

Percorsi ciclopedonali passerella ciclopedonale sul " collettore " in loc.tà Ponticelli

Progetto definitivo esecutivo

Gruppo di progettazione

Mandatario / Progettista architettonico : Arch. Alessandro Nucci
Piazza G Rossa n° 2
50050 - Cerreto Guidi

Progetto strutturale : Ing. Elena Sininberghi
Ing. Carmine Parrillo

Verifiche idrauliche : Ing. Simone Galardini

Rilievi di dettaglio : Ing. Andrea Spagnolo

Prog. sicurezza in
fase progettazione : Ing. Andrea Spagnolo

Indagini geologiche
e sismiche : Studio associato di
Geologia applicata
di Benedetti e Carmignani
Geol. Andrea Carmignani

Responsabile U. P. : Ing. Maurizio Iannotta
settore 6 - Ufficio LL.PP.
Comune S.Maria a Monte

Es_18_01_DE_RI

Tav. 34

COMUNE DI SANTA MARIA A MONTE
PROVINCIA DI PISA

Relazione idrologico-idraulica con determinazione del livello di piena per
Tr 200 anni del Collettore a supporto della realizzazione di una passerella
ciclopedonale in località Ponticelli nel Comune di Santa Maria a Monte



Il Tecnico Incaricato

Dott.Ing. Simone Galardini
Via del Carmine 6, 51100 Pistoia
Tel. 347/5463628
e.mail: simone.galardini@gmail.com

Sommario

Premessa	2
1. Inquadramento generale e bacino idrografico.....	2
2. Analisi idrologica.....	4
2.1 Studio idrologico ex Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio (2011).....	4
2.2 Aggiornamento dello studio idrologico sulla base delle nuove LSPP.....	5
3. Descrizione dello stato attuale	11
4. Verifica idraulica	14
5. Conclusioni	19

Allegato: Verifica idraulica Collettore per Tr 200 anni

Premessa

Il presente elaborato ha lo scopo di determinare il livello di piena, per eventi con tempo di ritorno 200 anni, del corso d'acqua denominato collettore del Collettore in località Ponticelli nel Comune di Santa Maria a Monte, in modo da fornire ai progettisti la quota di imposta di una passerella ciclopedonale che dovrà essere realizzata di fianco al ponte stradale esistente.

In primo luogo è stato tracciato il bacino idrografico d'interesse, con sezione di chiusura posta in corrispondenza del ponte stradale esistente e successivamente è stata condotta l'analisi idrologica per la determinazione della portata di piena con tempo di ritorno Tr 200 anni.

Con la portata duecentennale è stata effettuata la verifica idraulica in moto permanente con il software Hec Ras 5.0.3, sulla base di sezioni topografiche effettivamente rilevate in sito.

La verifica idraulica così condotta permette di determinare il livello idrico che si instaura nel Collettore per eventi con Tr 200, e quindi il livello minimo sopra il quale deve essere posto l'impalcato della passerella ciclopedonale per essere considerata in sicurezza.

1. Inquadramento generale e bacino idrografico

Ai fini del calcolo idrologico il sistema Antifosso dell'Usciana – Collettore viene considerato unitariamente in termine di bacino di raccolta, in quanto i due corsi sono strettamente interconnessi fra di loro; il Collettore infatti nasce da un taglio d'argine dell'Antifosso di Usciana a valle del depuratore e funge praticamente da scolmatore dell'Antifosso, senza un proprio bacino idrografico ma accogliendo le acque di rigurgito dell'Antifosso che vengono scaricate nel Collettore.

Il livello di piena è pertanto imposto dal livello presente nell'Antifosso di Usciana, visto che il Collettore, non avendo acque proprie, si regola in funzione del livello presente nell'Antifosso.

L'Antifosso di Usciana nasce invece come tipico colatore di acque basse realizzato per il drenaggio di un vasto territorio ricadente nei comuni di Fucecchio, Santa Croce sull'Arno, Castelfranco di Sotto e Santa Maria a Monte.

Ha origine nei pressi di Ponte a Cappiano (località Callicino) dove scorre incassato o debolmente arginato fino alla confluenza con il Fosso Castellare e F2 a valle dei quali, assume una valenza idraulica di estrema importanza per l'intero territorio di competenza.

Pertanto, vista l'estrema interconnessione dei corsi d'acqua, il calcolo della portata idrologica viene effettuata in modo unitario all'intero bacino ed applicata al collettore, in modo da determinare un livello cautelativo per l'imposta della passerella ciclopedonale.

Il bacino idrografico, chiuso in corrispondenza del ponte esistente in località Ponticelli ha una superficie complessiva pari a:

$$S = 22.65 \text{ Km}^2$$



Figura 1 – Bacino idrografico chiuso in corrispondenza del ponte esistente in località Ponticelli in Comune di Santa Maria a Monte

Il bacino è stato ricostruito sulla base della C.T.R., sulla base dei recenti lavori di modifica del tracciato di alcuni affluenti (grazie all'aiuto dei Tecnici del Consorzio di Bonifica Basso Valdarno) e sulla base di ricognizioni dirette in sito.

2. Analisi idrologica

L'analisi idrologica ha avuto la funzione di determinare l'idrogramma di piena atteso nel collettore per un evento con tempo di ritorno di 200 anni; ai fini della taratura del modello è stato preso in considerazione un vecchio studio idrologico realizzato dall'ex Consorzio di Bonifica Padule di Fucecchio in corrispondenza del depuratore Aquarno, poco a monte della zona di interesse, in modo da avere un valore di confronto circa la portata unitaria, espressa in $\text{m}^3/\text{s} \times \text{km}^2$.

2.1 Studio idrologico ex Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio (2011)

Nello studio del Consorzio viene considerato come caratteristico dell'intero sistema, un tempo di corrivazione pari a $T_c = 0.5$ h. L'elaborazione dei dati pluviometrici della stazione di Empoli ha portato alla definizione delle curve di possibilità pluviometrica, espresse come:

$$h = 76,41 t^{0,8325} \quad t < 1\text{h}$$

Per $Tr = 200$ anni risulta $h(t=1 \text{ ora}) = 76,41$ mm.

Come modello idrologico è stato impostato un modello di trasformazione afflussi deflussi avente le seguenti caratteristiche:

- Perdite di bacino: Metodo SCS Cuve Number;
- Trasformazione afflussi deflussi: Metodo SCS con tempo di ritardo assunto da letteratura pari a: $T_l = 0,6 T_c$;
- Deflussi di base: assenza di deflussi di base;

Utilizzando i dati ricavati dall'analisi pluviometrica ed i parametri sopra riportati veniva calcolato un idrogramma di piena duecentennale con picco di $30.93 \text{ m}^3/\text{s}$ in corrispondenza di un bacino di 6.28 km^2 , ovvero con una portata specifica unitaria di $4.92 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{km}^2$.

