



REGIONE BASILICATA
DIPARTIMENTO INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ
UFFICIO DIFESA DEL SUOLO

COMUNE DI ROTONDELLA (MT)

O.C.D.P.C. n. 151 del 21.02.2014 del Dipartimento Nazionale della Protezione Civile -
O.C. n. 2 del Commissario Delegato ex O.C.D.P.C. n. 151/2014 -
RIPRISTINO ARGINI E OFFICIOSITÀ TORRENTE CANDELA

PROGETTO ESECUTIVO

Importo complessivo €. 338.900,00



CUP G14H14000470001

Savanella e ripristino officiosità Torrente Candela in Agro di Rotondella

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Ing. Angelo LA NOTTE

Ing. Giambattista COVIELLO

Geom. Vincenzo NICOLETTI

Geom. Laviero LAURINO

COORDINATORE SICUREZZA:

Ing. Angelo LA NOTTE

RUP: Geom.
VINCENTO NICOLETTI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Rocco RIVIELLO

ELABORATO:

RELAZIONE IDRAULICA

Tav. N.

02

Prot.:

Data:

DICEMBRE 2019

Scala:

File:

Aggiornamenti:

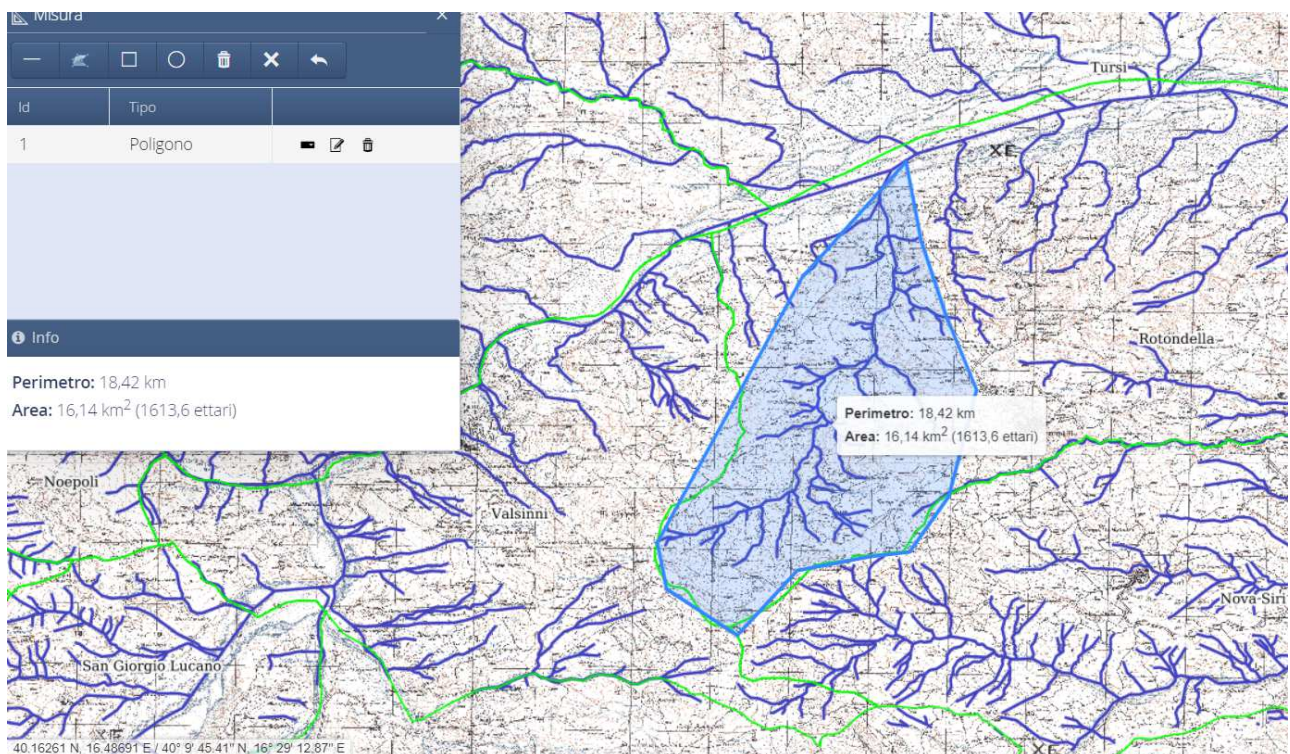
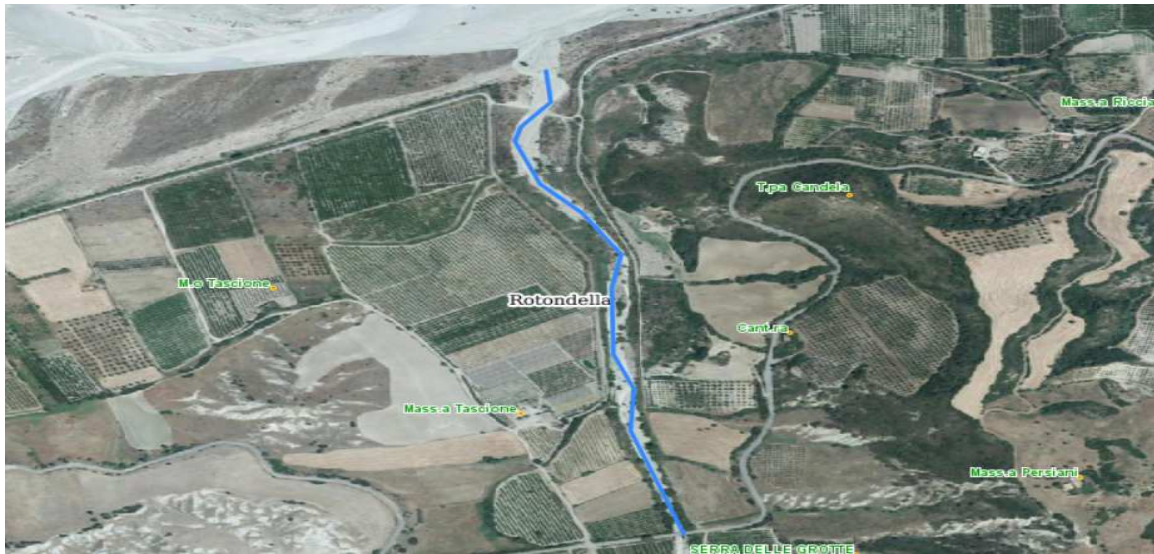
1. PREMESSA

La presente relazione riguarda la verifica idraulica del tratto di circa 1,35 km del torrente Candela, a partire dalla confluenza con il fiume Sinni, finalizzata al dimensionamento idraulico dei lavori da eseguire nell'ambito dell'intervento denominato "Savanella e ripristino officiosità Torrente Candela in agro di Rotondella - Scheda 2C" di cui all' Ordinanza Commissariale n. 2 del 16 giugno 2014.

Lungo tale tratto, infatti il torrente ha un'andamento sinuoso e presenta pendenze comprese fra il 3,8 e il 6%.

A causa delle basse pendenze e delle ridotte velocità della corrente lungo il tratto in esame, anche a seguito dei diversi fenomeni alluvionali verificatisi negli ultimi anni, il regolare deflusso è ostacolato dalla presenza di depositi di materiale detritico ed alluvionale di dimensioni tali da ridurre notevolmente le dimensioni della sezione idrica trasversale e tale da causare l'allagamento dei terreni agricoli circostanti.

Le verifiche idrauliche, i cui risultati sono esposti nei paragrafi seguenti, sono state effettuate al fine di determinazione della sezione trasversale di una savanella di dimensioni idonee tali da smaltire una portata di piena, calcolata sulla base di un tempo di ritorno di 200 anni.



Il bacino idrografico del torrente Candela, alla confluenza con il fiume Sinni è di 16,14.kmq circa.

2. ANALISI IDROLOGICA – METODO VAPI

Pluviometria

I dati pluviometrici analizzati sono desunti dalle pubblicazioni del Servizio Idrografico Italiano (oggi SIMN) relative ai Compartimenti di Catanzaro, Bari e Napoli. L'archivio dei dati pluviografici, basato sulle citate pubblicazioni, è aggiornato al 1987. Per alcune stazioni è stato tuttavia possibile, grazie alla collaborazione fra il SIMN di Catanzaro ed il C.N.R.- I.R.P.I. di Rende (CS), utilizzare i dati, non ancora pubblicati, aggiornati al 1992. I dati utilizzati sono relativi a 55 stazioni pluviografiche con almeno 15 anni di funzionamento. Alcune stazioni sono situate all'esterno dei limiti di bacino allo scopo di migliorare le stime dei parametri areali relativi ai bacini idrografici.

Idrometria

Le stazioni considerate nell'analisi delle portate al colmo di piena, con le relative statistiche principali sono riportate nella tabella seguente. I dati utilizzati sono stati ottenuti da quelli originari del Servizio Idrografico tramite regolarizzazione per mezzo di **scale di deflusso di piena** appositamente tarate, operazione che ha eliminato numerose incongruenze emerse dal confronto tra i dati di più stazioni relativamente agli stessi eventi.

Cod.	Stazione	n° dati	Media	C _v	C _a
1.1	Bradano a S.Giuliano	17	507	0.79	1.03
1.3	Bradano a p.te Colonna	32	202	0.76	1.21
2.0	Basento a Menzena	24	401	0.63	1.57
2.1	Basento a Gallipoli	38	353	0.63	2.25
2.3	Basento a Pignola	28	35	0.43	1.1
3.2	Agri a Tarangelo	32	189	0.38	0.75
3.4	Agri a Le Tempe	27	87	0.15	0.55
4.0	Sinni a Valsinni	22	555	0.55	2.42
4.1	Sinni a Pizzutello	19	262	0.25	0.75

Pluviometria

Le ipotesi di regionalizzazione sono state poste contestualmente rispetto al primo ed al secondo livello. Le alternative valutate sono state:

- una in cui si considera l'intera Basilicata come unica zona omogenea al primo ed al GNDCI Linea 1. Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia
- una seconda che individua una sottozona Nord composta da 70 stazioni e ed una sottozona Sud-Ovest comprendente le rimanenti 8, con zona ancora unica al primo livello. Tale soluzione viene suggerita dalla particolare collocazione geografica delle 8 stazioni, a ridosso del massiccio del Pollino, che individuano la sottozona Sud-Ovest.

Sottozona	Λ^*	θ^*	Λ_1	η
A	0.104	2.632	20.64	3.841
B	0.104	2.632	55.23	4.825

Tab. 9.2. Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Basilicata

Il confronto tra i risultati ottenuti per le suddivisioni in una o due regioni si presenta a favore di quest'ultima ipotesi, con la suddivisione in due sottozone Nord e Sud-Ovest. Quest'ultima risulta anche omogenea rispetto alla sottozona di secondo livello indicata come *tirrenica* nel rapporto VAPI Calabria. In definitiva, risulta che i parametri regionali stimati al primo ed al secondo livello sono quelli riportati nella Tabella precedente. Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della SZO pluviometrica omogenea previamente identificata, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita KT:

Si riportano di seguito, i valori di KT ottenuti numericamente per alcuni valori del periodo di ritorno.

T (anni)	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
K_T (SZOA)	0.92	1.25	1.49	1.74	1.83	2.03	2.14	2.49	2.91	3.50	3.97
K_T (SZOB)	0.97	1.10	1.20	1.30	1.34	1.42	1.46	1.61	1.78	2.02	2.21

Nelle pratiche approssimazioni, è possibile anche fare riferimento ad una espressione semplificata del tipo:

Portate istantanee

Al I° livello di regionalizzazione si sono assunti validi, per la Basilicata, i parametri L^* e q^* nazionali. Si è infatti ritenuto che la rappresentatività delle serie dei dati disponibili fosse troppo bassa (poche serie e non eccessivamente lunghe) per mettere in discussione l'ipotesi di appartenenza della Basilicata alla zona unica nazionale nella quale L^* e q^* sono ipotizzati costanti.

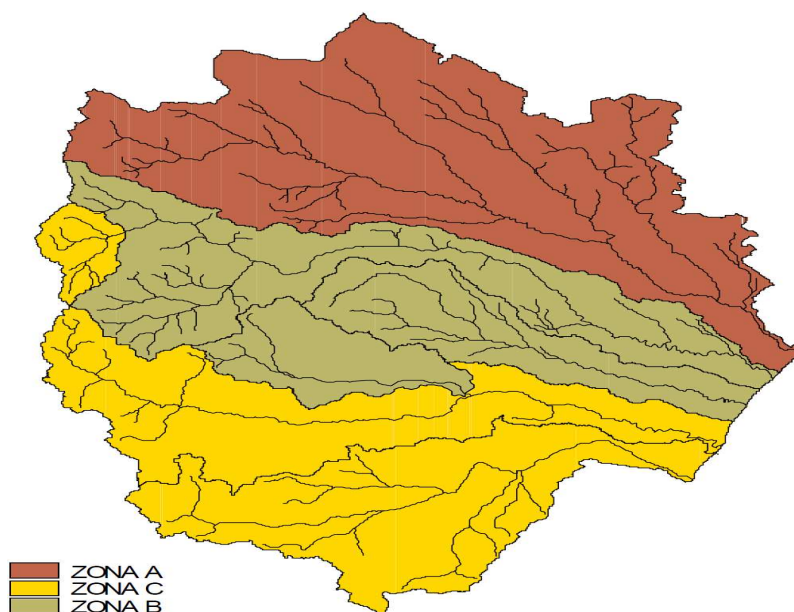
Riguardando infatti i risultati raggruppati per bacino è possibile individuare tre sottozone omogenee

- **Sottozona A:** si identifica praticamente con l'intero bacino del Bradano. Tale bacino è in assoluto quello caratterizzato dalla maggiore aridità di tutta la regione, caratteristica che induce bassi valori di L_1 , tra le altre cose, anche a causa del fatto che il suolo è il più delle volte asciutto prima delle piene. Va poi rimarcata la presenza di zone carsiche all'interno del bacino.

