



PROVINCIA DI MATERA

Area Tecnica

Progetto per la ricostruzione di un ponte al
km 2+500 della S.P. 5 (ex SS 176)

PROGETTO ESECUTIVO



ELABORATO:

P

SCALA:

DATA:

Luglio 2021

Nome dell'elaborato:

VERIFICA IDRAULICA SCATOLARE



PROGETTO REDATTO DA: Area Tecnica della Provincia di Matera

Il progettista e RUP

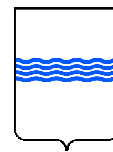
Ing. Michele PONTILLO



COMUNE DI PISTICCI



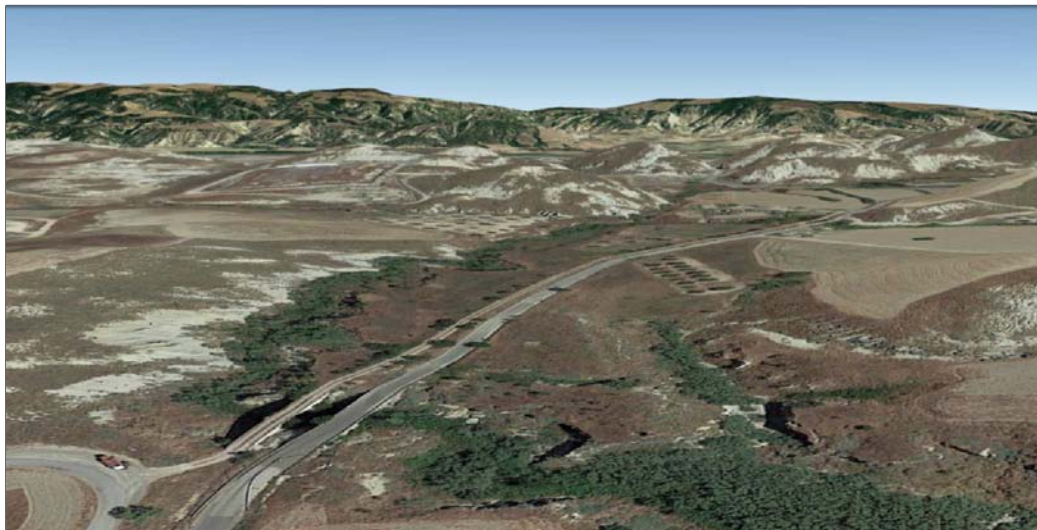
PROVINCIA DI MATERA



REGIONE BASILICATA

Interventi per la Tutela e la salvaguardia della viabilità provinciale di Matera
FSC 2007-2013 APQ "AIMT" - FSC 2000/2006 APQ BAS06

STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO



PROGETTO PER LA RICOSTRUZIONE DI 2 PONTI AL KM 2+150 E 2+500 DELLA S.P. 5 (EX SS 176)

CIG

-

CUP

H71BB20000540002

IL TECNICO:

dott. ing. Giovanni MARTINO
Studio Tecnico
Piazza degli Olmi, 70
75100 - Matera (MT)



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

dott. ing. Michele PONTILLO

Funzionario dell'Area Tecnica
della Provincia di Matera
Via Ridola, 60
75100 - MATERA

ELABORATO:

RELAZIONE METODOLOGICA

Tav. N.

D.01

Prot.:

Data:
03/2021

Scala:

File:
E.D.01.pdf

Aggiornamenti:

INDICE

INDICE DELLE FIGURE	2
INDICE DELLE TABELLE	3
PREMESSA	4
1. ANALISI IDROLOGICA.....	5
1.1 VAPI IDROMETRIA	5
1.2 METODO RAZIONALE	7
2. DEFLUSSI.....	10
2.1 IL MODELLO DI CALCOLO USACE - HEC - RAS	11



INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Zone omogenee al secondo livello di regionalizzazione, <i>Claps e Fiorentino</i> , 1998.	6
Figura 2 – VAPI Pluviometria. Suddivisione della Basilicata per aree omogenee. Livello II di regionalizzazione, <i>Claps e Fiorentino</i> , 1998.	8
Figura 3 - VAPI Pluviometria. Suddivisione al livello III di regionalizzazione, <i>Claps e Fiorentino</i> , 1998.	9



INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Coefficienti utilizzabili per le relazioni 2 e 3, <i>PAI</i> , 2019.	7
Tabella 2 – Valori del coefficiente di crescita per assegnati periodi di ritorno.	7
Tabella 3 – Parametri della TCEV, Claps e Fiorentino, 1998.	8
Tabella 4 – Valori del coefficiente di crescita per assegnati periodi di ritorno.	8
Tabella 5 - Classi di pericolosità idraulica (2.2 DPCM 29/09/1998, <i>Art. 7 comma 1 let. a, b, c. norme di attuazione PAI, Adb</i> , agg 2019).	10



PREMESSA

Su incarico della Provincia di Matera con det. 289 del 17.02.2021, il sottoscritto ing. Giovanni MARTINO ha elaborato la presente documentazione al fine di corredare il Progetto Definitivo/Esecutivo denominato “Progetto per la ricostruzione di 2 ponti al km 2+150 e 2+500 della S.P. 5 (ex S.S. 176)”, delle opportune indicazioni di carattere idrologico ed idraulico di dettaglio anche ai fini del rilascio dell’Autorizzazione Idraulica ai sensi del Regio decreto 25 luglio 1904, n. 523..

La presente relazione specialistica, redatta ai sensi degli artt. 24, 26 c.1 lett. b e 33 c. 1 lett. b del D.P.R. 5 ottobre 2010 n. 210 e ss.mm. e ii. rappresenta la relazione metodologica acclusa allo Studio Idrologico-Idraulico.

Tale documento si compone di una parte metodologica generale, di cui alla presente relazione, dello studio vero e proprio e dei relativi allegati inerenti i risultati della modellazione idraulica del “Vallone San Cataldo” e del “Fosso Pozzitello”, interessati dalla progettazione e dalla realizzazione dei due attraversamenti sulla S.P. 5.

Tali relazioni sono state redatte nel rispetto delle Norme di Attuazione (NA) del *Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico* (PAI) approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 19 luglio 2019, pubblicato sulla GU Serie Generale n. 265 del 12.11.2019 e del DPCM 29/09/1998 “Atto di indirizzo e coordinamento per l’individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all’art. 1, commi 1 e 2, del Decreto-Legge 11 giugno 1998, n. 180”. Lo Studio Idrologico-Idraulico è stato redatto anche in riferimento alle prescrizioni generali sui ponti stradali di cui al punto 5.1.2.3 del vigente D.M. 17.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni.

All’uopo, sono stati esaminati i rapporti del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico vigenti, in particolare le tavole relative alla perimetrazione delle fasce di pertinenza fluviale, agli eventi calamitosi e all’inventario delle intersezioni, degli insediamenti e delle opere in alveo. Con riferimento alle aree di intervento, si precisa che ad oggi, tali aree non sono state oggetto di studio da parte dell’Autorità interregionale di Bacino della Basilicata, pertanto valgono le prescrizioni di cui all’art. 4-quater delle Norme di Attuazione del PAI.

Pertanto, lo Studio Idraulico-Idrologico *de quo* è stato sviluppato secondo quanto previsto nella *Scheda tecnica A - “Specifiche Tecniche relative al comma 3.2 dell’art. 4 - Raccordo del Piano Stralcio con gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica e progetti di opere e/o interventi che interessano aree non ancora oggetto di studio da parte dell’AdB”* allegata alle Norme di Attuazione del PAI vigente.

Inoltre, dato che l’Autorità interregionale di Bacino della Basilicata è stata soppressa in favore dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale di cui all’art. 64 del D.Lgs. 152/2006, sono stati esaminati gli elaborati del “Piano di gestione del rischio di alluvione” del Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale attestato presso l’Autorità di bacino nazionale Liri-Garigliano e Volturno.

Le analisi modellistiche sono state condotte prendendo a riferimento il progetto esecutivo, la cartografia tecnica ufficiale del Comune di Pisticci, nonché il modello digitale del terreno reso disponibile dalla Regione Basilicata oltre ad alcuni rilievi di dettaglio fatti eseguire all’uopo dallo scrivente.



Si precisa che le analisi modellistiche interessano esclusivamente il trasporto di massa liquida non contemplando le colate detritiche e le colate di fango.

Nei paragrafi che seguono sono descritti nel dettaglio i modelli idrologici ed il modello idraulico utilizzati.

1. ANALISI IDROLOGICA

Ai fini della valutazione del rischio di piena, ossia per la stima delle massime portate al colmo di piena per assegnati periodi di ritorno, sono disponibili differenti modelli probabilistici.

Nel presente studio, vista l'estensione del bacino imbrifero di interesse, si è fatto riferimento al sia al cosiddetto modello *VAPI* relativo all'idrometria (*Claps e Fiorentino*, 1998) realizzato dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (*GNDCI-CNR*), sia al *Metodo Razionale* tarato con i coefficienti del modello *VAPI* relativo alla pluviometria, selezionando la metodologia che garantisce il margine di sicurezza più elevato.

Il modello *VAPI*, utilizzato anche dall'AdB per la valutazione della pericolosità idraulica in ottemperanza al DPCM 29/09/1998 che, tra l'altro, fornisce i criteri generali per l'individuazione, la perimetrazione e la classificazione delle aree a rischio da alluvione, appare adeguato e sufficientemente cautelativo per l'analisi idrologica e se ne dà nel seguito una descrizione sintetica.

1.1 VAPI IDROMETRIA

Per la stima delle massime portate al colmo di piena per assegnati periodi di ritorno si ricorre ad una analisi di frequenza usando tecniche geostatistiche (*kriging*) con schema gerarchico di regionalizzazione. La procedura utilizza la distribuzione *TCEV* (Two-Componet Extreme Value, *Rossi et al.*, 1984) per la stima di un evento estremo. Tale distribuzione, risultando la distribuzione di probabilità del massimo valore di due variabili distribuite secondo la legge di Gumbel, è atta a fornire la stima di un determinato evento estremo proveniente dalla popolazione statistica degli eventi ordinari ovvero straordinari. I parametri della distribuzione vengono stimati ai vari livelli di regionalizzazione (Figura 1).



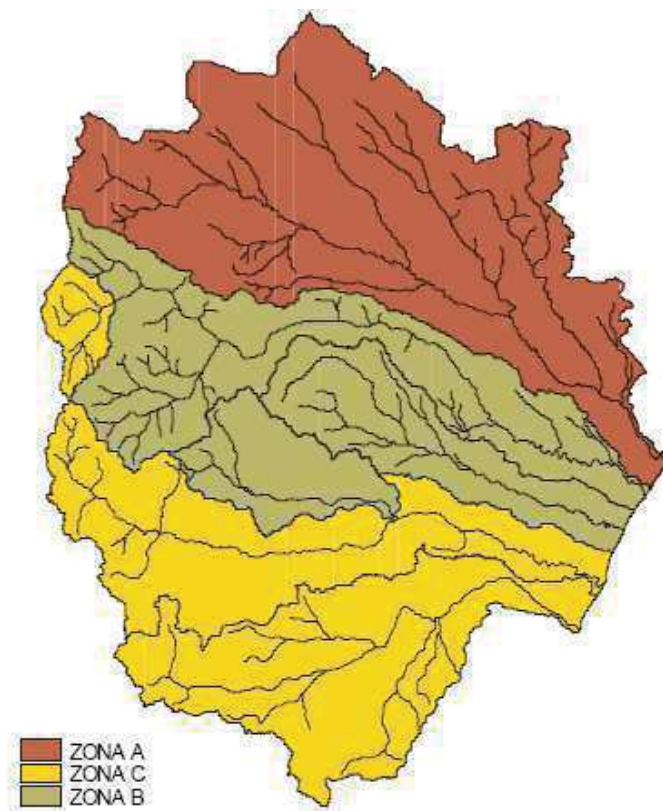


Figura 1 – Zone omogenee al secondo livello di regionalizzazione, Claps e Fiorentino, 1998.

Indicando con Q_T le massime portate al colmo di piena per assegnati periodi di ritorno T , è possibile scrivere:

$$Q_T = K_T E(Q) \quad (1)$$

Nella (1) K_T rappresenta il fattore probabilistico di crescita, funzione di T , e $E(Q)$ rappresenta il valore della piena indice ricavabile al II livello gerarchico di regionalizzazione. A tal riguardo in Figura 1 è mostrata la classificazione di Fiorentino e Claps, 1998.

Il fattore di crescita K_T può essere ricavato oltre che da rappresentazioni grafiche ottenute dall'espressione teorica della distribuzione TCEV anche mediante la seguente semplice relazione asintotica (Rossi e Villani, 1995):

$$K_T = a + b \ln T \quad (2)$$

Tale relazione, oltre ad eliminare elementi di potenziale criticità legati essenzialmente all'utilizzo delle rappresentazioni grafiche del fattore di crescita, risulta abbastanza accurata in quanto conduce ad una leggera sottostima di K_T con errori che risultano superiori al 5% solo per $T < 40$ anni (Claps e Straziuso, 1996).

Il valore della piena indice è funzione dell'area del bacino ed è bene rappresentata da una relazione del tipo:

$$E(Q) = kA^\alpha \quad (3)$$



I parametri a e b nella (2), k e α nella (3) sono stati stimati (Claps e Fiorentino, 1998) per aree omogenee del territorio della Regione Basilicata, i valori di dettaglio relativi alle aree di interesse per il presente studio vengono riportati nelle successive Tabella 1 e Tabella 2.

Tabella 1 - Coefficienti utilizzabili per le relazioni 2 e 3, PAI, 2019.

Bacino	a	b	k	α
CAVONE	0.0565	0.5977	5.98	0.645

Tabella 2 – Valori del coefficiente di crescita per assegnati periodi di ritorno.

Bacino	$T[\text{anni}]$		
	30	200	500
	K_T		
CAVONE	2.09	3.22	3.77

1.2 METODO RAZIONALE

Oltre al metodo precedentemente menzionato, nel presente lavoro è stato utilizzato il *Metodo Razionale* la cui relazione di base, la formula razionale, è riportata di seguito

$$Q = \varphi \cdot i_{d,T} \cdot A \quad (4)$$

Nella (4) Q rappresenta la portata incognita, $i_{d,T}$ è l'intensità di pioggia di assegnata durata d e periodo di ritorno T , mentre φ è il coefficiente di afflusso.

L'intensità di pioggia è esprimibile in funzione dei parametri della legge di probabilità pluviometrica per mezzo della (5.a).

$$i_{d,T} = K_T a d^{n-1} \quad (5.a)$$

Nel presente lavoro sono stati imposti i valori dell'intensità di pioggia stimati con il metodo VAPI relativo alla pluviometria (Claps e Fiorentino, 1998).

La procedura per la stima dell'altezza di pioggia di un evento estremo utilizza la distribuzione TCEV. I parametri della distribuzione vengono stimati a vari livelli di regionalizzazione. Il // livello di regionalizzazione è mostrato in Figura 2.



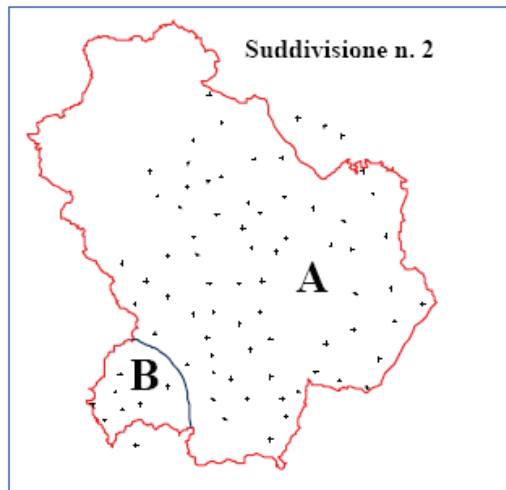


Figura 2 – VAPI Pluviometria. Suddivisione della Basilicata per aree omogenee. Livello II di regionalizzazione, Claps e Fiorentino, 1998.

Indicando con $h_{d,T}$ le curve di possibilità pluviometrica media (d=1, 3, 6, 12 e 24 ore) con assegnato periodo di ritorno T è possibile scrivere:

$$h_{d,T} = K_T E[h_d] \quad (5.b)$$

Nella quale, per il nostro Paese, per il parametro $E[h_d]$ è ben rappresentativa la:

$$E[h_d] = m[h(d)] = ad^n \quad (5.c)$$

Il fattore di crescita K_T viene stimato attraverso l'uso dell'espressione teorica della distribuzione TCEV (6).

$$T = \frac{1}{1 - F_K(k)} = \frac{1}{1 - \exp\left(-\Lambda_1 \exp(-\eta k) - \Lambda_* \Lambda_1^{\frac{1}{\vartheta_*}} \exp\left(\frac{\eta k}{\vartheta_*}\right)\right)} \quad (6)$$

I valori dei parametri riportati nella relazione (6), stimati al I ed al II livello di regionalizzazione e ricavati nel progetto VAPI per il territorio dell'Italia meridionale e per la regione Basilicata sono riportati nella tabella 4. In tabella 5 sono riportati i valori del coefficiente di crescita.

Tabella 3 – Parametri della TCEV, Claps e Fiorentino, 1998.

Sottozona	Λ_*	ϑ_*	Λ_1	η
A	0.104	2.632	20.64	3.841

Tabella 4 – Valori del coefficiente di crescita per assegnati periodi di ritorno.

T[anni]	30	200	500
K_T	1.91	2.91	3.50

Per la stima delle curve di probabilità pluviometrica media areale (5.b) si ricorre al III livello di regionalizzazione mediante la definizione su base matematica di aree omogenee (fig. 3). Tali aree



sono costituite da celle di 10 km di lato per le quali, nel progetto VAPI, sono stati stimati i parametri statistici.

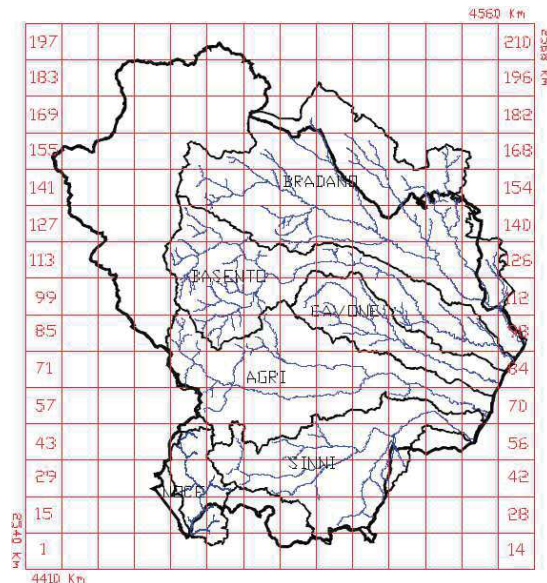


Figura 3 - VAPI Pluviometria. Suddivisione al livello III di regionalizzazione, Claps e Fiorentino, 1998.

La durata di riferimento d da inserire nella (5.a) è data dal tempo di corrivazione t_c del bacino idrografico sotteso dalla sezione di chiusura. Come noto, la stima del tempo di corrivazione riveste un punto cruciale nel calcolo della massima portata pluviale ed è stimabile per via iterativa allorquando l'accurata conoscenza delle caratteristiche geometriche del canale lo consenta, ad esempio per i collettori fognari o i canali di bonifica, ovvero può essere desunta da formule fisicamente basate o empiriche. Tuttavia nei casi che si discostano dagli schemi di deflusso da cui tali relazioni sono state ricavate, è lecito non assegnare a tali stime un elevato grado di precisione.

Esistono numerose formulazioni per la stima di t_c ; viste le dimensioni del bacino interessato, nel presente studio sono state utilizzate le relazioni di seguito riportate selezionando quella che fornisce il valore più cautelativo.

$$\text{Ventura} \quad \tau_c [\text{giorni}] = 0.0053 \sqrt{\frac{A}{P}} \quad (7.a)$$

$$\text{Pasini} \quad \tau_c [\text{giorni}] = \frac{0.0045}{\sqrt{P}} \sqrt[3]{AL} \quad (7.b)$$

$$\text{Giandotti-Visentini} \quad \tau_c [\text{ore}] = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H - Z_0}} \quad (7.c)$$

$$\text{Pezzoli} \quad \tau_c [\text{ore}] = 0.055 \frac{L}{\sqrt{P}} \quad (7.d)$$

$$\text{Chow} \quad \tau_c [\text{ore}] = 0.161 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.64} \quad (7.e)$$



Le relazioni (7.a) e (7.b) sono state introdotte nei primi del secolo scorso per le bonifiche. La (7.c) è la formula più nota ed utilizzata in Italia nella quale \bar{H} rappresenta la quota media del bacino: essa è valida per bacini idrografici di superficie A variabile tra 170 e 70000 km². La (7.d) è stata invece proposta da Pezzoli valutando il comportamento di piccoli bacini piemontesi; la (7.e), infine, deriva dall'analisi di 20 piccoli bacini americani di superficie variabile tra 0.012 e 18.5 km².

Nelle relazioni sopra riportate P [m/m] rappresenta la pendenza media dell'asta principale, A [km²] l'area del bacino, L [km] la lunghezza dell'asta principale e H la quota media del bacino, ricavata dalla curva ipsografica, e Z_0 la sezione di chiusura.

Il valore della pendenza media attribuito è stato stimato attraverso l'utilizzo della formula di Taylor-Schwartz:

$$\frac{L}{\sqrt{P}} = \sum_{i=1}^{n_L} \frac{L_i}{\sqrt{P_i}} \quad (8)$$

In cui la pendenza globale P si determina suddividendo l'asta principale in n_L tronchi, per l' i -esimo dei quali L_i rappresenta la lunghezza del canale principale di deflusso di pendenza P_i .

2. DEFLUSSI

Attraverso l'utilizzo dei modelli summenzionati, contestualizzati con i parametri statistici relativi alle aree di indagine, risulta teoricamente possibile stimare i deflussi, con assegnata probabilità di accadimento in ognuna delle sezioni dei canali che compongono il reticolo idrografico, nota l'area scolante.

I livelli di probabilità di accadimento, ossia di T , sono legati al concetto di pericolosità idraulica.

Tabella 5 - Classi di pericolosità idraulica (2.2 DPCM 29/09/1998, Art. 7 comma 1 let. a, b, c. norme di attuazione PAI, Adb, agg 2019).

T [anni]	Classe di pericolosità idraulica	Probabilità di inondazione
30	MOLTO ELEVATA	MOLTO ELEVATA
200	ELEVATA	MODERATA
500	MODERATA	BASSA

La valutazione della pericolosità idraulica viene in genere condotta attraverso l'applicazione di un modello idrodinamico 1-D sotto le ipotesi di moto permanente o vario. Una modellazione 1-D, in condizioni di moto permanente ($Q=Q_T$) e in alveo a fondo fisso viene utilizzata anche dall'AdB (PAI, AdB, agg. 2019).

L'ipotesi di moto 1-D è probabilmente adeguata in quanto, alle scale spaziali e temporali relative alla problematica in oggetto, è possibile individuare una direzione prevalente del moto, l'asse longitudinale del corso d'acqua, dunque è possibile mediare significativamente le grandezze caratteristiche del moto sull'intera sezione.



Per quanto attiene il moto permanente è noto che, per ragioni idrologiche legate alla naturale durata degli eventi di piena, alla variabilità spaziale e temporale dell'intensità di pioggia etc., condizioni di costanza della portata non possono perdurare nel tempo. Allo stesso tempo, per ragioni idrauliche, legate ad esempio alla variabilità spaziale delle fonti di alimentazione, i.e. i bacini idrografici, continua variabilità di forma delle sezioni, pendenze e resistenze al moto etc., il moto permanente non può di norma presentarsi negli alvei fluviali. Tuttavia considerando valori delle portate al colmo riferite ad eventi eccezionali è lecito ritenere, per tratti relativamente brevi dei corsi d'acqua, che in tutte le sezioni la portata sia costante.

Dunque, anche l'ipotesi di moto permanente non è limitativa in quanto, se opportunamente utilizzata, consente di operare speditamente e comunque con un adeguato livello di sicurezza. Infatti sul tratto di fiume indagato, sotto tale ipotesi, transiterebbe costantemente la portata stimata, mediante il VaPI, alla sezione di chiusura. Tale portata risulterebbe la massima nel dominio del tempo, in quanto portata al colmo e la massima anche nel dominio dello spazio in quanto riferita alla sezione di chiusura.

2.1 IL MODELLO DI CALCOLO USACE - HEC - RAS

Il modello numerico di simulazione utilizzato nel presente lavoro è il modello HEC-RAS (River Analysis System) sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center, dall'United States Army Corps of Engineers.

Tale modello consente il calcolo dei profili idraulici di moto permanente gradualmente variato, in reti di canali naturali o artificiali, con esso possono essere simulate condizioni di moto subcritico (corrente lenta), supercritico (corrente veloce) e misto, e possono essere valutati gli effetti di immissioni o emissioni laterali di portata, briglie e salti di fondo (weir), paratoie, brevi condotti in pressione (culvert), ponti (bridge), ostacoli al flusso e costruzioni edificate nelle zone golenali.

Il modello dispone di una interfaccia grafica che facilita le operazioni di definizione della geometria del problema, dei parametri di calcolo e dell'analisi dei risultati esprimibili sia in termini di tabelle che di grafici. Questi ultimi includono la visualizzazione del tirante idrico relativo a ciascuna sezione, la visualizzazione dei profili di moto permanente (con l'indicazione del pelo libero, dei limiti arginali, della quota della linea dell'energia, ecc...) e grafici in prospettiva tridimensionali che consentono di evidenziare le aree soggette ad inondazione nelle differenti condizioni idrometriche.

Nelle ipotesi di condizioni di moto permanente unidimensionale, corrente gradualmente variata (fatta eccezione per le sezioni in cui si risente della presenza di strutture, quali ponti o tombini per attraversamento) e pendenze longitudinali del fondo dell'alveo non eccessive, per un dato tratto fluviale elementare, di lunghezza finita, il modello si basa sulla seguente equazione di conservazione dell'energia tra le generiche sezioni trasversali di monte e di valle, rispettivamente indicate coi pedici 2 e 1:

$$Y_2 + Z_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + \Delta H \quad (9)$$

Nella (9), Y_2 e Y_1 sono le profondità d'acqua, Z_2 e Z_1 le quote dei punti più depressi delle sezioni trasversali rispetto a un piano di riferimento, V_2 e V_1 le velocità medie, α_2 e α_1 coefficienti di Coriolis di ragguaglio delle potenze cinetiche, g l'accelerazione di gravità e ΔH le perdite di carico nel tratto considerato.

Le perdite energetiche per unità di peso che subisce la corrente fluida fra due sezioni trasversali sono espresse a mezzo della (9.a).



$$\Delta H = L J_m + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (9.a)$$

Nella espressione precedente L è la lunghezza del tratto in analisi, J_m è un valore medio rappresentativo della cadente nel tratto medesimo e C è il coefficiente di contrazione o espansione: in tal modo, si tiene conto sia delle perdite di carico continue o distribuite, rappresentate dal primo addendo del membro di destra, sia delle perdite di carico localizzate o concentrate, rappresentate dal secondo addendo del membro di destra e dovute alle variazioni di sezione trasversale e/o alla presenza di ostacoli strutturali.

Negli alvei naturali, si suole suddividere la sezione trasversale in tre parti, caratterizzate da differenti valori della scabrezza, in cui la velocità si possa ritenere uniformemente distribuita: la parte centrale o canale principale, interessata dalle portate più basse, e le banchine laterali o golene, interessate dalle portate più alte. La determinazione della cadente, J , sezione per sezione è effettuata per mezzo dell'equazione di Chezy nella quale il coefficiente di resistenza K è espresso a mezzo della relazione di Manning.

$$Q = \chi A \sqrt{R_i J} \quad (10)$$

$$\chi = \frac{1}{n} R_i^{1/6} \quad (11)$$

$$K = \frac{A}{n} R_i^{2/3} \quad (12)$$

in cui A è l'area bagnata della sezione trasversale, R_i il raggio idraulico (rapporto tra area e perimetro bagnato), n un coefficiente di scabrezza.

Il coefficiente di trasporto, K , viene valutato separatamente per il canale principale di deflusso e le golene; il suo valore per l'intera sezione trasversale è la somma delle tre aliquote.

La cadente è quindi esprimibile come $J = (Q/K)^2$ in ciascuna sezione; ma il suo valore rappresentativo, J_m , nel tratto considerato è valutato con una delle seguenti formule (13.a.b.c.d).

$$\text{media dei coeff. di trasporto} \quad J_m = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad (13.a)$$

$$\text{media aritmetica} \quad J_m = \left(\frac{J_1 + J_2}{2} \right)^2 \quad (13.b)$$

$$\text{media geometrica} \quad J_m = \sqrt{J_1 J_2} \quad (13.c)$$

$$\text{media armonica} \quad J_m = 2 \frac{J_1 J_2}{(J_1 + J_2)} \quad (13.d)$$

Il programma HEC-RAS seleziona automaticamente l'equazione più appropriata per il calcolo di J_m , secondo che, nel tratto di volta in volta considerato, l'alveo sia a forte o debole pendenza e la corrente sia lenta o veloce, accelerata o decelerata.

Per ciascun tronco fluviale compreso tra due sezioni trasversali si considerano la lunghezza del canale centrale, L_c , e le lunghezze delle banchine laterali, L_{sx} e L_{dx} rispettivamente per la golena sinistra e quella destra. Per la determinazione delle perdite di carico continue, si adopera un valore della lunghezza pari alla media pesata di L_c , L_{sx} e L_{dx} sulle portate medie riferite anch'esse all'alveo centrale e alle golene ($Q_{c,m}$, $Q_{sx,m}$ e $Q_{dx,m}$):



$$L = \frac{L_{sx}Q_{sx,m} + L_cQ_{c,m} + L_{dx}Q_{dx,m}}{Q_{sx,m} + Q_{c,m} + Q_{dx,m}} \quad (14)$$

Il coefficiente di Coriolis è espresso in funzione dei coefficienti di trasporto, K_i , e delle aree bagnate, A_i , del canale principale e delle golene:

$$\alpha = \frac{A^2}{K^3} \sum_i \frac{K_i^3}{A_i^2} \quad (15)$$

La procedura di calcolo per la determinazione del tirante idrico in ogni sezione utilizza la procedura iterativa dello Standard Step Method.

Assegnata una condizione iniziale a valle o a monte (tirante di moto uniforme, altezza critica, profondità d'acqua nota, ecc.), il calcolo procede verso monte o verso valle a seconda che si stia ricostruendo un profilo di corrente lenta o veloce.

Assunto un valore del tirante di primo tentativo

$$WS^I = Y^I + Z^I \quad (a)$$

nella sezione in cui essa è incognito; si determinano K e V ; dunque J_m e ΔH ; mediante l'equazione dell'energia si ottiene un secondo valore della quota dell'acqua, WS'' , da confrontare con quello assunto inizialmente; si ripetono i passi suddetti finché la differenza tra le quote della superficie libera risulti inferiore alla tolleranza prestabilita (3 mm).

La profondità d'acqua ottenuta

$$Y = WS - Z \quad (b)$$

È confrontata con l'altezza critica, Y_{cr} , da cui il regime di moto.

Negli alvei naturali, si possono presentare situazioni in cui la curva dell'energia, la funzione $H(WS)$, presenta più di un minimo, ad esempio in presenza di ampie golene o di superamento di argini. HEC-RAS può individuare fino a tre minimi tra i quali seleziona il valore più piccolo.

Note la profondità d'acqua e l'altezza critica in una data sezione, si stabilisce se nella sezione stessa il regime è di corrente lenta o veloce. Se tale regime è differente da quello che si è verificato nella sezione precedente, la profondità d'acqua appena determinata perde di significato e alla sezione si assegna l'altezza critica.

Nel caso di passaggio da regime supercritico a subcritico tramite risalto idraulico, la corrente perde il carattere gradualmente variato, pertanto l'equazione dell'energia non può essere applicata. In tal caso, HEC-RAS ricorre all'equazione di conservazione della quantità di moto:

$$\frac{\beta_2 Q_2^2}{gA_2} + A_2 Y_{2,b} + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot i - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \cdot J_m - \frac{\beta_1 Q_1^2}{gA_1} - A_1 Y_{1,b} = 0 \quad (c)$$

Nella (c) si sono indicate con i pedici 2 e 1 rispettivamente la sezione di monte e di valle del tratto considerato; il primo e il quinto termine della (c) rappresentano le spinte idrodinamiche dovute alle quantità di moto (con β coefficiente di ragguaglio dei flussi di quantità di moto), il secondo e il sesto termine le spinte idrostatiche dovute alle pressioni (essendo $Y_{2,b}$ e $Y_{1,b}$ gli affondamenti dei baricentri delle sezioni bagnate), il terzo termine la componente del peso lungo la direzione del moto (essendo i la pendenza longitudinale del fondo dell'alveo, calcolata in base alle quote medie in ciascuna sezione) e il quarto termine la resistenza al moto.

Per ciascuno dei tratti oggetto di studio si indicheranno le stazioni identificative delle diverse sezioni trasversali (river stations), numerate in senso decrescente procedendo da monte a valle (le stazioni con asterisco indicheranno sezioni non rilevate, ma calcolate per interpolazione all'interno di HEC-RAS); accanto a ogni stazione sarà indicata la lunghezza in metri (L_c , L_{sx} e L_{dx}) che separa la sezione in questione dalla successiva a valle.



I valori del coefficiente di scabrezza, n , di Manning sono tabulati su diverse pubblicazioni nella letteratura tecnica specializzata. Si farà riferimento ai valori riportati nei testi classici come Marchi-Rubatta (1981), e a quanto riportato nel PAI.

I coefficienti di contrazione e di espansione, rispettivamente pari a 0,1 e 0,3 nei casi più comuni di transizioni graduali in regime subcritico, possono assumere valori differenti in presenza di ponti (valori più elevati quali 0,3 e 0,5 rispettivamente).

A tal proposito occorre dire che il modello idraulico adottato da Hec-Ras valuta le perdite di energia causate da tale tipologia di strutture in 3 parti: la prima dovuta all'espansione del flusso che si verifica immediatamente a valle, la seconda dovuta all'opera stessa e la terza dovuta alla contrazione del flusso che si verifica immediatamente a monte. Dato che il ponte deve essere inserito tra due sezioni naturali, in tutte le simulazioni condotte si è provveduto innanzitutto ad inserire a monte ed a valle della struttura due sezioni (una delle quali fittizia) coincidenti con la sezione naturale presente immediatamente a monte del ponte e successivamente sono stati editati i dati geometrici relativi al ponte.

Per la modellazione dei ponti sono stati utilizzati:

- I dati relativi all'impalcato
 - distanza tra l'impalcato e la sezione naturale immediatamente a monte dello stesso;
 - larghezza del ponte lungo la direzione della corrente;
 - quote dell'estradosso e dell'intradosso;
- i dati relativi alle pile
 - posizione nella sezione;
 - larghezza;
 - lunghezza;
 - quote.

Matera, Marzo 2021

Il tecnico

Ing. Giovanni MARTINO



BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 2003, *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale* IV ED., VOL. I, Zanichelli – ESAC.
- AA.VV., 2003, *Manuale dell'Ingegnere* – Nuovo Colombo, VXXXIV ed., Vol. II sez. H, Ed. Hoepli.
- Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata, *Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico*, Relazione, aggiornamento 2019.
- Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata, *Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico*, Norme di Attuazione, aggiornamento 2019.
- Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata, *Piano di gestione del rischio di alluvioni - distretto appennino meridionale*.
- Caloiero D. e Mercuri T., 1982, *Le alluvioni in Basilicata dal 1921 al 1980*, CNR- IRPI, Geodata 16, Cosenza.
- Claps P. e Fiorentino M., 1998, *Rapporto di Sintesi per la Regione Basilicata (bacini del versante ionico), Valutazione delle Piene in Italia*, CNR-GNDCI, Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente, Università degli Studi della Basilicata - Potenza.
- Claps p. e Straziuso, 1995, *Analisi regionale delle piogge brevi in Basilicata*, Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente, Università degli Studi della Basilicata - Potenza.
- Da Deppo L., Datei C. e Salandin P., 2004, *Sistemazione dei corsi d'acqua* V Ed., Lib. Int. Cortina, Padova.
- Dingman S. L., 2002, *Physical Hydrology*, 2nd ed., Prentice Hall NY
- Ferro V., 2006, *La sistemazione dei bacini idrografici*, Ed. McGraw-Hill
- Maione U., 1999, *Le piene fluviali*, Ed. La Goliardica Pavese.
- Marchi E., Rubatta A., 1981, *Meccanica dei Fluidi. Principi e Applicazioni*. UTET. Torino
- Moisello U., 1985, *Grandezze e fenomeni idrologici*, Ed. La Goliardica Pavese.
- Moisello U., 1999, *Idrologia Tecnica*, Ed. La Goliardica Pavese
- Rossi F., Fiorentino M. e Versace P., 1984, *Two Component Extreme Value distribution for flood frequency analysis*, Water Resour. Res..
- Rossi F. e Villani P., 1995, *Valutazione delle Piene in Campania*, CNR-GNDCI, Pubbl. 1472, Grafica Metelliana & C., Cava dè Tirreni (SA).
- US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, *Computer Determination of Flow through Bridges*, 1970.
- US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, *Flow transitions in Bridge Backwater Analysis*, 1995.
- US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, *Bridge Hydraulic Analysis with HEC-RAS*, 1996.
- US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, *HEC-RAS Hydraulic Reference Manual*, 2002.
- US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, *HEC-RAS User's Manual*, 2002
- U.S. Dept. of Transportation, Federal Highway Adm., *Hydraulic design of highway culverts*, 1985 – ris. 1998, Hydraulic Design - Series no. 5 – Rep. n. FHWA-IP-85-15
- U.S. Dept. of Transportation, Federal Highway Adm., *Hydraulic design of highway culverts*, 2001 – rev. 2005. 1998, Hydraulic Design - Series no. 5 – Rep. n. FHWA-NHI-01-020
- U.S. Geological Survey, *Measurements of peak discharge by indirect methods*, Techniques of water resources investigations of the United States Geological Survey – Book 3 – Applications of Hydraulics – Chap. A3. 1982

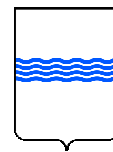




COMUNE DI PISTICCI



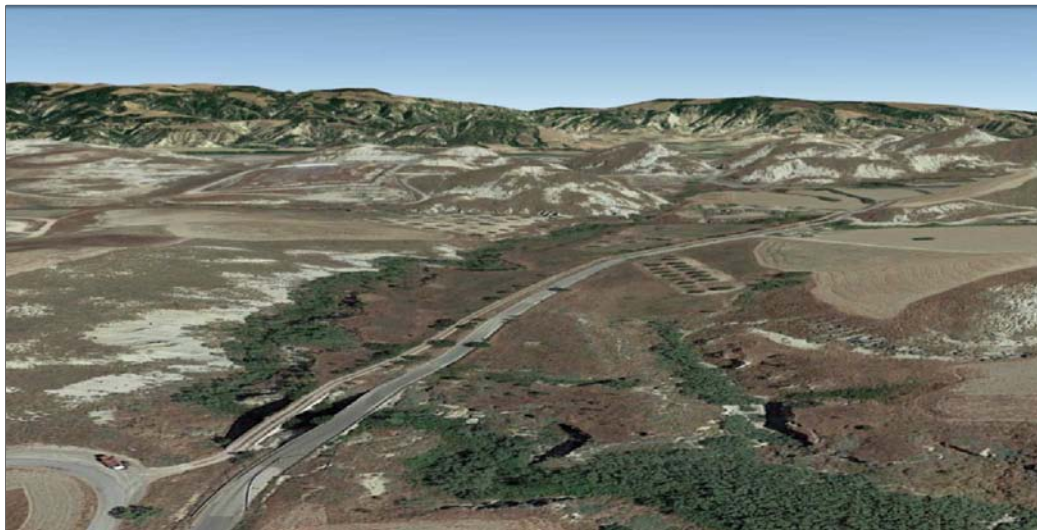
PROVINCIA DI MATERA



REGIONE BASILICATA

Interventi per la Tutela e la salvaguardia della viabilità provinciale di Matera
FSC 2007-2013 APQ "AIMT" - FSC 2000/2006 APQ BAS06

STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO



PROGETTO PER LA RICOSTRUZIONE DI 2 PONTI AL KM 2+150 E 2+500 DELLA S.P. 5 (EX SS 176)

CIG

-

CUP

H71BB20000540002

IL TECNICO:

dott. ing. Giovanni MARTINO
Studio Tecnico
Piazza degli Olmi, 70
75100 - Matera (MT)



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

dott. ing. Michele PONTILLO

Funzionario dell'Area Tecnica
della Provincia di Matera
Via Ridola, 60
75100 - MATERA

ELABORATO:

RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

Tav. N.