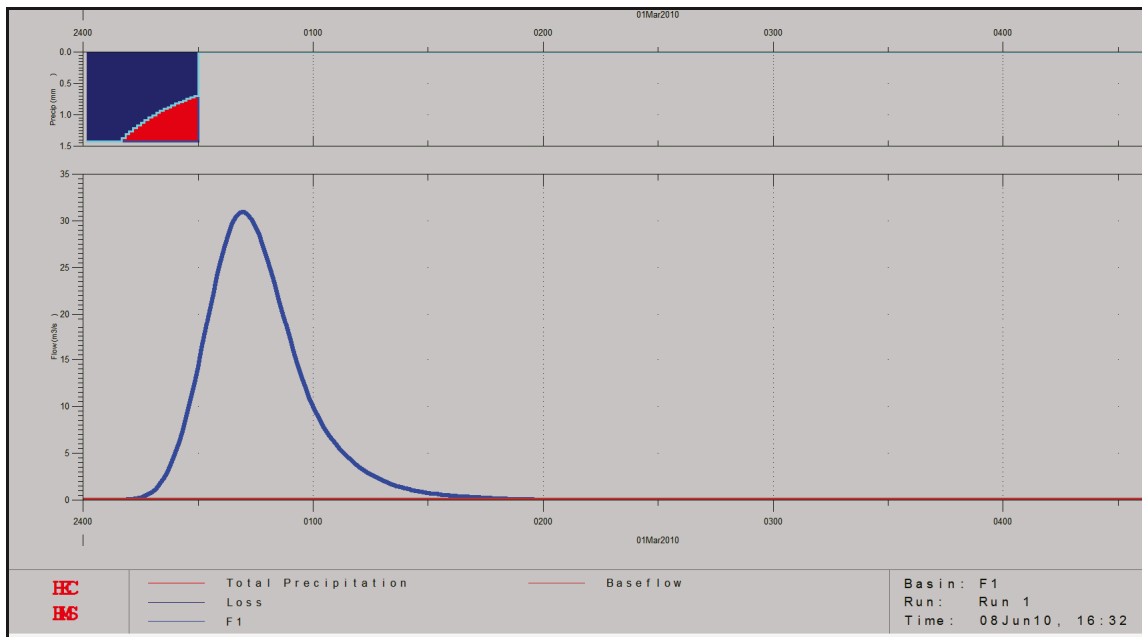


Figura 2 – Idrogramma di piena $Tr = 200$ anni per il Collettore determinato nello studio dell'Ex Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio, in corrispondenza di un bacino di 6.28 km^2

2.2 Aggiornamento dello studio idrologico sulla base delle nuove LSP

La portata $Tr 200$ anni del Collettore con sezione di chiusura in corrispondenza del ponte esistente in località Ponticelli è stata ottenuta mediante un modello di trasformazione afflussi deflussi aventi le medesime caratteristiche del precedente, nel quale sono stati inseriti in input dati aggiornati sulla pluviometria.

Infatti, per la stima delle precipitazioni da utilizzare ai fini della modellazione idrologica sono stati utilizzati i risultati della regionalizzazione degli eventi pluviometrici estremi forniti dal Sistema Idrologico Regionale della Regione Toscana. Nell'ambito dell'accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze di cui alla DGRT 1133/2012 infatti, è stato effettuato un aggiornamento dell'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme [*Regione Toscana, Analisi Di Frequenza Regionale Delle Precipitazioni Estreme, Enrica Caporali, Valentina Chiarello, Giuseppe Rossi, 2014*], grazie al quale è stato possibile scaricare i parametri necessari all'analisi delle precipitazioni all'interno del territorio studiato.

Il sito del SIR fornisce i dati puntuali su una griglia di 1x1 km² per l'intera regione Toscana relativi ai parametri a e n necessari per il calcolo della pioggia di progetto attraverso la formula monomia della LSPP (Linea Segnalatrice di Probabilità Pluviometrica), comunemente espressa come:

$$h = a t^n$$

dove h è l'altezza di precipitazione espressa in mm, t è la durata di pioggia ed a e n sono i parametri caratteristici delle curve. Con altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) trascurando le perdite. I valori di precipitazione ottenuti sulla griglia per i diversi tempi di ritorno sono stati poi mediati all'interno del bacino in esame ed inseriti nelle modellazioni idrologiche. Di seguito sono riportati i parametri a ed n, anch'essi mediati sul territorio studiato, con riferimento ad un evento pluviometrico di durata oraria:

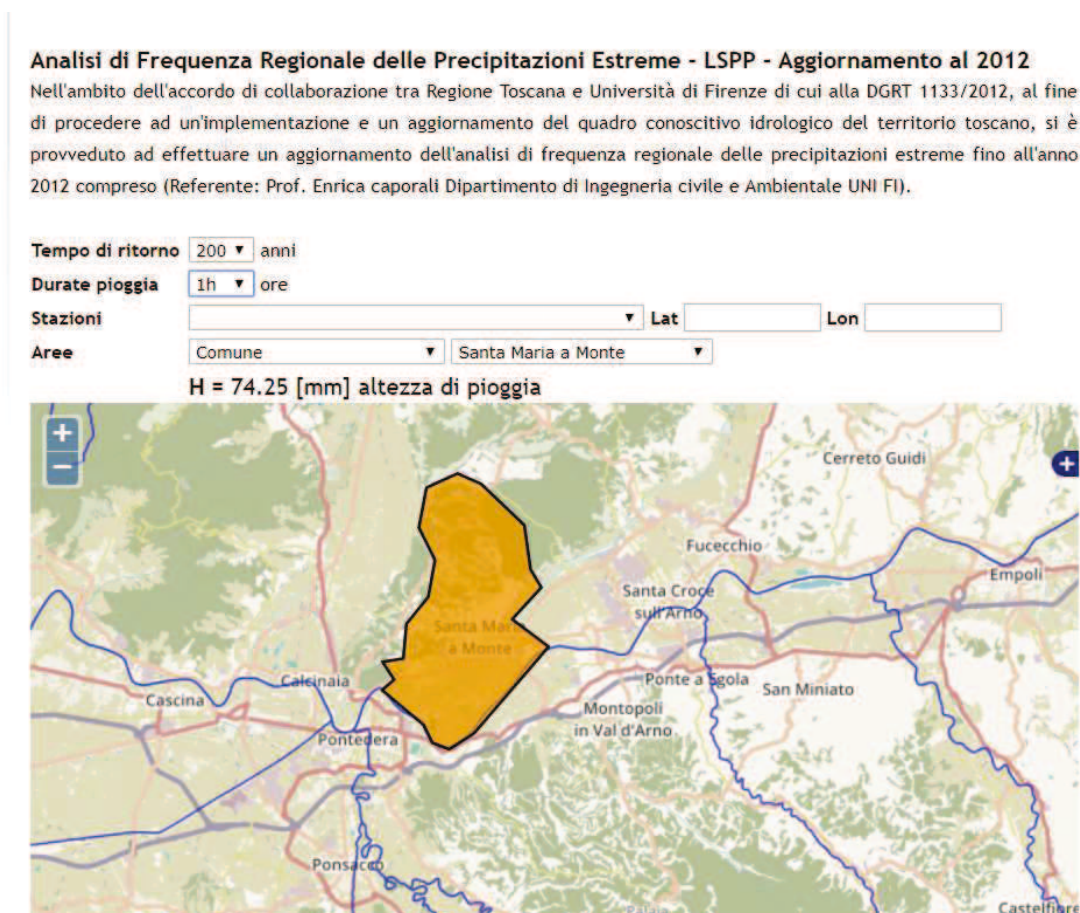


Figura 3: caratteristiche pluviometriche distribuite sul territorio di interesse (fonte Regione Toscana)

Tr	a	n	h (1 h) [mm]
200 anni	74.25	0.28881	74.25

Tabella 1 - Parametri della CPP per l'area di Santa Maria a Monte

Per la modellazione idrologica tramite il software HEC-HMS, l'andamento temporale dell'evento pluviometrici di durata oraria è stato schematizzato con ietogramma sintetico rettangolari ad intensità costante. Tale schematizzazione non rappresenta l'andamento reale dell'evento di pioggia, ma porta a risultati da ritenersi cautelativi al termine della trasformazione afflussi-deflussi. Per la determinazione del deflusso corrispondente allo scorrimento superficiale si è utilizzato il metodo del Curve Number (CN) del Soil Conservation Service. Il metodo si basa sul concetto che il flusso superficiale è nullo fino al raggiungimento di un valore di soglia di infiltrazione iniziale I_a , da letteratura tecnica legata alla capacità di ritenzione potenziale S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

dove S è definita dall'espressione:

$$S = 25.4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Il valore di S dipende quindi dal CN, funzione della tessitura del suolo, del tipo di copertura vegetale, dell'uso del suolo e del suo livello di saturazione. La classe di permeabilità dei suoli (A: suoli con deflusso superficiale basso, B: suoli con deflusso superficiale moderatamente basso, C: suoli con deflusso superficiale moderatamente alto, D: suoli con deflusso superficiale alto) è stata definita in base alla carta del gruppo idrologico USDA fornita dal Geoscopio della Regione Toscana; per il caso in esame è stato attribuito un suolo di tipo D.

