



Mit Beteiligung der Europäischen Union aus dem Haushalt der Transeuropäischen Verkehrsnetze finanziertes Vorhaben

Opera finanziata con la partecipazione dell'Unione Europea attraverso il bilancio delle reti di trasporto transeuropee



AUSBAU EISENBAHNACHSE MÜNCHEN-VERONA BRENNER BASISTUNNEL

Ausführungsplanung

POTENZIAMENTO ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA

GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO

Progettazione esecutiva

Baulos H81 Bahnhof Franzenfeste

Lotto H81 Stazione Fortezza

Sub-Baulos

NEUE ZUFAHRTSSTRASSE RIOL

Dokumentenart

K- HYDRAULISCHE BAUWERKE RIOLBACH

Titel

Hydraulischer Bericht

Sublotto

NUOVA VIABILITA' DI ACCESSO RIOL

Tipo Documento

K-SISTEMAZIONI RIO RIOL

Titolo

Relazione idraulica

Il progettista / Der Projektant



GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO - BRENNER BASISTUNNEL BBT SE

Piazza Stazione 1 • I-39100 Bolzano
Tel.: +39 0471 0622-10 • Fax: +39 0471 0622-11

Amraser Str. 8 • A-6020 Innsbruck
Tel.: +43 512 4030 • Fax: +43 512 4030-110

Email: bbt@bbt-se.com • www.bbt-se.com

	Datum/data	Name/nome
Bearbeitet / Elaborato	17.12.2015	D.Ponzano
Geprüft / Verificato	18.12.2015	R. Mora
Freigegeben Autorizzato	08.06.2017	R.Sorbello
Gesehen BBT Visto BBT		M. Ianeselli

Projekt-kilometer / Progressiva di progetto

von / da
bis / a
bei / al

Bau-kilometer / Chilometro opera

von / da
bis / a
bei / al

Status Dokument / Stato documento

Staat Stato	Los Lotto	Einheit Unità	Nummer Numero	Dokumentenart Tipo Documento	Vertrag Contratto	Nummer Codice	Revision Revisione
02	H81	AF	001	TB	D0755	00165	01

Bearbeitungsstand Stato di elaborazione			
Revision Revisione	Änderungen / Cambiamenti	Verantwortlicher Änderung Responsabile modifica	Datum Data
02			
01	Integrazioni a seguito di verifica di progetto		18.12.2015
00	Erstversion Prima Versione		15.05.2015

INHALTSVERZEICHNIS INDICE

1.	VORWORT.....	3
1.	PREMESSA	3
2.	BIBLIOGRAPHISCHE GRUNDLAGEN	3
2.	BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	3
3.	HYDRAULISCHE MODELLIERUNG.....	4
3.	MODELLAZIONE IDRAULICA.....	4
4.	BESCHREIBUNG DES VOM NACHWEIS BETROFFENEN ABSCHNITTES	4
4.	DESCRIZIONE DEL TRATTO OGGETTO DI VERIFICA	4
4.1.	Oberer Abschnitt.....	4
4.1.	Tratto di monte	4
4.2.	Unterer Abschnitt.....	5
4.2.	Tratto di valle	5
5.	HYDRAULISCHER NACHWEIS.....	5
5.	VERIFICA IDRAULICA.....	5
5.1.	Flussbett-Modellierungsparameter.....	6
5.1.	Parametri di modellazione alveo	6
5.2.	Brückenmodellierungsparameter	7
5.2.	Parametri di modellazione del ponte	7
5.3.	Kanalmodellierungsparameter	7
5.3.	Parametri di modellazione del condotto	7
5.4.	Ergebnisse der Modellierung.....	8
5.4.	Risultati modellazione	8
5.5.	Nachweis der Geschwindigkeit	9
5.5.	Verifica della velocità.....	9
5.6.	Anbindung der Steigungsstrecken	10
5.6.	Raccordo livellette	10
5.7.	Bemessung des Flussbettmaterials	11
5.7.	Dimensionamento materiale d'alveo	11
5.7.1.	Vorwort.....	11
5.7.1.	Premessa	11
5.7.2.	Bestimmung des stabilen Durchmessers.....	15
5.7.2.	Determinazione del diametro stabile.....	15
6.	ANHANG A - HYDRAULISCHER NACHWEIS.....	17
6.	ALLEGATO A-VERIFICA IDRAULICA	17

1. VORWORT

Dieser Bericht betrifft den hydraulischen Nachweis des Endabschnittes des Riolbaches.

Im Rahmen der Arbeiten für die Realisierung der Zufahrtsbauten zum Areal, die für die Gestaltung des Bahnhofs Franzensfeste vorgesehen sind, ist eine Riolbach-Verbauung erforderlich. Das Wasser des Riolbaches muss unterhalb der von der Autonomen Provinz Bozen errichteten Rückhaltesperren abfließen und in den Fluss Eisack münden, ohne Gefahren oder Nachteile für die Straße oder die Eisenbahnstrecke zu verursachen.

Der vorgeschlagene Eingriff sieht die Errichtung eines offenen Kanals und einer sinusförmiger Anbindung oberhalb des untergleisigen Querungskanals vor. Der Durchgangskanal wird mit einem Stahlbetonrohr untergleisig verlegt.

Der Nachweis verwendet als Referenzdaten die hydraulische Untersuchung des Dr. Bruno Mazzorana (*Abteilung Wasserschutzbauten - Autonome Provinz Bozen*), die im Anhang A des Dokuments I-001.01 angeführt sind.

Der Nachweis des betreffenden Abschnittes wird anhand einer 1D-Modellierung durchgeführt.

Für die Bestimmung der Bemessungsabflüsse wird auf den hydrologisch-hydraulischen Bericht I-001.01 verwiesen.

2. BIBLIOGRAPHISCHE GRUNDLAGEN

Im Zuge der Planung wurde für die Bewertungen, Analysen und Nachweismethoden auf die folgenden Texte Bezug genommen:

- *“Idraulica”* – A. Ghetti – Edizioni Libreria Cortina Padova, 1994;
- *“Sistemazione dei corsi d’acqua”* – L. Da Deppo, C. Datei e P. Salandin - Edizioni Libreria Internazionale Cortina Padova, 2004;
- *“Fognature”* – L. Da Deppo, C. Datei - Edizioni Libreria Internazionale Cortina Padova, 2005;
- *“Principi di Idraulica fluviale”* – A. Armanini – Editoriale Bios, 1999;
- *“Sistemazioni idraulico-forestali”* – G. Benni – UTET, 1990.

1. PREMESSA

La presente relazione riguarda la verifica idraulica del tratto terminale del Rio Riol.

Nell’ambito dei lavori per la realizzazione delle opere di accesso all’areale, previste per la sistemazione della stazione ferroviaria di Fortezza, si rendono necessarie le opere di imbrigliamento delle acque del rio Riol, che, a valle delle opere di bacino realizzate dalla Provincia Autonoma di Bolzano – devono poter defluire e scaricare nel fiume Isarco, senza creare pericolo o pregiudizio alla strada e alla linea ferroviaria.

L’intervento proposto prevede la realizzazione di un canale a pelo libero e un raccordo sinusoidale a monte del condotto di attraversamento sotto binario. Il condotto di passaggio verrà realizzato tramite un tubo in c.a. posto sotto i binari.

La verifica prende come riferimento quanto riportato nello studio idraulico redatto dal tecnico Dott. Bruno Mazzorana (*Rip. Opere idrauliche - Provincia Autonoma di Bolzano*) che riportiamo in allegato A dell’elaborato I-001.01.

La verifica del tratto in questione viene eseguita attraverso una modellazione 1D.

Per la determinazione delle portate di progetto si faccia riferimento alla relazione idrologica e idraulica I-001.01.

2. BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Nel corso della progettazione, per valutazioni, analisi e metodi di verifica si è fatto riferimento ai seguenti testi:

3. HYDRAULISCHE MODELLIERUNG

Für den Nachweis des untersuchten Abschnittes soll eine 1D-Modellierung verwendet werden, die mit der Software HEC-RAS des United States Army Corps of Engineers entwickelt wurde.

Die Daten der Modellierung sind mit dem zuständigen Amt für Wildbach- und Lawinenverbauung, das das Einzugsgebiet des Riolbaches zur Sicherung von Franzensfeste im bestehenden Zustand untersucht hat, vereinbart worden.

Was das Übergangsszenario der temporären Umleitung des Flusses betrifft, wurde dieses für nicht signifikant gehalten, da es vorübergehend und unterhalb einer ganz bestimmten Zeitspanne im Laufe der Bauausführung erfolgt. Es ist notwendig, wie in den Besonderen Vergabebedingungen angegeben, sich zur Durchführung dieses Eingriffs mit den Technikern der Wildbach- und Lawinenverbauung in Verbindung zu setzen, um eine geeignete Zeitspanne für die Durchführung des Eingriffs zur vorübergehenden Umleitung zu vereinbaren, damit das Hochwasserrisiko begrenzt werden kann.

4. BESCHREIBUNG DES VOM NACHWEIS BETROFFENEN ABSCHNITTES

Die untersuchte Strecke des Riolbaches weist eine Gesamtlänge von rund 220 auf. Aus hydraulischer Sicht besteht sie aus zwei homogenen Abschnitten.

4.1. Oberer Abschnitt

Der obere Abschnitt beginnt unterhalb des Rückhaltebeckens und ist rund 110 m lang. Er ist als Schussrinne gebaut und mit Zyklosteinen verkleidet. Die Neigungen des Abschnittes variieren von rund 18 % bis zu deutlich höheren Werten von 26 %. Der Querschnitt in diesem Abschnitt ist trapezförmig, mit einer Bettbreite von 5,0 m und einer Uferneigung von 45 °.

Im Endstück fließt der Wildbach unter einem Stahlbetondurchlass durch, wo die lichte Weite immer größer

3. MODELLAZIONE IDRAULICA

Per la verifica del tratto in esame si è previsto di predisporre una modellazione 1D sviluppata con il software HEC-RAS sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineers.

I dati di modellazione sono stati concordati con l'Ufficio Bacini Montani competente, che ha studiato il bacino idrografico rio Riol per la messa in sicurezza di Fortezza nella situazione esistente.

Per quanto riguarda lo scenario "transitorio" della deviazione temporanea del fiume non si è ritenuto significativo in quanto temporaneo e localizzabile in un periodo ben preciso nell'arco dell'esecuzione dei lavori. Si raccomanda, come riportato anche nel capitolato speciale d'appalto, di eseguire tale intervento interfacciandosi con i tecnici dei Bacini Montani proprio per concordare un periodo idoneo ad eseguire l'intervento di deviazione temporanea affinché il rischio idraulico possa essere limitato.

4. DESCRIZIONE DEL TRATTO OGGETTO DI VERIFICA

La parte del corso del Rio Riol oggetto di studio presenta una lunghezza complessiva di circa 220 m. Esso, idraulicamente parlando, è costituito da due tratti omogenei.

4.1. Tratto di monte

Il tratto di monte che inizia a valle del bacino di ritenuta è lunga circa 110 m ed è realizzata tramite un cunettone rivestito in massi ciclopici. Le pendenze del tratto variano da circa 18% a valori decisamente più marcati e cioè pari a 26%. La sezione in questo tratto è trapezia e presenta una larghezza al fondo di 5,0 m e un'inclinazione delle sponde di 45°.

Nella parte finale il torrente passa sotto un tombotto in c.a. dove la luce libera è sempre maggiore o ugua-

Dokumenteninhalt: Riolbach – Hydraulischer Bericht

Contenuto documento: Rio Riol - Relazione idraulica

oder gleich 4,0 m ist.

Der betroffene Abschnitt schließt sich in einer sinusförmigen Anbindung an den unteren Abschnitt an.

Für diesen Abschnitt wurde ein Rauheitsbeiwert nach Strickler (k_S) gleich $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ gewählt, der für im Fels gebaute künstliche Kanäle gilt.

4.2. Unterer Abschnitt

Der untere Abschnitt von rund 110 m Länge wurde verrohrt, um das Bahnhofsareal Franzensfeste zu queren.

Das verwendete Betonrohr hat einen Innendurchmesser von 3500 mm und ist mit einer Neigung von 0,3 % verlegt. Aus sicherheitstechnischen Gründen wurde ein Rauheitsbeiwert nach Strickler (k_S) gleich $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ gewählt, der für Betonrohre mit rauher Oberfläche gilt.

Der untere Abschnitt taucht unterhalb des Areals auf, bevor er in den Eisack einmündet.

5. HYDRAULISCHER NACHWEIS

Wie vorangekündigt wurde der hydraulische Nachweis durch Implementation eines 1D-Modells erbracht. Es wurden zwei Simulationen durchgeführt, eine mit den Abflüssen, die mit den Minutenregen-Niederschlagseingabewerten generiert wurden, die anderen mit den Abflüssen, die mit den Stundenregen-Niederschlagseingabewerten generiert wurden.

Bei der Modellierung handelt es sich um eine Steady-State-Modellierung.

In der Folge wird ein Bild des Modells wiedergegeben, auf dem die Strukturen, die Brücke und der Abflussgraben unterhalb des Bahnhofsareals zu sehen sind.

le a 4,0 m.

Il tratto in questione si raccorda con quello di valle tramite un raccordo sinusoidale.

Per questo tratto si è scelto un valore del coefficiente di Strickler (k_S) pari a $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ valido per canali artificiali in roccia.

4.2. Tratto di valle

Il tratto di valle, lungo 110 m circa, è stato intubato per attraversare l'areale ferroviario di Fortezza.

Il tubo utilizzato è in calcestruzzo presenta un diametro interno di 3500 mm ed è posato con una pendenza di 0,3 %. A favore di sicurezza si è scelto un valore del coefficiente di Strickler (k_S) pari a $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ valido per tubazioni in cls a superficie ruvida.

Il tratto di valle sbuca a valle dell'areale prima di immergersi nell'Isarco.

5. VERIFICA IDRAULICA

Come preannunciato la verifica idraulica è stata eseguita implementando un modello 1D. Sono state eseguite due simulazioni una con le portate generate dall'input pluviometrico degli scrosci ed una con le portate generate dall'input pluviometrico delle piogge orarie.

La modellazione è di tipo "steady" stazionaria.

Di seguito si riporta una immagine del modello dove sono ben visibili le strutture, il ponte e il cunicolo di sfogo sotto l'areale ferroviario.

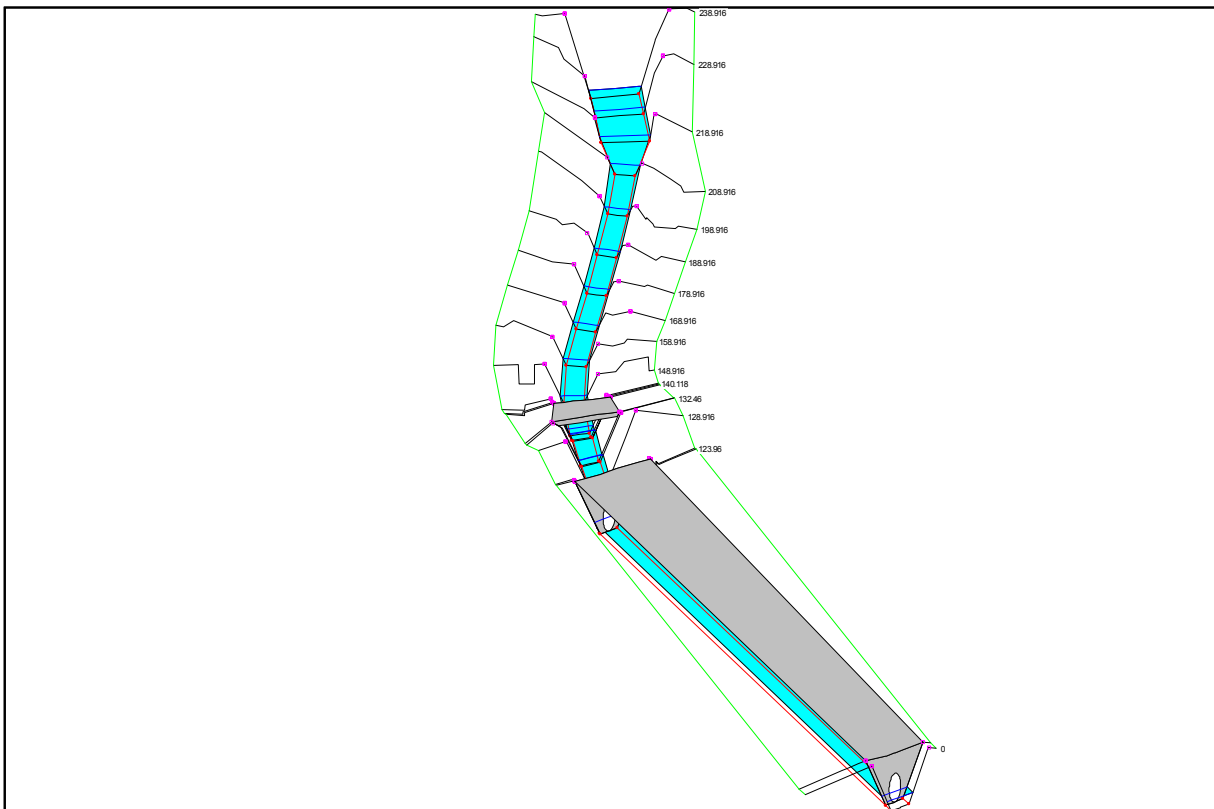


Abbildung 5.1. Bild des 1D-Modells.

Figura 5.1. Immagine del modello 1D.

5.1. Flussbett-Modellierungsparameter

Der Wildbachabschnitt wurde in 16 Grundquerschnitte eingeteilt; dazu kamen softwareseitig 4 weitere als Kontrollquerschnitte oberhalb und unterhalb der beiden Bauten hinzu.

Die 16 Querschnitte, die in der Modellierung eingesetzt werden, verwenden die Bemessungsquerschnitte für die Riobach-Verbauung der Projektunterlagen.

Wie bereits im Absatz 5.1 erklärt wurde, wurde dem Flussbettboden ein Rauheitsbeiwert nach Strickler (k_s) gleich $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ zugewiesen, der für in Fels gebaute künstliche Kanäle gilt.

Die Modellierung wurde mit den Randbedingungen für eine superkritische Strömung (schießender Abfluss) entwickelt; als Ausgangswert im oberen Abschnitt wurde der Übergang vom subkritischen Zustand (strömender Abfluss) in den superkritischen Zustand (schießender Abfluss) verwendet, der mit der Überströmung der Rückhaltesperre unmittelbar oberhalb des simulierten Wildbachabschnittes ver-

5.1. Parametri di modellazione alveo

Il tratto di torrente è stato suddiviso in 16 sezioni di base più 4 aggiunte dal software quali sezioni di controllo a monte e a valle dei due manufatti.

Le 16 sezioni utilizzate nella modellazione riprendono le sezioni di progetto per la sistemazione del Rio Riol riportate negli elaborati progettuali.

Come già esposto nel paragrafo 5.1 al fondo d'alveo è stato attribuito un valore del coefficiente di Strickler (k_s) pari a $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ valido per canali artificiali in roccia.

La modellazione è stata sviluppata con le condizioni al contorno per corrente supercritica dando come valore di partenza a monte il passaggio in critica compatibile con lo scavalco della briglia posta subito a monte del tratto di torrente simulato.

einbar ist.

5.2. Brückenmodellierungsparameter

Die Brücke wurde mit den geometrischen Parametern modelliert, die aus den Projektplänen abgeleitet wurden. Die Mindestnettlichte zwischen Tragwerk und Flussbettboden liegt nie unter 4,00 m.

Es folgt eine Abbildung, in der die Kontrollquerschnitte oberhalb und unterhalb der Brücke angeführt sind.

5.2. Parametri di modellazione del ponte

Il ponte è stato modellato con i parametri geometrici desunti dalle tavole di progetto. La luce netta minima tra impalcato e fondo alveo è mai inferiore ai 4,00 m.

Di seguito un'immagine in cui si riportano le due sezioni di controllo di monte e di valle del ponte.

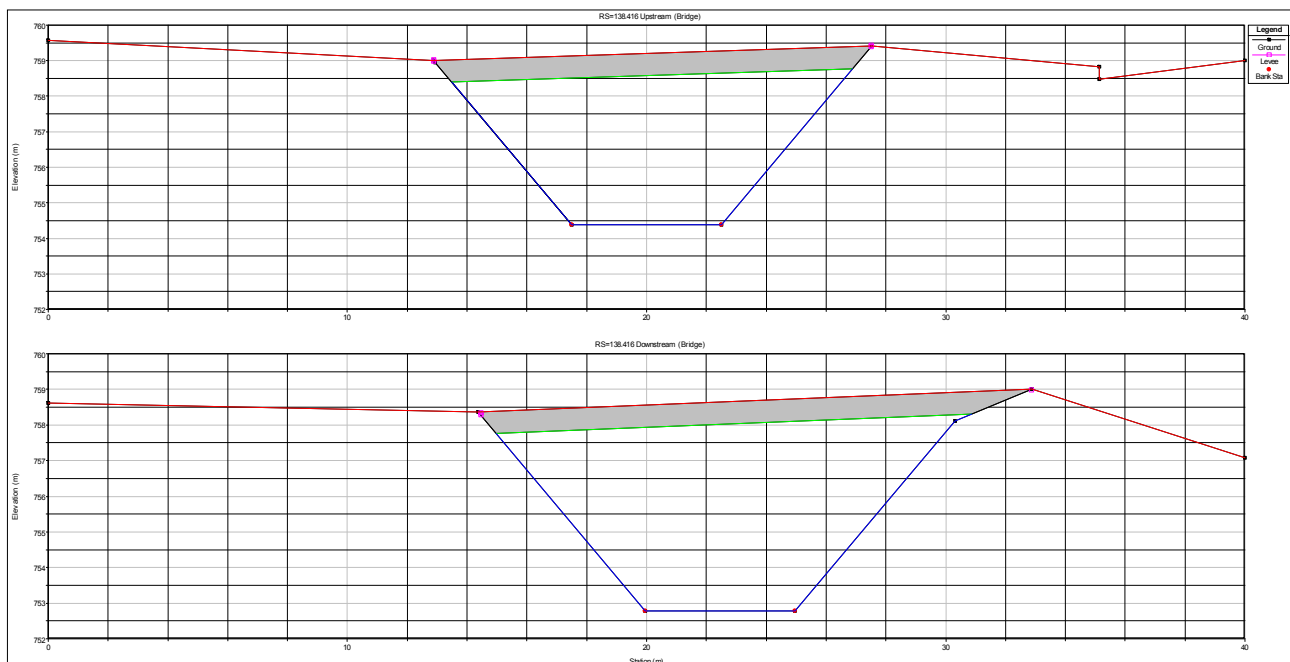


Abbildung 5.2. Kontrollquerschnitte der Brücke (oberhalb und unterhalb).

Figura 5.2. Sezioni di controllo del ponte (monte e valle).

Die Brücke wurde anhand der Methode modelliert, welche die Energieerhaltung zwischen den Querschnitten oberhalb und unterhalb vorsieht.

Il ponte è stato modellato utilizzando il metodo che prevede la conservazione dell'energia tra le sezioni a monte, e valle.

5.3. Kanalmodellierungsparameter

Der Kanal wurde als Stahlbetonrohr mit Rauheitsbeiwert nach Strickler (k_s) gleich $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ modelliert. Das Rundrohr hat einen Durchmesser von 3500 mm, der Verlustbeiwert im Einlass beträgt 0,5, der Verlustbeiwert im Auslass beträgt 1.

In der Abbildung 5.3 sind die beiden Kontrollquerschnitte am Einlass und Auslass des Kanals schematisch dargestellt.

5.3. Parametri di modellazione del condotto

Il condotto è stato modellato come un tubo in c.a. con coefficiente di scabrezza secondo Strickler (k_s) pari a $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Il tubo è di forma circolare ha un diametro di 3500 mm, il coefficiente delle perdite in imbocco vale 0,5 mentre all'uscita vale 1.

In Figura 5.3 lo schema delle due sezioni di controllo all'imbocco e allo sbocco del condotto.

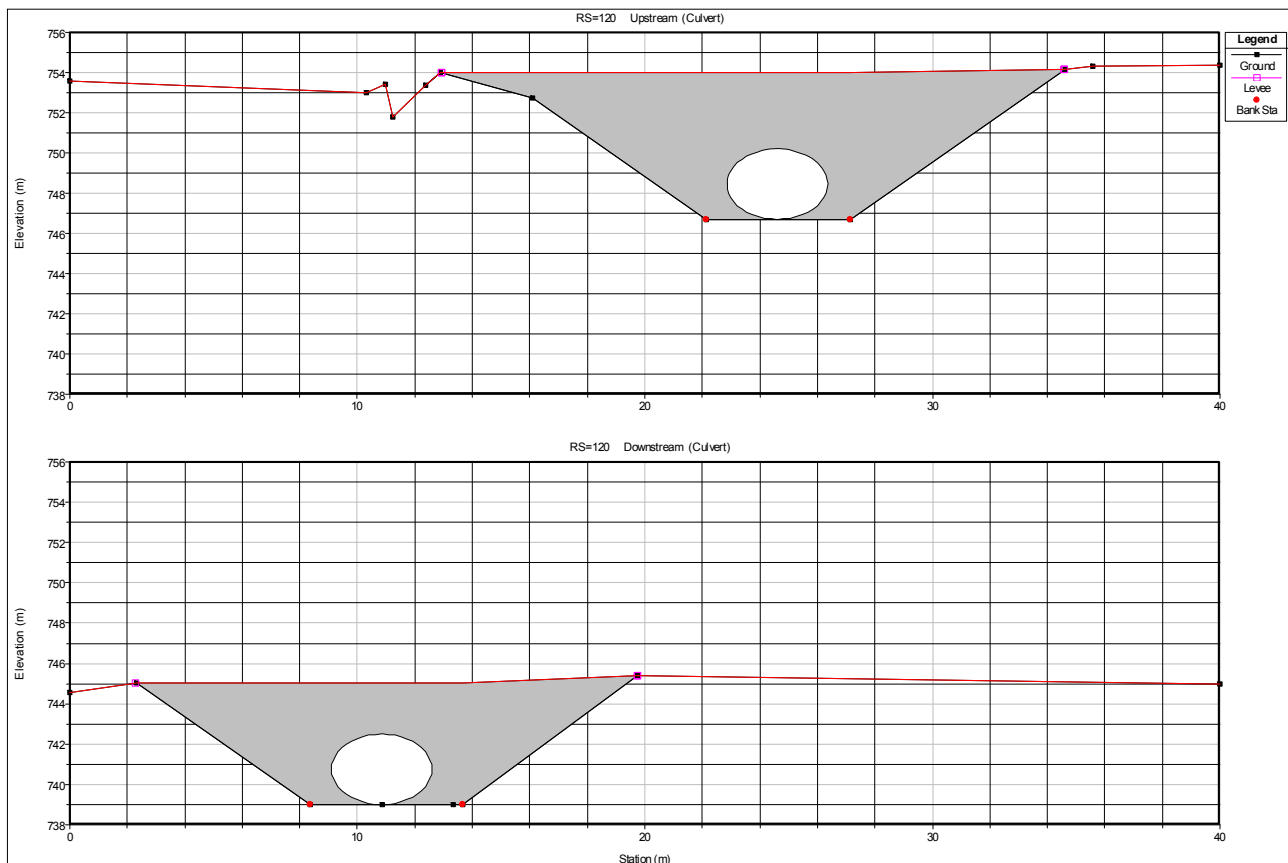


Abbildung 5.3. Kontrollquerschnitte des Kanals (oberhalb und unterhalb).

Figura 5.3. Sezioni di controllo del condotto (monte e valle).

5.4. Ergebnisse der Modellierung

In der Folge wird das Längsprofil mit den Werten der Fließhöhe in der schlimmsten Situation angeführt, das heißt beim Durchfluss des dreihundertjährigen Hochwassers, erzeugt durch einen Stundenregen.

5.4. Risultati modellazione

Di seguito si riporta il profilo longitudinale con i valori del tirante idraulico nella situazione peggiore e cioè al passaggio della piena trecentenaria generata da una pioggia oraria.

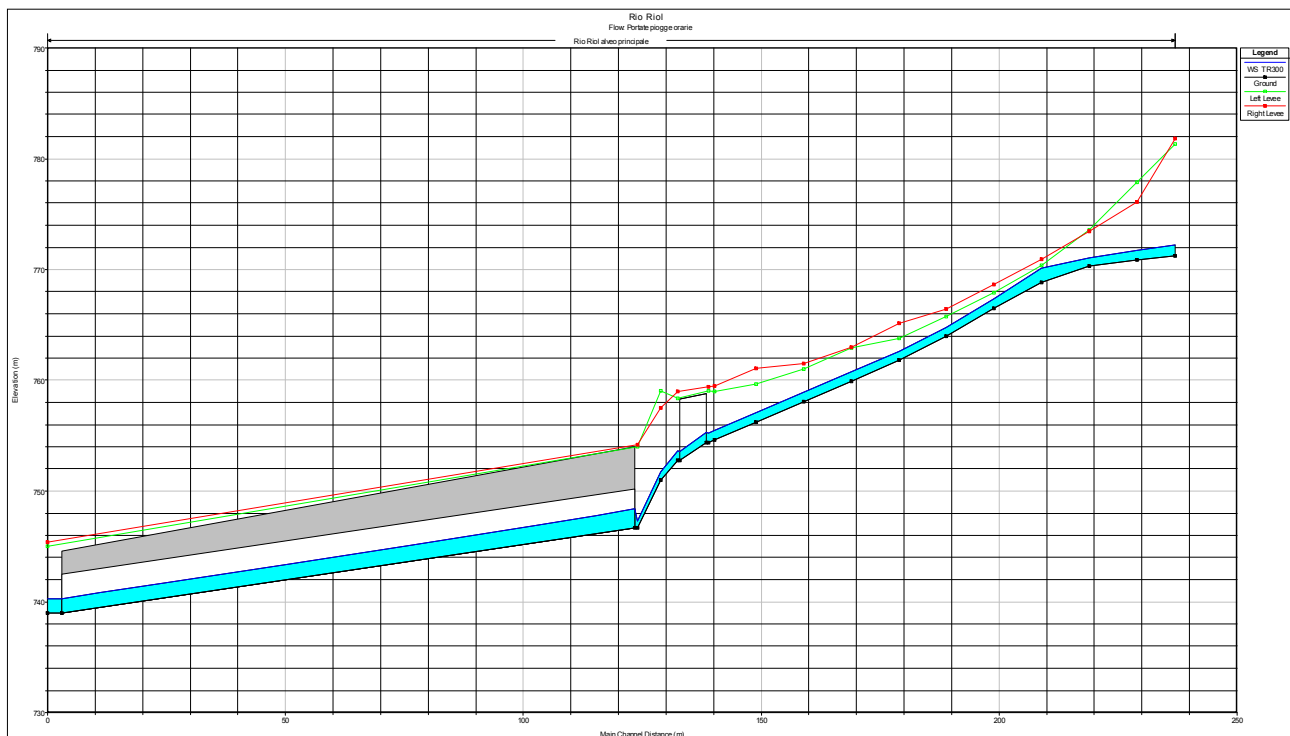


Abbildung 5.4. Ergebnis der Simulation mit Abfluss $Q_{300po} = 37.33 \text{ m}^3/\text{s}$.

Figura 5.4. Risultato della simulazione con portata $Q_{300po} = 37.33 \text{ m}^3/\text{s}$.

Aus der Abbildung 5.4 geht hervor, dass der hydraulische Querschnitt ausreicht, um das dreihundertjährige Hochwasser abzuführen, weil die Fließhöhe immer unter den beiden Hochwasserdämmen liegt (links in grüner Farbe und rechts in roter Farbe).

Im Anhang A werden alle Profile der durchgeführten Simulationen ausgehend von den Eingabedaten angeführt (Stundenregen und Minutenregen Tabelle 4.4 von I-001.01).

Als dann folgt eine kurze Berechnung des kritischen Abflusses für den Wasserlauf. Es wurde von $50 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgegangen, und die Abflussmenge wurde um je $5 \text{ m}^3/\text{s}$ erhöht. Daraus ergab sich, dass der Wasserlauf bei Abflüssen um die $70 \text{ m}^3/\text{s}$ in Krise gerät. Im oberen Teil erreicht der hydraulische Querschnitt seine Grenze und ufert am linken Ufer aus.

5.5. Nachweis der Geschwindigkeit

Bei der Planung des Wasserlaufs, vor allem betreffend den Durchgang unterhalb des Areals, sollten die Neigungen des Rohrs und der Durchmesser so bemessen werden, dass die Geschwindigkeit am Auslass um die $4\text{-}5 \text{ m/s}$ für Abflüsse von $30 \text{ m}^3/\text{s}$ betragen sollte.

In Figura 5.4 appare evidente che la sezione idraulica è sufficiente a smaltire la piena trecentaria in quanto il tirante idraulico è sempre inferiore ai due argini (sinistro in verde e destro in rosso).

In allegato A si riportano tutti i profili delle simulazioni effettuate a partire dai dati di input (piogge orarie e scrosci Tabella 4.4 di I-001.01).

Si è voluto poi fare una breve valutazione sulla portata critica per il corso d'acqua. Partendo da $50 \text{ m}^3/\text{s}$ e incrementando la portata di $5 \text{ m}^3/\text{s}$ si è valutato che il corso d'acqua va in crisi per portate intorno ai $70 \text{ m}^3/\text{s}$. Nella parte alta infatti la sezione idraulica raggiunge il suo limite esondando in sinistra idrografica.

5.5. Verifica della velocità

Lo spirito con cui si è sviluppata la progettazione del corso d'acqua soprattutto per quanto riguarda il passaggio sotto l'areale è stato quello di calibrare le pendenze del tubo ed il diametro, affinché la velocità allo sbocco fosse contenuta intorno ai $4\text{-}5 \text{ m/s}$ per portate dell'ordine di grandezza dei $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

Hierfür wird der Übersichtsplan der Daten am Auslassquerschnitt des verrohrten Abschnittes angeführt. Daraus geht ein Geschwindigkeitswert für den Abfluss von 30 m³/s gleich 4,04 m/s hervor, was den Anforderungen entspricht.

A tal proposito si riporta la tavola di riepilogo dei dati alla sezione di sbocco del tratto intubato in cui si evince un valore di velocità per la portata di 30 m³/s pari a 4,04 m/s in linea con quanto richiesto.

Plan: vv Rio Riol alveo principale RS: 0 Profile: 30 m ³ /s					
		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	741.08	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
Vel Head (m)	0.93	Reach Len. (m)			
W.S. Elev (m)	740.15	Flow Area (m ²)	0.66	6.14	0.63
Crit W.S. (m)	740.39	Area (m ²)	0.66	6.14	0.63
E.G. Slope (m/m)	0.040611	Flow (m ³ /s)	1.47	27.17	1.36
Q Total (m ³ /s)	30.00	Top Width (m)	1.15	5.33	1.09
Top Width (m)	7.57	Avg. Vel. (m/s)	2.21	4.43	2.17
Vel Total (m/s)	4.04	Hydr. Depth (m)	0.58	1.15	0.58
Max Chl Dpth (m)	1.15	Conv. (m ³ /s)	7.3	134.8	6.8
Conv. Total (m ³ /s)	148.9	Wetted Per. (m)	1.63	5.33	1.59
Length Wtd. (m)		Shear (N/m ²)	162.07	458.40	157.69
Min Ch El (m)	739.00	Stream Power (N/m s)	1915.12	110.12	945.11
Alpha	1.12	Cum Volume (1000 m ³)			
Frctn Loss (m)		Cum SA (1000 m ²)			
C & E Loss (m)					

Errors, Warnings and Notes

Enter to move to next upstream river station location

Abbildung 5.5. Ergebnisse des Nachweises der Geschwindigkeit am Rohrauslass.

Figura 5.5. Risultati di verifica della velocità allo sbocco del tubo.

5.6. Anbindung der Steigungsstrecken

Für die Verbindung des oberen Abschnittes mit dem unteren Abschnitt wurde beschlossen, eine sinusförmige Rückhaltesperre zu verwenden.

Die nachfolgende Abbildung stellt das Schema für die Bemessung des Parameters der sinusförmigen Rückhaltesperre gemäß *L. Hoffmann (1936)*, überarbeitet von *Strele (1950)* dar.

5.6. Raccordo livellette

Per raccordare il tratto di monte con il tratto di valle si è deciso di utilizzare una briglia sinusoidale.

Nella figura seguente lo schema per il dimensionamento del paramento della briglia sinusoidale indicato da *L. Hoffmann (1936)* e rivisto da *Strele (1950)*.

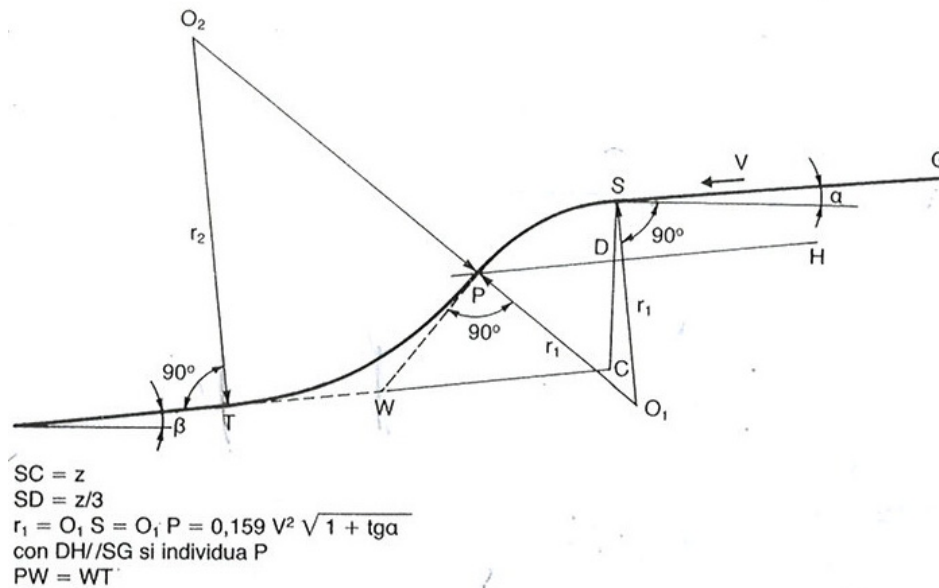


Abbildung 5.6. Schema für die Bemessung des Parameters der sinusförmigen Rückhaltesperre gemäß L. Hoffmann (1936), überarbeitet von Strele (1950).

Figura 5.6. Schema per il dimensionamento del paramento della briglia sinusoidale secondo L. Hoffmann (1936) rivisto da Strele (1950).

Mit der oberen Geschwindigkeit von 7,5 m/s (Wert gültig für TR 300) und der Neigung gleich 26 % ($\alpha = 14,6^\circ$) beträgt der Radius r_1 gleich 10 m. Mit diesen Daten und dem Schema der Abbildung 5.6 wird die Rückhaltesperre bemessen.

Con la velocità di monte pari a 7,5 m/s (valore valevole per TR 300) e la pendenza pari al 26% ($\alpha = 14,6^\circ$) il raggio r_1 risulta pari a circa 10 m. Con questi dati e lo schema riportato in Figura 5.6 si procede al dimensionamento della briglia.

5.7. Bemessung des Flussbettmaterials

In diesem Absatz wird das Flussbettmaterial bemessen. Weil das Flussbett in bestimmten Abschnitten erneuert oder verbreitert oder erhöht werden muss, muss das geeignete Material (als Stückgröße) festgelegt werden, um den Boden des Flussbettes zu armieren.

Grundvoraussetzung für das Material ist, dass es nicht abwärts transportiert werden darf, weshalb es eine gewisse Stabilität aufweisen muss.

5.7.1. Vorwort

Der Mobilitätsindex der Flussbettablagerungen ergibt sich aus dem stabilen Durchmesser. Dieser Parameter lässt korrekt die geeignete Stückgröße des Materials wählen, mit dem der Boden des Flussbettes und eventuell die Ufer armiert werden sollen.

Dieser Parameter wird in Anwendung des Shields-Diagramms in Bezug auf die Übergangszone zwischen Ruhe und Bewegung von Partikeln in einem

5.7. Dimensionamento materiale d'alveo

In questo paragrafo si andrà a dimensionare il materiale d'alveo. Dovendo a tratti rifare il letto del torrente, o perché allargato o perché alzato, va stabilito il materiale idoneo, come pezzatura, per corazzare il fondo.

Caratteristica fondamentale del materiale è quella che esso non sia trasportato a valle e dunque che sia dotato di una certa stabilità.

5.7.1. Premessa

L'indice di mobilità dei sedimenti in alveo è dato dal diametro stabile. Tale parametro ci consente di scegliere correttamente la pezzatura adatta del materiale con cui realizzare il fondo d'alveo ed eventualmente le sponde.

Tale parametro si determina utilizzando la teoria di Shields in merito alle condizioni di incipiente movimento di particelle giacenti sul fondo d'alveo di un

Flussbett eines Wasserlaufs bestimmt. Die Übergangszone zwischen Ruhe und Bewegung wird definiert, indem der Bewegungsparameter von Shields berechnet wird:

$$\theta = \frac{u_*^2}{g \frac{\rho_s - \rho}{\rho} d} = \frac{u_*^2}{g \Delta d}$$

Dabei ist u_* die Reibungsgeschwindigkeit, ρ die Wasserdichte, ρ_s die Dichte der Ablagerungen, Δ die relative Dichte der eingetauchten Körner, d der charakteristische Durchmesser der Ablagerungen und g die Erdbeschleunigung.

corso d'acqua. Le condizioni di incipiente movimento si definiscono andando a valutare il parametro di mobilità di Shields definito come:

dove u_* è la velocità d'attrito, ρ la densità dell'acqua, ρ_s la densità dei sedimenti, Δ la densità relativa dei grani immersi, d il diametro caratteristico dei sedimenti e g l'accelerazione di gravità.

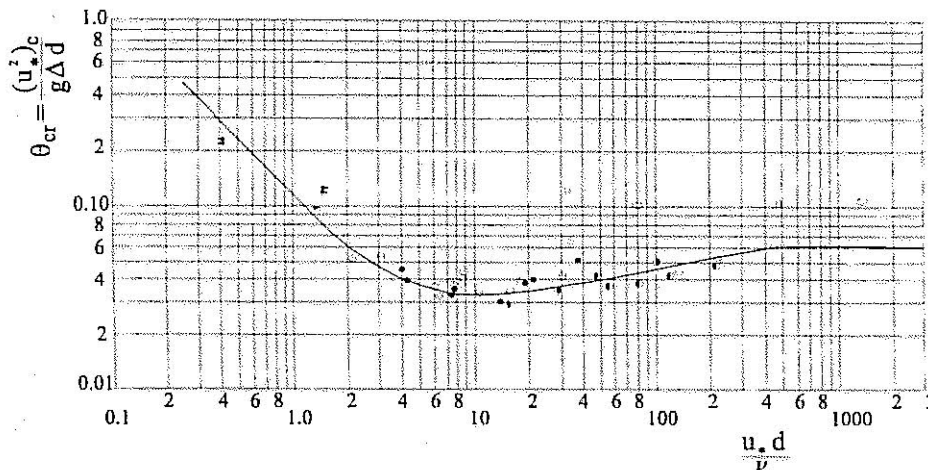


Abbildung 5.7. Shields-Diagramm.

Figura 5.7. Diagramma di Shields.

Die Kurve im Diagramm trennt die Beweglichkeitszone $\theta > \theta_{cr}$ der Partikel von der Unbeweglichkeitszone $\theta \leq \theta_{cr}$. Der Beweglichkeitsparameter ist eine Funktion der sedimentologischen Reynoldszahl, definiert als:

$$Re_* = \frac{u_* d}{\nu}$$

Dabei ist ν die kinematische Viskosität des Wassers ($10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$).

Die Verwendung des Shields-Diagramms ist kompliziert, weil die Reibungsgeschwindigkeit sowohl im Ausdruck des Beweglichkeitsparameters als auch in der sedimentologischen Reynoldszahl vorhanden ist. Generell wird per Iterationen vorgegangen.

In der Folge wird das befolgte Iterationsschema er-

La curva nel diagramma divide la zona di mobilità $\theta > \theta_{cr}$ delle particelle da quella di immobilità $\theta \leq \theta_{cr}$. Il parametro di mobilità è graficato in funzione del numero di Reynolds di grano definito come:

$$Re_* = \frac{u_* d}{\nu}$$

dove ν è la viscosità cinematica dell'acqua ($10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$).

L'uso del diagramma di Shields è complicato anzitutto perché la velocità d'attrito compare sia nell'espressione del parametro di mobilità, sia nel numero di Reynolds di grano. In genere si procede per iterazioni.

Di seguito illustriamo lo schema iterativo seguito per determinare, zona per zona, il diametro stabile.

Dokumenteninhalt: Riolbach – Hydraulischer Bericht

Contenuto documento: Rio Riol - Relazione idraulica

läutert, um Zone für Zone den stabilen Durchmesser zu bestimmen.

Zuerst werden die Grundformeln des Iterationsschemas dargelegt.

Zur Bestimmung von k_s , Rauigkeitsfaktor nach Strickler, wird die folgende Formel verwendet [Henderson, 1966]:

$$k_s = \frac{26}{d_{90}^{1/6}}$$

Der Abfluss wird anhand der Fließformel nach Gauckler-Strickler bei gleichförmigem Abfluss berechnet.

$$Q = A k_s R_h^{(2/3)} \sqrt{i_f}$$

Dabei ist A die benetzte Fläche, R_h der hydraulische Radius als Verhältnis zwischen benetzter Fläche und benetztem Umriss (C_b) und i_f die Boden­neigung.

Der Wert der Reibungsgeschwindigkeit wird anhand folgender Formel bestimmt:

$$u_* = \sqrt{\frac{\bar{\tau}_0}{\rho}}$$

Dabei kann die durchschnittliche Tangentialspannung auf dem Umriss $\bar{\tau}_0$ mit dem hydraulischen Radius R_h und mit der Boden­neigung i_f wie folgt korreliert werden:

$$\bar{\tau}_0 = \rho g R_h i_f$$

Im Iterationsschema muss berücksichtigt werden, dass das Shields-Diagramm nach einigen Grundhypothesen formuliert ist: homogene Partikel, nicht kohäsiv und horizontaler Boden. Mit der Zeit wurde diese Theorie an die Realfälle adaptiert. In der vorliegenden Studie sollen drei Wirkungen beachtet werden: **die Neigung des Flussbettbodens, die niedrige Tiefe und die instabilisierende Wirkung der Ufer**. Zur Berücksichtigung der Neigung des Fluss­bettes wird der Shields-Parameter, der in der Hypothese des horizontalen Bettes θ_{0cr} angenommen wird, mit einem Korrekturkoeffizienten (größer als 1) multipliziert, der ihn vergrößert:

$$\theta_{cr} = \theta_{0cr} \cdot \left(\cos\alpha - \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho} \frac{\sin\alpha}{\tan\varphi'} \right)$$

Die Wirkung der niedrigen Tiefe ist gegeben, wenn die Ablagerungen einen repräsentativen Durchmes-

Prima di fare ciò è bene illustrare le formule base dello schema iterativo.

Per determinare k_s , il coefficiente di scabrezza secondo Strickler, si ricorre alla seguente formula [Henderson, 1966]:

$$k_s = \frac{26}{d_{90}^{1/6}}$$

La portata viene valutata utilizzando una formula di moto uniforme secondo Gauckler-Strickler:

$$Q = A k_s R_h^{(2/3)} \sqrt{i_f}$$

dove A è l'area bagnata, R_h il raggio idraulico rapporto tra area bagnata e contorno bagnato (C_b) e i_f la pendenza del fondo.

Il valore della velocità d'attrito si determina utilizzando la seguente formula:

$$u_* = \sqrt{\frac{\bar{\tau}_0}{\rho}}$$

dove lo sforzo tangenziale medio sul contorno $\bar{\tau}_0$ si può legare al raggio idraulico R_h e alla pendenza del fondo i_f nel seguente modo:

$$\bar{\tau}_0 = \rho g R_h i_f$$

Nello schema iterativo dovremmo tenere conto che la teoria di Shields è formulata secondo alcune ipotesi di base; particelle omogenee, non coesive e fondo orizzontale. Nel tempo tale teoria è stata modificata adattandola ai casi reali. In particolare in questo studio siamo interessati a mettere in evidenza tre effetti, **la pendenza del fondo d'alveo, la bassa som­mergenza e per le sponde l'effetto in stabilizzante delle sponde**. Per tenere conto della pendenza del fondo d'alveo il parametro di Shields valutato nell'ipotesi di fondo orizzontale θ_{0cr} viene moltiplicato per un coefficiente correttivo (maggiore di 1) che lo amplifica:

$$\theta_{cr} = \theta_{0cr} \cdot \left(\cos\alpha - \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho} \frac{\sin\alpha}{\tan\varphi'} \right)$$

Dokumenteninhalt: Riobach – Hydraulischer Bericht

Contenuto documento: Rio Riol - Relazione idraulica

ser haben, welcher der Fließhöhe h gleichgestellt werden kann, das heißt, falls die Bedingung $h/d \cong 1$ vorliegt. In diesem Fall vermindert sich die Beweglichkeit der Körner. Das wird berücksichtigt, indem der Shields-Parameter in der Hypothese des horizontalen Bodens θ_{0cr} mit einem entsprechenden Korrekturkoeffizient multipliziert wird [Armanini, 1990]:

$$\theta_{cr} = \theta_{0cr} \left(1 + 0.67 \left(\frac{d}{h} \right)^{0.5} \right)$$

Eine letzte zu berücksichtigende Wirkung bei der Bestimmung des stabilen Durchmessers zur Bemessung der Uferverbauung ist die Wirkung der Uferneigung:

$$\theta_{cr} = \theta_{0cr} \cdot \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \beta}{\text{sen}^2 \phi}}$$

Sollten die einzelnen Wirkungen gleichzeitig auftreten, genügt es, den Beweglichkeitsparameter, berechnet aus der Hypothese des horizontalen Bettes, mit den einzelnen Korrekturkoeffizienten zu multiplizieren.

In der Untersuchung wird angenommen, sich im rechten Teil des Shields-Diagramms zu befinden, wo gilt: $Re_* \geq 200$. In dieser Zone ist klar zu sehen, dass θ_{0cr} einen konstanten Wert gleich rund 0,06 annimmt. In diesem Fall hängen die Beweglichkeitsbedingungen nicht mehr von der Viskosität der Flüssigkeit ab, es herrscht ein Zustand ähnlich einer Turbulenzbewegung auf Höhe der hydraulisch rauhen Wand. Diese Hypothese ist vergleichbar mit den Bewegungsbedingungen, die im Falle eines Hochwasserereignisses auftreten.

Das allgemeine Iterationsschema für die Berechnung des stabilen Durchmessers ist:

1. In der Annahme eines Wertes d_{90} wird der Rauheitsbeiwert nach Strickler k_s berechnet;
2. per Iteration wird der Wert der Fließhöhe h erlangt, der auferlegt, dass der Abfluss Q gleich einem bekannten Wert sein muss;
3. nach der Bestimmung des Wertes h wird die Reibungsgeschwindigkeit festgelegt;
4. mit der bekannten Größe U_* wird der Wert der sedimentologischen Reynoldszahl Re berechnet. Alsdann wird kontrolliert, ob dieser dimensionale Parameter einen Wert über 200 hat. In diesem

L'effetto di bassa sommergenza si ha quando i sedimenti hanno un diametro rappresentativo comparabile al tirante idrico h cioè sussiste la condizione $h/d \cong 1$. In questo caso la mobilità dei grani tende a ridursi. Se ne tiene conto moltiplicando il parametro di Shields nell'ipotesi di fondo orizzontale θ_{0cr} per un opportuno coefficiente correttivo [Armanini, 1990]:

$$\theta_{cr} = \theta_{0cr} \left(1 + 0.67 \left(\frac{d}{h} \right)^{0.5} \right)$$

Ultimo effetto da considerare, quando si determina il diametro stabile con cui dimensionare le difese di sponda è l'effetto della pendenza delle sponde:

$$\theta_{cr} = \theta_{0cr} \cdot \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \beta}{\text{sen}^2 \phi}}$$

Qualora i vari effetti siano concomitanti basta moltiplicare il parametro di mobilità, calcolato con l'ipotesi di fondo orizzontale, per i vari coefficienti correttivi.

Nello studio faremo l'ipotesi base di trovarci nella parte destra del grafico di Shields, dove $Re_* \geq 200$.

In questa zona si vede chiaramente che θ_{0cr} assume un valore costante pari circa a 0,06. In questo caso le condizioni di mobilità non dipendono più dalla viscosità del fluido, il regime è simile a quello di moto turbolento in corrispondenza di parete idraulicamente scabra. Quest'ipotesi è del tutto compatibile con le condizioni di moto che si hanno nel caso di un evento di piena.

Lo schema iterativo del tutto generale per il calcolo del diametro stabile è il seguente:

1. ipotizzando un valore del d_{90} , si ricava il coefficiente di scabrezza secondo Strickler k_s ;
2. si ricava per iterazioni il valore del tirante h imponendo che la portata Q deve essere pari ad un valore noto;
3. determinato il valore di h con la si determina la velocità d'attrito.
4. nota U_* , si calcola il valore del numero di Reynolds di grano Re . Viene poi controllato se tale

Dokumenteninhalt: Riobach – Hydraulischer Bericht

Contenuto documento: Rio Riol - Relazione idraulica

- Fall kann angenommen werden, dass $\theta_{0cr} = 0.06$, also Turbulenzbewegung in hydraulisch rauher Wand;
- an dieser Stelle kann der stabile Durchmesser d_s errechnet werden, indem für die relative Dichte des eingetauchten Partikels Δ ein Wert von 1,65 verwendet wird (quarzhaltige und kalkhaltige Partikel);
 - es wird der Parameter der niedrigen Tiefe (h/d_s) kontrolliert. Beläuft sich der Wert um 1, muss dies berücksichtigt werden;
 - nun wird erneut θ_{cr} berechnet, indem die entsprechenden Korrekturkoeffizienten angewandt werden;
 - mit dem neuen korrekten Wert θ_{cr} wird erneut der Wert des stabilen Durchmessers des ersten Versuches d_s^1 errechnet;
 - die Iteration erfolgt, bis Folgendes gilt: $|d_s^{i+1} - d_s^i| \cong 0$ (allgemein genügen 3 - 4 Iterationen).

Dieses Verfahren ist ein allgemeines Verfahren. Im untersuchten Fall können einige Vereinfachungen angebracht werden, welche den stabilen Durchmesser sehr viel schneller und ohne Iterationen berechnen lassen.

In diesem Fall vereinfacht vor allem jener Aspekt die Berechnung, dass der Wert der Fließhöhe Querschnitt für Querschnitt gegeben ist.

Ein weiterer Grundfaktor ist, dass der Beiwert k_s im Flussbett gegeben ist und nicht aus dem stabilen Durchmesser berechnet werden muss.

Diese Faktoren ermöglichen es, nicht per Iteration vorgehen zu müssen.

Der „Hiding“-Effekt wird zugunsten der Sicherheit vernachlässigt.

Die vorgestellte Theorie gilt für Lockermaterial.

Der Nachweis wird unter Verwendung der Daten der Fließhöhe erbracht, welche für die ungünstigste Situation errechnet wurden, die sich aus einem dreihunderjährigen Hochwasserereignis durch Stundenregen ergibt.

5.7.2. Bestimmung des stabilen Durchmessers

Es soll der stabile Durchmesser für den betreffenden Wildbachabschnitt bestimmt werden.

- parametro dimensionale ha un valore superiore a 200. In tal caso si può assumere che $\theta_{0cr} = 0.06$, moto turbolento in parete idraulicamente scabra;
- a questo punto si può determinare il diametro stabile d_s utilizzando per la densità relativa della particella immersa Δ un valore di 1,65 (particelle quarzifere e calcari);
 - si controlla il parametro di bassa sommergezza (h/d_s). Se questo si aggira attorno all'unità si dovrà tenerne conto;
 - a questo punto viene ricalcolato θ_{cr} applicando gli opportuni coefficienti correttivi;
 - con il nuovo valore di θ_{cr} corretto si ricava nuovamente il valore del diametro stabile di primo tentativo d_s^1 ;
 - si itera il procedimento fino a che $|d_s^{i+1} - d_s^i| \cong 0$ (di solito bastano 3-4 iterazioni);

Questo procedimento è del tutto generale. Nel nostro caso possiamo fare alcune semplificazioni che rendono il calcolo del diametro stabile molto più veloce e non soggetto ad iterazioni.

In questo caso l'aspetto che maggiormente semplifica l'operazione è il fatto che il valore del tirante idraulico è dato sezione per sezione.

Altro fattore fondamentale è che il k_s in alveo è dato e non deve essere determinato a partire dal diametro stabile.

Questi fattori ci consentono di non dover procedere per iterazione.

L'effetto di "hiding" verrà trascurato a favore di sicurezza.

La teoria esposta vale per materiale sciolto.

La verifica verrà fatto utilizzando i dati di tirante idraulico determinati per la situazione più sfavorevole stabilita dalla piena trecentenaria generata da una pioggia oraria.

5.7.2. Determinazione del diametro stabile

Si vuole determinare il diametro stabile per il tratto di torrente in questione.

In der Folge werden die Werte für den Querschnitt 8 (prog. 178,916) angeführt, der repräsentativ für den oberen Abschnitt ist.

Di seguito riportiamo i valori per la sezione 8 (prog. 178,916) rappresentativa del tratto di monte.

Plan: vrr Rio Riol alveo principale RS: 178.916 Profile: TR300					
E.G. Elev (m)	765.91	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	3.27	Wt. n-Val.	0.050	0.050	0.050
W.S. Elev (m)	762.63	Reach Len. (m)	10.00	10.00	10.00
Crit W.S. (m)	763.45	Flow Area (m2)	0.35	4.17	0.35
E.G. Slope (m/m)	0.216864	Area (m2)	0.35	4.17	0.35
Q Total (m3/s)	37.33	Flow (m3/s)	1.44	34.45	1.44
Top Width (m)	6.67	Top Width (m)	0.83	5.00	0.83
Vel Total (m/s)	7.67	Avg. Vel. (m/s)	4.13	8.26	4.13
Max Chl Dpth (m)	0.83	Hydr. Depth (m)	0.42	0.83	0.42
Conv. Total (m3/s)	80.2	Conv. (m3/s)	3.1	74.0	3.1
Length Wtd. (m)	10.00	Wetted Per. (m)	1.18	5.00	1.18
Min Ch El (m)	761.80	Shear (N/m2)	627.55	1774.98	627.55
Alpha	1.09	Stream Power (N/m s)	1915.12	685.14	1237.65
Frctn Loss (m)	2.25	Cum Volume (1000 m3)	0.16	5.01	0.16
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	0.16	0.89	0.16

Tabelle 5.1. Bemessungsdaten für den Querschnitt 8, gültig für den oberen Abschnitt.

Tabella 5.1. Dati di progetto per la sezione 8 valevole per il tratto di monte.

Mit den Daten der Tabelle 5.1 wird ein stabiler Durchmesser für Lockermaterial über 1,0 m aufgrund einer hohen Neigung im untersuchten Abschnitt festgelegt.

Angesichts des Ergebnisses wird beschlossen, die Ufer und das Flussbett mit untereinander gut gelaschten Zyklopensteinen von 80-100 cm Durchmesser zu befestigen und eine Betonstabilisierung im gepflasterten Abschnitt der sinusförmigen Rückhalteperre zu realisieren.

Con i dati di Tabella 5.1 determina un diametro stabile per materiale sciolto superiore ad 1,0 m in ragione di una pendenza elevata del tratto in esame.

Visto il risultato si decide di rinforzare le sponde ed il fondo d'alveo con dei massi ciclopici del diametro 80-100 cm ben ammorsati tra loro e ricorrere ad una stabilizzazione in calcestruzzo nel tratto di selciatoone rappresentato dalla briglia sinusoidale.

Dokumenteninhalt: Riolbach – Hydraulischer Bericht

Contenuto documento: Rio Riol - Relazione idraulica

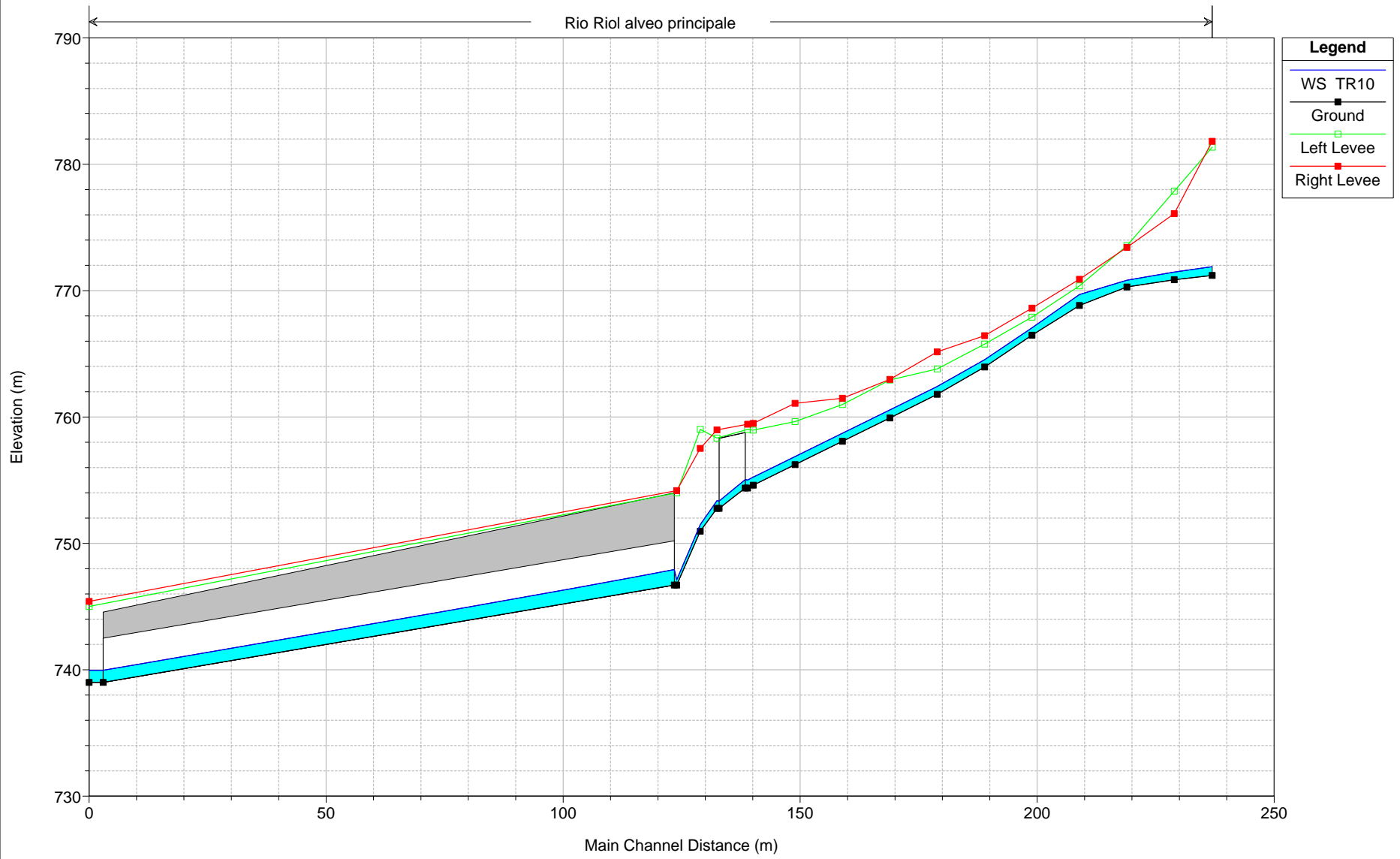
**6. ANHANG A - HYDRAULISCHER
NACHWEIS**

6. ALLEGATO A-VERIFICA IDRAULICA

Rio Riol Plan: Verifica Rio Riol

Flow: Portate scrosci

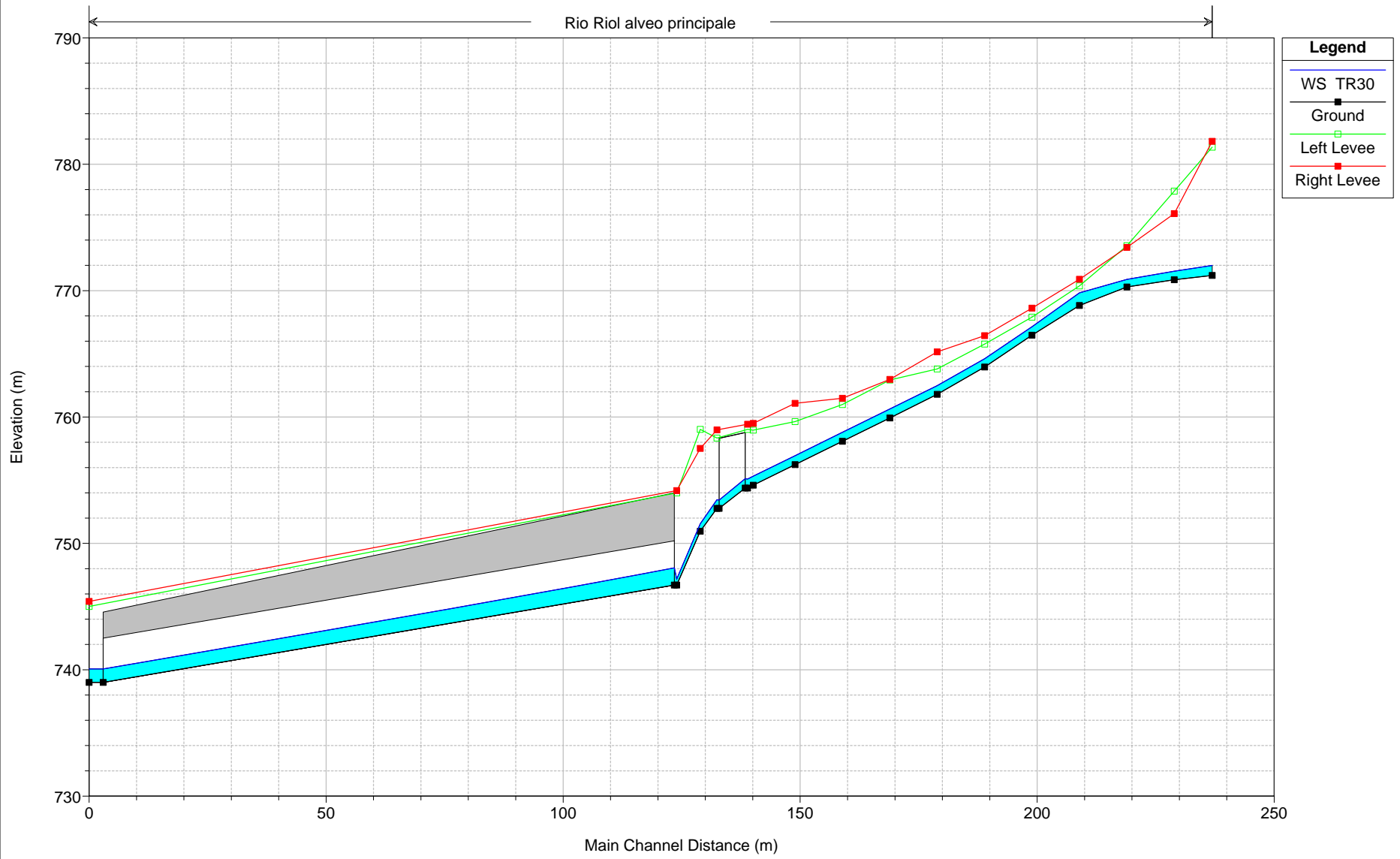
Rio Riol alveo principale



Rio Riol Plan: Verifica Rio Riol

Flow: Portate scrosci

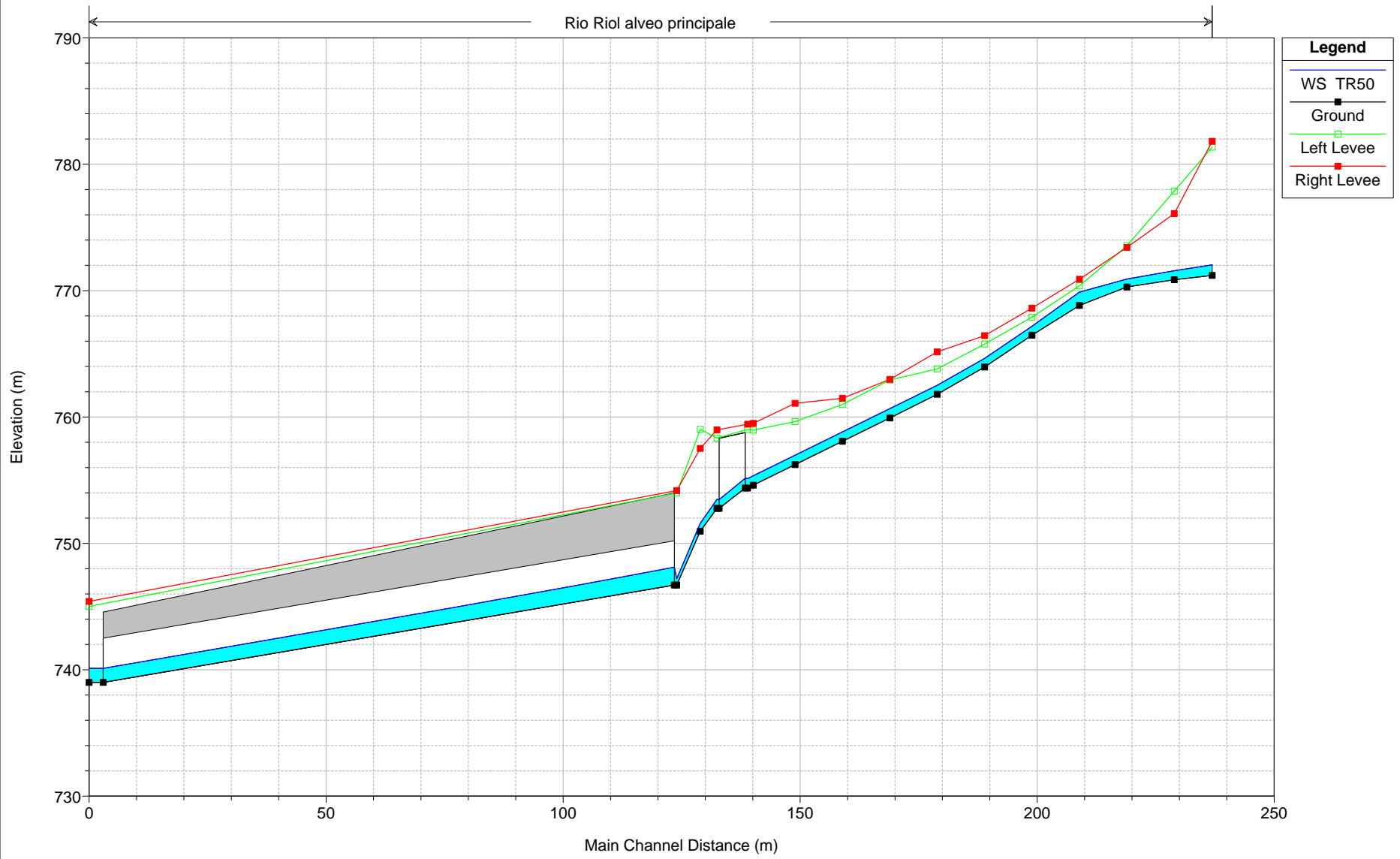
Rio Riol alveo principale



Rio Riol Plan: Verifica Rio Riol

Flow: Portate scrosci

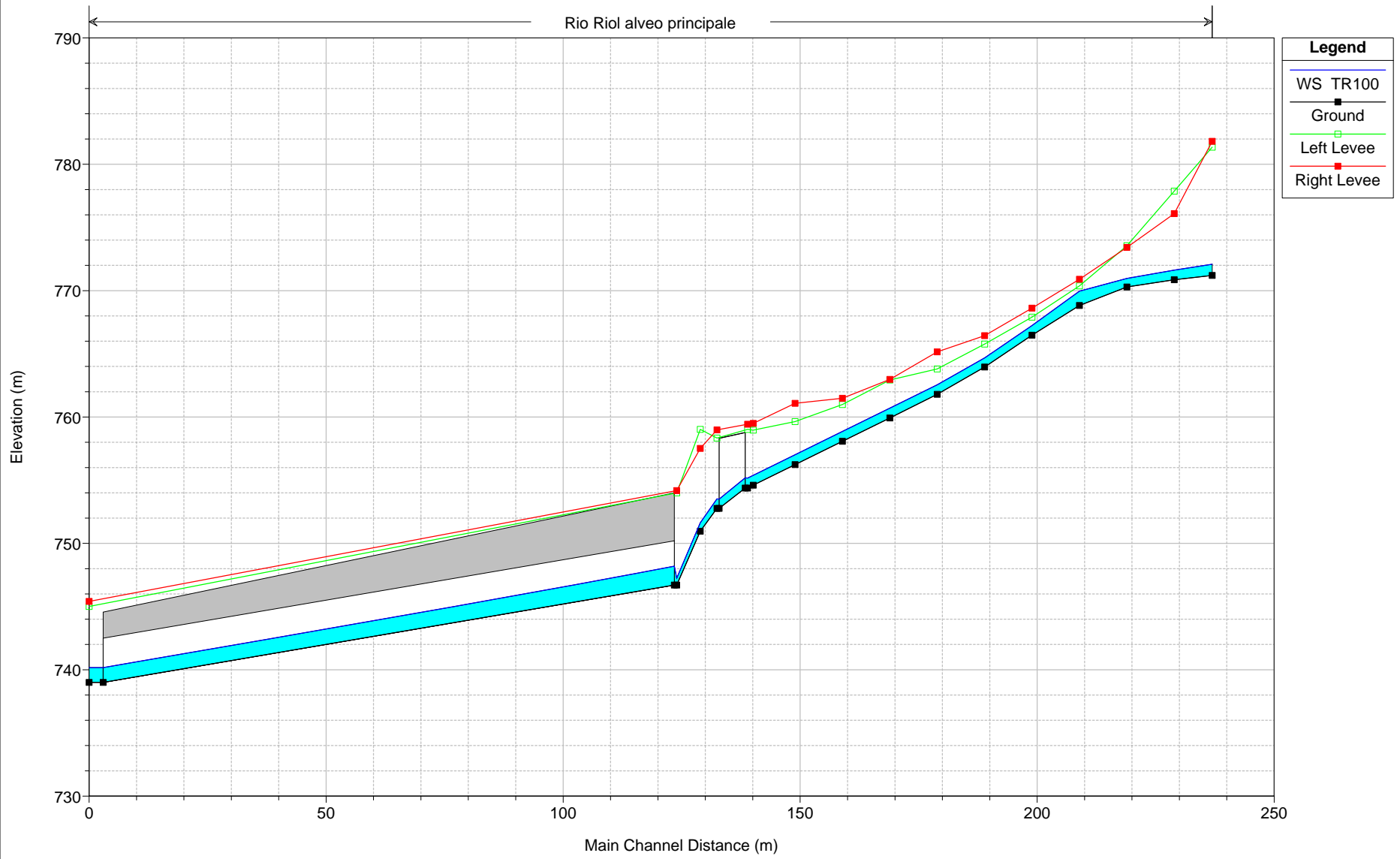
Rio Riol alveo principale



Rio Riol Plan: Verifica Rio Riol

Flow: Portate scrosci

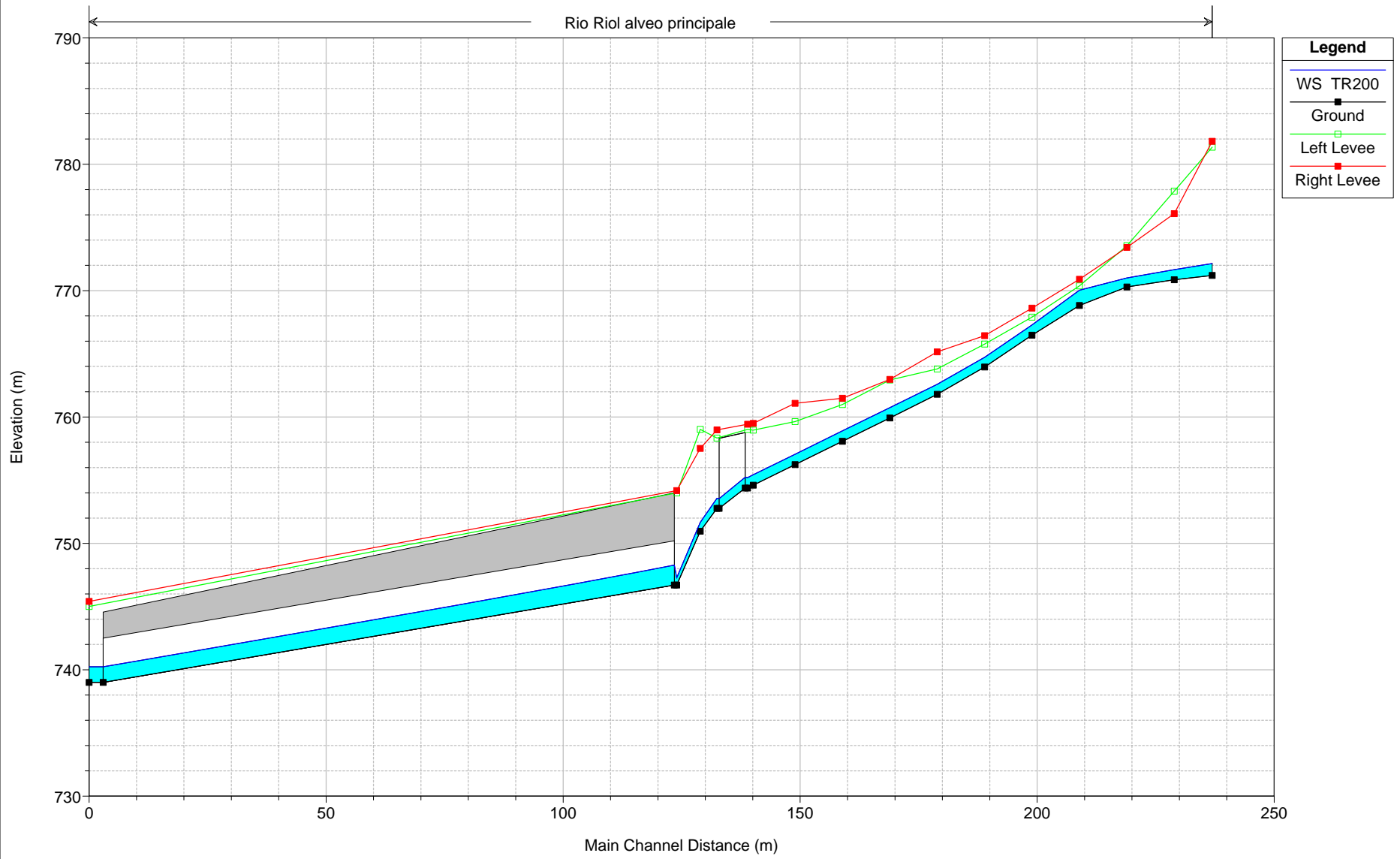
Rio Riol alveo principale



Rio Riol Plan: Verifica Rio Riol

Flow: Portate scrosci

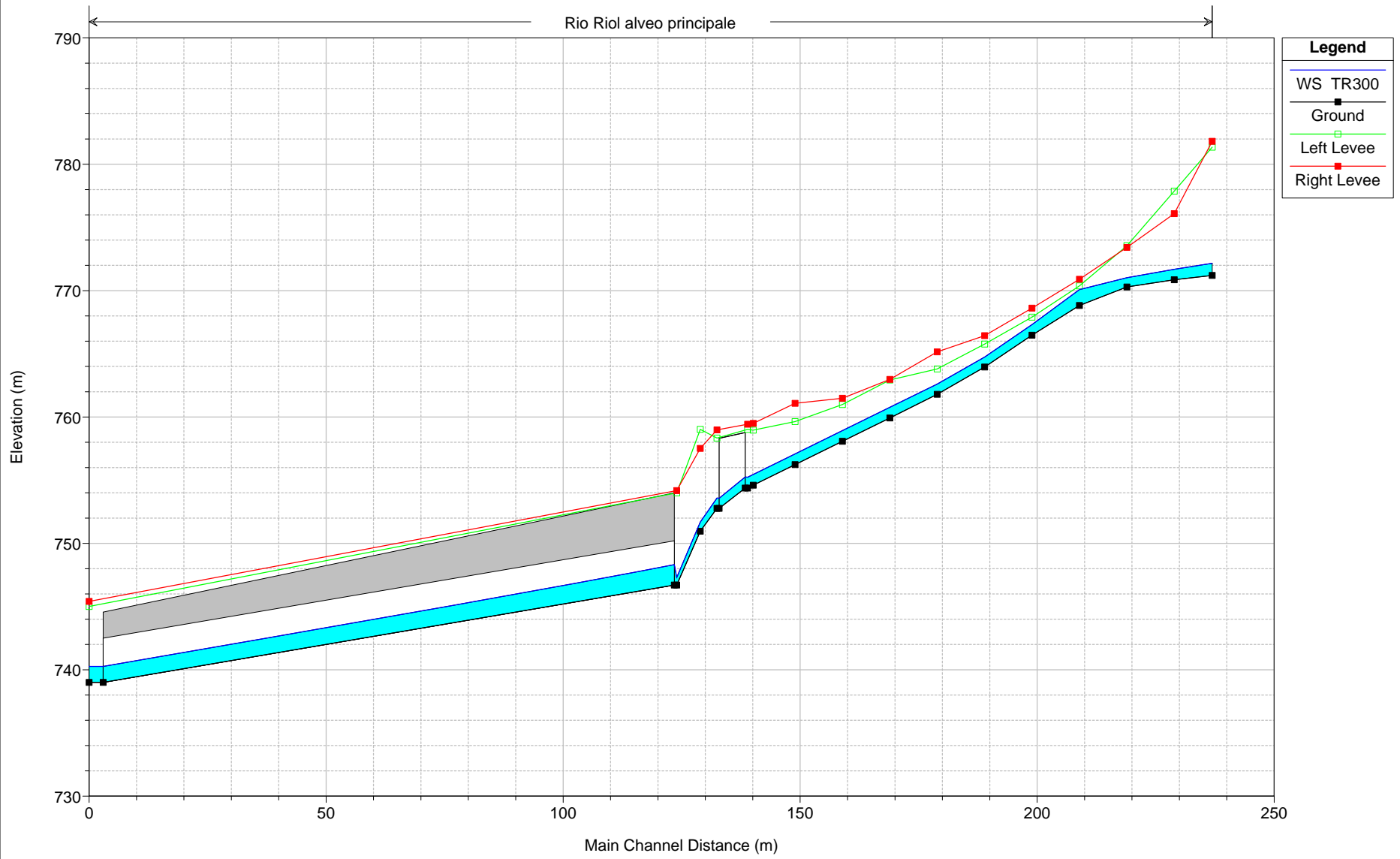
Rio Riol alveo principale



Rio Riol Plan: Verifica Rio Riol

Flow: Portate scrosci

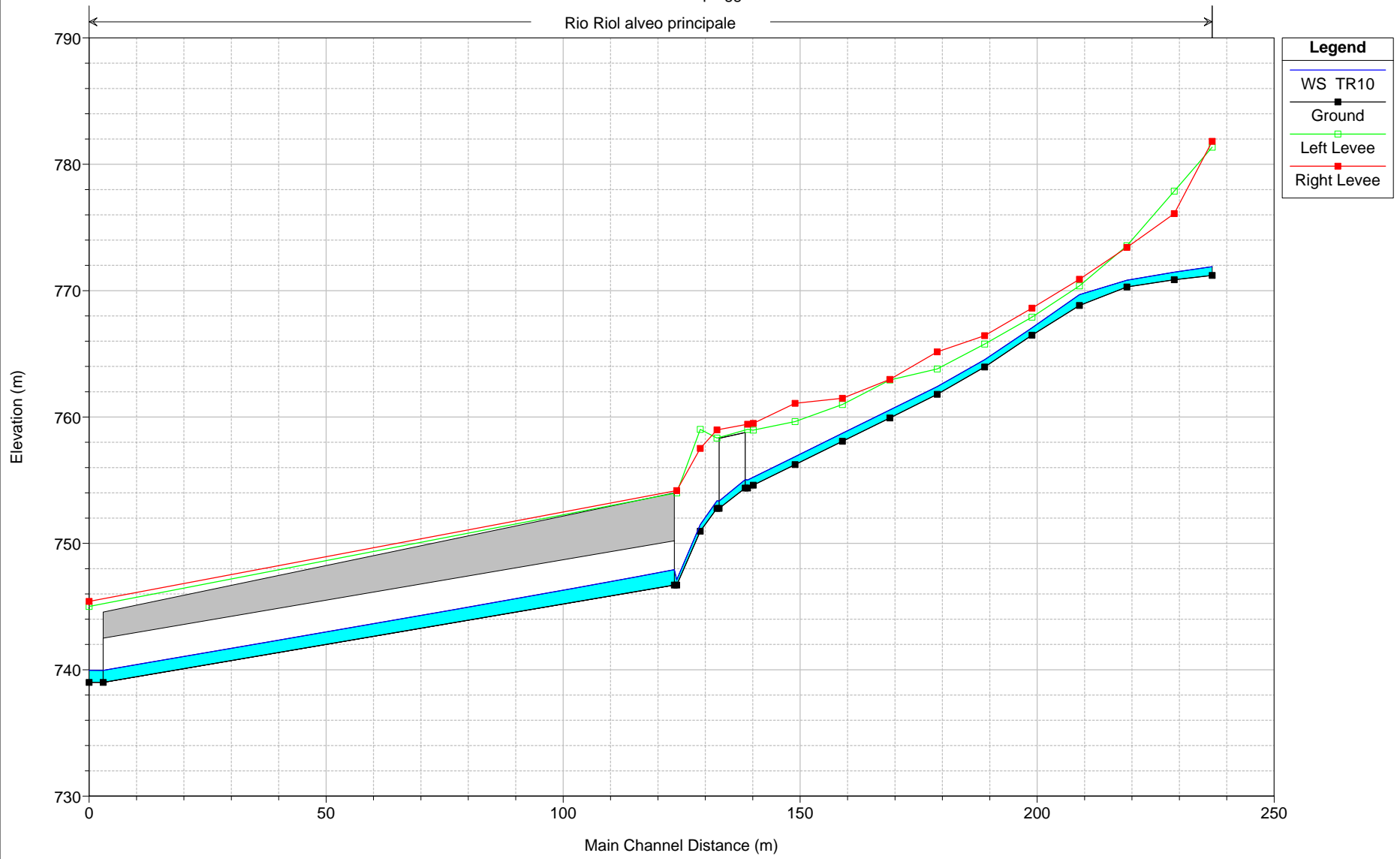
Rio Riol alveo principale



Rio Riol Plan: Verifica Rio Riol

Flow: Portate piogge orarie

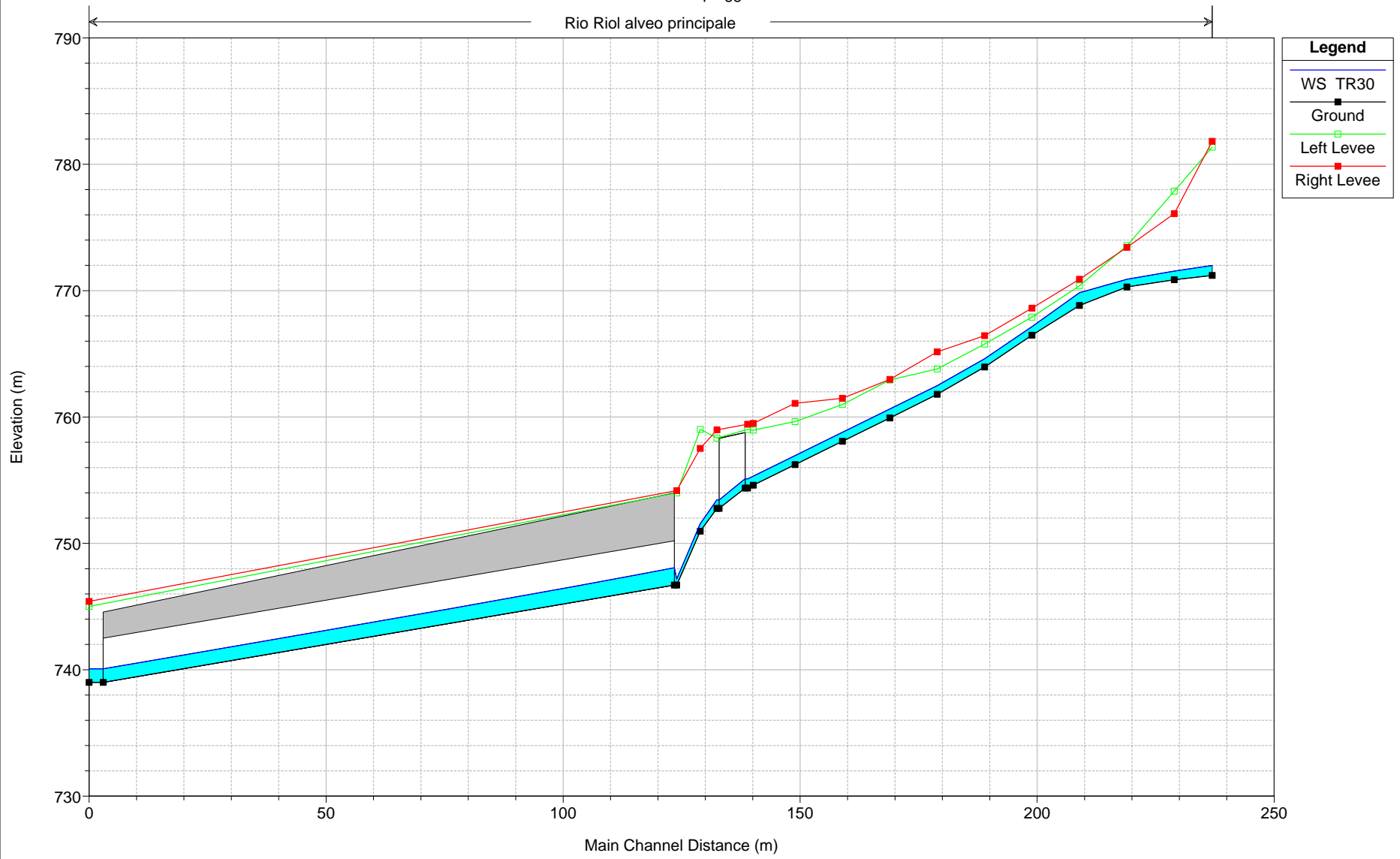
Rio Riol alveo principale



Rio Riol Plan: Verifica Rio Riol

Flow: Portate piogge orarie

Rio Riol alveo principale



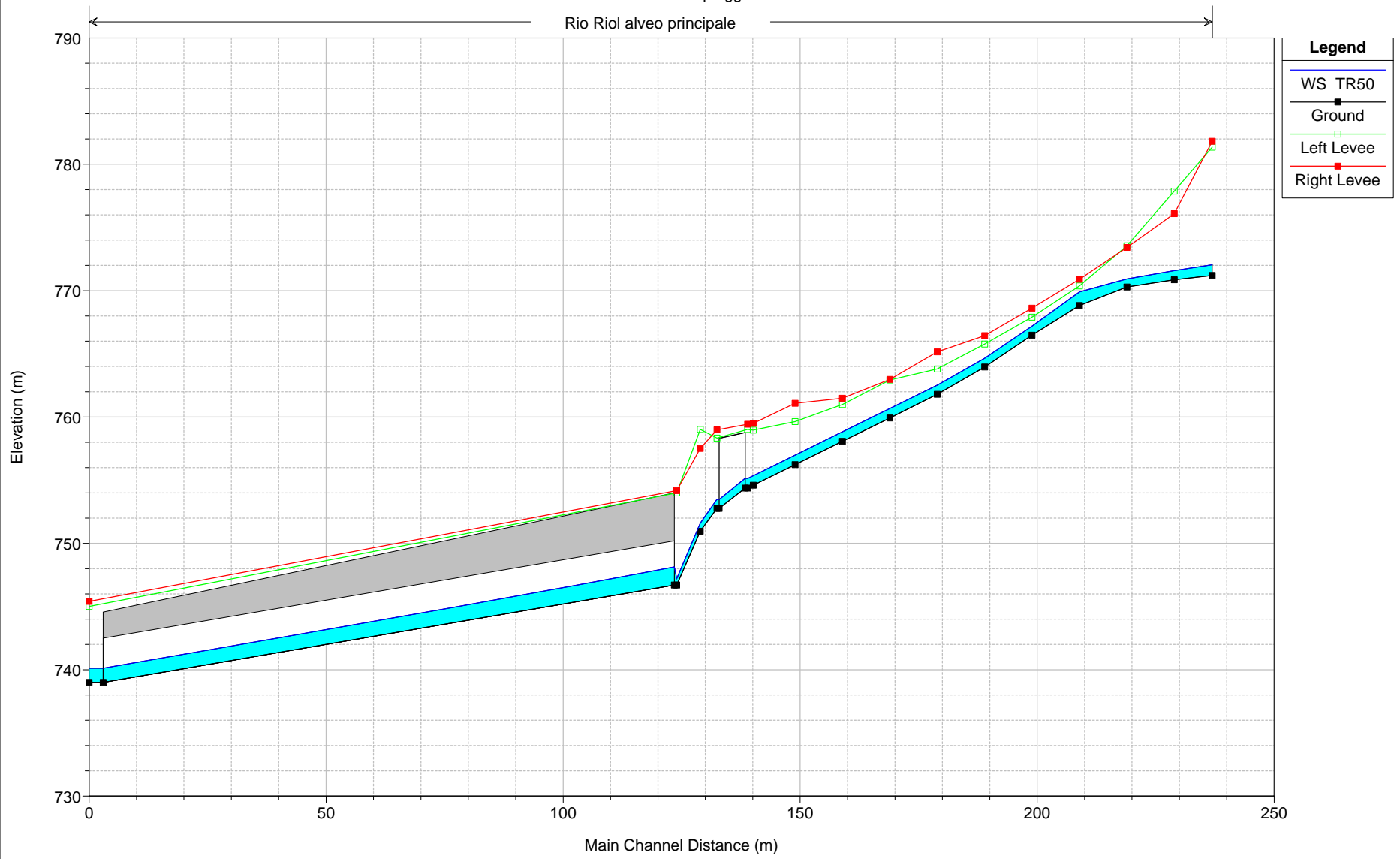
Legend

- WS TR30
- Ground
- Left Levee
- Right Levee

Rio Riol Plan: Verifica Rio Riol

Flow: Portate piogge orarie

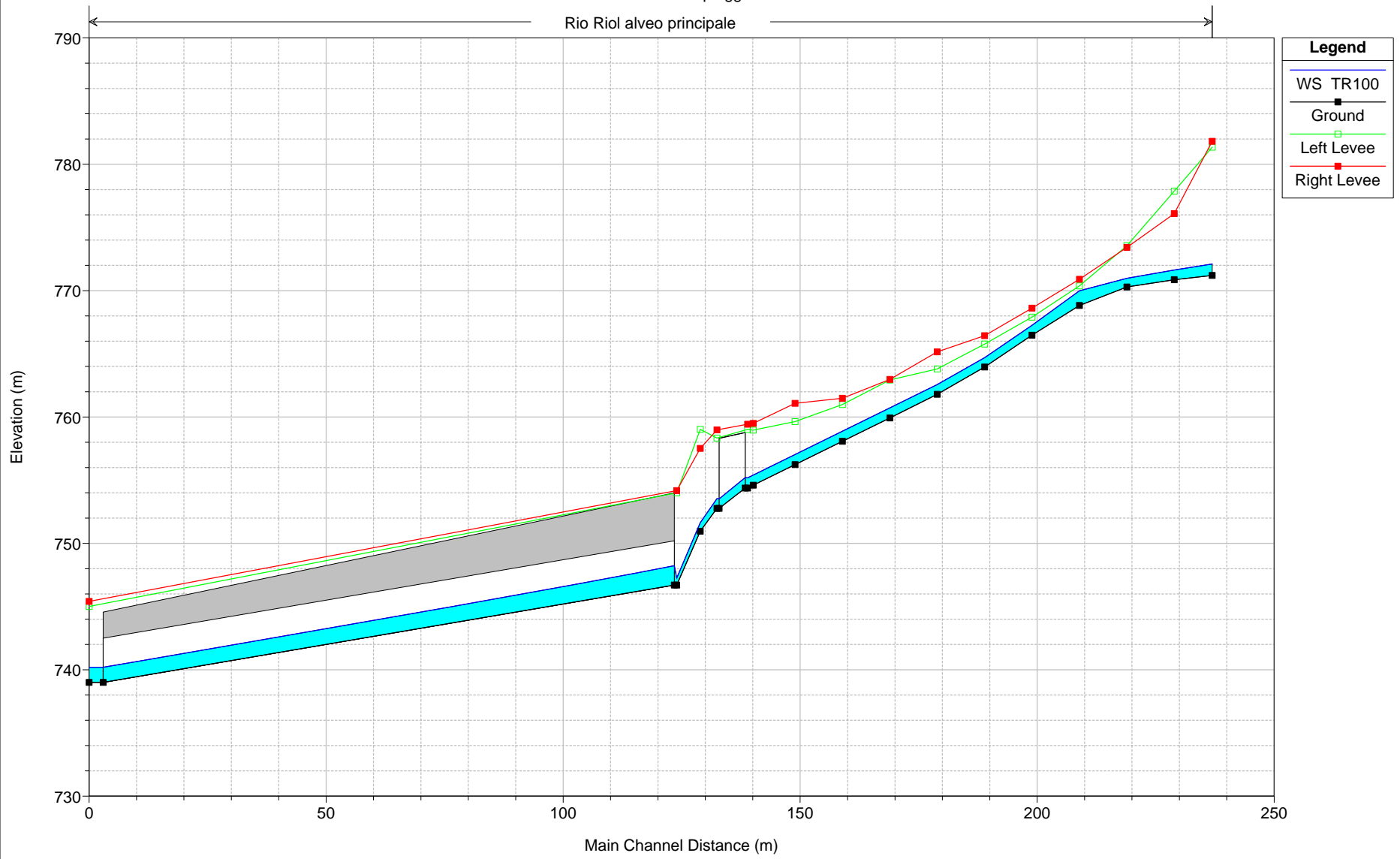
Rio Riol alveo principale



Rio Riol Plan: Verifica Rio Riol

Flow: Portate piogge orarie

Rio Riol alveo principale



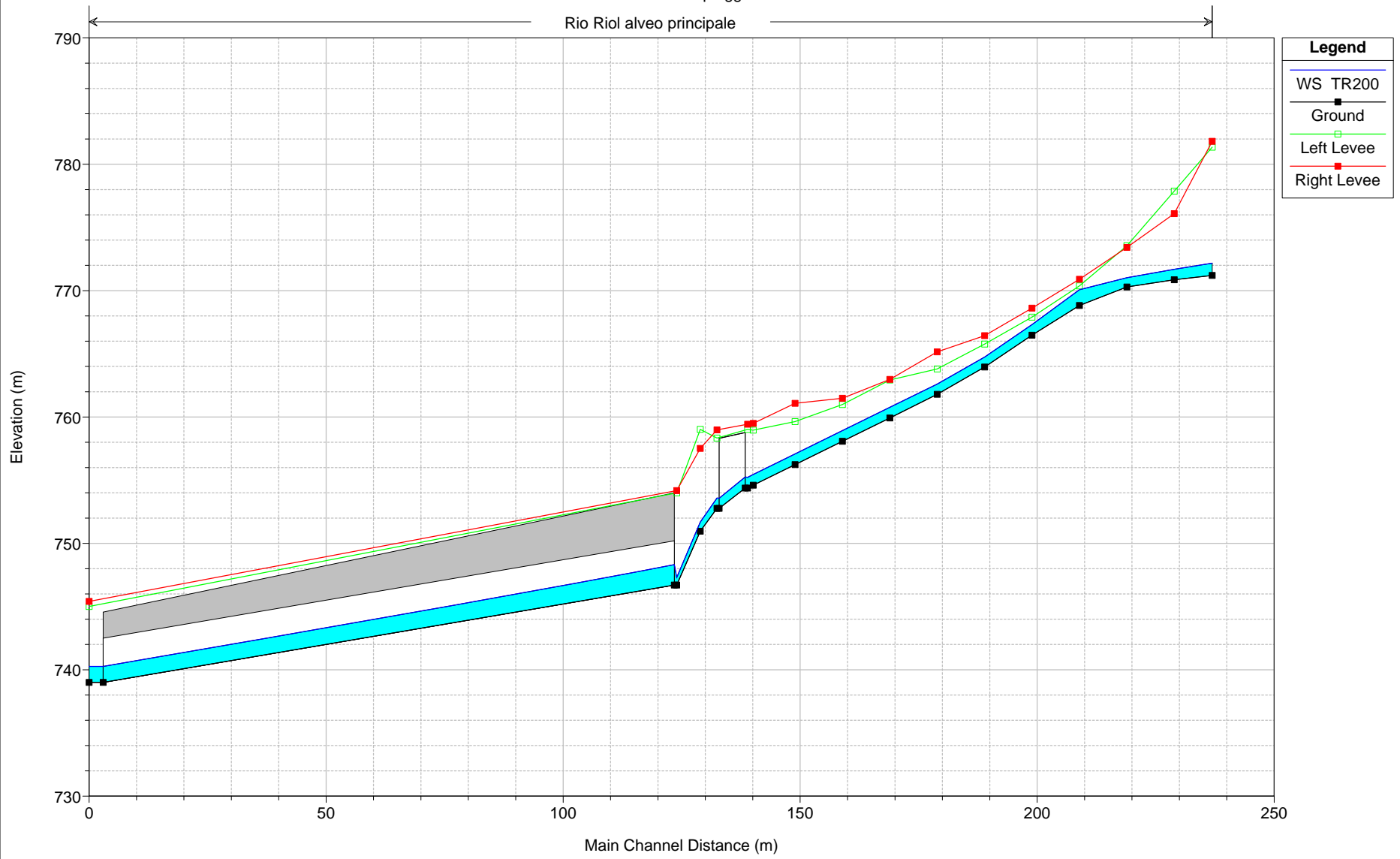
Legend

- WS TR100
- Ground
- Left Levee
- Right Levee

Rio Riol Plan: Verifica Rio Riol

Flow: Portate piogge orarie

Rio Riol alveo principale



Rio Riol Plan: Verifica Rio Riol

Flow: Portate piogge orarie

Rio Riol alveo principale