D.02

Prot.:

Data:
03/2021

Scala:

File:
E.D.02.pdf

Aggiornamenti:

INDICE

INDICE DELLE FIGURE	2
INDICE DELLE TABELLE.....	3
1. PREMESSA.....	4
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E STATO DEI LUOGHI.....	5
3. STUDIO IDROLOGICO.....	9
4. STUDIO IDRAULICO	13
4.1. VERIFICHE LOCALI: DEPOSIZIONE – ESCAVAZIONE E CONTROMISURE	26
4.2. VERIFICHE LOCALI: SIFONAMENTO	30
4.3. VERIFICHE LOCALI: FRANCO DI SICUREZZA	31
5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	33
BIBLIOGRAFIA.....	34



INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Ubicazione del bacino del Vallone San Cataldo e del Fosso Pozzitello. Stralcio CTR 1:25.000	5
Figura 2 - Stralcio Carta degli eventi calamitosi (PAI-AdB) con indicazione dell'area di intervento.	6
Figura 3 - Vallone San Cataldo- Vista verso valle dall'attraversamento al km 2+500.	6
Figura 4 - Fosso Pozzitello - Vista verso valle dall'attraversamento al km 2+150.	7
Figura 5 - Stralcio Carta inventario delle intersezioni, degli attraversamenti e delle opere in alveo (PAI-AdB).	7
Figura 6 - Ponte ferroviario sul Vallone San Cataldo a monte dell'attraversamento al km 2+500.	8
Figura 7 - Condotta idrica adduttrice al serbatoio di Pisticci.	8
Figura 8 - Bacini imbriferi su CTR 1:25.000.	9
Figura 9 - Modello digitale del terreno.	10
Figura 10 - Valore del coefficiente di afflusso in funzione del periodo di ritorno. V.ne San Cataldo.	11
Figura 11 - Mappa di uso del suolo. V.ne San Cataldo.	12
Figura 12 - Mappa delle pendenze. V.ne San Cataldo.	12
Figura 13 - Geometria con sezioni di partenza su DTM e immagine satellitare.	14
Figura 14 - Geometria con sezioni interpolate su DTM e immagine satellitare.	16
Figura 15 - Modellazione tridimensionale dell'attraversamento al km 2+150.	17
Figura 16 - Modellazione tridimensionale dell'attraversamento al km 2+500.	18
Figura 17 - Vista tridimensionale con rappresentazione della superficie libera per TR=2 anni.	23
Figura 18 - Profilo longitudinale con rappresentazione del tirante per TR= 2 anni.	23
Figura 19 - Vista tridimensionale con rappresentazione della superficie libera per TR=30 anni.	24
Figura 20 - Profilo longitudinale con rappresentazione del tirante per TR= 30 anni.	24
Figura 21 - Vista tridimensionale con rappresentazione della superficie libera per TR=200 anni.	25
Figura 22 - Profilo longitudinale con rappresentazione del tirante per TR= 200 anni.	25
Figura 23 - Vista tridimensionale con rappresentazione della superficie libera per TR=500 anni.	26
Figura 24 - Profilo longitudinale con rappresentazione del tirante per TR= 500 anni.	26
Figura 25 - Confronto tra V_{cr} e velocità della corrente lungo l'asse del corso d'acqua. Q_{T2} (a). Q_{T30} (b). Q_{T200} (c). Q_{T500} (d). V.ne San Cataldo.	27
Figura 26 - Confronto tra V_{cr} e velocità della corrente lungo l'asse del corso d'acqua. Q_{T2} (a). Q_{T30} (b). Q_{T200} (c). Q_{T500} (d). F.so Pozzitello.	28
Figura 27 - Elementi della formula di Bligh-Lane.	30
Figura 28 - Tirante nella sezione immediatamente a monte dell'attraversamento al km 2+150. TR=200 anni.	31
Figura 29 - Tirante nella sezione immediatamente a valle dell'attraversamento al km 2+150. TR=200 anni.	31
Figura 30 - Tirante nella sezione immediatamente a monte dell'attraversamento al km 2+500. TR=200 anni.	32
Figura 31 - Tirante nella sezione immediatamente a valle dell'attraversamento al km 2+500. TR=200 anni.	32



INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Principali caratteristiche morfologiche dei Fossi.	10
Tabella 2 – Parametri della legge di pioggia (Claps e Fiorentino, 1998).	10
Tabella 3 – Stima del tempo di corrivazione.	11
Tabella 4 – Stima del coefficiente di afflusso.	11
Tabella 5 – Confronto tra i risultati ottenuti con entrambi i metodi di calcolo VAPI idrometria e Metodo Razionale.	13
Tabella 6 – Portate di simulazione con periodo di ritorno $TR=2$ anni.	13
Tabella 7 - Coordinate delle sezioni di calcolo. V.ne San Cataldo.	14
Tabella 8 - Coordinate delle sezioni di calcolo. Fosso Pozzitto.	15
Tabella 9 – Coefficienti delle perdite all'imbocco ed allo sbocco dei manufatti modellati.	17
Tabella 10 – Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 2 anni. V.ne San Cataldo.	19
Tabella 11 – Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 30 anni. Fosso Pozzitto.	19
Tabella 12 – Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 30 anni. V.ne San Cataldo.	20
Tabella 13 – Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 30 anni. Fosso Pozzitto.	20
Tabella 14 – Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 200 anni. V.ne San Cataldo.	21
Tabella 15 – Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 200 anni. Fosso Pozzitto.	21
Tabella 16 – Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 500 anni. V.ne San Cataldo.	22
Tabella 17 – Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 500 anni. Fosso Pozzitto.	22
Tabella 18 – Entità dello scavo atteso.	29
Tabella 20 – Calcolo del coefficiente F.	30
Tabella 21 – Franchi di sicurezza con $TR=200$ anni.	32



1. PREMESSA

Su incarico della Provincia di Matera con det. 289 del 17.02.2021, il sottoscritto ing. Giovanni MARTINO ha elaborato la presente documentazione al fine di corredare il Progetto Definitivo/Esecutivo denominato "Progetto per la ricostruzione di 2 ponti al km 2+150 e 2+500 della S.P. 5 (ex ss 176)", delle opportune indicazioni di carattere idrologico ed idraulico di dettaglio anche ai fini del rilascio dell'Autorizzazione Idraulica ai sensi del Regio decreto 25 luglio 1904, n. 523.

La presente relazione, redatta ai sensi degli artt. 24, 26 c.1 lett. b e 33 c. 1 lett. b del D.P.R. 5 ottobre 2010 n. 210 e ss.mm. e ii. ed acclusa allo Studio Idrologico-Idraulico esamina le principali caratteristiche idrologiche ed idrauliche del territorio interessato dalla realizzazione delle opere in progetto, verificando nel contempo la rispondenza idraulica delle opere in progetto.

Tale documento si compone di una parte metodologica generale, della presente relazione e dei relativi allegati inerenti i risultati della modellazione idraulica del "Vallone San Cataldo" e del "Fosso Pozzitello", interessati dalla progettazione e realizzazione dei due attraversamenti sulla S.P. 5.

Tali relazioni sono state redatte nel rispetto delle Norme di Attuazione (NA) del *Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico* (PAI) approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 19 luglio 2019, pubblicato sulla GU Serie Generale n. 265 del 12.11.2019 e del DPCM 29/09/1998 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del Decreto-Legge 11 giugno 1998, n. 180". Lo Studio Idrologico-Idraulico è stato redatto anche in riferimento alle prescrizioni generali sui tombini di cui al punto C5.1.2.3 della Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. giacché le opere de qua sono escluse dall'applicazione del punto 5.1.2.3 del vigente D.M. 17.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni.

All'uopo, sono stati esaminati i rapporti del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico vigenti, in particolare le tavole relative alla perimetrazione delle fasce di pertinenza fluviale, agli eventi calamitosi e all'inventario delle intersezioni, degli insediamenti e delle opere in alveo. Con riferimento alle aree di intervento, si precisa che ad oggi, tali aree non sono state oggetto di studio da parte dell'Autorità interregionale di Bacino della Basilicata, pertanto valgono le prescrizioni di cui all'art. 4-quater delle Norme di Attuazione del PAI.

Pertanto, lo Studio Idraulico-Idrologico *de quo* è stato sviluppato secondo quanto previsto nella *Scheda tecnica A - "Specifiche Tecniche relative al comma 3.2 dell'art. 4 - Raccordo del Piano Stralcio con gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica e progetti di opere e/o interventi che interessano aree non ancora oggetto di studio da parte dell'AdB"* allegata alle Norme di Attuazione del PAI vigente.

Inoltre, dato che l'Autorità interregionale di Bacino della Basilicata è stata soppressa in favore dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale di cui all'art. 64 del D.Lgs. 152/2006, sono stati esaminati gli elaborati del "Piano di gestione del rischio di alluvione" del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale attestato presso l'Autorità di bacino nazionale Liri-Garigliano e Volturno.

Le analisi modellistiche sono state condotte prendendo a riferimento il progetto esecutivo, la cartografia tecnica ufficiale del Comune di Pisticci, la CTR 1:25.000, 1:10.000 e 1:5.000, nonché il modello digitale del terreno reso disponibile dalla Regione Basilicata oltre ad alcuni rilievi di dettaglio fatti eseguire all'uopo dallo scrivente.

Si precisa che le analisi modellistiche interessano esclusivamente il trasporto di massa liquida non contemplando le colate detritiche e le colate di fango.



2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E STATO DEI LUOGHI

Le opere in progetto sono ubicate in agro del Comune di Pisticci (MT) (Figura 1); dal punto di vista idrografico, tale area è ubicata nella parte mediana del bacino del Fiume Cavone ed è caratterizzata dalla presenza di un corso d'acqua principale, il "Vallone San Cataldo", e da un suo affluente di sinistra denominato dallo scrivente "Fosso Pozzitello" in analogia alla località. I due ponti in progetto sono ubicati esattamente in corrispondenza degli attraversamenti del tracciato della S.P. n. 5 sui predetti corsi d'acqua. Il ponte sulla Vallone San Cataldo è posizionato al km 2+500 ed il ponte sul "Fosso Pozzitello" è posizionato al km 2+150.

Il "Vallone San Cataldo" confluisce nel "Fosso della Chiobica" che conferisce le proprie acque nel Fiume Cavone in sinistra idrografica in loc. "Pantone Ciucchera".

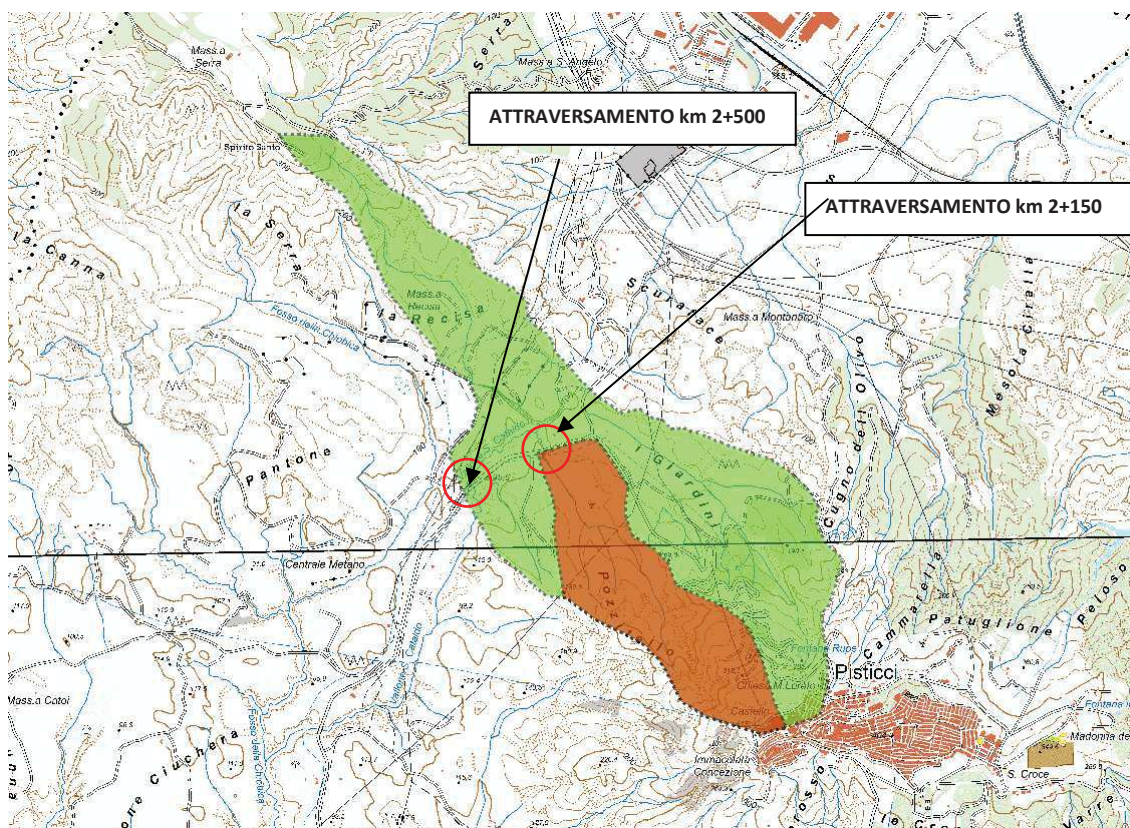


Figura 1 - Ubicazione del bacino del Vallone San Cataldo e del Fosso Pozzitello. Stralcio CTR 1:25.000

Tale zona, dal punto di vista climatico, è contraddistinta da precipitazioni medie annue che oscillano intorno ai 600 mm e temperature medie annue intorno ai 14 °C (AdB, SAL-ALSIA, CNR-IRPI).

Anche se l'osservazione della carta degli eventi calamitosi (Figura 2- PAI-AdB), evidenzia che non sono stati censiti eventi significativi così come riportato anche da Caloiero e Mercuri (CNR-IRPI,1982), nel 2013, a valle della zona di interesse, in loc. "Pantone Ciucchera", sul "Fosso della Chiobica" si è verificato il decesso di una persona travolta, a bordo dell'auto su cui viaggiava, su un ponticello, dall'onda di piena causata da un temporale.



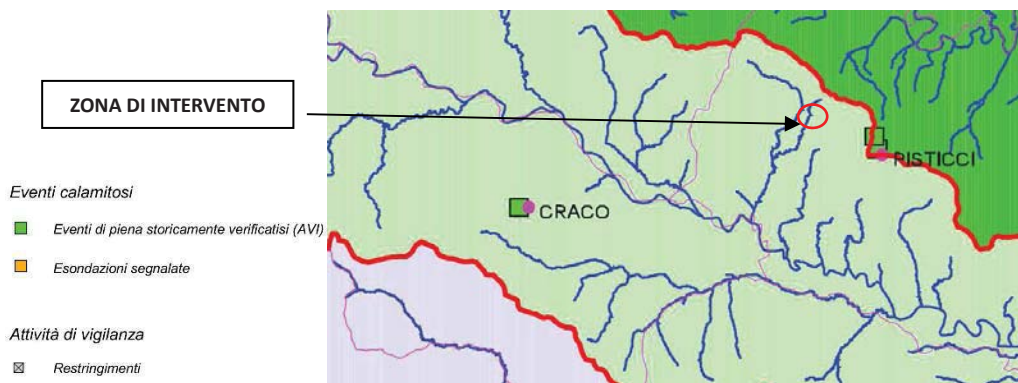


Figura 2 - Stralcio Carta degli eventi calamitosi (PAI-AdB) con indicazione dell'area di intervento.

Dal punto di vista morfologico, nella zona in esame, sia il “Fosso Pozzitello” sia il “Vallone San Cataldo”, sono caratterizzati da un alveo a tratti largo e profondo. Come evidenziato nelle riprese fotografiche di Figura 3 e Figura 4, entrambi i corsi d'acqua, inoltre, sono interessati dalla presenza di una folta vegetazione, costituita per lo più da arbusti tipici della macchia mediterranea, che è localizzata prettamente in alveo. Sulle scarpate spondali, contraddistinte da una forte acclività ed in molti punti pressappoco verticali, invece la vegetazione è presente solo nella parte sommitale. Tutt'intorno vi sono terreni coltivati principalmente a cereali e sono presenti alcuni oliveti. In più punti, in particolar modo laddove la vegetazione è meno presente, si evidenziano fenomeni erosivi e dissesti caratteristici dell'evoluzione calanchiva ed addebitabili al ruscellamento superficiale delle acque di origine meteorologica.



Figura 3 - Vallone San Cataldo- Vista verso valle dall'attraversamento al km 2+500.





Figura 4 - Fosso Pozzello - Vista verso valle dall'attraversamento al km 2+150.

Entrambi i corsi d'acqua sono attraversati trasversalmente dal tracciato della S.P. n. 5 e da una vecchia linea ferroviaria in disuso che collegava la Stazione di Montalbano J.co a quella di Pisticci Scalo. Tali opere risultano parzialmente censite anche dall'AdB così come evidenziato in Figura 5 e in Figura 6.

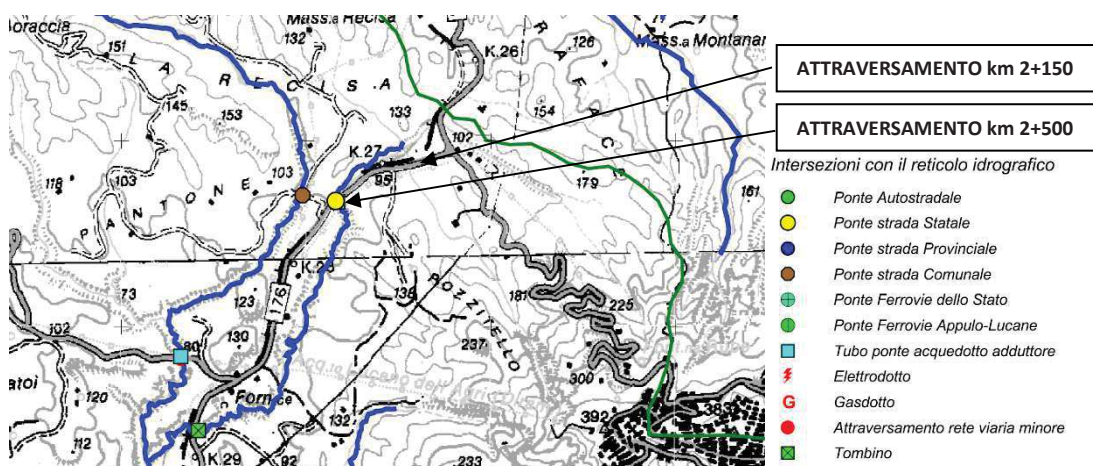


Figura 5 - Stralcio Carta inventario delle intersezioni, degli attraversamenti e delle opere in alveo (PAI-AdB).

A tal proposito, mentre l'attraversamento sulla vecchia linea ferroviaria posto in fregio al nuovo manufatto da realizzarsi al km 2+500 presenta un'ampia sezione che non inficia il deflusso delle acque di scorrimento (Figura 6), l'attraversamento posto in fregio al nuovo tombino da realizzarsi al km 2+150 è significativamente occluso da vegetazione e accumulo sedimentario che lasciano libero un passaggio di circa 2.5 mq che appare piccolo in considerazione della capacità del fosso.





Figura 6 - Ponte ferroviario sul Vallone San Cataldo a monte dell'attraversamento al km 2+500.

Sul lato di valle del ponte al km 2+500 è presente un attraversamento aereo di una adduttrice idropotabile al serbatoio cittadino del Comune di Pisticci in gestione ad Acquedotto Lucano SpA riveniente dalla diramazione dell'Acquedotto del Frida, che risulta parzialmente occultata dalla ingente presenza di vegetazione.



Figura 7 - Condotta idrica adduttrice al serbatoio di Pisticci.



3. STUDIO IDROLOGICO

Il Vallone San Cataldo, nel tratto di monte presenta due rami principali entrambi ubicati immediatamente a ovest dello spartiacque tra i bacini dei Fiumi Cavone e Basento. Il ramo principale prende origine presso l'abitato di Pisticci a circa 415,00 m.s.l.m. e scorre in direzione SE-NW verso la loc. "Pozzitello" in cui riceve, in destra, il contributo di un fosso riveniente dalla loc. "Spirito Santo (rud.i)" a circa 360,00 m.s.l.m. Il Vallone San Cataldo prosegue, quindi, dalla loc. "La Recisa" pressappoco parallelamente al "Fosso della Recisa" verso il "Pantone Ciucchera" in cui i citati corsi d'acqua convergono nel "Fosso della Chiobica", a circa 64,00 m.s.l.m., che prosegue verso il Fiume Cavone e, dopo aver ricevuto l'ulteriore contributo del "Fosso della Madonna", ivi confluisce in sinistra idrografica.

Utilizzando la cartografia I.G.M., la CTR 1:25.000 nonché il modello digitale del terreno 1x1m della Regione Basilicata, è stato possibile tracciare gli spartiacque e dunque il bacino idrografico del "Vallone San Cataldo" e del "Fosso Pozzitello" identificando, a vantaggio di sicurezza, due sezioni di chiusura ubicate a valle degli attraversamenti della S.P. n. 5 oggetto di progettazione.

Entrambi i bacini imbriferi presentano ha una forma oblunga con reticolo idrografico che mostra ramificazioni diffuse, molte delle quali effimere, nella parte apicale ed un nitido corso principale nella parte bassa.

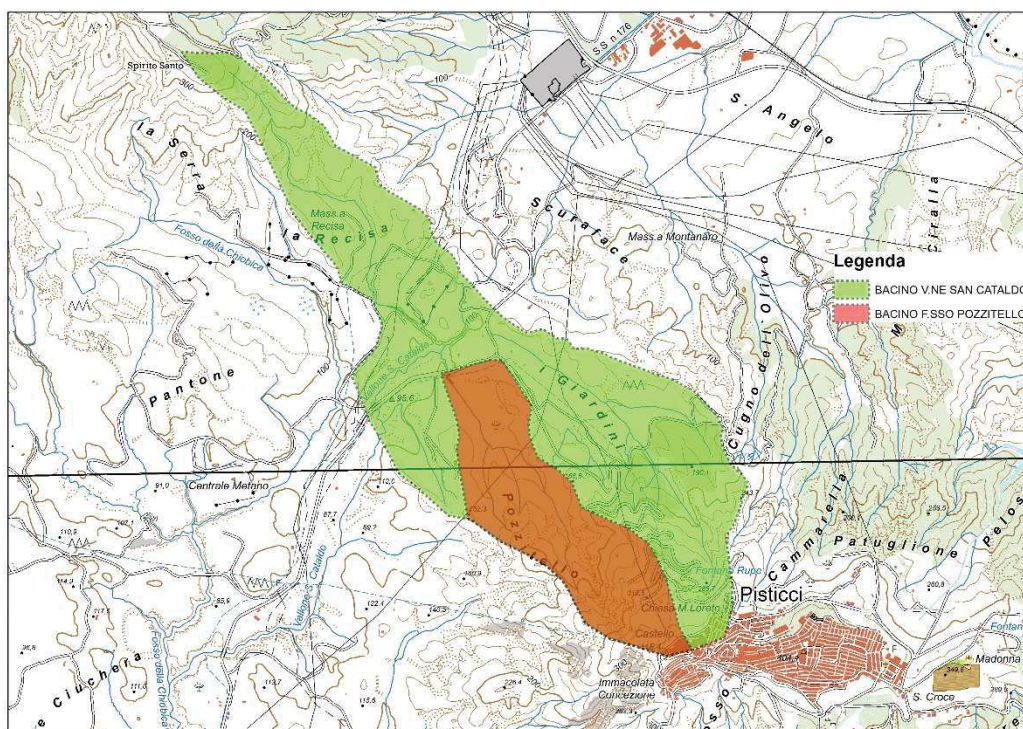


Figura 8 - Bacini imbriferi su CTR 1:25.000.



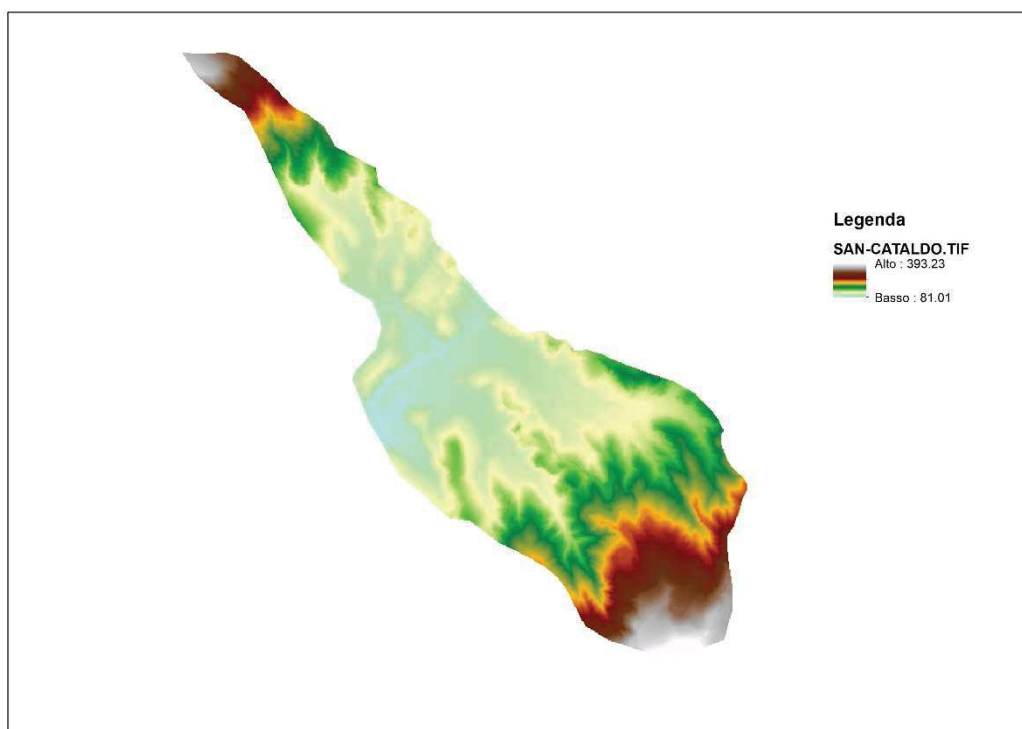


Figura 9 - Modello digitale del terreno.

Le caratteristiche salienti del “V.ne San Cataldo” e del “F.so Pozzitello” sono sintetizzate e riportate nella sottostante Tabella 1.

Tabella 1 - Principali caratteristiche morfologiche dei Fossi.

<i>Corso d'acqua</i>	<i>L[m]</i>	<i>H[m]</i>	<i>Z₀ [m]</i>	<i>A [km²]</i>
V.ne San Cataldo	3004	350	82	2.8
Fosso Pozzitello	2341	392	97	0.72

Nella succitata tabella *L* rappresenta la lunghezza del percorso idraulicamente più lungo, *H* la quota massima del bacino, *Z₀* la quota alla sezione di chiusura e *A* l'area del bacino.

L'area oggetto di intervento, inoltre, è ubicata all'interno della cella 96 del modello VAPI, i parametri della legge di pioggia relativi a tale cella sono riportati nella Tabella 2.

Tabella 2 - Parametri della legge di pioggia (Claps e Fiorentino, 1998).

<i>Parametri</i>	<i>Log a</i>	<i>n</i>
Cella 95	1.365	0.331

I valori del Tempo di Corrivazione stimati con le espressioni proposte nel § 1.2 della Relazione Metodologica sono altresì riportati in Tabella 3.



Tabella 3 - Stima del tempo di corrivazione.

<i>Corso d'acqua</i>	<i>Ventura</i> τ [ore]	<i>Pasini</i> τ [ore]	<i>Giandotti-Visentini</i> τ [ore]	<i>Pezzoli</i> τ [ore]	<i>Chow</i> τ [ore]
V.ne San Cataldo	1.03	1.06	1.54	0.80	0.89
Fosso Pozzitello	0.33	0.39	0.91	0.39	0.57

Nella modellazione idrologico-idraulica è stata adoperata, per ognuno dei due casi, l'espressione che garantisce il valore minimo del tempo di corrivazione. A tal proposito, le espressioni di *Pezzoli* e di *Ventura*, rispettivamente per il V.ne San Cataldo e per il Fosso Pozzitello appaiono maggiormente cautelative.

In Tabella 5 è riportato il confronto tra le portate con assegnato tempo di ritorno ottenute con le due modellazioni utilizzate. I valori del coefficiente di afflusso sono stati stimati con una metodologia suggerita da Moisello (1999) che consente di definire una funzione che lega il coefficiente di afflusso al tempo di ritorno in relazione all'uso del suolo ed alla pendenza locale come mostrato in Figura 10 e Tabella 4.

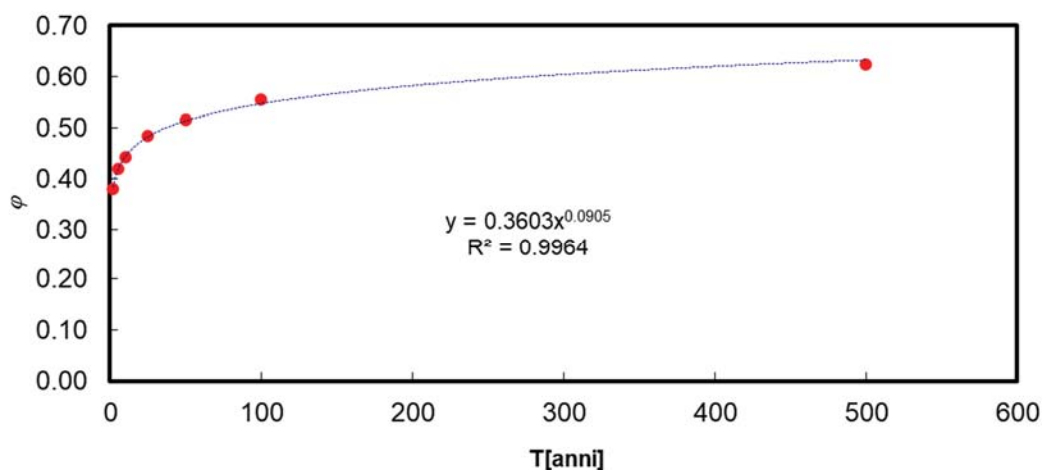


Figura 10 - Valore del coefficiente di afflusso in funzione del periodo di ritorno. V.ne San Cataldo.

Tabella 4 - Stima del coefficiente di afflusso.

Coefficiente di afflusso TR=30 anni	Coefficiente di afflusso TR=200 anni	Coefficiente di afflusso TR=500 anni
0.49	0.58	0.63

L'uso del suolo, riportato in Figura 11, è stato acquisito direttamente dal portale cartografico regionale e la pendenza locale, rappresentata in Figura 12, è stata ottenuta dal modello digitale del terreno.



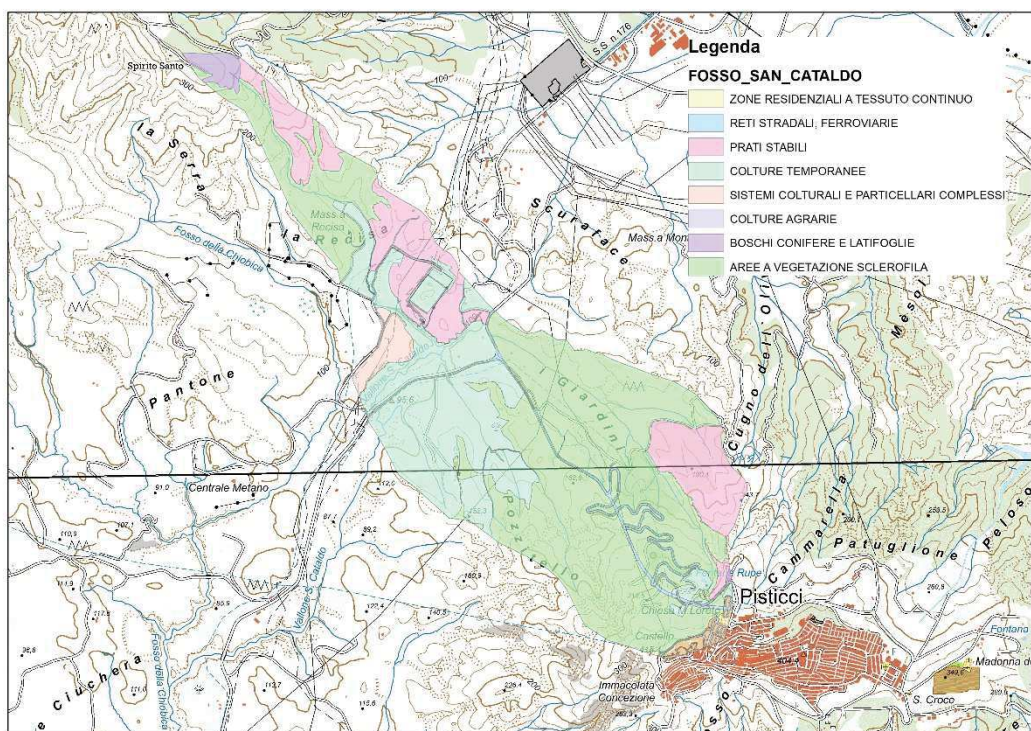


Figura 11 - Mappa di uso del suolo. V.ne San Cataldo.

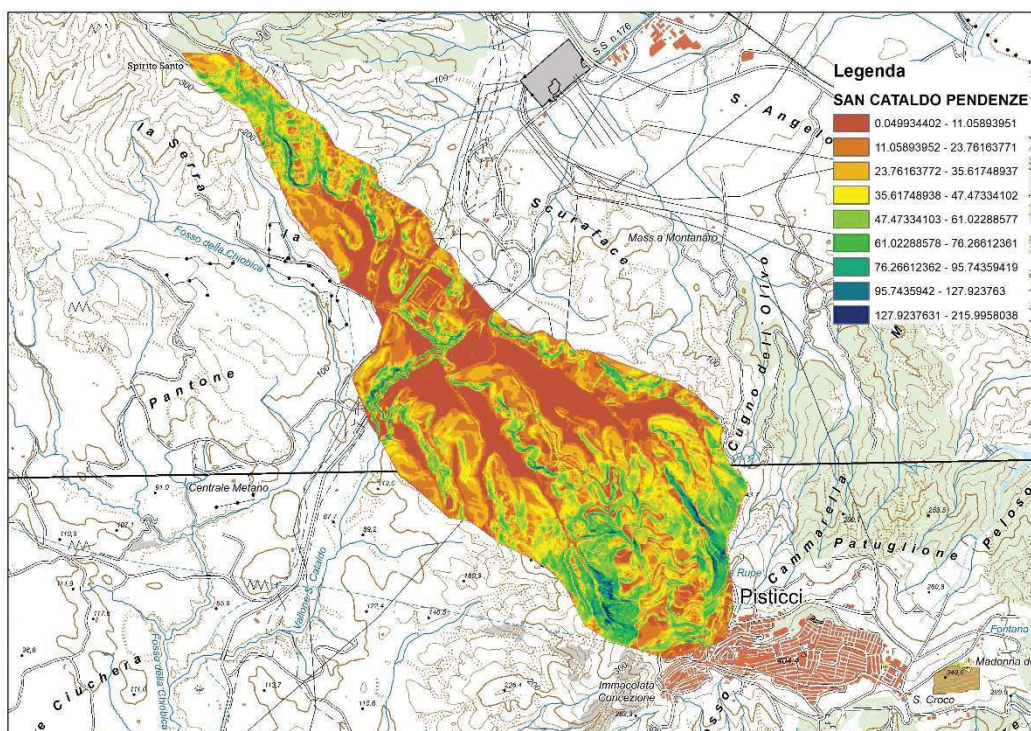


Figura 12 - Mappa delle pendenze. V.ne San Cataldo.



