

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



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

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV/AC VERONA - PADOVA

SUB TRATTA VERONA – VICENZA

1° SUB LOTTO VERONA – MONTEBELLO VICENTINO

VI PONTI E VIADOTTI

VI02 PONTE SULL'"ILLASI-PROGNOLO" DAL Km 11+502.12 AL Km 11+565.12

VI02A - SISTEMAZIONE ALVEO TORRENTE ILLASI AL km 11+532-SISTEMAZIONE ALVEO TORRENTE PROGNOLO AL km 11+702,92: RELAZIONE TECNICA

GENERAL CONTRACTOR		ITALFERR S.p.A.	SCALA:
ATI bonifica Progettista integratore Franco Persio Bocchetto Dottore in Ingegneria Civile iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma al n° 8664 – Sez. A settore Civile ed Ambientale	Consorzio IRICAV DUE Il Direttore		-

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

I	N	0	D	0	0	D	I	2	R	H	V	I	0	2	A	0	0	0	1	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ATI bonifica	VISTO ATI BONIFICA	
	Firma	
	Ing. F. P. Bocchetto	

Programmazione

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
B	EMISSIONE	M. Dotto	16/07/2015	A. Ianni	16/07/2015	U. Lugli	16/07/2015	Ing. Everardo Altieri data

File:IN0D00DI2RHVI02A0001B_00B	CUP: J41E91000000009	n. Elab.:
	CIG: 3320049F17	

INDICE ILLASI

1	INTRODUZIONE	3
2	ASSETTO GEOMETRICO ILLASI.....	3
3	STUDIO IDRAULICO.....	4
3.1	CRITERI DI VERIFICA	4
3.2	MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO.....	5
3.2.1	COSTRUZIONE DEL MODELLO MEDIANTE HEC-GeoRAS.....	5
3.2.2	IL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO: HEC-RAS.....	6
3.2.2.1	CALCOLO DEL POFILO IN MOTO PERMANENTE	6
3.2.2.2	PROCEDURA DI CALCOLO.....	10
3.3	STATO ATTUALE	12
3.3.1	COSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA.....	12
3.3.2	CONDIZIONI DI VERIFICA E SIMULAZIONI EFFETUATE	12
3.3.2.1	SIMULAZIONE CON PORTATA DI 315,28 m ³ /s RELATIVA A TR 100 ANNI.....	14
3.3.2.2	ANNULLAMENTO DEL FRANCO RISPETTO ALLA SOMMITA' ARGINALE - PORTATA PARI A 157,35 m ³ /s.....	15
3.4	STATO DI PROGETTO	16
3.4.1	ASSETTO GEOMETRICO DI PROGETTO	16
3.4.2	COSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA.....	18
3.4.3	CONDIZIONI DI VERIFICA.....	18
3.4.3.1	SIMULAZIONE CON PORTATA DI 315,28 m ³ /s RELATIVA A TR 100 ANNI	20
3.4.3.2	ANNULLAMENTO DEL FRANCO RISPETTO ALLA SOMMITA' ARGINALE DI MONTE - PORTATA PARI A 157,35 m ³ /s	21
3.4.4	VERIFICHE CON PORTATE AVENTI TR PARI A 200, 300 E 500 ANNI.....	22
4	CONCLUSIONI.....	24
	ALLEGATO - Risultati simulazioni modello HEC-RAS	25

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA	
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2RHVI02A0001B_00A	REV.	.Pag 3 di 66

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione, dopo una breve descrizione del torrente Illasi, si passerà alla descrizione della configurazione geometrica del tratto del coso d'acqua immediatamente a monte ed a valle dell'attraversamento della linea A.V./A.C..

Lo scopo della presente relazione è la verifica idraulica, effettuata secondo i criteri indicati da ITALFERR, del corso d'acqua per un tratto a cavallo dell'attraversamento, analizzando sia la situazione dello stato di fatto che dello stato di progetto.

2 ASSETTO GEOMETRICO ILLASI

Il torrente Illasi fa parte del sistema del fiume Adige.

L'Illasi è un corso d'acqua torrentizio per eccellenza, in quanto anche in periodi piovosi il tratto intermedio e quello inferiore del letto rimangono all'asciutto, poiché le acque si disperdono nel materasso alluvionale su cui scorre il corso d'acqua. Esso trova origine nei versanti meridionali del Gruppo del Monte Carega (2230 m s.l.m.), la lunghezza dell'asta principale è di 40 km ed attraversa le valli di Rivolto e Frasella che si uniscono in corrispondenza dell'abitato di Giazza. In periodo di magra poco al di sotto dell'abitato di Selva di Progno le acque fluenti vanno ad alimentare le falde sotterranee. I suoi affluenti risultano tutti a carattere torrentizio.

Durante i periodi caratterizzati da forti precipitazioni, il corso d'acqua passa repentinamente allo stato di piena con portate cospicue, che defluiscono lungo il suo percorso in prossimità dei centri abitati di Badia Calvena e Tregnano. A sud di Vago, si unisce all'Illasi il Progno di Mezzane, che nasce dalle propaggini meridionali dei Lessini presso Velo Veronese e che ha un bacino pari a 40 km².

Le piene dell'Illasi per quanto di breve durata sono violente, come testimoniato dai gravi danni arrecati in passato alle zone attraversate, dalla località S. Andrea alla confluenza con l'Adige, tanto che il torrente fu oggetto di particolari provvedimenti governativi.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA	
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2RHVI02A0001B_00A		REV. .Pag 4 di 66

3 STUDIO IDRAULICO

I calcoli idraulici per la definizione delle condizioni di deflusso vanno condotti con riferimento alle seguenti condizioni fisiche del corso d'acqua:

- Assenza dell'opera di progetto – **stato attuale**;
- Presenza dell'opera nella configurazione definitiva – **stato di progetto**:

Lo stato attuale dei corsi d'acqua descrive la situazione dei luoghi nella configurazione esistente.

Lo stato di progetto analizza l'ipotesi di futuro inserimento lungo l'asta fluviale del manufatto AC.

Nel tratto analizzato, avendo infrastrutture rilevanti in affiancamento, gli studi sono stati condotti rendendo compatibile la soluzione idraulica con quanto esistente o in progetto.

3.1 CRITERI DI VERIFICA

La verifica idraulica di tutti gli attraversamenti è stata effettuata in conformità a quanto definito dal Manuale di progettazione ITALFERR che è stato il documento di riferimento per la progettazione delle opere in oggetto.

In sintesi, in esso riporta una serie di direttive da seguirsi per il corretto dimensionamento delle tombature, sotto l'aspetto del tempo di ritorno da utilizzarsi per le valutazioni idrologico-idrauliche e dei franchi idraulici da rispettarsi.

In particolare, per corsi d'acqua aventi un bacino con superficie superiore a 10 km², il tempo di ritorno di riferimento è 500 anni ed occorre rispettare i seguenti franchi idraulici rispetto ai livelli relativi a tale tempo di ritorno:

- franco idraulico tra intradosso manufatto e livello della superficie libera superiore a 1 m;
- franco idraulico tra intradosso manufatto e quota di carico idraulico totale superiore a 50 cm.

Per corsi d'acqua aventi un bacino con superficie inferiore a 10 km², il tempo di ritorno di riferimento è 200 anni ed occorre rispettare la condizione di grado di riempimento del tombino inferiore al 70%.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA		
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO		
	Titolo: RELAZIONE TECNICA		
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2RHVI02A0001B_00A	REV.	.Pag 5 di 66

3.2 MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO

Il codice di calcolo utilizzato per la valutazione dei profili idraulici implementa un modello in moto stazionario.

Il programma calcola profili di rigurgito in moto permanente sia in corrente lenta che veloce, inserisce eventuali risalti, prevede la presenza di attraversamenti e consente di ricavare tutti i parametri idraulici relativi al tratto analizzato

3.2.1 COSTRUZIONE DEL MODELLO MEDIANTE HEC-GeoRAS

HEC-GeoRAS è un applicativo del programma ArcView, sviluppato dall'U.S. ArmyCorps of Engineers – HydrologicEngineeringCenter. Con HEC-GeoRAS è possibile costruire la geometria di un modello in HEC-RAS completamente in ambiente GIS, una volta in possesso di un DEM in formato TIN della zona da modellizzare. In ambiente GIS si definiscono:

- l'asse del fiume;
- le "flow path", da cui si calcolano le distanze tra le sezioni sia lungo l'alveo che lungo le zone golenali;
- le "banks, che definiscono la separazione tra aree golenali e alveo inciso;
- le tracce delle sezioni, che possono essere rettilinee o formate da delle spezzate, il programma estrae i profili delle sezioni dal DEM;
- le "ineffective flow area", che permettono di definire le reali aree di deflusso nei tratti di espansione e contrazione.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA	
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2RHVI02A0001B_00A	REV.	.Pag 6 di 66



Figura 1 – Esempio di geometria in HEC-GeoRAS, in blu le flowpath, in magenta i “levees”, in verde le tracce delle sezioni.

Hec-GeoRAS esporta un file direttamente importabile in HEC-RAS. La geometria importata è georeferenziata.

3.2.2 IL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO: HEC-RAS

Il calcolo dei profili in moto permanente dei tratti di corsi d’acqua analizzati è stato fatto mediante la costruzione di modelli numerici basati sul codice di calcolo HEC-RAS (River Analysis System), sviluppato dall’U.S. ArmyCorps of Engineers – HydrologicEngineeringCenter. La versione del software utilizzata è la 4.1.0

HEC-RAS è un codice di calcolo monodimensionale che consente la determinazione di profili idrici di canali naturali e artificiali, sia in condizioni di moto permanente che di moto vario, tenendo conto dell’influenza sul moto di manufatti di vario tipo (ponti, tombini, briglie, sfioratori ecc.) eventualmente presenti nel sistema. Possono essere modellati sia canali singoli che reti di canali naturali o artificiali, chiusi o aperti, con l’integrazione di profili di corrente lenta, veloce o di tipo “misto”.

3.2.2.1 CALCOLO DEL POFILO IN MOTO PERMANENTE

Il calcolo del profilo di moto permanente è fatto risolvendo tra due sezioni consecutive l'equazione dell'energia utilizzando una procedura iterativa denominata "standard stepmethod". L'equazione dell'energia risulta è riportata nella seguente formula:

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

dove:

- Y_1, Y_2 tirante d'acqua nelle sezioni 1 e 2;
- Z_1, Z_2 quota del fondo del canale alla sezione 1 e 2;
- α_1, α_2 coefficiente di Coriolis nella sezione 1 e 2;
- g accelerazione di gravità;
- h_e perdita di carico tra la sezione 1 e 2 definita da:

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

con:

- L distanza tra le due sezioni;
- $\overline{S_f}$ pendenza media della linea dell'energia tra le due sezioni;
- C coefficiente di espansione o contrazione.

Utilizzando la formula di Manning possiamo scrivere:

$$Q = \frac{AR_H^{2/3}}{n} \sqrt{S_f} = K \sqrt{S_f}$$

Dove K (conveyance) è un parametro geometrico, una volta prefissato un livello, da cui:

$$S_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

In ogni tratto esistono due valori di S_f , uno per ogni sezione che delimita il tratto, per cui viene calcolato un valore medio nel tratto, questo valore medio può essere calcolato utilizzando diverse formulazioni:

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

Conduttività media (default per moto permanente e strutture)

$$\bar{S}_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2}$$

Media aritmetica (default per moto vario)

$$\bar{S}_f = \sqrt{S_{f1} \cdot S_{f2}}$$

Media geometrica

$$\frac{1}{\bar{S}_f} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{S_{f1}} + \frac{1}{S_{f2}} \right)$$

Media armonica

Nel calcolo il codice suddivide ogni sezione, in base ai valori imposti dall'utente, in tre parti: golena sinistra, canale principale e golena destra. Ad ognuna di queste parti si possono assegnare scabrezze e distanze rispetto alla sezione successiva diverse. La possibilità di definire distanze diverse tra zone golenali e canale principale consente di meglio rappresentare situazioni in cui l'alveo di magra è particolarmente sinuoso o nei tratti in curva. In questi casi la distanza che l'acqua percorre tra una sezione e l'altra è diversa a seconda che si trovi in alveo in una golena oppure nell'altra. Il modello è in grado di calcolare in modo più corretto le perdite di carico dovute all'attrito utilizzando l'effettivo percorso effettuato, nel caso di moto vario è possibile calcolare con migliore precisione i volumi invasati tra le due sezioni.

Per ogni sottosezione il programma determina i parametri geometrici ed idraulici per cui si ha:

$$Q = (K_{LOB} + K_{Ch} + K_{ROB}) \cdot \sqrt{S_f} = Q_{LOB} + Q_{Ch} + Q_{ROB}$$

dove LOB indica la golena sinistra, Ch l'alveo inciso e ROB la golena destra.

La suddivisione in sottosezioni ha come ipotesi implicita che tra una sottosezione ed un'altra non vi sia scambio di quantità di moto, cioè che lungo il piano che le divide non ci sia attrito.

La definizione di una portata per ogni sottosezione permette il calcolo anche di una velocità distinta tra le tre diverse parti della sezione, non essendo più definita una

velocità media per l'intera sezione è necessario valutare il coefficiente di Coriolis per la determinazione univoca del carico cinetico mediante la seguente formula:

$$\alpha \frac{\bar{V}}{2g} = \frac{Q_{LOB} \frac{V_{LOB}^2}{2g} + Q_{Ch} \frac{V_{Ch}^2}{2g} + Q_{ROB} \frac{V_{ROB}^2}{2g}}{Q_{LOB} + Q_{Ch} + Q_{ROB}}$$

da cui:

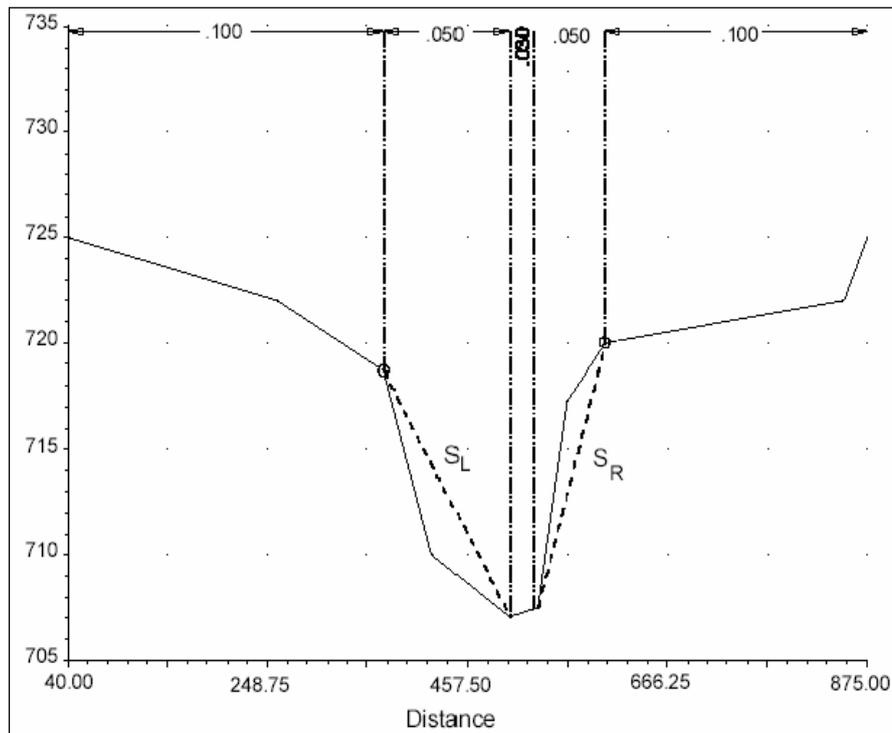
$$\alpha = \frac{A_{Tot}^2 \left[\frac{K_{LOB}^3}{A_{LOB}^2} + \frac{K_{Ch}^3}{A_{Ch}^2} + \frac{K_{ROB}^3}{A_{ROB}^2} \right]}{K_{Tot}^3}$$

La suddivisione delle portate tra le diverse sottosezioni è utilizzata anche come peso nella determinazione della distanza tra due sezioni a partire dalle tre definite:

$$L = \frac{L_{LOB} \overline{Q_{LOB}} + L_{Ch} \overline{Q_{Ch}} + L_{ROB} \overline{Q_{ROB}}}{Q_{LOB} + Q_{Ch} + Q_{ROB}}$$

La variazione di scabrezza all'interno di una sezione può essere imposta non solo tra golene e alveo inciso, ma anche in qualsiasi altro tratto. In questo caso il codice, per ognuna delle tre sottosezioni, calcola la convayance come somma delle convayancedei tratti con scabrezza diversa, sempre con l'ipotesi che tra essi non vi sia attrito. Questa ipotesi può portare però a grossi errori nel caso sia applicata al canale principale. Infatti se la variazione di scabrezza è applicata alle sponde il considerare senza attrito il piano che separa le sponde dal centro alveo fa sì che quest'ultimo non risenta dell'attrito delle sponde.

Per il canale principale il codice verifica che la pendenza del tratto in cui c'è la variazione di scabrezza (vedi figura successiva).



Nel caso S_L e/o S_R siano maggiori di 5H:1V all'interno dell'alveo principale è calcolata una scabrezza equivalente con la formula di Einstein:

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N P_i n_i^{3/2}}{P} \right]^{2/3}$$

dove P_i è il perimetro bagnato individuato da ogni tratto con scabrezza diversa.

3.2.2.2 PROCEDURA DI CALCOLO

Per la determinazione del profilo il programma parte con il calcolo in corrente lenta, cioè a partire dalla condizione al contorno della sezione di valle procede nella valutazione dei livelli nelle sezioni più a monte seguendo la seguente procedura:

1. ipotizza un livello nella sezione più a monte;
2. sulla base del livello ipotizzato calcola la convayance totale e il carico cinetico;
3. dai valori del passo 2 calcola $\overline{S_f}$ e risolve l'equazione 2 per il calcolo di h_e ;

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA		
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO		
	Titolo: RELAZIONE TECNICA		
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2RHVI02A0001B_00A	REV. 	.Pag 11 di 66

4. dai valori del passo 2 e 3 risolve l'equazione 1 e calcola il livello nella sezione di monte;
5. confronta il livello calcolato con quello ipotizzato, se la differenza è maggiore alla tolleranza imposta ripete la procedura, altrimenti passa alla sezione successiva.

Il livello determinato viene confrontato con il livello critico, se il livello determinato è superiore al livello critico la soluzione è di corrente lenta e quindi valida, se invece è inferiore la corrente non è più lenta, viene imposta sulla sezione il livello critico e il calcolo riprende dall'altezza critica.

Terminato il calcolo in corrente lenta il programma procede con il calcolo del profilo in corrente rapida partendo dalla condizione al contorno della sezione di monte. Innanzitutto viene calcolata la spinta totale con il livello calcolato per la corrente lenta e quello per la corrente rapida. Il calcolo della spinta è fatto con la seguente formula:

$$SF = \beta \frac{Q^2}{gA} + AY_G$$

Se $SF_{SUB} > SF_{SUP}$ è valida la soluzione di corrente lenta, altrimenti è valida la soluzione di corrente rapida e continua il calcolo del profilo in corrente veloce verso valle con la procedura descritta per la corrente lenta. Se è valida la soluzione di corrente lenta il programma ricerca la prima sezione verso valle in cui la soluzione del profilo in corrente lenta era stata posta $WS = WS_{CRIT}$. Da qui ha inizio il calcolo del profilo in corrente veloce verso valle, valido finché non si arriva ad una sezione con una soluzione di corrente lenta alla quale corrisponde $SF_{SUB} > SF_{SUP}$. Si assume quindi che tra questa sezione e la precedente si instauri un risalto.

3.3 STATO ATTUALE

3.3.1 COSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA

Per la simulazione dello stato di fatto si è costruito il modello del terreno a partire dal rilievo effettuato.

Attraverso il programma HecGeoRas si è ricostruita la geometria del modello individuando le sezioni principali; si è quindi importata la geometria in ambiente HEC e si sono inseriti i dati caratteristici del modello.