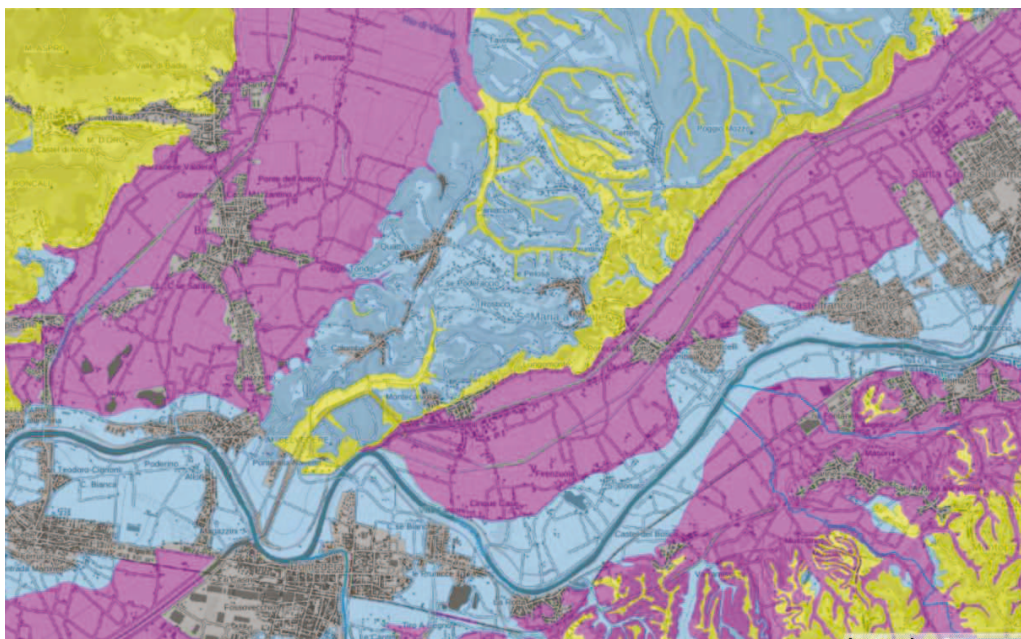


Figura 4: carta del Gruppo idrologico USDA – Regione Toscana

La figura seguente riporta la carta dell'uso del suolo dell'area di interesse con il codice LAND CORINE 2000, ricavata dallo strato informativo reso disponibile dalla Regione Toscana (prevalenza di seminativi irrigui e non irrigui).

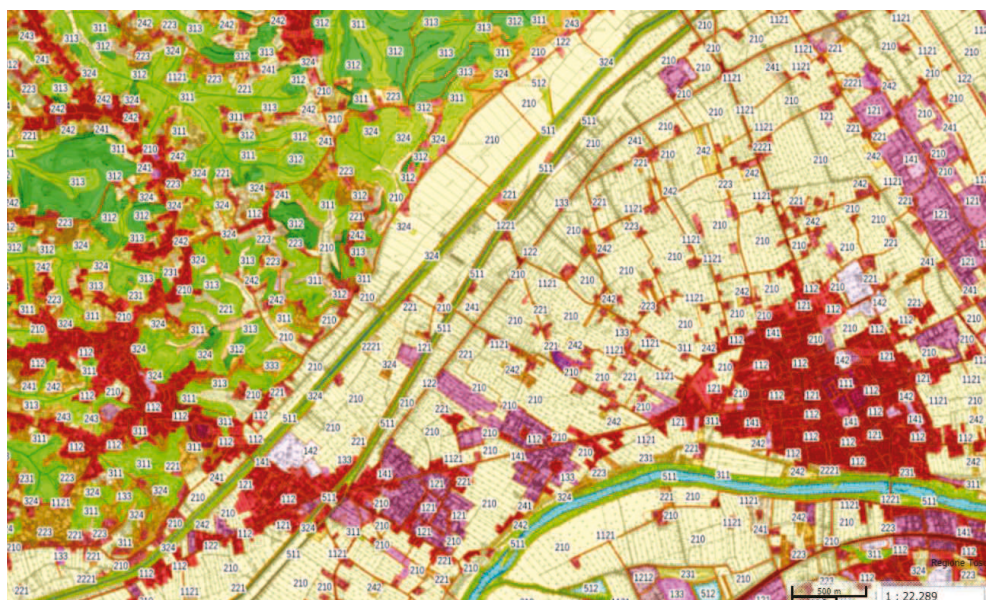


Figura 5: carta dell'uso del suolo (codice Corine Landsat 2000)

Ad ogni codice CORINE è associato un valore di CN, di cui in tabella sono riportati i valori riferiti ad una condizione media di umidità del terreno antecedente l'evento di pioggia considerato (AMC II: Antecedent Moisture Condition Classe II).

Relazione idrologica-idraulica con determinazione del livello di piena per Tr 200 anni del Collettore a supporto della realizzazione di una passerella ciclopedonale in località Ponticelli nel Comune di Santa Maria a Monte

Codice CORINE	CN(A)	CN (B)	CN (C)	CN (D)
111	89	92	94	95
112	77	85	90	92
121	81	88	91	93
122	98	98	98	98
123	98	98	98	98
124	98	98	98	98
131	76	85	89	91
133	77	86	91	93
141	49	69	79	84
142	68	79	86	89
210	61	73	81	84
211	61	73	81	84
212	67	78	85	89
213	62	71	78	81
221	76	85	90	93
222	43	65	76	82
223	43	65	76	82
231	49	69	79	84
241	61	73	81	84
242	61	73	81	84
243	61	73	81	84
244	43	65	76	82
311	36	60	73	79
312	36	60	73	79
313	36	60	73	79
321	49	69	79	84
322	49	69	79	84
323	35	56	70	77
324	35	56	70	77
331	46	65	77	82
332	96	96	96	96
333	63	77	85	88
334	63	77	85	88
335	98	98	98	98
411	98	98	98	98
412	98	98	98	98
421	98	98	98	98
422	98	98	98	98
423	98	98	98	98
511	98	98	98	98
512	98	98	98	98
521	98	98	98	98
522	98	98	98	98
523	98	98	98	98

Tabella 2 Parametri CN AMC II per le quattro classi USDA e per i vari tipi di uso del suolo. Fonte: Regione Toscana

Tale tabella è stata ricavata dal documento “Modellazione idrologica caso pilota. Implementazione modello distribuito per la Toscana MOBIDIC Addendum: Parametrizzazione HMS” del novembre 2014, predisposto nell’ambito dell’Accordo di collaborazione scientifica tra Regione Toscana e Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell’Università degli Studi di Firenze per attività di ricerca per la mitigazione del rischio idraulico nella Regione Toscana.

Le classi AMC, che esprimono la condizione di umidità del suolo, fanno riferimento alla sua capacità di filtrazione relativamente all’ammontare di pioggia nei 5 giorni antecedenti l’evento. Si è proceduto assegnando una condizione AMC II.

Dall’analisi delle classi litologiche e dell’uso del suolo si è assunto per il caso in esame un valore di CN pari a 80.

La trasformazione da afflussi netti (precipitazione epurata dalle perdite idrologiche) a deflussi è stata eseguita con il metodo di trasformazione dell’idrogramma unitario SCS, un idrogramma unitario sintetico, ottenuto da una serie di idrogrammi unitari di numerosi bacini, reso adimensionale in funzione della durata del ramo ascendente dell’idrogramma T_p e della portata al colmo Q_p per i vari sottobacini individuati.

Il tempo di corrivazione è stato posto pari a un’ora, in congruenza allo studio idrologico dell’ex Consorzio di Bonifica del Padule di Fucecchio. Il tempo di ritardo è stato stimato pari a 0.6 volte il tempo di corrivazione medio ottenuto.