Le portate di simulazione sono state definite in base al DPCM 29/09/1998 ed all' art. 7 delle NTA del PAI vigente a probabilità di inondazione molto elevata (TR=30 anni), moderata (TR=200 anni) e bassa (TR=500 anni). Nella successiva Tabella 5, è mostrato il confronto tra le portate ottenute con le due modellazioni citate.

Tabella 5 - Confronto tra i risultati ottenuti con entrambi i metodi di calcolo VAPI idrometria e Metodo Razionale.

Corso d'acqua	Formula Razionale + VAPI Pluviometria			VAPI Idrometria		
	Q _{T30} [m ³ /s]	Q _{T200} [m ³ /s]	Q _{T500} [m ³ /s]	Q _{T30} [m ³ /s]	Q _{T200} [m ³ /s]	Q _{T500} [m ³ /s]
V.ne San Cataldo	20.36	36.82	48.12	10.06	15.52	18.16
Fosso Pozzitello	9.12	16.49	21.55	3.46	5.34	6.25

I risultati ottenuti evidenziano che i valori di portata stimati utilizzando il Metodo Razionale tarato con i coefficienti del metodo VAPI-pluviometria risultano maggiori di quelli individuati con il metodo VAPI-idrometria. Pertanto, a vantaggio di sicurezza, l'analisi idraulica è stata condotta con riferimento ai valori di portata stimati con il Metodo Razionale.

Al fine di ottenere ulteriori indicazioni, inoltre, sono stati stimati i valori di portata con periodo di ritorno pari a 2 anni atti a rappresentare condizioni di piena molto frequenti, la cui modellazione è certamente utile per fare considerazioni sul trasporto solido e sulle condizioni di deposizione in corrispondenza dei manufatti di attraversamento. Facendo ricorso alla metodologia di stima selezionata, ritenuta maggiormente attendibile vista l'estensione dei bacini imbriferi, sono stati ottenuti i valori riportati nella successiva Tabella 6.

Tabella 6 - Portate di simulazione con periodo di ritorno TR= 2 anni.

Corso d'acqua	Formula Razionale + VAPI Pluviometria
	Q _{T2} [m ³ /s]
V.ne San Cataldo	7.60
Fosso Pozzitello	3.41

4. STUDIO IDRAULICO

L'art. 4-quater delle NA del PAI prescrive di eseguire la modellazione idraulica con riferimento alla sola probabilità di inondazione moderata (TR=200 anni), che, tra l'altro, collima con quanto previsto nella sezione relativa alle prescrizioni generali sui ponti stradali di cui al punto 5.1.2.3 del vigente D.M. 17.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni, ed ai tombini, come meglio specificato al punto C5.1.2.3 della Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Pertanto, le verifiche idrauliche contenute nel presente studio sono state prioritariamente condotte con riferimento a tale scenario probabilistico.

Inoltre, per ottenere un'analisi approfondita rispetto agli eventi frequenti e rari, le verifiche sono state estese anche agli eventi a probabilità di inondazione molto elevata (TR=30 anni) e bassa (TR=500 anni).

L'analisi idraulica in moto permanente è stata condotta con l'ausilio del software HEC-RAS (v.5.0.6), considerando un coefficiente di resistenza al moto $n = 0.10 \text{ m}^{-1/3}$ nel canale principale di deflusso ed $n = 0.04 \text{ m}^{-1/3}$ al di fuori di esso. Tali valori, in relazione anche al dettaglio delle analisi e dei dati disponibili, nonché dei



sopralluoghi effettuati, descrivono in maniera sufficientemente cautelativa le condizioni di scabrezza presenti nel canale principale di deflusso e nelle aree limitrofe.

Lo schema geometrico di partenza è stato realizzato a partire da 28 sezioni significative, di cui 8 per il “Fosso Pozzitello” e 20 per il “V.ne San Cataldo”, trasversali al flusso che sono state acquisite direttamente dal DTM 1mx1m della Regione Basilicata. Detto schema geometrico di partenza è riportato graficamente nella sottostante Figura 13 che mostra la traccia in pianta delle sezioni trasversali e l'andamento planimetrico dello schema geometrico di calcolo sia sul modello digitale del terreno (a sinistra) sia sull'immagine satellitare di Google Earth ®.

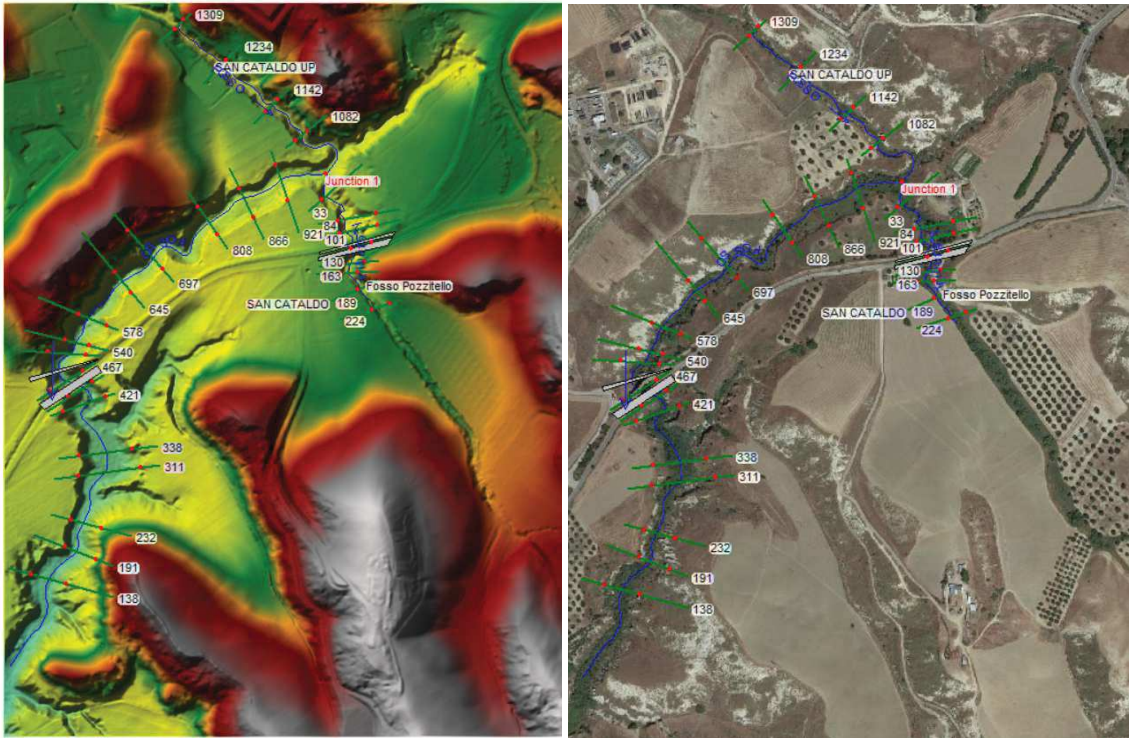


Figura 13 - Geometria con sezioni di partenza su DTM e immagine satellitare.

Nelle successive Tabella 7 e Tabella 8, sono riportate le coordinate di inizio e fine (UTM-WGS 84-F33N) delle sezioni di partenza relative rispettivamente al “V.ne San Cataldo” ed al “Fosso Pozzitello”.

Tabella 7 - Coordinate delle sezioni di calcolo. V.ne San Cataldo

SEZIONE	X	Y	
1309	630250.44	4473985.31	Inizio
	630206.93	4473943.95	Fine
1234	630316.22	4473941.81	Inizio
	630266.75	4473888.56	Fine
1142	630380.82	4473883.96	Inizio
	630333.79	4473835.31	Fine



1082	630431.09	4473847.47	Inizio
	630375.41	4473801.25	Fine
921	630392.68	4473687.33	Inizio
	630355.97	4473797.08	Fine
866	630346.70	4473678.06	Inizio
	630301.10	4473774.47	Fine
808	630298.10	4473665.05	Inizio
	630246.19	4473741.80	Fine
697	630227.65	4473619.82	Inizio
	630146.82	4473712.88	Fine
645	630187.61	4473584.96	Inizio
	630104.93	4473686.56	Fine
578	630153.50	4473554.19	Inizio
	630047.09	4473600.17	Fine
540	630139.98	4473527.56	Inizio
	630029.97	4473554.31	Fine
523	630129.73	4473520.21	Inizio
	630022.01	4473527.21	Fine
471	630122.51	4473510.74	Inizio
	630045.01	4473458.85	Fine
456	630133.49	4473493.99	Inizio
	630058.40	4473443.85	Fine
421	630148.12	4473468.76	Inizio
	630062.52	4473437.89	Fine
338	630205.17	4473397.29	Inizio
	630073.81	4473380.01	Fine
311	630208.09	4473371.74	Inizio
	630069.18	4473353.01	Fine
232	630170.38	4473274.68	Inizio
	630064.07	4473304.85	Fine
191	630147.76	4473234.06	Inizio
	630040.96	4473277.11	Fine
138	630147.03	4473192.21	Inizio
	630007.64	4473231.14	Fine

Tabella 8 - Coordinate delle sezioni di calcolo. Fosso Pozzitello

SEZIONE	X	Y	
224	630448.70	4473568.76	Inizio
	630527.49	4473595.02	Fine
189	630436.18	4473594.21	Inizio
	630500.82	4473622.89	Fine
163	630415.98	4473629.76	Inizio
	630498.80	4473634.21	Fine
143	630420.06	4473640.90	Inizio



relativi ai ponti ed ai tombini secondo i parametri consigliati dallo U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration (FHWA) e dalla United States Army Corps of Engineers (USACE). In particolare, detti manufatti sono stati modellati assumendo i coefficienti delle perdite all'imbocco ed allo sbocco K_{en} e K_{ex} riportati nella successiva Tabella 9.

Tabella 9 - Coefficienti delle perdite all'imbocco ed allo sbocco dei manufatti modellati.

Manufatti di attraversamento	K_{en}	E_{ex}
Nuovo attraversamento al km 2+150	0.6	0.8
Attraversamento sulla linea ferroviaria a valle del tombino al km 2+150	0.6	0.8
Attraversamento sulla linea ferroviaria a monte dello scatolare al km 2+500	0.3	0.5
Nuovo attraversamento al km 2+500	0.3	0.5

Il valore del coefficiente di scabrezza per tutti i manufatti predetti è stato posto pari a $n = 0.024 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$.

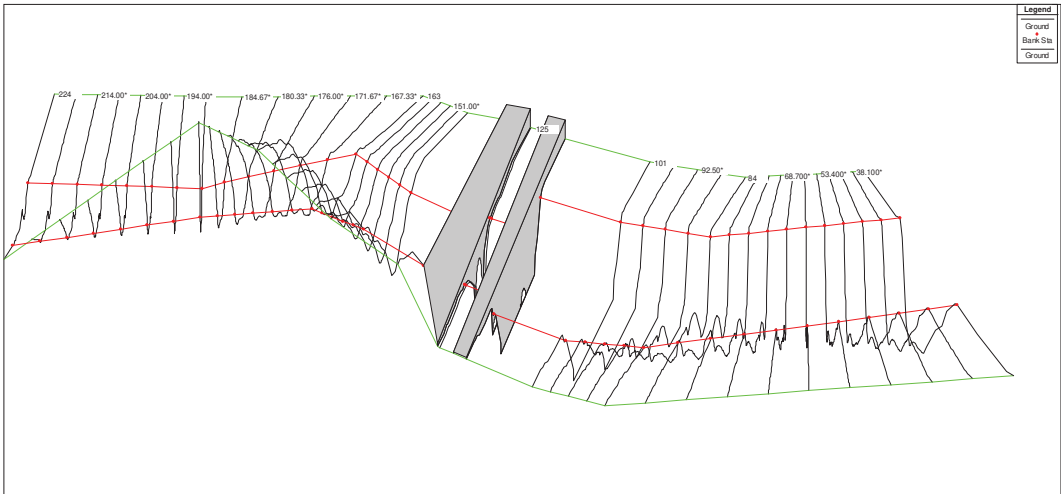


Figura 15 - Modellazione tridimensionale dell'attraversamento al km 2+150.



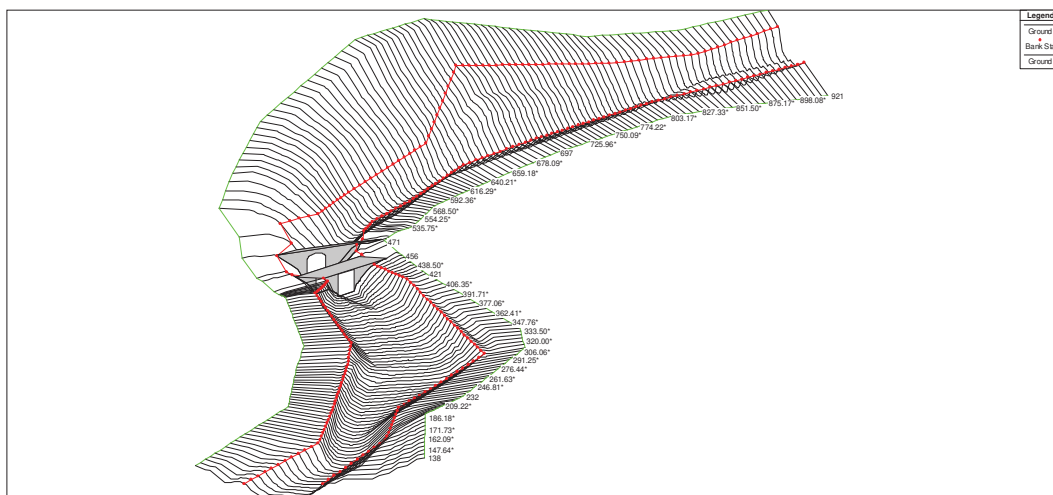


Figura 16 - Modellazione tridimensionale dell'attraversamento al km 2+500.

I risultati delle analisi condotte sui corsi d'acqua investigati e sulle aree limitrofe potenzialmente inondabili sono riportati in forma sia tabellare sia grafica al fine di disporre di un rapido ed esauritivo documento di sintesi. È stato riportato, in particolare per ognuno dei corsi d'acqua e per ogni scenario di simulazione (Tabella 10 - Tabella 11 - Tabella 12 - Tabella 13 - Tabella 14 - Tabella 15 - Tabella 16 - Tabella 17), per ogni sezione (River Sta), la portata di simulazione (QTotal), la quota più depressa del canale principale di deflusso (Min Ch El), la quota assoluta della superficie libera (W. S. Elev), la linea dei carichi totali (E. G. Elev) e la sua pendenza (E.G. Slope), il tirante di stato critiche (Crit W. S.), la velocità media nel canale principale di deflusso (Vel Chnl), l'area bagnata (Flow Area), la corrispondente larghezza del pelo libero (Top Width) ed il numero di Froude della corrente nel canale principale di deflusso (Froude # Chl).



Tabella 10 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 2 anni. V.ne San Cataldo.

River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude #	Chl
1309	TR2	4.19	97.18	98.34	98.04	98.46	0.043548	1.51	2.77	3.65	0.56	
1234	TR2	4.19	94.39	95.2	94.91	95.25	0.022548	0.99	4.22	7.54	0.42	
1142	TR2	4.19	92.04	93.1	92.77	93.16	0.023293	1.03	4.05	6.9	0.43	
1082	TR2	4.19	90.72	91.53	91.35	91.64	0.04968	1.44	2.91	5.25	0.62	
921	TR2	7.6	89.05	90.09	89.61	90.13	0.009845	0.81	9.43	12.5	0.3	
866	TR2	7.6	87.97	89.37	88.86	89.44	0.017887	1.17	6.49	7.29	0.4	
808	TR2	7.6	87.07	88.36	87.91	88.41	0.014904	1	7.61	9.82	0.36	
697	TR2	7.6	85.09	86.54	85.77	86.56	0.005622	0.72	10.51	10.38	0.23	
645	TR2	7.6	84.3	85.76	85.17	85.81	0.011317	0.95	8.01	8.77	0.32	
578	TR2	7.6	83.32	84.71	84.21	84.77	0.016473	1.09	6.96	8.33	0.38	
540	TR2	7.6	82.73	83.89	83.59	83.97	0.028929	1.26	6.02	9.01	0.49	
523	TR2	7.6	82.38	83.5	82.8	83.52	0.002732	0.48	15.74	17.06	0.16	
Attr. Ferroviario												
471	TR2	7.6	82.38	83.49	82.71	83.5	0.002258	0.45	16.77	17.47	0.15	
Attr. S.P. 5 - KM 2+500												
456	TR2	7.6	82.38	83.47	82.72	83.49	0.003286	0.55	13.72	13.06	0.17	
421	TR2	7.6	81.97	82.91	82.58	82.93	0.01105	0.6	12.75	29.47	0.29	
338	TR2	7.6	81.33	82.22	81.64	82.23	0.001201	0.27	28.57	42.18	0.1	
311	TR2	7.6	81.18	82.19	81.49	82.19	0.000508	0.19	39.65	50.18	0.07	
232	TR2	7.6	80.5	81.78	81.1	81.8	0.005048	0.62	12.22	14.61	0.22	
191	TR2	7.6	80.49	81.43	81.02	81.47	0.014619	0.9	8.46	12.89	0.35	
138	TR2	7.6	79.72	80.52	80.19	80.53	0.008009	0.57	13.36	26.12	0.25	

Tabella 11 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 2 anni. Fosso Pozzitello.

River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. Elev (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude #	Chl
224	TR2	3.41	100.75	101.45	101.27	101.49	0.038895	0.96	3.53	9.93	0.52	
189	TR2	3.41	99.41	100.24	99.8	100.25	0.005079	0.5	6.87	11.53	0.21	
163	TR2	3.41	98.88	99.57	99.57	99.75	0.144903	1.89	1.81	4.97	1	
143	TR2	3.41	95.23	96.22	95.79	96.27	0.015936	0.94	3.63	5.07	0.35	
Attr. S.P. 5 - KM 2+150												
125	TR2	3.41	95.19	95.81	95.57	95.86	0.026202	1.01	3.39	6.17	0.43	
Attr. Ferroviario												
101	TR2	3.41	95.2	95.3	95.3	95.35	0.202502	0.96	3.55	35.96	0.97	
84	TR2	3.41	92.98	93.81	93.6	93.89	0.043188	1.29	2.65	5.03	0.57	
33	TR2	3.41	90.28	91.19	91.19	91.33	0.161545	1.65	2.07	7.4	1	



Tabella 12 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 30 anni. V.ne San Cataldo.

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
1309	TR30	11.24	97.18	99.02	98.59	99.21	0.047549	1.95	5.76	5.51	0.61
1234	TR30	11.24	94.39	95.71	95.25	95.8	0.021219	1.27	8.85	10.32	0.44
1142	TR30	11.24	92.04	93.64	93.16	93.74	0.02116	1.37	8.21	8.22	0.44
1082	TR30	11.24	90.72	92	91.76	92.2	0.05406	2.01	5.59	6.19	0.68
921	TR30	20.36	89.05	90.84	89.97	90.89	0.007929	1.03	19.71	14.96	0.29
866	TR30	20.36	87.97	90.1	89.4	90.23	0.020443	1.61	12.64	9.46	0.45
808	TR30	20.36	87.07	89.06	88.34	89.15	0.014248	1.33	15.29	12.1	0.38
697	TR30	20.36	85.09	87.32	86.22	87.38	0.006842	1.04	19.51	12.52	0.27
645	TR30	20.36	84.3	86.5	85.65	86.59	0.013141	1.31	15.51	11.53	0.36
578	TR30	20.36	83.32	85.37	84.72	85.48	0.019873	1.48	13.77	11.99	0.44
540	TR30	20.36	82.73	84.44	84.04	84.6	0.031822	1.77	11.51	10.92	0.55
523	TR30	20.36	82.38	84.21	83.08	84.24	0.003192	0.72	28.32	18.41	0.19
Attr. Ferroviario											
471	TR30	20.36	82.38	84.18	83.01	84.21	0.002902	0.69	29.48	19.23	0.18
Attr. S.P. 5 - KM 2+500											
456	TR30	20.36	82.38	84.13	83.04	84.17	0.005158	0.91	22.49	13.7	0.23
421	TR30	20.36	81.97	83.28	82.83	83.32	0.01048	0.83	24.54	33.09	0.31
338	TR30	20.36	81.33	82.85	81.81	82.85	0.001016	0.37	55.54	44.41	0.1
311	TR30	20.36	81.18	82.82	81.63	82.82	0.000536	0.28	72.08	52.82	0.08
232	TR30	20.36	80.5	82.4	81.48	82.44	0.006335	0.93	21.95	16.79	0.26
191	TR30	20.36	80.49	81.92	81.4	82.01	0.018029	1.29	15.77	16.12	0.42
138	TR30	20.36	79.72	80.94	80.4	80.98	0.008004	0.82	24.89	28.05	0.28

Tabella 13 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 30 anni. Fosso Pozzitello.

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
224	TR30	9.12	100.75	101.74	101.54	101.8	0.037258	1.13	8.17	25.54	0.54
189	TR30	9.12	99.41	100.64	100.02	100.67	0.007084	0.77	11.83	12.98	0.26
163	TR30	9.12	98.88	99.9	99.89	100.11	0.131818	2.03	4.5	10.41	0.98
143	TR30	9.12	95.23	96.86	96.19	96.94	0.016236	1.23	7.38	6.69	0.38
Attr. S.P. 5 - KM 2+150											
125	TR30	9.12	95.19	96.5	95.87	96.57	0.014896	1.17	7.83	6.73	0.35
Attr. Ferroviario											
101	TR30	9.12	95.2	95.44	95.39	95.5	0.077412	1.06	8.59	36.05	0.69
84	TR30	9.12	92.98	94.31	93.99	94.44	0.038941	1.65	5.53	6.51	0.57
33	TR30	9.12	90.28	91.43	91.43	91.64	0.145333	2.04	4.48	10.9	1.01



Tabella 14 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 200 anni. V.ne San Cataldo.

River Sta	Profile Q	Total Min Ch El	W.S. Elev Crit	W.S. E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude #	Chl
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
1309 TR200	20.33	97.18	99.52	99.1	99.78	0.050036	2.26	8.99	7.26	0.65
1234 TR200	20.33	94.39	96.15	95.57	96.26	0.019735	1.49	13.67	11.74	0.44
1142 TR200	20.33	92.04	94.14	93.49	94.28	0.020358	1.62	12.54	9.14	0.44
1082 TR200	20.33	90.72	92.68	92.13	92.88	0.032513	1.98	10.25	7.56	0.54
921 TR200	36.82	89.05	91.63	90.31	91.69	0.007901	1.04	35.42	26.79	0.29
866 TR200	36.82	87.97	90.73	89.88	90.92	0.022052	1.91	19.27	11.74	0.48
808 TR200	36.82	87.07	89.67	88.73	89.8	0.014054	1.58	23.31	13.88	0.39
697 TR200	36.82	85.09	87.97	86.61	88.06	0.007952	1.3	28.24	14.3	0.3
645 TR200	36.82	84.3	87.11	86.1	87.24	0.014149	1.59	23.15	13.49	0.39
578 TR200	36.82	83.32	85.92	85.18	86.07	0.020847	1.72	21.42	15.46	0.47
540 TR200	36.82	82.73	84.95	84.43	85.18	0.031237	2.11	17.42	12.22	0.57
523 TR200	36.82	82.38	84.79	83.35	84.84	0.003898	0.94	39.29	19.5	0.21
Attr. Ferroviario										
471 TR200	36.82	82.38	84.73	83.28	84.78	0.003713	0.91	40.47	20.68	0.21
Attr. S.P. 5 - KM 2+500										
456 TR200	36.82	82.38	84.62	83.35	84.7	0.007796	1.25	29.45	14.76	0.28
421 TR200	36.82	81.97	83.69	83.02	83.74	0.008336	0.95	38.91	36.19	0.29
338 TR200	36.82	81.33	83.39	81.96	83.4	0.001043	0.46	80.1	46.24	0.11
311 TR200	36.82	81.18	83.36	81.76	83.37	0.000597	0.36	101.3	54.86	0.09
232 TR200	36.82	80.5	82.9	81.81	82.97	0.007658	1.19	30.85	18.4	0.29
191 TR200	36.82	80.49	82.33	81.73	82.47	0.020136	1.62	22.68	17.68	0.46
138 TR200	36.82	79.72	81.34	80.59	81.39	0.008001	1.01	36.5	29.86	0.29

Tabella 15 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 200 anni. Fosso Pozzitello.

River Sta	Profile Q	Total Min Ch El	W.S. Elev Crit	W.S. E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude #	Chl
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
224 TR200	16.49	100.75	101.9	101.77	101.98	0.031934	1.19	13.31	37.68	0.54
189 TR200	16.49	99.41	100.97	100.23	101.02	0.008929	1.01	16.27	13.93	0.3
163 TR200	16.49	98.88	100.11	100.11	100.41	0.124007	2.41	6.84	11.63	1
143 TR200	16.49	95.23	98.17	96.55	98.21	0.004675	0.87	18.97	11.43	0.22
Attr. S.P. 5 - KM 2+150										
125 TR200	16.49	95.19	98.06	96.16	98.09	0.003767	0.85	19.31	8.02	0.18
Attr. Ferroviario										
101 TR200	16.49	95.2	95.48	95.48	95.62	0.153066	1.65	9.99	36.08	1
84 TR200	16.49	92.98	94.75	94.33	94.93	0.036662	1.92	8.58	7.38	0.57
33 TR200	16.49	90.28	91.95	91.64	92.08	0.03281	1.55	10.63	12.47	0.54



Tabella 16 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 500 anni. V.ne San Cataldo.

River	Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S.	Elev Crit	W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel	Chnl Flow	Area Top	Width	Froude	# Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)			
1309	TR500		26.57	97.18	99.77	99.35	100.07	0.051063		2.43	10.94	8.1		0.67	
1234	TR500		26.57	94.39	96.4	95.73	96.53	0.019217		1.59	16.67	12.58		0.44	
1142	TR500		26.57	92.04	94.43	93.67	94.58	0.020153		1.75	15.21	9.69		0.45	
1082	TR500		26.57	90.72	92.86	92.35	93.13	0.038684		2.27	11.69	7.93		0.6	
921	TR500		48.12	89.05	91.98	90.5	92.04	0.00661		1.07	44.91	28.29		0.27	
866	TR500		48.12	87.97	91.18	90.15	91.35	0.041685		1.79	26.86	31.02		0.61	
808	TR500		48.12	87.07	90.01	88.95	90.16	0.014041		1.71	28.15	14.75		0.4	
697	TR500		48.12	85.09	88.32	86.84	88.43	0.008538		1.44	33.4	15.25		0.31	
645	TR500		48.12	84.3	87.43	86.34	87.59	0.014715		1.74	27.63	14.35		0.4	
578	TR500		48.12	83.32	86.21	85.4	86.38	0.020039		1.85	26.04	16.22		0.47	
540	TR500		48.12	82.73	85.25	84.66	85.51	0.030498		2.28	21.15	12.9		0.57	
523	TR500		48.12	82.38	85.12	83.51	85.17	0.004492		1.05	45.82	21.19		0.23	
Attr. Ferroviario															
471	TR500		48.12	82.38	85.04	83.44	85.09	0.004129		1.03	46.87	21.5		0.22	
Attr. S.P. 5 - KM 2+500															
456	TR500		48.12	82.38	84.88	83.54	84.99	0.009408		1.44	33.38	15.48		0.31	
421	TR500		48.12	81.97	83.95	83.13	84	0.007223		0.99	48.47	37.6		0.28	
338	TR500		48.12	81.33	83.69	82.04	83.7	0.001077		0.51	94.06	47.25		0.12	
311	TR500		48.12	81.18	83.66	81.84	83.67	0.000635		0.41	117.87	56.08		0.09	
232	TR500		48.12	80.5	83.17	81.99	83.27	0.008332		1.34	35.99	19.15		0.31	
191	TR500		48.12	80.49	82.56	81.91	82.72	0.021345		1.8	26.75	18.61		0.48	
138	TR500		48.12	79.72	81.57	80.71	81.63	0.008001		1.11	43.5	30.9		0.3	

Tabella 17 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. Tempo di ritorno pari a 500 anni. Fosso Pozzitello.

River	Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S.	Elev Crit	W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel	Chnl Flow	Area Top	Width	Froude	# Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)			
224	TR500		21.55	100.75	101.97	101.85	102.06	0.030556		1.24	16.3	42.51		0.54	
189	TR500		21.55	99.41	101.15	100.35	101.21	0.009888		1.15	18.73	14.45		0.32	
163	TR500		21.55	98.88	100.24	100.24	100.58	0.118483		2.59	8.33	12.26		1	
143	TR500		21.55	95.23	99.71	96.75	99.72	0.00105		0.52	41.12	17.34		0.11	
Attr. S.P. 5 - KM 2+150															
125	TR500		21.55	95.19	99.62	96.34	99.64	0.001602		0.65	33.09	10.31		0.12	
Attr. Ferroviario															
101	TR500		21.55	95.2	95.54	95.53	95.7	0.132913		1.76	12.26	36.12		0.96	
84	TR500		21.55	92.98	94.99	94.51	95.21	0.036311		2.06	10.44	7.86		0.57	
33	TR500		21.55	90.28	92.23	91.76	92.35	0.02316		1.51	14.25	13.23		0.47	

Nelle successive Figura 17, Figura 18, Figura 19, Figura 20, Figura 21, Figura 22, Figura 23 e Figura 24 sono mostrate, rispettivamente, la rappresentazione tridimensionale dell'alveo e l'andamento del tirante sul profilo longitudinale per gli eventi di piena selezionati.



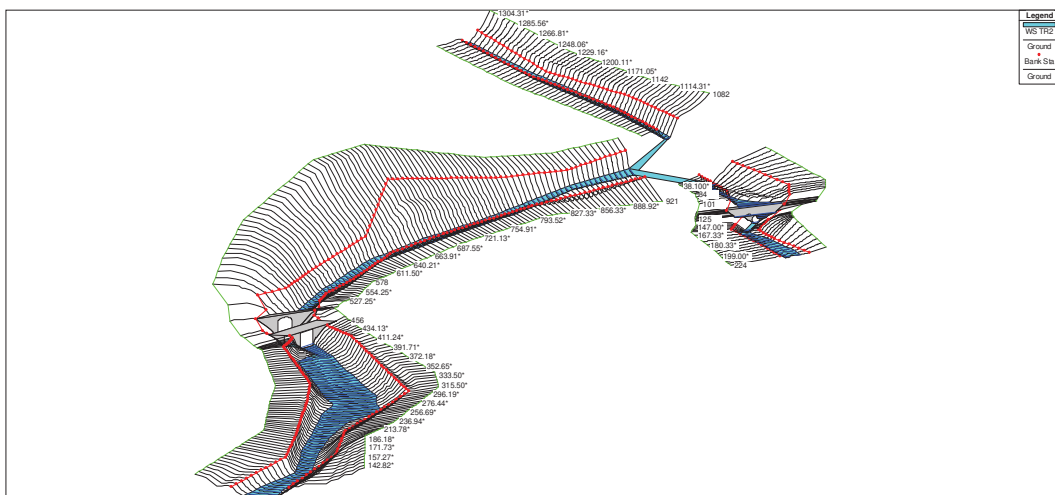


Figura 17 - Vista tridimensionale con rappresentazione della superficie libera per TR=2 anni.

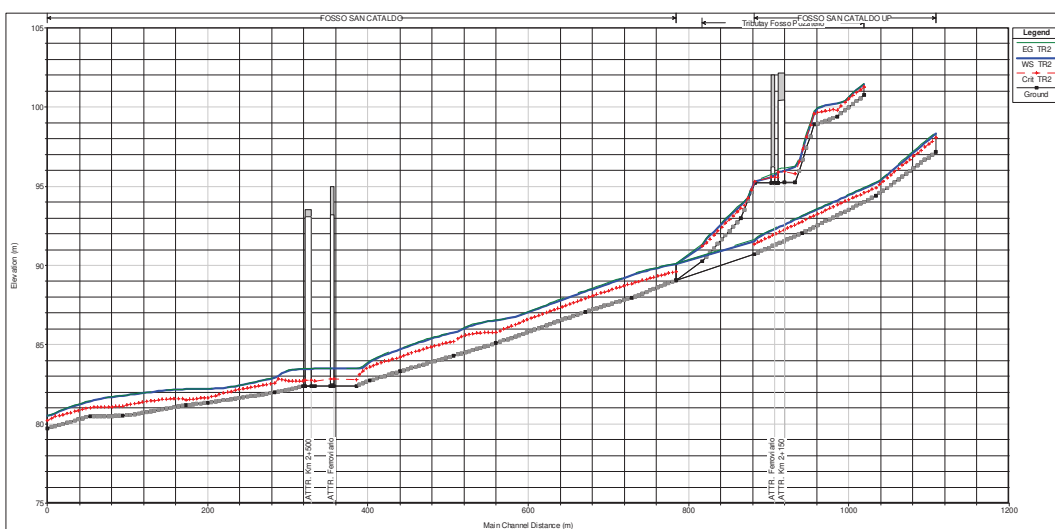


Figura 18 - Profilo longitudinale con rappresentazione del tirante per TR= 2 anni.



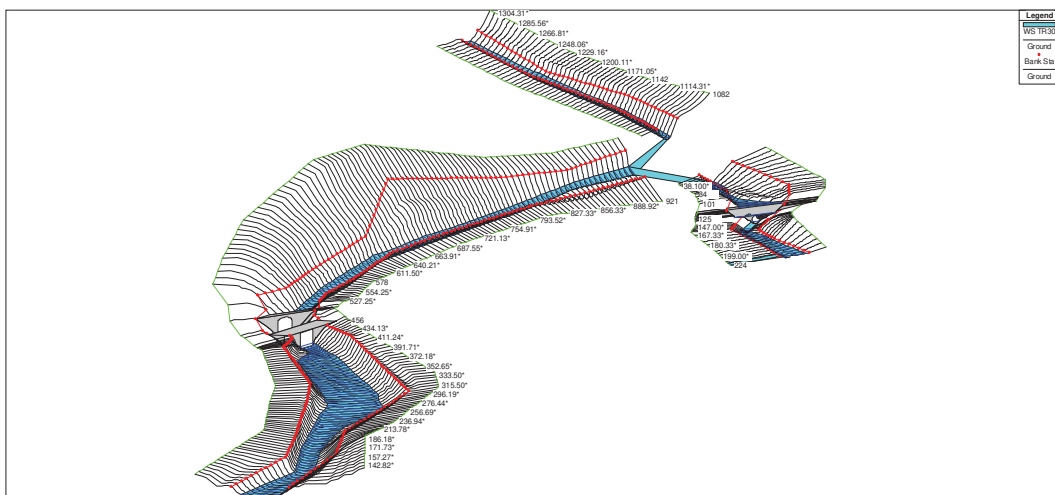


Figura 19 - Vista tridimensionale con rappresentazione della superficie libera per TR=30 anni.

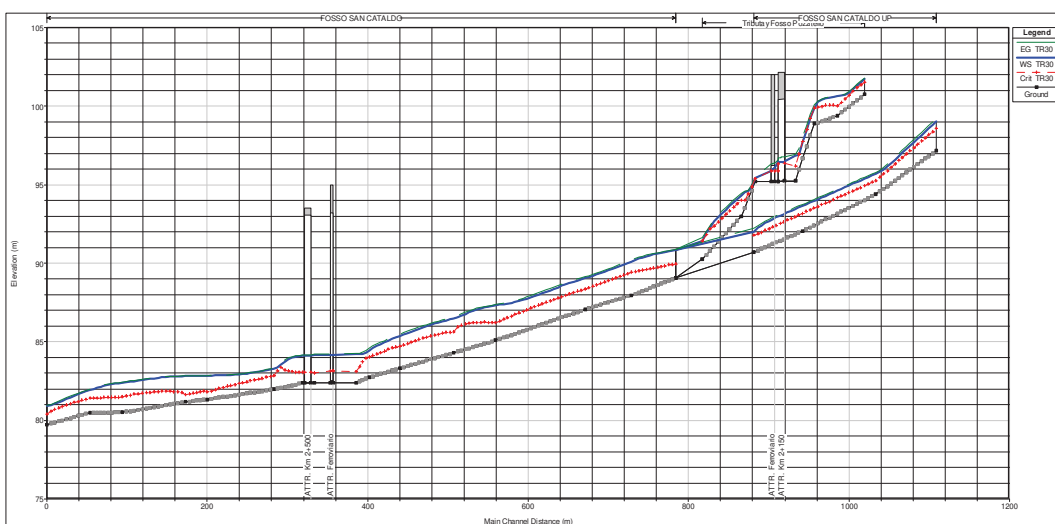


Figura 20 - Profilo longitudinale con rappresentazione del tirante per TR= 30 anni.



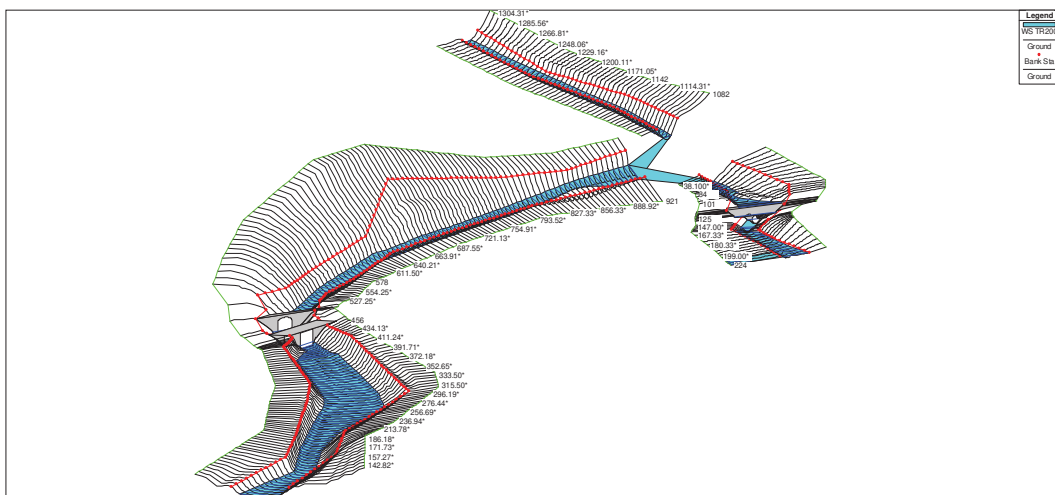


Figura 21 - Vista tridimensionale con rappresentazione della superficie libera per TR=200 anni.

