

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: F81H91000000008

**U.O. INFRASTRUTTURE NORD**

**PROGETTAZIONE PRELIMINARE**

**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA  
Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I N O W 0 0 R 2 6 R I I D 0 0 0 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	P.Luciani	Giugno 2019	M. Ventura	Giugno 2019	A. Campanella	Giugno 2019	Francesco Sacchi Giugno 2019

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD  
Doc. Itk - Francesco Sacchi  
Online degli Ingegneri della Provincia di Roma  
n. 23472/2019

File: INOW00R26IDRI0000001A.doc

n. Elab.:

## INDICE

1	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	5
2	RETICOLO IDROGRAFICO REGIONALE UNIFICATO .....	5
3	NORMATIVA.....	6
1.1	PAI - PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO .....	6
1.2	PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) .....	8
4	INTERFERENZE IDRAULICHE.....	11
5	INTERSEZIONI CON RETICOLO PRINCIPALE .....	12
1.3	TORRENTE GARZA.....	12
6	INTERSEZIONI CON RETICOLO MINORE .....	17
1.4	CONSORZIO DI BONIFICA CHIESE.....	17
6.1.1	<i>Distretto Naviglio Grande</i> .....	17
1.5	ROGGIA CERCA.....	19
1.6	ROGGIA LUPA .....	20
1.7	ATTRAVERSAMENTI.....	21
1.8	CRITERI DI PROGETTO .....	22
2	VERIFICA IDRAULICA .....	22
2.1	VERIFICA IN MOTO PERMANENTE .....	22
2.2	ROGGIA LUPA .....	24
2.3	MODELLAZIONE IN MOTO VARIO.....	30
2.4	TORRENTE GARZA.....	31
2.5	ROGGIA CERCA (SERIOLA).....	35
1	INTERVENTI DI PROGETTO .....	41
1.1	PONTE .....	41
1.2	TOMBINI SCATOLARI.....	41
2	IDRAULICA DI PIATTAFORMA.....	42
2.6	DRENAGGIO DI PIATTAFORMA.....	42



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

**Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>INOW</b>	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	3 di 48

2.7	TRINCEA DRENANTE .....	42
3	CONCLUSIONI .....	44
4	ALLEGATO 1 .....	45
4.1	TORRENTE GARZA-SEZIONI .....	46
4.2	ROGGIA CERCA-SEZIONI .....	47
4.3	ROGGIA LUPA-SEZIONI .....	48



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

**Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOW	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	4 di 48

## PREMESSA

La presente relazione idraulica analizza l'interazione tra la linea ferroviaria in progetto e la complessa realtà idraulica della zona di Brescia. L'intervento in progettosi sviluppa in affiancamento alla linea storica Milano-Venezia e interessa il fitto tessuto urbano di Brescia per circa 6 km. Il progetto ha origine alla radice Est della stazione di Brescia centrale e termina in corrispondenza del punto in cui detto quadruplicamento di discosta dalla Linea Storica in direzione sud, si sviluppa secondo le progressive della linea AV, dal km 94+680 (sottopasso stradale via Zima) al km 105+384 (inizio tratta AV Brescia-Verona) per uno sviluppo complessivo di 10.7km.

Attraversa il comune di Rezzato con la relativa Stazione ferroviaria (3,5 km circa) lambendone l'abitato, e termina nel territorio di Mazzano in un'area ad uso prevalentemente agricolo.

Lo studio ha preso in considerazione i numerosi piani vigenti nella Regione Lombardia e nel comune di Brescia, la pianificazione di interventi già programmati nell'ambito degli stessi piani al fine di verificare la fattibilità dell'opera. In primo luogo si é preso atto della classificazione del reticolo idrografico per comprenderne l'ordinamento e i riferimenti. Si é quindi proceduto a redigere la carta dei bacini, la sintesi della normativa vigente e gli interenti i progetto previsti nell'ambito del presente studio.

Lo studio dunque ricostruisce quanto attualmente vige sul territorio in termini di normativa e in termini di studi pregressi condotti da enti territoriali, e cerca di sintetizzare i principali interventi previsti e da prevedere, al fine di verificare le criticità idrauliche e valutare il tipo di opere da prevedere per l'attraversamento del reticolo idraulico.

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale <b>QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA</b>					
Relazione idraulica	COMMESSA <b>INOW</b>	LOTTO 00	CODIFICA R 26 ID	DOCUMENTO RI 00 00 002	REV. A	FOGLIO 5 di 48

## 1 RIFERIMENTI NORMATIVI

- Regio Decreto 25/07/1904 n°523 “Testo unico delle disposizioni di alle opere idrauliche delle diverse categorie”;
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato all'anno 2018.
- Prescrizioni normative del Ministero dei Lavori Pubblici In Italia i riferimenti normativi ai quali si deve attenere il progettista
- NTC 17/01/2018
- PAI - Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 in data 11/05/1999; Approvato con D.P.C.M. 24 maggio 2001.
- Piano di Gestione del rischio alluvioni (PGRA) Adottato il 17 dicembre 2015, con Deliberazione n. 4/2015; approvato con DPCM del 27 ottobre 2016

## 2 RETICOLO IDROGRAFICO REGIONALE UNIFICATO

Analizzando il documento Reticolo Idrografico Regionale Unificato (documento del 31/01/2018) si rileva la classificazione dei corsi d'acqua regionali secondo il seguente ordinamento:

- • Sistema Informativo Bonifica Irrigazione e Territorio Rurale - SIBITeR
- • Sistema Informativo Beni Ambientali – SIBA
- • Reticolo Idrografico Minore – RIM
- • Reticolo Idrografico Principale ai fini della polizia idraulica - RIP
- • Piani di Gestione delle acque - PdG

E' stato sovrapposto il reticolo unificato al progetto, per verificarne le interferenze idrauliche e verificarne lo stato attuale.

La cartografia che sintetizza la situazione é quella del servizio idrico minore che ripota anche i tratti interrati, allegata al presente studio.

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale <b>QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA</b>					
Relazione idraulica	COMMESSA <b>INOW</b>	LOTTO 00	CODIFICA R 26 ID	DOCUMENTO RI 00 00 002	REV. A	FOGLIO 6 di 48

### 3 **NORMATIVA**

#### 1.1 **PAI - Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico**

Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1 in data 11/05/1999; Approvato con D.P.C.M. 24 maggio 2001.

Obiettivo prioritario del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico è la riduzione del rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti.

Il PAI rappresenta l'atto di pianificazione per la difesa del suolo dal rischio idraulico e idrogeologico conclusivo e unificante degli strumenti di pianificazione parziale precedenti: il PS 45 (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) e il PSFF (Piano Stralcio delle Fasce Fluviali).

Rispetto a tali Piani, il PAI contiene per l'intero bacino:

- il completamento del quadro degli interventi strutturali a carattere intensivo sui versanti e sui corsi d'acqua, rispetto a quelli già individuati nel PS45;
- l'individuazione del quadro degli interventi strutturali a carattere estensivo;
- la definizione degli interventi a carattere non strutturale, costituiti dagli indirizzi e dalle limitazioni d'uso del suolo nelle aree a rischio idraulico e idrogeologico e quindi:
- il completamento, rispetto al PSFF, della delimitazione delle fasce fluviali sui corsi d'acqua principali del bacino;
- l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico, nella parte del territorio collinare e montano non considerata in precedenza.

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico ha lo scopo di assicurare, attraverso la programmazione di opere strutturali, vincoli, direttive, la difesa del suolo rispetto al dissesto di natura idraulica e idrogeologica e la tutela degli aspetti ambientali a esso connessi, in coerenza con le finalità generali e i contenuti del Piano di bacino fissati dalla Legge n. 183/1989.

Il piano definisce e programma le azioni attraverso la valutazione unitaria dei vari settori di disciplina, con i seguenti obiettivi:

- garantire un livello di sicurezza adeguato sul territorio;

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	<b>Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA</b>					
Relazione idraulica	COMMESSA <b>IN0W</b>	LOTTO 00	CODIFICA R 26 ID	DOCUMENTO RI 00 00 002	REV. A	FOGLIO 7 di 48

conseguire un recupero della funzionalità dei sistemi naturali (anche tramite la riduzione dell'artificialità conseguente alle opere di difesa), il ripristino, la riqualificazione e la tutela delle caratteristiche ambientali del territorio, il recupero delle aree fluviali a utilizzi ricreativi;

conseguire il recupero degli ambiti fluviali e del sistema idrico quale elementi centrali dell'assetto territoriale del bacino idrografico;

raggiungere condizioni di uso del suolo compatibili con le caratteristiche dei sistemi idrografici e dei versanti, funzionali a conseguire effetti di stabilizzazione e consolidamento dei terreni e di riduzione dei deflussi di piena.

Le linee di intervento strategiche perseguite dal piano tendono in particolare a:

proteggere centri abitati, infrastrutture, luoghi e ambienti di riconosciuta importanza rispetto a eventi di piena di gravosità elevata, in modo tale da ridurre il rischio idraulico a valori compatibili;

mettere in sicurezza abitati e infrastrutture interessati da fenomeni di instabilità di versante;

salvaguardare e, ove possibile, ampliare le aree naturali di esondazione dei corsi d'acqua;

limitare gli interventi artificiali di contenimento delle piene a scapito dell'espansione naturale delle sponde, e privilegiare, per la difesa degli abitati, interventi di laminazione controllata, al fine di non aumentare il deflusso sulle aste principali e in particolare sull'asta del Po;

limitare i deflussi recapitati nella rete idrografica naturale da parte dei sistemi artificiali di drenaggio e smaltimento delle acque meteoriche delle aree urbanizzate;

promuovere interventi diffusi di sistemazione dei versanti con fini di aumento della permeabilità delle superfici e dei tempi di corrivazione;

promuovere la manutenzione delle opere di difesa e degli alvei, quale strumento indispensabile per il mantenimento in efficienza dei sistemi difensivi e assicurare affidabilità nel tempo agli stessi;  promuovere la manutenzione dei versanti e del territorio montano, con particolare riferimento alla forestazione e alla regimazione della rete minuta di deflusso.

Le fasce fluviali suddivise in A, B e C sono aggiornate al 2014 e sono riportate nell'elaborato allegato allo studio.

la « Fascia A » o Fascia di deflusso della piena; è costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena 1;

la « Fascia B » o Fascia di esondazione; esterna alla precedente, è costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento ovvero sino alle opere idrauliche di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento), dimensionate per la

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale <b>QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA</b>					
Relazione idraulica	COMMESSA <b>INOW</b>	LOTTO 00	CODIFICA R 26 ID	DOCUMENTO RI 00 00 002	REV. A	FOGLIO 8 di 48

stessa portata1; • la «Fascia C» o Area di inondazione per piena catastrofica; è costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

## 1.2 Piano di Gestione del rischio alluvioni (PGRA)

Adottato il 17 dicembre 2015, con Deliberazione n. 4/2015; approvato con DPCM del 27 ottobre 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 30, serie Generale, del 6 febbraio 2017.

La Direttiva europea 2007/60/CE, cosiddetta Direttiva Alluvioni (DA), è stata recepita nel diritto italiano con D.Lgs. n. 49/2010 dando avvio a una nuova fase di gestione del rischio di alluvioni avviata in Italia con la Legge n. 183/89 e attuata dai Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI). La DA prescrive che gli Stati Membri elaborino, per ogni distretto idrografico o Unità di Gestione (che nel caso del bacino idrografico del Po coincide con il distretto idrografico) un Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PGRA), contenente una diagnosi della pericolosità e del rischio di alluvioni, obiettivi appropriati per la salvaguardia della vita umana e dei beni esposti e misure per la mitigazione del rischio.

Il PGRA è quindi lo strumento introdotto dalla DA per ridurre gli impatti negativi delle alluvioni sulla salute, l'economia e l'ambiente e favorire, dopo un evento alluvionale, una tempestiva ricostruzione e valutazione post-evento.

Le misure del piano si concentrano su tre bersagli prioritari:

- migliorare nel minor tempo possibile la sicurezza delle popolazioni esposte utilizzando le migliori pratiche e le migliori e più efficaci tecnologie a disposizione;
- stabilizzare nel breve termine e ridurre nel medio termine i danni sociali ed economici delle alluvioni;
- favorire una tempestiva ricostruzione e valutazione post evento per trarre insegnamento dalle informazioni raccolte.

Il PGRA costituisce la cornice strategica per la gestione delle alluvioni nel bacino del fiume Po all'interno della quale sono state fatte convergere la pianificazione di bacino vigente, la pianificazione di emergenza della Protezione civile e la programmazione regionale al fine di favorire lo sviluppo di sinergie e agevolare e coordinare le procedure di gestione del rischio alluvionale in atto.

Il piano infatti ha tenuto conto della attuale organizzazione del sistema nazionale per la prevenzione, previsione e gestione dei rischi naturali per promuovere azioni congiunte fra le autorità statali, regionali e locali.

Per essere efficace il PGRA deve quindi essere in grado di attivare in modo coordinato e concomitante più livelli di governo e operativi, per questo motivo esso è stato articolato sui diversi livelli territoriali e operativi e di conseguenza gli obiettivi generali sono declinati in strategie locali ed azioni per favorire il reperimento delle risorse finanziarie e l'attivazione di una governance funzionale ad assicurare una tempestiva attuazione delle azioni di mitigazione del rischio.



	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	<b>Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA</b>					
Relazione idraulica	COMMESSA <b>INOW</b>	LOTTO 00	CODIFICA R 26 ID	DOCUMENTO RI 00 00 002	REV. A	FOGLIO 9 di 48

La DA raccomanda di individuare unità territoriali prioritarie per la gestione del rischio da individuare fra le aree dove le condizioni di rischio potenziale sono particolarmente significative o per le quali è necessaria una gestione specifica del rischio.

In attuazione di tali disposizioni nel distretto padano si è proceduto ad individuare le Aree a Rischio Significativo (ARS) in continuità con il PAI vigente che individua a livello di bacino le aree in cui sono presenti condizioni di rischio idrogeologico particolarmente elevate associate ad una elevata esposizione al rischio di viete umane, aree urbane e produttive.

Di seguito si descrivono, per i diversi ambiti territoriali, in estrema sintesi ed in via generale i criteri ed i metodi utilizzati per la mappatura della pericolosità.

- Reticolo principale: costituito dall'asta del fiume Po e dai suoi principali affluenti nei tratti di pianura e nei principali fondovalle montani e collinari (lunghezza complessiva pari a circa 5.000 km).
- Reticolo secondario collinare e montano: costituito dai corsi d'acqua secondari nei bacini collinari e montani e dai tratti montani dei fiumi principali.
- Reticolo secondario di pianura: costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio bassa pianura padana.
- Aree costiere marine: sono le aree costiere del mare Adriatico in prossimità del delta del fiume Po.
- Aree costiere lacuali: sono le aree costiere dei grandi laghi alpini (Lago Maggiore, Como, Garda, ecc.).

**Tabella riepilogativa ambiti e soggetti attuatori**

AMBITO TERRITORIALE	SOGGETTO ATTUATORE
Reticolo idrografico principale (RP)	Autorità di bacino del fiume Po
Reticolo secondario collinare e montano (RSCM)	Regioni
Reticolo secondario di pianura (RSP)	Regioni con il supporto di URBIM e dei Consorzi di bonifica
Aree costiere lacuali (ACL)	Regioni con il supporto di ARPA e dei Consorzi di regolazione dei laghi
Aree costiere marine (ACM)	Regioni

**Tabella riepilogativa scenari di inondazione**

Direttiva Alluvioni		Pericolosità	Tempo di ritorno individuato per ciascun ambito territoriale (anni)				
Scenario	TR (anni)		RP	RSCM (legenda PAI)	RSP	ACL	ACM
Elevata probabilità di alluvioni (H = high)	20-50 (frequente)	P3 elevata	10-20	Ee, Ca RME per conoide ed esondazione	Fino a 50 anni	15 anni	10 anni
Media probabilità di alluvioni (M = medium)	100-200 (poco frequente)	P2 media	100-200	Eb, Cp	50-200 anni	100 anni	100 anni
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi (L = low)	Maggiore di 500 anni, o massimo storico registrato (raro)	P1 bassa	500	Em, Cn		Massimo storico registrato	>> 100 anni



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

**Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>INOW</b>	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	11 di 48

#### 4 INTERFERENZE IDRAULICHE

La sovrapposizione del reticolo unificato al progetto ha portato alla stesura del seguente elenco di interferenze idrauliche:

1	95+766	Torrente Garza
2	99+198	CANALE NAVIGLIO CERCA
3	103+640	ROGGIA LUPA

*Tabella 1 – Interferenze idrauliche*

Di fatto esistono molte interferenze con il reticolo principale e secondario oltre a quelle segnalate, per le quali si rimanda alle fasi successive di studio.

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA				
	Lotto funzionale <b>QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA</b>				
Relazione idraulica	COMMESSA <b>IN0W</b>	LOTTO 00	CODIFICA R 26 ID	DOCUMENTO RI 00 00 002	REV. FOGLIO A 12 di 48

## 5 INTERSEZIONI CON RETICOLO PRINCIPALE

L'intersezione con il reticolo principale è con il torrente Garza. Le aree a rischio secondo PAI e PGRA sono essenzialmente legate alle dinamiche del fiume Mella, che in caso di piene riceve anche le acque del t. Garza stesso a valle del Crocevia Nave. Di seguito il dettaglio di piani e interventi previsti. Per le portate ci si riferisca alla relazione idrologica generale allegata al progetto.

### 1.3 Torrente Garza

Il progetto presenta un attraversamento sul Garza laddove la ferrovia esistente incrocia il cavalcavia padre M. Kolbe.



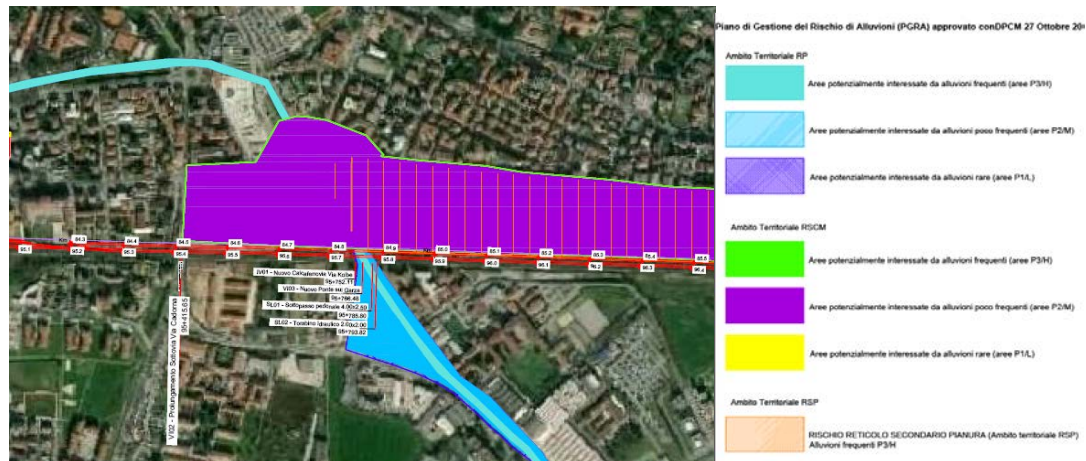
*Figura 1: Attraversamento t. Garza*



Figura 2: Attraversamento t. Garza attuale

L'area risulta in aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (p2/M) secondo le mappe del PGRA, rischio reticolo secondario pianura (ambito territoriale rsp) alluvioni frequenti p3/h sebbene le aree allagabili sembrerebbero legate alle dinamiche del Fiume Mella e non a quelle del Torrente Garza.

Ai sensi del PAI invece Aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H) Aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M). Gli elaborati completi sono allegati al progetto.



La scheda monografica per la città di Brescia delle Aree a rischio significativo di alluvione (ARS), parte integrante del piano per la valutazione e la gestione del rischio alluvioni, individua il torrente Garza in quel tratto come “ricettore principale della rete di smaltimento delle acque meteoriche della città e riceve numerosi affluenti secondo uno schema idrografico di notevole complessità. Tra i principali tributari ci sono il Naviglio grande bresciano (dorsale principale delle acque provenienti da destra Chiese)”. Inoltre, si afferma che “Sul Torrente Garza (a valle di Crocevia nave) il pericolo di allagamenti è principalmente connesso alla concentrazione dei deflussi di piena anche per eventi di basso tempo di ritorno a causa della urbanizzazione intervenuta in anni recenti in modo diffuso nei bacini del Garza e del Naviglio Bresciano, alla necessità di manutenzione dell'alveo e alla presenza di opere di attraversamento interferenti con il deflusso di piena”.

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	<b>Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA</b>					
Relazione idraulica	COMMESSA <b>INOW</b>	LOTTO 00	CODIFICA R 26 ID	DOCUMENTO RI 00 00 002	REV. A	FOGLIO 14 di 48

Il PGRA individua i seguenti obiettivi di gestione per il Torrente Garza:

- *“[...] miglioramento del sistema di telecontrollo e telegestione delle opere di regolazione e sulla laminazione delle portate nel tratto a valle del Naviglio Grande Bresciano, in relazione e/o in alternativa al controllo dei deflussi affluenti di cui al punto seguente;*
- *Per i corsi d’acqua con bacini afferenti al Garza (anche tramite il canale Naviglio Grande Bresciano) il controllo diffuso dei deflussi mediante laminazione localizzata;*
- *Per i recapiti delle opere di drenaggio urbano, il controllo delle portate scaricate e l’applicazione del principio di invarianza idraulica”.*

Il PGRA individua inoltre le misure specifiche previste per l’ARS necessarie per il conseguimento degli obiettivi di mitigazione del rischio (aggiuntive rispetto a quelle già previste nella pianificazione e programmazione di bacino).

Tra le misure aggiuntive previste nella pianificazione e programmazione di bacino, a cui il PGRA si aggiunge, ci sono quelle individuate dall’AdB Po negli studi di fattibilità della sistemazione idraulica per il Torrente Garza (2005). Anche tali studi evidenziano che: *”nell’abitato di Brescia e subito allo sbocco in pianura, il reticolo si complica con tratti tombinati, restringimenti di sezione, ponti e attraversamenti, derivazioni idriche con significativa influenza sul comportamento idraulico delle correnti fluviali, in particolare sulla formazione verso monte di condizioni di rigurgito e di eventuali esondazioni che modificano la forma e la cronologia delle onde di piena oltre che i valori delle portate. [...] Non vanno tuttavia dimenticati i diversi manufatti di attraversamento, concentrati soprattutto nell’abitato di Brescia, che essendo pesantemente sottodimensionati inducono forti turbative al deflusso idrico. [...] I vincoli imposti dalle opere di attraversamento interferenti poste lungo il corso d’acqua limitano la capacità di deflusso dell’alveo inducendo così fenomeni di allagamento.”*

Gli interventi individuati dalla AdBPo per mettere in sicurezza rispetto al rischio idraulico sono interventi strategici di portata generale. Nello specifico si tratta di interventi di laminazione controllata, il cui obiettivo è quello di limitare e dove è possibile eliminare, le condizioni di rischio idraulico previste, con riferimento all’attuale assetto difensivo. Le simulazioni con diversi scenari di progetto hanno dimostrato che la combinazione vasca di laminazione a S. Polo insieme a quelle di ponte Quarti offrono la maggiore efficienza, evitando di dover riprofilare lunghi tratti d’alveo in zone di alta densità urbana, dove sarebbe impossibile realizzarli.

Nell’ambito dello studio di fattibilità del 2005 è presente anche l’attraversamento oggetto di studio alla pk 95+766, rappresentato alla sez 84 SP 1.4. Non è previsto il rifacimento dell’opera di attraversamento di cui si allega la scheda descrittiva sez. 84 e anche la scheda della sezione 85 immediatamente a valle del ponte in progetto.

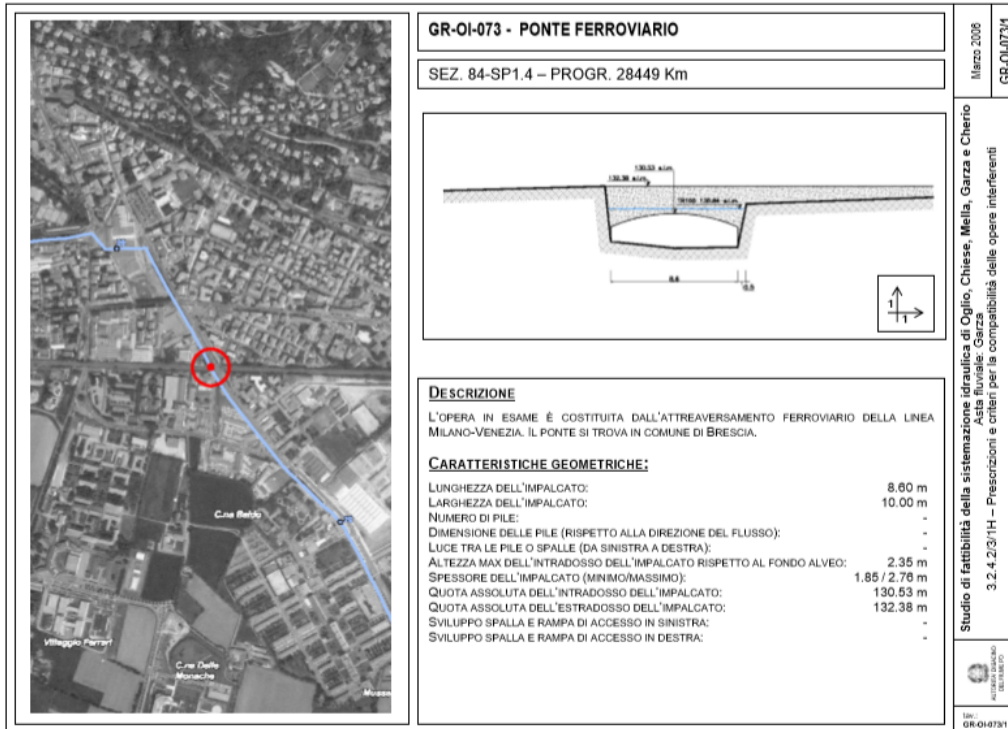


Figura 3: Scheda sez. 84

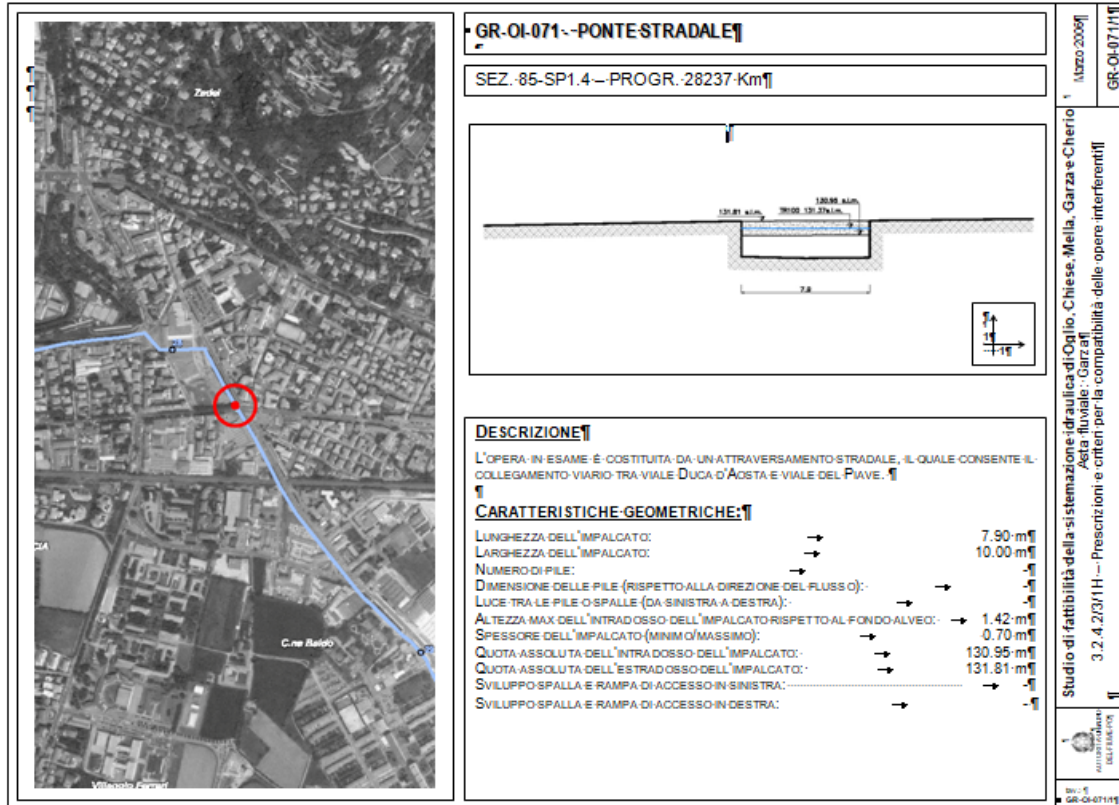


Figura 4: Scheda sez. 85

Si propone in questa fase un rifacimento dell'attraversamento con una struttura larga 7 m (8.40 m sviluppo totale) perpendicolarmente alla corrente e alta 3 m scatolare, mentre il ponte attuale è ad arco.

In conclusione, l'attraversamento del Torrente Garza deve confrontarsi con la preesistente pericolosità idraulica dell'area ed è vincolato alla realizzazione degli interventi di messa in sicurezza idraulica del territorio definiti negli anni dai vari enti competenti. Per la verifica idraulica è stata considerata una portata pari a 52.51 mc/s come portata duecentennale vista la realizzazione della cassa di espansione prevista nel progetto. La sezione 85 nella verifica idraulica è stata considerata invariata nelle verifiche idrauliche.



	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale <b>QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA</b>					
Relazione idraulica	COMMESSA <b>IN0W</b>	LOTTO 00	CODIFICA R 26 ID	DOCUMENTO RI 00 00 002	REV. A	FOGLIO 17 di 48

## 6 INTERSEZIONI CON RETICOLO MINORE

### 1.4 Consorzio di bonifica Chiese

Il Piano Comprensoriale di bonifica, irrigazione e tutela del territorio rurale (L.R. 5 dicembre 2008 n. 31) delinea gli elementi necessari a definire l'attività di bonifica e di irrigazione nei comprensori di bonifica e irrigazione (art 88., L.R. n. 31/2008). Il piano è adottato dal Consorzio in conformità al Piano Generale di bonifica, di irrigazione e di tutela del territorio rurale, assicurando la partecipazione degli enti locali, dei soggetti irrigui e degli altri enti operanti nel comprensorio. In altre parole, il Piano Comprensoriale di bonifica, di irrigazione e di tutela del territorio rurale è lo strumento di pianificazione consortile in cui si individuano le strategie che il Consorzio di bonifica intende mettere in atto nei successivi dieci anni e le azioni di massima che intende intraprendere per portare a compimento le proprie strategie.

Il Consorzio di Bonifica Chiese Dal 15 novembre 2012 è operativo, a seguito dello scioglimento dei preesistenti consorzi "Medio Chiese" e "Fra Mella e Chiese" in esso confluiti, secondo il disposto del D.P.G.R. 6 agosto 2012 n. 7172 per il riordino dei comprensori di bonifica e irrigazione nella Regione Lombardia.

Il nuovo comprensorio, che ricomprende, per intero o parzialmente, 48 comuni delle Province di Brescia, Cremona e Mantova localizzati ad Est della città di Brescia, tra i rilievi morenici che caratterizzano il Lago di Garda e la bassa pianura verso Mantova, è suddiviso in due dipartimenti che altro non sono che gli originari comprensori che l'hanno costituito: Fra Mella e Chiese e Medio Chiese.

Il Piano norma tutto il reticolo minore e fornisce dati sulle dotazioni di ciascun canale. Al consorzio di bonifica si farà riferimento per un confronto con le opere proposte. Il progetto iteressail Grande Naviglio Bresciano che viene affiancato dal progetto per un tatto.

#### 6.1.1 Distretto Naviglio Grande

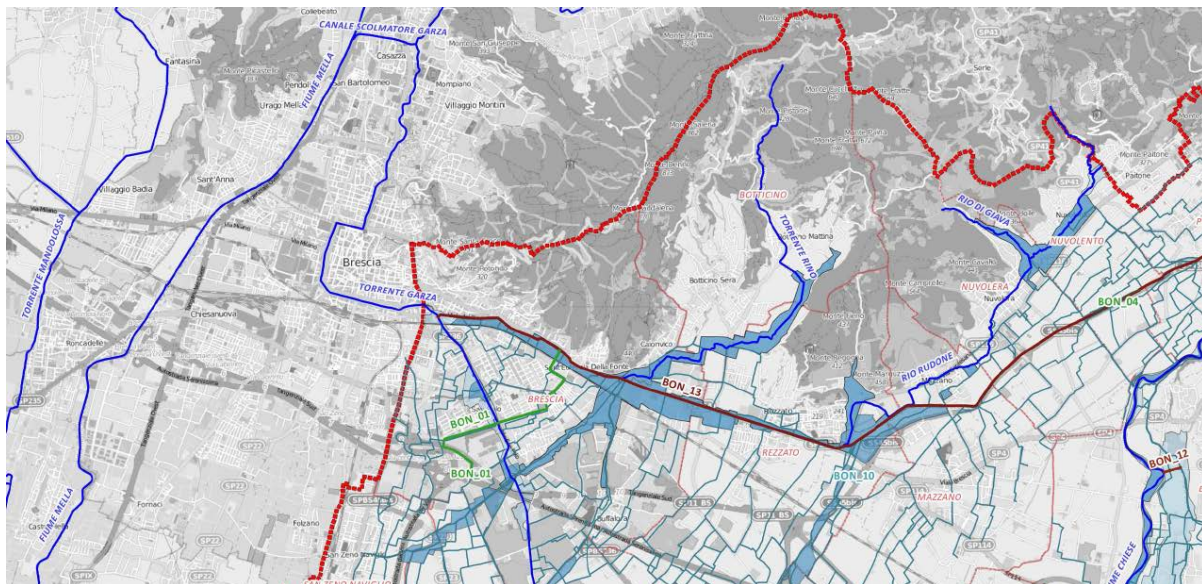
Il Naviglio Grande Bresciano si stacca dal Chiese a Gavardo, fuori comprensorio consortile, rimanendo prossimo ai piedi delle prealpi Bresciane fino al capoluogo e alimentando, per lo più in sinistra idraulica, numerose rogge irrigue (Rudone, Desa, Mazzanese, Lupa, Rudoncello, Vescovada). Il Naviglio costituisce anche il possibile recapito della rete idrografica naturale che scende dalle colline in destra (rii Giava e Rudone, torrente Rino) che in passato spagliavano nell'alta pianura. Gli scarichi del Naviglio Grande raggiungono infine il Naviglio Inferiore e il torrente Garza, ad eccezione della Roggia Desa, le cui acque di supero tornano al Chiese presso Calcinato.

Da Brescia scendono due corsi d'acqua principali: il torrente Garza e il Naviglio inferiore (poi Naviglio di Isorella). Entrambi si dirigono dapprima verso Sud e poi, a valle della A4, piegano verso Est nei territori di Montirone e Ghedi. Si tratta di aree di pianura fortemente drenanti, nelle quali il Garza normalmente spaglia, mentre il Naviglio ha funzione irrigua per numerose aree più a Sud.

Il Consorzio di bonifica Chiese ha predisposto, per l'ambito bonifica e difesa idraulica del territorio, di rispondere alle criticità evidenziate attraverso l'identificazione di specifici obiettivi di piano che potranno essere raggiunti sulla base di una serie di azioni tra le quali, nella zona oggetto di studio, il seguente intervento **BON\_13**

Mancanza di automazione nella gestione delle manovre sulle bocche del Naviglio Grande Bresciano	OS_4.04	Installazione di sistemi automatici di manovra sulle bocche del Naviglio Grande Bresciano	BON_13	Realizzazione impianto di automazione della rete di bonifica e irrigua principale lungo l'asta del Naviglio Grande Bresciano
---	---------	---	--------	--

come riportato nella cartografia del medesimo piano, qui di seguito.



ID	Azione
BON_01	Realizzazione scaricatore del Naviglio Fagnolo e relativa vasca di laminazione
BON_02	Regimazione idraulica canali Milzanella, Pavona, Frezule, Molina e Molone
BON_03	Vasche di laminazione a servizio del reticolo di bonifica
BON_04	Vasca di laminazione nel vecchio alveo del Naviglio Grande Bresciano
BON_05	Interventi di regimazione idraulica sul RIM di Puegnago d/G
BON_06	Scolmatore e vasca di laminazione in loc. Salera di Lonato
BON_07	Adeguamento idraulico del canale Fossa Magna
BON_08	Laminazione delle piene del torrente Reale
BON_09	Sistemazione idraulica di rami delle rogge Cominetta e Molina
BON_10	Vasca di lamiazione a servizio dei canali Lupa e Roberta
BON_11	Sistemazione del Fiume colatore Gambarà
BON_12	Scolmatore della Roggia Lonata Promiscua a Chiese
BON_13	Realizzazione dell'automazione della rete promiscua lungo il Naviglio Grande
BON_14	Regimazione idraulica dei canali del Consorzio di m.f. Rogge di Carpenedolo
BON_15	Regimazione idraulica del torrente Vaso Ri
BON_16	Sistemazione del Canale Garza (ex Vaso Campagna)

Figura 5: Carta delle opere di bonifica in progetto

## 1.5 Roggia Cerca

L'attraversamento della roggia Cerca risulta in aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (p2/M) secondo le mappe del PGRA, rischio reticolo secondario pianura (ambito territoriale rsp) alluvioni frequenti p3/h.

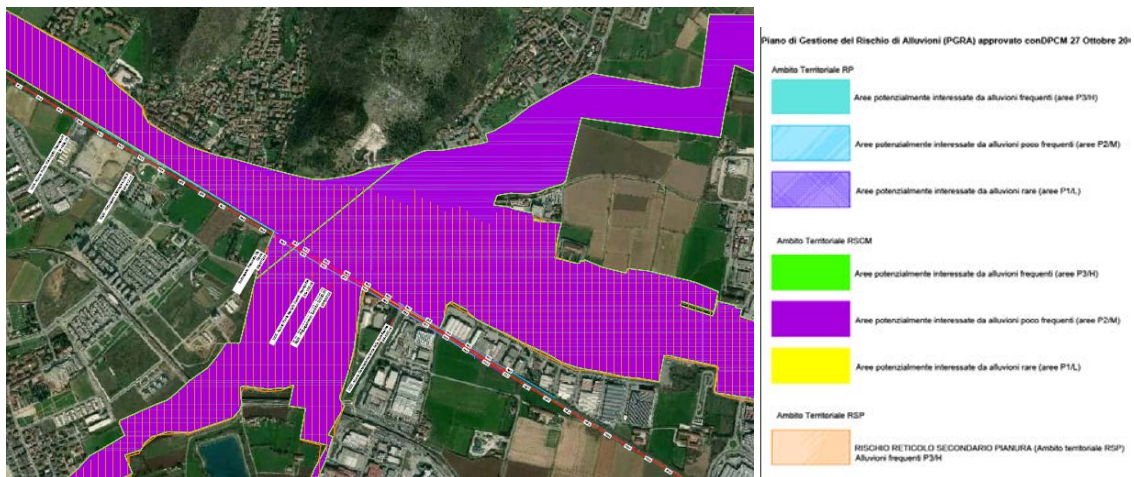


Figura 6: Attraversamento Roggia Cerca

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA <b>Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA</b>					
	Relazione idraulica	COMMESSA <b>IN0W</b>	LOTTO 00	CODIFICA R 26 ID	DOCUMENTO RI 00 00 002	REV. A

### 1.6 Roggia Lupa

L'attraversamento in progetto della roggia Lupa è interessato da RISCHIO RETICOLO SECONDARIO PIANURA (Ambito territoriale RSP) Alluvioni frequenti P3/H.



Figura 7: Attraversamento Roggia Lupa

## 1.7 Attraversamenti

La sovrapposizione del tracciato con il reticolo definito dal SIBITeR (Sistema Informativo Bonifica Irrigazione e Territorio Rurale) ha evidenziato la interferenza con altre rogge e canali:

Tutte le interferenze identificate sono di competenza del consorzio di bonifica Chiese e ricadono in aree a rischio idraulico R3 e R4 (elevato e molto elevato) come risulta dalla carta del rischio idraulico del Piano comprensoriale di bonifica, di irrigazione e tutela rurale del territorio del consorzio stesso.

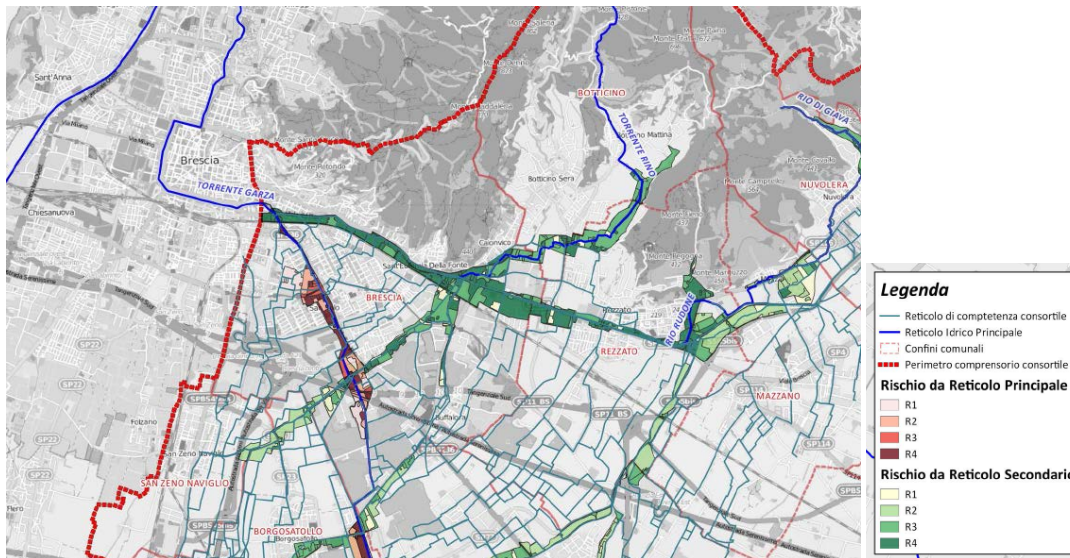


Figura 8: Carta del rischio idraulico

Lungo tali rogge sono presenti dei pozzi irrigui e altre opere di regolazione delle acque ma ad oggi non sono previsti interventi in progetto finalizzati alla riduzione del rischio idraulico esistente.

Il Regolamento di polizia idraulica del Comune di Brescia richiede un franco minimo di 1 m e la piena con tempo di ritorno 100 anni per le nuove opere (art. 15). Mentre per i tratti coperti (art. 17) pur valendo le medesime prescrizioni, occorre prevedere future attività di manutenzione. L'art. 23 norma invece la procedura per ottenere il rilascio di autorizzazioni e concessioni.

Per la definizione di tutti gli attraversamenti con nuove opere si rimanda alle fasi successive della progettazione in cui si valuterà se e come sostituire i manufatti esistenti.

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale <b>QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA</b>					
Relazione idraulica	COMMESSA <b>IN0W</b>	LOTTO 00	CODIFICA R 26 ID	DOCUMENTO RI 00 00 002	REV. A	FOGLIO 22 di 48

## 1.8 CRITERI DI PROGETTO

Nel proporzionamento delle opere di attraversamento e presidio, in corrispondenza dei corsi d'acqua minori realizzati con tombini, sono stati fissati i seguenti criteri:

- si è verificato , nel caso dei ponti ai sensi della NTC 2018 che il franco minimo sia maggiore di 1.50 m
- si è verificato che il grado di riempimento dell'opera in progetto, nelle ipotesi di moto uniforme, sia inferiore ai 2/3 dell'altezza utile
- Le pendenze di progetto hanno rispettato l'attuale situazione altimetrica
- Le scabrezze utilizzate sono state 0.013 per il cls nuovo dei tombini e 0.035 per gli alvei naturali

Le dimensioni delle opere esistenti, larghezza e profondità dei canali sono state desunte sulla base della cartografia disponibile nella presente fase progettuale.

## 2 VERIFICA IDRAULICA

### 2.1 Verifica in moto permanente

Per le simulazioni idrauliche e per il calcolo degli effetti locali si è utilizzato il programma di calcolo fluviale HECRAS, River Analysis System, versione 5.0.6 prodotto da US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center (CA).

Lo studio è stato sviluppato considerando sia lo stato di fatto che lo stato di progetto.

Per l'utilizzo dei coefficienti di scabrezza sono stati utilizzati dei valori derivanti dalla letteratura consolidata.

Le scabrezze adottate, in accordo anche con la tabella sopra riportata e con i parametri caratteristici indicati dalla modellazione di calcolo, sono:

- Fosso naturale inciso:  $K_s=33.33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ;
- Nuove inalveazioni con protezioni d'alveo:  $K_s=50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ ;
- Calcestruzzo:  $K_s=66.67 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

Sono stati presi in considerazione dei parametri che tengono in conto anche delle possibili perdite di carico localizzate dovute all'interazione della corrente con irregolarità geometriche come presenza di ostacoli di vario genere, espansioni brusche, incisioni nelle golene, brusche variazioni di larghezza o opere di attraversamento.

Come condizioni al contorno (moto sub-critico controllato da valle e moto super-critico controllato da monte) si sono inserite le condizioni di moto uniforme sulla cadente della linea dell'energia ("Normal depth S"). Non disponendo infatti sempre di informazioni certe a valle, è stata posta la condizione al contorno di pendenza di moto uniforme; per avvicinare quanto più possibile la situazione di progetto allo stato dei fatti.



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

**Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>INOW</b>	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	23 di 48

Come si può evincere dall'analisi degli allegati alla presente relazione, le opere di attraversamento di progetto risultano essere verificate in termini di grado di riempimento (<66%).

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	24 di 48

## 2.2 Roggia Lupa

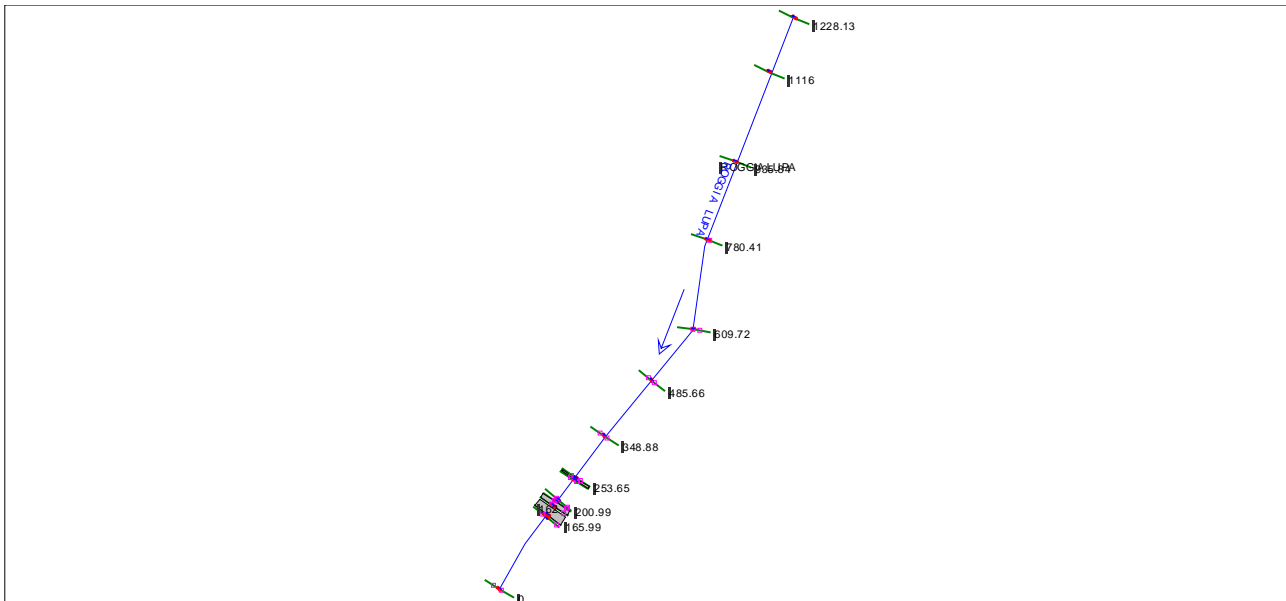


Figura 9: Schema planimetrico R. Lupa





LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA  
 Lotto funzionale **QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	25 di 48

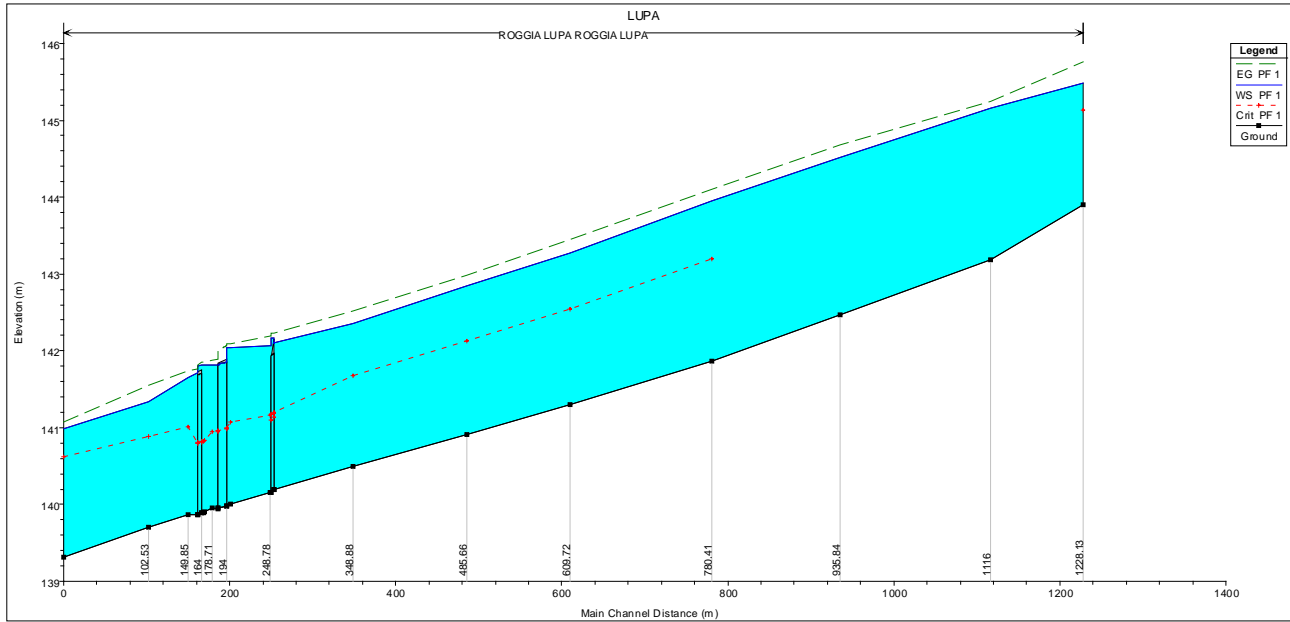


Figura 10: Profilo ante operam r. Lupa

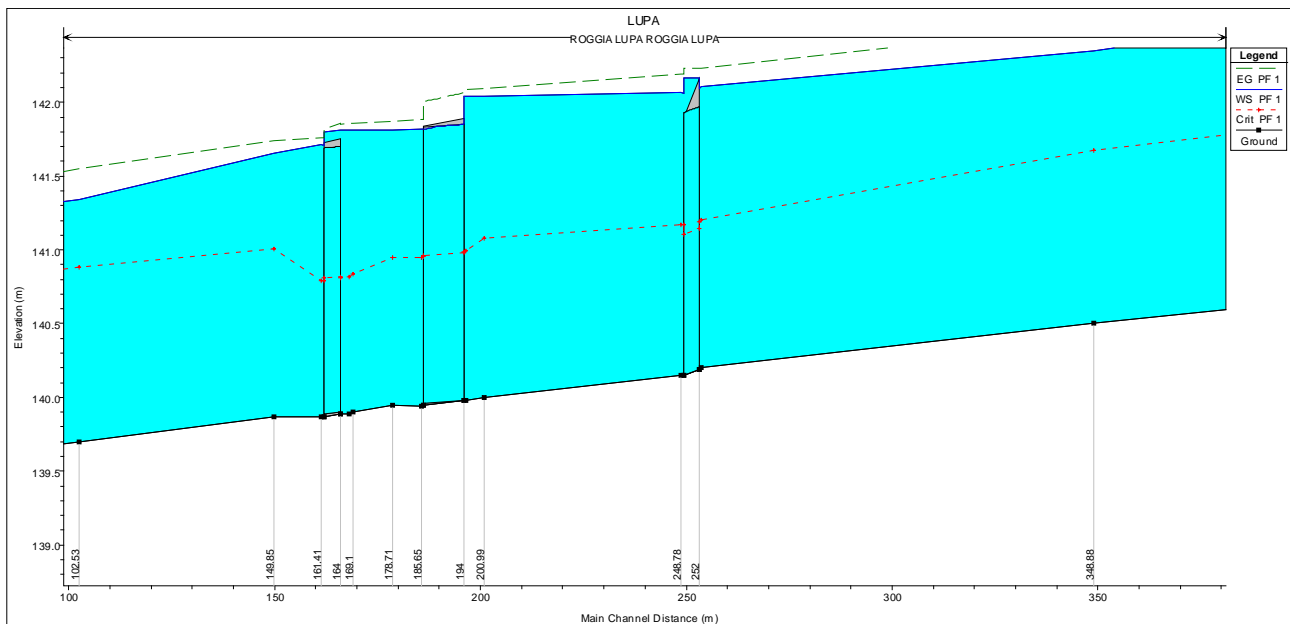


Figura 11: Profilo ante operam r. Lupa-dettaglio



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale **QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	26 di 48

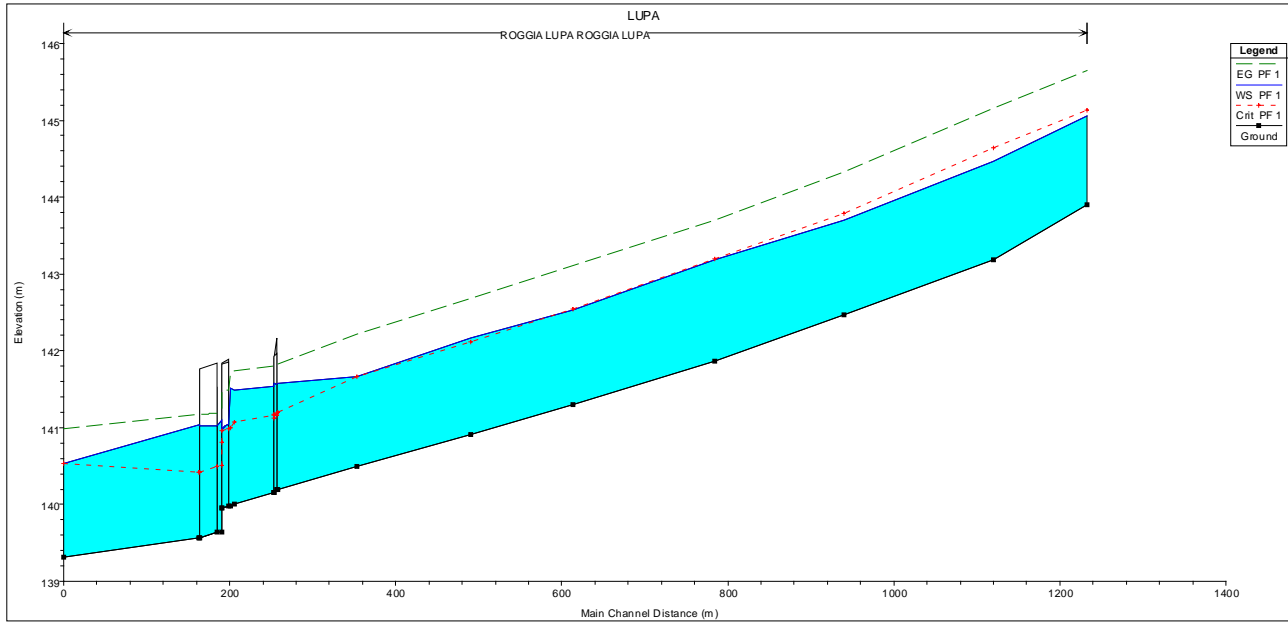


Figura 12: Profilo post operam r. Lupa

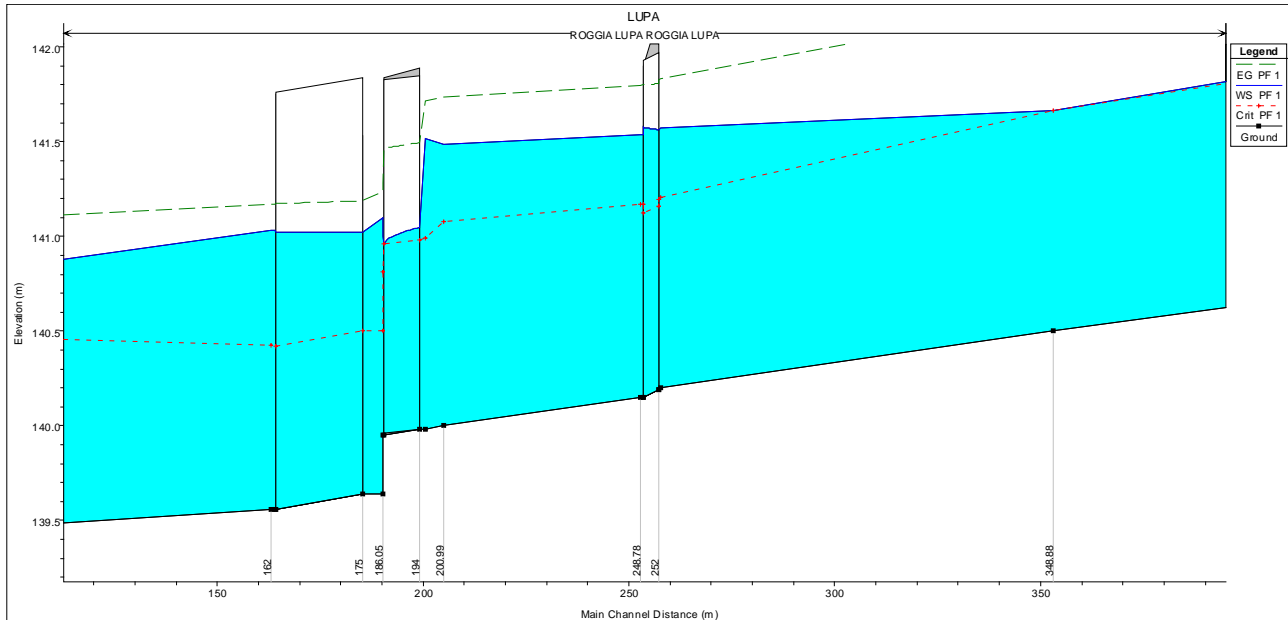


Figura 13: Profilo post operam r. Lupa-dettaglio



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA  
**Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
**INOW 00 R 26 ID RI 00 00 002 A 27 di 48**

L'attraversamento esistente a valle della ferrovia in progetto viene inglobato in un nuovo tombino in continuità con quello al di sotto della ferrovia, che diventando così di dimensioni adeguate 6X2.20 m ha un riempimento massimo del 66%. A monte l'attraversamento ad arco non viene dismesso.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # C
ROGGIA L	1228.13	PF 1	15	143.9	145.06	145.13	145.65	0.004001	3.4	4.41	4.65	1.11
ROGGIA L	1116	PF 1	15	143.19	144.47	144.64	145.16	0.004601	3.71	4.43	6.59	1.14
ROGGIA L	935.84	PF 1	15	142.47	143.7	143.79	144.33	0.004398	3.51	4.28	4.39	1.13
ROGGIA L	780.41	PF 1	15	141.87	143.19	143.2	143.71	0.00344	3.18	4.72	4.66	1.01
ROGGIA L	609.72	PF 1	15	141.3	142.53	142.54	143.11	0.003734	3.36	4.47	4.05	1.01
ROGGIA L	485.66	PF 1	15	140.91	142.16	142.12	142.68	0.003194	3.18	4.76	4.73	0.94
ROGGIA L	348.88	PF 1	15	140.5	141.67	141.67	142.22	0.003482	3.3	4.58	4.41	0.99
ROGGIA L	253.65	PF 1	15	140.2	141.58	141.2	141.83	0.001305	2.24	6.73	5.36	0.62
ROGGIA L	253.13	PF 1	15	140.19	141.56	141.19	141.83	0.001401	2.28	6.58	4.84	0.62
ROGGIA L	252		Culvert									
ROGGIA L	249.39	PF 1	15	140.15	141.54	141.17	141.8	0.001397	2.28	6.59	4.84	0.62
ROGGIA L	248.78	PF 1	15	140.15	141.54	141.17	141.8	0.001358	2.26	6.65	4.95	0.62
ROGGIA L	200.99	PF 1	15	140	141.48	141.08	141.74	0.001165	2.25	7.57	11.21	0.6
ROGGIA L	196.43	PF 1	15	139.98	141.52	140.99	141.72	0.00084	2	8.74	13.03	0.52
ROGGIA L	194		Culvert									
ROGGIA L	186.1	PF 1	15	139.95	141	140.81	141.28	0.001665	2.33	6.43	6.33	0.74
ROGGIA L	186.05	PF 1	15	139.64	141.1	140.5	141.24	0.000435	1.65	9.82	12.74	0.44
ROGGIA L	175		Culvert									
ROGGIA L	165.99	PF 1	15	139.56	141.03		141.17	0.000462	1.66	9.03	6.35	0.44
ROGGIA L	162	PF 1	15	139.56	141.03	140.42	141.17	0.000441	1.63	9.18	6.56	0.44
ROGGIA L	0	PF 1	15	139.32	140.53	140.53	140.99	0.00292	3.01	5.59	9.31	0.89

Tabella 2 – Risultati r. Lupa Post Operam

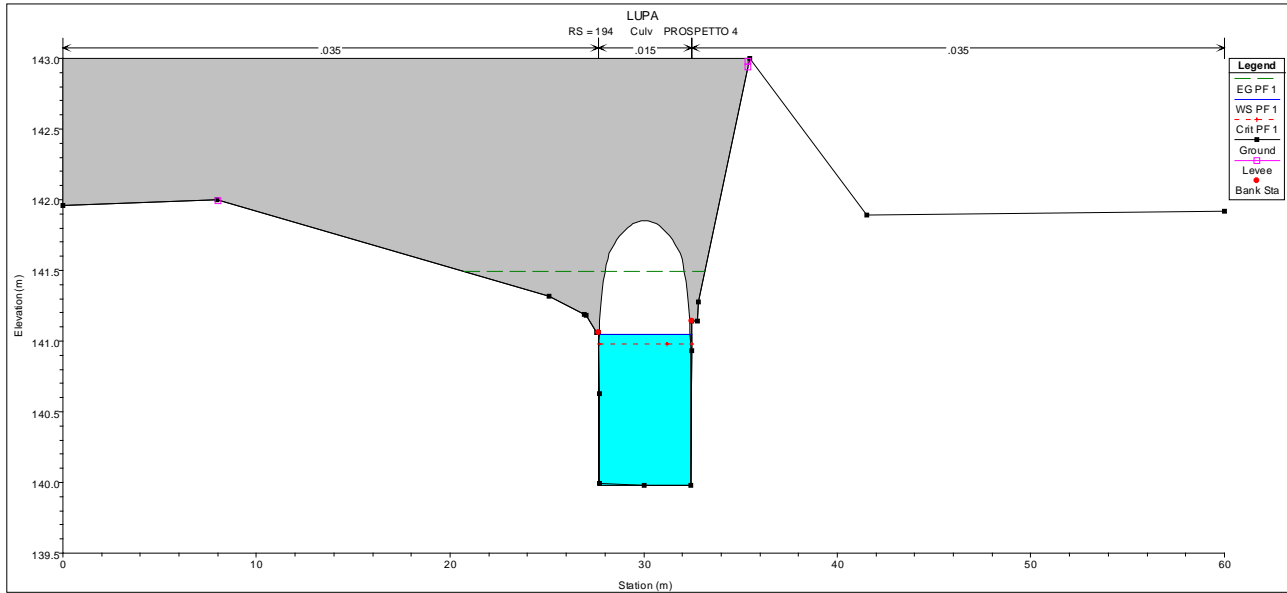


Figura 14: Sezione Ponte esistente monte

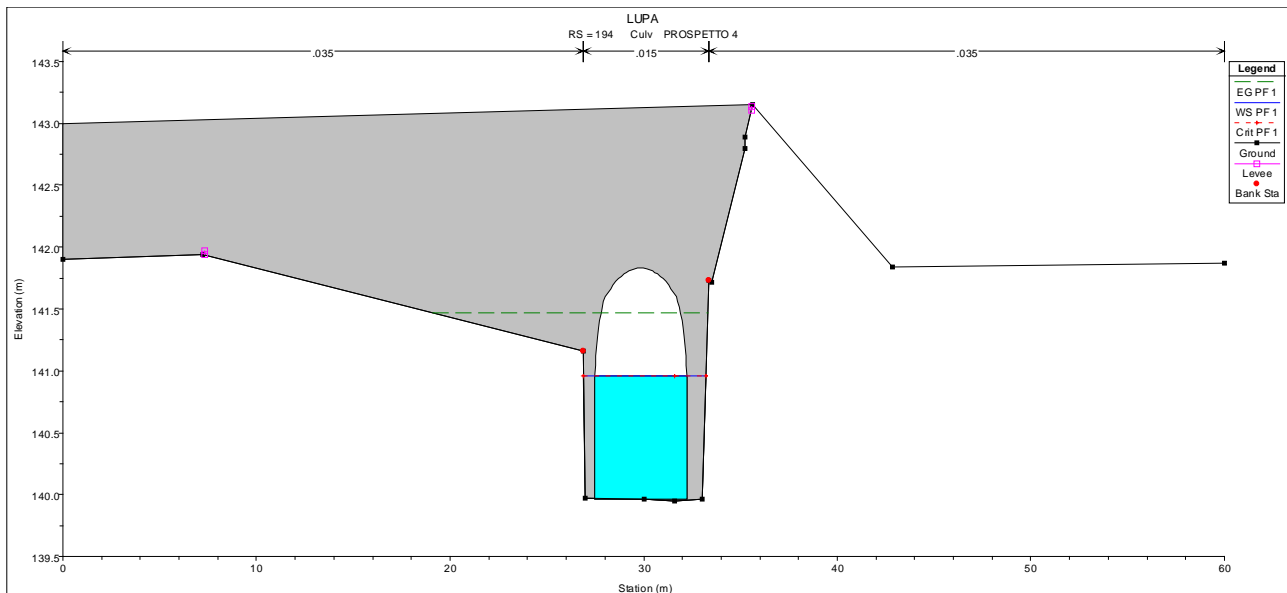


Figura 15: Sezione Ponte esistente valle



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA  
**Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>IN0W</b>	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	29 di 48

Reach	River Sta	Profile	E.G. US. (m)	W.S. US. (m)	E.G. IC (m)	E.G. OC (m)	Min El We (m)	Q Culv Grd (m3/s)	Q Weir (m3/s)	Delta WS (m)	Culv Vel U (m/s)	Culv Vel D (m/s)
ROGGIA L	252 Culvert	PF 1	141.83	141.56	141.66	141.83	142.17	15		0.03	2.19	2.1
ROGGIA L	194 Culvert	PF 1	141.72	141.52	141.64	141.72	143	15		0.51	2.96	3.15
ROGGIA L	175 Culvert	PF 1	141.24	141.1	140.94	141.24	141.75	15		0.07	1.81	1.71

Tabella 3 – Risultati attraversamenti r. Lupa Post Operam

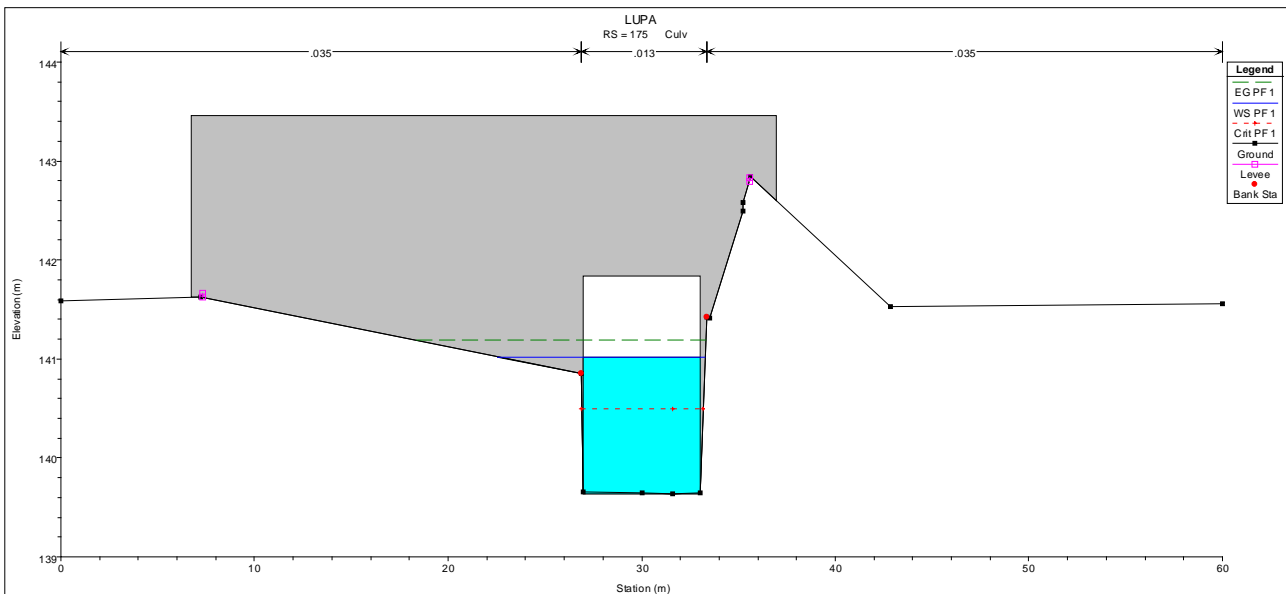


Figura 16: Sezione Attraversamento in progetto monte

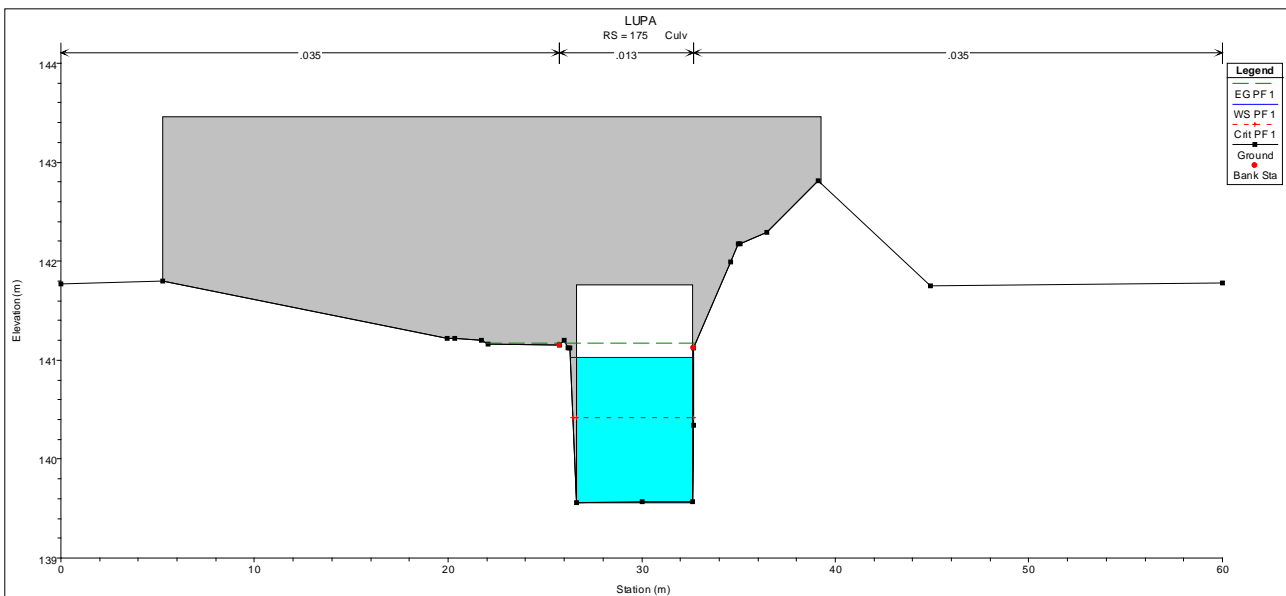


Figura 17: Sezione Attraversamento in progetto valle

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale <b>QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA</b>					
Relazione idraulica	COMMESSA <b>IN0W</b>	LOTTO 00	CODIFICA R 26 ID	DOCUMENTO RI 00 00 002	REV. A	FOGLIO 30 di 48

### 2.3 Modellazione in moto vario

Per la modellazione in moto vario vengono adottate le seguenti ipotesi, ottenendo a partire dalle equazioni differenziali di continuità e di conservazione della massa per moto monodimensionale, le equazioni di De Saint Venant.

La distribuzione delle pressioni è di tipo idrostatico (ipotesi valida se le linee di flusso non presentano curvatura accentuata);

La pendenza del fondo alveo è minima, tale che la sezione trasversale normale alla corrente si confonda con la sezione verticale;

Alveo prismatico, laddove le variazioni nella sezione trasversale e nella pendenza di fondo possono essere prese in considerazione approssimando il corso d'acqua con una serie di tratti prismatici;

Le perdite di carico possono essere espresse tramite una delle classiche formule adottate per il moto uniforme (si utilizza l'equazione di Manning); con questa ipotesi si assume che in regime di moto vario ad una data velocità  $V$  della corrente si abbiano le stesse perdite di carico che si avrebbero in moto uniforme con la stessa velocità;

La velocità e le accelerazioni lungo la verticale sono trascurabili rispetto alle analoghe grandezze in direzione del moto;

Le variazioni della densità del fluido sono trascurabili.

Le perdite di carico possono essere espresse tramite una delle classiche formule adottate per il moto uniforme (si utilizza l'equazione di Manning); con questa ipotesi si assume che in regime di moto vario ad una data velocità  $V$  della corrente si abbiano le stesse perdite di carico che si avrebbero in moto uniforme con la stessa velocità; lungo la verticale sono trascurabili rispetto alle analoghe grandezze in direzione del moto;

Perdite di carico in moto vario.

Per la determinazione delle perdite di carico distribuite, come visto per il moto permanente, si risolve l'equazione di Chezy andando a tener conto delle diverse scabrezze tra l'alveo centrale, channel, e le due aree golenali, right e left overbank.

$$Q = K \cdot S f^{1/2} = 1/n \cdot A \cdot R^{2/3} S f^{1/2}$$

Il valore di conveyance totale è dato dalla somma dei singoli contributi relativi a channel, right overbank e left overbank.

Riguardo alle perdite di carico concentrate, il programma HEC-RAS considera una contrazione ogni volta che l'altezza cinetica della sezione di monte risulta maggiore di quella della sezione più a valle, viceversa un'espansione.

Le perdite di carico concentrate si hanno soprattutto in corrispondenza di ostacoli al deflusso, ovvero nel caso di ponti, dighe e altre particolarità idrauliche, per il calcolo delle quali sono stati incorporati gli stessi codici di calcolo sviluppati nel modulo relativo al moto permanente. Il programma calcola le perdite di carico come somma di tre contributi: le perdite dovute alla contrazione e all'espansione del flusso rispettivamente a monte e a valle della struttura e una perdita in corrispondenza della struttura.

## 2.4 Torrente Garza

Idrogramma triangolare con picco 52.51 mc/s

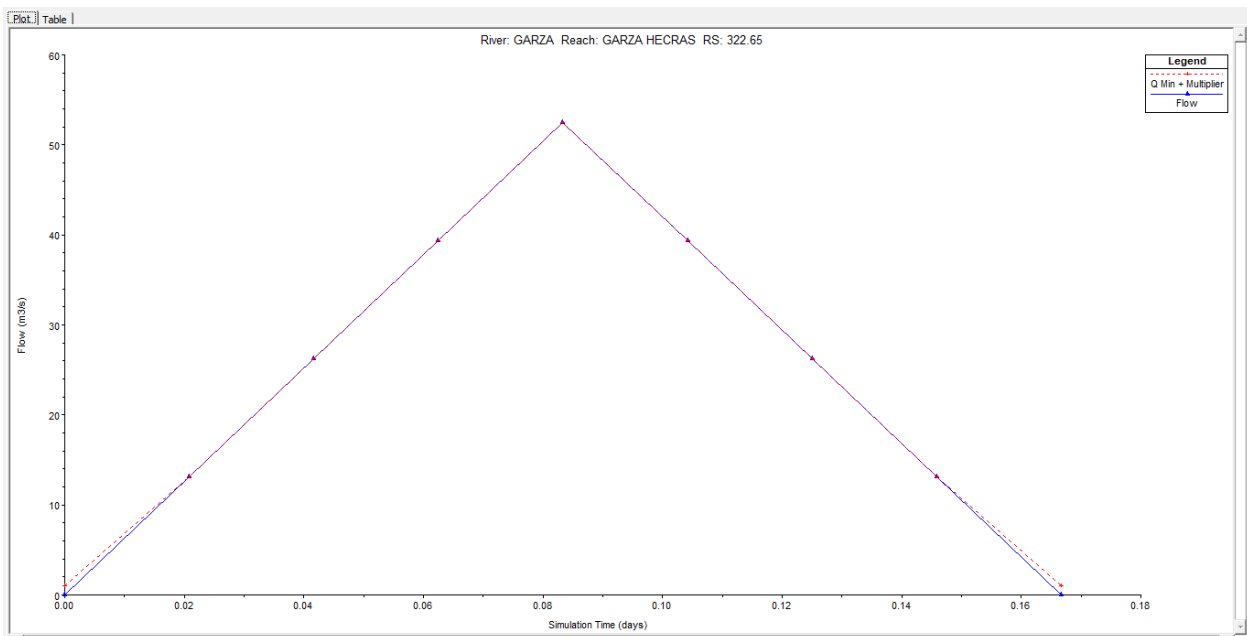


Figura 18: Idrogramma di piena

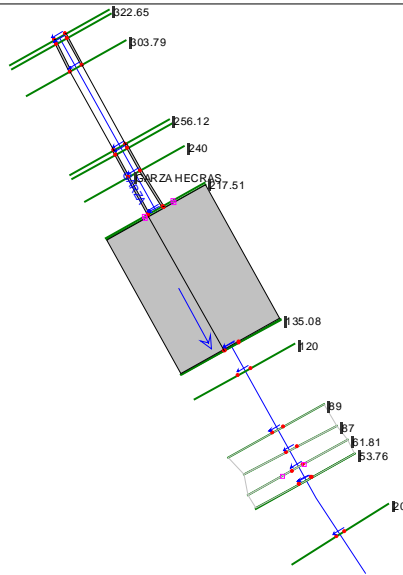


Figura 19: Schema planimetrico t. Garza

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # C
GARZA HE	322.65	Max WS	52.51	129.28	131.43		132.26	0.004747	4.03	13.04	6.8	0.93
GARZA HE	322.5		Lat Struct									
GARZA HE	322.4		Lat Struct									
GARZA HE	320	Max WS	52.15	129.28	131.42		132.25	0.004486	4.04	12.94	6.74	0.92
GARZA HE	303.79	Max WS	49.74	129.33	131.35	131.26	132.05	0.004092	3.73	13.87	11.02	0.89
GARZA HE	256.12	Max WS	49.73	129.34	131.13	131.08	131.91	0.004839	3.91	12.83	9.09	0.95
GARZA HE	255.01		Lat Struct									
GARZA HE	255		Lat Struct									
GARZA HE	253.69	Max WS	49.73	129.34	131.12	131.1	131.93	0.004995	3.97	12.61	8.8	0.97
GARZA HE	240	Max WS	49.73	129.19	131.05	131.07	131.92	0.00565	4.13	12.04	7.23	1.02
GARZA HE	217.51	Max WS	49.72	129.16	130.93	130.9	131.68	0.004617	3.82	13.02	8.12	0.96
GARZA HE	216.74	Max WS	49.72	129.16	130.93	130.87	131.62	0.004195	3.67	13.53	8.86	0.95
GARZA HE	201		Bridge									
GARZA HE	135.08	Max WS	49.7	128.6	130.13	130.28	131.07	0.002841	4.3	11.55	8.39	1.17
GARZA HE	134.74	Max WS	49.7	128.6	130.13	130.29	131.09	0.002903	4.35	11.43	8.24	1.18
GARZA HE	120	Max WS	49.7	128.6	130.08	130.38	131.33	0.004017	4.95	10.04	7.43	1.36
GARZA HE	89	Max WS	49.7	128.5	129.99	130.22	131.15	0.003597	4.76	10.45	7	1.24
GARZA HE	87	Max WS	49.69	128.44	129.88	130.17	131.12	0.004041	4.95	10.04	7	1.32
GARZA HE	61.81	Max WS	49.69	128.17	129.83	130.24	131.34	0.005151	5.45	9.11	6.7	1.49
GARZA HE	53.76	Max WS	49.69	128.24	129.78	130.33	131.65	0.006854	6.06	8.19	6.45	1.72
GARZA HE	53.54	Max WS	49.69	128.24	129.78	130.29	131.51	0.006157	5.83	8.53	6.68	1.65
GARZA HE	20	Max WS	49.68	127.98	129.56	130.23	131.64	0.007038	6.49	8.8	13.73	1.68

Tabella 4 – Risultati T. Garza Post Operam



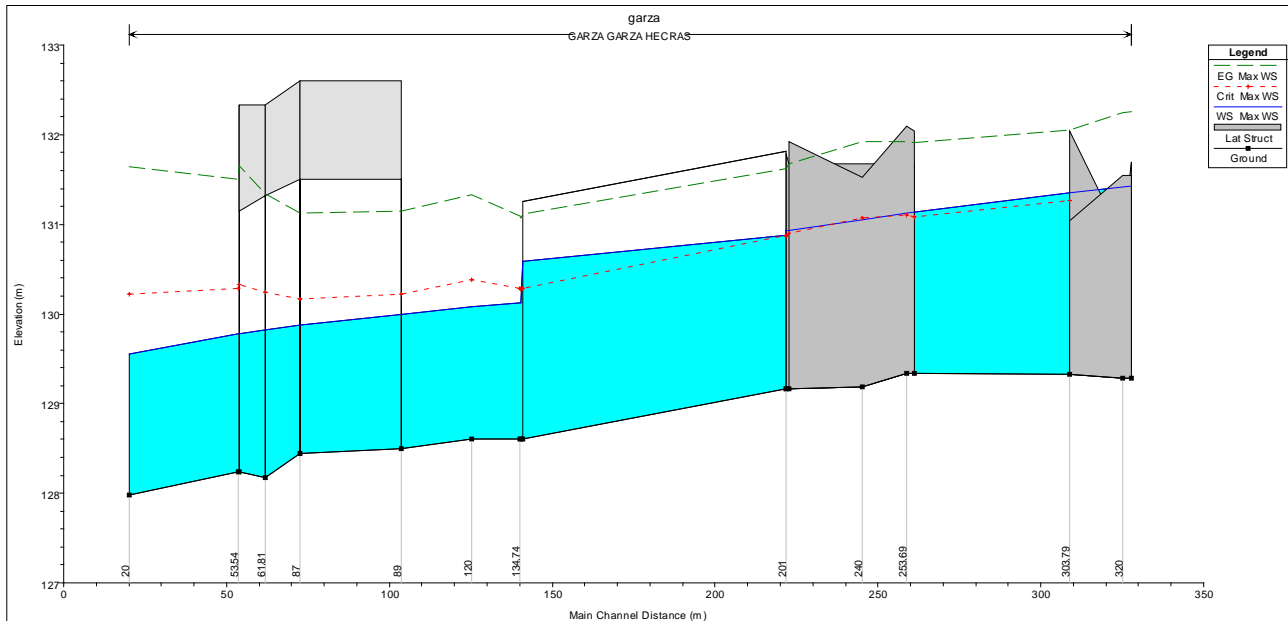


Figura 20: Profilo Post Operam t. Garza

Il ponte attuale ad arco di larghezza 8.60 e altezza 2.35 m verrà sostituito con un ponte rettangolare di altezza 3 m e larghezza 8.20 m. La ferrovia è non perpendicolare rispetto all'asse dell'alveo, ma nella simulazione si è utilizzata una larghezza di 7 m misurata perpendicolarmente all'asse.

E' stata fatta la scelta del moto vario per la simulazione in quanto a monte del ponte in progetto esiste un lungo tratto tombato e sempre allo stato attuale, sempre a monte, esiste un ponte basso tale da far esondare lateralmente il fiume a monte di detta opera. A vantaggio di sicurezza è stato eliminato il ponte basso a monte, ipotizzandone un adeguamento futuro per essere certi che la piena arrivi senza ulteriori laminazioni se non quelle dovute al lungo tratto tombato. Il ponte in progetto di seguito riportato, raggiunge un livello idrico di 129.99 m a monte a 129.88 m a valle. L'intradosso è a quota 131.50 m pertanto abbiamo un franco di 1.51 m a monte e 1.62 m a valle.



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale **QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	34 di 48

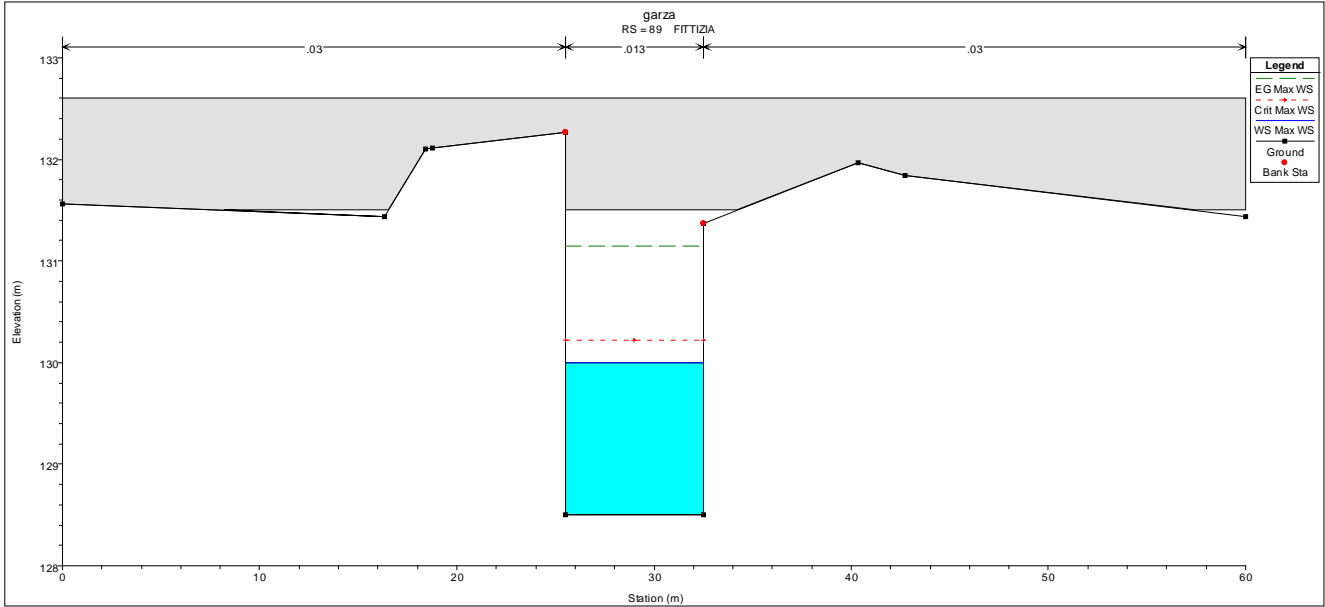


Figura 21: Attraversamento in progetto t. Garza monte

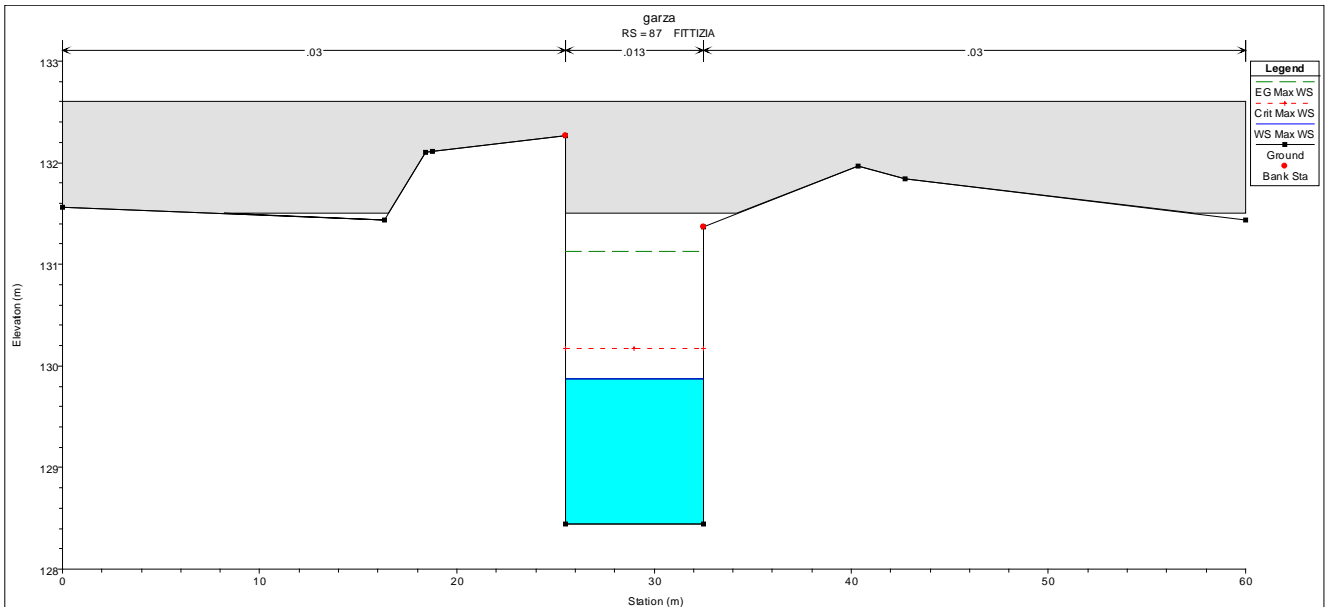


Figura 22: Attraversamento in progetto t. Garza valle



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale **QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>IN0W</b>	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	35 di 48

## 2.5 Roggia Cerca (Seriola)

Idrogramma triangolare con picco 40 mc/s

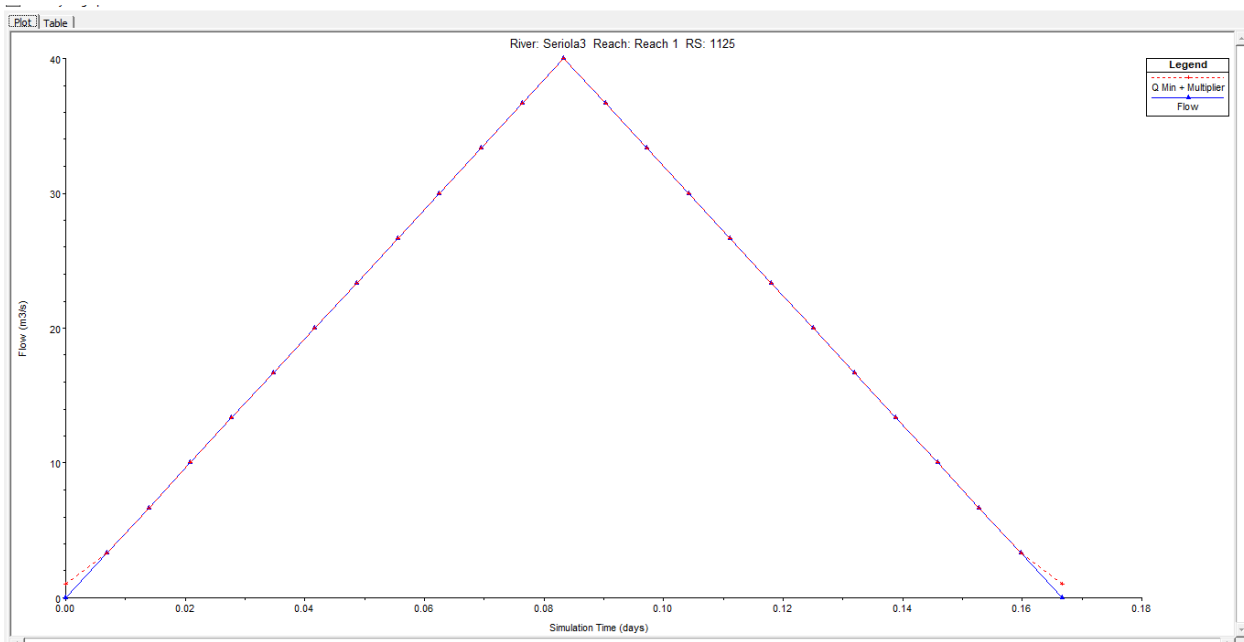


Figura 23: Idrogramma di piena r. Cerca

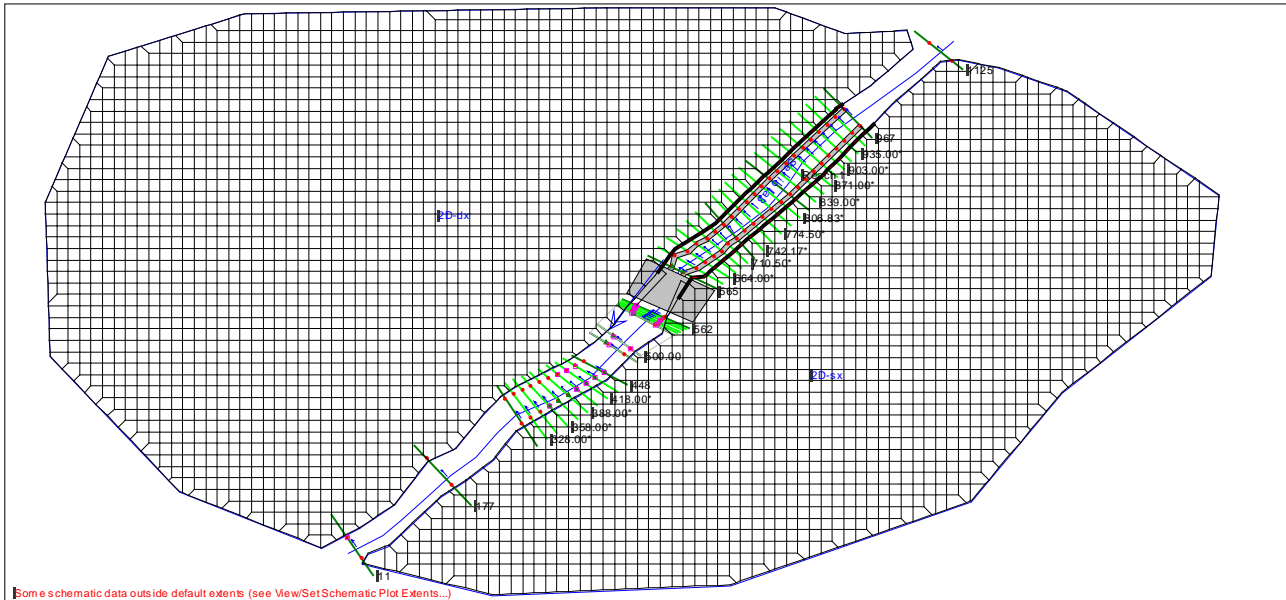


Figura 24: Schema planimetrico r. Cerca

Attualmente il ponte e il rilevato ferroviario svolgono effetto diga sulla piena come evidenziato dalla verifica riportata di seguito, pertanto il tombino in progetto 6X2.50 m previsto per la strada posta immediatamente a valle (via Chiappa) risulta sufficiente, mentre il ponte sulla ferrovia risulta ampiamente verificato in quanto molto alto rispetto al piano campagna.

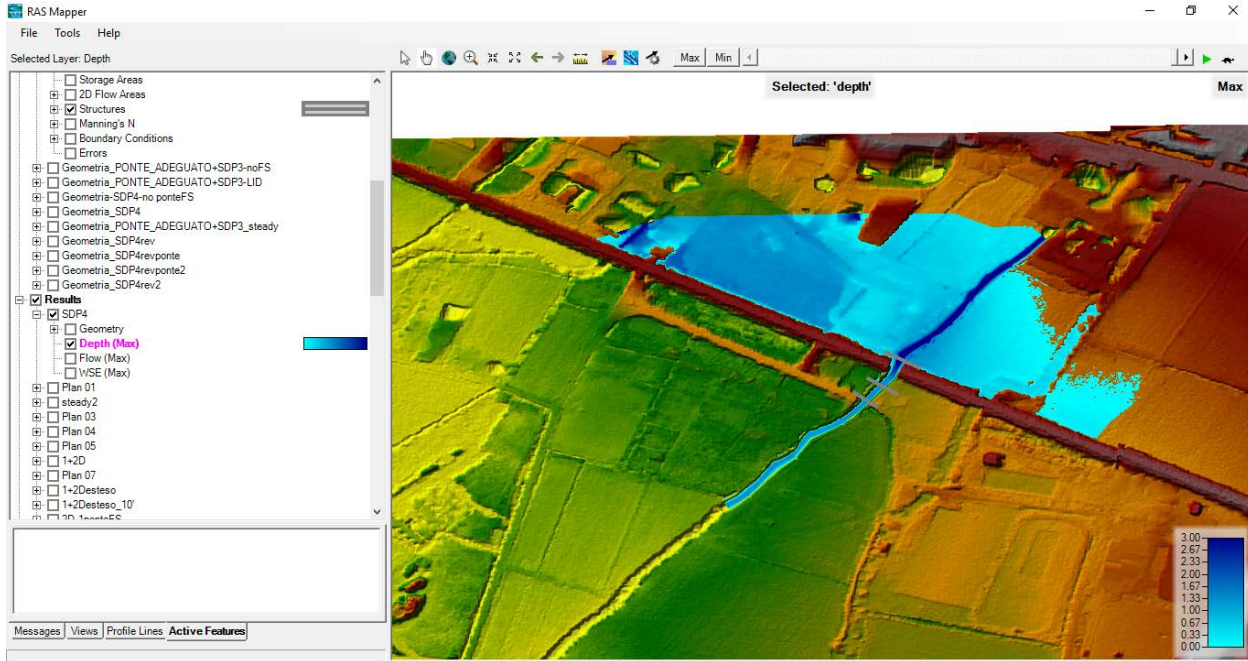


Figura 25: Planimetria allagamento Post Operam

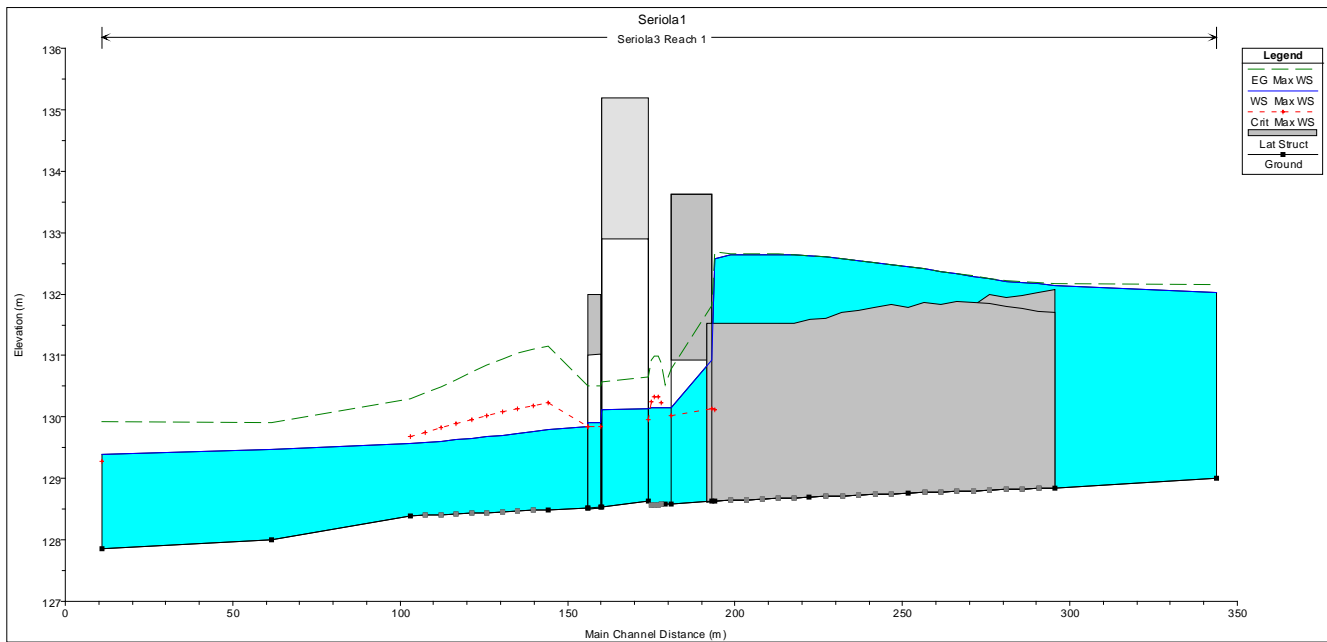


Figura 26: Profilo Post Operam in progetto r. Cerca



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale **QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	38 di 48