- **Sottozona B:** comprendente il medio e basso bacino del Basento, le cui caratteristiche sono non molto dissimili da quelle della zona A, anche se il numero medio degli eventi è leggermente maggiore. Ai fini di questa suddivisione, il basso Basento si può approssimativamente far iniziare a valle della città di Potenza.

- **Sottozona C:** dove si fa rientrare l'Agri, il Sinni e l'alto bacino del Basento ovvero la zona a monte di Potenza. In quest'ultima sottozona il numero degli eventi piovosi significativi ai fini delle piene è molto maggiore rispetto agli altri bacini del versante ionico.

II LIVELLO - ZONE OMOGENEE



3.STIMA DEL VALOR MEDIO

3.1. Leggi di probabilità pluviometriche

3,2 Piogge puntuali

Obiettivo del terzo livello di regionalizzazione dei massimi annuali delle piogge brevi è la definizione di relazioni utili alla valutazione del valor medio della distribuzione del massimo annuale della grandezza di interesse in un generico sito, o come valore caratteristico di un'area.

Per una pratica utilizzazione dei risultati dell'analisi precedente, la ricostruzione della legge intensità-durata nella regione viene effettuata in base alla relazione:

$$m[h(d)] = a d^n$$

Si riportano i coefficienti a ed n stimati in ognuna delle 55 stazioni considerate.

Usando i valori medi di $\log(a)$ e di n relativi alle celle, si può ottenere l'espressione della legge di pioggia riferita ad un'area attraverso media pesata dei suddetti valori tra le celle che ricoprono l'area stessa.

Stazione	a	n	Stazione	a	n
Acerenza	19.96	0.31	Monticchio Bagni	23.77	0.32
Altamura	27.25	0.22	Muro Lucano	22.91	0.32
Anzi	19.20	0.29	Nova Siri Scalo	32.40	0.31
Atella	24.06	0.24	Oriolo	29.14	0.38
Calitri	24.48	0.25	Palazzo San Gervasio	20.88	0.29
Castel Lagopesole	23.70	0.29	Pescopagano	24.59	0.35
Castelsaraceno	22.06	0.44	Picerno	20.97	0.26
Cogliandrino	24.68	0.42	Policoro	24.69	0.33
Diga Rendina	22.49	0.23	Potenza	22.51	0.28
Ferrandina	22.62	0.30	Recoleta	20.87	0.35
Forenza	26.29	0.23	Ripacandida	26.30	0.22
Ginosa	30.27	0.26	Rocchetta S. Antonio	26.13	0.22
Gravina in Puglia	34.16	0.19	Rocchetta S. A. scalo	25.58	0.22
Irsina	23.06	0.27	S. Arcangelo	20.50	0.33
Isca di Tramutola	18.99	0.36	S. Chirico Raparo	16.52	0.43
Lacedonia	26.23	0.26	S. Fele	22.42	0.30
Lagonegro	29.35	0.45	S. Mauro Forte	21.35	0.41
Lauria inferiore	32.43	0.41	S. Nicola di Avigliano	18.76	0.29
Lavello	24.68	0.24	S. Severino Lucano	20.15	0.45
Maratea	31.51	0.31	Santeramo in Colle	29.02	0.24
Marsico Nuovo	20.09	0.37	Senise	22.22	0.36
Matera	28.35	0.21	Spinazzola	24.62	0.25
Melfi	23.17	0.34	Terranova del Pollino	22.80	0.47
Metaponto	28.20	0.27	Tolve	19.62	0.32
Minervino	30.66	0.23	Tricarico	19.66	0.35
Moliterno	23.48	0.33	Valsinni	25.26	0.44
Montemilone	25.03	0.24	Venosa	21.49	0.30
Montescaglioso	26.77	0.29			

Bacino	Sezione	Area [Km ²]	a	N	
Bradano	P.te Colonna	461.59	22.20	0.283	
	Basentello a Framarina	377.36	25.41	0.256	
	S.Giuliano escluso P.te Colonna e Framarina	818.46	23.45	0.287	
	S. Giuliano	1657.41	23.52	0.279	
	Saglioccia ad Acquafredda	15.29	27.99	0.232	
	Tavole Palatine escluso Saglioccia ad Acquafredda e S. Giuliano	1150.85	26.22	0.250	
	Tav. Palatine	2823.55	25.26	0.252	
	Basento	Pignola	42.4	21	0.311
		P.te S. Vito escluso Pignola	107	20.99	0.298
P.te S. Vito		149.4	20.95	0.302	
Gallipoli escluso P.te S.Vito		703.9	20.30	0.318	
Gallipoli		853.3	20.41	0.315	
Menzena escluso Gallipoli		549.52	23.26	0.314	
Menzena		1402.82	21.48	0.315	
Agri	Le Tempe	173.3	21.22	0.347	
	Grumento escluso Le Tempe	81.59	21.04	0.355	
	Grumento	254.89	21.16	0.349	
	Tarangelo escluso Grumento	254.09	21.98	0.374	
	Tarangelo	508.98	21.56	0.362	
Sinni	Pizzutello	232.45	21.56	0.362	
	Valsinni escluso Pizzutello	907.75	22.85	0.404	
	Valsinni	1140.20	23.13	0.405	
Noce	La Calda	40.43	26.15	0.388	
	Le Fornaci escluso La Calda	142.82	28.51	0.393	
	Le Fornaci	183.25	27.97	0.392	

Tabelle C.8. Media locali del momento di torsione di una sezione di traliccio

Numero cella	X (Km)	Y (Km)	log(a)	n
5	2585	4415	1.477	0.381
6	2595	4415	1.457	0.398
7	2605	4415	1.431	0.412
8	2615	4415	1.407	0.420
9	2625	4415	1.406	0.420
10	2635	4415	1.414	0.420
18	2575	4425	1.455	0.372
19	2585	4425	1.477	0.380
20	2595	4425	1.455	0.403
21	2605	4425	1.414	0.414
22	2615	4425	1.379	0.420
23	2625	4425	1.376	0.420
24	2635	4425	1.399	0.415
32	2575	4435	1.467	0.375
33	2585	4435	1.465	0.390
34	2595	4435	1.437	0.404
35	2605	4435	1.382	0.416
36	2615	4435	1.345	0.420
37	2625	4435	1.350	0.417
38	2635	4435	1.390	0.403
39	2645	4435	1.415	0.384
47	2585	4445	1.427	0.386
48	2595	4445	1.395	0.399
49	2605	4445	1.342	0.409
50	2615	4445	1.315	0.406
51	2625	4445	1.332	0.394
52	2635	4445	1.370	0.389

Numero cella	X (Km)	Y (Km)	log(a)	n
53	2645	4445	1.408	0.377
54	2655	4445	1.415	0.355
55	2665	4445	1.423	0.340
61	2585	4455	1.378	0.370
62	2595	4455	1.351	0.377
63	2605	4455	1.317	0.389
64	2615	4455	1.301	0.385
65	2625	4455	1.321	0.377
66	2635	4455	1.349	0.372
67	2645	4455	1.377	0.364
68	2655	4455	1.395	0.346
69	2665	4455	1.414	0.325
74	2575	4465	1.363	0.350
75	2585	4465	1.336	0.354
76	2595	4465	1.317	0.356
77	2605	4465	1.301	0.366
78	2615	4465	1.304	0.370
79	2625	4465	1.321	0.367
80	2635	4465	1.339	0.361
81	2645	4465	1.363	0.347
82	2655	4465	1.380	0.331
83	2665	4465	1.407	0.310
84	2675	4465	1.434	0.295
87	2565	4475	1.356	0.333
88	2575	4475	1.339	0.338
89	2585	4475	1.318	0.341
90	2595	4475	1.301	0.339

Numero cella	X (Km)	Y (Km)	log(a)	n
91	2605	4475	1.301	0.347
92	2615	4475	1.311	0.360
93	2625	4475	1.326	0.359
94	2635	4475	1.341	0.347
95	2645	4475	1.365	0.331
96	2655	4475	1.391	0.309
97	2665	4475	1.419	0.293
98	2675	4475	1.443	0.279
101	2565	4485	1.342	0.323
102	2575	4485	1.333	0.319
103	2585	4485	1.316	0.320
104	2595	4485	1.301	0.322
105	2605	4485	1.301	0.333
106	2615	4485	1.316	0.346
107	2625	4485	1.334	0.347
108	2635	4485	1.355	0.327
109	2645	4485	1.380	0.307
110	2655	4485	1.407	0.294
111	2665	4485	1.435	0.280
112	2675	4485	1.435	0.280
116	2575	4495	1.336	0.299
117	2585	4495	1.320	0.299
118	2595	4495	1.311	0.304
119	2605	4495	1.304	0.322
120	2615	4495	1.321	0.327
121	2625	4495	1.342	0.322
122	2635	4495	1.377	0.303



Figura 9.3. Isoleee del coefficiente a della curva di probabilit  pluviometrica.

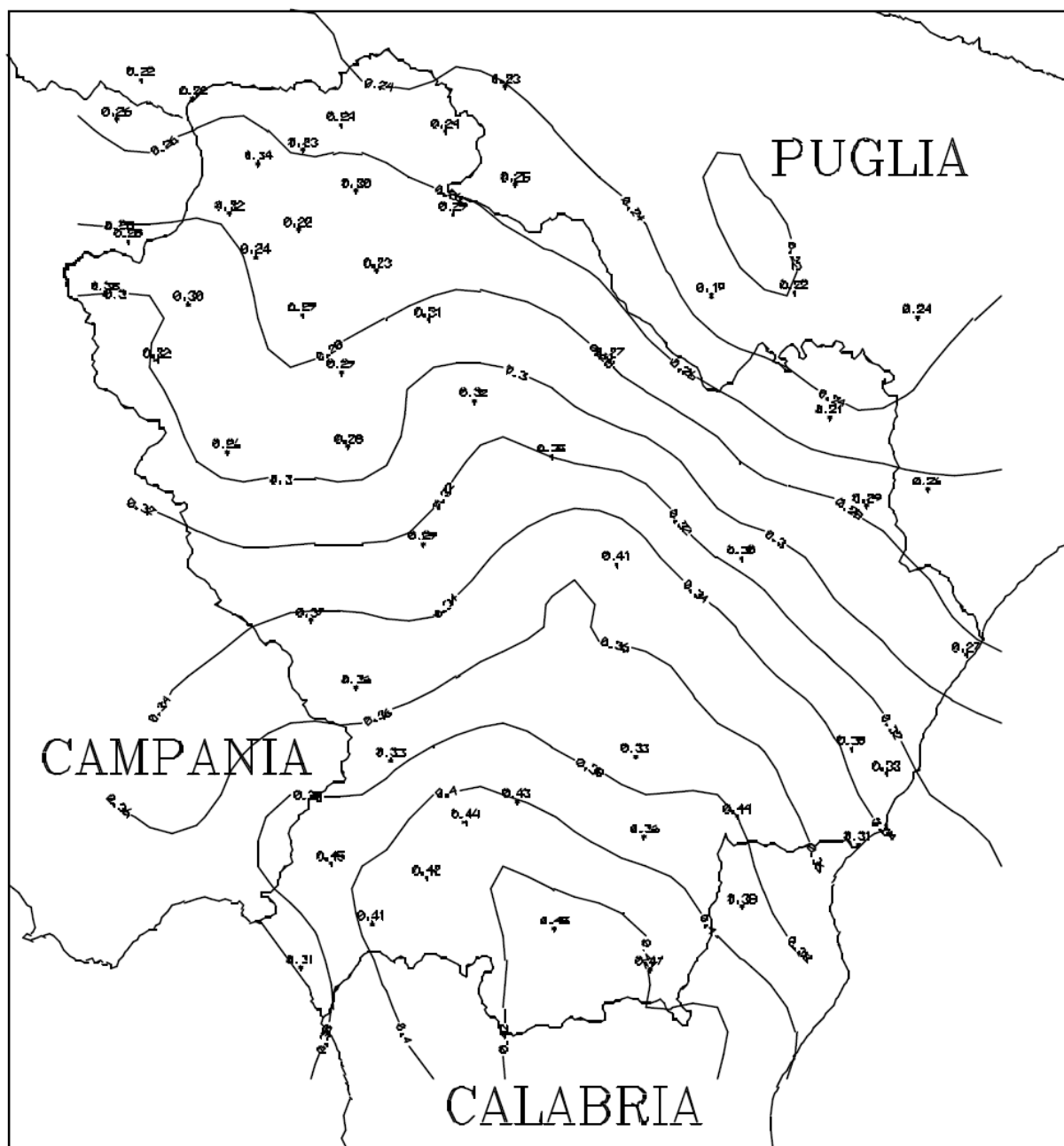


Fig. 9.4. Iso linee dell'esponente n della curva di probabilità pluviometrica.

Portata al colmo di piena istantanea: modelli empirici

Per poter pervenire alla stima della distribuzione di probabilità delle X in una generica sezione fluviale, l'unico parametro che rimane da ricavare è il valor medio della distribuzione del massimo annuale della portata al colmo di piena, $m(Q)$, quantità fortemente influenzata dall'area del bacino. La ricerca di una relazione empirica tra $m(Q)$ ed area è sempre il primo passo che si fa nell'ambito del terzo livello di regionalizzazione e di solito risulta ben specificata da una legge del tipo $m(Q) = k A^a$.

Si sono pertanto individuate due aree omogenee:

-Area Omogenea 1, include i bacini del Bradano, Basento, Cavone e Agri;

-Area Omogenea 2, include i bacini del Sinni, Lao e Noce.