STRALCIO PLANIMETRICO
STATO DI FATTO

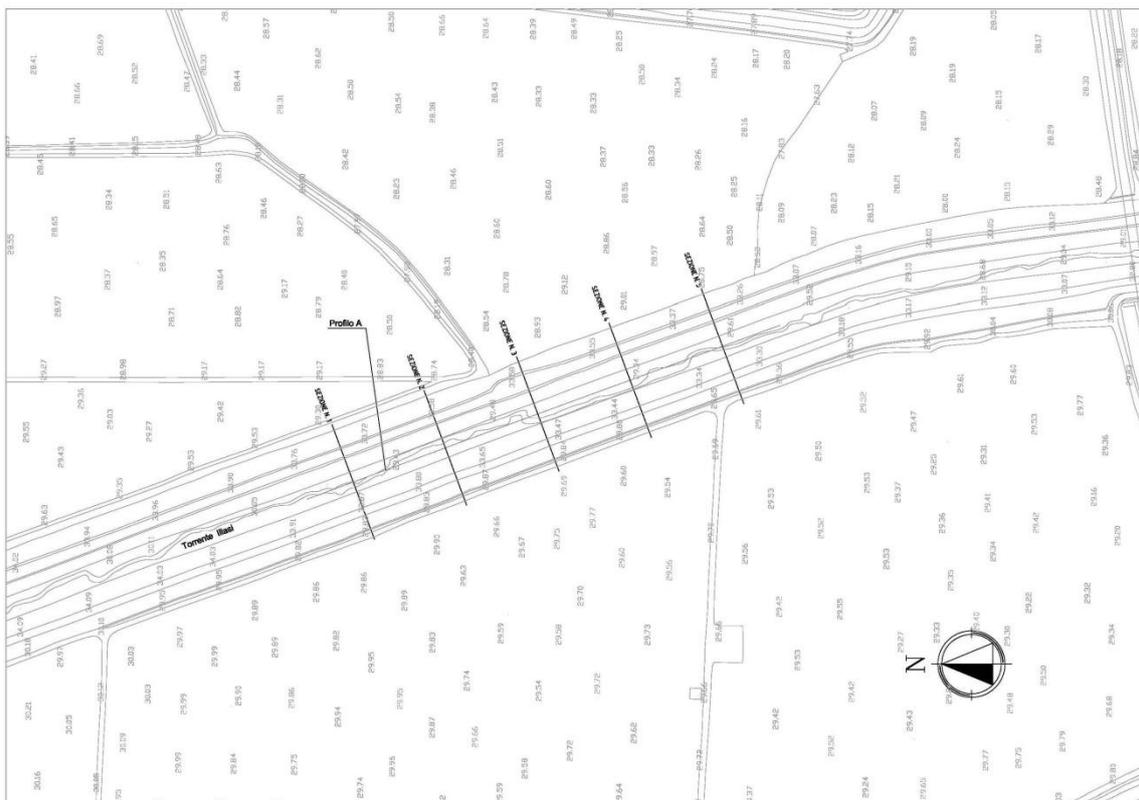


Figura 2 – Torrente Illasi - Planimetria stato di fatto.

3.3.2 CONDIZIONI DI VERIFICA E SIMULAZIONI EFFETUATE

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA		
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO		
	Titolo: RELAZIONE TECNICA		
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2RHVI02A0001B_00A	REV.	.Pag 13 di 66

Le portate utilizzate nelle verifiche idrauliche sono le portate massime degli idrogrammi forniti dall'Autorità di Bacino del fiume Adige relativi alle elaborazioni eseguite per il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni. Gli idrogrammi considerati sono associati a tempi di ritorno pari a 30, 100 e 300 anni come indicato dalla Direttiva Quadro Alluvioni.

Le verifiche sono state effettuate considerando la portata pari a 315.28 m³/s relativa ad un tempo di ritorno Tr di 100 anni. Come vedremo dai risultati sotto riportati, il torrente non è in grado di contenere questa portata. Per poter fare un confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto si è svolta la verifica con portata di 157.35 m³/s che azzerava il franco idraulico.

Come condizione al contorno di valle è stata considerata una pendenza della linea dell'energia pari a quella media del fondo.

Come scabrezze sono stati considerati valori, secondo la formulazione di Manning, pari a n=0.033 (alveo naturale con presenza di vegetazione). I coefficienti di contrazione ed espansione sono stati definiti rispettivamente pari a 0.1 e 0.3.

Si riporta di seguito lo schema planimetrico del modello HEC-RAS sviluppato con indicate le sezioni per le quali verranno presentati i risultati nel paragrafo successivo.

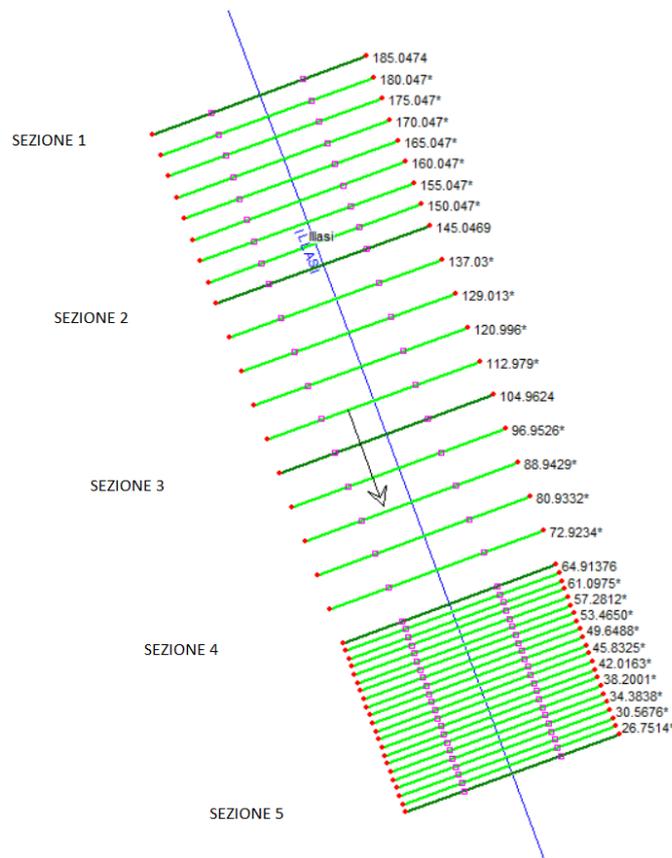


Figura 3 –Geometria in HEC-RAS dello stato di fatto, Torrente Illasi.

Per determinare con accuratezza il gradiente di energia, necessaria per calcolare un valore attendibile delle perdite di attrito e di quelle di espansione e contrazione, è stato necessario incrementare in fase di calcolo le sezioni trasversali andando ad interpolare le sezioni importate.

3.3.2.1 SIMULAZIONE CON PORTATA DI 315,28 m³/s RELATIVA A TR 100 ANNI

La prima verifica è stata svolta a moto permanente considerando una portata pari a 315,28 m³/s relativa ad un tempo di ritorno di 100 anni.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

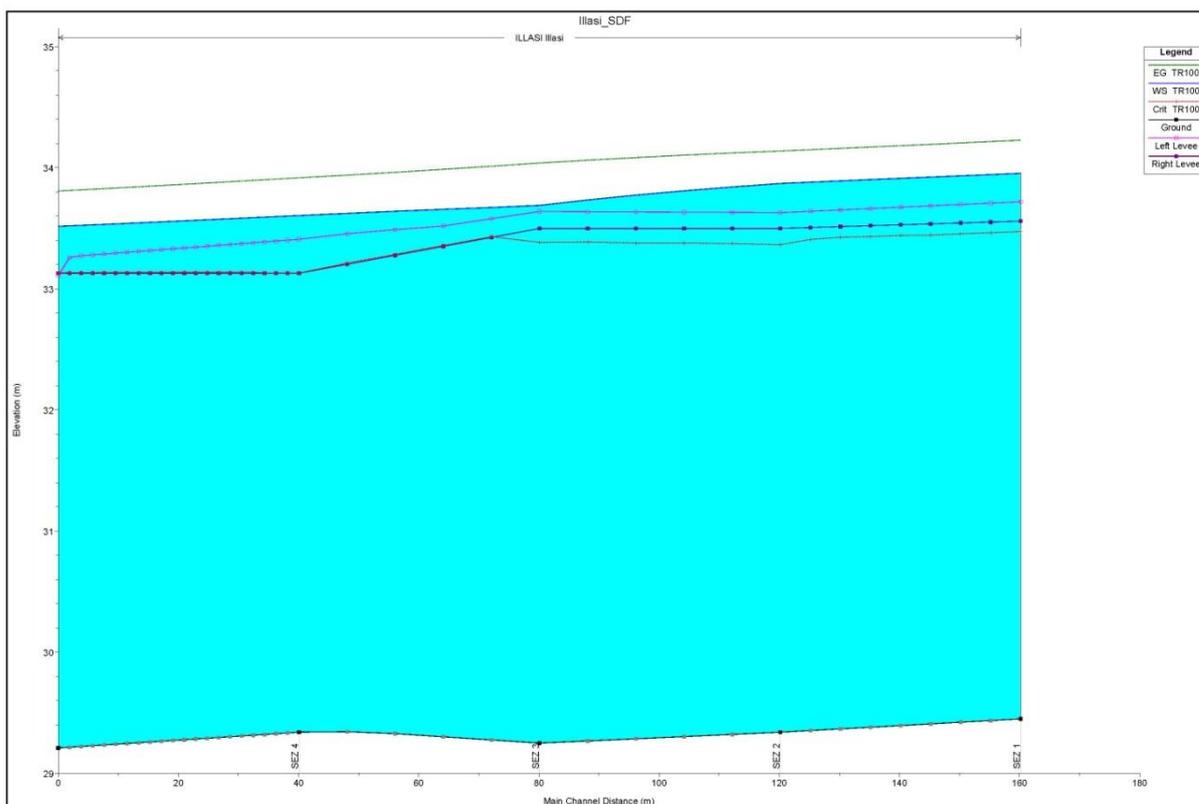


Figura 4 – Profilo dello stato di fatto, torrente Illasi - $Q=315,28 \text{ m}^3/\text{s}$ TR100 anni.

I risultati di questa simulazione mostrano come nel tratto analizzato il torrente Illasi risulta avere una sezione non adeguata per contenere tale valore di portata.

3.3.2.2 ANNULLAMENTO DEL FRANCO RISPETTO ALLA SOMMITA' ARGINALE - PORTATA PARI A $157,35 \text{ m}^3/\text{s}$

Alla luce dei risultati ottenuti nelle verifiche riportate nei paragrafi precedenti, che sono state effettuate considerando la portata relativa al tempo di ritorno di 100 anni; risulta necessario, per poter fare un confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto, considerare una portata tale da annullare il franco idraulico e non provocare esondazioni lungo il tratto analizzato. Tale portata è risultata essere pari a $157,35 \text{ m}^3/\text{s}$.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

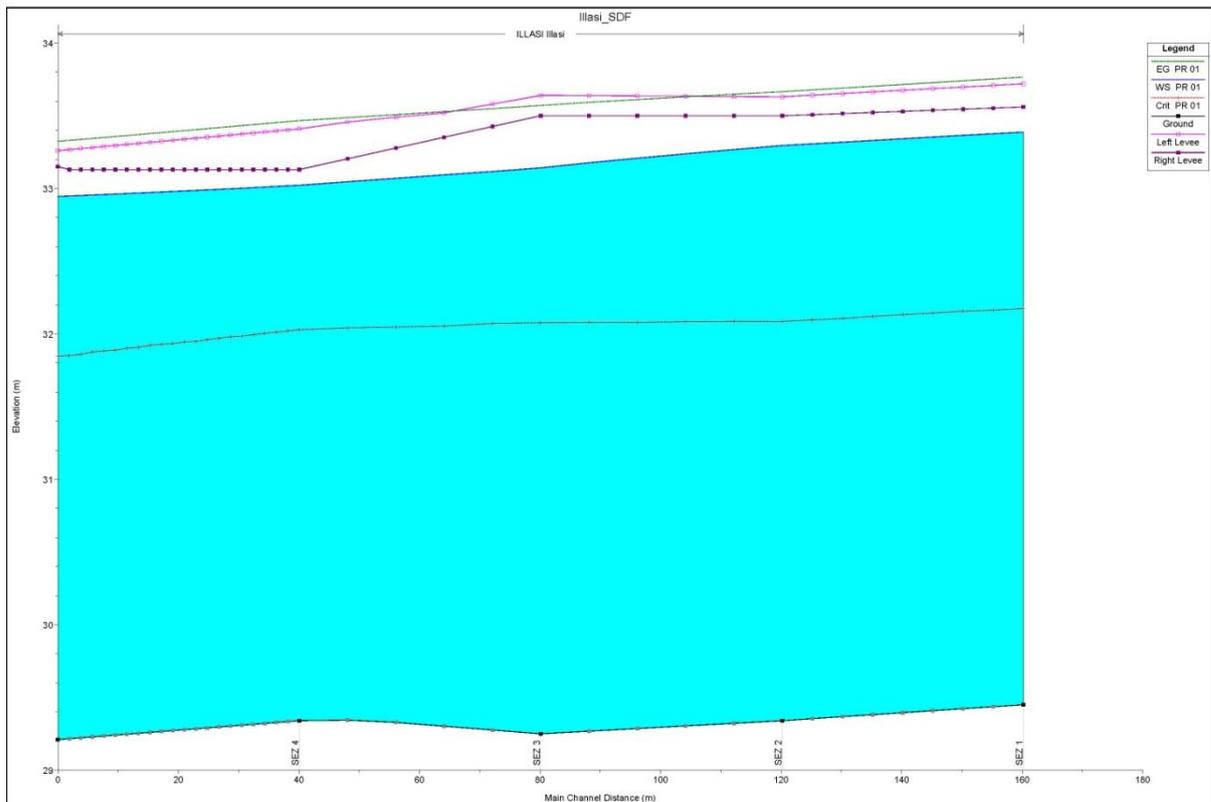


Figura 5 – Profilo dello stato di fatto, Torrente Illasi - $Q=157,35 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati ottenuti:

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /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 ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Illasi	185.0474	PR 01	157.35	29.45	33.39	32.17	33.77	0.002355	2.72	57.77	20.50	0.52
Illasi	145.0469	PR 01	157.35	29.34	33.30	32.09	33.67	0.002324	2.69	58.40	21.01	0.52
Illasi	104.9624	PR 01	157.35	29.25	33.14	32.08	33.57	0.002778	2.90	54.21	19.76	0.56
Illasi	64.91376	PR 01	157.35	29.34	33.02	32.03	33.47	0.002954	2.95	53.31	19.92	0.58
Illasi	24.84329	PR 01	157.35	29.21	32.95	31.85	33.32	0.002504	2.73	57.65	21.86	0.54

Figura 6 – Tabella riassuntiva dei risultati dello stato di fatto, Torrente Illasi - $Q=157,35 \text{ m}^3/\text{s}$.

In allegato si riportano i risultati sulle sezioni principali.

3.4 STATO DI PROGETTO

3.4.1 ASSETTO GEOMETRICO DI PROGETTO

L'attraversamento del Torrente Illasi, da parte della linea di progetto, con il ponte alla progr. 11+532 complessivamente a 7 campate - 6 con luce 25.0 m e 1 da 63 m - per una lunghezza complessiva di m 213 m. Lo scavalco dell'alveo inciso avviene tramite una campata metallica da 63 m. Il ponte non presenterà elementi in alveo che

possono modificare il deflusso idrico, garantendo gli standard di sicurezza richiesti nei riguardi degli eventi di piena di progetto.

In fase di progetto è previsto il rivestimento delle sponde delle sezioni a cavallo dell'attraversamento per una lunghezza di 25m con calcestruzzo e pietrame.

STRALCIO PLANIMETRICO
STATO DI PROGETTO

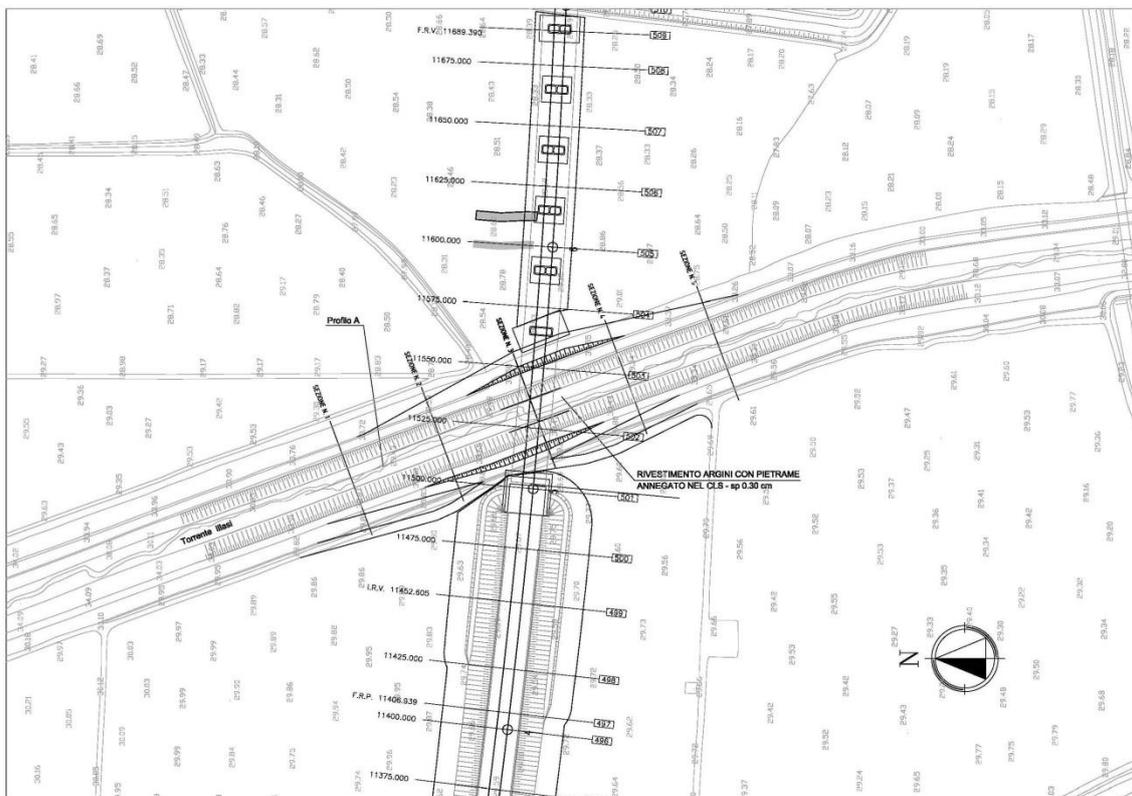


Figura 7 – Torrente Illasi - Planimetria stato di progetto.

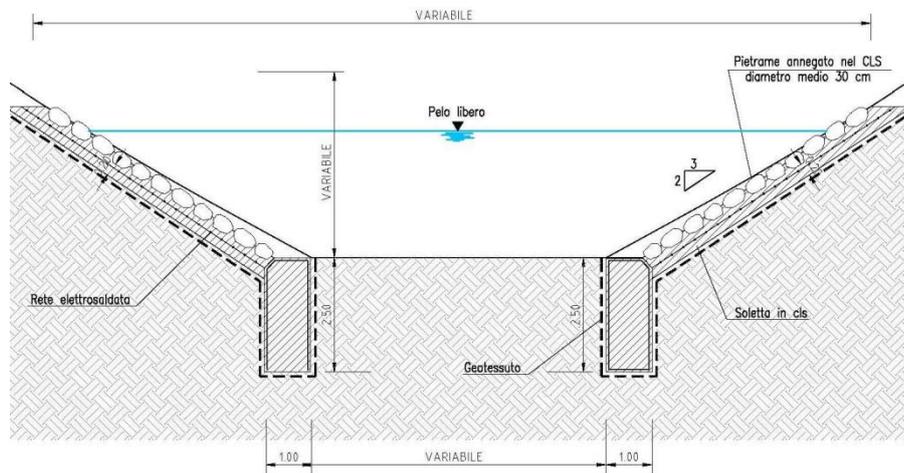


Figura 8 – Torrente Illasi - Sezione tipologica rivestita in calcestruzzo e pietrame.

3.4.2 COSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA

Per la simulazione dello stato di progetto si è costruito il modello del terreno a partire dal rilievo effettuato e inserendo su questo le sezioni di progetto.

Attraverso il programma HecGeoRas si è ricostruita la geometria del modello individuando le sezioni principali; si è quindi importata la geometria in ambiente HEC e si sono inseriti i dati caratteristici del modello.

3.4.3 CONDIZIONI DI VERIFICA

Le portate utilizzate nelle verifiche idrauliche sono le portate massime degli idrogrammi forniti dall'Autorità di Bacino del fiume Adige relativi alle elaborazioni eseguite per il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni. Gli idrogrammi considerati sono associati a tempi di ritorno pari a 30, 100 e 300 anni come indicato dalla Direttiva Quadro Alluvioni.

Le verifiche sono state effettuate considerando la portata pari a $315.28 \text{ m}^3/\text{s}$ relativa ad un tempo di ritorno T_r di 100 anni, già considerata per la verifica dello stato di fatto. Come vedremo dai risultati sotto riportati, il torrente non è in grado di contenere

questa portata. Per poter fare un confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto si è svolta la verifica con portata di $157.35 \text{ m}^3/\text{s}$ che azzerava il franco idraulico.

Come condizione al contorno di valle è stata considerata una pendenza della linea dell'energia pari a quella media del fondo.

Come scabrezze sono stati considerati valori, secondo la formulazione di Manning, pari a $n=0.033$ (alveo naturale con presenza di vegetazione) e un valore pari a $n=0.02$ (sezione rivestita con calcestruzzo e pietrame). I coefficienti di contrazione ed espansione sono stati definiti rispettivamente pari a 0.1 e 0.3.

Si riporta di seguito lo schema planimetrico del modello HEC-RAS sviluppato con indicate le sezioni per le quali verranno presentati i risultati nel paragrafo successivo e la localizzazione del tratto che verrà rivestito.

