bacino, Tabella 20, per le sezioni di Cravanzana, a monte di Cossano, e S. Stefano Belbo, a valle.

Di seguito si riportano i dati a confronto.

Sezione	Superficie (km ²)	Progressiva (km)	Q50 ⁴ (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Cravanzana	76	30,00	328.82	440	510
S.Stefano B.	184	50,47	614.73	810	940
Cossano B.	142,25	43,76	387,35	482,18	554,51

Tab. 5

Considerando una maggiorazione dei valori di portata calcolati, dovuta al trasporto solido, per un massimo del 10%, si otterrebbero rispettivamente i valori 426,05 m³/s, 530,4 m³/s e 609,96 m³/s.

Tali portate, pur essendo comprese tra i valori estremi, sembrano leggermente sottostimate rispetto a quelle fornite dall'Autorità di Bacino.

Tramite un'interpolazione tra le superfici dei bacini di Cravanzana e S. Stefano Belbo e le rispettive portate, si sono determinate le portate di piena alla sezione di Cossano Belbo:

$$Q50 = 504,20 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q200 = 666,97 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q500 = 773,77 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dal momento che tali valori sono superiori a quelli calcolati con il metodo razionale, a favore di sicurezza saranno utilizzati nella verifica idraulica. Nelle tabelle riportate in allegato sono indicati i valori di portata per ogni sezione, che variano dopo l'immissione di ogni rio affluente laterale.

4. PROFILO DEL PELO LIBERO DELLA CORRENTE IN CONDIZIONI DI PORTATA MASSIMA AL COLMO

Il profilo della corrente è determinato mediante l'utilizzo del codice numerico "HEC-RAS River Analysis System" versione 3.0.

⁴ Il valore di portata cinquantenaria è stato ricavato per interpolazione dai valori forniti nelle tabelle: Q20, Q100, Q200, Q500.

4.1 Metodologia di calcolo di HEC-RAS

Il calcolo è stato effettuato utilizzando il sistema di modellazione di HEC-RAS che determina il profilo del pelo libero della corrente in condizioni di moto permanente gradualmente vario.

In generale, quando non si ha presenza di singolarità (traverse, ponti, ecc.) il profilo tra due sezioni S1 e S2 è calcolato per mezzo della nota equazione di conservazione dell'energia, con una procedura iterativa definita "standard step method":

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (4-1)$$

dove:

Y_1, Y_2 altezza dell'acqua in corrispondenza delle sezioni

Z_1, Z_2 quota del corso d'acqua

V_1, V_2 velocità medie

α_1, α_2 coefficienti di bilanciamento

g accelerazione gravitazionale

h_e perdita di carico

La perdita di carico (h_e) tra due sezioni è comprensiva delle perdite dovute all'attrito e delle perdite dovute ai fenomeni di contrazione ed espansione:

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (4-2)$$

dove:

L lunghezza pesata del tratto considerato

\bar{S} pendenza di fondo dell'alveo

C coefficiente di perdita per espansione o contrazione

L'altezza del pelo libero in corrispondenza di una sezione è calcolata mediante una soluzione iterativa delle equazioni (4-1) e (4-2). Il processo di calcolo è il seguente:

1. Si assume un'altezza dell'acqua nella sezione a monte (o a valle se è stato calcolato un profilo al di sopra dell'altezza critica).
2. Sulla base dell'altezza della superficie dell'acqua assunta, si determinano la portata totale e la velocità utilizzando l'equazione di Manning.
3. Con i valori ottenuti al punto 2, si calcola S_f e si risolve l'equazione (4-2) determinando il valore di h_e .
4. Con i valori ottenuti dai punti 2 e 3, si risolve l'equazione (4-1) per determinare il valore di WS_2 (water surface).
5. Si paragona il valore calcolato di WS_2 con il valore assunto al punto 1; i punti dall'1 al 5 vengono ripetuti finché la differenza tra le due grandezze è minore della tolleranza definita pari a 0.003 m.

Ogni volta che il pelo libero passa attraverso l'altezza critica l'equazione di conservazione dell'energia non è applicabile. Quest'ultima può essere utilizzata solo in caso di corrente che varia gradualmente e la transizione da corrente lenta a corrente veloce (e viceversa) è una variazione rapida.

4.2 Calcolo del profilo in presenza di singolarità

La presenza di ponti e di altre singolarità può determinare una variazione rapida del regime fluviale, dando luogo ad un profilo di rigurgito o di richiamo a monte dell'opera. La metodologia di calcolo utilizzata da HEC-RAS è un'applicazione dell'equazione del momento, derivata dalla seconda Legge di Newton del moto:

$$\sum F_x = ma \quad (4-3)$$

Applicando la legge (4-3) ad una particella di acqua compresa tra due sezioni S_1 e S_2 , si può scrivere la seguente espressione di variazione del momento nell'unità di tempo:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x \quad (4-4)$$

dove:

- P forza della pressione idrostatica
- W_x forza peso dell'acqua nella direzione X
- F_f forza dovuta alle perdite di attrito da S2 a S1
- Q portata
- ρ densità dell'acqua
- ΔV_x variazione della velocità da S2 a S1 in direzione X

Forza di pressione idrostatica

$$P = \gamma A Y \cos \theta \quad (4-5)$$

dove:

- γ unità di peso dell'acqua
- A_i area bagnata della sezione
- Y_i altezza

Forza peso dell'acqua

$$W = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L$$

$$W_x = W \times \sin \theta$$

$$\sin \theta = \frac{z_2 - z_1}{L} = S_0$$

$$W_x = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_0 \quad (4-6)$$

dove:

- L distanza tra le sezioni 1 e 2 lungo l'asse X
- S_0 pendenza del canale, basata sulle altezze medie del letto
- z_i altezza media del corso d'acqua alle sezioni 1 e 2

Forza di attrito

$$F_f = \tau PL$$

dove:

τ sforzo di taglio

\bar{P} media del perimetro bagnato tra le sezioni S1 e S2

$$\tau = \gamma \bar{R} \bar{S}_f$$

dove:

\bar{R} raggio idraulico ($R = A/P$)

\bar{S}_f pendenza dell'alveo

$$F_f = \gamma \frac{\bar{A}}{\bar{P}} \bar{S}_f \bar{P} L$$

$$F_f = \gamma \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \bar{S}_f L \quad (4-7)$$

Massa accelerazione:

$$ma = Q \rho \Delta V_x$$

$$\rho = \frac{\gamma}{g} \quad \text{e} \quad \Delta V_x = (\beta_1 V_1 - \beta_2 V_2)$$

$$ma = \frac{Q \gamma}{g} (\beta_1 V_1 - \beta_2 V_2) \quad (4-8)$$

dove:

β coefficiente che influisce sulla distribuzione della variazione della velocità nei canali irregolari

Sostituendo i termini su specificati nella (4-4) si ottiene in definitiva:

$$\frac{Q_2 \beta_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2 + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_0 - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L \bar{S}_f = \frac{Q_1 \beta_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1 \quad (4-9)$$

La formula ottenuta è la forma dell'equazione del momento utilizzata da HEC-RAS.

4.3 Caratteristiche geometriche dell'alveo

Le caratteristiche geometriche dell'alveo e delle aree potenzialmente soggette ad inondazione sono state definite mediante rilievo topografico diretto. Per tutta la zona geografica considerata nello studio, la base cartografica di riferimento è la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000. Il rilievo è stato rivolto anche alla definizione geometrica delle infrastrutture in alveo che possono interferire con il deflusso naturale o assumere un ruolo di controllo delle piene.

La verifica del Torrente Belbo è stata effettuata per un tratto di quasi 5 Km, con l'inserimento di 36 sezioni (la numerazione arriva a 29, in quanto un tratto di torrente, dalla sez. 6.1 alla 6.9 è stato rilevato più in dettaglio successivamente essendo stati compiuti alcuni interventi di sistemazione) e l'aggiunta di alcune sezioni intermedie necessarie per il calcolo del profilo in corrispondenza dei ponti.

Per quanto riguarda i corsi d'acqua laterali, si sono verificati i tratti terminali dei rii che possono interferire in qualche modo con gli edifici

⁵ Per rappresentare al meglio le aree soggette ad inondazione, le sezioni rilevate sono state tutte confrontate con l'andamento altimetrico riportato sulla cartografia. Ad alcune sezioni sono stati aggiunti punti presi dalle carte, sempre con lo scopo di definire l'alveo con maggior precisione.

⁶ Per ogni ponte il codice HEC-RAS richiede l'inserimento di 4 sezioni aggiuntive, due a monte e due a valle, necessarie al calcolo delle perdite di energia dovute alla struttura. Ad esempio per il Ponte 4.25 le sezioni aggiuntive sono le 4.4 e 4.3 a monte e le 4.2 e 4.1 a valle, secondo la numerazione decrescente da monte verso valle utilizzata per tutte le sezioni.

esistenti; in allegato si riportano le verifiche effettuate per il rio Entracine, il rio Tamiano ed il rio Vola-Vassa.

Il rilievo del rio Vola-Vassa ha interessato anche la galleria esistente, il ponte ed un tratto di rio a monte di quest'ultimo di circa 100 metri. Le sezioni rilevate sono 6; si è potuto, inoltre, disporre di un rilievo dettagliato del tratto a valle della galleria, che ha permesso di valutare le possibili conseguenze dell'intervento anche nella zona a fianco del cimitero.

Nel calcolo si è tenuto conto della situazione successiva all'intervento in progetto, da parte del comune, di realizzare un piazzale sovrastante al rio e sono, quindi, state inserite le sezioni previste rappresentanti il canale rettangolare chiuso in cui scorrerà il rio.

4.4 Morfologia dell'alveo di piena

Un parametro che riveste notevole importanza nella propagazione di un'onda di piena è la scabrezza del terreno. Tale valore non è facilmente determinabile, in quanto variabile da sezione a sezione, all'interno di ogni sezione, a seconda delle caratteristiche idrauliche dell'onda di piena in arrivo, e persino in funzione del periodo dell'anno in cui accade l'evento; e questa indeterminatezza si ripercuote sui risultati del calcolo.

Da tali premesse si comprende la difficoltà di fornire i parametri di resistenza del terreno con precisione. Pertanto la scabrezza di ogni sezione, espressa tramite il coefficiente di Manning, viene stimata a partire da un rilievo diretto volto (secondo la metodologia proposta da Cowan e dall'U.S. Soil Conservation Service) a specificare le caratteristiche qualitative dell'alveo che hanno influenza sulla scabrezza.

Sulla base di queste rilevazioni è stato stimato il coefficiente di Manning sezione per sezione seguendo la classificazione proposta da V.T. Chow, e mediante confronto con casi reali osservati e presentati dall'U.S. Geological Survey, come riportato in tabella.

⁷ Il metodo è stato preso come riferimento anche dall'Autorità di Bacino del Fiume Po nella Deliberazione 2/99 citata.

Per il T. Belbo il coefficiente di Manning varia tra 0.04 e 0.055, come riportato nelle tabelle in allegato.

Per i rii Entracine e Tamiano vale 0.06, nelle sezioni considerate.

Per le sezioni del rio Vola-Vassa corrispondenti al canale in progetto ed alla galleria esistente si assume un coefficiente di manning pari a 0.030, per le altre sezioni il coefficiente varia tra 0.040 e 0.045.

4.5 Analisi dei risultati e verifica dei ponti

Tramite le sezioni rilevate si sono definiti gli alvei dei torrenti in esame. Inserendo tali sezioni nel codice di calcolo e immettendo le portate di piena relative ai tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni, risultate al paragrafo 3, si sono determinati i livelli idrici corrispondenti.

Secondo quanto contenuto all'Art. 9 delle Norme di Attuazione del PAI, in base all'*Atto di indirizzo e coordinamento*" del D.L. 180/98, si sono delimitate le aree di esondazione suddivise in:

- Ee, area potenzialmente coinvolta dai fenomeni con pericolosità molto elevata o elevata (Tr = 50 anni);
- Eb, area potenzialmente coinvolta dai fenomeni con pericolosità moderata o media (Tr = 200 anni);
- Em, area potenzialmente coinvolta dai fenomeni con pericolosità bassa (Tr = 500 anni).

Alla presente relazione è allegata la planimetria dei corsi d'acqua con l'ubicazione delle sezioni rilevate e la delimitazione delle tre classi di pericolosità. La situazione è risultata la seguente.

Il T. Belbo esonda in corrispondenza di diverse sezioni: la 29, andando ad interessare un tratto di strada ed una casa sul lato destro, le sezioni 26, 24, 21, 17 dove incontra principalmente campi e prati.

Dalla sezione 14 alla 11 si forma una vera e propria cassa di espansione sul lato destro e l'acqua raggiunge la distanza di 200 metri dalla sponda.

In corrispondenza della sezione 7 la portata che esonda va ad interessare alcuni edifici esistenti. Nel 1994 quest'area dalla sezione 8 alla 5 era stata

pesantemente colpita. Attualmente la situazione è cambiata rispetto ad allora: sono stati realizzati dei rilevati lateralmente al corso d'acqua su cui si sono ricostruiti alcuni edifici danneggiati. Per tale ragione la zona a rischio si è ridotta rispetto ad allora.

Il torrente esonda nuovamente prima e dopo la sezione 4 corrispondente al ponte. Infine alla sezione 2 si verifica un ulteriore allagamento.

Per quanto riguarda il rio Vola-Vassa, dove è in progetto la costruzione di un piazzale sovrastante il rio ed un nuovo tratto di canalizzazione di quest'ultimo, è risultato che la realizzazione del manufatto non risulta peggiorativa per la situazione idraulica del tratto interessato, anzi protegge la galleria esistente dal pericolo, al momento elevato, di intasamento dovuto a materiale flottante che frana dalle sponde laterali della fossa, ricoperte da un fitto manto vegetale.

D'altra parte è fondamentale evitare che lo stesso problema possa presentarsi più a monte, all'imbocco del canale. Per questo il progetto di sistemazione prevede la realizzazione di una briglia con lo scopo di trattenere il materiale solido trasportato dal rio. Periodicamente sarà necessario provvedere alla manutenzione ed alla pulizia della briglia, dotata comunque di una capacità autopulente, al fine di mantenerla in buone condizioni di esercizio.

Per quanto riguarda il tratto a valle della galleria, attualmente il ponticello che porta al cimitero risulta non verificato: la portata duecentenaria passa attraverso la luce a pochi centimetri dall'intradosso, non si ha quindi il franco minimo di 1 metro.

La velocizzazione della corrente, conseguente all'intervento di canalizzazione a monte, da una parte abbassa il livello dell'acqua, dall'altra può favorire il processo di erosione; di conseguenza l'intervento rende più urgente la necessità, già attuale, di migliorare le condizioni di deflusso in questo tratto, ad esempio mediante l'allargamento della luce del ponte.

I restanti rii minori risultano tutti contenuti nelle sponde al verificarsi delle condizioni di piena.

In allegato alla presente relazione, oltre alla planimetria in scala 1:10.000 citata in precedenza, per il corso d'acqua verificato sono riportati:

- i profili del pelo libero per portate con tempi di ritorno di 50, 200 e 500 anni;
- le tabelle contenenti i parametri caratteristici nelle diverse sezioni (velocità, altezza, ecc.);
- la rappresentazione grafica di ogni sezione, con indicati i livelli di piena corrispondenti alle portate relative ai diversi tempi di ritorno;
- alcune fotografie.

Per quanto riguarda i ponti presenti nella zona di studio, si è effettuata la verifica di compatibilità idraulica in base a quanto definito dalla Direttiva del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali *"Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle Fasce A e B"*.

Secondo quanto dettato dalla direttiva citata al punto 3.3.1, *"Il minimo franco tra la quota idrometrica relativa alla piena di progetto e la quota di intradosso del ponte deve essere non inferiore a 0.5 volte l'altezza cinetica della corrente e comunque non inferiore a 1.00 m; il valore del franco deve essere assicurato per almeno 2/3 della luce quando l'intradosso del ponte non sia rettilineo e comunque per almeno 40 m, nel caso di luci superiori a tale valore."*

Nella tabella sottostante si riportano i valori dei parametri necessari alla verifica per ciascuno dei ponti presenti.

t. Belbo					
PONTE	Tr	V_{corrente} (m/s)	h_{cinetica} (m)	f_{minimo} (m)	f (m)
Ponte 23.25	50	4,39	0,98	1,00	3,53
	200	4,65	1,1	1,1	3,03
	500	4,82	1,18	1,18	2,69
Ponte 19.25	50	4,23	0,91	1,00	3,03
	200	4,04	0,83	1,00	2,35
	500	4,84	1,19	1,19	2,39
Ponte 4.25	50	3,65	0,68	1,00	4,05
	200	3,86	0,76	1,00	3,58
	500	3,94	0,79	1,00	3,31
rio Tamiano					
PONTE	Tr	V_{corrente} (m/s)	h_{cinetica} (m)	f_{minimo} (m)	f (m)
Ponte 3.25	50	3,01	0,46	1,00	1,39
	200	3,23	0,53	1,00	1,11
	500	3,35	0,57	1,00	0,88
Ponte 1.25	50	3,01	0,46	1,00	1,32
	200	3,15	0,50	1,00	1
	500	3,22	0,53	1,00	0,69
rio Vola-Vassa					
PONTE	Tr	V_{corrente} (m/s)	h_{cinetica} (m)	f_{minimo} (m)	f (m)
Ponte 5.5	50	4,45	1	1,00	0,64
	200	4,84	1,19	1,19	0,47
	500	4,72	1,13	1,13	0

Tab. 6

I ponti verificati soddisfano la norma imposta dalla direttiva citata, ad eccezione dei ponti sul rio Tamiano 3.25 e 1.25, per la portata cinquecentesca, e del ponticello sul rio Vola-Vassa mai verificato.

5. CONSIDERAZIONI FINALI

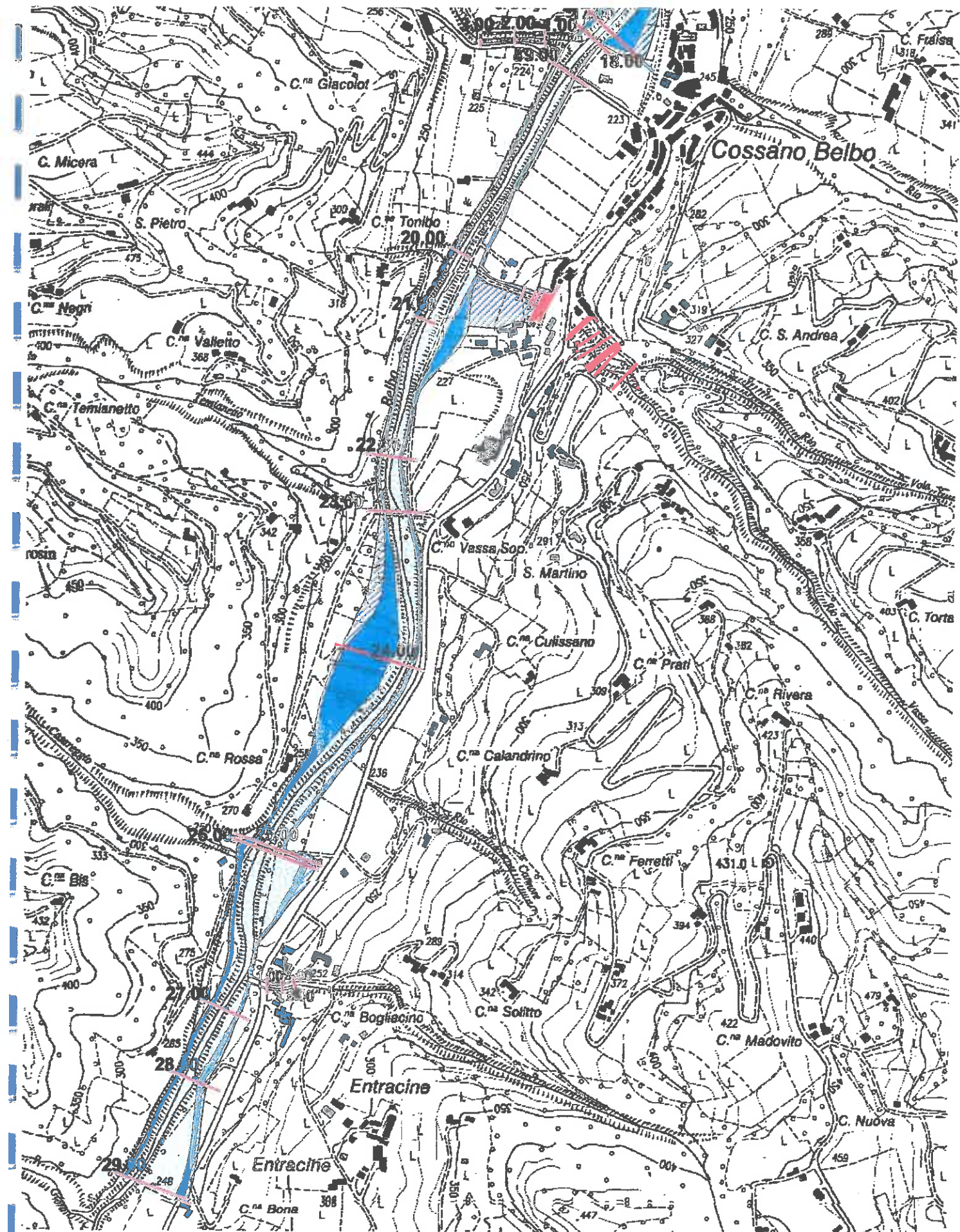
Nel tratto esaminato il T. Belbo esonda in numerosi tratti, interessando prati campi e qualche abitazione. Rispetto al passato la situazione è migliorata grazie alla realizzazione di alcuni interventi di messa in sicurezza tra i quali numerosi rilevati a lato del torrente.

Il Rio Entracine ed il Rio Tamiano risultano adeguati a contenere anche la portata cinquecentenaria. Il Rio Vola-Vassa richiederebbe un intervento migliorativo delle condizioni di deflusso sotto il ponticello a fianco del cimitero.

I ponti sul T. Belbo risultano compatibili con riferimento alle prescrizioni di cui al punto 3.3.1; i due ponti sul Rio Tamiano non sono verificati in caso di portata cinquecentenaria; il ponte sul Rio Vola-Vassa non è verificato.




Si consiglia di tenere sotto controllo la situazione dell'alveo del torrente e dei rii minori, e di intervenire qualora si verificano ostruzioni ad opera di corpi flottanti trasportati dalla piena o depositi di materiale che comportino una diminuzione della sezione, con operazioni di manutenzione e pulizia, al fine di evitare situazioni di pericolo per gli insediamenti e le infrastrutture esistenti.

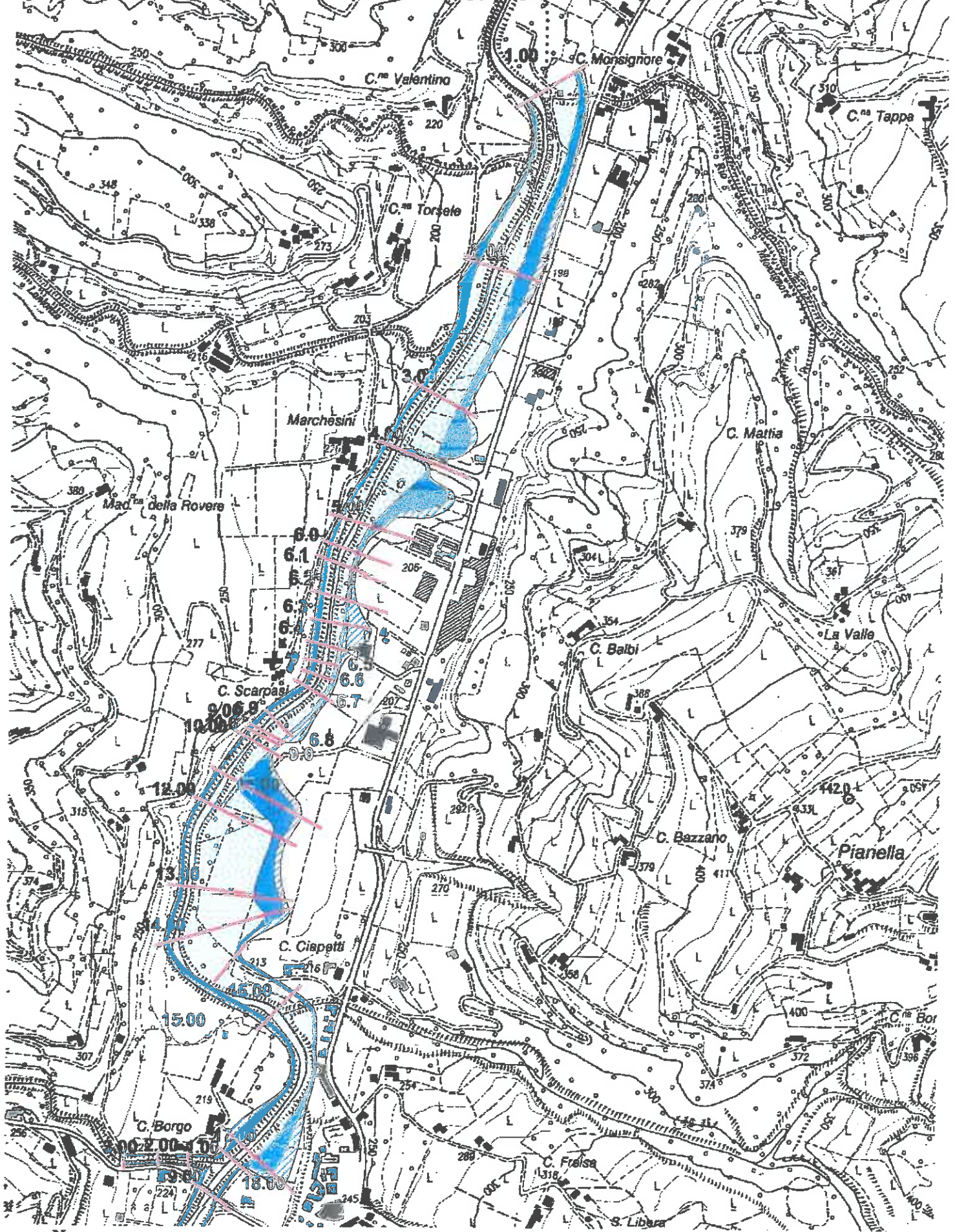
ALLEGATO



SCALA 1:10.000




 **Sezioni**

-  **Eb**
-  **Ee**
-  **Em**



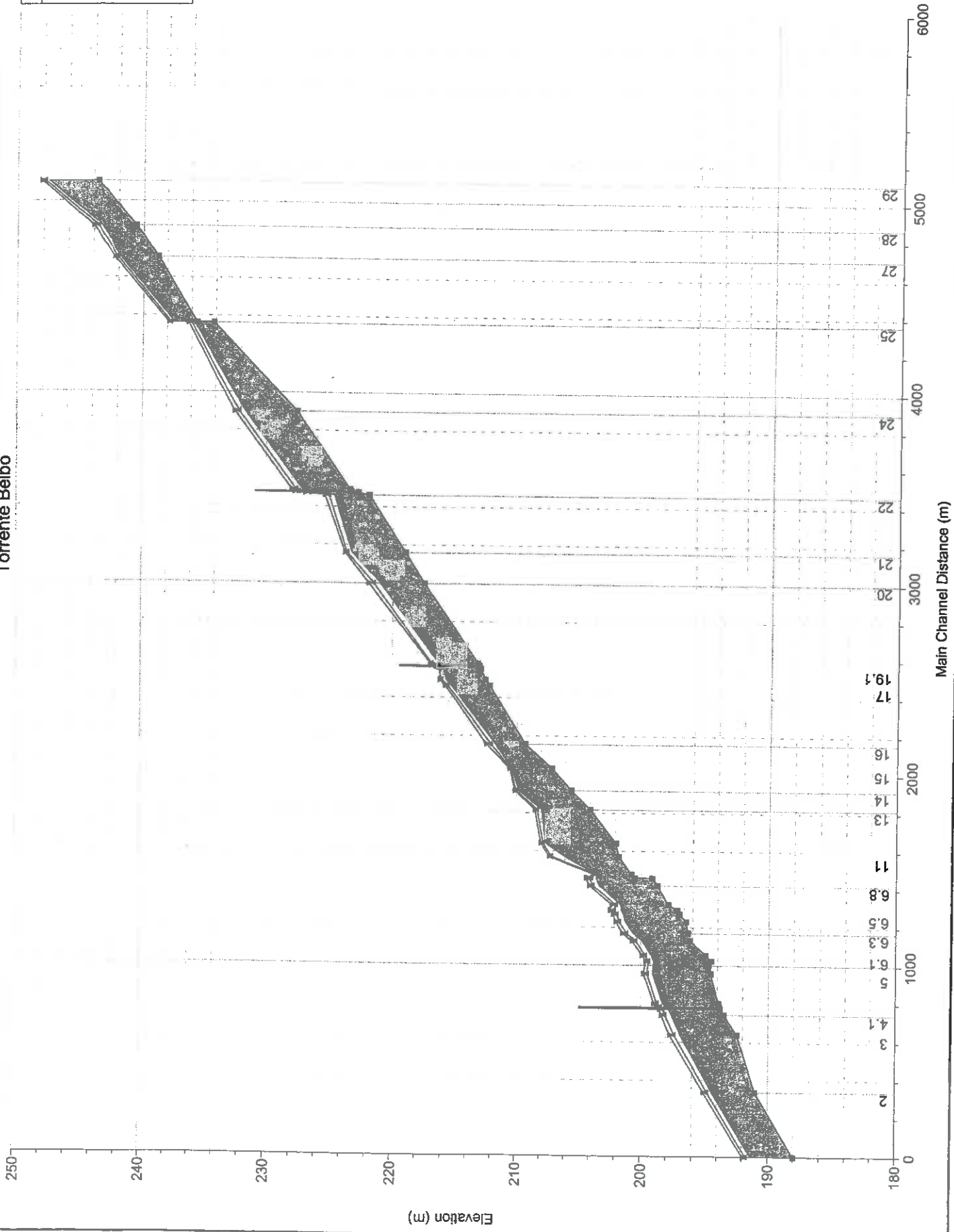
SCALA 1:10.000

 **Sezioni**

-  **Eb**
-  **Ee**
-  **Em**

Torrente Belbo

Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	→
WS PF 1 - Coss_prog200	→
WS PF 1 - Coss_prog50	→
WS	→
Ground	→



Reach	River Sta	Plan	Q Total (m3/s)	Cum.Ch Len (m)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Vel Chnl (m/s)	Mann Wid Total	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # XS
Tratto	29	Cross-prog50	491.95	5101.02	243.66	247.60	3.94	4.59	0.045	117.01	95.25	1.21
Tratto	29	Cross-prog200	618.22	5101.02	243.66	247.01	4.25	4.83	0.045	152.59	125.44	1.17
Tratto	29	Cross-prog500	755.34	5105.02	243.66	248.15	4.49	5.08	0.045	183.51	130.48	1.11
Tratto	28	Cross-prog50	491.95	4867.02	240.60	243.30	2.70	5.43	0.045	97.16	53.59	1.20
Tratto	28	Cross-prog200	618.22	4867.02	240.60	243.66	3.05	5.72	0.045	115.57	54.42	1.17
Tratto	28	Cross-prog500	755.34	4871.02	240.60	244.02	3.42	5.92	0.045	136.37	59.58	1.17
Tratto	27	Cross-prog50	491.95	4703.65	238.76	241.86	3.10	4.21	0.045	129.45	63.18	0.85
Tratto	27	Cross-prog200	618.22	4703.65	238.76	242.10	3.34	4.74	0.045	144.56	64.05	0.91
Tratto	27	Cross-prog500	755.34	4707.65	238.76	242.36	3.60	5.20	0.045	161.02	64.99	0.95
Tratto	26	Cross-prog50	491.95	4361.16	235.60	237.42	1.82	3.63	0.050	141.37	120.32	1.02
Tratto	26	Cross-prog200	631.78	4361.16	235.60	237.72	2.12	3.78	0.050	181.43	143.57	0.99
Tratto	26	Cross-prog500	755.34	4365.16	235.60	237.81	2.31	3.99	0.050	209.96	158.06	1.00
Tratto	25	Cross-prog50	491.95	4360.16	234.18	235.77	1.59	6.46	0.050	76.15	71.81	2.00
Tratto	25	Cross-prog200	631.78	4360.16	234.18	236.04	1.86	6.56	0.050	96.29	75.08	1.85
Tratto	25	Cross-prog500	755.34	4364.16	234.18	236.28	2.10	6.59	0.050	114.60	77.78	1.73
Tratto	24	Cross-prog50	491.95	3896.74	227.63	231.66	4.03	3.98	0.050	123.69	42.77	0.75
Tratto	24	Cross-prog200	639.63	3896.74	227.63	232.14	4.51	4.30	0.050	166.96	134.16	1.10
Tratto	24	Cross-prog500	755.34	3900.74	227.63	232.48	4.85	4.28	0.050	213.25	134.60	0.90
Tratto	23.4	Cross-prog50	491.95	3486.40	223.42	227.16	3.74	3.92	0.050	125.61	52.14	0.81
Tratto	23.4	Cross-prog200	639.63	3486.40	223.42	227.66	4.24	4.18	0.050	152.89	57.99	0.82
Tratto	23.4	Cross-prog500	755.34	3490.40	223.42	228.01	4.59	4.36	0.050	173.27	60.53	0.82
Tratto	23.3	Cross-prog50	491.95	3476.40	223.32	226.84	3.62	4.12	0.050	119.36	50.93	0.86
Tratto	23.3	Cross-prog200	639.63	3476.40	223.32	227.44	4.12	4.38	0.050	146.07	55.60	0.86
Tratto	23.3	Cross-prog500	755.34	3480.40	223.32	227.79	4.47	4.65	0.050	166.13	59.35	0.87
Tratto	23.25											
Tratto	23.2											
Tratto	23.2	Cross-prog50	491.95	3472.40	222.78	226.12	3.34	4.66	0.050	105.66	48.19	1.00
Tratto	23.2	Cross-prog200	639.63	3472.40	222.78	226.61	3.83	4.92	0.050	130.02	52.97	1.00
Tratto	23.2	Cross-prog500	755.34	3476.40	222.78	226.94	4.16	5.10	0.050	148.14	56.26	1.00
Tratto	22	Cross-prog50	491.95	3461.02	221.89	224.63	2.74	6.52	0.050	75.44	40.08	1.52
Tratto	22	Cross-prog200	639.63	3461.02	221.89	225.08	3.19	6.78	0.050	94.36	44.19	1.48
Tratto	22	Cross-prog500	755.34	3465.02	221.89	225.39	3.50	6.94	0.050	108.78	47.08	1.46
Tratto	21	Cross-prog50	491.95	3160.24	219.00	223.29	4.23	3.14	0.050	158.20	70.54	0.66
Tratto	21	Cross-prog200	639.63	3160.24	219.00	223.61	4.61	3.50	0.050	187.42	80.51	0.71
Tratto	21	Cross-prog500	755.34	3164.24	219.00	223.78	4.78	3.89	0.050	201.34	84.85	0.78
Tratto	20											
Tratto	20											
Tratto	20											
Tratto	20	Cross-prog50	491.95	3000.12	217.50	220.95	3.45	4.50	0.045	109.20	53.25	1.00
Tratto	20	Cross-prog200	639.63	3000.12	217.50	221.49	3.99	4.56	0.045	142.91	80.32	1.07
Tratto	20	Cross-prog500	755.34	3004.12	217.50	221.91	4.41	4.42	0.045	183.59	112.95	1.03
Tratto	19.4											
Tratto	19.4	Cross-prog50	491.95	2578.60	213.24	216.31	3.07	3.66	0.040	134.30	62.36	0.80
Tratto	19.4	Cross-prog200	639.63	2578.60	213.24	216.89	3.65	3.75	0.040	170.78	82.44	0.72
Tratto	19.4	Cross-prog500	755.34	2582.60	213.24	217.00	3.76	4.26	0.040	177.27	62.45	0.81
Tratto	19.3											
Tratto	19.3	Cross-prog50	491.95	2568.60	213.14	216.24	3.10	3.61	0.040	136.35	62.37	0.78
Tratto	19.3	Cross-prog200	651.11	2568.60	213.14	216.81	3.67	3.79	0.040	171.81	82.44	0.73
Tratto	19.3	Cross-prog500	755.34	2572.60	213.14	216.94	3.80	4.20	0.040	179.79	62.46	0.79
Tratto	19.25											
Tratto	19.2											
Tratto	19.2	Cross-prog50	491.85	2561.60	213.09	215.63	2.54	4.85	0.040	101.54	62.30	1.21
Tratto	19.2	Cross-prog200	651.11	2561.60	213.09	216.43	3.34	4.30	0.040	151.39	62.40	0.88
Tratto	19.2	Cross-prog500	755.34	2561.60	213.09	216.21	3.12	5.49	0.040	137.52	62.37	1.18
Tratto	19.1											
Tratto	19.1	Cross-prog50	491.95	2551.60	212.99	215.97	2.98	3.82	0.040	128.62	62.35	0.85
Tratto	19.1	Cross-prog200	651.11	2551.60	212.99	216.34	3.35	4.28	0.040	152.09	62.40	0.88
Tratto	19.1	Cross-prog500	755.34	2551.60	212.99	216.20	3.21	5.28	0.040	142.93	62.38	1.11
Tratto	18											
Tratto	18	Cross-prog50	491.95	2493.59	212.60	215.73	3.13	3.02	0.045	162.71	67.26	0.62
Tratto	18	Cross-prog200	651.11	2493.59	212.60	216.11	3.51	3.45	0.045	188.66	67.79	0.66
Tratto	18	Cross-prog500	755.34	2493.59	212.60	216.27	3.67	3.80	0.045	198.99	68.00	0.71
Tratto	17											
Tratto	17	Cross-prog50	504.20	2462.48	212.27	215.34	3.07	3.51	0.045	145.68	82.81	0.83
Tratto	17	Cross-prog200	668.97	2462.48	212.27	215.84	3.37	4.04	0.045	177.38	129.71	1.03
Tratto	17	Cross-prog500	773.77	2462.48	212.27	215.84	3.57	4.26	0.045	206.06	162.70	1.07
Tratto	16											
Tratto	16	Cross-prog50	506.40	2155.70	209.35	211.76	2.40	4.00	0.045	128.30	83.92	1.02
Tratto	16	Cross-prog200	669.81	2155.70	209.35	212.15	2.80	4.22	0.045	163.79	93.85	0.99
Tratto	16	Cross-prog500	777.08	2155.70	209.35	212.52	3.17	4.07	0.045	200.76	103.18	0.89
Tratto	15											
Tratto	15	Cross-prog50	506.40	2030.78	207.15	210.43	3.28	3.44	0.045	149.92	67.48	0.72
Tratto	15	Cross-prog200	669.81	2030.78	207.15	210.51	3.36	4.39	0.045	155.62	69.22	0.92
Tratto	15	Cross-prog500	777.08	2030.78	207.15	210.59	3.44	4.93	0.045	161.32	70.91	1.02
Tratto	14											
Tratto	14	Cross-prog50	506.40	1916.65	205.55	209.83	4.28	3.44	0.045	250.72	313.55	0.72
Tratto	14	Cross-prog200	669.81	1916.65	205.55	210.09	4.54	3.45	0.045	342.03	360.23	0.64
Tratto	14	Cross-prog500	777.08	1916.65	205.55	210.14	4.59	3.78	0.045	359.99	360.78	0.69

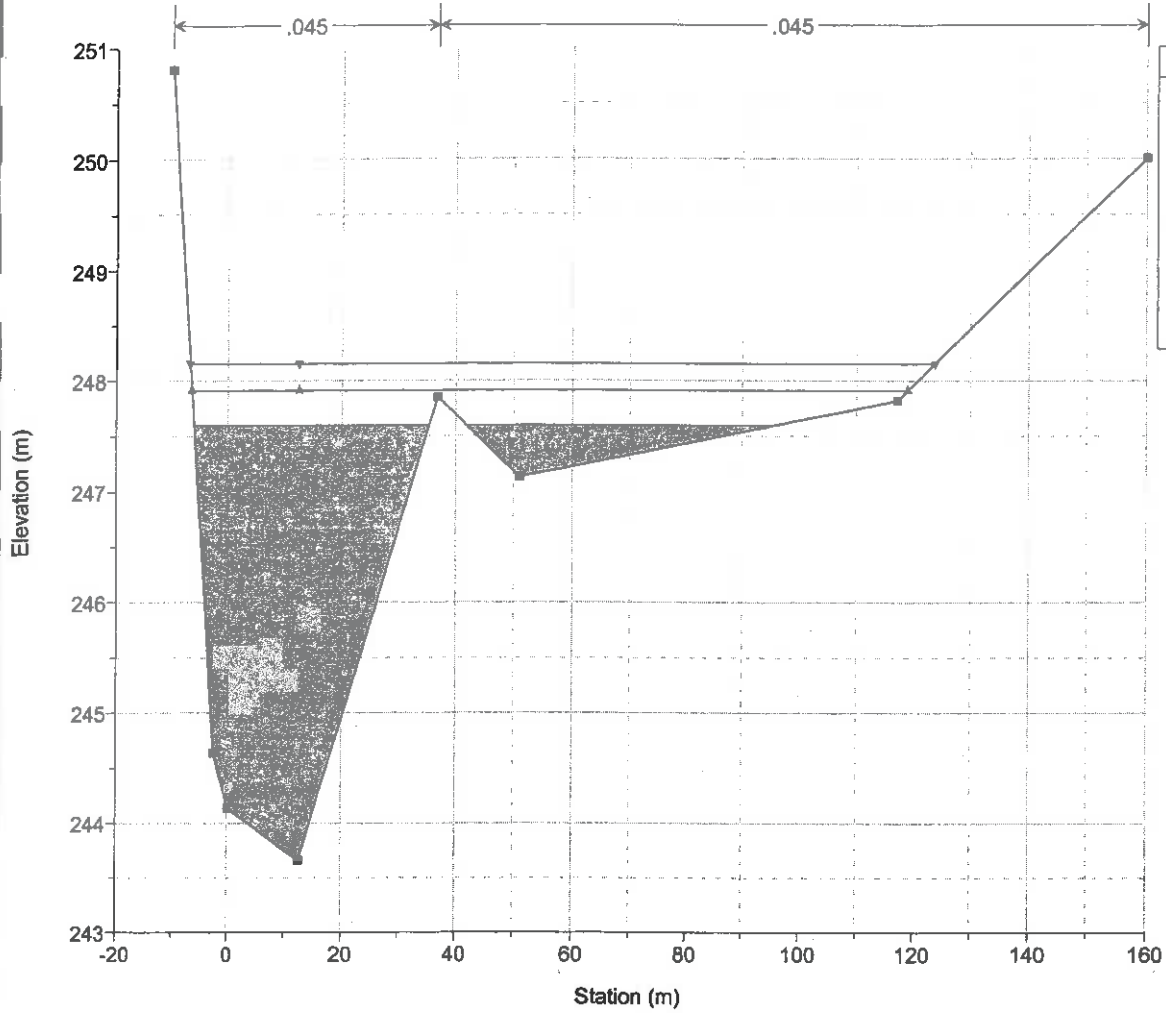
HEC-RAS River Fiume Reach: Tratto Profile: PF 1 (Continued)

Reach	River Sta	Plan	Q Total (m ³ /s)	Cum Ch Len (m)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Ch Dpth (m)	Vel Chnl (m/s)	Manr Wtd Total	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # XS
Tratto	13	Cross-prog50	506.40	1815.51	204.03	207.94	3.91	5.60	0.045	123.20	132.69	1.36
Tratto	13	Cross-prog200	669.81	1815.51	204.03	208.30	4.27	5.77	0.046	180.49	184.38	1.20
Tratto	13	Cross-prog500	777.08	1815.51	204.03	208.60	4.47	5.71	0.045	218.68	195.57	1.07
Tratto	12	Cross-prog50	506.40	1640.41	202.03	207.60	5.57	2.81	0.050	273.39	165.37	0.45
Tratto	12	Cross-prog200	669.81	1640.41	202.03	207.81	5.78	3.36	0.050	308.03	167.76	0.51
Tratto	12	Cross-prog500	777.08	1640.41	202.03	208.01	5.98	3.67	0.050	342.05	179.09	0.52
Tratto	11	Cross-prog50	506.40	1570.95	201.78	206.01	4.23	5.39	0.050	98.47	35.60	0.99
Tratto	11	Cross-prog200	669.81	1570.95	201.78	207.13	5.35	4.16	0.050	227.78	170.63	0.81
Tratto	11	Cross-prog500	777.08	1570.95	201.78	207.30	5.52	4.38	0.050	256.23	174.47	0.80
Tratto	10	Cross-prog50	506.40	1479.11	200.81	203.54	2.73	5.26	0.050	96.90	71.82	1.44
Tratto	10	Cross-prog200	669.81	1479.11	200.81	203.52	2.71	7.05	0.050	95.66	71.79	1.84
Tratto	10	Cross-prog500	777.08	1479.11	200.81	203.73	2.92	7.07	0.050	110.77	72.16	1.81
Tratto	9	Cross-prog50	514.32	1459.05	200.54	203.36	2.83	3.61	0.055	142.91	79.36	0.86
Tratto	9	Cross-prog200	680.05	1459.05	200.54	203.91	3.37	3.66	0.055	186.64	80.89	0.76
Tratto	9	Cross-prog500	788.98	1459.05	200.54	204.20	3.86	3.77	0.055	212.04	97.67	0.81
Tratto	8.9	Cross-prog50	514.32	1458.05	199.18	203.52	4.33	2.89	0.055	178.88	79.74	0.61
Tratto	8.9	Cross-prog200	680.05	1458.05	199.18	204.04	4.85	3.10	0.055	220.61	85.74	0.61
Tratto	8.9	Cross-prog500	788.98	1458.05	199.18	204.32	5.14	3.24	0.055	248.23	106.45	0.66
Tratto	8.8	Cross-prog50	514.32	1419.05	198.78	203.28	4.49	2.73	0.055	188.39	65.86	0.52
Tratto	8.8	Cross-prog200	680.05	1419.05	198.78	203.78	5.00	3.07	0.055	221.80	74.61	0.57
Tratto	8.8	Cross-prog500	788.98	1419.05	198.78	204.05	5.27	3.26	0.055	252.76	133.28	0.72
Tratto	8.7	Cross-prog50	514.32	1319.05	197.93	201.57	3.65	4.36	0.055	117.95	61.87	1.01
Tratto	8.7	Cross-prog200	680.05	1319.05	197.93	202.00	4.07	4.70	0.055	144.67	64.36	1.00
Tratto	8.7	Cross-prog500	788.98	1319.05	197.93	202.31	4.38	4.77	0.055	165.24	66.21	0.96
Tratto	8.6	Cross-prog50	514.32	1289.05	197.23	201.53	4.31	3.02	0.055	184.63	62.65	0.52
Tratto	8.6	Cross-prog200	680.05	1289.05	197.23	202.11	4.88	3.34	0.055	221.32	64.68	0.53
Tratto	8.6	Cross-prog500	788.98	1289.05	197.23	202.44	5.21	3.55	0.055	242.70	65.54	0.54
Tratto	8.5	Cross-prog50	514.32	1269.05	197.07	201.38	4.31	3.03	0.055	170.33	62.71	0.54
Tratto	8.5	Cross-prog200	680.05	1269.05	197.07	201.90	4.83	3.45	0.055	199.26	54.05	0.57
Tratto	8.5	Cross-prog500	788.98	1269.05	197.07	202.19	5.12	3.71	0.055	213.85	54.79	0.60
Tratto	8.4	Cross-prog50	514.32	1229.05	196.51	201.22	4.70	2.81	0.055	183.74	51.29	0.47
Tratto	8.4	Cross-prog200	680.05	1229.05	196.51	201.71	5.20	3.26	0.055	209.41	52.54	0.52
Tratto	8.4	Cross-prog500	788.98	1229.05	196.51	201.98	5.47	3.55	0.055	224.23	67.47	0.70
Tratto	8.3	Cross-prog50	514.32	1189.05	196.35	200.60	4.25	3.39	0.055	151.89	66.02	0.71
Tratto	8.3	Cross-prog200	680.05	1189.05	196.35	201.14	4.79	3.62	0.055	187.71	67.80	0.69
Tratto	8.3	Cross-prog500	788.98	1189.05	196.35	201.47	5.12	3.73	0.055	218.46	108.70	0.81
Tratto	8.2	Cross-prog50	514.32	1129.05	196.19	199.91	3.71	3.83	0.055	134.17	55.48	0.79
Tratto	8.2	Cross-prog200	680.05	1129.05	196.19	200.43	4.23	4.16	0.055	163.56	57.30	0.79
Tratto	8.2	Cross-prog500	788.98	1129.05	196.19	200.72	4.53	4.36	0.055	182.70	79.37	0.91
Tratto	8.1	Cross-prog50	514.32	1064.05	194.95	199.21	4.27	3.40	0.055	152.87	62.35	0.63
Tratto	8.1	Cross-prog200	680.05	1064.05	194.95	199.68	4.73	3.88	0.055	177.46	53.66	0.67
Tratto	8.1	Cross-prog500	788.98	1064.05	194.95	199.92	4.98	4.18	0.055	191.21	60.28	0.74
Tratto	8.0	Cross-prog50	514.32	1024.05	194.53	199.02	4.49	3.20	0.055	160.71	50.21	0.57
Tratto	8.0	Cross-prog200	680.05	1024.05	194.53	199.44	4.91	3.74	0.055	181.82	50.88	0.63
Tratto	8.0	Cross-prog500	788.98	1024.05	194.53	199.65	5.12	4.10	0.055	192.53	51.21	0.67
Tratto	5	Cross-prog50	514.32	957.41	194.56	199.08	4.52	1.76	0.055	295.90	79.92	0.29
Tratto	5	Cross-prog200	680.05	957.41	194.56	199.55	4.99	2.06	0.055	333.90	81.35	0.32
Tratto	5	Cross-prog500	788.98	957.41	194.56	199.80	5.24	2.26	0.055	354.42	82.11	0.34
Tratto	4.4	Cross-prog50	514.32	803.14	193.92	198.29	4.37	3.25	0.051	193.77	126.81	0.68
Tratto	4.4	Cross-prog200	680.05	803.14	193.92	198.76	4.84	3.43	0.051	259.47	154.05	0.64
Tratto	4.4	Cross-prog500	788.98	803.14	193.92	199.00	5.08	3.55	0.051	299.42	168.67	0.63
Tratto	4.3	Cross-prog50	514.32	783.14	193.84	198.08	4.24	3.46	0.050	178.19	119.17	0.75
Tratto	4.3	Cross-prog200	680.05	783.14	193.84	198.56	4.72	3.63	0.051	242.24	147.35	0.70
Tratto	4.3	Cross-prog500	788.98	783.14	193.84	198.82	4.98	3.73	0.051	281.73	162.30	0.68
Tratto	4.25	Bridge										
Tratto	4.2	Cross-prog50	514.32	773.14	193.80	197.82	4.02	3.85	0.050	153.01	106.07	0.89
Tratto	4.2	Cross-prog200	680.05	773.14	193.80	198.27	4.47	4.09	0.051	207.05	132.81	0.84
Tratto	4.2	Cross-prog500	788.98	773.14	193.80	198.55	4.75	4.15	0.051	246.55	149.05	0.79
Tratto	4.1	Cross-prog50	514.32	743.14	193.49	197.60	4.11	3.69	0.050	162.90	111.40	0.83
Tratto	4.1	Cross-prog200	680.05	743.14	193.49	198.11	4.62	3.81	0.051	227.09	141.19	0.75
Tratto	4.1	Cross-prog500	788.98	743.14	193.49	198.42	4.93	3.81	0.051	274.33	159.80	0.70
Tratto	3	Cross-prog50	514.32	638.61	192.44	196.92	4.48	3.24	0.055	177.30	84.06	0.64
Tratto	3	Cross-prog200	680.05	638.61	192.44	197.41	4.97	3.55	0.055	220.65	93.65	0.64
Tratto	3	Cross-prog500	788.98	638.61	192.44	197.75	5.31	3.84	0.055	253.42	100.29	0.63
Tratto	2	Cross-prog50	534.15	338.53	191.00	194.38	3.38	3.79	0.055	171.97	85.78	0.70
Tratto	2	Cross-prog200	705.71	338.53	191.00	194.79	3.79	4.17	0.055	207.85	91.82	0.72

HEC-RAS River Fiume Reach: Tratto Profile: PF 1 (Continued)

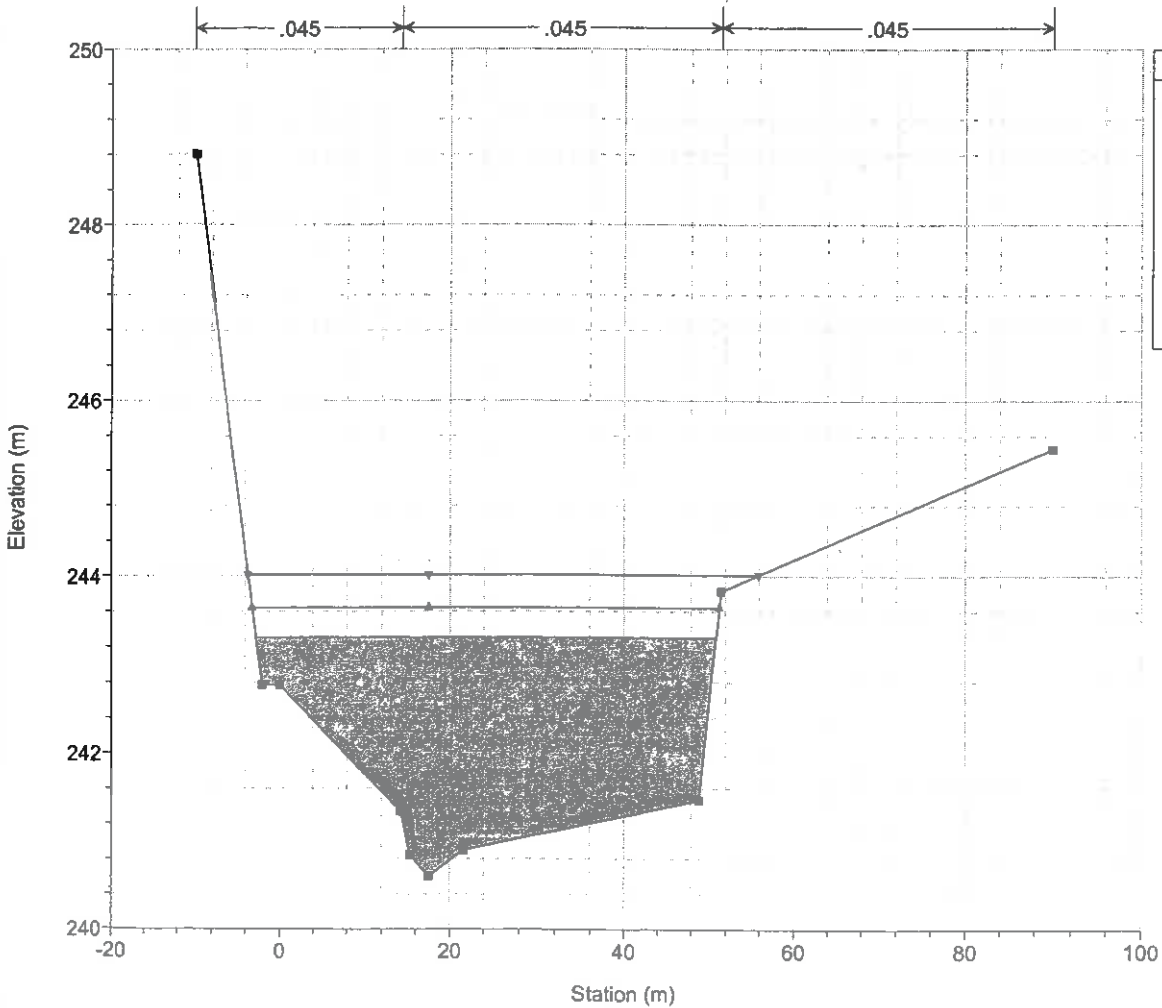
Reach	River Sta	Plan	Q Total (m ³ /s)	Run Ch Len (m)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Vel Chnl (m/s)	Mean Wid Total	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # XS
Tratto	2	Coss_prog500	818.80	338.53	191.00	195.08	4.08	4.52	0.055	235.98	105.97	0.74
Tratto	1	Coss_prog50	548.86		188.00	191.29	3.29	3.31	0.055	204.48	109.90	0.63
Tratto	1	Coss_prog200	724.76		188.00	191.69	3.69	3.63	0.055	250.67	120.71	0.64
Tratto	1	Coss_prog500	840.94		188.00	191.93	3.93	3.81	0.055	278.66	127.03	0.65