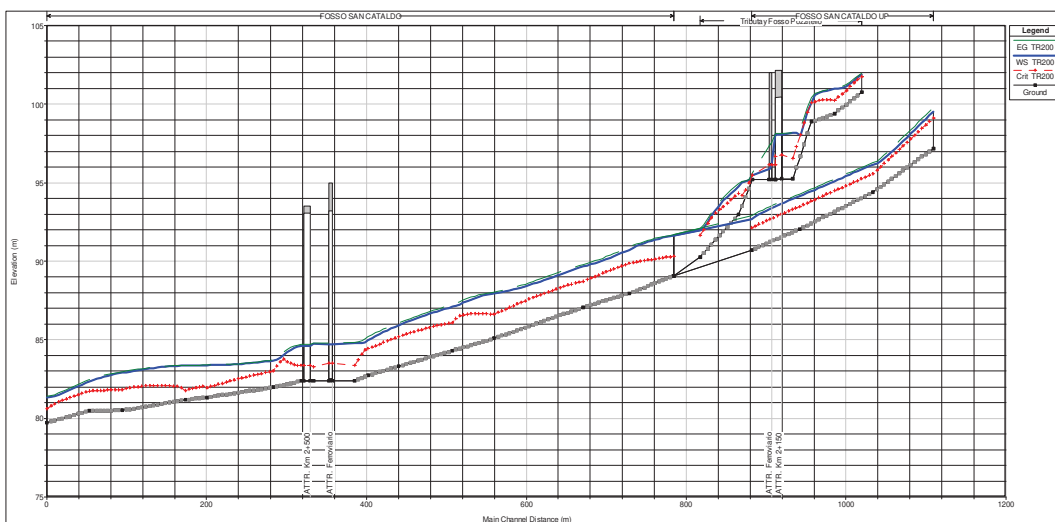


Figura 22 - Profilo longitudinale con rappresentazione del tirante per TR= 200 anni.



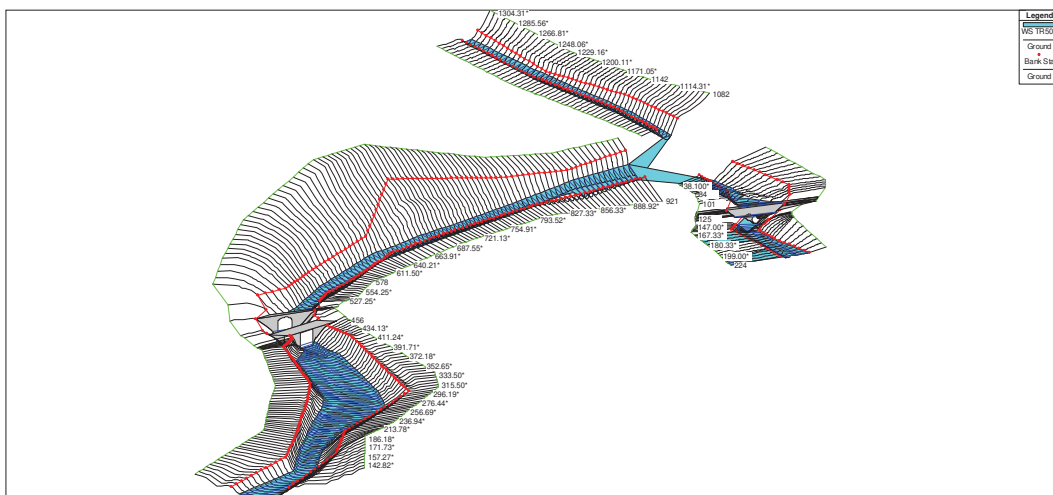


Figura 23 - Vista tridimensionale con rappresentazione della superficie libera per TR=500 anni.

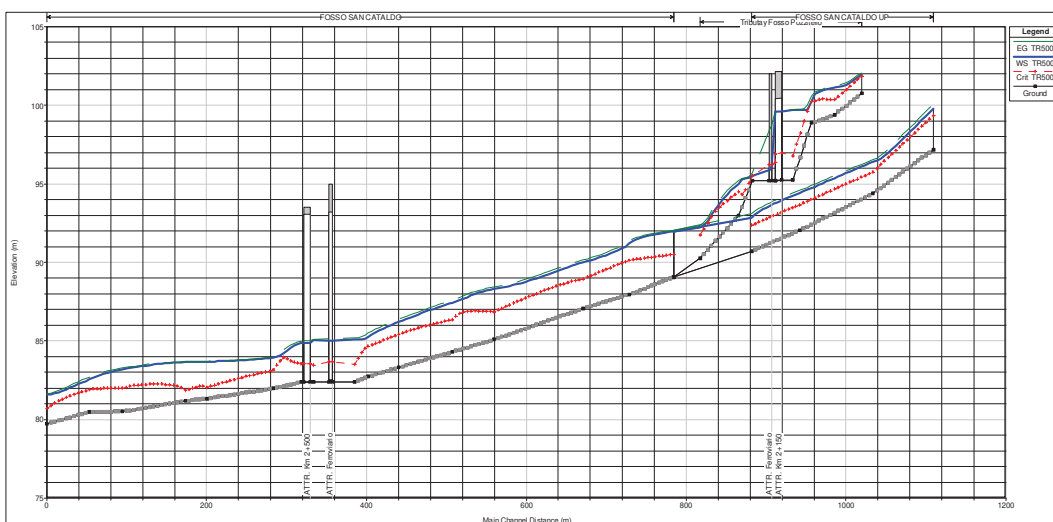


Figura 24 - Profilo longitudinale con rappresentazione del tirante per TR= 500 anni.

Da quanto emerge dall'analisi idraulica, sintetizzata nelle figure e nelle tabelle precedenti, tutte le portate di simulazione sono sempre contenute in alveo e non generano esondazioni. A causa della particolare morfologia dei luoghi, inoltre, i deflussi avvengono sempre in regime di corrente lenta.

La presenza dei manufatti di attraversamento condiziona significativamente i valori dei tiranti idrici in quanto, per effetto dei restringimenti, la corrente rigurgita a monte con innalzamento del tirante idrico ed accelera, sempre rimanendo lenta, a valle. Tali risultati suggeriscono che, in occasione di eventi meteorologici significativi, è probabile che le sezioni di imbocco dei tombini possano presentare o favorire, almeno teoricamente, accumuli sedimentari dovuti alla riduzione della velocità media di deflusso.

4.1. VERIFICHE LOCALI: DEPOSIZIONE – ESCAVAZIONE E CONTROMISURE

Sulla base di tali considerazioni, è stata stimata la verifica della capacità di sedimentazione con l'approccio suggerito di Shields che comporta il calcolo della velocità critica di incipiente movimento V_{cr}



$$v_{cr} = K_S R_H^{1/6} \sqrt{0.06 \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)} \sqrt{d} \quad (a)$$

In cui

- R_H rappresenta il raggio idraulico;
- d il diametro caratteristico del materiale potenzialmente trasportabile dalla corrente;
- γ_s il peso per unità di volume del materiale solido posto pari a 26 KN/m³
- γ_w il peso per unità di volume dell'acqua posto pari a 10 KN/m³
- K_S il coefficiente di scabrezza di Gauckler–Strickler posto pari a 10 m^{1/3}s⁻¹.

Dai risultati del modello numerico implementato sono state estrapolate le caratteristiche cinematiche della corrente per ogni valore del tempo di ritorno all'interno del canale principale di deflusso. Successivamente la velocità della corrente lungo l'asse longitudinale del canale è stata confrontata con il valore della V_{cr} ascrivibile, secondo la relazione (a), al range $0.002 \text{ mm} \leq d \leq 60 \text{ mm}$, i cui estremi identificano teoricamente la granulometria il limite superiore delle argille ed il limite inferiore dei blocchi ottenendo i risultati mostrati nei diagrammi riportati nelle successive Figura 25 e Figura 26 sul profilo longitudinale del V.ne San Cataldo e del F.so Pozzitello a partire da valle.

In tali figure con i cromatismi blu, rosso, verde, arancio e viola sono rappresentati rispettivamente la velocità della corrente sul profilo longitudinale, la V_{cr} al limite dei 60 mm (passaggio ghiaia-blocchi), la V_{cr} al limite dei 2 mm (passaggio sabbia-ghiaia), la V_{cr} al limite dei 0.06 mm (passaggio limo-sabbia) e la V_{cr} al limite dei 0.002 mm (passaggio argilla-limo). Inoltre, lungo l'asse del V.ne San Cataldo sono rappresentati gli attraversamenti della linea ferroviaria (nero tratteggiato) e della SP n. 5 (nero continuo).

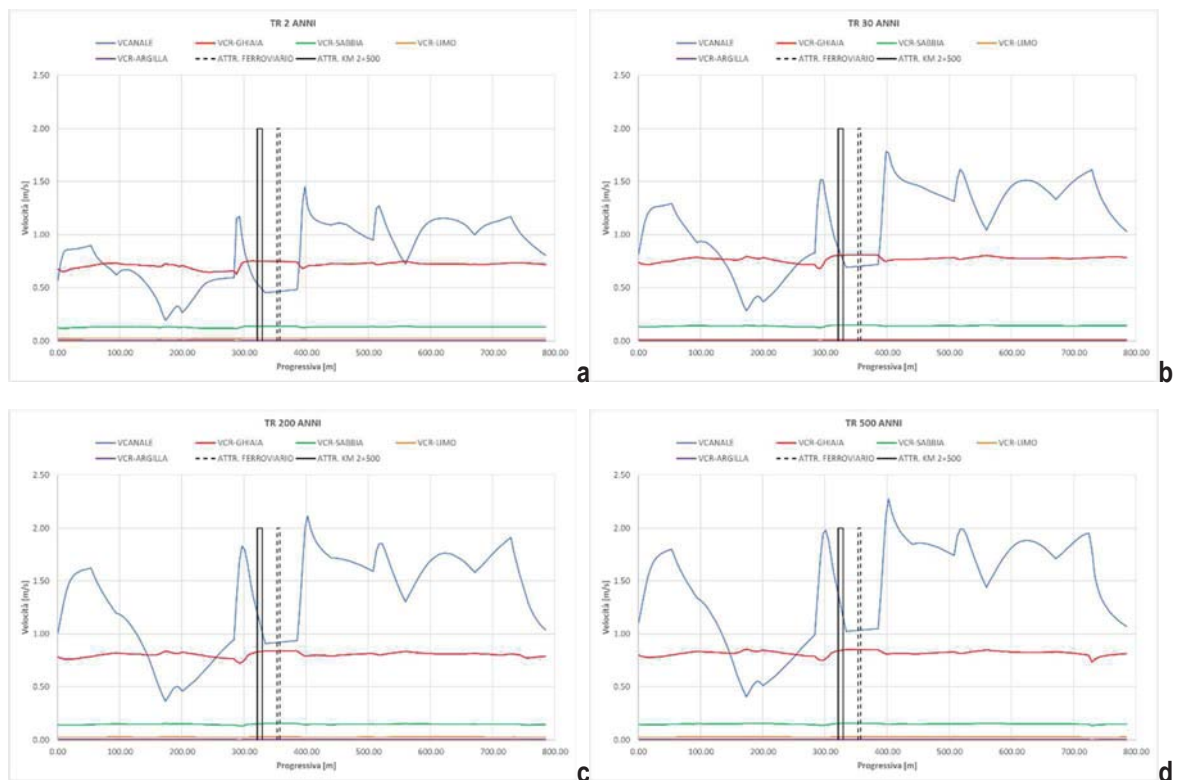


Figura 25 - Confronto tra V_{cr} e velocità della corrente lungo l'asse del corso d'acqua. Q_{T2} (a). Q_{T30} (b). Q_{T200} (c). Q_{T500} (d). V.ne San Cataldo.



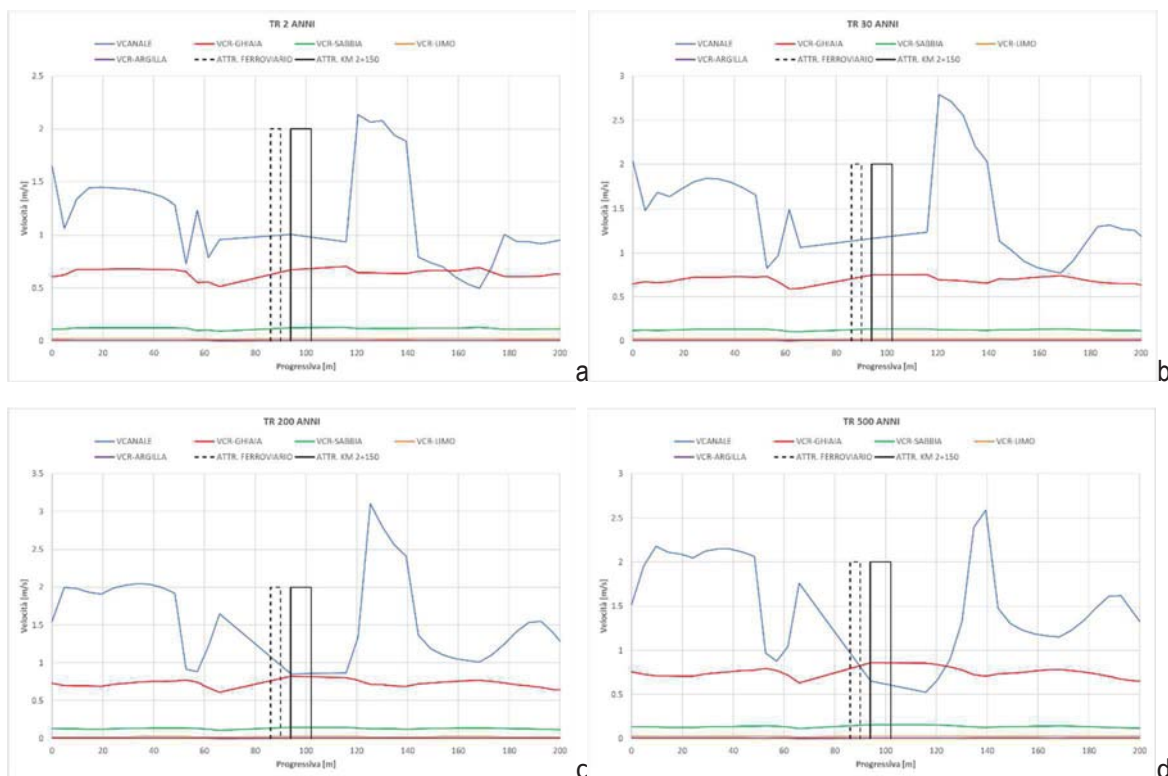


Figura 26 - Confronto tra V_{cr} e velocità della corrente lungo l'asse del corso d'acqua. Q_{T2} (a). Q_{T30} (b). Q_{T200} (c). Q_{T500} (d). F.so Pozzillo.

I risultati ottenuti evidenziano che in corrispondenza dell'attraversamento al km 2+500 si verificano condizioni di deposizione solo per le ghiaie e con eventi meteorologici frequenti con periodo di ritorno pari a 30 anni. Per l'attraversamento posto al km 2+150, invece le condizioni di deposizione si verificano solo in occasione di eventi con periodo di ritorno pari a 500 anni. Pertanto, date le caratteristiche dei terreni del bacino imbrifero, principalmente limi-argillosi con piccola presenza di sabbie, le condizioni di eventuale deposizione sono da associarsi solo a importanti ostacoli al deflusso costituiti da vegetazione, occlusioni dovute a corpi trasportati dalla corrente e/o di origine antropica. Le velocità medie in alveo ottenute, inoltre, in tutte le condizioni di simulazione sono ampiamente in grado di mobilitare i sedimenti limo-argillosi. In particolare a valle dei manufatti di attraversamento possono generarsi fenomeni di escavazione del fondo alveo per effetto dell'incremento di velocità dovuto all'espansione del flusso nonché della variazione di scabrezza. L'entità dello scavo è stata stimata con la formula di Schoklitsch (b) in relazione ad un evento con periodo di ritorno pari a 200 anni.

$$s_{max} = 0.378H^{0.5}q^{0.35} + 2.15\Delta z \quad (b)$$

In cui:

- H rappresenta il carico specifico rispetto al fondo nella sezione in cui la corrente è lenta a valle dell'ostacolo;
- q è la portata specifica;
- Δz è il dislivello tra il piano di scorrimento al di sotto del manufatto e l'alveo a valle dell'attraversamento.



I valori dello scavo atteso sono riportati nella successiva Tabella 18 per due valori del dislivello tra il piano di scorrimento al di sotto del manufatto e l'alveo a valle dell'attraversamento.

Tabella 18 – Entità dello scavo atteso.

Tombino	$\Delta z=0.10$ m	$\Delta z=0.50$ m
Attraversamento Km 2+150	1.04	1.90
Attraversamento km 2+500	1.01	1.87

Per contrastare l'entità dello scavo atteso, dunque, si suggerisce l'adozione di adeguate contromisure consistenti nel corazzamento del fondo alveo mediante materassi metallici ($h=0.23$) per una distanza di almeno 10 m dalla sezione di sbocco dello scatolare al km 2+500. Le sponde in corrispondenza delle spalle dovranno essere protette dall'erosione al piede mediante gabbionate di altezza pari almeno a 1.50 m fuori terra.

In alternativa, per il corazzamento del fondo alveo potrà essere utilizzato pietrame di adeguate dimensioni.

Il dimensionamento è condotto con la formula di Isbash (HEC-23) mostrata nella successiva relazione (c).

$$d_{50} = K \frac{0.692 V_{des}^2}{2g \left(\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1 \right)} \quad (c)$$

Nella quale

- ρ_s rappresenta la densità del materiale (2.6 t/m³);
- ρ_w rappresenta la densità dell'acqua (1.0 t/m³)
- v_{des} è la velocità di progetto;
- d_{50} è invece il diametro medio dei massi;
- K coefficiente di sicurezza posto pari a 2

Ponendo $V_m = 1.25$ m/s cioè pari al valore massimo della velocità media della corrente calcolata nelle simulazioni in moto permanente con periodo di ritorno pari a 200 anni immediatamente a valle dell'attraversamento, si ottiene:

$$d_{50} \cong 0.15m \Rightarrow W = 0.85(\rho_s d_{50}^3) \cong 7.50 \text{ kg}$$

Bisognerà realizzare almeno un doppio strato di pietrame ($s=30$ cm) con tali caratteristiche.

Per quanto attiene l'attraversamento posto al km 2+150 è auspicabile la protezione del fondo alveo per tutto lo spazio compreso tra detto attraversamento e quello posto sulla vecchia linea ferroviaria. Inoltre, le sponde naturali, in detto tratto, dovranno essere protette almeno per 2.50 m fuori terra.

A tal uopo si osserva che, in concomitanza di un evento con periodo di ritorno pari a 200 anni, la tensione tangenziale in corrispondenza della sezione immediatamente a valle del tombino al km 2+150 è pari a 60.65 N/m² mentre è pari a 128.54 N/m² in corrispondenza della sezione immediatamente a valle del tombino al km 2+500. La tensione tangenziale massima per gabbioni di altezza pari a 1,00 m suggerita da Maccaferri è pari a 470.40 N/m² mentre la tensione tangenziale massima per materassi da 0.23 m è pari a 268 N/m².



4.2. VERIFICHE LOCALI: SIFONAMENTO

La verifica al sifonamento è stata condotta seguendo l'approccio di Bligh-Lane, secondo cui la resistenza al moto è minore lungo il contatto tra la base del manufatto e il terreno rispetto agli altri contatti tra le strutture di tenuta e il terreno. In tal modo si può individuare, tra i vari "percorsi dell'acqua", quello critico rappresentato dal contorno dell'opera inserita nel mezzo poroso, il cui sviluppo, adeguatamente pesato nei suoi tratti ($1/3$ se il contatto è orizzontale o inclinato di un angolo $\leq 45^\circ$; 1 se è verticale o inclinato con un angolo $> 45^\circ$), deve essere un multiplo del dislivello idrico h tra monte e valle, il cui valore deve essere non inferiore a quello definito dalla natura dei terreni interessati.

$$F = \frac{d_1 + 2s_1 + \frac{b}{3} + 2s_2 + d_2}{h} \geq F^* \quad (d)$$



Figura 27 – Elementi della formula di Bligh-Lane.

Tabella 19 – Calcolo del coefficiente F.

Parametro	Attraversamento km 2+150	Attraversamento 2+500
h	2.0	1.04
d_1	1	1
s_1	1	-
b	11	16
s_2	1	-
d_2	1	1
F	4.83	7.05
F^*	3 – ghiaia grossa con ciottoli	2.5 – massi con ciottoli e ghiaia

I risultati ottenuti suggeriscono la realizzazione di due taglioni della profondità di 1 m in corrispondenza della sezione di imbocco e di sbocco del tombino posto in corrispondenza dell'attraversamento al km 2+150.



4.3. VERIFICHE LOCALI: FRANCO DI SICUREZZA

Le opere in progetto inoltre, appaiono adeguate in quanto il transito della portata duecentennale avviene senza particolari problemi con franchi adeguati non solo rispetto al valore del tirante ma, anche, rispetto al valore del carico totale come evidenziato nelle tabelle precedenti e nelle sottostanti figure.

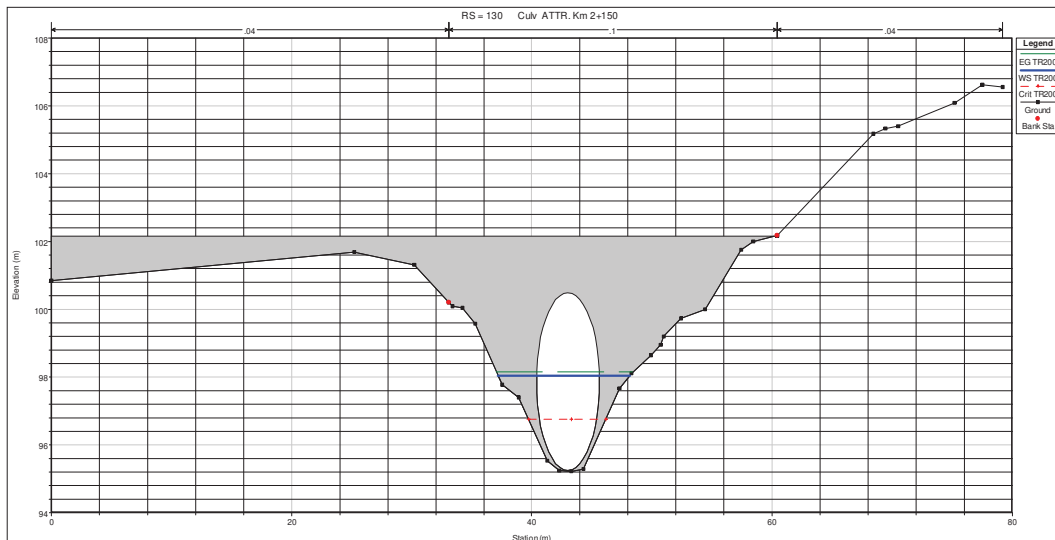


Figura 28 - Tirante nella sezione immediatamente a monte dell'attraversamento al km 2+150. TR=200 anni.

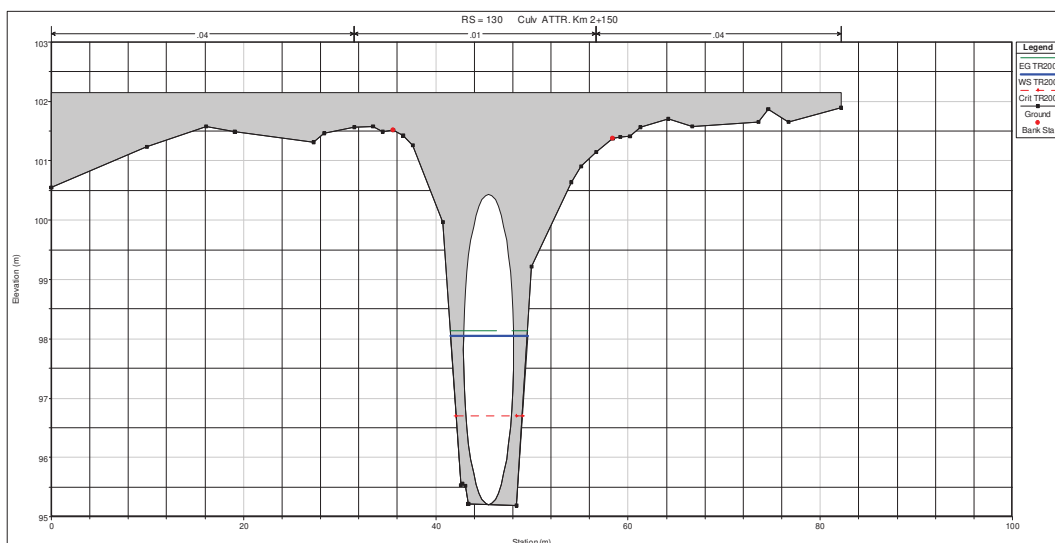


Figura 29 - Tirante nella sezione immediatamente a valle dell'attraversamento al km 2+150. TR=200 anni.



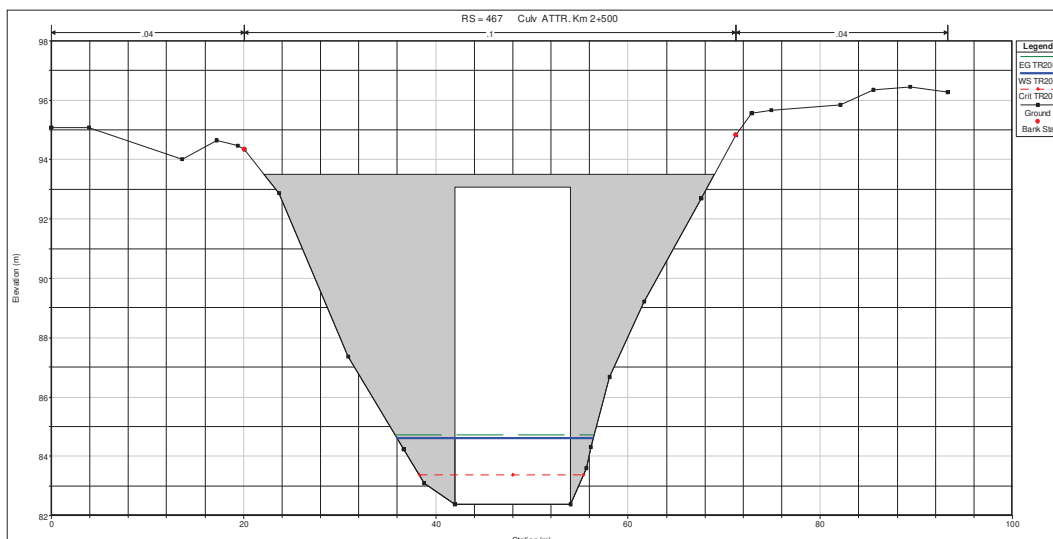


Figura 30 - Tirante nella sezione immediatamente a monte dell'attraversamento al km 2+500. TR=200 anni.

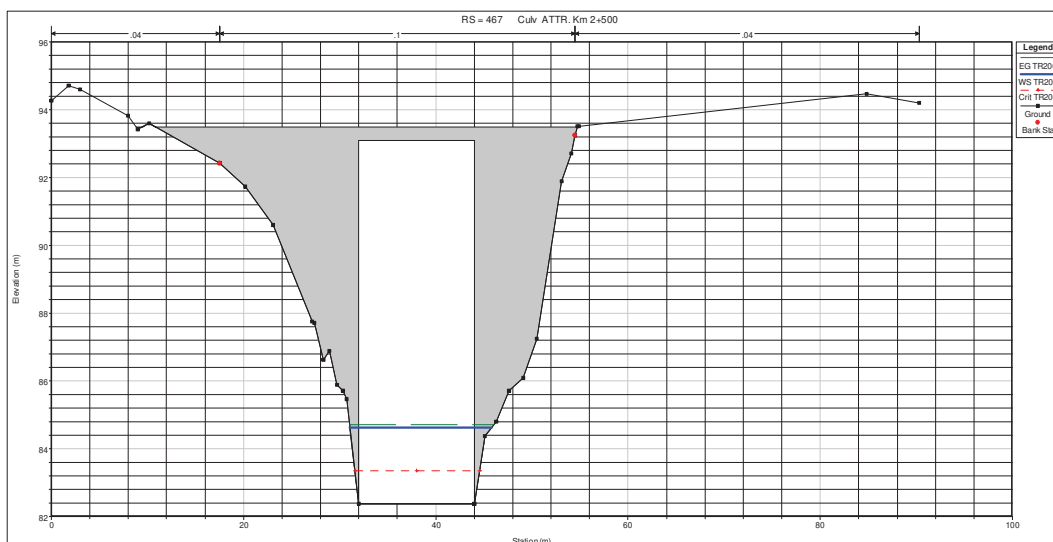


Figura 31 - Tirante nella sezione immediatamente a valle dell'attraversamento al km 2+500. TR=200 anni.

A tal proposito occorre sottolineare che i nuovi manufatti di attraversamento sono verificati in congruenza con il punto C5.1.2.3 della Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 come rappresentato nella successiva tabella riepilogativa.

Tabella 20 - Franchi di sicurezza con TR=200 anni.

Manufatto	Minimo franco di calcolo TR=200 anni	C5.1.2.3 CSLLP 21.01.2019 n. 7
Attraversamento km 2+150	2.33 m	0.50 m – 1.57 m
Attraversamento km 2+500	8.36 m	0.50 m – 3.57 m



5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La verifica condotta nei riguardi delle Aree di pertinenza fluviale (art. 7, NTA, PAI) del Vallone San Cataldo e del f.sso Pozzitello ha evidenziato che l'area interessata dalla progettazione non risulta, ad oggi, oggetto di studi da parte dell'Autorità interregionale di Bacino della Basilicata. Pertanto, per le analisi modellistiche valgono le prescrizioni di cui all'art. 4-quater delle Norme di Attuazione del PAI. Pur tuttavia, nel presente Studio tali analisi sono state implementate con riferimento a tutte le classi di pericolosità idraulica stabilite dal PAI e dal DPCM 29/09/1998 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del Decreto-Legge 11 giugno 1998, n. 180" a probabilità di inondazione molto elevata, moderata e bassa. Al fine di fornire ulteriori elementi di valutazione, in special modo sui fenomeni legati al trasporto solido, sono state stimate le piene con elevata frequenza di accadimento corrispondenti a un periodo di ritorno pari a 2 anni.

I valori di portata utilizzati nelle simulazioni idrodinamiche sono stati stimati con ampi margini di sicurezza, oltre che desunti dal confronto fra due modellazioni idrologiche.

I risultati delle analisi modellistiche condotte sui tratti interessati dalla realizzazione delle opere in progetto hanno evidenziato che i manufatti di attraversamento non influenzano significativamente le condizioni di rischio idraulico sull'area. Per quanto attiene la sicurezza idraulica delle opere in progetto, i risultati delle simulazioni hanno evidenziato adeguati franchi di sicurezza. Al fine di conseguire adeguati margini di sicurezza nei confronti dei fenomeni erosivi, inoltre, si suggerisce il corazzamento del fondo alveo a valle di entrambi i manufatti in progetto. Per quanto attiene il rischio di sifonamento, si suggerisce di realizzare due taglioni della profondità di 1,00 m in corrispondenza delle sezioni di imbocco e di sbocco del tombino al km 2+150.

Inoltre, la pulizia periodica dell'alveo e la semplice rimozione di eventuali ostacoli al libero deflusso (rifiuti, arbusti e detriti), in prossimità dei manufatti di attraversamento, sono efficaci azioni di prevenzione e mitigazione del rischio la cui mancata attuazione vanifica, di fatto, la corretta progettazione e verifica delle opere stesse. La modifica delle condizioni di scabrezza del fondo e delle sponde, causata da carenze di manutenzione, infatti, condizionerebbe negativamente il regolare deflusso delle acque generando nel contempo un incremento delle condizioni di rischio non prevedibile e quindi non quantificabile in sede di verifica. Allo stesso tempo eventuali dissesti e/o collapsi di altri manufatti di attraversamenti di valle che versano in precarie condizioni sia sulla SP n. 5 attuale sia sulla vecchia linea ferroviaria "Pisticci Scalo-Montalbano J.co" influenzerebbero il regime idrometrico di monte con un innalzamento dei tiranti la cui stima è difficilmente prevedibile.

Pertanto, le opere progettate, nel rispetto dei dettami delle buone pratiche manutentive, possono considerarsi esenti dal rischio considerato.

Matera, Marzo 2021

dott. ing. Giovanni MARTINO



BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 2003, *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale* IV ED., VOL. I, Zanichelli – ESAC.
- AA.VV., 2003, *Manuale dell'Ingegnere* – Nuovo Colombo, VXXXIV ed., Vol. II sez. H, Ed. Hoepli.
- Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata, *Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico*, Relazione, aggiornamento 2019.
- Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata, *Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico*, Norme di Attuazione, aggiornamento 2019.
- Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata, *Piano di gestione del rischio di alluvioni - distretto appennino meridionale*.
- Caloiero D. e Mercuri T., 1982, *Le alluvioni in Basilicata dal 1921 al 1980*, CNR- IRPI, Geodata 16, Cosenza.
- Claps P. e Fiorentino M., 1998, *Rapporto di Sintesi per la Regione Basilicata (bacini del versante ionico), Valutazione delle Piene in Italia*, CNR-GNDCI, Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente, Università degli Studi della Basilicata - Potenza.
- Claps p. e Straziuso, 1995, *Analisi regionale delle piogge brevi in Basilicata*, Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente, Università degli Studi della Basilicata - Potenza.
- Da Deppo L., Datei C. e Salandin P., 2004, *Sistemazione dei corsi d'acqua* V Ed., Lib. Int. Cortina, Padova.
- Da Deppo L., Datei C., 1999, *Le opere d'arte nelle costruzioni stradali* II Ed., Editoriale Bios Cosenza
- Dingman S. L., 2002, *Physical Hydrology*, 2nd ed., Prentice Hall NY
- Ferro V., 2006, *La sistemazione dei bacini idrografici*, Ed. McGraw-Hill
- Maione U., 1999, *Le piene fluviali*, Ed. La Goliardica Pavese.
- Marchi E., Rubatta A., 1981, *Meccanica dei Fluidi. Principi e Applicazioni*. UTET. Torino
- Moisello U., 1985, *Grandezze e fenomeni idrologici*, Ed. La Goliardica Pavese.
- Moisello U., 1999, *Idrologia Tecnica*, Ed. La Goliardica Pavese
- Rossi F., Fiorentino M. e Versace P., 1984, *Two Component Extreme Value distribution for flood frequency analysis*, Water Resour. Res..
- Rossi F. e Villani P., 1995, *Valutazione delle Piene in Campania*, CNR-GNDCI, Pubbl. 1472, Grafica Metelliana & C., Cava de' Tirreni (SA).
- US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Computer Determination of Flow through Bridges, 1970.
- US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Flow transitions in Bridge Backwater Analysis, 1995.
- US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Bridge Hydraulic Analysis with HEC-RAS, 1996.
- US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, *HEC-RAS Hydraulic Reference Manual*, 2002.
- US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, *HEC-RAS User's Manual*, 2002
- U.S. Dept. of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, *National Engineering Handbook*, Part 630 Hydrology, 2007
- U.S. Dept. of Transportation, Federal Highway Adm., *Hydraulic design of highway culverts*, 1985 – ris. 1998, Hydraulic Design - Series no. 5 – Rep. n. FHWA-IP-85-15
- U.S. Dept. of Transportation, Federal Highway Adm., *Hydraulic design of highway culverts*, 2001 – rev. 2005. 1998, Hydraulic Design - Series no. 5 – Rep. n. FHWA-NHI-01-020
- U.S. Geological Survey, *Measurements of peak discharge by indirect methods*, Techniques of water resources investigations of the United States Geological Survey – Book 3 – Applications of Hydraulics – Chap. A3. 1982

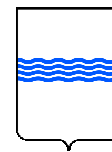




COMUNE DI PISTICCI



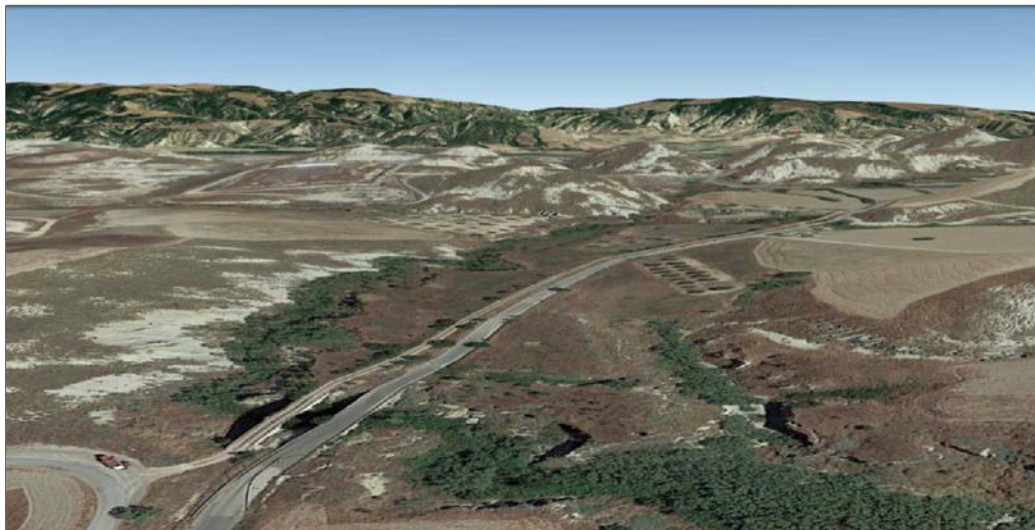
PROVINCIA DI MATERA



REGIONE BASILICATA

Interventi per la Tutela e la salvaguardia della viabilità provinciale di Matera
FSC 2007-2013 APQ "AIMT" - FSC 2000/2006 APQ BAS06

STUDIO IDROLOGICO-IDRAULICO



PROGETTO PER LA RICOSTRUZIONE DI 2 PONTI AL KM 2+150 E 2+500 DELLA S.P. 5 (EX SS 176)

CIG

-

CUP

H71BB20000540002

IL TECNICO:

dott. ing. Giovanni MARTINO
Studio Tecnico
Piazza degli Olmi, 70
75100 - Matera (MT)



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

dott. ing. Michele PONTILLO

Funzionario dell'Area Tecnica
della Provincia di Matera
Via Ridola, 60
75100 - MATERA

ELABORATO:

RISULTATI DELLE SIMULAZIONI

Tav. N.

