

Ente Attuatore:



CITTA' DI SASSO MARCONI

Piazza dei Martiri della Liberazione, 6 - 40037 P.IVA 00529971202
Telefono 051 843511 Fax 051 840802 Numero verde 800 273218
PEC: comune.sassomarconi@cert.provincia.bo.it

Lavori di regimazione e adeguamento idraulico del Rio Verde tratto Mongardino – San Lorenzo in comune di Sasso Marconi

I° STRALCIO FUNZIONALE tratto a monte della ex S.S. Porrettana

PROGETTO ESECUTIVO

Denominazione:

RELAZIONE IDRAULICA

Elaborato:

2.3



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Comune di Sasso Marconi
Arch. Elena De Angelis

IL PROGETTISTA



Consorzio della Bonifica Renana
Ing. Riccardo Rossi

Revisione:

n° del oggetto

01 _/ _/ _

02 _/ _/ _

N° progetto: 816/M

Data: aprile 2016

Nome file: 816_I_2.3_rel_idraulica.pdf

COMUNE DI SASSO MARCONI

AREA SERVIZI ALLA COLLETTIVITA' E AL TERRITORIO



INTERVENTI DI REGIMAZIONE ED ADEGUAMENTO IDRAULICO DEL RIO VERDE

progettazione

COMUNE DI SASSO MARCONI

U.O. PIANIFICAZIONE TERRITORIALE
E ATTUAZIONE OPERE CONNESSE

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
Arch. Elena De Angelis

PROGETTAZIONE MODELLAZIONE
Ing. Carla Pasquali

ASSISTENTE ALLA PROGETTAZIONE
--



Carla Pasquali

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

data di emissione

ottobre 2012

revisione n°

n° codice progetto

elaborato n°

verificato da

scala

tavola n°

RELAZIONE GENERALE

C

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO ED IDROLOGICO	3
3	MODELLAZIONE IDRAULICA.....	8
3.1	APPLICAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO: STATO DI FATTO ATTUALE.....	9
3.2	APPLICAZIONE DEL MODELLO IDRAULICO: STATO DI PROGETTO	24
3.2.1	<i>Stato di progetto fino al ponte di via San Lorenzo.....</i>	<i>24</i>
3.2.2	<i>Stato di progetto con ipotesi di risezionamento alveo a valle del ponte di via San Lorenzo</i>	<i>30</i>
3.2.3	<i>Confronto stato di progetto con vasca di laminazione e senza vasca</i>	<i>33</i>
4	INTERVENTI.....	37
4.1	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	37
4.2	INTERVENTI DA REALIZZARE NEL PRIMO STRALCIO	37
4.2.1	<i>Conclusioni sul confronto tra lo stato attuale e lo “stato di progetto - primo stralcio”</i>	<i>39</i>
4.3	INTERVENTI NECESSARI DA REALIZZARE IN STRALCI SUCCESSIVI.....	43
5	CONCLUSIONI	44

1 PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di illustrare gli interventi necessari ad adeguare idraulicamente il Rio Verde, in Comune di Sasso Marconi, nel tratto compreso tra via Mongardino e il sottopasso dell'autostrada A1.

Contemporaneamente, la stessa, ha l'obiettivo di acquisire l'autorizzazione e la successiva concessione, da parte del Servizio Tecnico Bacino Reno, al rifacimento di due attraversamenti stradali sul Rio Verde: il ponte di via Mongardino e il ponte di via San Lorenzo.

Gli interventi sono stati definiti dopo aver attentamente analizzato lo studio idraulico condotto dallo Studio Prisma, i relativi elaborati progettuali e il precedente studio sviluppato da Società Autostrade.

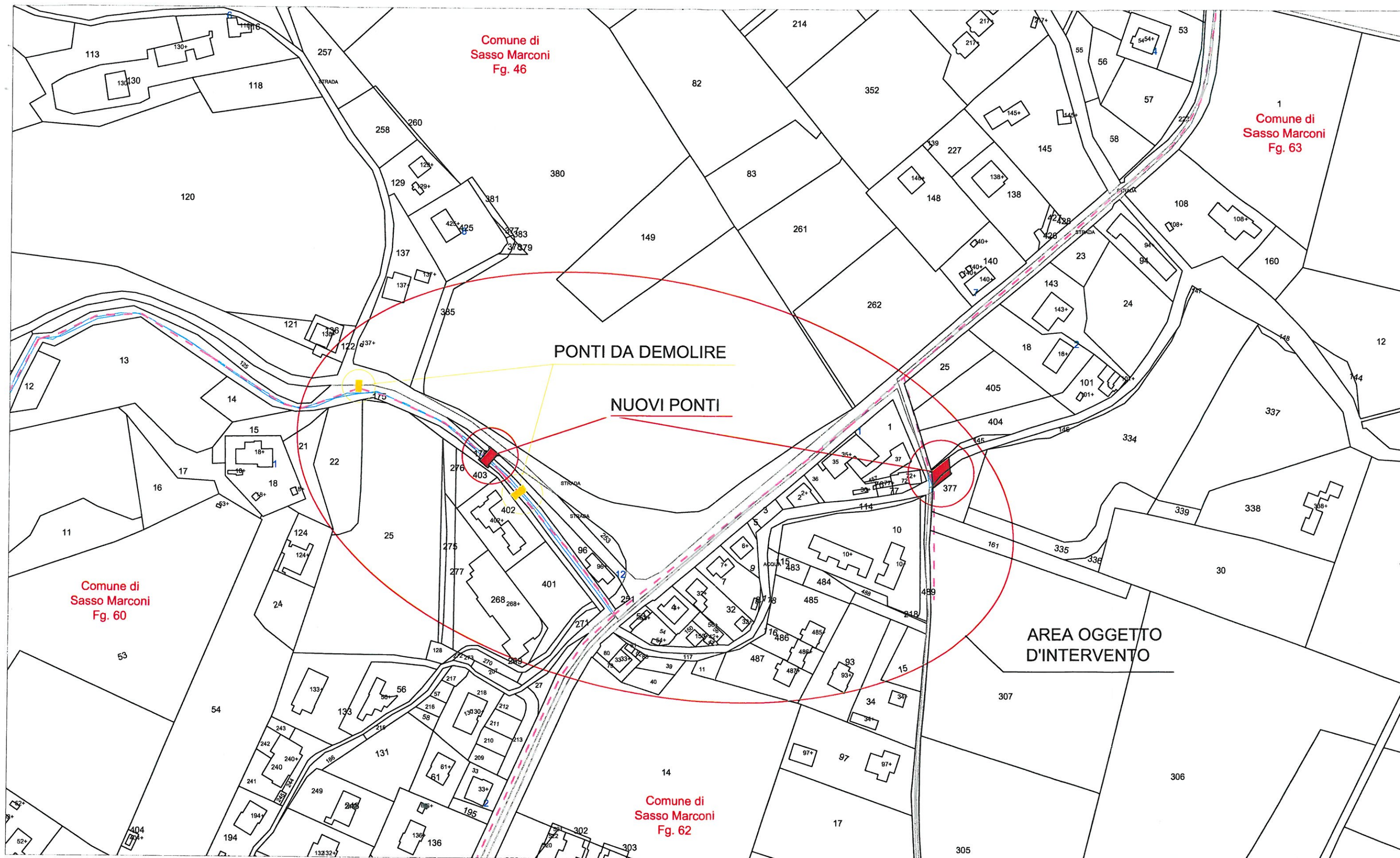
Gli elaborati prodotti dello Studio Prisma, contenenti lo studio idraulico e il progetto dei due ponti, sono allegati alla presente relazione.

2 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO ED IDROLOGICO

Il Rio Verde scorre per una lunghezza di circa 3 km nel comune di Sasso Marconi (BO) tra la località Cà di Mezzo e il sottopasso autostradale per poi confluire, dopo circa un altro chilometro, nel Fiume Reno in destra idraulica.

È attraversato da diversi ponti, soprattutto in prossimità dell'abitato che è sito tra via Mongardino e Via San Lorenzo, infatti, in soli 500 metri, si possono contare ben quattro attraversamenti stradali (due ponti su via Mongardino, un ponte sulla Porrettana, un ponte su via San Lorenzo) più due passerelle pedonali.

Inoltre, tra il ponte sulla Porrettana e il ponte di via San Lorenzo, il Rio Verde scorre all'interno di una sezione scatolare in cls, rialzata ai lati in diversi punti con muretti realizzati dai proprietari delle abitazioni ubicate a ridosso del corso d'acqua a protezione degli edifici stessi.



PLANIMETRIA CATASTALE: Comune di Sasso Marconi (BO) Fogli 46, 60, 62, 63.

SCALA 1:2.000



Foto 1: Ortofoto (ortofoto Agea 2011) del Rio Verde nel tratto compreso tra il ponte di monte su via Mongardino e il ponte su via San Lorenzo estratta dal Geoportale della Regione Emilia-Romagna



Foto 2: Primo ponte a monte su Via Mongardino da demolire



Foto 3: Secondo ponte a valle su Via Mongardino da demolire



Foto 4: Ponte su Via Porrettana



Foto 5: Ponte su Via Porrettana visto da sotto (vista da valle verso monte)

In corrispondenza della sez. 210, circa 200 m a valle del ponte su Via San Lorenzo, si immette in sinistra idraulica il Rio Secco, il quale è caratterizzato da una portata al colmo per il tempo di ritorno di 50 anni pari a $13,84 \text{ m}^3$ e $20,16 \text{ m}^3$ per il tempo di ritorno di 200 anni.

L'inquadramento dell'area è stato fatto con Cartografia Tecnica Regionale scala 1:5.000, integrando le informazioni plano-altimetriche con il rilievo aerofotogrammetrico di dettaglio redatto da Società Autostrade.

Le sezioni fluviali utilizzate per le verifiche idrauliche svolte dallo Studio Prisma sono le stesse utilizzate da Società Autostrade, ricavate dalla restituzione tridimensionale del rilievo aerofotogrammetrico, implementate però con un rilievo topografico di dettaglio effettuato tra i ponti di via Mongardino e il ponte di via San Lorenzo e in prossimità del ponte di via Maranina.

3 MODELLAZIONE IDRAULICA

Le verifiche idrauliche dello stato attuale e delle varie ipotesi progettuali, eseguite dallo Studio Prisma, sono state effettuate mediante il modello di moto vario implementato tramite il software HEC-RAS 4.1.0.

Il software HEC-RAS 4.1.0 è stato sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center e consente di effettuare simulazioni idrauliche monodimensionali in regime di moto permanente o di moto vario, utilizzando una procedura numerica basata sul metodo iterativo "standard step method".

Per l'implementazione di un corretto studio idraulico risultano necessari la conoscenza delle portate idriche di piena in transito nell'alveo, la caratterizzazione morfologica dello stesso e la determinazione dei parametri meccanici della superficie bagnata.

Per descrivere l'alveo sono state utilizzate le sezioni fluviali estratte dal rilievo aerofotogrammetrico effettuato da Società Autostrade, implementate con 34 sezioni topografiche appositamente rilevate per queste verifiche idrauliche tra i ponti privati di via Mongardino e il ponte di via San Lorenzo e in prossimità del ponte di via Maranina.

La traccia planimetrica delle varie sezioni copre, in senso trasversale, l'intera porzione d'alveo potenzialmente interessato dagli eventi di piena.

Le due passerelle pedonali costruite subito a valle del ponte sulla Porrettana non sono state appositamente inserite nelle simulazioni, perché sicuramente insufficienti idraulicamente e, in quanto abusive, da demolire.

Le portate inserite nel modello sono rappresentate dagli idrogrammi di piena cinquantennale e duecentennale del Rio Verde. Inoltre è presente nel modello, come ingresso laterale, l'idrogramma di piena del Rio Secco (alla sez. 210, vedi "Tav.1 – Planimetria generale" degli elaborati prodotti dallo Studio Prisma).

La portata al colmo del Rio Verde è: 26 m³/s al ponte sulla Porrettana e 38 m³/s al ponte dell'autostrada A1, per il tempo di ritorno di 50 anni; 37,5 m³/s al ponte sulla Porrettana e 57 m³/s al ponte dell'autostrada A1, per il tempo di ritorno di 200 anni.

La portata al colmo del Rio Secco per il tempo di ritorno di 50 anni è pari a 13,84 m³ e 20,16 m³ per il tempo di ritorno di 200 anni.

I coefficienti di Manning n (i.e. coefficiente di resistenza al moto offerta dal contorno bagnato della sezione trasversale) utilizzati nella modellazione sono pari a 0,035 [m^{-1/3} s] per il fondo alveo e a 0,05 [m^{-1/3} s] per le sponde.

Nelle simulazioni di progetto, nel tratto compreso tra il ponte di via Mongardino e il ponte di via San Lorenzo, si è utilizzato un coefficiente di scabrezza pari a $0,03 \text{ [m}^{-1/3} \text{ s]}$ sia per le sponde sia per il fondo. Infatti, essendo un tratto particolarmente critico del Rio Verde, è necessario imporre una pulizia periodica dell'alveo in modo tale da diminuire la scabrezza, ottenendo così un abbassamento dei livelli.

3.1 Applicazione del modello idraulico: STATO DI FATTO ATTUALE

Gli studi idraulici effettuati sia da Società Autostrade sia dallo Studio Prisma hanno evidenziato che l'officiosità idraulica del Rio Verde per portate con tempo di ritorno di 200 anni è assente su quasi tutta la sua lunghezza.

Tempo di ritorno: 50 anni

Dagli elaborati prodotti dallo Studio Prisma per le portate con tempo di ritorno di 50 anni ("Relazione di Modellazione Idraulica" - Allegato A pagg. 21, 22 e 23), si può osservare che allo stato attuale i ponti privati esistenti lungo via Mongardino, il ponte di via San Lorenzo e il ponte di via Maranina sono abbondantemente sormontati dalla portata di picco cinquantennale, pari a circa $26 \text{ m}^3/\text{s}$ al ponte sulla Porrettana e $38 \text{ m}^3/\text{s}$ al ponte di via Maranina (Figg. 2, 3, 6, 7, 8, 9).

Dagli stessi si evince che la portata cinquantennale defluisce in pressione sotto il ponte sulla Porrettana, generando tuttavia a monte un rigurgito importante che non è contenuto dagli argini attuali e che va a interessare il ponte di via Mongardino, che si trova a circa 80 m a monte di esso.

Tempo di ritorno: 200 anni

Dagli elaborati ottenuti dallo studio idraulico eseguito dallo Studio Prisma con portate con tempo di ritorno di 200 anni ("Relazione di Modellazione Idraulica" - Allegato A pagg. 21, 22 e 23), pari a circa $37,5 \text{ m}^3/\text{s}$ al ponte sulla Porrettana, si può osservare che viene sormontato anche il ponte sulla Porrettana e che il rigurgito provocato dall'attraversamento arriva a interessare il ponte di via Mongardino ubicato a circa 200 m a monte di esso (Figg. 4, 5, 6, 7, 8, 9).

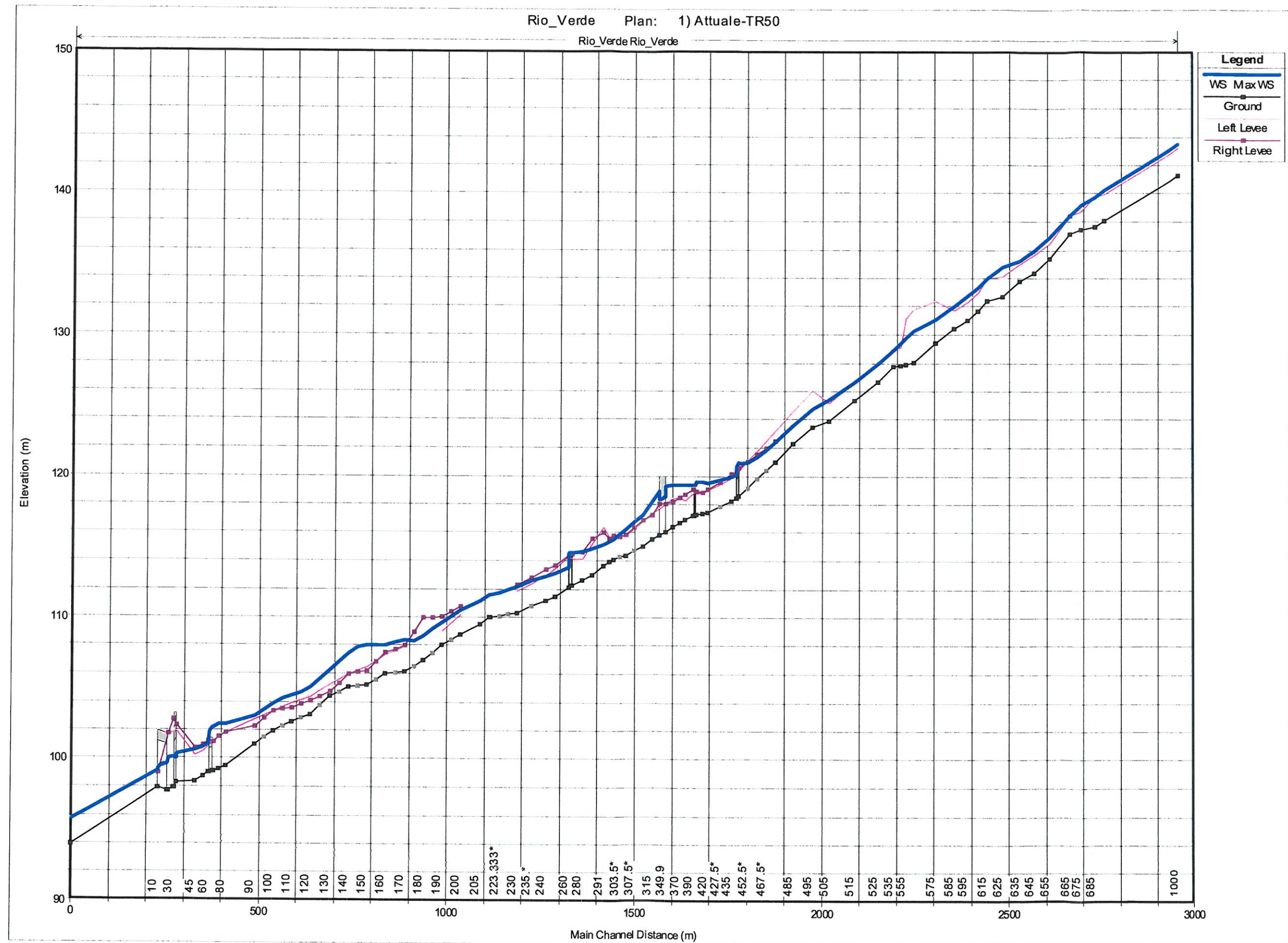


Fig. 2 - STATO ATTUALE: Profilo di moto vario per la portata al colmo con TR = 50 anni.