RS = 29 Torrente Belbo



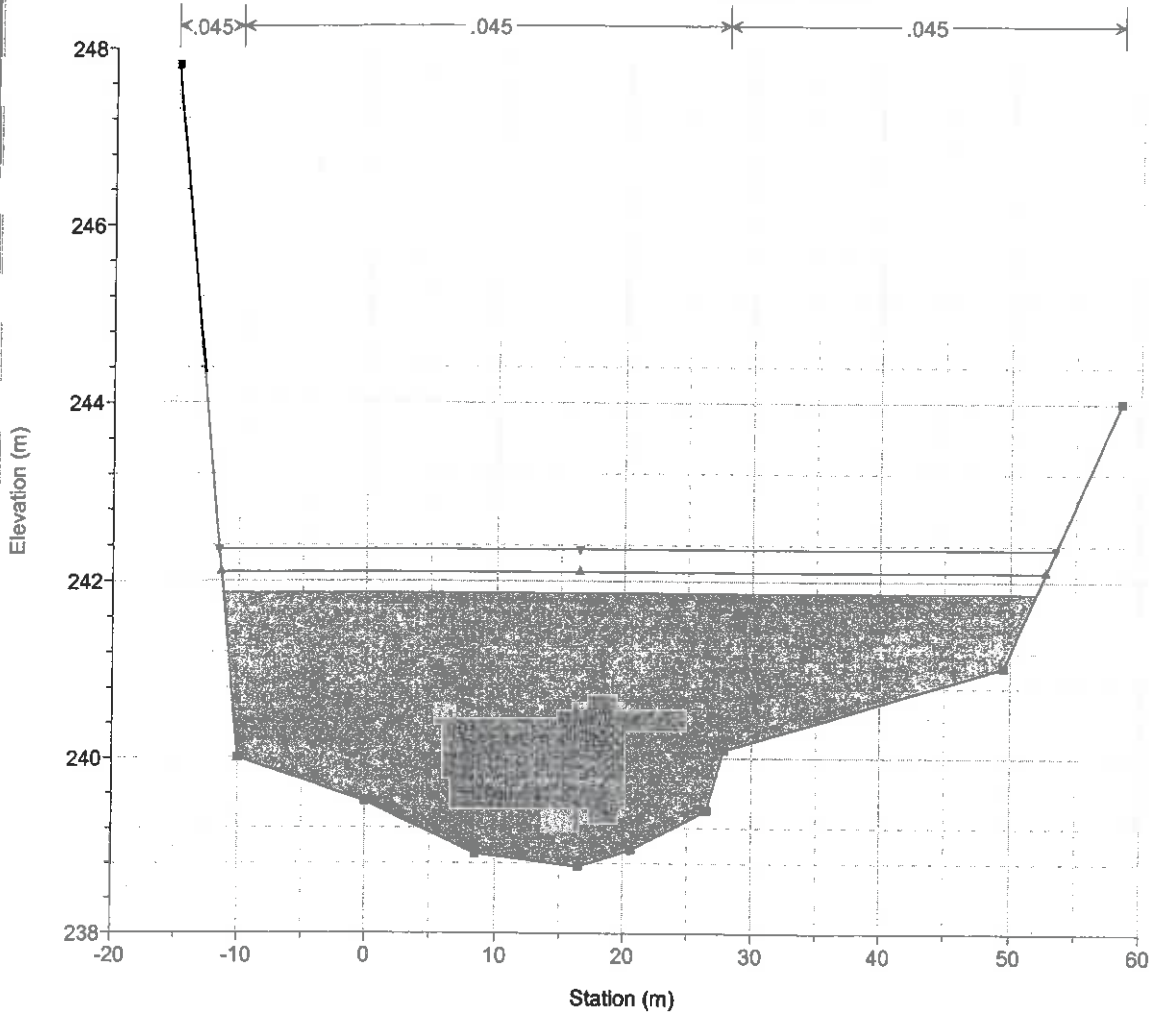
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	■
Ground	—
Bank Sta	- - -

RS = 28 Torrente Belbo

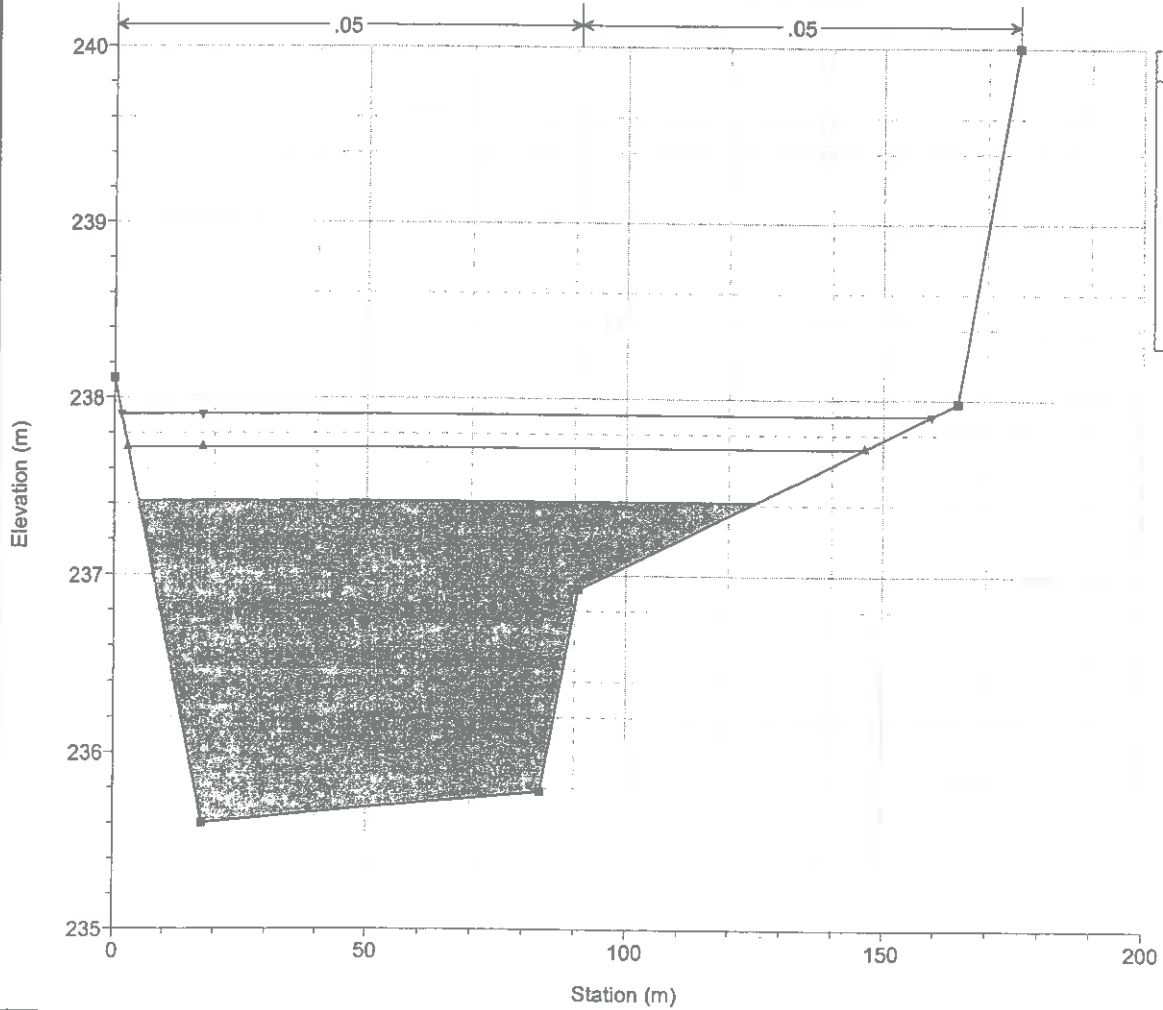


Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	■
Ground	—
Bank Sta	- - -

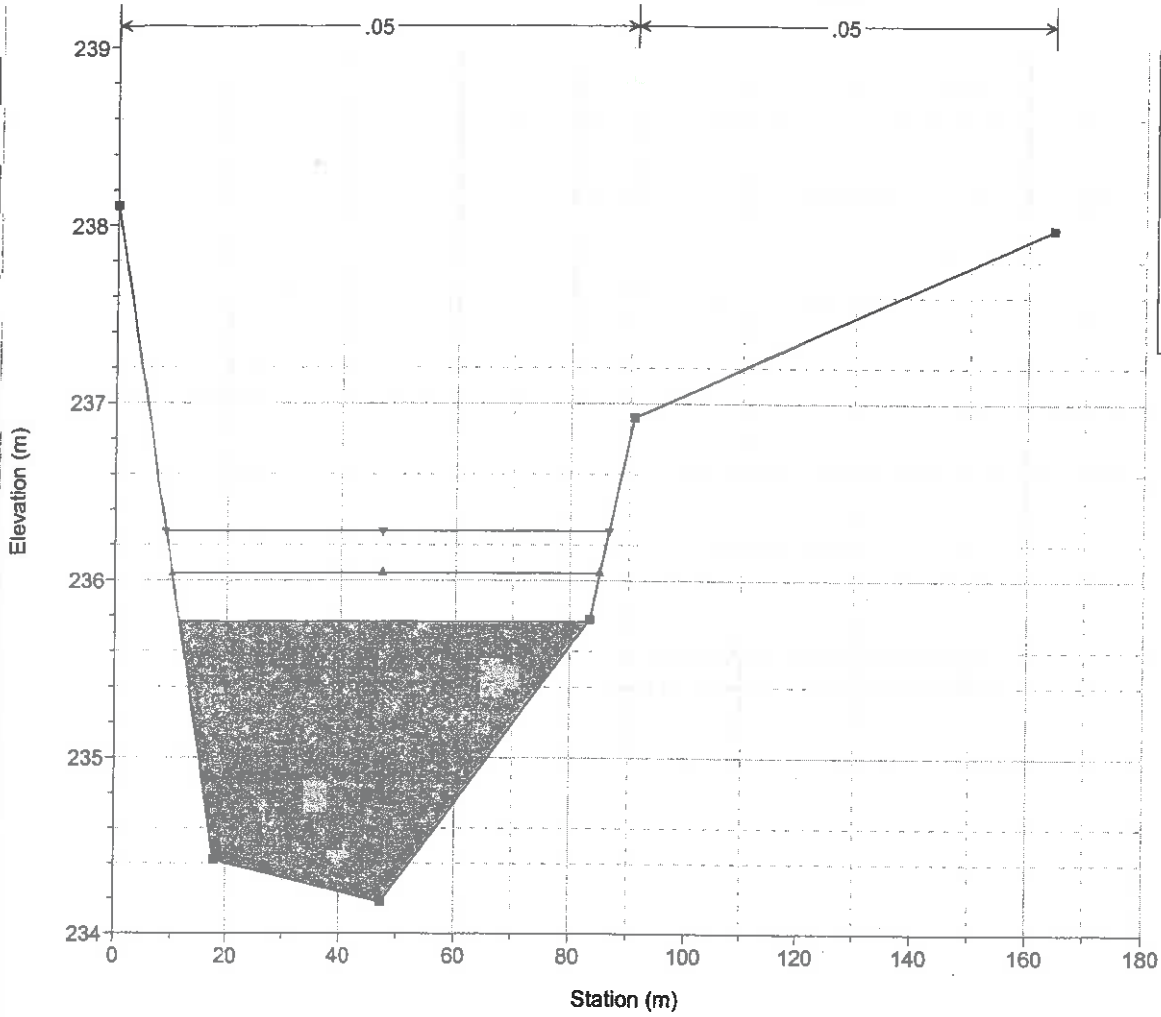
RS = 27 Torrente Belbo



RS = 26 Torrente Belbo

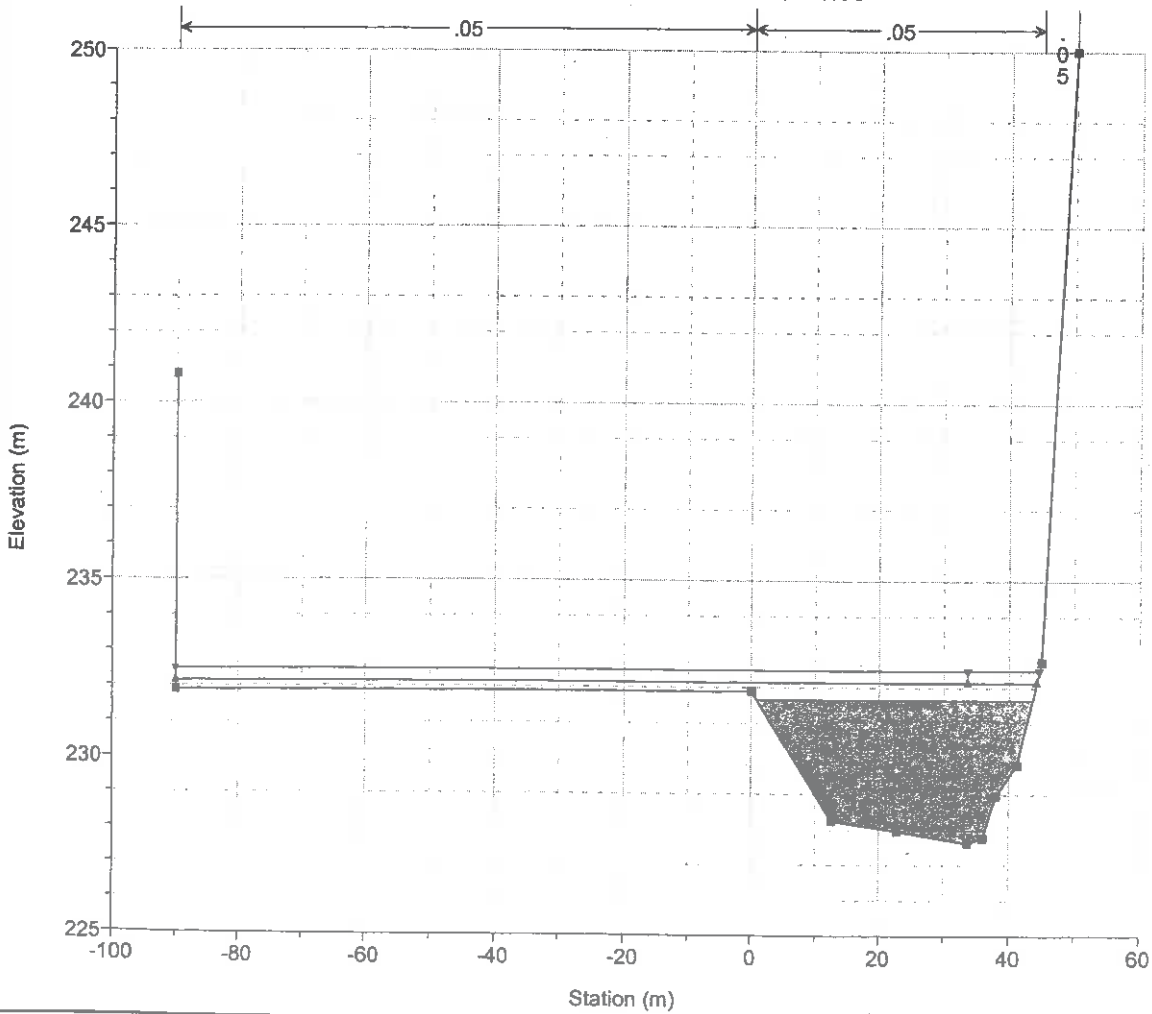


RS = 25 Torrente Belbo



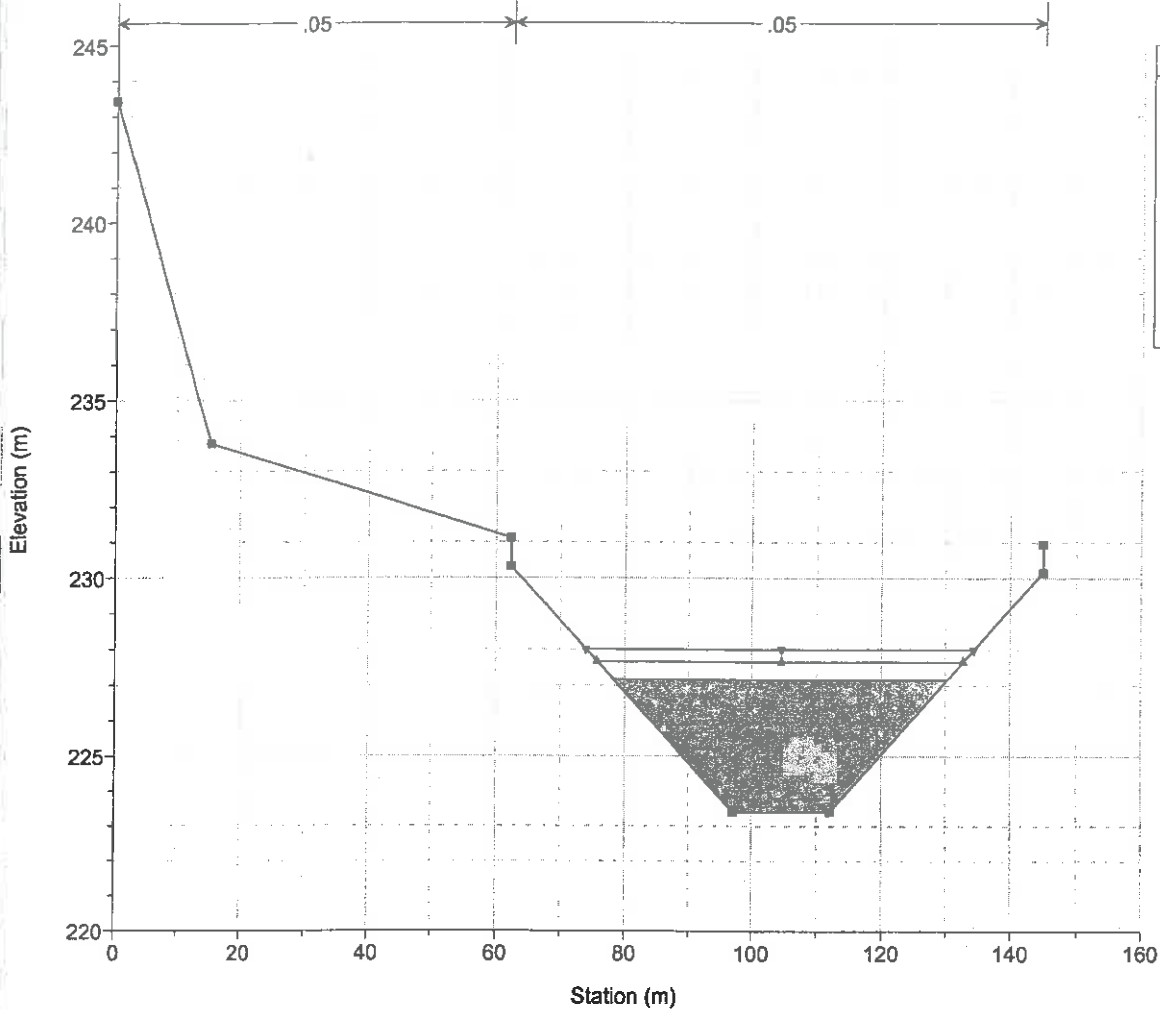
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	■
Ground	—
Bank Sta	—

RS = 24 Torrente Belbo



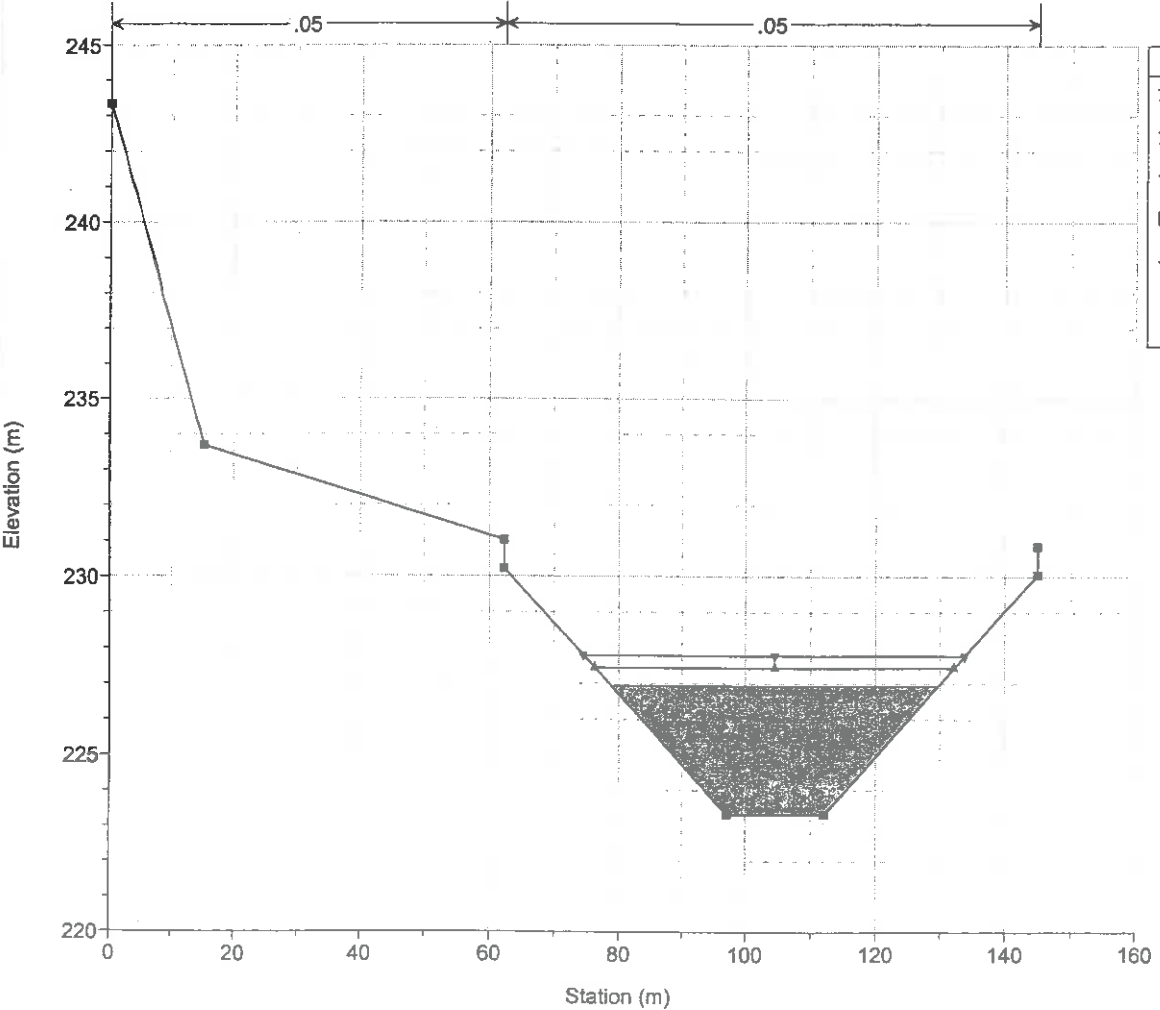
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	■
Ground	—
Bank Sta	—

RS = 23.4 Torrente Belbo



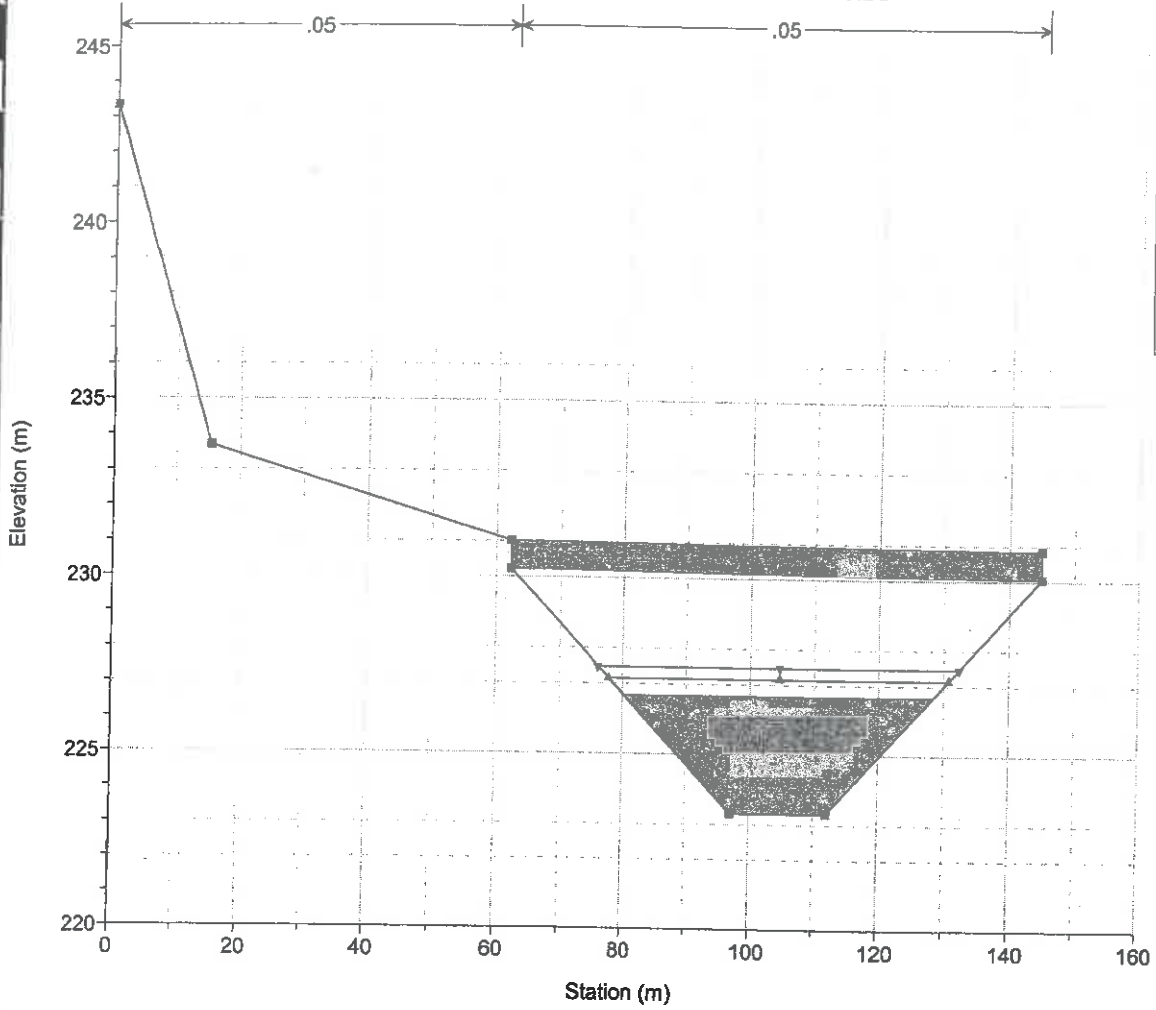
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 23.3 Torrente Belbo



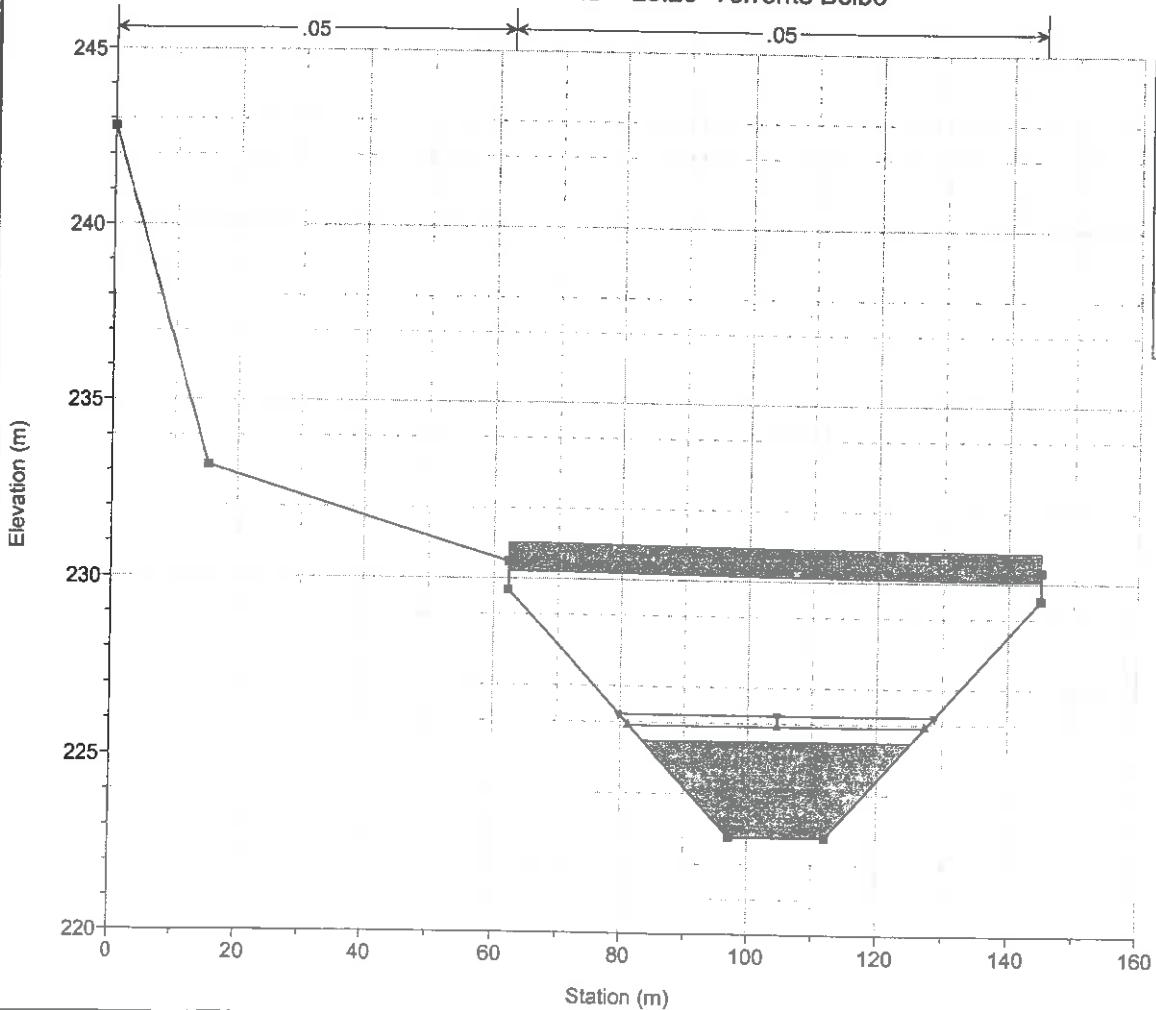
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 23.25 Torrente Belbo



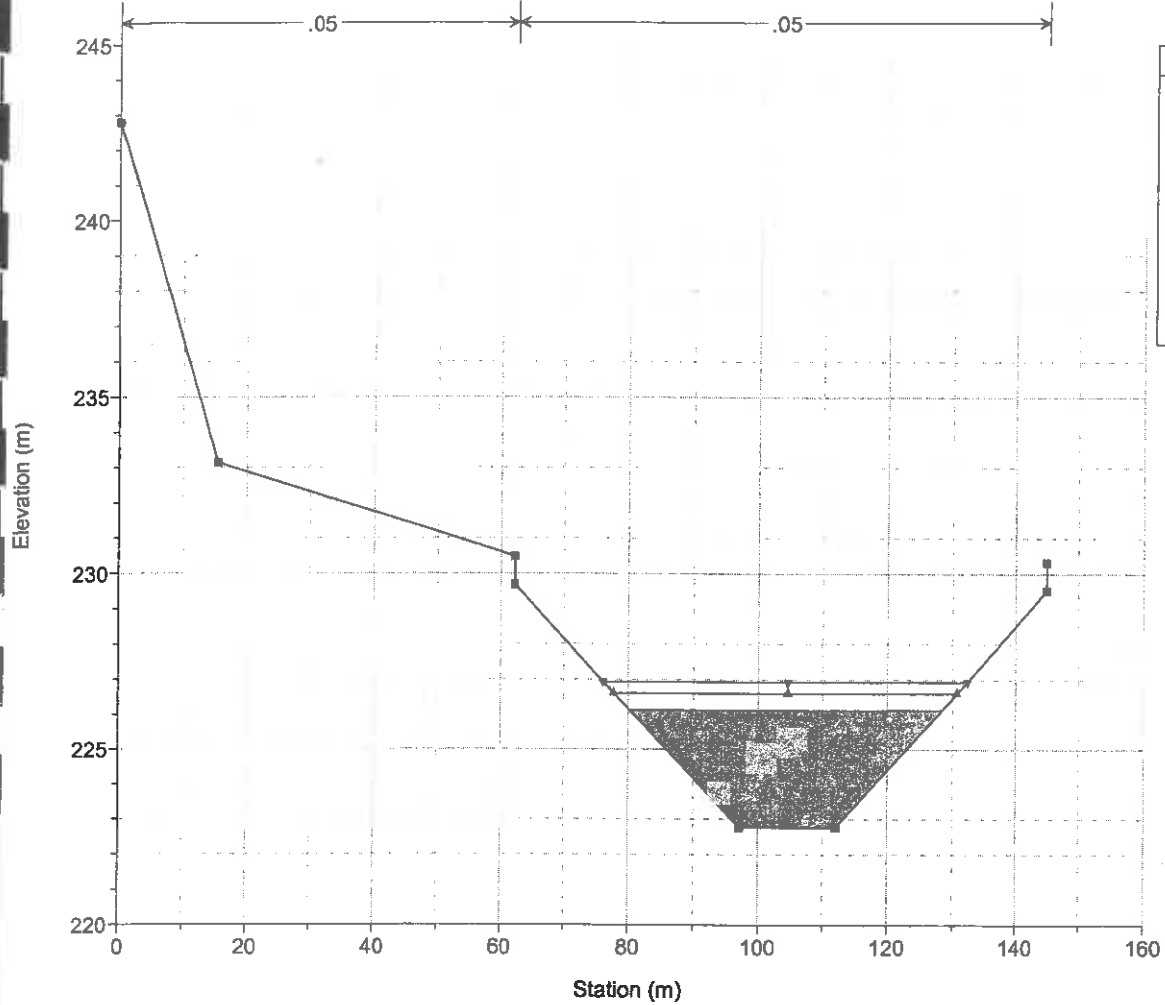
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	—
Bank Sta	■

RS = 23.25 Torrente Belbo



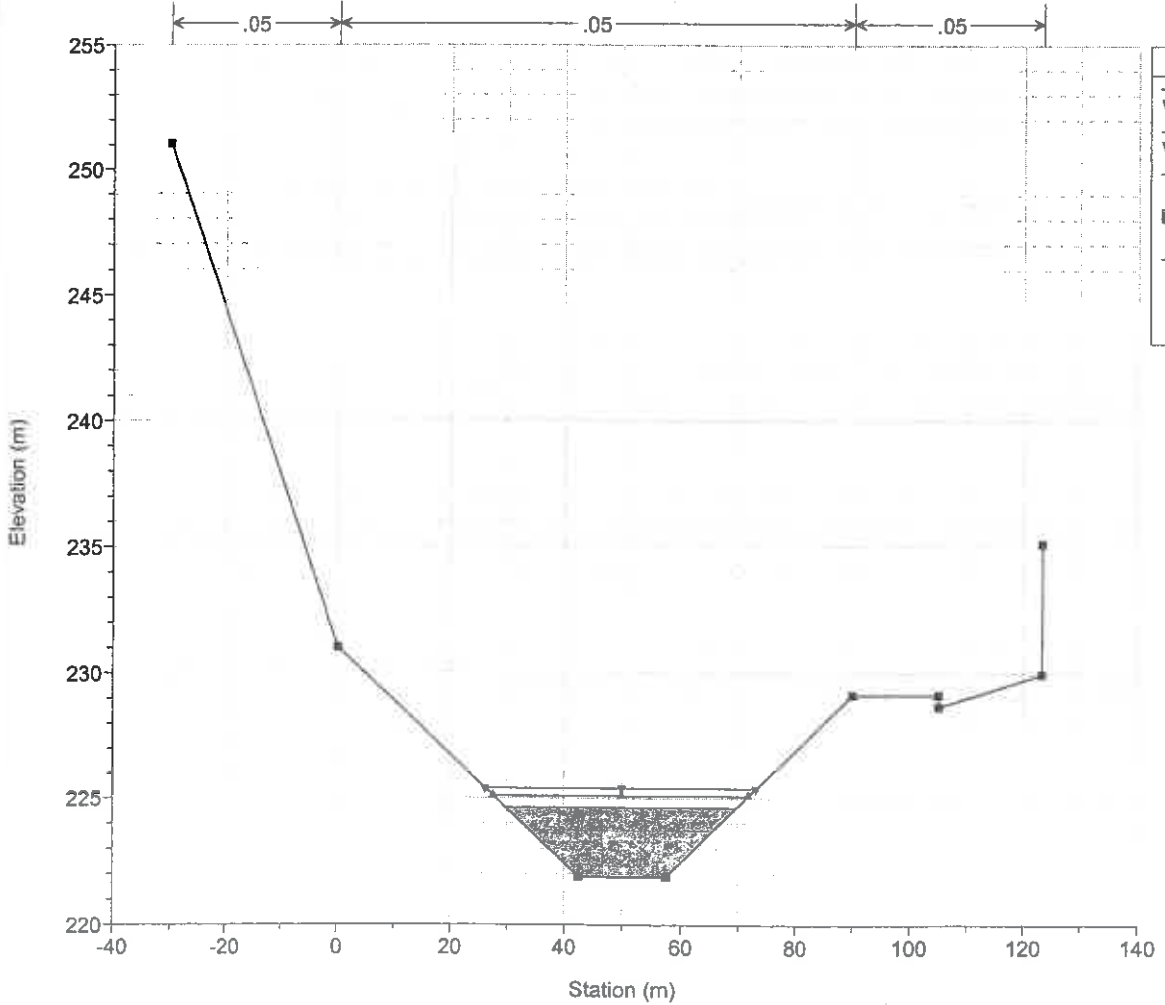
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	—
Bank Sta	■

RS = 23.2 Torrente Belbo



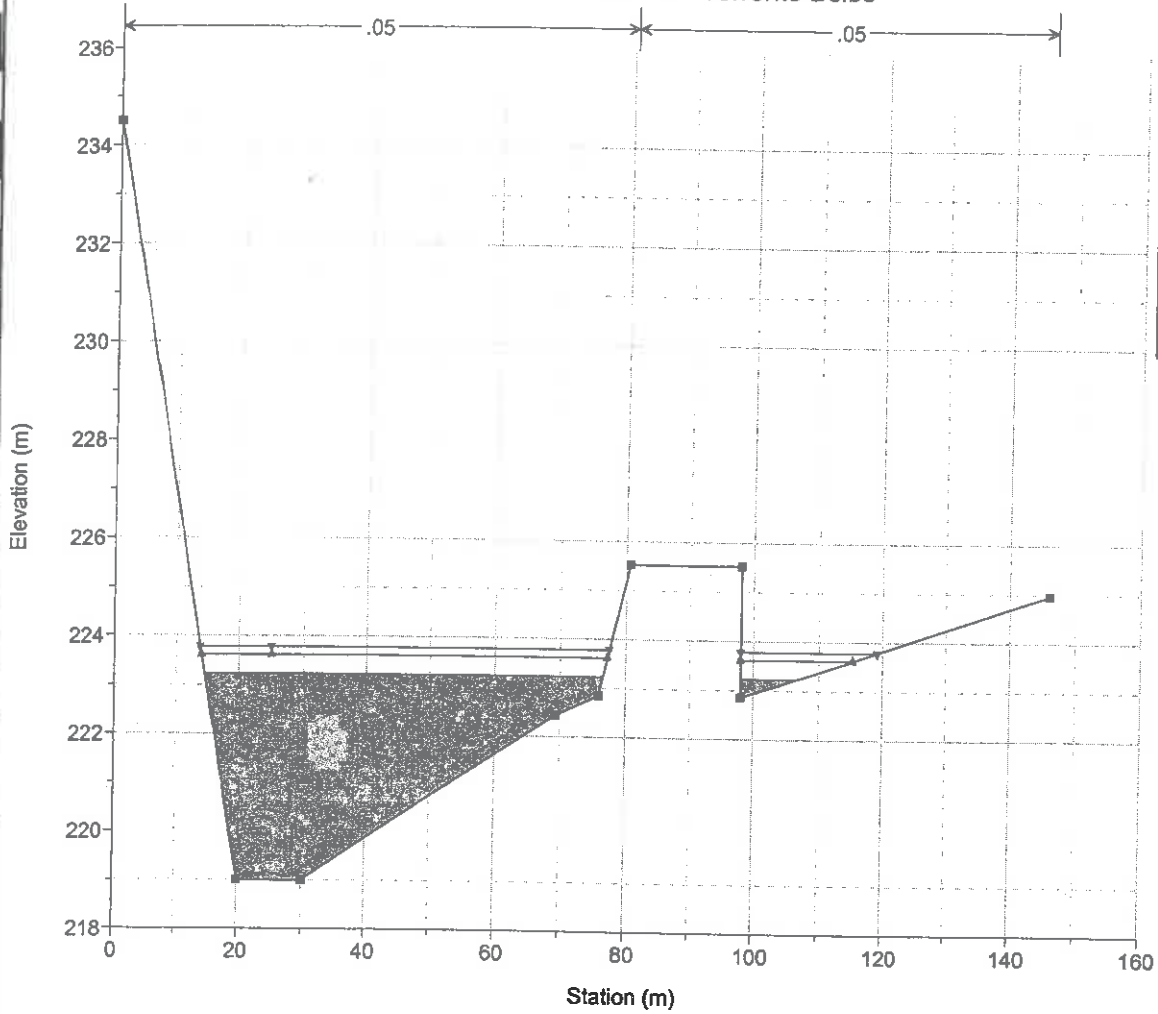
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	—
Bank Sta	■

RS = 22 Torrente Belbo

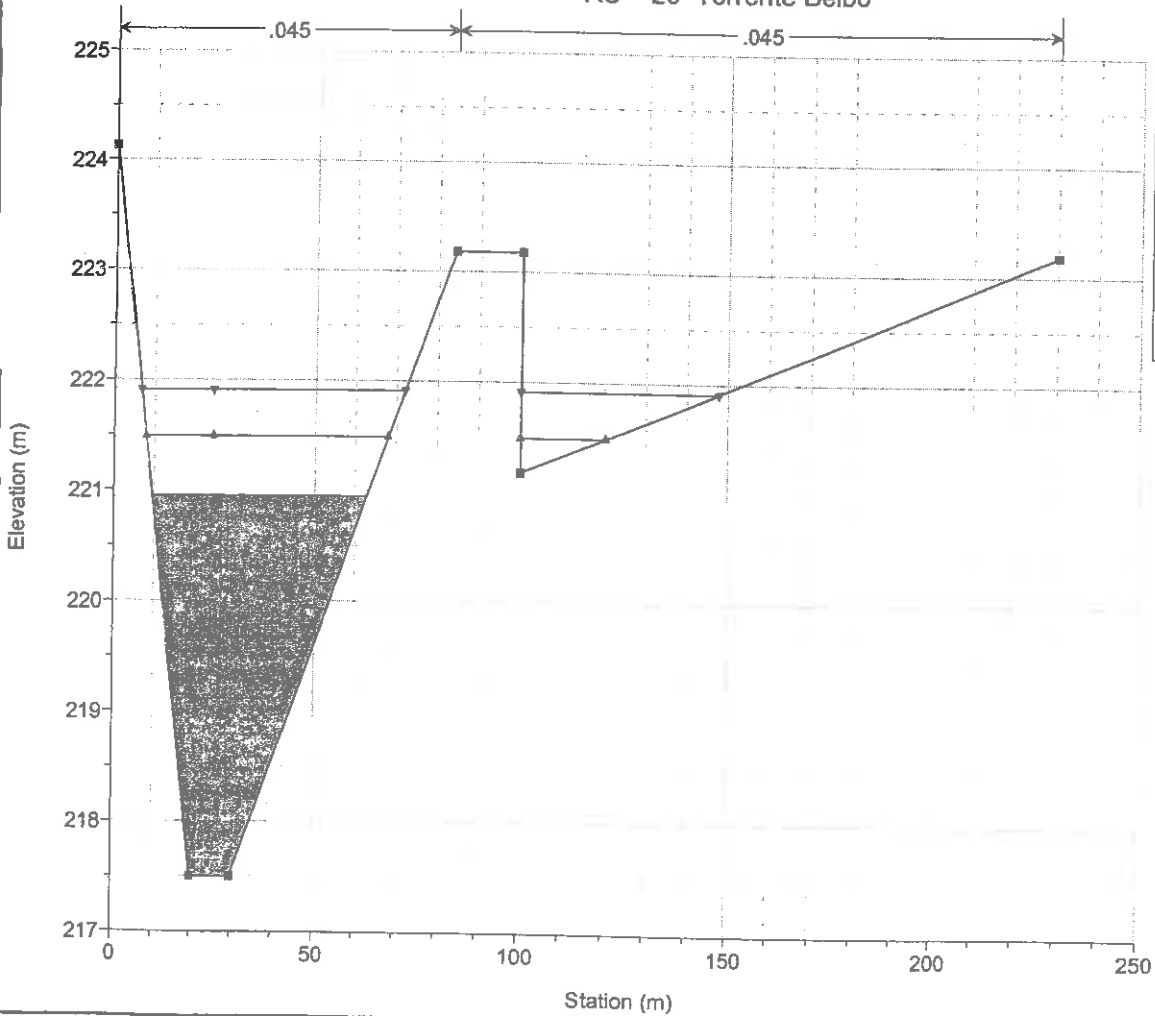


Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	—
Bank Sta	■

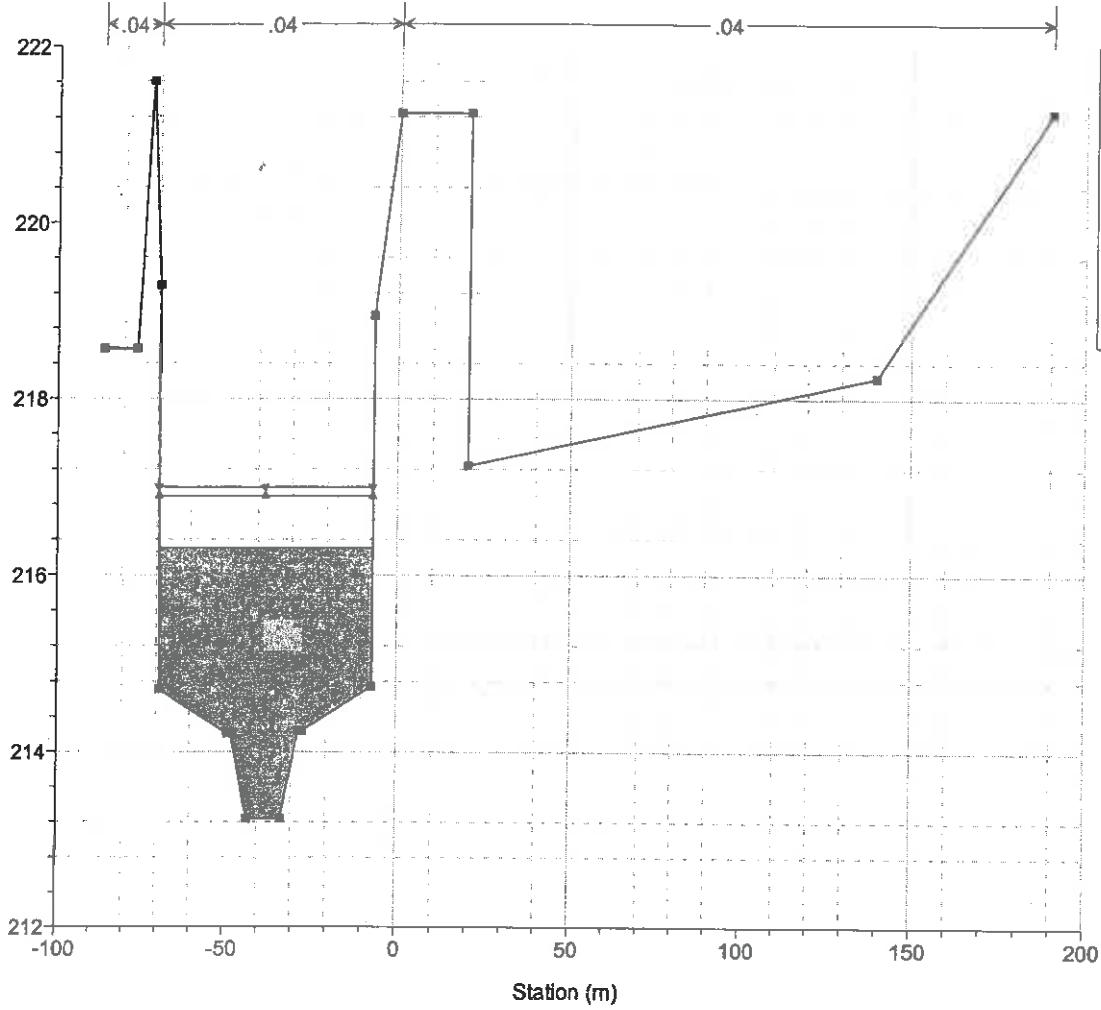
RS = 21 Torrente Belbo



RS = 20 Torrente Belbo

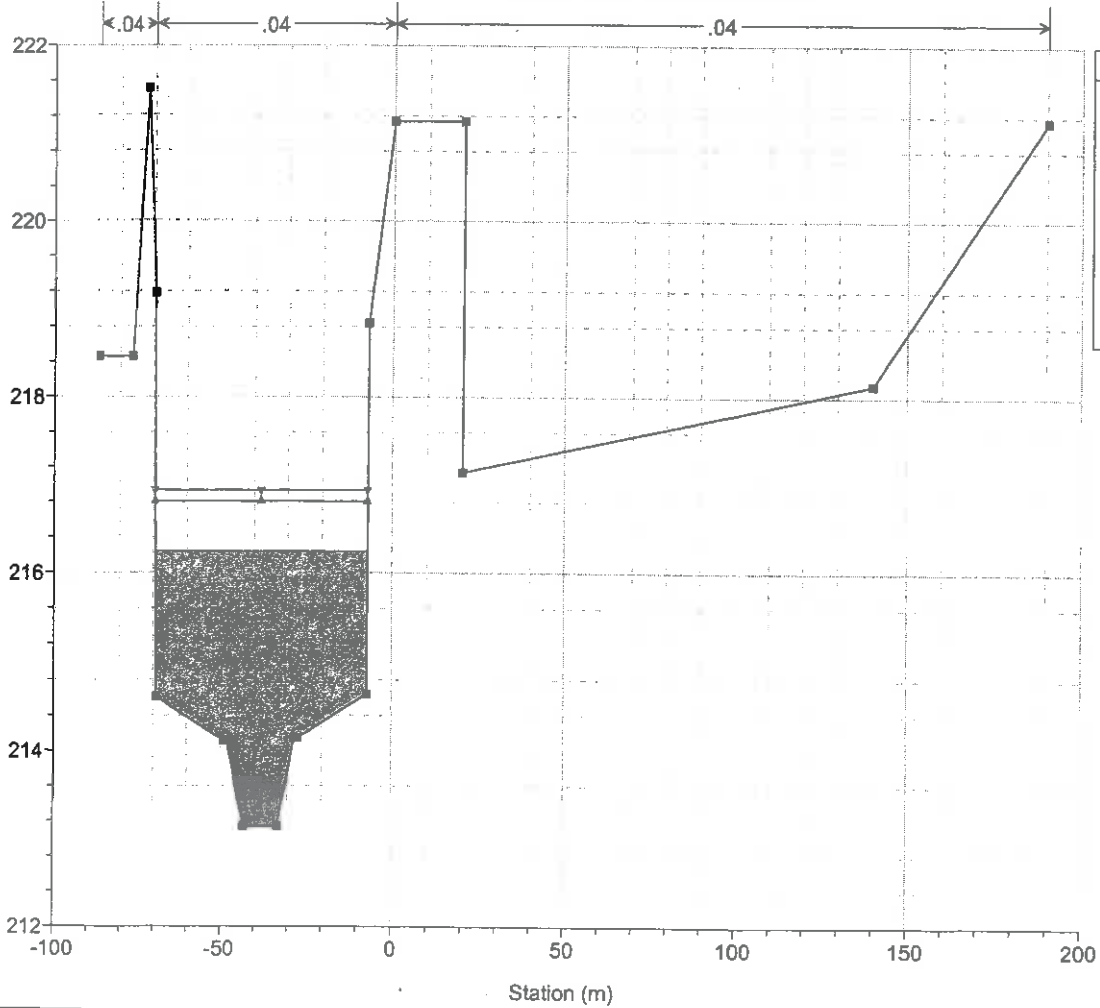


RS = 19.4 Torrente Belbo



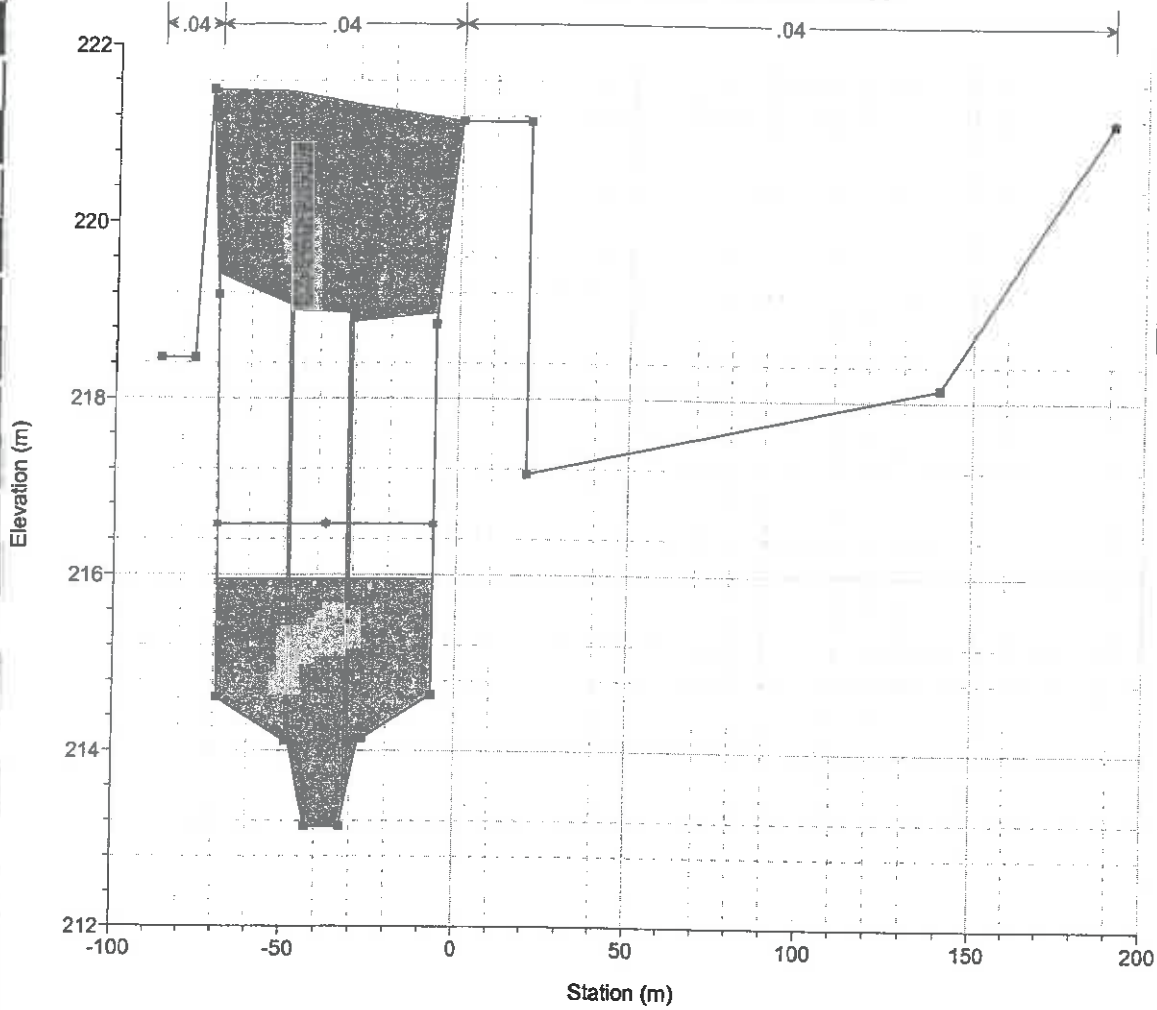
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 19.3 Torrente Belbo