Le regressioni effettuate tra piena media e area hanno fornito le relazioni:

Area Omogenea 1: $m(Q) = 2.13 A^{0.766}$

Area Omogenea 2: $m(Q) = 5.98 A^{0.645}$

Sulla base di tale studio, il valore della portata al colmo di piena viene calcolato mediante la relazione

$$E(Q) = KT * m(Q)$$

Il coefficiente di determinazione ottenuto è tale da far ritenere la stima di $m(Q)$ sufficientemente affidabile anche per valutazioni di una certa importanza, purché riferite a bacini direttamente considerati nell'analisi. Per analogia morfologica e climatica tali risultati si possono considerare validi anche per bacini privi di stazioni di misura, ma ciò non esime da una più approfondita analisi dei fattori effettivamente dominanti, quale quella che generalmente accompagna l'uso della formula razionale.

Da tale espressione si ottiene $E(Q) = 2,94 * 5,98 * 16,14^{0.645} = 105,72 \text{ mc.sec}$

5. ANALISI IDRAULICA

Sono stati confrontati tra loro i profili ottenuti dalle simulazioni effettuate, descrivendo:

- 1) Stato Attuale
- 2) Stato di Progetto

Lo stato attuale dei corsi d'acqua descrive la situazione dei luoghi nella configurazione esistente, quello di progetto è relativo all'inserimento degli interventi previsti in progetto.

Il calcolo dei profili di corrente è stato effettuato adottando le ipotesi di monodimensionalità e di regime permanente del moto.

Le verifiche idrauliche sono state quindi condotte con un modello numerico monodimensionale per il calcolo dei profili di corrente in moto permanente sviluppato tra il 1996 ed il 2001 dal Centro di Ingegneria Idraulica del Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti USACE- HEC (United States Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center) ed implementato nel programma per elaboratore elettronico HEC-RAS River Analysis System di ampia diffusione e consolidata pratica d'uso. Di tale modello è disponibile un'ampia documentazione nella letteratura scientifica.

Equazioni di base

Il modello di calcolo HEC-RAS simula il moto permanente gradualmente variato in canali aperti con contorni fissi, anche in condizione di portata variabile lungo l'alveo e di variazioni del regime di corrente.

Il calcolo di base risolve l'equazione monodimensionale dell'energia; le perdite energetiche sono calcolate tramite l'equazione di Manning e i coefficienti di contrazione ed espansione. Nei casi in cui il profilo della superficie idrica è rapidamente variato, si utilizza l'equazione di conservazione della quantità di moto. Si possono considerare anche gli effetti di eventuali ostruzioni, come i ponti, ed è possibile analizzare anche gli effetti dei potenziali interventi di mitigazione delle piene.

L'equazione base è quella della conservazione dell'energia:

$$Z_1 + Y_1 + \alpha V_1^2 / 2g = Z_2 + Y_2 + \alpha V_2^2 / 2g + H_E$$

dove, per le due sezioni successive indicate con i pedici 1 e 2:

Z è la quota del fondo del canale,

Y è il tirante idrico in corrispondenza delle sezioni,

α è un coefficiente che tiene conto della distribuzione non uniforme della velocità dell'acqua,

V è la velocità media dell'acqua,
 g è l'accelerazione di gravità,
 HE è la perdita di carico tra le due sezioni 1 e 2.

La perdita di carico totale tra due sezioni successive del corso d'acqua viene calcolata come somma delle perdite di carico per attrito lungo il contorno bagnato e delle perdite di carico per espansione o contrazione della corrente. L'equazione che esprime la perdita di carico complessiva assume dunque la forma:

$$H_E = L Sf + C (\alpha V_2^2 / 2g - \alpha V_1^2 / 2g)$$

Dove:

L è la lunghezza del tronco d'alveo tra le due sezioni, pesata rispetto alla portata,
 Sf è la perdita di carico per attrito tra le due sezioni,
 C il coefficiente di espansione/contrazione.

La distanza pesata L viene calcolata tramite l'equazione:

$$L = (L_{lob}Q_{lob} + L_{ch}Q_{ch} + L_{rob}Q_{rob}) / (Q_{lob} + Q_{ch} + Q_{rob})$$

dove:

Llob, Lch, Lrob sono le lunghezze del tronco d'alveo rappresentative del canale e delle golene sinistra e destra.

Qlob, Qch, Qrob sono le portate medie transitanti nel canale e nelle due golene sinistra e destra.

Il metodo di soluzione adottato da HEC-RAS per l'equazione di continuità dell'energia applicata al moto permanente gradualmente vario richiede l'assunzione che la perdita di carico in una sezione sia la stessa che si avrebbe in moto uniforme a parità di sezione e velocità dell'acqua.

HEC-RAS usa la formula del moto uniforme di Manning per valutare le perdite di carico distribuite, ossia la pendenza della linea piezometrica in alveo:

$$Sf = (Q/K)^2$$

dove K, fattore di trasporto, viene calcolato come:

$$K = 1/n * A * R^{2/3}$$

in cui:

n è il coefficiente di scabrezza di Manning

A è l'area della sezione

R è il raggio idraulico della sezione bagnata.

Il sistema delle due equazioni consente la determinazione del profilo idrico della corrente una volta note la geometria e la scabrezza dell'alveo e le condizioni del moto alla sezione dalla quale deve iniziare il calcolo del profilo.

Nel caso di passaggio da regime di corrente veloce a corrente lenta, tramite risalto idraulico, il flusso perde il carattere gradualmente variato e l'equazione dell'energia non può essere applicata. In tal caso, si ricorre all'equazione di conservazione della quantità di moto:

$$\frac{\beta_2 Q_2^2}{g A_2} + A_2 Y_{2,b} + \left[\frac{A_1 + A_2}{2} \right] L i - \left[\frac{A_1 + A_2}{2} \right] L J_m - \frac{\beta_1 Q_1^2}{g A_1} - A_1 Y_{1,b} = 0$$

Metodo di soluzione numerica

Per la risoluzione dell'equazione di conservazione dell'energia in alvei a sezione variabile HEC-RAS impiega un metodo noto come "standard step method". Secondo tale metodo, il programma procede nel calcolo iterativamente, determinando per approssimazioni successive l'altezza dell'acqua alla successiva sezione di calcolo, sulla base dell'altezza già calcolata alla sezione corrente..

In generale la procedura è la seguente:

- a) la quota dell'acqua e la portata sono note alla sezione di inizio calcolo (sez. 1)
- b) si calcola l'energia della sezione sulla base dei dati a) e della geometria della sezione c) la geometria della sezione successiva (sez. 2) è nota insieme alla distanza tra le due sezioni
- d) si assume una quota dell'acqua alla successiva sezione 2 e se ne calcola il raggio idraulico e l'area sulla base della geometria della sezione stessa. Quindi si determina un valore medio della capacità di deflusso delle due sezioni. La capacità di deflusso di una sezione di un alveo è, per una determinata altezza d'acqua, la portata che può transitare nell'alveo con una pendenza piezometrica unitaria
- e) si calcola la perdita di carico ripartita sulla base del valore medio della capacità di deflusso, della lunghezza del tratto e della portata
- f) si calcola il carico cinetico pesato, $V^2/2g$, nella seconda sezione.
- g) si calcolano le ulteriori perdite di carico dovute alla contrazione ed all'allargamento della sezione sulla base di quanto determinato in f)
- h) si calcola la variazione della quota dell'acqua tra le due sezioni, come variazione della somma del carico cinetico e delle perdite di carico i) si calcola la quota dell'acqua nella seconda sezione come somma del primo livello idrico e delle variazioni di quota calcolata in h)
- j) si calcola l'errore tra il livello d'acqua nella sezione 2 assunto in d) e quello calcolato in i)
- k) se l'errore è minore di 1 cm la procedura è ripetuta per le sezioni successive dell'alveo, altrimenti è ripetuta per le stesse due sezioni ma con una nuova stima iniziale dell'altezza d'acqua nella sezione 2 (punto d)

Approssimazioni del calcolo

Le principali ipotesi su cui si basa il modello matematico utilizzato si possono sintetizzare nella condizione che l'onda di piena possa essere assimilata ad una corrente a pelo libero di tipo unidimensionale.

Questa assunzione non si discosta molto dal vero se l'alveo ha un andamento regolare, con curve non troppo brusche e con le sezioni trasversali che variano gradualmente nel senso della corrente, tuttavia nella pratica è possibile che la topografia delle valli non soddisfi queste condizioni.

Per tale motivo, come sovente accade in Idraulica, la schematizzazione adottata non consente di spiegare ogni singolarità del fenomeno, ma permette di descrivere in modo soddisfacente l'andamento globale o medio. Nel caso dell'onda di piena, ciò si traduce in una descrizione della corrente media, in quanto ogni grandezza viene considerata costante su tutta la sezione trasversale.

Sotto queste condizioni l'onda di piena viene inclusa nella categoria delle correnti lineari o gradualmente variate e descritta tramite le equazioni esposte. La soluzione fornita è pertanto affetta da approssimazioni in tutte quelle situazioni in cui l'onda reale assume caratteristiche diverse dalla condizione di corrente a pelo libero di tipo lineare fino a divenire spiccatamente bidimensionali.

La presenza, infatti, di una curva molto stretta della valle o di una rapida apertura di una piana di espansione molto ampia producono variazioni delle caratteristiche della corrente, quali velocità e livello del pelo libero, non solo nella direzione longitudinale dell'asse, ma anche nella direzione ad esso perpendicolare.

Un'attenta ubicazione delle sezioni trasversali della valle ed una loro accurata descrizione in termini di canale, golene ed aree di solo invaso può ridurre l'approssimazione nel caso delle piane di esondazione, mentre per le curve molto brusche, qualora necessario, la sopraelevazione in curva del pelo libero può essere stimata utilizzando metodi empirici.

Un'altra approssimazione importante del modello deriva dalla formula di Manning, con la quale vengono calcolate le perdite di carico distribuite, ed in particolare dai valori attribuiti al coefficiente di scabrezza n . Quando sia possibile una buona stima di questo coefficiente il modello matematico è in grado di calcolare la propagazione di un'onda di piena con una approssimazione accettabile ai fini pratici. In assenza di conoscenze dettagliate delle caratteristiche fisiche delle sezioni ed in considerazioni del basso valore di portata esaminato, risulta opportuna l'adozione di valori comunque cautelativi.

Ultima e forse più importante approssimazione del calcolo indotta dal modello adottato è connessa all'ipotesi che l'alveo si mantenga a fondo fisso durante la propagazione della piena, senza risentire dell'azione modellatrice della corrente. Nella realtà, il passaggio di una piena sia naturale che artificiale altera inevitabilmente la morfologia della valle; tuttavia i mutamenti risultano assolutamente imprevedibili.

Coefficiente di scabrezza

Il coefficiente di scabrezza in un alveo naturale rappresenta una misura globale della resistenza al moto della corrente, in cui si compendiano una molteplicità di fattori tra i quali la forma e la regolarità della sezione, la presenza quali-quantitativa di vegetazione e le caratteristiche litologiche del materiale d'alveo.

La sua determinazione deve quindi essere condotta con grande attenzione, valutando attentamente le caratteristiche specifiche dei materiali che compongono l'alveo e la copertura vegetale delle sponde e delle aree golenali adiacenti interessate al deflusso lungo tutto lo sviluppo dell'asta fluviale di interesse. Nella pratica tecnica il valore numerico del coefficiente rappresentativo del termine di resistenza nell'equazione del moto può essere determinato facendo ricorso a relazioni e tabelle di natura sperimentale ampiamente disponibili in letteratura tecnica. Tali relazioni forniscono il valore del coefficiente di scabrezza sulla base di analogie delle caratteristiche morfologiche e vegetazionali dell'alveo di interesse ad una serie di situazioni tipiche dei corsi d'acqua naturali già investigate sperimentalmente.

I valori del coefficiente di scabrezza, n , di Manning sono tabulati su diverse pubblicazioni nella letteratura specializzata. In particolare si è fatto riferimento ai testi classici di Ven Te Chowe Richard H. French. 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).

La scabrezza utilizzata all'interno dell'alveo fluviale (espressa come coefficiente di Manning), è stato posto pari a 0,033.