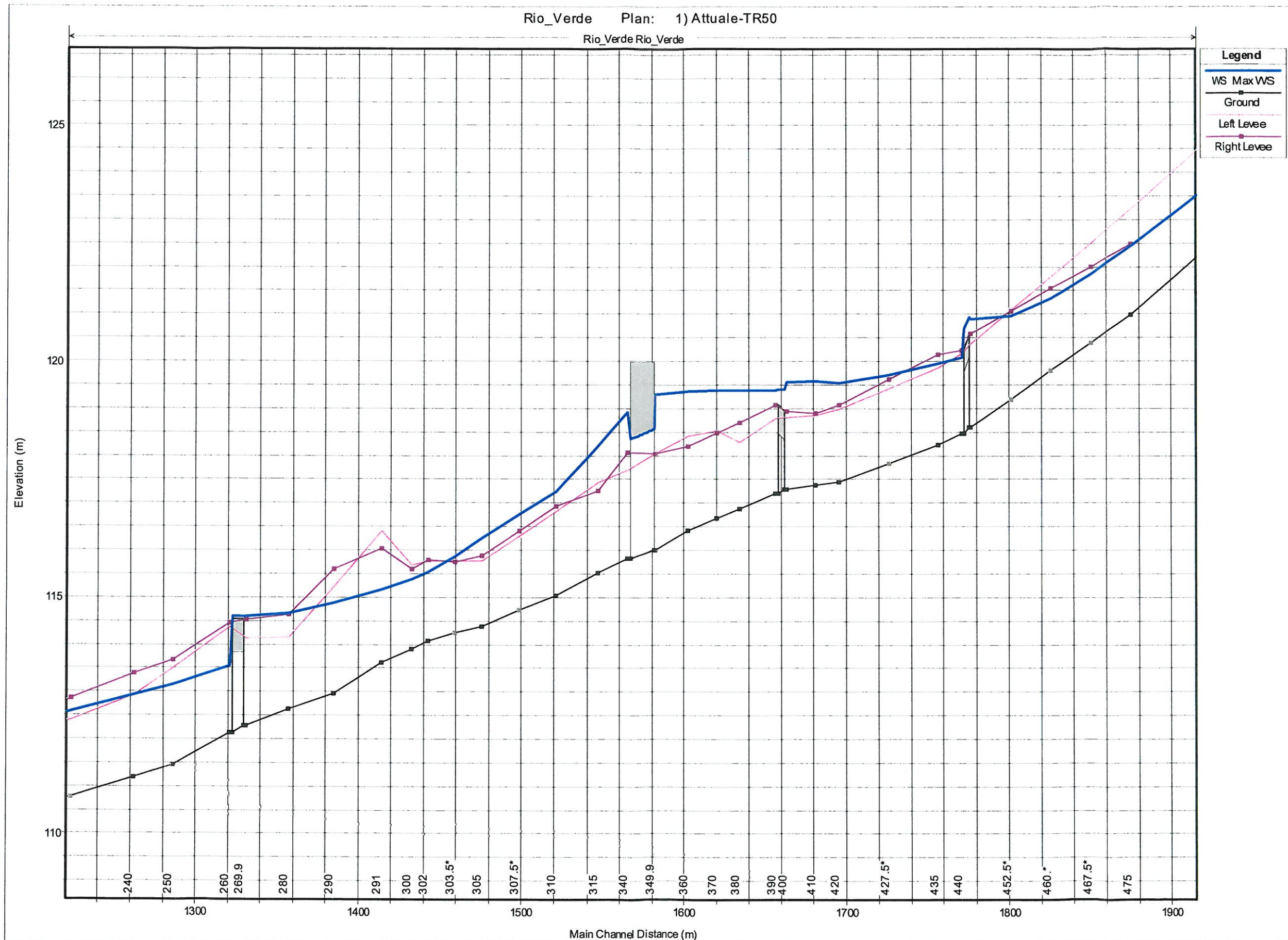


Fig. 3 - STATO ATTUALE: Profilo di moto vario per la portata con TR 50 anni nel tratto compreso tra i ponti privati di via Mongardino e il ponte di via San Lorenzo.

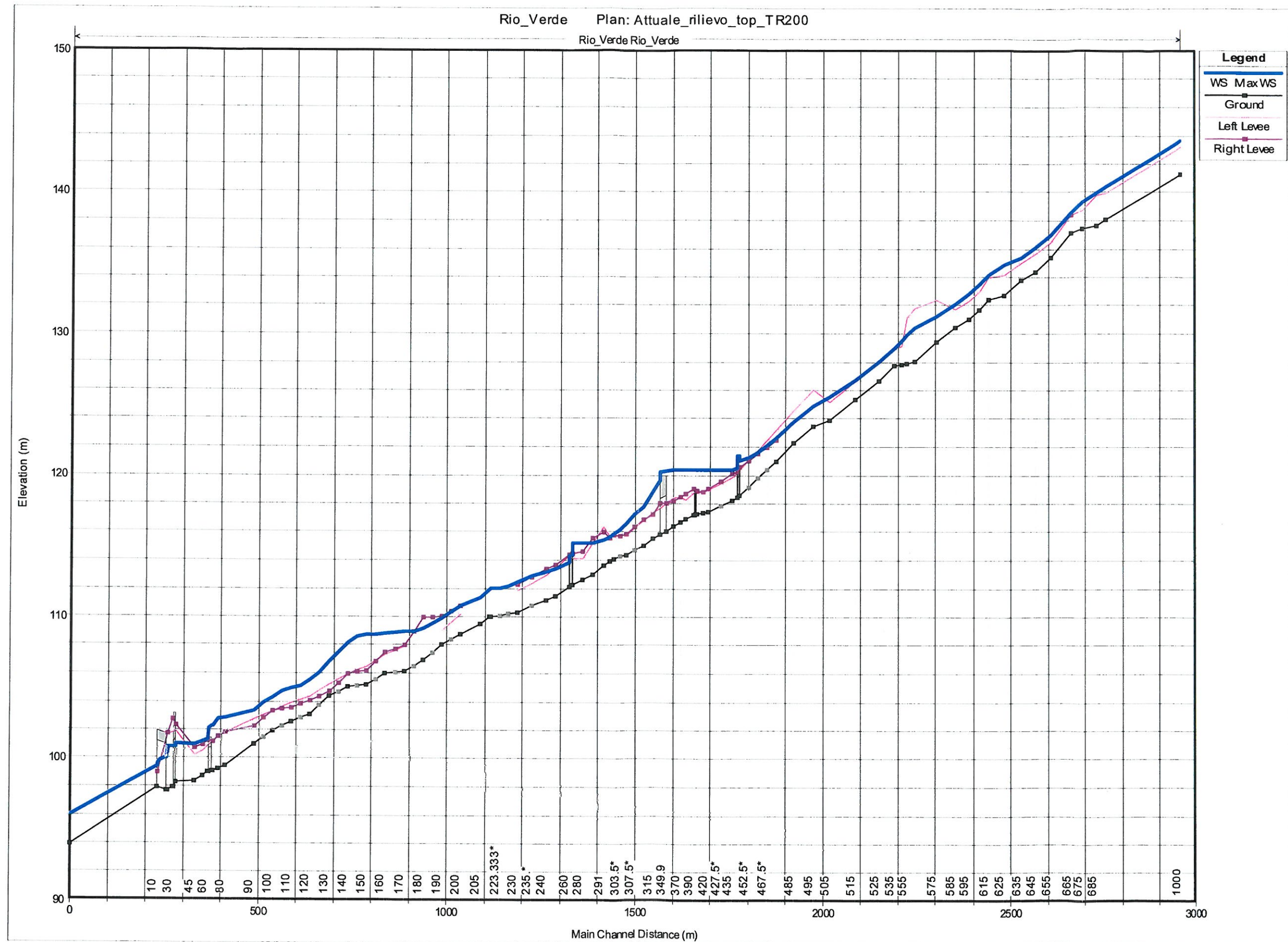


Fig. 4 - STATO ATTUALE: Profilo di moto vario per la portata al colmo con TR = 200 anni.

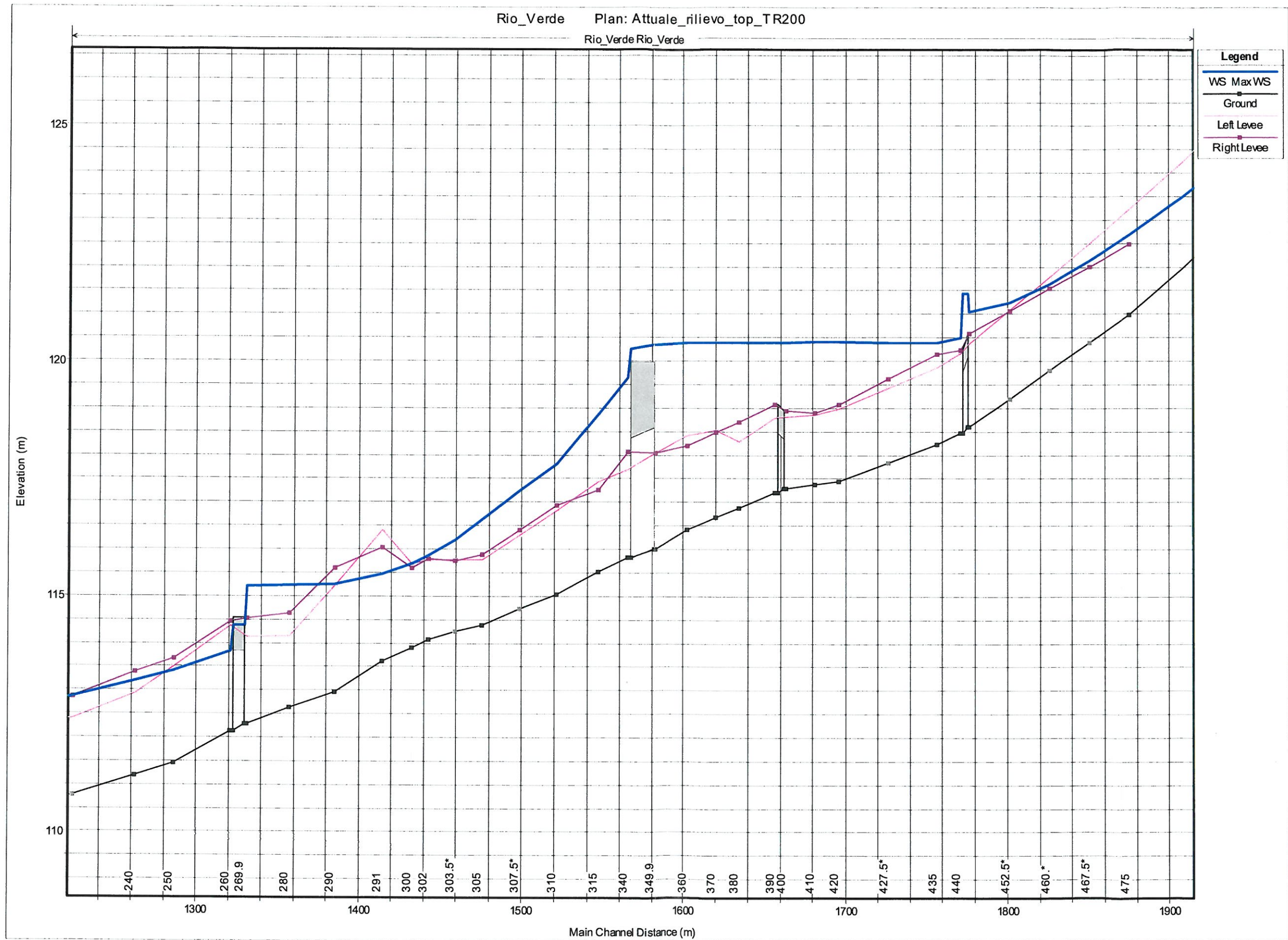


Fig. 5 - STATO ATTUALE: Profilo di moto vario per la portata con TR 200 anni nel tratto compreso tra i ponti privati di via Mongardino e il ponte di via San Lorenzo.

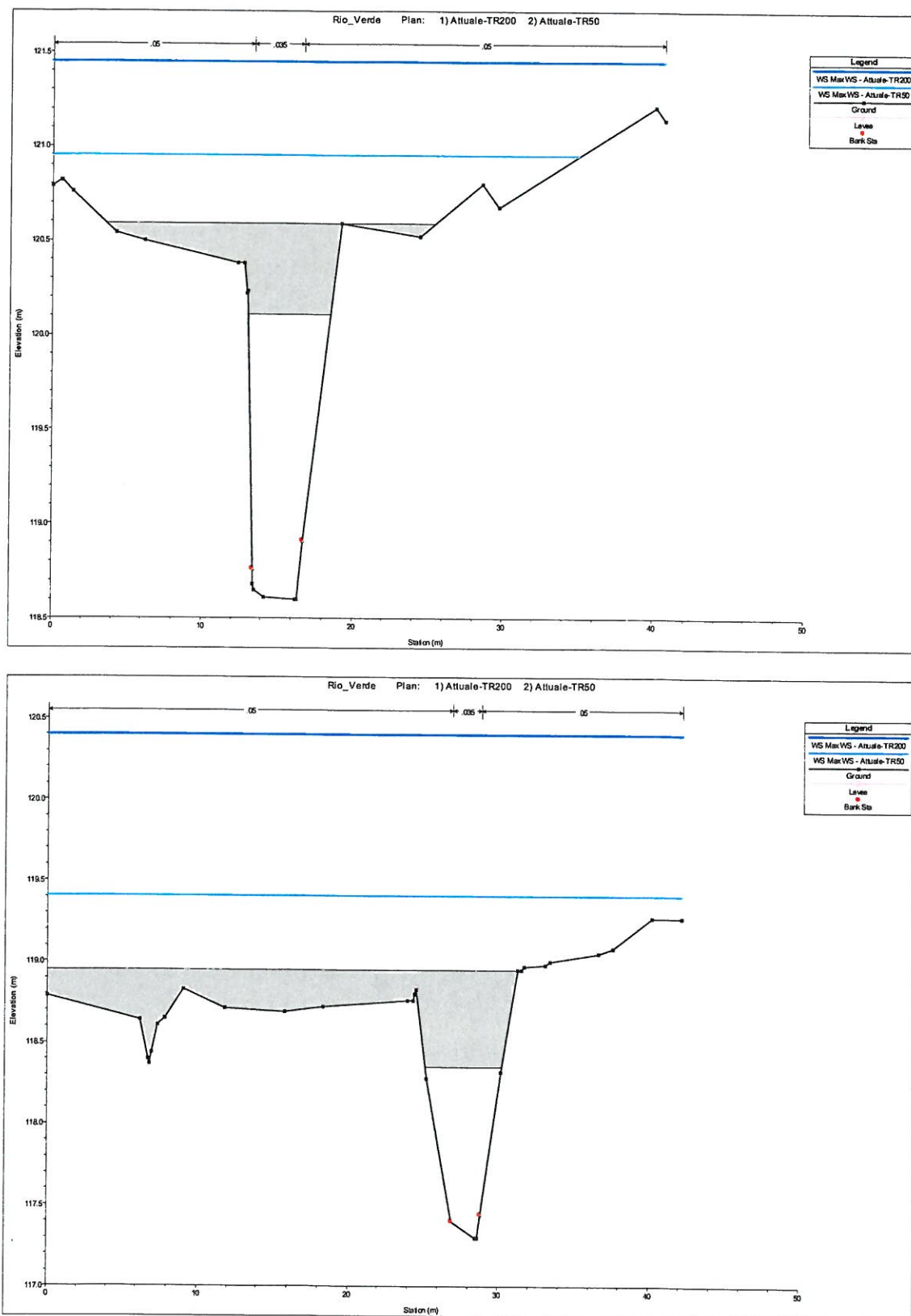


Fig. 6 - STATO ATTUALE: Sezioni ponti privati su via Mongardino con riportato il livello idrico massimo per TR=50 e TR=200 anni

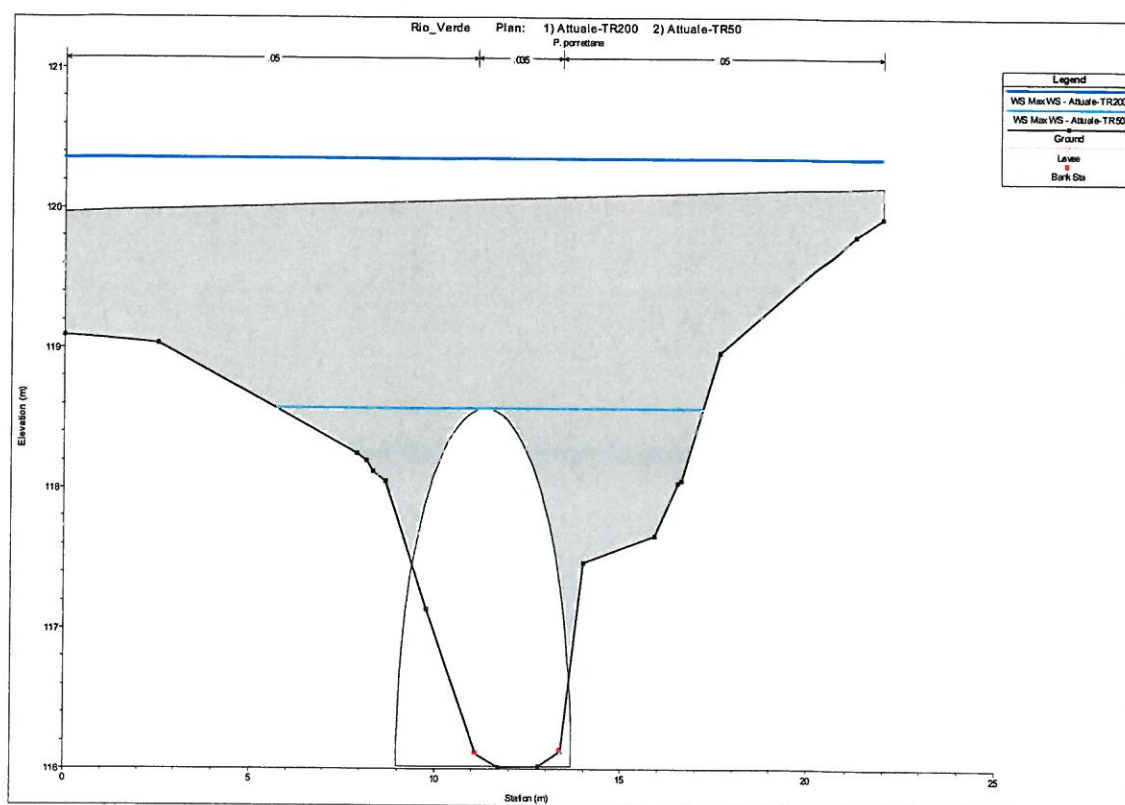


Fig. 7 - STATO ATTUALE: Sezione ponte Porrettana con riportato il livello idrico massimo per TR=50 e TR=200 anni