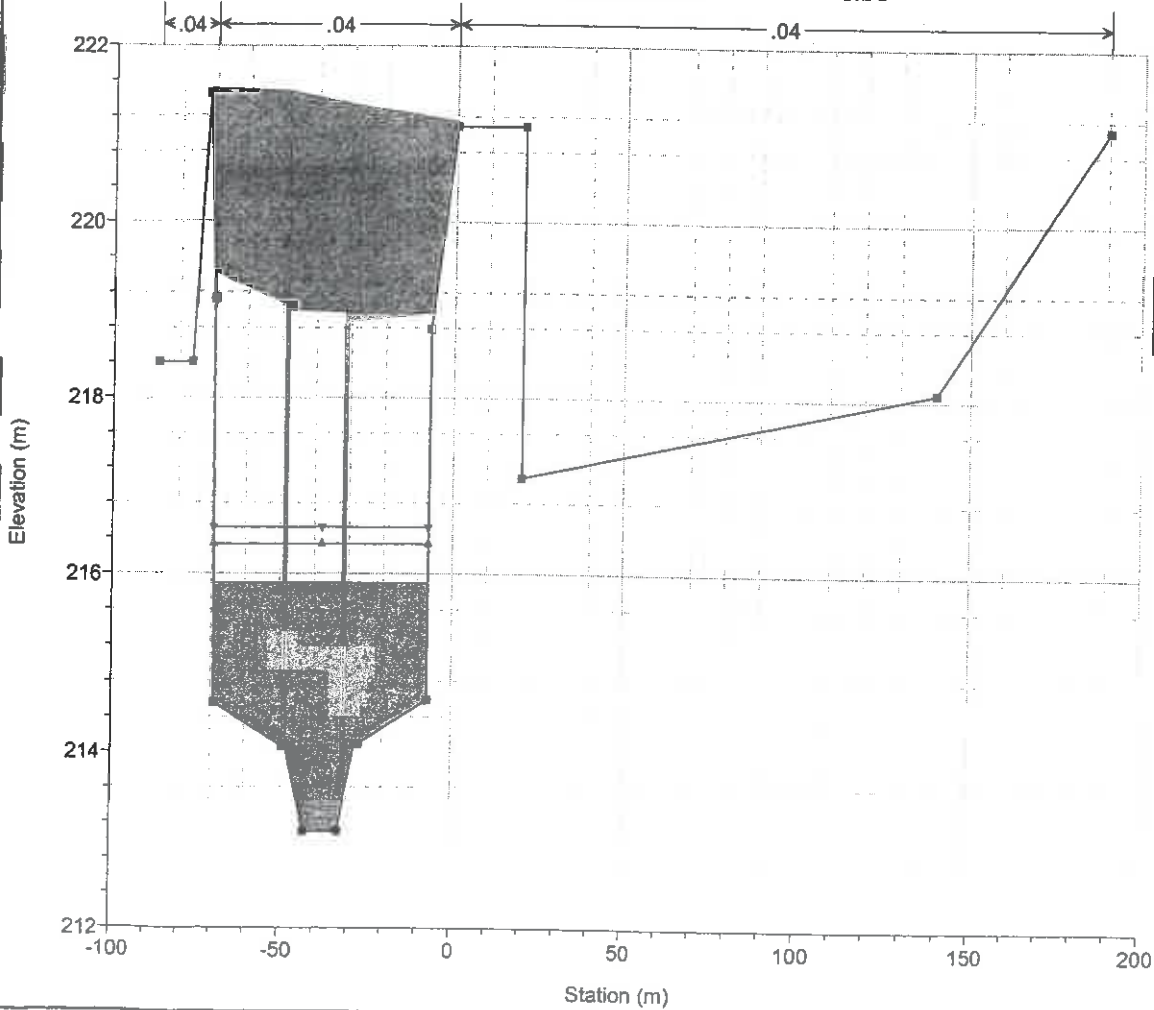
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 19.25 Torrente Belbo



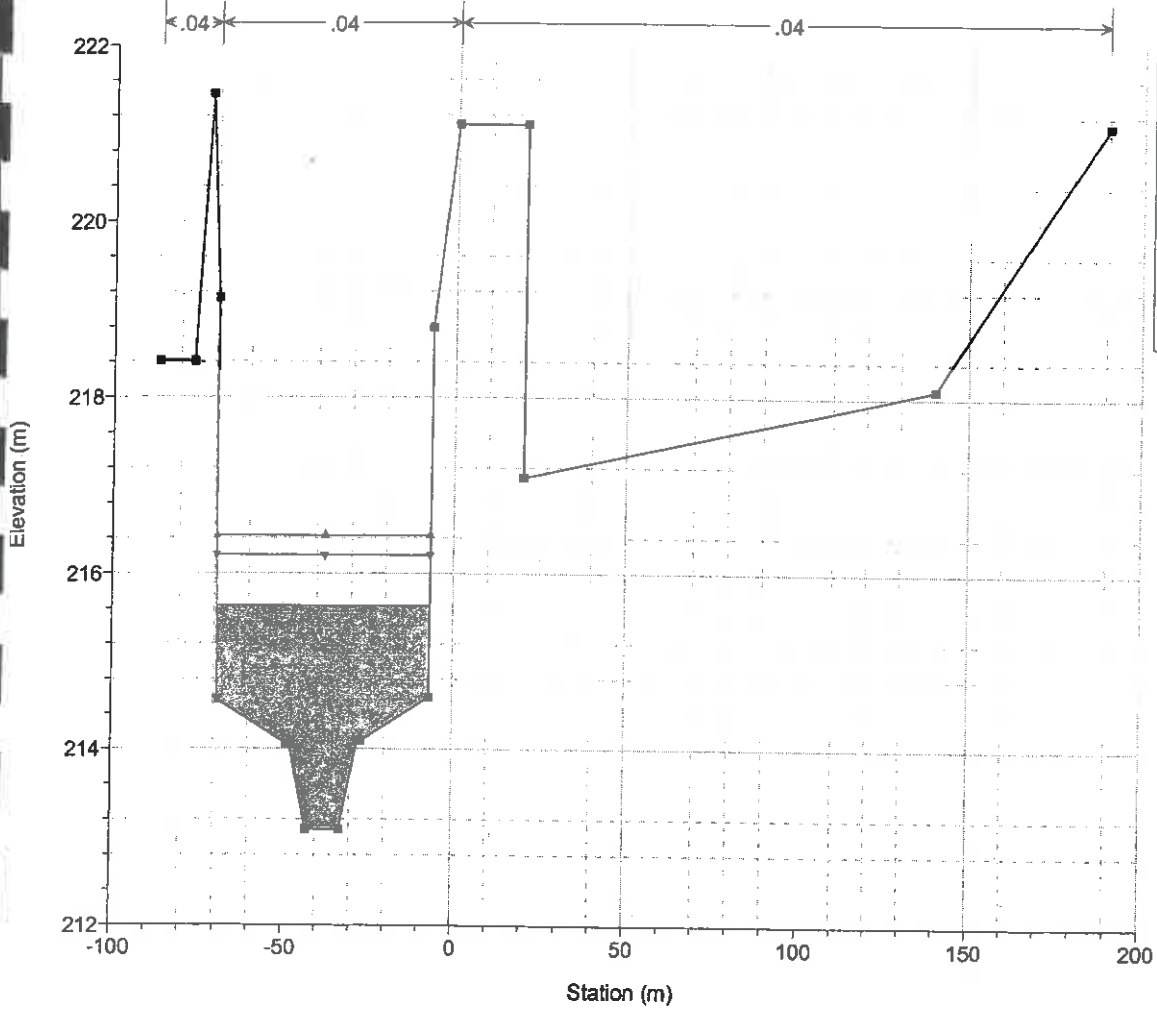
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	—
Ground	—
Bank Sta	—

RS = 19.25 Torrente Belbo



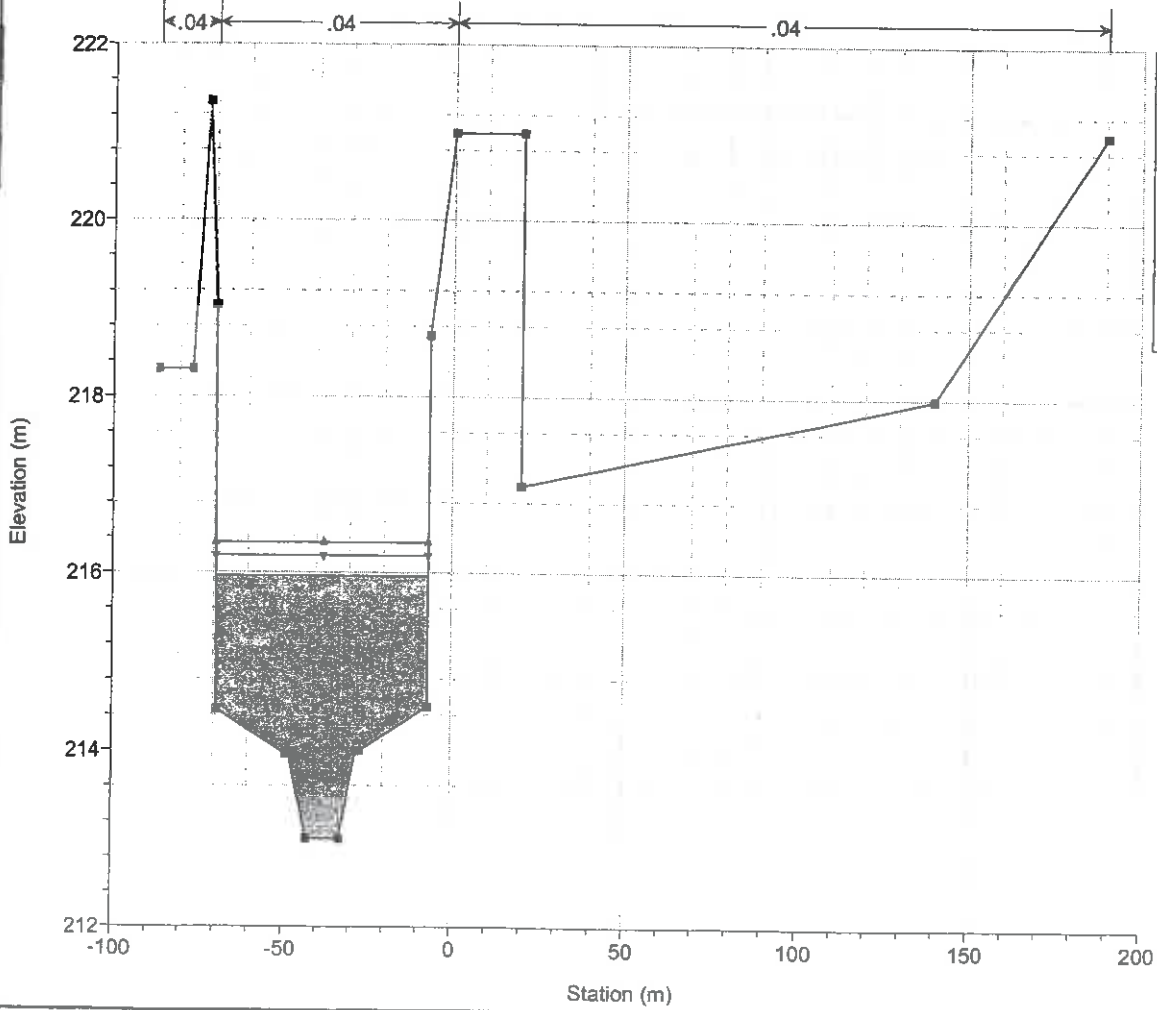
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	—
Ground	—
Bank Sta	—

RS = 19.2 Torrente Belbo



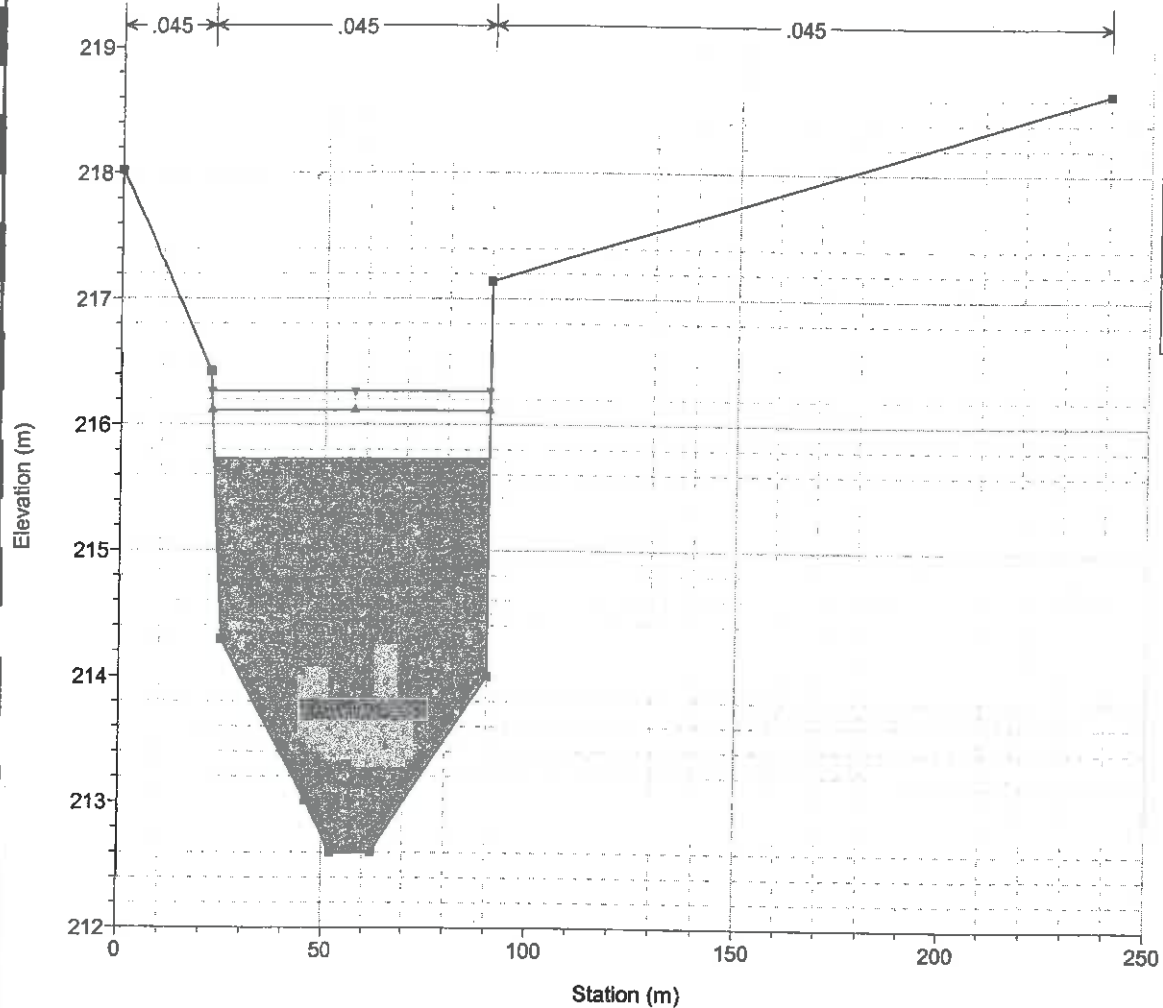
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog500	▼
WS PF 1 - Coss_prog50	■
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 19.1 Torrente Belbo

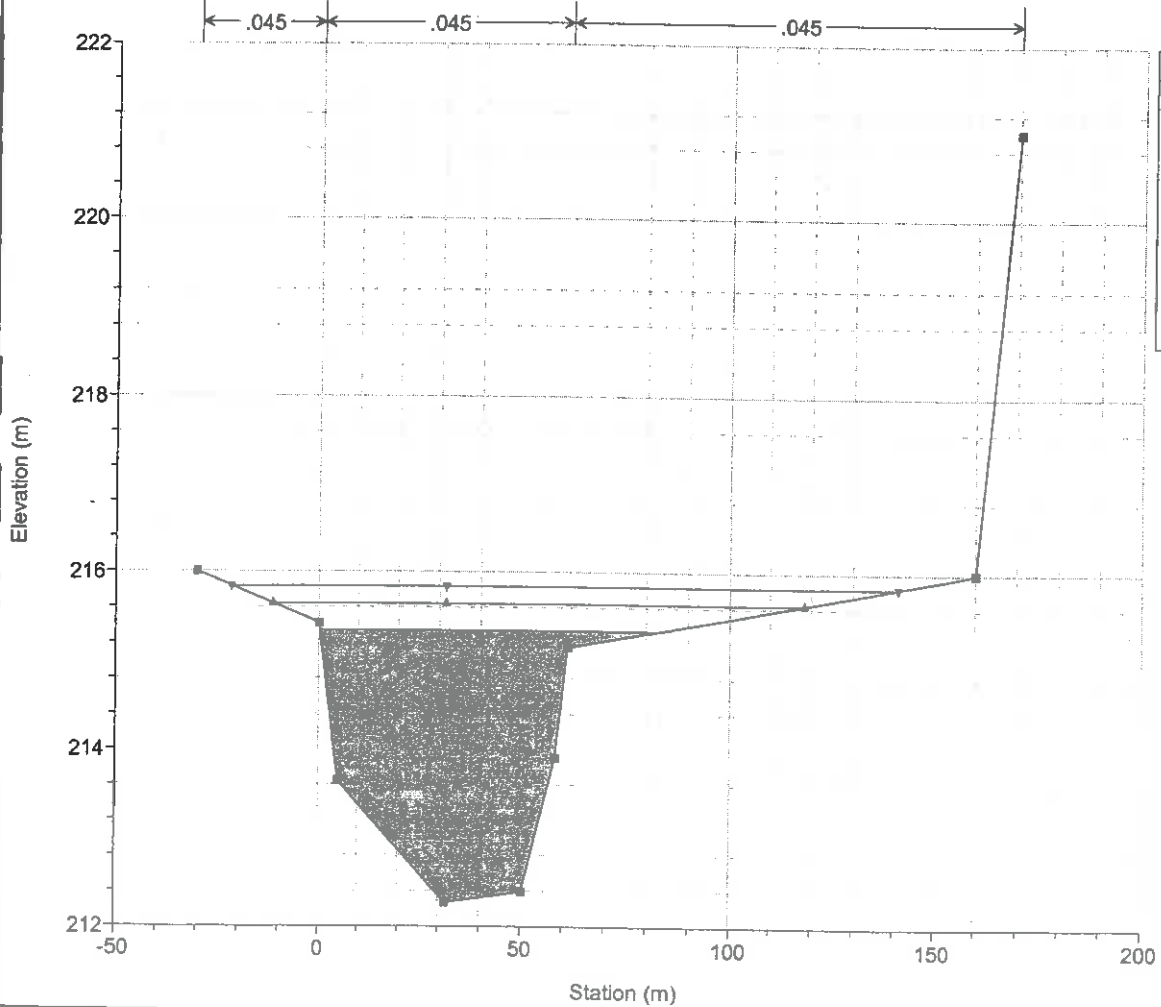


Legend	
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog500	▼
WS PF 1 - Coss_prog50	■
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	■

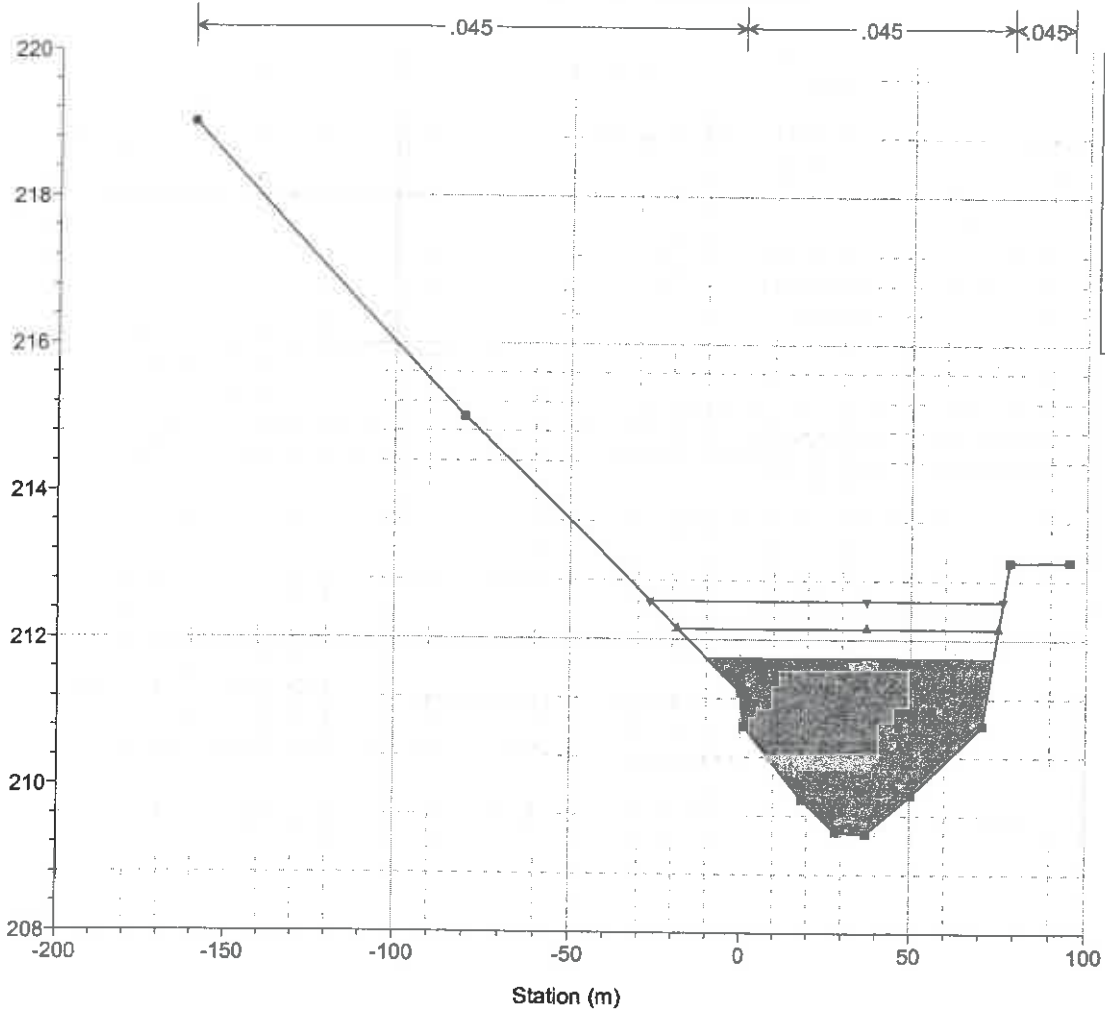
RS = 18 Torrente Belbo



RS = 17 Torrente Belbo

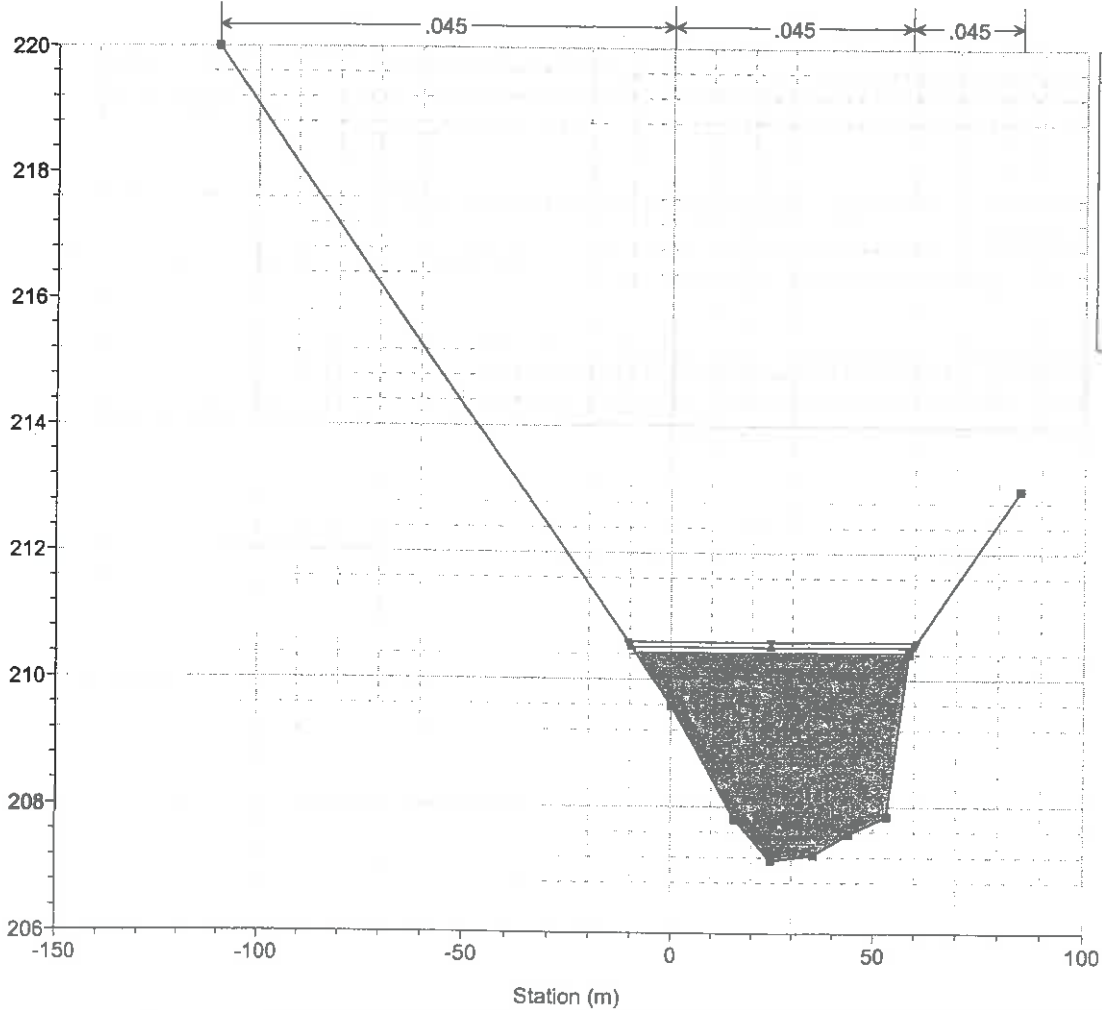


RS = 16 Torrente Belbo



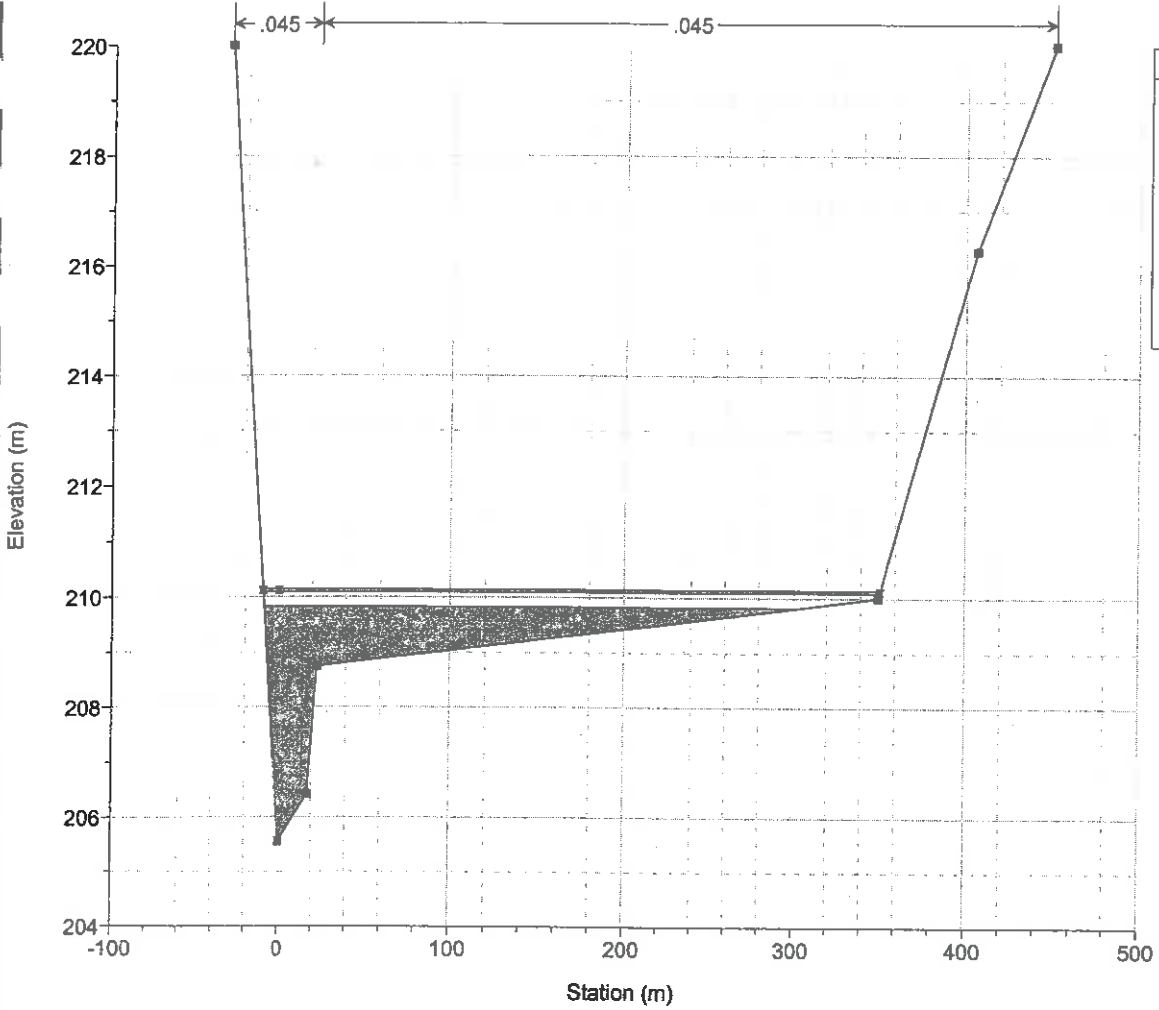
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 15 Torrente Belbo

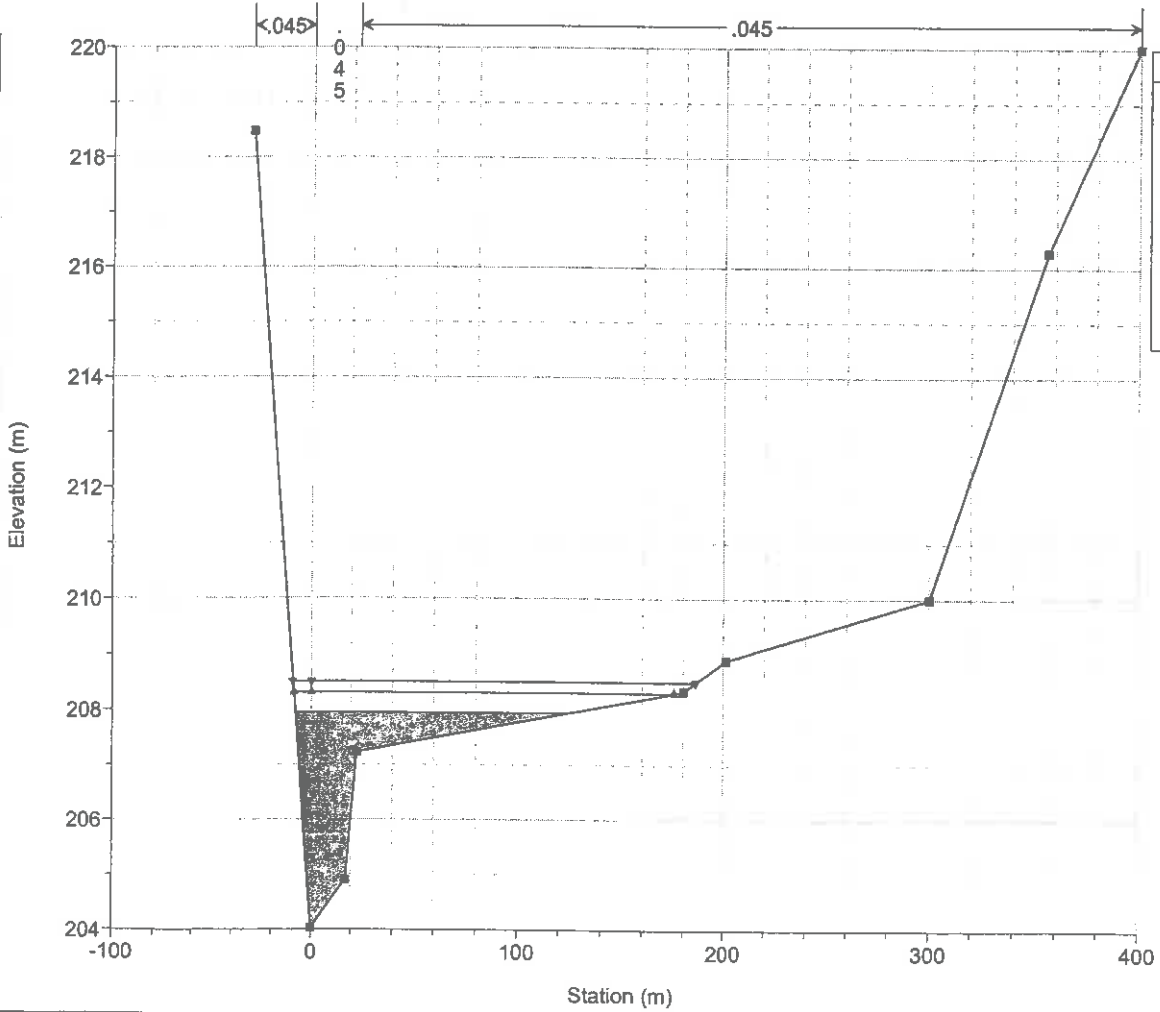


Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	■

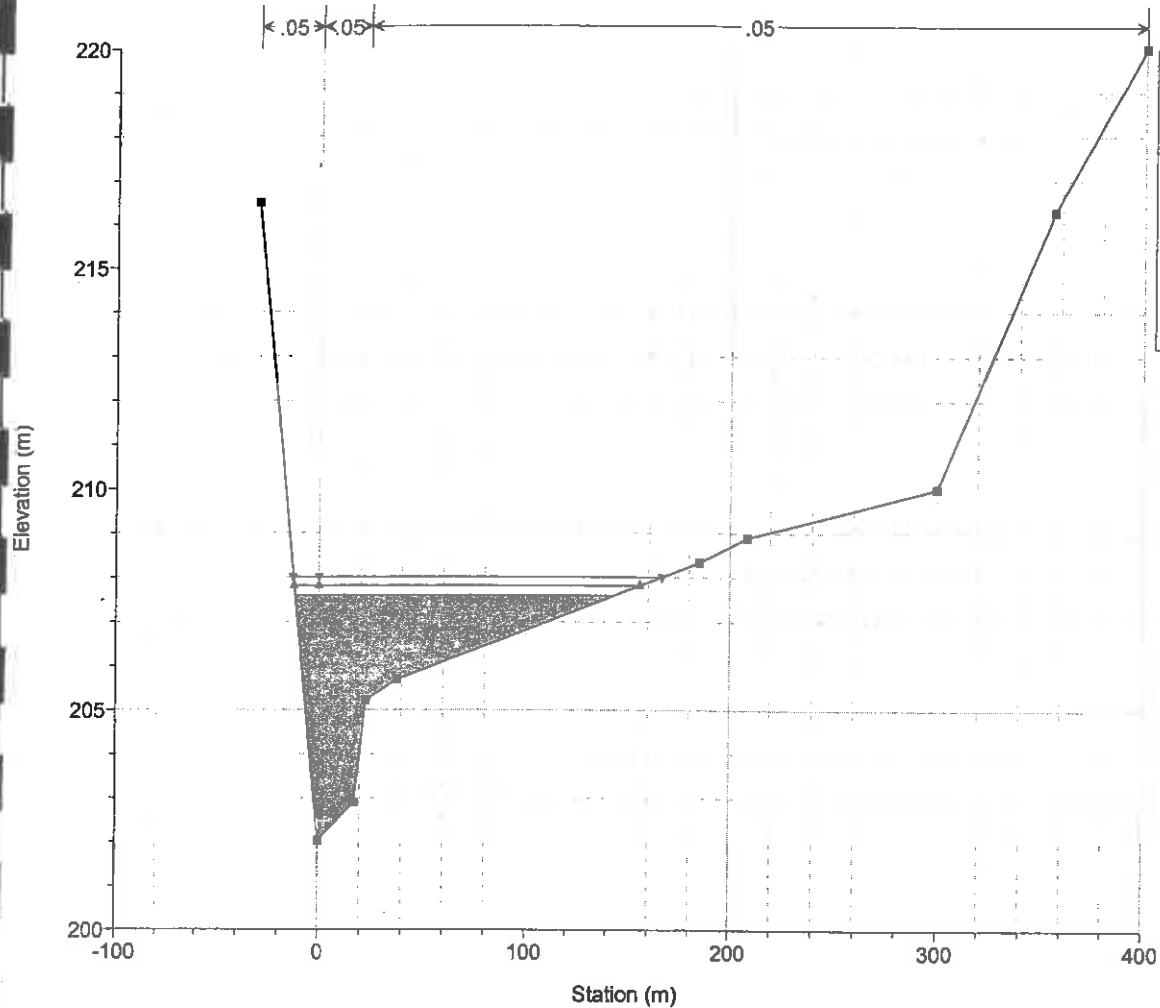
RS = 14 Torrente Belbo



RS = 13 Torrente Belbo

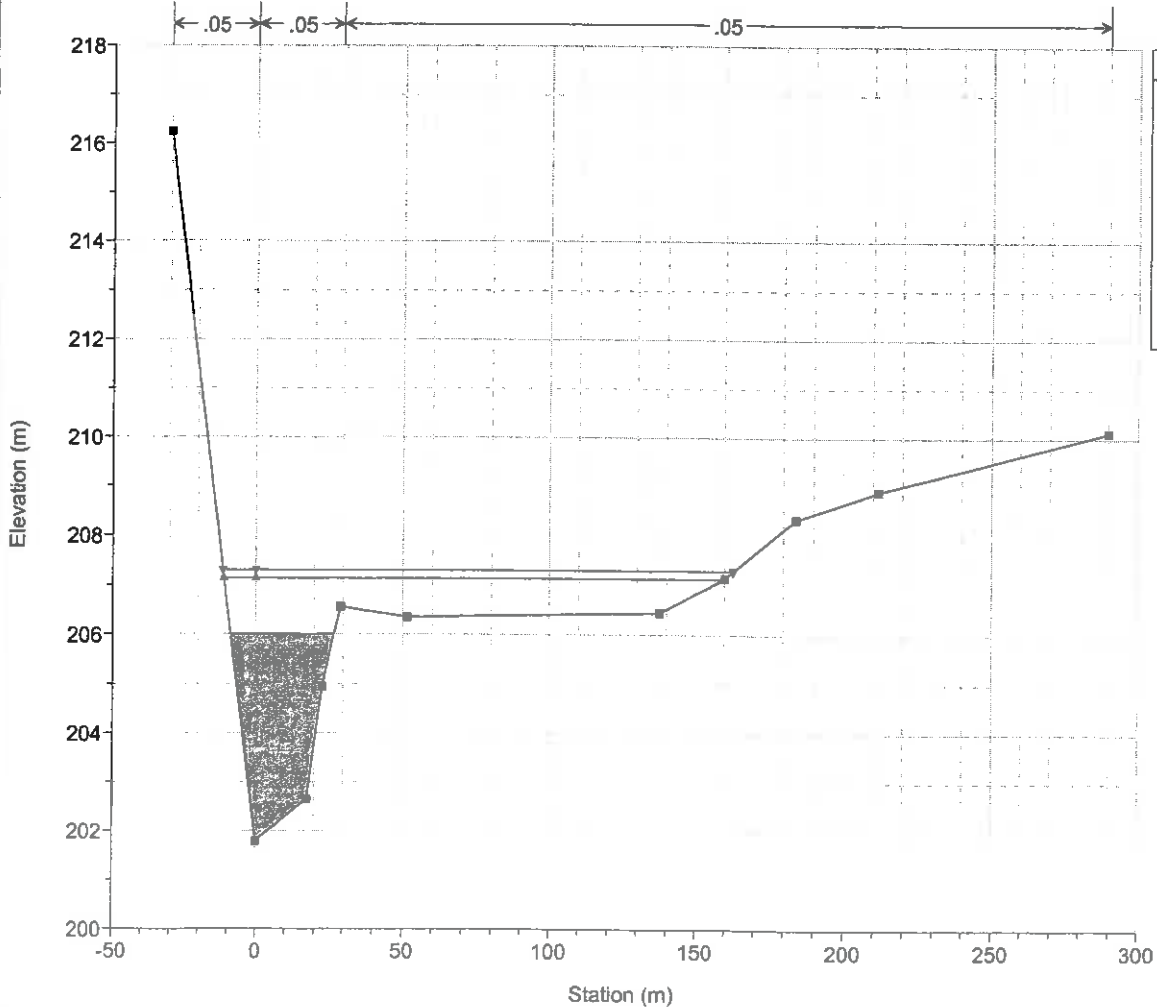


RS = 12 Torrente Belbo



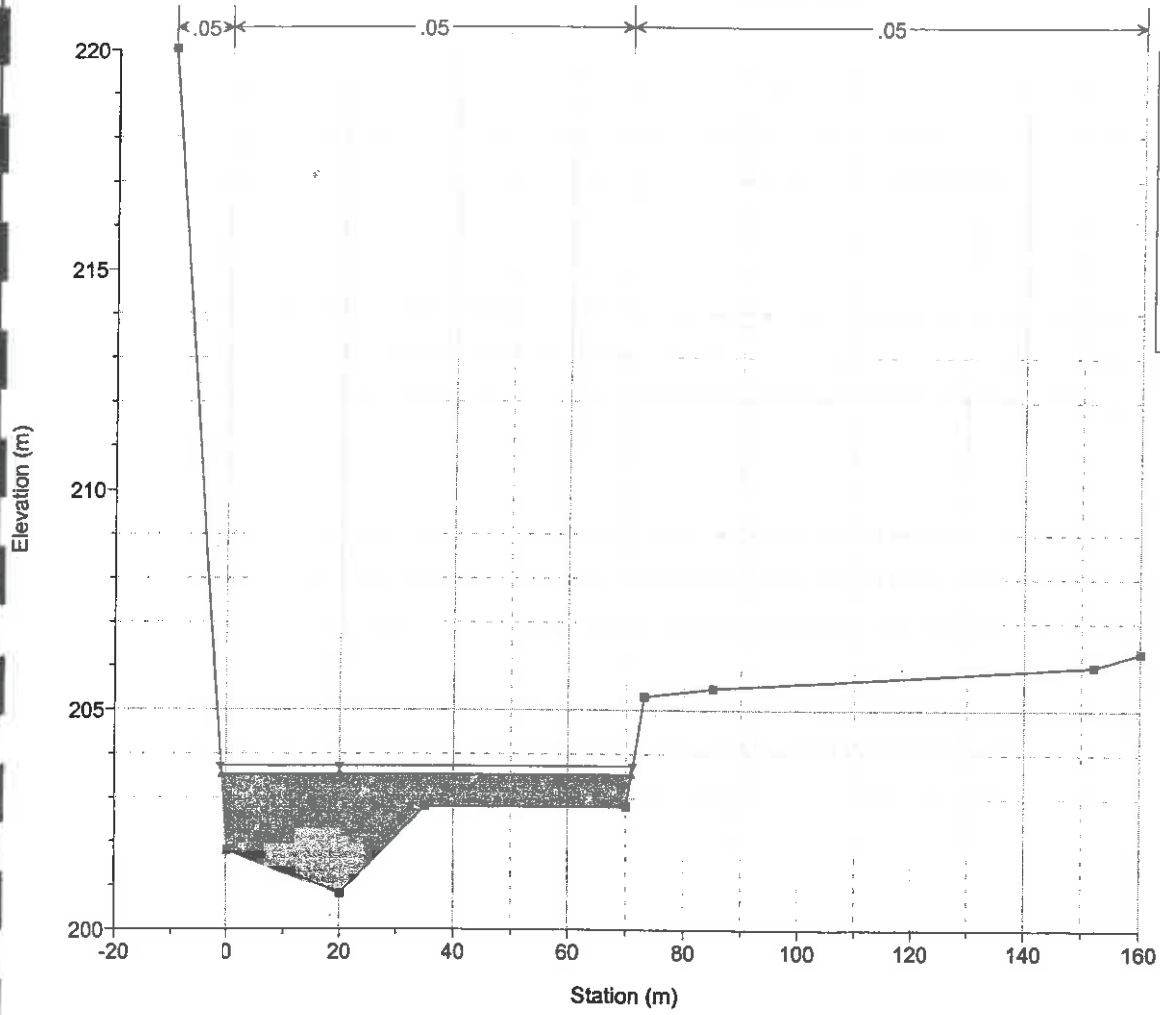
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	—