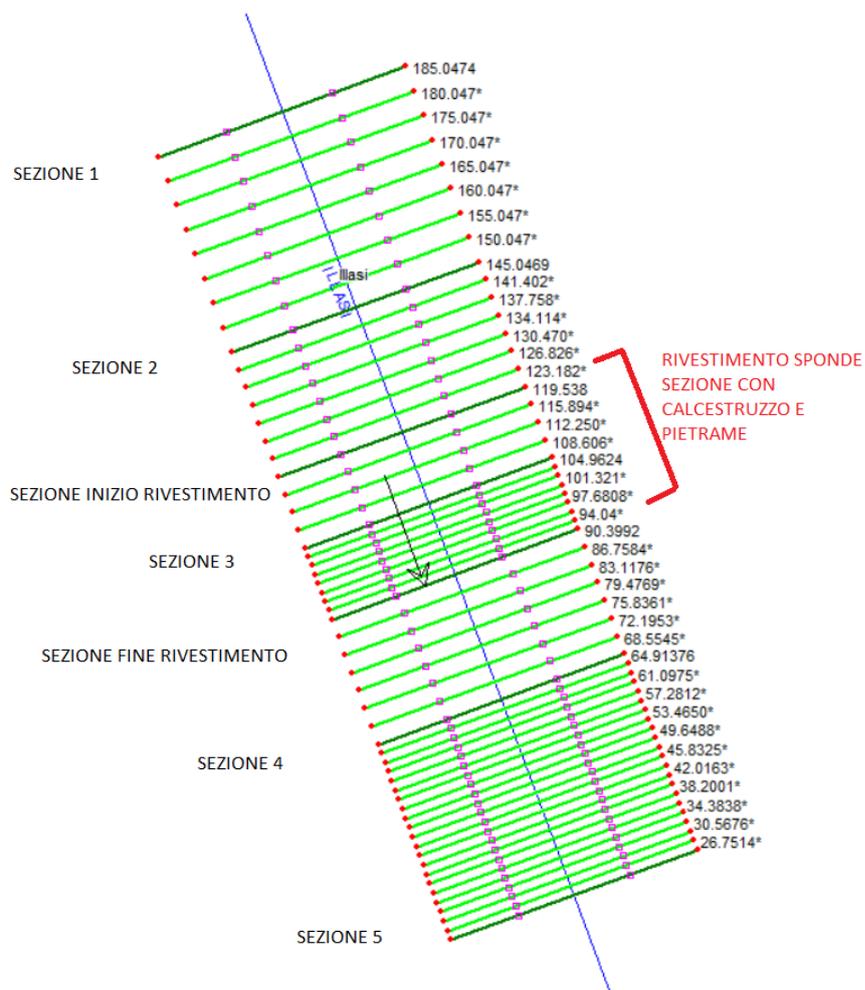


Figura 9 – Geometria in HEC-RAS dello stato di progetto, Torrente Illasi

Per determinare con accuratezza il gradiente di energia, necessaria per calcolare un valore attendibile delle perdite di attrito e di quelle di espansione e contrazione, è stato necessario incrementare in fase di calcolo le sezioni trasversali andando ad interpolare le sezioni importate.

3.4.3.1 SIMULAZIONE CON PORTATA DI 315,28 m³/s RELATIVA A TR 100 ANNI

La prima verifica è stata svolta a moto permanente considerando una portata pari a 315,28 m³/s relativa ad un tempo di ritorno di 100 anni.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

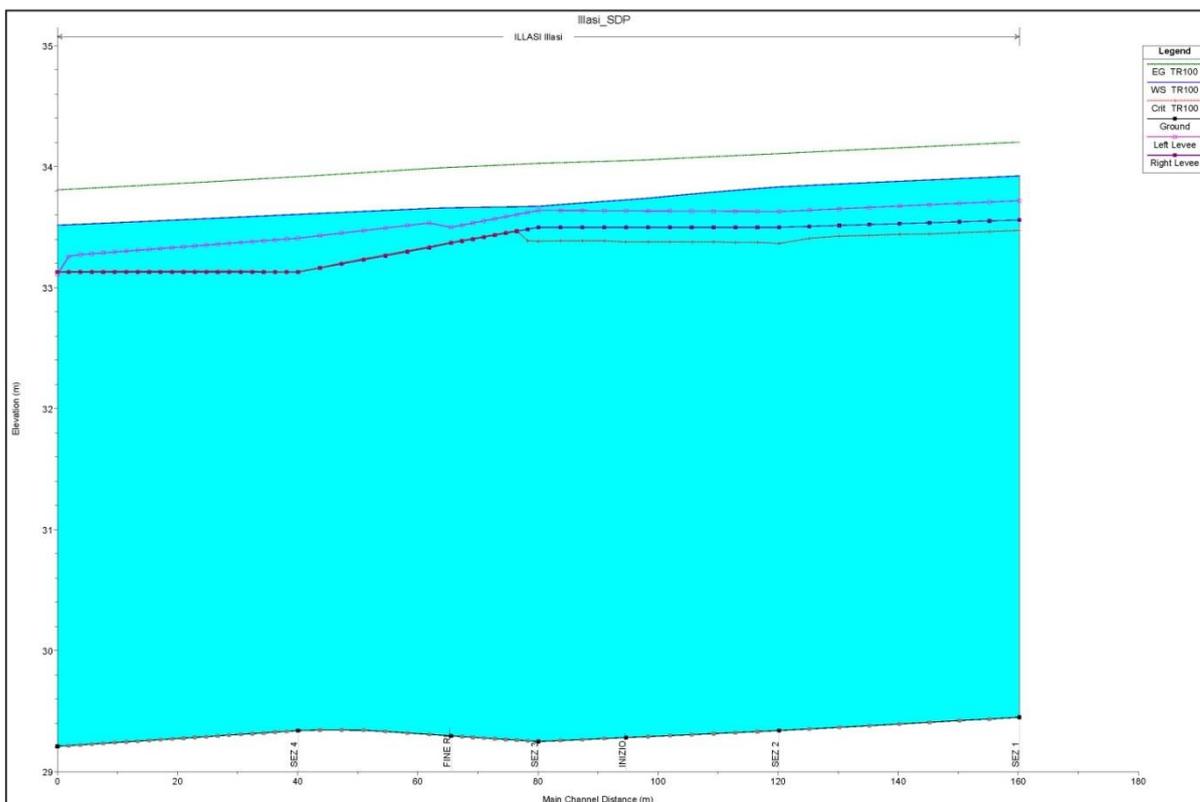


Figura 10 – Profilo dello stato di progetto, torrente Illasi - Q=315,28 m³/s TR100 anni.

I risultati di questa simulazione mostrano come nel tratto analizzato il torrente Illasi risulta avere una sezione non adeguata per contenere tale valore di portata.

3.4.3.2 ANNULLAMENTO DEL FRANCO RISPETTO ALLA SOMMITA' ARGINALE DI MONTE - PORTATA PARI A 157,35 m³/s

Alla luce dei risultati ottenuti nelle verifiche riportate nei paragrafi precedenti, che sono state effettuate considerando la portata relativa al tempo di ritorno di 100 anni; risulta necessario, per poter fare un confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto, considerare una portata tale da annullare il franco idraulico e non provocare esondazioni lungo il tratto analizzato. Tale portata è risultata essere pari a 157,35 m³/s.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

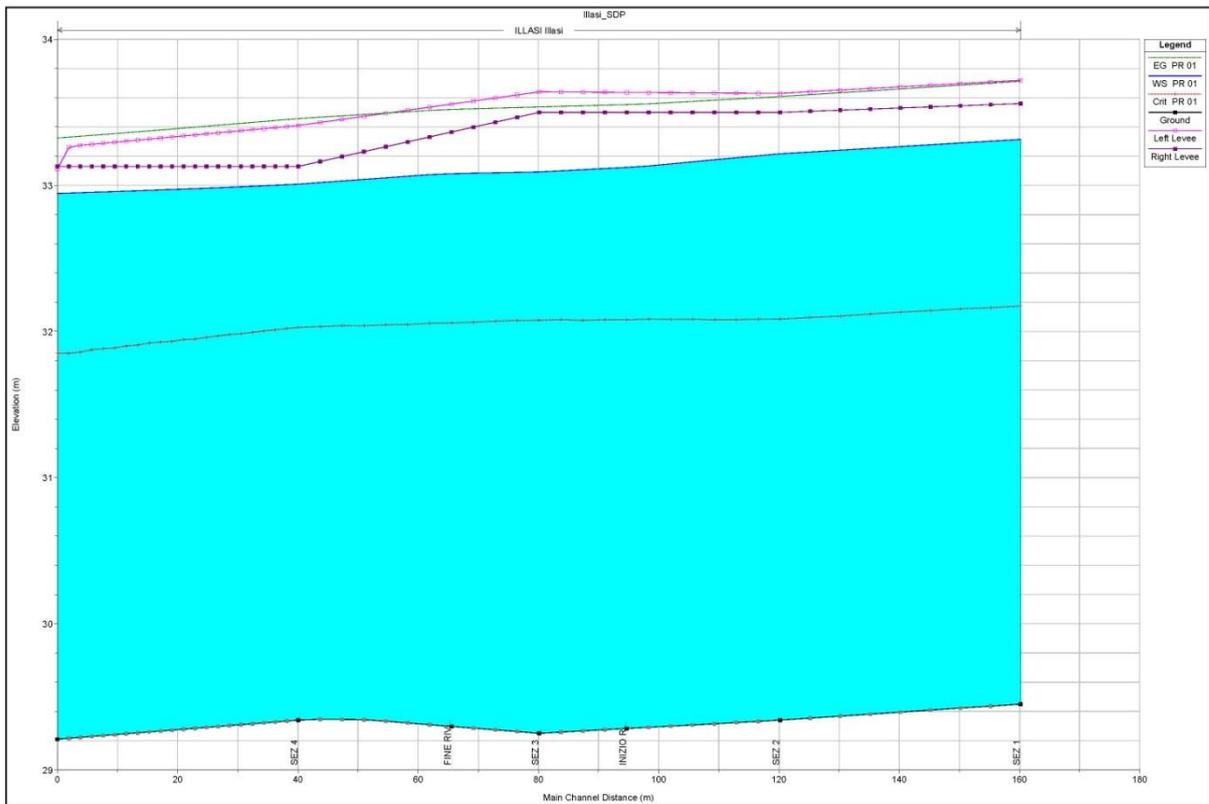


Figura 11 – Profilo dello stato di progetto, Torrente Illasi - Q=157,35 m³/s.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati ottenuti:

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /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 ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Illasi	185.0474	PR 01	157.35	29.45	33.31	32.17	33.71	0.002530	2.80	56.28	20.29	0.54
Illasi	145.0469	PR 01	157.35	29.34	33.22	32.09	33.61	0.002516	2.77	56.75	20.77	0.54
Illasi	119.538	PR 01	157.35	29.28	33.12	32.08	33.55	0.001031	2.90	54.19	19.99	0.56
Illasi	104.9624	PR 01	157.35	29.25	33.09	32.08	33.54	0.001073	2.96	53.24	19.62	0.57
Illasi	90.3992	PR 01	157.35	29.30	33.08	32.06	33.52	0.001062	2.94	53.52	19.77	0.57
Illasi	64.91376	PR 01	157.35	29.34	33.01	32.03	33.46	0.002996	2.97	53.03	19.88	0.58
Illasi	24.84329	PR 01	157.35	29.21	32.95	31.85	33.32	0.002504	2.73	57.65	21.86	0.54

Figura 12 – Tabella riassuntiva dei risultati dello stato di progetto, Torrente Illasi - $Q=157,35 \text{ m}^3/\text{s}$.

In allegato si riportano i risultati sulle sezioni principali.

3.4.4 VERIFICHE CON PORTATE AVENTI TR PARI A 200, 300 E 500 ANNI

Al fine di soddisfare quanto richiesto dalle NTC 2008 e dal Manuale di Italferr sono state eseguite le verifiche del franco idraulico nelle seguenti ipotesi:

- Portata di progetto con tempo di ritorno pari a 200, 300 e 500 anni
- Possibilità di alzare la sommità arginale oppure allargare la sezione del fiume all'interno della campata del ponte, mantenendo in alveo l'intera portata di deflusso
- Franco minimo pari a 1.5 m con $Tr = 200$ anni
- Franco minimo nullo con $Tr = 500$ anni

Le portate utilizzate nelle verifiche idrauliche sono le portate massime degli idrogrammi forniti dall'Autorità di Bacino del fiume Adige relativi alle elaborazioni eseguite per il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni. Per determinare le portate relative al tempo di ritorno di 200 e 500 anni è stata fatta una regressione logaritmica sui dati associati a tempi di ritorno pari a 30, 100 e 300 anni forniti dall'Autorità di Bacino. Di seguito sono riportati i valori delle portate massime associate al tempo di ritorno (anni).

TEMPO DI RITORNO	30	100	200	300	500
PORTATA (m ³ /s)	254.49	315.28	350.28	370.75	396.54

Nelle tabelle sotto riportate sono indicati i risultati ottenuti tramite le simulazioni con HEC-RAS ipotizzando l'abbassamento dell'alveo per un valore di 2.0 m (come previsto da un progetto di "de-pensilizzazione" elaborato dal Genio Civile).

- Tabella dati simulazione con portata Tr=200 anni

HEC-RAS Plan: Plan 34 River: ILLASI Reach: Illasi Profile: TR200

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 # Chl
Illasi	185.0474	TR200	350.28	27.34	33.92	32.31	34.64	0.003184	3.77	92.92	21.40	0.58
Illasi	145.0469	TR200	350.28	27.34	33.71	32.42	34.53	0.004016	3.99	87.68	23.10	0.65
Illasi	119.538	TR200	350.28	27.28	33.37	32.58	34.44	0.003238	4.57	76.70	20.74	0.76
Illasi	104.9624	TR200	350.28	27.25	33.31	32.53	34.40	0.003274	4.63	75.57	20.24	0.77
Illasi	90.3992	TR200	350.28	27.30	33.23	32.54	34.37	0.003496	4.71	74.30	20.29	0.79
Illasi	64.91376	TR200	350.28	27.34	33.06	32.48	34.26	0.006571	4.85	72.20	20.03	0.82
Illasi	24.84329	TR200	350.28	27.21	33.49	31.63	34.10	0.002301	3.45	101.39	22.51	0.52

- Tabella dati simulazione con portata Tr=300 anni

HEC-RAS Plan: Plan 35 River: ILLASI Reach: Illasi Profile: TR300

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 # Chl
Illasi	185.0474	TR300	370.75	27.34	34.09	32.47	34.84	0.003183	3.84	96.62	21.40	0.58
Illasi	145.0469	TR300	370.75	27.34	33.90	32.58	34.73	0.003905	4.03	91.95	23.10	0.65
Illasi	119.538	TR300	370.75	27.28	33.58	32.74	34.64	0.003251	4.57	81.17	22.19	0.76
Illasi	104.9624	TR300	370.75	27.25	33.51	32.69	34.61	0.003279	4.65	79.78	21.51	0.77
Illasi	90.3992	TR300	370.75	27.30	33.44	32.70	34.57	0.003488	4.71	78.65	21.64	0.79
Illasi	64.91376	TR300	370.75	27.34	33.25	32.64	34.46	0.006438	4.88	75.95	20.52	0.81
Illasi	24.84329	TR300	370.75	27.21	33.67	31.77	34.30	0.002301	3.52	105.46	22.51	0.52

- Tabella dati simulazione con portata Tr=500 anni

HEC-RAS Plan: Plan 36 River: ILLASI Reach: Illasi Profile: TR500

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 # Chl
Illasi	185.0474	TR500	396.54	27.34	34.30	32.67	35.09	0.003196	3.92	101.05	21.40	0.58
Illasi	145.0469	TR500	396.54	27.34	34.11	32.77	34.97	0.003821	4.09	96.92	23.10	0.64
Illasi	119.538	TR500	396.54	27.28	33.81	32.93	34.89	0.003106	4.60	86.22	22.19	0.74
Illasi	104.9624	TR500	396.54	27.25	33.74	32.89	34.85	0.003149	4.68	84.72	21.67	0.76
Illasi	90.3992	TR500	396.54	27.30	33.67	32.89	34.82	0.003322	4.74	83.73	21.75	0.77
Illasi	64.91376	TR500	396.54	27.34	33.50	32.83	34.71	0.006463	4.87	81.42	22.28	0.81
Illasi	24.84329	TR500	396.54	27.21	33.90	31.94	34.55	0.002300	3.59	110.50	22.51	0.52

Nella tabella seguente è riportata la verifica del franco idraulico considerando i livelli idrici in corrispondenza della sezione di attraversamento del ponte e la quota di intradosso dell'impalcato pari a 35.20 m.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA	
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. IN0D00DI2RHVI02A0001B_00A		.Pag 24 di 66

TEMPO DI RITORNO	LIVELLI IDRICI	FRANCO IDRAULICO
200 anni	33.31 m	1.89 m
300 anni	33.51 m	1.69 m
500 anni	33.74 m	1.46 m

La luce libera presente tra la quota di fondo alveo pari a circa 27.25 m e la quota di intradosso dell'impalcato pari a circa 35.20 risulta pari a 7.95 m.

4 CONCLUSIONI

Lo stato di fatto si differenzia dallo stato di progetto solamente per la realizzazione del rivestimento delle sezioni con calcestruzzo e pietrame per un tratto di lunghezza pari a 25 m a cavallo dell'attraversamento della linea ferroviaria di progetto. Dal confronto delle simulazioni svolte nell'ipotesi di portata con $Tr=100$ anni e di annullamento del franco nello stato di fatto si può notare come i risultati siano praticamente gli stessi, con un leggero miglioramento delle condizioni di deflusso nella condizione di progetto dovuta alla diminuzione di scabrezza nelle sezioni rivestite.

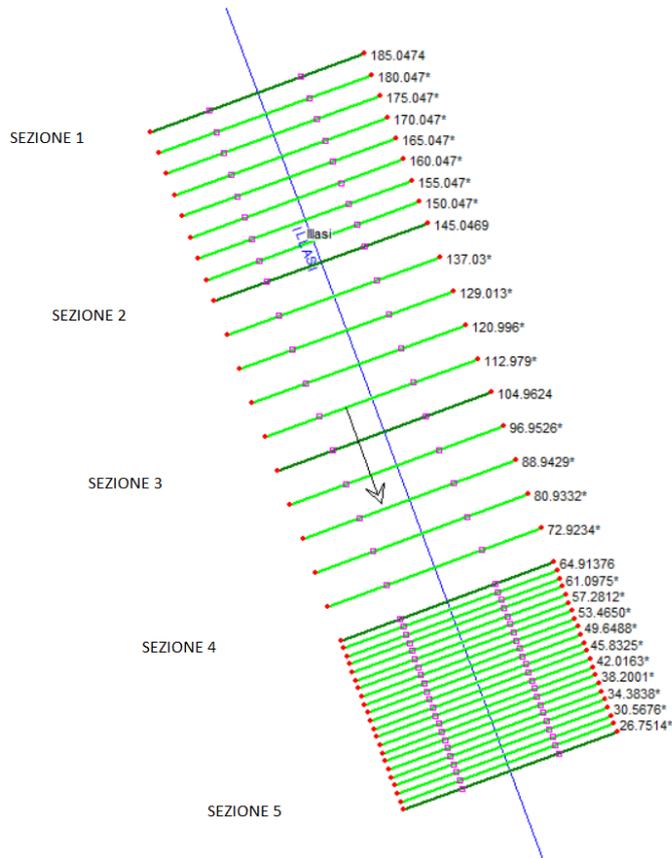
La verifica del franco idraulico nell'ipotesi di portate con tempi di ritorno pari a 200 anni, 300 anni e 500 anni e innalzamento degli argini, ha dato esito positivo.