D.03

Prot.:

Data:
03/2021

Scala:

File:
E.D.03.pdf

Aggiornamenti:

INDICE

EVENTO CON PERIODO DI RITORNO PARI A 2 ANNI 2

EVENTO CON PERIODO DI RITORNO PARI A 30 ANNI 10

EVENTO CON PERIODO DI RITORNO PARI A 200 ANNI 18

EVENTO CON PERIODO DI RITORNO PARI A 500 ANNI 26

EVENTO CON PERIODO DI RITORNO PARI A 2 ANNI

Tabella 1 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. V.ne San Cataldo.

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
1309	TR2	4.19	97.18	98.34	98.04	98.46	0.043548	1.51	2.77	3.65	0.56	
1234	TR2	4.19	94.39	95.2	94.91	95.25	0.022548	0.99	4.22	7.54	0.42	
1142	TR2	4.19	92.04	93.1	92.77	93.16	0.023293	1.03	4.05	6.9	0.43	
1082	TR2	4.19	90.72	91.53	91.35	91.64	0.04968	1.44	2.91	5.25	0.62	
921	TR2	7.6	89.05	90.09	89.61	90.13	0.009845	0.81	9.43	12.5	0.3	
866	TR2	7.6	87.97	89.37	88.86	89.44	0.017887	1.17	6.49	7.29	0.4	
808	TR2	7.6	87.07	88.36	87.91	88.41	0.014904	1	7.61	9.82	0.36	
697	TR2	7.6	85.09	86.54	85.77	86.56	0.005622	0.72	10.51	10.38	0.23	
645	TR2	7.6	84.3	85.76	85.17	85.81	0.011317	0.95	8.01	8.77	0.32	
578	TR2	7.6	83.32	84.71	84.21	84.77	0.016473	1.09	6.96	8.33	0.38	
540	TR2	7.6	82.73	83.89	83.59	83.97	0.028929	1.26	6.02	9.01	0.49	
523	TR2	7.6	82.38	83.5	82.8	83.52	0.002732	0.48	15.74	17.06	0.16	
Attr. Ferroviario												
471	TR2	7.6	82.38	83.49	82.71	83.5	0.002258	0.45	16.77	17.47	0.15	
Attr. S.P. 5 - KM 2+500												
456	TR2	7.6	82.38	83.47	82.72	83.49	0.003286	0.55	13.72	13.06	0.17	
421	TR2	7.6	81.97	82.91	82.58	82.93	0.01105	0.6	12.75	29.47	0.29	
338	TR2	7.6	81.33	82.22	81.64	82.23	0.001201	0.27	28.57	42.18	0.1	
311	TR2	7.6	81.18	82.19	81.49	82.19	0.000508	0.19	39.65	50.18	0.07	
232	TR2	7.6	80.5	81.78	81.1	81.8	0.005048	0.62	12.22	14.61	0.22	
191	TR2	7.6	80.49	81.43	81.02	81.47	0.014619	0.9	8.46	12.89	0.35	
138	TR2	7.6	79.72	80.52	80.19	80.53	0.008009	0.57	13.36	26.12	0.25	

Tabella 2 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. Fosso Pozzitello.

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
224	TR2	3.41	100.75	101.45	101.27	101.49	0.038895	0.96	3.53	9.93	0.52	
189	TR2	3.41	99.41	100.24	99.8	100.25	0.005079	0.5	6.87	11.53	0.21	
163	TR2	3.41	98.88	99.57	99.57	99.75	0.144903	1.89	1.81	4.97	1	
143	TR2	3.41	95.23	96.22	95.79	96.27	0.015936	0.94	3.63	5.07	0.35	
Attr. S.P. 5 - KM 2+150												
125	TR2	3.41	95.19	95.81	95.57	95.86	0.026202	1.01	3.39	6.17	0.43	
Attr. Ferroviario												
101	TR2	3.41	95.2	95.3	95.3	95.35	0.202502	0.96	3.55	35.96	0.97	
84	TR2	3.41	92.98	93.81	93.6	93.89	0.043188	1.29	2.65	5.03	0.57	
33	TR2	3.41	90.28	91.19	91.19	91.33	0.161545	1.65	2.07	7.4	1	

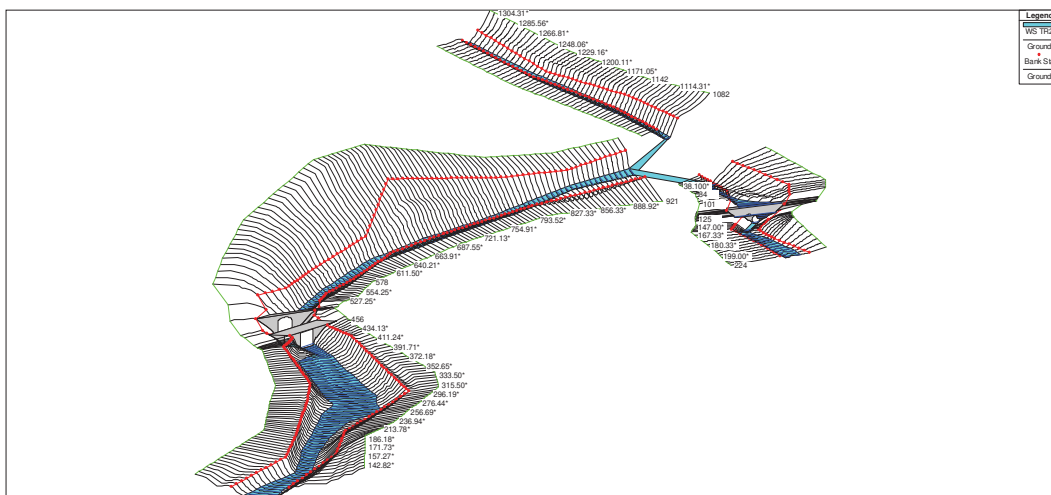


Figura 1 - Vista tridimensionale con rappresentazione della superficie libera.

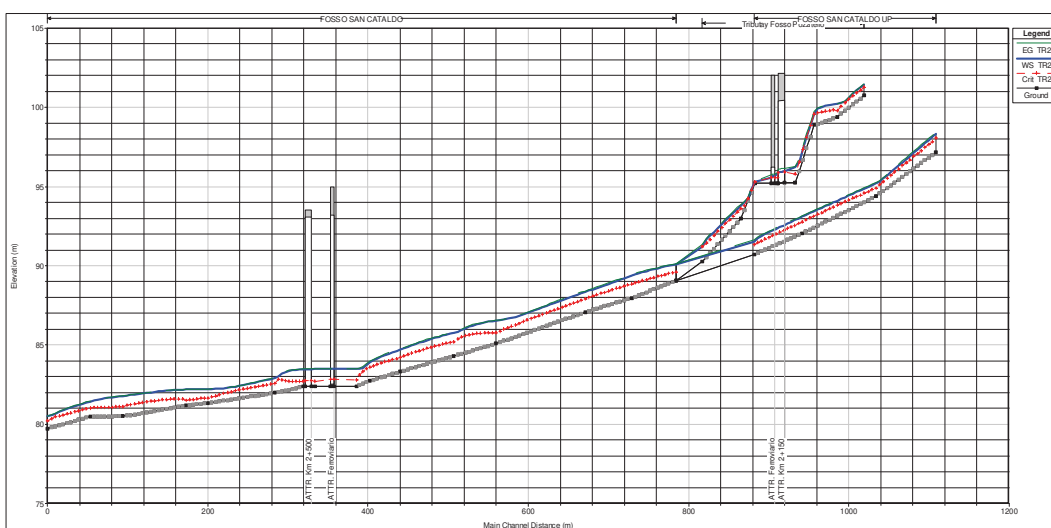
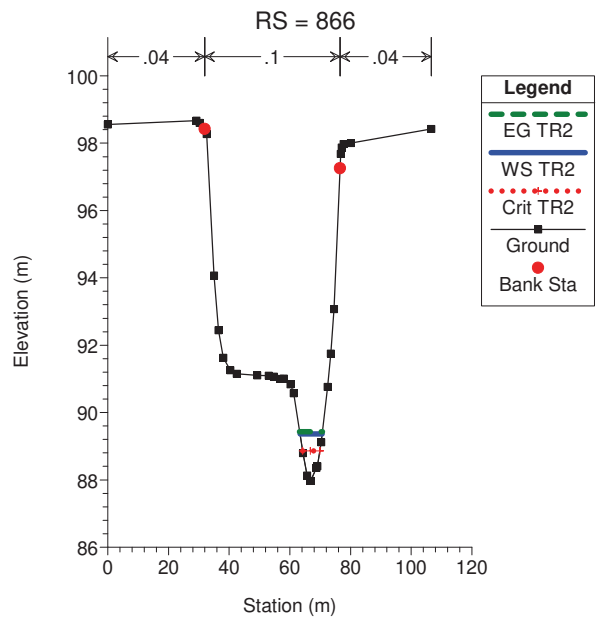
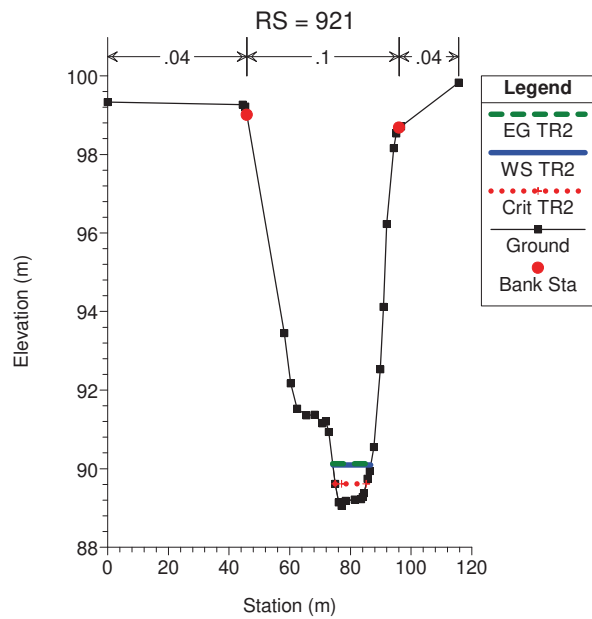
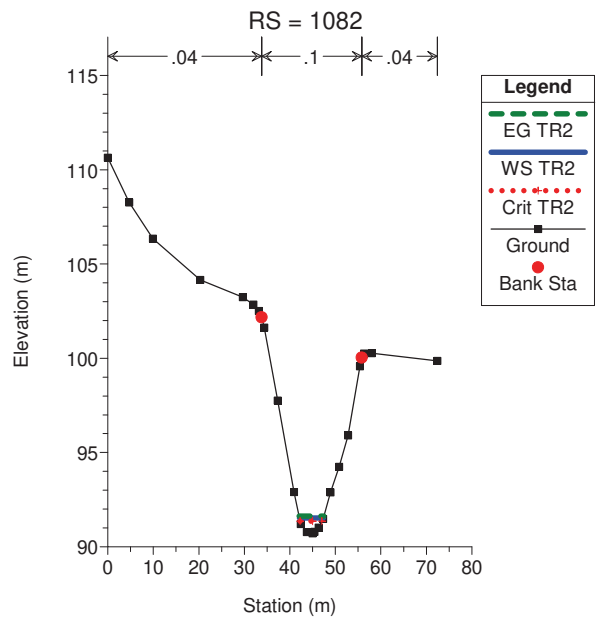
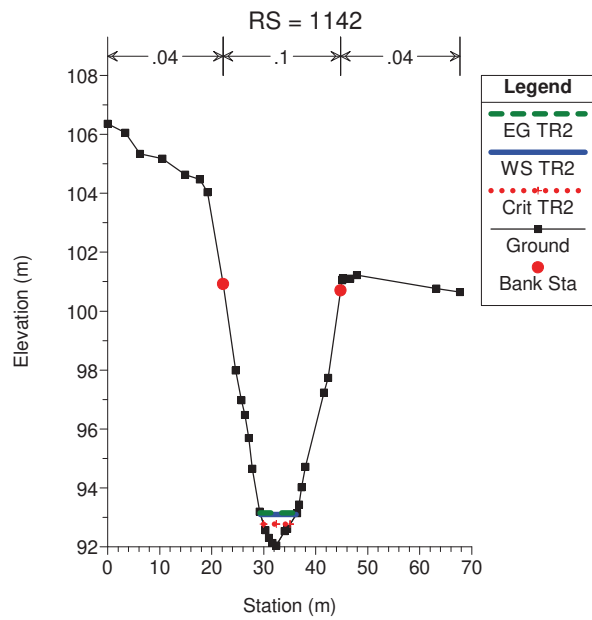
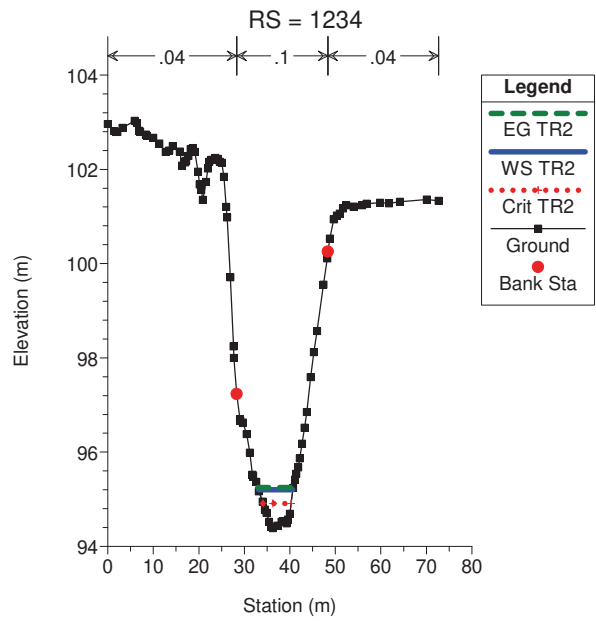
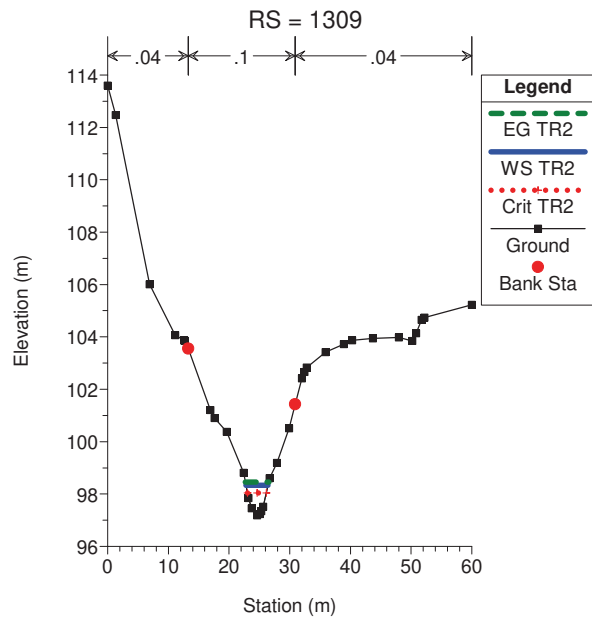
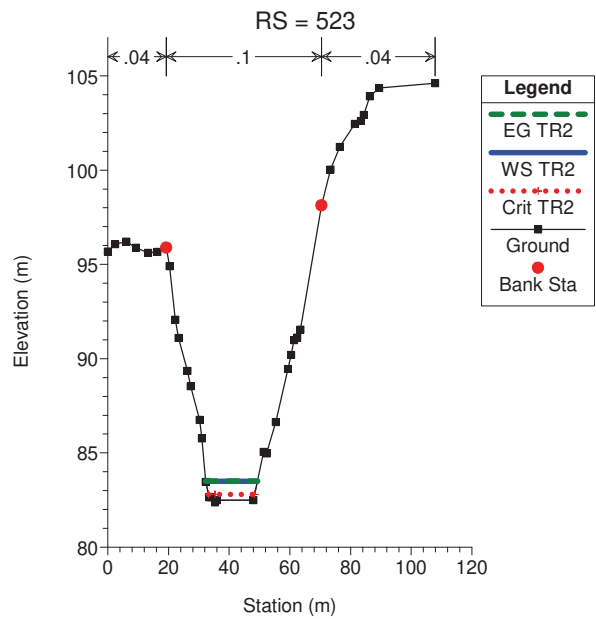
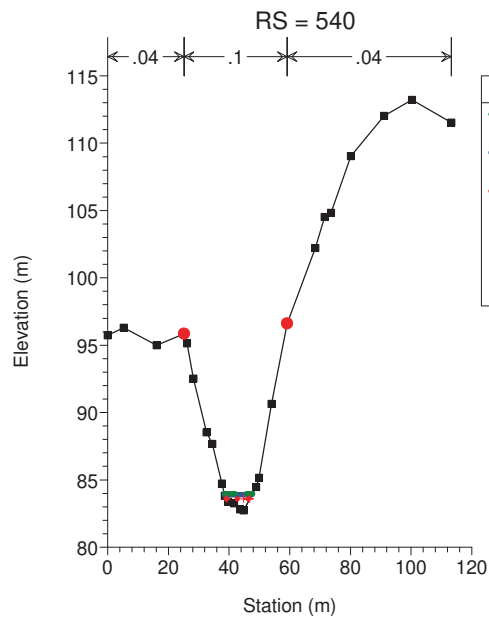
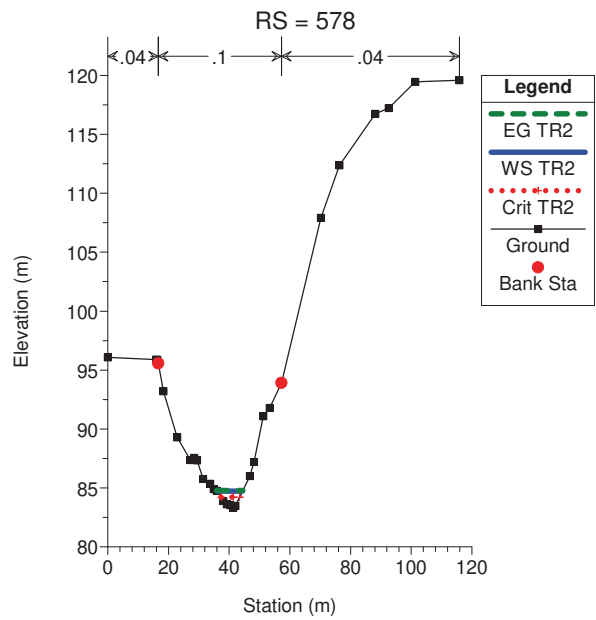
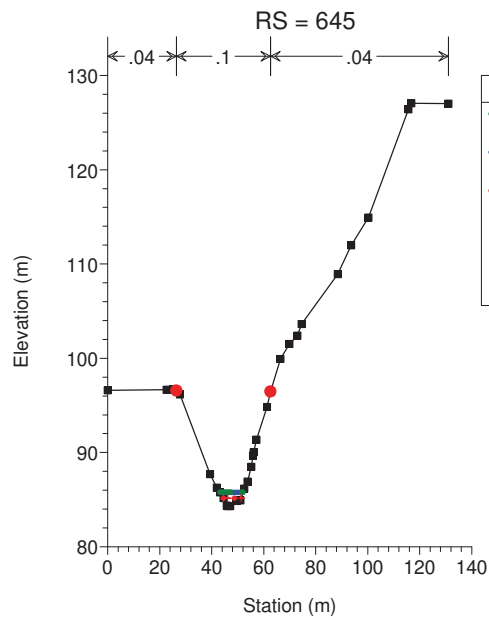
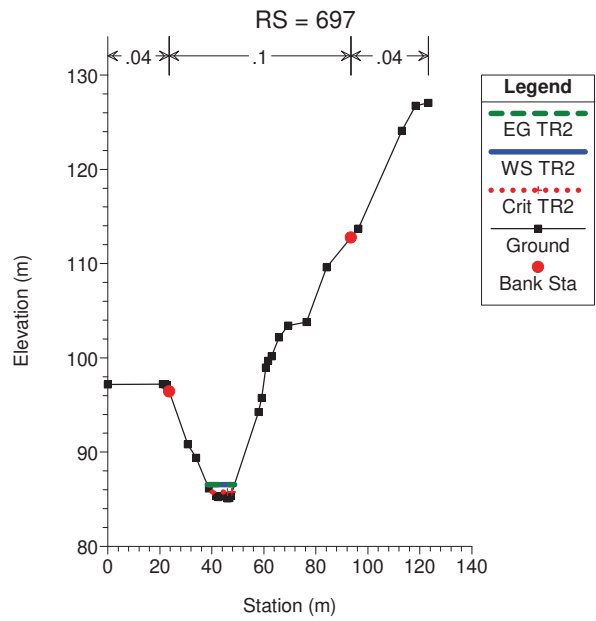
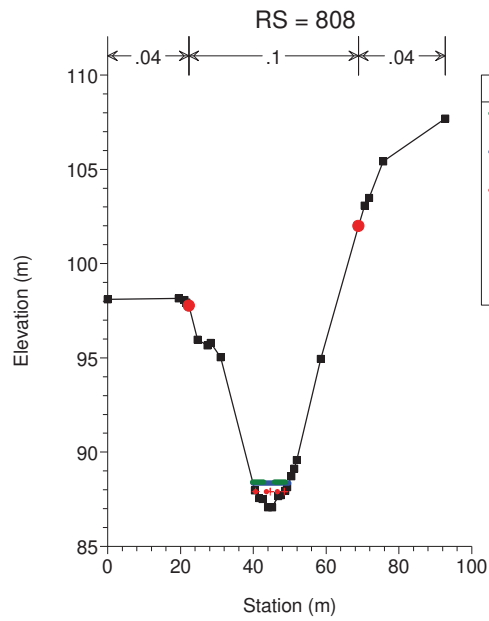
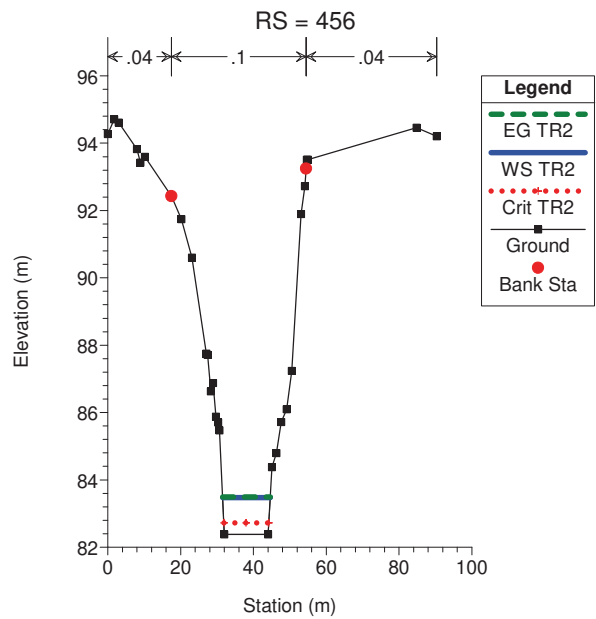
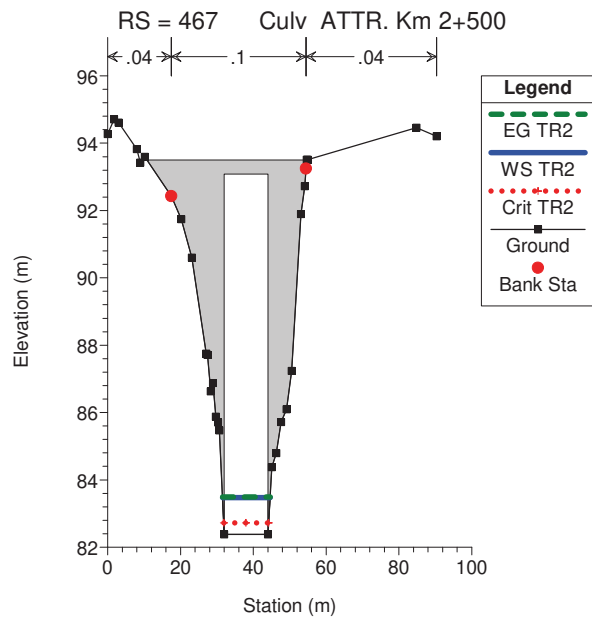
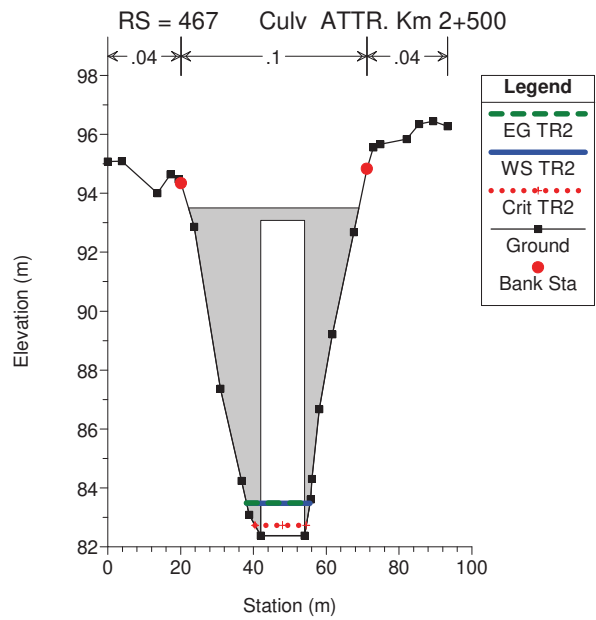
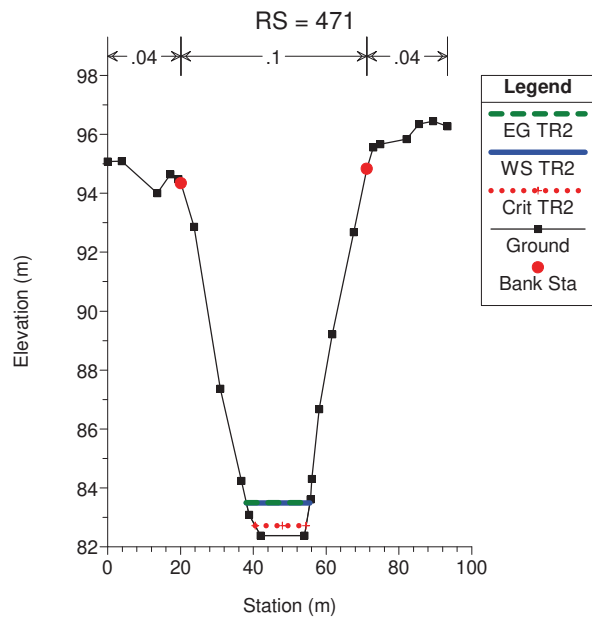
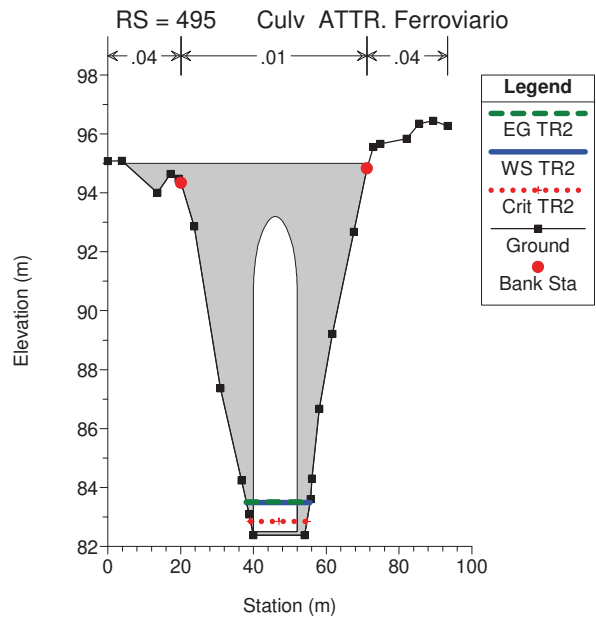
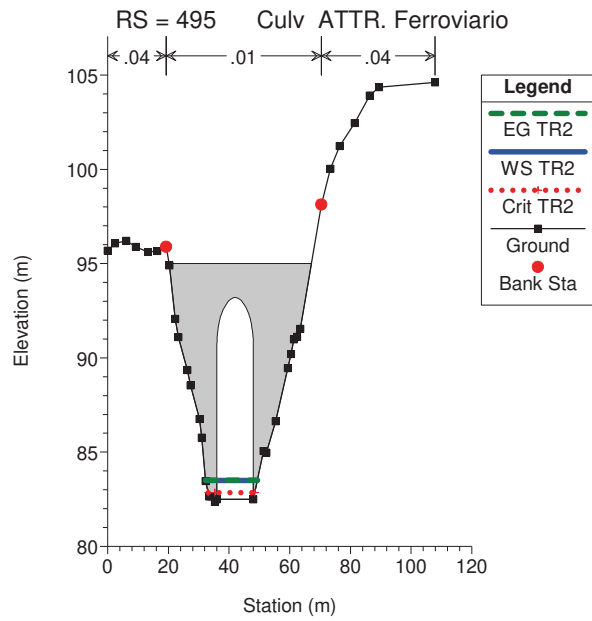
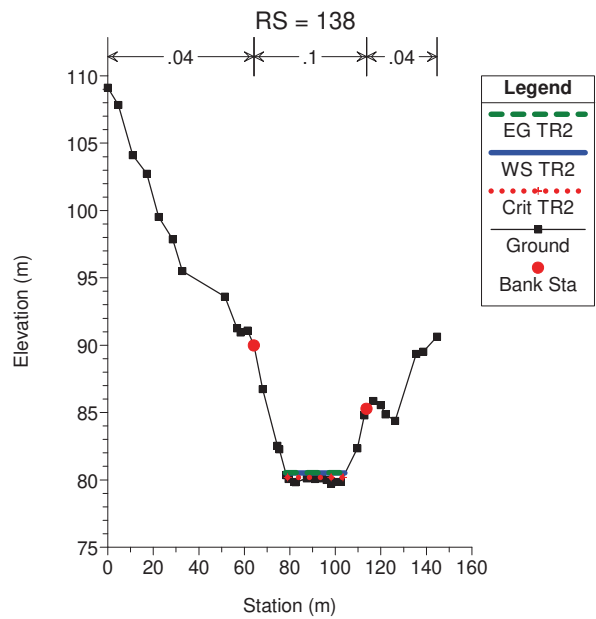
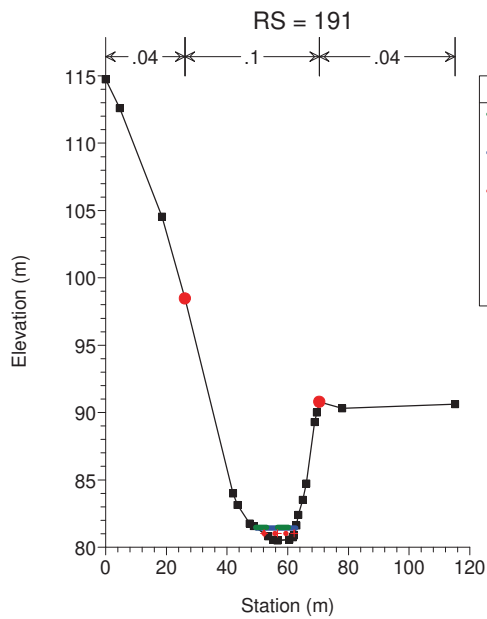
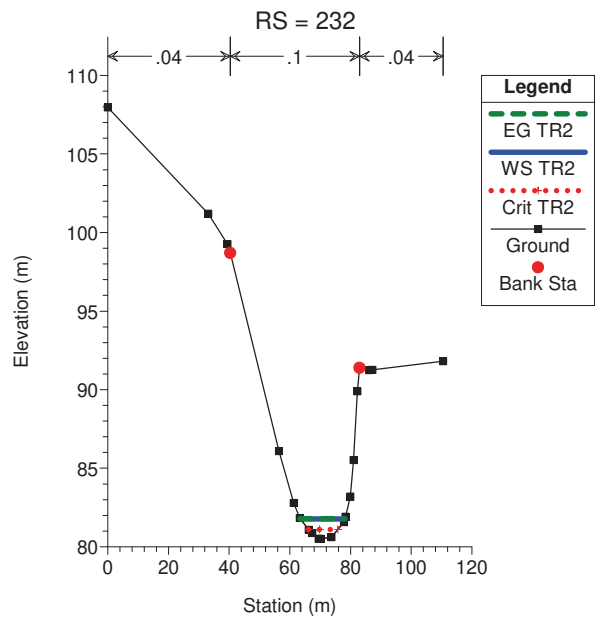
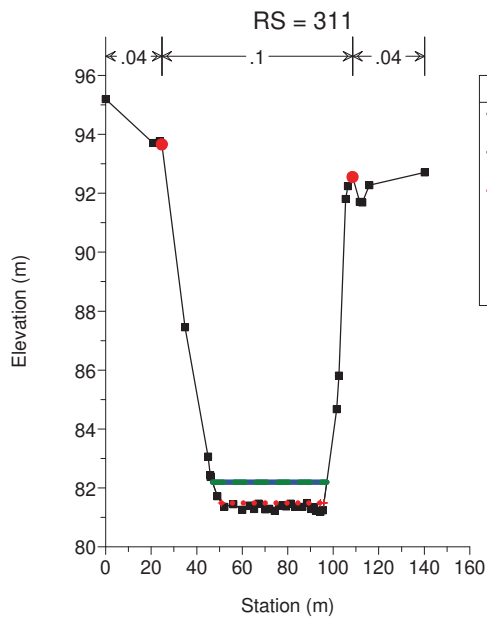
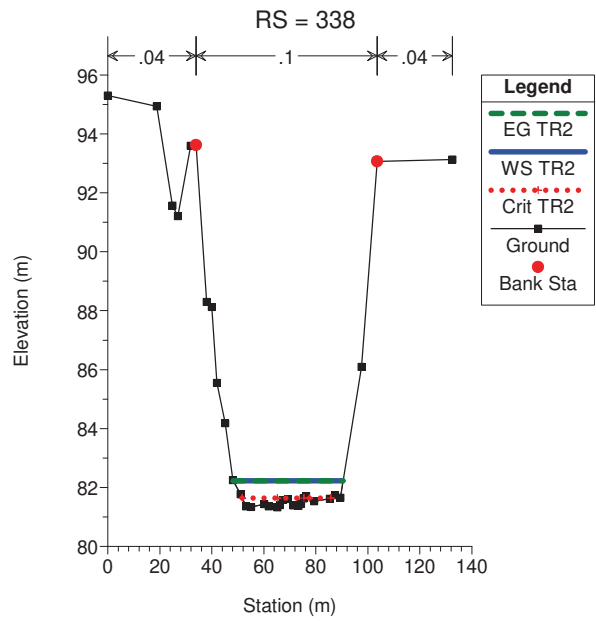
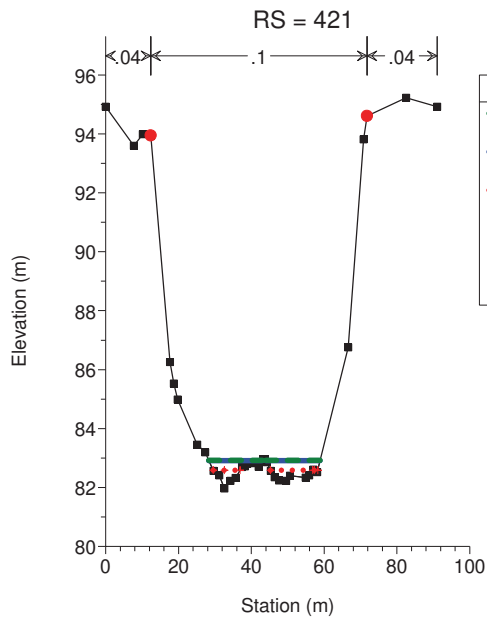