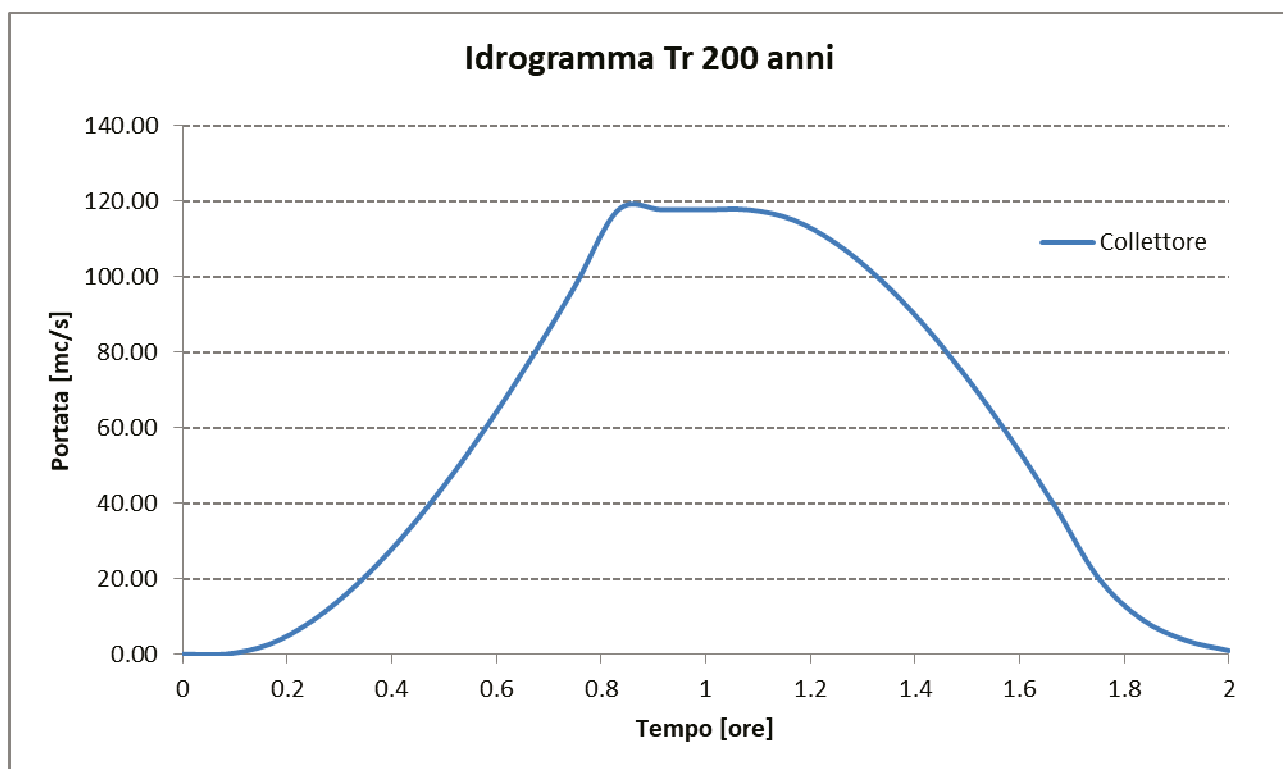


Figura 6: Modello idrologico del Collettore

Con i parametri sopra indicati si ottiene un valore di picco dell'evento duecentennale di $117.7 \text{ m}^3/\text{s}$, che rapportata all'area di 22.65 km^2 implica una portata specifica unitaria di $5.20 \text{ m}^3/\text{s km}^2$, da ritenersi congruente e cautelativa rispetto agli studi pregressi.

3. Descrizione dello stato attuale

Per effettuare una corretta modellazione idraulica è stato effettuato un rilievo topografico di dettaglio, che ha permesso di definire la geometria nel tronco di Collettore analizzato. La geometria della sezione si presenta regolare, di forma doppio trapezia in terra, con larghezza al fondo di circa 7 metri, larghezza in sommità di 30 metri, altezza 5.5 m, cui corrisponde un'area di deflusso media di 95.0 m^2 .

Relazione idrologica-idraulica con determinazione del livello di piena per Tr 200 anni del Collettore a supporto della realizzazione di una passerella ciclopedonale in località Ponticelli nel Comune di Santa Maria a Monte

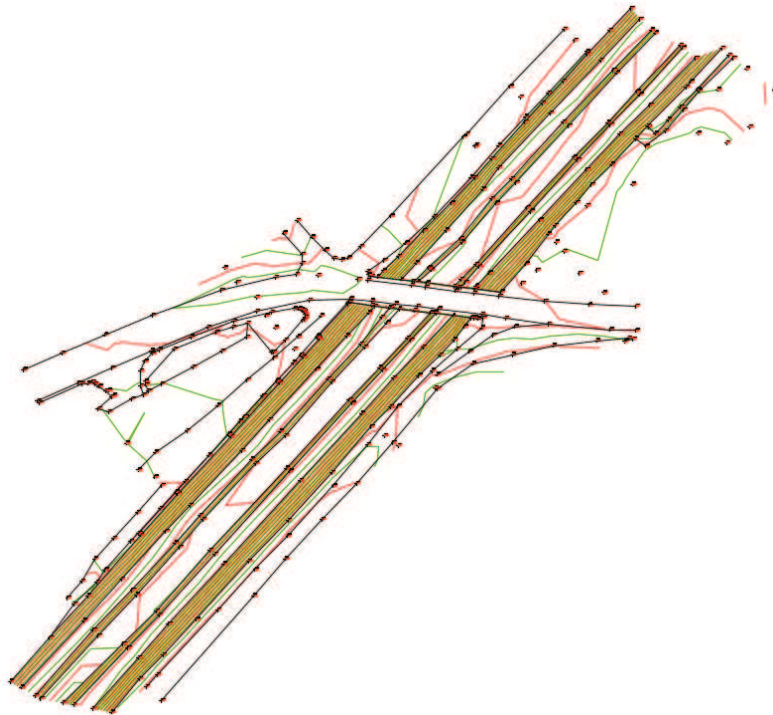


Figura 7: Rilievo topografico effettuato per la definizione della geometria del Collettore

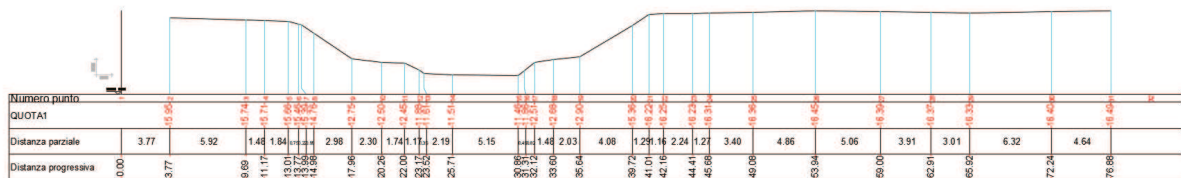


Figura 8: Sezione collettore a monte del ponte esistente in località Ponticelli

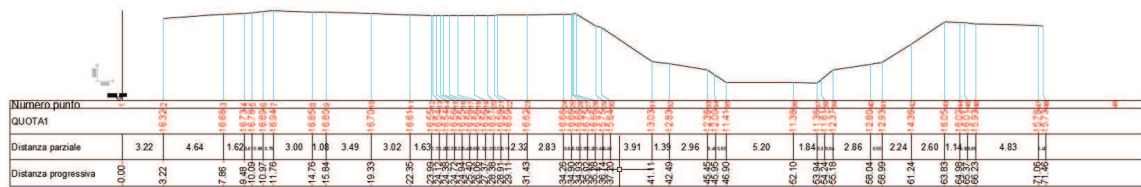


Figura 9: Sezione collettore a valle del ponte esistente in località Ponticelli

Subito a monte del punto di realizzazione della passerella è presente un ponte carrabile che costituisce senza dubbio un elemento significativo ai fini della valutazione del profilo idraulico del

Collettore; come visibile nelle foto sottostanti sono infatti presenti due pile all'interno del corso d'acqua e l'impalcato del ponte risulta all'interno della sezione idraulica.



Figura 10: Ponte carrabile esistente visto da valle verso monte



Figura 11: Ponte carrabile esistente visto da monte verso valle



Figura 12: Relazione spaziale fra ponte esistente e passerella da realizzare

La vegetazione presente è prevalentemente di tipo erbaceo, non sono presenti esemplari particolari di alberature interferenti con la corrente ed è effettuata una manutenzione pluriennale di sfalcio da parte del Consorzio di Bonifica Basso Valdarno.