RS = 11 Torrente Belbo

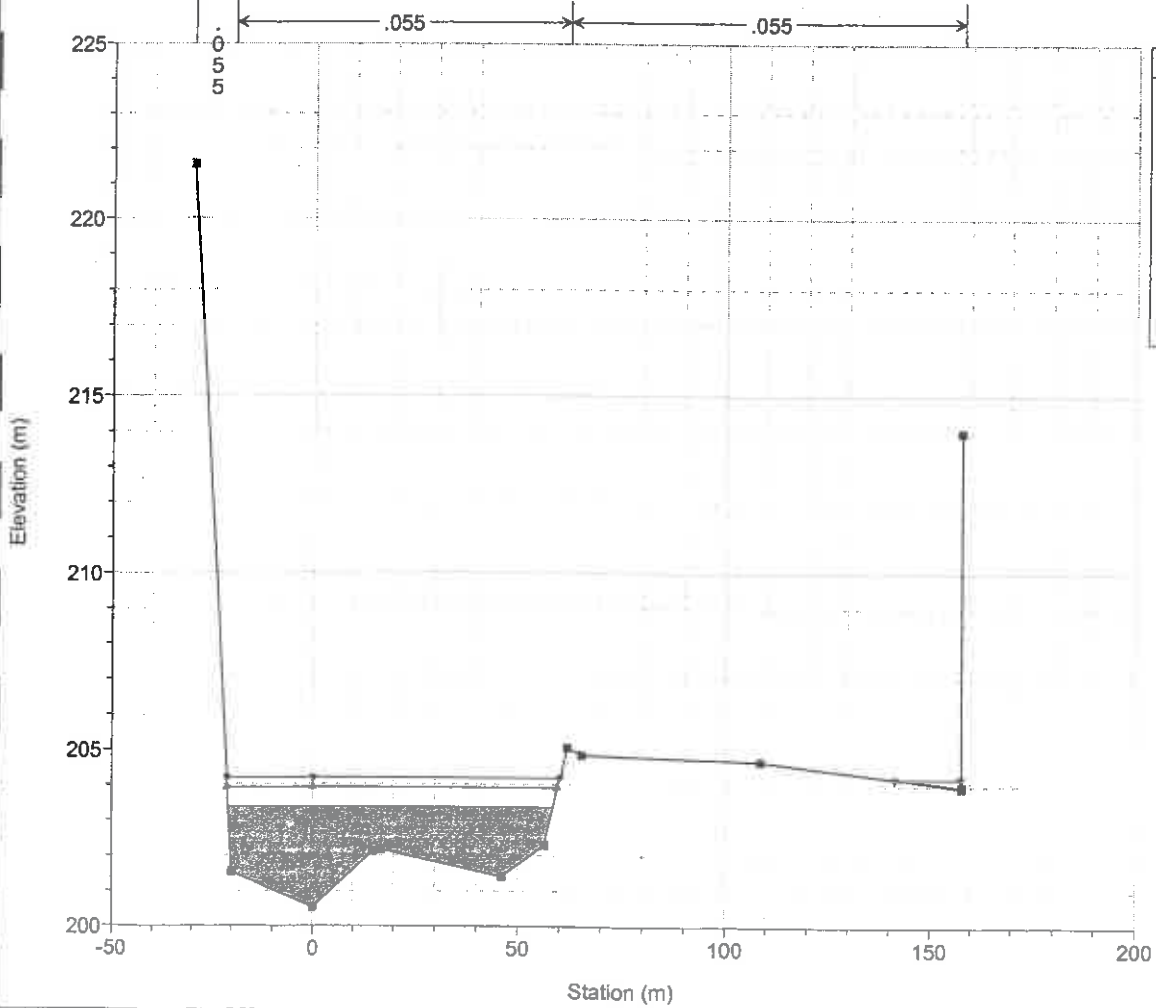


Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	—

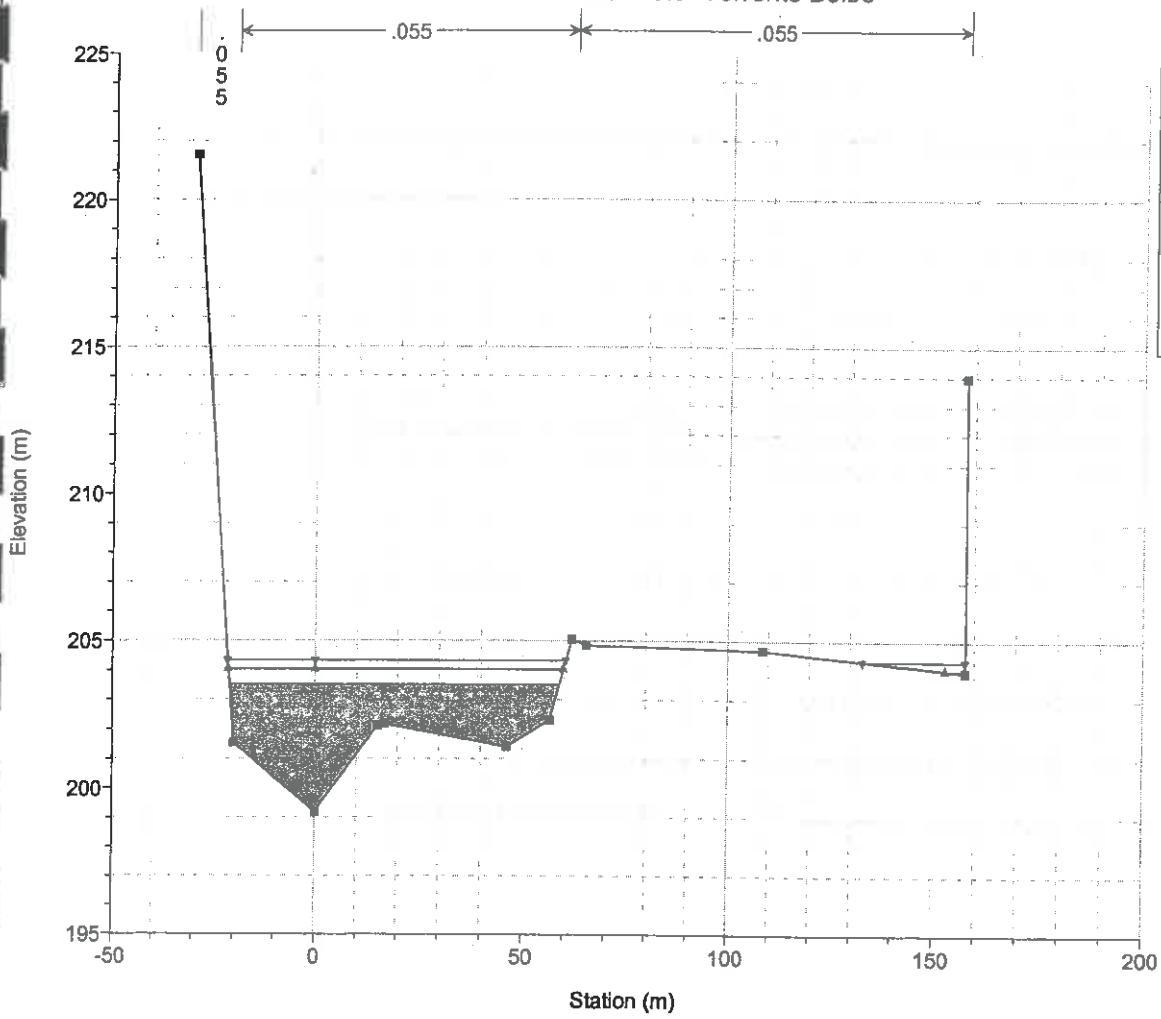
RS = 10 Torrente Belbo



RS = 9 Torrente Belbo

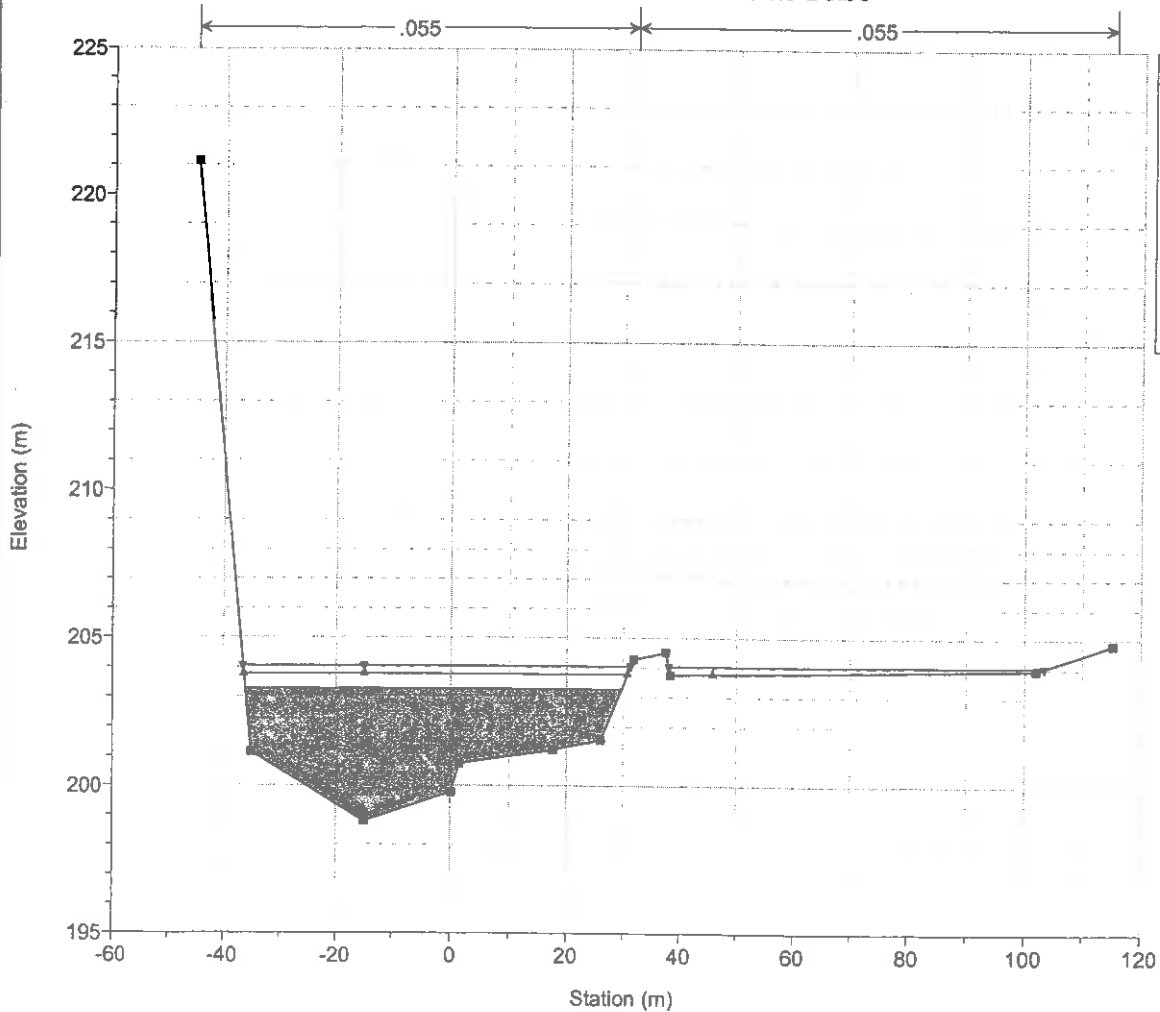


RS = 6.9 Torrente Belbo



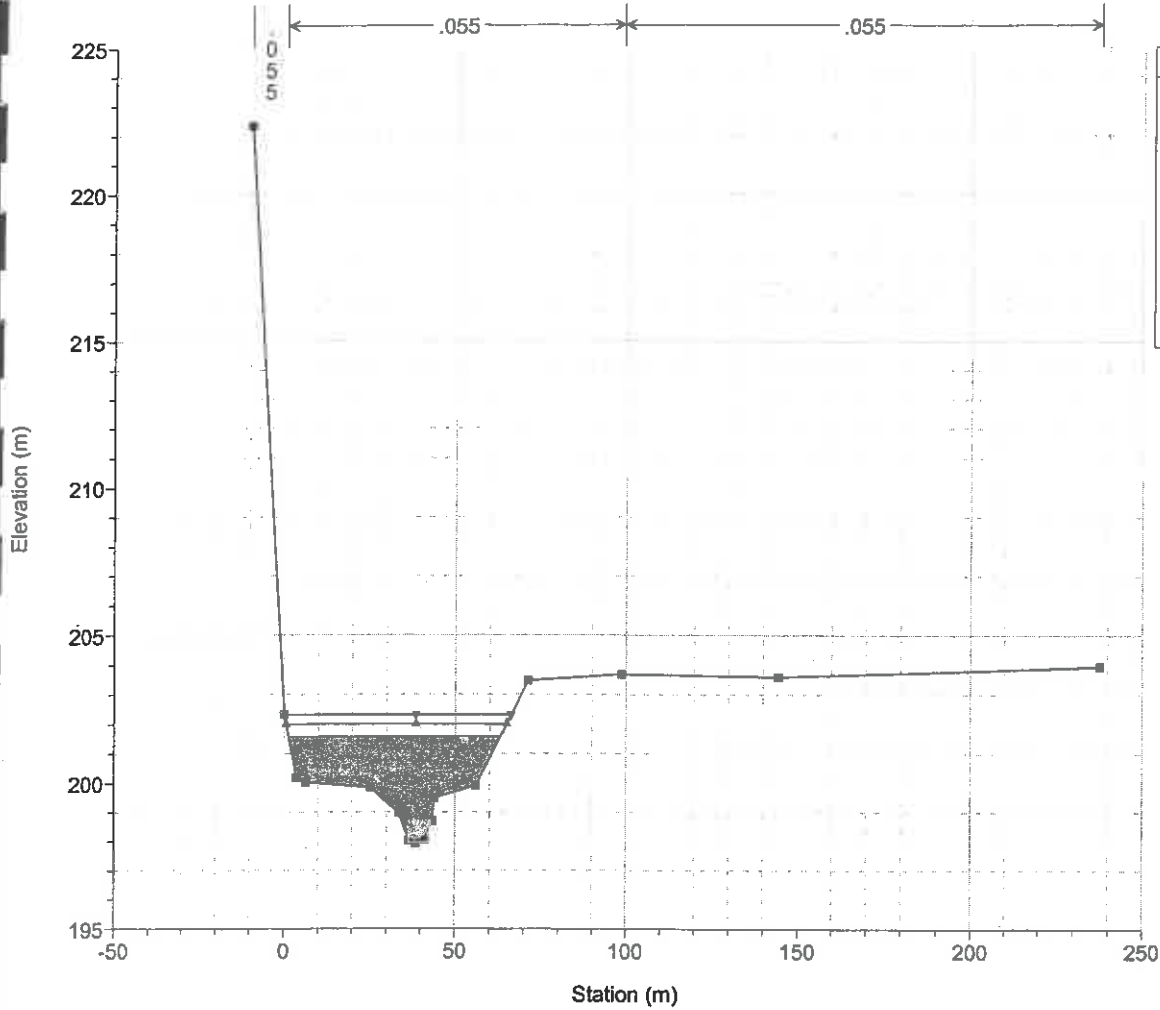
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	▲

RS = 6.8 Torrente Belbo



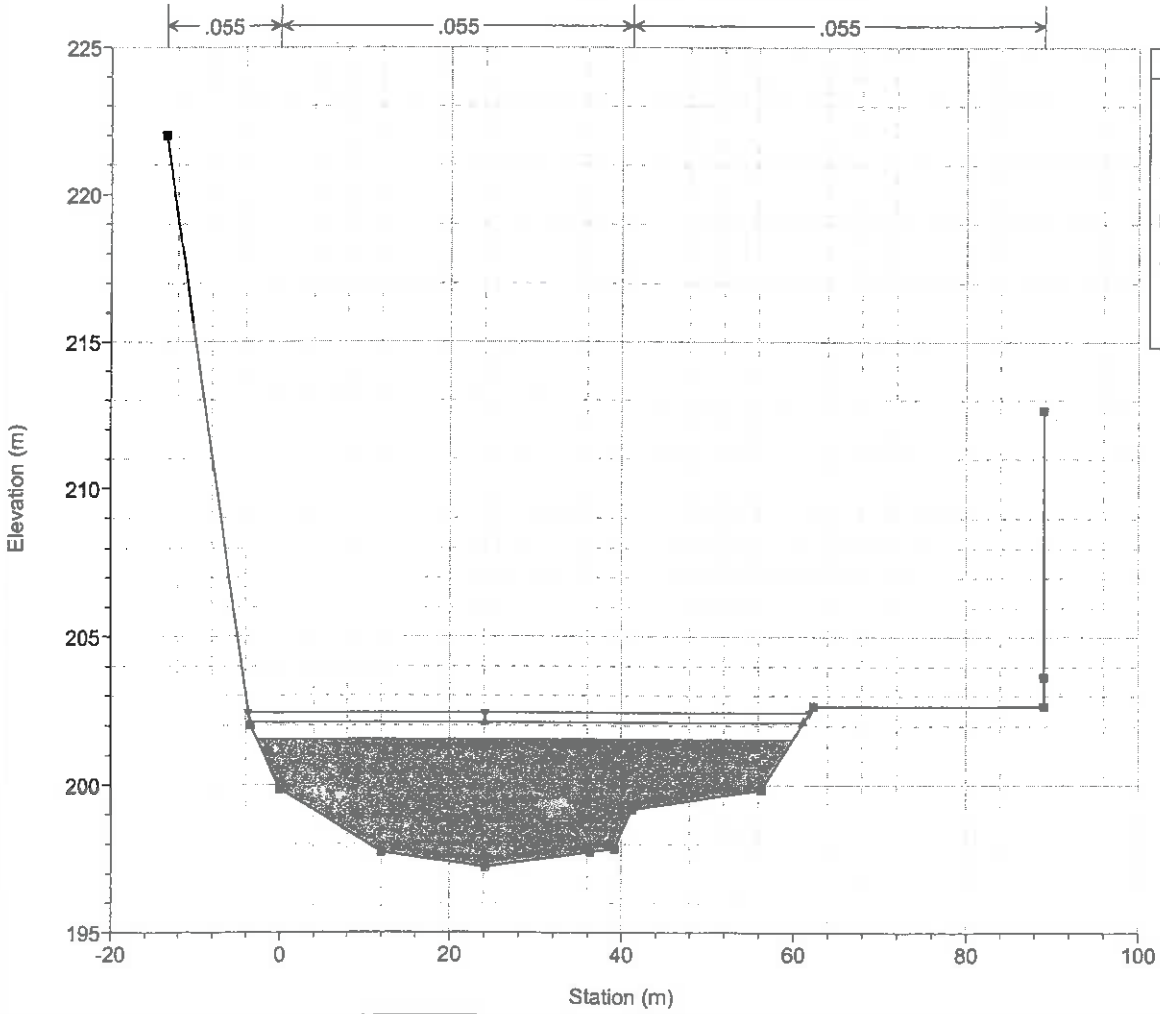
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	▲

RS = 6.7 Torrente Belbo

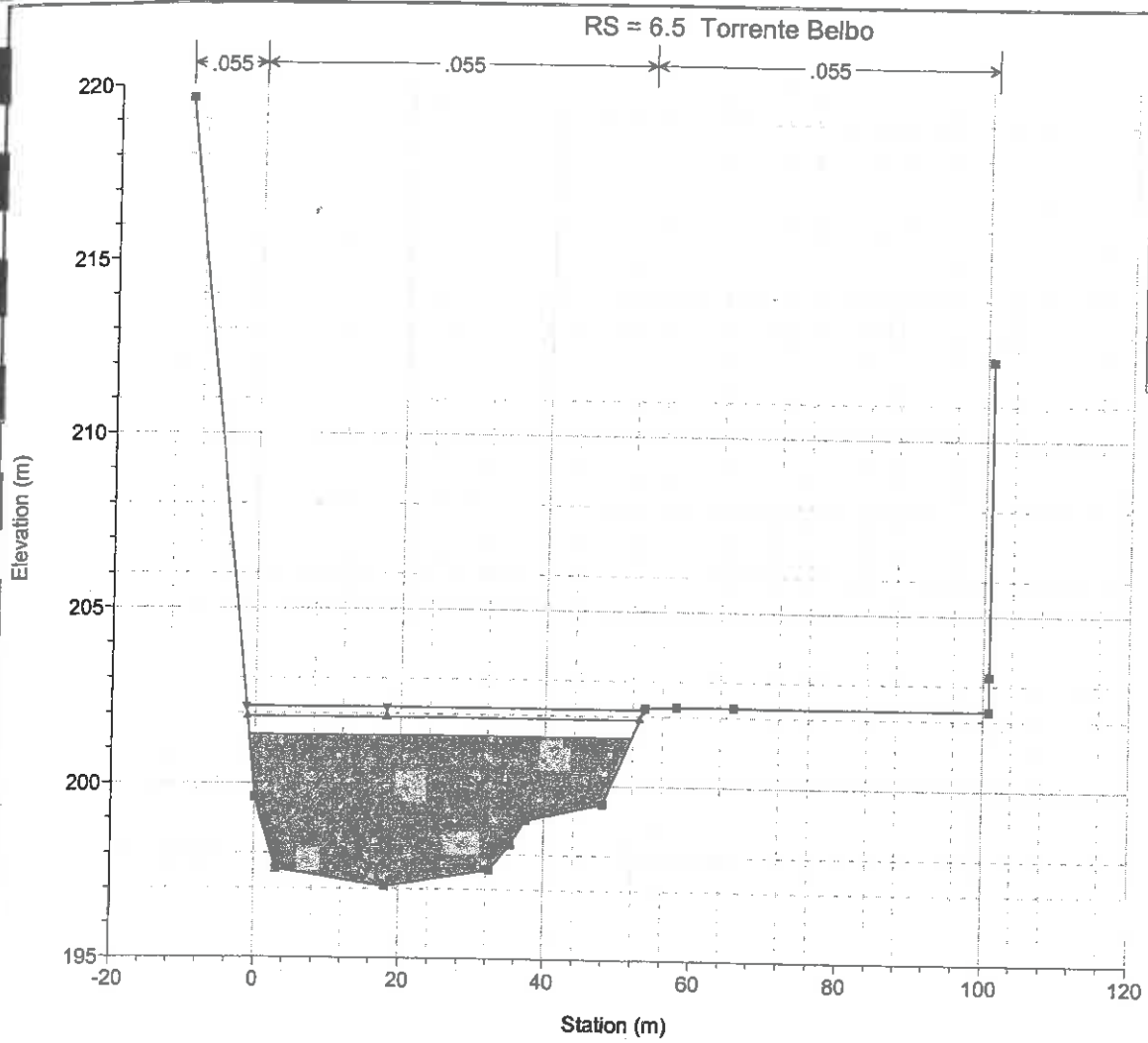


Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	—
Ground	■
Bank Sta	—

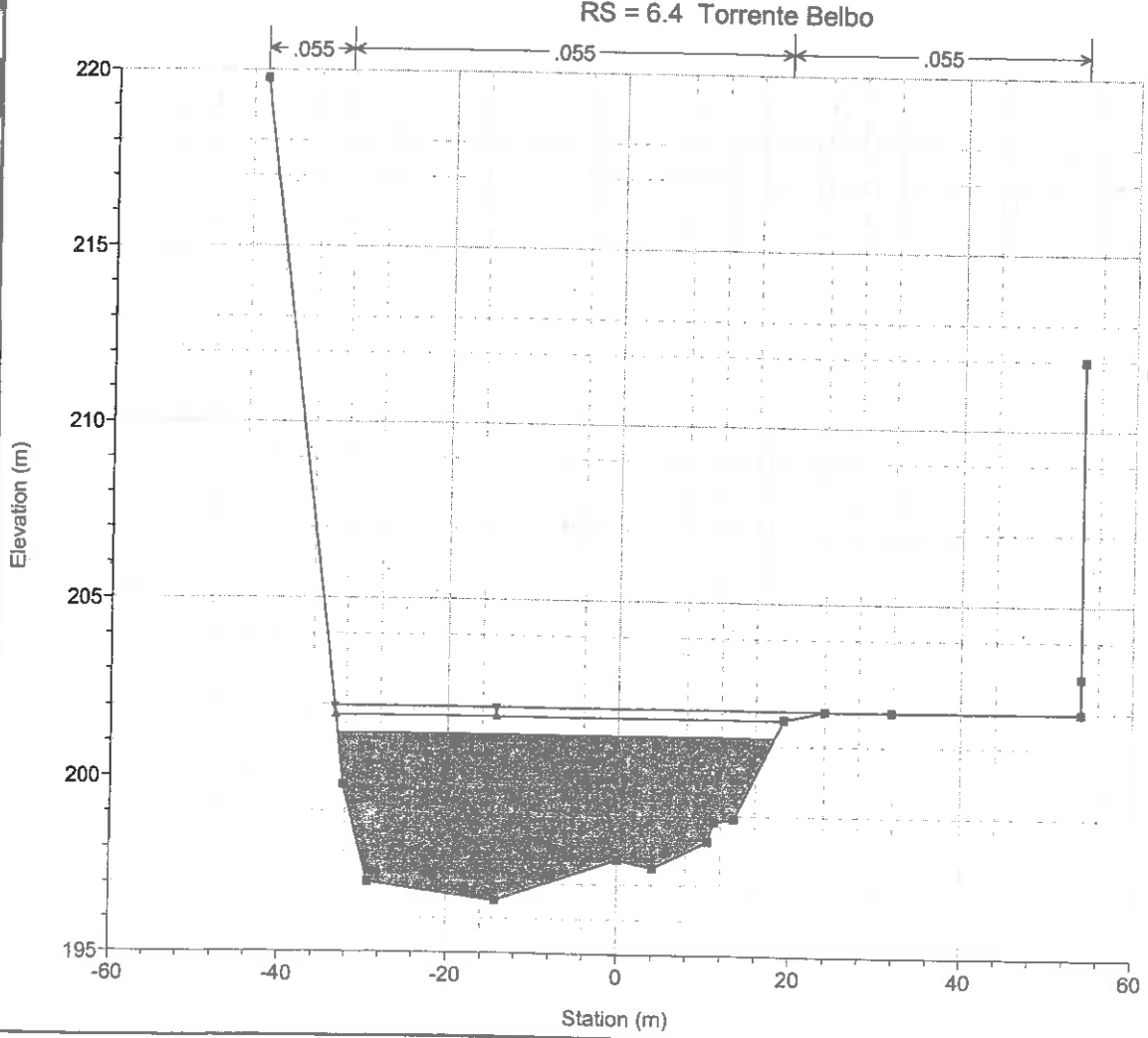
RS = 6.6 Torrente Belbo



Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	—
Ground	■
Bank Sta	—

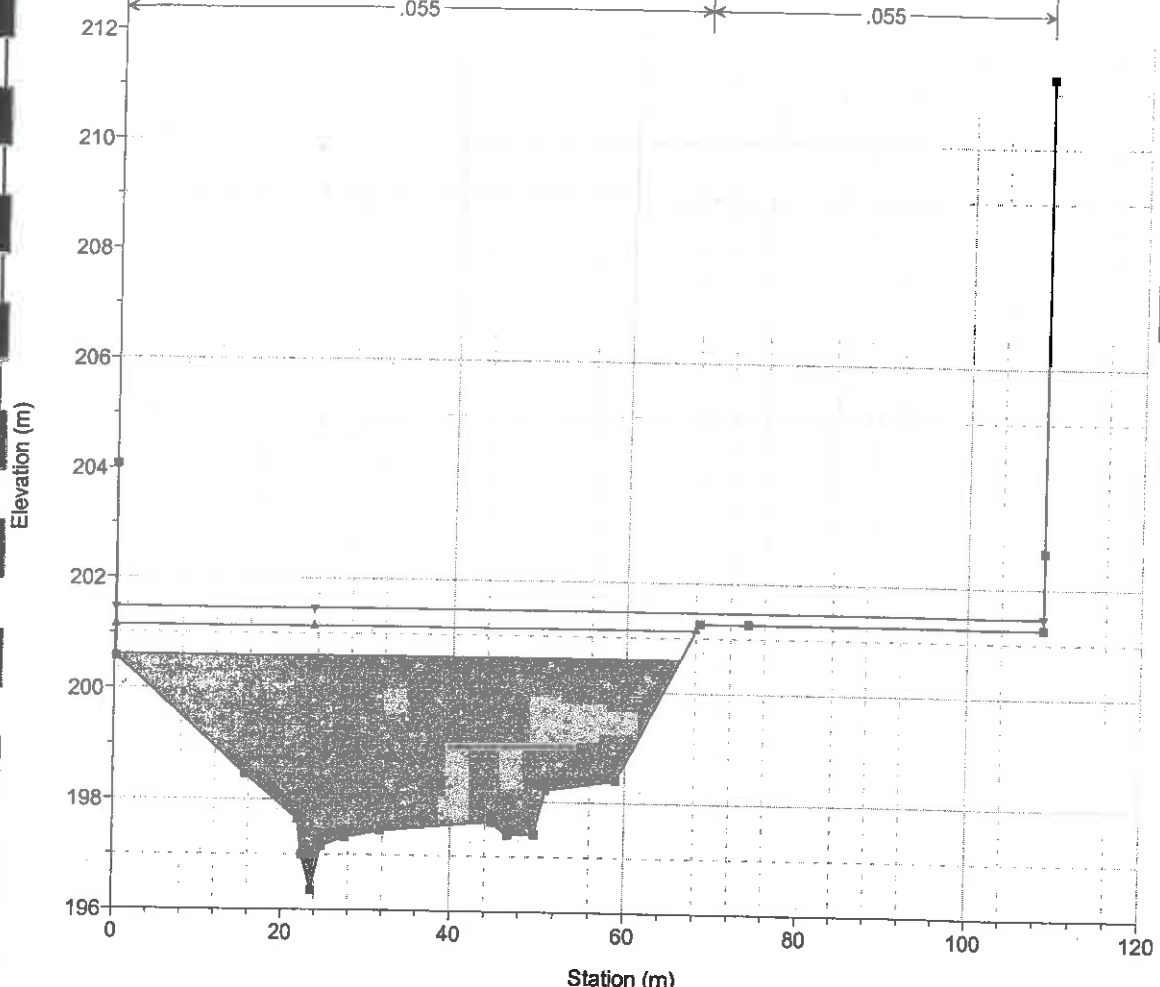


Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▬
Ground	■
Bank Sta	■



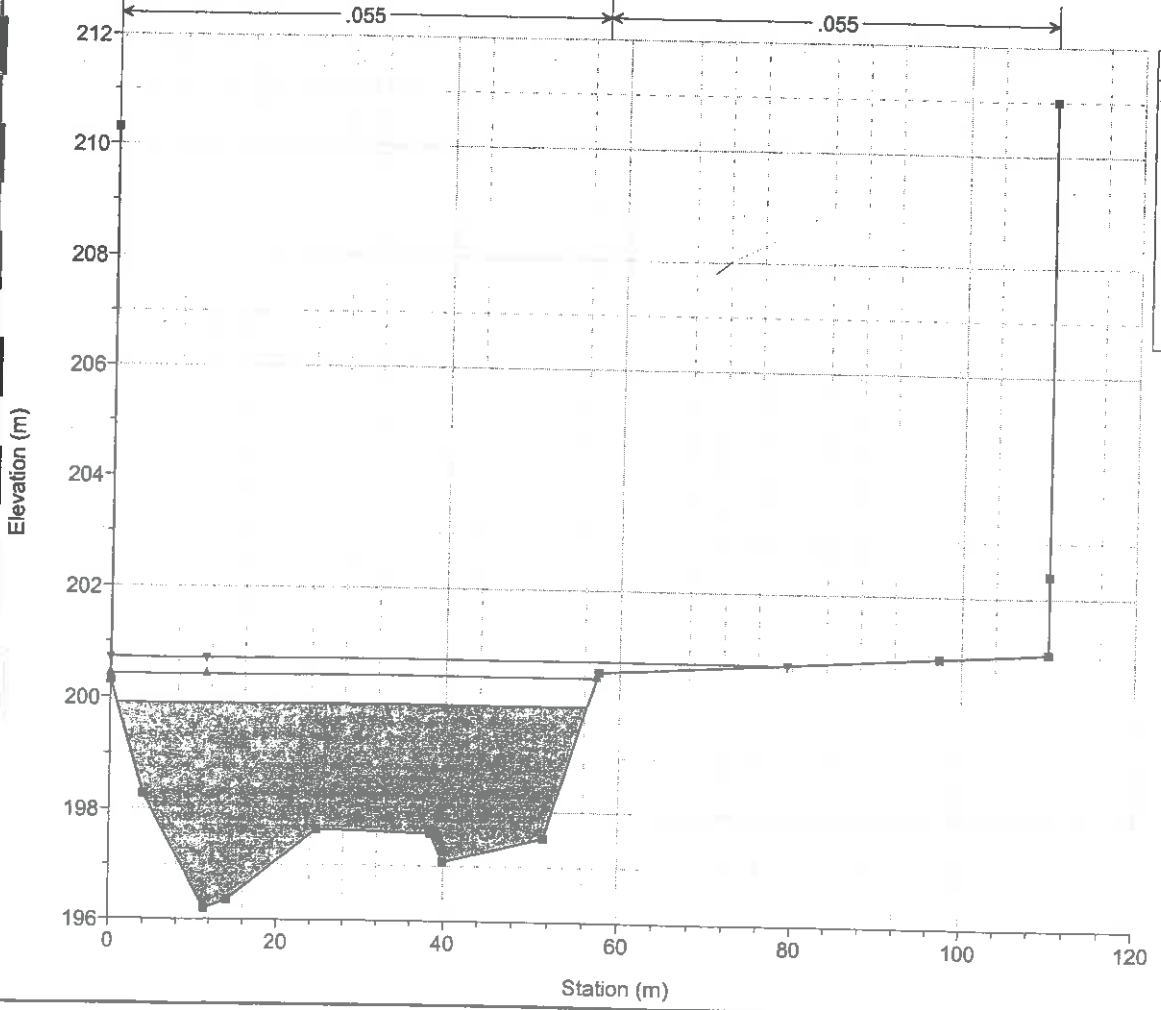
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▬
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 6.3 Torrente Belbo



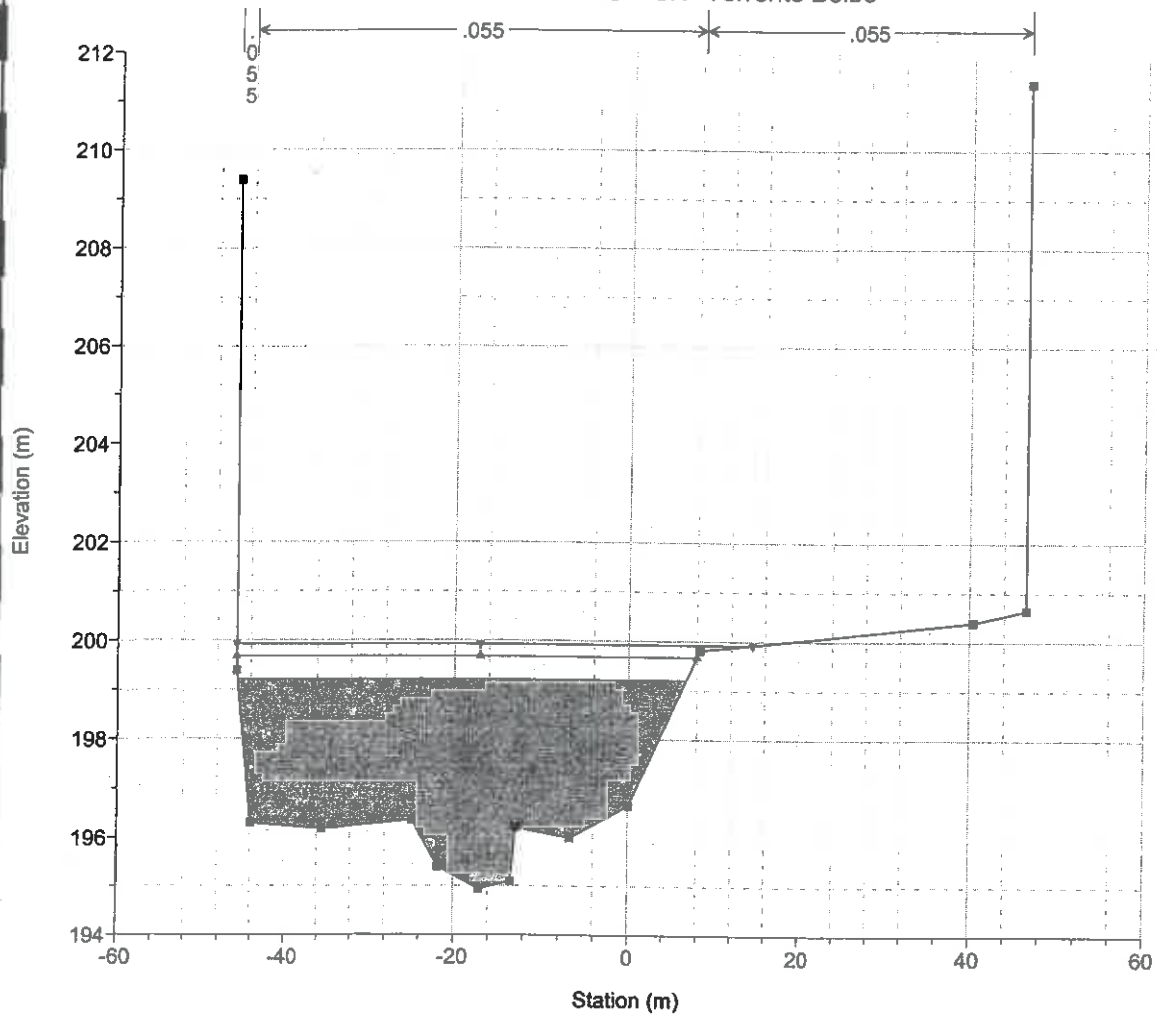
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	—
Ground	■
Bank Sta	—

RS = 6.2 Torrente Belbo



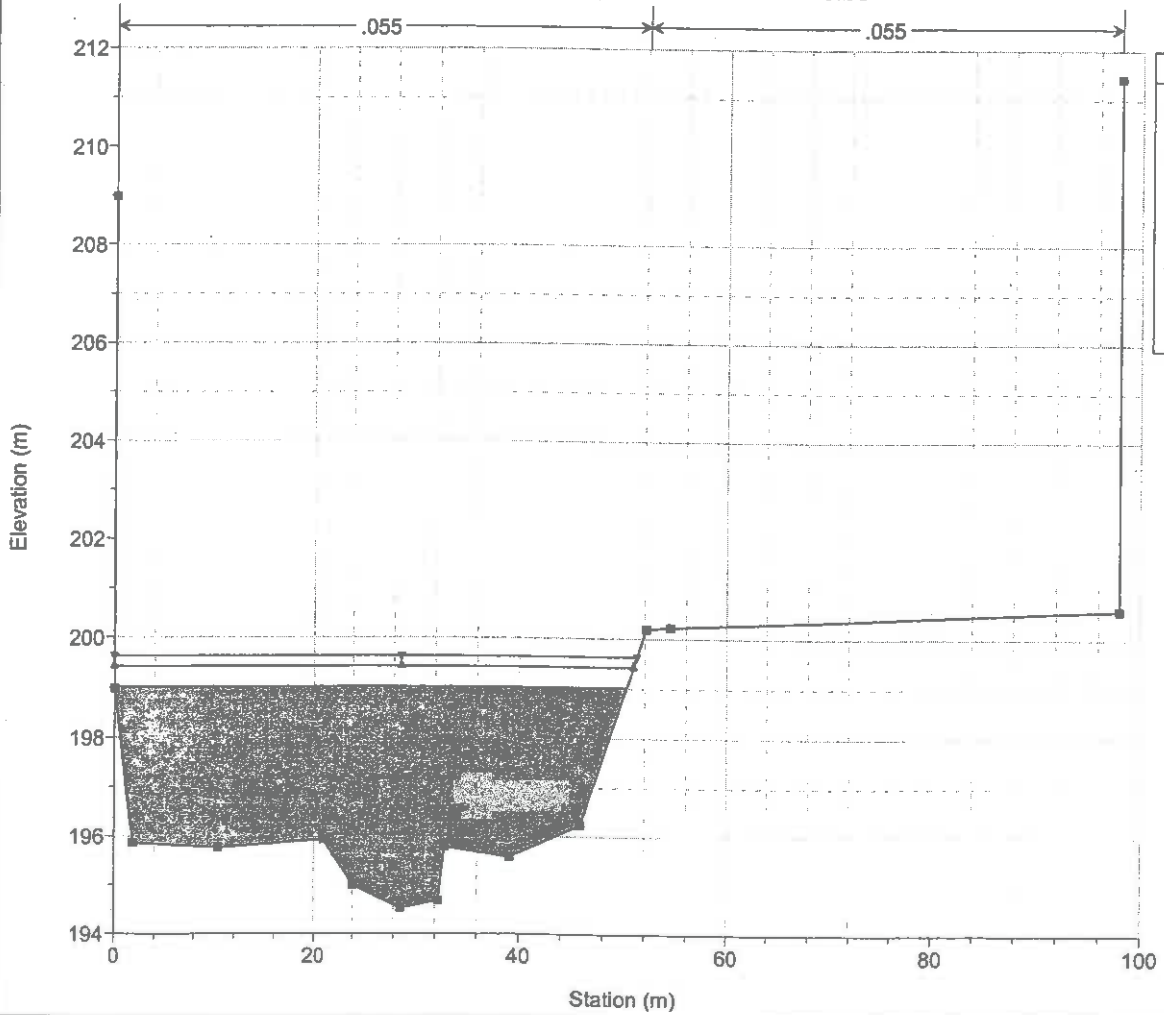
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	—
Ground	■
Bank Sta	—

RS = 6.1 Torrente Belbo

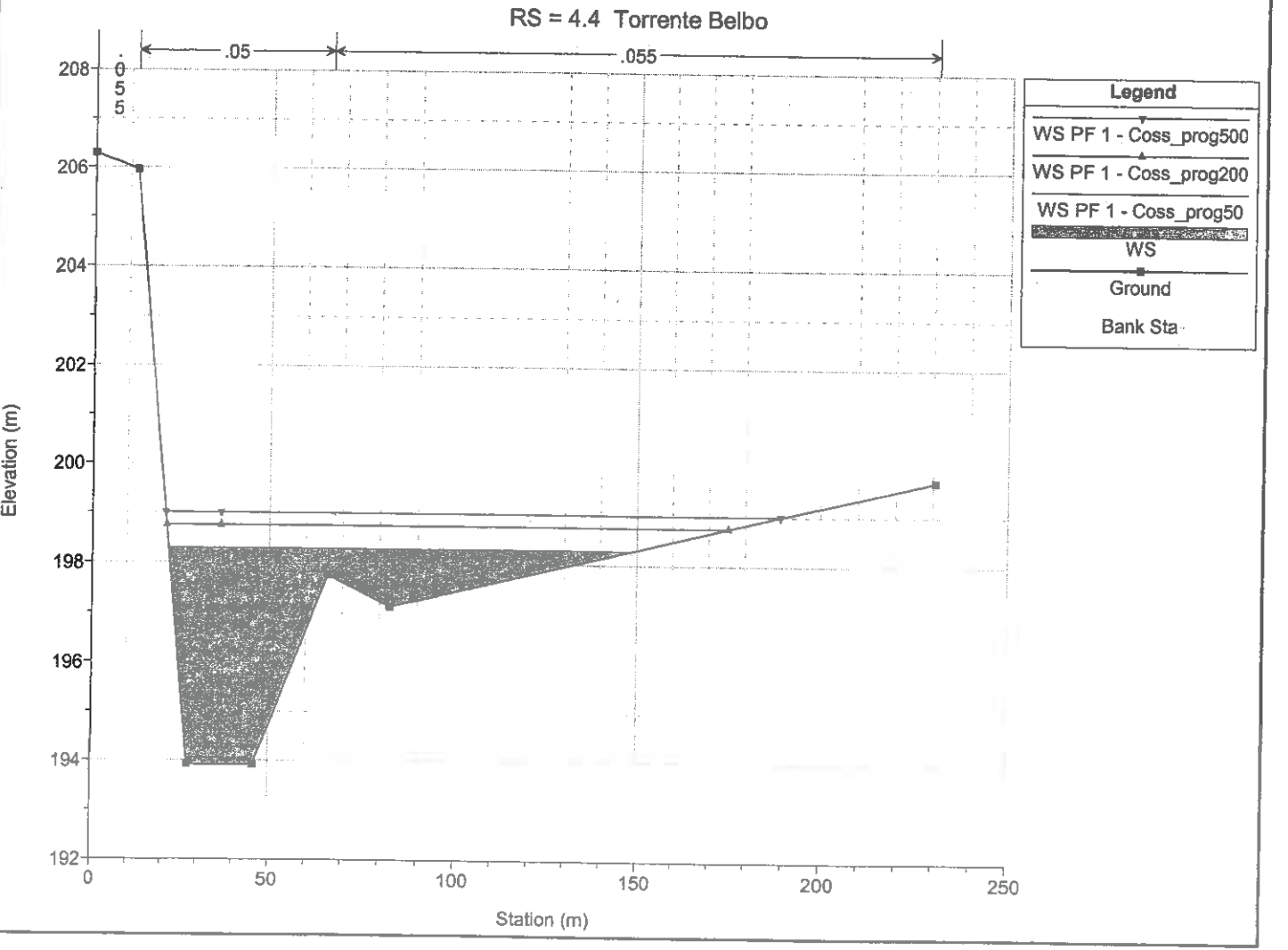
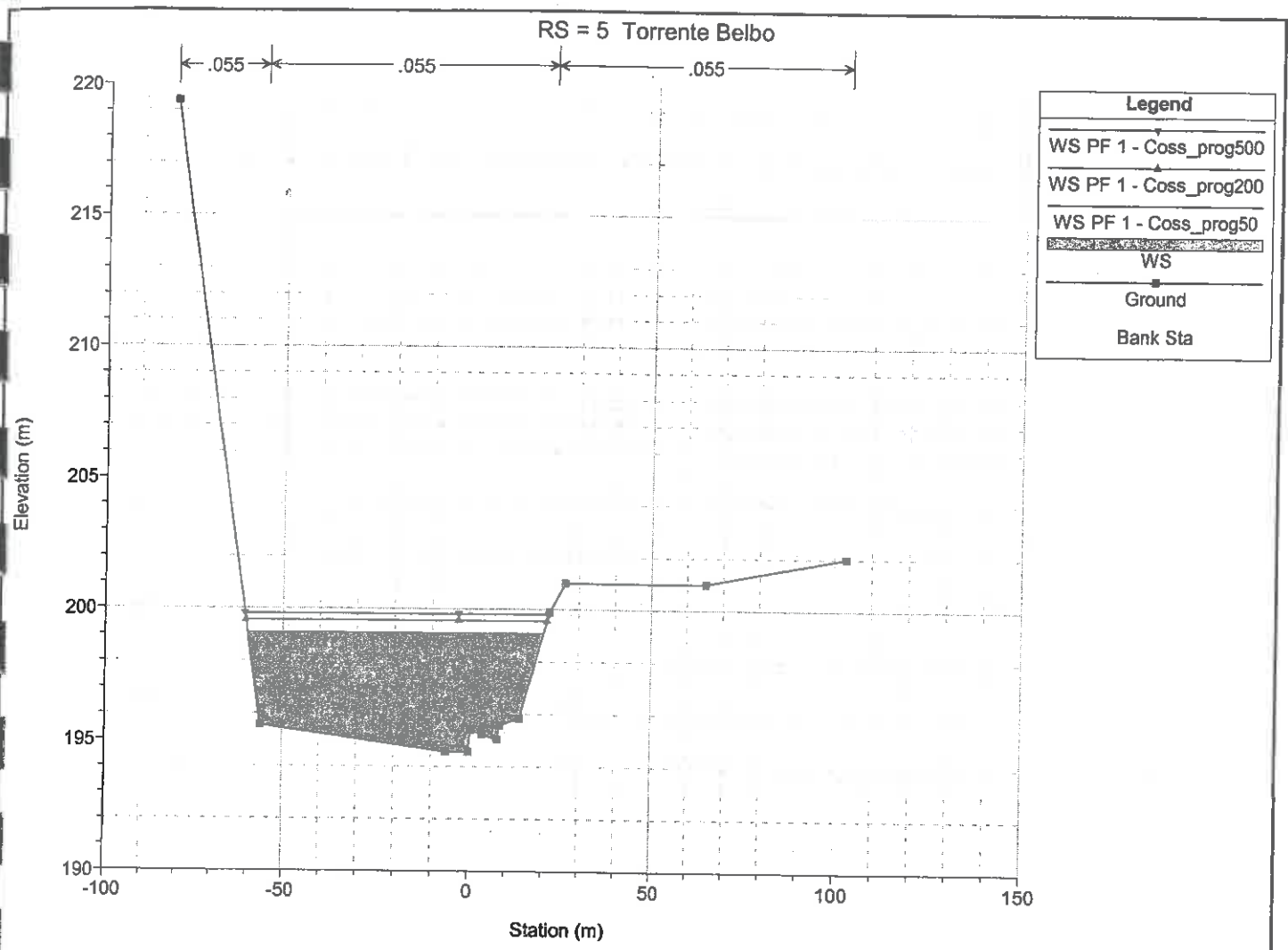


Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	■
Ground	■
Bank Sta	■

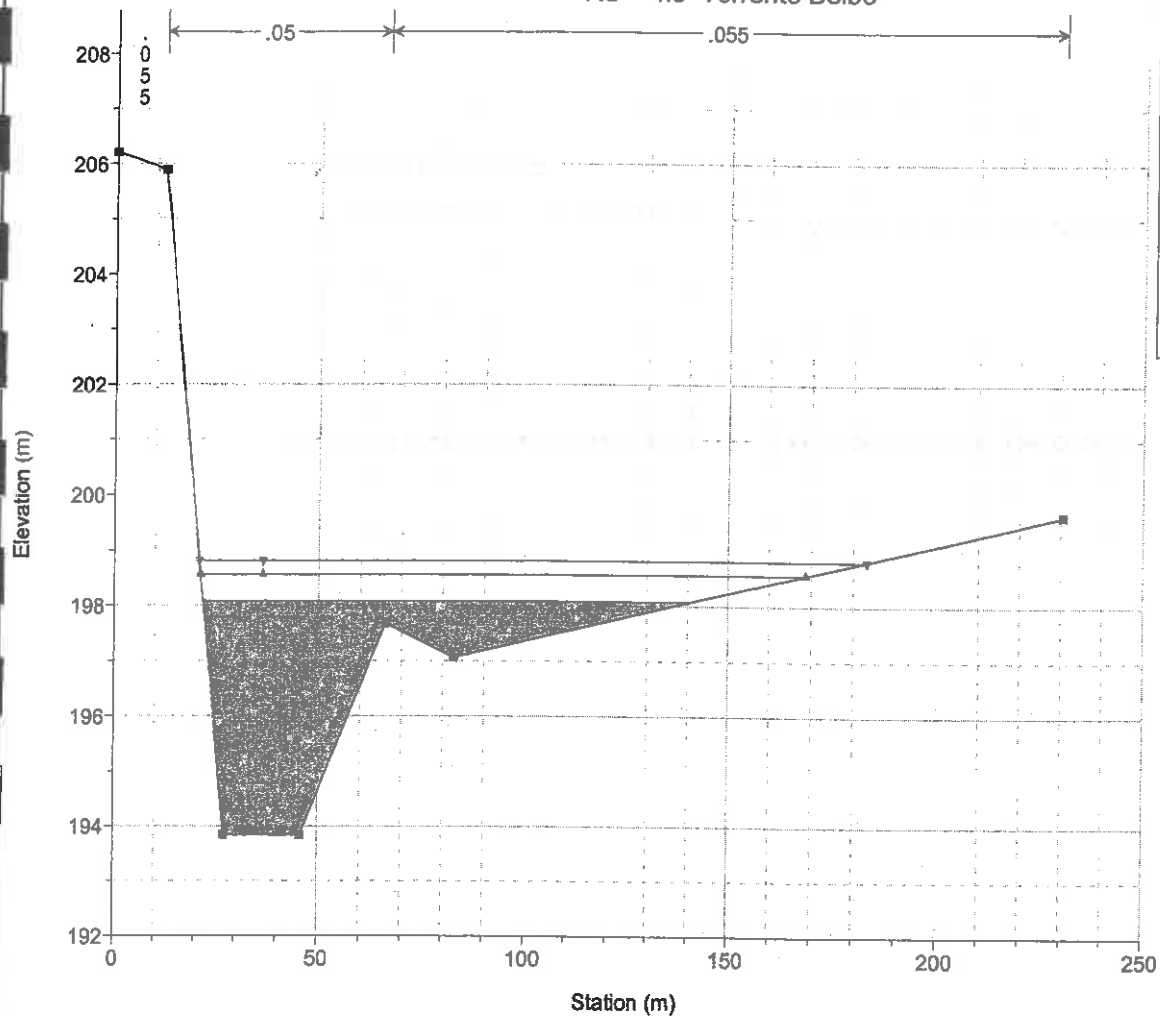
RS = 6.0 Torrente Belbo



Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	■
Ground	■
Bank Sta	■

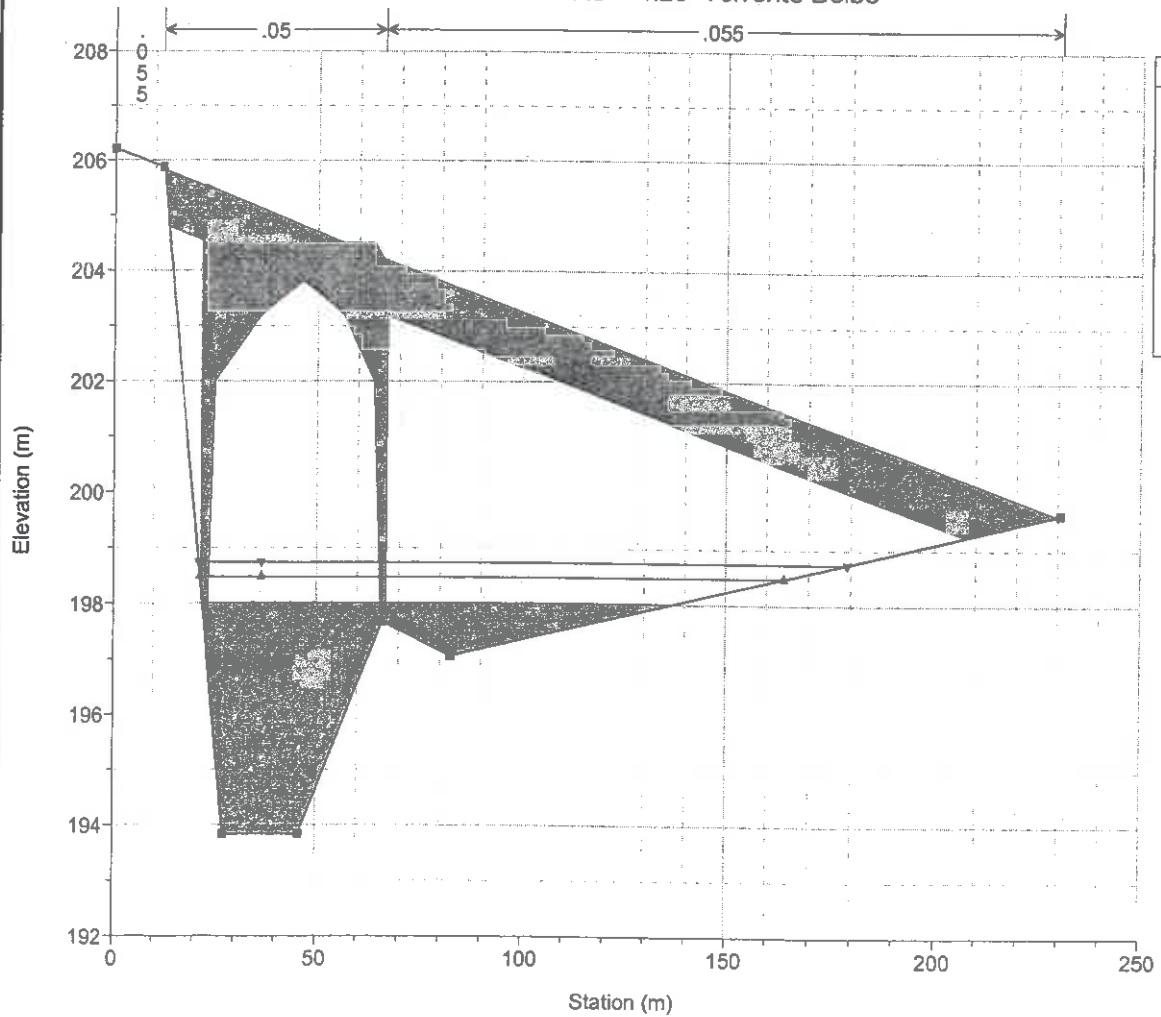


RS = 4.3 Torrente Belbo



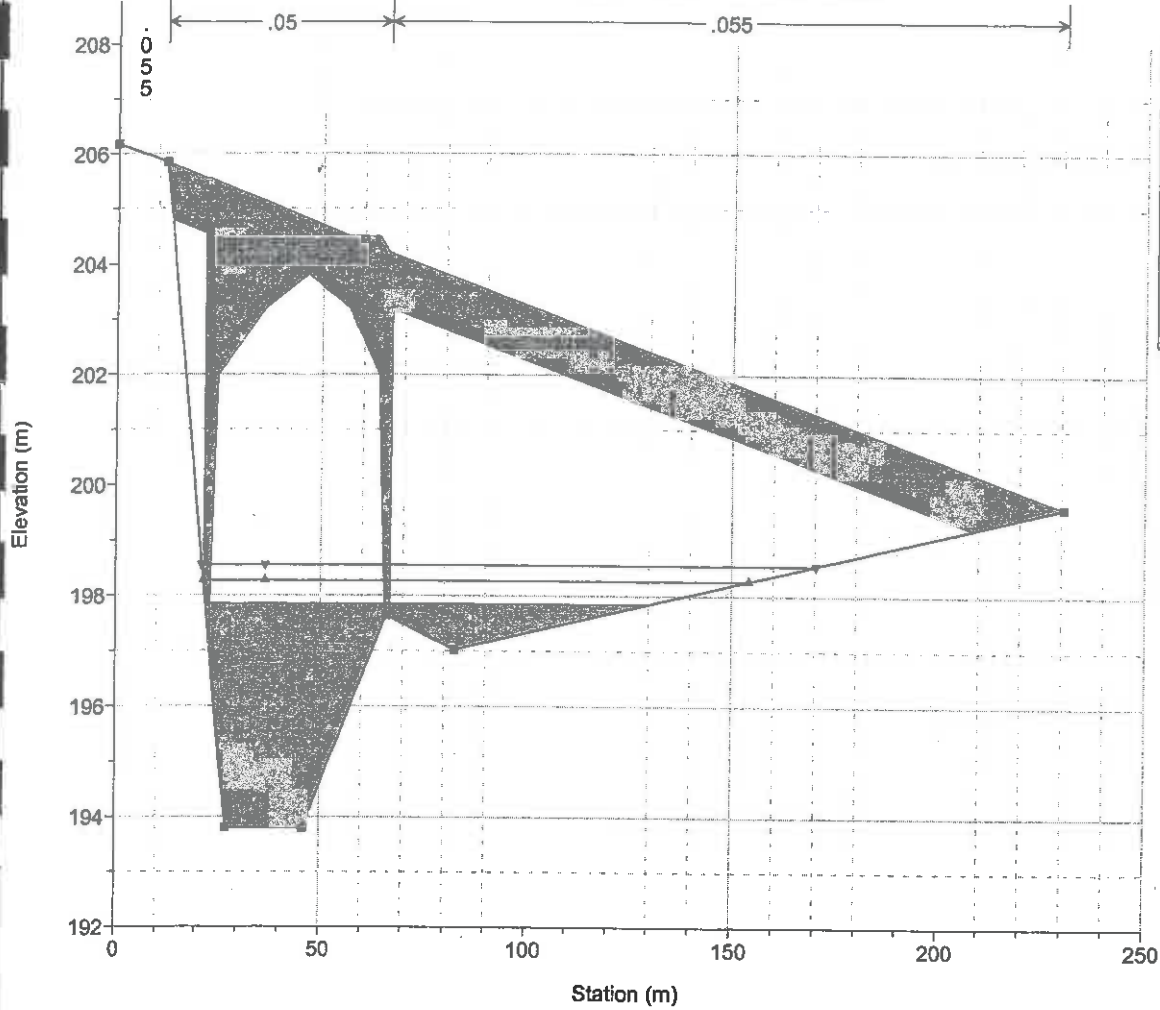
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 4.25 Torrente Belbo