ALLEGATO - Risultati simulazioni modello HEC-RAS

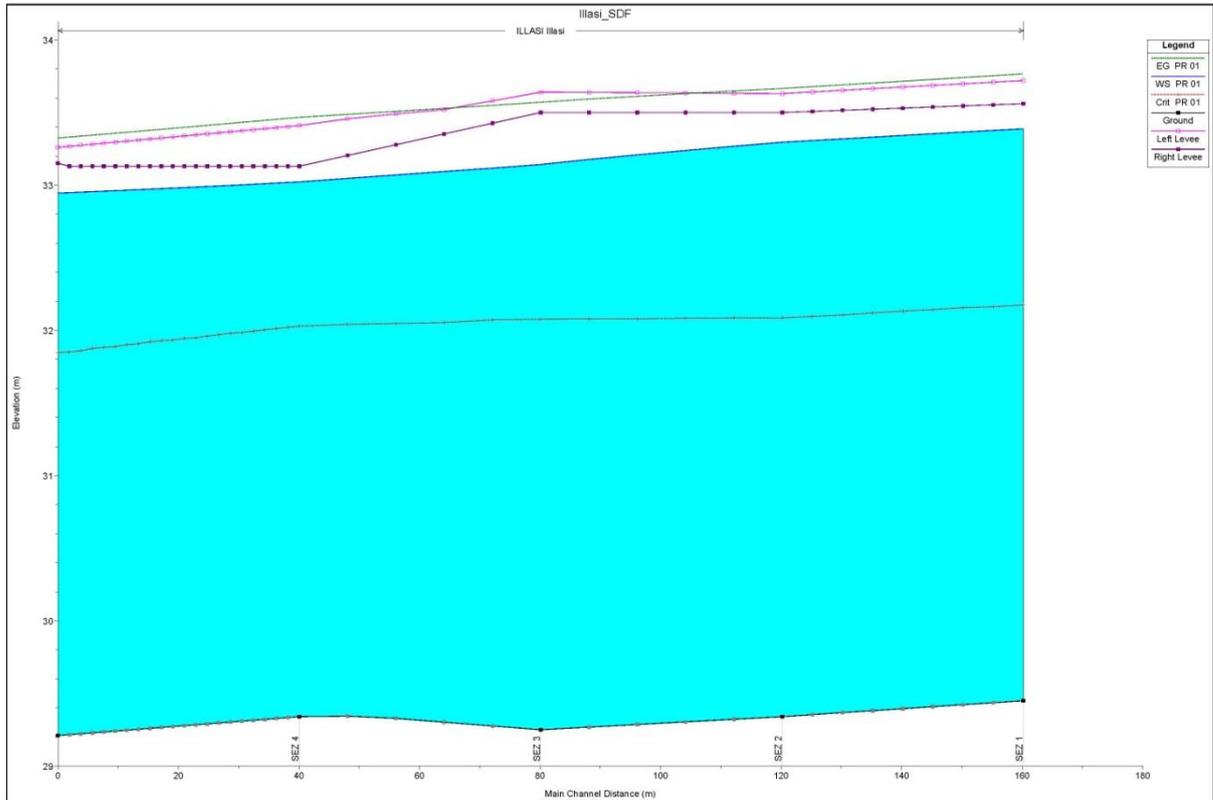
STATO DI FATTO

PORTATA Q=157,35 m³/s

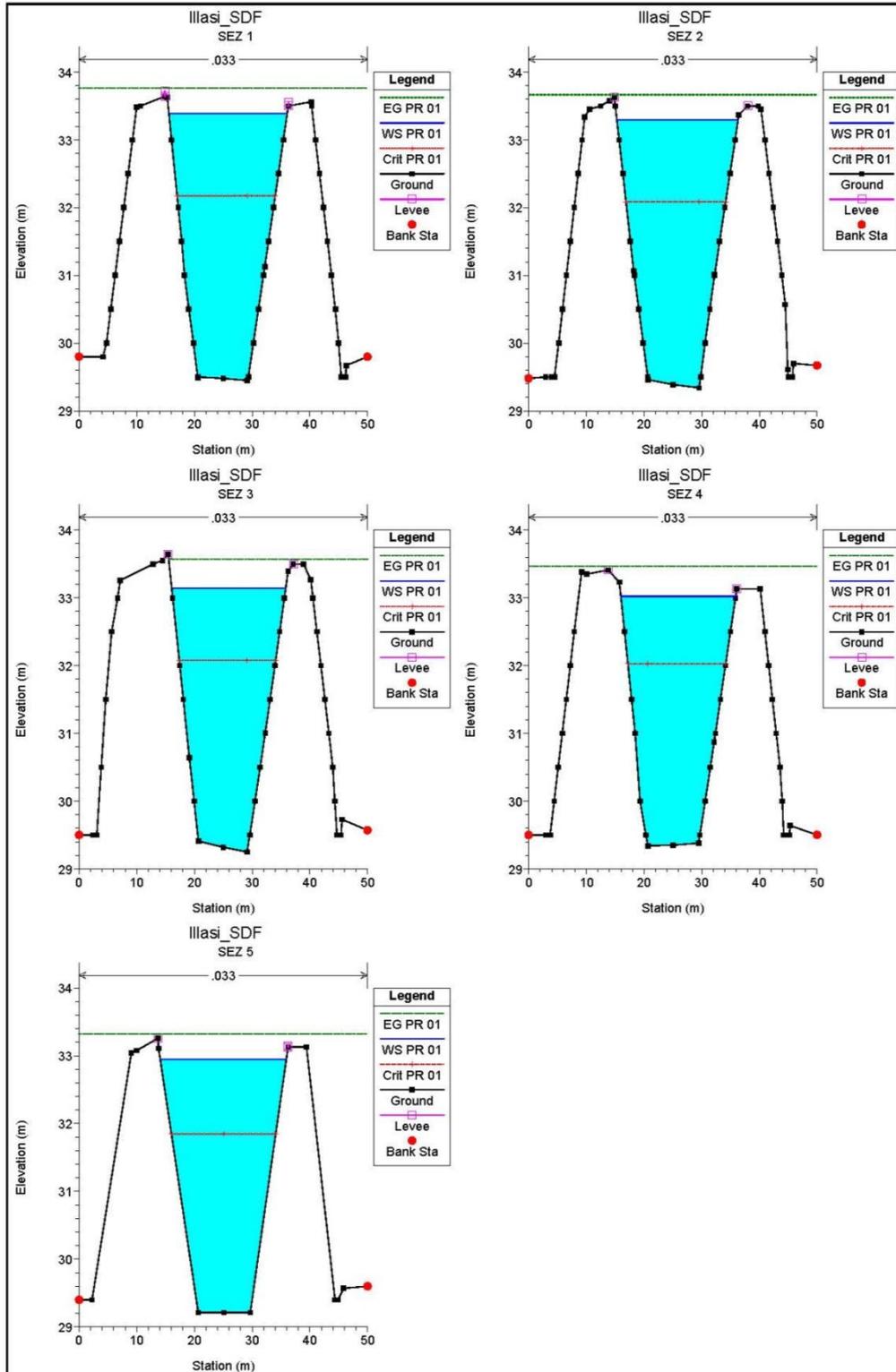
Planimetria modello HEC:



Profilo modello HEC:



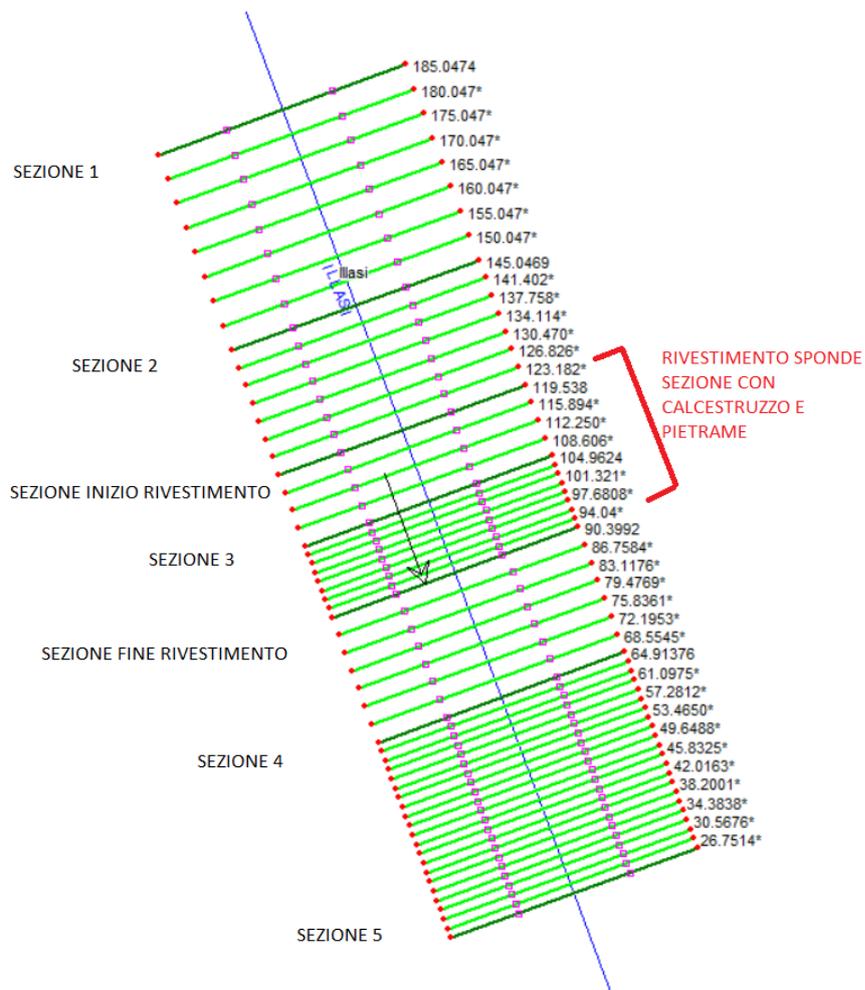
Sezioni modello HEC:



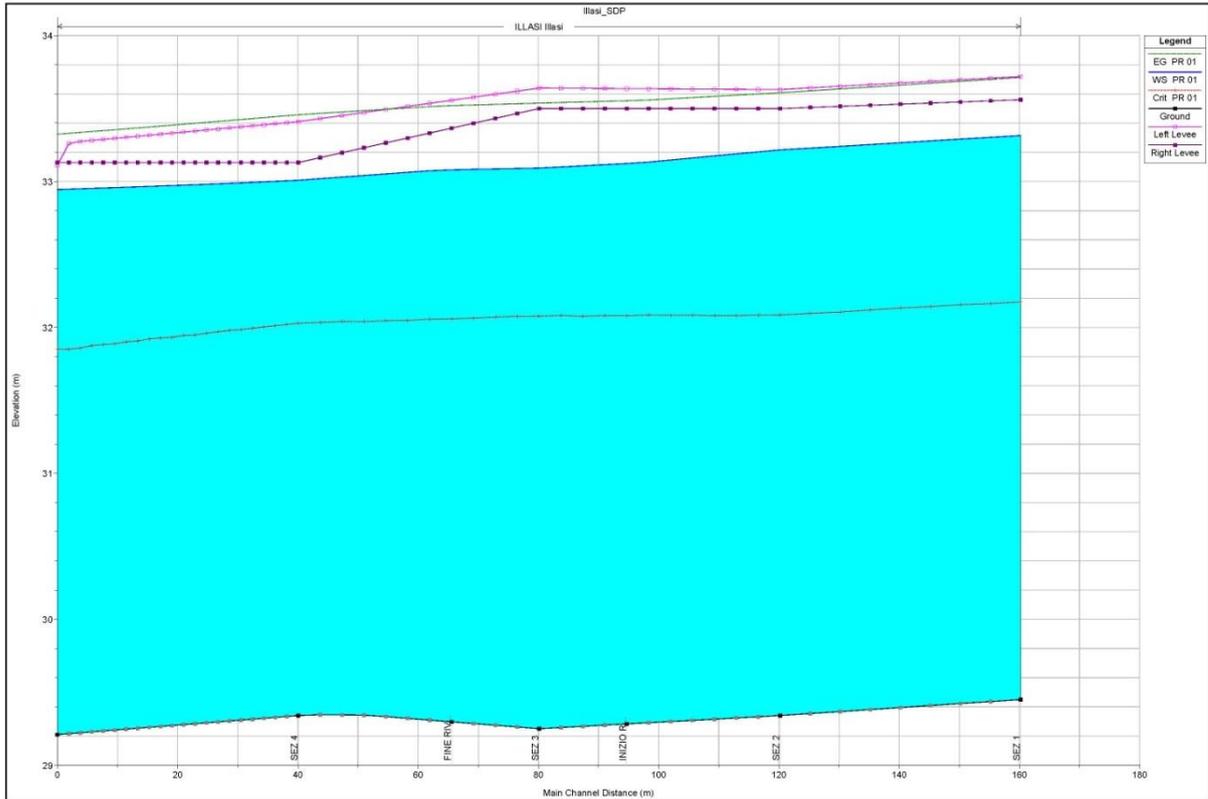
STATO DI PROGETTO

PORTATA Q=157,35 m³/s

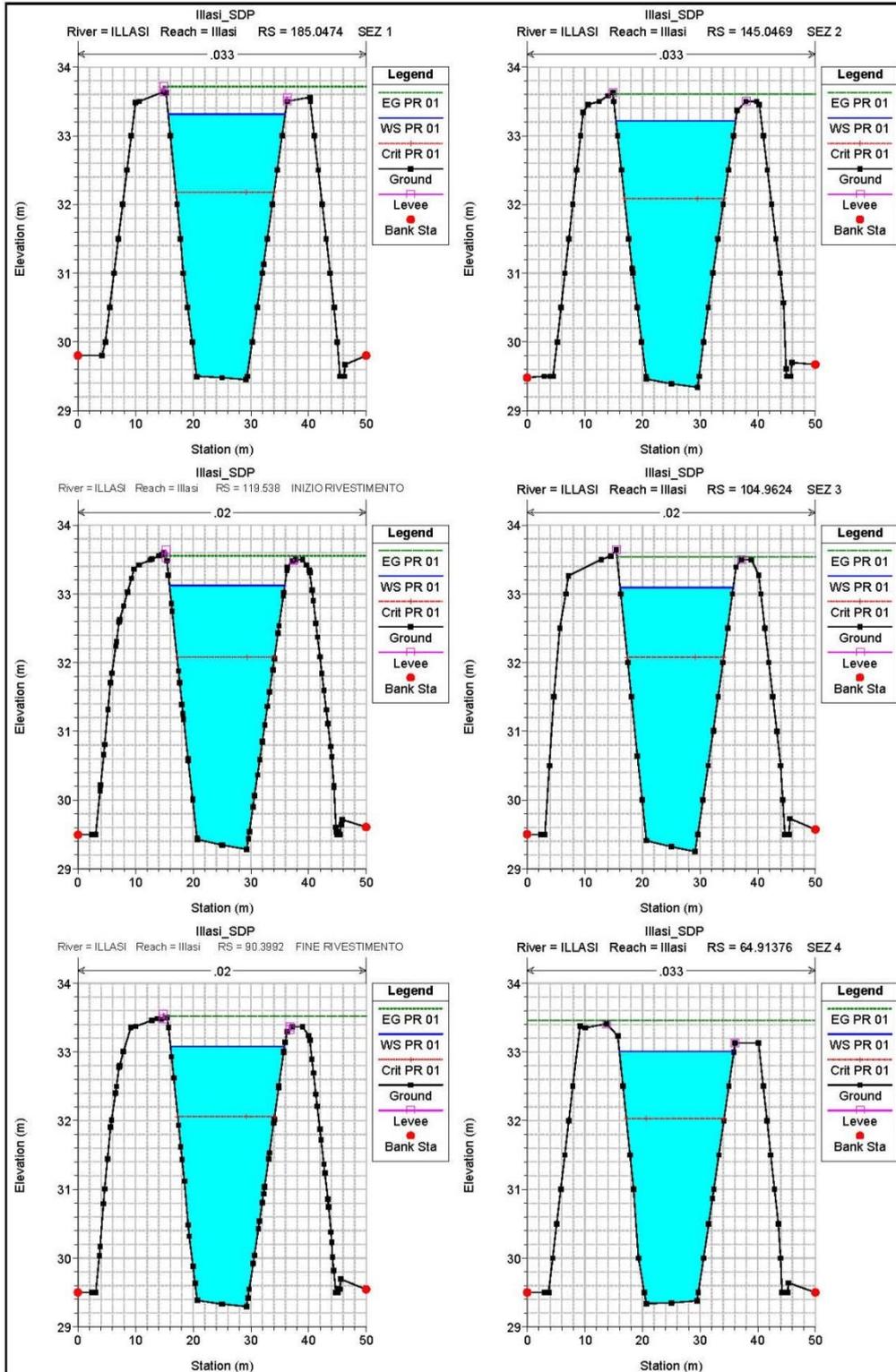
Planimetria modello HEC:

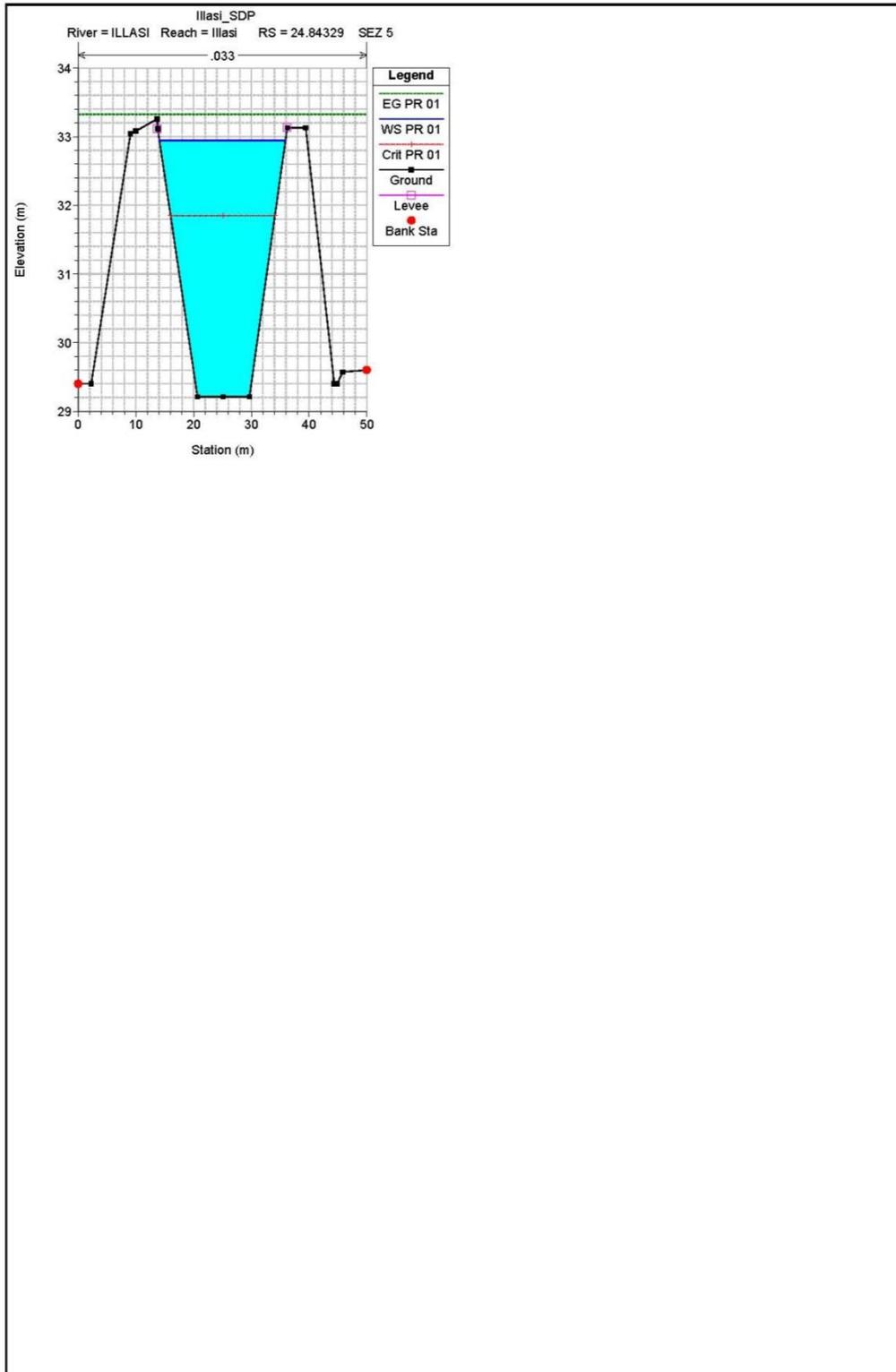


Profilo modello HEC:



Sezioni modello HEC:





INDICE PROGNOLO

1	INTRODUZIONE	344
2	ASSETTO GEOMETRICO PROGNOLO	344
3	STUDIO IDRAULICO	36
3.1	CRITERI DI VERIFICA	36
3.2	MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO	37
3.2.1	COSTRUZIONE DEL MODELLO MEDIANTE HEC-GeoRAS	37
3.2.2	IL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO: HEC-RAS	38
3.2.2.1	CALCOLO DEL POFILO IN MOTO PERMANENTE	39
3.2.2.2	PROCEDURA DI CALCOLO	42
3.3	STATO ATTUALE	44
3.3.1	COSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA	44
3.3.2	CONDIZIONI DI VERIFICA E SIMULAZIONI EFFETUATE	44
3.3.2.1	SIMULAZIONE CON PORTATA DI 19,77 m ³ /s RELATIVA A TR 30 ANNI	46
3.3.2.2	SIMULAZIONE CON PORTATA DI 24,56 m ³ /s RELATIVA A TR 100 ANNI	47
3.3.2.3	ANNULLAMENTO DEL FRANCO RISPETTO ALLA SOMMITA' ARGINALE - PORTATA PARI A 9,2 m ³ /s	48
3.4	STATO DI PROGETTO	50
3.4.1	ASSETTO GEOMETRICO DI PROGETTO	50
3.4.2	COSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA	51
3.4.3	CONDIZIONI DI VERIFICA	51
3.4.3.1	SIMULAZIONE CON PORTATA DI 19,77 m ³ /s RELATIVA A TR 30 ANNI	53
3.4.3.2	SIMULAZIONE CON PORTATA DI 24,56 m ³ /s RELATIVA A TR 100 ANNI	54
3.4.3.3	ANNULLAMENTO DEL FRANCO RISPETTO ALLA SOMMITA' ARGINALE - PORTATA PARI A 9,2 m ³ /s	55
3.4.4	VERIFICHE CON PORTATE AVENTI TR PARI A 200, 300 E 500 ANNI	56
4	CONCLUSIONI	58
	ALLEGATO - Risultati simulazioni modello HEC-RAS	60

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA		
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO		
	Titolo: RELAZIONE TECNICA		
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2RHVI02A0001B_00A	REV.	.Pag 34 di 66

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione, dopo una breve descrizione del torrente Prognolo, si passerà alla descrizione della configurazione geometrica del tratto del coso d'acqua immediatamente a monte ed a valle dell'attraversamento della linea A.V./A.C..