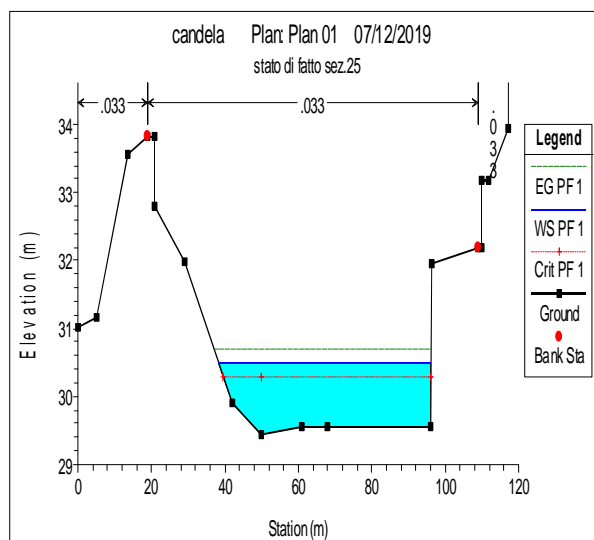
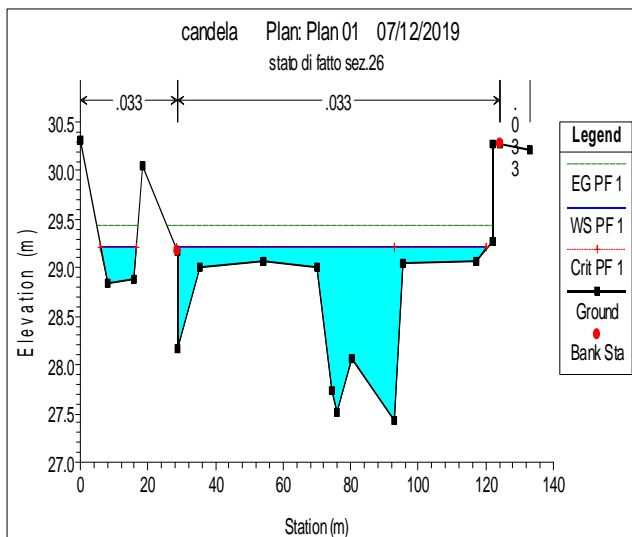
Analisi dei risultati

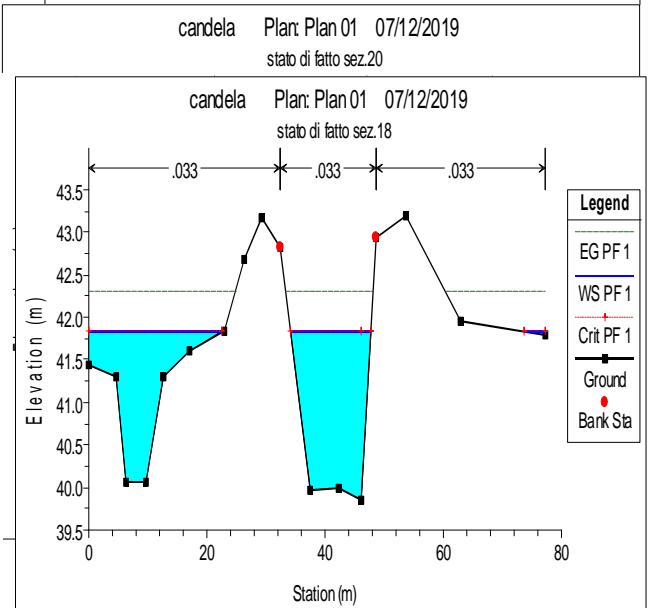
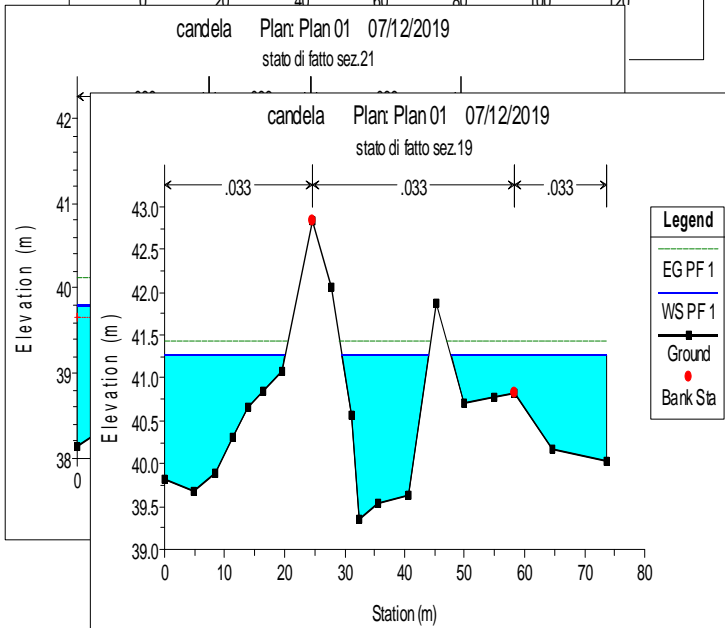
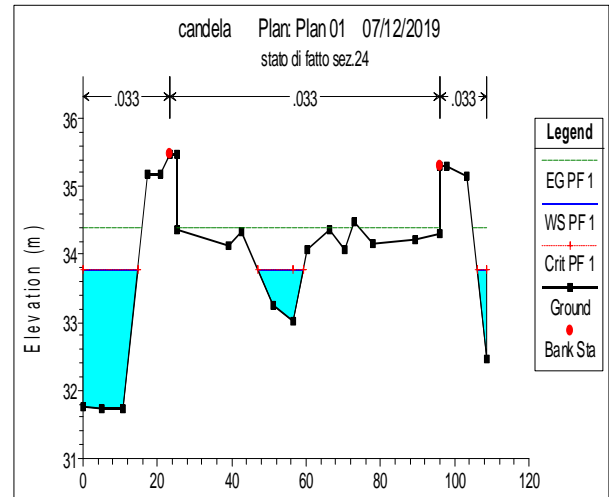
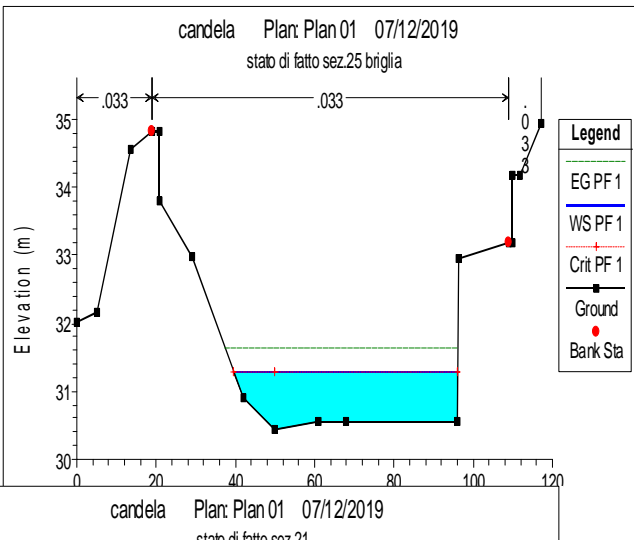
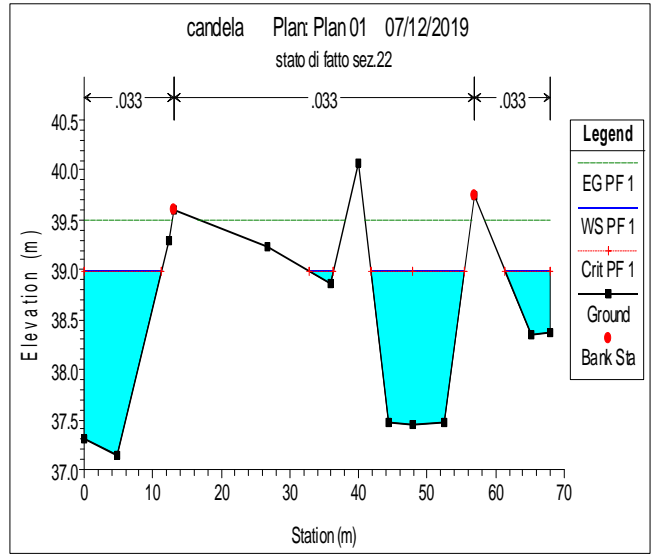
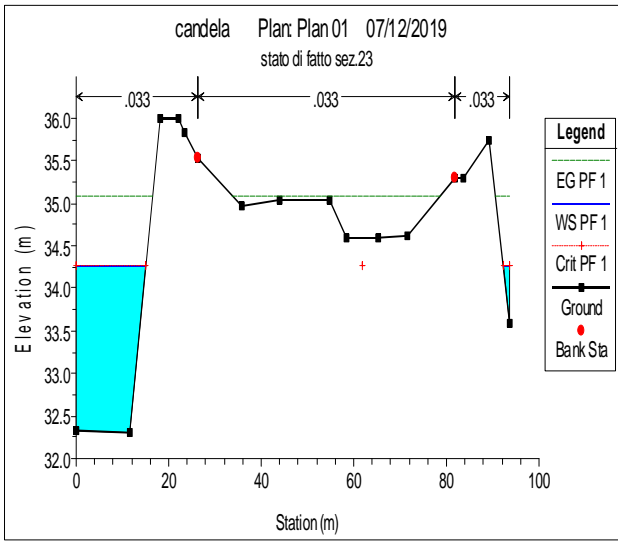
L'analisi idraulica è stata eseguita sul tratto del fiume Candela in cui è stato effettuato il rilievo di dettaglio in campo, costruendo il profilo di moto permanente con il software monodimensionale HEC-RAS, descritto nei paragrafi precedenti.

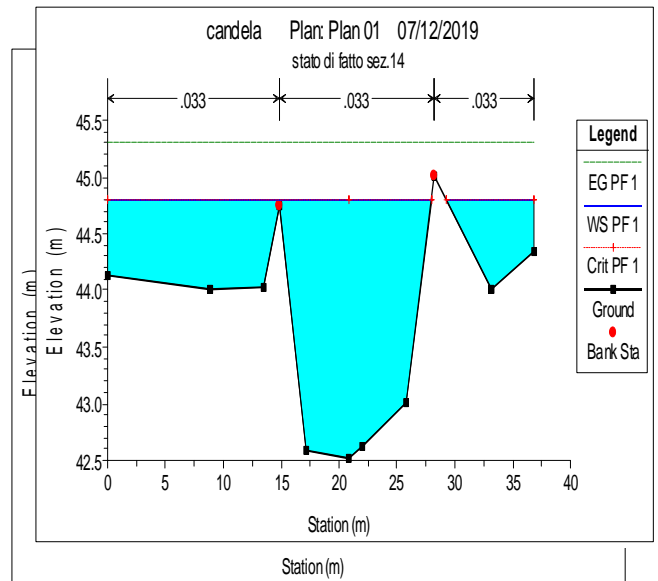
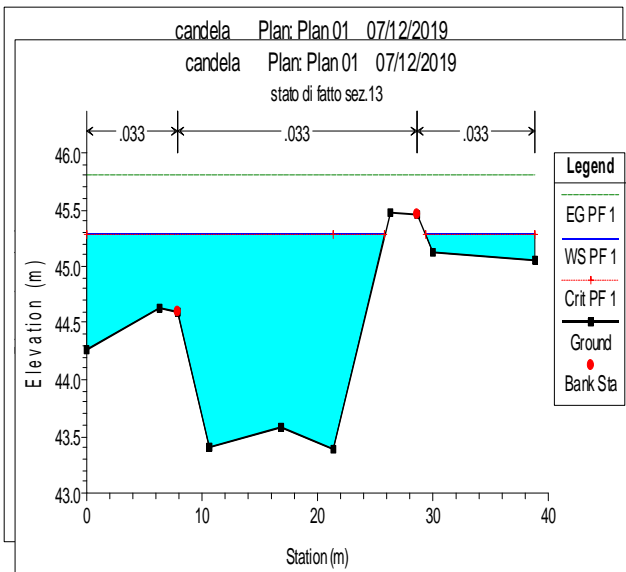
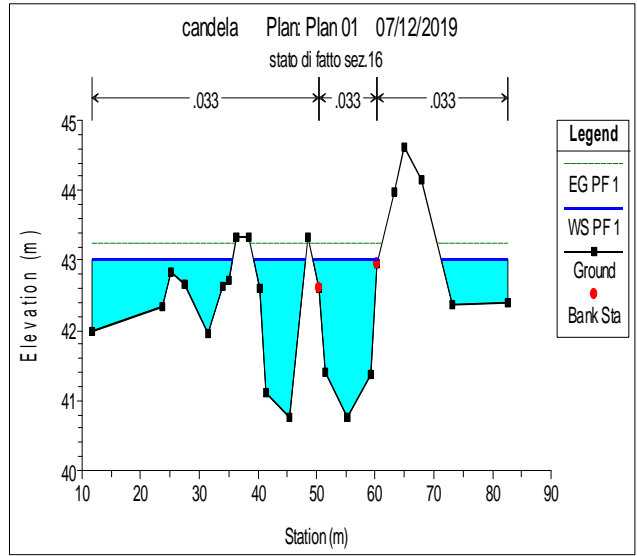
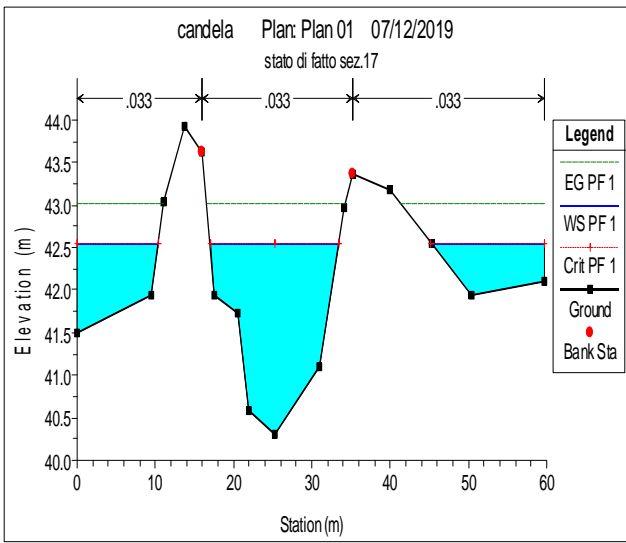
Il modello monodimensionale utilizzato, anche se meno sofisticato nella descrizione complessiva del flusso di corrente, trova corretta applicazione nel caso specifico, infatti ha consentito di verificare la capacità di contenimento degli argini esistenti e la capacità di deflusso delle sezioni di progetto.

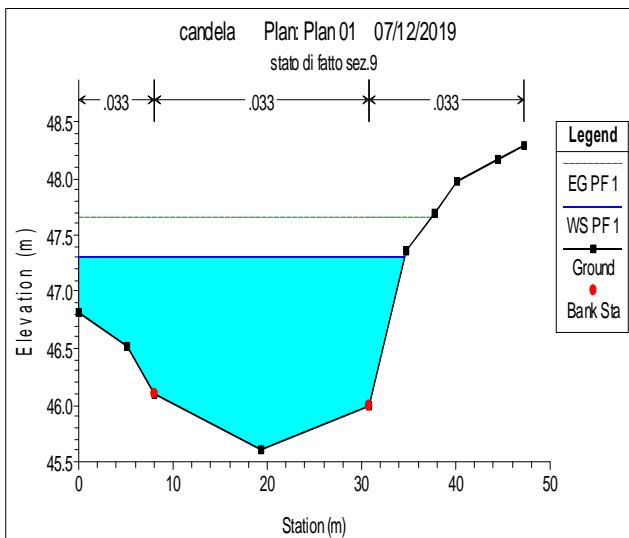
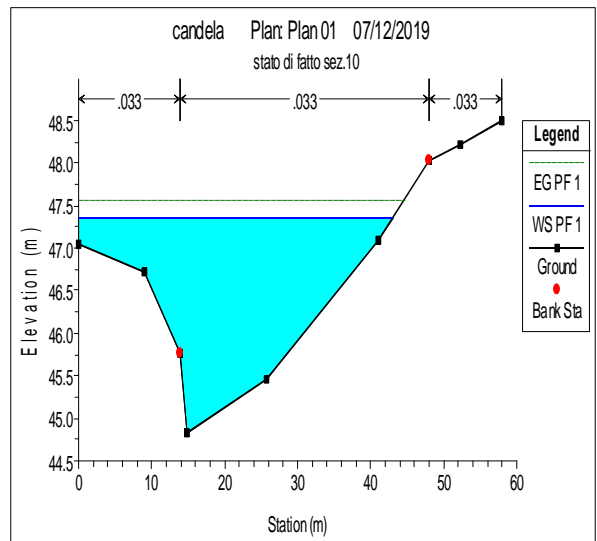
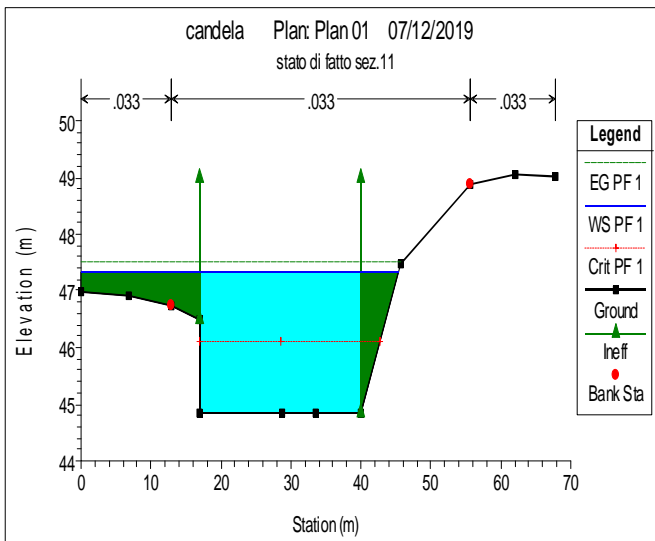
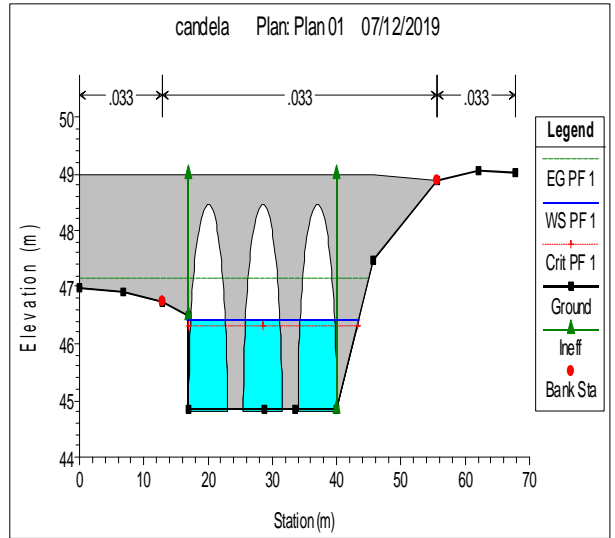
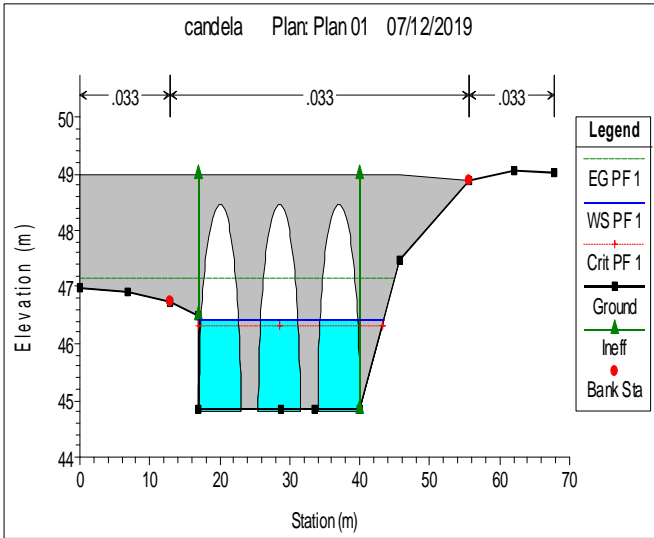
Il tratto esaminato, in cui l'asta principale misura 1350 metri di lunghezza, è stato schematizzato in 26 sezioni trasversali all'asse di moto, ottenute dal rilievo effettuato.

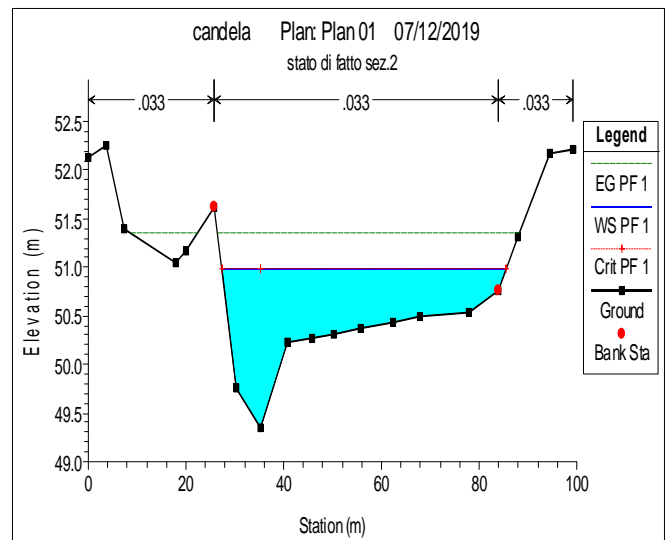
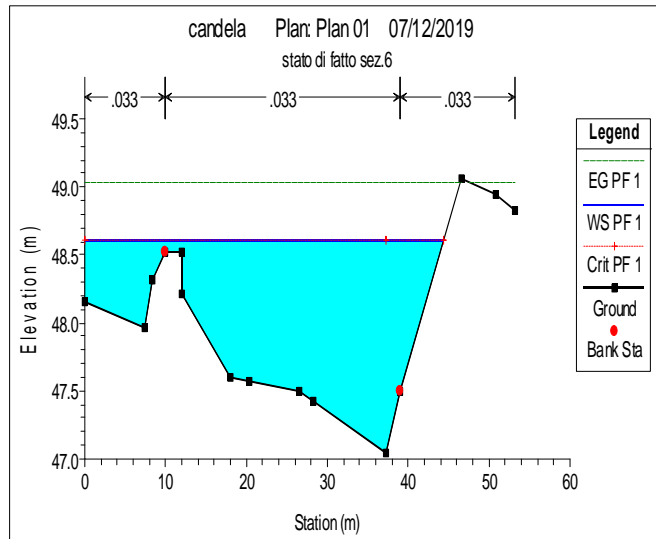
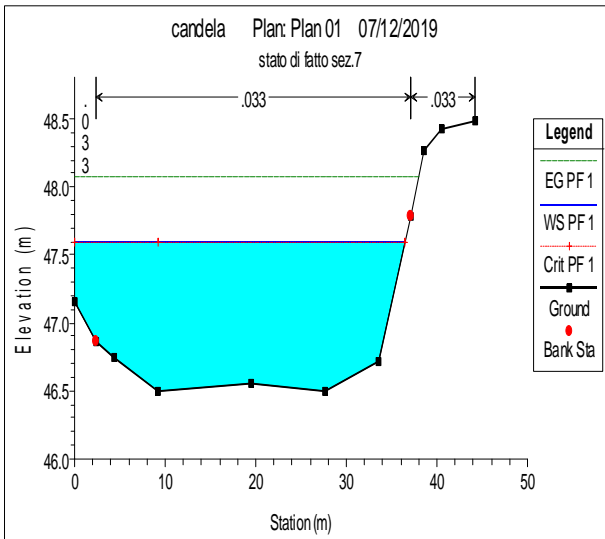
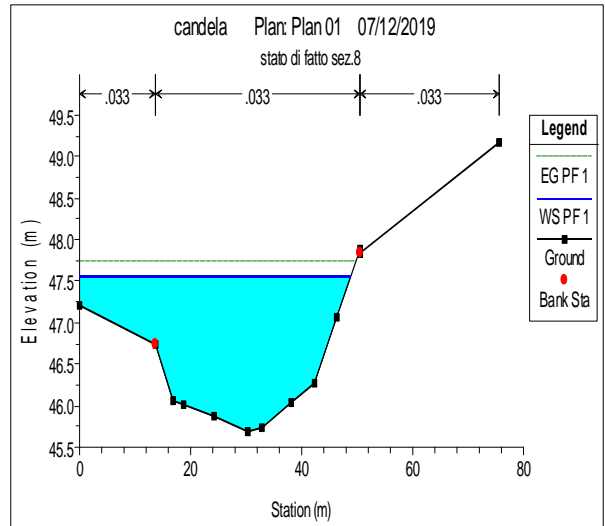
Grafici e tabulato di calcolo verifica stato di fatto

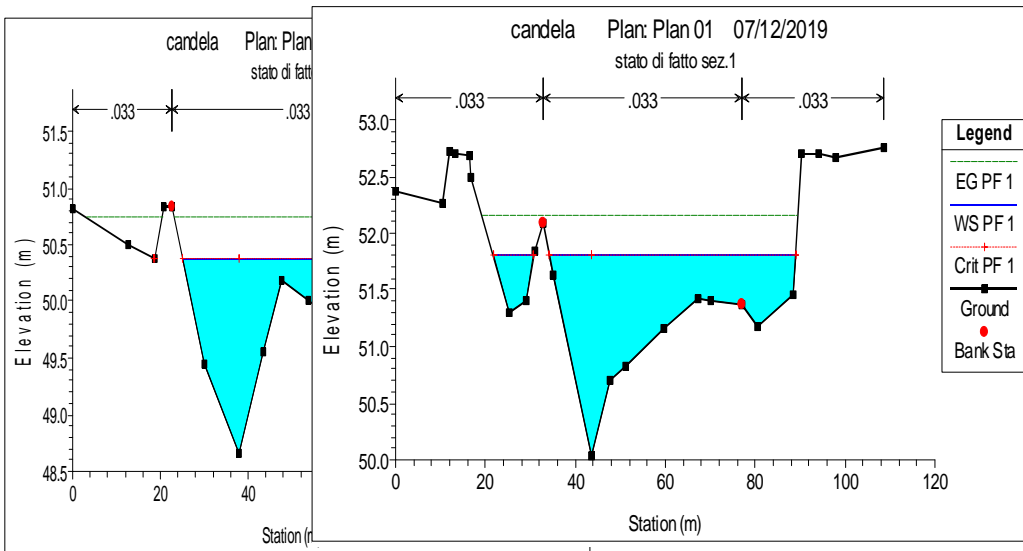
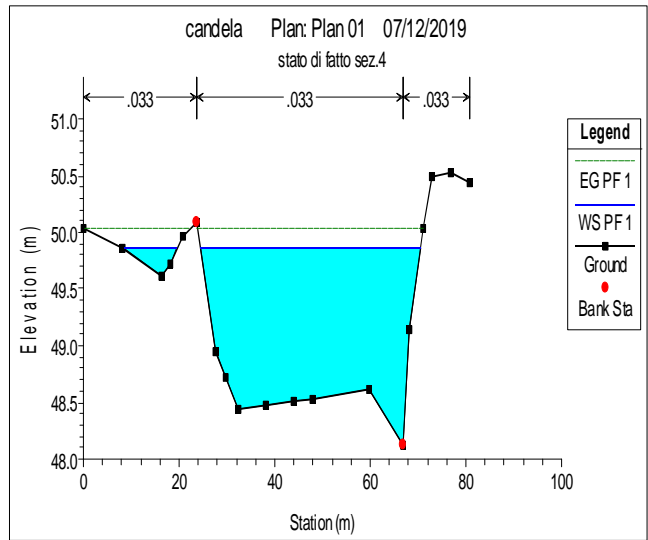
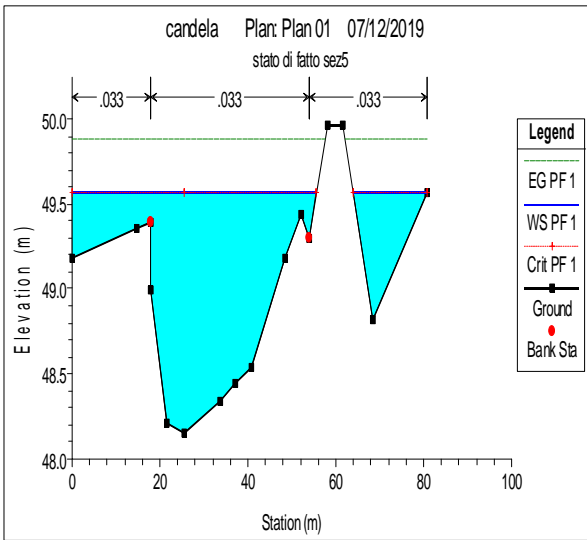


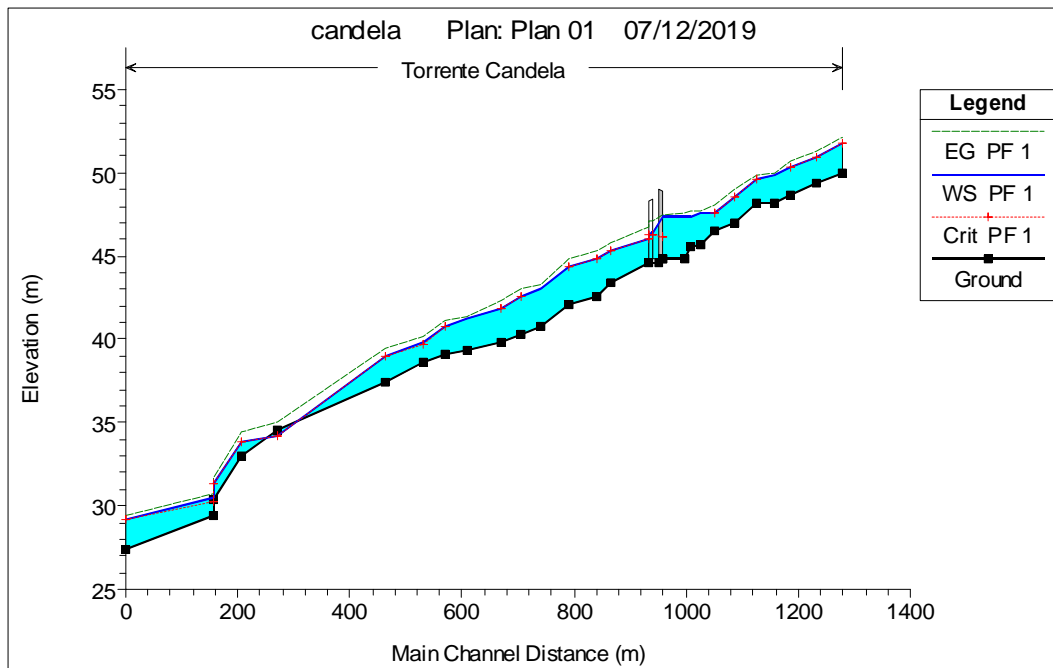








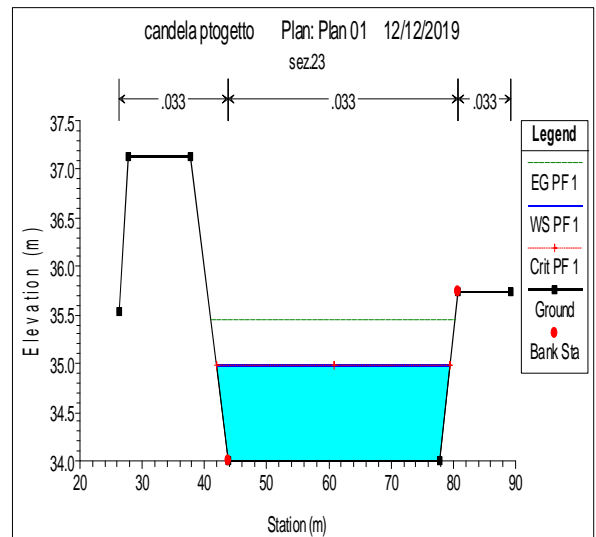
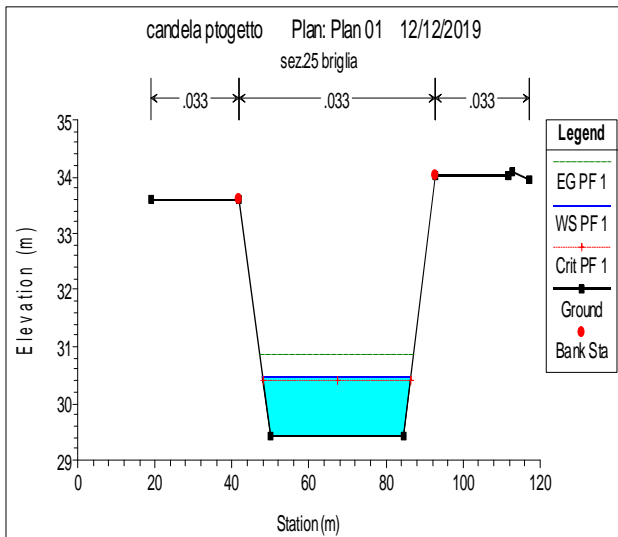
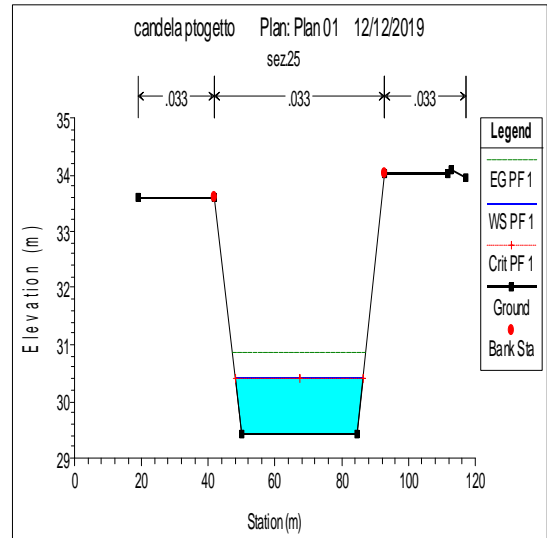
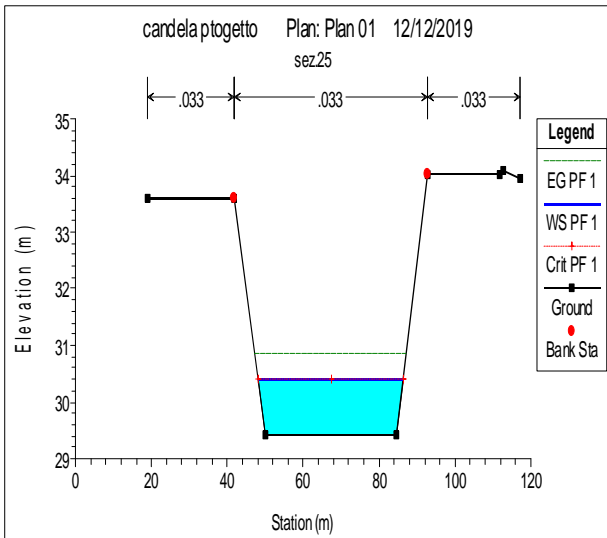


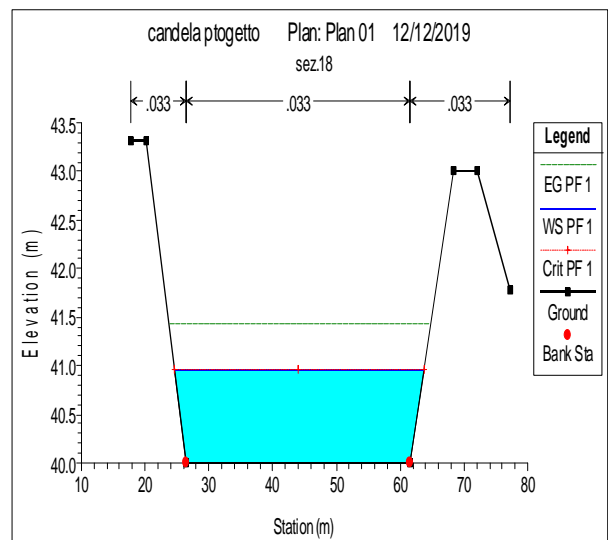
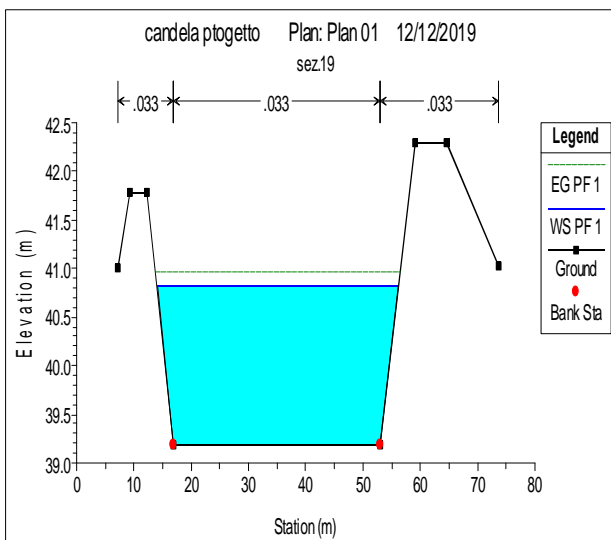
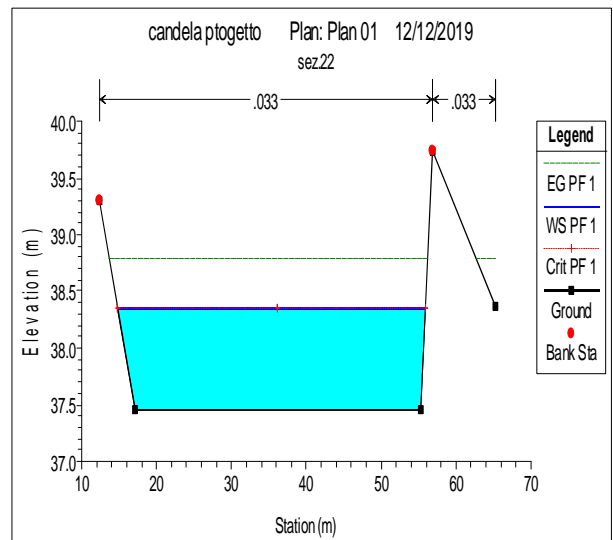
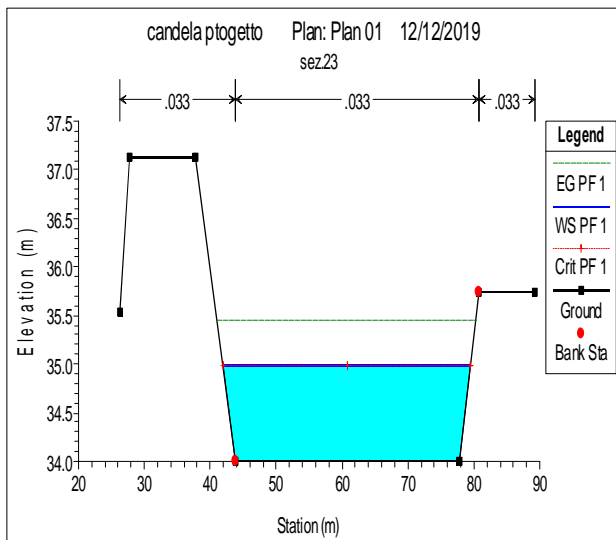
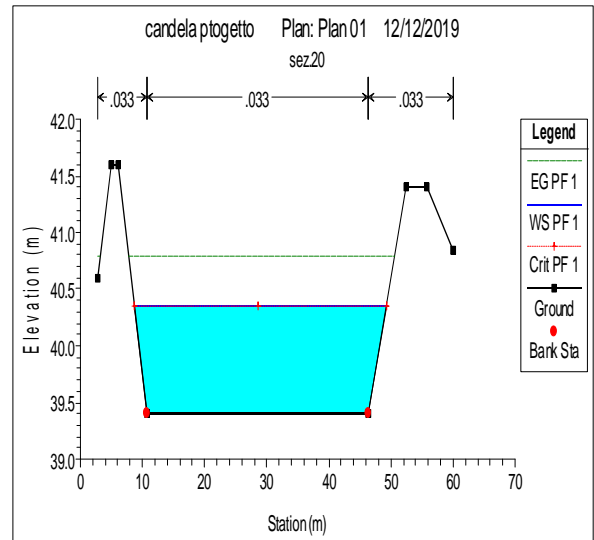
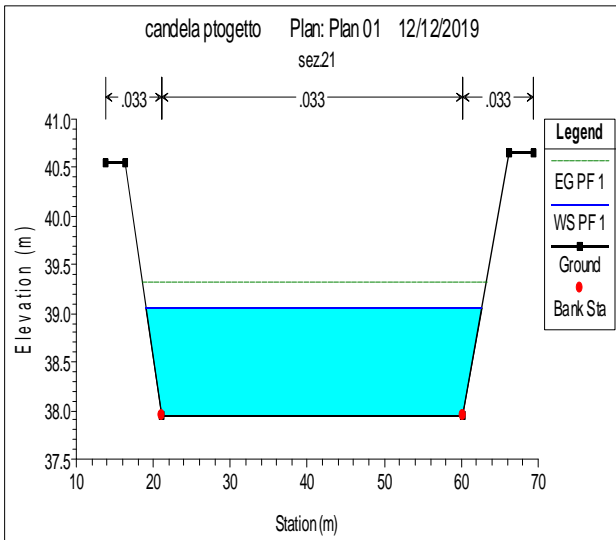