4. Verifica idraulica

Per la verifica idraulica è stato utilizzato un modello in moto permanente adottando il codice di calcolo HEC-RAS 5.0.3, del quale si fornisce una sintesi delle principali caratteristiche. In particolare vengono riportate le ipotesi di calcolo, le equazioni di base, i criteri di suddivisione delle sezioni per il calcolo della distribuzione delle portate e delle velocità, le espressioni adottate per il calcolo delle perdite di carico e la metodologia iterativa di risoluzione del problema.

Le ipotesi di calcolo

Il modello risolve il problema della individuazione del livello del pelo libero della corrente in una assegnata sezione nelle seguenti ipotesi:

- corrente stazionaria;
- moto gradualmente variato;
- flusso monodimensionale;
- pendenze del fondo inferiori al 10 %.

Equazioni di base

Facendo riferimento alle sezioni trasversali 1 e 2 del corso d'acqua in *Figura 13* a cui si rimanda per il significato dei simboli, le due equazioni base del modello sono le seguenti:

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

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

dove:

$WS_2; WS_1$ = livello del pelo libero alle sezioni estreme del tratto 2, 1;

$V_2^2; V_1^2$ = velocità medie delle sezioni 2,1;

α_1, α_2 = coefficienti di velocità;

g = accelerazione di gravità;

h_e = perdite di carico totali;

L = distanza tra le due sezioni;

\bar{S}_f = perdite di carico per attrito;

C = coefficiente delle perdite per espansione o contrazione.

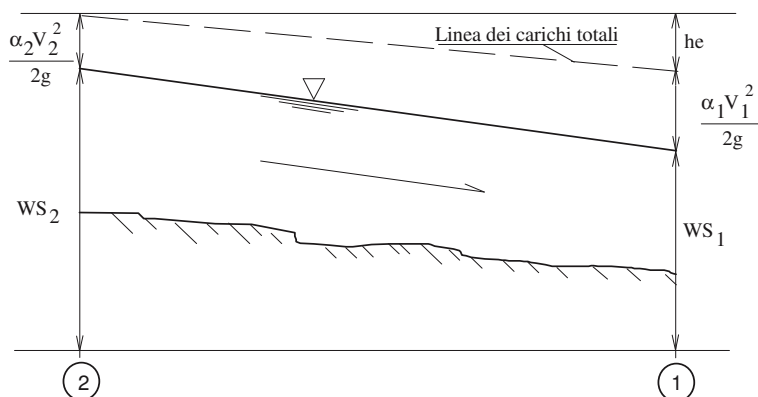


Figura 13 - Rappresentazione dei termini dell'equazione dell'energia.

Criteria di schematizzazione trasversale della sezione

La sezione idraulica del corso d'acqua viene rappresentata geometricamente per punti. All'interno di essa si distinguono in generale tre zone, che, adottando la terminologia anglosassone, indichiamo con:

main channel = *M.CHA.* (canale principale)

left overbank = *L.O.* (golena sinistra)

right overbank = *R.O.* (golena destra)

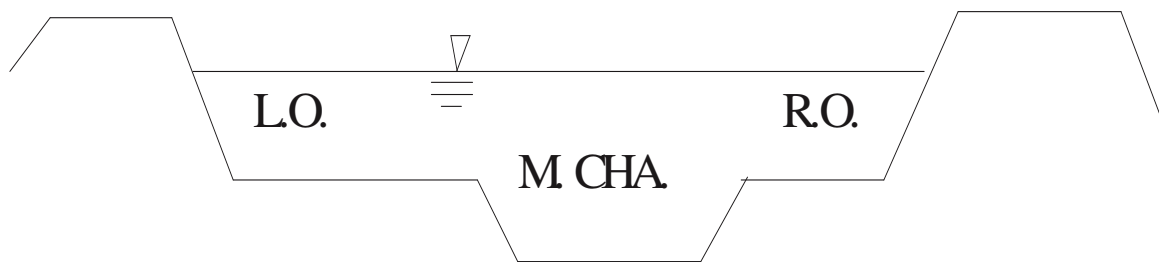


Figura 14 - Schema fondamentale di suddivisione in sottosezioni.

In ciascuna fascia vengono definite le scabrezze del fondo, che poi vengono composte al fine di generare una scabrezza equivalente valida per l'intera sezione. Per ciascuna sottosezione si determina la capacità di deflusso (portata per unità di pendenza^{1/2}) in moto uniforme:

$$K = \frac{ar^{\frac{2}{3}}}{n}$$

dove:

$K[m^3/s]$ = capacità di deflusso nella fascia;

$n [s/m^{1/3}]$ = scabrezza di Manning;

$r[m]$ = raggio idraulico della fascia;

$a[m^2]$ = area della sezione bagnata della fascia.

Valutazione delle perdite di carico per attrito

Le perdite di carico per attrito sono calcolate attraverso la formula $L\bar{S}_f$ dove, \bar{S}_f è la pendenza d'attrito media, pesata, del tratto, secondo la seguente formula:

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

dove K_1 , K_2 rappresentano le capacità di deflusso totali delle sezioni estreme.

Portata di verifica

Per lo studio delle condizioni di deflusso nel tratto interessato è stata effettuata la modellazione in moto permanente. La portata in entrata è stata assunta pari a quella precedentemente determinata (127.41 m³/s).

Coefficienti di scabrezza

Il modello utilizzato impiega il parametro di resistenza al moto di Manning. I valori del parametro sono stati assegnati, sezione per sezione, in dipendenza delle condizioni dell'alveo rilevate e tengono conto della presenza di vegetazione, rivestimenti murari, etc..

Per l'intero tratto è stato assunto per la verifica un valore pari a $n = 0.03$ per il canale principale e 0.035 per sponde e golene, 0.02 per i manufatti in muratura e calcestruzzo.

Sezioni

Si fa riferimento alle sezioni rilevate in sito tramite rilievo topografico di dettaglio precedentemente riportate.

Condizione idraulica al contorno e di simulazione

Sono state impostate le pendenze di moto uniforme sia al contorno di monte sia al contorno di valle.

Risultati delle verifiche

Il livello idrico che si registra dalla simulazione idraulica in corrispondenza della sezione di imposta della nuova passerella pedonale è pari a 15.65 m s.l.m.; il livello determinato presenta un franco di sicurezza di 40 cm rispetto alla sponda destra (a quota 16.05 m s.l.m.) e di 101 cm rispetto alla sponda sinistra (a quota 16.66 m s.l.m.).

Il ponte esistente risulta lavorare in pressione,; a monte del ponte esistente si registrano comunque insufficienze di sezione, con limitate esondazioni in destra ed in sinistra, e pertanto il livello reale sarà inferiore a quello calcolato, che comunque viene assunto come valore di riferimento per l'imposta della passerella ciclopedonale.

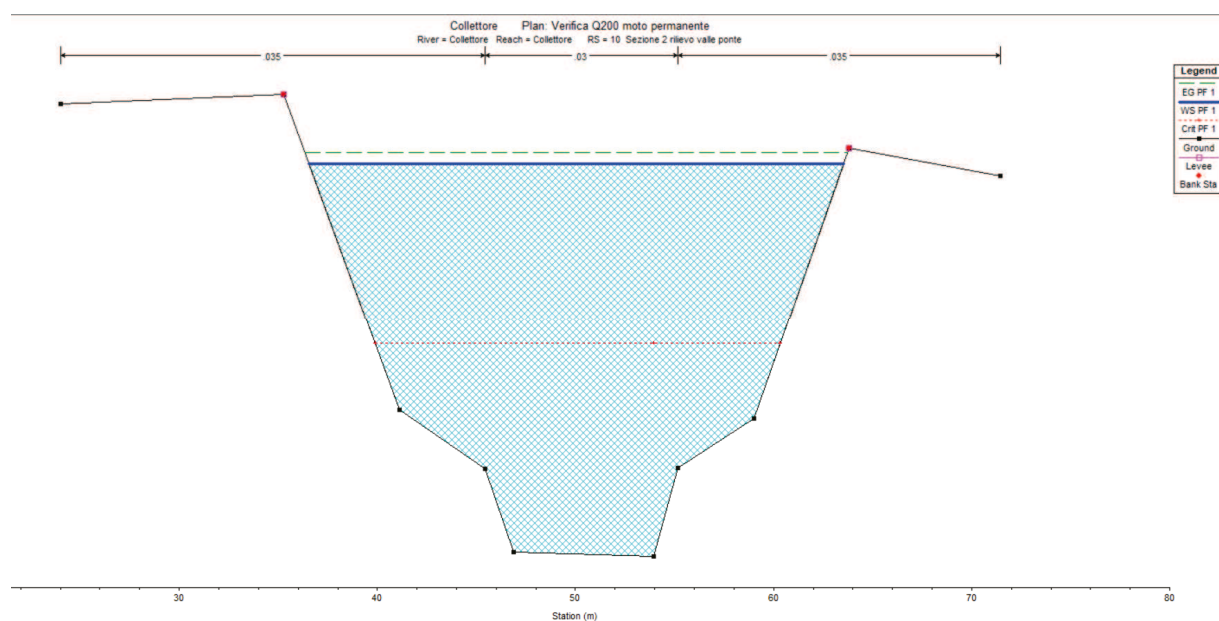


Figura 15 – Sezione in corrispondenza della nuova passerella da realizzare per Tr 200 anni

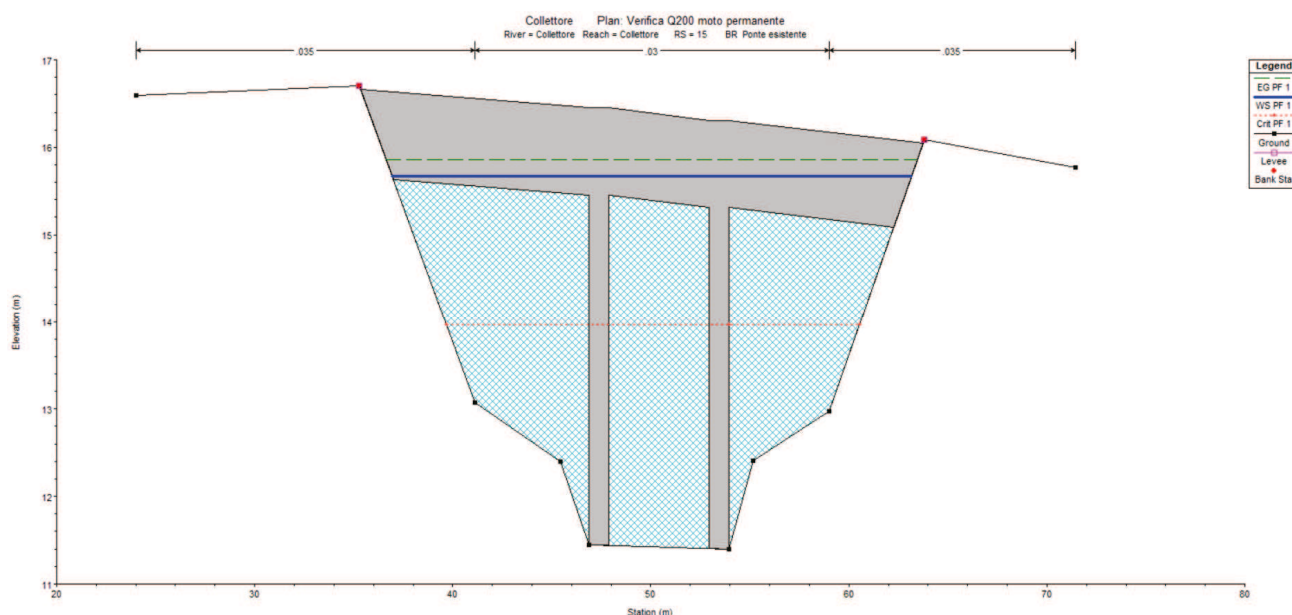


Figura 16 – Sezione in corrispondenza del ponte carrabile esistente

5. Conclusioni

Il livello idrico che si instaura nel Collettore per eventi con Tr 200 anni nella sezione d'imposta della nuova passerella pedonale è pari a 15.65 m s.l.m.; pertanto la passerella dovrà essere realizzata ad una quota superiore di detto livello, al fine di considerarla in sicurezza idraulica ed in modo che il manufatto non interferisca con la dinamica duecentennale del corso d'acqua.