Lo scopo della presente relazione è la verifica idraulica, effettuata secondo i criteri indicati da ITALFERR, del corso d'acqua per un tratto a cavallo dell'attraversamento, analizzando sia la situazione dello stato di fatto che dello stato di progetto.

2 ASSETTO GEOMETRICO PROGNOLO

Il torrente Prognolo fa parte del sistema del fiume Adige.

Il torrente Prognolo nasce presso l'abitato di Illasi e dopo aver percorso circa 13.5 km, attraversando i comuni di Colognola ai Colli e Caldiero, si immette nel torrente Illasi poco a monte della confluenza nel canale S.A.V.A. dell'ENEL. Dato che il bacino del torrente comprende anche aree collinari il regime dei deflussi è caratterizzato da eventi anche improvvisi e con notevoli volumi d'acqua.

Il torrente Prognolo è un affluente del sistema Fibbio –Illasi e la sezione di chiusura del suo bacino idrografico coincide con l'immissione nell'Illasi.

L'intersezione con la linea AV avviene poco a monte dell'immissione nell'Illasi e quindi ai fini del calcolo delle portate si è considerato il contributo dell'intero bacino idrografico.



Figura 13 – Torrente Prognolo

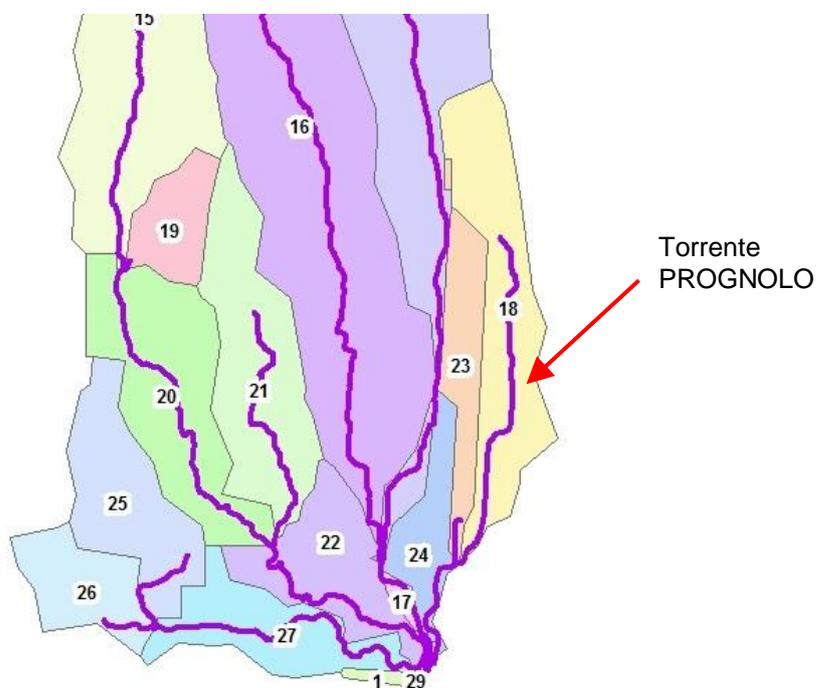


Figura 14 – Schematizzazione bacino idrografico del Prognolo

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA	
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2RHVI02A0001B_00A		REV. .Pag 36 di 66

3 STUDIO IDRAULICO

I calcoli idraulici per la definizione delle condizioni di deflusso vanno condotti con riferimento alle seguenti condizioni fisiche del corso d'acqua:

- Assenza dell'opera di progetto – **stato attuale**;
- Presenza dell'opera nella configurazione definitiva – **stato di progetto**:

Lo stato attuale dei corsi d'acqua descrive la situazione dei luoghi nella configurazione esistente.

Lo stato di progetto analizza l'ipotesi di futuro inserimento lungo l'asta fluviale del manufatto AC.

Nel tratto analizzato, avendo infrastrutture rilevanti in affiancamento, gli studi sono stati condotti rendendo compatibile la soluzione idraulica con quanto esistente o in progetto.

3.1 CRITERI DI VERIFICA

La verifica idraulica di tutti gli attraversamenti è stata effettuata in conformità a quanto definito dal Manuale di progettazione ITALFERR che è stato il documento di riferimento per la progettazione delle opere in oggetto.

In sintesi, in esso riporta una serie di direttive da seguirsi per il corretto dimensionamento delle tombature, sotto l'aspetto del tempo di ritorno da utilizzarsi per le valutazioni idrologico-idrauliche e dei franchi idraulici da rispettarsi.

In particolare, per corsi d'acqua aventi un bacino con superficie superiore a 10 km², il tempo di ritorno di riferimento è 500 anni ed occorre rispettare i seguenti franchi idraulici rispetto ai livelli relativi a tale tempo di ritorno:

- franco idraulico tra intradosso manufatto e livello della superficie libera superiore a 1 m;
- franco idraulico tra intradosso manufatto e quota di carico idraulico totale superiore a 50 cm.

Per corsi d'acqua aventi un bacino con superficie inferiore a 10 km², il tempo di ritorno di riferimento è 200 anni ed occorre rispettare la condizione di grado di riempimento del tombino inferiore al 70%.

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA	
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2RHVI02A0001B_00A	REV.	.Pag 37 di 66

3.2 MODELLO DI CALCOLO UTILIZZATO

Il codice di calcolo utilizzato per la valutazione dei profili idraulici implementa un modello in moto stazionario.

Il programma calcola profili di rigurgito in moto permanente sia in corrente lenta che veloce, inserisce eventuali risalti, prevede la presenza di attraversamenti e consente di ricavare tutti i parametri idraulici relativi al tratto analizzato

3.2.1 COSTRUZIONE DEL MODELLO MEDIANTE HEC-GeoRAS

HEC-GeoRAS è un applicativo del programma ArcView, sviluppato dall'U.S. ArmyCorps of Engineers – HydrologicEngineeringCenter. Con HEC-GeoRAS è possibile costruire la geometria di un modello in HEC-RAS completamente in ambiente GIS, una volta in possesso di un DEM in formato TIN della zona da modellizzare. In ambiente GIS si definiscono:

- l'asse del fiume;
- le "flow path", da cui si calcolano le distanze tra le sezioni sia lungo l'alveo che lungo le zone golenali;
- le "banks, che definiscono la separazione tra aree golenali e alveo inciso;
- le tracce delle sezioni, che possono essere rettilinee o formate da delle spezzate, il programma estrae i profili delle sezioni dal DEM;
- le "ineffective flow area", che permettono di definire le reali aree di deflusso nei tratti di espansione e contrazione.

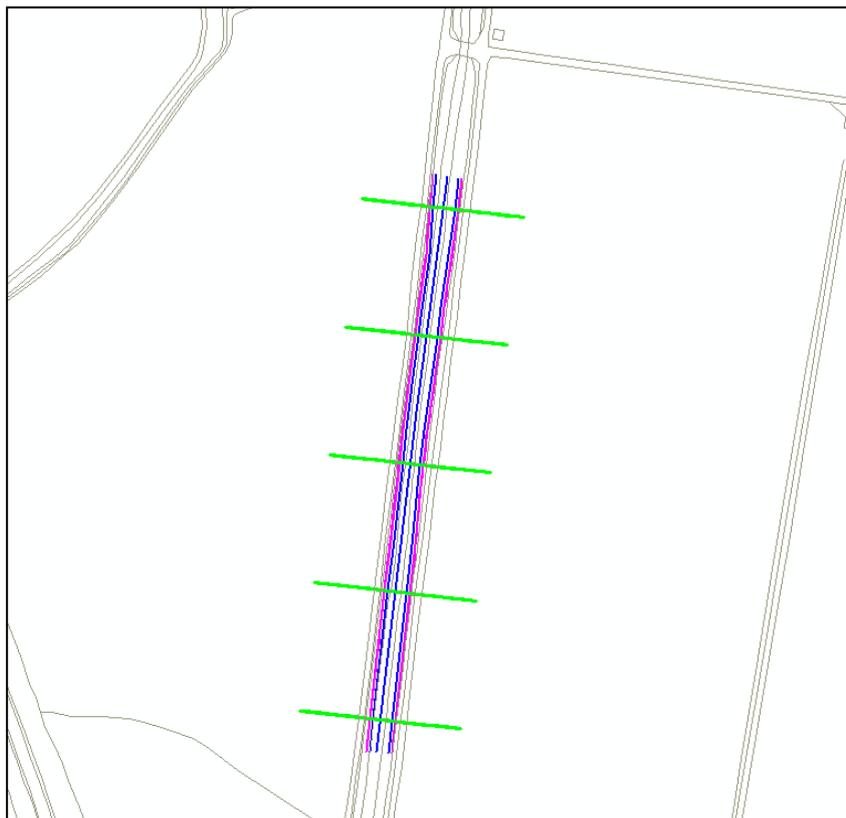


Figura 15 – Esempio di geometria in HEC-GeoRAS, in blu le flowpath, in magenta i “levees”, in verde le tracce delle sezioni.

Hec-GeoRAS esporta un file direttamente importabile in HEC-RAS. La geometria importata è georeferenziata.

3.2.2 IL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO: HEC-RAS

Il calcolo dei profili in moto permanente dei tratti di corsi d’acqua analizzati è stato fatto mediante la costruzione di modelli numerici basati sul codice di calcolo HEC-RAS (River Analysis System), sviluppato dall’U.S. ArmyCorps of Engineers – HydrologicEngineeringCenter. La versione del software utilizzata è la 4.1.0

HEC-RAS è un codice di calcolo monodimensionale che consente la determinazione di profili idrici di canali naturali e artificiali, sia in condizioni di moto permanente che di moto vario, tenendo conto dell’influenza sul moto di manufatti di vario tipo (ponti, tombini, briglie, sfioratori ecc.) eventualmente presenti nel sistema. Possono essere

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA	
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2RHVI02A0001B_00A	REV. Pag 39 di 66

modellati sia canali singoli che reti di canali naturali o artificiali, chiusi o aperti, con l'integrazione di profili di corrente lenta, veloce o di tipo "misto".

3.2.2.1 CALCOLO DEL POFILO IN MOTO PERMANENTE

Il calcolo del profilo di moto permanente è fatto risolvendo tra due sezioni consecutive l'equazione dell'energia utilizzando una procedura iterativa denominata "standard stepmethod". L'equazione dell'energia risulta è riportata nella seguente formula:

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

dove:

- Y_1, Y_2 tirante d'acqua nelle sezioni 1 e 2;
- Z_1, Z_2 quota del fondo del canale alla sezione 1 e 2;
- α_1, α_2 coefficiente di Coriolis nella sezione 1 e 2;
- g accelerazione di gravità;
- h_e perdita di carico tra la sezione 1 e 2 definita da:

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

con:

- L distanza tra le due sezioni;
- $\overline{S_f}$ pendenza media della linea dell'energia tra le due sezioni;
- C coefficiente di espansione o contrazione.

Utilizzando la formula di Manning possiamo scrivere:

$$Q = \frac{AR_H^{2/3}}{n} \sqrt{S_f} = K \sqrt{S_f}$$

Dove K (conveyance) è un parametro geometrico, una volta prefissato un livello, da cui:

$$S_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

In ogni tratto esistono due valori di S_f , uno per ogni sezione che delimita il tratto, per cui viene calcolato un valore medio nel tratto, questo valore medio può essere calcolato utilizzando diverse formulazioni:

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

Conduttività media (default per moto permanente e strutture)

$$\bar{S}_f = \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2}$$

Media aritmetica (default per moto vario)

$$\bar{S}_f = \sqrt{S_{f1} \cdot S_{f2}}$$

Media geometrica

$$\frac{1}{\bar{S}_f} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{S_{f1}} + \frac{1}{S_{f2}} \right)$$

Media armonica

Nel calcolo il codice suddivide ogni sezione, in base ai valori imposti dall'utente, in tre parti: golena sinistra, canale principale e golena destra. Ad ognuna di queste parti si possono assegnare scabrezze e distanze rispetto alla sezione successiva diverse. La possibilità di definire distanze diverse tra zone golenali e canale principale consente di meglio rappresentare situazioni in cui l'alveo di magra è particolarmente sinuoso o nei tratti in curva. In questi casi la distanza che l'acqua percorre tra una sezione e l'altra è diversa a seconda che si trovi in alveo in una golena oppure nell'altra. Il modello è in grado di calcolare in modo più corretto le perdite di carico dovute all'attrito utilizzando l'effettivo percorso effettuato, nel caso di moto vario è possibile calcolare con migliore precisione i volumi invasati tra le due sezioni.

Per ogni sottosezione il programma determina i parametri geometrici ed idraulici per cui si ha:

$$Q = (K_{LOB} + K_{Ch} + K_{ROB}) \cdot \sqrt{S_f} = Q_{LOB} + Q_{Ch} + Q_{ROB}$$

dove LOB indica la golena sinistra, Ch l'alveo inciso e ROB la golena destra.

La suddivisione in sottosezioni ha come ipotesi implicita che tra una sottosezione ed un'altra non vi sia scambio di quantità di moto, cioè che lungo il piano che le divide non ci sia attrito.

La definizione di una portata per ogni sottosezione permette il calcolo anche di una velocità distinta tra le tre diverse parti della sezione, non essendo più definita una velocità media per l'intera sezione è necessario valutare il coefficiente di Coriolis per la determinazione univoca del carico cinetico mediante la seguente formula:

$$\alpha \frac{\bar{V}}{2g} = \frac{Q_{LOB} \frac{V_{LOB}^2}{2g} + Q_{Ch} \frac{V_{Ch}^2}{2g} + Q_{ROB} \frac{V_{ROB}^2}{2g}}{Q_{LOB} + Q_{Ch} + Q_{ROB}}$$

da cui:

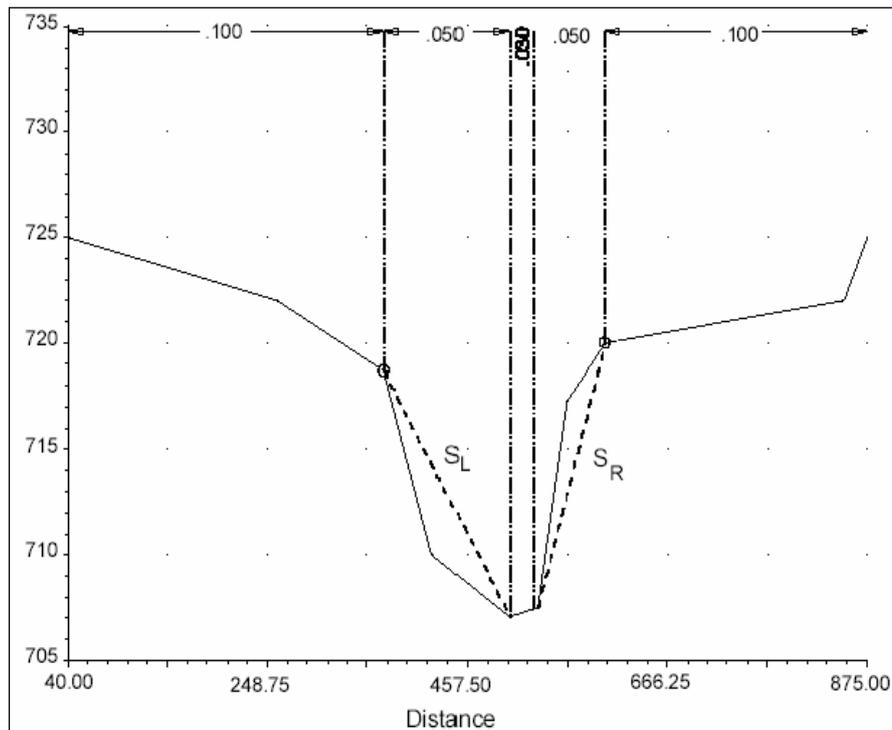
$$\alpha = \frac{A_{Tot}^2 \left[\frac{K_{LOB}^3}{A_{LOB}^2} + \frac{K_{Ch}^3}{A_{Ch}^2} + \frac{K_{ROB}^3}{A_{ROB}^2} \right]}{K_{Tot}^3}$$

La suddivisione delle portate tra le diverse sottosezioni è utilizzata anche come peso nella determinazione della distanza tra due sezioni a partire dalle tre definite:

$$L = \frac{L_{LOB} \overline{Q_{LOB}} + L_{Ch} \overline{Q_{Ch}} + L_{ROB} \overline{Q_{ROB}}}{Q_{LOB} + Q_{Ch} + Q_{ROB}}$$

La variazione di scabrezza all'interno di una sezione può essere imposta non solo tra golene e alveo inciso, ma anche in qualsiasi altro tratto. In questo caso il codice, per ognuna delle tre sottosezioni, calcola la convayance come somma delle convayancedei tratti con scabrezza diversa, sempre con l'ipotesi che tra essi non vi sia attrito. Questa ipotesi può portare però a grossi errori nel caso sia applicata al canale principale. Infatti se la variazione di scabrezza è applicata alle sponde il considerare senza attrito il piano che separa le sponde dal centro alveo fa sì che quest'ultimo non risenta dell'attrito delle sponde.

Per il canale principale il codice verifica che la pendenza del tratto in cui c'è la variazione di scabrezza (vedi figura successiva).



Nel caso S_L e/o S_R siano maggiori di 5H:1V all'interno dell'alveo principale è calcolata una scabrezza equivalente con la formula di Einstein:

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N P_i n_i^{3/2}}{P} \right]^{2/3}$$

dove P_i è il perimetro bagnato individuato da ogni tratto con scabrezza diversa.

3.2.2.2 PROCEDURA DI CALCOLO

Per la determinazione del profilo il programma parte con il calcolo in corrente lenta, cioè a partire dalla condizione al contorno della sezione di valle procede nella valutazione dei livelli nelle sezioni più a monte seguendo la seguente procedura:

6. ipotizza un livello nella sezione più a monte;
7. sulla base del livello ipotizzato calcola la convayance totale e il carico cinetico;
8. dai valori del passo 2 calcola $\overline{S_f}$ e risolve l'equazione 2 per il calcolo di h_e ;

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA		
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO		
	Titolo: RELAZIONE TECNICA		
	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2RHVI02A0001B_00A	REV.	.Pag 43 di 66

9. dai valori del passo 2 e 3 risolve l'equazione 1 e calcola il livello nella sezione di monte;
10. confronta il livello calcolato con quello ipotizzato, se la differenza è maggiore alla tolleranza imposta ripete la procedura, altrimenti passa alla sezione successiva.

Il livello determinato viene confrontato con il livello critico, se il livello determinato è superiore al livello critico la soluzione è di corrente lenta e quindi valida, se invece è inferiore la corrente non è più lenta, viene imposta sulla sezione il livello critico e il calcolo riprende dall'altezza critica.

Terminato il calcolo in corrente lenta il programma procede con il calcolo del profilo in corrente rapida partendo dalla condizione al contorno della sezione di monte. Innanzitutto viene calcolata la spinta totale con il livello calcolato per la corrente lenta e quello per la corrente rapida. Il calcolo della spinta è fatto con la seguente formula:

$$SF = \beta \frac{Q^2}{gA} + AY_G$$

Se $SF_{SUB} > SF_{SUP}$ è valida la soluzione di corrente lenta, altrimenti è valida la soluzione di corrente rapida e continua il calcolo del profilo in corrente veloce verso valle con la procedura descritta per la corrente lenta. Se è valida la soluzione di corrente lenta il programma ricerca la prima sezione verso valle in cui la soluzione del profilo in corrente lenta era stata posta $WS = WS_{CRIT}$. Da qui ha inizio il calcolo del profilo in corrente veloce verso valle, valido finché non si arriva ad una sezione con una soluzione di corrente lenta alla quale corrisponde $SF_{SUB} > SF_{SUP}$. Si assume quindi che tra questa sezione e la precedente si instauri un risalto.

3.3 STATO ATTUALE

3.3.1 COSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA

Per la simulazione dello stato di fatto si è costruito il modello del terreno a partire dal rilievo effettuato.

Attraverso il programma HecGeoRas si è ricostruita la geometria del modello individuando le sezioni principali; si è quindi importata la geometria in ambiente HEC e si sono inseriti i dati caratteristici del modello.