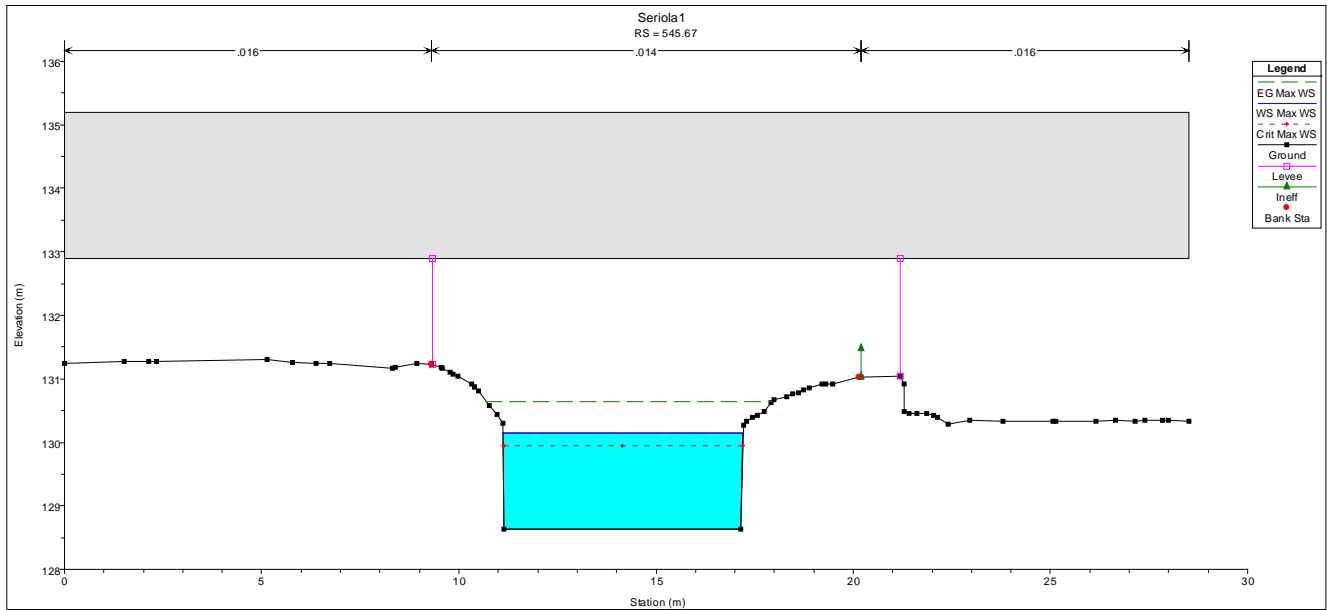


Figura 27: Attraversamento in progetto r. Cerca monte

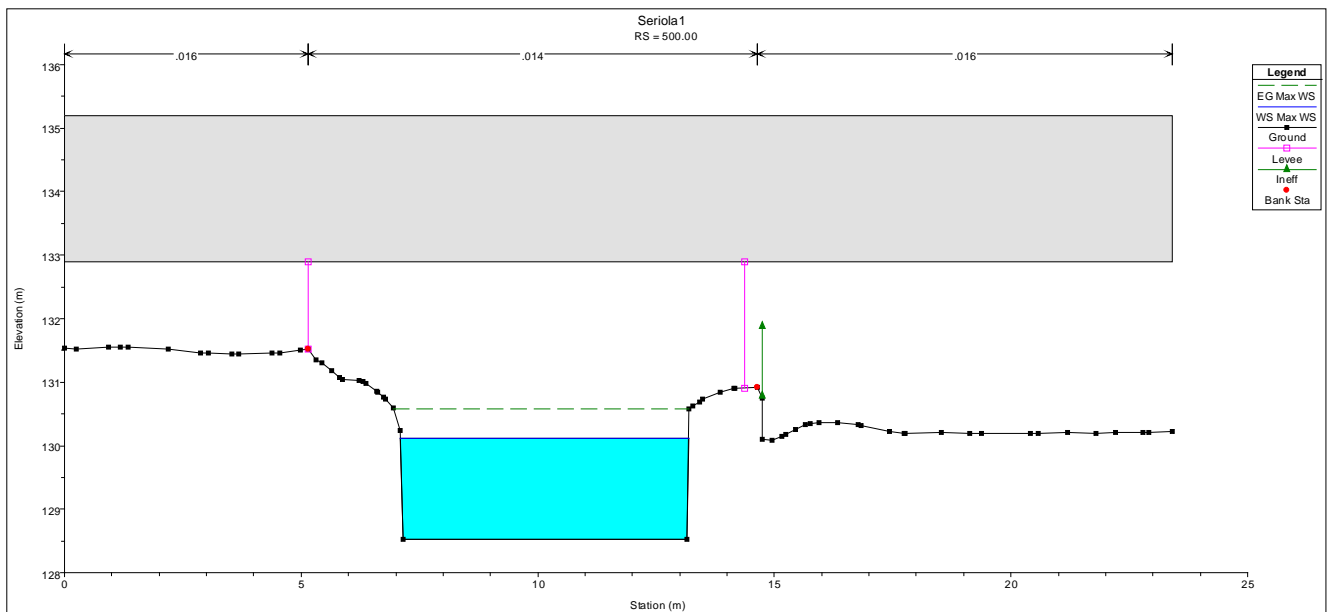


Figura 28: Attraversamento in progetto r. Cerca valle

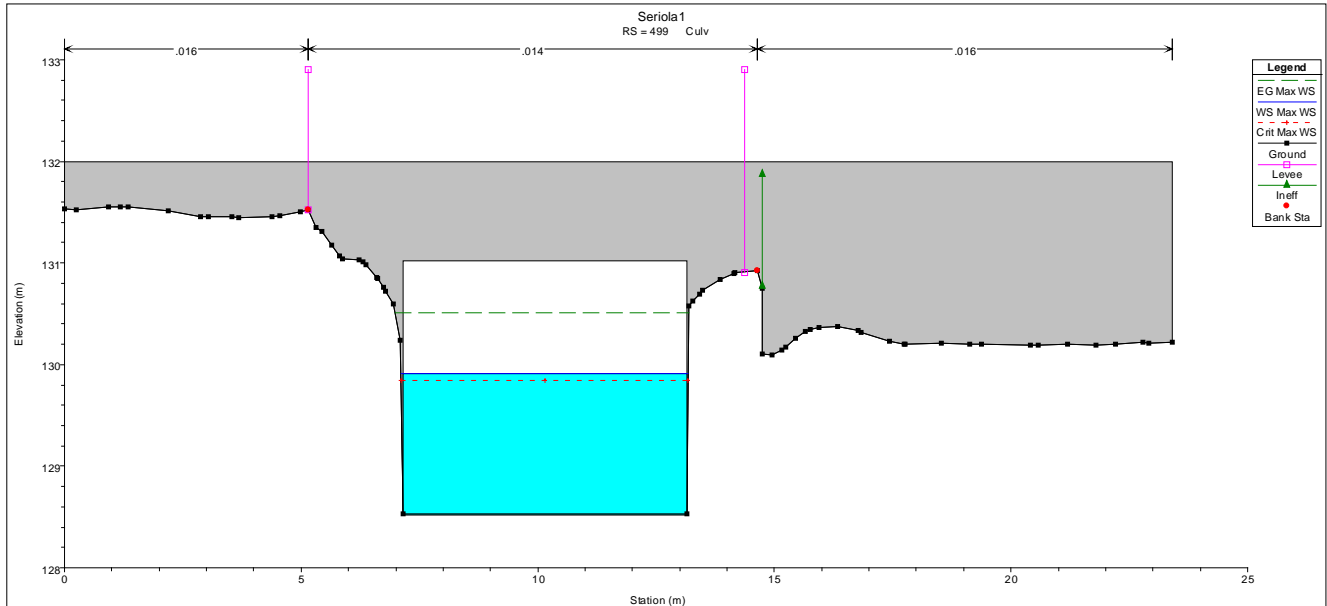


Figura 29: Attraversamento in progetto r. Cerca via Chiappa monte

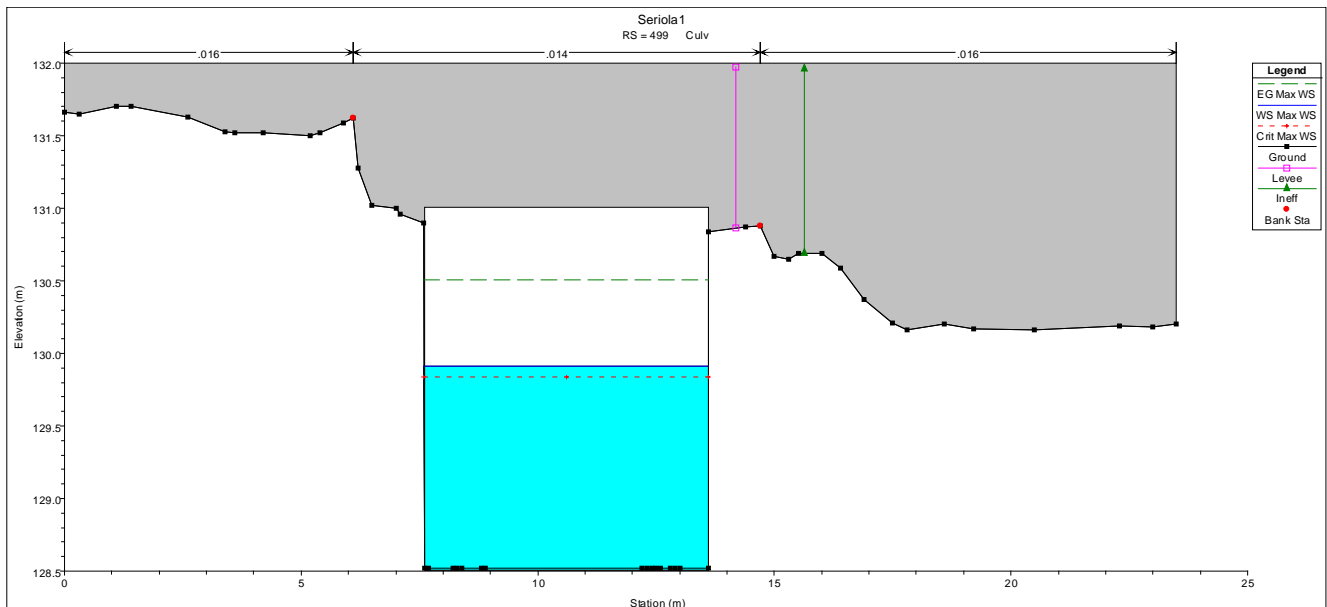


Figura 30: Attraversamento in progetto r. Cerca via Chiappa valle



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

**Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
**INOW 00 R 26 ID RI 00 00 002 A 40 di 48**

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # C
Reach 1	1125	Max WS	25.08	129	132.03		132.15	0.000398	1.61	16.91	17.21	0.4
Reach 1	967	Max WS	17.74	128.85	132.14		132.17	0.000069	0.77	27.7	29.6	0.17
Reach 1	966		Lat Struct									
Reach 1	965		Lat Struct									
Reach 1	951.00*	Max WS	17.31	128.84	132.16		132.19	0.000057	0.72	29.45	30.13	0.16
Reach 1	935.00*	Max WS	16.75	128.83	132.18		132.2	0.000048	0.66	31.07	30.67	0.15
Reach 1	919.00*	Max WS	16.09	128.82	132.21		132.23	0.000039	0.61	32.87	31.2	0.13
Reach 1	903.00*	Max WS	13.13	128.81	132.25		132.26	0.000022	0.47	35.18	31.73	0.1
Reach 1	887.00*	Max WS	13.97	128.8	132.29		132.3	0.000022	0.47	37.4	32.27	0.1
Reach 1	871.00*	Max WS	12.16	128.79	132.33		132.34	0.000014	0.39	39.87	32.8	0.08
Reach 1	855.00*	Max WS	7.7	128.78	132.37		132.37	0.000005	0.23	42.34	33.33	0.05
Reach 1	839.00*	Max WS	9.71	128.77	132.41		132.41	0.000007	0.28	44.74	33.87	0.06
Reach 1	823	Max WS	7.2	128.76	132.45		132.45	0.000004	0.19	47.21	34.4	0.04
Reach 1	806.83*	Max WS	7.25	128.75	132.48		132.48	0.000003	0.19	48.79	33.92	0.04
Reach 1	790.67*	Max WS	8.47	128.74	132.51		132.51	0.000004	0.22	50.17	33.43	0.04
Reach 1	774.50*	Max WS	5.35	128.73	132.55		132.55	0.000001	0.13	51.57	32.95	0.03
Reach 1	758.33*	Max WS	2.34	128.72	132.58		132.58	0	0.06	52.87	32.47	0.01
Reach 1	742.17*	Max WS	8.27	128.71	132.61		132.61	0.000003	0.2	53.87	31.98	0.04
Reach 1	726	Max WS	12.2	128.7	132.63		132.63	0.000006	0.29	54.58	31.5	0.05
Reach 1	710.50*	Max WS	16.27	128.69	132.64		132.65	0.00001	0.38	56.27	31.73	0.07
Reach 1	695.00*	Max WS	23.13	128.68	132.64		132.65	0.000018	0.52	57.42	31.97	0.09
Reach 1	679.50*	Max WS	27.04	128.66	132.64		132.66	0.000023	0.59	58.5	32.2	0.11
Reach 1	664.00*	Max WS	27.82	128.65	132.64		132.66	0.000023	0.61	59.55	32.43	0.11
Reach 1	648.50*	Max WS	27.12	128.64	132.65		132.66	0.000021	0.56	60.57	32.67	0.11
Reach 1	633	Max WS	28.78	128.63	132.58	130.11	132.69	0.000064	1.43	20.16	32.9	0.23
Reach 1	565		Bridge									
Reach 1	562	Max WS	28.78	128.58	130.16		130.52	0.001243	2.68	10.75	7.27	0.7
Reach 1	558.73*	Max WS	28.77	128.58	130.15	130.23	130.88	0.003001	3.78	7.62	6.08	1.08
Reach 1	555.47*	Max WS	28.77	128.58	130.15	130.33	130.98	0.003841	4.05	7.11	6.38	1.22
Reach 1	552.20*	Max WS	28.77	128.57	130.15	130.33	131	0.003855	4.08	7.05	6.19	1.22
Reach 1	548.94*	Max WS	28.76	128.57	130.14	130.25	130.93	0.003323	3.92	7.34	5.97	1.13
Reach 1	545.67	Max WS	28.76	128.63	130.14	129.95	130.65	0.001919	3.15	9.12	6.08	0.82
Reach 1	500	Max WS	28.69	128.53	130.12		130.57	0.001659	2.99	9.58	6.08	0.76
Reach 1	499		Culvert									
Reach 1	487	Max WS	28.69	128.52	129.85	129.85	130.51	0.002833	3.6	7.97	6.01	1
Reach 1	448	Max WS	28.68	128.49	129.79	130.23	131.16	0.006525	5.17	5.54	4.77	1.53
Reach 1	433.00*	Max WS	28.67	128.48	129.76	130.19	131.11	0.006493	5.14	5.58	5.01	1.56
Reach 1	418.00*	Max WS	28.66	128.47	129.73	130.14	131.04	0.006435	5.06	5.66	5.4	1.58
Reach 1	403.00*	Max WS	28.66	128.46	129.7	130.08	130.95	0.006229	4.94	5.8	5.78	1.57
Reach 1	388.00*	Max WS	28.65	128.45	129.68	130.02	130.84	0.005754	4.78	6	6	1.53
Reach 1	373.00*	Max WS	28.65	128.43	129.65	129.96	130.72	0.005217	4.59	6.24	6.2	1.46
Reach 1	358.00*	Max WS	28.64	128.42	129.63	129.89	130.61	0.00469	4.39	6.53	6.39	1.39
Reach 1	343.00*	Max WS	28.64	128.41	129.61	129.82	130.5	0.004184	4.17	6.86	6.57	1.3
Reach 1	328.00*	Max WS	28.63	128.4	129.59	129.75	130.39	0.003723	3.96	7.23	6.74	1.22
Reach 1	313	Max WS	28.63	128.39	129.57	129.67	130.29	0.003315	3.74	7.65	6.92	1.14
Reach 1	177	Max WS	28.6	128	129.47		129.9	0.001555	2.91	9.83	7.13	0.79
Reach 1	11	Max WS	28.56	127.86	129.38	129.29	129.92	0.002002	3.24	8.81	6.65	0.9

Tabella 5 – Risultati r. Cerca Post Operam





LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

**Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>INOW</b>	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	41 di 48

Le quote del ponte in progetto sulla ferrovia sono 130.12 m a monte, 130.14 m a valle e la quota intradosso è a 132.90 m. Il tombino di via Chiappa presenta quote 129.92 m e 129.91 m m con intradosso a 131 m e quota fondo a 128.52 m. Il tombino 6X2.5 m quello evidentemente in condizioni più critiche sotto la strada è pieno al 55% ( $129.91-128.52=1.38$ ) e  $1.38/2.5=55\%$

## 1 INTERVENTI DI PROGETTO

### 1.1 Ponte

Torrente Garza 8.20X2.80 m

Roggia Cerca 13.50X6.0

### 1.2 Tombini scatolari

Roggia Lupa 6X2.20 m.

Roggia Cerca via Chiappa 6X2.50 m

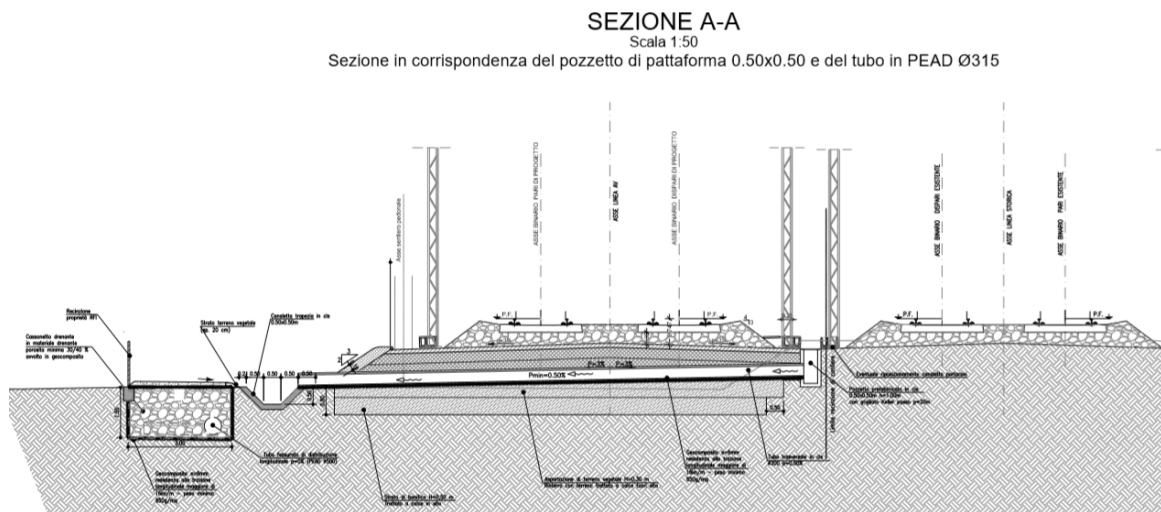
## 2 IDRAULICA DI PIATTAFORMA

### 2.6 Drenaggio di piattaforma

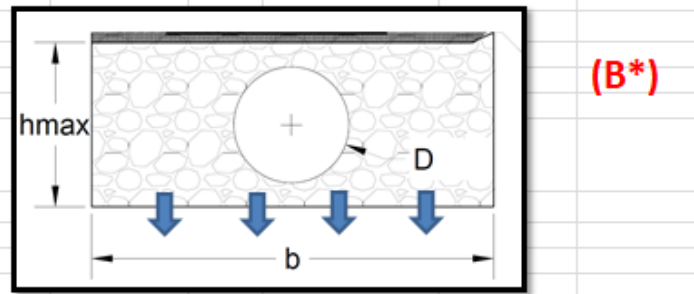
Il drenaggio di piattaforma è affidato alle canalette 50x50cm a canalette in contropendenza 50x100cm e collettori in PEAD D300. Lo scarico delle canalette nelle trincee drenanti è previsto ogni 200 m circa. Sono previsti fossi di guardia di forma trapezoidale rivestiti affiancati alla trincea

### 2.7 Trincea drenante

La dispersione delle acque di piattaforma della strada in progetto è affidata ad una trincea drenante che corre lungo l'asse per una larghezza di 3 m e un'altezza nel caso dello stradello di 1.50 m e 2.20 X1.50 m al piede muro.



Il progetto della trincea drenante richiede di verificare le dimensioni della trincea complessivamente necessaria per il drenaggio dell'area servita. Si è fissata la larghezza e la profondità della trincea, il diametro della tubazione utilizzata e la lunghezza e si è verificato che l'altezza d'acqua in trincea fosse compatibile con quella ipotizzata con un adeguato franco:



$$(Q_p - Q_f) \cdot Dt = DW$$

Il criterio di dimensionamento è stato eseguito confrontando le portate in arrivo al sistema, con la capacità d'infiltrazione del terreno, tale confronto può essere espresso con la seguente equazione di continuità, che rappresenta il bilancio delle portate entranti e uscenti per il mezzo filtrante.

Per quanto riguarda i metodi di determinazione dell'idrogramma di piena, e quindi della portata  $Q_p$ , si è fatto riferimento a un tempo di ritorno di 25 anni. Ulteriore parametro da fissare è la durata dell'evento di pioggia, che assume notevole importanza in tutti quei casi in cui entra in gioco la capacità d'invaso del sistema d'infiltrazione.

La superficie d'infiltrazione può essere stimata in prima approssimazione con la legge di Darcy:

$Q_f = KJA$  con:

$Q_f$  portata influente [ $m^3/s$ ];

$K$  permeabilità (o coefficiente di permeabilità) [ $m/s$ ];

$J$  cadente piezometrica [ $m/m$ ];

$A$  superficie netta d'infiltrazione [ $m^2$ ]

La cadente piezometrica  $J$  può essere posta pari a 1 qualora il tirante idrico sulla superficie filtrante sia trascurabile rispetto all'altezza della strato filtrante e la superficie della falda sia convenientemente al di sotto del fondo disperdente. Per il materiale drenante (ballast) si assume una porosità pari al 30% come da informazioni disponibili in letteratura.



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

**Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>IN0W</b>	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	44 di 48

### 3 CONCLUSIONI

In definitiva lo studio idraulico analizza i vincoli e la normativa vigenti sul territorio in esame interessato dal progetto di quadruplicamento e affronta nel dettaglio le verifiche di progetto dei tre attraversamenti principali sul torrente Garza, roggia Cerca e roggia Lupa. I criteri di dimensionamento rispettano la normativa che impone i 2/3 di riempimento delle opere scatolari e 1.50 m di franco nel caso dei ponti verificate con portate con tempo di ritorno 200 anni o comunque concordate con gli enti. L'idraulica di piattaforma del presente progetto risponde alle esigenze di non aggravare i recapiti esistenti, ma propone un sistema di infiltrazione nel sottosuolo. In definitiva il progetto preliminare presenta requisiti tecnici che risultano conformi alle norme e rispettano le situazioni attuali del reticolo idrografico senza stravolgere lo stato dei fatti.



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

**Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>IN0W</b>	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	45 di 48

#### 4 ALLEGATO 1



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

**Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>INOW</b>	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	46 di 48

#### 4.1 TORRENTE GARZA-SEZIONI



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

**Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>IN0W</b>	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	47 di 48

## 4.2 ROGGIA CERCA-SEZIONI



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

**Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione idraulica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>INOW</b>	00	R 26 ID	RI 00 00 002	A	48 di 48

### 4.3 ROGGIA LUPA-SEZIONI