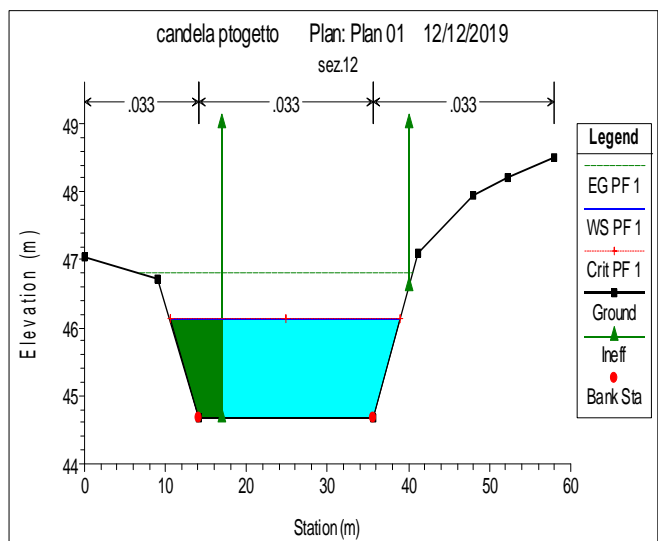
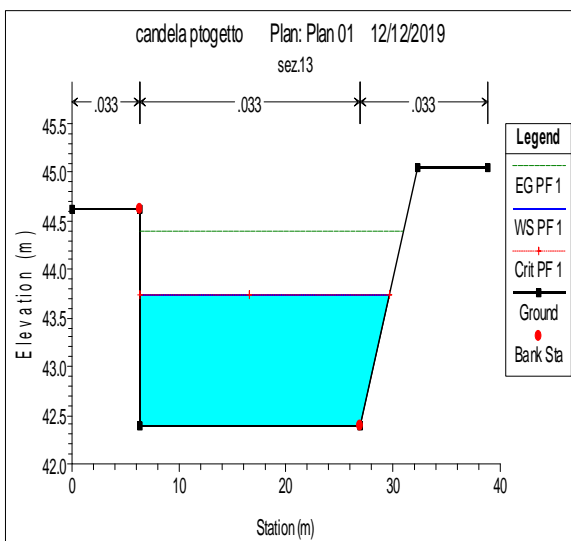
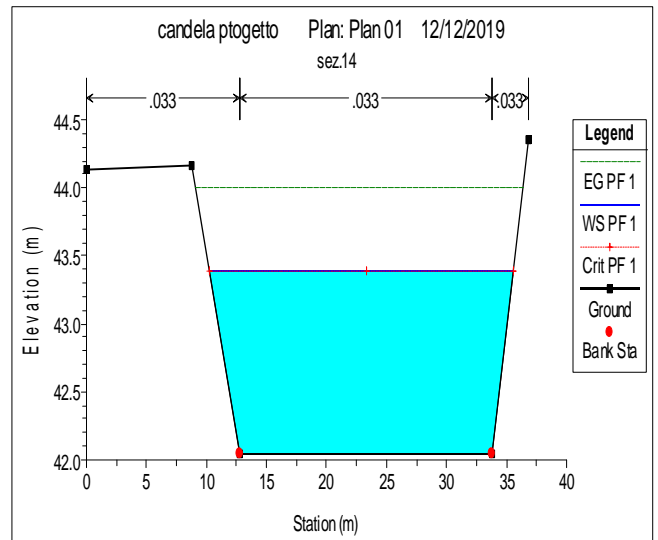
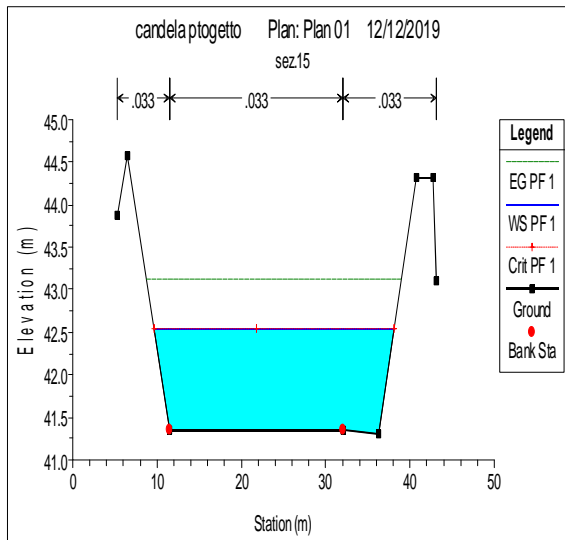
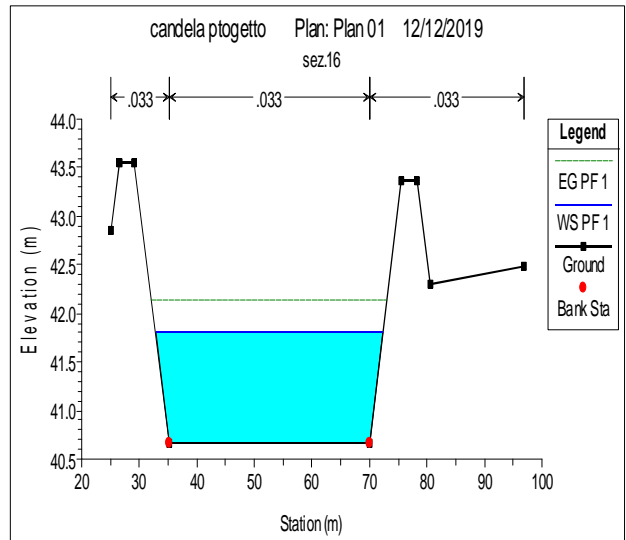
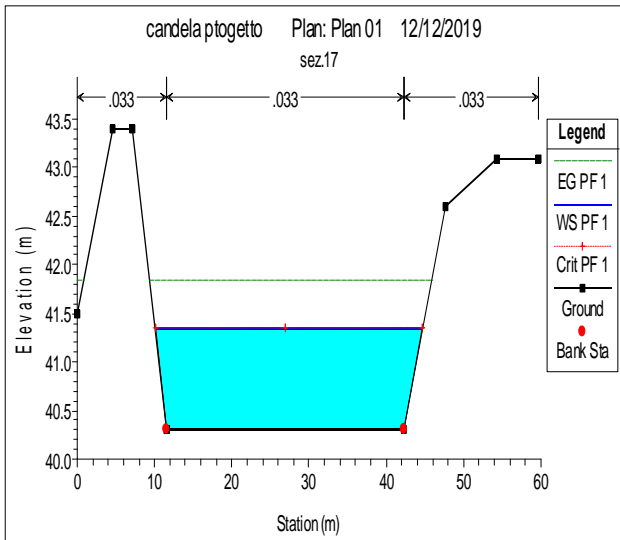
Profilo di corrente calcolato con Q di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni

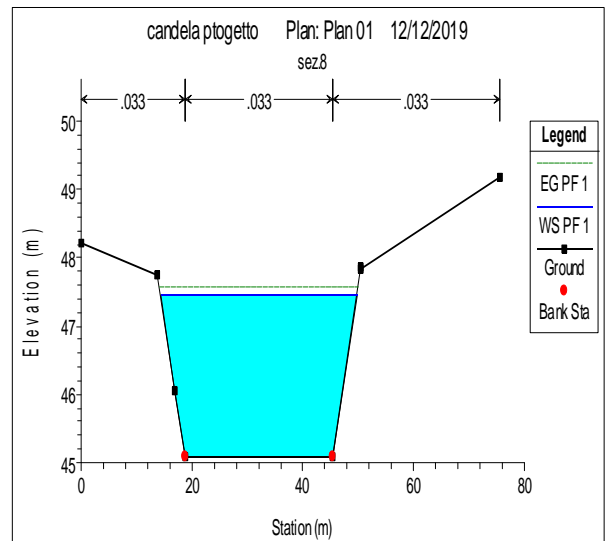
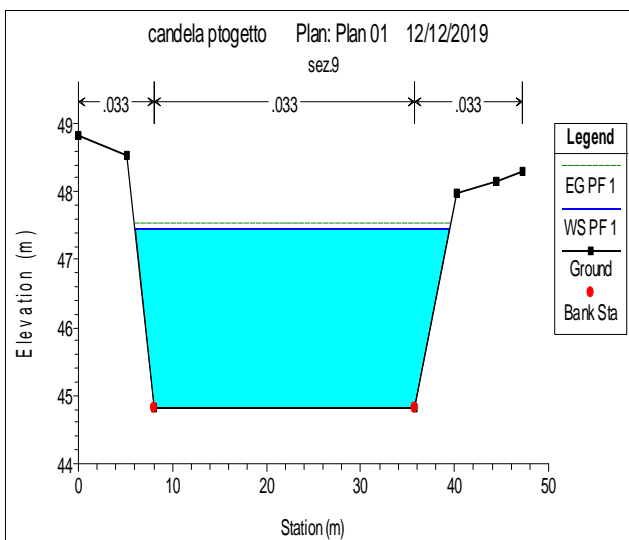
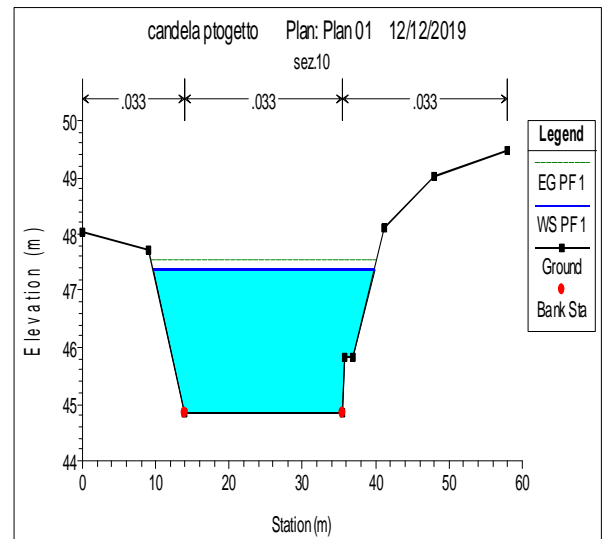
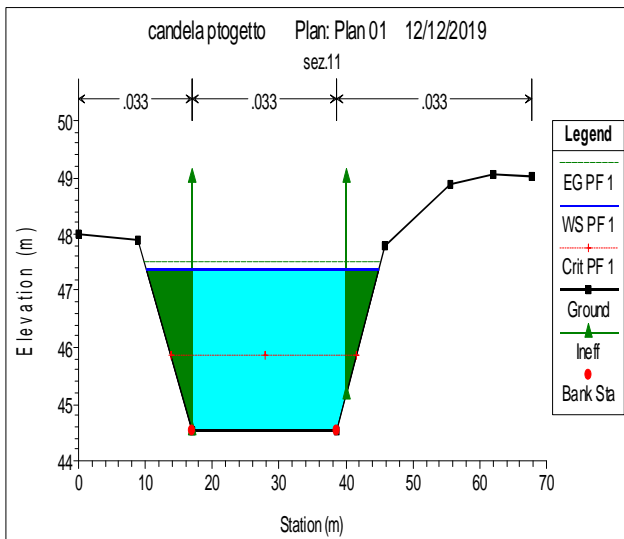
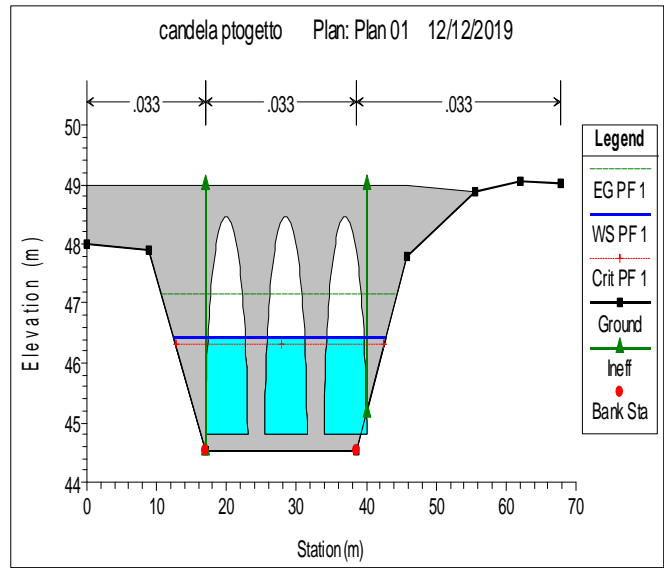
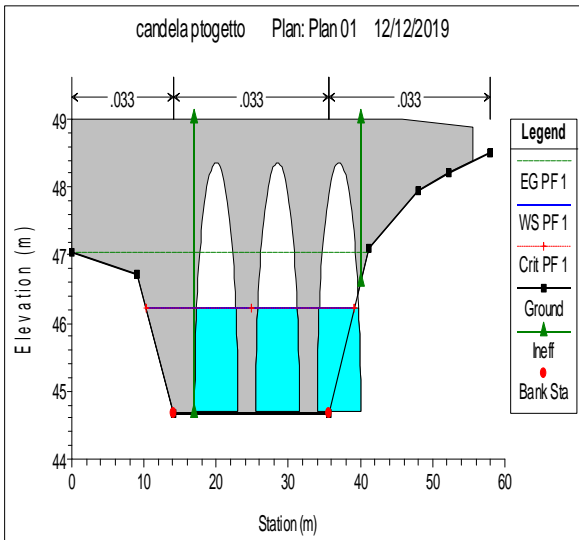
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch EI (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Candela	29	PF 1	105.72	50.03	51.80	51.80	52.15	0.011627	2.72	41.62	63.90	0.99
Candela	28	PF 1	105.72	49.34	50.99	50.99	51.35	0.012133	2.64	40.20	58.22	1.00
Candela	27	PF 1	105.72	48.65	50.38	50.38	50.74	0.012027	2.67	39.65	55.17	1.00
Candela	26	PF 1	105.72	48.13	49.85		50.03	0.002854	1.89	57.85	57.17	0.54
Candela	25	PF 1	105.72	48.15	49.57	49.57	49.89	0.008230	2.64	45.91	72.39	0.86
Candela	24	PF 1	105.72	47.04	48.60	48.60	49.04	0.009882	3.05	37.69	44.39	0.96
Candela	23	PF 1	105.72	46.49	47.60	47.60	48.08	0.010851	3.10	34.64	36.42	1.00
Candela	22	PF 1	105.72	45.69	47.55		47.74	0.002669	1.96	57.51	48.86	0.53
Candela	21	PF 1	105.72	45.61	47.31		47.66	0.004690	2.70	42.57	34.56	0.71
Candela	19	PF 1	105.72	44.83	47.35		47.58	0.003140	2.17	52.47	43.03	0.57
Candela	18	PF 1	105.72	44.83	47.32	46.12	47.49	0.001210	1.85	57.22	45.37	0.37
Candela	17		Culvert									
Candela	16	PF 1	105.72	44.65	46.07	46.07	46.72	0.009804	3.66	29.76	40.75	1.01
Candela	15	PF 1	105.72	43.38	45.27	45.27	45.81	0.007673	3.39	34.82	35.32	0.89
Candela	14	PF 1	105.72	42.51	44.79	44.79	45.30	0.007227	3.47	37.11	35.53	0.84
Candela	13	PF 1	105.72	42.05	44.38	44.38	44.80	0.007027	3.26	40.44	43.10	0.84
Candela	12	PF 1	105.72	40.75	43.00		43.24	0.004240	2.58	53.01	55.33	0.63
Candela	11	PF 1	105.72	40.31	42.55	42.55	43.01	0.008013	3.30	38.35	41.38	0.88
Candela	10	PF 1	105.72	39.84	41.83	41.83	42.32	0.008238	3.44	36.88	39.66	0.88
Candela	9	PF 1	105.72	39.36	41.27		41.43	0.003727	1.75	59.94	60.52	0.57
Candela	8	PF 1	105.72	39.12	40.73	40.73	41.17	0.008978	3.17	37.72	46.74	0.92
Candela	7	PF 1	105.72	38.57	39.79	39.66	40.14	0.007403	2.58	41.48	44.12	0.82
Candela	6	PF 1	105.72	37.46	38.99	38.99	39.51	0.011226	3.07	34.16	35.03	0.99
Candela	5	PF 1	105.72	34.60	34.26	34.26	35.10	0.010624		26.35	16.36	0.00
Candela	4	PF 1	105.72	33.03	33.79	33.79	34.38	0.008009	1.58	33.59	29.64	0.75
Candela	3	PF 1	105.72	30.43	31.29	31.29	31.65	0.012412	2.65	39.84	56.48	1.01
Candela	2	PF 1	105.72	29.43	30.49	30.30	30.71	0.005492	2.06	51.41	57.78	0.70
Candela	1	PF 1	105.72	27.42	29.20	29.20	29.44	0.013218	2.18	49.33	102.27	0.98

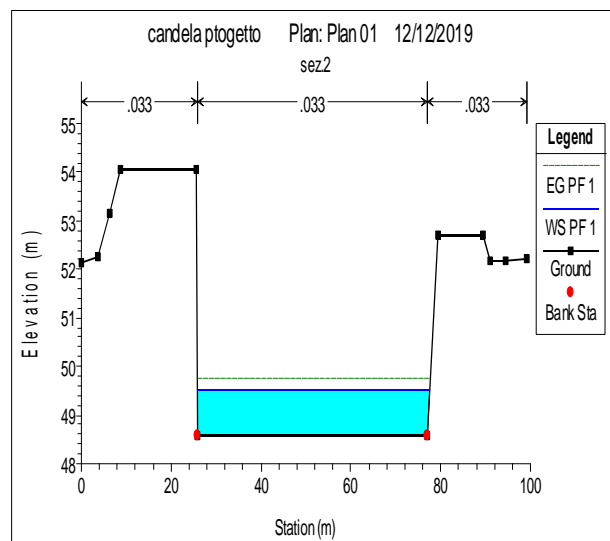
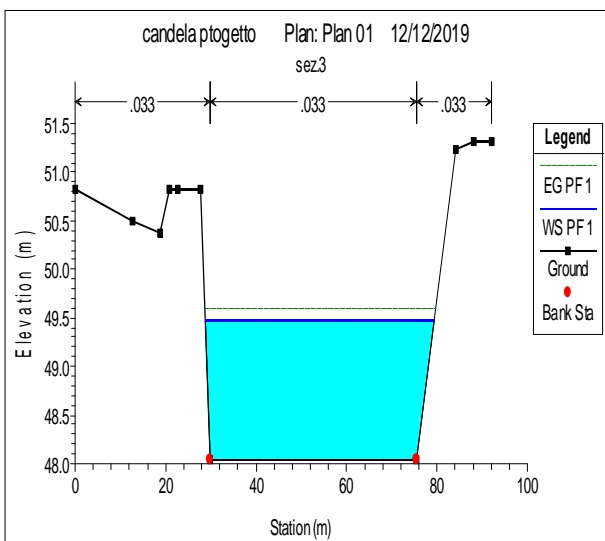
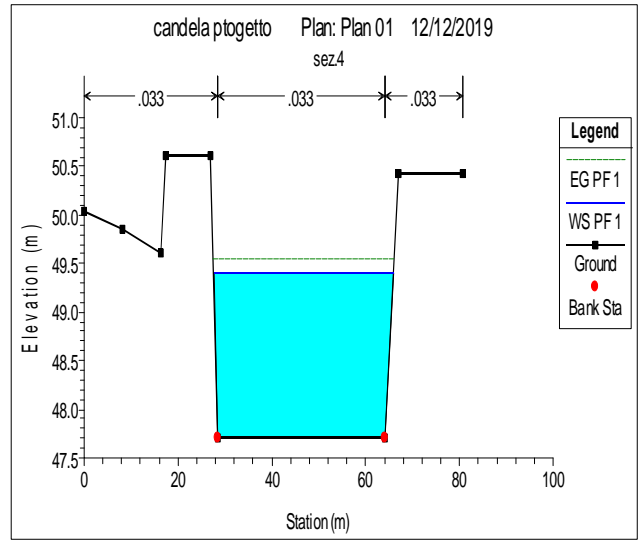
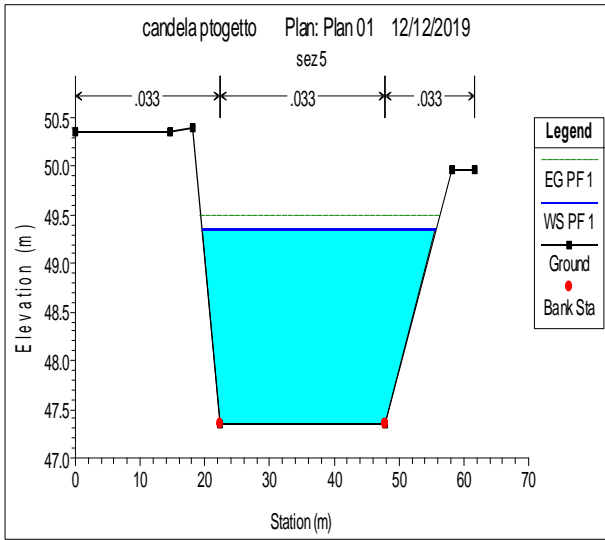
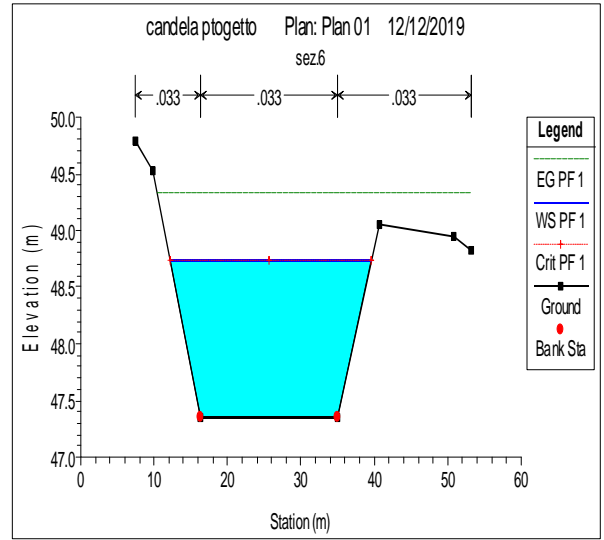
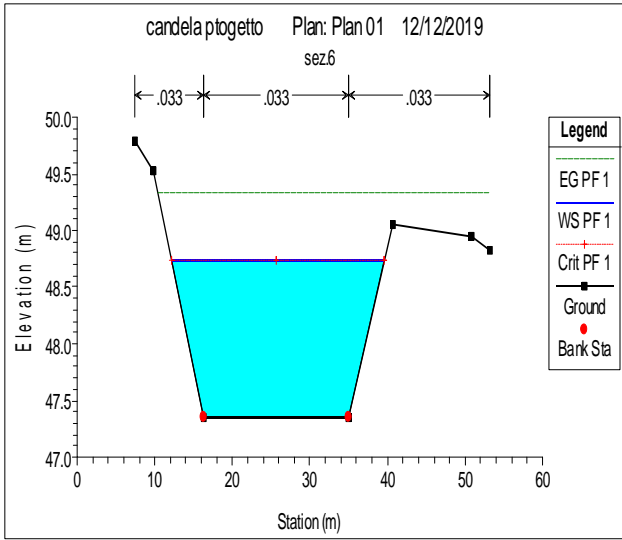
Grafici e tabulato di calcolo verifica stato di progetto

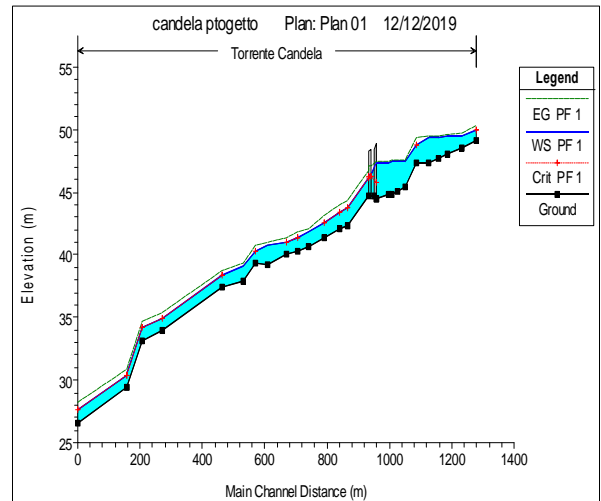
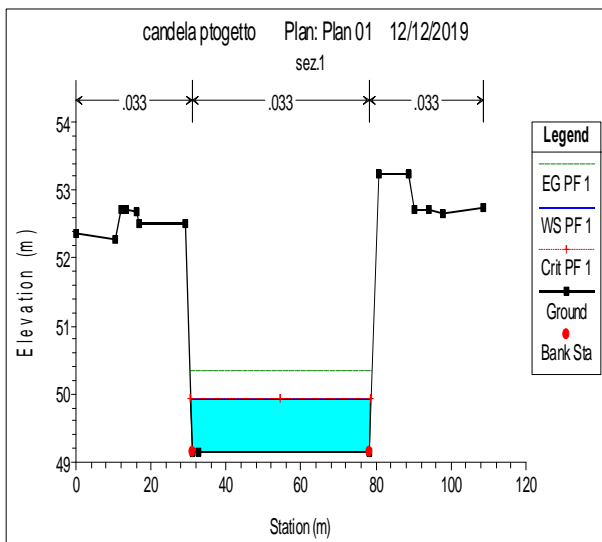












Profilo di corrente calcolato con Q di piena con tempo di ritorno pari a 200 anni

River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Chl EI (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
1	PF 1	105.72	26.51	27.66	27.66	28.21	0.010806	3.27	32.35	29.99	1.00
2	PF 1	105.72	29.43	30.39	30.39	30.86	0.011305	3.02	35.06	38.24	1.01
3	PF 1	105.72	29.43	30.47	30.39	30.86	0.008650	2.77	38.12	38.54	0.89
4	PF 1	105.72	33.17	34.16	34.16	34.64	0.010872	3.07	34.78	36.86	1.00
5	PF 1	105.72	34.00	34.98	34.98	35.45	0.010913	3.05	34.99	37.59	1.00
6	PF 1	105.72	37.45	38.35	38.35	38.80	0.011551	2.94	35.92	41.19	1.01
7	PF 1	105.72	37.95	39.05		39.33	0.005401	2.37	45.55	43.59	0.72
8	PF 1	105.72	39.40	40.34	40.34	40.80	0.010719	3.02	35.95	40.52	0.99
9	PF 1	105.72	39.19	40.82		40.97	0.001661	1.71	63.85	42.15	0.43
10	PF 1	105.72	40.01	40.97	40.97	41.43	0.010688	3.05	35.50	39.04	0.99
11	PF 1	105.72	40.30	41.35	41.35	41.85	0.010401	3.18	34.09	34.62	0.99
12	PF 1	105.72	40.67	41.82		42.14	0.005911	2.55	42.56	39.54	0.76
13	PF 1	105.72	41.36	42.55	42.55	43.13	0.010243	3.45	31.92	28.48	1.01
14	PF 1	105.72	42.05	43.38	43.38	44.01	0.009436	3.57	30.88	25.29	0.99
15	PF 1	105.72	42.38	43.74	43.74	44.39	0.010243	3.61	29.98	23.36	0.99
16	PF 1	105.72	44.68	46.13	46.13	46.81	0.009155	3.71	29.43	28.41	0.98
17		Culvert									
18	PF 1	105.72	44.53	47.36	45.85	47.49	0.000743	1.65	64.52	34.61	0.31
19	PF 1	105.72	44.83	47.38		47.53	0.000961	1.75	65.02	30.17	0.35
21	PF 1	105.72	44.83	47.45		47.54	0.000579	1.38	80.00	33.44	0.27
22	PF 1	105.72	45.08	47.45		47.56	0.000806	1.53	73.58	35.45	0.32
23	PF 1	105.72	45.39	47.44		47.60	0.001617	1.77	59.70	31.92	0.41
24	PF 1	105.72	47.35	48.73	48.73	49.34	0.009083	3.58	31.84	27.36	0.97
25	PF 1	105.72	47.35	49.34		49.51	0.001488	1.85	61.37	36.14	0.42
26	PF 1	105.72	47.70	49.41		49.55	0.001560	1.71	63.09	38.32	0.42
27	PF 1	105.72	48.05	49.48		49.60	0.001662	1.57	68.92	50.65	0.42
28	PF 1	105.72	48.59	49.52		49.77	0.005920	2.22	47.79	51.72	0.74
29	PF 1	105.72	49.15	49.95	49.95	50.35	0.011518	2.80	38.00	48.08	1.00

Conclusioni

I risultati ottenuti dalla modellazione idraulica hanno evidenziato che per il transito della portata di piena corrispondente al tempo di ritorno di 200 anni, è necessario risagomare l'alveo, realizzando la sezione di savanella lungo il corso d'acqua secondo le dimensioni trasversali riportate nelle sezioni di progetto. A tal fine saranno effettuati gli opportuni movimenti di terra per ottenere la ricalibratura dell'alveo, e ripristinando il regolare deflusso delle piene ricorrenti e di quelle con periodo di ritorno duecentennale.