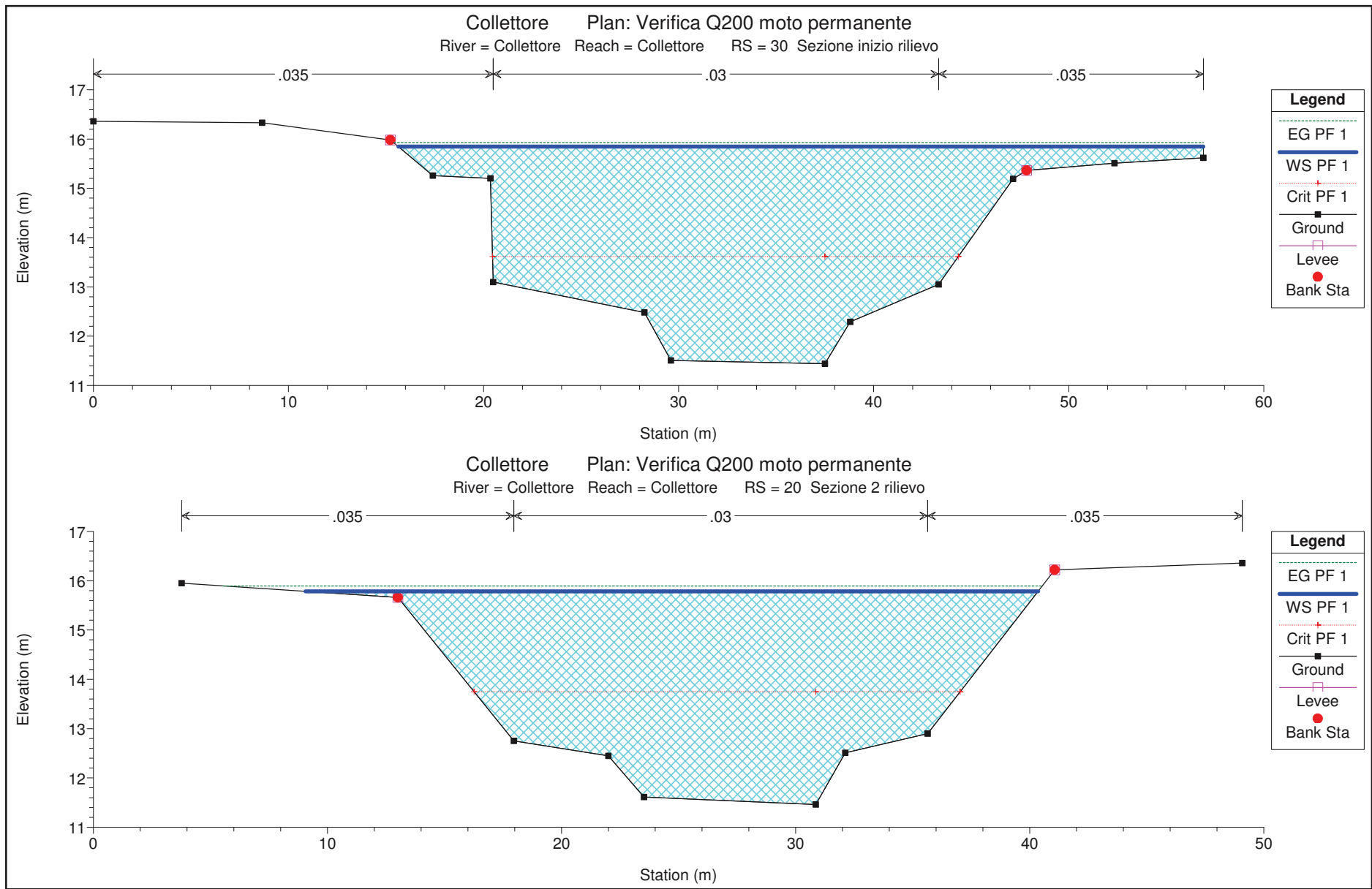
Pistoia, Gennaio 2018

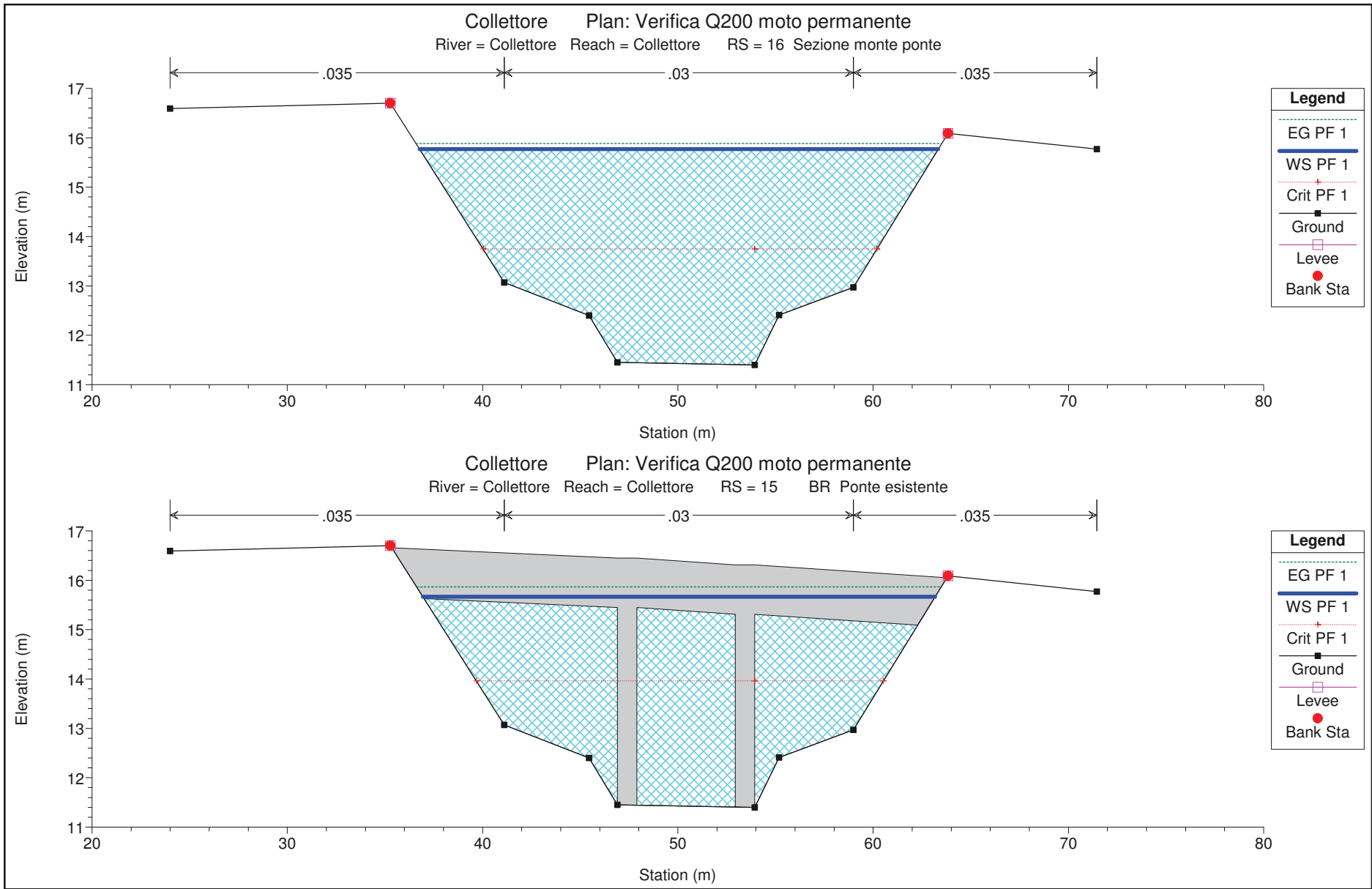
Il tecnico incaricato

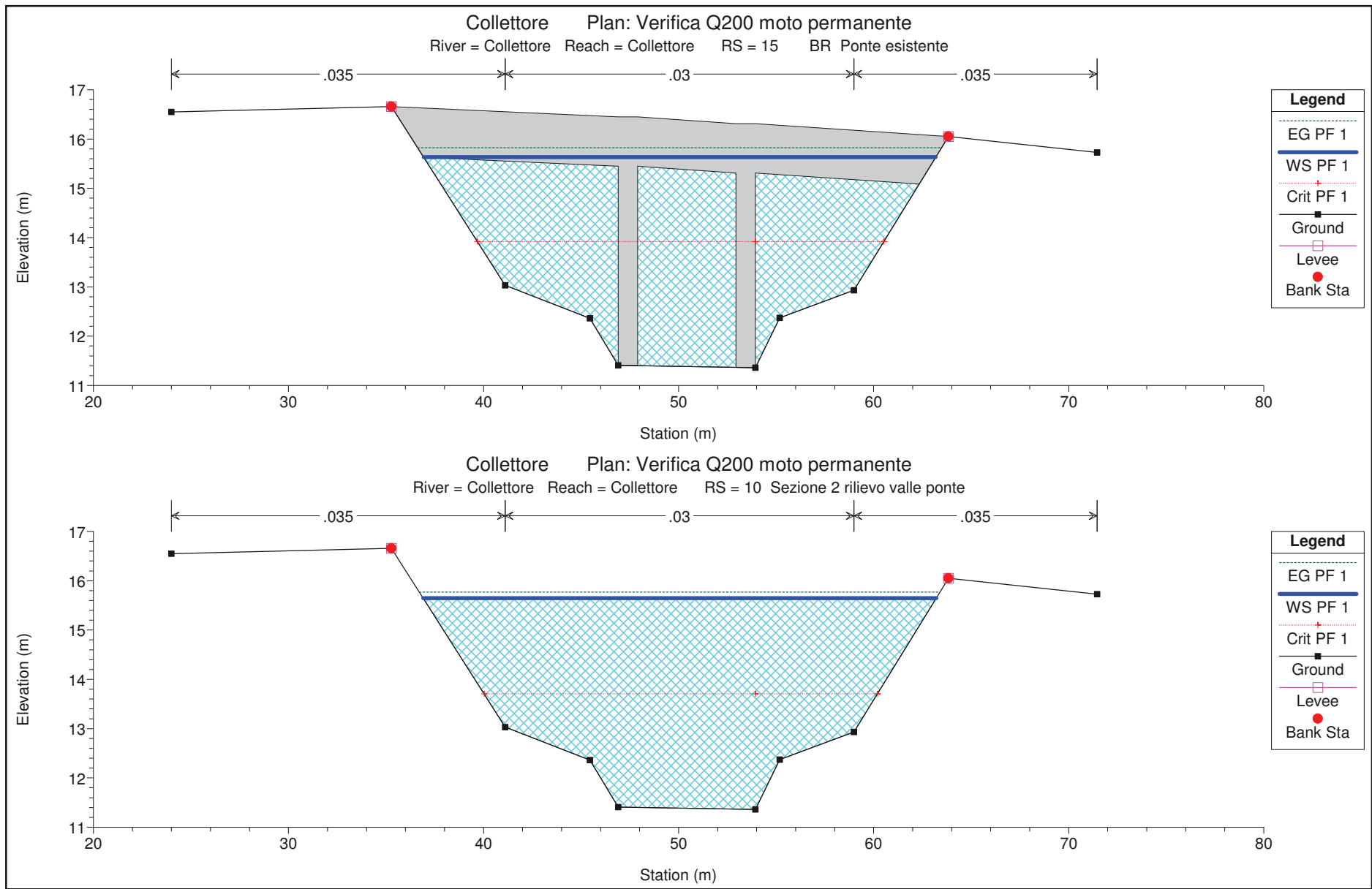
Dott. Ing. Simone Galardini

ALLEGATO

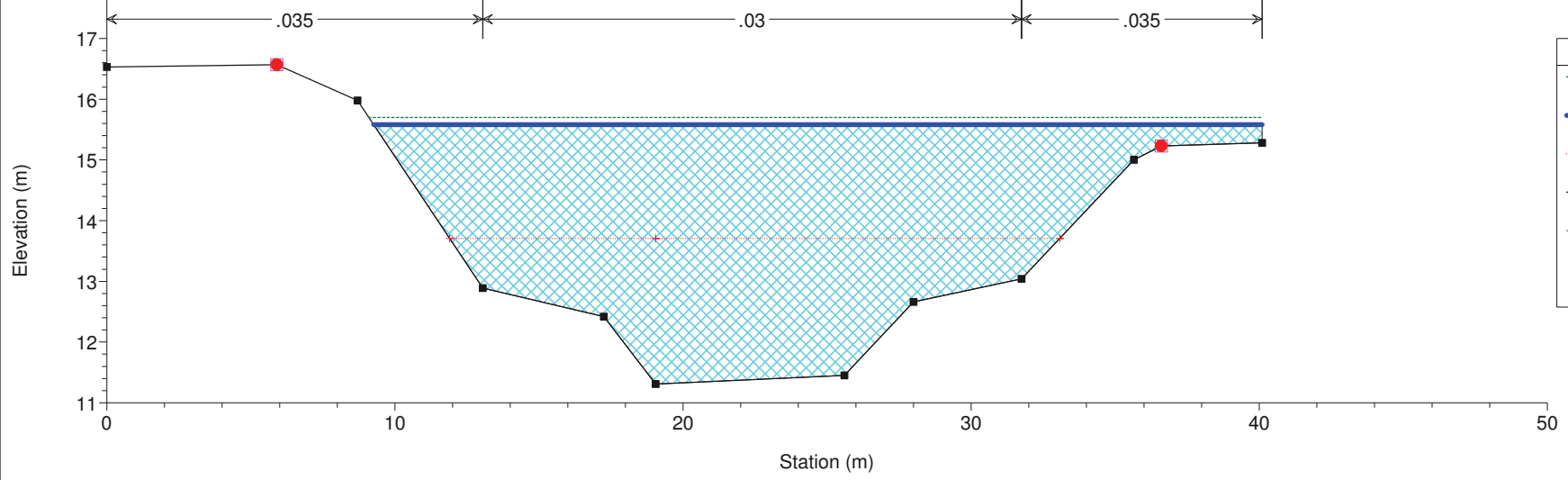
Verifiche idrauliche collettore TR 200 anni







Collettore Plan: Verifica Q200 moto permanente
River = Collettore Reach = Collettore RS = 1 Sezione fine rilievo



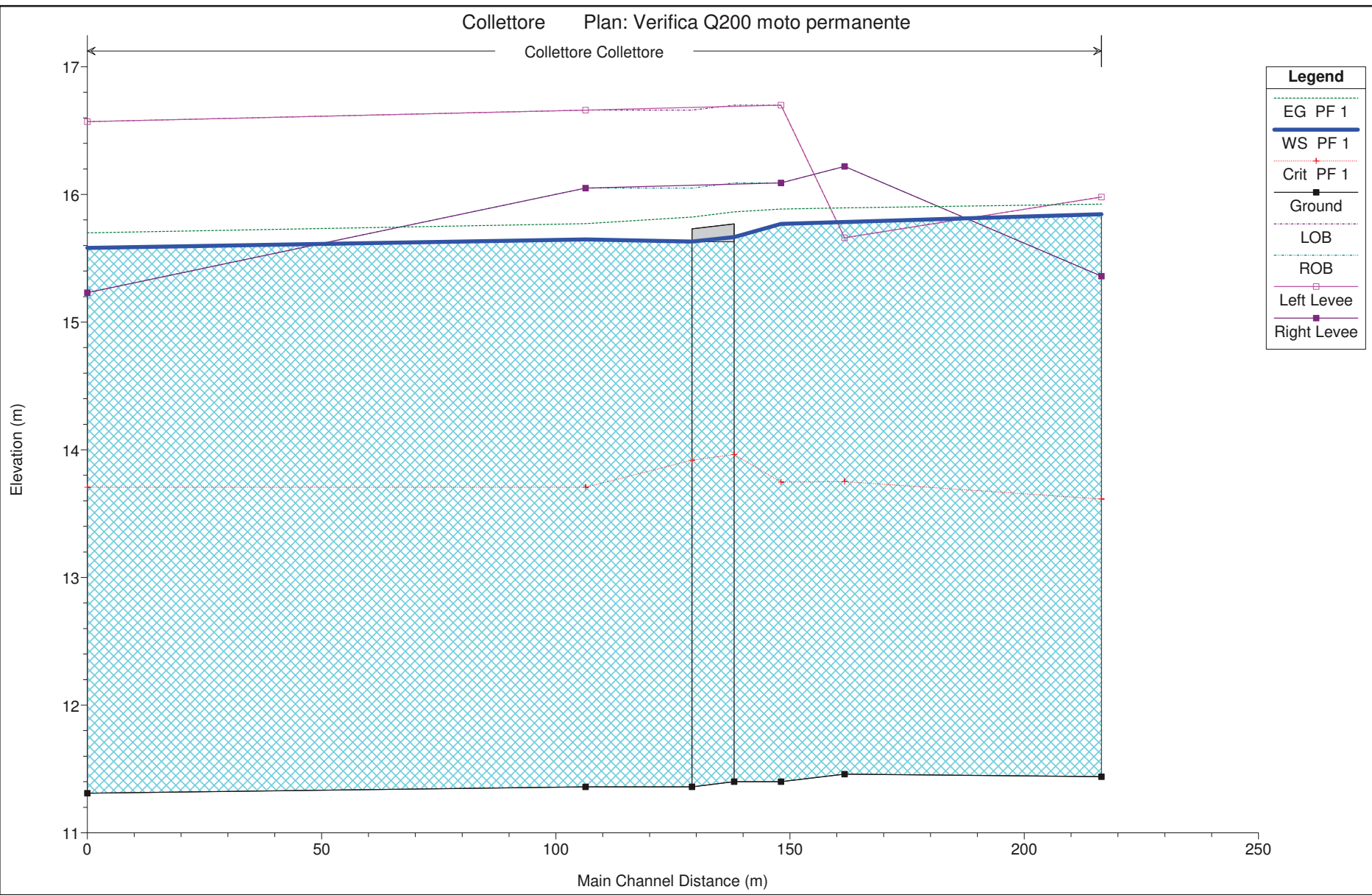
Legend	
EG PF 1	(dotted green line)
WS PF 1	(solid blue line)
Crit PF 1	(dotted red line with cross)
Ground	(solid black line with square)
Levee	(dashed pink line with square)
Bank Sta	(red circle)

HEC-RAS Plan: Verifica Q20 River: Collettore Reach: Collettore Profile: PF 1

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
Collettore	30	PF 1	117.70	11.44	15.84	13.61	15.93	0.000448	1.26	95.63	41.26	0.24
Collettore	20	PF 1	117.70	11.46	15.78	13.75	15.89	0.000586	1.47	80.25	31.30	0.27
Collettore	16	PF 1	117.70	11.40	15.77	13.75	15.89	0.000619	1.51	77.76	26.56	0.28
Collettore	15		Bridge									
Collettore	10	PF 1	117.70	11.36	15.65	13.71	15.77	0.000668	1.56	75.64	26.30	0.29
Collettore	1	PF 1	117.70	11.31	15.58	13.71	15.70	0.000651	1.53	77.99	30.84	0.29

Collettore Plan: Verifica Q200 moto permanente

Collettore Collettore



Legend	
EG PF 1	(Green dotted line with square marker)
WS PF 1	(Solid blue line)
Crit PF 1	(Red dotted line with '+' marker)
Ground	(Solid black line with square marker)
LOB	(Green dotted line with square marker)
ROB	(Green dotted line with square marker)
Left Levee	(Purple line with square marker)
Right Levee	(Purple line with square marker)