STRALCIO PLANIMETRICO
STATO DI FATTO

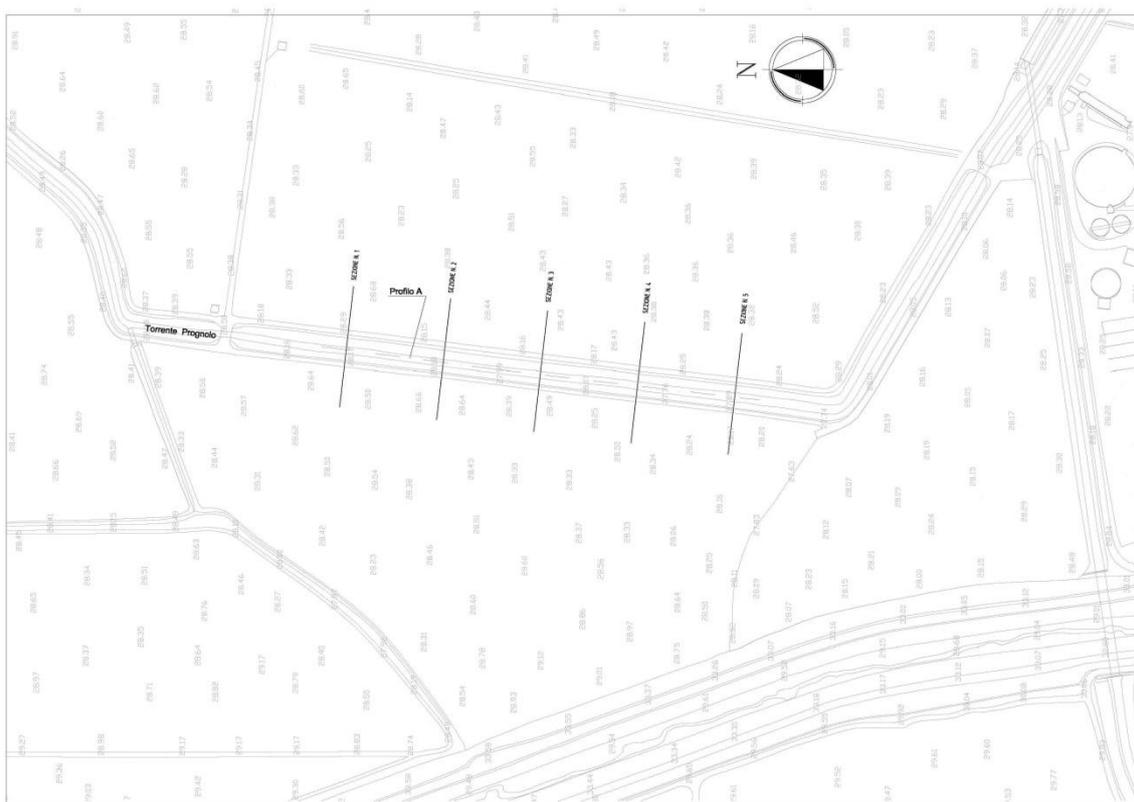


Figura 16 – Planimetria del torrente Prognolo – stato di fatto

3.3.2 CONDIZIONI DI VERIFICA E SIMULAZIONI EFFETUATE

Le portate utilizzate nelle verifiche idrauliche sono le portate massime degli idrogrammi forniti dall'Autorità di Bacino del fiume Adige relativi alle elaborazioni eseguite per il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni. Gli idrogrammi considerati sono associati a tempi di ritorno pari a 30, 100 e 300 anni come indicato dalla Direttiva Quadro Alluvioni.

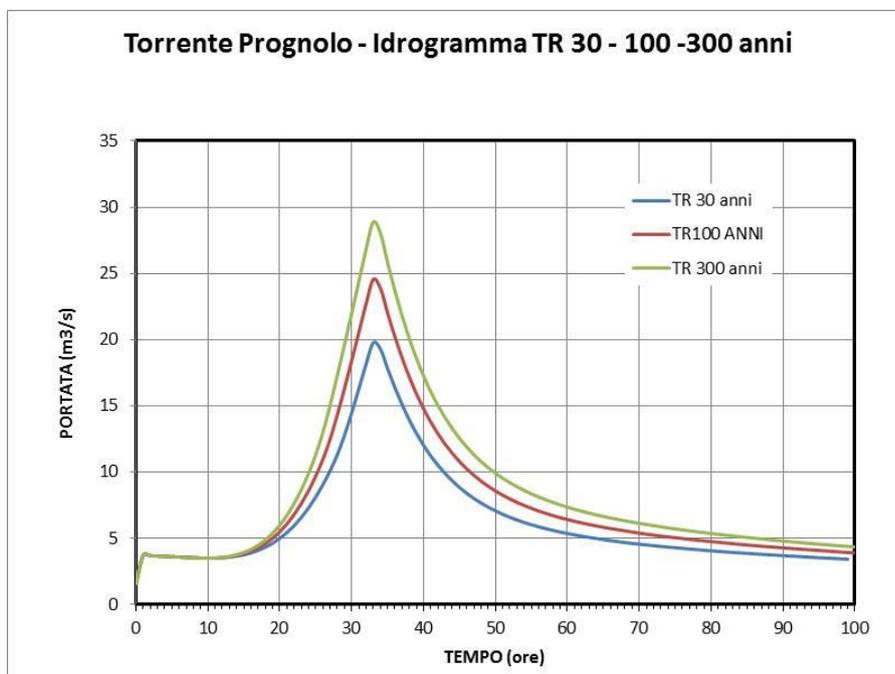


Figura 17 – Idrogrammi del Prognolo

Le verifiche sono state effettuate considerando la portata pari a $19,77 \text{ m}^3/\text{s}$ relativa ad un tempo di ritorno Tr di 30 anni e la portata pari a $24,56 \text{ m}^3/\text{s}$ relativa ad un tempo di ritorno Tr di 100 anni. Come vedremo dai risultati sotto riportati, il torrente non è in grado di contenere queste portate. Per poter fare un confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto si è svolta la verifica con portata di $9,2 \text{ m}^3/\text{s}$ che annulla il franco idraulico e non comporta esondazioni del torrente.

Come condizione al contorno di valle è stata considerata una pendenza della linea dell'energia pari a quella media del fondo.

Come scabrezze sono stati considerati valori, secondo la formulazione di Manning, pari a $n=0.033$ (alveo naturale con presenza di vegetazione). I coefficienti di contrazione ed espansione sono stati definiti rispettivamente pari a 0.1 e 0.3.

Si riporta di seguito lo schema planimetrico del modello HEC-RAS sviluppato con indicate le sezioni per le quali verranno presentati i risultati nel paragrafo successivo.

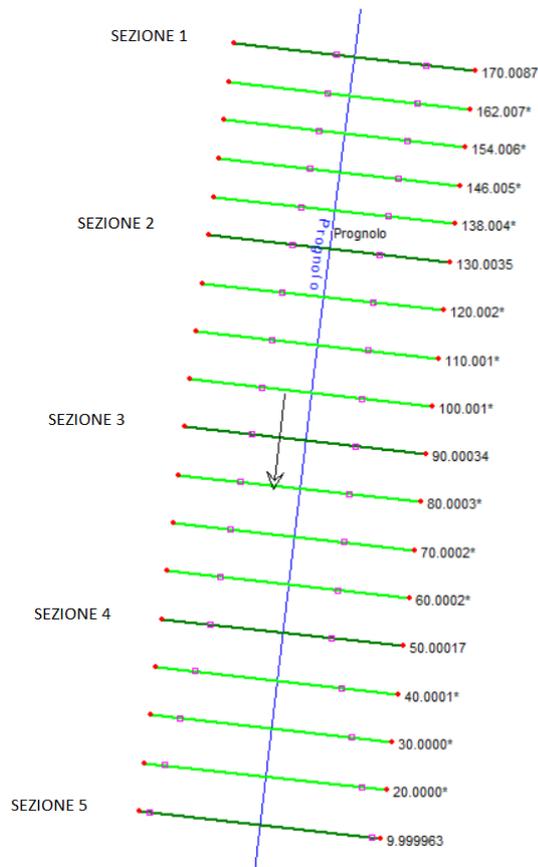


Figura 18 –Geometria in HEC-RAS dello stato di fatto, Torrente Prognolo.

Per determinare con accuratezza il gradiente di energia, necessaria per calcolare un valore attendibile delle perdite di attrito e di quelle di espansione e contrazione, è stato necessario incrementare in fase di calcolo le sezioni trasversali andando ad interpolare le sezioni importate.

3.3.2.1 SIMULAZIONE CON PORTATA DI 19,77 m³/s RELATIVA A TR 30 ANNI

La prima verifica è stata svolta a moto permanente considerando una portata pari a $19,77 \text{ m}^3/\text{s}$ relativa ad un tempo di ritorno di 30 anni.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

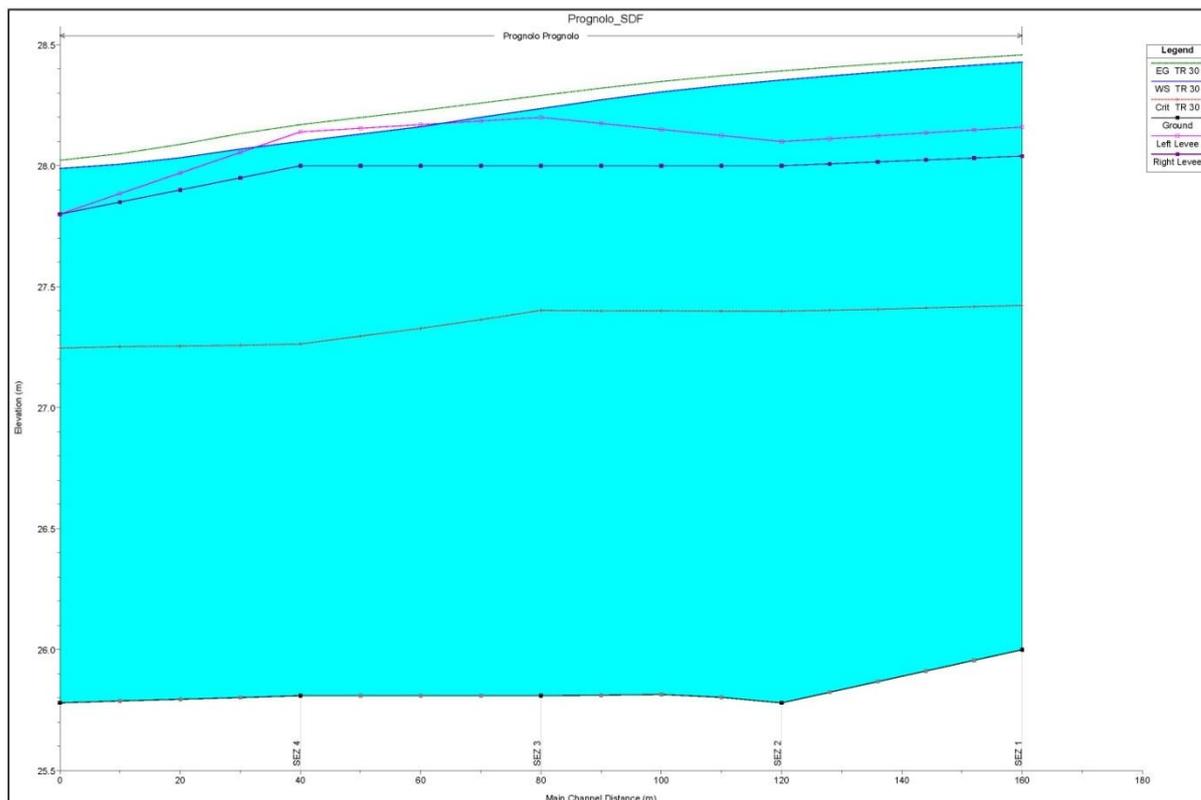


Figura 19 – Profilo dello stato di fatto, torrente Prognolo - $Q=19,77 \text{ m}^3/\text{s}$ TR30 anni.

I risultati di questa simulazione mostrano come nel tratto analizzato il torrente Prognolo risulta avere una sezione non adeguata per contenere tale valore di portata.

3.3.2.2 SIMULAZIONE CON PORTATA DI $24,56 \text{ m}^3/\text{s}$ RELATIVA A TR 100 ANNI

La prima verifica è stata svolta a moto permanente considerando una portata pari a $24,56 \text{ m}^3/\text{s}$ relativa ad un tempo di ritorno di 100 anni.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

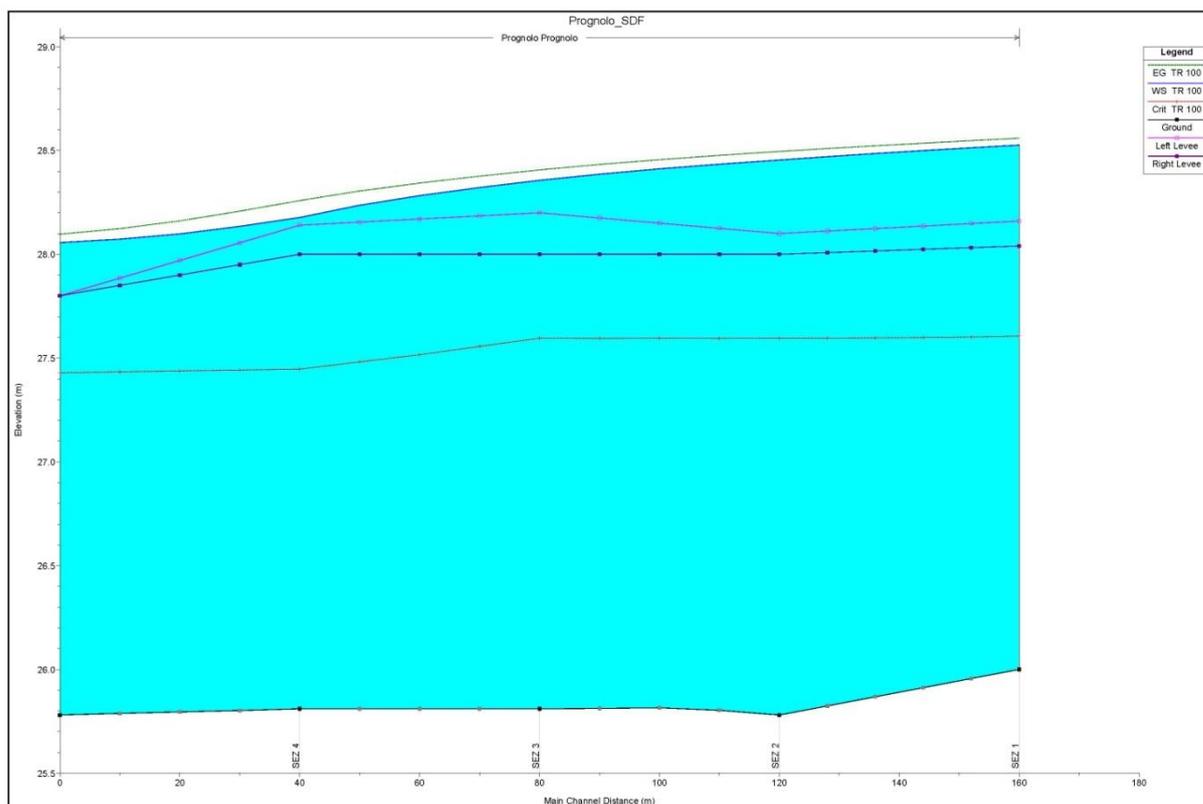


Figura 20 – Profilo dello stato di fatto, torrente Prognolo - $Q=24,56 \text{ m}^3/\text{s}$ TR100 anni.

I risultati di questa simulazione mostrano come nel tratto analizzato il torrente Prognolo risulta avere una sezione non adeguata per contenere tale valore di portata.

3.3.2.3 ANNULLAMENTO DEL FRANCO RISPETTO ALLA SOMMITA' ARGINALE - PORTATA PARI A $9,2 \text{ m}^3/\text{s}$

Alla luce dei risultati ottenuti nelle verifiche riportate nei paragrafi precedenti, che sono state effettuate considerando la portata relativa al tempo di ritorno di 30 e 100 anni, risulta necessario, per poter fare un confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto, considerare una portata tale da annullare il franco idraulico e non provocare esondazioni lungo il tratto analizzato. Tale portata è risultata essere pari a $9,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

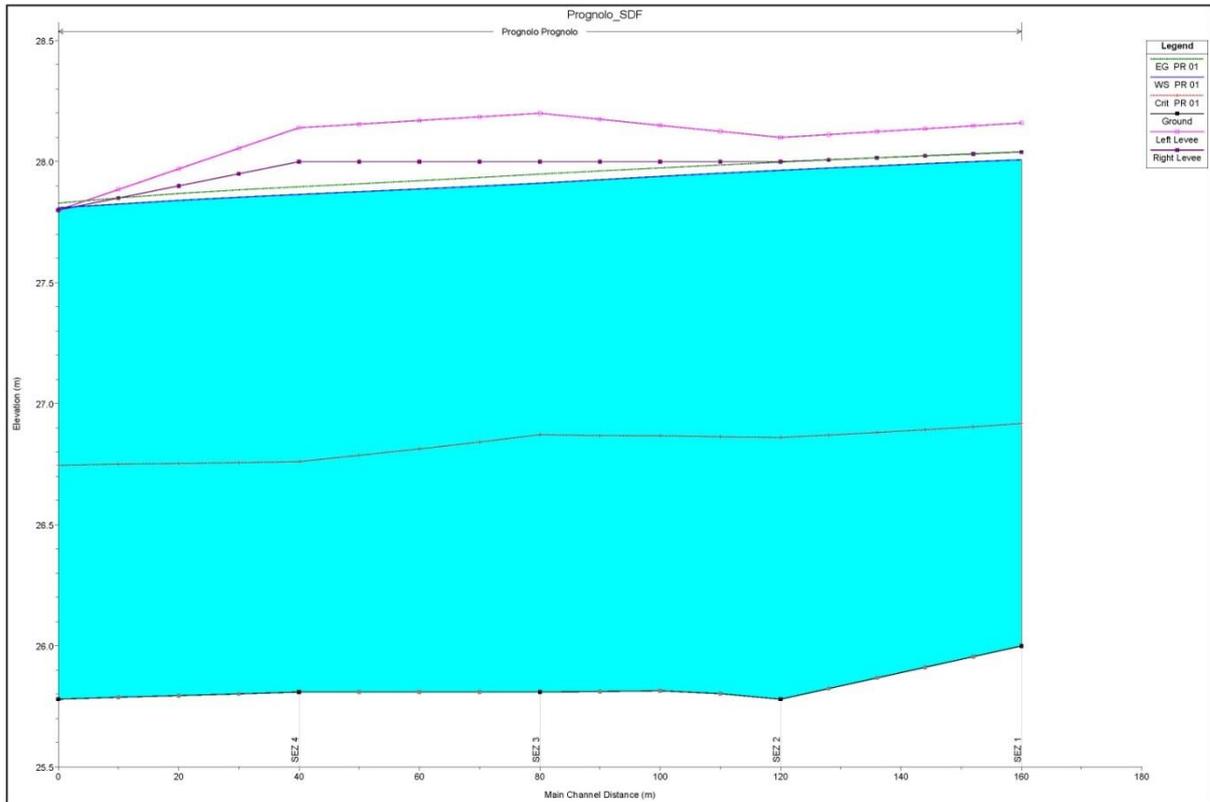


Figura 21 – Profilo dello stato di fatto, Torrente Prognolo - Q=9,2 m3/s.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati ottenuti:

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 # Chl
Prognolo	170.0087	PR 01	9.20	26.00	28.01	28.92	28.04	0.000984	0.80	11.45	13.52	0.28
Prognolo	130.0035	PR 01	9.20	25.78	27.96	28.86	28.00	0.001124	0.81	11.38	14.81	0.29
Prognolo	90.00034	PR 01	9.20	25.81	27.91	28.87	27.95	0.001349	0.86	10.75	14.81	0.32
Prognolo	50.00017	PR 01	9.20	25.81	27.86	28.76	27.90	0.001169	0.78	11.73	16.86	0.30
Prognolo	9.999963	PR 01	9.20	25.78	27.81	28.75	27.83	0.002002	0.60	15.23	49.99	0.35

Figura 22 – Tabella riassuntiva dei risultati dello stato di fatto, Torrente Prognolo - Q=9,2 m3/s .

In allegato si riportano i risultati sulle sezioni principali.

3.4 STATO DI PROGETTO

3.4.1 ASSETTO GEOMETRICO DI PROGETTO

Il torrente Prognolo viene attraversato dalla linea con un ponte ad unica campata di luce di 25 m alla progr. 11+702,92. Il ponte in progetto non presenta elementi in alveo che possono modificare il deflusso idrico.

In fase di progetto è previsto il rivestimento delle sezioni a cavallo dell'attraversamento per una lunghezza di 25 m con calcestruzzo e pietrame.