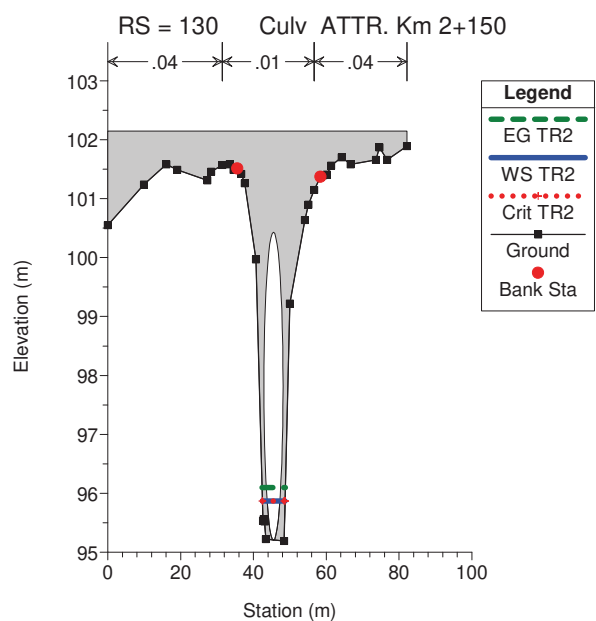
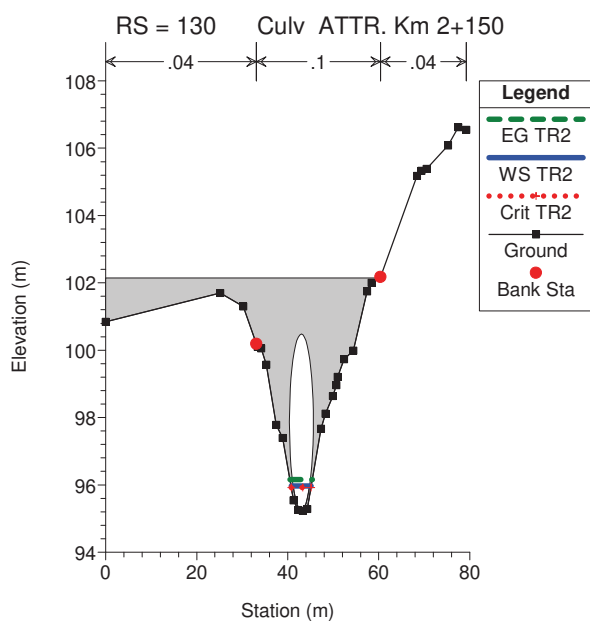
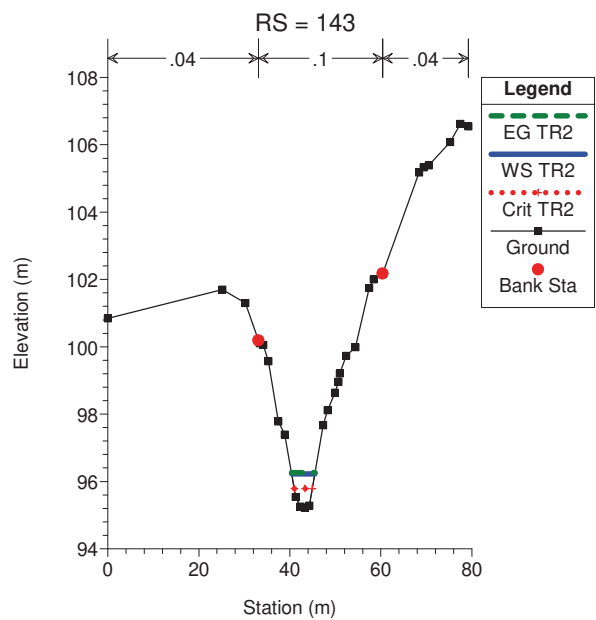
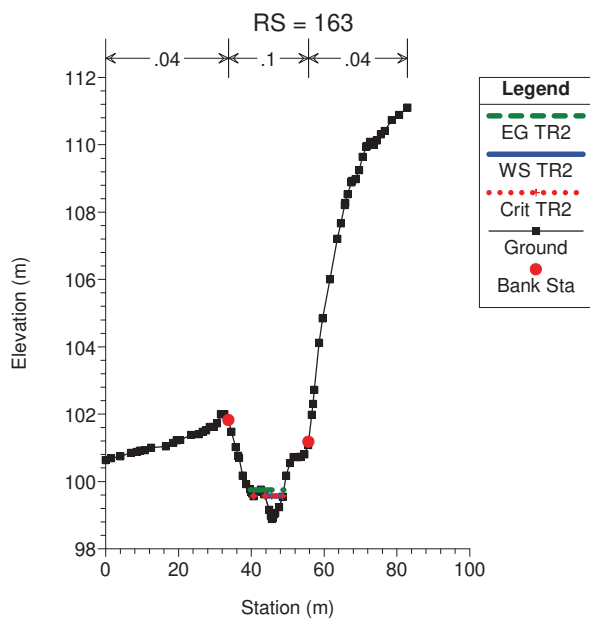
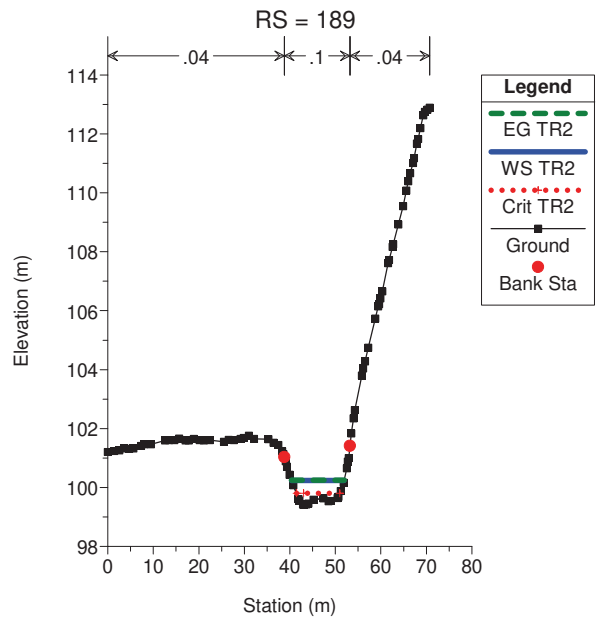
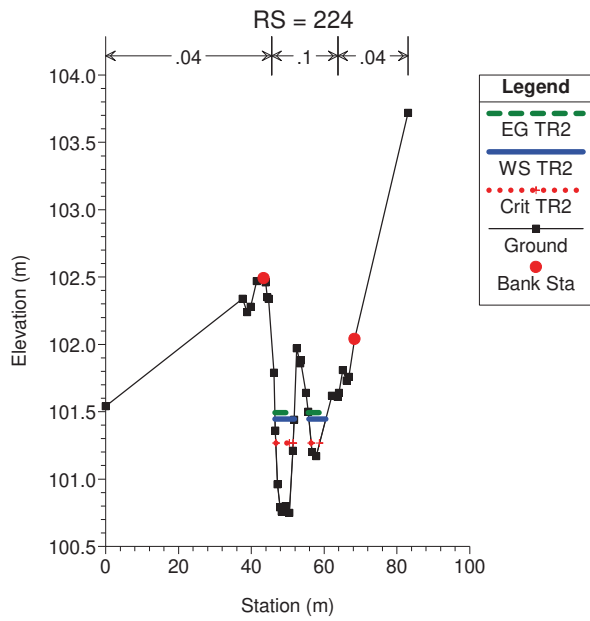
Figura 2 - Profilo longitudinale con rappresentazione del tirante.

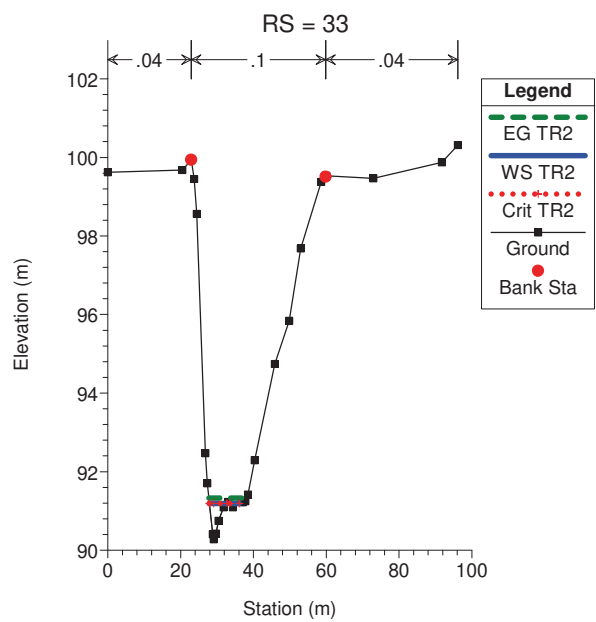
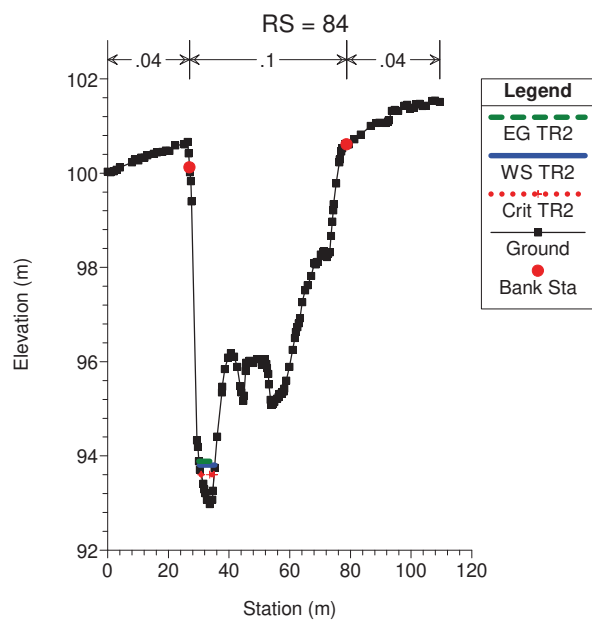
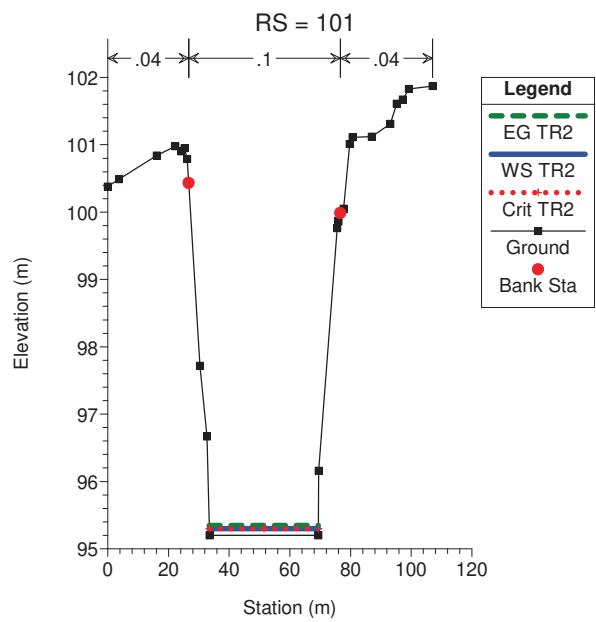
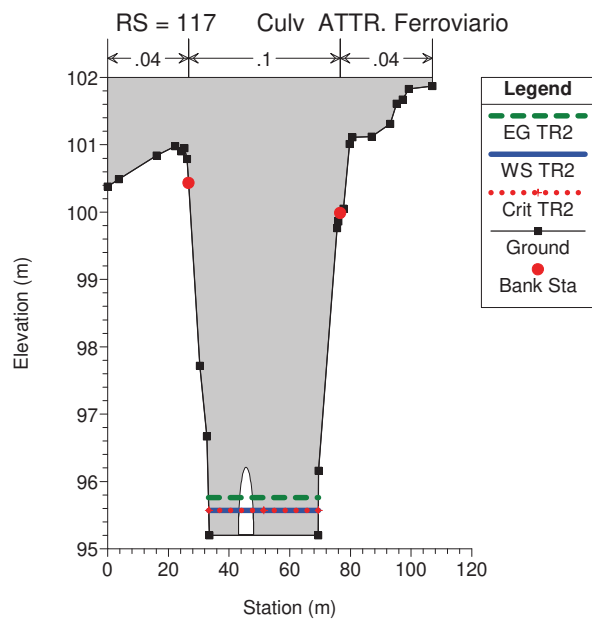
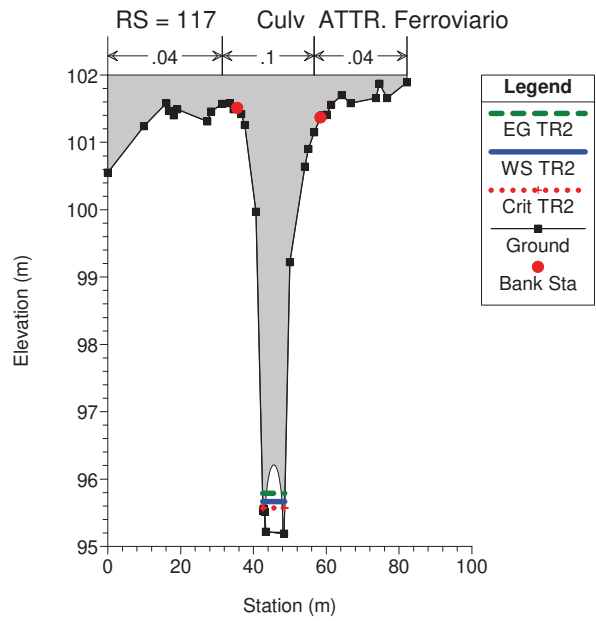
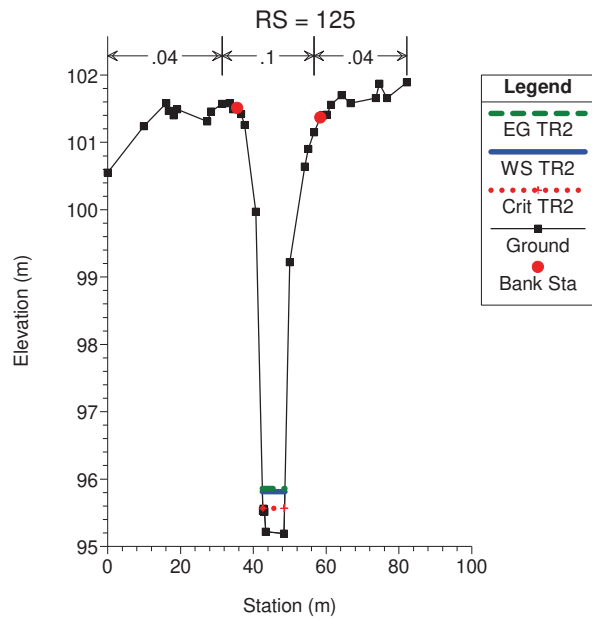












EVENTO CON PERIODO DI RITORNO PARI A 30 ANNI

Tabella 3 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. V.ne San Cataldo.

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
1309	TR30	11.24	97.18	99.02	98.59	99.21	0.047549	1.95	5.76	5.51	0.61	
1234	TR30	11.24	94.39	95.71	95.25	95.8	0.021219	1.27	8.85	10.32	0.44	
1142	TR30	11.24	92.04	93.64	93.16	93.74	0.02116	1.37	8.21	8.22	0.44	
1082	TR30	11.24	90.72	92	91.76	92.2	0.05406	2.01	5.59	6.19	0.68	
921	TR30	20.36	89.05	90.84	89.97	90.89	0.007929	1.03	19.71	14.96	0.29	
866	TR30	20.36	87.97	90.1	89.4	90.23	0.020443	1.61	12.64	9.46	0.45	
808	TR30	20.36	87.07	89.06	88.34	89.15	0.014248	1.33	15.29	12.1	0.38	
697	TR30	20.36	85.09	87.32	86.22	87.38	0.006842	1.04	19.51	12.52	0.27	
645	TR30	20.36	84.3	86.5	85.65	86.59	0.013141	1.31	15.51	11.53	0.36	
578	TR30	20.36	83.32	85.37	84.72	85.48	0.019873	1.48	13.77	11.99	0.44	
540	TR30	20.36	82.73	84.44	84.04	84.6	0.031822	1.77	11.51	10.92	0.55	
523	TR30	20.36	82.38	84.21	83.08	84.24	0.003192	0.72	28.32	18.41	0.19	
Attr. Ferroviario												
471	TR30	20.36	82.38	84.18	83.01	84.21	0.002902	0.69	29.48	19.23	0.18	
Attr. S.P. 5 - KM 2+500												
456	TR30	20.36	82.38	84.13	83.04	84.17	0.005158	0.91	22.49	13.7	0.23	
421	TR30	20.36	81.97	83.28	82.83	83.32	0.01048	0.83	24.54	33.09	0.31	
338	TR30	20.36	81.33	82.85	81.81	82.85	0.001016	0.37	55.54	44.41	0.1	
311	TR30	20.36	81.18	82.82	81.63	82.82	0.000536	0.28	72.08	52.82	0.08	
232	TR30	20.36	80.5	82.4	81.48	82.44	0.006335	0.93	21.95	16.79	0.26	
191	TR30	20.36	80.49	81.92	81.4	82.01	0.018029	1.29	15.77	16.12	0.42	
138	TR30	20.36	79.72	80.94	80.4	80.98	0.008004	0.82	24.89	28.05	0.28	

Tabella 4 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. Fosso Pozzitello.

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
224	TR30	9.12	100.75	101.74	101.54	101.8	0.037258	1.13	8.17	25.54	0.54	
189	TR30	9.12	99.41	100.64	100.02	100.67	0.007084	0.77	11.83	12.98	0.26	
163	TR30	9.12	98.88	99.9	99.89	100.11	0.131818	2.03	4.5	10.41	0.98	
143	TR30	9.12	95.23	96.86	96.19	96.94	0.016236	1.23	7.38	6.69	0.38	
Attr. S.P. 5 - KM 2+150												
125	TR30	9.12	95.19	96.5	95.87	96.57	0.014896	1.17	7.83	6.73	0.35	
Attr. Ferroviario												
101	TR30	9.12	95.2	95.44	95.39	95.5	0.077412	1.06	8.59	36.05	0.69	
84	TR30	9.12	92.98	94.31	93.99	94.44	0.038941	1.65	5.53	6.51	0.57	
33	TR30	9.12	90.28	91.43	91.43	91.64	0.145333	2.04	4.48	10.9	1.01	

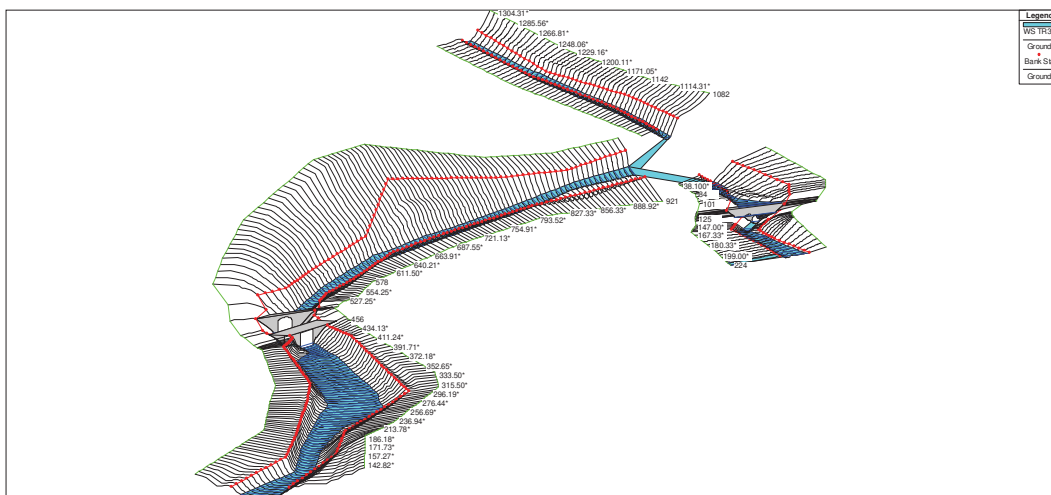


Figura 3 - Vista tridimensionale con rappresentazione della superficie libera.

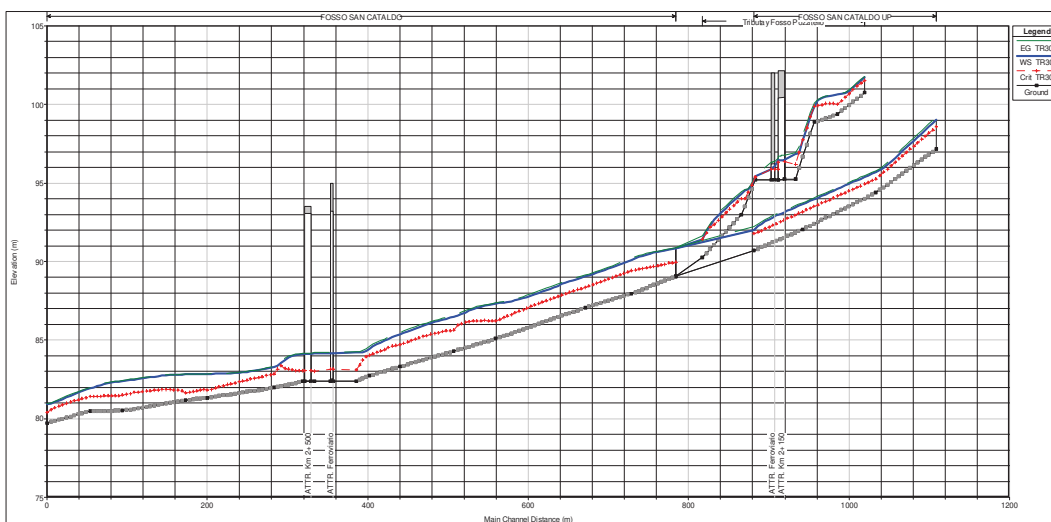
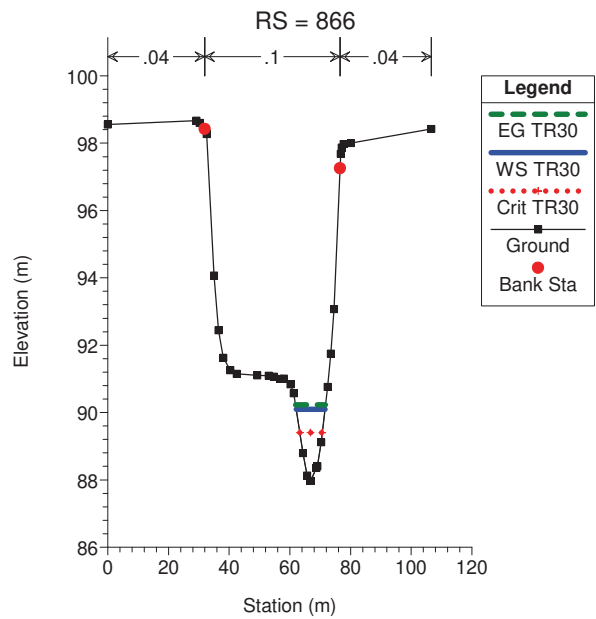
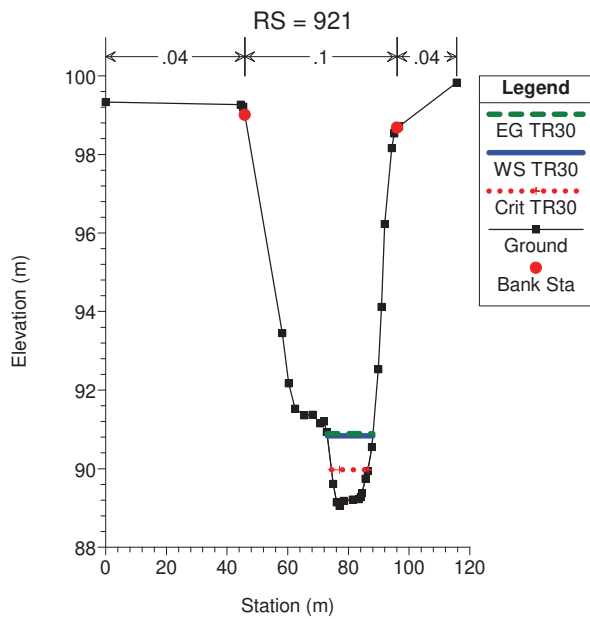
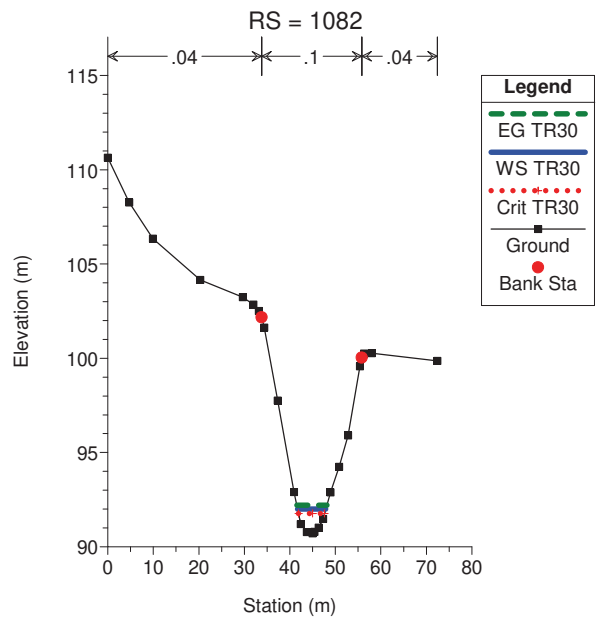
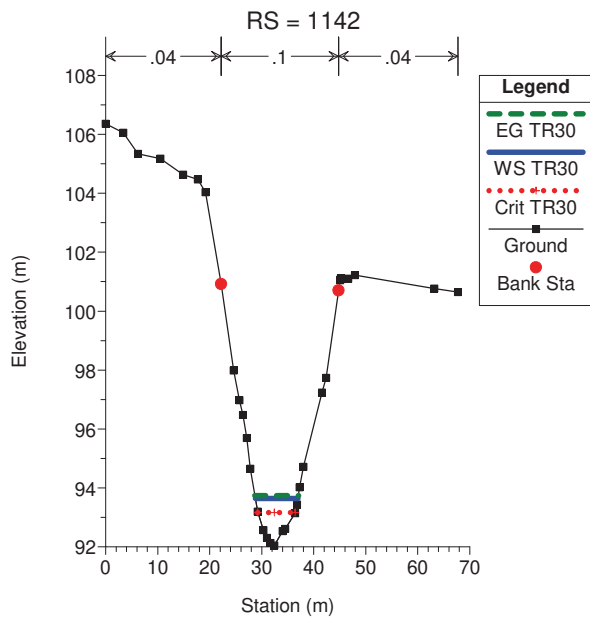
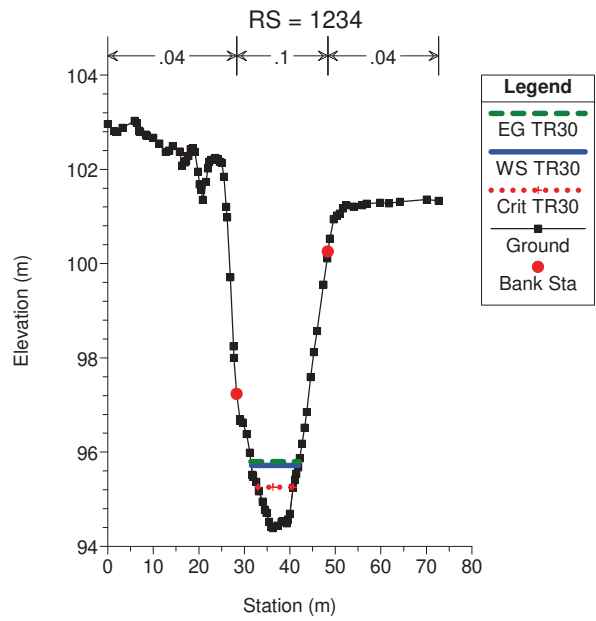
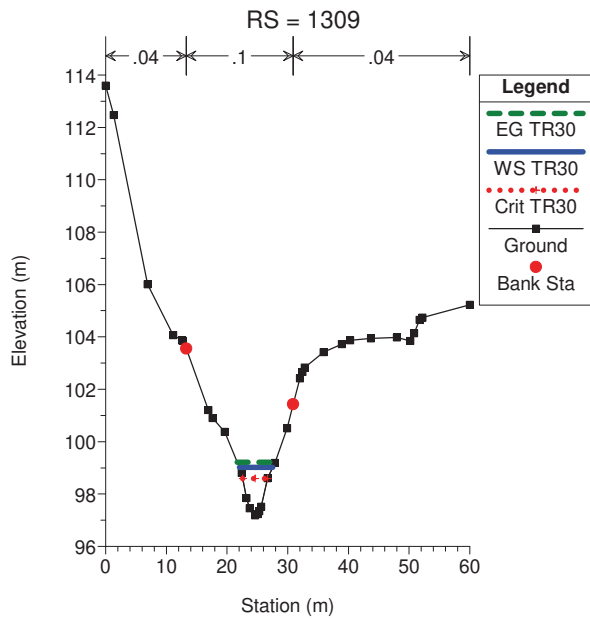
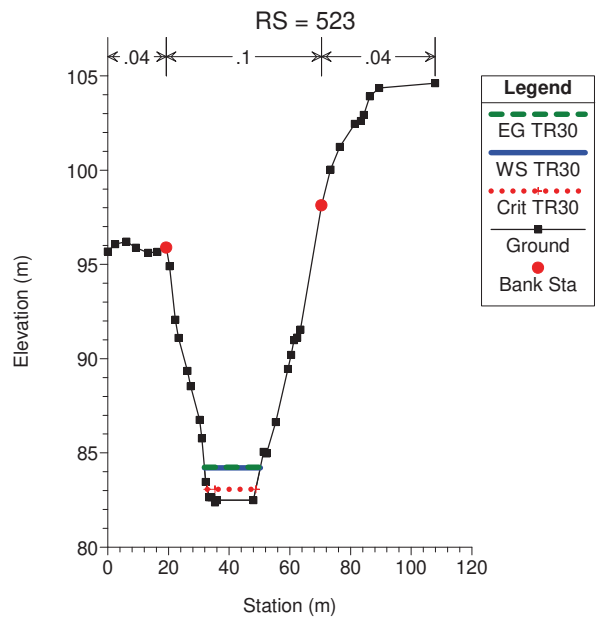
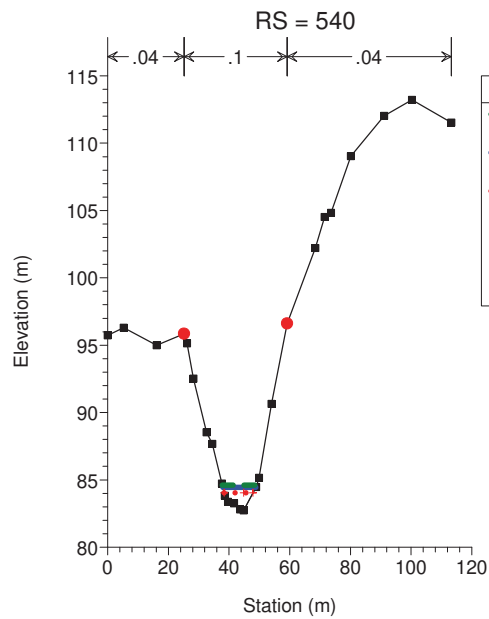
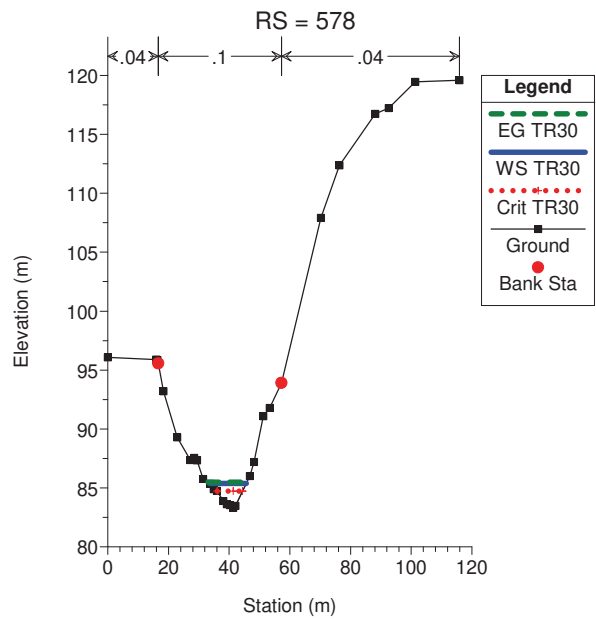
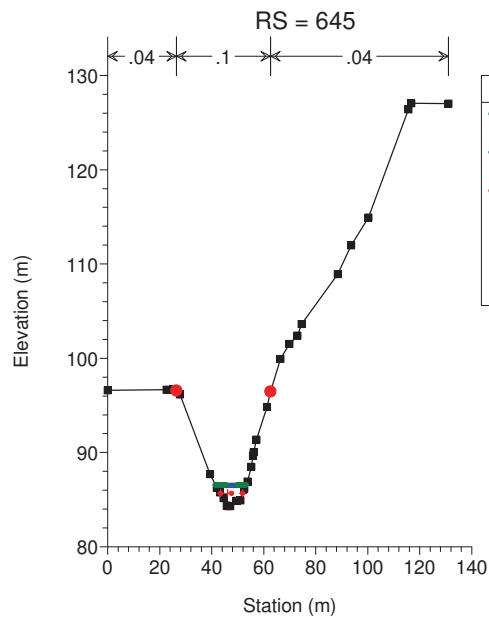
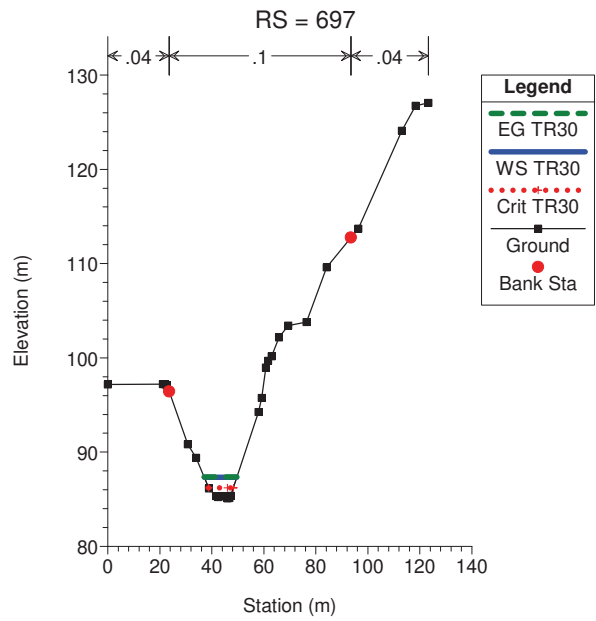
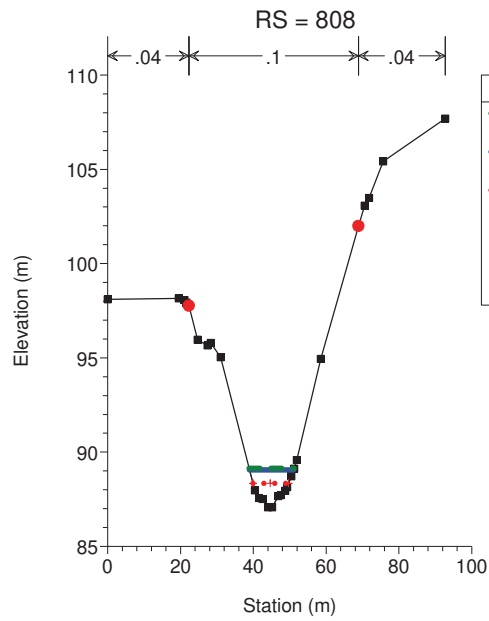
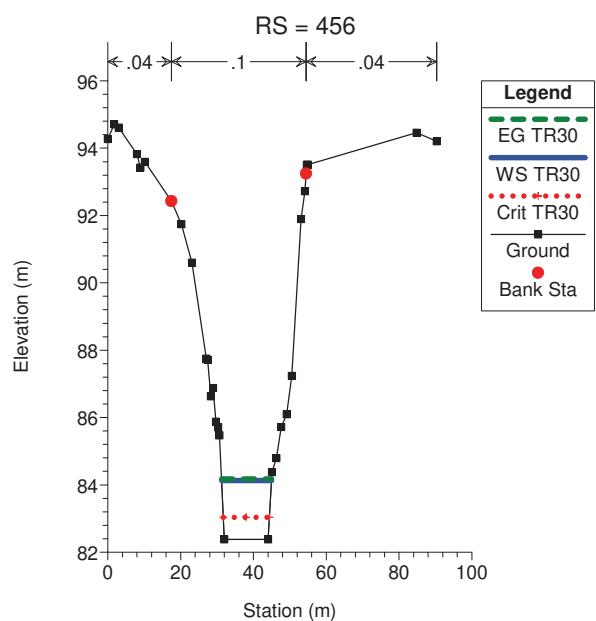
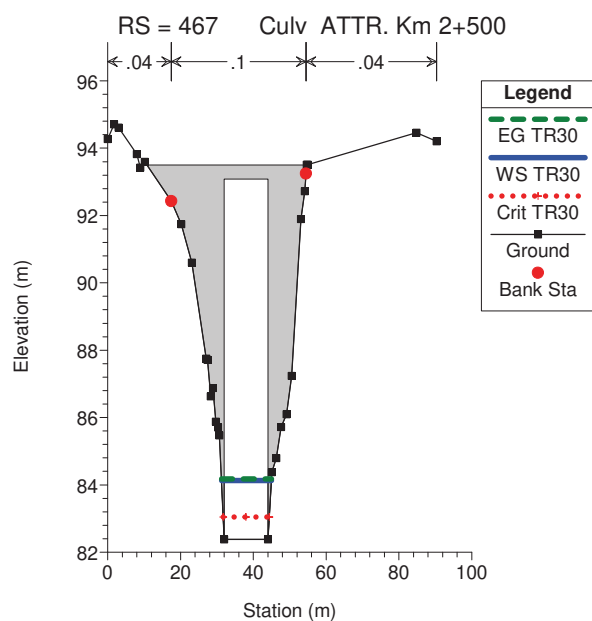
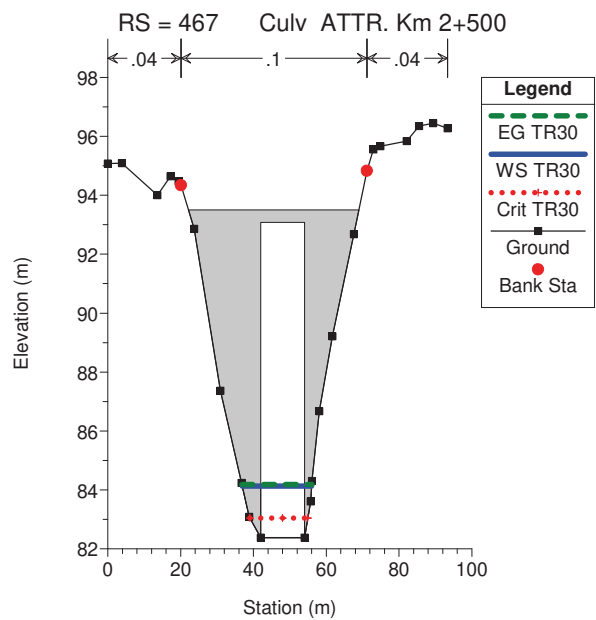
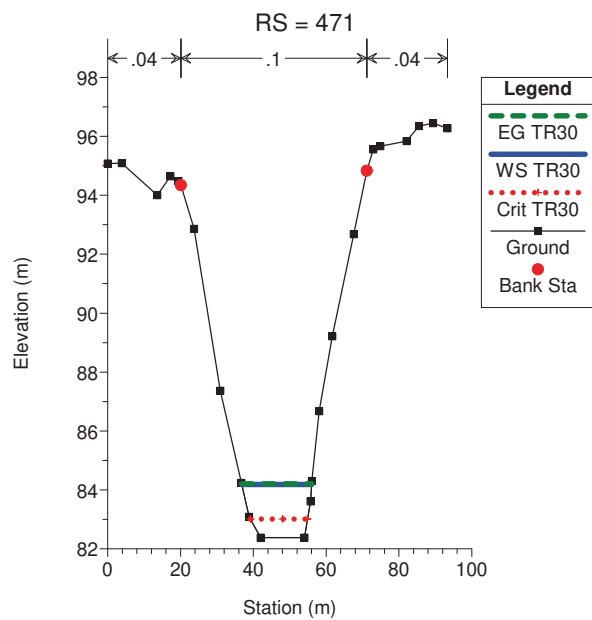
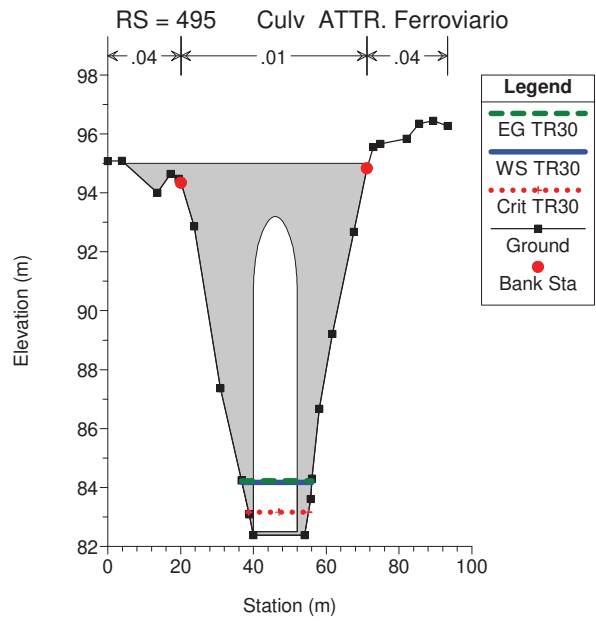
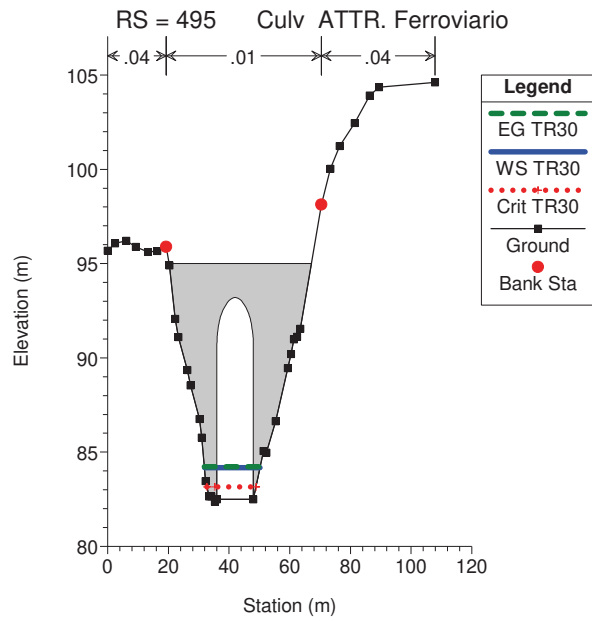
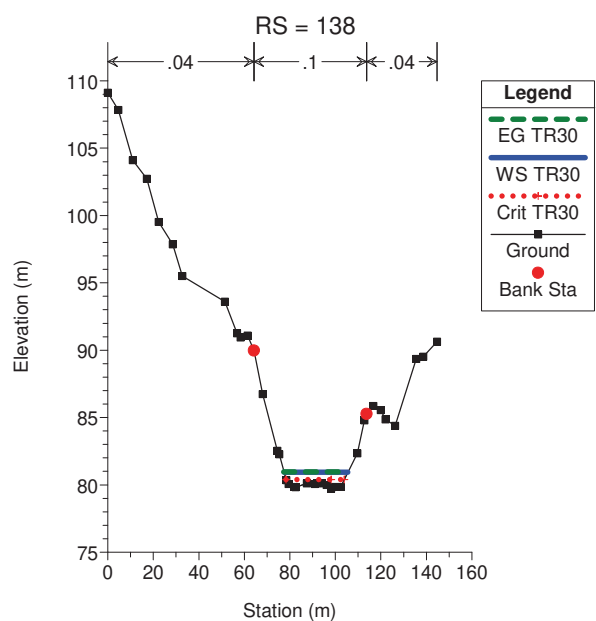
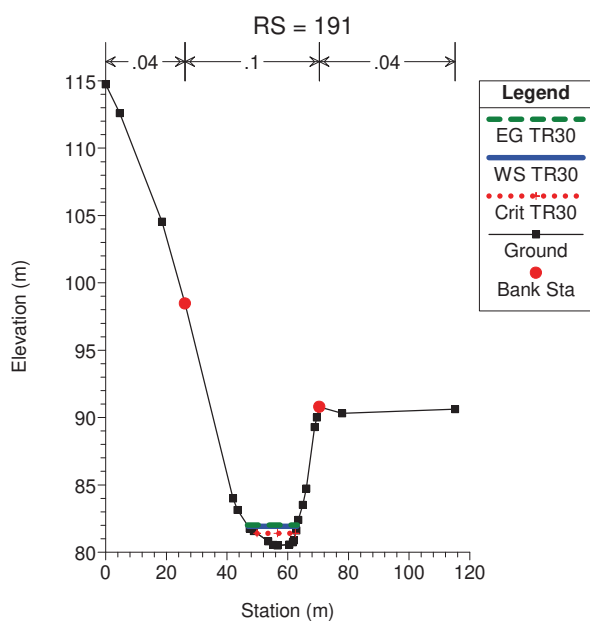
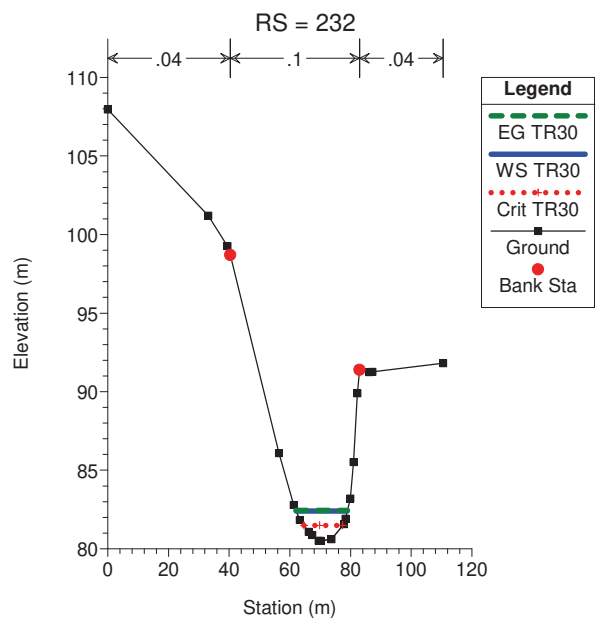
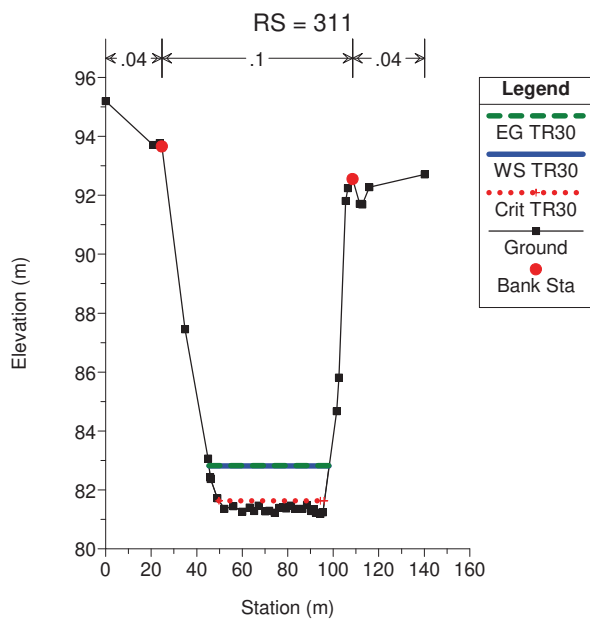
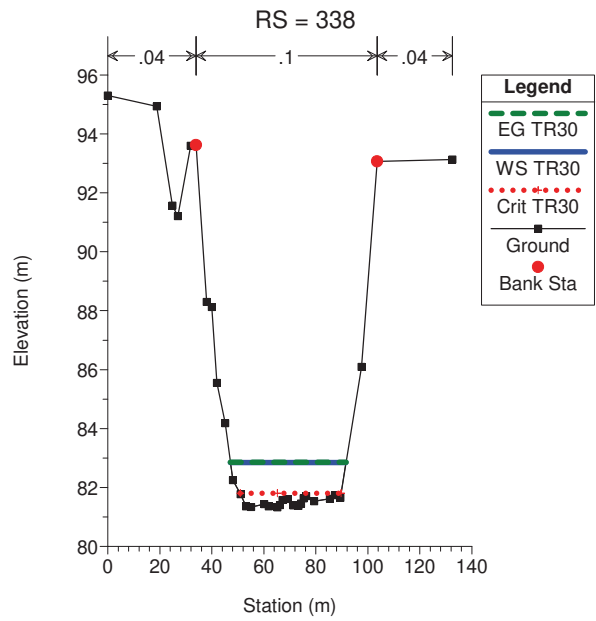
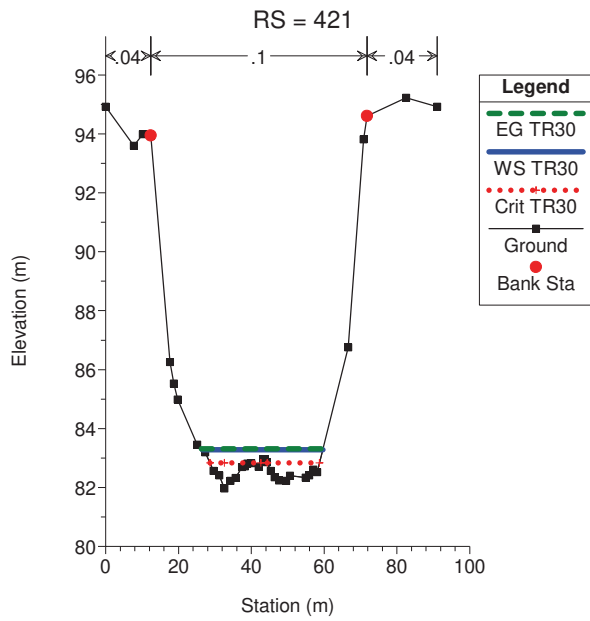