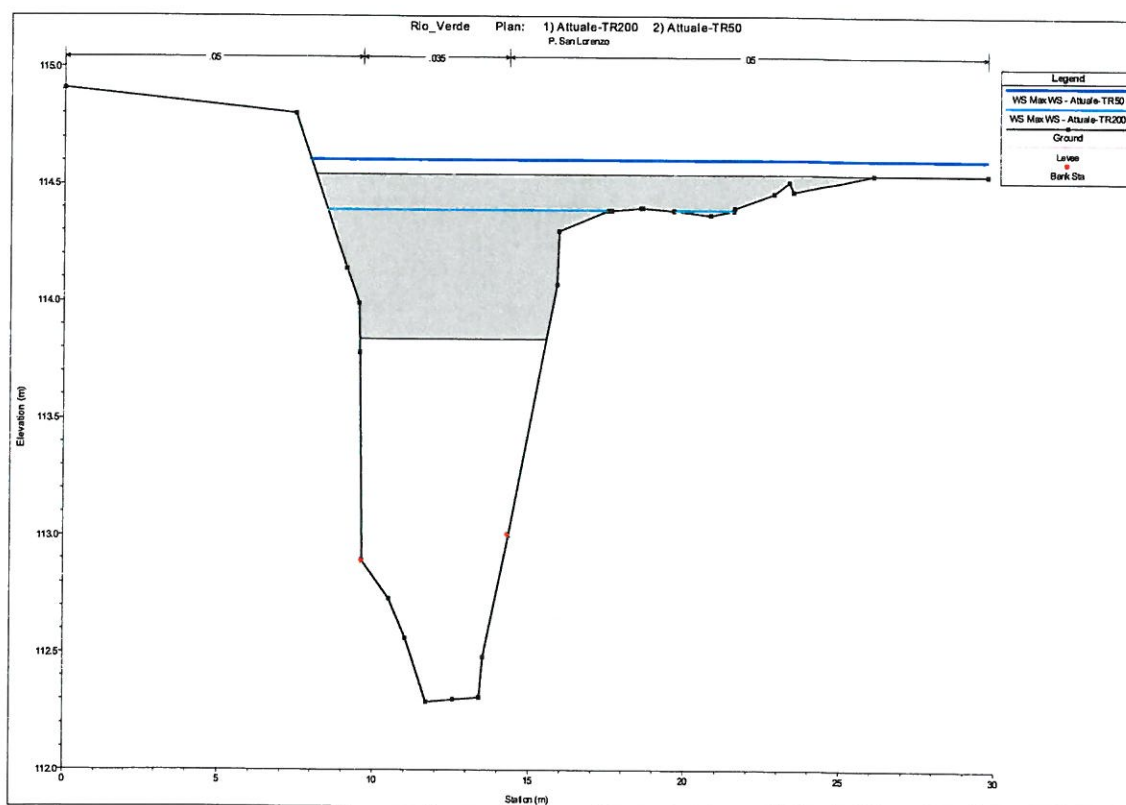


Fig. 8 - STATO ATTUALE: Sezione ponte su via San Lorenzo con riportato il livello idrico massimo per TR=50 e TR=200 anni

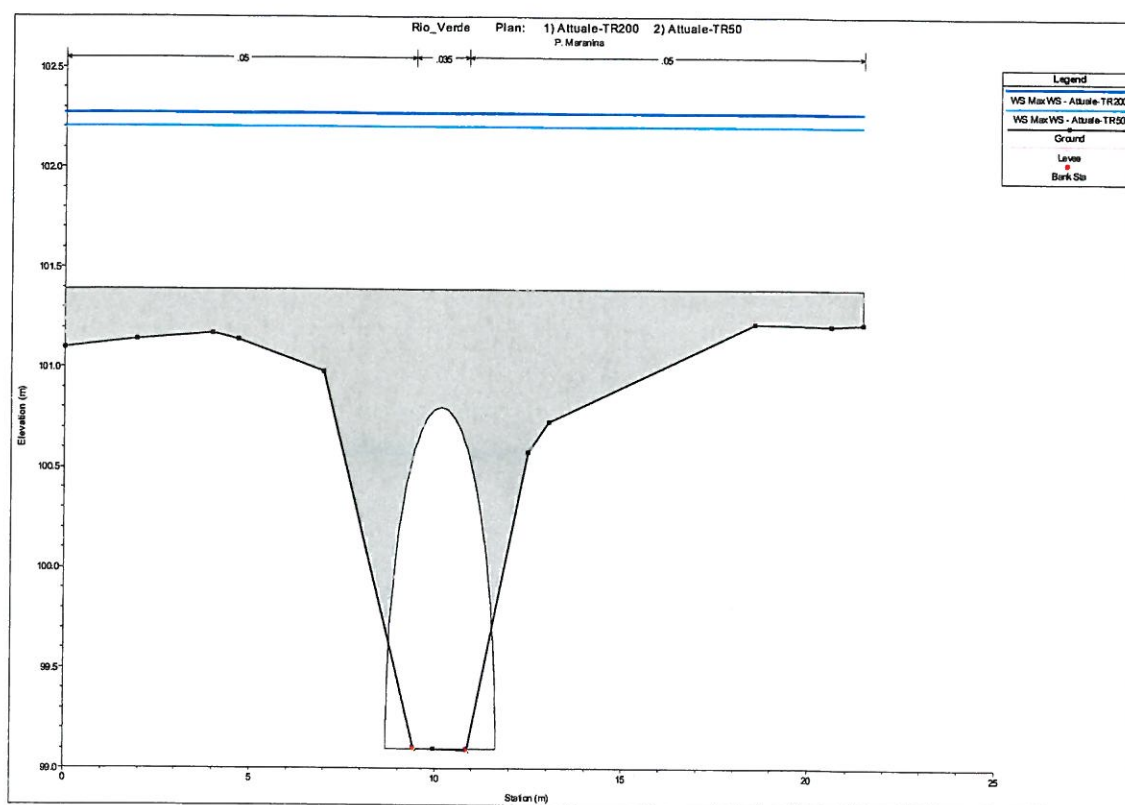


Fig. 9 - STATO ATTUALE: Sezione ponte su via Maranina con riportato il livello idrico massimo per TR=50 e TR=200 anni.

Tempi di ritorno minori di 50 anni

Gli studi effettuati da Società Autostrade avevano già evidenziato che alcuni attraversamenti erano in situazione critiche con portate ordinarie (tempo di ritorno 2 anni, $Q = 6,85 \text{ m}^3/\text{s}$ al ponte su Porrettana e $Q = 10,98 \text{ m}^3/\text{s}$ al ponte dell'autostrada A1).

Nel presente studio è stata fatta nuovamente una verifica in moto permanente dello stato attuale per portate con tempi di ritorno 2, 10 e 20 anni.

La geometria utilizzata è quella fornita dallo Studio Prisma, le portate immesse invece sono state tratte dallo studio eseguito da Società Autostrade:

TR = 2 anni,

$Q_2 = 6,85 \text{ m}^3/\text{s}$ al ponte su Porrettana e

$Q_2 = 10,98 \text{ m}^3/\text{s}$ al ponte dell'autostrada A1;

TR = 10 anni,

$Q_{10} = 15,37 \text{ m}^3/\text{s}$ al ponte su Porrettana

$Q_{10} = 21,32 \text{ m}^3/\text{s}$ al ponte dell'autostrada A1;

TR = 20 anni,

$Q_{20} = 19,61 \text{ m}^3/\text{s}$ al ponte su Porrettana

$Q_{20} = 30,81 \text{ m}^3/\text{s}$ al ponte dell'autostrada A1.

I coefficienti di scabrezza sono quelli utilizzati dallo Studio Prisma nelle verifiche fatte per definire lo stato attuale del rio, cioè $0,035 \text{ [m}^{-1/3} \text{ s]}$ per il fondo alveo e a $0,05 \text{ [m}^{-1/3} \text{ s]}$ per le sponde.

La simulazione mostra che l'alveo è insufficiente già per le piene ordinarie ($TR = 2$ anni), in particolare, risulta critico il ponte privato su via Mongardino più vicino al ponte della Porrettana (Figg.10 e 10 Bis).

La simulazione per piene con tempo di ritorno 10 anni mostra (Figg. 11, 11 Bis, 11 Ter) che entrambi i ponti privati su via Mongardino e il ponte su via Maranina vengono sormontati e che entra in crisi anche l'attraversamento su via San Lorenzo.

Infine, l'ultima simulazione fatta, mostra che l'attraversamento della Porrettana per piene con tempo di ritorno maggiore di 20 anni risulta in pressione (Fig.12).

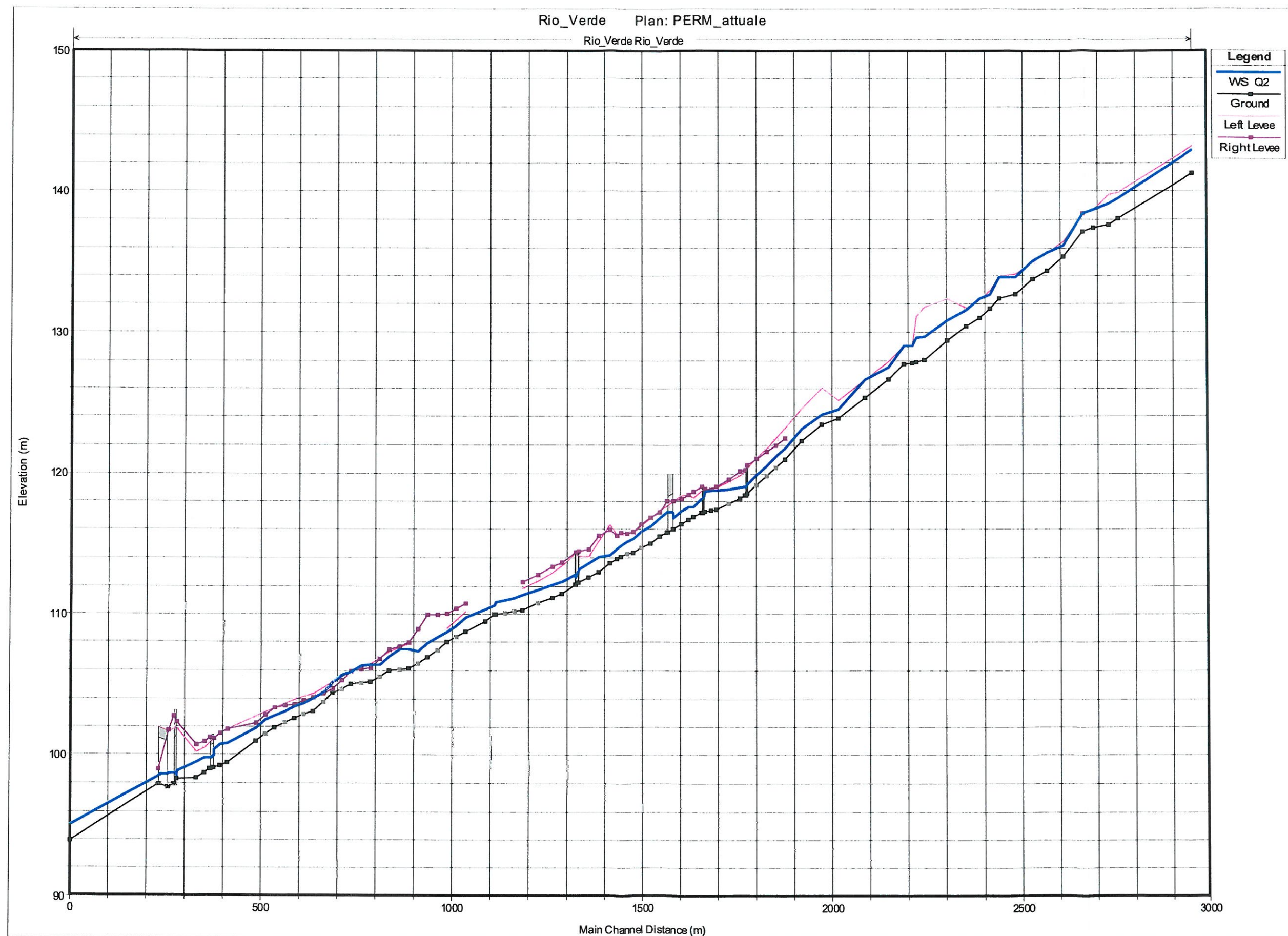


Fig. 10 - STATO ATTUALE: Profilo di moto permanente per la portata con TR 2 anni.

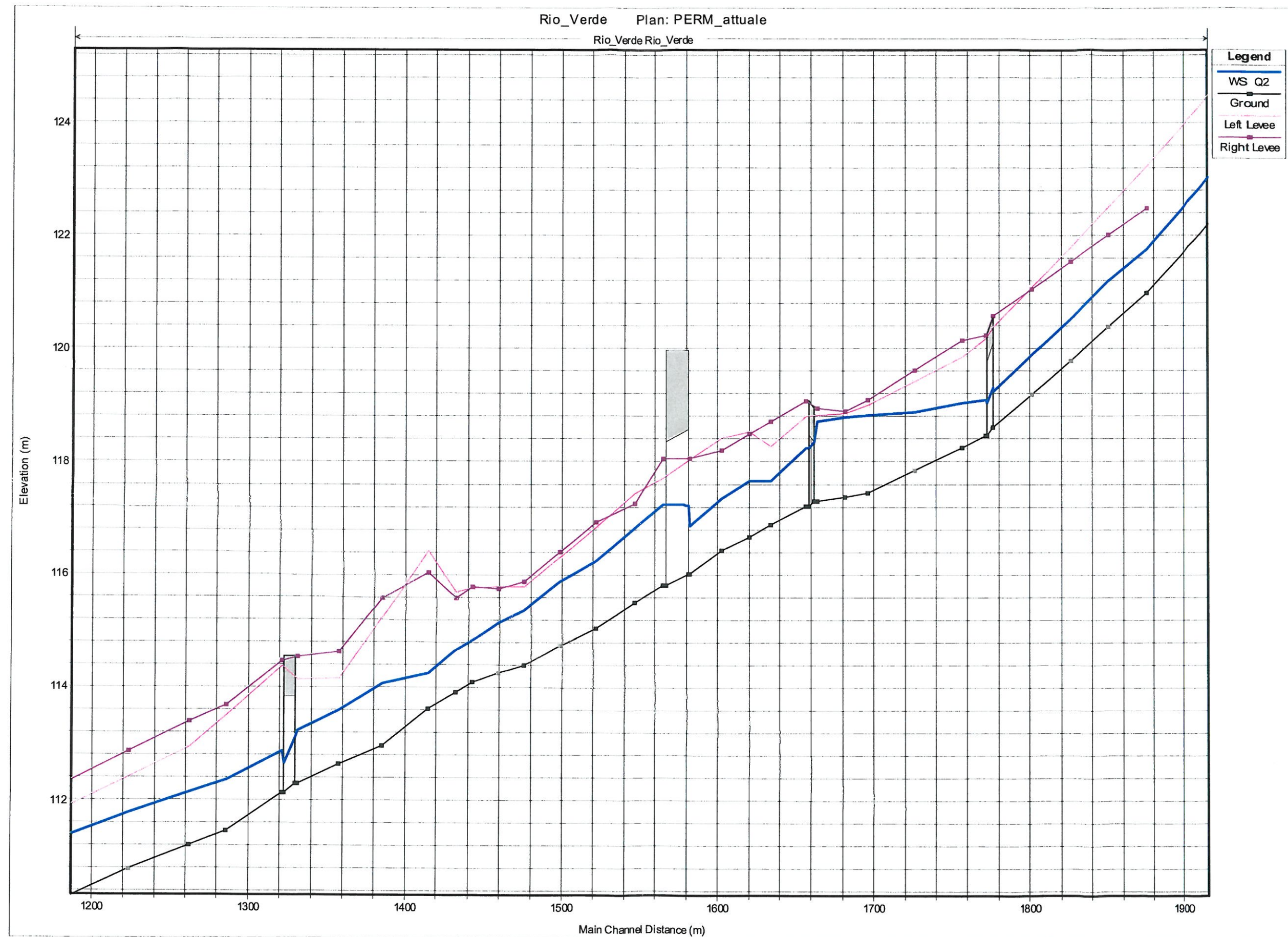


Fig. 10 Bis - STATO ATTUALE: Particolare del profilo di moto permanente per la portata con **TR 2 anni** nel tratto compreso tra i ponti di via Mongardino e il ponte di via San Lorenzo.