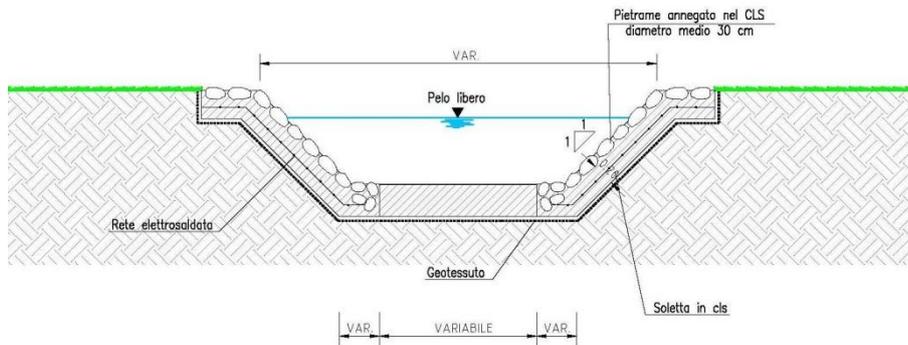


Figura 23 – Sezione tipo di progetto.

STRALCIO PLANIMETRICO
STATO DI PROGETTO

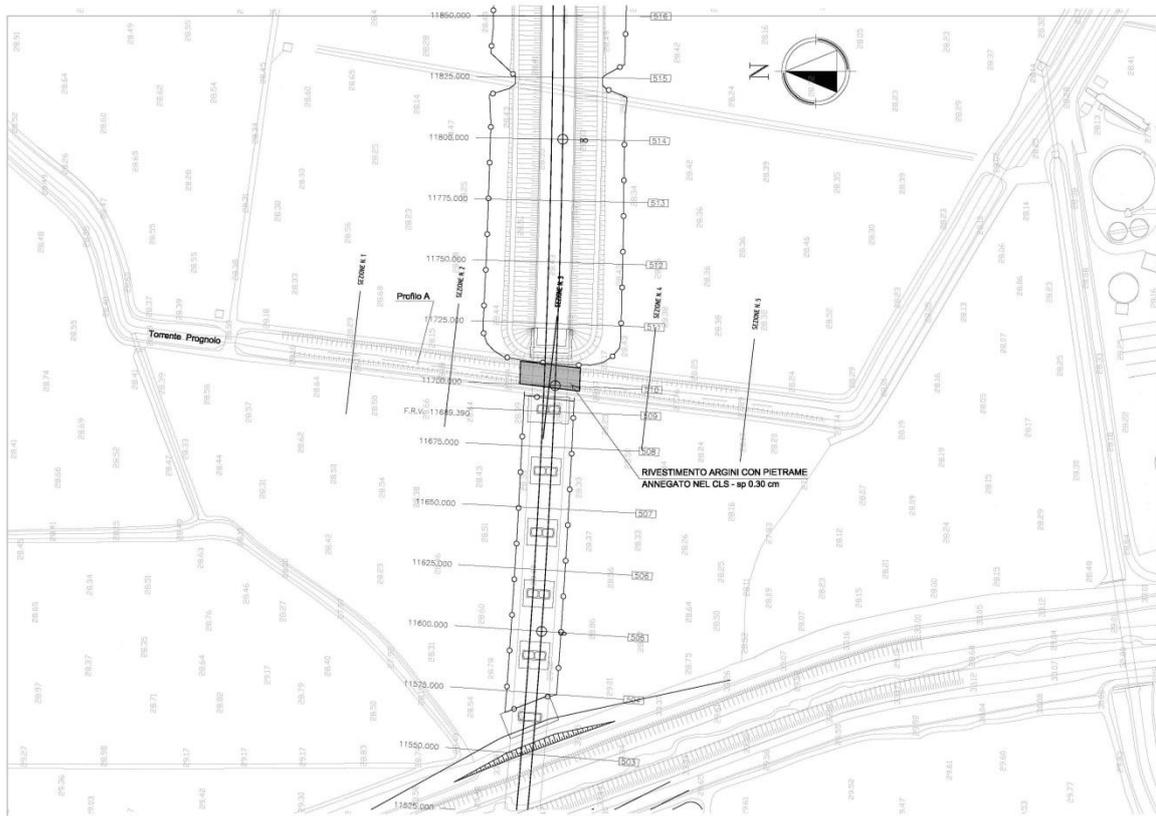


Figura 24 – Planimetria del torrente Prognolo – stato di progetto

3.4.2 COSTRUZIONE DELLA GEOMETRIA

Per la simulazione dello stato di progetto si è costruito il modello del terreno a partire dal rilievo effettuato e inserendo su questo le sezioni di progetto.

Attraverso il programma HecGeoRas si è ricostruita la geometria del modello individuando le sezioni principali; si è quindi importata la geometria in ambiente HEC e si sono inseriti i dati caratteristici del modello.

3.4.3 CONDIZIONI DI VERIFICA

 ATI bonifica	Linea AV/AC VERONA – PADOVA	
	1° Sublotto: VERONA – MONTEBELLO VICENTINO	
	Titolo: RELAZIONE TECNICA	
PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO IN0D00DI2RHVI02A0001B_00A	REV.	.Pag 52 di 66

Le portate utilizzate nelle verifiche idrauliche sono le portate massime degli idrogrammi forniti dall'Autorità di Bacino del fiume Adige relativi alle elaborazioni eseguite per il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni. Gli idrogrammi considerati sono associati a tempi di ritorno pari a 30, 100 e 300 anni come indicato dalla Direttiva Quadro Alluvioni.

Le verifiche sono state effettuate considerando la portata pari a $19,77 \text{ m}^3/\text{s}$ relativa ad un tempo di ritorno T_r di 30 anni e la portata pari a $24,56 \text{ m}^3/\text{s}$ relativa ad un tempo di ritorno T_r di 100 anni. Come vedremo dai risultati sotto riportati, il torrente non è in grado di contenere queste portate. Per poter fare un confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto si è svolta la verifica con portata di $9,2 \text{ m}^3/\text{s}$ che annulla il franco idraulico e non provoca esondazioni lungo il torrente.

Come condizione al contorno di valle è stata considerata una pendenza della linea dell'energia pari a quella media del fondo.

Come scabrezze sono stati considerati valori, secondo la formulazione di Manning, pari a $n=0.033$ (alveo naturale con presenza di vegetazione) e un valore pari a $n=0.02$ (sezione rivestita con calcestruzzo e pietrame). I coefficienti di contrazione ed espansione sono stati definiti rispettivamente pari a 0.1 e 0.3.

Si riporta di seguito lo schema planimetrico del modello HEC-RAS sviluppato con indicate le sezioni per le quali verranno presentati i risultati nel paragrafo successivo e la localizzazione del tratto che verrà rivestito.

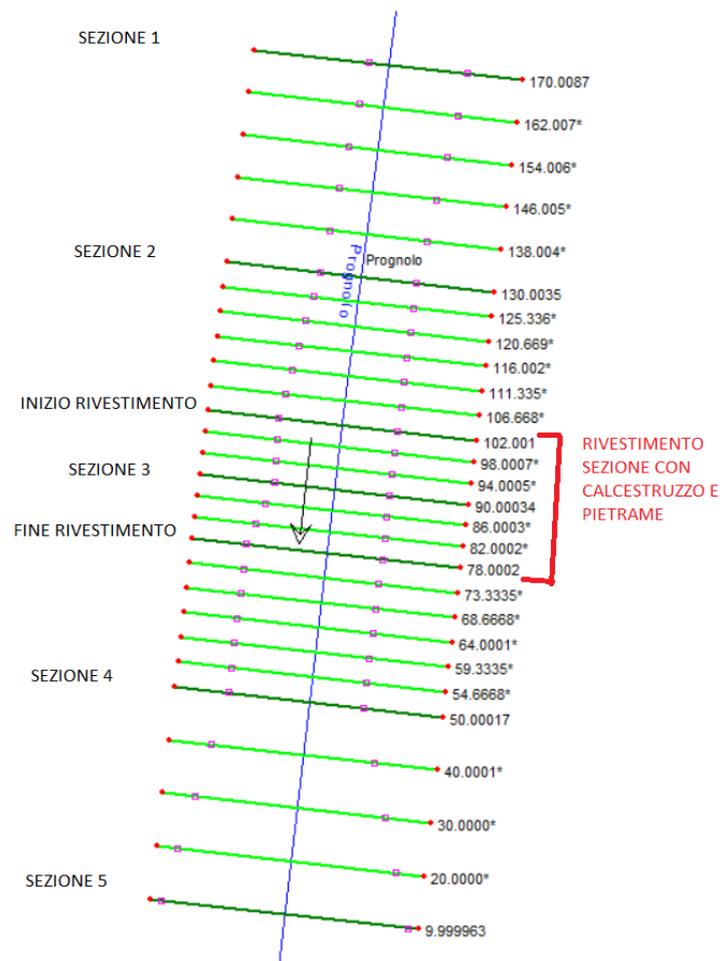


Figura 25 –Geometria in HEC-RAS dello stato di progetto, Torrente Prognolo

Per determinare con accuratezza il gradiente di energia, necessaria per calcolare un valore attendibile delle perdite di attrito e di quelle di espansione e contrazione, è stato necessario incrementare in fase di calcolo le sezioni trasversali andando ad interpolare le sezioni importate.

3.4.3.1 SIMULAZIONE CON PORTATA DI 19,77 m³/s RELATIVA A TR 30 ANNI

La prima verifica è stata svolta a moto permanente considerando una portata pari a 19,77 m³/s relativa ad un tempo di ritorno di 30 anni.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

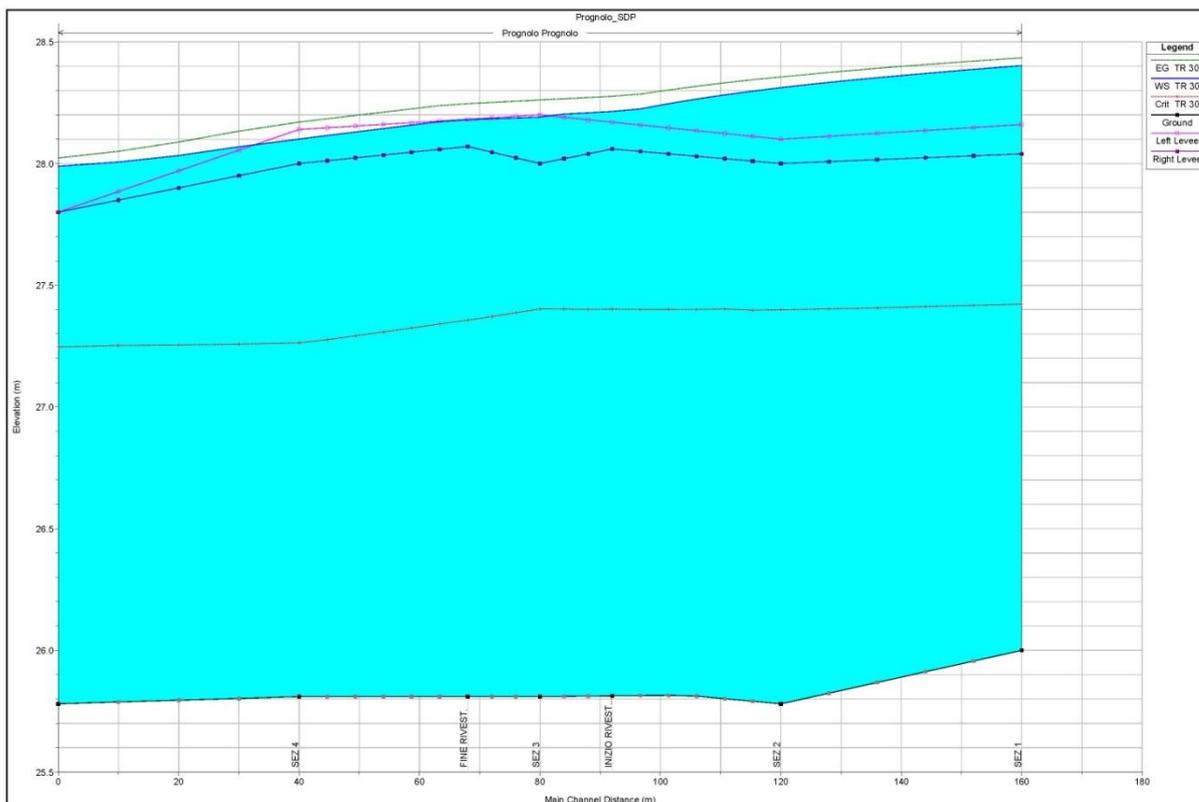


Figura 26 – Profilo dello stato di progetto, torrente Prognolo - $Q=19,77 \text{ m}^3/\text{s}$ TR30 anni.

I risultati di questa simulazione mostrano come nel tratto analizzato il torrente Prognolo risulta avere una sezione non adeguata per contenere tale valore di portata.

3.4.3.2 SIMULAZIONE CON PORTATA DI $24,56 \text{ m}^3/\text{s}$ RELATIVA A TR 100 ANNI

La prima verifica è stata svolta a moto permanente considerando una portata pari a $24,56 \text{ m}^3/\text{s}$ relativa ad un tempo di ritorno di 100 anni.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

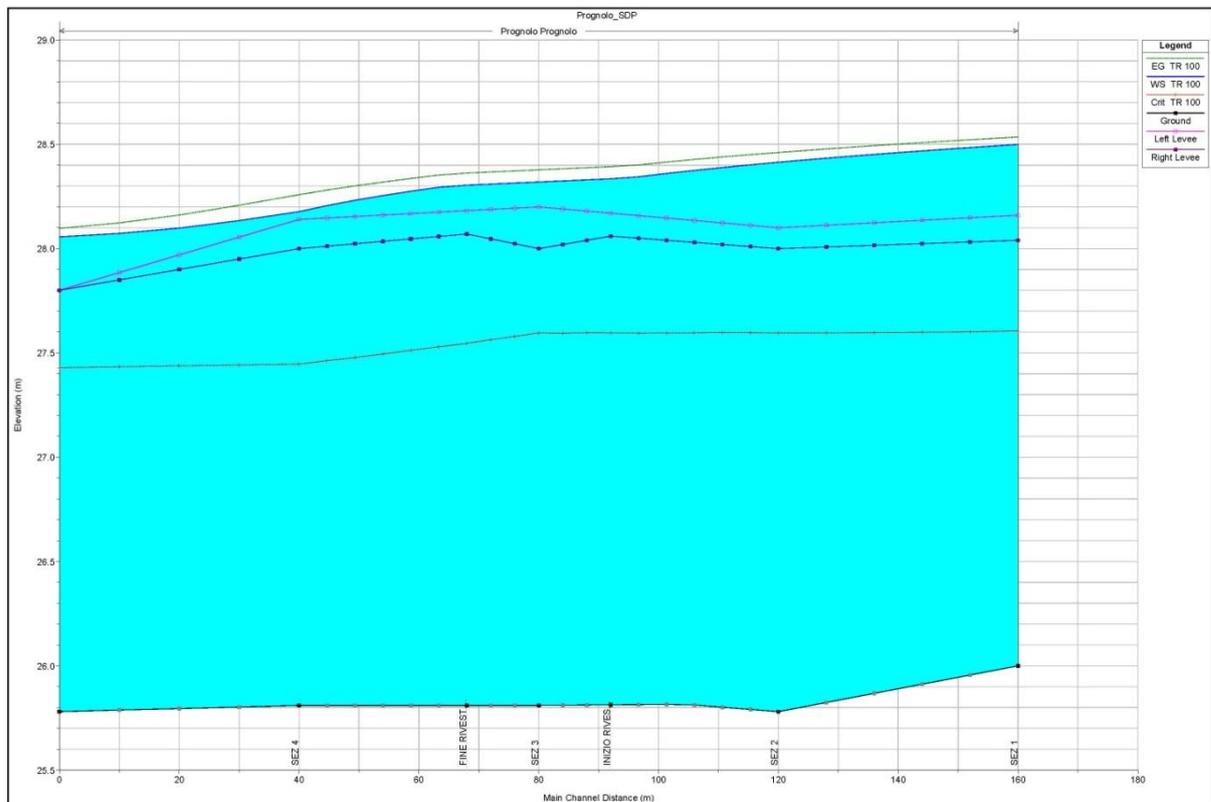


Figura 27 – Profilo dello stato di progetto, torrente Prognolo - $Q=24,56 \text{ m}^3/\text{s}$ TR100 anni.

I risultati di questa simulazione mostrano come nel tratto analizzato il torrente Prognolo risulta avere una sezione non adeguata per contenere tale valore di portata.

3.4.3.3 ANNULLAMENTO DEL FRANCO RISPETTO ALLA SOMMITA' ARGINALE - PORTATA PARI A $9,2 \text{ m}^3/\text{s}$

Alla luce dei risultati ottenuti nelle verifiche riportate nei paragrafi precedenti, che sono state effettuate considerando la portata relativa al tempo di ritorno di 30 e 100 anni, risulta necessario, per poter fare un confronto tra lo stato di fatto e lo stato di progetto, considerare una portata tale da annullare il franco idraulico e non provocare esondazioni lungo il tratto analizzato. Tale portata è risultata essere pari a $9,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Si riporta di seguito il profilo ottenuto:

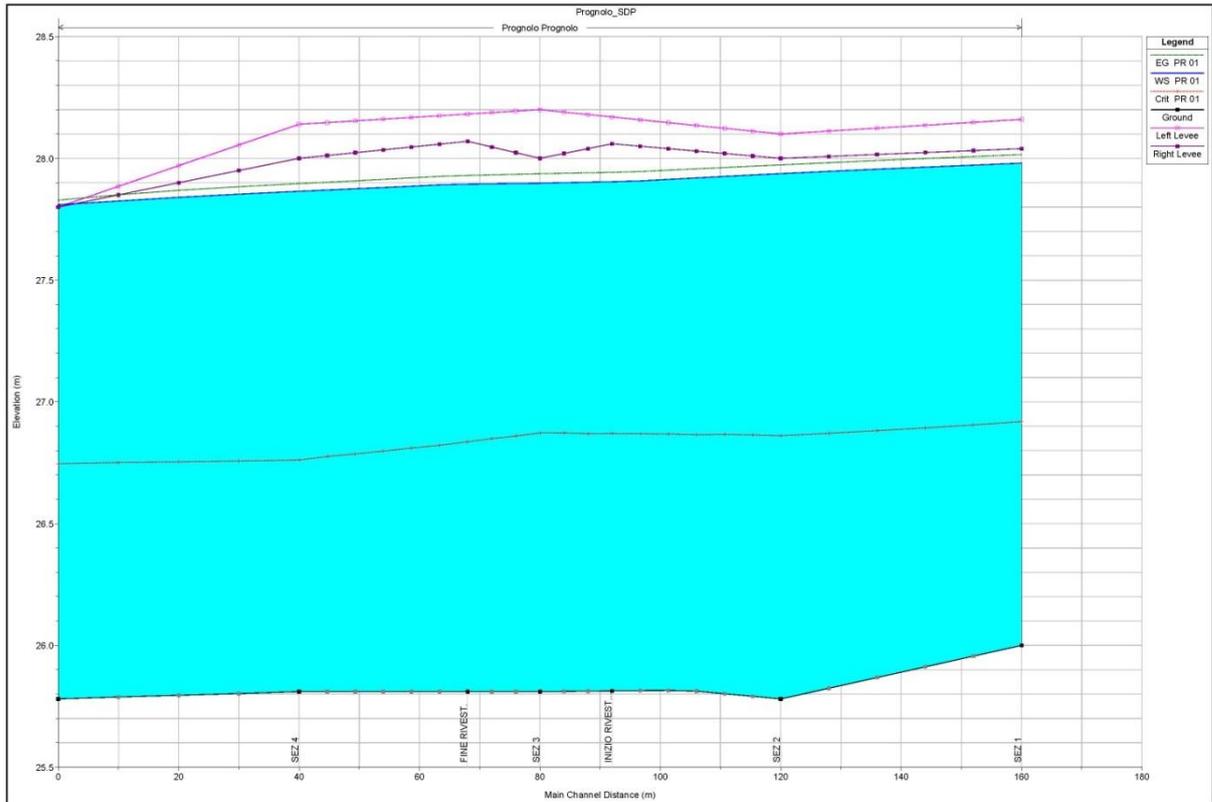


Figura 28 – Profilo dello stato di progetto, Torrente Prognolo - $Q=9,2$ m³/s.

Nella seguente tabella sono riportati i risultati ottenuti:

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /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 ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Prognolo	170.0087	PR 01	9.20	26.00	27.98	26.92	28.02	0.001030	0.83	11.09	12.97	0.29
Prognolo	130.0035	PR 01	9.20	25.78	27.94	26.86	27.97	0.001128	0.84	10.99	13.53	0.30
Prognolo	102.001	PR 01	9.20	25.81	27.90	26.87	27.94	0.000467	0.87	10.60	13.58	0.31
Prognolo	90.00034	PR 01	9.20	25.81	27.90	26.87	27.94	0.000497	0.87	10.56	14.15	0.32
Prognolo	78.0002	PR 01	9.20	25.81	27.89	26.84	27.93	0.000476	0.84	10.98	15.19	0.31
Prognolo	50.00017	PR 01	9.20	25.81	27.86	26.76	27.90	0.001169	0.78	11.73	16.66	0.30
Prognolo	9.999963	PR 01	9.20	25.78	27.81	26.75	27.83	0.002002	0.60	15.23	49.99	0.35

Figura 29 – Tabella riassuntiva dei risultati dello stato di progetto, Torrente Prognolo - $Q=9,2$ m³/s .