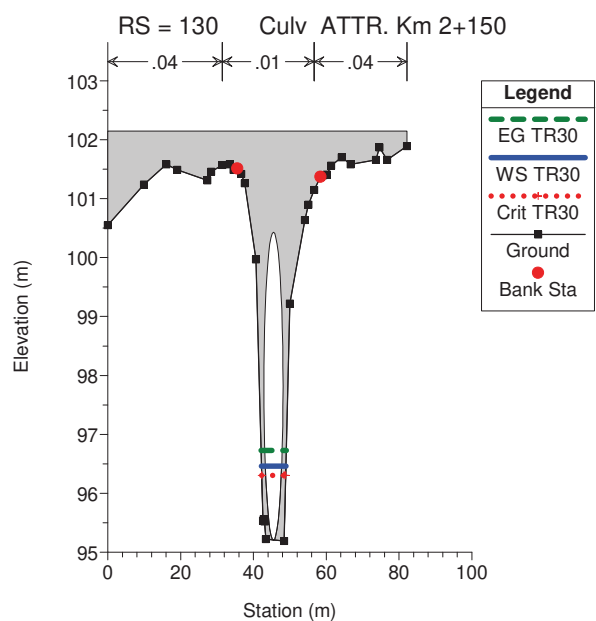
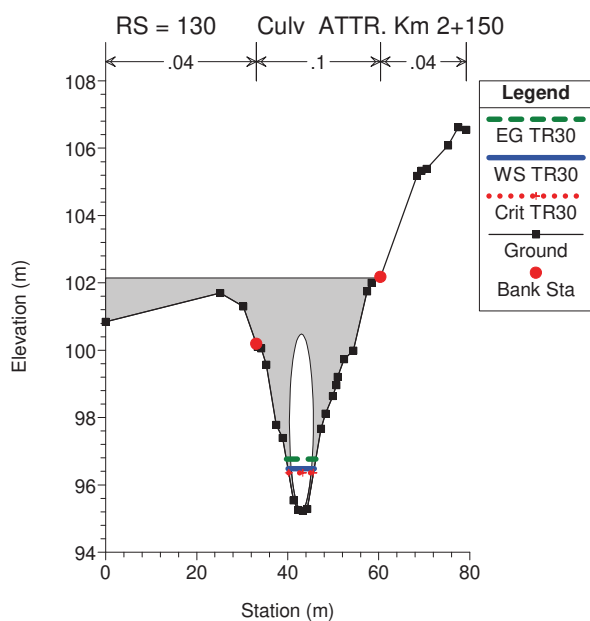
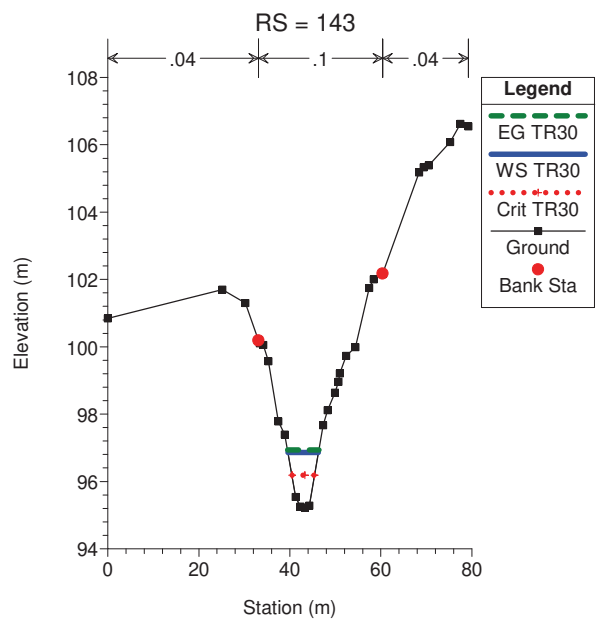
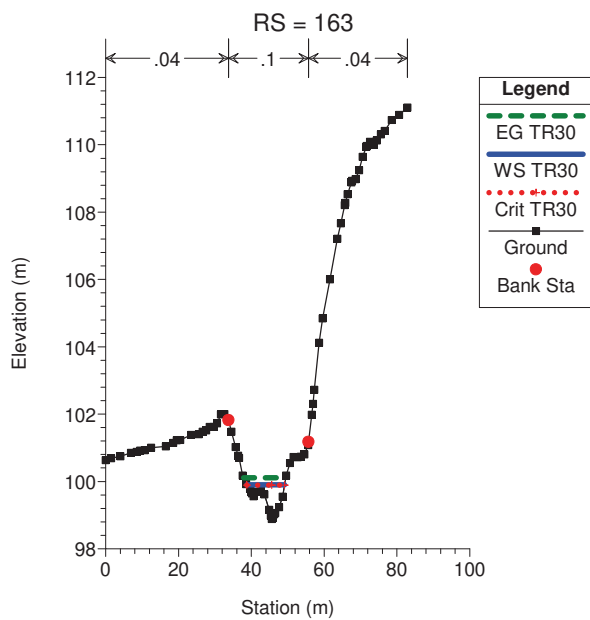
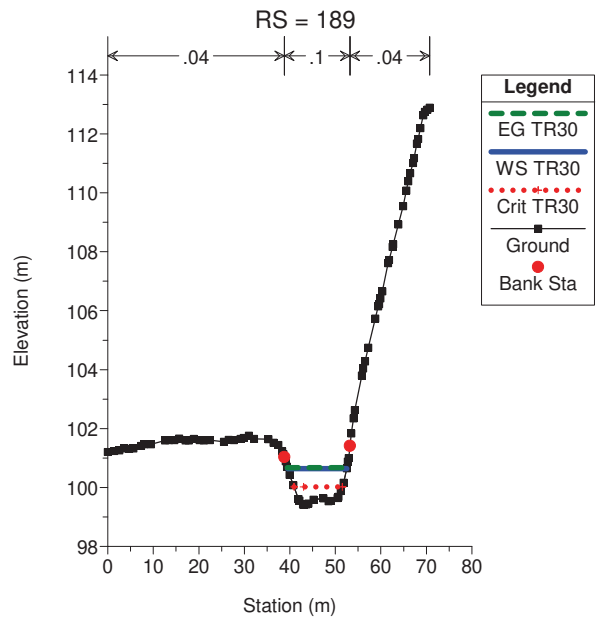
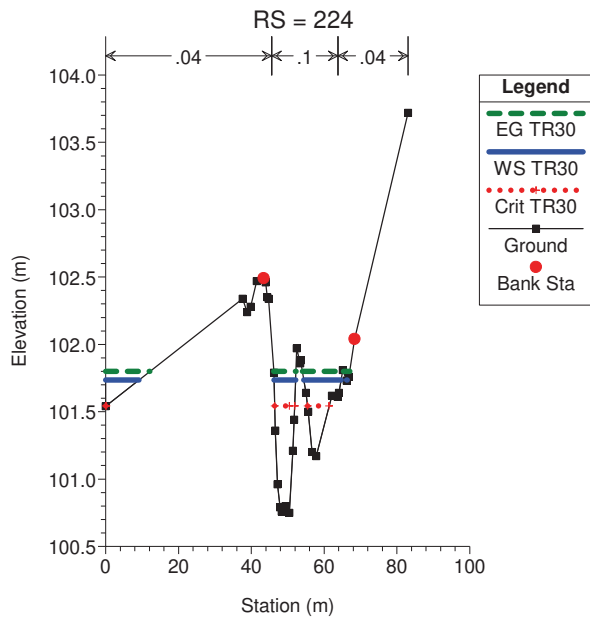
Figura 4 - Profilo longitudinale con rappresentazione del tirante.

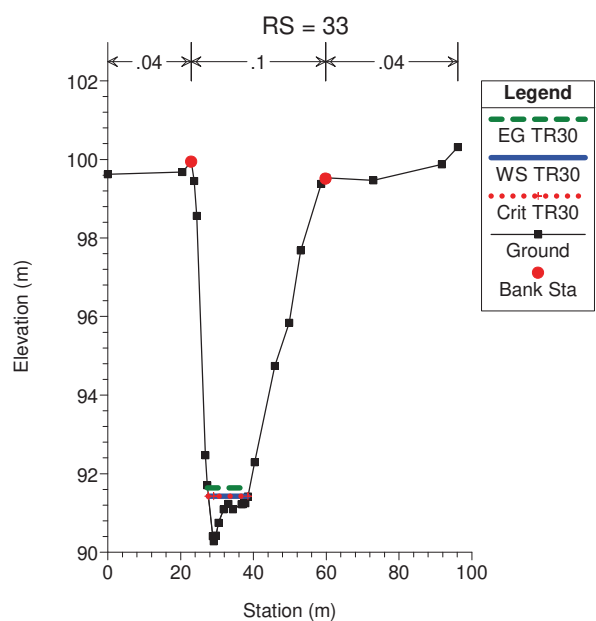
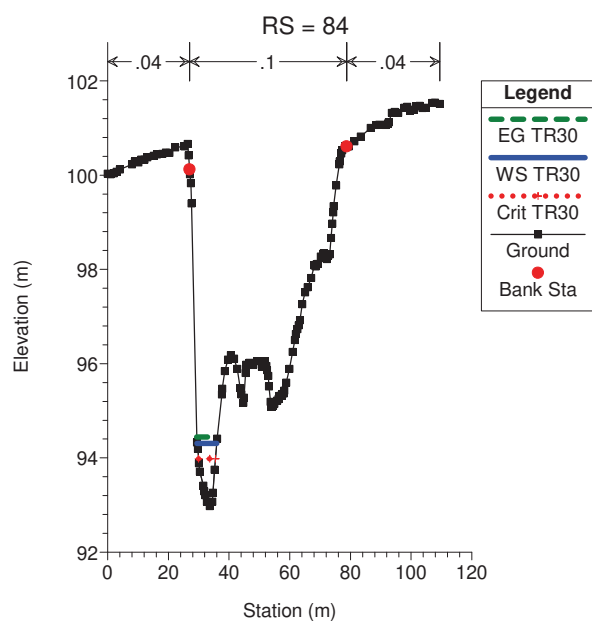
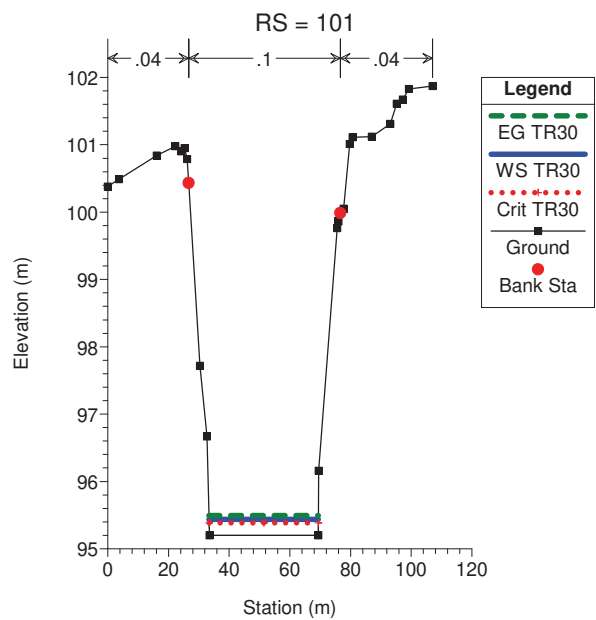
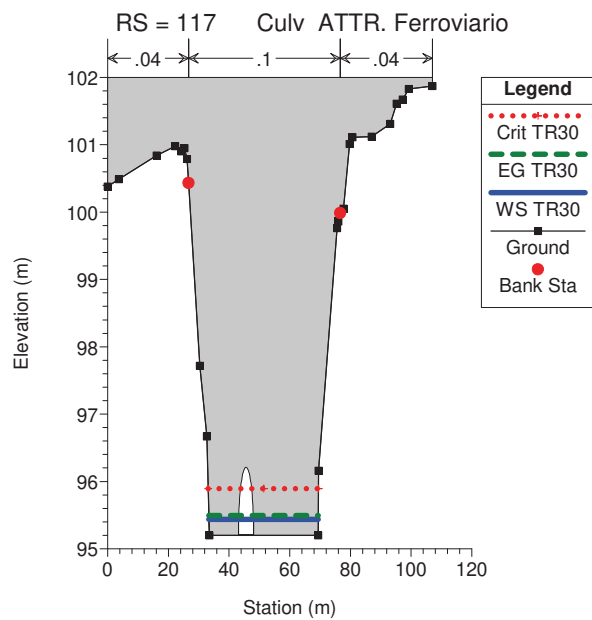
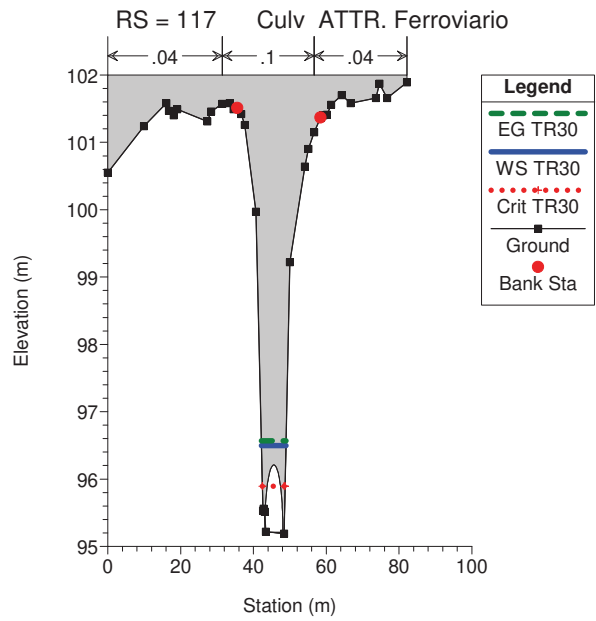
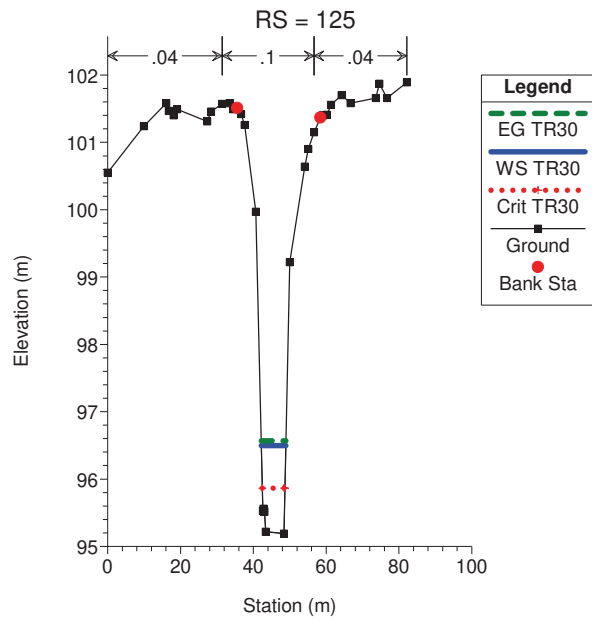












EVENTO CON PERIODO DI RITORNO PARI A 200 ANNI

Tabella 5 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. V.ne San Cataldo.

River Sta	Profile Q	Total Min	Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel	Chnl Flow	Area Top	Width	Froude #	Chl
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)			
1309	TR200	20.33	97.18	99.52	99.1	99.78	0.050036	2.26	8.99	7.26		0.65	
1234	TR200	20.33	94.39	96.15	95.57	96.26	0.019735	1.49	13.67	11.74		0.44	
1142	TR200	20.33	92.04	94.14	93.49	94.28	0.020358	1.62	12.54	9.14		0.44	
1082	TR200	20.33	90.72	92.68	92.13	92.88	0.032513	1.98	10.25	7.56		0.54	
921	TR200	36.82	89.05	91.63	90.31	91.69	0.007901	1.04	35.42	26.79		0.29	
866	TR200	36.82	87.97	90.73	89.88	90.92	0.022052	1.91	19.27	11.74		0.48	
808	TR200	36.82	87.07	89.67	88.73	89.8	0.014054	1.58	23.31	13.88		0.39	
697	TR200	36.82	85.09	87.97	86.61	88.06	0.007952	1.3	28.24	14.3		0.3	
645	TR200	36.82	84.3	87.11	86.1	87.24	0.014149	1.59	23.15	13.49		0.39	
578	TR200	36.82	83.32	85.92	85.18	86.07	0.020847	1.72	21.42	15.46		0.47	
540	TR200	36.82	82.73	84.95	84.43	85.18	0.031237	2.11	17.42	12.22		0.57	
523	TR200	36.82	82.38	84.79	83.35	84.84	0.003898	0.94	39.29	19.5		0.21	
Attr. Ferroviario													
471	TR200	36.82	82.38	84.73	83.28	84.78	0.003713	0.91	40.47	20.68		0.21	
Attr. S.P. 5 - KM 2+500													
456	TR200	36.82	82.38	84.62	83.35	84.7	0.007796	1.25	29.45	14.76		0.28	
421	TR200	36.82	81.97	83.69	83.02	83.74	0.008336	0.95	38.91	36.19		0.29	
338	TR200	36.82	81.33	83.39	81.96	83.4	0.001043	0.46	80.1	46.24		0.11	
311	TR200	36.82	81.18	83.36	81.76	83.37	0.000597	0.36	101.3	54.86		0.09	
232	TR200	36.82	80.5	82.9	81.81	82.97	0.007658	1.19	30.85	18.4		0.29	
191	TR200	36.82	80.49	82.33	81.73	82.47	0.020136	1.62	22.68	17.68		0.46	
138	TR200	36.82	79.72	81.34	80.59	81.39	0.008001	1.01	36.5	29.86		0.29	

Tabella 6 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. Fosso Pozzitello.

River Sta	Profile Q	Total Min	Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel	Chnl Flow	Area Top	Width	Froude #	Chl
		(m³/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m²)	(m)			
224	TR200	16.49	100.75	101.9	101.77	101.98	0.031934	1.19	13.31	37.68		0.54	
189	TR200	16.49	99.41	100.97	100.23	101.02	0.008929	1.01	16.27	13.93		0.3	
163	TR200	16.49	98.88	100.11	100.11	100.41	0.124007	2.41	6.84	11.63		1	
143	TR200	16.49	95.23	98.17	96.55	98.21	0.004675	0.87	18.97	11.43		0.22	
Attr. S.P. 5 - KM 2+150													
125	TR200	16.49	95.19	98.06	96.16	98.09	0.003767	0.85	19.31	8.02		0.18	
Attr. Ferroviario													
101	TR200	16.49	95.2	95.48	95.48	95.62	0.153066	1.65	9.99	36.08		1	
84	TR200	16.49	92.98	94.75	94.33	94.93	0.036662	1.92	8.58	7.38		0.57	
33	TR200	16.49	90.28	91.95	91.64	92.08	0.03281	1.55	10.63	12.47		0.54	

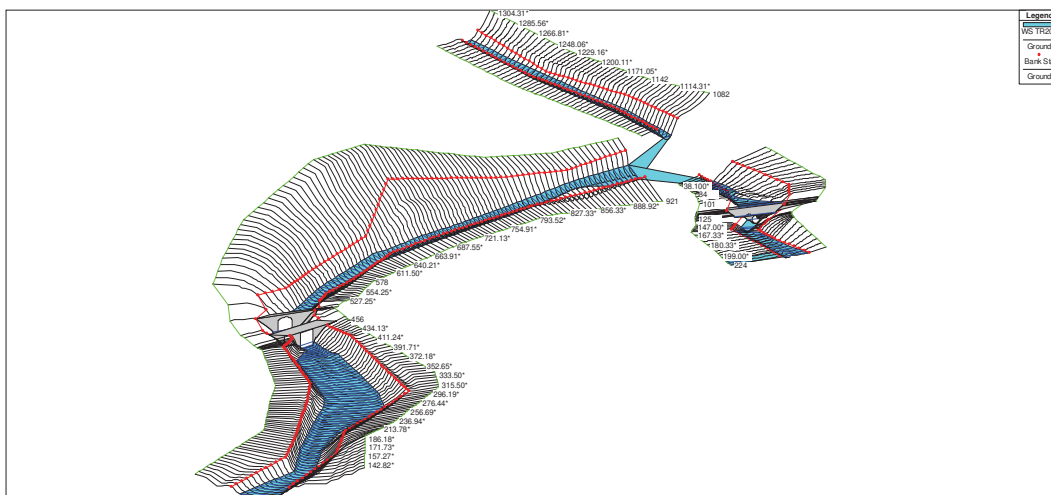


Figura 5 - Vista tridimensionale con rappresentazione della superficie libera.

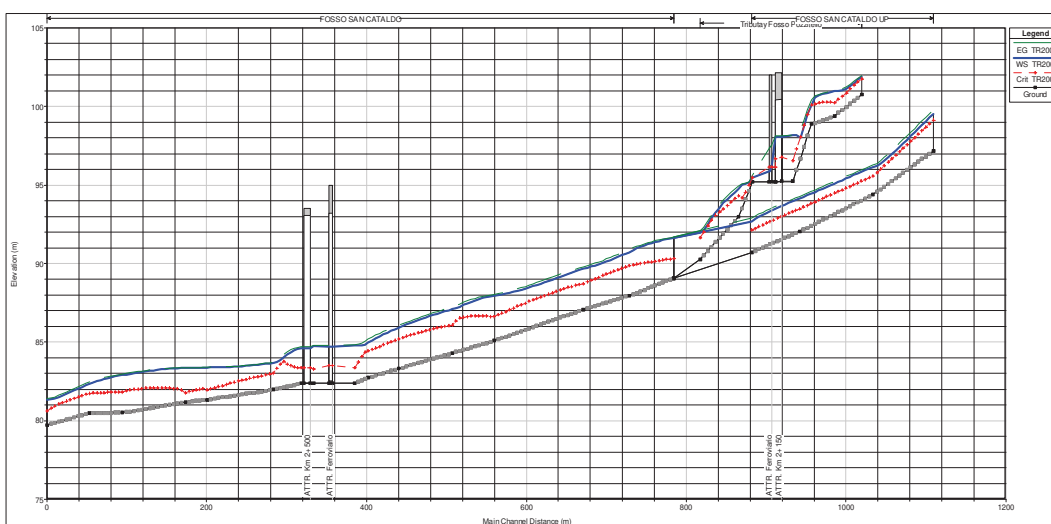
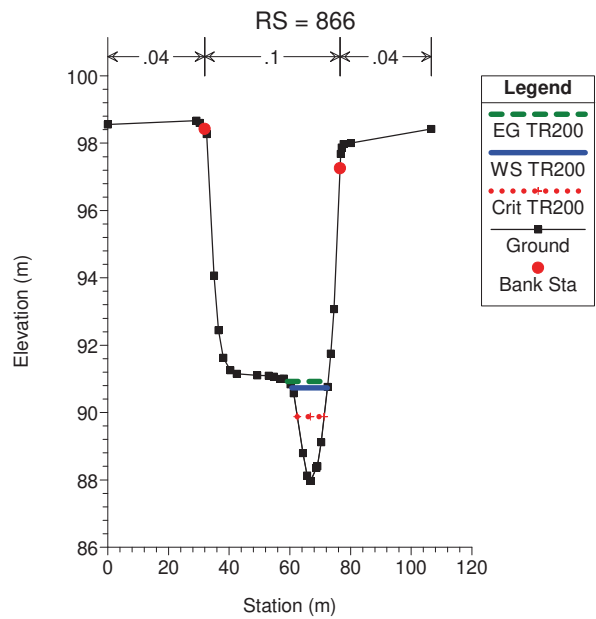
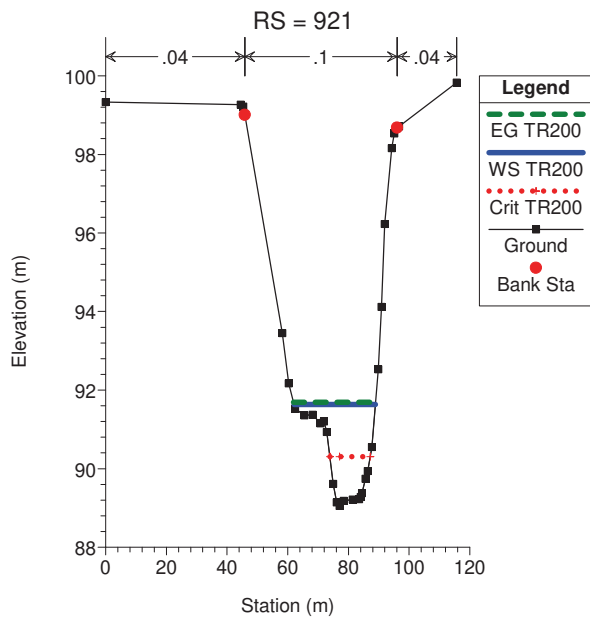
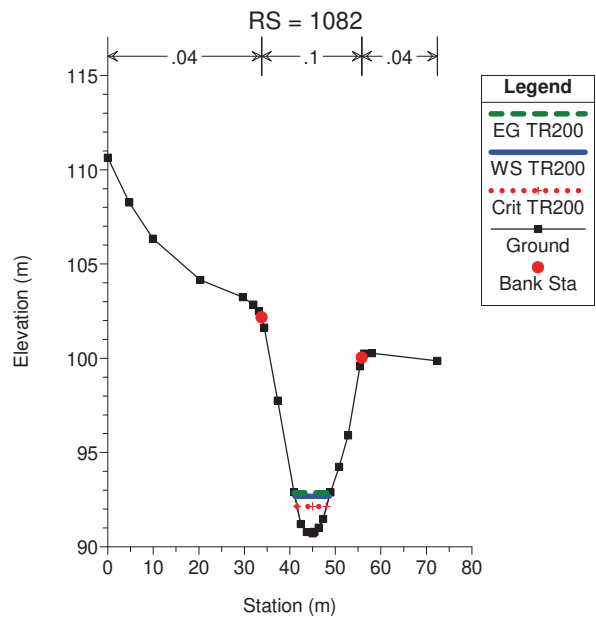
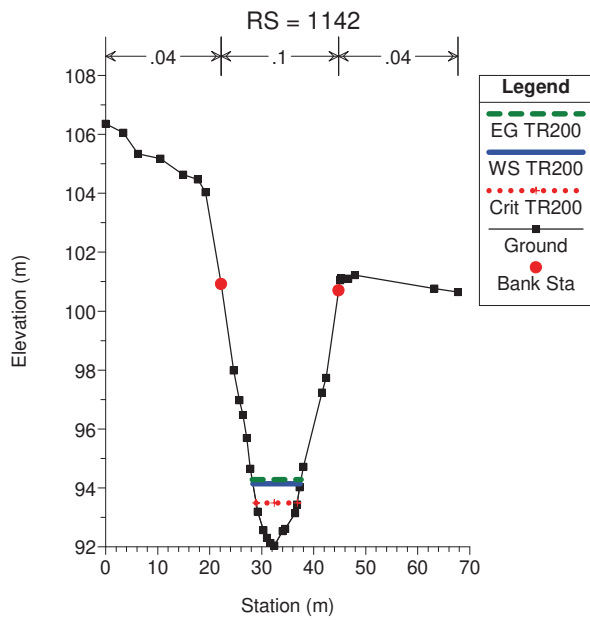
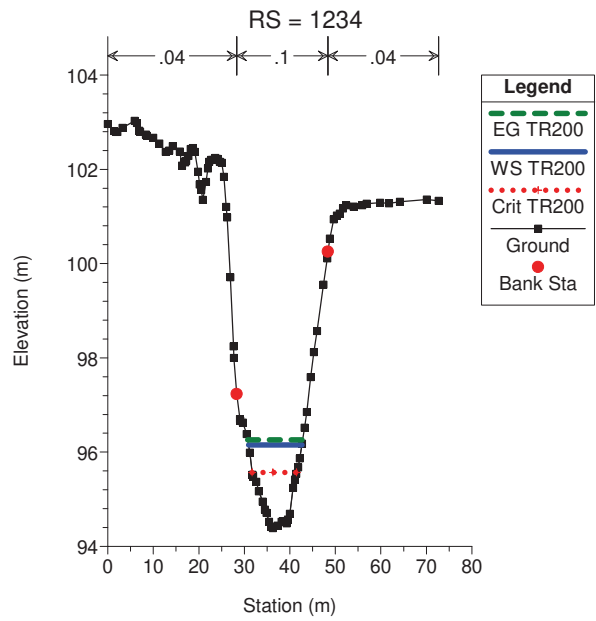
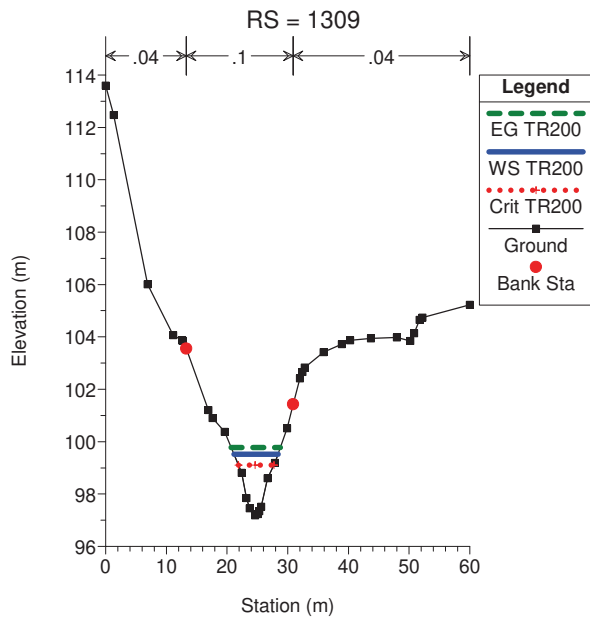
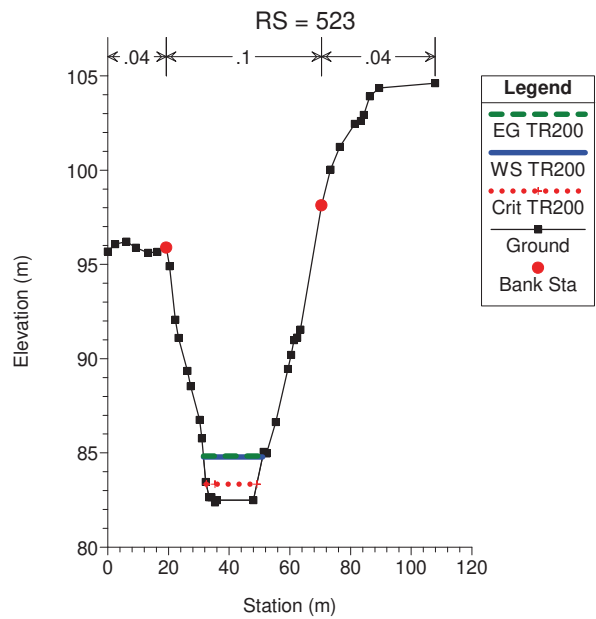
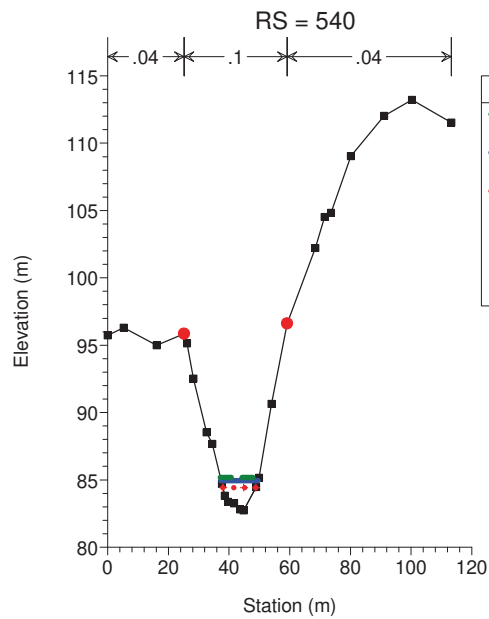
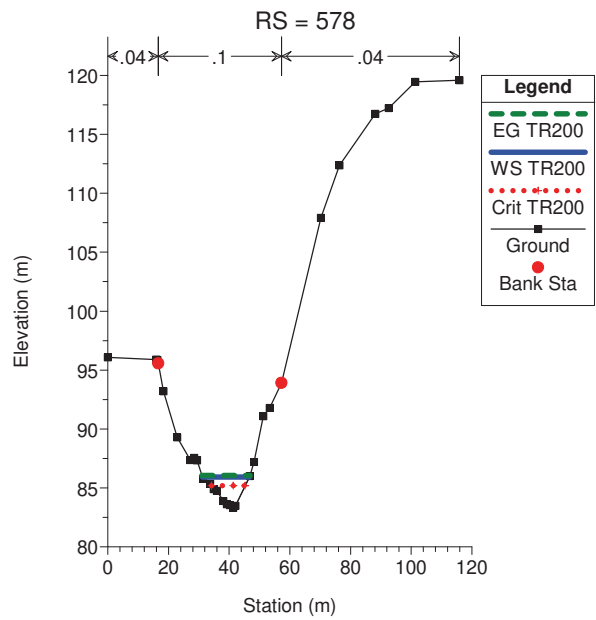
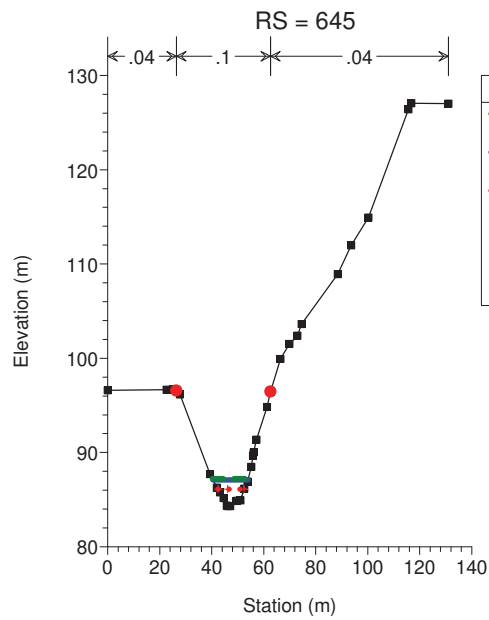
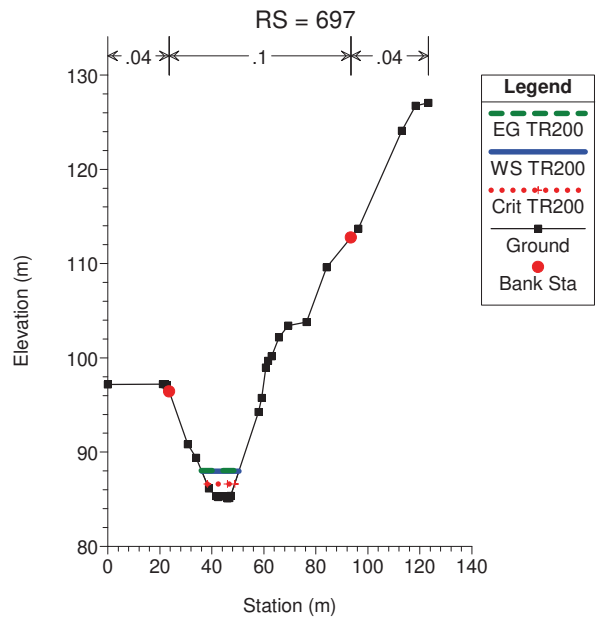
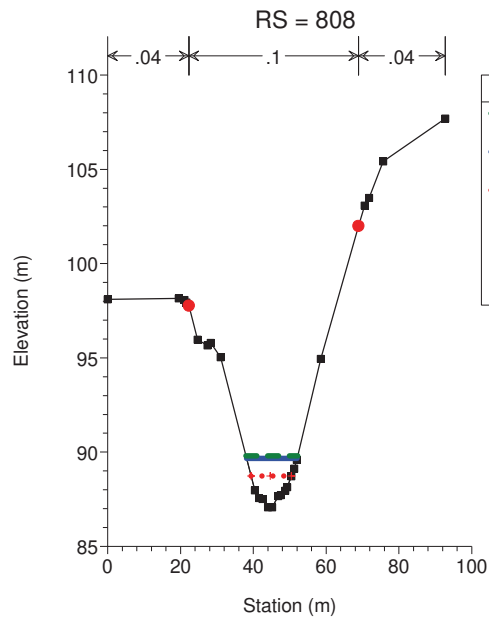
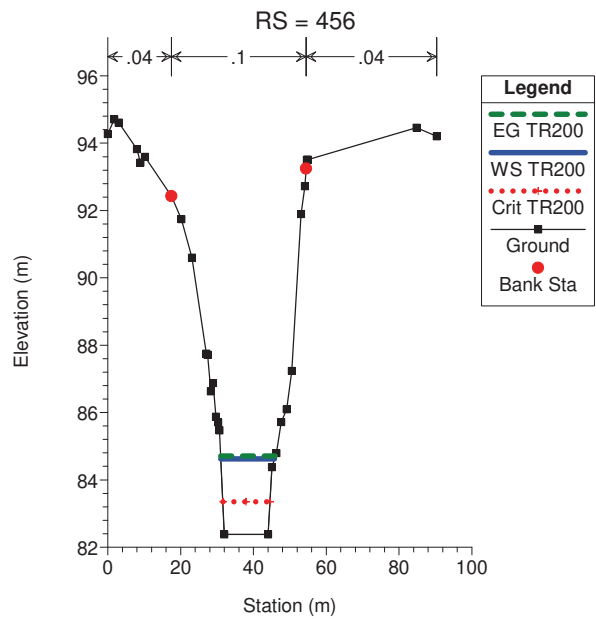
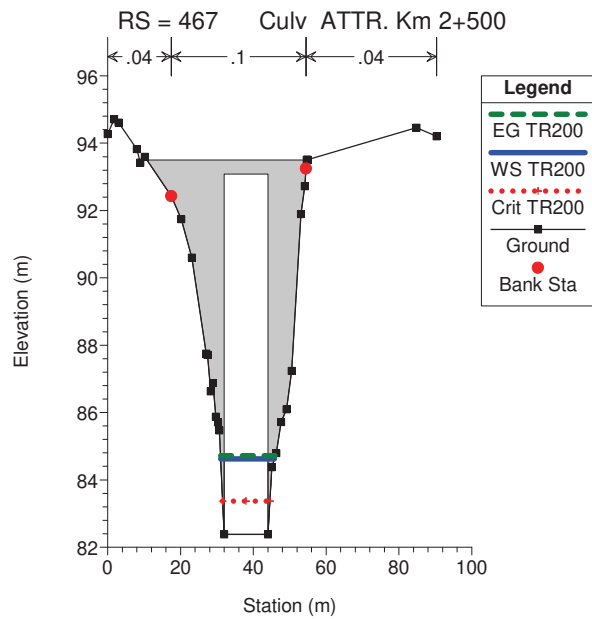
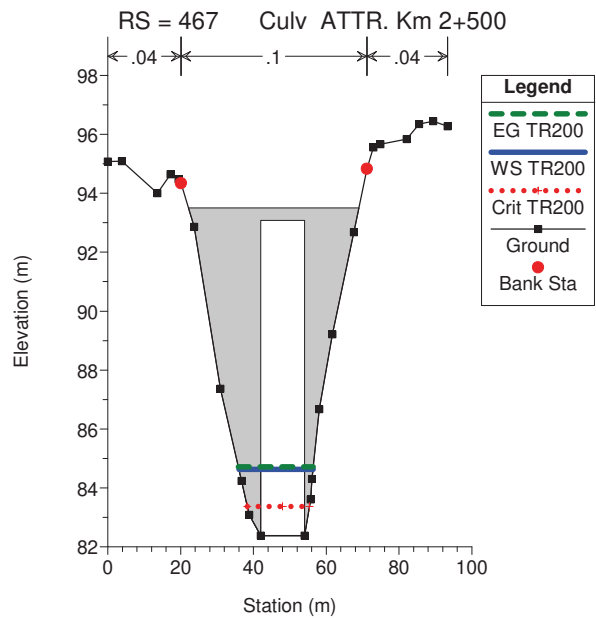
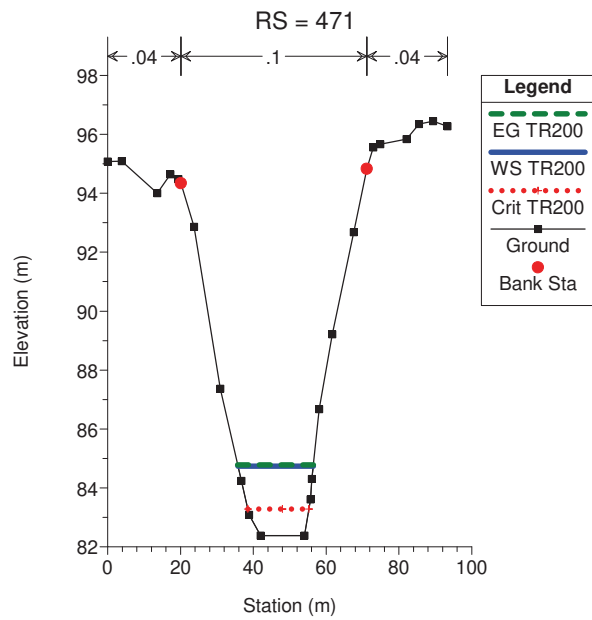
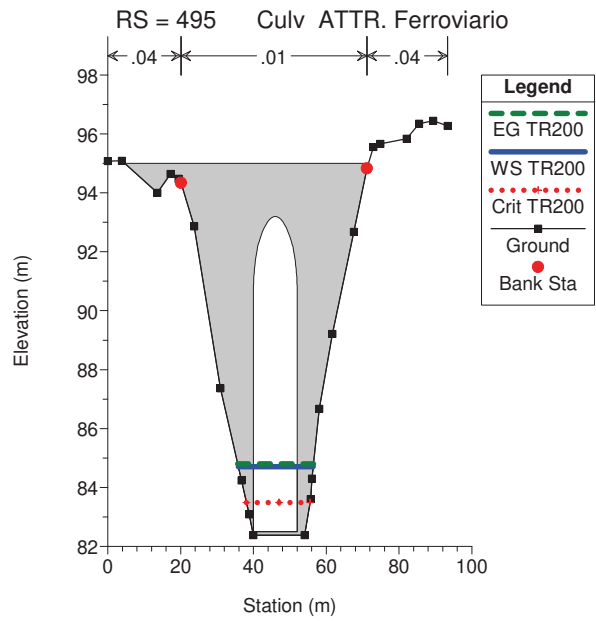
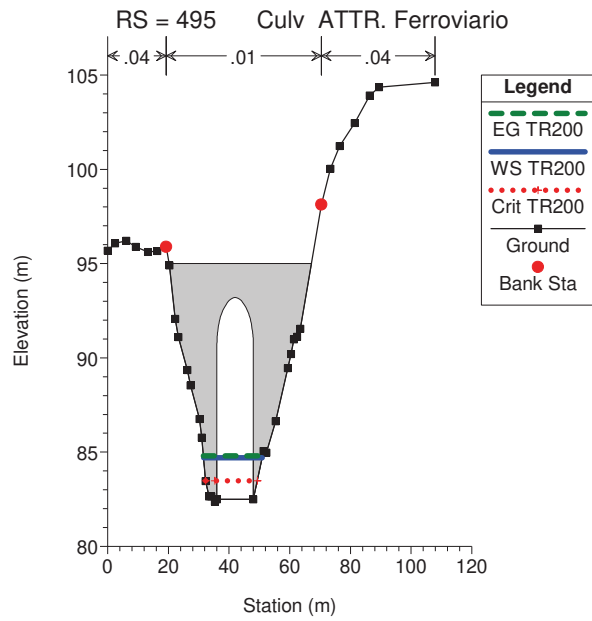
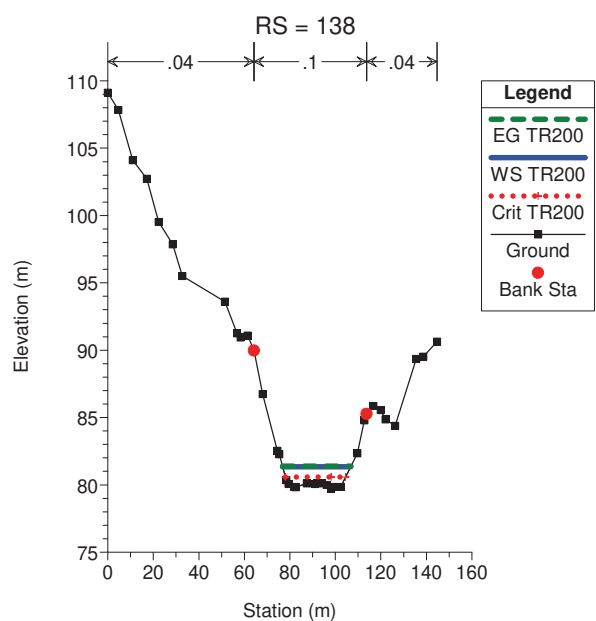
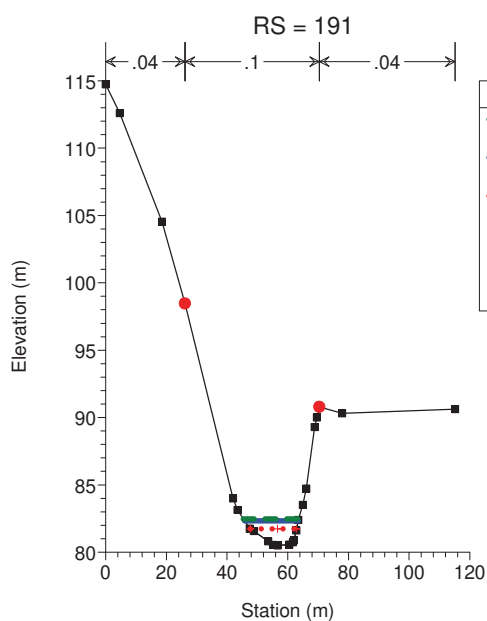
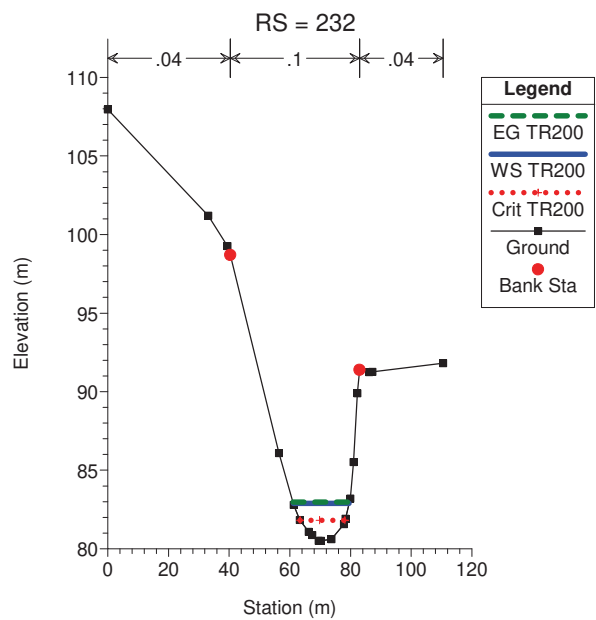
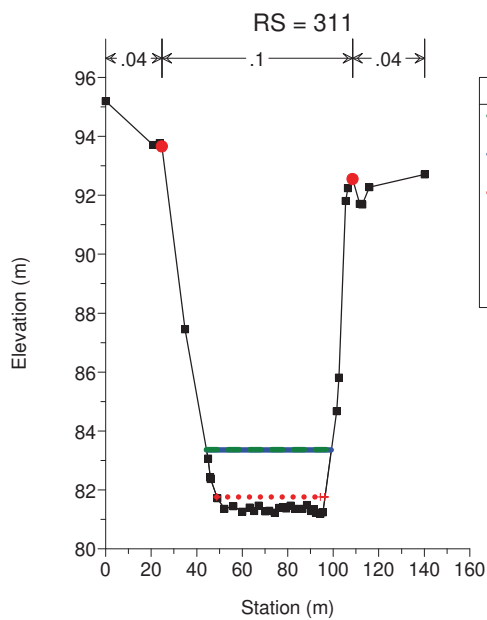
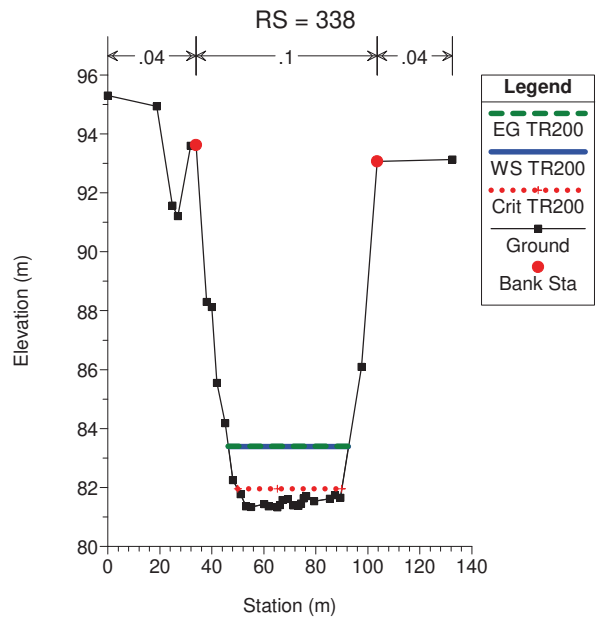
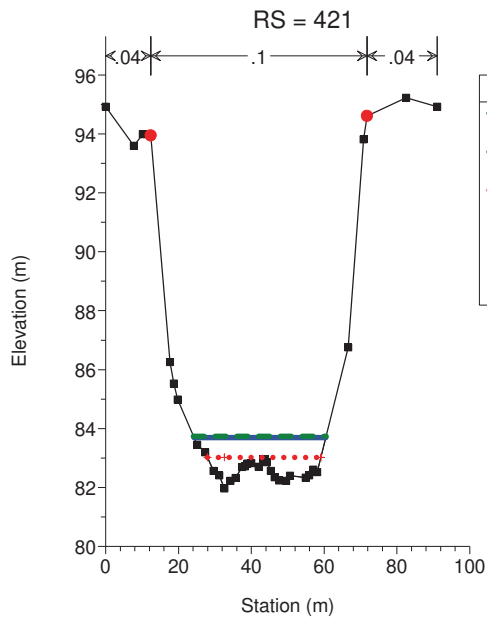


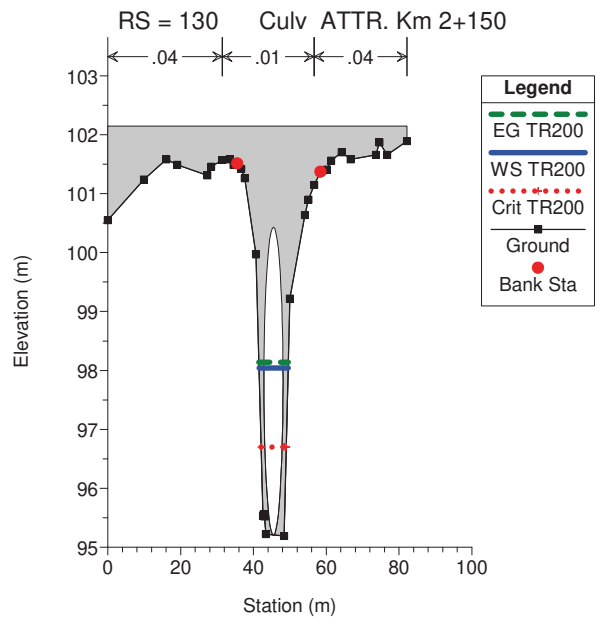
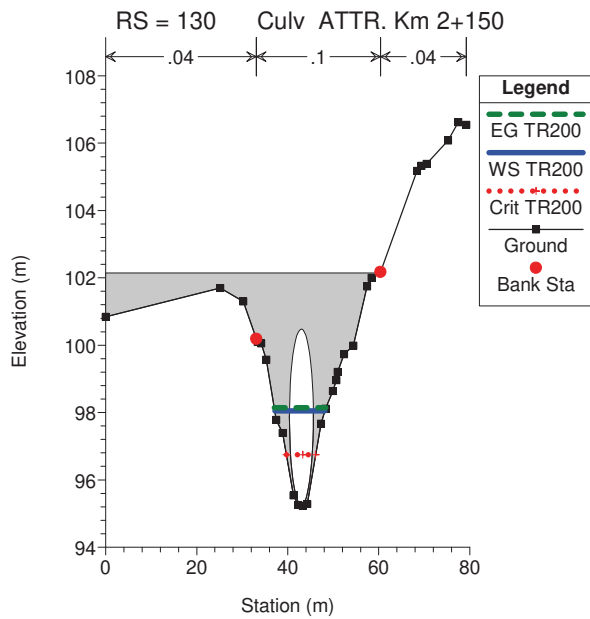
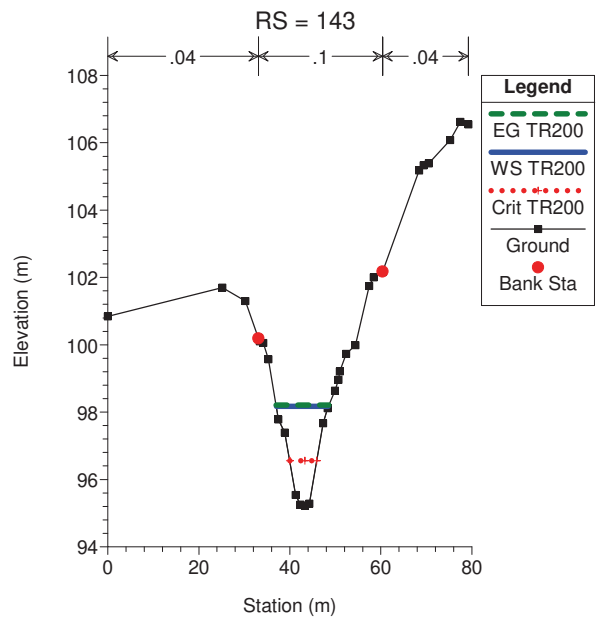
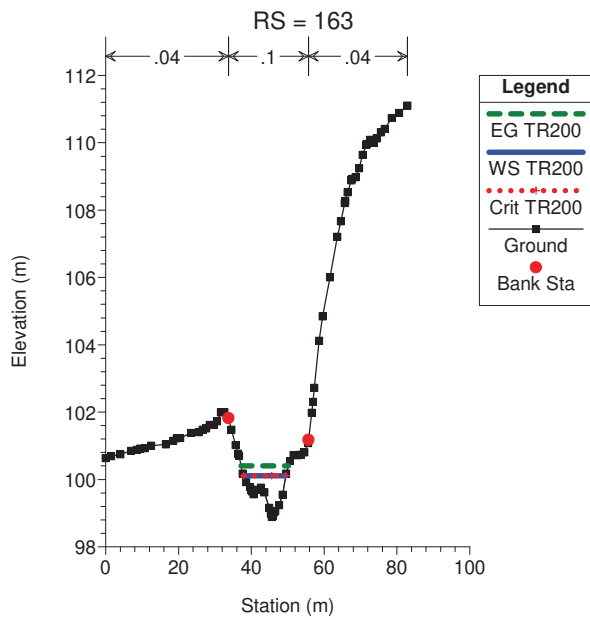
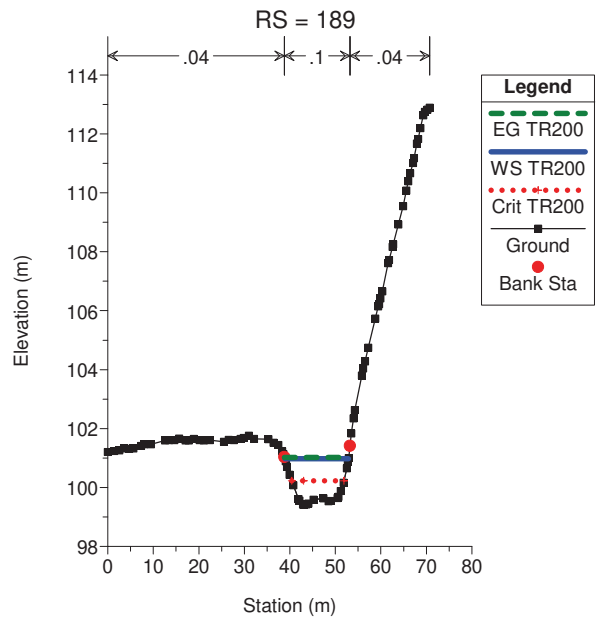
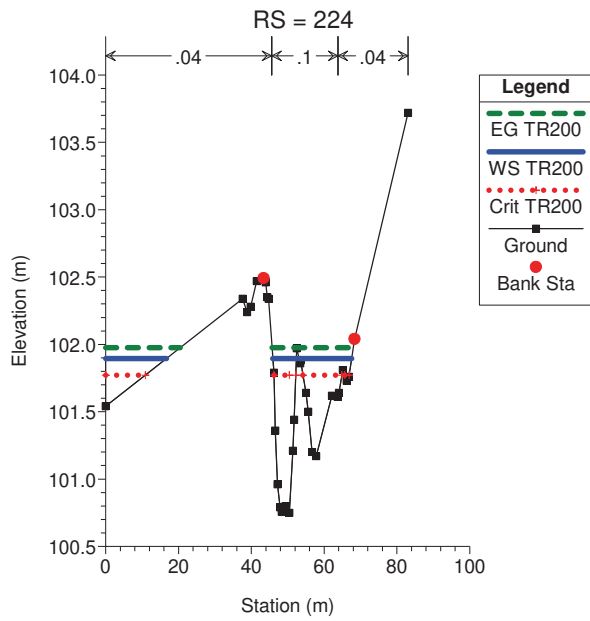
Figura 6 - Profilo longitudinale con rappresentazione del tirante.

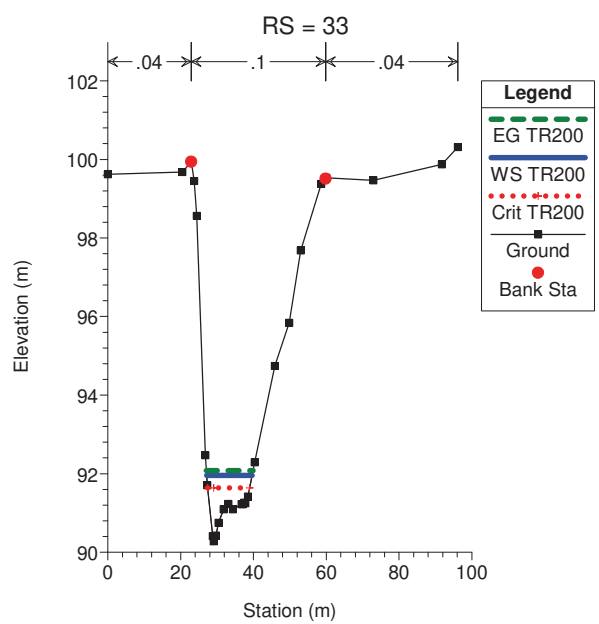
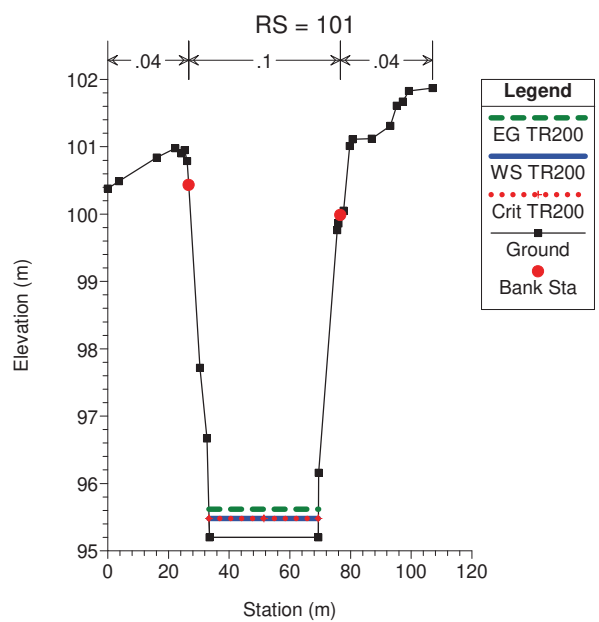
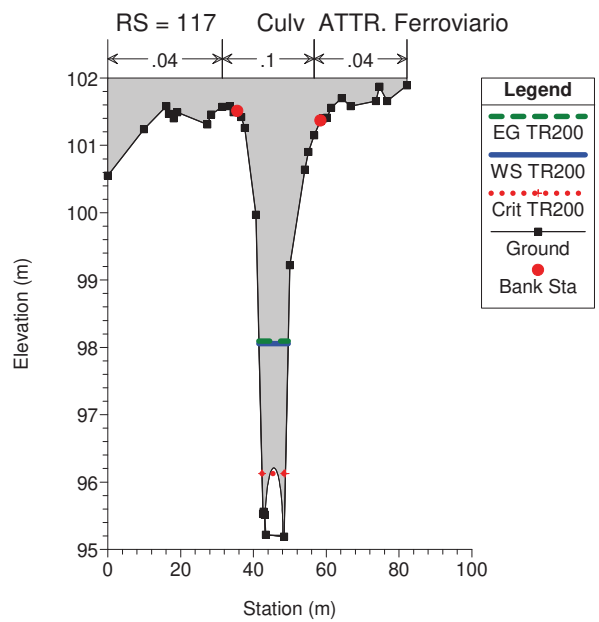












EVENTO CON PERIODO DI RITORNO PARI A 500 ANNI

Tabella 7 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. V.ne San Cataldo.

River Sta	Profile Q	Total	Min Ch	El	W.S.	Elev Crit	W.S.	E.G.	Elev E.G.	Slope	Vel	Chnl Flow	Area Top	Width	Froude #	Chl
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)					
1309 TR500	26.57	97.18	99.77	99.35	100.07	0.051063	2.43	10.94	8.1	0.67						
1234 TR500	26.57	94.39	96.4	95.73	96.53	0.019217	1.59	16.67	12.58	0.44						
1142 TR500	26.57	92.04	94.43	93.67	94.58	0.020153	1.75	15.21	9.69	0.45						
1082 TR500	26.57	90.72	92.86	92.35	93.13	0.038684	2.27	11.69	7.93	0.6						
921 TR500	48.12	89.05	91.98	90.5	92.04	0.00661	1.07	44.91	28.29	0.27						
866 TR500	48.12	87.97	91.18	90.15	91.35	0.041685	1.79	26.86	31.02	0.61						
808 TR500	48.12	87.07	90.01	88.95	90.16	0.014041	1.71	28.15	14.75	0.4						
697 TR500	48.12	85.09	88.32	86.84	88.43	0.008538	1.44	33.4	15.25	0.31						
645 TR500	48.12	84.3	87.43	86.34	87.59	0.014715	1.74	27.63	14.35	0.4						
578 TR500	48.12	83.32	86.21	85.4	86.38	0.020039	1.85	26.04	16.22	0.47						
540 TR500	48.12	82.73	85.25	84.66	85.51	0.030498	2.28	21.15	12.9	0.57						
523 TR500	48.12	82.38	85.12	83.51	85.17	0.004492	1.05	45.82	21.19	0.23						
Attr. Ferroviario																
471 TR500	48.12	82.38	85.04	83.44	85.09	0.004129	1.03	46.87	21.5	0.22						
Attr. S.P. 5 - KM 2+500																
456 TR500	48.12	82.38	84.88	83.54	84.99	0.009408	1.44	33.38	15.48	0.31						
421 TR500	48.12	81.97	83.95	83.13	84	0.007223	0.99	48.47	37.6	0.28						
338 TR500	48.12	81.33	83.69	82.04	83.7	0.001077	0.51	94.06	47.25	0.12						
311 TR500	48.12	81.18	83.66	81.84	83.67	0.000635	0.41	117.87	56.08	0.09						
232 TR500	48.12	80.5	83.17	81.99	83.27	0.008332	1.34	35.99	19.15	0.31						
191 TR500	48.12	80.49	82.56	81.91	82.72	0.021345	1.8	26.75	18.61	0.48						
138 TR500	48.12	79.72	81.57	80.71	81.63	0.008001	1.11	43.5	30.9	0.3						

Tabella 8 - Risultati delle simulazioni in moto permanente. Fosso Pozzitello.

River Sta	Profile Q	Total	Min Ch	El	W.S.	Elev Crit	W.S.	E.G.	Elev E.G.	Slope	Vel	Chnl Flow	Area Top	Width	Froude #	Chl
	(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)					
224 TR500	21.55	100.75	101.97	101.85	102.06	0.030556	1.24	16.3	42.51	0.54						
189 TR500	21.55	99.41	101.15	100.35	101.21	0.009888	1.15	18.73	14.45	0.32						
163 TR500	21.55	98.88	100.24	100.24	100.58	0.118483	2.59	8.33	12.26	1						
143 TR500	21.55	95.23	99.71	96.75	99.72	0.00105	0.52	41.12	17.34	0.11						
Attr. S.P. 5 - KM 2+150																
125 TR500	21.55	95.19	99.62	96.34	99.64	0.001602	0.65	33.09	10.31	0.12						
Attr. Ferroviario																
101 TR500	21.55	95.2	95.54	95.53	95.7	0.132913	1.76	12.26	36.12	0.96						
84 TR500	21.55	92.98	94.99	94.51	95.21	0.036311	2.06	10.44	7.86	0.57						
33 TR500	21.55	90.28	92.23	91.76	92.35	0.02316	1.51	14.25	13.23	0.47						