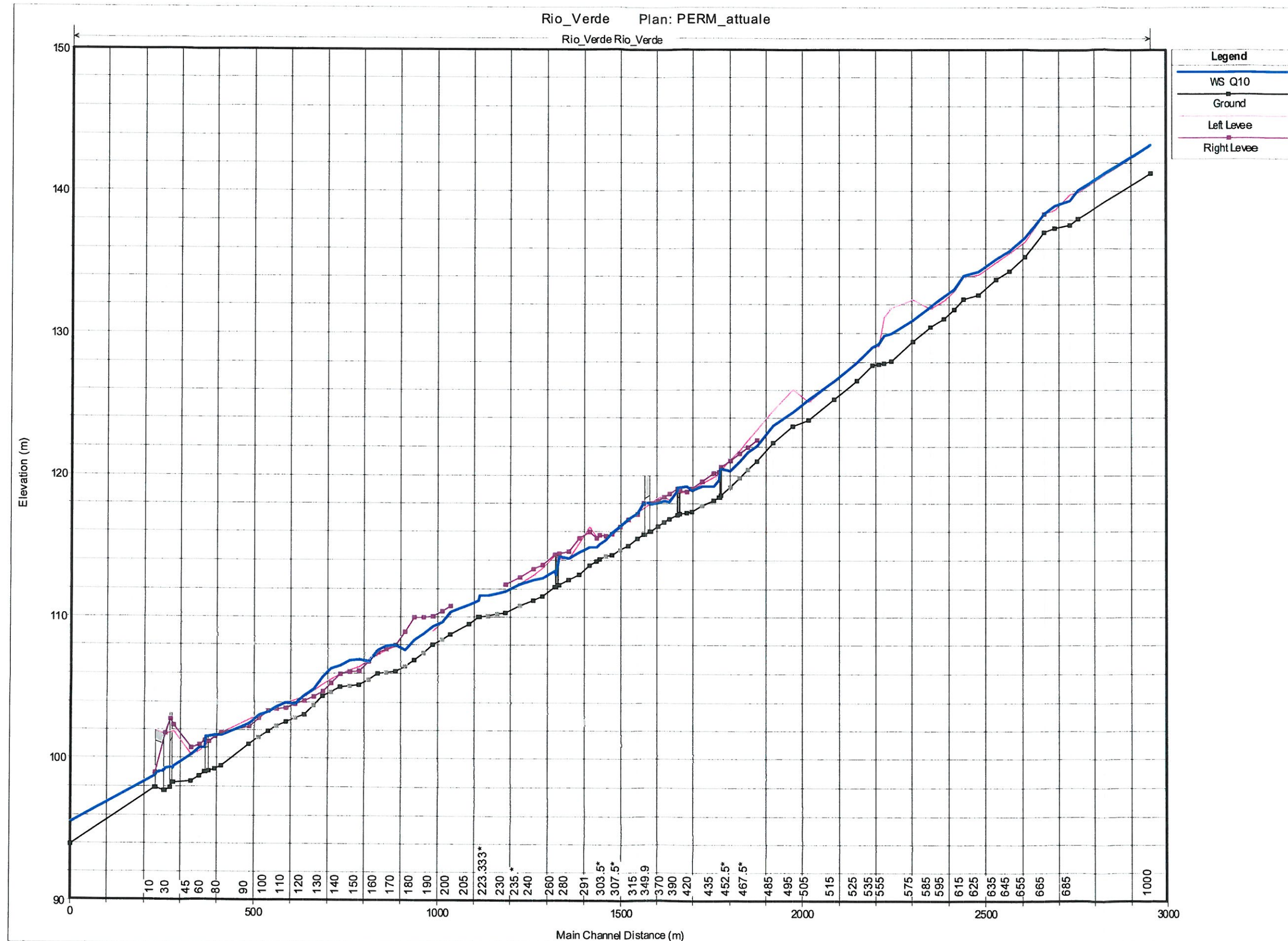


Fig. 11 - STATO ATTUALE: Profilo di moto permanente per la portata con TR 10 anni.

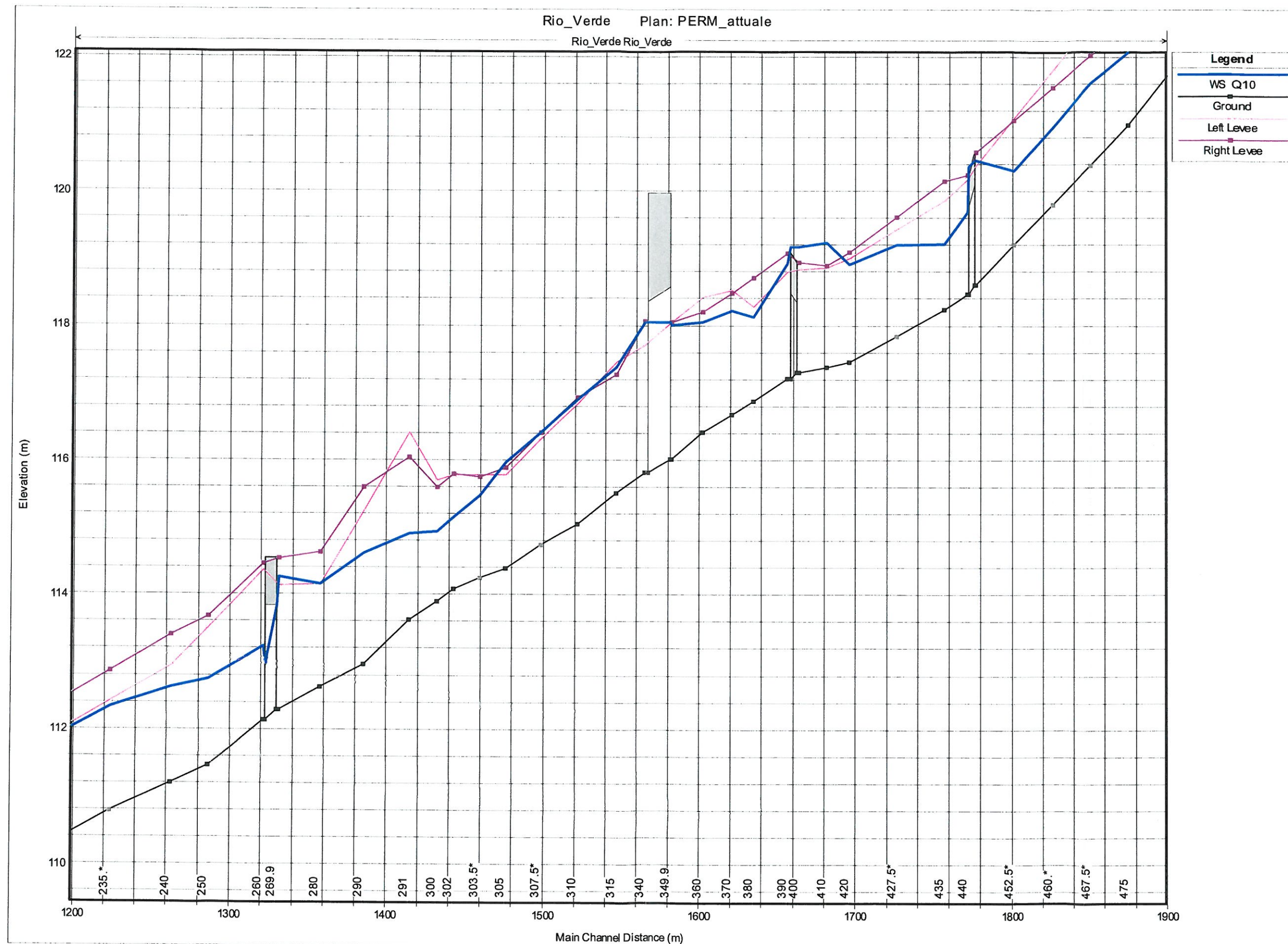


Fig. 11 Bis - STATO ATTUALE: Particolare del profilo di moto permanente per la portata con TR 10 anni nel tratto compreso tra i ponti di via Mongardino e il ponte di via San Lorenzo.

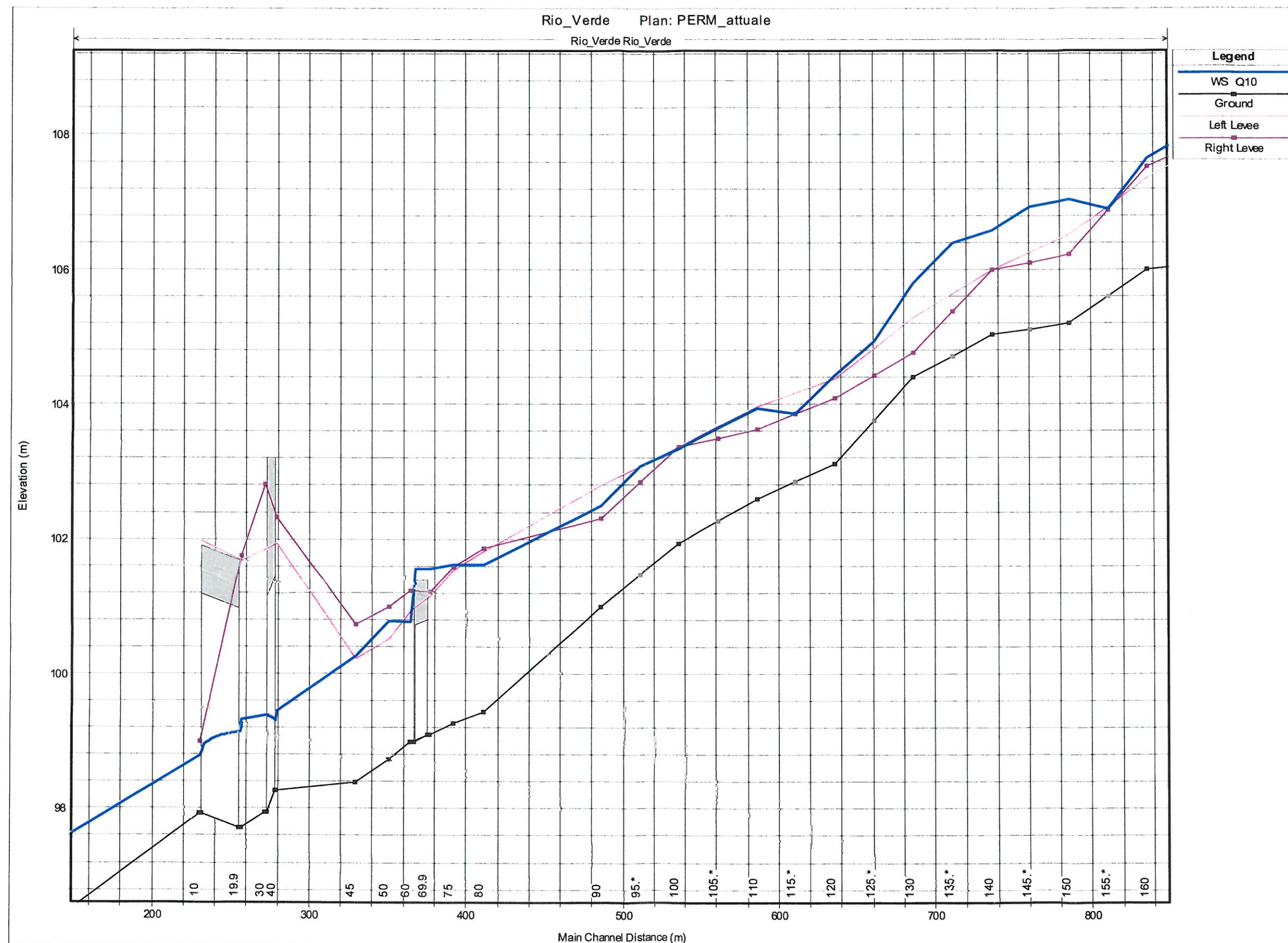


Fig. 11 Ter - STATO ATTUALE: Particolare del profilo di moto permanente per la portata con TR 10 anni in prossimità del ponte di via Maranina.

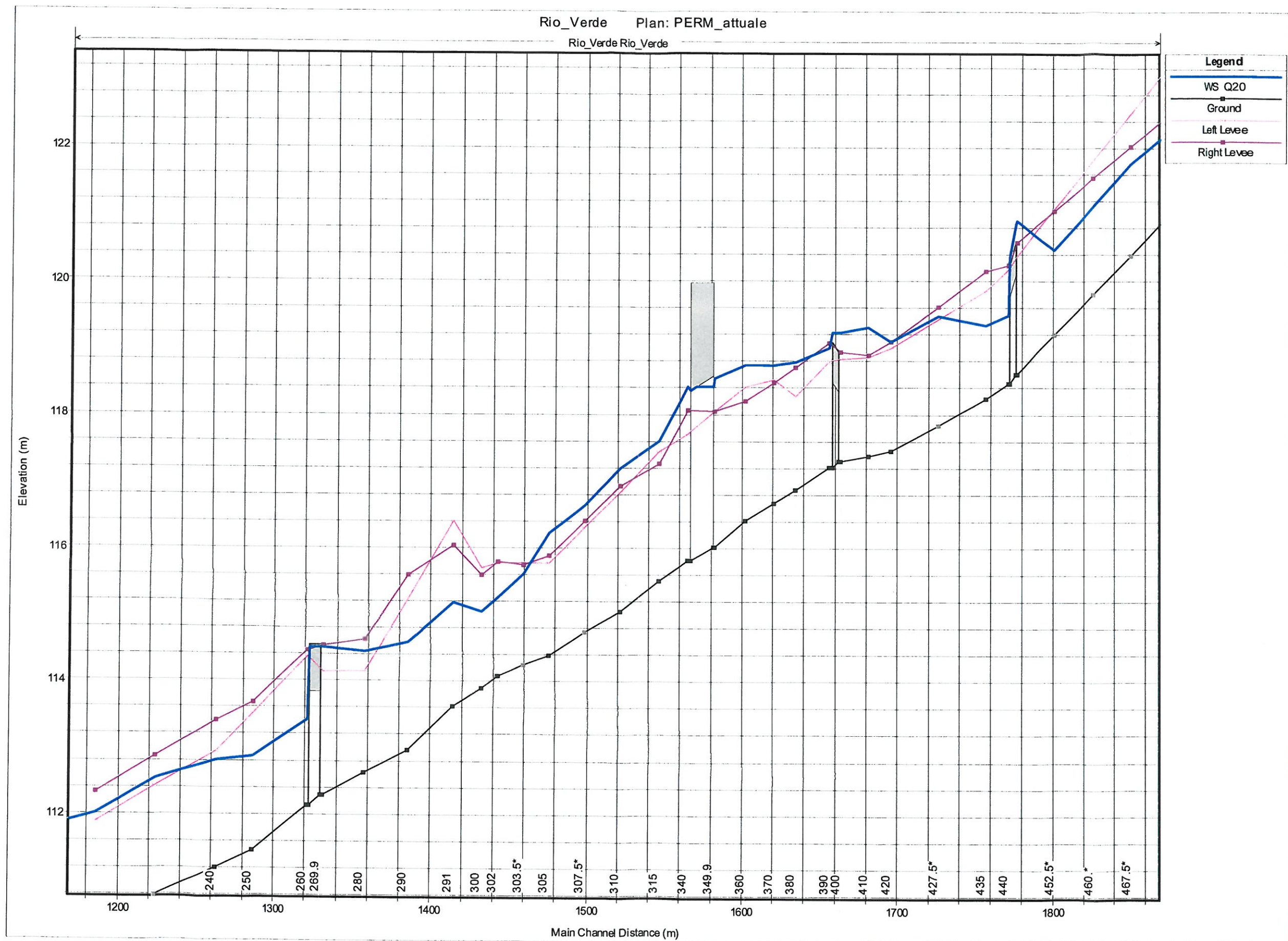


Fig. 12 - STATO ATTUALE: Particolare del profilo di moto permanente per la portata con TR 20 anni in prossimità del ponte sulla Porrettana.

3.2 Applicazione del modello idraulico: STATO DI PROGETTO

3.2.1 Stato di progetto fino al ponte di via San Lorenzo

Lo Studio Prisma, nello studio idraulico elaborato per lo stato di progetto, ha ipotizzato di abbattere il picco di portata duecentennale con la realizzazione di una vasca di laminazione in linea, a monte della Porrettana.

Come si può evincere dalla “Relazione di modellazione idraulica” elaborata dallo Studio Prisma, sono state formulate più ipotesi riguardanti la vasca di laminazione, anche considerandone più di una. La soluzione che ha soddisfatto maggiormente, sia da un punto di vista idraulico sia economico sia di impatto ambientale, è la realizzazione di un'unica vasca con scavo dell'alveo in modo tale che esso non risulti mai pensile rispetto la cassa: soluzione B riportata al paragrafo 4.3.4 della suddetta relazione.

Nelle simulazioni dello stato di progetto si è dovuto affrontare anche il problema del rigurgito a monte provocato dal ponte sulla Porrettana. Infatti il picco di portata duecentennale in uscita dalla cassa di laminazione, paria a circa $29 \text{ m}^3/\text{s}$, passa in pressione sotto il ponte, generando un rigurgito a monte tale da allagare l'area circostante. Pertanto, essendo impraticabile contenere il rigurgito con muri in cls, si è deciso di prevedere la demolizione dell'attraversamento, prevedendo, inoltre, una risagomatura dell'alveo a monte del ponte stesso e il rialzo in alcuni tratti dei muri già esistenti a valle fino al ponte su via San Lorenzo.

In una prima fase, il modello è stato fatto girare inserendo tutti gli interventi previsti, compreso la vasca di laminazione. Di seguito viene elencata la combinazione con cui si è fatta la simulazione:

- vasca di laminazione;
- eliminazione dei ponti verificati insufficienti: ponti su via Mongardino, ponte sulla Porrettana, ponte su via San Lorenzo, ponte su via Maranina;
- nuovo ponte progettato su via Mongardino;
- nuovo ponte progettato su via San Lorenzo;
- risagomatura dell'alveo, dal ponte di monte di via Mongardino (da demolire) fino al ponte della Porrettana (sez. 440-340), con una sezione trapezoidale con base di 3,5 m e pendenza delle sponde di 2/3;

- scabrezza di Manning pari a $0,03 \text{ [m}^{-1/3} \text{ s]}$ nel tratto risagomato a monte del ponte della Porrettana;
- risagomatura a valle del ponte della Porrettana nel tratto scatolare mediante ripulitura dei depositi di materiale sul fondo;
- scabrezza di Manning pari a $0,033 \text{ [m}^{-1/3} \text{ s]}$ nel tratto scatolare;
- sopralzo del muro esistente di circa 50 cm in sponda sinistra e di 40 cm in sponda destra per un tratto di circa 10 m a cavallo della sezione 305 (vedi planimetria);
- realizzazione muro di altezza pari a 50 cm subito a valle della sezione 291 in sinistra idraulica fino a raccordarsi con il nuovo ponte su via San Lorenzo;
- scabrezza di Manning pari a $0,03 \text{ [m}^{-1/3} \text{ s]}$ in corrispondenza del ponte su via San Lorenzo, in quanto l'alveo è rivestito in pietrame ed è facilmente raggiungibile dai mezzi per tenerlo pulito.

La simulazione effettuata con tutti gli interventi previsti, compresa la vasca di laminazione, dimostra che in questo modo il tratto, compreso tra il ponte a monte su via Mongardino da demolire e il nuovo ponte su via San Lorenzo, è in grado di contenere la portata, sia con tempo di ritorno 50 anni sia con tempo di ritorno 200 anni, in uscita dalla vasca di laminazione.

Il franco che si ottiene per la portata duecentennale è variabile tra i 25 e i 35 cm. In particolare si sottolinea che il franco sotto il nuovo ponte di via Mongardino risulta di circa 30 cm, mentre quello sotto il nuovo ponte di via San Lorenzo è superiore a 1 metro (Figg. 13, 13Bis).

Per completezza, lo studio Prisma, ha poi fatto girare il modello inserendo tutti gli interventi previsti, sopra menzionati, ad eccezione della vasca di laminazione con la portata cinquantennale e la portata duecentennale (Allegato D della Relazione di Modellazione Idraulica).

La simulazione effettuata con la portata cinquantennale dimostra che, in tutto il tratto compreso tra via Mongardino e via San Lorenzo, l'onda di piena è contenuta all'interno della sezione di deflusso con un franco di sicurezza superiore ai 30 cm (Fig. 14, 14 Bis).

La simulazione effettuata con la portata duecentennale mostra che il tratto a sezione scatolare a valle della Porrettana risulta leggermente insufficiente, mentre il tratto a monte, dalla Porrettana fino al ponte su via Mongardino (ponte a monte da demolire) è in grado di contenerla, anche se con un franco ridotto. Il franco di sicurezza, in quest'ultimo caso, sarebbe pari a 10 cm sotto il nuovo ponte di via Mongardino e di 95 cm sotto il nuovo ponte di via San Lorenzo (Figg. 14, 14 Bis).

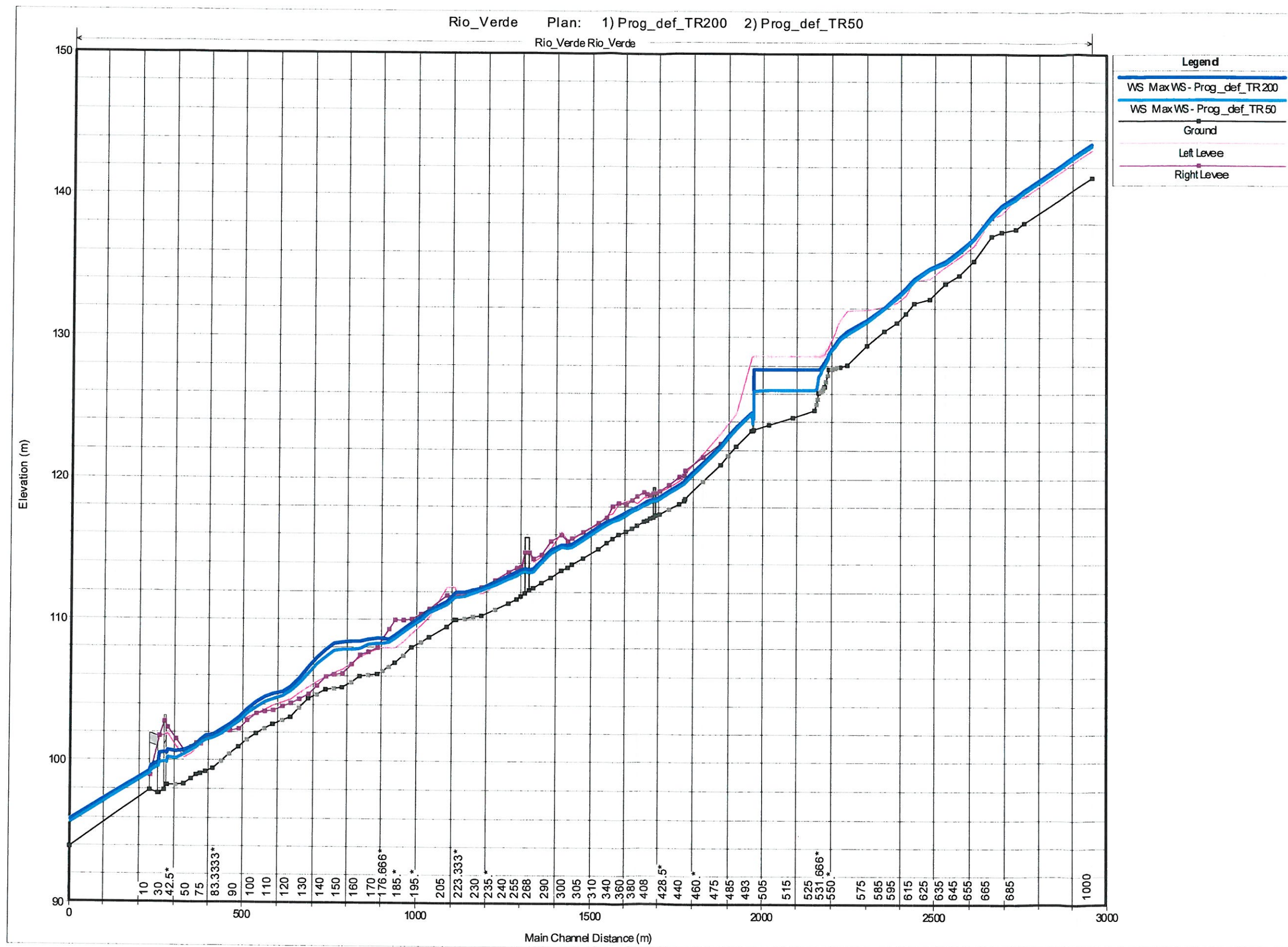


Fig. 13: STATO DI PROGETTO CON CASSA DI LAMINAZIONE: Profilo di moto vario per la portata al colmo con TR = 200 anni e TR = 50 anni.

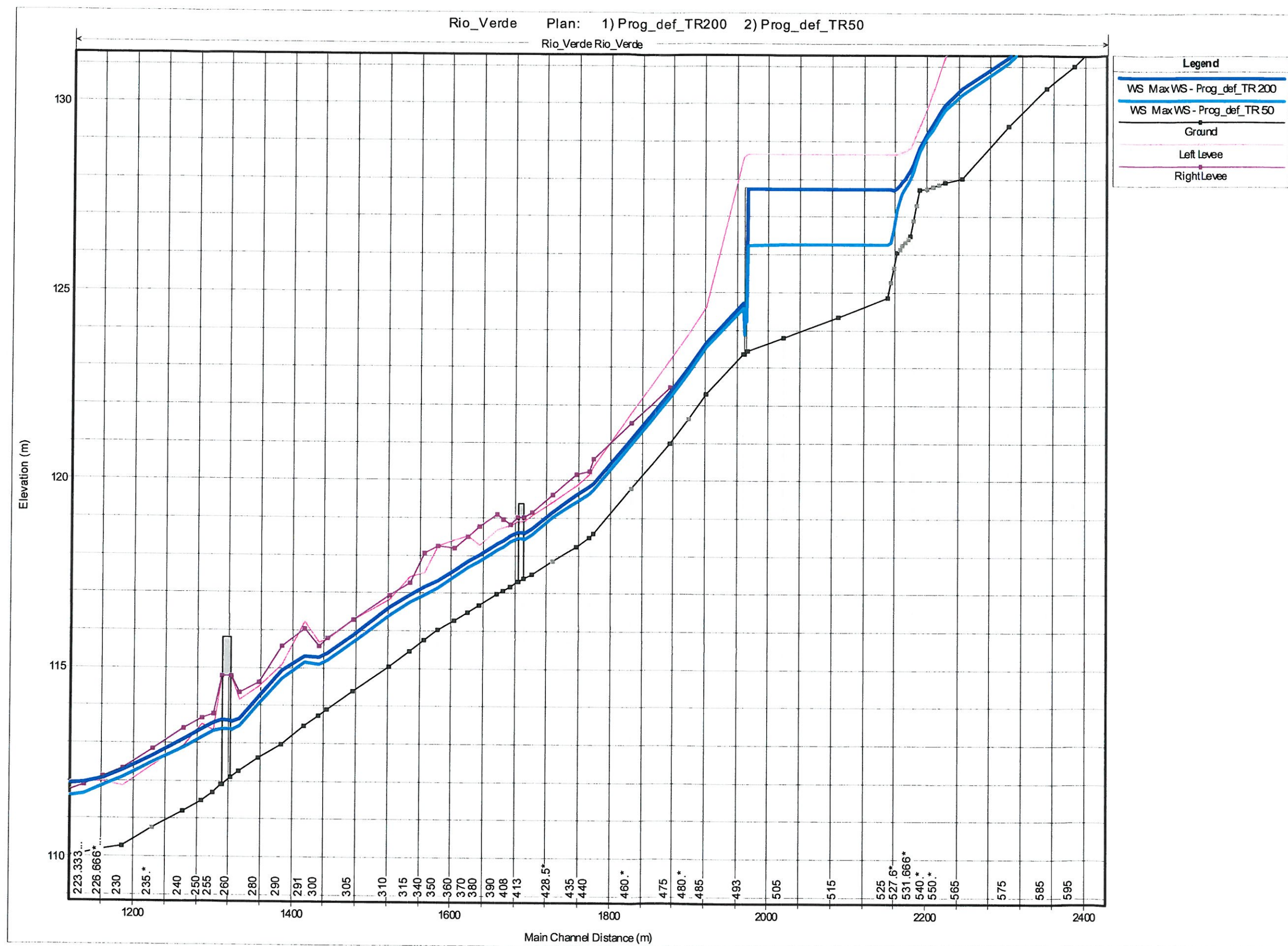


Fig. 13 Bis: STATO DI PROGETTO CON CASSA DI LAMINAZIONE: Particolare del profilo di moto vario per la portata con TR = 200 anni e TR = 50 anni nel tratto compreso tra la cassa di laminazione e il ponte di via San Lorenzo.

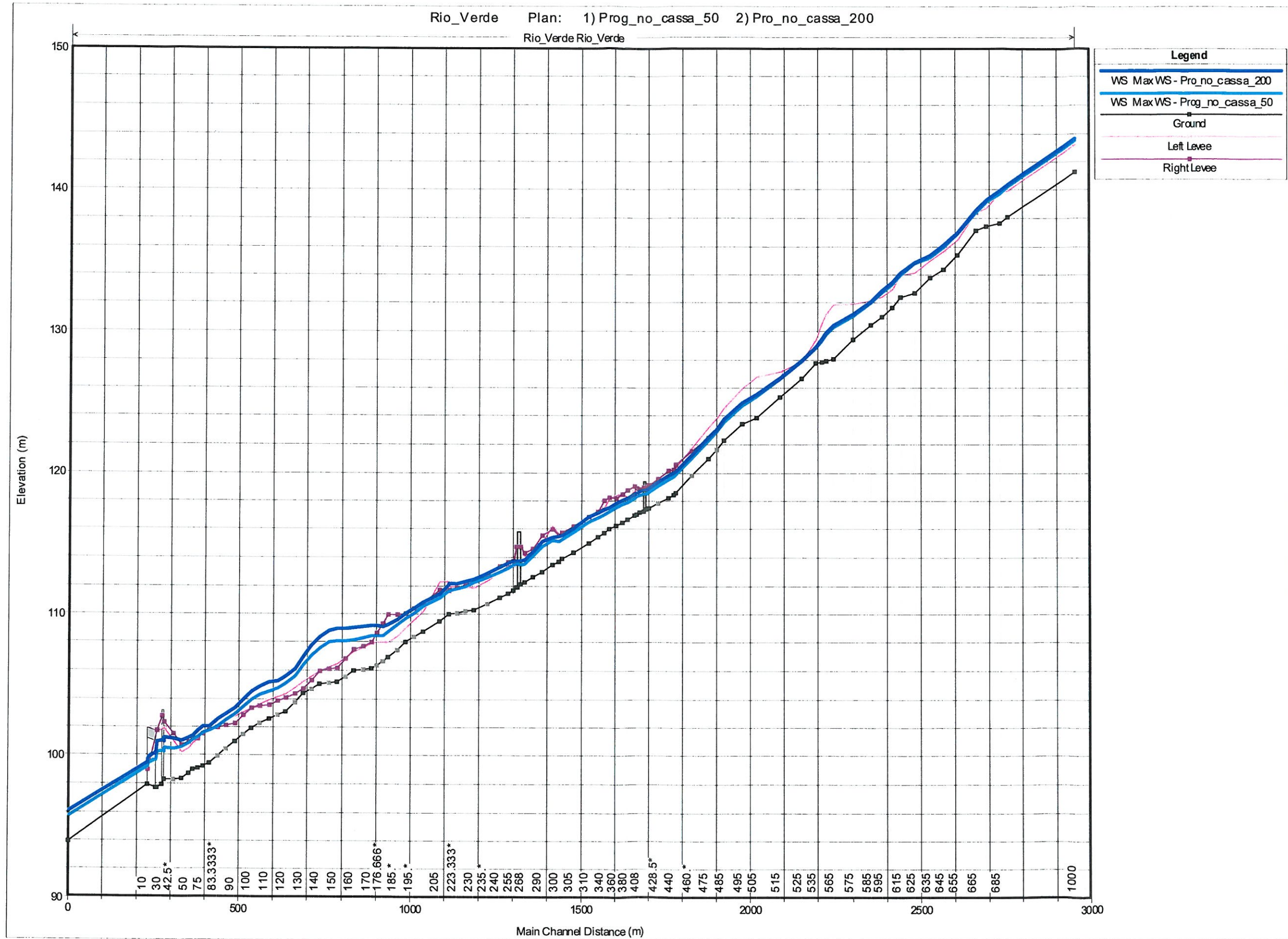


Fig. 14 : STATO DI PROGETTO SENZA CASSA DI LAMINAZIONE: Profilo di moto vario per la portata al colmo con TR = 50 anni e TR = 200 anni.

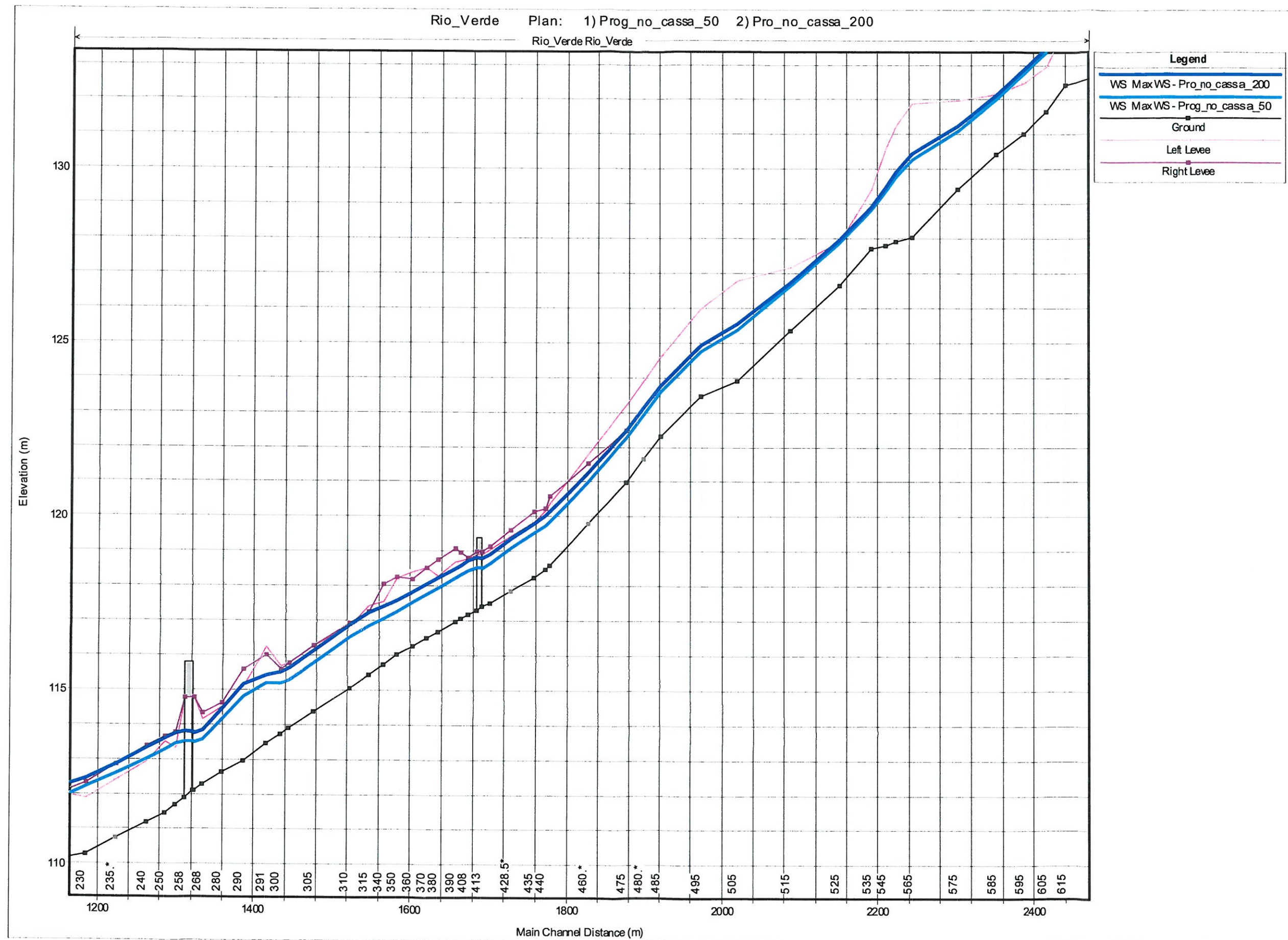


Fig. 14 Bis : STATO DI PROGETTO SENZA CASSA DI LAMINAZIONE: Particolare del profilo di moto vario per la portata al colmo con TR = 50 anni e TR = 200 anni nel tratto compreso tra il nuovo ponte di via Mongardino e il nuovo ponte di via San Lorenzo.

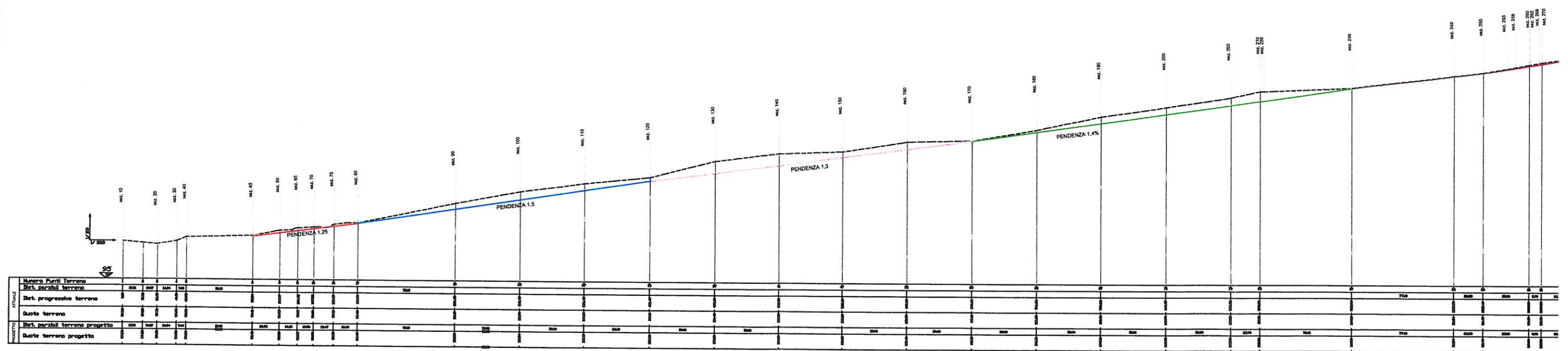
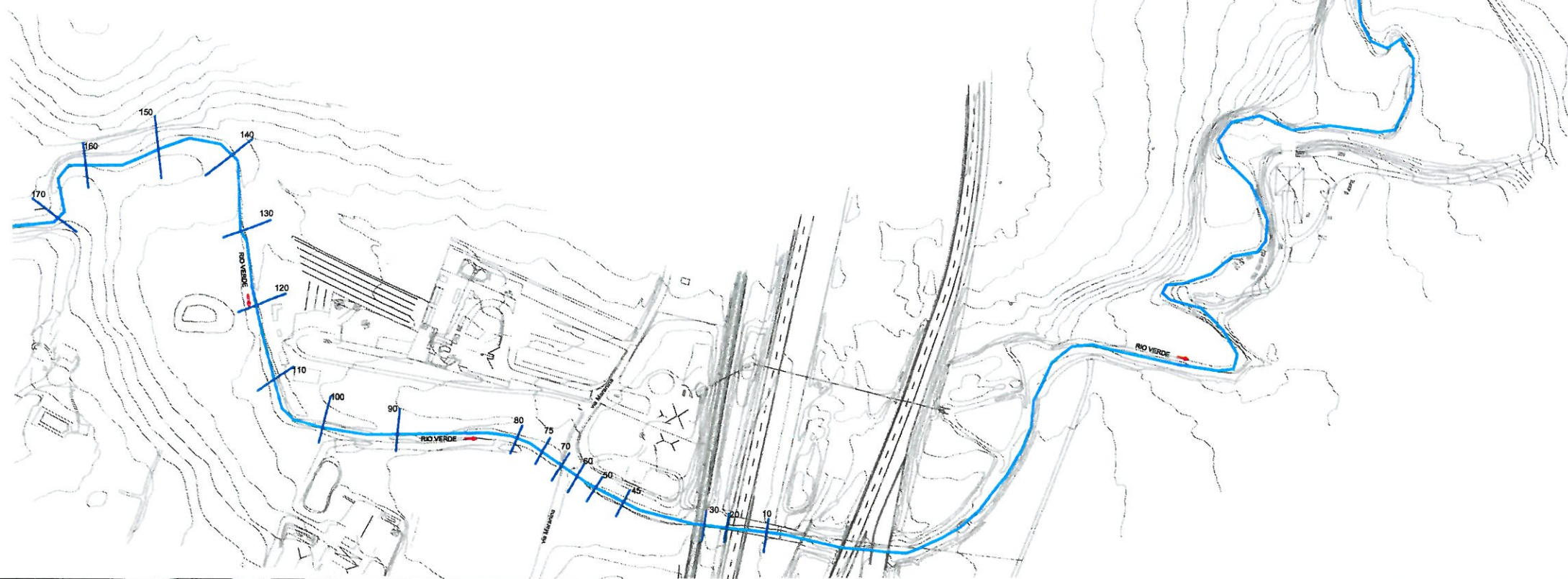
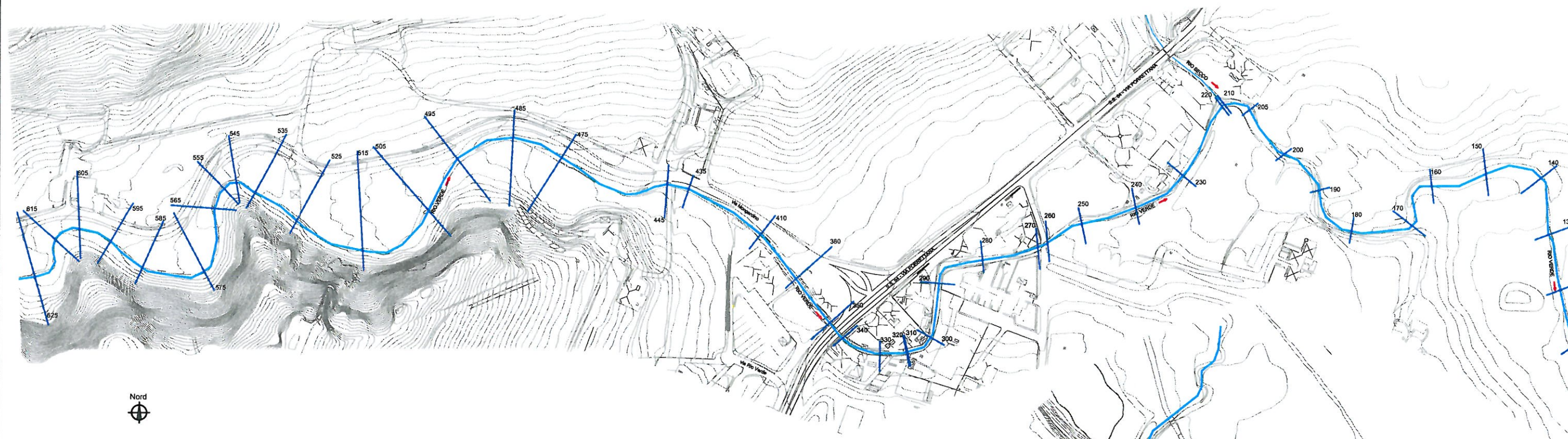
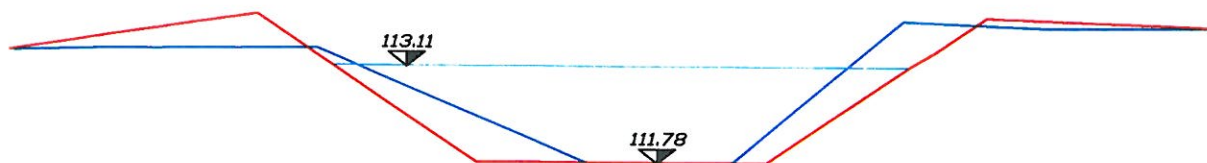


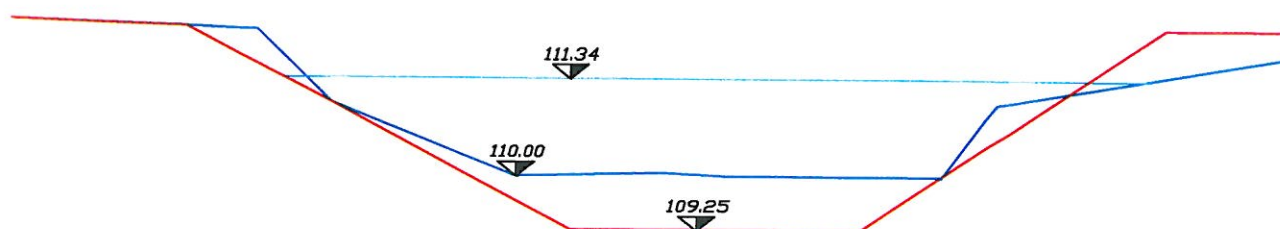
Fig.15: Profilo longitudinale fondo alveo tratto rettificato (dalla sez. 45 alla sez. 230)



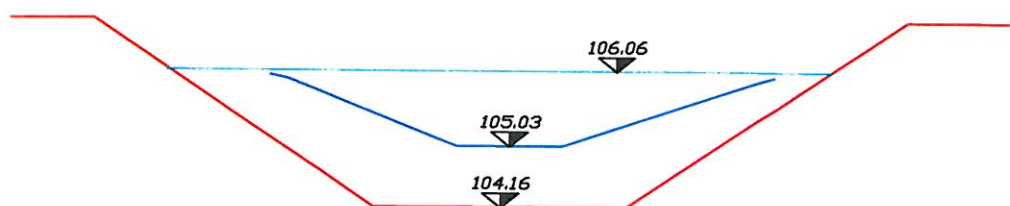
Sezione 255-255



Sezione 210-210



Sezione 140-140



Sezione 100-100

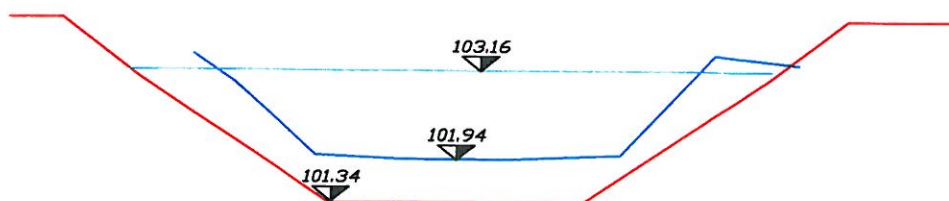


Fig .16: Esempio raffigurante alcune sezioni reisezionate tra la sez. 45 e la sez. 230

3.2.2 Stato di progetto con ipotesi di risezionamento alveo a valle del ponte di via San Lorenzo

A completamento dello studio idraulico fatto dallo Studio Prisma, è stato integrato il modello con un'ipotesi di risezionamento a valle del ponte su via San Lorenzo.

Si parla d'ipotesi in quanto, in questo tratto, non si ha a disposizione un rilievo di dettaglio, ma le sezioni fluviali utilizzate sono quelle ricavate dalla restituzione tridimensionale del rilievo aerofotogrammetrico. Prima di procedere a un progetto di risezionamento esecutivo è necessario disporre di un rilievo topografico di dettaglio.

Come si può osservare dal profilo longitudinale del Rio Verde (Tav. 7 degli elaborati prodotti dallo Studio Prisma), il fondo dell'alveo nel tratto a valle del ponte su via San Lorenzo è piuttosto irregolare. Si è ipotizzato perciò l'adeguamento dell'alveo nel tratto tra la sez. 230 e la sez. 45, ottenuto rettificando le pendenze longitudinali del fondo e imponendo una nuova sezione di progetto. Tale tratto è stato rettificato con quattro pendenze differenti: 1,4% tra le sez. 230 e la sez. 170, 1,3% tra le sez. 170 e la sez. 120, 1,5% tra le sez. 120 e la sez. 80 e 1,25% tra le sez. 80 e la sez. 45. (Fig. 15)

La sezione di progetto è a forma trapezoidale con pendenza delle sponde 2/3 e larghezza di fondo pari a 4,0 m per le sezioni dalla 255 alla 205 e 3,5 m per tutte le altre fino alla sezione 45. Inoltre, per contenere la portata duecentennale è stato considerato, dove necessario, il rialzo degli argini (Fig. 16).

Il modello è stato fatto girare, anche in questa fase, sia inserendo la vasca di laminazione sia escludendola.

Le simulazioni hanno evidenziato che, la piena con tempo di ritorno duecentennale, defluisce rimanendo all'interno dell'alveo anche se non viene realizzata la vasca di laminazione (Figg. 17, 18, 19, 19 Bis e 19 Ter), ad eccezione di un piccolo tratto a sezione scatolare a valle del ponte sulla Porrettana, (lo stesso già indicato nel capito precedente) dove il livello della piena supera di pochi centimetri (circa 5 cm) i muri.

3.2.3 Confronto stato di progetto con vasca di laminazione e senza vasca

Confrontando il profilo idraulico ottenuto modellando il Rio Verde con la vasca di laminazione con quello ottenuto senza vasca, per il tempo di ritorno di 200 anni, si evince che la cassa di laminazione porta solo un modesto miglioramento (Figg. 17, 18, 19, 19 Bis).

Si ritiene che l'eccessivo impatto ambientale dovuto alla realizzazione della vasca di laminazione non venga avallato dagli effetti benefici che la stessa apporterebbe. Pertanto si propone di valutare l'effettiva necessità di realizzare la cassa di laminazione solo dopo la realizzazione di tutti gli altri interventi.

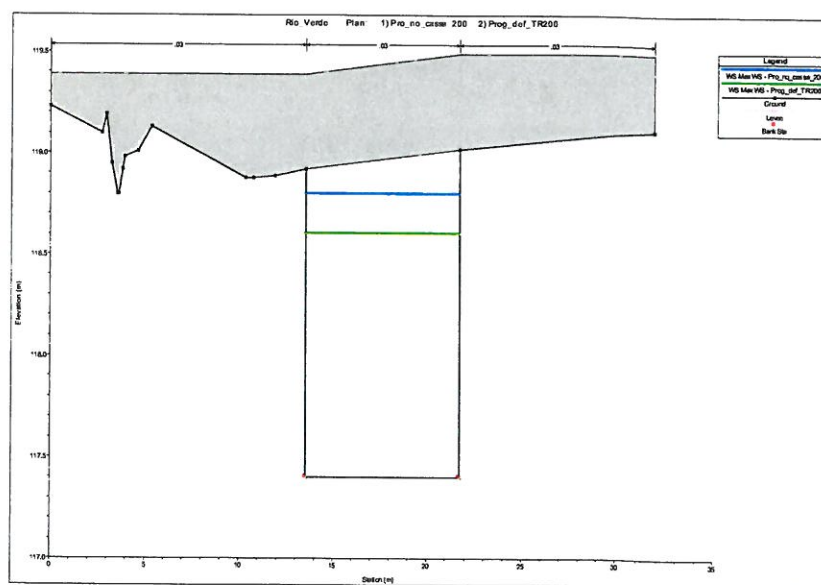


Fig. 17 – STATO DI PROGETTO CON e SENZA CASSA DI LAMINAZIONE:
Sezione nuovo ponte su via Mongardino con riportato il livello idrico massimo per TR=200 anni

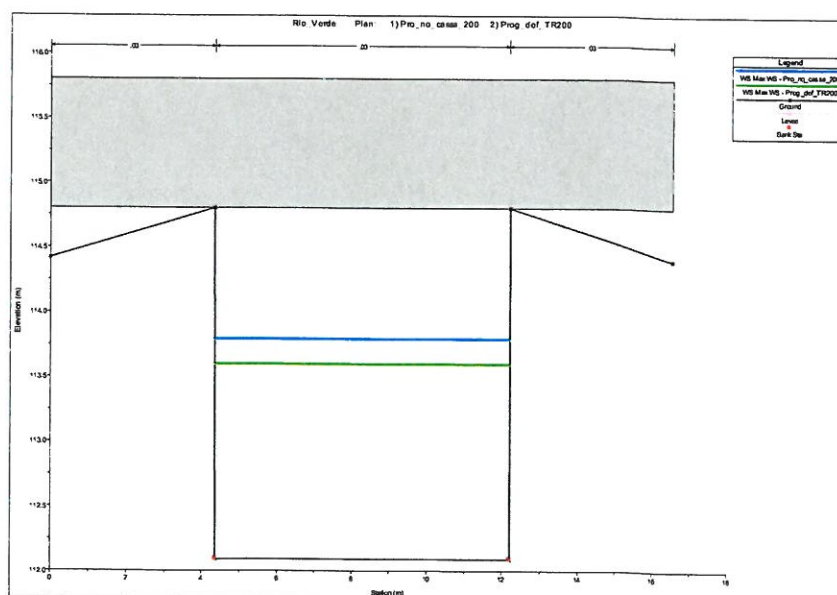


Fig. 18 – STATO DI PROGETTO CON e SENZA CASSA DI LAMINAZIONE:
Sezione nuovo ponte su via San Lorenzo con riportato il livello idrico massimo per TR=200 anni

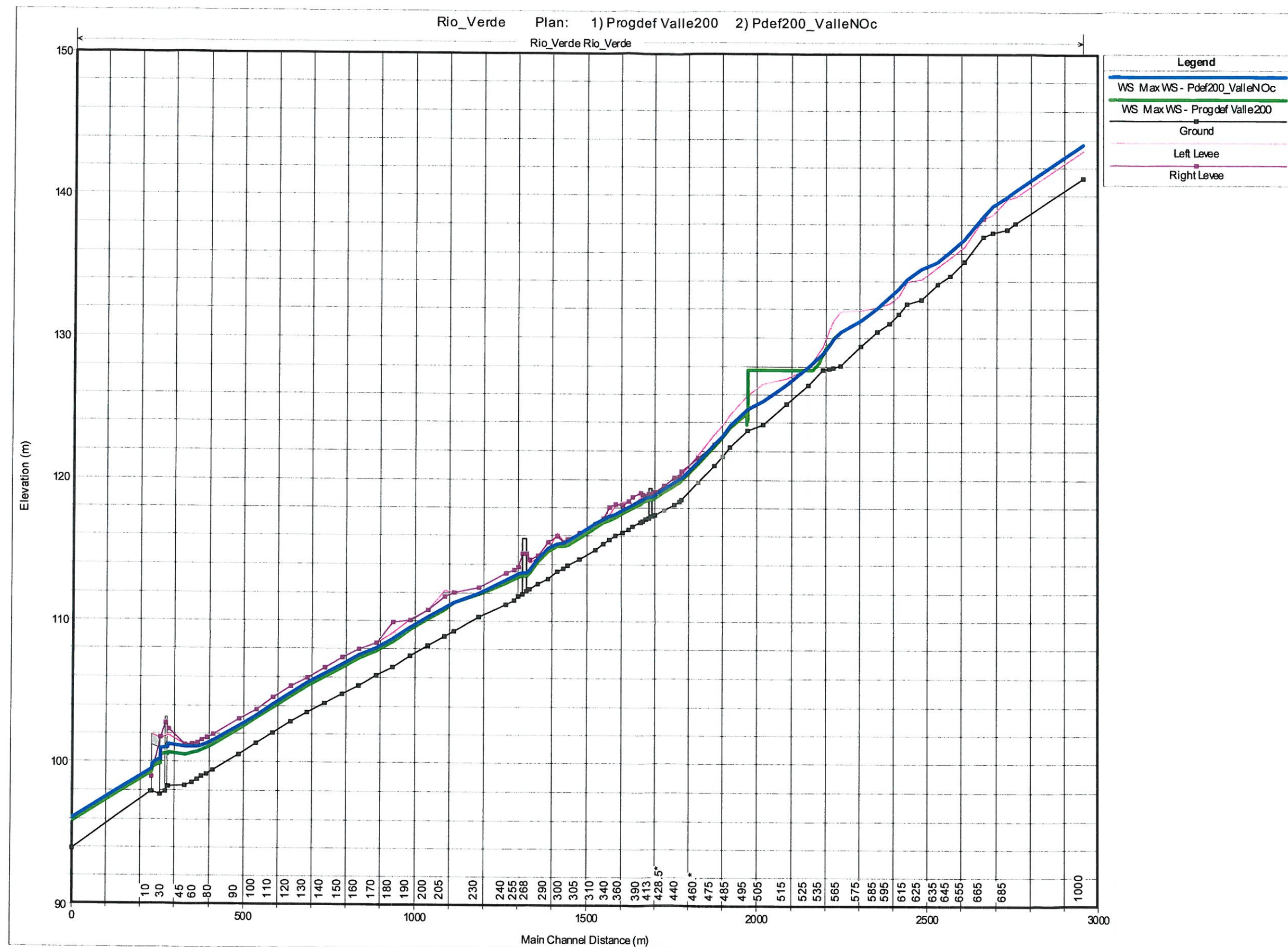


Fig. 19 - STATO DI PROGETTO CON RETTIFICA TRATTO A VALLE DI VIA SAN LORENZO: Profili di moto vario per la portata al colmo con $TR = 200$ anni ottenuti dalle simulazioni con vasca di laminazione e senza vasca di laminazione.

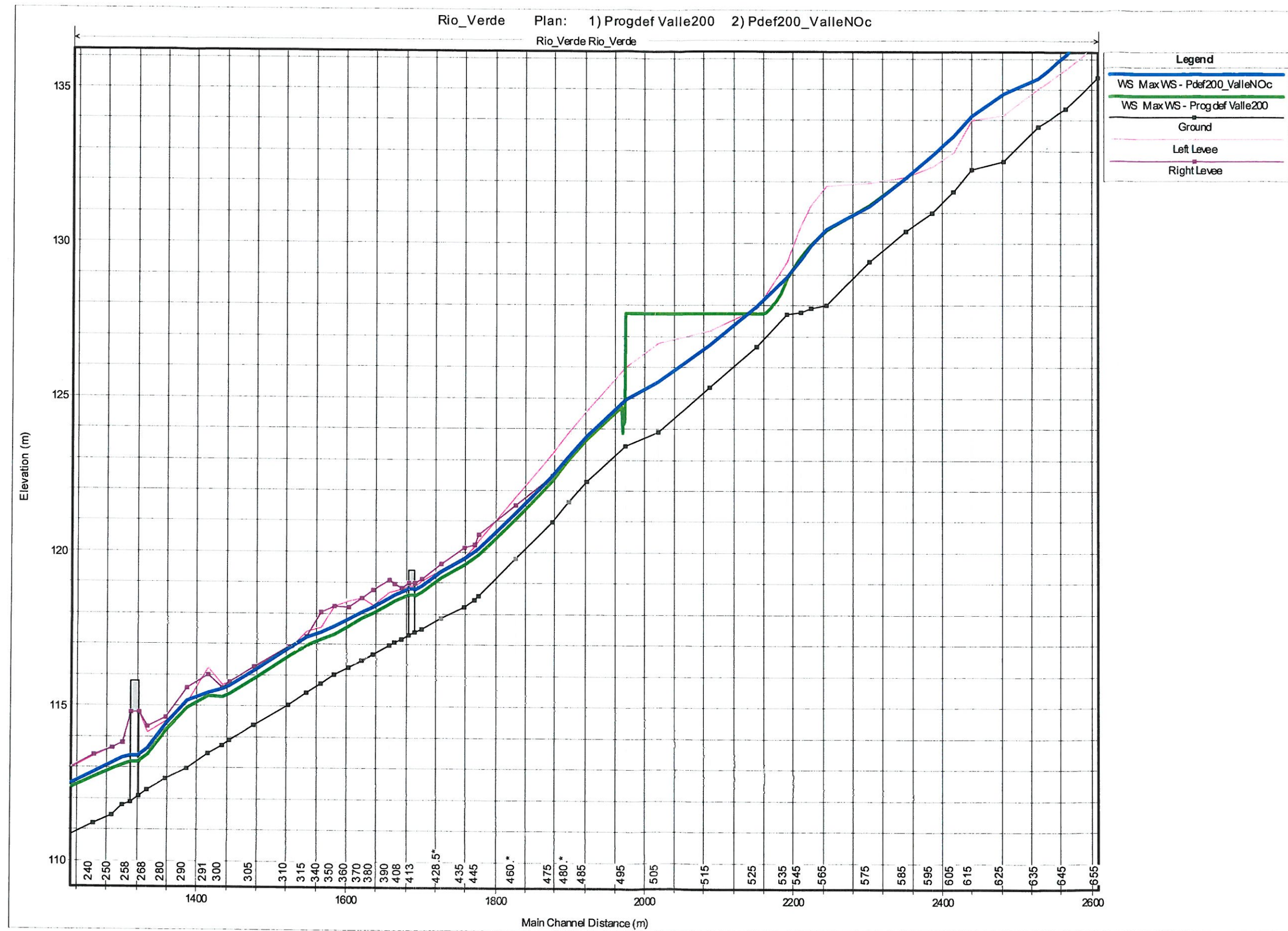


Fig. 19 Bis: STATO DI PROGETTO CON RETTIFICA TRATTO A VALLE DI VIA SAN LORENZO:

Particolare dei profili di moto vario del tratto a monte del ponte su via San Lorenzo, per la portata al colmo con $TR = 200$ anni, ottenuti dalle simulazioni con vasca di laminazione e senza vasca di laminazione.

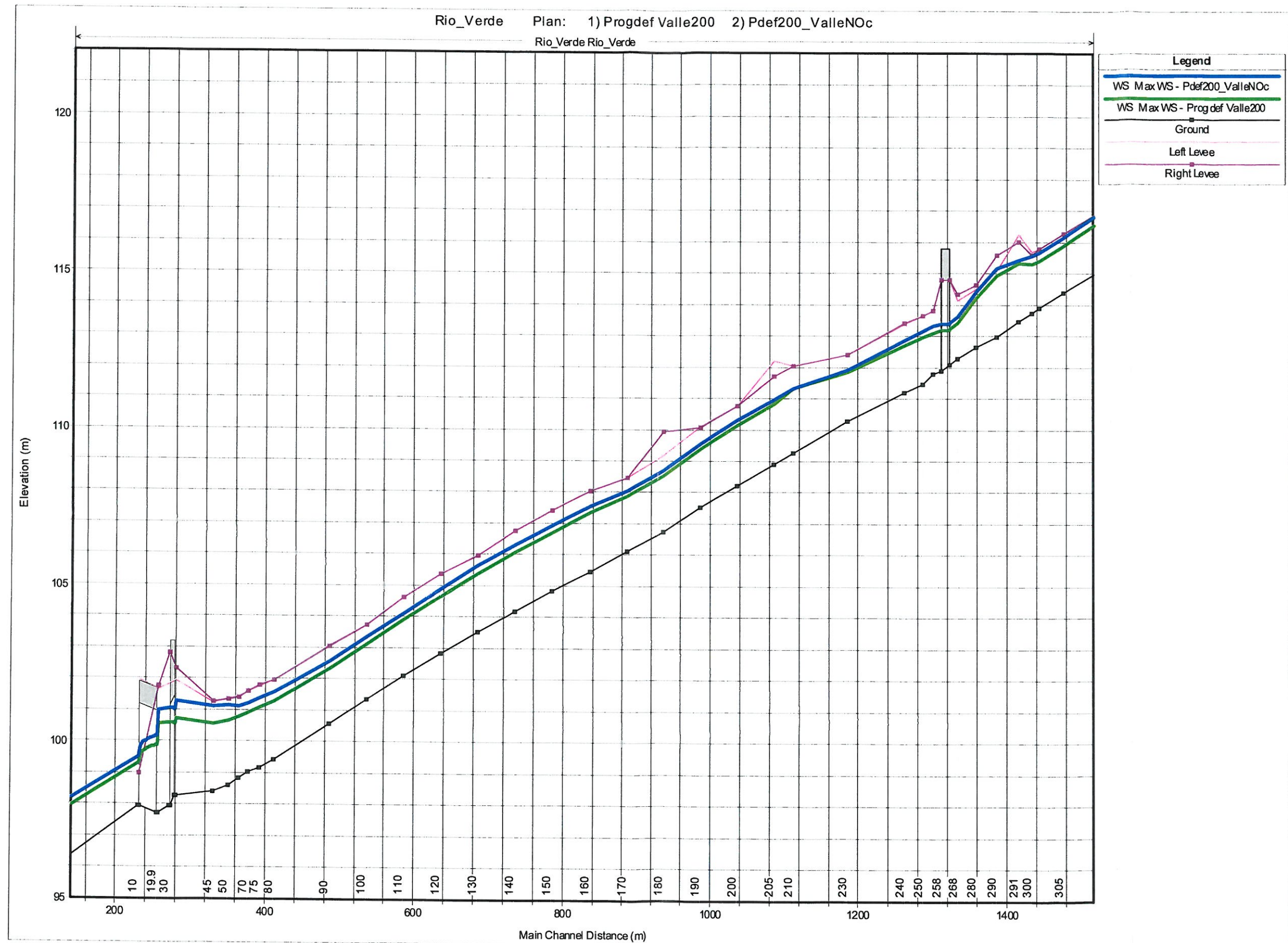


Fig. 19 Bis: STATO DI PROGETTO CON RETTIFICA TRATTO A VALLE DI VIA SAN LORENZO:

Particolare dei profili di moto vario del tratto a valle del ponte su via San Lorenzo, per la portata al colmo con **TR = 200 anni**, ottenuti dalle simulazioni con vasca di laminazione e senza vasca di laminazione.

4 INTERVENTI

L'intervento di adeguamento idraulico del Rio Verde proposto è stato calcolato per portate con tempo di ritorno di 200 anni.

Gli interventi ipotizzati, dimensionati per la portata in uscita dalla vasca di laminazione, consentono di eliminare i rigurgiti del deflusso causati principalmente dai bruschi restringimenti dovuti agli attraversamenti stradali.

Gran parte degli interventi sono demolizioni e rifacimenti di attraversamenti con riassetto minimo della viabilità locale in funzione dei nuovi manufatti e sistemazione e adeguamento della sezione idraulica in alcuni tratti.

Gli interventi di progetto non potranno essere eseguiti tutti contemporaneamente considerato sia i tipi di lavori sia il loro costo. Pertanto il Comune ha individuato la priorità nelle fasi di messa in sicurezza del Rio Verde. E' stato individuato un primo stralcio, contenente gli interventi ritenuti più urgenti, da realizzarsi non appena ottenuta dal Servizio Tecnico Bacino Reno l'autorizzazione/concessione alla realizzazione delle opere in oggetto. Gli altri interventi verranno realizzati in stralci successivi

4.1 Descrizione degli interventi

Nonostante l'esperienza e la scienza ci insegnano di adeguare un alveo fluviale procedendo da valle verso monte, si è deciso di dare la precedenza al tratto compreso tra via Mongardino e via San Lorenzo, cioè nel tratto centrale del rio, perché qui il Rio Verde entra in crisi anche per portate ordinarie e inoltre attraversa un centro abitato.

Qui di seguito vengono elencati e brevemente descritti in ordine di priorità gli interventi previsti per adeguare idraulicamente il Rio Verde. Come spiegato in seguito, l'ultimo intervento previsto è la realizzazione della cassa di laminazione.

4.2 Interventi da realizzare nel primo stralcio

Gli interventi da realizzare subito sono:

- Demolizione dei due ponti privati su via Mongardino, che nelle simulazioni hanno dimostrato di mettere in crisi il Rio Verde per portate con tempi di ritorno inferiori ai 10 anni. Entrambi i ponti sono di piccole dimensioni: il primo è in cemento armato e muratura delle dimensioni di circa 3,50 x 5,30 m, il secondo è in cemento armato e profilati in metallo delle dimensioni di circa 3,80 x 6,90 m.

- Realizzazione di un nuovo attraversamento su Via Mongardino in posizione intermedia fra i due ponti da demolire. Il nuovo ponte dovrà essere realizzato con spalle verticali in c.a. interamente sopra la sezione attuale e avrà un'officiosità pari alla portata duecentennale in uscita dalla vasca di laminazione, cioè circa $29,00 \text{ m}^3$. Il franco di sicurezza ottenuto con il ponte di progetto è pari a 30 cm.

Con la demolizione dei due ponticelli privati e la realizzazione del nuovo attraversamento si rende ovviamente necessario modificare e sistemare la viabilità.

- Demolizione di due passerelle pedonali costruite abusivamente pochi metri a valle dell'attraversamento della Porrettana. Sono le due passerelle non inserite nelle simulazioni e sono in cemento armato e profilati in metallo.
- Demolizione e ricostruzione dell'attraversamento stradale su via San Lorenzo. Nelle simulazioni è stato dimostrato che tale ponte mette in crisi il Rio Verde per portate con tempi di ritorno inferiori ai 10 anni. La demolizione comprende anche la rimozione di barriere di sicurezza e di tubazioni in PEAD staffate all'impalcato.

Il nuovo ponte, che sostituirà quello demolito, sarà realizzato con spalle verticali in c.a. e avrà un'officiosità idraulica pari alla portata duecentennale, cioè circa $37,50 \text{ m}^3/\text{s}$. Il franco di sicurezza ottenuto con il ponte di progetto è poco superiore a un metro.

Con la demolizione del ponte su via San Lorenzo e la realizzazione del nuovo attraversamento si rende necessario modificare e sistemare la viabilità.

- Essendo in previsione la realizzazione della rotatoria su via San Lorenzo, si reputa necessario di porre in opera, durante la realizzazione della stessa, uno scatolare di idonea dimensione (che dovrà essere collegato al Rio Verde a valle del ponte di via San Lorenzo) che permetta di scolare le acque del campo a monte della Porrettana e nello stesso tempo aiuti a scolare le acque che potrebbero esondare dal Rio Verde, dovute al rigurgito del ponte sulla Porrettana.
- Risezionamento alveo nel tratto compreso tra via Mongardino e via San Lorenzo, da fare contemporaneamente alla demolizione e realizzazione dei vari attraversamenti. La risagomatura dell'alveo, dal ponte di monte di via Mongardino (da demolire) fino al ponte della Porrettana (sez. 440-340), prevede una sezione trapezoidale con base di 3,5 m e pendenza delle sponde di 2/3

Il risezionamento dell'alveo nei tratti dove viene eseguita la demolizione dei vecchi attraversamenti e la realizzazione dei nuovi consiste nell'escavazione del materiale di

deposito, la riprofilatura delle sponde con incremento della pendenza, la stabilizzazione della scarpata e del fondo con un rivestimento in massi ciclopici per raccordare le sezioni sotto i ponti con quelle di valle e di monte per una lunghezza di almeno 10 m in entrambi i sensi.

Nel tratto tra i due muri, subito a valle del ponte sulla Porrettana, si prevede l'escavazione del materiale di deposito, con demolizione di massi rocciosi e trovanti in calcestruzzo, rialzo dei muri dove necessario, risagomatura e ripristino delle sezioni d'alveo.

4.2.1 Conclusioni sul confronto tra lo stato attuale e lo "stato di progetto - primo stralcio"

Per valutare gli effettivi benefici che i lavori individuati nel primo stralcio portano al Rio Verde è stata fatta una simulazione contenente solo i punti debitamente descritti nel paragrafo 4.2 (demolizione ponti su via Mongardino e su via San Lorenzo, nuovi ponti su via Mongardino e su via San Lorenzo, risezionamento tratto Mongardino-San Lorenzo). Si sottolinea che la modellazione include il ponte sulla Porrettana allo stato attuale.

Dal profilo idraulico (Figg. 20, 20 Bis) ottenuto con la portata cinquantennale, si può osservare che il rigurgito generato dal ponte sulla Porrettana provoca un'esondazione subito a monte del ponte stesso, precisamente nelle sezioni 360, 370, 380 (Figg. 21, 21 Bis, 21 Ter). Le sezioni 360 e 370 rappresentate nel modello non sono complete, infatti, è possibile vedere dalla planimetria che, in destra, idraulica il terreno risale a quota 119 m s.l.m. Questo significa che il rio non fuoriesce, ma allaga leggermente un terreno che è previsto che si allaghi. Nella sezione 380 è invece necessario realizzare, in sinistra idraulica, un piccolo arginello di circa 50 cm, che dovrà essere raccordato con la sezione di monte e di valle.

Per quanto sopra esposto, si può affermare che con gli interventi previsti nel primo stralcio e un leggero rialzo arginale in destra idraulica alla sezione 380, il Rio Verde è in grado di contenere la piena cinquantennale nel tratto che va da via Mongardino a Via San Lorenzo.

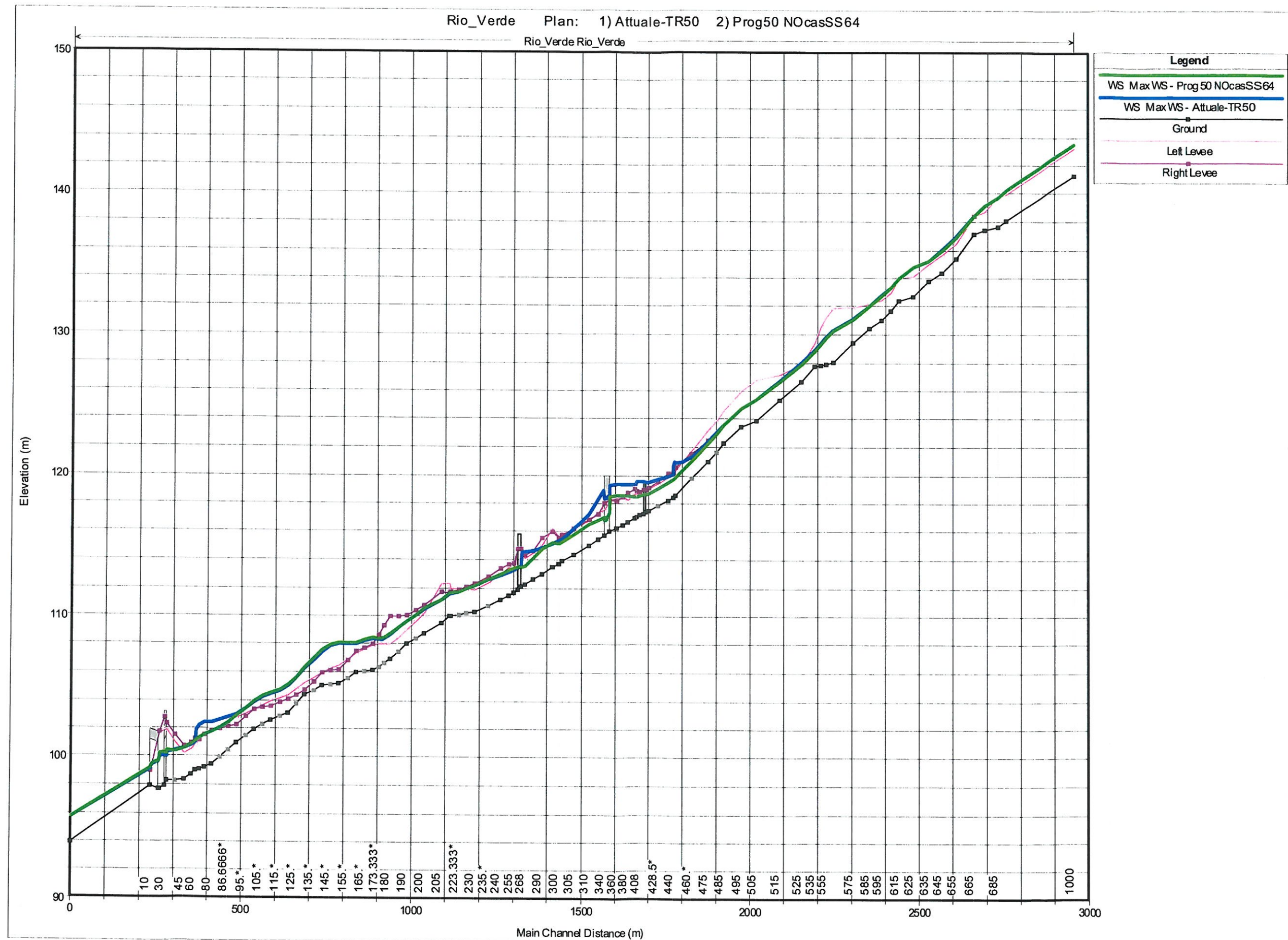


Fig. 20- CONFRONTO TRA LO STATO DI PROGETTO 1°STRALCIO E STATO ATTUALE: Profilo di moto vario per la portata al colmo con TR = 50 anni.

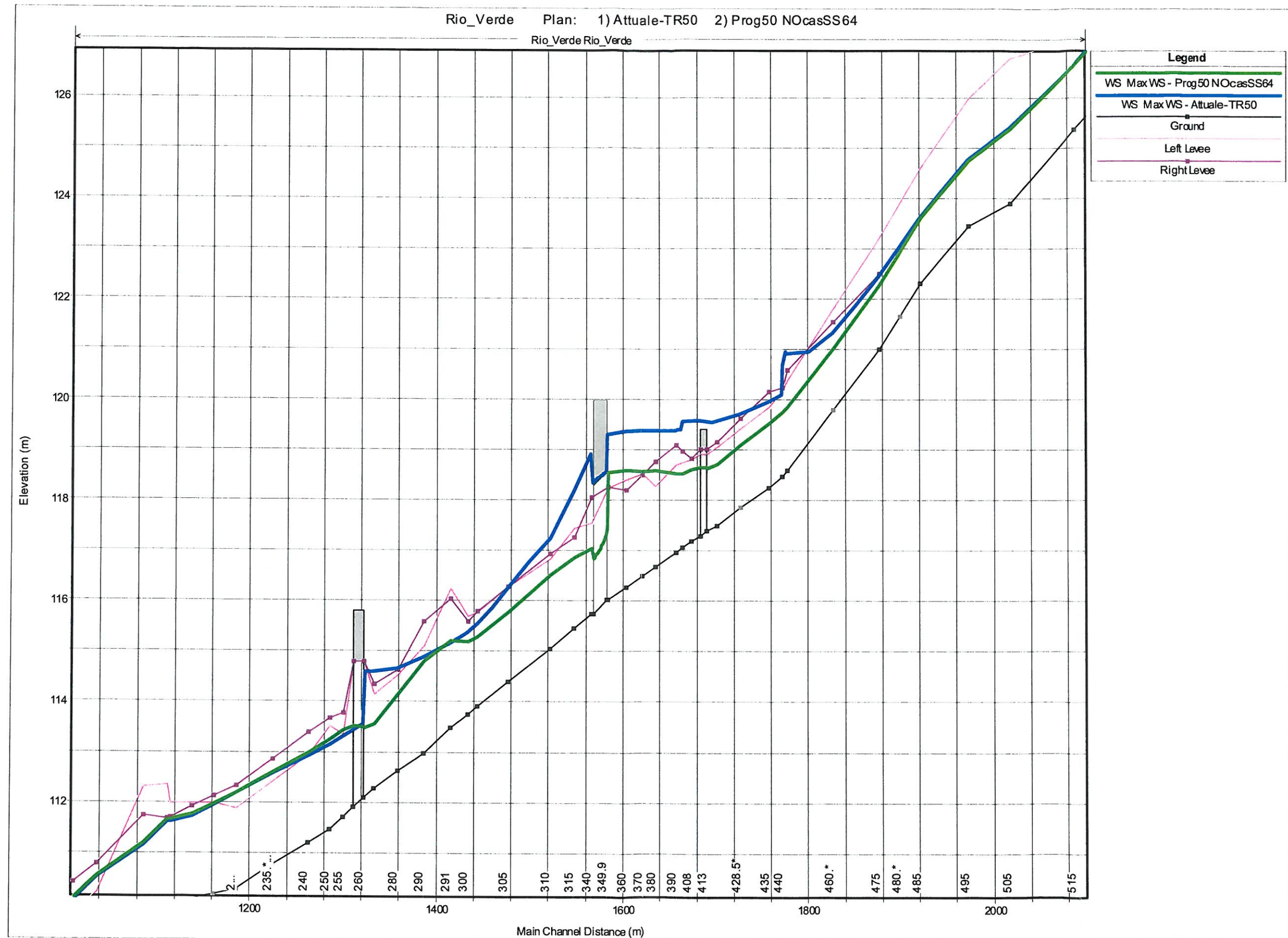


Fig. 20 Bis- CONFRONTO TRA LO STATO DI PROGETTO 1° STRALCIO E LO STATO ATTUALE: Particolare del profilo di moto vario per la portata al colmo con TR = 50 anni.

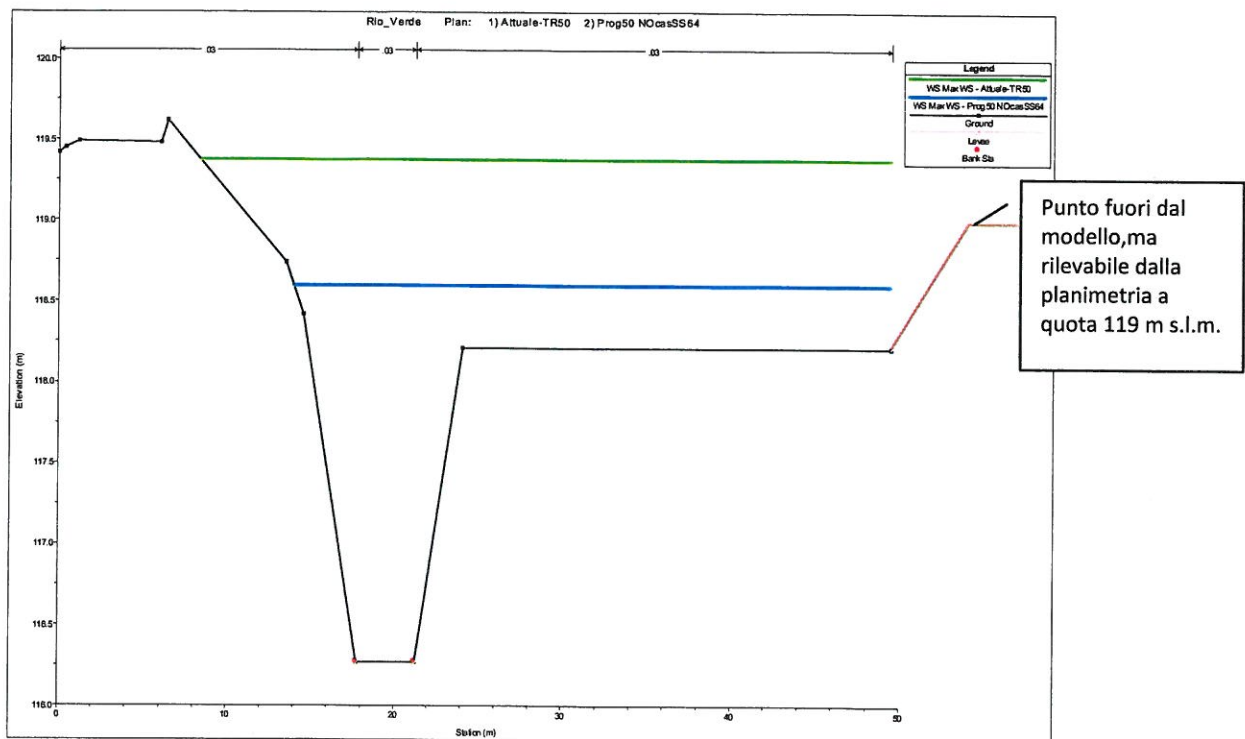


Fig. 21- Sezione 360: confronto fra lo stato di progetto 1°stralcio e lo stato attuale per TR =50 anni

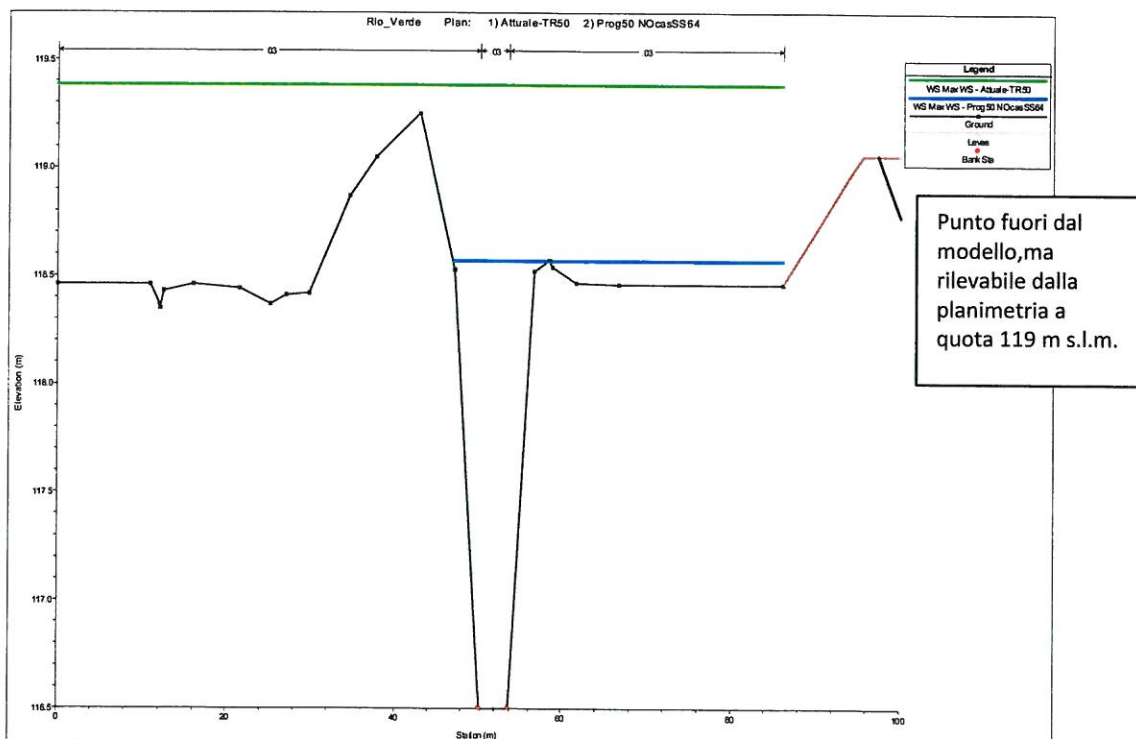


Fig. 21 Bis- Sezione 370: confronto fra lo stato di progetto 1°stralcio e lo stato attuale per TR =50 anni

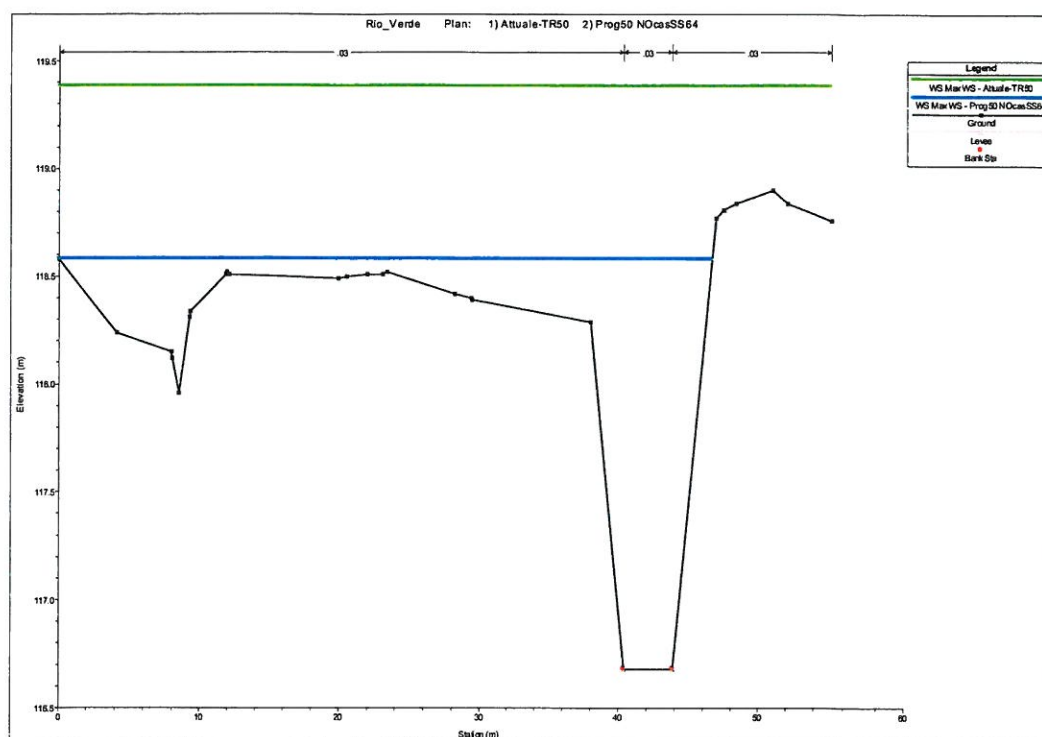


Fig. 21 Ter- Sezione 380: confronto fra lo stato di progetto 1° stralcio e lo stato attuale per TR =50 anni

4.3 Interventi necessari da realizzare in stralci successivi

Gli interventi da progettare in questa seconda fase in ordine di priorità, dopo un accurato rilievo di dettaglio, sono:

- Demolizione e successiva ricostruzione dell'attraversamento stradale su via Porrettana.

Un restringimento fatto nella sezione di monte dell'attraversamento stradale sulla Porrettana ha ridotto notevolmente la sezione di deflusso originale. Questo intervento, fatto in epoca passata probabilmente per consolidare il ponte, fa sì che l'attraversamento risulta in pressione per piene con tempo di ritorno maggiore di 20 anni ($Q_{20} = 19,61 \text{ m}^3/\text{s}$) e che venga sormontato dalla piana duecentennale ($Q_{200} = 37,5 \text{ m}^3/\text{s}$).

Il nuovo attraversamento dovrà essere progettato in modo da far transitare le portate con tempo di ritorno di 200 anni in sicurezza.

- Demolizione e successiva ricostruzione dell'attraversamento stradale su via Maranina. Nelle simulazioni è stato dimostrato che tale ponte mette in crisi il Rio Verde per portate con tempi di ritorno inferiori ai 10 anni.

Il nuovo attraversamento, che sostituirà quello demolito, dovrà essere progettato in modo da far transitare le portate con tempo di ritorno di 200 anni in sicurezza.

Con la demolizione del ponte su via Maranina e la realizzazione di un nuovo attraversamento si renderà necessario modificare e sistemare la viabilità locale.

- Risezionamento dell'alveo nel tratto compreso tra il ponte su via San Lorenzo e il ponte su via Maranina. In questo tratto si è ipotizzato l'adeguamento dell'alveo ottenuto rettificando le pendenze del fondo e imponendo una nuova sezione di progetto a forma trapezoidale, con pendenza delle sponde 2/3 e larghezza di fondo pari a 4,0 m per le sezioni dalla 255 alla 205 e 3,5 m per tutte le altre fino alla sezione 45. Inoltre, per contenere la portata duecentennale è stato considerato, dove necessario, il rialzo degli argini.
- Durante il risezionamento dovrà essere demolito un manufatto idraulico in cemento armato, completo di elementi metallici, che costituisce un restringimento dell'alveo (opera di presa).

In base a quanto esposto nei capitoli precedenti si ribadisce che l'effettiva necessità di realizzare la cassa di laminazione dovrà essere valutata in seguito al completamento di tutti gli altri interventi.

5 CONCLUSIONI

Lo studio effettuato dallo Studio Prisma con le integrazioni prodotte nella presente relazione hanno messo in evidenza l'insufficienza idraulica del Rio Verde. In particolare si sottolinea che, proprio nel tratto in corrispondenza del centro abitato (tra il ponte a monte di via Mongardino da demolire e il ponte su Via San Lorenzo), il Rio Verde entra in crisi per portate ordinarie ($TR = 2$ anni), mentre per portate con tempo di ritorno minore di 10 anni vengono sormontati alcuni ponti.

Come esposto in precedenza, gli interventi di progetto non potranno essere eseguiti tutti contemporaneamente, pertanto si è stabilita una priorità e un ordine in cui procedere per mettere in sicurezza il Rio Verde.

Il primo stralcio, contenente gli interventi ritenuti più urgenti, dovrà essere realizzato non appena ottenuta dal Servizio Tecnico Bacino Reno l'autorizzazione/concessione. Tali interventi consentiranno di mettere in sicurezza il Rio Verde per le portate con tempo di ritorno 50 anni proprio nel tratto in cui lo stesso attraversa il centro abitato.