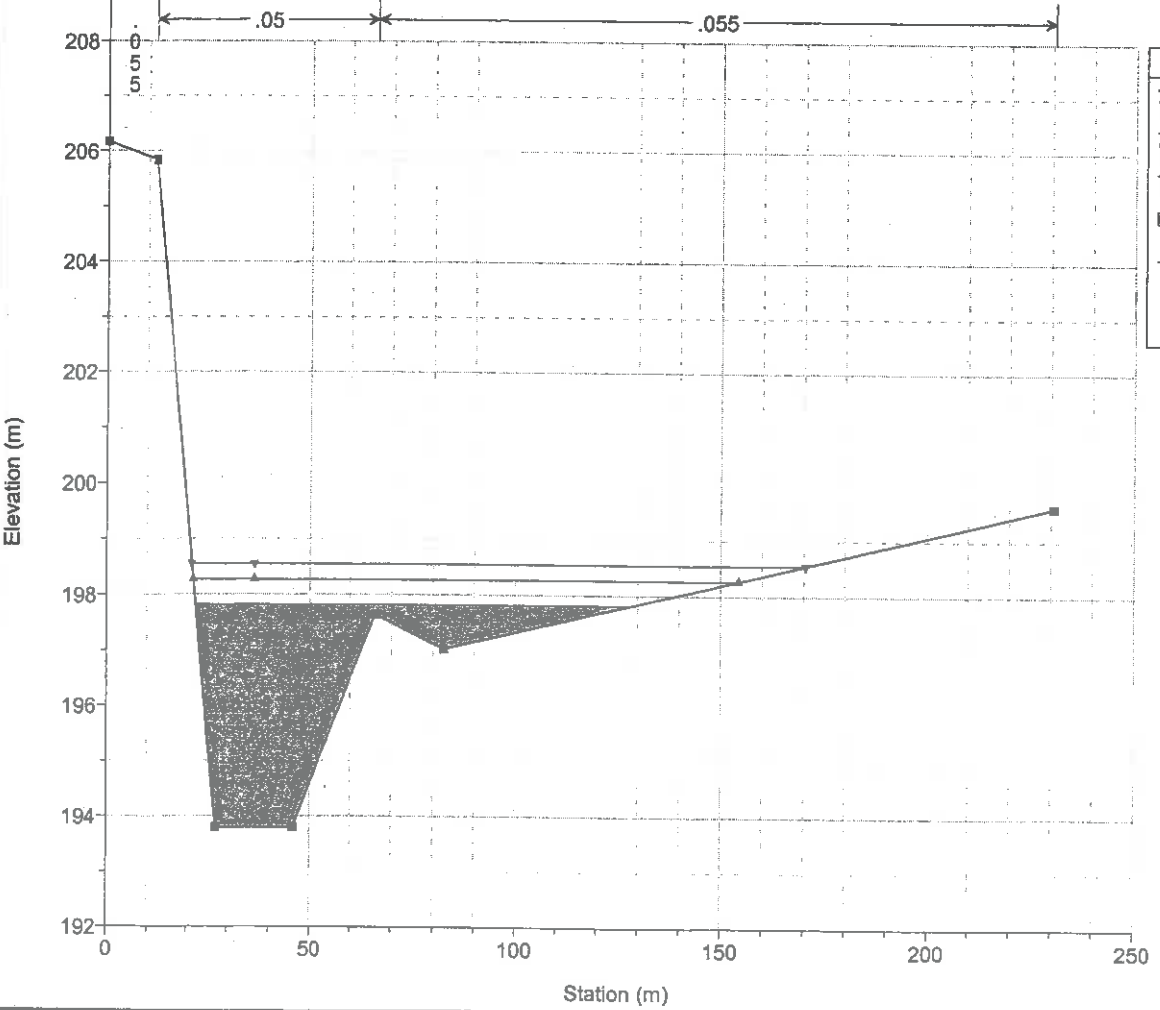
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 4.25 Torrente Belbo



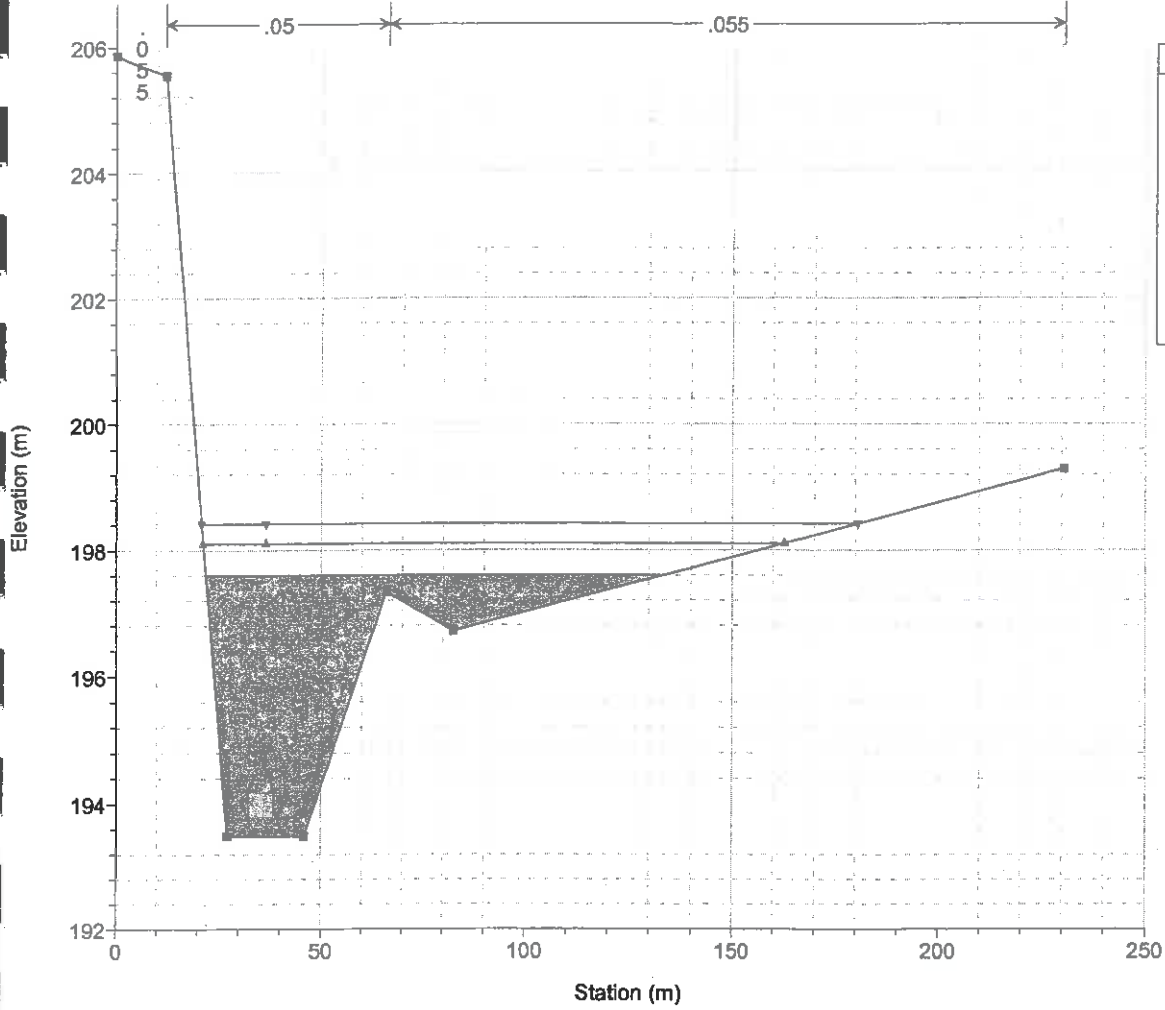
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	■
WS	—
Ground	- - -
Bank Sta	■

RS = 4.2 Torrente Belbo



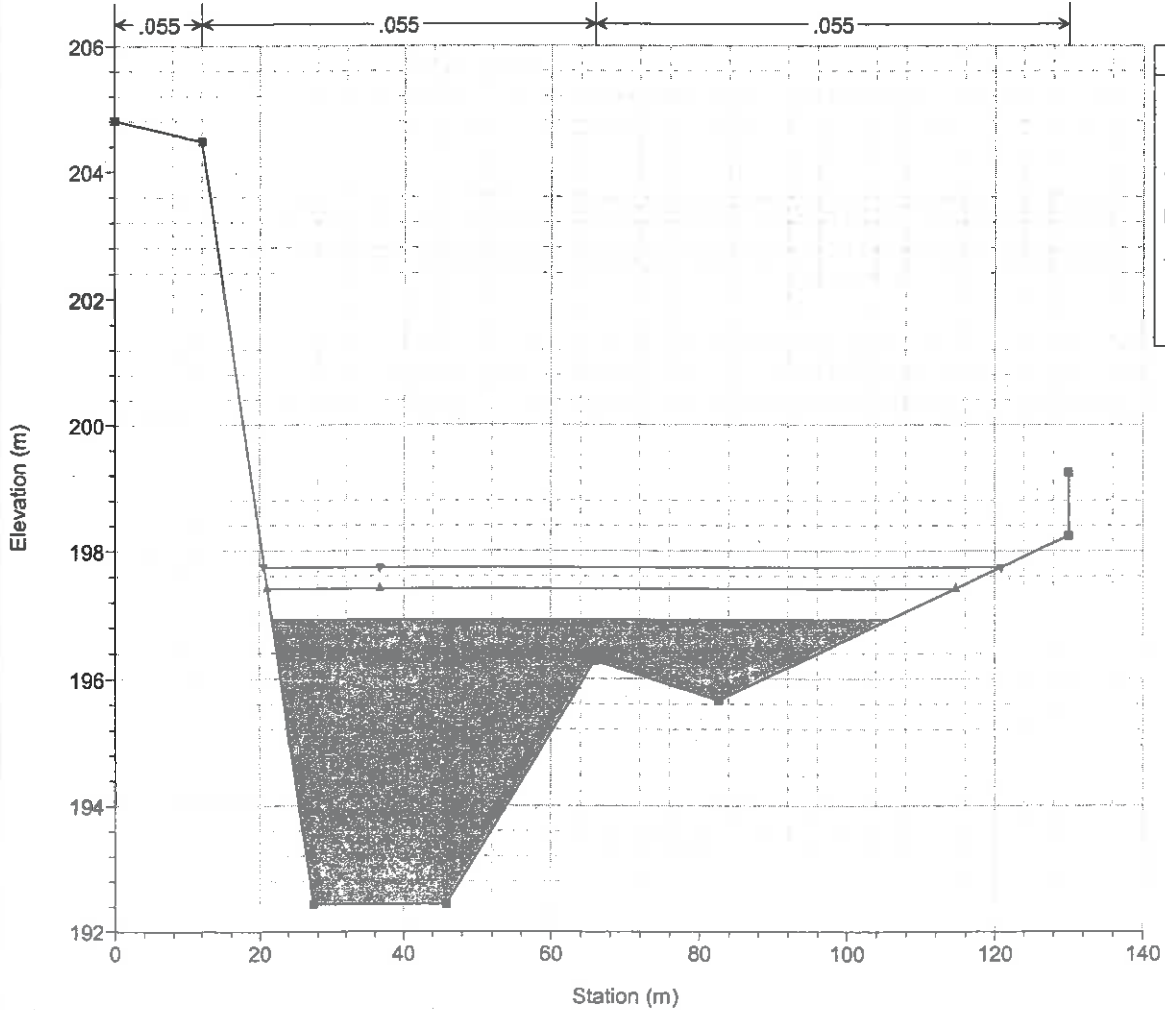
Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	■
WS	—
Ground	- - -
Bank Sta	■

RS = 4.1 Torrente Belbo



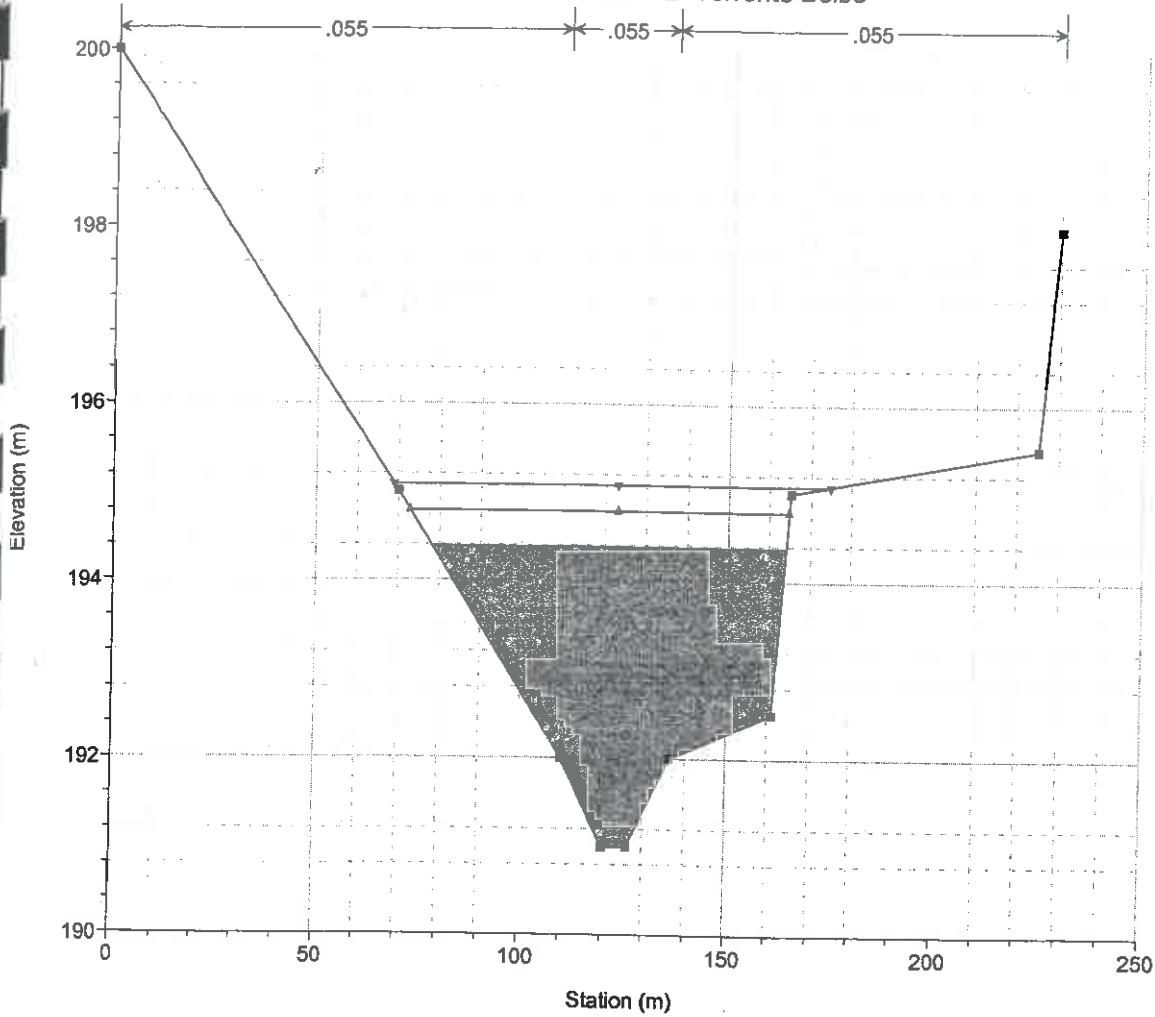
Legend	
▲	WS PF 1 - Coss_prog500
▼	WS PF 1 - Coss_prog200
▨	WS PF 1 - Coss_prog50
—	WS
■	Ground
—	Bank Sta

RS = 3 Torrente Belbo



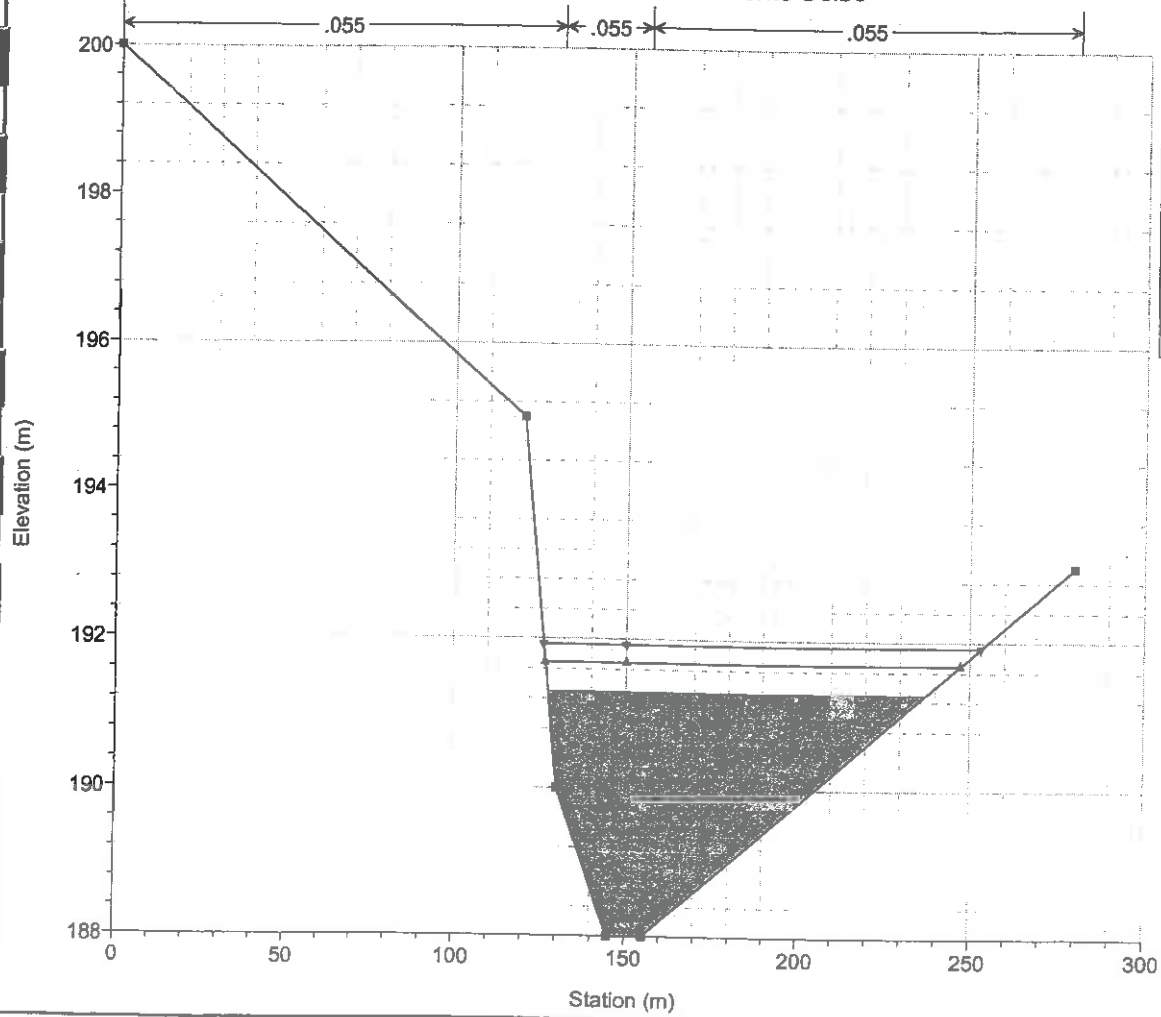
Legend	
▲	WS PF 1 - Coss_prog500
▼	WS PF 1 - Coss_prog200
▨	WS PF 1 - Coss_prog50
—	WS
■	Ground
—	Bank Sta

RS = 2 Torrente Belbo

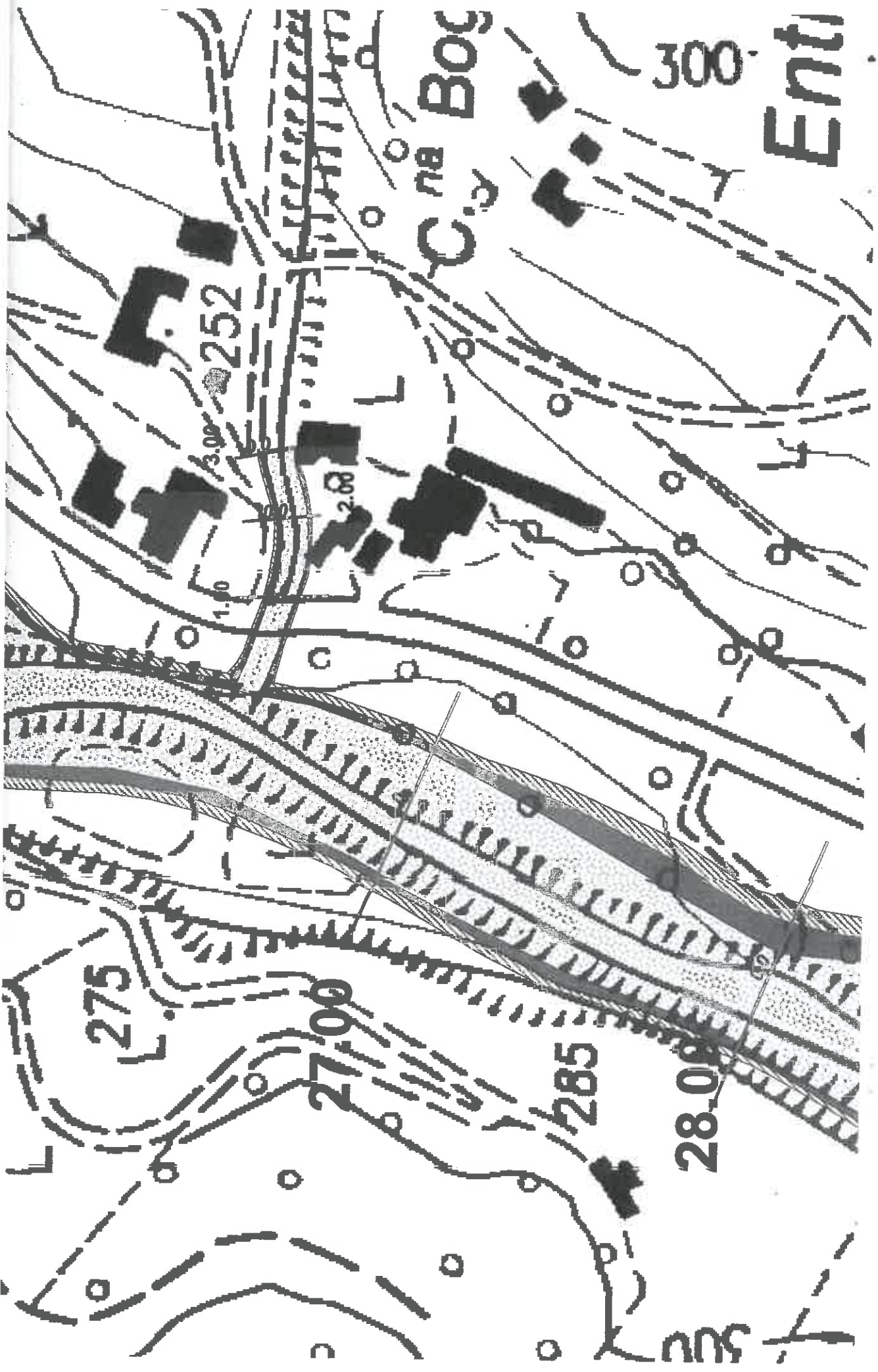


Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	---

RS = 1 Torrente Belbo



Legend	
WS PF 1 - Coss_prog500	▲
WS PF 1 - Coss_prog200	▲
WS PF 1 - Coss_prog50	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	---



Legend for road sections:

- Eb**: Solid black fill
- Ee**: Diagonal hatching (top-left to bottom-right)
- Em**: Diagonal hatching (top-right to bottom-left)

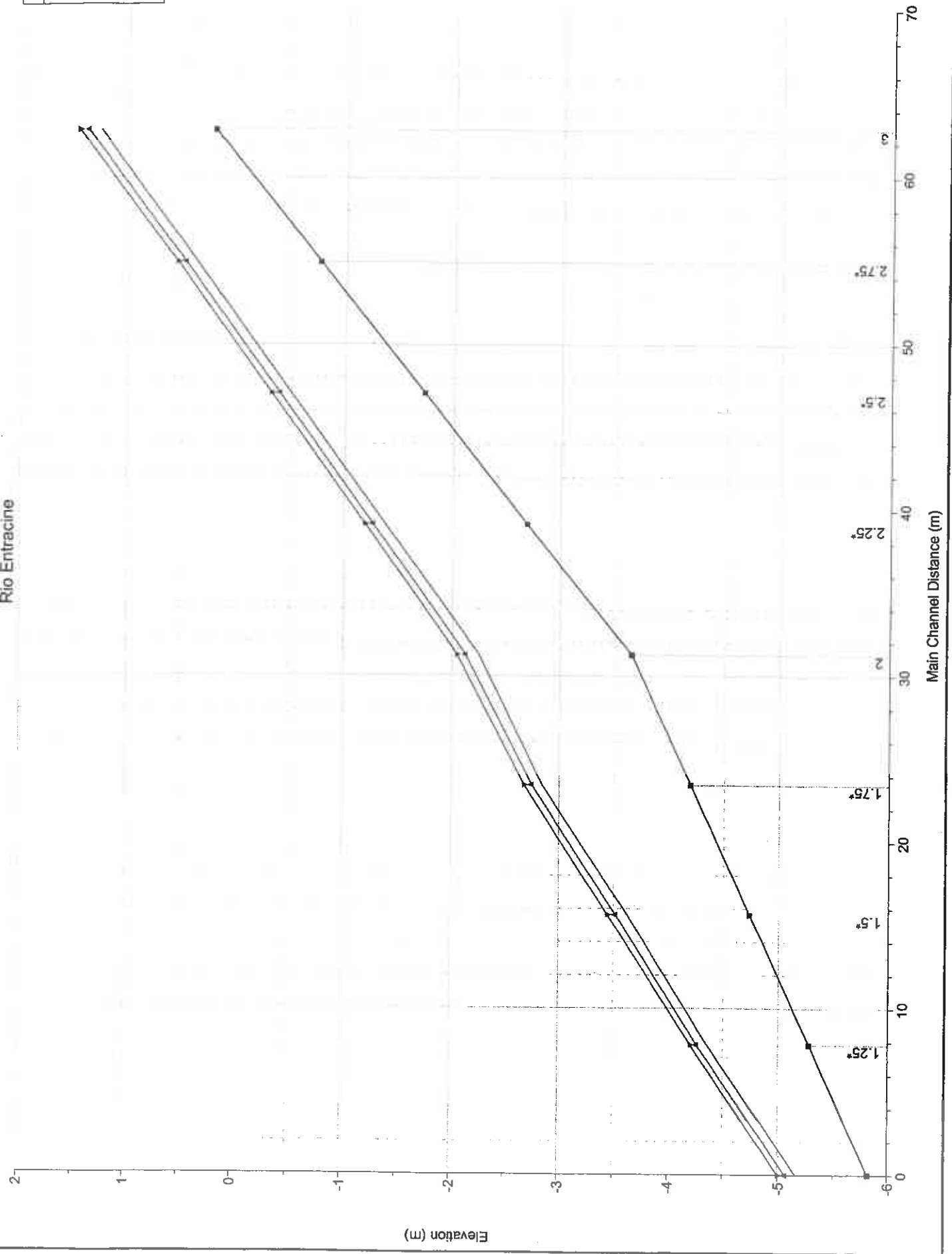
Sezioni

SCALA 1:2.000



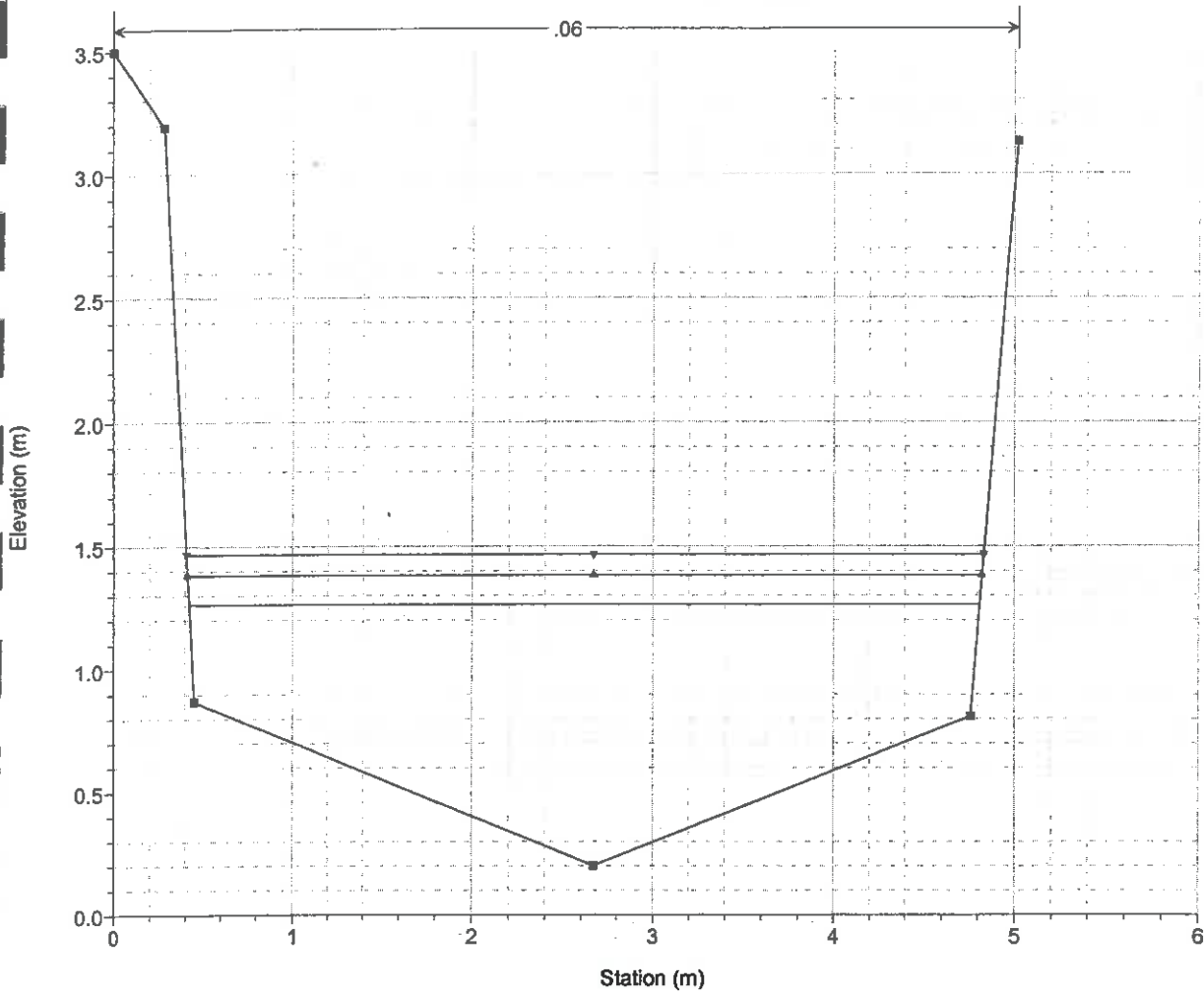
Rio Entracine

Legend	
WS PF 1 - Ent500	▲
WS PF 1 - Ent200	▲
WS PF 1 - Ent50	▲
Ground	●



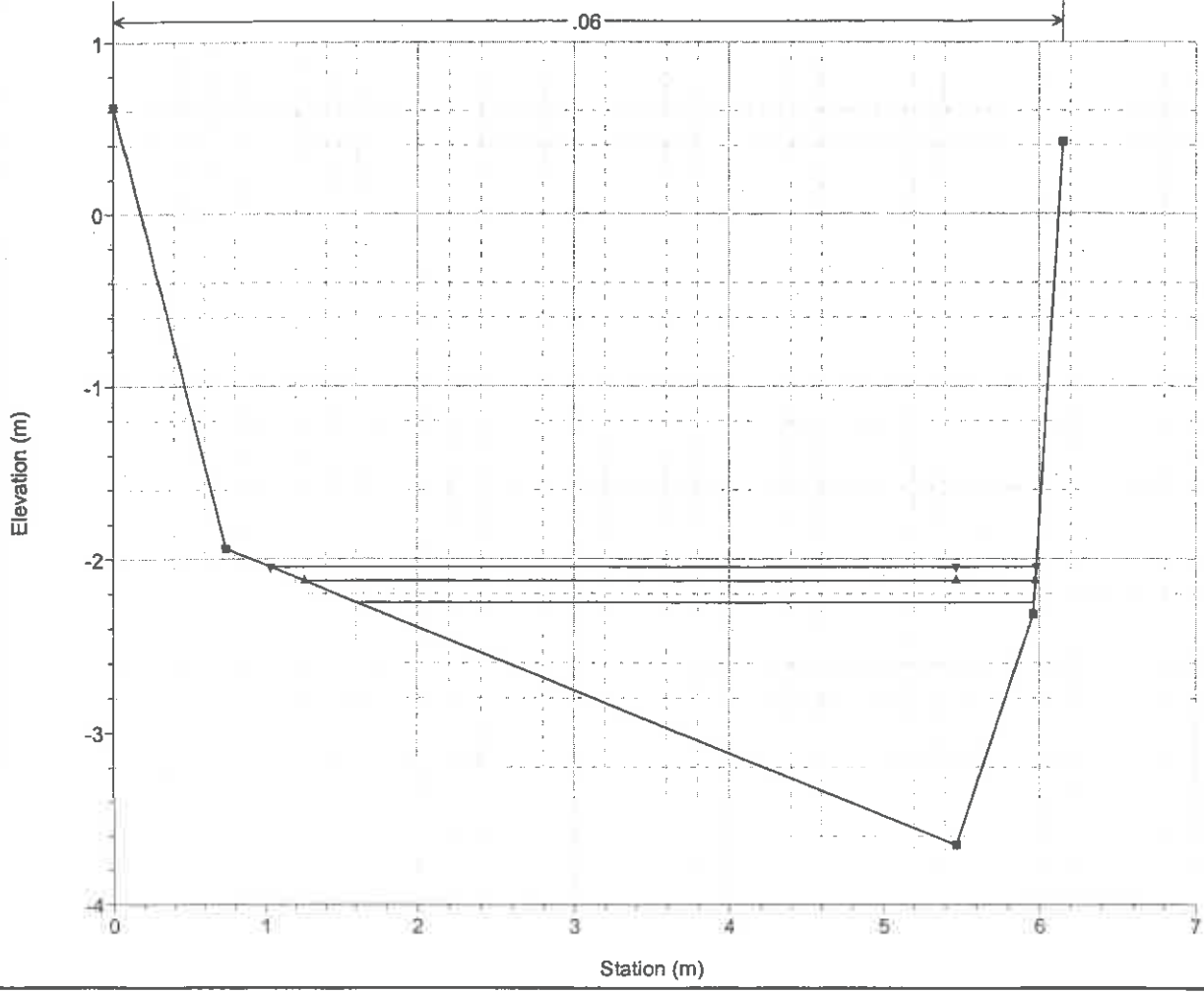
Reach	River Sta	Plan	Q Total (m ³ /s)	Cum Ch Len (m)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Vel Total (m/s)	Mann Wid Total	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # XS
Tratto	3	Ent100	11.49	62.84	0.20	1.26	1.06	3.57	0.060	3.22	4.39	1.33
Tratto	3	Ent200	14.34	62.84	0.20	1.38	1.18	3.83	0.060	3.74	4.41	1.33
Tratto	3	Ent500	16.45	62.84	0.20	1.47	1.27	4.00	0.060	4.11	4.43	1.32
Tratto	2	Ent100	11.49	31.26	-3.65	-2.25	1.40	3.75	0.060	3.07	4.36	1.43
Tratto	2	Ent200	14.34	31.26	-3.65	-2.13	1.52	3.94	0.060	3.64	4.72	1.43
Tratto	2	Ent500	16.45	31.26	-3.65	-2.05	1.60	4.09	0.060	4.02	4.95	1.45
Tratto	1	Ent100	11.49		-5.82	-5.17	0.65	3.45	0.060	3.33	5.70	1.44
Tratto	1	Ent200	14.34		-5.82	-5.07	0.75	3.89	0.060	3.88	5.73	1.43
Tratto	1	Ent500	16.45		-5.82	-5.00	0.82	3.86	0.060	4.26	5.75	1.43

RS = 3 Rio Entracine



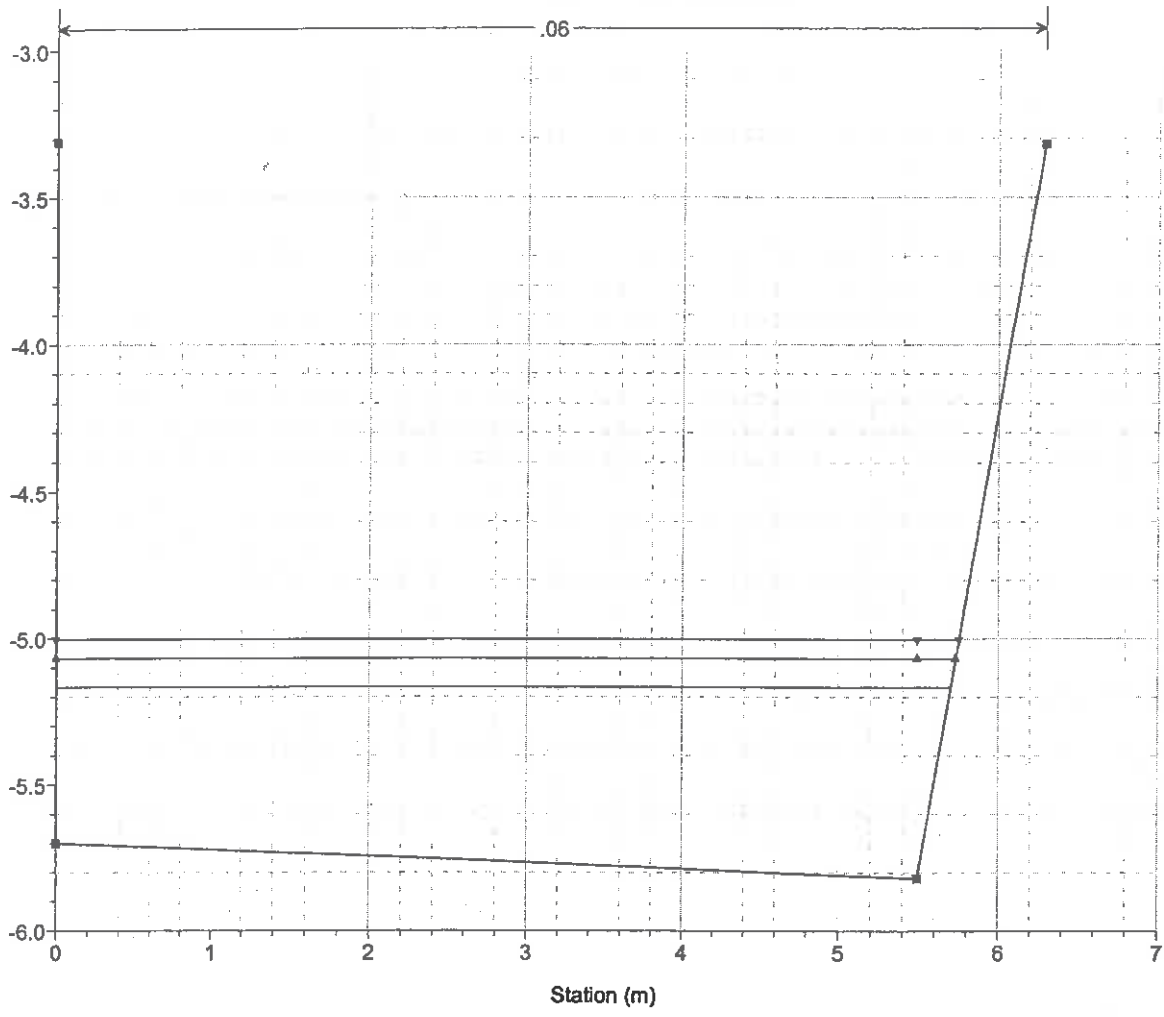
Legend	
WS PF 1 - Ent500	▼
WS PF 1 - Ent200	▲
WS PF 1 - Ent50	■
Ground	—
Bank Sta	■

RS = 2 Rio Entracine

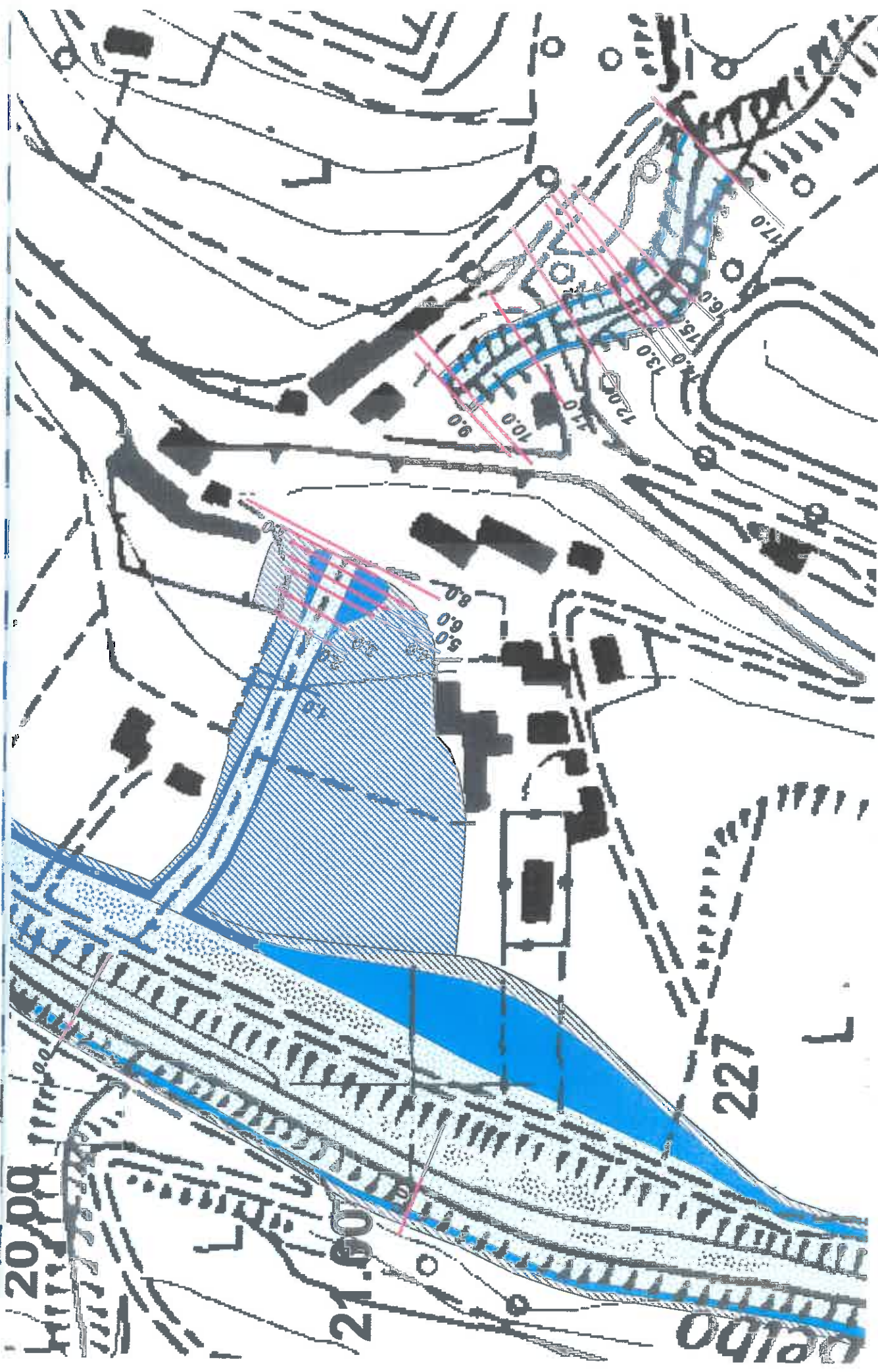


Legend	
WS PF 1 - Ent500	▼
WS PF 1 - Ent200	▲
WS PF 1 - Ent50	■
Ground	—
Bank Sta	■

RS = 1 Rio Entracine



Legend	
WS PF 1 - Ent500	▽
WS PF 1 - Ent200	▲
WS PF 1 - Ent50	■
Ground	—
Bank Sta	—



Sezioni



SCALA 1:2.000



20.00

21.50

227

21.00

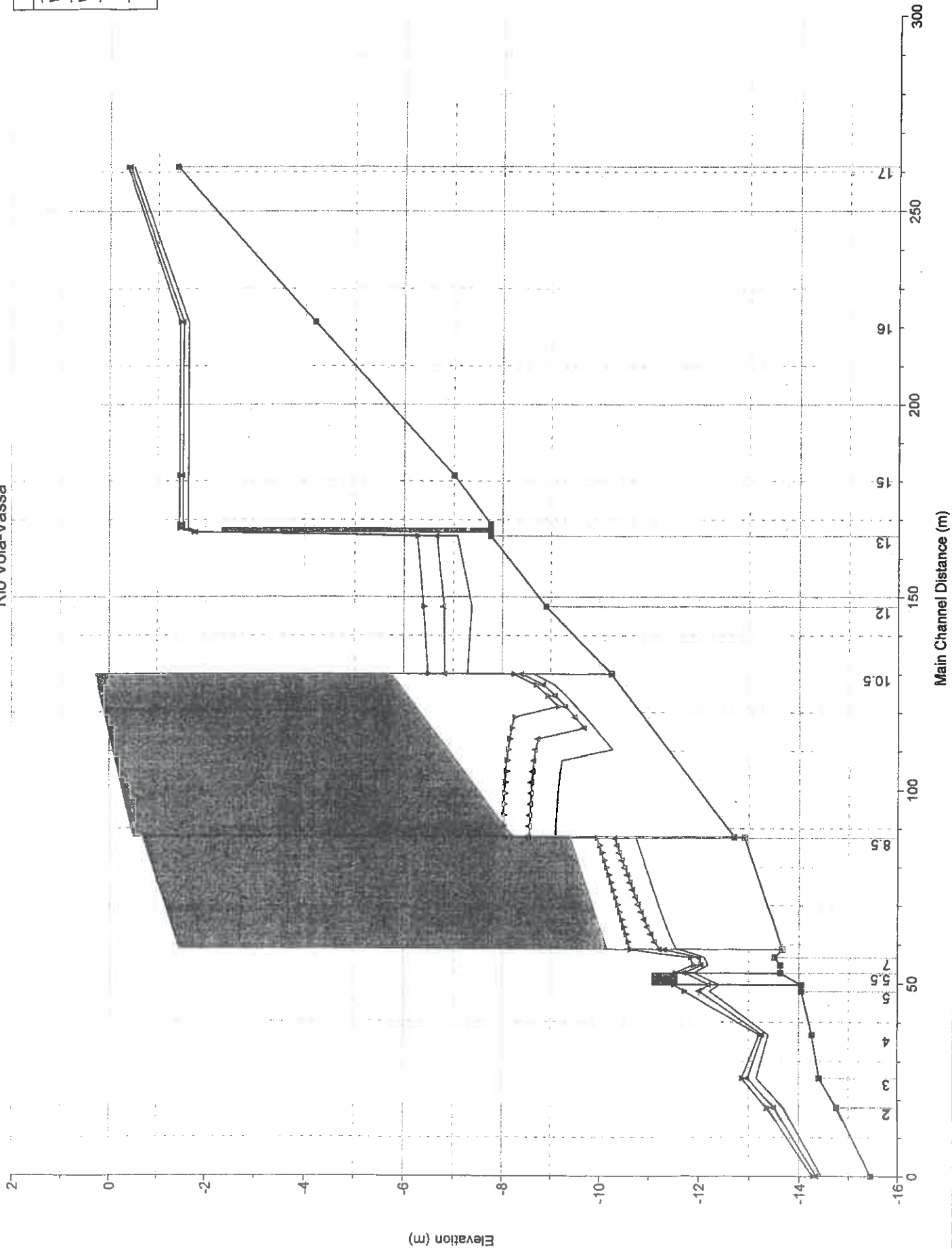
8.0
6.0
5.0

10.0
11.0
12.0

13.0
14.0
15.0
17.0

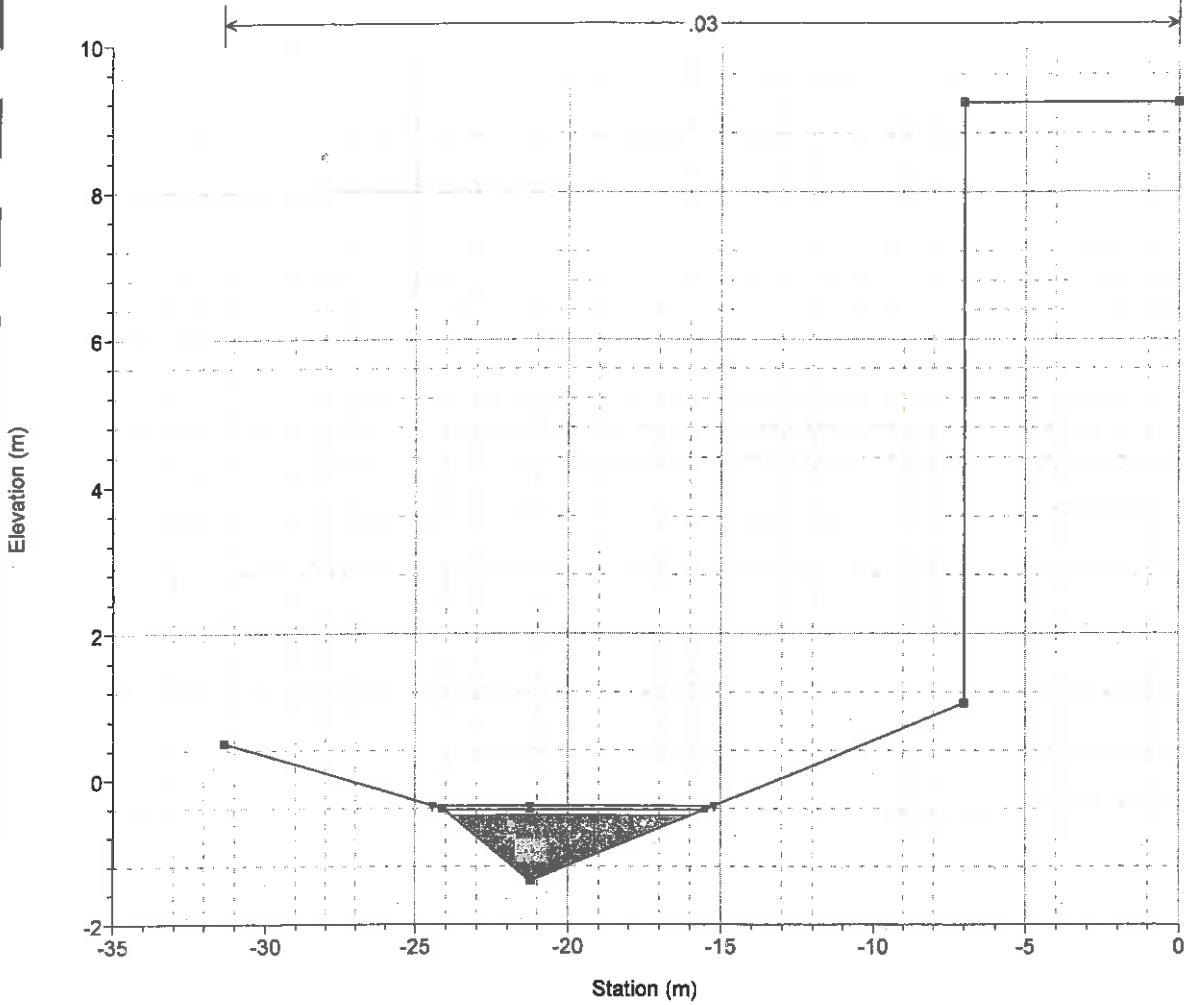
Rio Vola-Vassa

Legend	
WS PF 1 - T500comp	▲
WS PF 1 - T200comp	▲
WS PF 1 - T500comp	▲
Ground	—



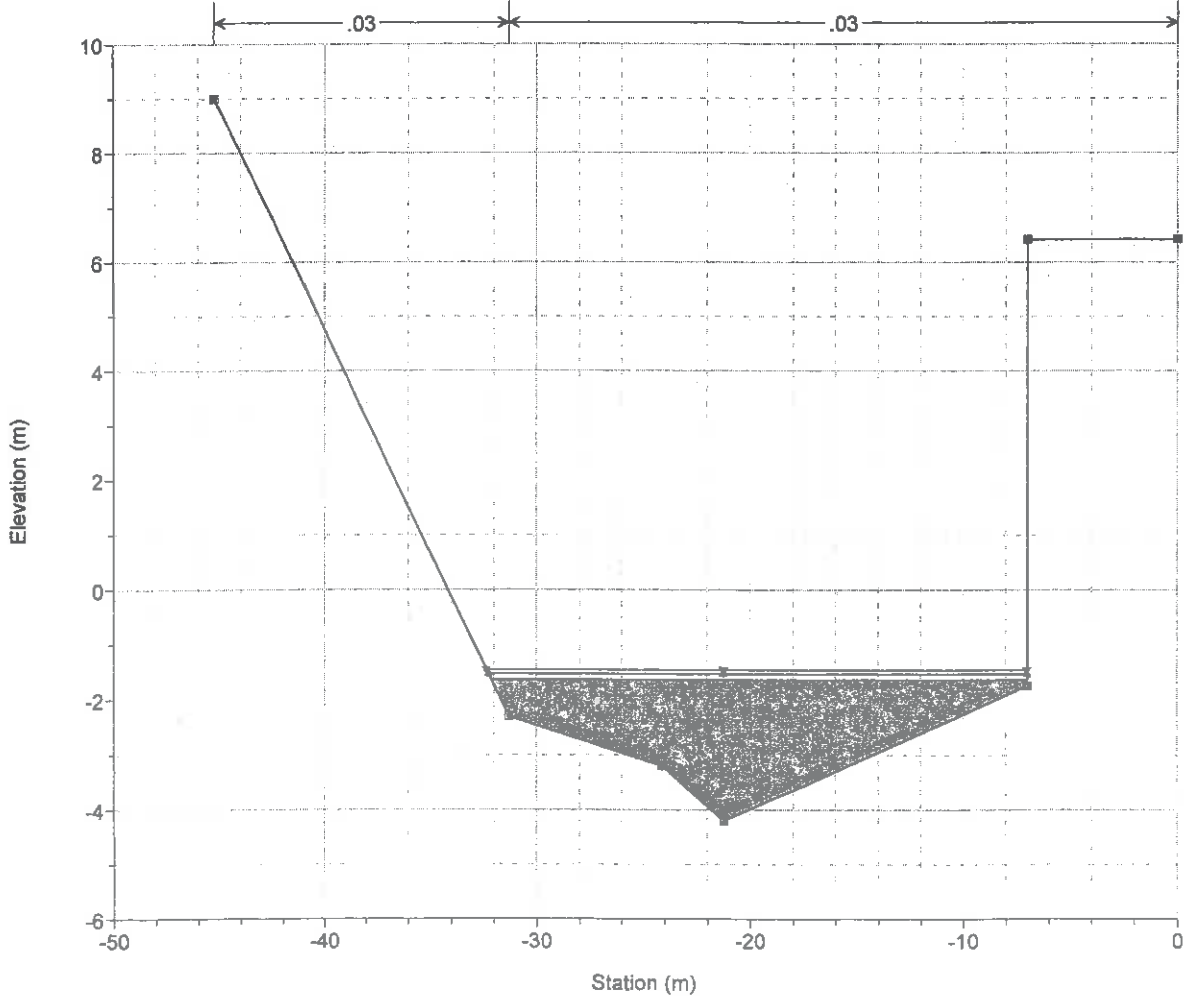
Reach	River Sta	Plan	Q Total (m ³ /s)	Cum Ch Len (m)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Vel Chnl (m/s)	Mann Wid-Total	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # XS
	17	T50comp	18.10	261.35	-1.40	-0.50	0.90	5.10	0.030	3.55	7.65	2.42
	17	T200comp	22.50	261.35	-1.40	-0.42	0.98	5.38	0.030	4.18	8.52	2.45
	17	T500comp	25.91	261.35	-1.40	-0.36	1.04	5.52	0.030	4.70	9.23	2.47
	16	T50comp	18.10	221.35	-4.20	-1.64	2.56	0.55	0.030	33.31	25.15	0.15
	16	T200comp	22.50	221.35	-4.20	-1.53	2.67	0.63	0.030	35.92	25.28	0.17
	16	T500comp	25.91	221.35	-4.20	-1.46	2.74	0.69	0.030	37.82	25.37	0.18
	15	T50comp	18.10	181.45	-7.00	-1.63	5.37	0.33	0.030	56.22	20.03	0.06
	15	T200comp	22.50	181.45	-7.00	-1.53	5.47	0.39	0.030	58.33	20.39	0.07
	15	T500comp	25.91	181.45	-7.00	-1.45	5.55	0.44	0.030	59.88	20.65	0.08
	14	T50comp	18.10	168.76	-7.76	-1.63	6.13	0.20	0.030	91.79	19.59	0.03
	14	T200comp	22.50	168.76	-7.76	-1.53	6.23	0.24	0.030	93.86	19.74	0.04
	14	T500comp	25.91	168.76	-7.76	-1.45	6.31	0.27	0.030	95.37	19.85	0.04
	13.5		Inline Weir									
	13	T60comp	18.10	165.76	-7.76	-7.07	0.69	2.53	0.030	7.15	11.06	1.01
	13	T200comp	22.50	165.76	-7.76	-6.86	1.10	1.89	0.030	11.91	11.81	0.60
	13	T500comp	25.91	165.76	-7.76	-6.27	1.49	1.55	0.030	16.70	12.53	0.43
	12	T50comp	18.10	147.50	-8.90	-7.37	1.53	2.74	0.030	6.60	5.77	0.82
	12	T200comp	22.50	147.50	-8.90	-6.80	2.10	2.23	0.030	10.09	6.54	0.57
	12	T500comp	25.91	147.50	-8.90	-6.39	2.51	2.01	0.030	12.87	7.09	0.48
	11	T50comp	18.10	130.09	-10.24	-7.29	2.95	2.04	0.030	8.86	5.80	0.38
	11	T200comp	22.50	130.09	-10.24	-6.82	3.42	2.20	0.030	10.25	5.80	0.38
	11	T500comp	25.91	130.09	-10.24	-6.49	3.75	2.30	0.030	11.26	5.80	0.38
	10.5		Culvert									
	10	T50comp	18.10	87.74	-12.70	-9.11	3.59	1.74	0.030	10.42	6.45	0.29
	10	T200comp	22.50	87.74	-12.70	-8.58	4.14	1.87	0.030	12.02	7.70	0.29
	10	T500comp	25.91	87.74	-12.70	-8.04	4.86	0.97	0.030	26.82	9.72	0.19
	9	T50comp	18.10	87.64	-12.91	-9.09	3.83	1.54	0.030	11.78	6.09	0.35
	9	T200comp	22.50	87.64	-12.91	-8.50	4.41	1.39	0.030	16.16	6.75	0.33
	9	T500comp	25.91	87.64	-12.91	-8.08	4.83	1.28	0.030	20.17	10.38	0.29
	8.5		Culvert									
	8	T50comp	18.10	58.64	-13.66	-11.84	2.02	4.48	0.030	4.04	2.00	1.00
	8	T200comp	22.50	58.64	-13.66	-11.93	2.33	4.83	0.030	4.88	2.00	1.01
	8	T500comp	25.91	58.64	-13.66	-10.82	3.04	3.57	0.030	7.26	5.81	1.00
	7	T50comp	18.10	58.64	-13.50	-12.12	1.38	5.19	0.045	3.49	3.41	1.64
	7	T200comp	22.50	58.64	-13.50	-12.01	1.49	5.78	0.045	3.89	3.50	1.75
	7	T500comp	25.91	58.64	-13.50	-11.83	1.67	5.76	0.045	4.50	3.64	1.65
	6	T50comp	18.10	54.64	-13.62	-12.19	1.43	4.94	0.045	3.66	3.45	1.53
	6	T200comp	22.50	54.64	-13.62	-12.06	1.56	5.48	0.045	4.11	3.55	1.63
	6	T500comp	25.91	54.64	-13.62	-11.90	1.72	5.51	0.045	4.70	3.68	1.56
	5.5		Bridge									
	5	T50comp	18.10	47.96	-14.04	-12.23	1.81	3.96	0.045	4.57	3.62	1.13
	5	T200comp	22.50	47.96	-14.04	-12.02	2.02	4.21	0.045	5.34	3.83	1.14
	5	T500comp	25.91	47.96	-14.04	-11.71	2.33	3.84	0.045	6.57	4.14	1.00
	4	T50comp	18.10	36.79	-14.25	-13.39	0.86	4.95	0.045	3.66	5.08	1.87
	4	T200comp	22.50	36.79	-14.25	-13.28	0.97	5.30	0.045	4.25	5.27	1.88
	4	T500comp	25.91	36.79	-14.25	-13.21	1.04	5.84	0.045	4.59	5.37	1.95
	3	T50comp	18.10	25.62	-14.40	-13.16	1.24	3.16	0.045	5.73	5.69	1.01
	3	T200comp	22.50	25.62	-14.40	-12.98	1.42	3.34	0.045	6.73	5.96	1.00
	3	T500comp	25.91	25.62	-14.40	-12.86	1.54	3.47	0.045	7.46	6.15	1.01
	2	T50comp	18.10	17.87	-14.75	-13.69	1.06	3.84	0.045	4.71	4.88	1.25
	2	T200comp	22.50	17.87	-14.75	-13.50	1.25	4.00	0.045	5.63	5.04	1.21
	2	T500comp	25.91	17.87	-14.75	-13.35	1.40	4.07	0.045	6.37	5.16	1.17
	1	T50comp	18.10		-15.44	-14.45	0.99	3.71	0.045	4.88	6.03	1.32
	1	T200comp	22.50		-15.44	-14.35	1.09	4.09	0.045	5.50	6.23	1.39
	1	T500comp	25.91		-15.44	-14.27	1.17	4.33	0.045	5.98	6.38	1.43

RS = 17 Rio Vola-Vassa



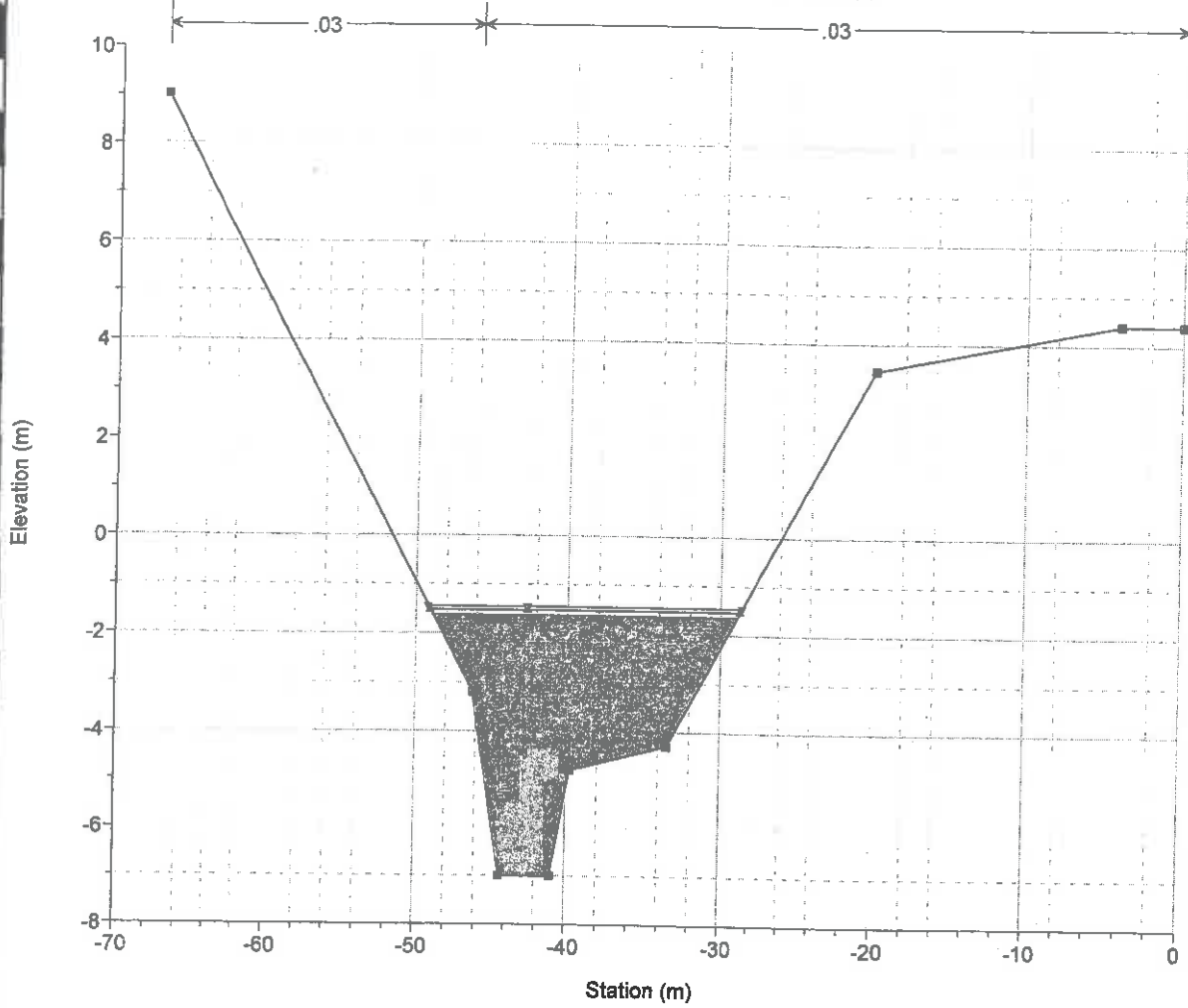
Legend	
WS PF 1 - T500comp	▲
WS PF 1 - T200comp	▲
WS PF 1 - T50comp	▲
WS	▬
Ground	—
Bank Sta	■

RS = 16 Rio Vola-Vassa



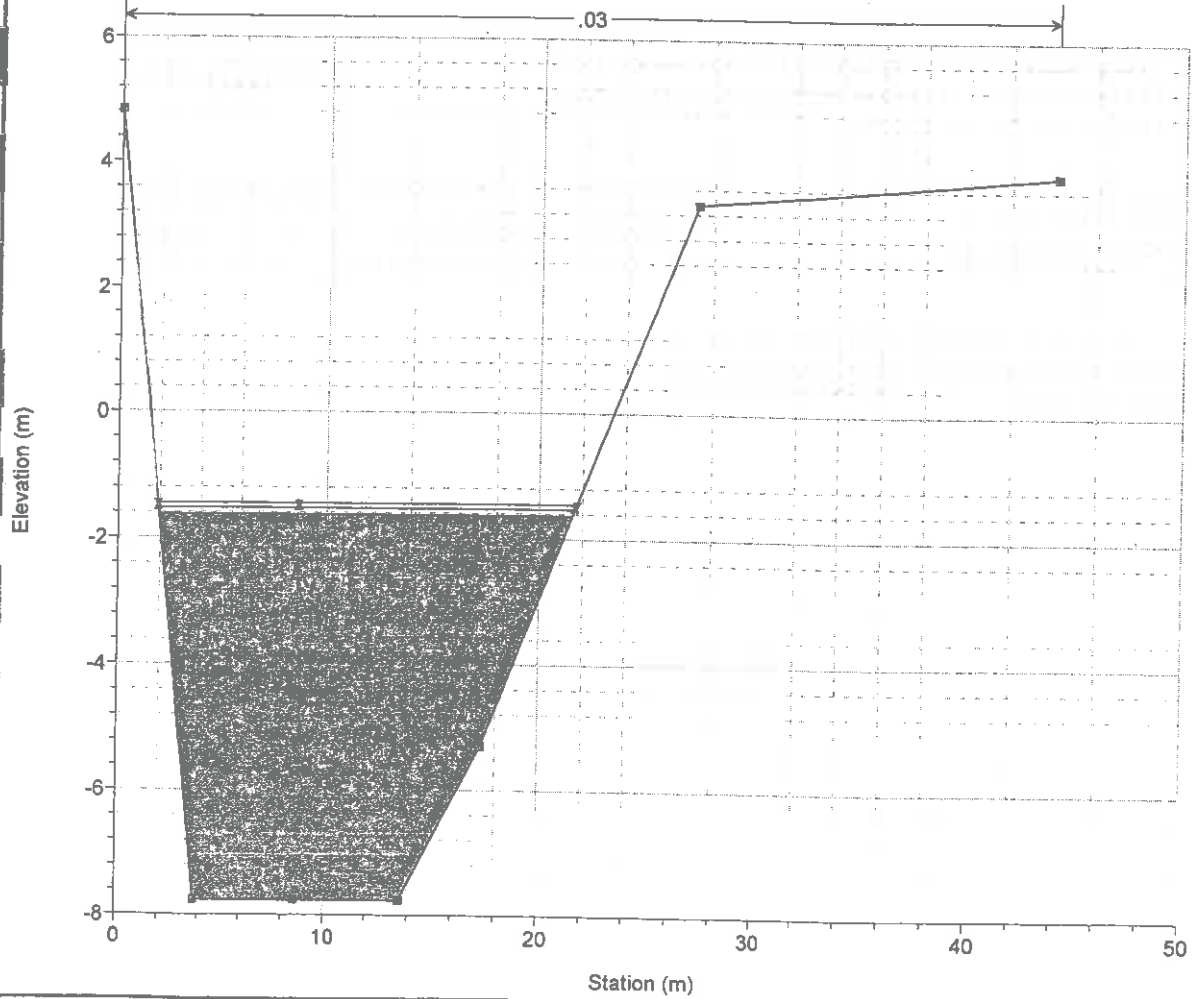
Legend	
WS PF 1 - T500comp	▲
WS PF 1 - T200comp	▲
WS PF 1 - T50comp	▲
WS	▬
Ground	—
Bank Sta	■

RS = 15 Rio Vola-Vassa



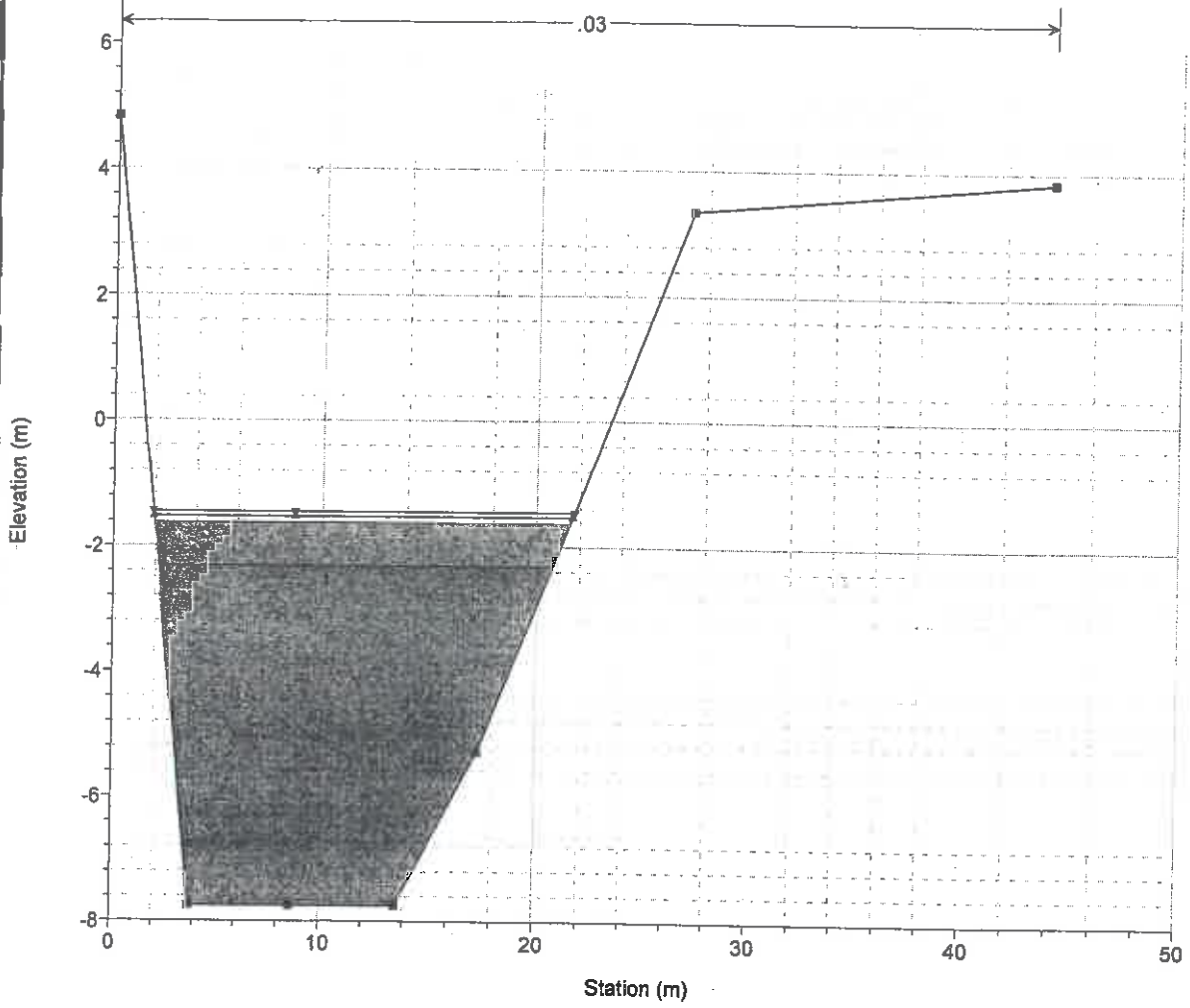
Legend	
WS PF 1 - T500comp	▲
WS PF 1 - T200comp	▲
WS PF 1 - T50comp	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	—

RS = 14 Rio Vola-Vassa



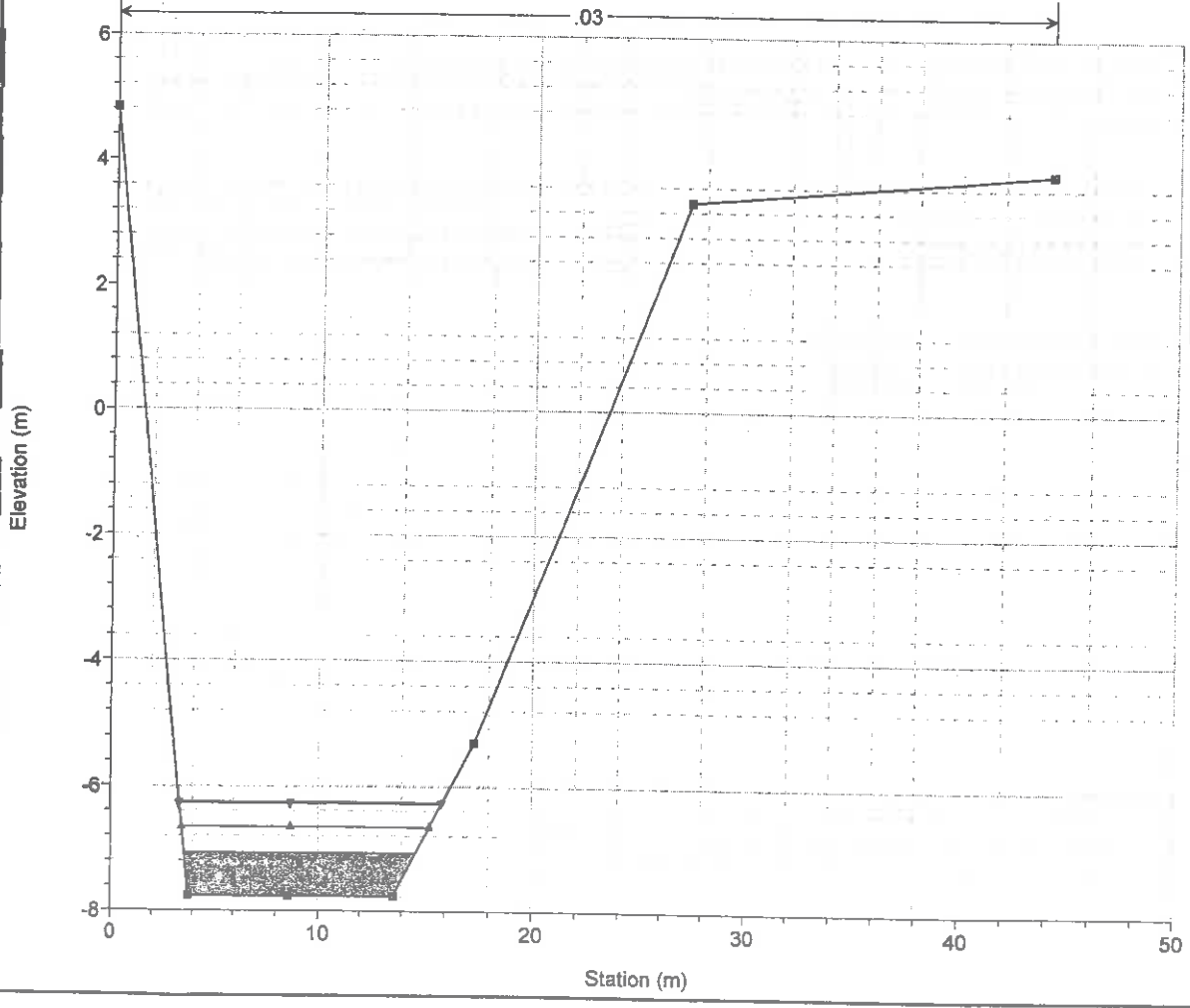
Legend	
WS PF 1 - T500comp	▲
WS PF 1 - T200comp	▲
WS PF 1 - T50comp	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	—

RS = 13.5 Rio Vola-Vassa



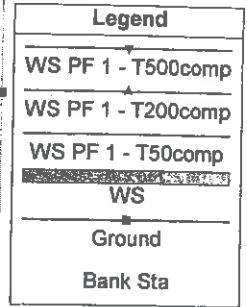
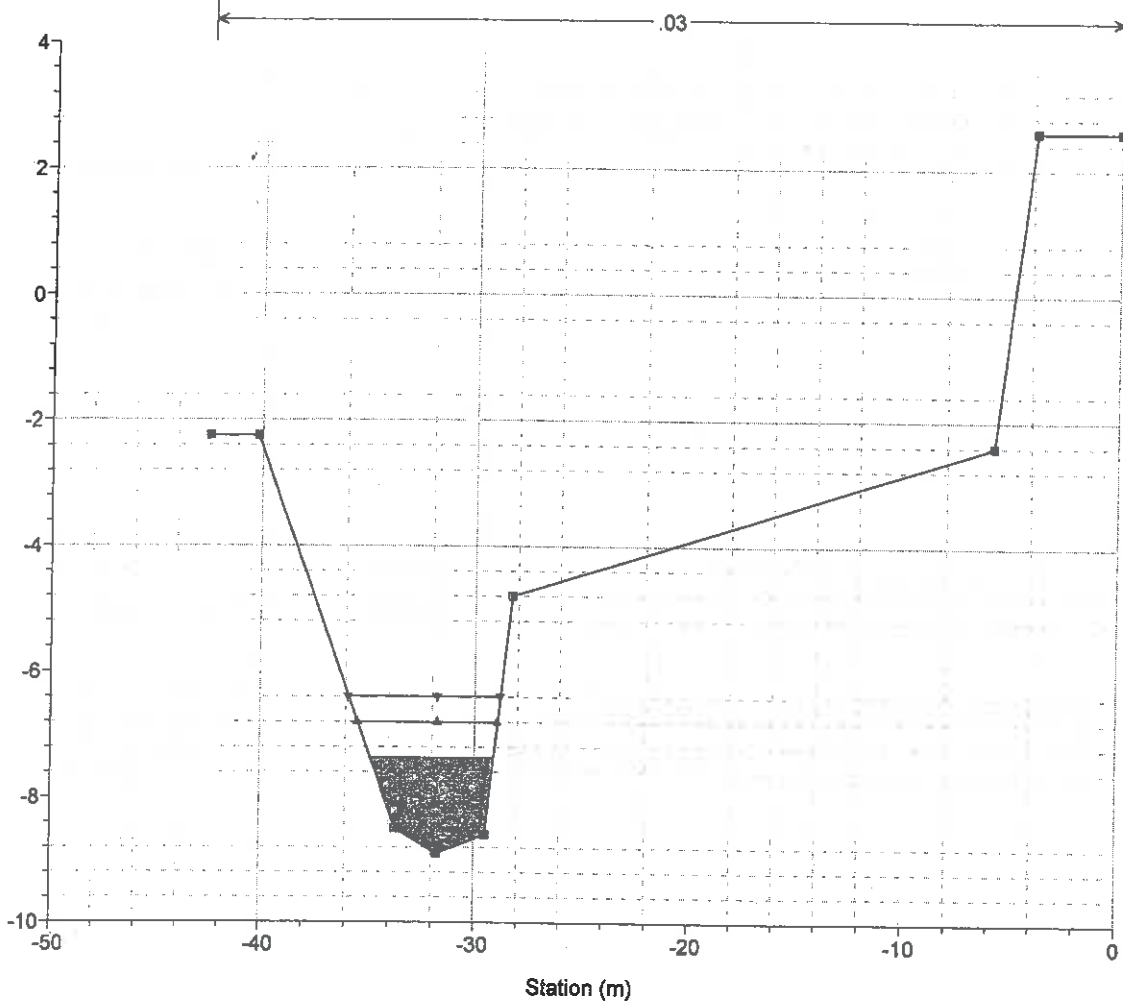
Legend	
WS PF 1 - T500comp	▲
WS PF 1 - T200comp	▲
WS PF 1 - T50comp	▲
WS	■
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 13 Rio Vola-Vassa

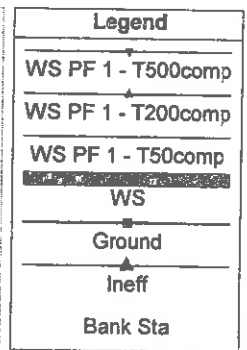
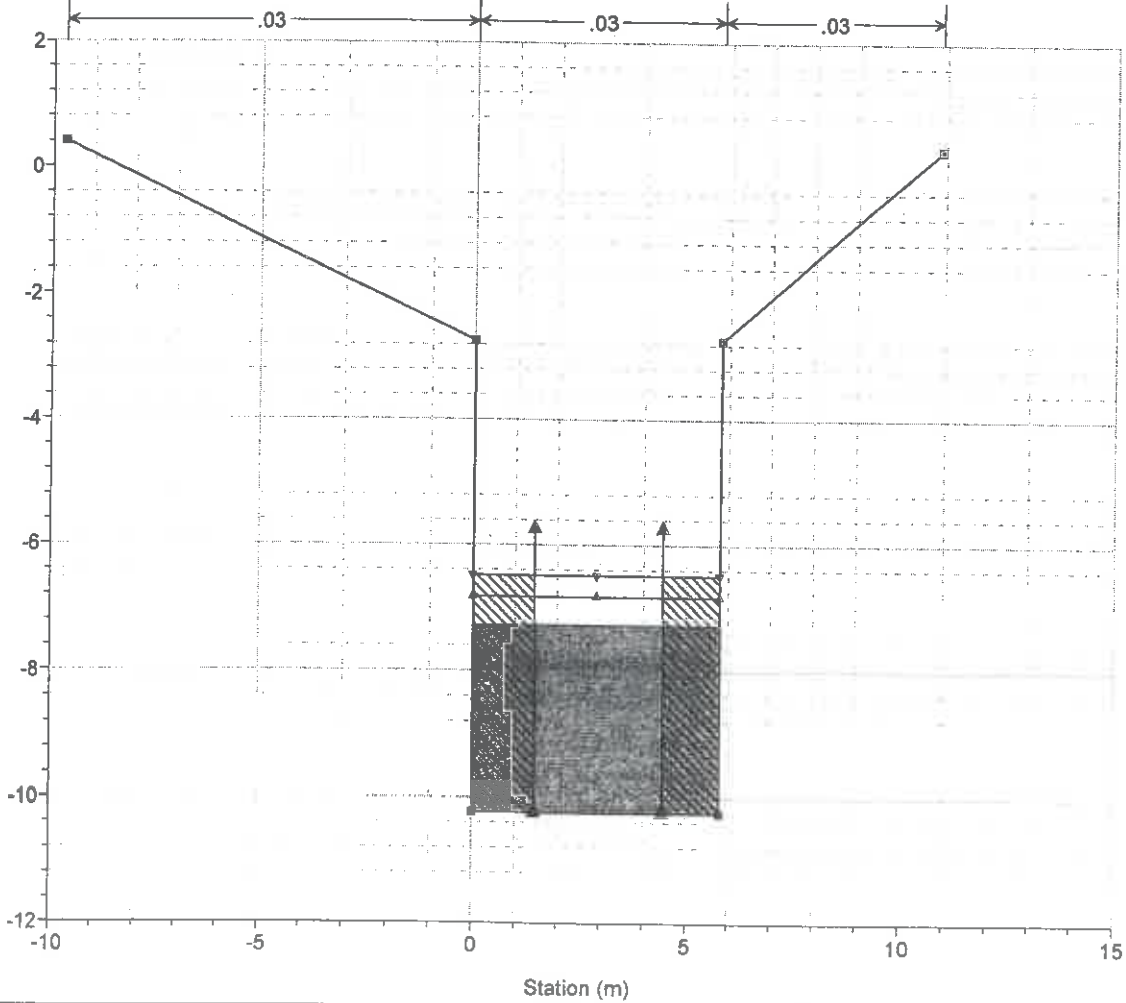


Legend	
WS PF 1 - T500comp	▲
WS PF 1 - T200comp	▲
WS PF 1 - T50comp	▲
WS	■
Ground	■
Bank Sta	■

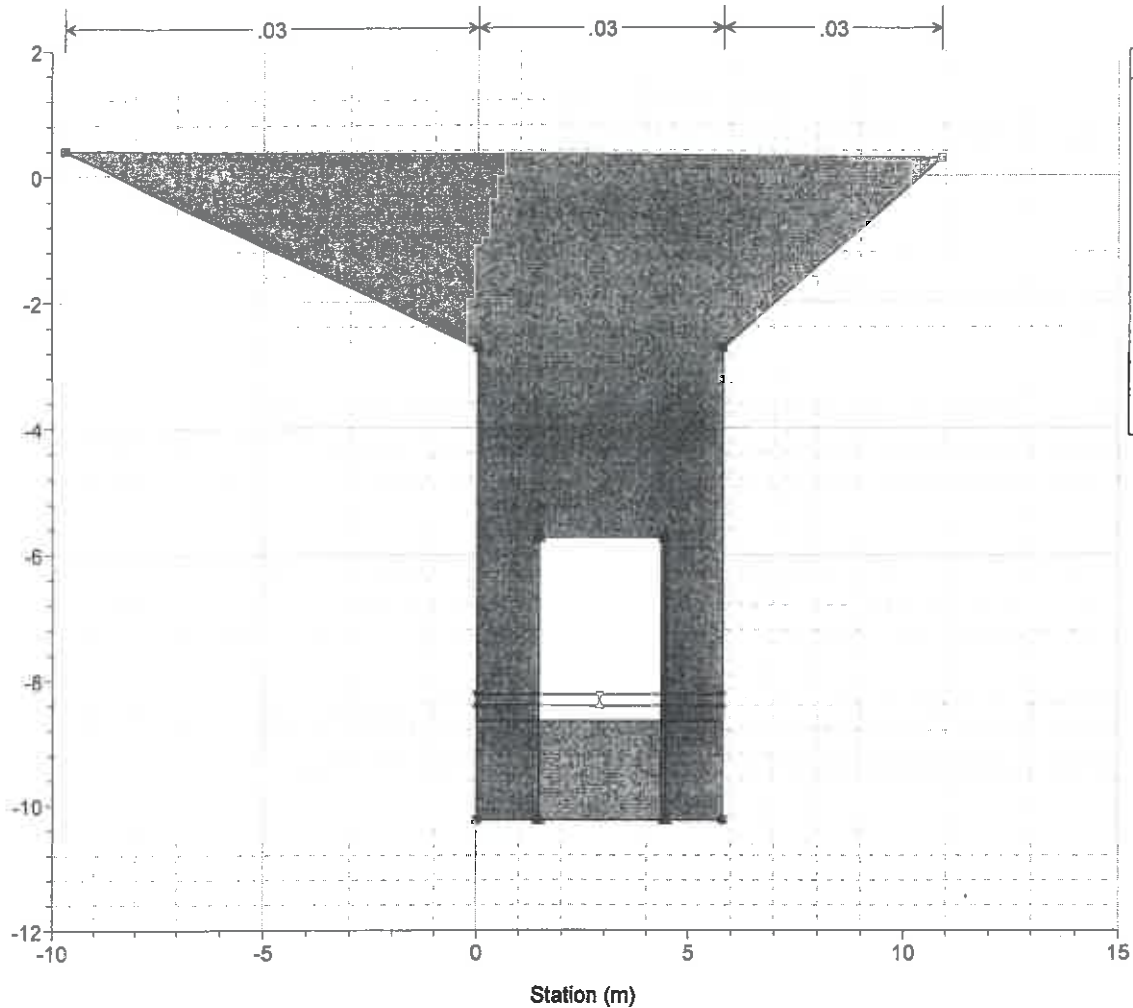
RS = 12 Rio Vola-Vassa



RS = 11 Rio Vola-Vassa

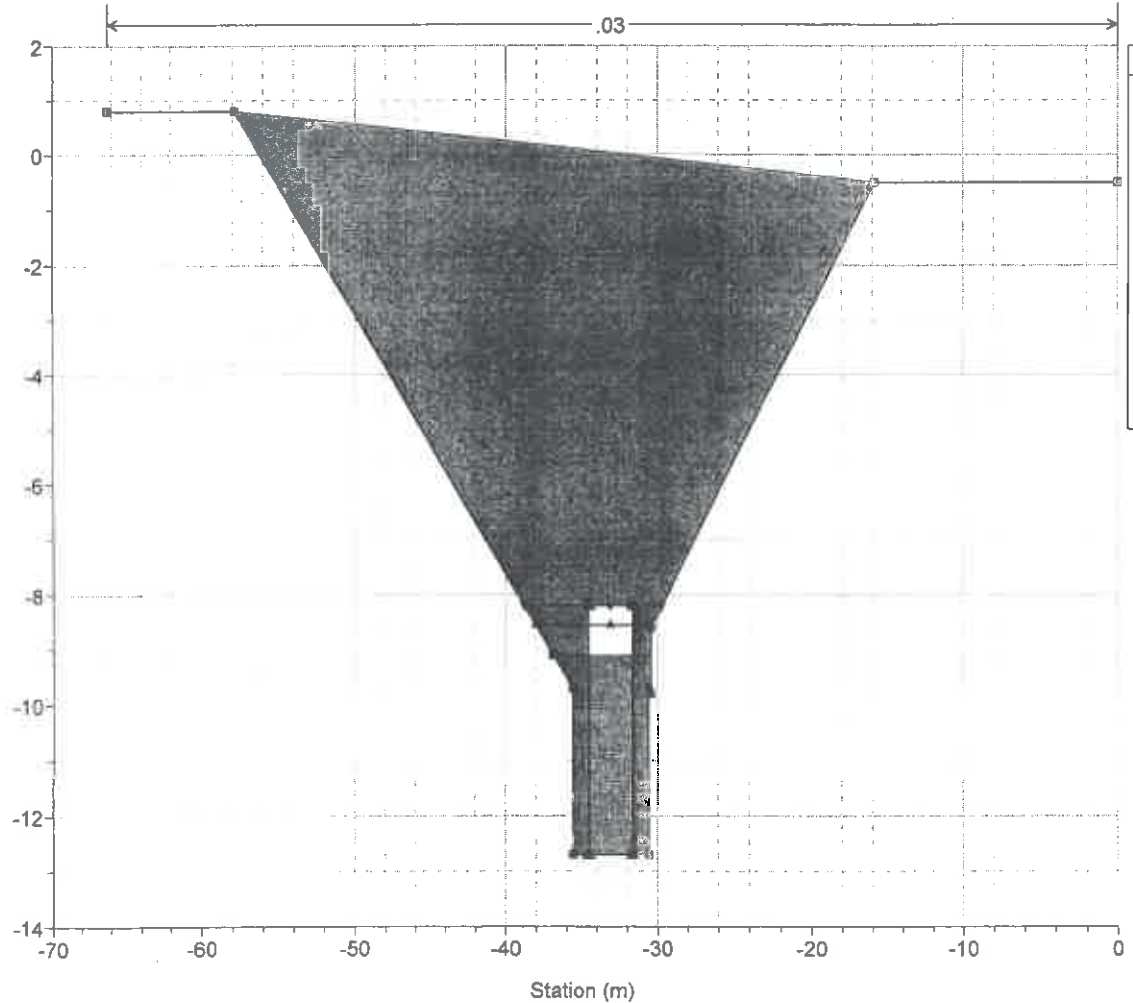


RS = 10.5 Rio Vola-Vassa



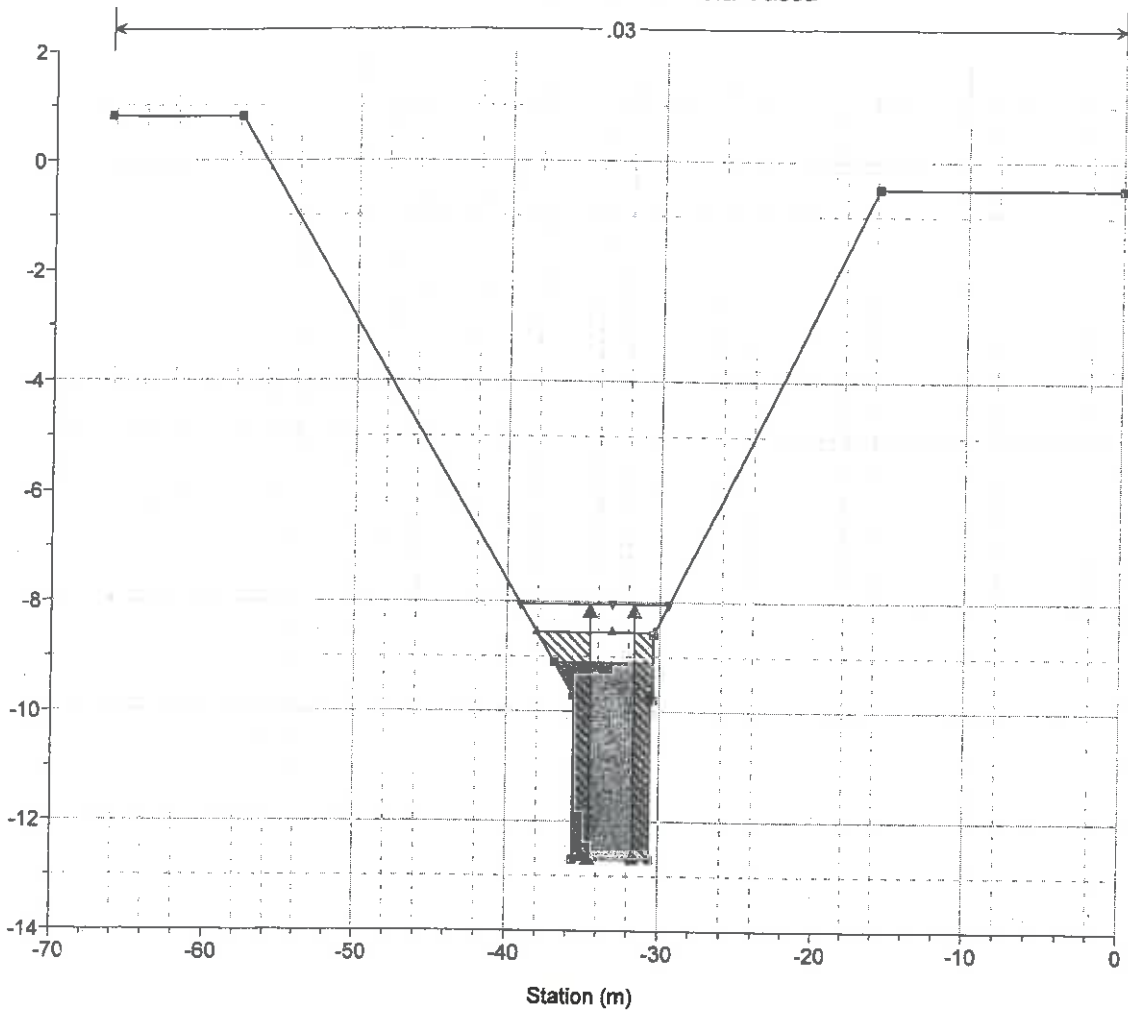
Legend	
WS PF 1 - T500comp	→
WS PF 1 - T200comp	→
WS PF 1 - T50comp	→
WS	▨
WS	▨
Ground	—
Ineff	▲
Bank Sta	■

RS = 10.5 Rio Vola-Vassa



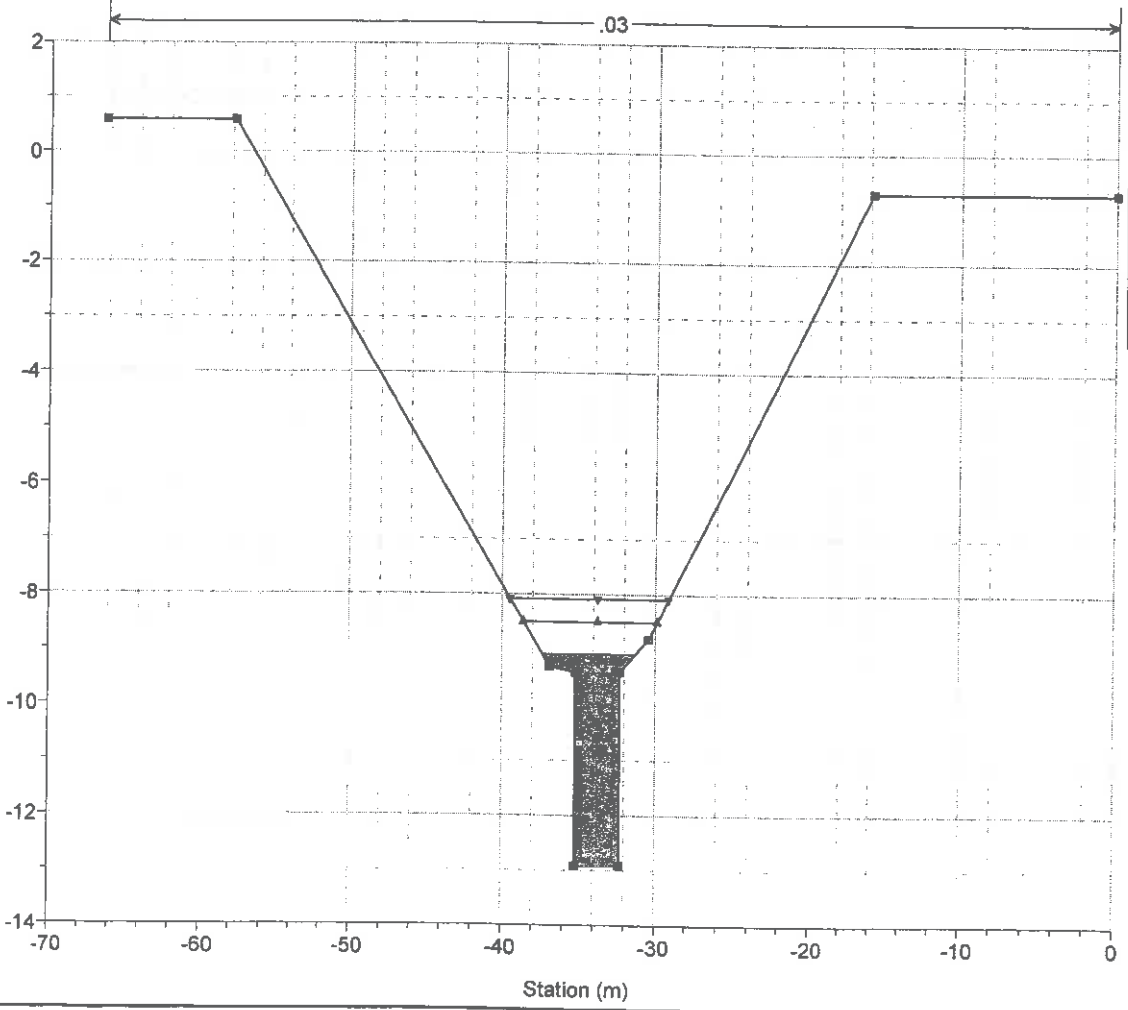
Legend	
WS PF 1 - T500comp	→
WS PF 1 - T200comp	→
WS PF 1 - T50comp	→
WS	▨
WS	▨
Ground	—
Ineff	▲
Bank Sta	■

RS = 10 Rio Vola-Vassa



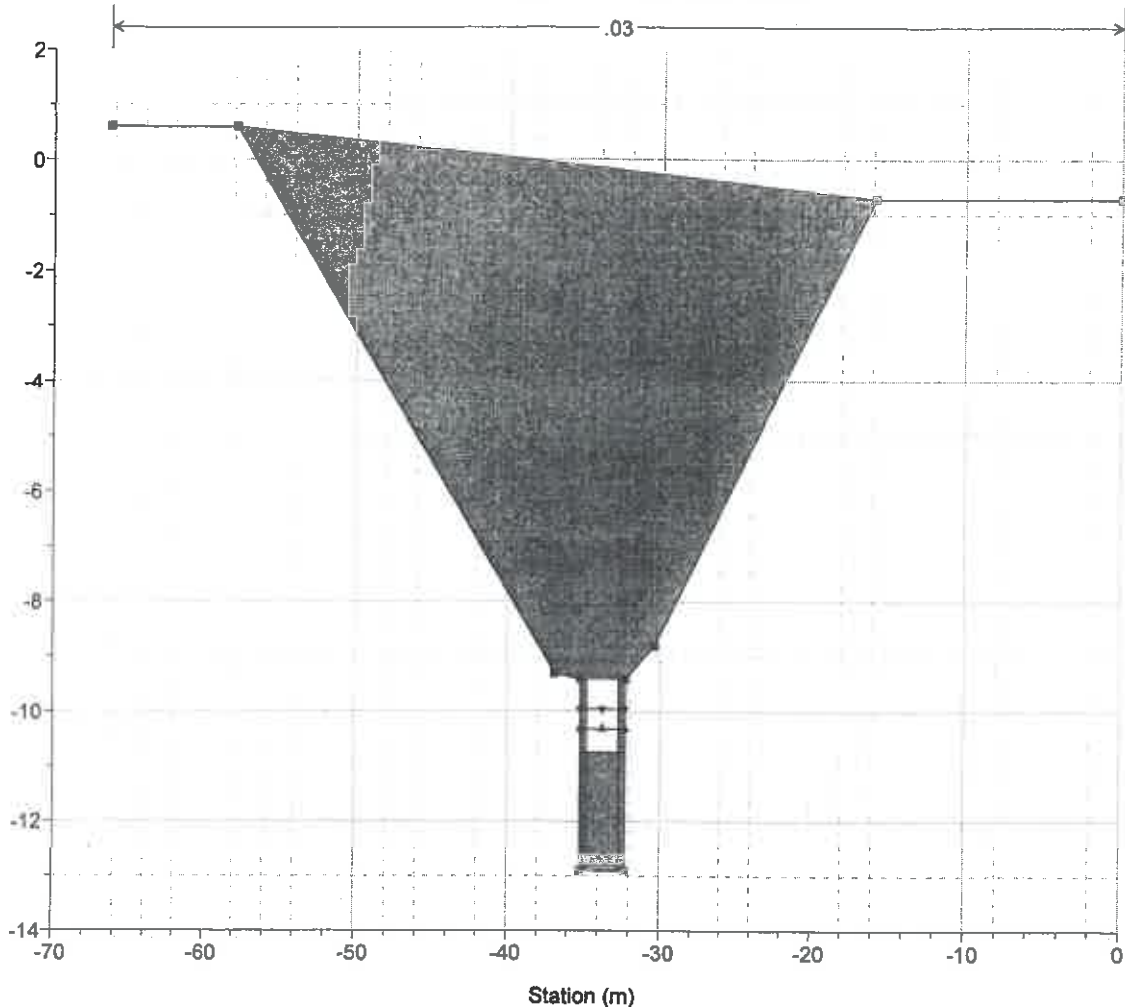
Legend	
WS PF 1 - T500comp	▲
WS PF 1 - T200comp	▲
WS PF 1 - T50comp	▲
WS	▨
Ground	■
Ineff	▲
Bank Sta	—

RS = 9 Rio Vola-Vassa



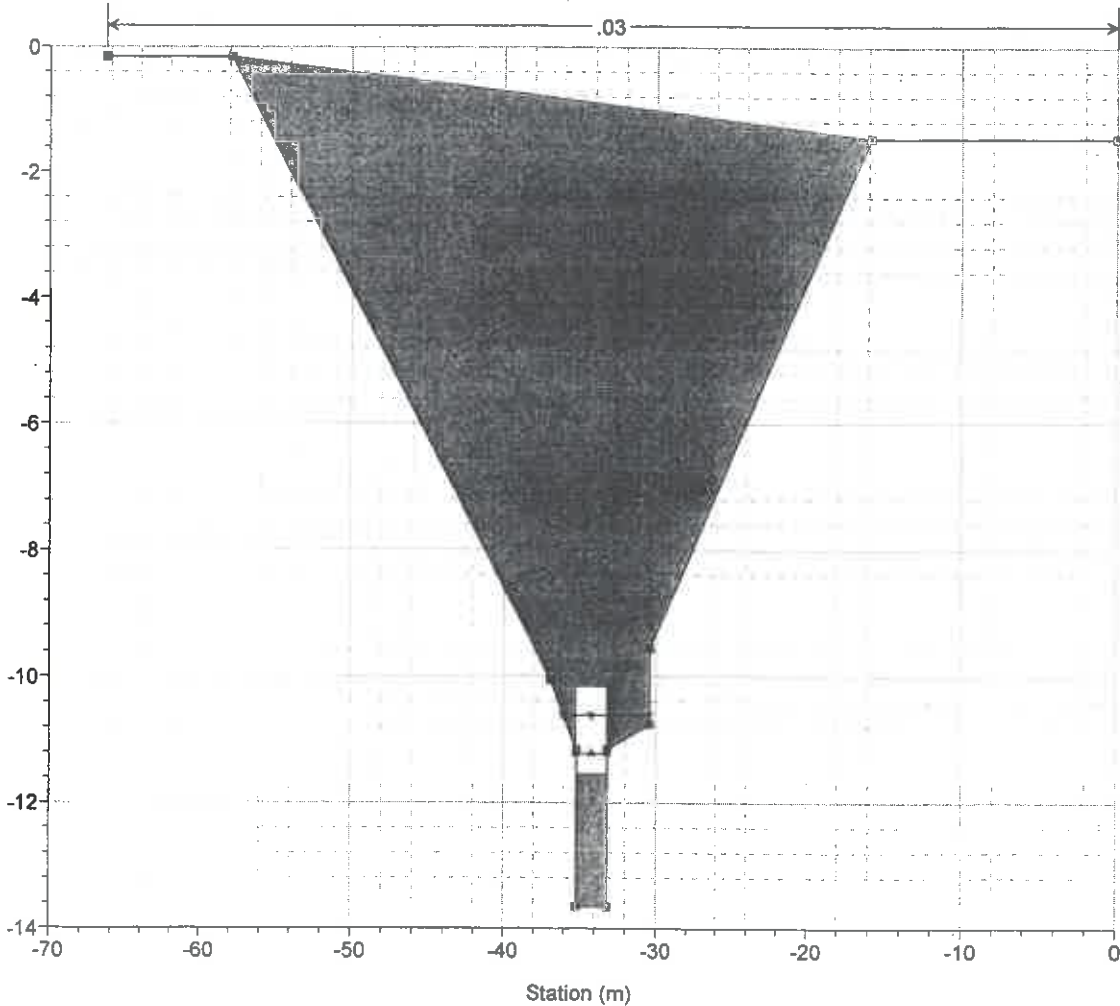
Legend	
WS PF 1 - T500comp	▲
WS PF 1 - T200comp	▲
WS PF 1 - T50comp	▲
WS	▨
Ground	■
Bank Sta	—

RS = 8.5 Rio Vola-Vassa



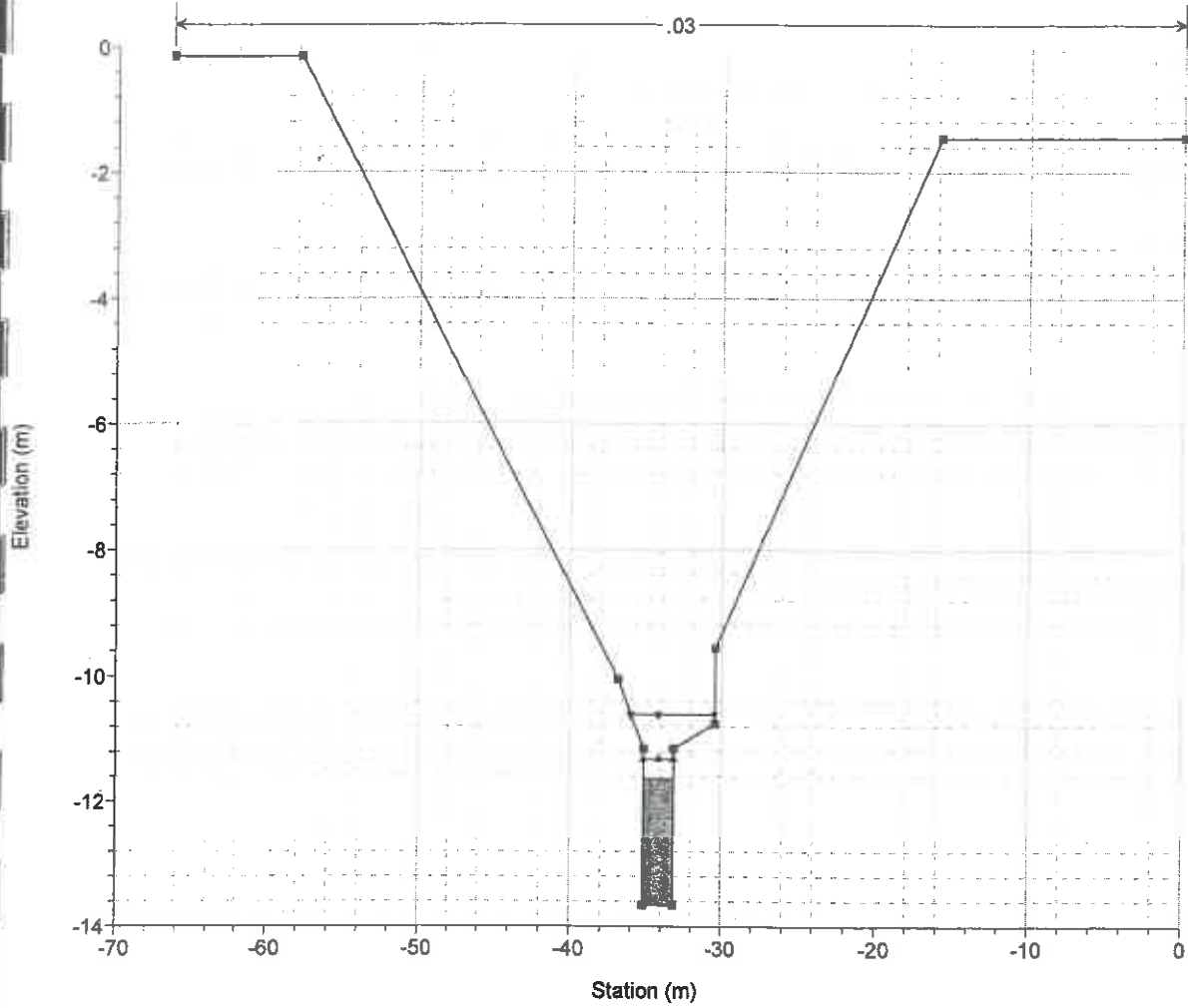
Legend	
WS PF 1 - T500comp	▲
WS PF 1 - T200comp	▲
WS PF 1 - T50comp	▲
WS	▨
WS	▨
Ground	—
Bank Sta	■

RS = 8.5 Rio Vola-Vassa

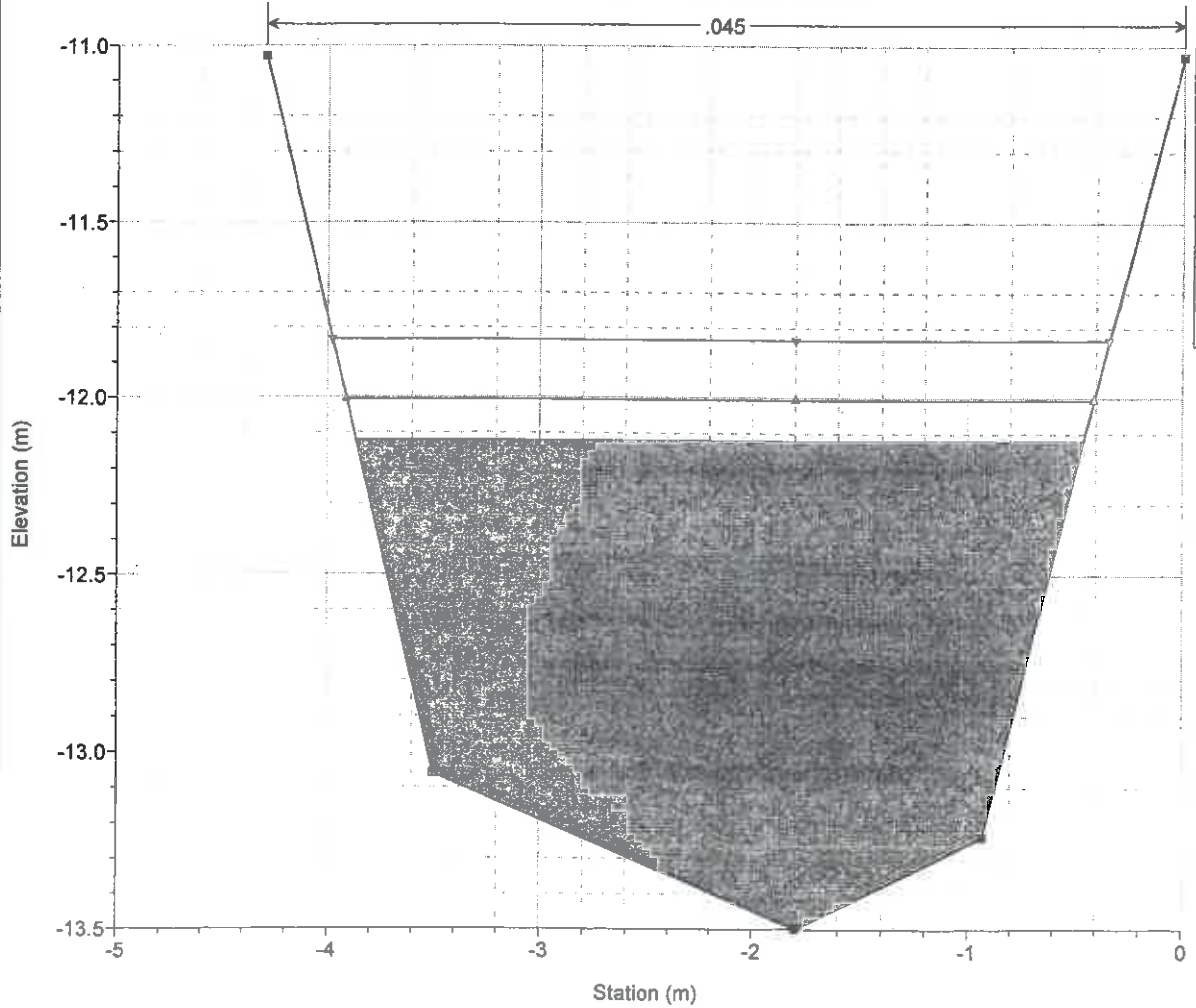


Legend	
WS PF 1 - T500comp	▲
WS PF 1 - T200comp	▲
WS PF 1 - T50comp	▲
WS	▨
WS	▨
Ground	—
Bank Sta	■

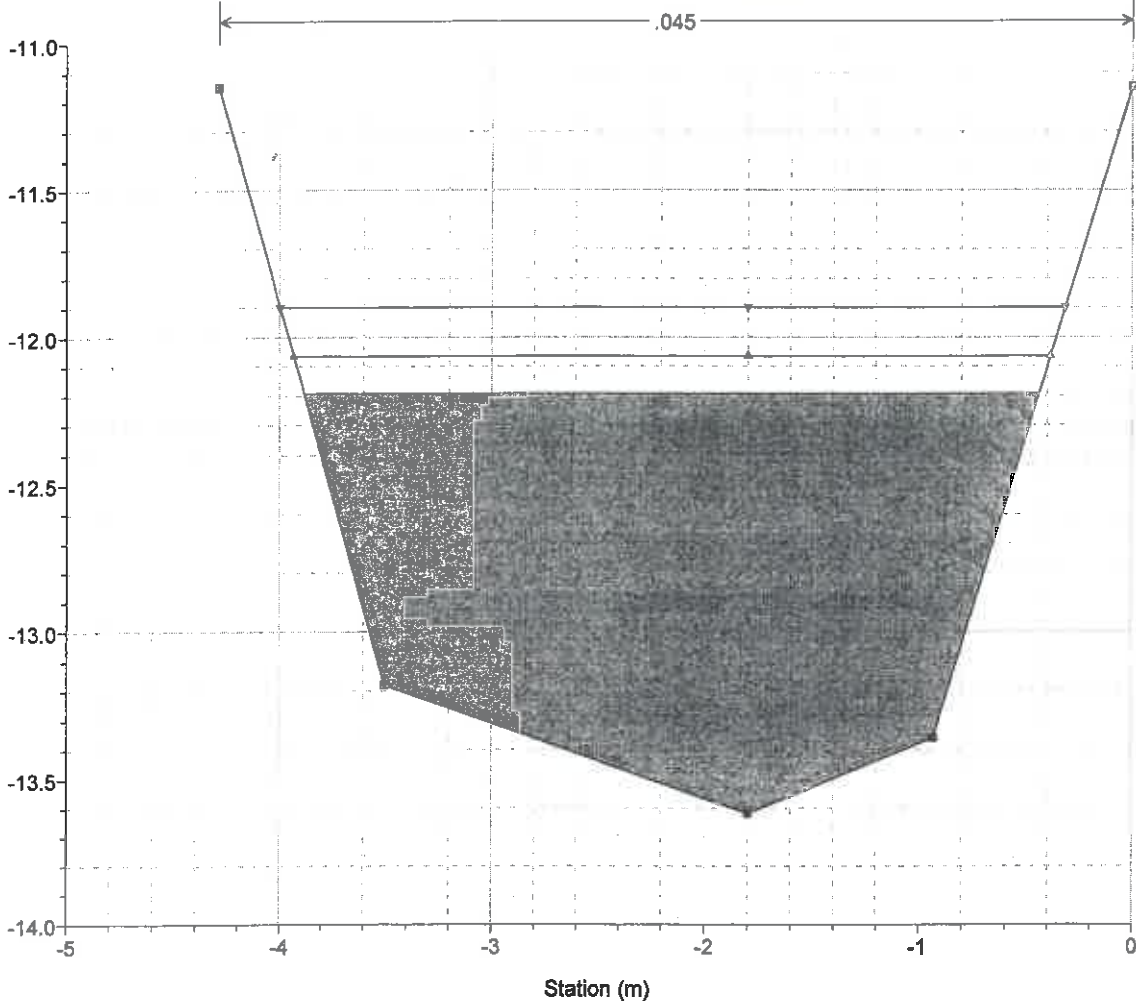
RS = 8 Rio Vola-Vassa



RS = 7 Rio Vola-Vassa

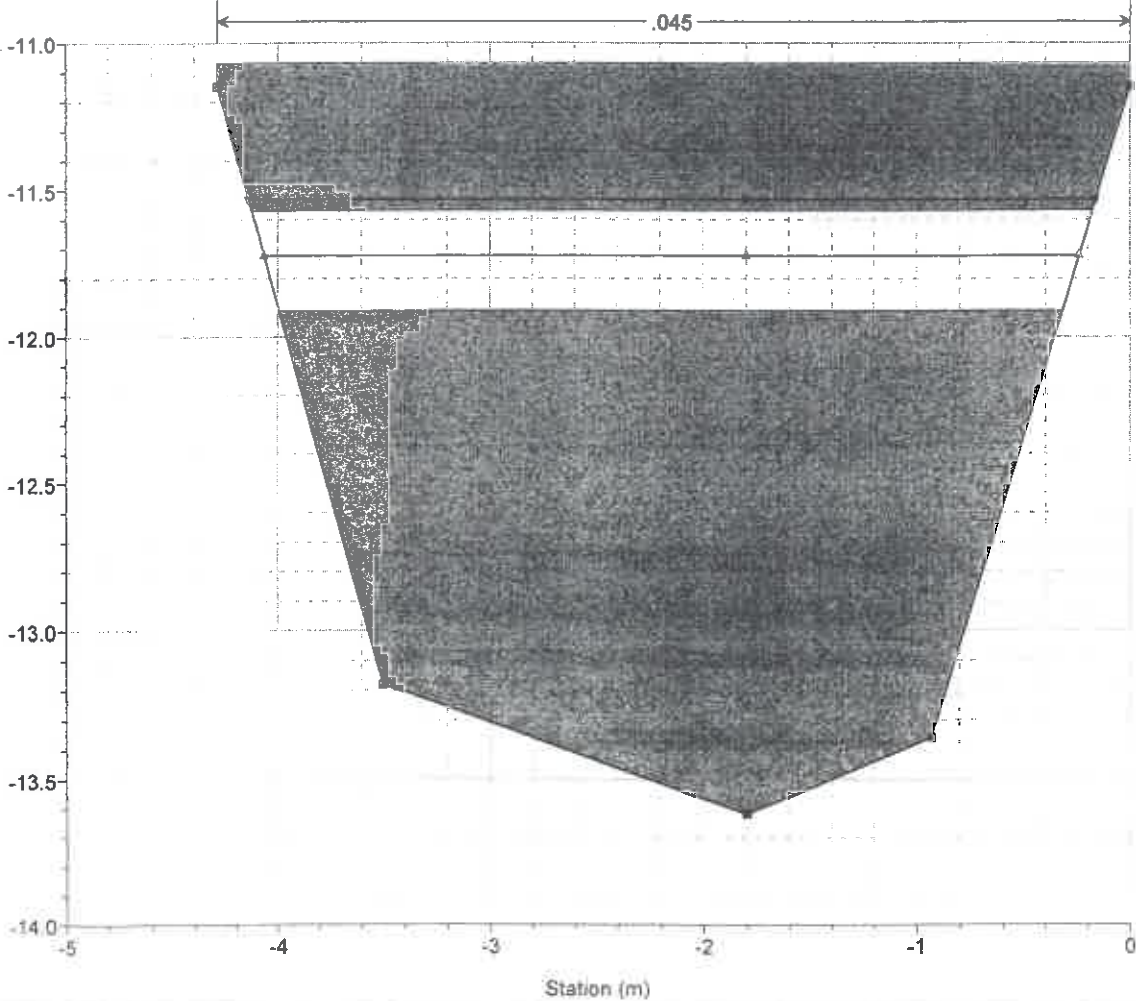


RS = 6 Rio Vola-Vassa



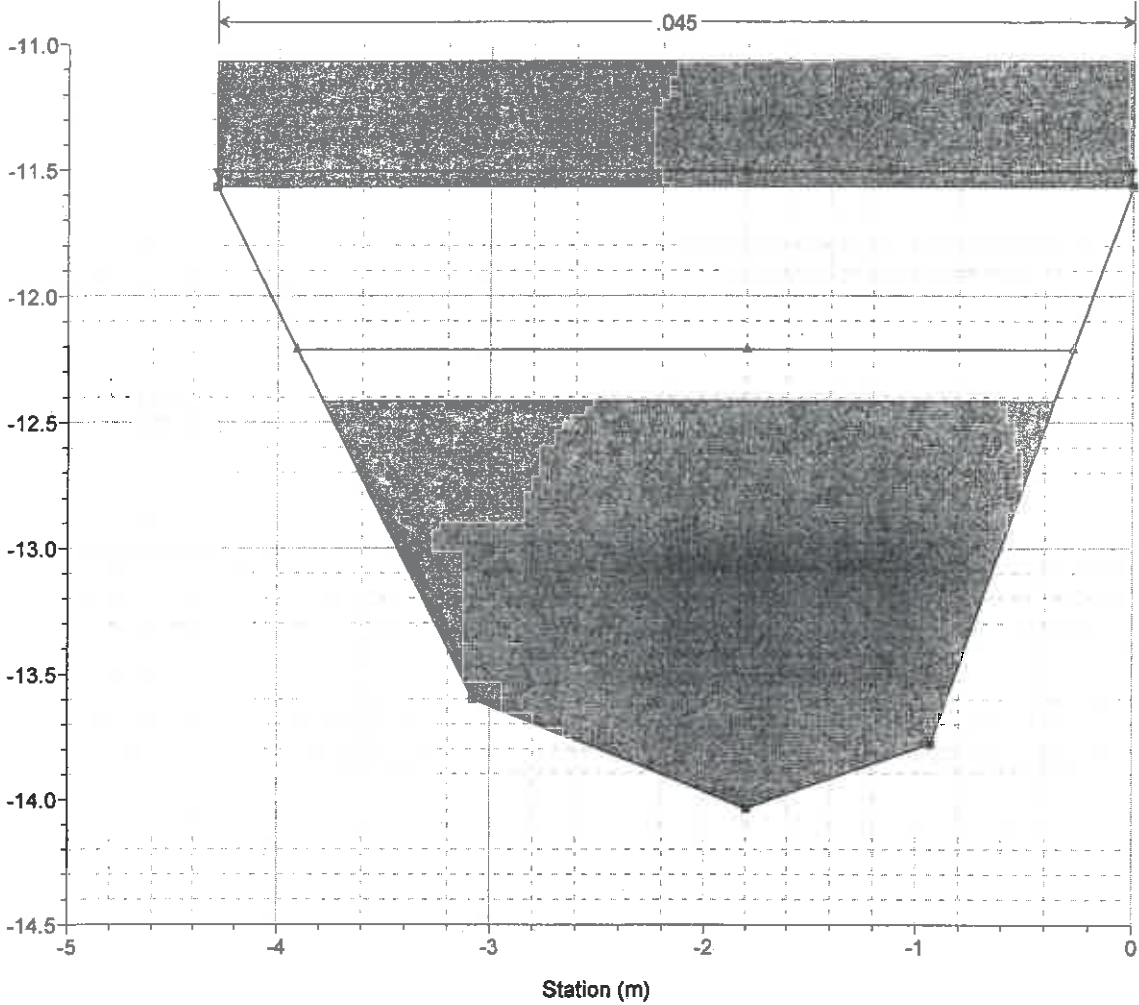
Legend	
WS PF 1 - T500comp	→
WS PF 1 - T200comp	→
WS PF 1 - T50comp	→
WS	▨
Ground	—
Bank Sta	—

RS = 5.5 Rio Vola-Vassa



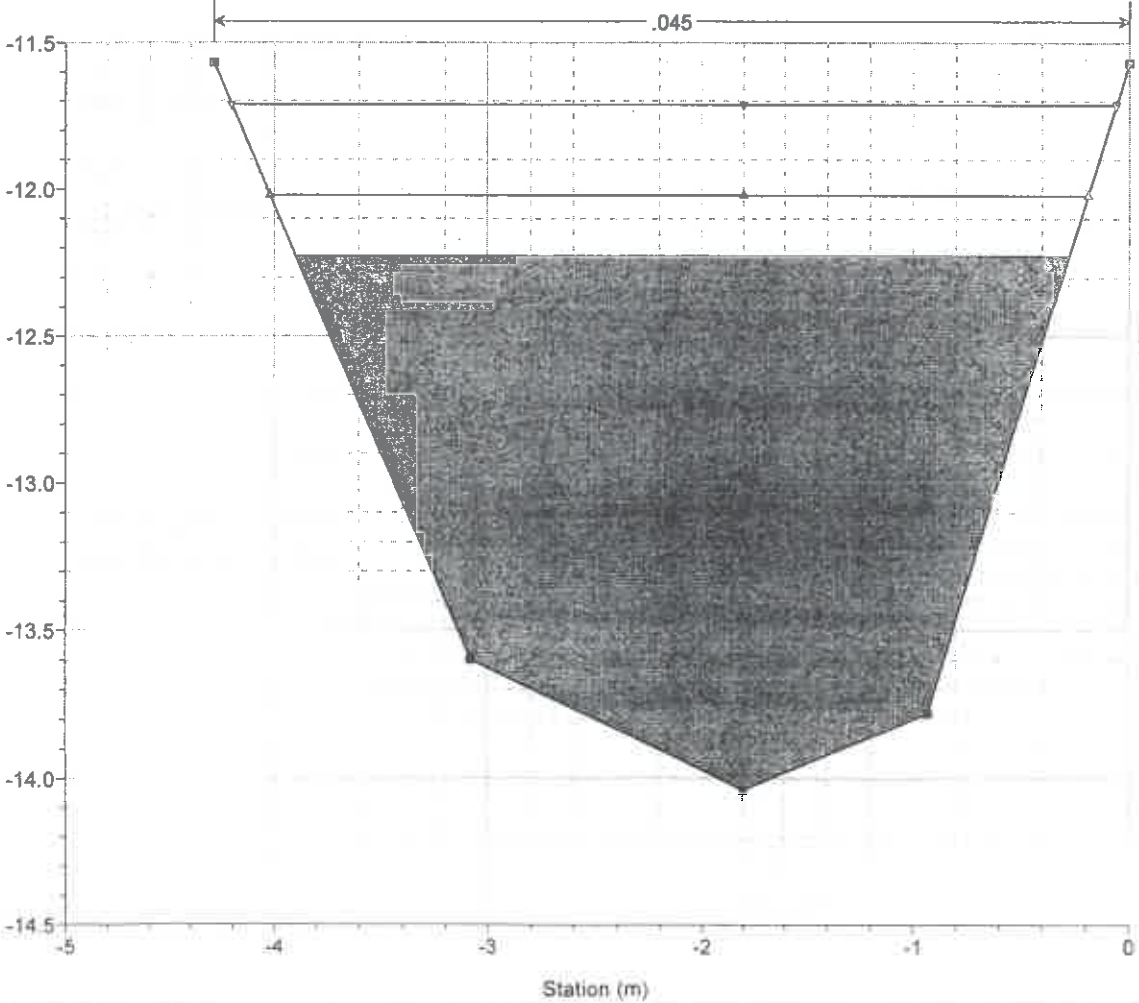
Legend	
WS PF 1 - T500comp	→
WS PF 1 - T200comp	→
WS PF 1 - T50comp	→
WS	▨
Ground	—
Bank Sta	—

RS = 5.5 Rio Vola-Vassa



Legend	
WS PF 1 - T500comp	(Dashed line with triangles)
WS PF 1 - T200comp	(Solid line with triangles)
WS PF 1 - T50comp	(Solid line with triangles)
WS	(Stippled area)
Ground	(Solid black line)
Bank Sta	(Square symbol)

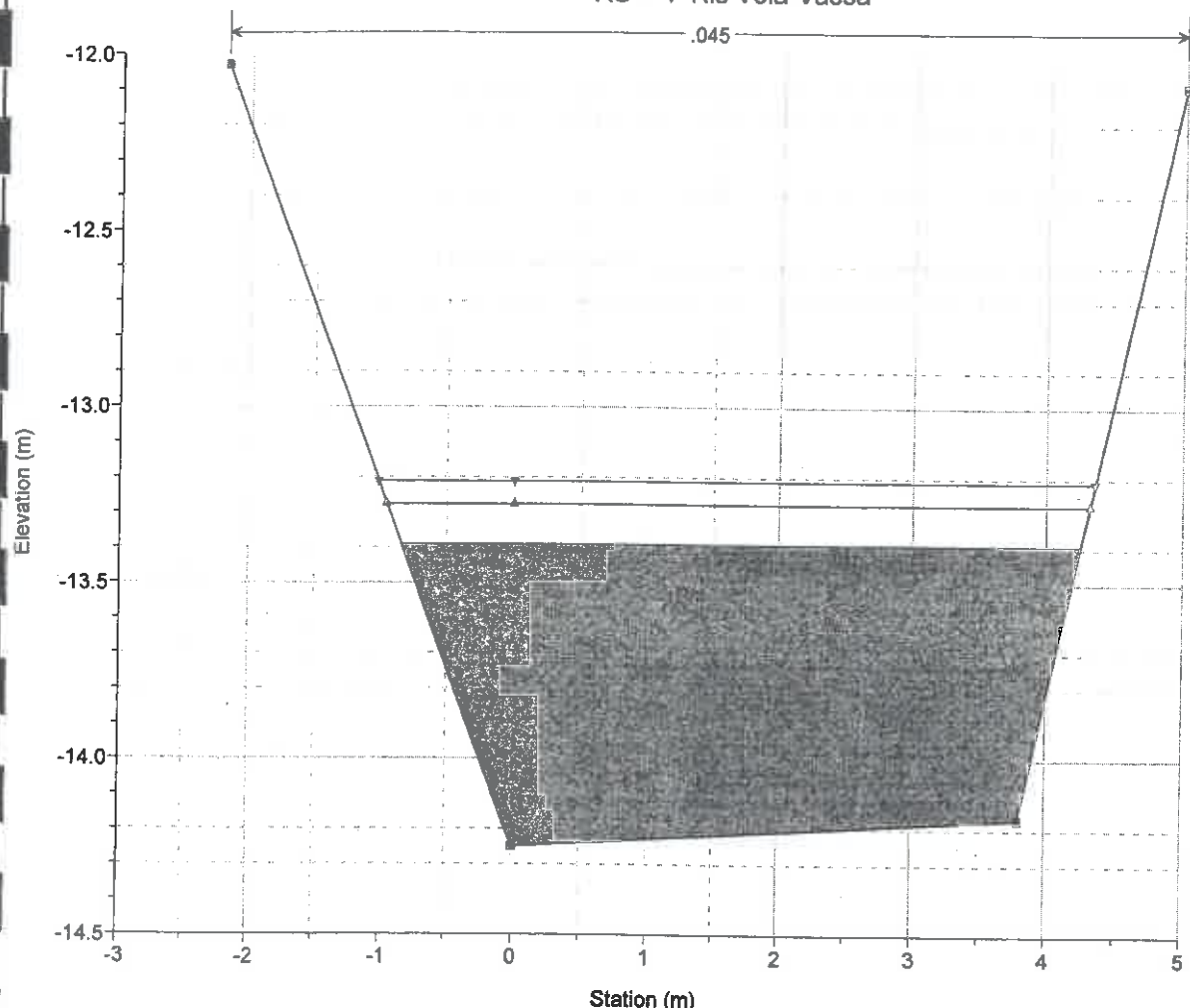
RS = 5 Rio Vola-Vassa



Legend	
WS PF 1 - T500comp	(Dashed line with triangles)
WS PF 1 - T200comp	(Solid line with triangles)
WS PF 1 - T50comp	(Solid line with triangles)
WS	(Stippled area)
Ground	(Solid black line)
Bank Sta	(Square symbol)

RS = 4 Rio Vola-Vassa

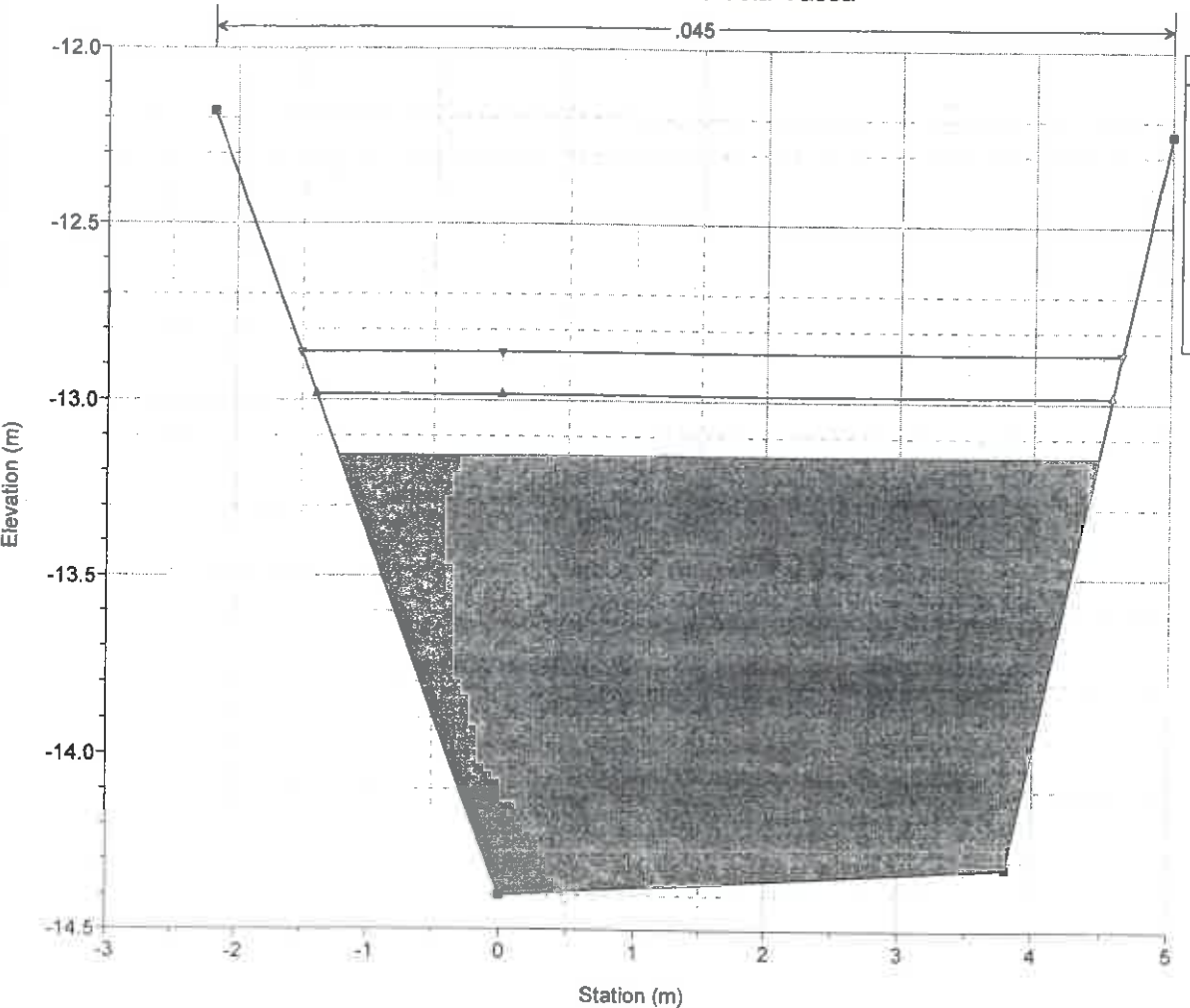
.045



Legend	
WS PF 1 - T500comp	▲
WS PF 1 - T200comp	▲
WS PF 1 - T50comp	▲
WS	▨
Ground	—
Bank Sta	- - -

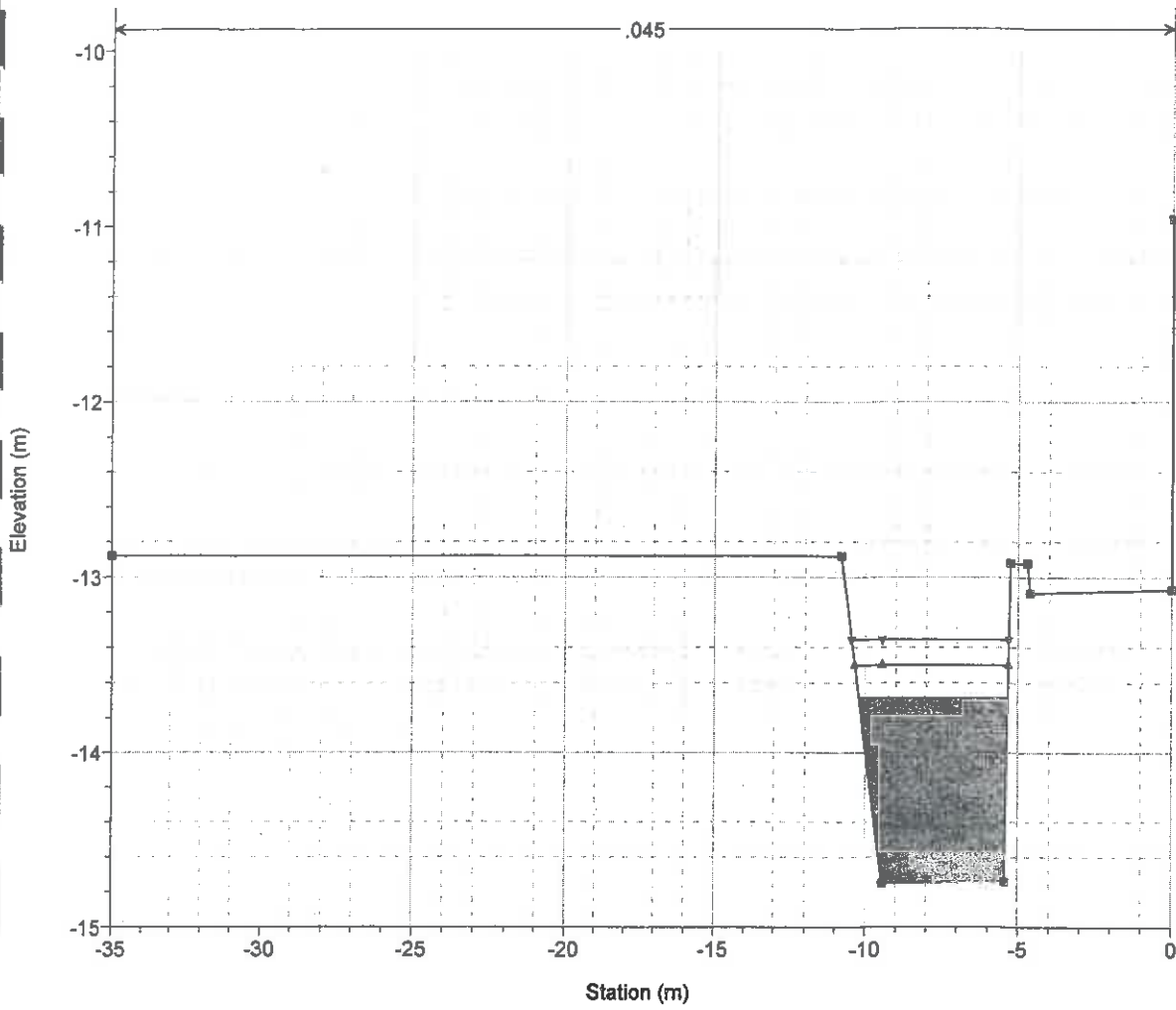
RS = 3 Rio Vola-Vassa

.045

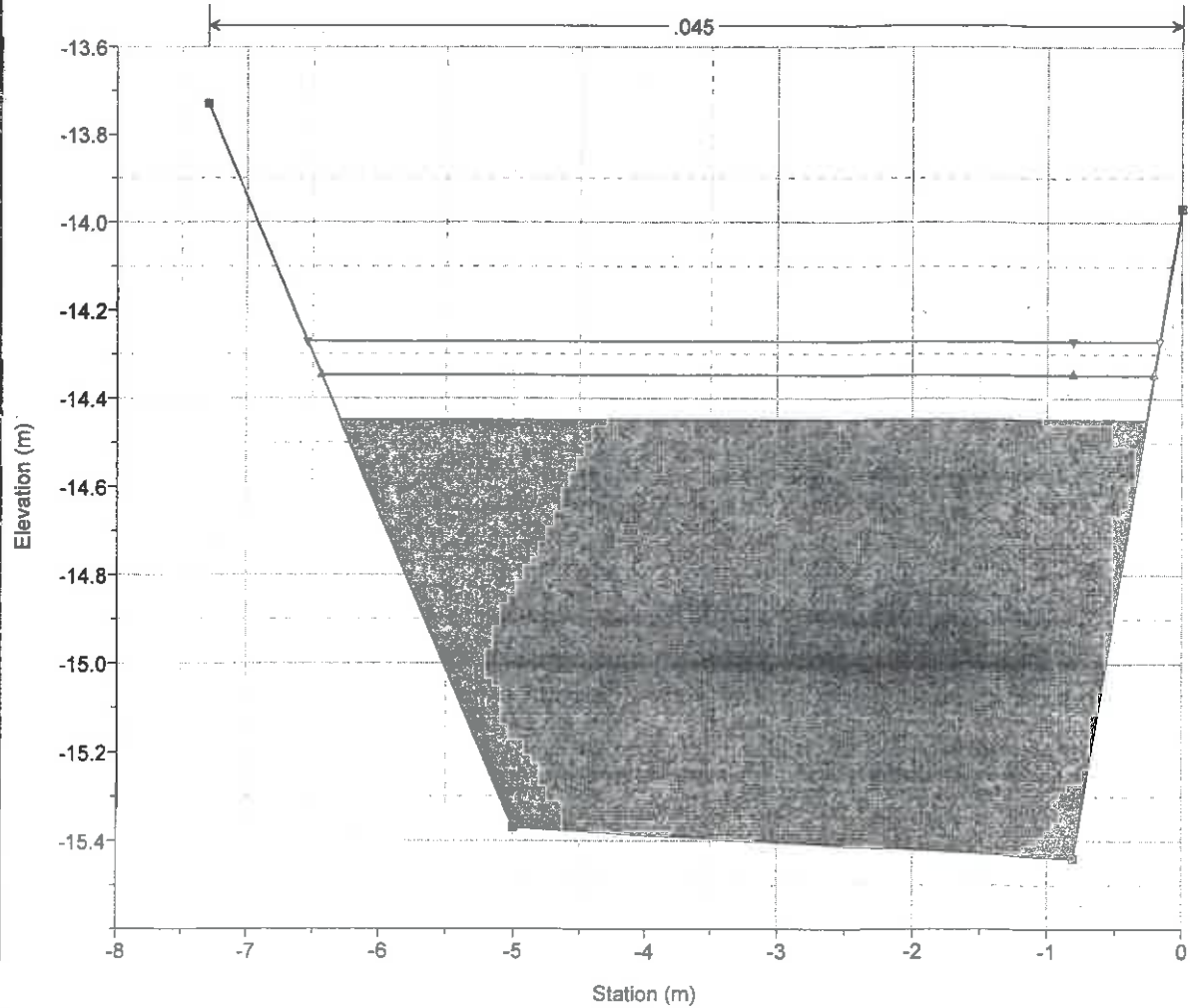


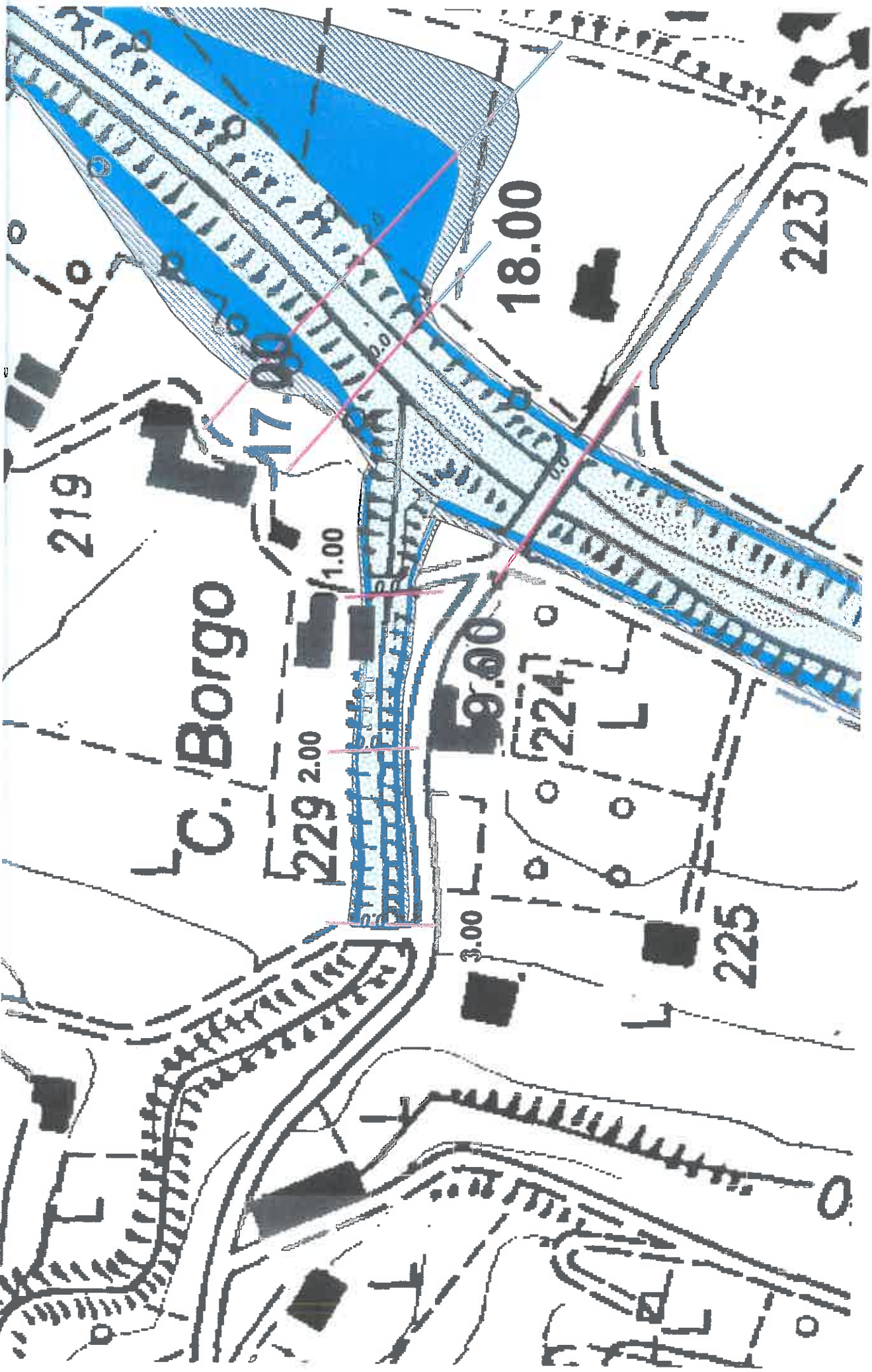
Legend	
WS PF 1 - T500comp	▲
WS PF 1 - T200comp	▲
WS PF 1 - T50comp	▲
WS	▨
Ground	—
Bank Sta	- - -

RS = 2 Rio Vola-Vassa



RS = 1 Rio Vola-Vassa





	Eb
	Ee
	Em

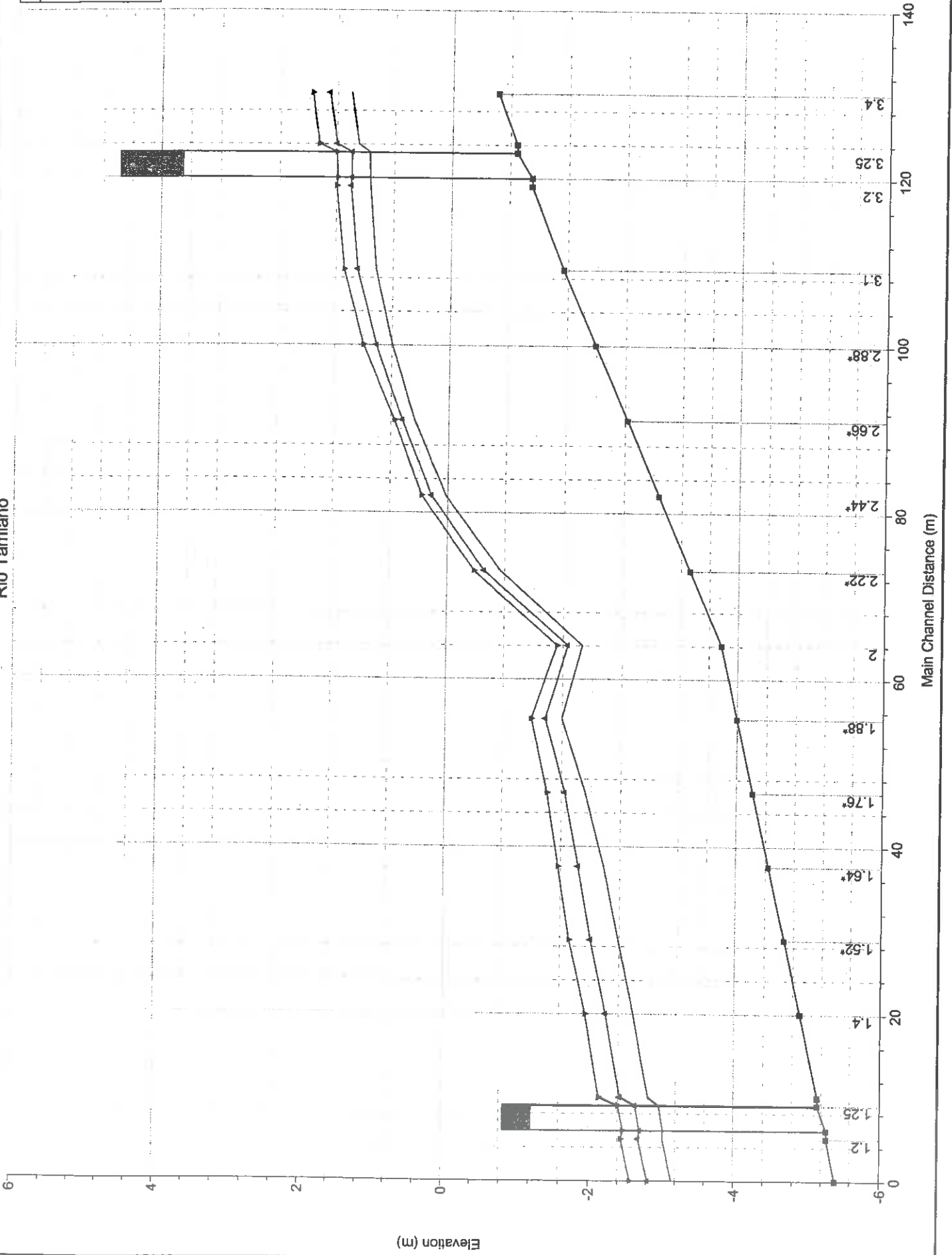
Sezioni



SCALA 1:2.000

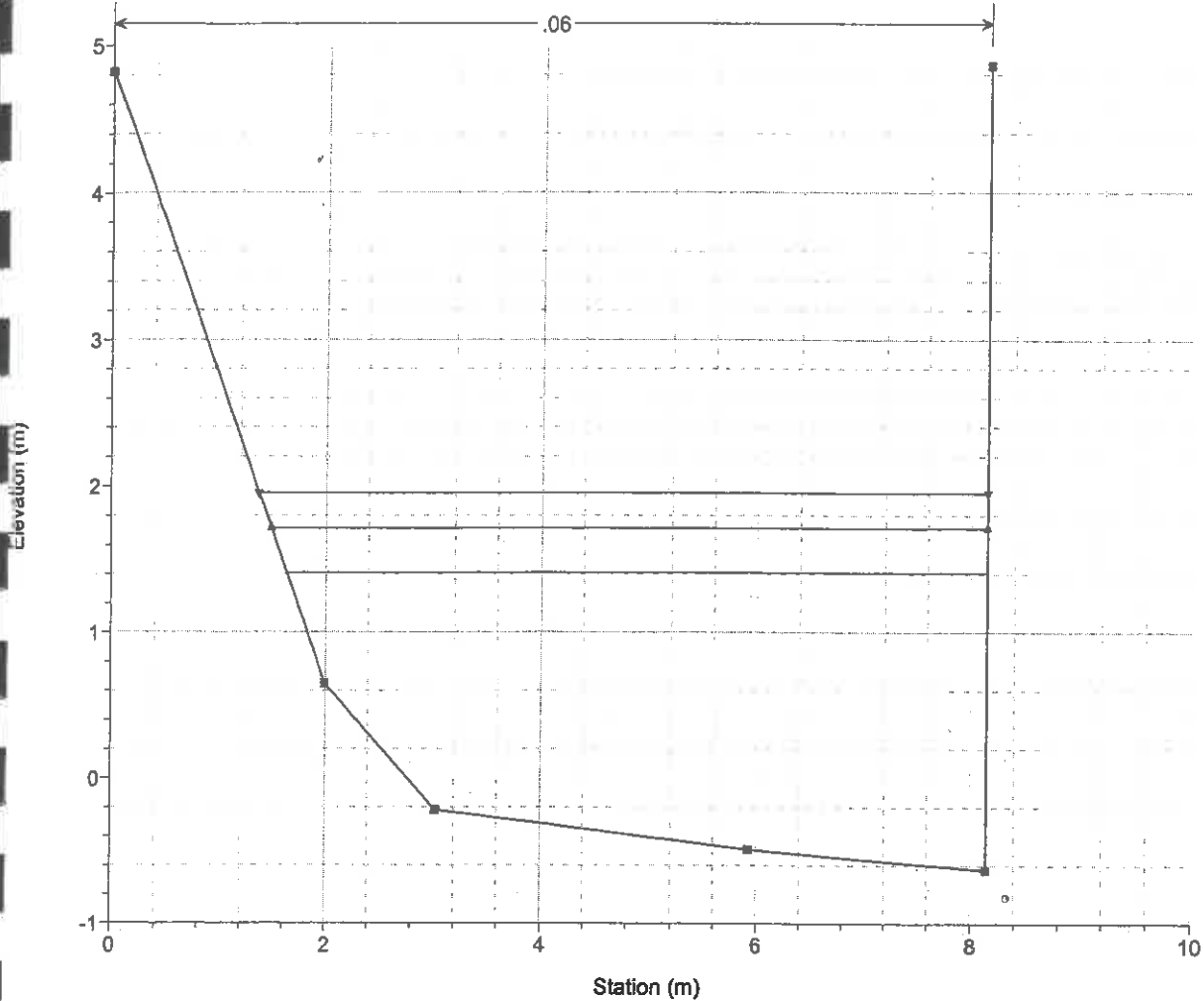
Rio Tamiano

Legend	
WS PF 1 - Tam500	▲
WS PF 1 - Tam200	▼
WS PF 1 - Tam50	■
Ground	—



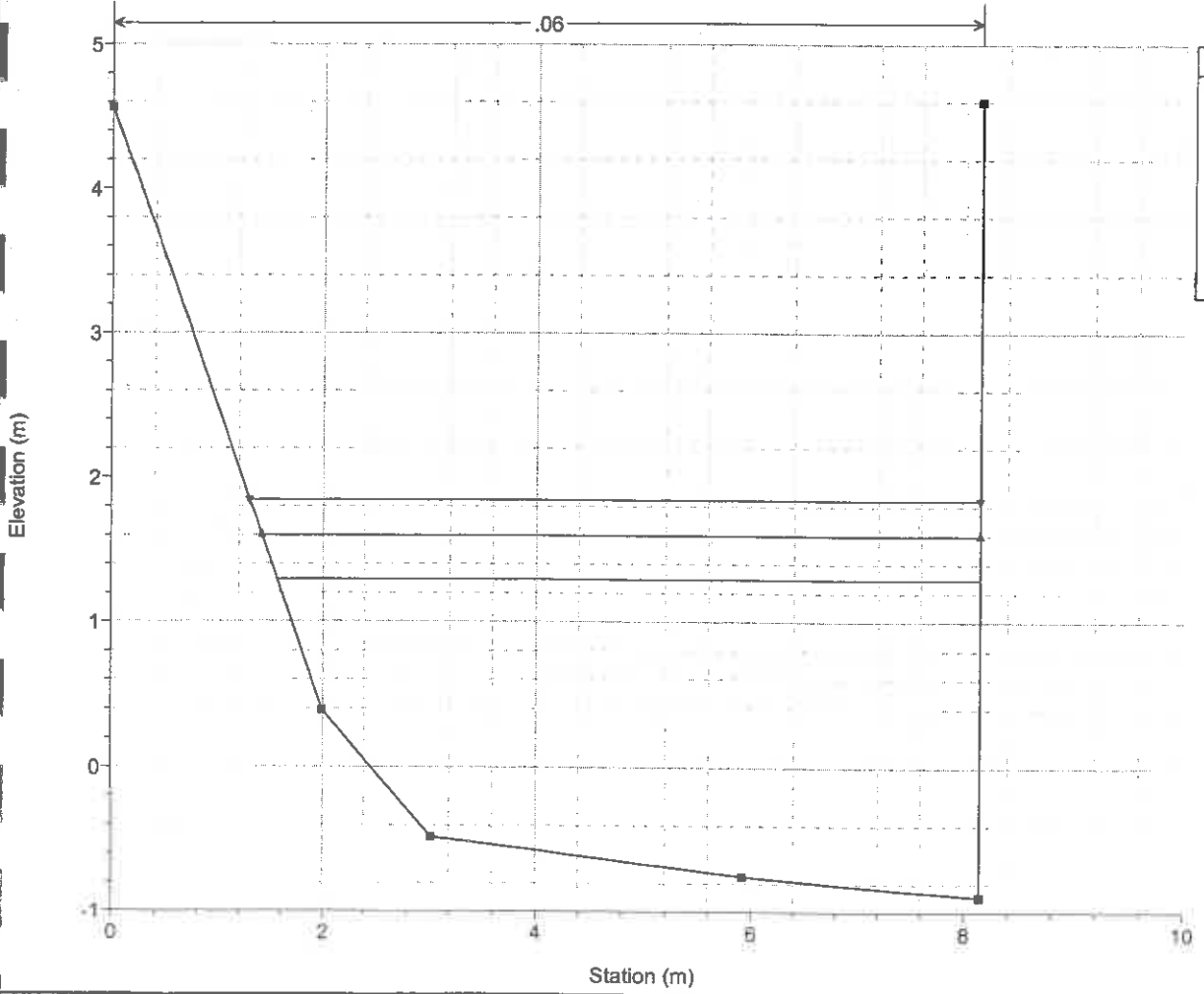
Reach	River Sta	Plan	Q Total (m3/s)	Cum Ch Len (m)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Max Chl Dpth (m)	Vel Total (m/s)	Manr Wtd Total	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # XS
Tratto	3.4	Tam50	35.99	130.10	-0.63	1.41	2.04	3.32	0.060	10.85	6.51	0.82
Tratto	3.4	Tam200	44.80	130.10	-0.63	1.71	2.34	3.49	0.060	12.85	6.66	0.80
Tratto	3.4	Tam500	51.52	130.10	-0.63	1.85	2.58	3.56	0.060	14.46	6.77	0.78
Tratto	3.3	Tam50	35.99	124.03	-0.89	1.30	2.19	3.05	0.060	11.81	6.58	0.73
Tratto	3.3	Tam200	44.80	124.03	-0.89	1.60	2.49	3.24	0.060	13.83	6.73	0.72
Tratto	3.3	Tam500	51.52	124.03	-0.89	1.85	2.74	3.32	0.060	15.50	6.84	0.71
Tratto	3.25		Bridge									
Tratto	3.2	Tam50	35.99	119.03	-1.10	1.13	2.23	2.98	0.060	12.09	6.60	0.70
Tratto	3.2	Tam200	44.80	119.03	-1.10	1.40	2.50	3.22	0.060	13.90	6.73	0.72
Tratto	3.2	Tam500	51.52	119.03	-1.10	1.60	2.70	3.38	0.060	15.24	6.83	0.72
Tratto	3.1	Tam50	35.99	109.03	-1.54	1.03	2.57	2.50	0.060	14.40	6.77	0.55
Tratto	3.1	Tam200	44.80	109.03	-1.54	1.29	2.83	2.77	0.060	16.16	6.89	0.58
Tratto	3.1	Tam500	51.52	109.03	-1.54	1.48	3.02	2.95	0.060	17.47	6.98	0.60
Tratto	2	Tam50	35.99	64.03	-3.77	-1.86	1.91	4.88	0.060	7.41	7.22	1.53
Tratto	2	Tam200	44.80	64.03	-3.77	-1.67	2.10	5.08	0.060	8.82	7.50	1.49
Tratto	2	Tam500	51.52	64.03	-3.77	-1.52	2.25	5.19	0.060	9.93	7.71	1.46
Tratto	1.4	Tam50	35.99	20.00	-4.89	-2.60	2.29	3.01	0.060	11.97	6.11	0.69
Tratto	1.4	Tam200	44.80	20.00	-4.89	-2.22	2.67	3.12	0.060	14.37	6.57	0.67
Tratto	1.4	Tam500	51.52	20.00	-4.89	-1.95	2.94	3.18	0.060	16.22	7.04	0.67
Tratto	1.3	Tam50	35.99	10.00	-5.14	-2.82	2.32	2.96	0.060	12.17	6.13	0.67
Tratto	1.3	Tam200	44.80	10.00	-5.14	-2.43	2.71	3.06	0.060	14.64	6.64	0.66
Tratto	1.3	Tam500	51.52	10.00	-5.14	-2.14	3.00	3.10	0.060	16.63	7.14	0.65
Tratto	1.25		Bridge									
Tratto	1.2	Tam50	35.99	5.00	-5.27	-3.02	2.25	3.07	0.060	11.71	6.09	0.71
Tratto	1.2	Tam200	44.80	5.00	-5.27	-2.69	2.58	3.25	0.060	13.80	6.42	0.71
Tratto	1.2	Tam500	51.52	5.00	-5.27	-2.44	2.83	3.34	0.060	15.42	6.84	0.71
Tratto	1.1	Tam50	35.99		-5.39	-3.15	2.24	3.09	0.060	11.65	6.09	0.71
Tratto	1.1	Tam200	44.80		-5.39	-2.81	2.58	3.26	0.060	13.74	6.41	0.71
Tratto	1.1	Tam500	51.52		-5.39	-2.57	2.82	3.35	0.060	15.36	6.83	0.71

RS = 3.4 Rio Tamiano



Legend	
▲	WS PF 1 - Tam500
△	WS PF 1 - Tam200
■	WS PF 1 - Tam50
—	Ground
—	Bank Sta

RS = 3.3 Rio Tamiano

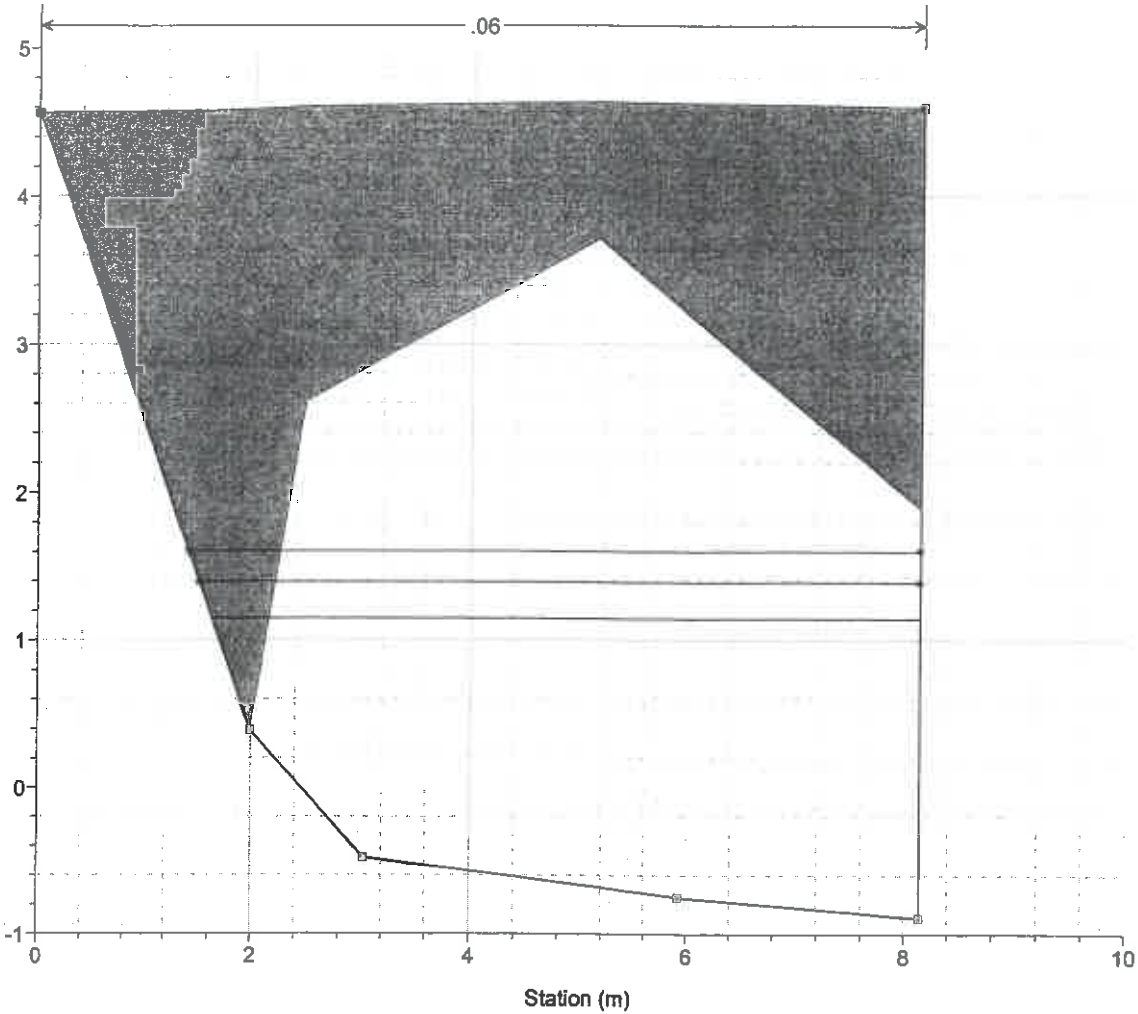


Legend	
▲	WS PF 1 - Tam500
△	WS PF 1 - Tam200
■	WS PF 1 - Tam50
—	Ground
—	Bank Sta

RS = 3.25 Rio Tamiano

.06

Elevation (m)

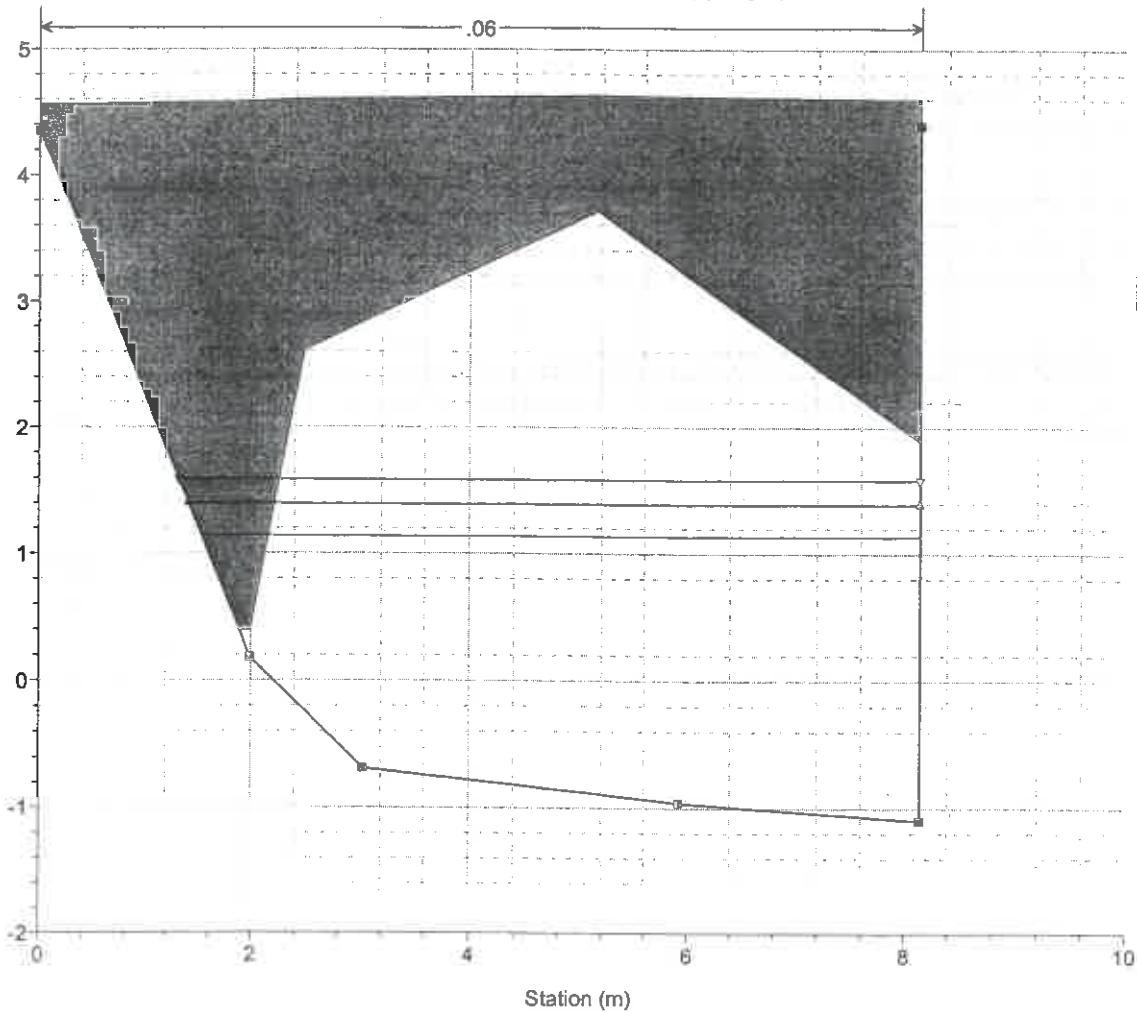


Legend	
WS PF 1 - Tam500	▲
WS PF 1 - Tam200	▲
WS PF 1 - Tam50	▲
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 3.25 Rio Tamiano

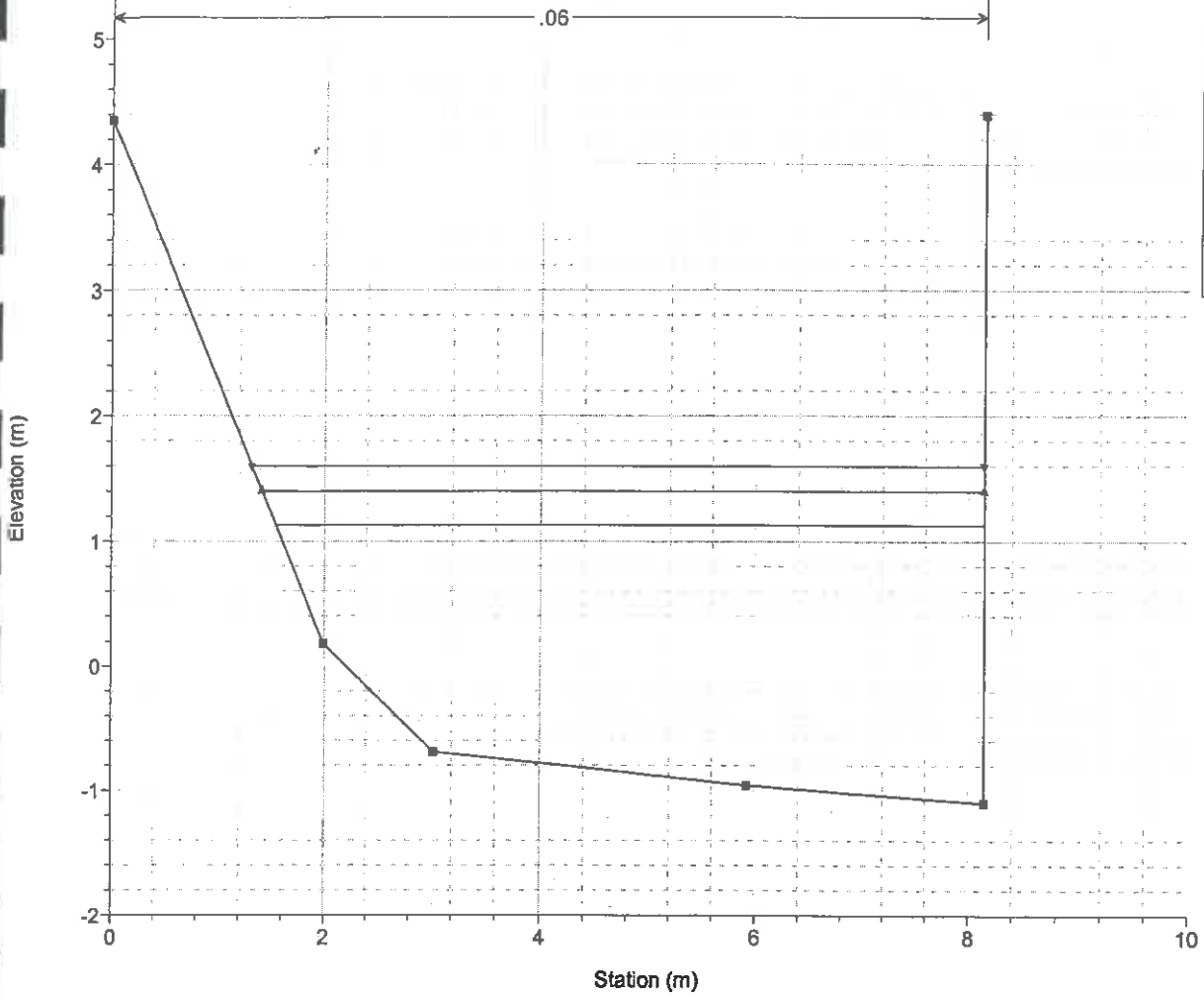
.06

Elevation (m)



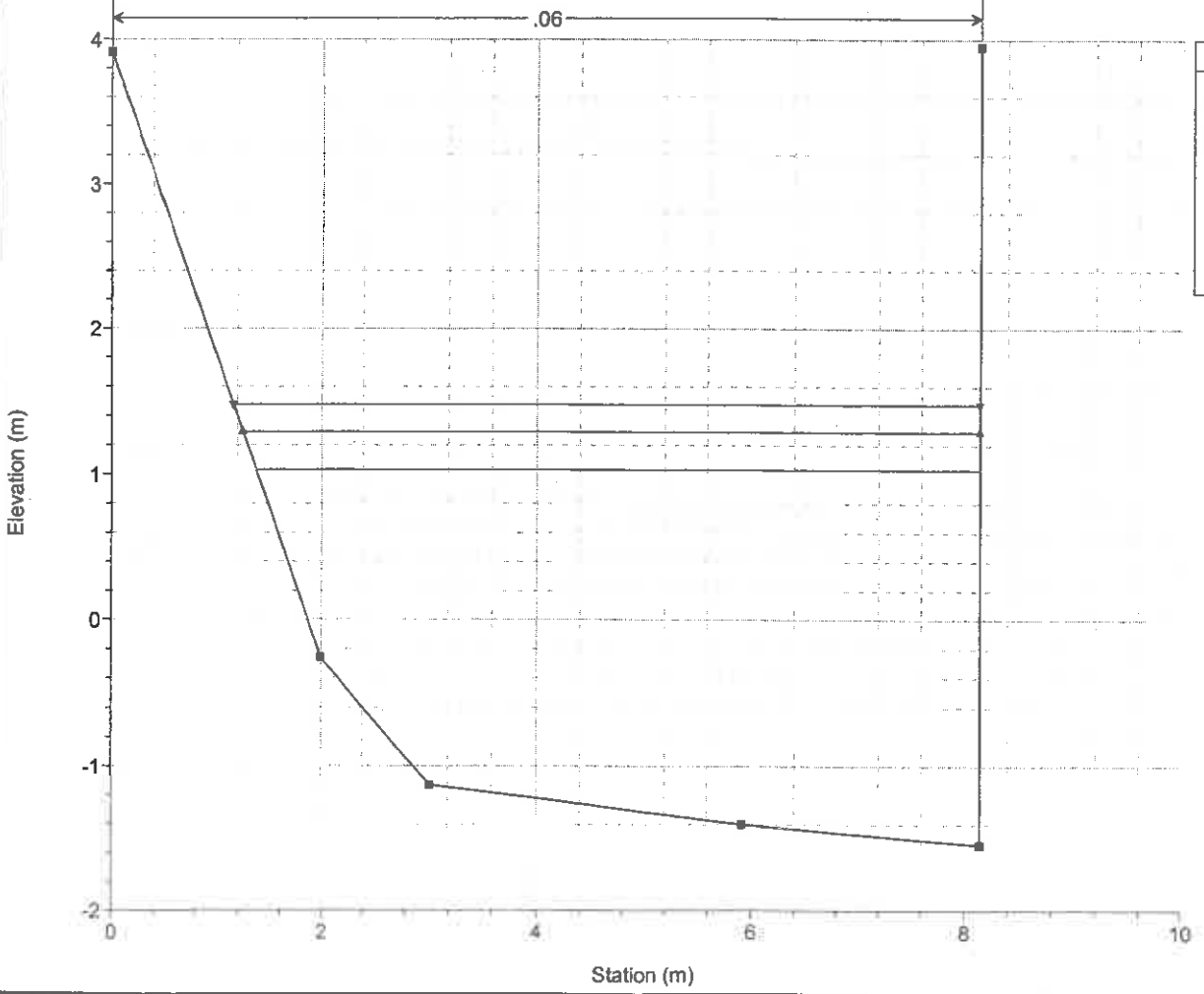
Legend	
WS PF 1 - Tam500	▲
WS PF 1 - Tam200	▲
WS PF 1 - Tam50	▲
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 3.2 Rio Tamiano



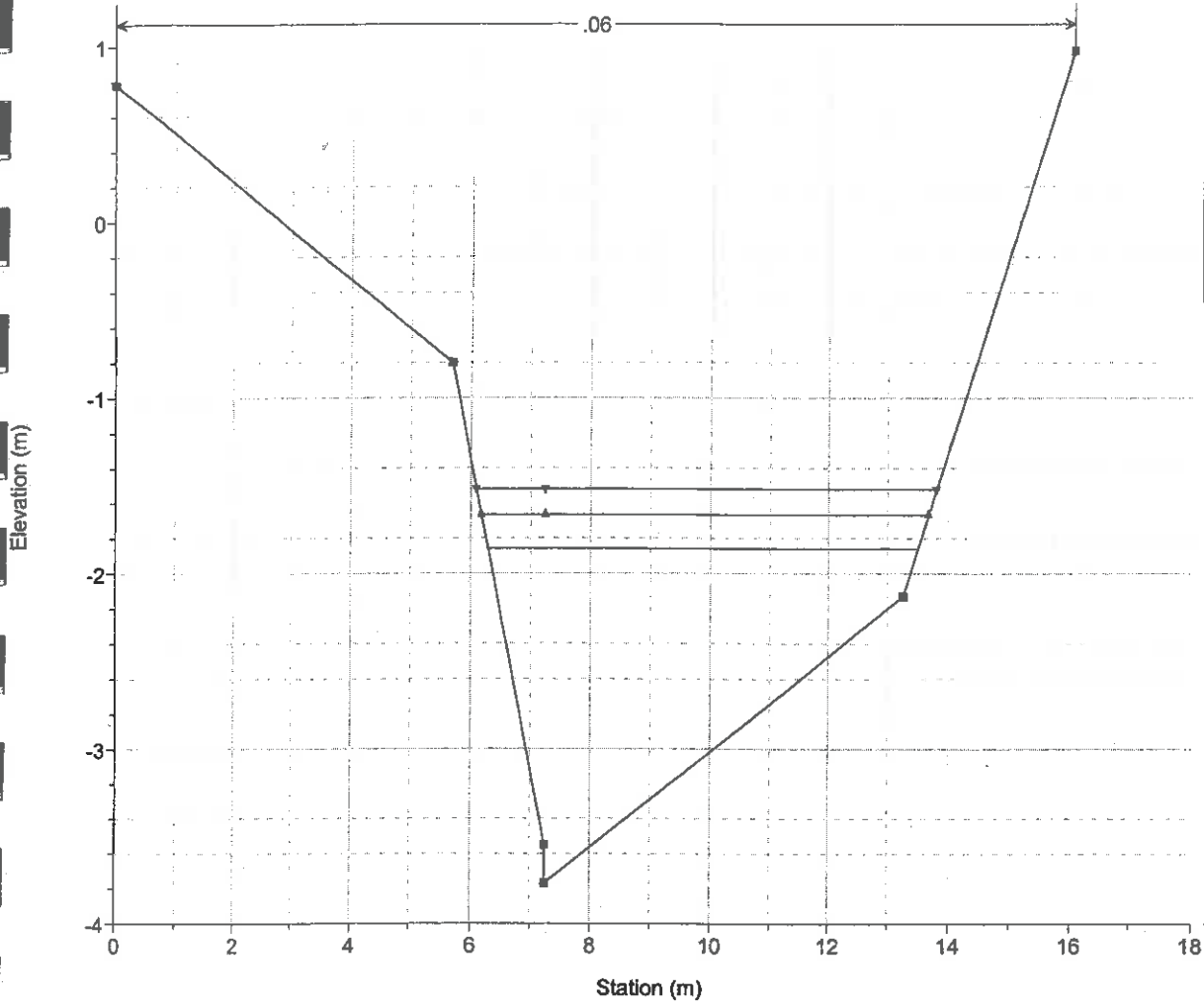
Legend	
▲	WS PF 1 - Tam500
▲	WS PF 1 - Tam200
■	WS PF 1 - Tam50
—	Ground
—	Bank Sta

RS = 3.1 Rio Tamiano



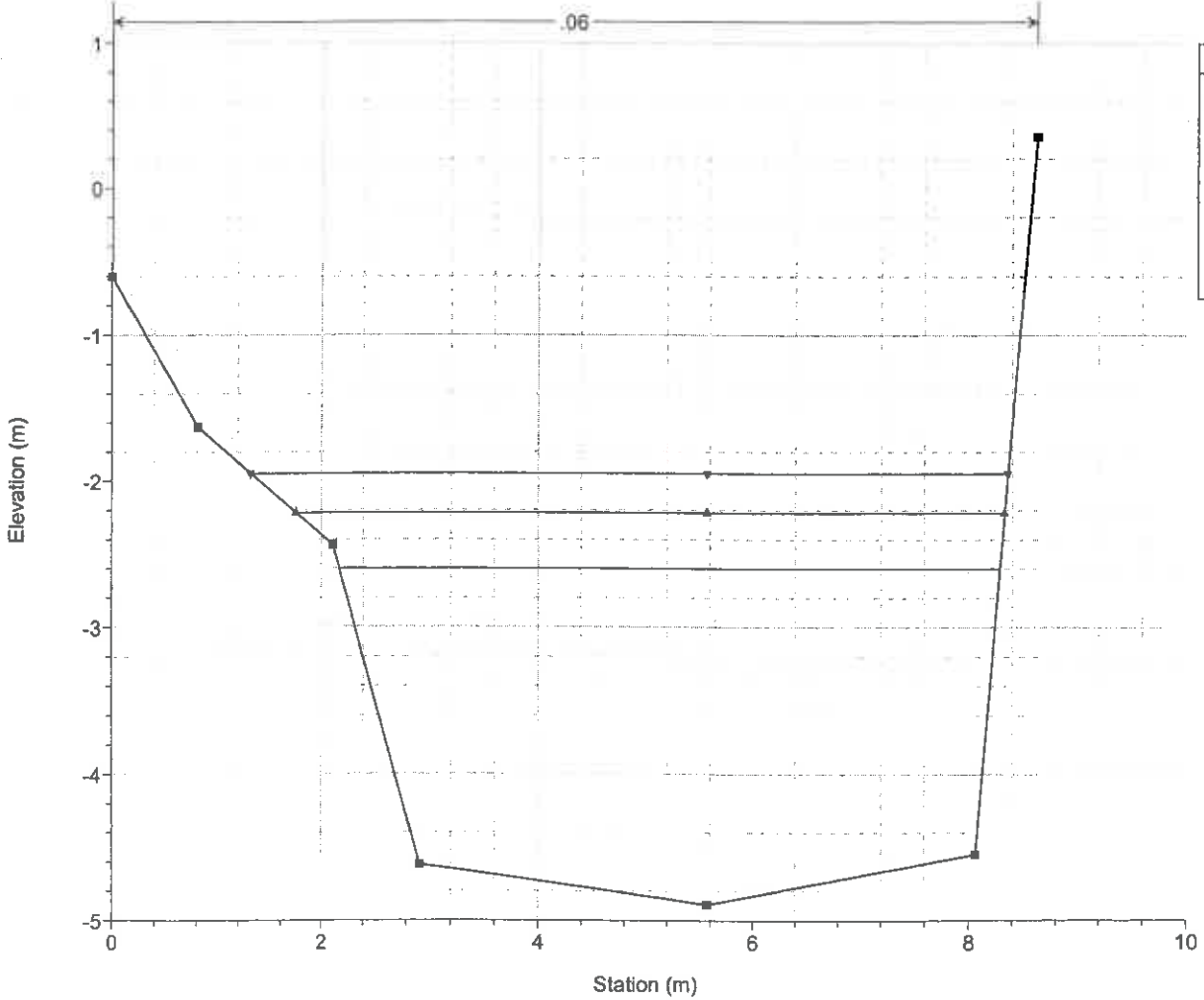
Legend	
▲	WS PF 1 - Tam500
▲	WS PF 1 - Tam200
■	WS PF 1 - Tam50
—	Ground
—	Bank Sta

RS = 2 Rio Tamiano



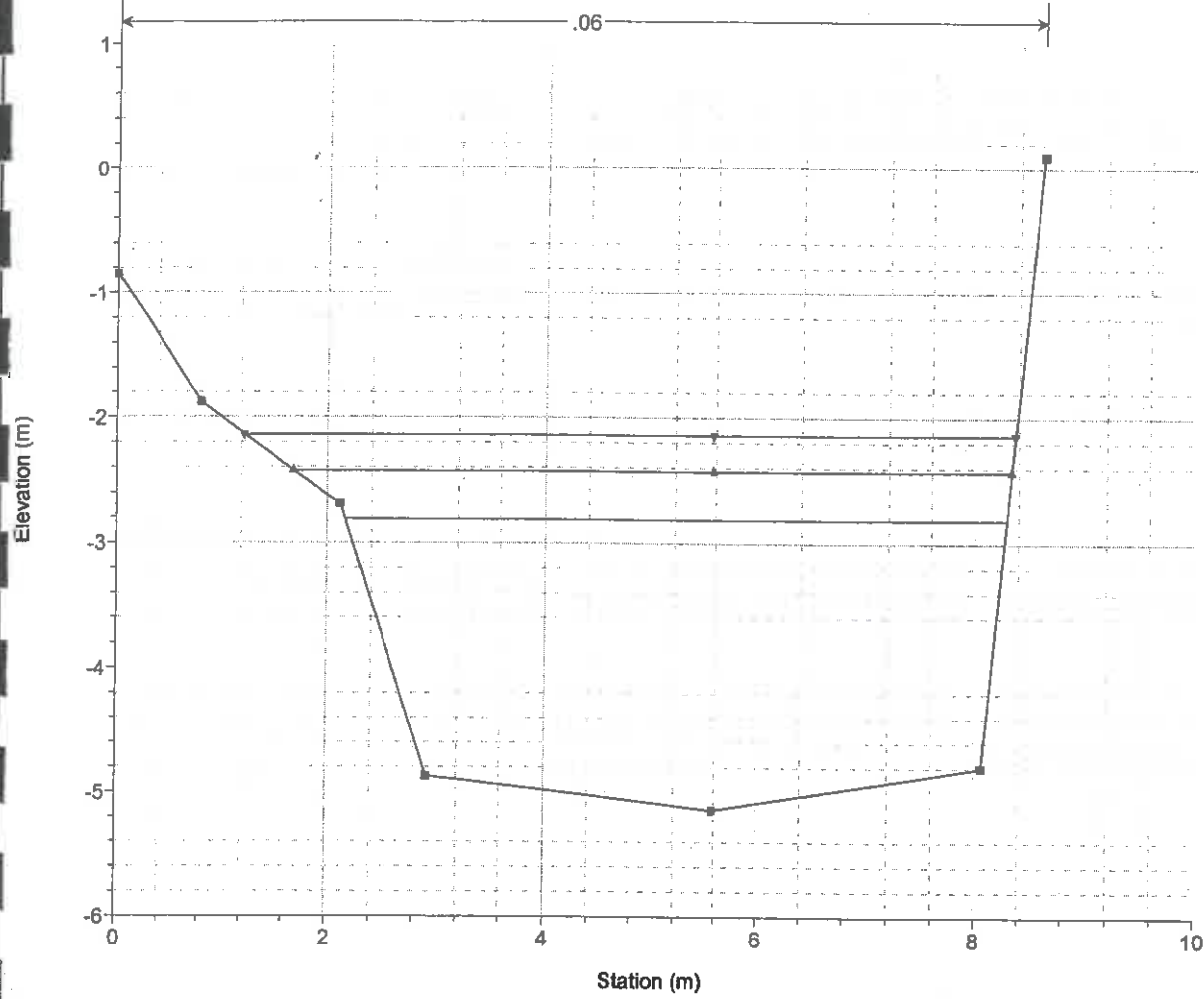
Legend	
WS PF 1 - Tam500	▲
WS PF 1 - Tam200	▲
WS PF 1 - Tam50	■
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 1.4 Rio Tamiano



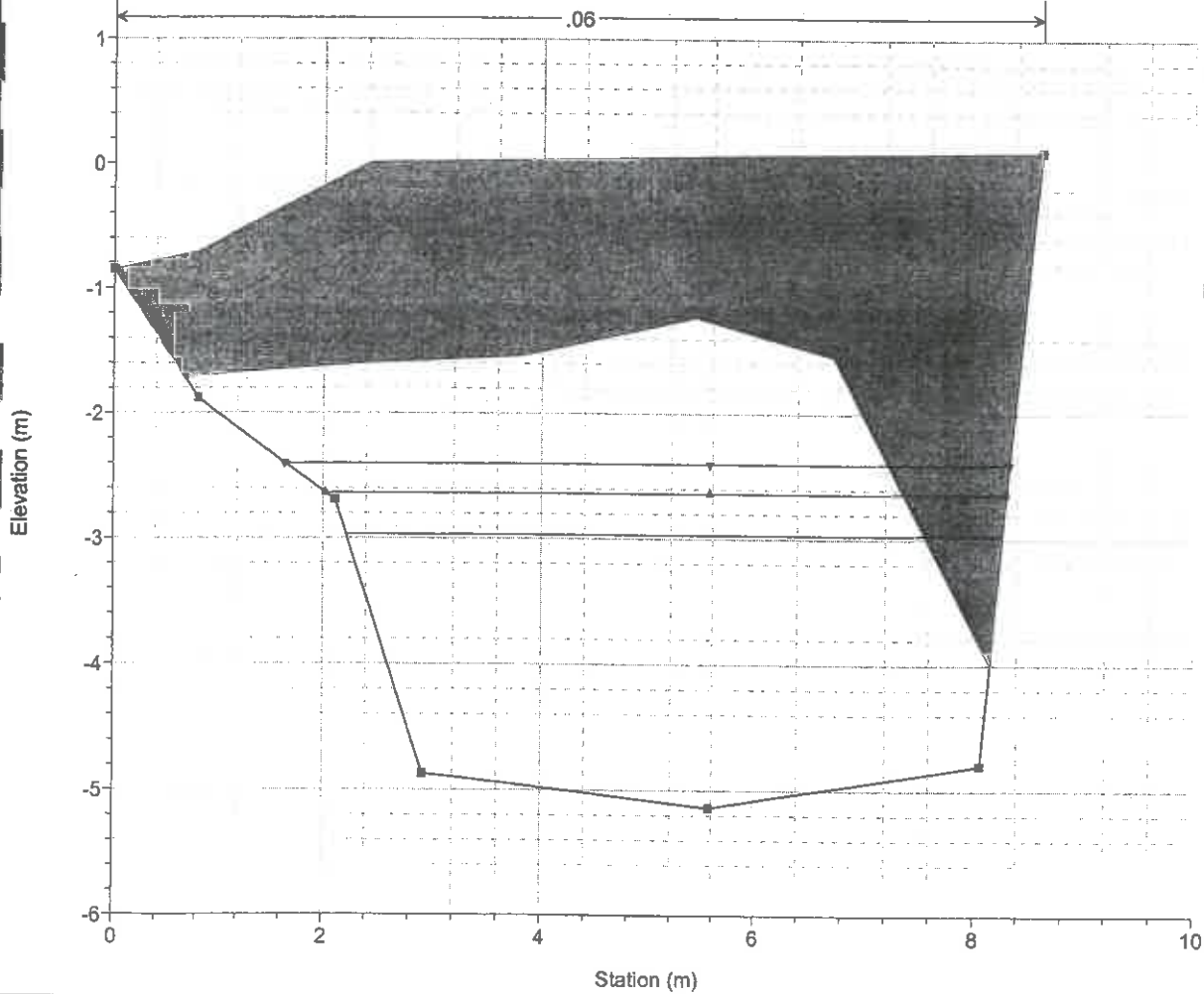
Legend	
WS PF 1 - Tam500	▲
WS PF 1 - Tam200	▲
WS PF 1 - Tam50	■
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 1.3 Rio Tamiano



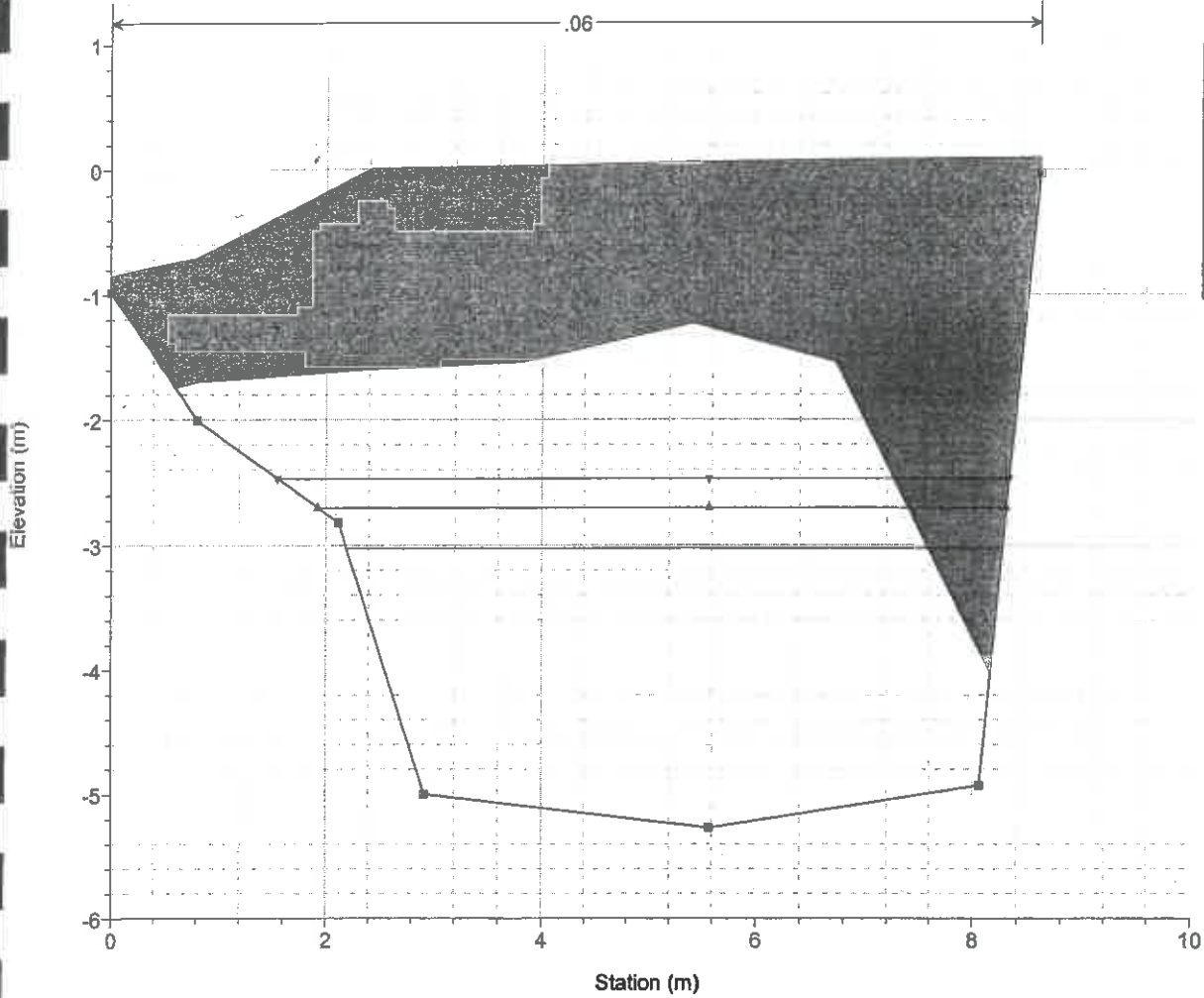
Legend	
WS PF 1 - Tam500	▲
WS PF 1 - Tam200	▲
WS PF 1 - Tam50	■
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 1.25 Rio Tamiano



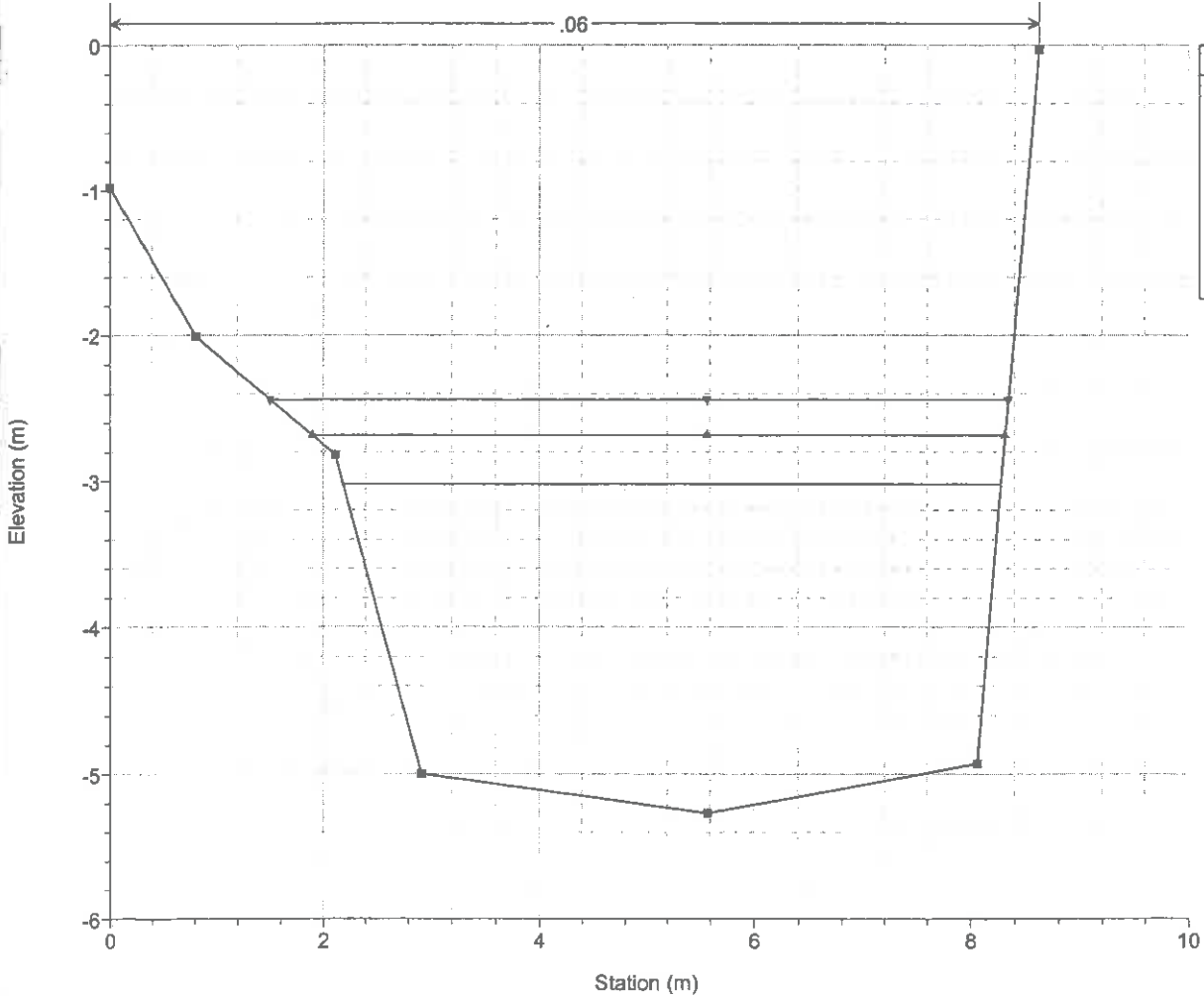
Legend	
WS PF 1 - Tam500	▲
WS PF 1 - Tam200	▲
WS PF 1 - Tam50	■
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 1.25 Rio Tamiano



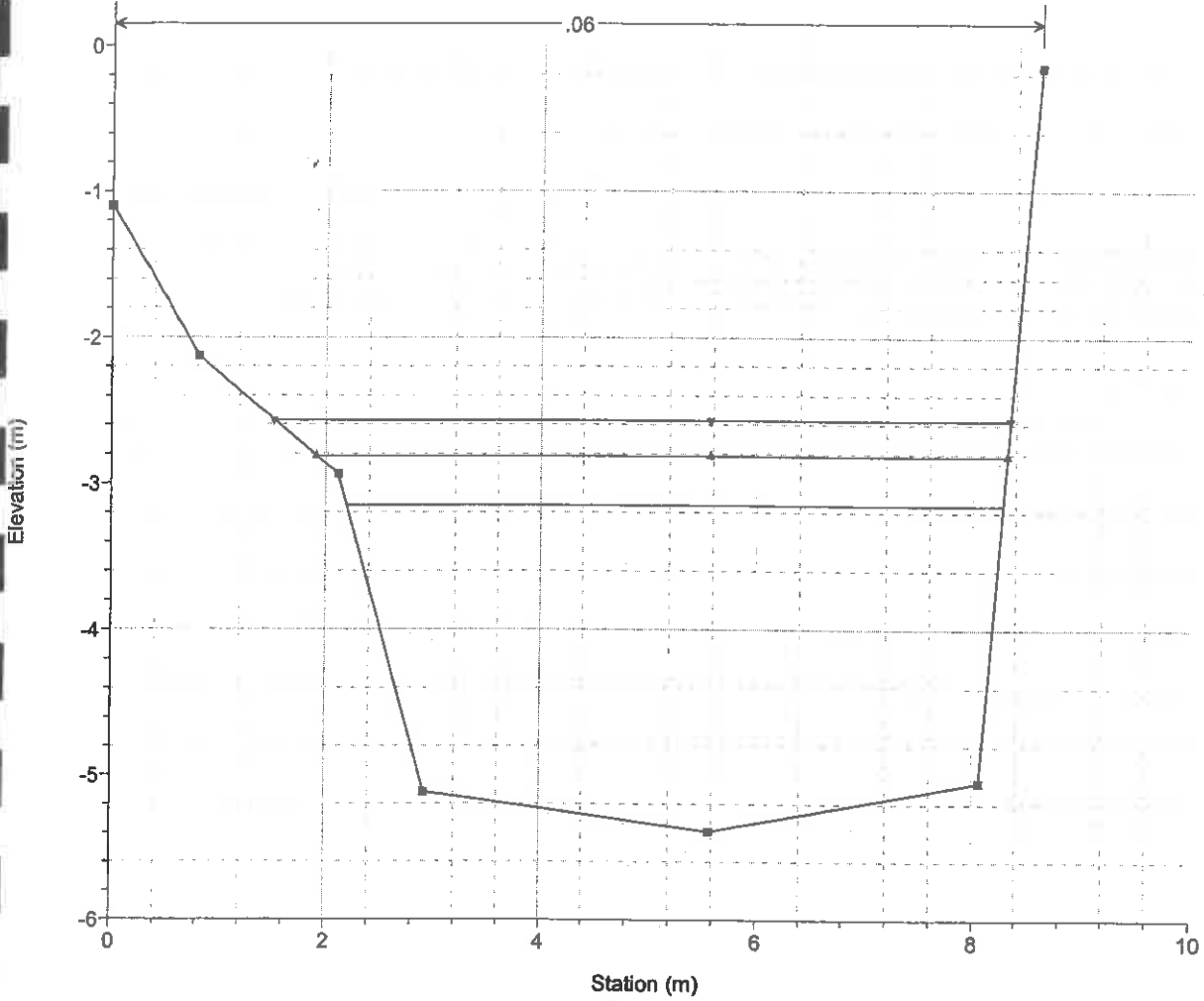
Legend	
WS PF 1 - Tam500	▼
WS PF 1 - Tam200	▲
WS PF 1 - Tam50	■
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 1.2 Rio Tamiano



Legend	
WS PF 1 - Tam500	▼
WS PF 1 - Tam200	▲
WS PF 1 - Tam50	■
Ground	■
Bank Sta	■

RS = 1.1 Rio Tamiano



Legend	
WS PF 1 - Tam500	▲
WS PF 1 - Tam200	▲
WS PF 1 - Tam50	▲
Ground	■
Bank Sta	■



Fig.1 – Torrente Belbo, ponte 19.25.



Fig.2 – Torrente Belbo (piena 1994), danni ad un edificio situato sulla sponda destra in corrispondenza della sezione 7.



Fig.3 – Torrente Belbo, vista verso monte dal ponte 4.25.

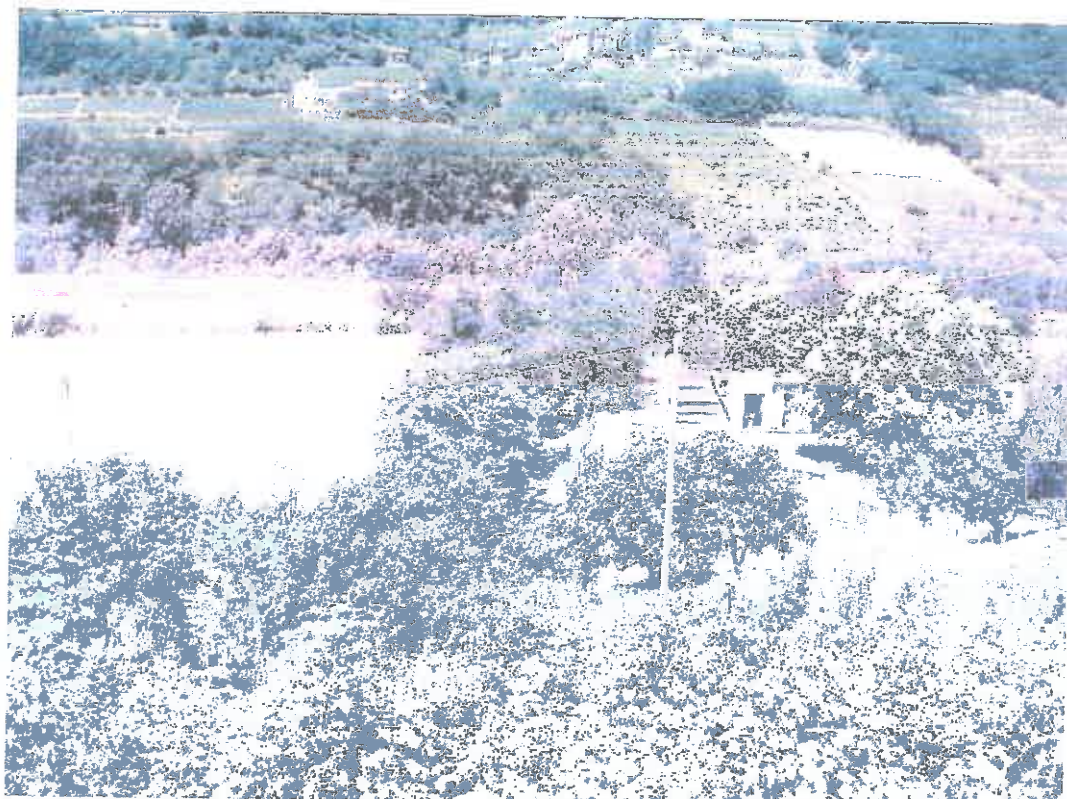


Fig.4 – Rio Vola-Vassa, vista del tratto finale a fianco del cimitero



Fig.5 – Rio Vola-Vassa, ponticello 5.5, situato a valle della galleria.

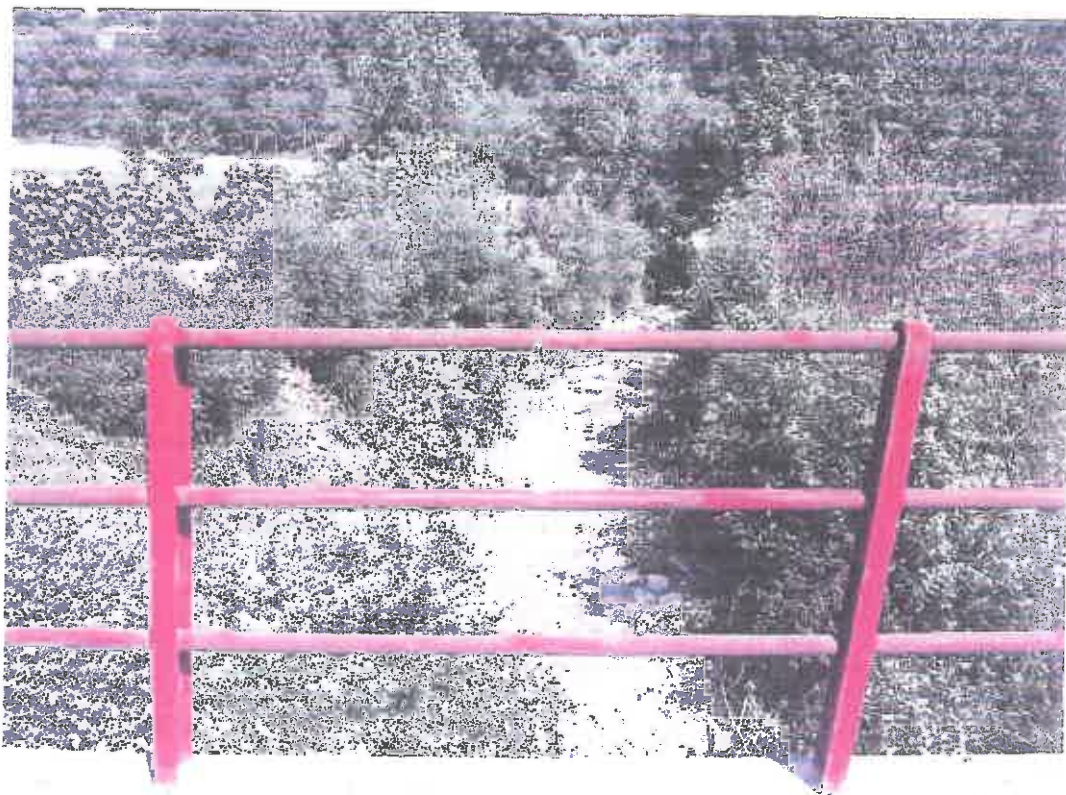


Fig.6 – Rio Tamiano

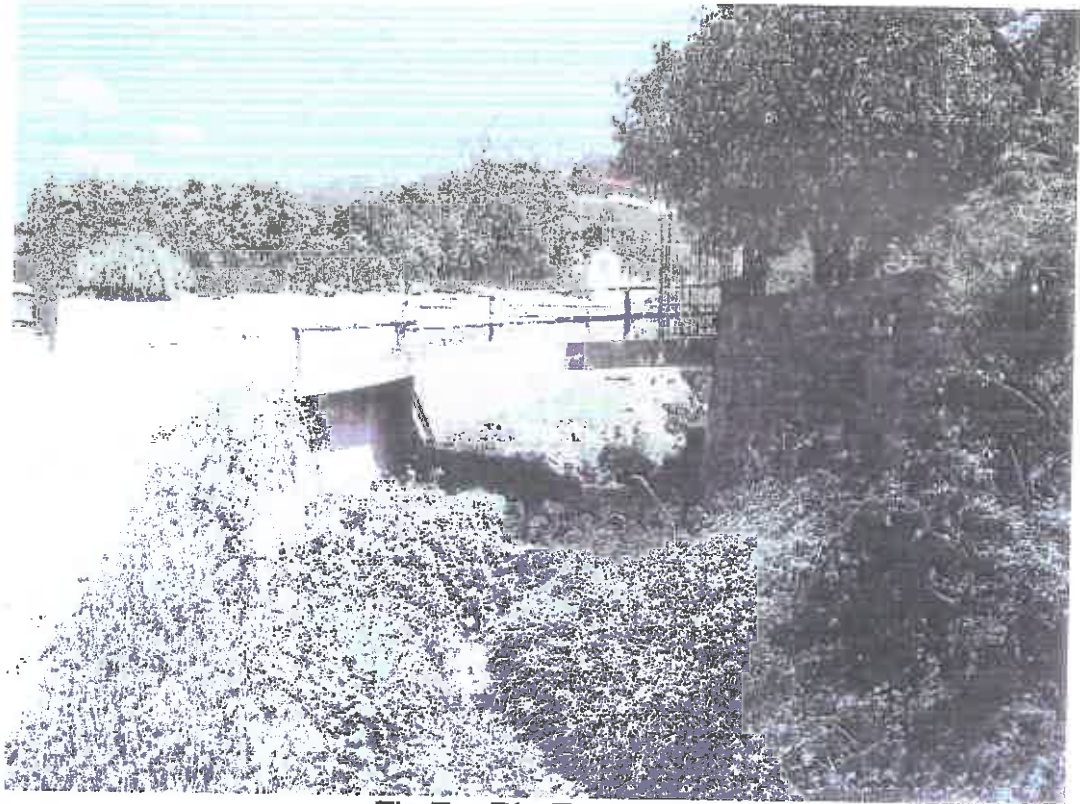


Fig.7 – Rio Entracine



Fig.8 – Rio Monsignore