In allegato si riportano i risultati sulle sezioni principali.

3.4.4 VERIFICHE CON PORTATE AVENTI TR PARI A 200, 300 E 500 ANNI

Al fine di soddisfare quanto richiesto dalle NTC 2008 e dal Manuale di Italferr sono state eseguite le verifiche del franco idraulico nelle seguenti ipotesi:

- Portata di progetto con tempo di ritorno pari a 200, 300 e 500 anni

- Possibilità di alzare la sommità arginale oppure allargare la sezione del fiume all'interno della campata del ponte, mantenendo in alveo l'intera portata di deflusso
- Franco minimo pari a 1.5 m con $Tr = 200$ anni
- Franco minimo nullo con $Tr = 500$ anni

Le portate utilizzate nelle verifiche idrauliche sono le portate massime degli idrogrammi forniti dall'Autorità di Bacino del fiume Adige relativi alle elaborazioni eseguite per il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni. Per determinare le portate relative al tempo di ritorno di 200 e 500 anni è stata fatta una regressione logaritmica sui dati associati a tempi di ritorno pari a 30, 100 e 300 anni forniti dall'Autorità di Bacino. Di seguito sono riportati i valori delle portate massime associate al tempo di ritorno (anni).

TEMPO DI RITORNO	30	100	200	300	500
PORTATA (m ³ /s)	19.77	24.56	27.29	28.89	30.92

Nelle tabelle sotto riportate sono indicati i risultati ottenuti tramite le simulazioni con HEC-RAS ipotizzando l'innalzamento delle sommità arginali.

- Tabella dati della simulazione con portata $Tr=200$ anni

HEC-RAS Plan: PrognoloTR200 River: Prognolo Reach: Prognolo Profile: TR 200

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 # Chl
Prognolo	170.0087	TR 200	27.29	26.00	28.49	27.70	28.58	0.002065	1.32	20.69	20.02	0.41
Prognolo	130.0035	TR 200	27.29	25.78	28.38	27.71	28.49	0.002544	1.47	18.61	17.93	0.46
Prognolo	102.001	TR 200	27.29	25.81	28.30	27.72	28.41	0.001195	1.46	18.63	22.35	0.51
Prognolo	90.00034	TR 200	27.29	25.81	28.28	27.72	28.40	0.001252	1.51	18.11	21.52	0.52
Prognolo	78.0002	TR 200	27.29	25.81	28.28	27.66	28.38	0.001166	1.39	19.64	25.29	0.50
Prognolo	50.00017	TR 200	27.29	25.81	28.19	27.54	28.29	0.003559	1.44	18.92	25.14	0.53
Prognolo	9.999963	TR 200	27.29	25.78	28.10	27.57	28.15	0.002003	0.96	28.43	46.00	0.39

- Tabella dati della simulazione con portata $Tr=300$ anni

HEC-RAS Plan: Plan 14 River: Prognolo Reach: Prognolo Profile: TR 300

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 # Chl
Prognolo	170.0087	TR 300	28.29	26.00	28.51	27.73	28.60	0.002093	1.34	21.07	20.02	0.42
Prognolo	130.0035	TR 300	28.29	25.78	28.39	27.77	28.51	0.002605	1.50	18.89	17.93	0.47
Prognolo	102.001	TR 300	28.29	25.81	28.32	27.77	28.43	0.001214	1.49	18.96	22.35	0.52
Prognolo	90.00034	TR 300	28.29	25.81	28.30	27.77	28.42	0.001276	1.54	18.41	21.52	0.53
Prognolo	78.0002	TR 300	28.29	25.81	28.29	27.71	28.40	0.001180	1.41	20.01	25.29	0.51
Prognolo	50.00017	TR 300	28.29	25.81	28.20	27.57	28.31	0.003623	1.47	19.23	25.14	0.54
Prognolo	9.999963	TR 300	28.29	25.78	28.11	27.82	28.16	0.002001	0.97	29.06	46.00	0.39

- Tabella dati della simulazione con portata Tr=500 anni

HEC-RAS Plan: PrognoloTR500 River: Prognolo Reach: Prognolo Profile: TR 500

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 # Chl
Prognolo	170.0087	TR 500	30.92	26.00	28.56	27.92	28.66	0.002165	1.40	22.04	20.02	0.43
Prognolo	130.0035	TR 500	30.92	25.78	28.43	27.88	28.56	0.002765	1.58	19.60	17.93	0.48
Prognolo	102.001	TR 500	30.92	25.81	28.35	28.00	28.48	0.001262	1.56	19.79	22.35	0.53
Prognolo	90.00034	TR 500	30.92	25.81	28.33	28.00	28.46	0.001336	1.61	19.18	21.52	0.55
Prognolo	78.0002	TR 500	30.92	25.81	28.33	27.97	28.44	0.001216	1.48	20.94	25.29	0.52
Prognolo	50.00017	TR 500	30.92	25.81	28.23	27.68	28.35	0.003791	1.54	20.03	25.14	0.55
Prognolo	9.999963	TR 500	30.92	25.78	28.15	27.84	28.20	0.002001	1.01	30.68	46.00	0.39

Nella tabella seguente è riportata la verifica del franco idraulico considerando i livelli idrici in corrispondenza della sezione di attraversamento del ponte e la quota di intradosso dell'impalcato pari a 33.20 m.

TEMPO DI RITORNO	LIVELLI IDRICI	FRANCO IDRAULICO
200 anni	28.28 m	4.92 m
300 anni	28.30 m	4.90 m
500 anni	28.33 m	4.87 m

La luce libera presente tra la quota di fondo alveo pari a circa 25.81 m e la quota di intradosso dell'impalcato pari a circa 33.20 risulta pari a 7.39 m.

4 CONCLUSIONI

Lo stato di fatto si differenzia dallo stato di progetto solamente per la realizzazione del rivestimento delle sezioni con calcestruzzo e pietrame per un tratto di lunghezza pari

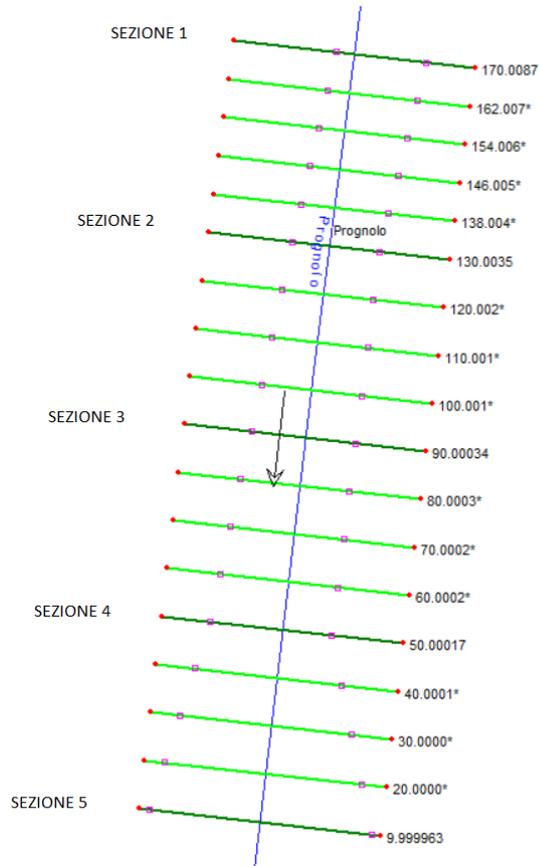
a 25 m a cavallo dell'attraversamento della linea ferroviaria di progetto. Dal confronto delle simulazioni svolte nell'ipotesi di portata con $Tr=30$ anni, $Tr=100$ anni e di annullamento del franco nello stato di fatto si può notare come i risultati siano praticamente gli stessi, con un leggero miglioramento delle condizioni di deflusso nella condizione di progetto dovuta alla diminuzione di scabrezza nelle sezioni rivestite. La verifica del franco idraulico nell'ipotesi di portate con tempi di ritorno pari a 200 anni, 300 anni e 500 anni e innalzamento degli argini, ha dato esito positivo.

ALLEGATO - Risultati simulazioni modello HEC-RAS

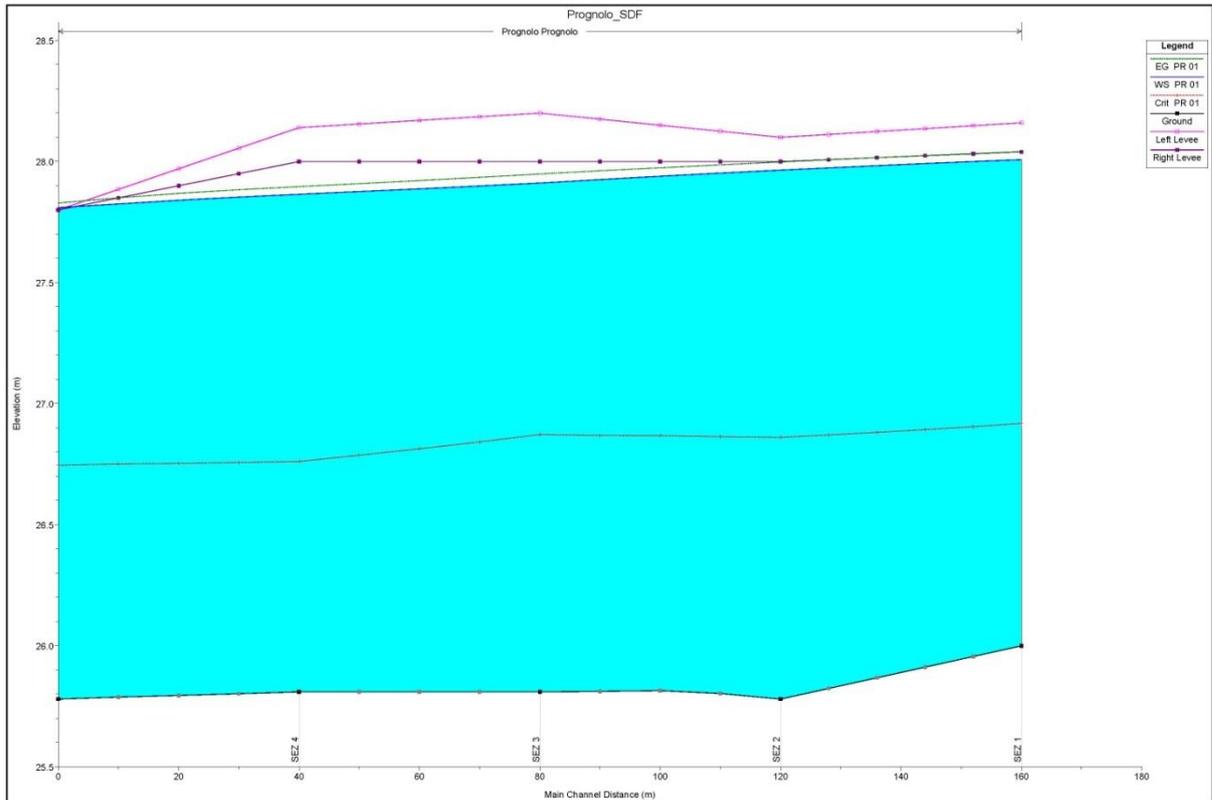
STATO DI FATTO

PORTATA $Q=9,2 \text{ m}^3/\text{s}$

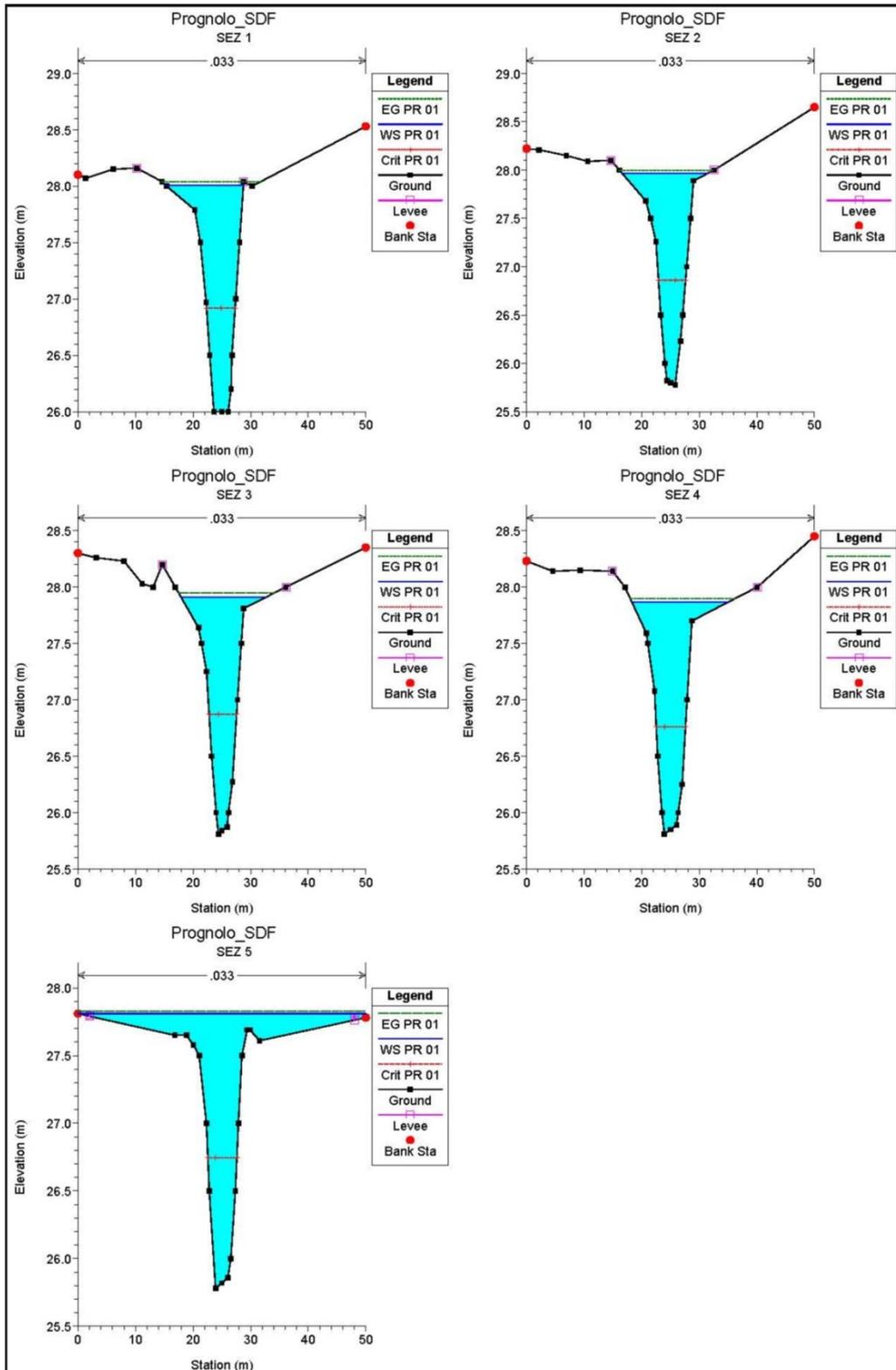
Planimetria modello HEC:



Profilo modello HEC:



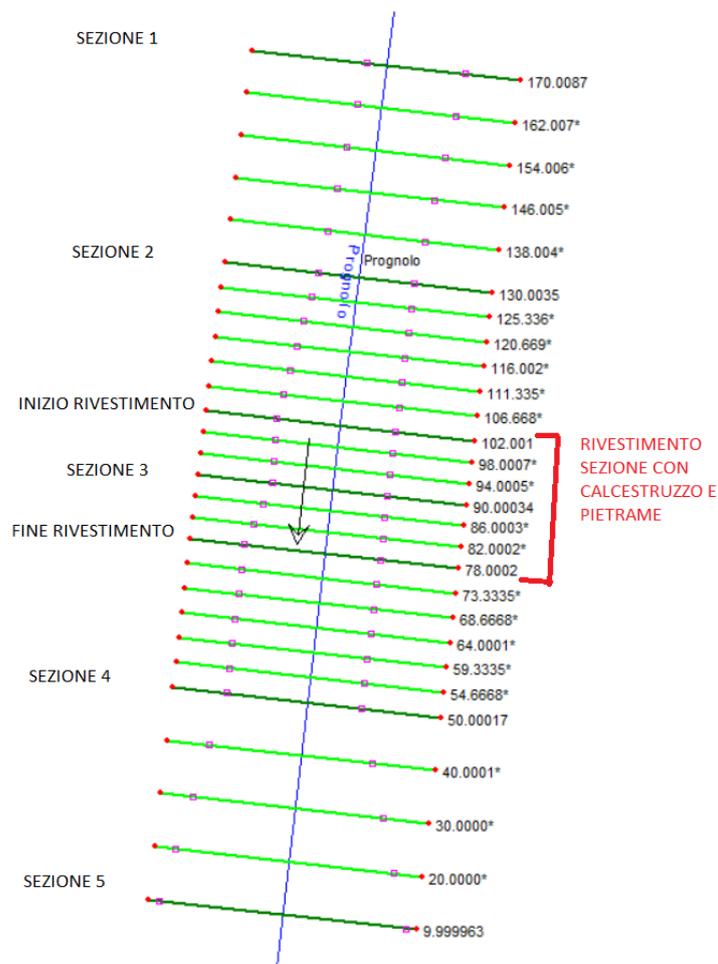
Sezioni modello HEC:



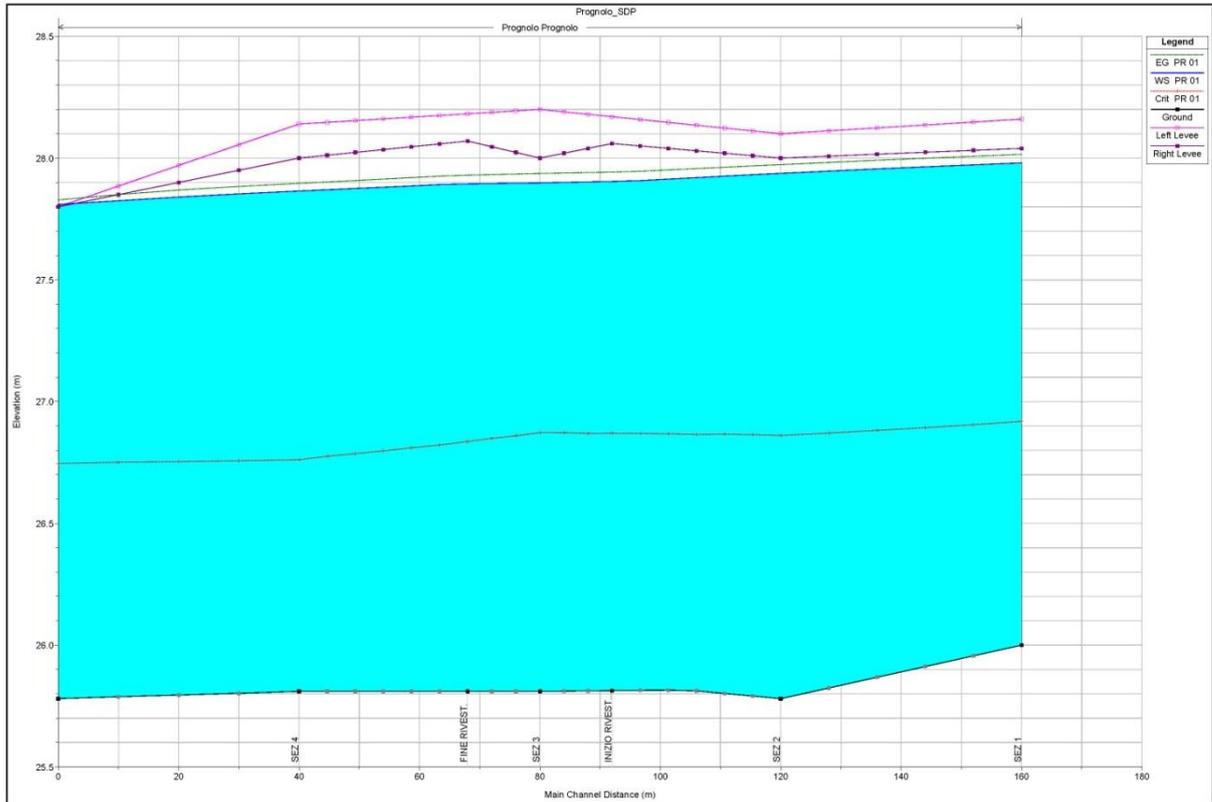
STATO DI PROGETTO

PORTATA Q=9,2 m³/s

Planimetria modello HEC:



Profilo modello HEC:



Sezioni modello HEC:

