

REGIONE  
PUGLIA



COMUNE DI  
LUCERA



COMUNE DI  
FOGGIA



COMUNE DI  
TROIA



PROVINCIA DI  
FOGGIA



**PROGETTO DEFINITIVO RELATIVO ALLA REALIZZAZIONE DI UN  
IMPIANTO EOLICO COSTITUITO DA 18 AEROGENERATORI E  
RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N. RICADENTI NEI  
COMUNI DI FOGGIA, LUCERA (FG) E TROIA (FG)**

STUDIO IDRAULICO - RISOLUZIONI INTERFERENZE

ELABORATO

TAV104

PROPONENTE:



**SKI 05 s.r.l.**

via Caradosso n.9  
Milano 20123  
P.Iva 11412940964

PROGETTO E SIA:



**ATECH srl**

Via Caduti di Nassirya, 55  
70124- Bari (BA)  
pec: atechsrl@legalmail.it  
Ing. Alessandro Antezza



Il DIRETTORE TECNICO  
Ing. Orazio Tricarico



**SOLARITES s.r.l.**

piazza V.Emanuele II n.14  
Ceva (CN) 12073

0	NOV 2023	A.A.	O.T.	O.T.	EMISSIONE
EM./REV.	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DESCRIZIONE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DELL'AUTORITA' DI BACINO DELL'APPENNINO MERIDIONALE – SEDE PUGLIA .....</b>	<b>6</b>
<b>3. DESCRIZIONE DELLE INTERFERENZE .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1. REALIZZAZIONE DEL CAVIDOTTO DI PROGETTO</b>	<b>14</b>
<b>3.2. INTERSEZIONI CAVIDOTTO-RETICOLI IDROGRAFICI</b>	<b>18</b>
<b>4. DESCRIZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI .....</b>	<b>21</b>
<b>5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL BACINO DI STUDIO .....</b>	<b>26</b>
<b>6. USO DEL SUOLO .....</b>	<b>28</b>
<b>7. ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA .....</b>	<b>30</b>
<b>7.1. CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA</b>	<b>35</b>
<b>8. ANALISI IDRAULICA .....</b>	<b>43</b>
<b>8.1. VALUTAZIONE PORTATE DI PIENA</b>	<b>43</b>
<b>8.2. CONSIDERAZIONI FINALI SULLA PORTATA DI PIENA</b>	<b>52</b>
<b>9. MODELLAZIONE IDRAULICA .....</b>	<b>57</b>
<b>9.1. CRITERI E RISULTATI DELLA MODELLAZIONE IDRAULICA</b>	<b>59</b>
<b>10. CONCLUSIONI .....</b>	<b>61</b>
<b>11. ALLEGATI .....</b>	<b>63</b>



## 1. PREMESSA

La presente Relazione di Compatibilità Idrologica ed Idraulica è stata redatta come integrazione della nell'ambito del **progetto definitivo di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione da fonte eolica costituito da n.18 turbine (denominate WTG.01 - WTG.18) avente potenza di 6,2 MW ciascuno, per una potenza complessiva in immissione di 111,6 MW, da ubicarsi all'interno dei limiti amministrativi dei Comuni di Foggia, Lucera e Troia.**

Il progetto è costituito da:

- n. 18 aerogeneratori, ognuno di potenza fino a 6,2 MW, con trasformatori interni multi tensione in uscita a 20 kV/50 HZ;
- n. 18 fondazioni aerogeneratori, plinti circolari su pali di fondazione;
- strade e piazzole;
- cavidotto interrato interno MT, che collega gli aerogeneratori in gruppi e i gruppi alla cabina di smistamento sita all'interno della stazione di utenza;
- cavidotto interrato AT a 150 KV, per connessione alla sottostazione AT/AT di Terna Distribuzione nel Comune di Lucera (Fg);
- n. 1 stazione di utenza MT sita nel territorio comunale di Troia (Fg);
- rete telematica di monitoraggio interna per il controllo dell'impianto mediante trasmissione dati via modem.

La società proponente è la **STATKRAFT - SKI 05 Srl**, con sede legale in via Caradasso n.9 - 20123 Milano; P.Iva 11412940964, a-mail ski05@unapec.it.

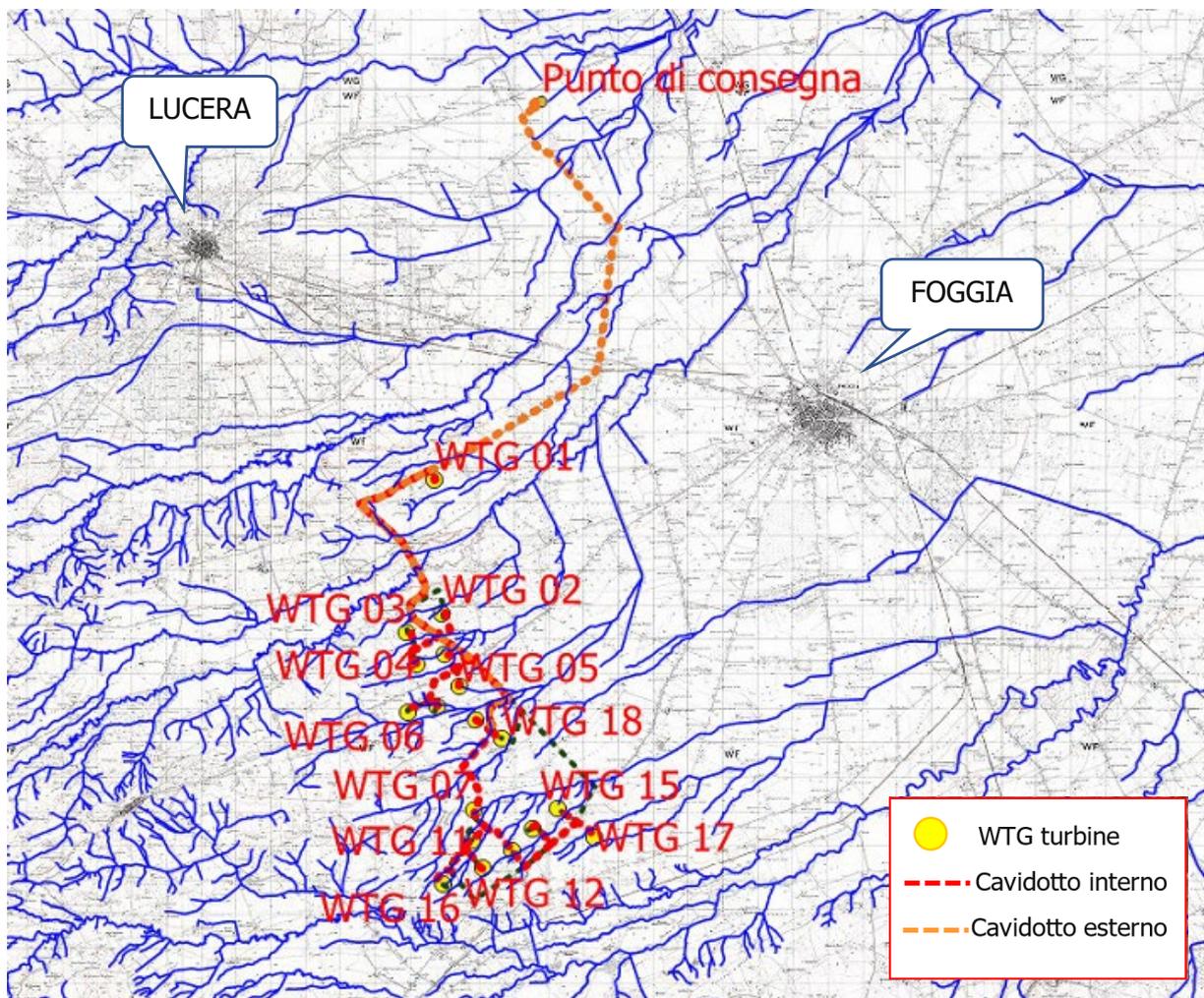
Tale opera si inserisce nel quadro istituzionale di cui al *D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità"* le cui finalità sono:

- promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;
- promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali;

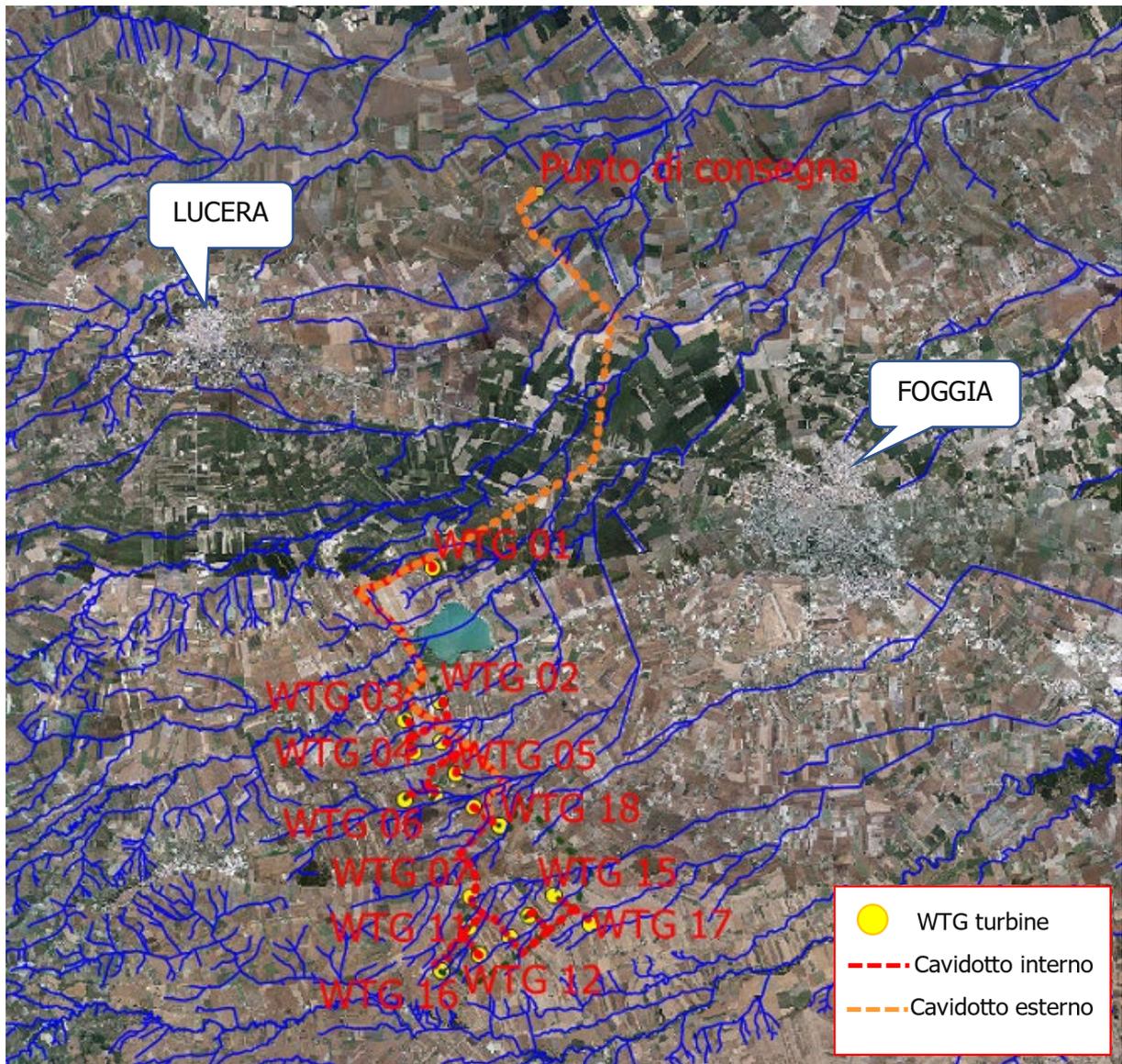


- concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;
- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e per le aree montane.

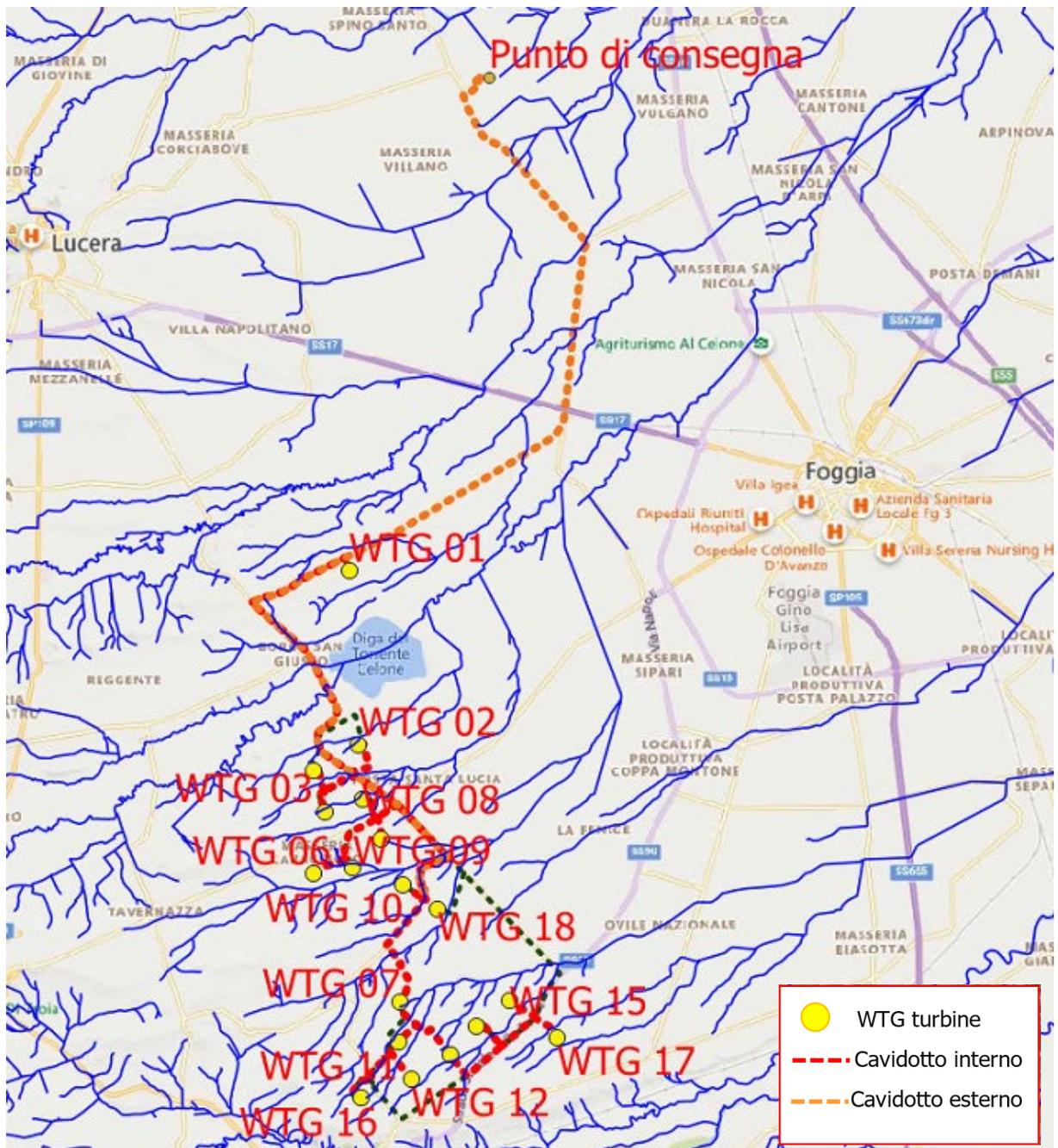
Nelle immagini che seguono è riportata l'ubicazione dell'impianto; gli aerogeneratori sono indicati con la sigla "WTG xx" e rappresentati con cerchietti gialli, il cavidotto esterno con linea tratteggiata arancione ed il cavidotto interno con linea tratteggiata rossa, sia su base IGM 1:25.000 che su ortofoto.



**Figure 1-Planimetria di progetto su base IGM 1:25.000**



**Figure 2 Planimetria generale di progetto su base ortofoto con ubicazione turbine di progetto**



**Figure 3 Inquadramento intervento di area vasta con indicazione della viabilità extraurbana-  
fonte Google**

Gli aerogeneratori, collegati in gruppi, convoglieranno l'energia elettrica prodotta alla Sottostazione Elettrica Utente; gli interventi per l'installazione dei singoli aerogeneratori sono analoghi per le diverse aree.

## **2. AREE SOGGETTE A TUTELA DA PARTE DELL'AUTORITA' DI BACINO DELL' APPENNINO MERIDIONALE – SEDE PUGLIA**

Poiché l'area di intervento ricade su un suolo di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale – Sede Puglia (di seguito semplicemente denominata AdBP), in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente ed alla prevenzione da possibili effetti dannosi prodotti dall'intervento antropico proposto, sono prese in esame le Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) redatte dalla stessa Autorità.

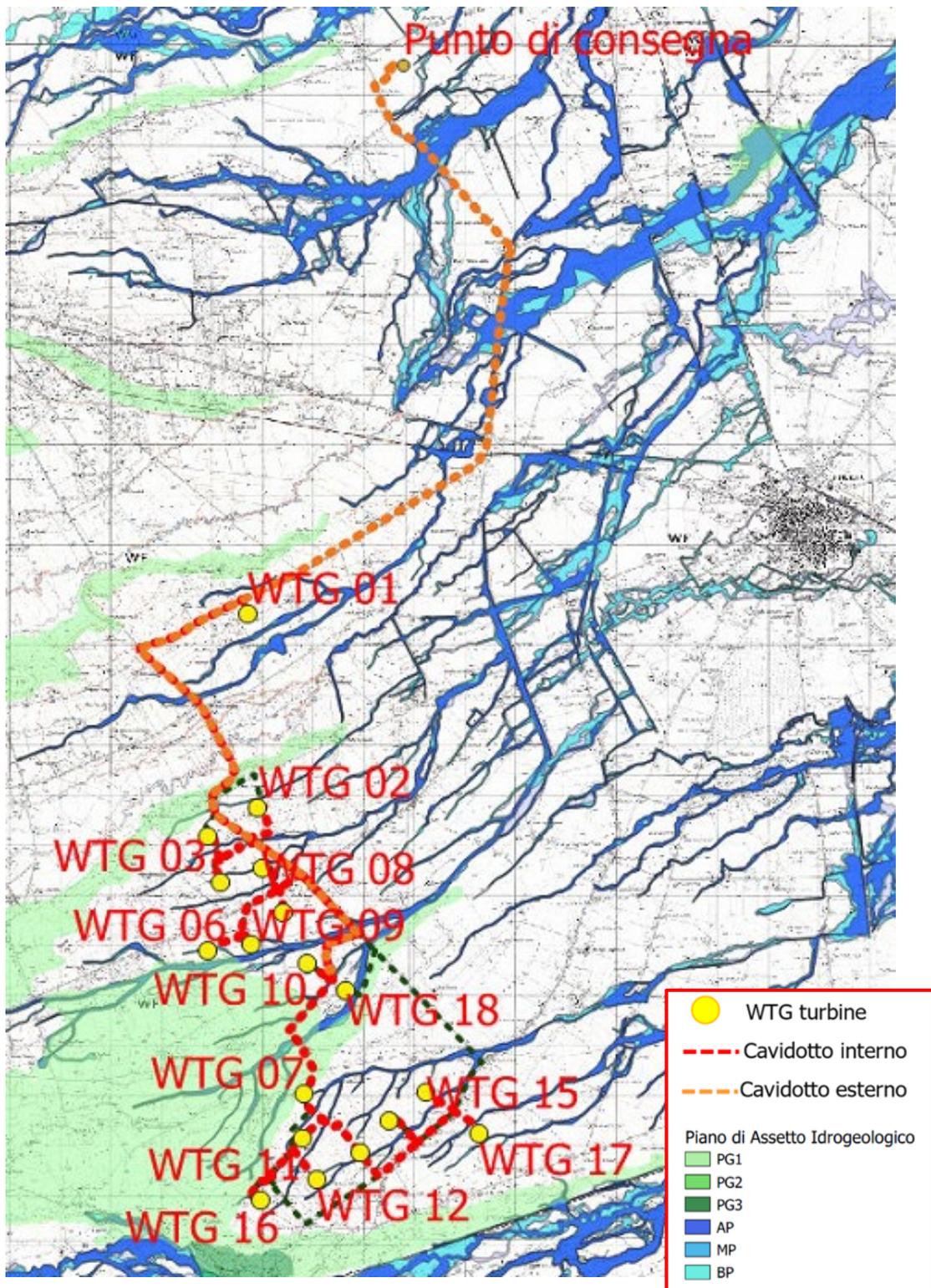
Conformemente al D.P.C.M. del 29 Settembre 1998, l'Autorità di Bacino ha individuato i tempi di ritorno  $T_r$  in 30, 200 e 500 anni per l'individuazione, rispettivamente, delle aree soggette ad Alta Probabilità (A.P.), Media Probabilità (M.P.) e Bassa Probabilità (B.P.) di esondazione.

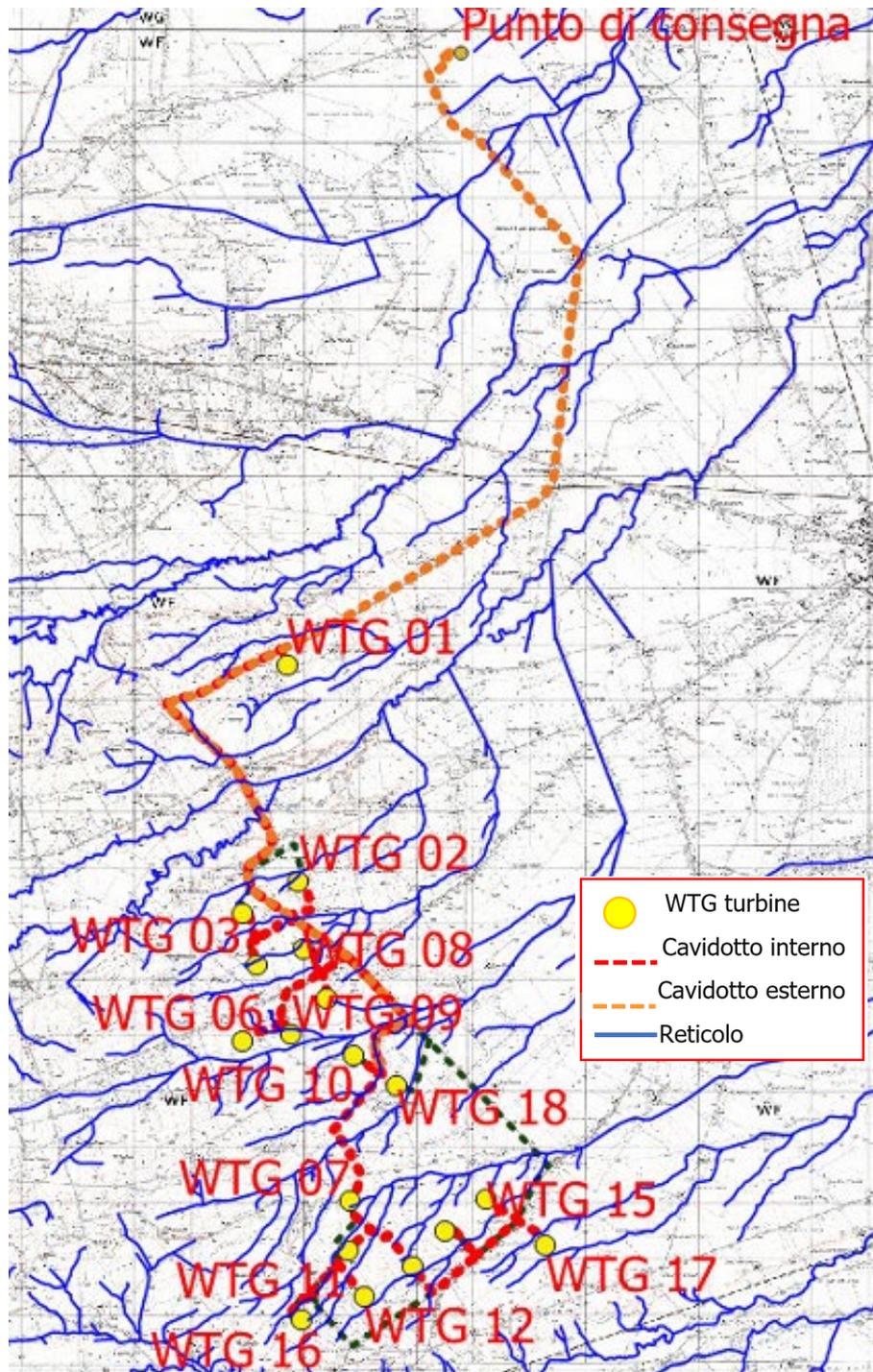
Come si evince dalla cartografia del Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico (PAI), approvato dalla Autorità di Bacino della Regione Puglia (AdB), **l'area interessata dall'intervento in parte è soggetta sia a vincolo per pericolosità idraulica che a vincolo per pericolosità geomorfologica (fig.4).**

Inoltre, come è possibile desumere dall'immagine riportata (fig.5) dello stralcio della carta idrogeomorfologica redatta dall'AdB Puglia, l'area di installazione di alcune delle turbine, delle relative strade di accesso nonché il cavidotto lungo il suo percorso sino al punto di connessione, ricadono nelle aree contermini al reticolo idrografico presente sia sulla carta IGM 1:25.000 che sulla carta idrogeomorfologica redatta dalla AdB Puglia ed in alcuni casi si configurano punti di intersezione.

Si precisa tuttavia che i reticoli interessati sono comunque quasi del tutto ricompresi nelle aree già perimetrate a rischio idraulico.



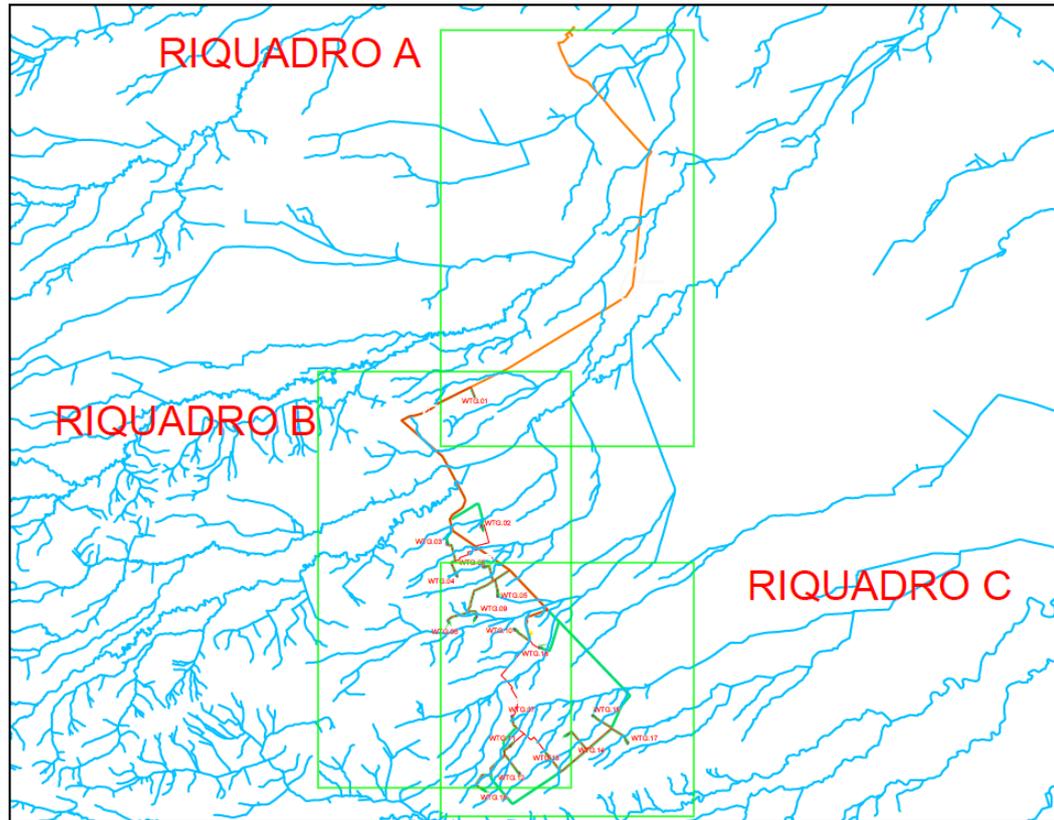




**Figure 5 Inquadramento delle opere in progetto con individuazione del reticolo idrografico su base IGM ed Idrogeomorfologica.**

Come più dettagliatamente si dirà di seguito, nell'area di intervento le turbine identificate con le sigle WTG da 1 a 18 ricadono nella fascia di rispetto (150 m) di corsi d'acqua segnalati sulla cartografia dell'idrologia superficiale già perimetrati.

Per le zone ricadenti in a



**Figure 6 Quadro d'insieme delle aree di progetto**

Sono state individuate 53 interferenze tra il cavidotto ed il reticolo e le aree a rischio idraulico e 24 interferenze tra la viabilità nuova ed il reticolo e le aree a rischio idraulico, alcune tra le due tipologie di interferenze coincidono, come meglio sintetizzato nel paragrafo relativo.

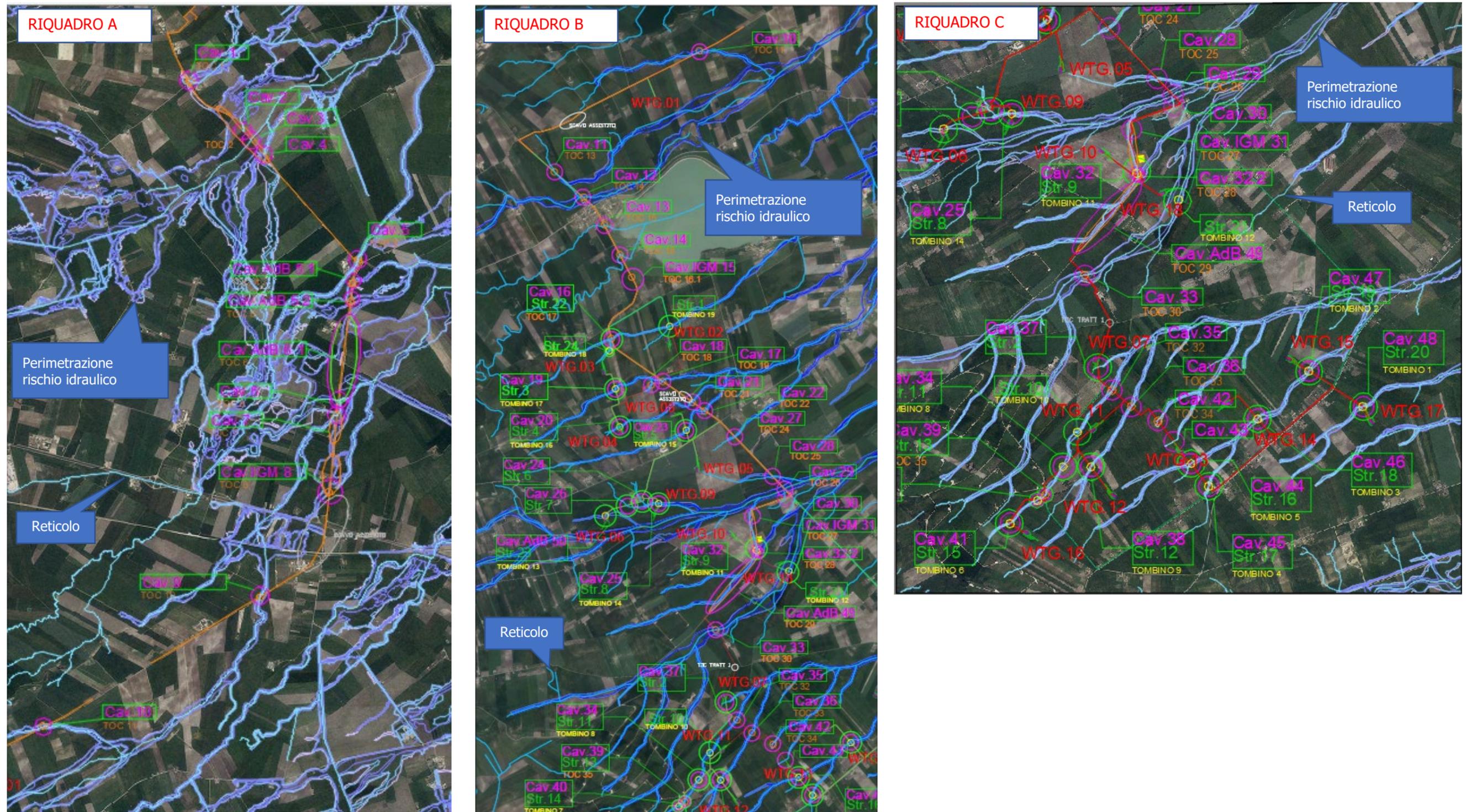


Figure 7 Inquadramento delle interferenze del cavidotto e delle strade di accesso con il reticolo idrografico e con le aree a rischio idraulico su base ortofo.

i impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, sono **opere di pubblica utilità pubblica** ai sensi del Decreto Legislativo 29 Dicembre 2003, n.387 (*Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità*), e pertanto sono consentite anche in aree classificate come *Alvei fluviali in modellamento attivo e Aree golenali*, **ai sensi dell'art. 6 e 10 delle NTA del PAI**, purché coerenti con gli obiettivi del Piano stesso.

Pertanto le opere e gli attraversamenti siti a meno di 150 metri dal reticolo, assoggettati agli artt. 6 e 10 delle N.T.A. del PAI, sono soggetti all'acquisizione del parere dall'Autorità di Bacino della Puglia.

Nello specifico, **l'opera in oggetto risulta essere non delocalizzabile** e sostanzialmente si configura come "...l'ampliamento e la ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente Piano e con la pianificazione degli interventi di mitigazione. Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al parere vincolante dell'Autorità di Bacino" rientrando pertanto tra le opere assentibili ai sensi dell'**articolo 6** "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" **comma 4 delle NTA del PAI**.

Pertanto, al **comma 7**, si richiede "in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata." ed al **comma 8** si definisce che "Quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato e le condizioni morfologiche non ne consentano la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m."

Le **NTA del PAI all' art. 10** "Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale", chiariscono che sono possibili interventi di realizzazione di opere di interesse pubblico interessanti gli alvei fluviali e le fasce di pertinenza fluviale definite dal comma 3 "Quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che



in sinistra, contermina all'area golenale, come individuata all'art. 6 comma 8, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.”

Pertanto, è stato redatto il presente Studio, conformemente al dettato normativo delle NTA del PAI, finalizzato alla determinazione delle aree inondabili, con tempo di ritorno di 200 anni, per i bacini idrografici con sezioni di chiusura situate a valle delle aree di interesse individuate.

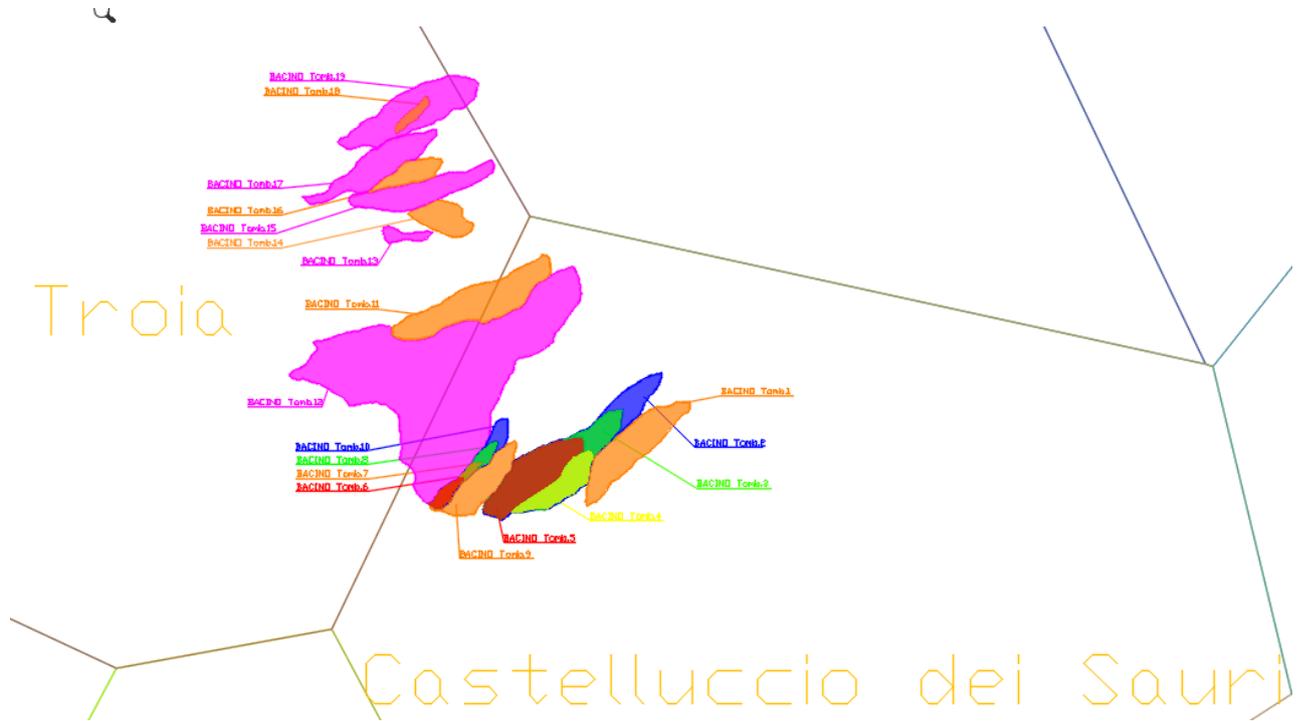
L'impianto in oggetto è in considerazione di quanto su citato compatibile con le prescrizioni e le finalità del PAI.

Lo studio idrologico-idraulico è stato organizzato secondo i seguenti punti:

- individuazione delle intersezioni del cavidotto con il reticolo superficiale;
- analisi e descrizione delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici relativi alle aree di intersezione;
- studio idrologico dei bacini di interesse, previa caratterizzazione del regime climatico delle aree;
- studio idraulico delle aste fluviali di interesse e determinazione dei livelli idrici e delle aree inondabili al variare del tempo di ritorno;
- analisi e valutazione della compatibilità idraulica delle opere oggetto di autorizzazione.

**Per lo studio delle portate di piena sono stati reperiti i dati di pioggia delle stazioni pluviometriche di Troia e di Castelluccio dei Sauri, delle quali i poligoni di Thiessen contengono i bacini idrografici tracciati.**





**Figure 8 Poligono di Thiessen su base ortofoto.**

### 3. DESCRIZIONE DELLE INTERFERENZE

#### 3.1. REALIZZAZIONE DEL CAVIDOTTO DI PROGETTO

Nello studio in narrativa sono state individuate 53 interferenze tra il cavidotto ed il reticolo e le aree a rischio idraulico e 24 interferenze tra la viabilità nuova ed il reticolo e le aree a rischio idraulico, alcune tra le due tipologie di interferenze coincidono.

Le interferenze e le tecniche adottate per risolverle sono sinteticamente riportate nella tabella che segue:

INTERFERENZE					
CAVIDOTTO	VIABILITA'	Reticolo	Area Rischio idraulico AdB	Soluzione	
CAV 1		X	X	TOC 1	
CAV 2		X	X	TOC 2	
CAV 3		X	X	TOC 2	
CAV 4		X	X	TOC 2	
CAV 5		X	X	TOC 3	
CAV. Area AdB 5.1			X	TOC 4	
CAV. Area AdB 5.2			X	TOC 5	
CAV. Area AdB 6.1			X	TOC 6	
CAV 6		X	X	TOC 6	
CAV 7		X	X	TOC 7	
CAV. 8 IGM		X	X	TOC 8	
CAV 9		X	X	TOC 10	
CAV 10		X	X	TOC 11	
CAV 11		X		TOC 13	
CAV 12		X	X	TOC 14	
CAV 13		X		TOC 15	
CAV 14		X		TOC 16	
CAV. 15 IGM		X		TOC 16.1	
CAV. 16	STR. 22	X		TOC 17	
CAV. 17		X	X	TOC 19	
CAV. 18		X	X	TOC 18	
CAV. 19	STR. 3	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.17
CAV. 20	STR. 4	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.16
CAV. 21		X	X	TOC 21	
CAV. 22		X	X	TOC 22	
CAV. 23	STR. 5	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.15



CAV. 24	STR. 6	X		SCAVO E RIPRISTINO	
CAV. 25	STR. 8	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.14
CAV. 26	STR. 7	X		SCAVO E RIPRISTINO	
CAV. 27		X	X	TOC 24	
CAV. 28		X	X	TOC 25	
CAV. 29		X	X	TOC 26	
CAV. 30		X		SCAVO E RIPRISTINO	
CAV. 31 IGM		X	X	TOC 27	
CAV. 32	STR.9	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.11
CAV. 32.2			X	TOC 28	
CAV. 33		X	X	TOC 30	
CAV. 34	STR.11	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.8
CAV. 35		X	X	TOC 32	
CAV. 36		X	X	TOC 33	
CAV. 37	STR.2	X	escluso dalla perimetrazione	trascurabile	
CAV. 38	STR.12	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.9
CAV. 39	STR.13	X	X	TOC 35	
CAV. 40	STR.14	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.7
CAV. 41	STR.15	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.6
CAV. 42		X	X	TOC 34	
CAV. 43		X	escluso dalla perimetrazione	trascurabile	
CAV. 44	STR.16	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.5
CAV. 45	STR.17	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.4
CAV. 46	STR.18	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.3
CAV. 47	STR.19	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.2
CAV. 48	STR.20	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.1
	STR. 1	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.19
	STR. 10	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.10
	STR. 21	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.12
	STR. 23		X	STAFFAGGIO	TOMB.13
	STR. 24	X	X	STAFFAGGIO	TOMB.18

Si precisa che per coerenza con gli altri elaborati di progetto la numerazione delle Toc su riportata non è completa in ordine crescente poiché sono riportate solo quelle relative alle interferenze idrauliche tralasciando le ulteriori toc previste per risolvere le interferenze riscontrate con i tratturi e con le aree archeologiche.



*Consulenza: Atech srl - Statkraft*

*Proponente: STATKRAFT - SKI 05 SRL*

**STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA**

*Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico denominato  
CELONE, ed opere connesse composto da 18 aerogeneratori per una potenza  
complessiva di 111,6MW ubicato nei comuni di Foggia-Lucera e Troia.*

Le immagini che seguono riportano tutte le toc previste in progetto (in ciano quelle idrauliche, in rosso per le aree archeologiche ed in viola per i tratturi).



Consulenza: **Atech srl - Statkraft**

Proponente: **STATKRAFT - SKI 05 SRL**

## **STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA**

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico denominato **CELONE**, ed opere connesse composto da 18 aerogeneratori per una potenza complessiva di 111,6MW ubicato nei comuni di Foggia-Lucera e Troia.



**Figure 9-Ubicazione siti utilizzo del sistema di trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.).**



### **3.2.INTERSEZIONI CAVIDOTTO-RETICOLI IDROGRAFICI**

Il presente paragrafo è redatto al fine di fornire una descrizione della tecnica di posa del cavidotto, necessario alla realizzazione della connessione elettrica dell'impianto, nei tratti interferenti con il reticolo idrografico presente sul territorio.

Le intersezioni saranno risolte nel modo seguente:

- con lo staffaggio del cavidotto sull'opera di attraversamento lato valle;
- con la trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.), ad una profondità minima di 2.00 m rispetto al fondo alveo, in maniera da non interferire minimamente sia con il deflusso superficiale che con gli eventuali scorrimenti in subalvea. In fase esecutiva si procederà con indagini in loco al fine di verificare la presenza di eventuali sotto-servizi per evitare possibili interferenze;

In tutti i casi si avrà cura di ripristinare l'attuale configurazione morfologica dei luoghi.

La scelta della tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) permette di evitare interferenze sul regime idraulico e di limitare l'impatto ambientale.

In prossimità del reticolo idrografico il cavidotto elettrico, posto alla profondità di minimo 1,50 m dal piano stradale, verrà spinto oltre il reticolo con la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.).



**Figure 10-Sistema di trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.).**

Tale tecnica consente di posare, per mezzo della perforazione orizzontale controllata, linee di servizio sotto ostacoli quali strade, fiumi e torrenti, edifici e autostrade, con scarso o nessun impatto sulla superficie.

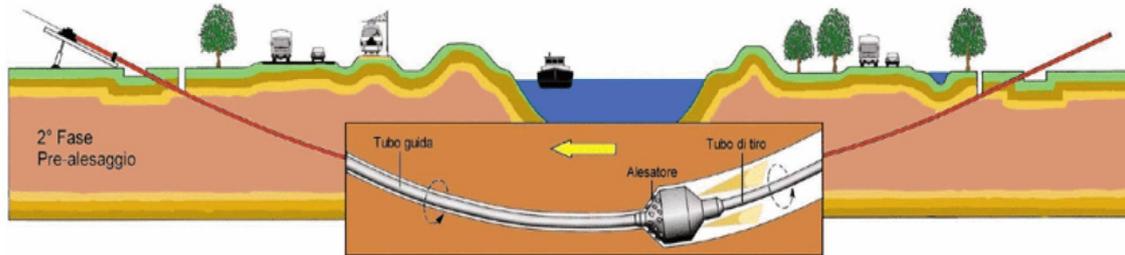
Questo tipo di perforazione consiste essenzialmente nella realizzazione di un cavidotto sotterraneo mediante il radio-controllo del suo andamento plano-altimetrico. Il controllo della perforazione è reso possibile dall'utilizzo di una sonda radio montata in cima alla punta di perforazione, questa sonda dialogando con l'unità operativa esterna permette di controllare il percorso della trivellazione e correggere in tempo reale gli eventuali errori.

L'esecuzione della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.) consta essenzialmente di due fasi di lavoro:

- In una prima fase, dopo aver piazzato la macchina perforatrice, si realizza un foro pilota, infilando nel terreno, mediante spinta e rotazione, una successione di aste che guidate opportunamente dalla testa, crea un percorso sotterraneo che va da un pozzetto di partenza a quello di arrivo;
- nella seconda fase si prevede che il recupero delle aste venga sfruttato per portarsi dietro un alesatore che, opportunamente avvitato al posto della testa, ruotando con le aste genera il foro del diametro voluto ( $\varphi = 200 \div 500\text{mm}$ ). Insieme all'alesatore, o successivamente, vengono posati in opera i tubi camicia che ospiteranno il cavidotto. Infine si effettuerà il riempimento delle tubazioni con bentonite.



**Figure 11 – Schema della fase di realizzazione del foro pilota.**



**Figure 12- Schema della fase di trivellazione di allargamento del perforo.**

Il tracciato realizzato mediante tale tecnica consente in genere, salvo casi particolari, inclinazioni dell'ordine dei 12÷15 gradi.

L'ubicazione dei pozzetti prefabbricati di partenza e di arrivo, previsti alle estremità del tratto di cavidotto interrato, avverrà al di fuori dell'area di esondazione duecentennale e verranno realizzati con anelli prefabbricati in cemento armato sigillati con malta idroespansiva, dotati di chiusini con guarnizioni a tenuta in grado di funzionare correttamente anche in caso di eventi alluvionali.

Nei tratti più lunghi si procederà con l'inserimento di pozzetti intermedi seguendo i medesimi accorgimenti sopra descritti utilizzando per il riempimento materiale di cava con caratteristiche prestazionali ben superiori a quello scavato in loco.

#### 4. DESCRIZIONE DEI BACINI IDROGRAFICI

L'area oggetto di intervento ricade in agro dei comuni di Foggia, Lucera e Troia.

Lo studio idraulico che segue è improntato sulla verifica delle aste lungo le quali si configurano le interferenze con la viabilità di progetto per le quali sono previste opportune in opera di attraversamento idraulico con tubazioni armco tali da garantire la continuità idraulica dei luoghi.

Sono stati individuati n. 19 bacini idrografici per altrettanti attraversamenti draulici.

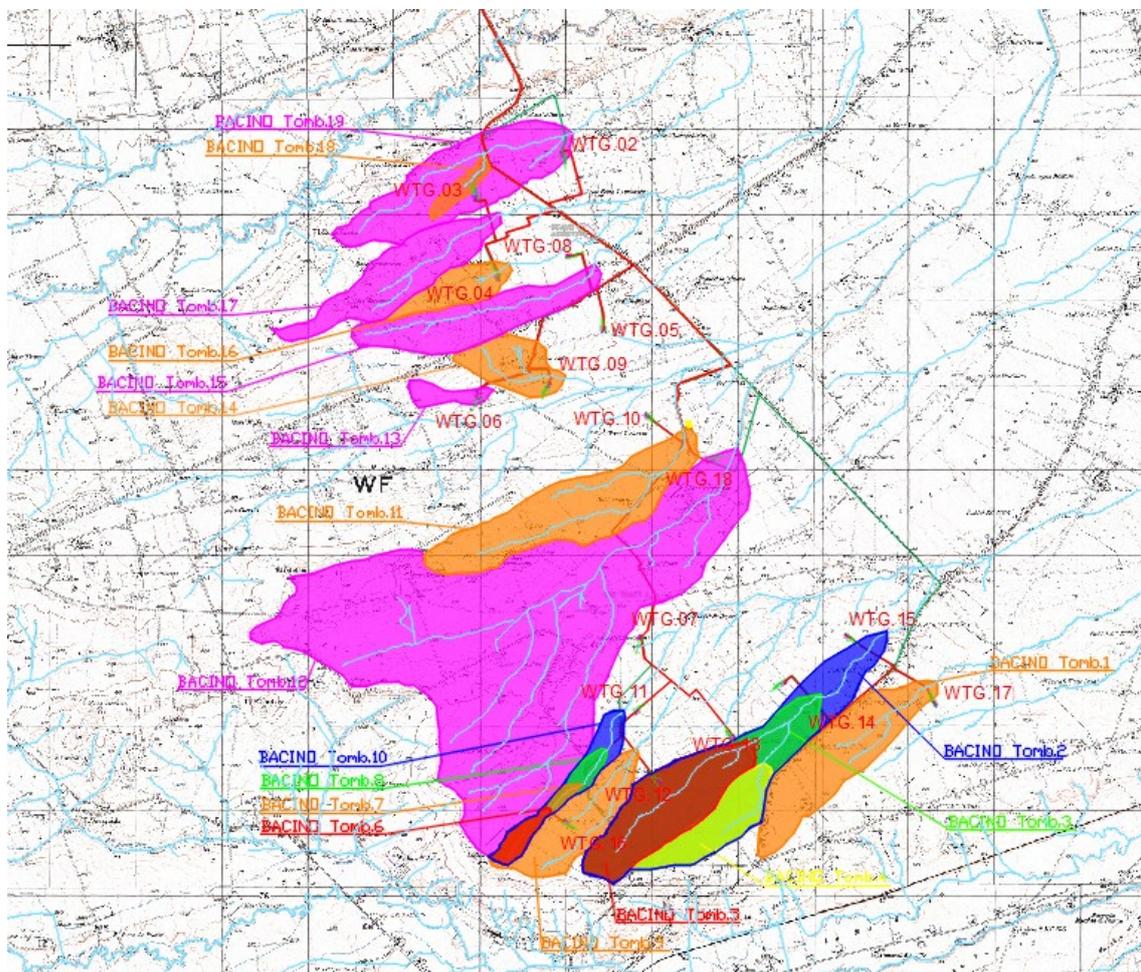
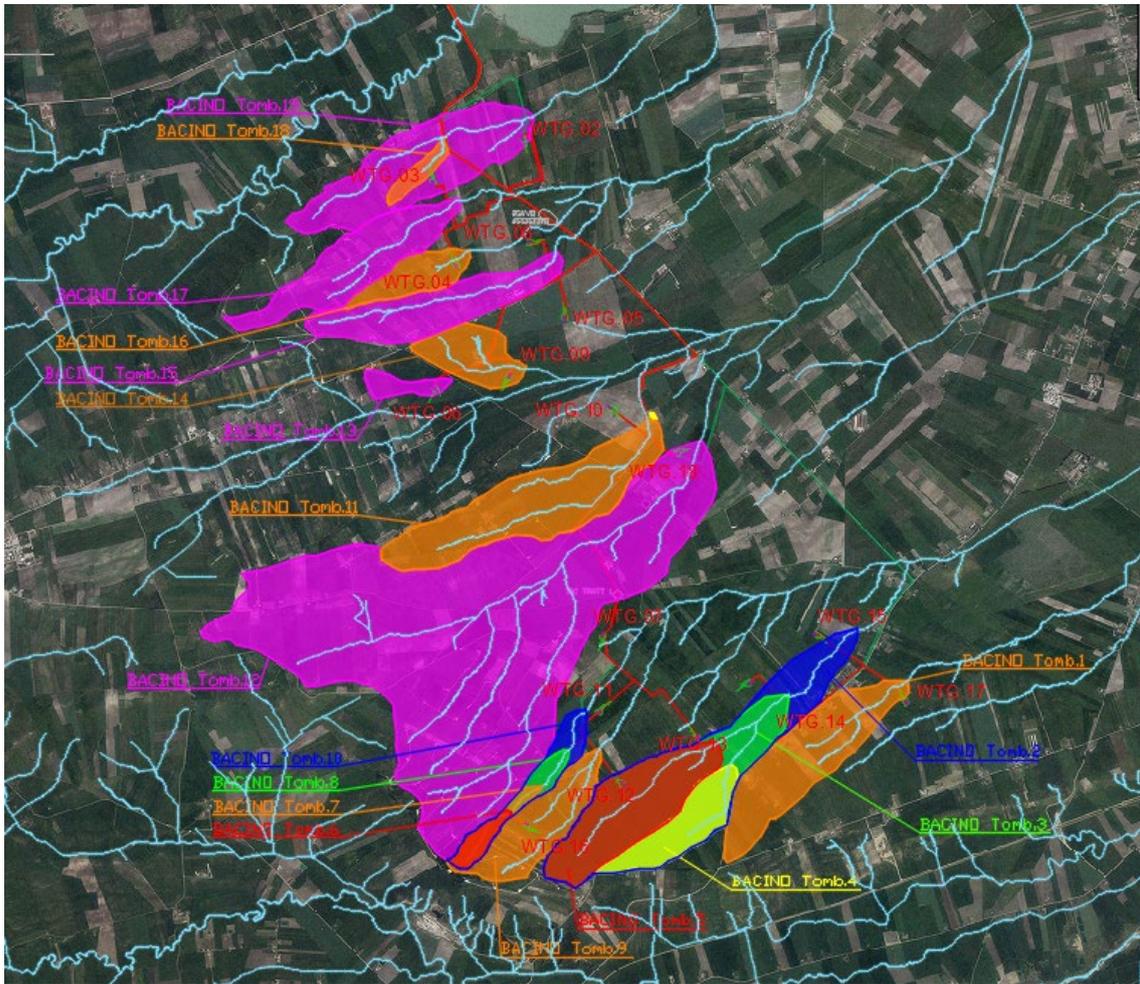


Figure 13-Inquadramento dei bacini idrografici su IGM 1: 25.000



**Figure 14-Inquadramento dei bacini idrografici su Ortofoto**

Delle analisi effettuate nei capitoli precedente si riportano le tabelle di sintesi delle caratteristiche geomorfologiche di ciascun bacino idrografico individuato.

**BACINO 1**

Dati geomorfologici	
L = lungh. dell'asta princ. [m]	1450.00
L = lungh. dell'asta princ. [Km]	1.45
L <sub>p</sub> = Flowlength MAX [m]	1450.00
H <sub>max</sub> = H massima del bacino	285.00
H = H media del bacino [m]	245.00
H <sub>min</sub> = H minima del bacino [m]	205.00
H <sub>m</sub> = H monte dell'asta princ. [m]	240.00
H <sub>a</sub> = H media dell'asta princ. [m]	222.50
V <sub>m</sub> = Velocità media dell'acqua [Kmh]	1.00
A = Superficie del Bacino [m <sup>2</sup> ]	1473655
A = Area di bacino [Km <sup>2</sup> ]	1.47
i <sub>m</sub> = Pendenza media del bacino [%]	5.52
i <sub>a</sub> = Pendenza media dell'asta principale [% o m/m]	0.02

**BACINO 2**

Dati geomorfologici	
L = lungh. dell'asta princ. [m]	4295.00
L = lungh. dell'asta princ. [Km]	4.30
L <sub>p</sub> = Flowlength MAX [m]	4295.00
H <sub>max</sub> = H massima del bacino	340.00
H = H media del bacino [m]	270.00
H <sub>min</sub> = H minima del bacino [m]	200.00
H <sub>m</sub> = H monte dell'asta princ. [m]	325.00
H <sub>a</sub> = H media dell'asta princ. [m]	262.50
V <sub>m</sub> = Velocità media dell'acqua [Kmh]	1.00
A = Superficie del Bacino [m <sup>2</sup> ]	3062316
A = Area di bacino [Km <sup>2</sup> ]	3.06
i <sub>m</sub> = Pendenza media del bacino [%]	3.26
i <sub>a</sub> = Pendenza media dell'asta principale [% o m/m]	0.03

**BACINO 3**

Dati geomorfologici	
L = lungh. dell'asta princ. [m]	3140.00
L = lungh. dell'asta princ. [Km]	3.14
L <sub>p</sub> = Flowlength MAX [m]	3140.00
H <sub>max</sub> = H massima del bacino	340.00
H = H media del bacino [m]	287.50
H <sub>min</sub> = H minima del bacino [m]	235.00
H <sub>m</sub> = H monte dell'asta princ. [m]	325.00
H <sub>a</sub> = H media dell'asta princ. [m]	280.00
V <sub>m</sub> = Velocità media dell'acqua [Kmh]	1.00
A = Superficie del Bacino [m <sup>2</sup> ]	2544890
A = Area di bacino [Km <sup>2</sup> ]	2.54
i <sub>m</sub> = Pendenza media del bacino [%]	3.34
i <sub>a</sub> = Pendenza media dell'asta principale [% o m/m]	0.03

**BACINO 4**

Dati geomorfologici	
L = lungh. dell'asta princ. [m]	1070.00
L = lungh. dell'asta princ. [Km]	1.07
L <sub>p</sub> = Flowlength MAX [m]	1070.00
H <sub>max</sub> = H massima del bacino	340.00
H = H media del bacino [m]	297.50
H <sub>min</sub> = H minima del bacino [m]	255.00
H <sub>m</sub> = H monte dell'asta princ. [m]	325.00
H <sub>a</sub> = H media dell'asta princ. [m]	290.00
V <sub>m</sub> = Velocità media dell'acqua [Kmh]	1.00
A = Superficie del Bacino [m <sup>2</sup> ]	708578
A = Area di bacino [Km <sup>2</sup> ]	0.71
i <sub>m</sub> = Pendenza media del bacino [%]	7.94
i <sub>a</sub> = Pendenza media dell'asta principale [% o m/m]	0.07

**BACINO 5**

Dati geomorfologici	
L = lungh. dell'asta princ. [m]	2128.00
L = lungh. dell'asta princ. [Km]	2.13
L <sub>p</sub> = Flowlength MAX [m]	2128.00
H <sub>max</sub> = H massima del bacino	340.00
H = H media del bacino [m]	295.00
H <sub>min</sub> = H minima del bacino [m]	250.00
H <sub>m</sub> = H monte dell'asta princ. [m]	325.00
H <sub>a</sub> = H media dell'asta princ. [m]	287.50
V <sub>m</sub> = Velocità media dell'acqua [Kmh]	1.00
A = Superficie del Bacino [m <sup>2</sup> ]	1390088
A = Area di bacino [Km <sup>2</sup> ]	1.39
i <sub>m</sub> = Pendenza media del bacino [%]	4.23
i <sub>a</sub> = Pendenza media dell'asta principale [% o m/m]	0.04

**BACINO 6**

Dati geomorfologici	
L = lungh. dell'asta princ. [m]	771.00
L = lungh. dell'asta princ. [Km]	0.77
L <sub>p</sub> = Flowlength MAX [m]	771.00
H <sub>max</sub> = H massima del bacino	375.00
H = H media del bacino [m]	351.50
H <sub>min</sub> = H minima del bacino [m]	328.00
H <sub>m</sub> = H monte dell'asta princ. [m]	365.00
H <sub>a</sub> = H media dell'asta princ. [m]	346.50
V <sub>m</sub> = Velocità media dell'acqua [Kmh]	1.00
A = Superficie del Bacino [m <sup>2</sup> ]	174033
A = Area di bacino [Km <sup>2</sup> ]	0.17
i <sub>m</sub> = Pendenza media del bacino [%]	6.10
i <sub>a</sub> = Pendenza media dell'asta principale [% o m/m]	0.05



**BACINO 7**

Dati geomorfologici	
L = lungh. dell'asta princ. [m]	1277.00
L = lungh. dell'asta princ. [Km]	1.28
L <sub>p</sub> = Flowlength MAX [m]	1277.00
H <sub>max</sub> = H massima del bacino	375.00
H = H media del bacino [m]	341.50
H <sub>min</sub> = H minima del bacino [m]	308.00
H <sub>m</sub> = H monte dell'asta princ. [m]	365.00
H <sub>a</sub> = H media dell'asta princ. [m]	336.50
V <sub>m</sub> = Velocità media dell'acqua [Kmh]	1.00
A = Superficie del Bacino [m <sup>2</sup> ]	234833
A = Area di bacino [Km <sup>2</sup> ]	0.23
i <sub>m</sub> = Pendenza media del bacino [%]	5.25
i <sub>a</sub> = Pendenza media dell'asta principale [% o m/m]	0.04

**BACINO 8**

Dati geomorfologici	
L = lungh. dell'asta princ. [m]	1781.00
L = lungh. dell'asta princ. [Km]	1.78
L <sub>p</sub> = Flowlength MAX [m]	1781.00
H <sub>max</sub> = H massima del bacino	375.00
H = H media del bacino [m]	331.00
H <sub>min</sub> = H minima del bacino [m]	287.00
H <sub>m</sub> = H monte dell'asta princ. [m]	365.00
H <sub>a</sub> = H media dell'asta princ. [m]	326.00
V <sub>m</sub> = Velocità media dell'acqua [Kmh]	1.00
A = Superficie del Bacino [m <sup>2</sup> ]	359768
A = Area di bacino [Km <sup>2</sup> ]	0.36
i <sub>m</sub> = Pendenza media del bacino [%]	4.94
i <sub>a</sub> = Pendenza media dell'asta principale [% o m/m]	0.04

**BACINO 9**

Dati geomorfologici	
L = lungh. dell'asta princ. [m]	1888.00
L = lungh. dell'asta princ. [Km]	1.89
L <sub>p</sub> = Flowlength MAX [m]	1888.00
H <sub>max</sub> = H massima del bacino	375.00
H = H media del bacino [m]	325.00
H <sub>min</sub> = H minima del bacino [m]	275.00
H <sub>m</sub> = H monte dell'asta princ. [m]	353.00
H <sub>a</sub> = H media dell'asta princ. [m]	314.00
V <sub>m</sub> = Velocità media dell'acqua [Kmh]	1.00
A = Superficie del Bacino [m <sup>2</sup> ]	859776
A = Area di bacino [Km <sup>2</sup> ]	0.86
i <sub>m</sub> = Pendenza media del bacino [%]	5.30
i <sub>a</sub> = Pendenza media dell'asta principale [% o m/m]	0.04

**BACINO 10**

Dati geomorfologici	
L = lungh. dell'asta princ. [m]	2319.00
L = lungh. dell'asta princ. [Km]	2.32
L <sub>p</sub> = Flowlength MAX [m]	2319.00
H <sub>max</sub> = H massima del bacino	375.00
H = H media del bacino [m]	322.50
H <sub>min</sub> = H minima del bacino [m]	270.00
H <sub>m</sub> = H monte dell'asta princ. [m]	365.00
H <sub>a</sub> = H media dell'asta princ. [m]	317.50
V <sub>m</sub> = Velocità media dell'acqua [Kmh]	1.00
A = Superficie del Bacino [m <sup>2</sup> ]	530665
A = Area di bacino [Km <sup>2</sup> ]	0.53
i <sub>m</sub> = Pendenza media del bacino [%]	4.53
i <sub>a</sub> = Pendenza media dell'asta principale [% o m/m]	0.04

**BACINO 11**

Dati geomorfologici	
L = lungh. dell'asta princ. [m]	3050.00
L = lungh. dell'asta princ. [Km]	3.05
L <sub>p</sub> = Flowlength MAX [m]	3050.00
H <sub>max</sub> = H massima del bacino	303.00
H = H media del bacino [m]	245.50
H <sub>min</sub> = H minima del bacino [m]	188.00
H <sub>m</sub> = H monte dell'asta princ. [m]	278.00
H <sub>a</sub> = H media dell'asta princ. [m]	233.00
V <sub>m</sub> = Velocità media dell'acqua [Kmh]	1.00
A = Superficie del Bacino [m <sup>2</sup> ]	1930760
A = Area di bacino [Km <sup>2</sup> ]	1.93
i <sub>m</sub> = Pendenza media del bacino [%]	3.77
i <sub>a</sub> = Pendenza media dell'asta principale [% o m/m]	0.03

**BACINO 12**

Dati geomorfologici	
L = lungh. dell'asta princ. [m]	5586.00
L = lungh. dell'asta princ. [Km]	5.59
L <sub>p</sub> = Flowlength MAX [m]	5586.00
H <sub>max</sub> = H massima del bacino	346.00
H = H media del bacino [m]	265.50
H <sub>min</sub> = H minima del bacino [m]	183.00
H <sub>m</sub> = H monte dell'asta princ. [m]	280.00
H <sub>a</sub> = H media dell'asta princ. [m]	232.50
V <sub>m</sub> = Velocità media dell'acqua [Kmh]	1.00
A = Superficie del Bacino [m <sup>2</sup> ]	10040575
A = Area di bacino [Km <sup>2</sup> ]	10.04
i <sub>m</sub> = Pendenza media del bacino [%]	2.88
i <sub>a</sub> = Pendenza media dell'asta principale [% o m/m]	0.02



**BACINO 14**

Dati geomorfologici	
$L = \text{lungh. dell'asta princ. [m]}$	1198.00
$L = \text{lungh. dell'asta princ. [Km]}$	1.20
$L_p = \text{Flowlength MAX [m]}$	1198.00
$H_{max} = H \text{ massima del bacino}$	249.00
$H = H \text{ media del bacino [m]}$	228.00
$H_{min} = H \text{ minima del bacino [m]}$	207.00
$H_m = H \text{ monte dell'asta princ. [m]}$	235.00
$H_a = H \text{ media dell'asta princ. [m]}$	221.00
$V_m = \text{Velocità media dell'acqua [Kmh]}$	1.00
$A = \text{Superficie del Bacino [m}^2\text{]}$	586578
$A = \text{Area di bacino [Km}^2\text{]}$	0.59
$i_m = \text{Pendenza media del bacino [\%]}$	3.51
$i_a = \text{Pendenza media dell'asta principale [\% o m/m]}$	0.02

**BACINO 15**

Dati geomorfologici	
$L = \text{lungh. dell'asta princ. [m]}$	2785.00
$L = \text{lungh. dell'asta princ. [Km]}$	2.79
$L_p = \text{Flowlength MAX [m]}$	2785.00
$H_{max} = H \text{ massima del bacino}$	280.00
$H = H \text{ media del bacino [m]}$	240.00
$H_{min} = H \text{ minima del bacino [m]}$	200.00
$H_m = H \text{ monte dell'asta princ. [m]}$	275.00
$H_a = H \text{ media dell'asta princ. [m]}$	237.50
$V_m = \text{Velocità media dell'acqua [Kmh]}$	1.00
$A = \text{Superficie del Bacino [m}^2\text{]}$	1154775
$A = \text{Area di bacino [Km}^2\text{]}$	1.15
$i_m = \text{Pendenza media del bacino [\%]}$	2.87
$i_a = \text{Pendenza media dell'asta principale [\% o m/m]}$	0.03

**BACINO 16**

Dati geomorfologici	
$L = \text{lungh. dell'asta princ. [m]}$	435.00
$L = \text{lungh. dell'asta princ. [Km]}$	0.44
$L_p = \text{Flowlength MAX [m]}$	435.00
$H_{max} = H \text{ massima del bacino}$	267.00
$H = H \text{ media del bacino [m]}$	243.50
$H_{min} = H \text{ minima del bacino [m]}$	220.00
$H_m = H \text{ monte dell'asta princ. [m]}$	235.00
$H_a = H \text{ media dell'asta princ. [m]}$	227.50
$V_m = \text{Velocità media dell'acqua [Kmh]}$	1.00
$A = \text{Superficie del Bacino [m}^2\text{]}$	454675
$A = \text{Area di bacino [Km}^2\text{]}$	0.45
$i_m = \text{Pendenza media del bacino [\%]}$	10.80
$i_a = \text{Pendenza media dell'asta principale [\% o m/m]}$	0.03

**BACINO 17**

Dati geomorfologici	
$L = \text{lungh. dell'asta princ. [m]}$	2030.00
$L = \text{lungh. dell'asta princ. [Km]}$	2.03
$L_p = \text{Flowlength MAX [m]}$	2030.00
$H_{max} = H \text{ massima del bacino}$	301.00
$H = H \text{ media del bacino [m]}$	254.00
$H_{min} = H \text{ minima del bacino [m]}$	207.00
$H_m = H \text{ monte dell'asta princ. [m]}$	265.00
$H_a = H \text{ media dell'asta princ. [m]}$	236.00
$V_m = \text{Velocità media dell'acqua [Kmh]}$	1.00
$A = \text{Superficie del Bacino [m}^2\text{]}$	1193197
$A = \text{Area di bacino [Km}^2\text{]}$	1.19
$i_m = \text{Pendenza media del bacino [\%]}$	4.63
$i_a = \text{Pendenza media dell'asta principale [\% o m/m]}$	0.03

**BACINO 18**

Dati geomorfologici	
$L = \text{lungh. dell'asta princ. [m]}$	453.00
$L = \text{lungh. dell'asta princ. [Km]}$	0.45
$L_p = \text{Flowlength MAX [m]}$	453.00
$H_{max} = H \text{ massima del bacino}$	235.00
$H = H \text{ media del bacino [m]}$	217.00
$H_{min} = H \text{ minima del bacino [m]}$	199.00
$H_m = H \text{ monte dell'asta princ. [m]}$	215.00
$H_a = H \text{ media dell'asta princ. [m]}$	207.00
$V_m = \text{Velocità media dell'acqua [Kmh]}$	1.00
$A = \text{Superficie del Bacino [m}^2\text{]}$	148148
$A = \text{Area di bacino [Km}^2\text{]}$	0.15
$i_m = \text{Pendenza media del bacino [\%]}$	7.95
$i_a = \text{Pendenza media dell'asta principale [\% o m/m]}$	0.04

**BACINO 19**

Dati geomorfologici	
$L = \text{lungh. dell'asta princ. [m]}$	2967.00
$L = \text{lungh. dell'asta princ. [Km]}$	2.97
$L_p = \text{Flowlength MAX [m]}$	2967.00
$H_{max} = H \text{ massima del bacino}$	269.00
$H = H \text{ media del bacino [m]}$	228.00
$H_{min} = H \text{ minima del bacino [m]}$	187.00
$H_m = H \text{ monte dell'asta princ. [m]}$	247.00
$H_a = H \text{ media dell'asta princ. [m]}$	217.00
$V_m = \text{Velocità media dell'acqua [Kmh]}$	1.00
$A = \text{Superficie del Bacino [m}^2\text{]}$	1803345
$A = \text{Area di bacino [Km}^2\text{]}$	1.80
$i_m = \text{Pendenza media del bacino [\%]}$	2.76
$i_a = \text{Pendenza media dell'asta principale [\% o m/m]}$	0.02



## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DEL BACINO DI STUDIO

Il sito dove avranno sede degli aerogeneratori è compreso nei Fogli 163 (Lucera) e 164 (Foggia) della Carta Geologica d'Italia e si sviluppa a quote variabili dai 252 ai 60 m sul livello del mare

[https://sgi.isprambiente.it/geologia100k/mostra\\_foglio.aspx?numero\\_foglio=163](https://sgi.isprambiente.it/geologia100k/mostra_foglio.aspx?numero_foglio=163)

[https://sgi.isprambiente.it/geologia100k/mostra\\_foglio.aspx?numero\\_foglio=164](https://sgi.isprambiente.it/geologia100k/mostra_foglio.aspx?numero_foglio=164)



**Figure 15:** Stralcio della carta geologica d'Italia con individuazione dell'area sulla quale sorgeranno gli aerogeneratori.

Il territorio d'indagine è posto nella fascia di affioramento di formazione appartenenti al ciclo deposizionale plio- pleistocenico della pianura Dauna, con presenza di depositi alluvionali recenti in corrispondenza dei solchi erosivi dei principali corsi d'acqua che attraversano la pianura settentrionale di Lucera.

La serie deposizionale plio-pleistocenica, poggia in trasgressione sulle formazioni del basamento carbonatico mesozoico, ribassato in queste aree e rinvenibile a profondità di oltre 300-500 m. dal p.c., con ulteriore approfondimento dello stesso, oltre 1.000-2.000 m. in corrispondenza della fascia sub-appenninica. La serie carbonatica mesozoica affiora invece più ad est, in corrispondenza del promontorio garganico, con un distacco morfologico generato da una lineazione tettonica a vergenza diretta in corrispondenza della fascia pede-garganica, lungo il T.Candelaro.

In particolare, (Cfr. Carta Geologica Allegata), la successione stratigrafica dei luoghi si compone, dall'alto verso il basso, di termini riferibili alle seguenti unità, come si evince da stratigrafie AGIP eseguite in zona:

- a) "Crostoni/Terre nere di fondi palustri" (Qp) (Olocene)
- b) "Depositi fluviali terrazzati" (Qt) (Olocene)
- c) "Alluvioni Recenti e Terrazzate" (Q-Qt) (Olocene-Recente)
- d) "Sabbie marine gialle e ciottolame" (Qm2-Qc1-Qc2) (Pleistocene)
- e) "Argille scistose, Argille Marnose, Sabbie argillose " (PQa) (Pliocene- Calabr)
- f) "Depositi marini sabbioso-argillosi" (br-Qm2) (Pleistocene)
- g) "Serie Miocenica: marne e calcari brecciati) (Miocene)
- h) "Calcari compatti" (Cretaceo)
- i) "Calcari, calcari dolomitici e dolomie stratificate " (Cretacico)
- j) "Sabbie ed argille marnose grigio azzurre" (PQa-PQa) (Pliocene)

L'area oggetto dello studio ricadrà interamente nella zona di affioramento descritte ai punti a) e b), marginalmente in c), mentre quelli alla lettera d) si rinvergono a profondità comprese fra -200 e – 500 m dal p.c.

Il rilievo geologico di superficie dell'area in questione, ha evidenziato la presenza di affioramenti di materiale limo- sabbioso con livelli intercalati di ghiaie e lenti di argille limose di colore prevalentemente giallastro, appartenenti alle unità delle alluvioni terrazzate e dei depositi sabbioso limosi della sede marina plio-pleistocenica, con profondità di rinvenimento che variano da 4-5 m a poco oltre i 10-15 m. per le prime, e da 15-30 m. fino a 40 m. per le seconde. Entrambe le formazioni poggiano in sequenza sui depositi pliocenici di fondo (argille grigio-azzurre). E' frequente incontrare alla profondità media di 2-4 m. dal p.c. crostoni concrezionati calcitici di deposizione chimica secondaria "Crosta Pugliese".



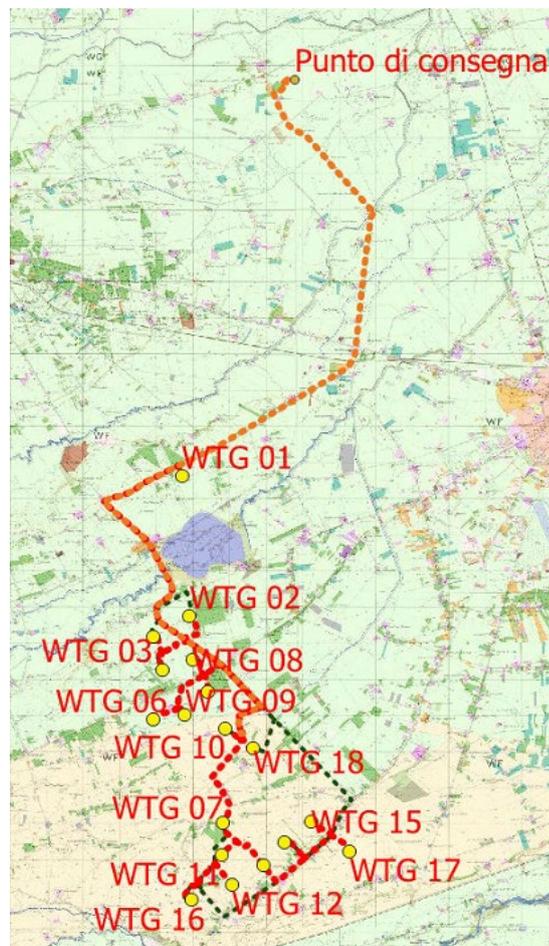
## 6. USO DEL SUOLO

Nel presente paragrafo vengono analizzati gli aspetti relativi alla componente suolo e patrimonio agroalimentare relativamente all'area vasta di interesse.

L'area d'intervento si colloca ad un'altitudine compresa fra 60 m e 327 m s.l.m., nella parte settentrionale del Tavoliere delle Puglie a circa 20 Km dal litorale adriatico e comprende parte della dall'ampia valle del F. Fortore.

Il paesaggio del sito d'intervento è abbastanza uniforme ed omogeneo, di tipo pianeggiante, dominato da coltivazioni estensive come cereali e seminativi. La vegetazione naturale è quasi del tutto assente, sia in forma di alberi isolati, di siepi e di boschetti, incolti e prati.

Non sono presenti, nella zona progettuale e nell'areale di progetto, oliveti considerati monumentali ai sensi della L.R. 14/2007.



**Figure 16: Stralcio della Carta Uso del Suolo – area intero intervento**

Il paesaggio rurale presente è prevalentemente ascrivibile alle superfici a seminativo semplice in aree non irrigue e a seminativo semplice in aree irrigue.

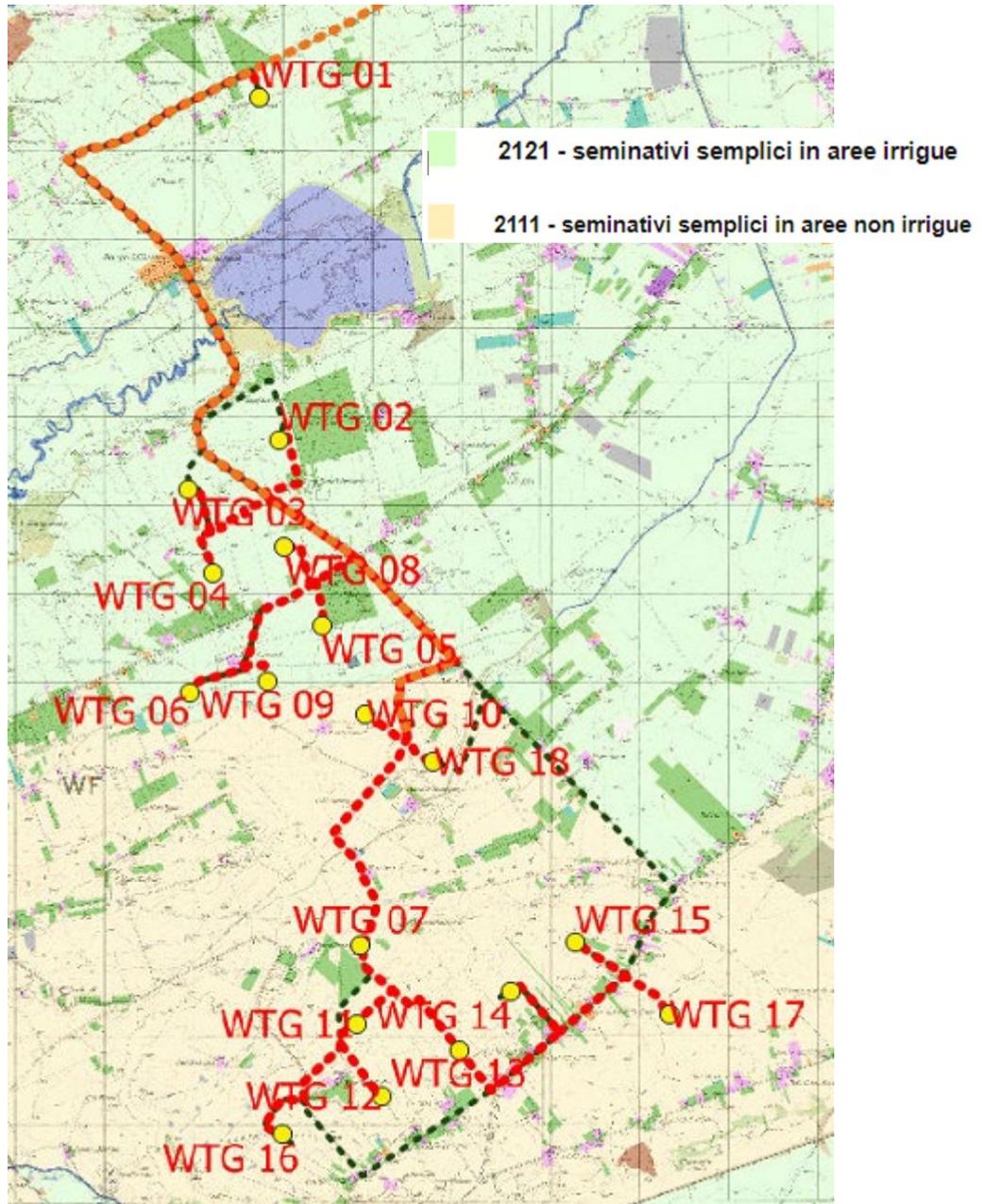


Figure 17: Stralcio della Carta Uso del Suolo – area di impianto

## **7. ANALISI REGIONALE DELLE PIOGGE IN PUGLIA**

L'approccio più moderno per lo studio degli eventi estremi in idrologia viene condotto con un insieme di procedure atte a trasferire l'informazione idrologica e nota come "analisi regionale".

Alla base di un modello di regionalizzazione vi è la preventiva individuazione del meccanismo fisico-stocastico, che spiega la distribuzione della variabile idrologica di interesse nello spazio e nel dominio di frequenza statistica.

La scelta del tipo di modello richiede la conoscenza di alcuni aspetti fondamentali legati alle risorse dedicabili allo studio, alla qualità dell'informazione disponibile e alla precisione richiesta dai risultati. Pertanto, la struttura del modello richiede la costruzione del risolutore numerico e un'attenta identificazione dei parametri di taratura.

Numerosi studi sono stati condotti in Inghilterra, negli Stati Uniti ed in Italia su questi modelli a più parametri, noti in letteratura con gli acronimi GEV (Jenkinson, 1955), Wakeby (Houghton 1978) e TCEV (Rossi e Versace, 1982; Rossi et al. 1984).

Quest'ultima sigla deriva dall'espressione inglese Two Component Extreme Value, che rappresenta la distribuzione di probabilità corrispondente ad un certo evento estremo, sia che provenga dalla distribuzione statistica di eventi ordinari sia che provenga da quella degli eventi straordinari. A tal fine occorre sottolineare che la principale fonte di incertezza deriva proprio dagli eventi estremamente intensi che hanno caratteristiche di rarità in ogni sito e aleatorietà per quel che riguarda il sito ove potranno verificarsi nel futuro. Ciò implica che, se in un punto eventi straordinari di un certo tipo non si siano verificati storicamente, questo non è garanzia di sicurezza sulla loro non occorrenza nel futuro.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV consente di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, che utilizza tre differenti livelli di scala spaziale per la stima dei parametri del modello probabilistico utilizzato, in modo da ottimizzare l'informazione ricavabile dai dati disponibili e dal numero di stazioni della rete di misura.

In seguito, dopo una breve indicazione circa i dati disponibili per lo studio, si procede a fornire i risultati delle varie fasi della procedura di regionalizzazione del territorio pugliese centro-meridionale, territorio nel quale ricade il bacino oggetto di studio.

I dati pluviometrici utilizzati sono quelli pubblicati sugli annali idrologici del compartimento di Bari del S.I.I, le cui stazioni formano la rete di misura delle precipitazioni su tutto il territorio regionale con un'elevata densità territoriale.



Per i massimi annuali delle precipitazioni giornaliere, è stato adottato un modello di regionalizzazione basato sull'uso della distribuzione di probabilità TCEV (legge di distribuzione di probabilità del Valore Estremo a Doppia Componente), che rappresenta la distribuzione del massimo valore conseguito, in un dato intervallo temporale, da una variabile casuale distribuita secondo la miscela di due leggi esponenziali, nell'ipotesi che il numero di occorrenze di questa variabile segua la legge di Poisson. Il modello proposto ammette che le due componenti, quella straordinaria e ordinaria, appartengano a popolazioni diverse, anche se è ammessa la loro interferenza attraverso un processo poissoniano.

L'identificazione dei parametri della distribuzione TCEV ha consentito di costruire un modello regionale con struttura gerarchica, basata su tre livelli di regionalizzazione, grazie a cui è possibile individuare regioni in cui risulta costante il coefficiente di asimmetria, quindi risultano costanti i due parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  ad esso legati (primo livello di regionalizzazione), e sottoregioni di queste, più limitate, in cui sia costante anche il coefficiente di variazione, e quindi il parametro  $\Lambda_1$  che da esso dipende (secondo livello di regionalizzazione). Il terzo livello è poi finalizzato alla ricerca di eventuali relazioni esistenti, all'interno di più piccole aree, tra il parametro di posizione della distribuzione di probabilità e le caratteristiche morfologiche. In particolare si nota che, all'interno di dette aree, i valori medi dei massimi annuali delle precipitazioni di diversa durata sono o costanti o strettamente correlati alla quota del sito di rilevamento.

La preventiva suddivisione dell'area di studio in zone e sottozone omogenee è stata effettuata in base all'analisi delle massime precipitazioni giornaliere, di cui si dispone del maggior numero di informazioni. La procedura prevede che si ricerchino zone pluviometriche omogenee, entro le quali possano ritenersi costanti i valori dei parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$ . Questi parametri non possono essere stimati da un numero ristretto di serie di dati, per cui l'analisi parte dalla possibilità di considerare le 66 stazioni come appartenenti ad un'unica zona al primo livello. I risultati ottenuti dall'analisi del I° livello e II° livello di regionalizzazione sono stati ricavati con riferimento ad un'ipotesi di invarianza dei parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$ .

L'analisi del primo livello suggerisce la presenza di un'unica zona omogenea comprensiva di tutte le stazioni della regione.

Analogamente alla procedura operata al primo livello di regionalizzazione, la successiva verifica dell'ipotesi di un'unica zona omogenea è stata effettuata attraverso il confronto delle distribuzioni di frequenza cumulata dei valori osservati del coefficiente di variazione CV e di quelli generati, ottenendo un ottimo risultato che convalida ulteriormente l'ipotesi di intera regione omogenea con un valore



costante di  $\Lambda_1$ . Alla luce di tali risultati, è stato possibile assumere realistica l'ipotesi di un'unica zona omogenea al primo e al secondo livello di regionalizzazione.

Nel riquadro a seguire si riportano i valori numerici dei parametri di interesse per lo studio.

	$\theta^*$	$\Lambda^*$	$\Lambda_1$
<b>Puglia centro meridionale</b>	2.121	0.353	17.55

La distribuzione regionale della probabilità cumulata del massimo annuale di precipitazione di assegnata durata  $X_{d,TR}$  viene espressa in funzione di una quantità  $K_{TR}$ , detta fattore probabilistico di crescita, funzione del periodo di ritorno  $TR$  e indipendente dalla durata.

Tale fattore è, in generale, funzione del tempo di ritorno  $TR$  ed è definito dal rapporto seguente:

$$K_T = \frac{X_{d,T}}{\mu(X_{d,T_R})}$$

essendo  $X_{d,TR}$  il massimo annuale di precipitazione per assegnata durata e tempo di ritorno.

La curva di distribuzione di probabilità di tale rapporto ha caratteristiche regionali in quanto è unica nell'ambito della regione nella quale sono costanti i parametri della distribuzione di probabilità della  $X_{d,TR}$ . Pertanto, fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata, all'interno della zona pluviometrica omogenea previamente identificata, è possibile esprimere la relazione tra il tempo di ritorno  $TR$  ed il fattore di crescita  $K_{TR}$ , potendo ritenere trascurabile la variabilità del fattore di crescita con la durata. Infatti, calcolando, nelle stazioni disponibili, le medie pesate dei coefficienti di asimmetria e dei coefficienti di variazione alle diverse durate, si osserva una variabilità inferiore a quella campionaria.

L'indipendenza dalla durata di  $K_{TR}$  autorizza ad estendere anche alle piogge orarie, i risultati ottenuti con riferimento alle piogge giornaliere ai primi due livelli di regionalizzazione.

Sulla scorta dei valori regionali dei parametri  $\theta^*$ ,  $\Lambda^*$  e  $\Lambda_1$ , è possibile calcolare la curva di crescita per la Puglia centro – meridionale, anche se tale fattore può essere calcolata in funzione di  $TR$  attraverso una approssimazione asintotica della curva di crescita, che ha la seguente forma:

$$K_{TR} = a + b * \ln(T_R)$$



in cui i parametri a e b sono esprimibili in funzione dei valori regionali di  $\theta^*$ ,  $\Lambda^*$  e  $\Lambda_1$ .

Per la Puglia settentrionale, l'espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, quindi, la seguente:

$$K_T = 0.5648 + 0.415 * \ln T_R \quad (1)$$

Per la Puglia centro-meridionale, l'espressione della curva di crescita approssimata attraverso la relazione precedente è, invece, la seguente:

$$K_T = 0.1599 + 0.5166 * \ln T_R \quad (2)$$

anche se va rimarcato come l'utilizzo di questa approssimazione comporta una sottostima del fattore di crescita, con valori superiori al 10% per  $T < 50$  anni e superiori al 5% per  $T < 100$  anni.

Nel terzo livello di analisi regionale viene analizzata la variabilità spaziale del parametro di posizione (media, moda, mediana) delle serie storiche in relazione a fattori locali. Nell'analisi delle piogge orarie, in analogia ai risultati classici della statistica idrologica, per ogni sito è possibile legare il valore medio  $\mu(X_t)$  dei massimi annuali della precipitazione media di diversa durata alle durate stesse, attraverso la relazione:

$$\mu(X_d) = ad^n$$

essendo a ed n due parametri variabili da sito a sito. Ad essa si dà il nome di curva di probabilità pluviometrica.

Per l'intera regione pugliese si hanno le seguenti zone omogenee di 3° livello:

- nell'area della Puglia settentrionale, il VAPI Puglia fornisce l'individuazione di 4 aree omogenee dal punto di vista del legame fra altezza di precipitazione giornaliera  $\mu(X_g)$  e quota. Ognuna di esse è caratterizzata da una correlazione lineare con elevati valori dell'indice di determinazione tra i valori  $\mu(X_g)$  e le quote sul mare h:

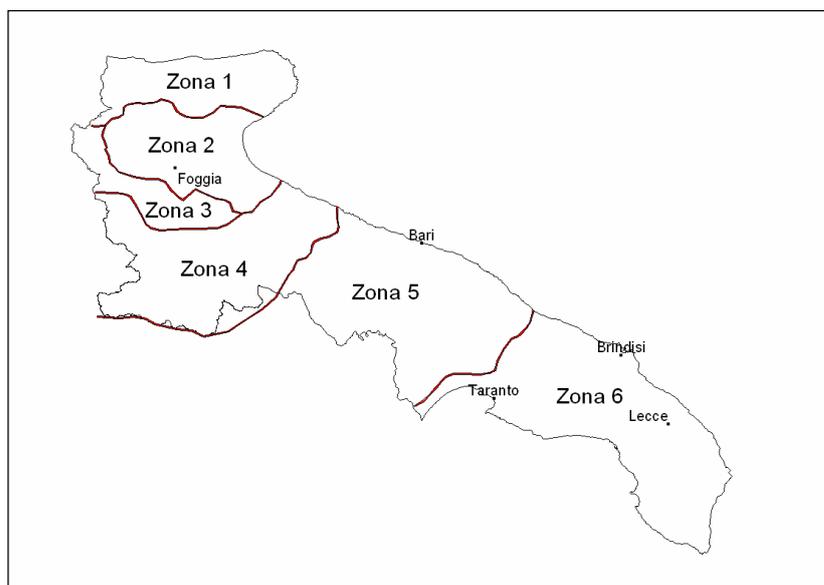
<b>ZONA 1-3</b>	$\mu(h,t) = at^{(ch+D+\ln a - \ln a)/\ln 24}$
<b>ZONA 2-4</b>	$\mu(h,t) = at^n$

in cui C e D sono parametri che dipendono dall'area omogenea;



- nell'area centro-meridionale della Puglia, il VAPI fornisce l'individuazione di una analoga dipendenza della precipitazione giornaliera dalla quota sul livello medio mare per le 66 stazioni pluviometriche esaminate nella regione.

Il territorio è suddivisibile in due sottozone omogenee individuate dal Nord-Barese - Murgia Centrale e dalla Penisola Salentina, contrassegnate rispettivamente come zona 5 e zona 6, in continuità con quanto visto in Puglia Settentrionale.



**Figure 18 - Regione Puglia: zone omogenee al 3° livello.**

Alla luce di quanto fin qui esposto, la relazione che lega l'altezza media di precipitazione alla durata ed alla quota del sito, per le due aree in esame, è generalizzata nella forma:

$$\mu(X_d) = a d^{(Ch+D+\ln\alpha-\ln a)/\ln 24} \quad (3)$$

in cui  $a$  è il valor medio, pesato sugli anni di funzionamento, dei valori di  $\square(X_d)$  relativi alle serie con  $N \geq 10$  anni ricadenti in ciascuna zona omogenea e  $\alpha = x_g/x_{24}$  è il rapporto fra le medie delle piogge giornaliere e quelle di durata 24 ore per serie storiche di pari numerosità.

Per la Puglia il valore del coefficiente  $\alpha$  è risultato praticamente costante sull'intera regione e pari a 0.89;  $C$  e  $D$  rappresentano invece i coefficienti della regressione lineare fra il valor medio dei massimi annuali delle piogge giornaliere e la quota sul livello del mare. Per le zone individuate, i valori dei parametri sono riportati nel riquadro a seguire.

Zona	$\alpha$	a	C	D	N
1	0,89	28,66	0,00503	3,959	-
2	0,89	22,23	-	-	0,247
3	0,89	25,325	0,000531	3,811	-
4	0,89	24,7	-	-	0,256
5	0,89	28,2	0,0002	4,0837	-
6	0,89	33,7	0,0022	4,1223	-

Quindi, per ottenere l'altezza di precipitazione della zona di interesse si deve moltiplicare il fattore di crescita (KT) per la precipitazione media:

$$h = K_T \cdot \mu(X_d) \quad (4)$$

### 7.1. Curve di possibilità climatica

Lo studio idrologico condotto ha, quindi, consentito la determinazione delle curve di possibilità climatiche a diversi tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni) in corrispondenza della sezione di chiusura dei bacini oggetto del presente studio.

Per la determinazione delle curve di possibilità climatiche con il metodo di Gumbel si è fatto riferimento alla stazione pluviometrica che interessa i bacini idrografici di interesse, la stazione pluviometrica di **Troia** e di **Castelluccio dei Sauri**.

Stazione di:		TROIA				
anni	durate [ore]					
	1	3	6	12	24	
1930	>>	>>	41.0	51.0	>>	
1932	24.4	24.6	32.0	36.8	46.6	
1948	17.8	22.0	24.4	35.6	35.6	
1953	49.2	51.0	51.0	51.0	51.0	
1955	30.6	36.6	40.8	63.4	75.6	
1956	23.2	28.6	35.6	58.0	86.2	
1957	23.2	46.0	65.0	78.0	111.8	
1958	22.0	30.4	38.8	38.8	50.6	
1959	20.8	30.2	35.0	38.6	44.6	
1960	18.4	21.4	27.2	27.8	30.4	
1961	21.0	32.0	35.4	36.0	65.0	
1962	18.6	36.0	48.0	51.6	53.0	
1963	44.6	82.4	82.4	82.4	82.4	
1964	30.2	41.4	41.4	41.4	48.4	
1965	23.4	23.4	31.4	41.6	51.6	
1967	34.0	43.0	49.8	52.4	60.0	
1970	20.0	25.0	37.0	38.6	51.2	

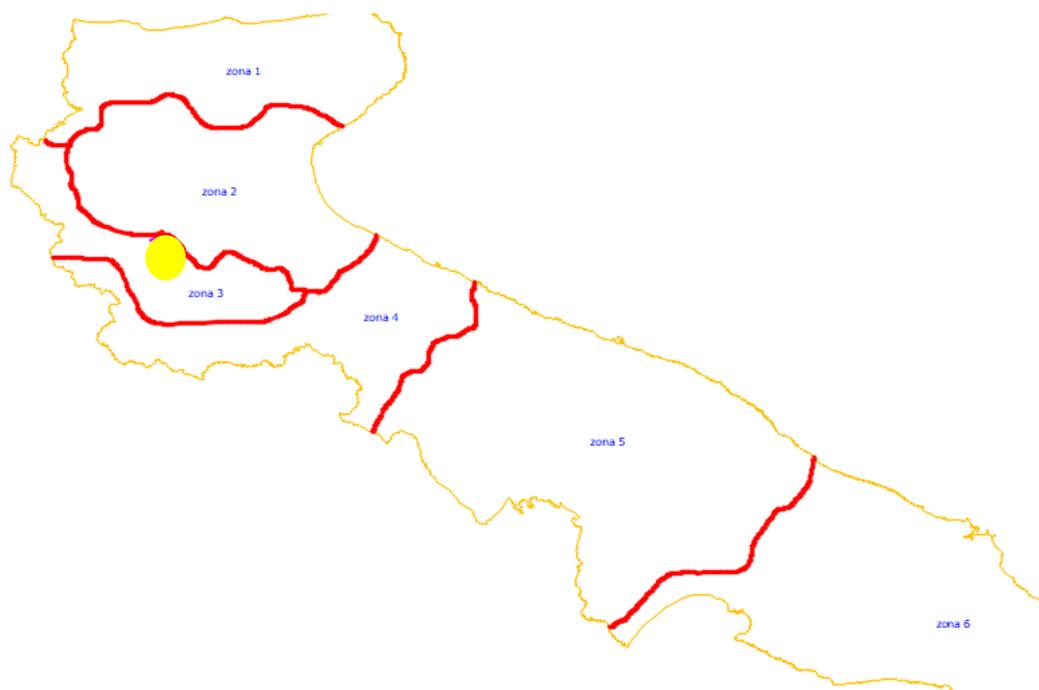


1971	20.0	33.0	55.8	73.8	103.4
1974	26.4	30.4	42.6	47.6	63.0
1975	20.8	36.8	51.6	52.8	53.4
1977	19.6	21.8	22.2	24.6	25.4
1978	18.4	21.4	32.8	38.8	54.6
1979	15.4	30.8	39.8	47.2	56.6
1980	20.0	40.8	49.2	49.4	53.6
1981	15.8	20.4	24.4	25.6	29.8
1983	17.0	29.4	30.4	41.4	49.0
1984	13.0	22.0	32.0	53.2	77.8
1989	35.6	54.4	58.4	58.4	58.4
1990	21.8	25.0	33.2	46.6	65.4
1991	49.6	54.4	54.4	54.4	74.8
1992	20.0	24.6	25.2	37.8	43.2
1993	>>	>>	>>	>>	33.0
1994	>>	>>	>>	29.4	32.0
1995	22.6	25.0	25.0	39.0	40.2
1997	34.2	34.4	34.4	34.4	34.4
1998	34.2	46.2	74.6	75.8	75.8
1999	35.2	36.8	46.6	46.6	46.8
2000	19.8	21.8	30.8	39.4	48.6
2001	18.2	34.6	63.4	68.4	69.2
2002	20.6	21.8	23.8	30.2	50.6
2003	16.4	30.0	46.0	78.8	118.6
2004	28.6	34.8	58.6	63.0	63.4
2005	65.2	79.0	80.0	80.2	80.2
2006	16.6	19.0	25.4	36.6	67.0
2007	12.8	16.0	16.0	19.8	26.4
2008	16.8	19.8	24.8	27.4	38.4
2009	71.4	73.4	75.2	85.0	100.2
2010	34.6	35.2	35.2	35.2	37.8
2011	26.4	15.8	29.4	30.4	45.0
2012	32.8	54.6	54.6	54.6	54.6

Stazione di: CASTELLUCCIO DEI SAURI					
anni	durate [ore]				
	1	3	6	12	24
1935	17.8	20.0	26.0	33.8	33.8
1936	20.6	20.6	26.2	40.2	47.8
1956	25.2	28.8	45.2	66.6	77.2
1957	12.4	19.6	33.0	36.8	67.8
1958	13.4	21.0	22.8	32.8	40.2
1960	18.0	29.0	32.0	32.0	32.2
1961	20.6	41.0	52.2	60.4	63.2
1962	28.8	33.6	38.8	40.4	41.2
1964	23.4	34.0	34.0	35.8	36.4
1965	27.8	39.6	39.6	39.6	39.8
1966	23.0	23.0	23.0	23.8	30.0
1967	19.4	28.6	38.8	38.8	42.0
1968	19.8	22.2	25.8	32.2	47.4
1969	25.0	25.8	26.4	34.0	39.2
1970	15.2	23.0	34.0	42.0	47.2
1972	22.4	25.6	30.6	30.6	38.2
1973	16.2	20.4	20.6	35.4	37.0
1974	19.8	27.8	38.0	47.8	52.2
1975	19.6	24.8	30.0	32.8	43.8
1976	27.2	39.0	39.6	39.6	58.2
1977	16.8	19.2	24.6	25.6	27.8
1978	29.4	29.4	29.8	31.0	32.8
1979	>>	36.0	41.8	51.0	51.6
1980	16.2	20.6	22.4	33.2	30.6
1981	24.4	29.2	31.6	31.6	31.6
1982	12.6	20.0	31.0	33.0	38.4
1983	20.0	35.0	36.2	43.4	51.6
1984	38.0	53.0	72.6	74.0	75.0
1985	11.6	25.8	43.0	67.2	81.6
1986	17.6	17.6	18.4	27.4	33.2
1987	>>	>>	>>	20.2	25.4
1988	12.4	14.2	26.8	30.4	30.6
1990	24.0	>>	>>	>>	69.4
1991	11.4	17.6	25.4	38.4	50.8
1992	29.0	36.0	38.6	40.0	45.4
1993	7.0	15.2	18.2	21.8	33.4
1994	90.0	93.0	93.0	93.0	93.0
1995	9.8	17.4	24.0	37.6	41.6
1996	17.2	19.8	21.4	24.6	31.8
1997	21.8	23.6	23.6	34.6	40.8
1998	26.6	32.0	41.6	42.0	42.0
1999	56.0	80.6	80.6	80.8	85.8
2000	15.6	26.2	43.6	60.0	60.0

2001	20.4	24.2	32.8	42.6	51.4
2002	27.4	27.4	27.4	30.2	51.6
2003	23.0	28.0	44.4	74.4	105.4
2004	16.6	18.4	33.8	43.4	45.0
2005	72.6	74.2	74.2	74.2	74.2
2006	22.6	24.0	26.6	35.2	57.8
2007	9.2	14.0	18.6	26.4	33.6
2008	>>	>>	>>	>>	>>
2009	19.6	27.6	29.6	29.8	41.0
2010	35.8	48.2	51.0	51.2	52.4
2011	14.6	17.8	25.6	34.8	40.2
2012	34.2	38.6	72.8	78.8	83.4

Per la determinazione delle curve di possibilità pluviometriche con il metodo VAPI si è verificato che l'area d'intervento si trova nella **zona 3** (cfr. immagine seguente). Pertanto, si è applicata la relazione (4) e utilizzando i valori della tabella relativi alla zona 3.



**Figure 19 – Zona VAPI di interesse dei bacini idrografici.**

Quindi, per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica si utilizza la seguente relazione:

Zona 3:  $x(t,z) = 25.325 t^{(0.0696 + 0.00531 z y 3.178)}$

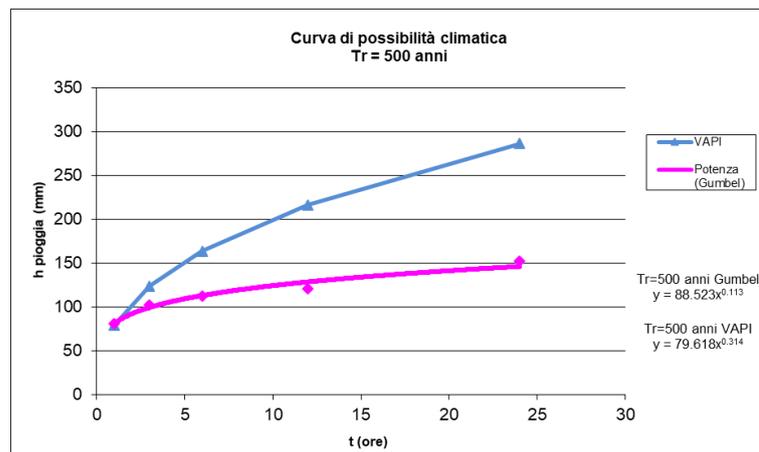
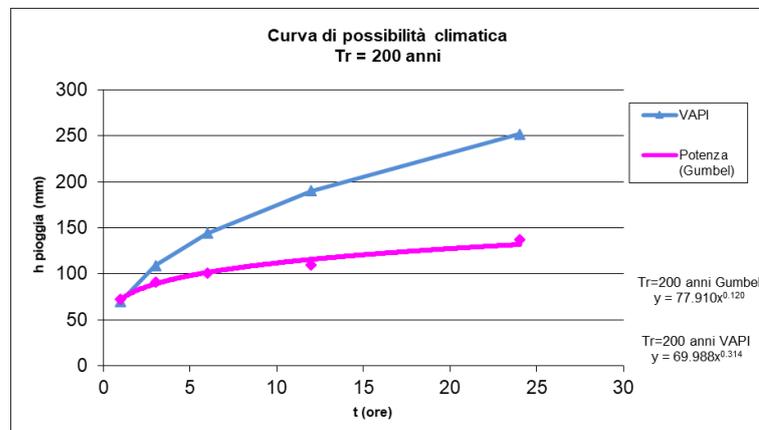
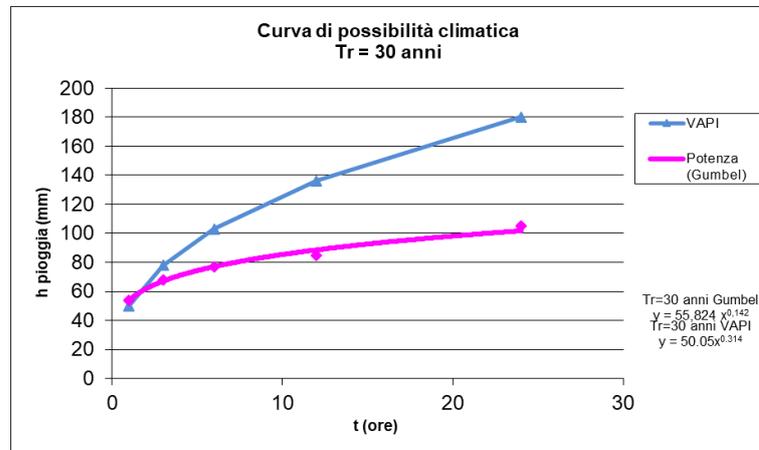
L'elaborazione dei dati pluviometrici ha condotto alla determinazione delle curve di possibilità climatica per i differenti tempi di ritorno e per ogni bacino.

Nel presente studio è stata utilizzata la curva di possibilità climatica determinata dalla metodologia che ha fornito i valori più elevati delle altezze di pioggia. Si riportano di seguito delle tabelle riassuntive relative alle altezze di pioggia, in mm, ricavate utilizzando la metodologia VAPI e quella della distribuzione probabilistica di Gumbel (cfr. tabelle seguenti):

<b>Stazione pluviometrica di Troia</b>					
<b>Tr = 30 anni</b>					
<b>Distribuzioni probabilistiche</b>	<b>DURATE</b>				
	<b>1 h</b>	<b>3 h</b>	<b>6 h</b>	<b>12 h</b>	<b>24 h</b>
<b>GUMBEL</b>	53.742	68.148	77.153	84.546	104.766
<b>VAPI</b>	50.050	77.914	103.011	136.194	180.065
<b>Tr = 200 anni</b>					
<b>Distribuzioni probabilistiche</b>	<b>DURATE</b>				
	<b>1 h</b>	<b>3 h</b>	<b>6 h</b>	<b>12 h</b>	<b>24 h</b>
<b>GUMBEL</b>	72.354	91.118	101.146	109.476	136.990
<b>VAPI</b>	69.988	108.952	144.048	190.450	251.798
<b>Tr = 500 anni</b>					
<b>Distribuzioni probabilistiche</b>	<b>DURATE</b>				
	<b>1 h</b>	<b>3 h</b>	<b>6 h</b>	<b>12 h</b>	<b>24 h</b>
<b>GUMBEL</b>	81.290	102.147	112.666	121.445	152.462
<b>VAPI</b>	79.618	123.944	163.869	216.655	286.445

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati. Tali curve sono quelle utilizzate successivamente per la valutazione delle portate di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino di interesse.



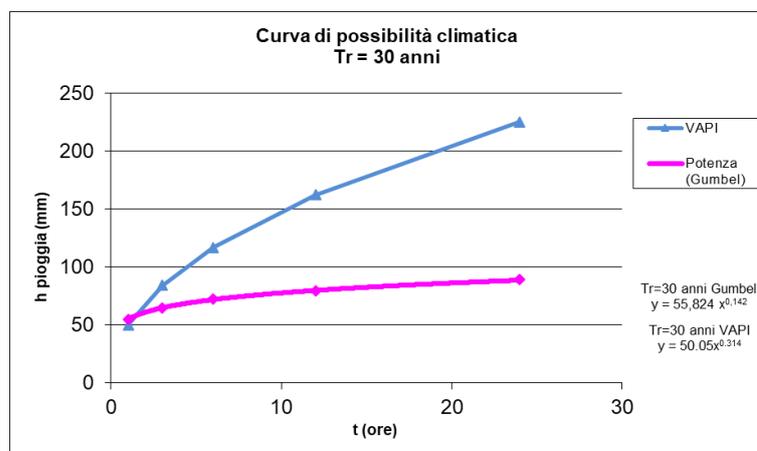


**Figure 20 –Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno – stazione pluviometrica di Troia.**



<b>Stazione pluviometrica di Castelluccio dei Sauri</b>					
<b>Tr = 30 anni</b>					
<b>Distribuzioni probabilistiche</b>	<b>DURATE</b>				
	<b>1 h</b>	<b>3 h</b>	<b>6 h</b>	<b>12 h</b>	<b>24 h</b>
<b>GUMBEL</b>	54.997	64.203	72.032	78.976	88.985
<b>VAPI</b>	50.050	84.158	116.814	162.140	225.054
<b>Tr = 200 anni</b>					
<b>Distribuzioni probabilistiche</b>	<b>DURATE</b>				
	<b>1 h</b>	<b>3 h</b>	<b>6 h</b>	<b>12 h</b>	<b>24 h</b>
<b>GUMBEL</b>	76.484	87.607	96.441	104.009	116.098
<b>VAPI</b>	69.988	117.684	163.349	226.732	314.710
<b>Tr = 500 anni</b>					
<b>Distribuzioni probabilistiche</b>	<b>DURATE</b>				
	<b>1 h</b>	<b>3 h</b>	<b>6 h</b>	<b>12 h</b>	<b>24 h</b>
<b>GUMBEL</b>	86.801	98.845	108.160	116.029	129.116
<b>VAPI</b>	79.618	133.877	185.825	257.930	358.013

Nelle figure seguenti (cfr. figure seguenti) si riportano le curve di possibilità climatiche ricavate in corrispondenza dei diversi tempi di ritorno adottati. Tali curve sono quelle utilizzate successivamente per la valutazione delle portate di piena in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino di interesse.



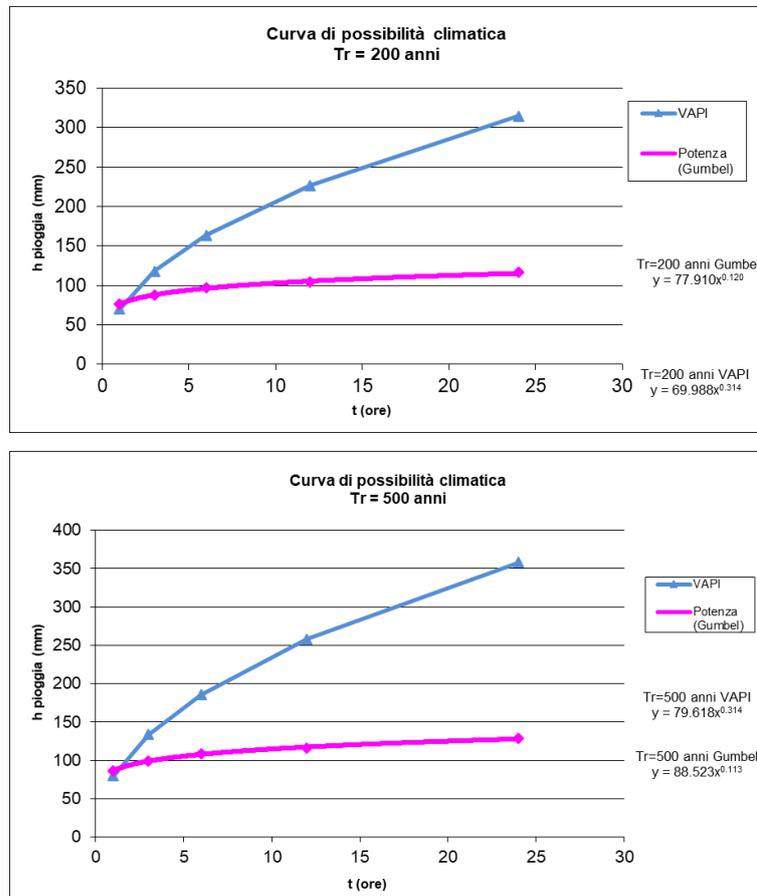


Figure 21 –Curve di possibilità climatica ai diversi tempi di ritorno – stazione pluviometrica di Castelluccio dei Sauri.

## **8. ANALISI IDRAULICA**

L'analisi idraulica, necessaria al calcolo della portata di massima piena per i bacini individuati nell'area in questione, può essere condotta secondo vari metodi, tra i quali possono essere considerati:

- i metodi empirici, che si basano unicamente su parametri morfologici del bacino in esame, senza tenere in considerazione alcuna misura pluviometrica o idrometrica;
- i metodi semiempirici (utilizzati nel presente studio), che valutano la portata anche in funzione dell'altezza di pioggia;
- i metodi analitici, che si basano sull'ipotesi di una correlazione diretta tra afflussi deflussi.

Il metodo da utilizzare dipende innanzitutto dal tipo di verifica idraulica che si intende condurre, in quanto, se si affronta un'analisi in moto permanente o addirittura uniforme, la portata massima può essere calcolata con metodi semplificati tipo il cinematico o razionale; quando la situazione morfologica ed idrografica diventa alquanto complessa, può rendersi indispensabile una verifica in moto vario e, di conseguenza, diventa necessario conoscere la forma dell'idrogramma di piena attraverso l'applicazione di metodi analitici.

In generale, nei casi di regolarità dell'asta fluviale e del bacino idrografico di pertinenza, è generalmente impiegato uno studio in moto permanente ricorrendo al metodo razionale per la determinazione della portata di massima piena.

### **8.1. Valutazione portate di piena**

La stima delle portate di piena è stata effettuata applicando metodi analitici di tipo semplificato, in grado di definire, su base geomorfologica, un parametro chiave nel processo di generazione dei deflussi di piena, quale il tempo di corrivazione del bacino ( $t_c$ ).

In particolare, è stato applicato, a diversi tempi di ritorno (30, 200 e 500 anni), il metodo di razionale e il metodo del Curve Number (CN).

#### **Metodo Razionale**

Per la determinazione della massima piena temibile è stato utilizzato il metodo razionale, che rappresenta un metodo indiretto basato sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

1. la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;



2. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
3. il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è pari ha:

$$Q = \frac{c * h * A * k}{t_c}$$

Q = portata di piena [m<sup>3</sup>/sec]

c = coefficiente di deflusso

h = pioggia netta [mm]

A = area del bacino [km<sup>2</sup>]

t<sub>c</sub> = tempo di corrivazione [ore]

k = 0.2777 (fattore che tiene conto della non uniformità delle unità di misura).

Il valore di h rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione t<sub>c</sub>: infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo t<sub>c</sub> solo una parte del bacino A contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena.

Il tempo di corrivazione, che è un parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Il tempo di corrivazione di un bacino è generalmente definito come il tempo necessario alla goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino per raggiungere la sezione di chiusura dello stesso.

Una relazione frequentemente utilizzata per il calcolo di tale grandezza è quella proposta da Giandotti (1934), valida per bacini idrografici aventi superficie (A) variabile tra 170 e 70000 km<sup>2</sup>, che si esplicita nella seguente relazione:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m}} \quad (6)$$



nella quale  $t_c$  è espresso in ore,  $A$  in  $\text{km}^2$  mentre  $L$ , la lunghezza dell'asta principale del corso d'acqua a partire dallo spartiacque, è espressa in  $\text{km}$  e  $H_m$ , altitudine media del bacino, riferita alla sezione di chiusura, in metri sul livello del mare.

Pezzoli (1970), analizzando il comportamento di alcuni bacini piemontesi, ha proposto, invece, una diversa espressione del tempo di corrivazione che ha la seguente forma:

$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_a}} \quad (7)$$

nella quale  $t_c$  è espresso in ore e  $L$  in  $\text{km}$ . Il parametro  $i_a$  rappresenta la pendenza media (m/m) dell'asta principale.

Kirpich, infine, utilizzando i dati sperimentali di sei bacini americani, nel 1940, aveva proposto una

correlazione grafica tra il tempo di corrivazione e il rapporto  $\frac{L}{\sqrt{i_a}}$ . Tale grafico, successivamente integrato dal contributo di altri dati sperimentali, ha condotto alla formulazione della seguente equazione, comunemente nota con il nome di equazione di Kirpich.

$$t_c = 0.00325 \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77} \quad (10)$$

Il complesso dei valori determinabili con le succitate equazioni può essere ben rappresentato da un'unica espressione (Ferro, Sistemazione dei Bacini Idrografici, McGraw Hill, 2002), che integra tutti i contributi sperimentali derivanti dalle esperienze condotte, ed ha la seguente equazione, nel seguito denominata P-C-W-K:

$$t_c = 0.02221 \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.8} \quad (11)$$

nella quale  $t_c$  è espresso in minuti e  $L$  in metri.

Applicando le relazioni succitate, con riferimento ai parametri geomorfologici del bacino di interesse, si sono ottenuti i vari risultati; la valutazione successiva di stima della portata di piena di calcolo è stata eseguita facendo riferimento al tempo di corrivazione valutato dalla media tra le suddette relazioni.



Si riporta di seguito la tabella con i valori medi dei tempi di corrivazione utilizzati per le valutazioni.

<b>Tc</b>	<b>Valore medio (h)</b>
<b>Bacino 1</b>	<b>0.707</b>
<b>Bacino 2</b>	<b>1.354</b>
<b>Bacino 3</b>	<b>1.131</b>
<b>Bacino 4</b>	<b>0.419</b>
<b>Bacino 5</b>	<b>0.794</b>
<b>Bacino 6</b>	<b>0.338</b>
<b>Bacino 7</b>	<b>0.456</b>
<b>Bacino 8</b>	<b>0.571</b>
<b>Bacino 9</b>	<b>0.647</b>
<b>Bacino 10</b>	<b>0.705</b>
<b>Bacino 11</b>	<b>1.046</b>
<b>Bacino 12</b>	<b>2.091</b>
<b>Bacino 14</b>	<b>0.641</b>
<b>Bacino 15</b>	<b>1.023</b>
<b>Bacino 16</b>	<b>0.326</b>
<b>Bacino 17</b>	<b>0.785</b>
<b>Bacino 18</b>	<b>0.276</b>
<b>Bacino 19</b>	<b>1.202</b>

Per ciò che concerne il coefficiente di deflusso  $\phi$ , esso è stato stimato effettuando una media pesata dei valori stimati per le differenti sub-aree isoparametriche caratterizzate da un determinato valore di tipo di terreno, dal punto di vista della geologia e dell'uso del suolo, sulla base dei valori consigliati in letteratura; i pesi sono stati calcolati in funzione delle sotto aree sull'area totale del bacino individuato.

Tra le numerose indicazioni esistenti nella letteratura tecnico-scientifica per la valutazione del coefficiente di deflusso, sono stati utilizzati i valori indicati dal Manuale di Ingegneria Civile riportati nella tabella seguente:



Tipo di terreno	Coltivato	Pascolo	Bosco
Molto permeabile: sabbia o ghiaia	0.20	0.15	0.30
Permeabile: limo	0.40	0.35	0.30
Poco permeabile: argilla o substrato roccioso	0.50	0.45	0.40
Tipologia urbanistica		$\varphi$	
Costruzioni dense		0.80	
Costruzioni Spaziate		0.60	
Aree con ampi cortili e giardini		0.50	
Zone a villini sparsi		0.30-0.40	
Giardini, prati e zone non edificabili né destinate a strade		0.20	
Parchi e boschi		0.05-0.10	

Per i bacini di interesse è stato utilizzato un **coefficiente medio di deflusso pari a 0,35**.

**Applicando i valori precedenti nella formula razionale sono stati ottenuti i valori per le portate di piena riportati nella tabella di sintesi del paragrafo 8.2**



## Metodo del Curve Number

Una metodologia per la stima delle precipitazioni efficaci che trova ampia applicazione è quella proposta dal Soil Conservation Service (1972). Il metodo, detto Metodo Curve Number ("*Soil Conservation Service Runoff Curve Number (CN) method*", detto comunemente *Curve Number*), si basa sulla assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace)  $P_{net}$  risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda  $P$  (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

nella quale  $S$  è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed  $I_a$  è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso; il parametro  $S$  corrisponde al volume idrico trattenuto dal terreno e dalla vegetazione, e quindi sottratto al deflusso superficiale dopo l'istante in cui si ha  $P > I_a$ ; fino all'istante in cui non si ha  $P > I_a$  il deflusso superficiale è da ritenersi praticamente assente.

In realtà con l'introduzione della perdita iniziale  $I_a$  si vuole tenere conto anche di quel complesso di fenomeni, quali l'intercettazione da parte della vegetazione e l'accumulo nelle depressioni superficiali del terreno, che ritardano il verificarsi del deflusso superficiale. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di  $I_a$  si può fare ricorso alla seguente relazione:

$$I_a = 0,2 S$$

che risulta verificata in buona approssimazione.

La valutazione del valore di  $S$  può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

$$S = S_0 \cdot \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

$S_0$  è un fattore di scala pari a 254 se la pioggia viene espressa in mm.



L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Il Soil Conservation Service (SCS), sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- GRUPPO A: Suoli aventi scarsa permeabilità di deflusso; capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
- GRUPPO B: Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso; elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
- GRUPPO C: Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta; scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
- GRUPPO D: Potenzialità di deflusso molto elevata; scarsissima capacità di infiltrazione e saturazione.

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo.

Tipo di copertura	A	B	C	D
Aree agricole con presenza di spazi naturali	62	71	78	81
Aree Urbane	98	98	98	98
Area residenziale	77	85	90	92
Cava	60	60	60	60
Distretti industriali	81	88	91	93
Bacini di acqua	100	100	100	100
Colture erbacee da pieno campo a ciclo primaverile estivo	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo estivo-autunnale/primaverile	72	81	88	91
Colture orticole a ciclo primaverile-estivo	72	81	88	91
Colture temporanee associate a colture permanente	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori non irrigui	62	71	78	81
Frutteti e frutti minori irrigui	72	81	88	91
Oliveti irrigui	72	81	88	91
Oliveti non irrigui	62	71	78	81
Prati stabili non irrigui	30	58	71	78
Seminativi in aree non irrigue	62	71	78	81
Sistemi colturali e particellari complessi	72	81	88	91
Vigneti irrigui	72	81	88	91
Vigneti non irrigui	62	71	78	81
Zone boscate	45	66	77	83

**Valori del CN in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale.**



<b>Classe AMC</b>	<b>Precipitazioni nei dieci giorni precedenti (mm)</b>
<b>I</b> (Terreno secco)	0 < P < 50
<b>II</b> (Umidità media)	50 < P < 110
<b>III</b> (Terreno da mediamente umido a saturo)	P > 110

**Definizione delle condizioni di umidità antecedenti l'evento (AMC).**

I valori del CN riportati nella tabella si riferiscono ad una condizione di umidità del suolo all'inizio dell'evento meteorico di tipo standard, precisamente quella intermedia indicata come AMC II (Antecedent Moisture Condition II).

Per condizioni iniziali differenti, vengono utilizzate delle relazioni di trasformazione del valore CN (II), relativo a AMC I, CN (I), ed in quello relativo a AMC III, CN (III).

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057CN_{II}} \quad CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0,13CN(II)}$$

Nella fattispecie, considerata l'entità degli interventi e l'importanza degli stessi, **si è preferito adottare un valore di Curve Number pari al CN(II) pari a 77.**

Tale procedimento ha reso possibile la stima dei due parametri  $S$  ed  $I_a$  a partire dalle caratteristiche litologiche e di uso del suolo del bacino e quindi la valutazione della pioggia netta.

Altro "tempo caratteristico" di un bacino è il "tempo di ritardo"  $t_L$  (lag time), generalmente definito come la distanza temporale tra il baricentro dell'idrogramma di piena superficiale, depurato cioè delle portate di base che sarebbero defluite nel corso d'acqua anche in assenza dell'evento di piena, e il baricentro del pluvigramma netto.

Il Soil Conservation Service (SCS) americano ha dedotto, empiricamente, che il rapporto  $t_L/t_c$  è pari a 0.6 (rapporto tra tempo di ritardo e tempo di corrivazione).

Per la stima del tempo di ritardo del bacino, nel caso in esame, si è utilizzata la formula di Mockus:



$$t_L = 0.342 \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

in cui  $s$  è la pendenza del bacino espressa in %,  $L$  la lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla dislivello espressa in Km.

Per il calcolo della portata al colmo  $Q_p$  ( $m^3/s$ ) si considera un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata  $t_a$  (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata  $t_e$  (tempo di esaurimento) e il cui volume, espresso in  $m^3$ , ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2}$$

avendo indicato con  $t_b$  la durata dell'evento di piena.

Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37.5% del volume totale  $V$  di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena  $t_b$  e pertanto:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Utilizzando le formule di cui sopra, esprimendo il volume di deflusso  $V$  in  $mm$ , il tempo  $t_a$  in ore, l'area  $A$  del bacino in  $Km^2$ , si ottiene:

$$Q_p = 0.208 \frac{VA}{t_a}$$

La determinazione di  $t_a$ , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata  $t_p$  e indicando con  $t_L$  il tempo di ritardo, come prima calcolato, si effettua con la seguente relazione:

$$t_a = 0,5 t_p + t_L$$

È stato scelto come evento che massimizza il calcolo della portata di piena un tempo di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino, utilizzando come " $t_c$ " i risultati ottenuti in base al calcolo effettuato al paragrafo dedicato (cioè tempo di corrivazione calcolato con il metodo Pezzoli, Chow, Watt & Chow, Kirpich P-C-W-K, in quanto tale relazione è quella che meglio si adatta alle dimensioni dei bacini oggetto del presente studio).



Applicando i valori precedenti nella formula razionale sono stati ottenuti i valori per le portate di piena riportati nella tabella di sintesi del paragrafo 8.2

### 8.2. Considerazioni finali sulla portata di piena

Per ogni bacino, a vantaggio di sicurezza, si ritiene opportuno utilizzare il valore più alto della portata ottenuta; di seguito si sintetizza una tabella contenente i valori di portata ottenuti con le due metodologie descritte ai paragrafi precedenti. **Il valore di portata duecentennale adottato nelle successive modellazioni è quello maggiore, segnato in grassetto.**

BACINO 1	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	43.102	20.143	0.342	20.143	0.695	8.880
	200 anni	60.273	34.481	0.342	34.481	0.695	15.200
	500 anni	68.566	41.780	0.342	41.780	0.695	18.418
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	54.761	0.151	0.707	51.974	73.500	12.095
	200 anni	76.223	0.130	0.707	72.872	103.052	16.958
	500 anni	86.537	0.123	0.707	82.924	117.268	19.297
BACINO 2	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	57.767	32.316	1.060	32.316	1.737	11.850
	200 anni	80.780	52.815	1.060	52.815	1.737	19.367
	500 anni	91.895	63.071	1.060	63.071	1.737	23.129
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	54.761	0.151	1.354	57.321	42.331	14.475
	200 anni	76.223	0.130	1.354	79.280	58.547	20.021
	500 anni	86.537	0.123	1.354	89.826	66.335	22.684
BACINO 3	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	53.241	28.459	0.815	28.459	1.380	10.916
	200 anni	74.451	47.061	0.815	47.061	1.380	18.051
	500 anni	84.695	56.408	0.815	56.408	1.380	21.637
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	54.761	0.151	1.131	55.786	49.326	14.018
	200 anni	76.223	0.130	1.131	77.449	68.481	19.461
	500 anni	86.537	0.123	1.131	87.857	77.684	22.076

BACINO 4	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	31.860	11.688	0.223	11.688	0.433	3.981
	200 anni	44.552	21.300	0.223	21.300	0.433	7.254
	500 anni	50.683	26.314	0.223	26.314	0.433	8.962
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	54.761	0.151	0.419	48.029	114.674	9.073
	200 anni	76.223	0.130	0.419	68.086	162.560	12.863
	500 anni	86.537	0.123	0.419	77.749	185.631	14.688
BACINO 5	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	44.445	21.214	0.531	21.214	0.928	6.613
	200 anni	62.150	36.117	0.531	36.117	0.928	11.259
	500 anni	70.702	43.688	0.531	43.688	0.928	13.619
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	54.761	0.151	0.794	52.890	66.614	10.340
	200 anni	76.223	0.130	0.794	73.975	93.171	14.463
	500 anni	86.537	0.123	0.794	84.115	105.942	16.445
BACINO 6	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	25.840	7.671	0.196	7.671	0.365	0.761
	200 anni	36.134	14.781	0.196	14.781	0.365	1.466
	500 anni	41.105	18.572	0.196	18.572	0.365	1.841
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	54.761	0.151	0.338	46.498	137.635	2.675
	200 anni	76.223	0.130	0.338	66.214	195.993	3.809
	500 anni	86.537	0.123	0.338	75.720	224.130	4.356
BACINO 7	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	31.410	11.373	0.317	11.373	0.544	1.021
	200 anni	43.923	20.796	0.317	20.796	0.544	1.866
	500 anni	49.967	25.719	0.317	25.719	0.544	2.308
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	54.761	0.151	0.456	48.641	106.780	2.800
	200 anni	76.223	0.130	0.456	68.831	151.104	3.962
	500 anni	86.537	0.123	0.456	78.556	172.453	4.522

BACINO 8	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	36.268	14.880	0.426	14.880	0.711	1.566
	200 anni	50.716	26.342	0.426	26.342	0.711	2.771
	500 anni	57.694	32.253	0.426	32.253	0.711	3.393
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	54.761	0.151	0.571	50.327	88.124	3.540
	200 anni	76.223	0.130	0.571	70.880	124.113	4.986
	500 anni	86.537	0.123	0.571	80.773	141.435	5.682
BACINO 9	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	39.148	17.057	0.431	17.057	0.754	4.043
	200 anni	54.743	29.730	0.431	29.730	0.754	7.047
	500 anni	62.275	36.227	0.431	36.227	0.754	8.587
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	54.761	0.151	0.647	51.287	79.227	7.606
	200 anni	76.223	0.130	0.647	72.042	111.288	10.685
	500 anni	86.537	0.123	0.647	82.028	126.715	12.166
BACINO 10	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	41.149	18.606	0.549	18.606	0.902	2.277
	200 anni	57.541	32.122	0.549	32.122	0.902	3.931
	500 anni	65.459	39.024	0.549	39.024	0.902	4.776
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	54.761	0.151	0.705	51.953	73.667	4.365
	200 anni	76.223	0.130	0.705	72.847	103.293	6.121
	500 anni	86.537	0.123	0.705	82.897	117.544	6.965
Bacino 11	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	51.029	26.603	0.749	26.603	1.272	8.397
	200 anni	71.358	44.276	0.749	44.276	1.272	13.975
	500 anni	81.177	53.178	0.749	53.178	1.272	16.785
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	54.761	0.151	1.046	55.133	52.714	11.365
	200 anni	76.223	0.130	1.046	76.667	73.304	15.804
	500 anni	86.537	0.123	1.046	87.016	83.198	17.938

BACINO 12	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	70.561	43.562	1.391	43.562	2.437	37.337
	200 anni	98.671	69.399	1.391	69.399	2.437	59.483
	500 anni	112.247	82.213	1.391	82.213	2.437	70.465
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	54.761	0.151	2.091	61.202	29.264	32.811
	200 anni	76.223	0.130	2.091	83.878	40.107	44.968
	500 anni	86.537	0.123	2.091	94.761	45.311	50.802
BACINO 14	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	41.836	19.144	0.368	19.144	0.688	3.393
	200 anni	58.502	32.949	0.368	32.949	0.688	5.839
	500 anni	66.552	39.991	0.368	39.991	0.688	7.088
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	53.805	0.200	0.641	49.215	76.798	5.030
	200 anni	72.417	0.189	0.641	66.585	103.903	6.806
	500 anni	81.354	0.185	0.641	74.930	116.924	7.659
BACINO 15	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	50.531	26.188	0.798	26.188	1.310	4.802
	200 anni	70.661	43.651	0.798	43.651	1.310	8.005
	500 anni	80.383	52.452	0.798	52.452	1.310	9.619
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	53.805	0.200	1.023	54.049	52.841	6.814
	200 anni	72.417	0.189	1.023	72.726	71.100	9.168
	500 anni	81.354	0.185	1.023	81.695	79.868	10.299
BACINO 16	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	30.953	11.055	0.093	11.055	0.256	4.080
	200 anni	43.284	20.288	0.093	20.288	0.256	7.488
	500 anni	49.240	25.117	0.093	25.117	0.256	9.271
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	53.805	0.200	0.326	42.983	131.839	6.694
	200 anni	72.417	0.189	0.326	58.615	179.786	9.128
	500 anni	81.354	0.185	0.326	66.130	202.837	10.298

BACINO 17	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	44.934	21.606	0.488	21.606	0.881	6.087
	200 anni	62.835	36.716	0.488	36.716	0.881	10.344
	500 anni	71.481	44.386	0.488	44.386	0.881	12.504
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	53.805	0.200	0.785	51.263	65.271	8.697
	200 anni	72.417	0.189	0.785	69.190	88.097	11.738
	500 anni	81.354	0.185	0.785	77.801	99.061	13.199
BACINO 18	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	30.521	10.756	0.112	10.756	0.250	1.324
	200 anni	42.679	19.808	0.112	19.808	0.250	2.438
	500 anni	48.552	24.550	0.112	24.550	0.250	3.021
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	53.805	0.200	0.276	41.579	150.514	2.490
	200 anni	72.417	0.189	0.276	56.811	205.653	3.402
	500 anni	81.354	0.185	0.276	64.135	232.166	3.841
BACINO 19	<b>METODO CURVE NUMBER</b>						
	<b>T<sub>R</sub></b>	<b>P [mm]</b>	<b>P<sub>net</sub></b>	<b>T<sub>L</sub> [h]</b>	<b>V [mm]</b>	<b>t<sub>a</sub> [h]</b>	<b>Q<sub>p</sub> [mc/s]</b>
	30 anni	53.909	29.023	0.856	29.023	1.457	7.469
	200 anni	75.385	47.905	0.856	47.905	1.457	12.329
	500 anni	85.758	57.387	0.856	57.387	1.457	14.769
	<b>METODO RAZIONALE</b>						
	<b>T<sub>r</sub></b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>t<sub>c</sub> [h]</b>	<b>h [mm]</b>	<b>i<sub>c</sub> [mm]</b>	<b>Q [mc/s]</b>
	30 anni	53.805	0.200	1.202	55.830	46.429	9.350
	200 anni	72.417	0.189	1.202	74.980	62.354	12.557
	500 anni	81.354	0.185	1.202	84.175	70.001	14.096

## **9. MODELLAZIONE IDRAULICA**

Il tracciamento dei profili di corrente è stato condotto utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS versione 3.1.3, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers.

HEC-RAS è l'abbreviazione di Hydrologic Engineering Center's River Analysis System. Questo software consente la simulazione di flussi idrici, nell'ipotesi di monodimensionalità della corrente, sia in moto permanente che in moto vario.

Il sistema comprende una interfaccia grafica, componenti separate per le analisi idrauliche dei due diversi tipi di moto, possibilità di analisi e memorizzazione dati, possibilità di esportazione e graficizzazione dei risultati.

Elemento chiave è che entrambi i tipi di simulazione citati usano una comune rappresentazione geometrica dei dati (l'alveo e le sue caratteristiche fisiche, geometriche ed idrauliche) e una comune routine di calcolo geometrico ed idraulico preliminare.

HEC-RAS è progettato per effettuare calcoli idraulici monodimensionali per una rete completa di canali naturali ed artificiali.

Nel caso di moto permanente, il software è in grado di modellare profili di correnti lente, veloci ed anche miste quando richiesto o ritenuto opportuno automaticamente dal programma.

Il calcolo è stato svolto in condizioni di moto permanente utilizzando valori delle portate di piena, riportati in precedenza, corrispondenti a tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni, come richiesto dall'Autorità di Bacino della Puglia per l'identificazione delle aree caratterizzate rispettivamente da alta (AP), media (MP) e bassa (BP) pericolosità idraulica.

### **Scabrezza di manning**

Le simulazioni sono state condotte utilizzando un valore del coefficiente di scabrezza  $n$  secondo Manning che è pari a 0.033 sulle sponde dell'alveo e per il letto dell'alveo.

### **Condizioni al contorno e condizioni iniziali**

Le condizioni al contorno si distinguono in condizioni al contorno di tipo esterno e condizioni al contorno di tipo interno, ove per condizioni esterne si intendono le altezze idriche da assegnare nella sezione di calcolo posta a valle e in tutte le sezioni iniziali poste a monte del reticolo idrografico, mentre per condizioni interne sono intese quelle relative alle sezioni di confluenza di due o più rami dello stesso reticolo.



**Per le sezioni di monte e di valle dei tratti studiati si è fissata l'altezza di moto uniforme.**

### **Sezioni di calcolo e profilo longitudinale**

La realizzazione del modello in esame è stata effettuata avendo come base cartografica il **DTM della Regione Puglia**.

Sulla base delle informazioni piano altimetriche disponibili è stato ricavato un modello geometrico, come base di input per il software HEC-RAS, costituito da un alveo, formato da sezioni (numerata progressivamente da monte verso valle).

Tutte le sezioni sono poste a distanza costante con passo di circa 100 m. Definito il **modello geometrico**, si è provveduto ad effettuare l'ipotesi di calcolo.

### **Risultati delle simulazioni**

Nel seguito, si riportano e si commentano i risultati dello studio idraulico, effettuato in condizioni di moto permanente, in riferimento all'asta modellata.

In particolare, sono riportati i risultati della simulazione effettuata, in condizioni di moto permanente in corrispondenza di portate di piena caratterizzate dal tempo di ritorno di 200 anni.

Tale verifica ha consentito, grazie all'ausilio del software HEC-RAS, di definire le caratteristiche proprie del deflusso e, in particolare, il massimo livello idrico raggiunto in ogni sezione, oltre che la pendenza della linea dell'energia, la velocità media della corrente, la larghezza del pelo libero, il numero di Froude della corrente, ecc..

Tutte queste informazioni sono indicate sotto forma numerica nelle tabelle riassuntive seguenti, nelle quali, al variare del tempo di ritorno e per ognuna delle sezioni, sono riportati i **dati relativi ai principali parametri idraulici desunti dal calcolo al passaggio dell'onda di piena**.

Le sigle riportate sono relative a:

- a) **Q total** = Portata totale espressa in m<sup>3</sup>/s;
- b) **Min Ch El** = Quote del fondo dell'alveo;
- c) **W.S. Elev** = Quota del pelo libero;
- d) **Crit W.S.** = Quota critica del pelo libero;
- e) **E.G. Elev** = Quota della linea dell'energia;
- f) **E.G. Slope** = Pendenza della linea dell'energia;
- g) **Vel Chnl** = Velocità media della corrente nell'alveo;
- h) **Flow area** = Area totale della sezione liquida effettiva;
- i) **Top Width** = Larghezza superficiale della sezione liquida;
- j) **Froude** = Numero di Froude dell'alveo.



### 9.1. Criteri e risultati della modellazione idraulica

L'intervento di progetto prevede la realizzazione di nuove viabilità di servizio e per quelle che interferiscono con il reticolo superficiale esistente si è proceduto con la relativa modellazione idraulica, al fine di verificare il rispetto della continuità idraulica.

Sono state pertanto inserite delle opere idrauliche di attraversamento consistenti in tubazioni metalliche tipo armco e solo per la viabilità che conduce all'aerogeneratore WTG8 - Tombino T12 - uno scatolare rettangolare in cls per superare in canale a sezione trapezia esistente e già oggetto di perimetrazione idraulica dell'AdB.

Come già evidenziato nei precedenti paragrafi per ognuno dei diciannove attraversamenti è stata valutata la portata duecentennale; in maniera speditiva in base al valore della portata determinata sono state individuate cinque macro tipologie di intervento: TIPO A, TIPO B, TIPO C, TIPO D e TIPO E, e per ognuna si è proceduto con la relativa modellazione.

<b>Tombino</b>	<b>Portata mc/s</b>	<b>TIPOLOGIA INTERVENTO</b>
<b>Tomb.T12 (oggetto di modellazione)</b>	<b>57.754</b>	<b>TIPOLOGIA A</b>
<b>Tomb.T2 (oggetto di modellazione)</b>	<b>20.020</b>	<b>TIPOLOGIA B</b>
Tomb.T3	19.460	
Tomb.T1	16.958	
<b>Tomb.T11 (oggetto di modellazione)</b>	<b>15.804</b>	<b>TIPOLOGIA C</b>
Tomb.T5	14.463	
Tomb.T4	12.862	
Tomb.T19	12.557	
Tomb.T17	11.738	
Tomb.T9	10.684	<b>TIPOLOGIA D</b>
Tomb.T15	9.167	
<b>Tomb.T16 (oggetto di modellazione)</b>	9.128	
Tomb.T14	6.806	
Tomb.T10	6.120	
Tomb.T8	4.987	<b>TIPOLOGIA E</b>
Tomb.T7	3.962	
Tomb.T6	3.809	
<b>Tomb.T18 (oggetto di modellazione)</b>	3.402	
Tomb.T13		

Le modellazioni sono state quindi effettuate per i tombini T12, T2, T11, T16 e T18.



Per l'attraversamento di TIPO A è previsto l'inserimento di un tombino scatolare delle dimensioni di 10 m per 2,5 di altezza.

Per gli attraversamenti di TIPO B, C e D è previsto l'inserimento di una tubazione arco a sezione ad arco avente altezza interna utile di 2 m.

Per gli attraversamenti di TIPO E è previsto l'inserimento di una tubazione arco a sezione circolare avente diametro interno di 2 m.

I risultati delle modellazioni sono riportati nell'allegato 4 con planimetrie, tabelle di calcolo, profili e quaderni delle sezioni dai quali sono evidenti i livelli idrici di piena per ogni sezione ed il rispetto del franco minimo richiesto.



## 10. CONCLUSIONI

Dall'analisi dei risultati condotti con il presente studio si è potuto verificare che le opere previste in progetto non comportano alcuna modifica della morfologia degli alvei e nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.

Dai risultati desunti si è potuto rilevare il valore delle portate di interesse per i bacini idrografici di riferimento ed individuare le relative aree di esondazione pertanto l'impianto a farsi (comprese le opere accessorie) sarà ubicato nelle aree esterne alle aree inondabili duecentennali ricavate.

Si può pertanto asserire che l'impianto in parola non comporterà alcuna modifica al perimetro delle aree a rischio frane ed a rischio alluvioni e nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.

Più specificatamente considerata l'entità delle portate ricavate in precedenza per le aste fluviali di interesse e la destinazione d'uso del terreno posto nelle vicinanze dell'area oggetto di intervento si può certamente affermare che il passaggio delle portate di piena non determinerà situazioni di pericolo né per l'area circostante né per le opere a farsi.

Nello specifico, a valle delle modellazioni idrauliche effettuate per le intersezioni del tracciato del cavidotto con il reticolo idrografico **si può asserire che la realizzazione mediante la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.), che prevede una posa del cavo ad una profondità minima di 2.00 m dal piano campagna e l'ubicazione dei due pozzetti di estremità al di fuori delle aree inondabili individuate, non comporta alcuna modifica alla morfologia del reticolo idrografico, garantendo allo stesso tempo un ampio margine di sicurezza idraulica, sia nei confronti dei deflussi superficiali che di quelli (eventuali) sotterranei.** I pozzetti prefabbricati di partenza e di arrivo, previsti alle estremità del tratto di cavidotto interrato, saranno realizzati con anelli prefabbricati in cemento armato sigillati con malta idroespansiva, dotati di chiusini con guarnizioni a tenuta in grado di funzionare correttamente anche in caso di eventi alluvionali garantendo sempre la sicurezza idraulica delle opere.

Per le interferenze tra le nuove viabilità ed il reticolo superficiale le opere di attraversamento saranno tali da garantire il naturale deflusso delle acque con opportuno franco idraulico.

Si può, pertanto, asserire che la realizzazione del parco eolico e delle opere accessorie, non comporterà alcuna modifica al perimetro delle aree inondabili, e nessuna variazione del livello di sicurezza delle aree adiacenti.



Consulenza: *Atech srl - Statkraft*

Proponente: *STATKRAFT - SKI 05 SRL*

**STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA**

*Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto eolico denominato  
CELONE, ed opere connesse composto da 18 aerogeneratori per una potenza  
complessiva di 111,6MW ubicato nei comuni di Foggia-Lucera e Troia.*

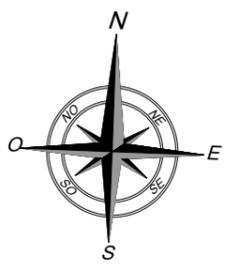
**Pertanto, gli interventi di progetto risultano essere compatibili con le finalità e le prescrizioni del PAI.**



## **11. ALLEGATI**

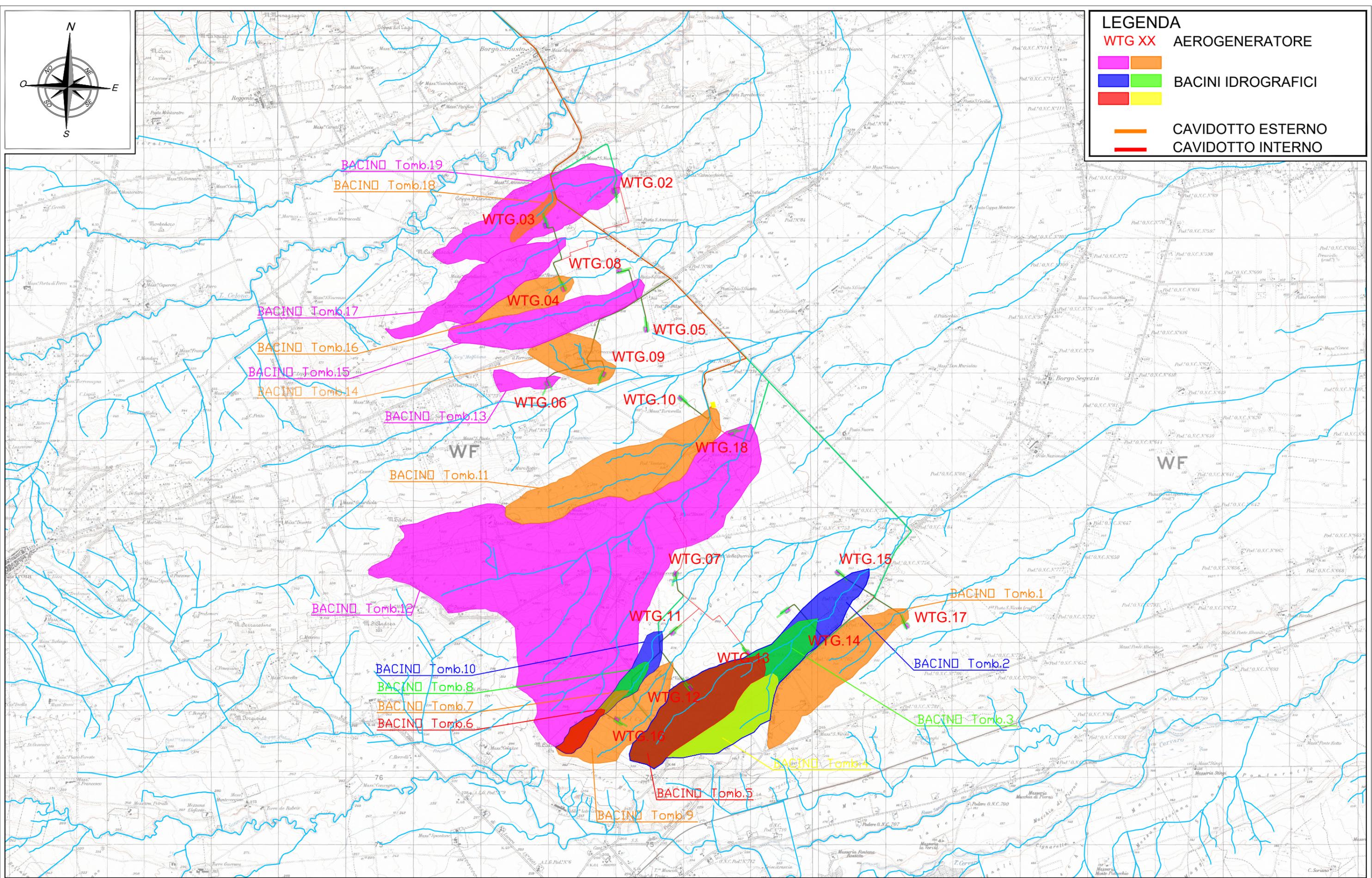
- ALL. B.1 - Inquadramento dei Bacini Idrografici su IGM)
- ALL. B.2 - Inquadramento dei Bacini Idrografici su Ortofoto
- ALL. B.3 – Individuazione interferenze su Ortofoto
- ALL. 4 Output delle modellazioni idrauliche in Hec-Ras





**LEGENDA**

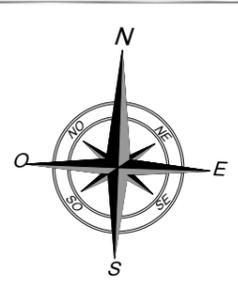
- WTG XX AEROGENERATORE
- BACINI IDROGRAFICI
- CAVIDOTTO ESTERNO
- CAVIDOTTO INTERNO



STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO AL PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI FOGGIA, LUCERA (FG) E TROIA (FG)

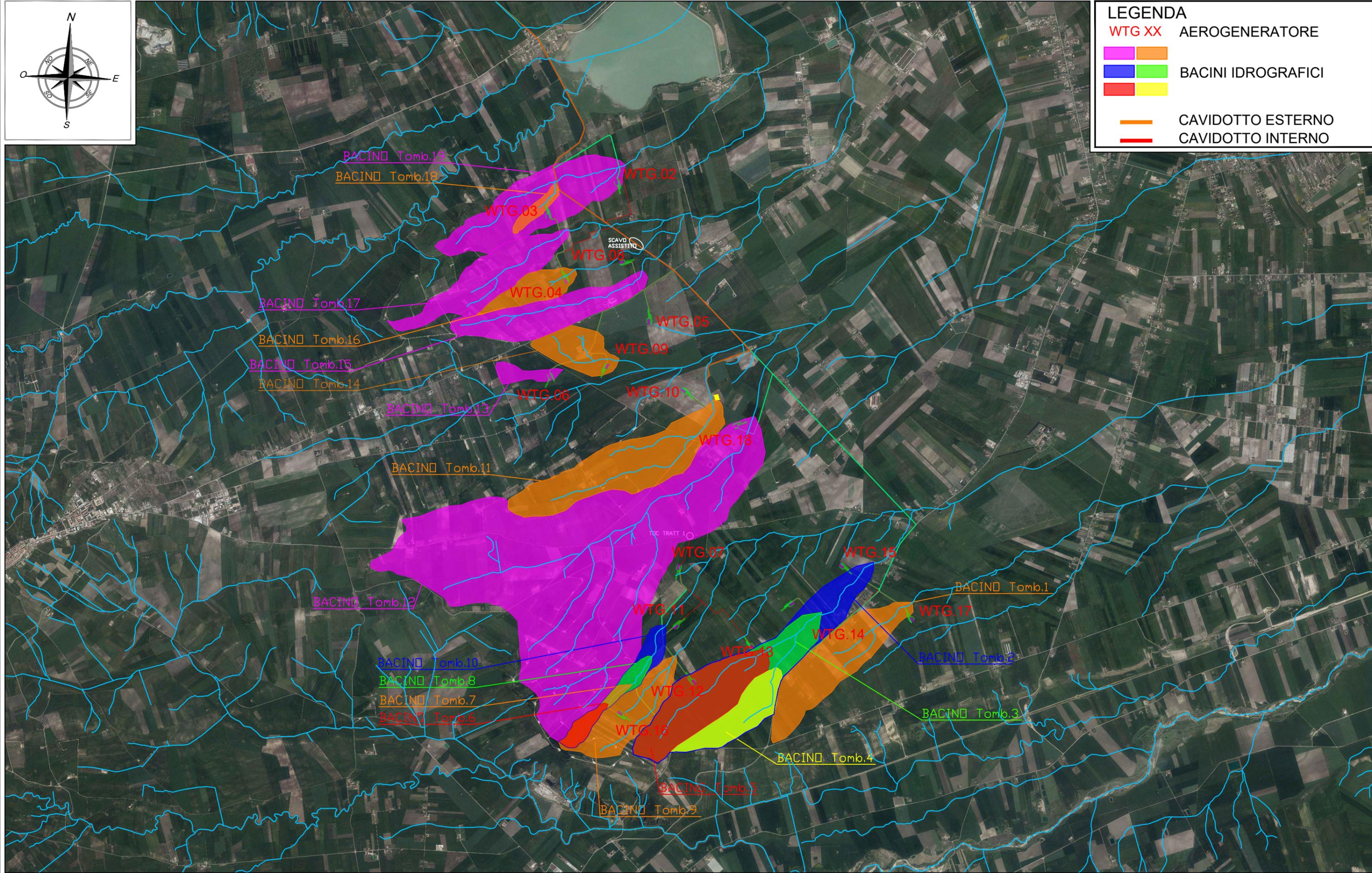
Titolo Allegato:  
**INDIVIDUAZIONE BACINI IDROGRAFICI SU IGM 1:25.000**

Data:	<b>DICEMBRE 2023</b>
Scala:	<b>1:50.000</b>
Elaborato:	<b>B.1</b>



**LEGENDA**

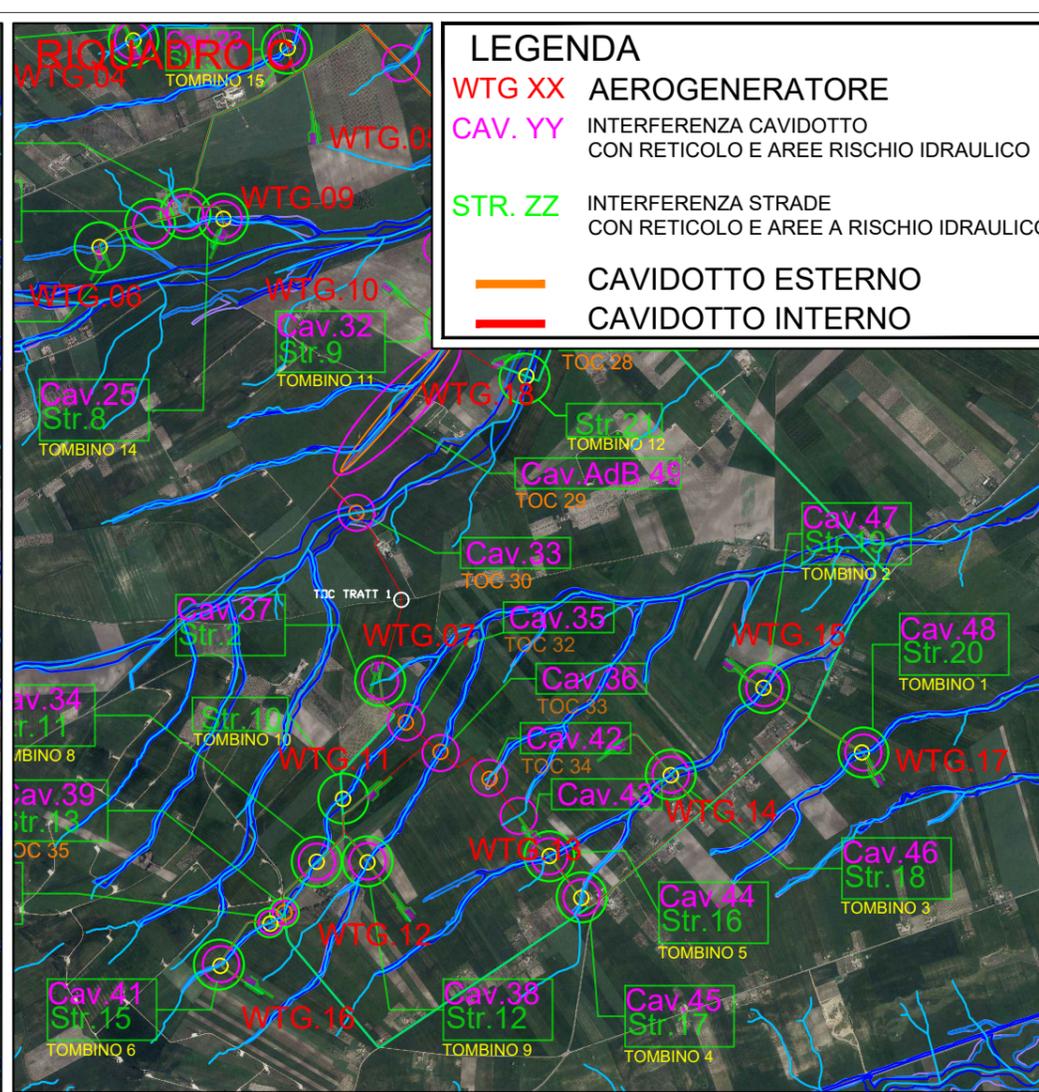
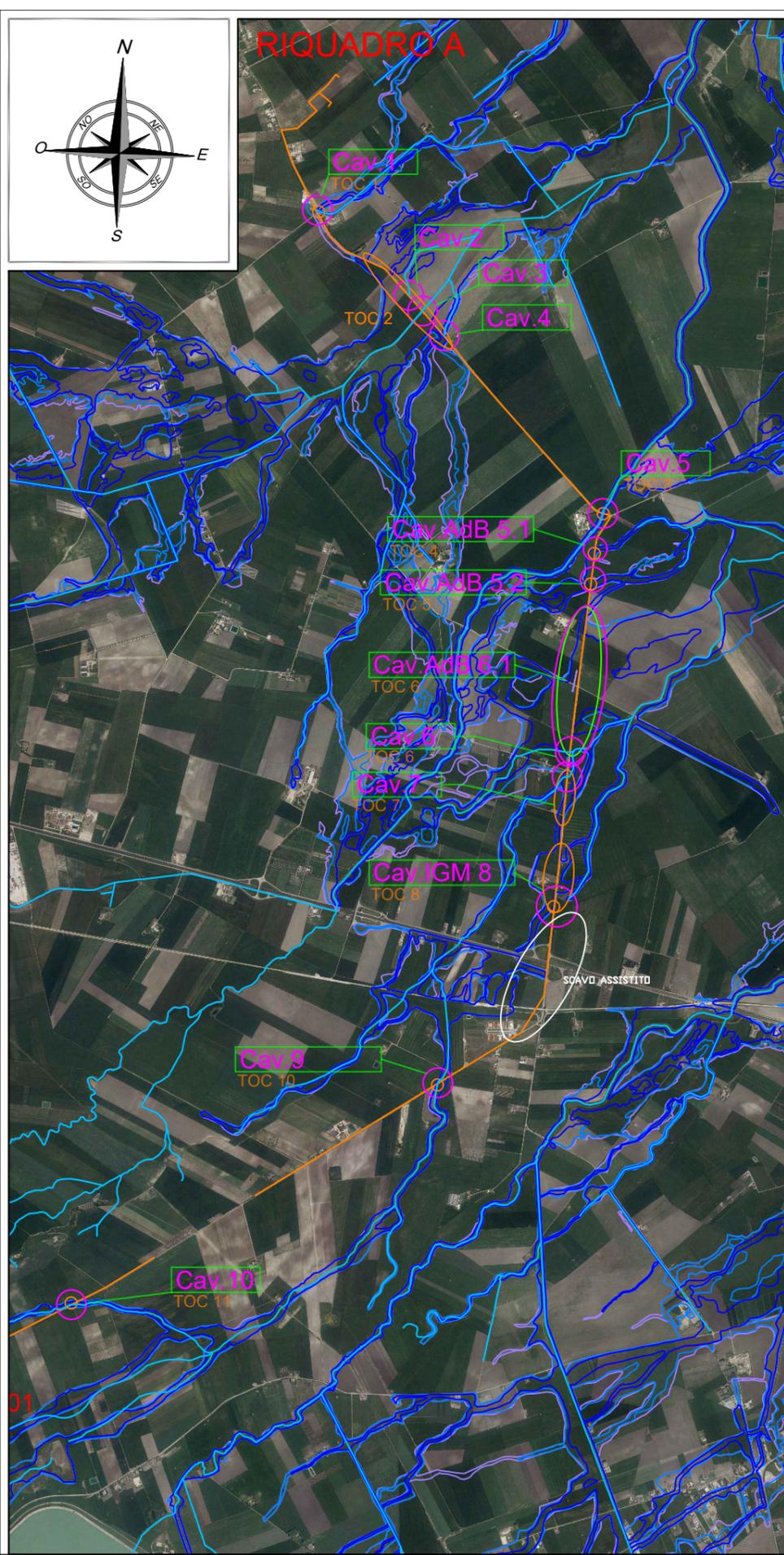
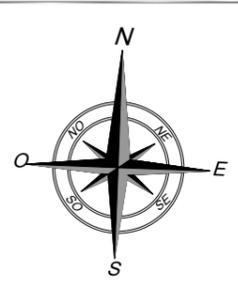
- WTG XX AEROGENERATORE
- BACINI IDROGRAFICI
- CAVIDOTTO ESTERNO
- CAVIDOTTO INTERNO



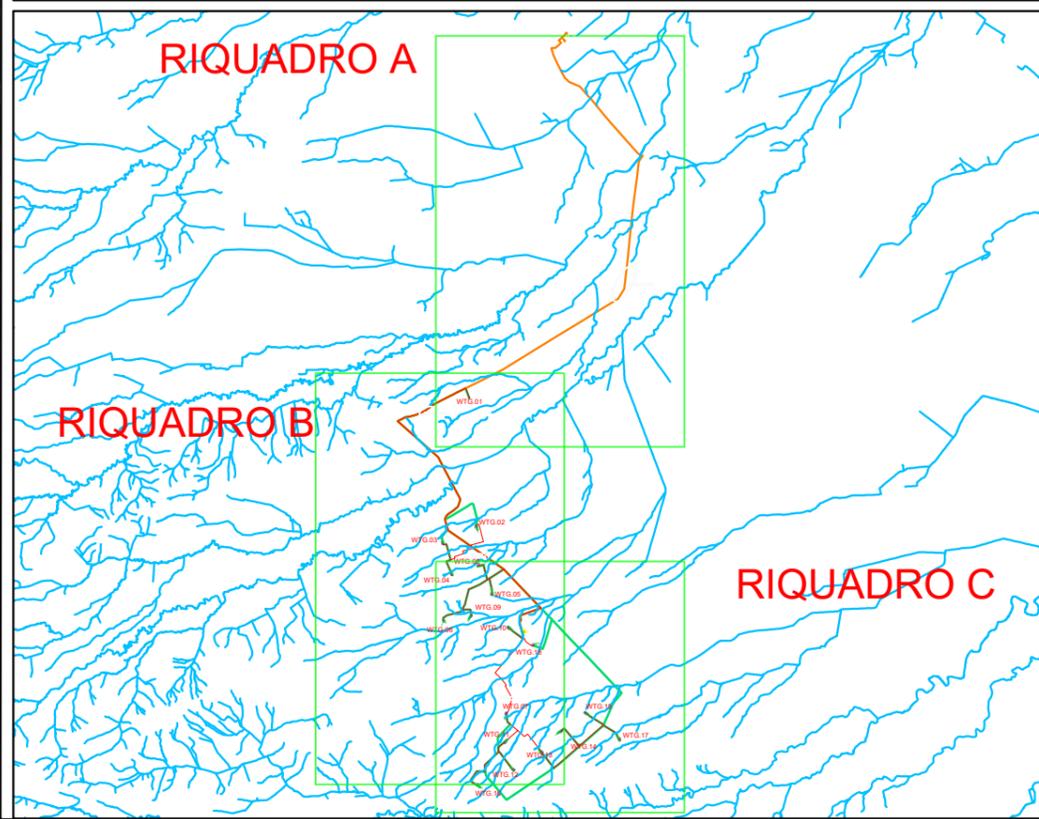
STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO AL PROGETTO  
DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO  
NEI COMUNI DI FOGGIA, LUCERA (FG) E TROIA (FG)

Titolo Allegato:  
**INDIVIDUAZIONE BACINI  
IDROGRAFICI SU ORTOFOTO**

Data:	<b>DICEMBRE 2023</b>
Scala:	<b>1:50.000</b>
Elaborato:	<b>B.2</b>



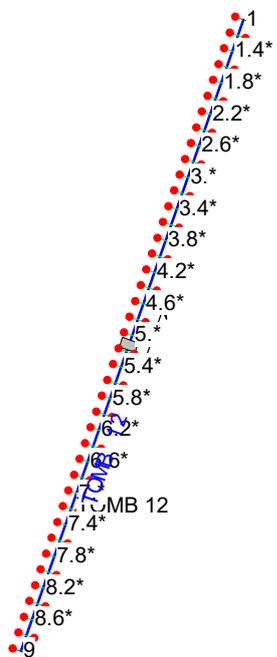
LEGENDA	
WTG XX	AEROGENERATORE
CAV. YY	INTERFERENZA CAVIDOTTO CON RETICOLO E AREE RISCHIO IDRAULICO
STR. ZZ	INTERFERENZA STRADE CON RETICOLO E AREE A RISCHIO IDRAULICO
	CAVIDOTTO ESTERNO
	CAVIDOTTO INTERNO



STUDIO DI COMPATIBILITA' IDROLOGICA ED IDRAULICA RELATIVO AL PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI FOGGIA, LUCERA (FG) E TROIA (FG)

Titolo Allegato:  
**INDIVIDUAZIONE INTERFERENZE SU ORTOFOTO**

Data:	<b>DICEMBRE 2023</b>
Scala:	<b>1:50.000</b>
Elaborato:	<b>B.3</b>

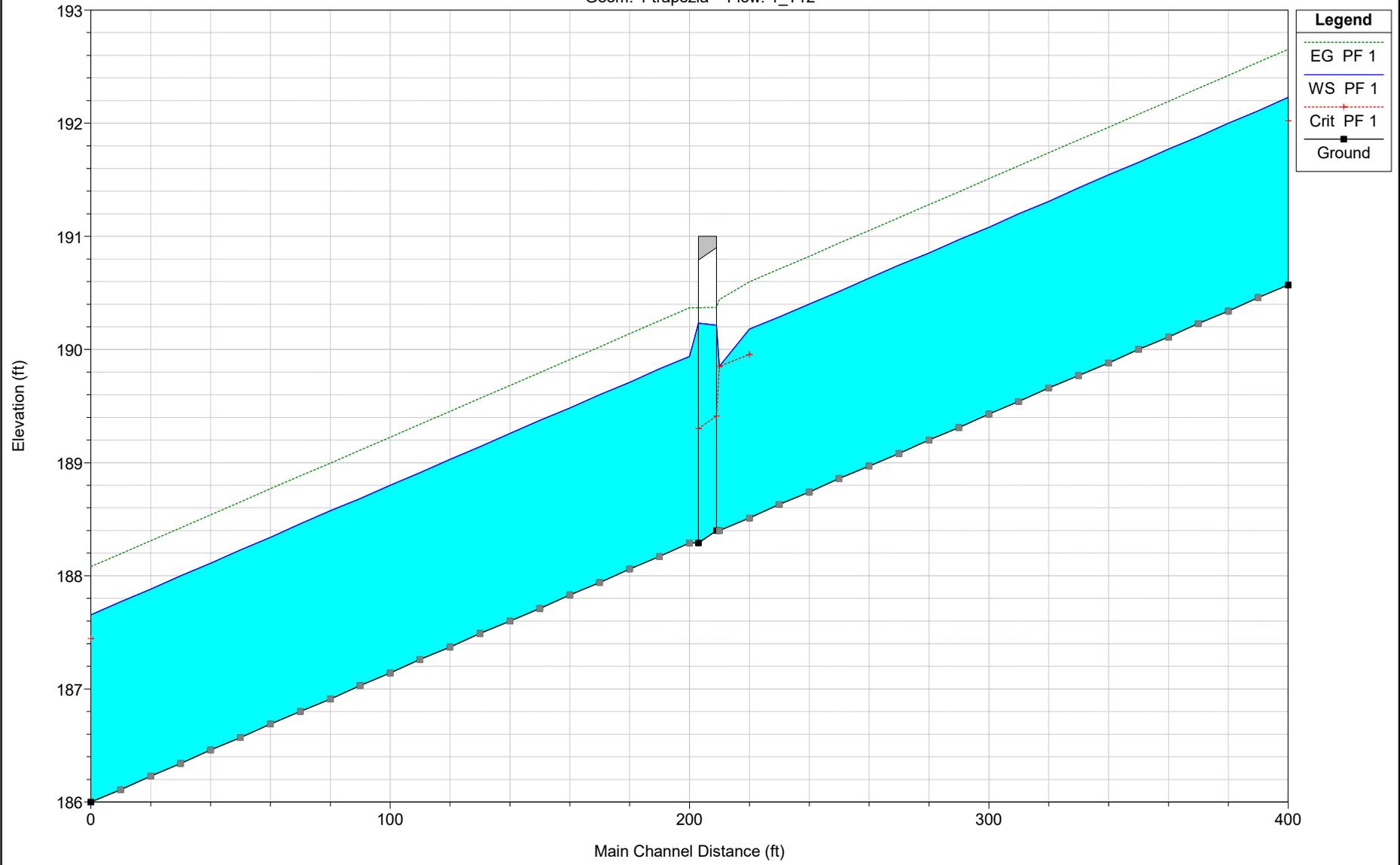


HEC-RAS Plan: Plan 09 River: TOMB 12 Reach: TOMB 12 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (cfs)	Min Ch El (ft)	W.S. Elev (ft)	Crit W.S. (ft)	E.G. Elev (ft)	E.G. Slope (ft/ft)	Vel Chnl (ft/s)	Flow Area (sq ft)	Top Width (ft)	Froude # Chl
TOMB 12	9	PF 1	57.70	190.57	192.23	192.02	192.65	0.011303	5.22	11.05	8.32	0.80
TOMB 12	8.8*	PF 1	57.70	190.46	192.11		192.54	0.011525	5.26	10.97	8.30	0.81
TOMB 12	8.6*	PF 1	57.70	190.34	192.00		192.42	0.011292	5.22	11.05	8.32	0.80
TOMB 12	8.4*	PF 1	57.70	190.23	191.88		192.31	0.011502	5.26	10.98	8.30	0.81
TOMB 12	8.2*	PF 1	57.70	190.11	191.77		192.19	0.011261	5.22	11.06	8.32	0.80
TOMB 12	8.*	PF 1	57.70	190.00	191.65		192.08	0.011441	5.25	11.00	8.31	0.80
TOMB 12	7.8*	PF 1	57.70	189.88	191.54		191.96	0.011174	5.20	11.09	8.33	0.79
TOMB 12	7.6*	PF 1	57.70	189.77	191.43		191.85	0.011303	5.22	11.05	8.32	0.80
TOMB 12	7.4*	PF 1	57.70	189.66	191.31		191.74	0.011524	5.26	10.97	8.30	0.81
TOMB 12	7.2*	PF 1	57.70	189.54	191.20		191.62	0.011291	5.22	11.05	8.32	0.80
TOMB 12	7.*	PF 1	57.70	189.43	191.08		191.51	0.011499	5.26	10.98	8.30	0.81
TOMB 12	6.8*	PF 1	57.70	189.31	190.97		191.39	0.011256	5.22	11.06	8.32	0.80
TOMB 12	6.6*	PF 1	57.70	189.20	190.85		191.28	0.011433	5.24	11.00	8.31	0.80
TOMB 12	6.4*	PF 1	57.70	189.08	190.74		191.16	0.011162	5.20	11.10	8.33	0.79
TOMB 12	6.2*	PF 1	57.70	188.97	190.63		191.05	0.011281	5.22	11.05	8.32	0.80
TOMB 12	6.*	PF 1	57.70	188.86	190.51		190.94	0.011480	5.25	10.99	8.30	0.80
TOMB 12	5.8*	PF 1	57.70	188.74	190.40		190.82	0.011228	5.21	11.07	8.32	0.80
TOMB 12	5.6*	PF 1	57.70	188.63	190.29		190.71	0.011331	5.23	11.04	8.32	0.80
TOMB 12	5.4*	PF 1	57.70	188.51	190.18	189.96	190.60	0.011011	5.18	11.15	8.34	0.79
TOMB 12	5.2*	PF 1	57.70	188.40	189.85	189.85	190.44	0.018059	6.16	9.36	7.90	1.00
TOMB 12	5.1		Culvert									
TOMB 12	5.*	PF 1	57.70	188.29	189.94		190.37	0.011524	5.26	10.97	8.30	0.81
TOMB 12	4.8*	PF 1	57.70	188.17	189.83		190.25	0.011292	5.22	11.05	8.32	0.80
TOMB 12	4.6*	PF 1	57.70	188.06	189.71		190.14	0.011502	5.26	10.98	8.30	0.81
TOMB 12	4.4*	PF 1	57.70	187.94	189.60		190.02	0.011261	5.22	11.06	8.32	0.80
TOMB 12	4.2*	PF 1	57.70	187.83	189.48		189.91	0.011441	5.25	11.00	8.31	0.80
TOMB 12	4.*	PF 1	57.70	187.71	189.37		189.79	0.011174	5.20	11.09	8.33	0.79
TOMB 12	3.8*	PF 1	57.70	187.60	189.26		189.68	0.011303	5.22	11.05	8.32	0.80
TOMB 12	3.6*	PF 1	57.70	187.49	189.14		189.57	0.011525	5.26	10.97	8.30	0.81
TOMB 12	3.4*	PF 1	57.70	187.37	189.03		189.45	0.011292	5.22	11.05	8.32	0.80
TOMB 12	3.2*	PF 1	57.70	187.26	188.91		189.34	0.011503	5.26	10.98	8.30	0.81
TOMB 12	3.*	PF 1	57.70	187.14	188.80		189.22	0.011262	5.22	11.06	8.32	0.80
TOMB 12	2.8*	PF 1	57.70	187.03	188.68		189.11	0.011442	5.25	11.00	8.31	0.80
TOMB 12	2.6*	PF 1	57.70	186.91	188.57		188.99	0.011176	5.20	11.09	8.33	0.79
TOMB 12	2.4*	PF 1	57.70	186.80	188.46		188.88	0.011307	5.22	11.05	8.32	0.80
TOMB 12	2.2*	PF 1	57.70	186.69	188.34		188.77	0.011531	5.26	10.97	8.30	0.81
TOMB 12	2.*	PF 1	57.70	186.57	188.23		188.65	0.011302	5.22	11.05	8.32	0.80
TOMB 12	1.8*	PF 1	57.70	186.46	188.11		188.54	0.011523	5.26	10.97	8.30	0.81
TOMB 12	1.6*	PF 1	57.70	186.34	188.00		188.42	0.011289	5.22	11.05	8.32	0.80
TOMB 12	1.4*	PF 1	57.70	186.23	187.88		188.31	0.011496	5.25	10.98	8.30	0.81
TOMB 12	1.2*	PF 1	57.70	186.11	187.77		188.19	0.011252	5.22	11.06	8.32	0.80
TOMB 12	1	PF 1	57.70	186.00	187.65	187.44	188.08	0.011427	5.24	11.00	8.31	0.80

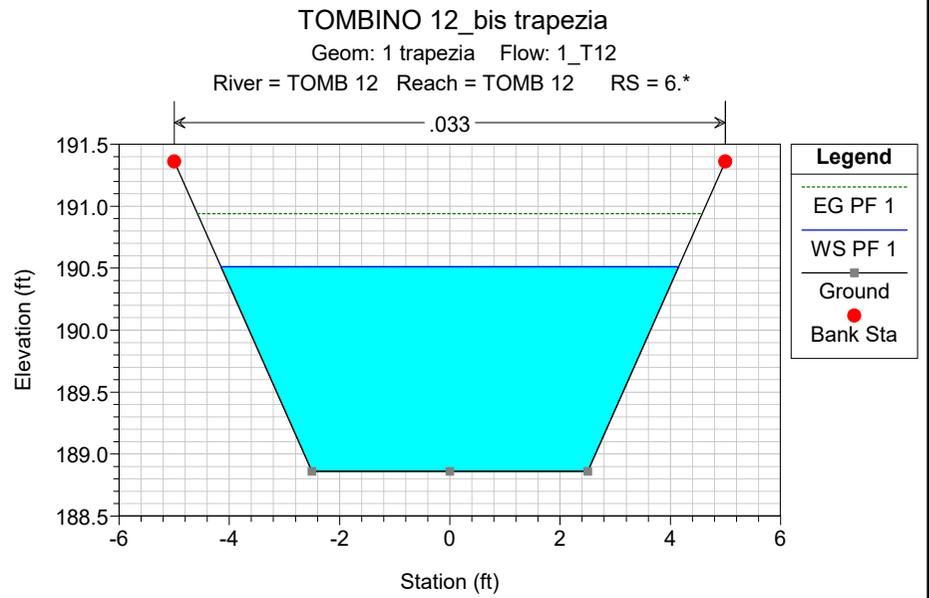
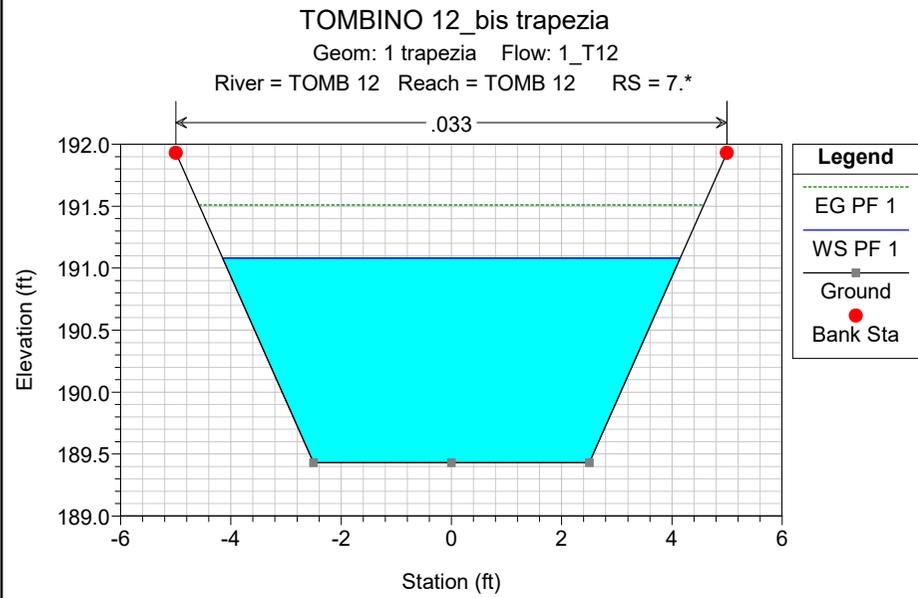
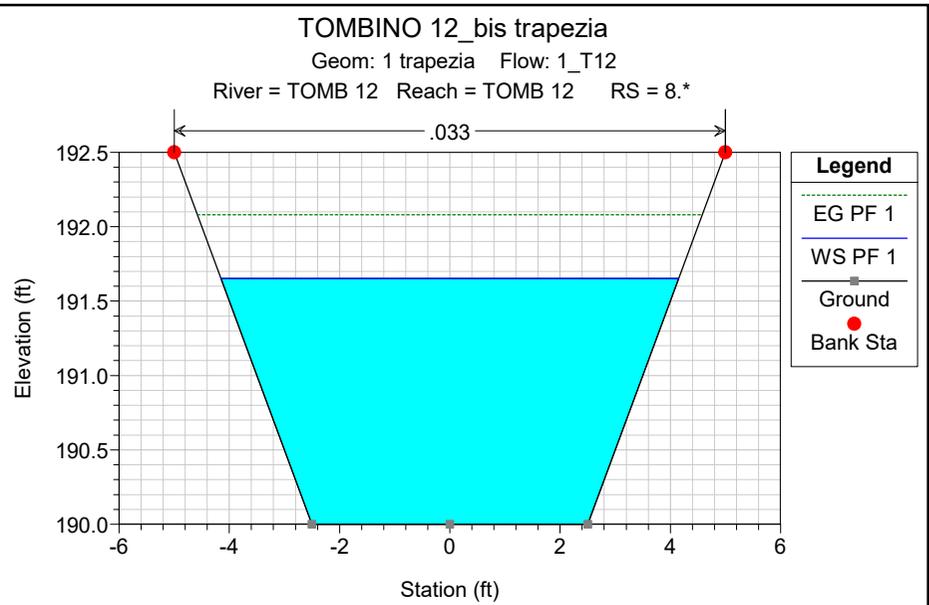
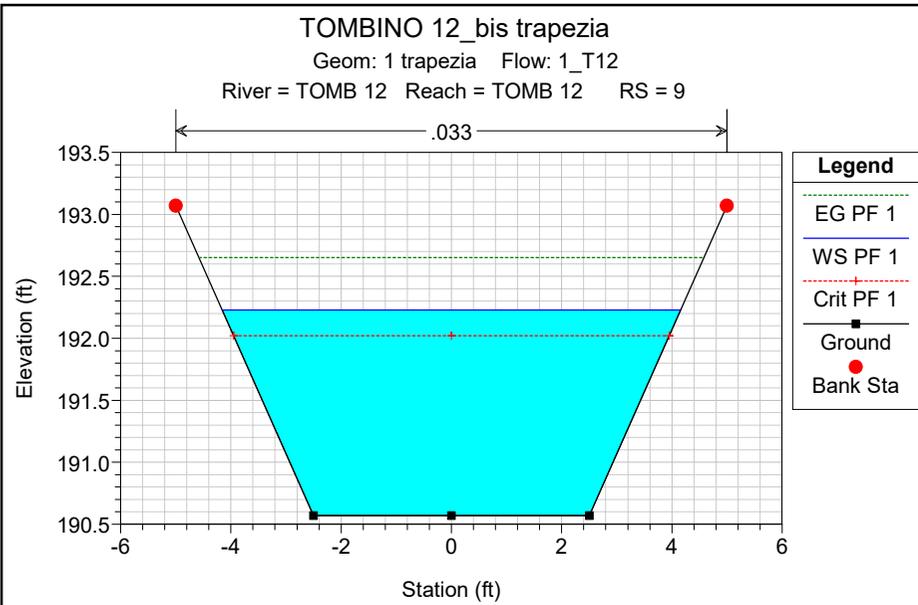
### TOMBINO 12\_bis trapezia

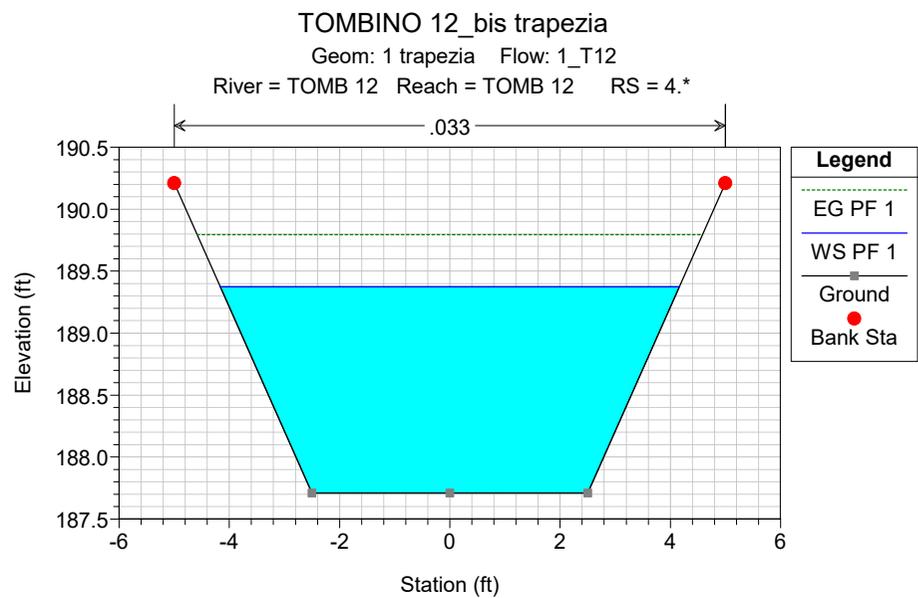
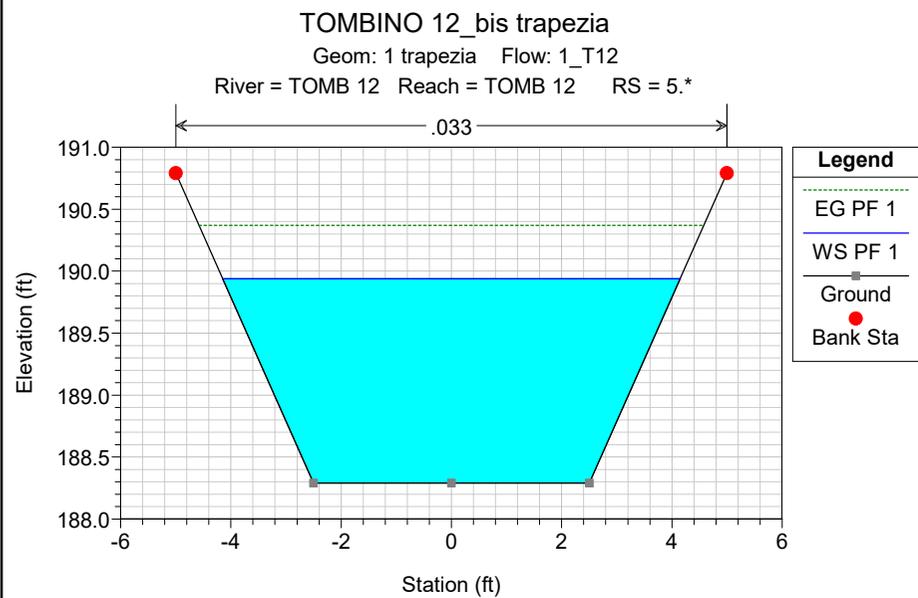
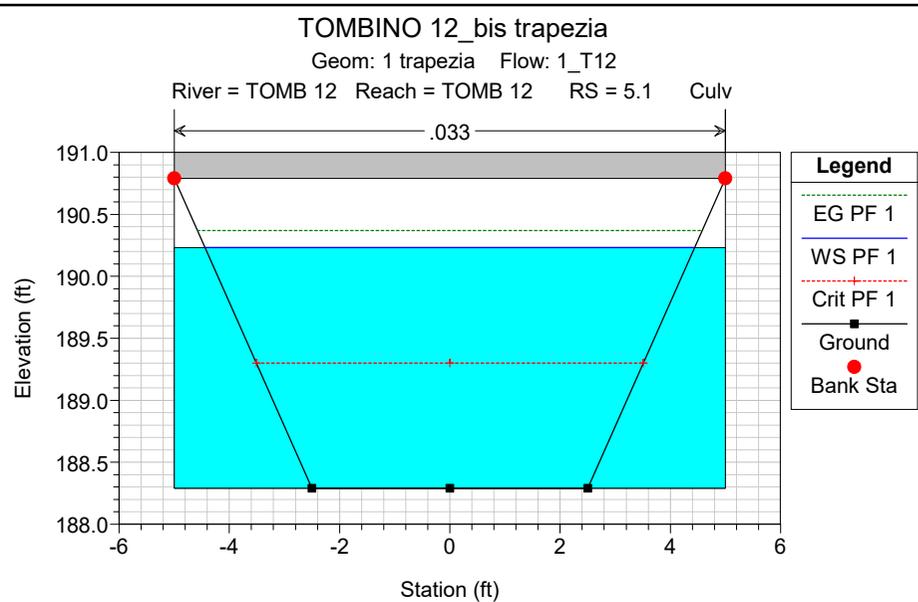
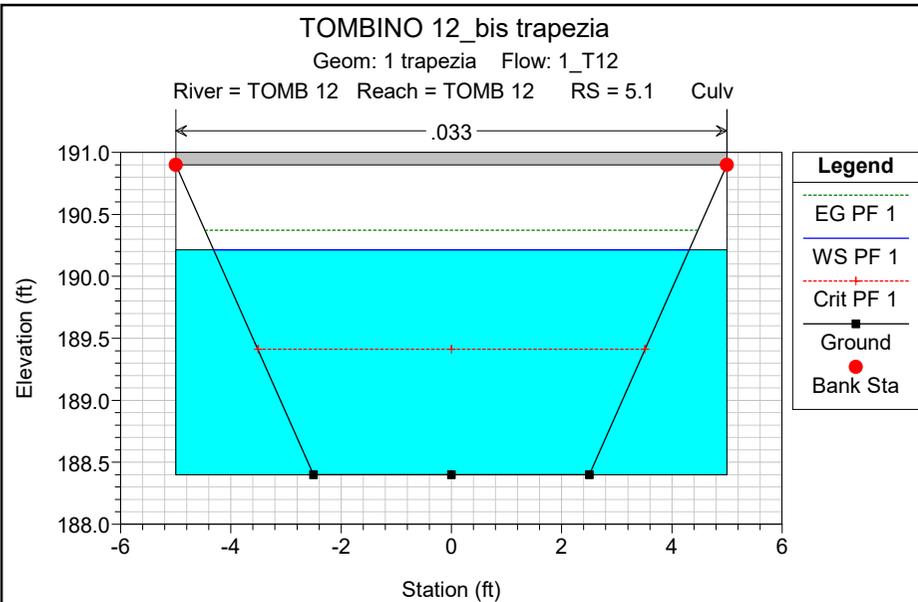
Geom: 1 trapezia Flow: 1\_T12

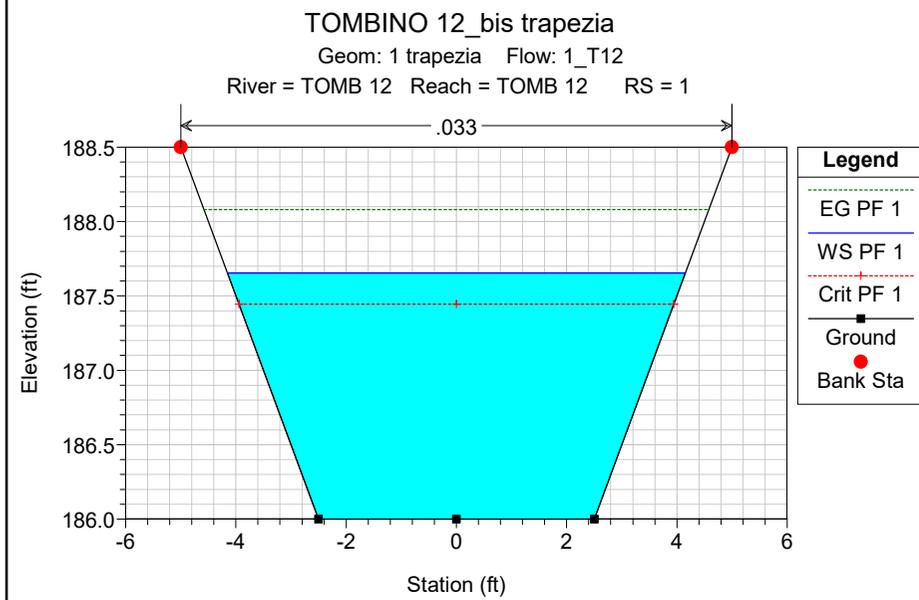
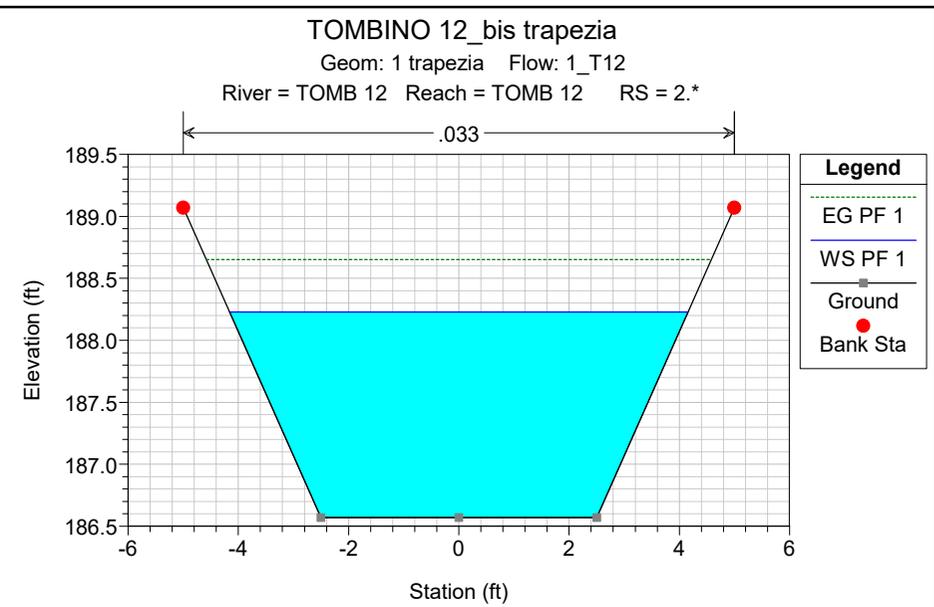
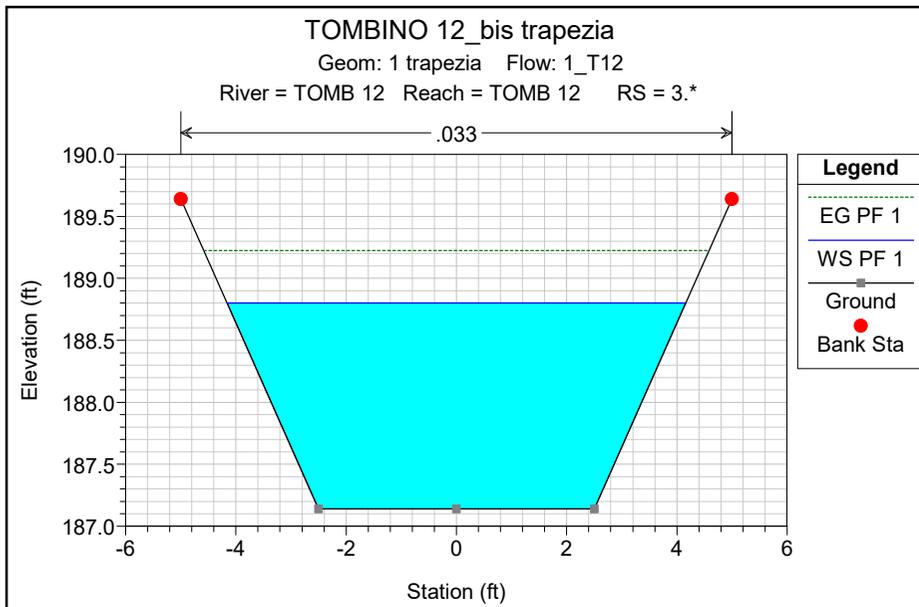


**Legend**

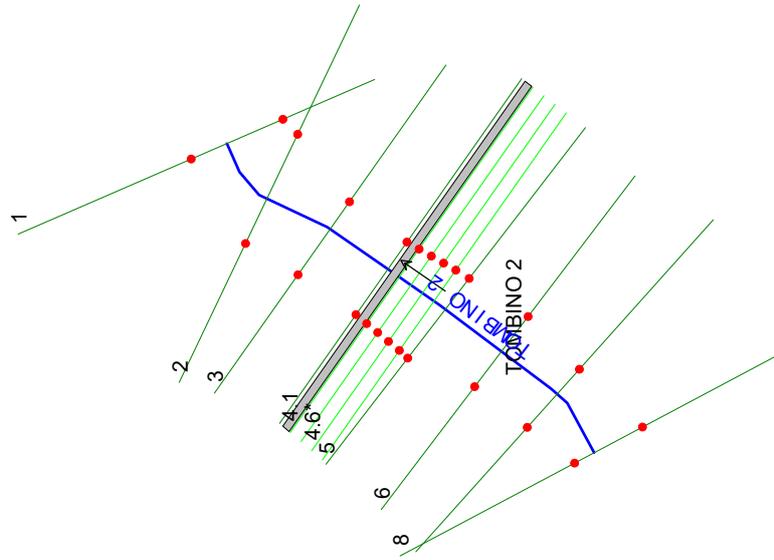
- EG PF 1
- WS PF 1
- Crit PF 1
- Ground







TIPOLOGIA B

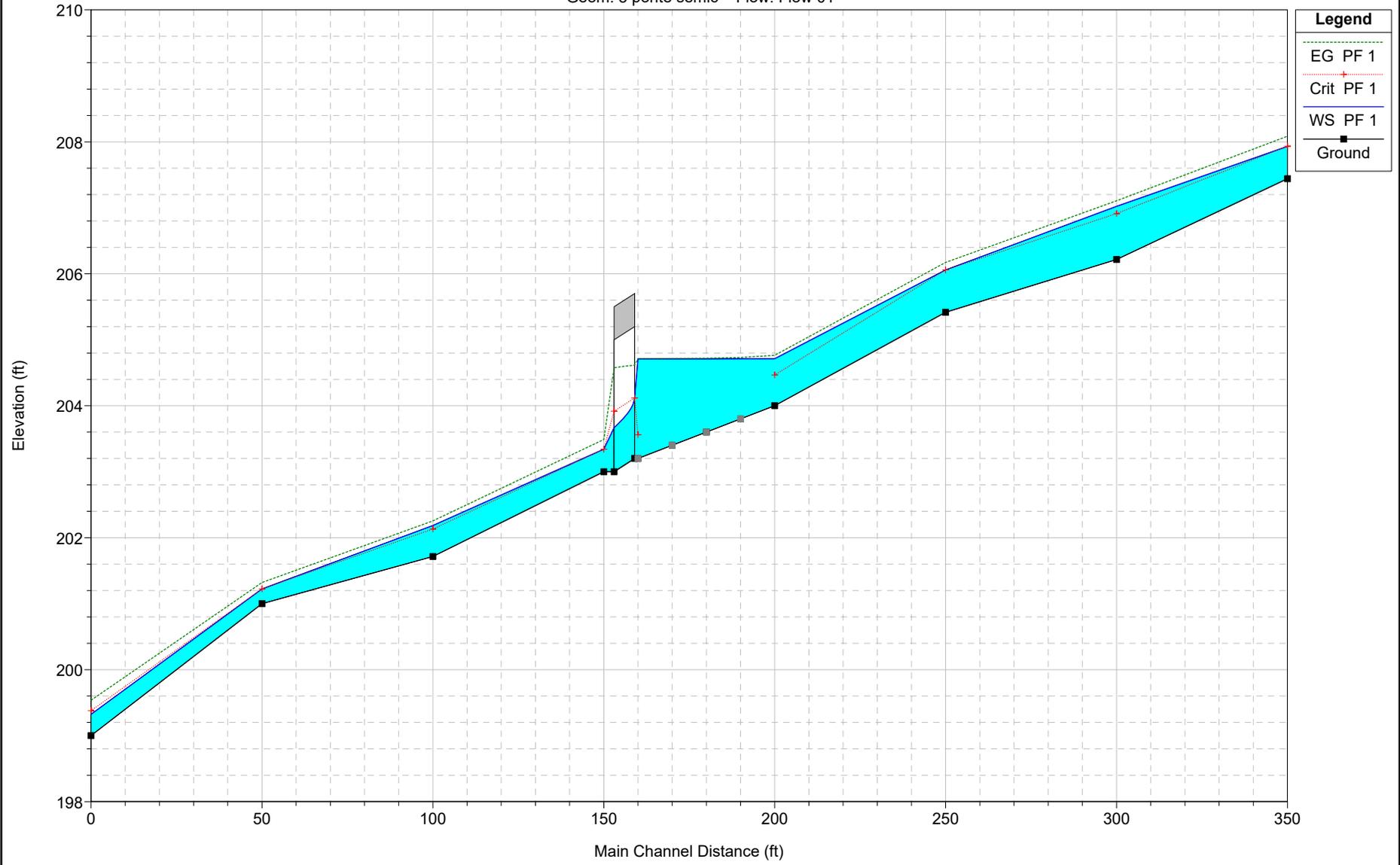


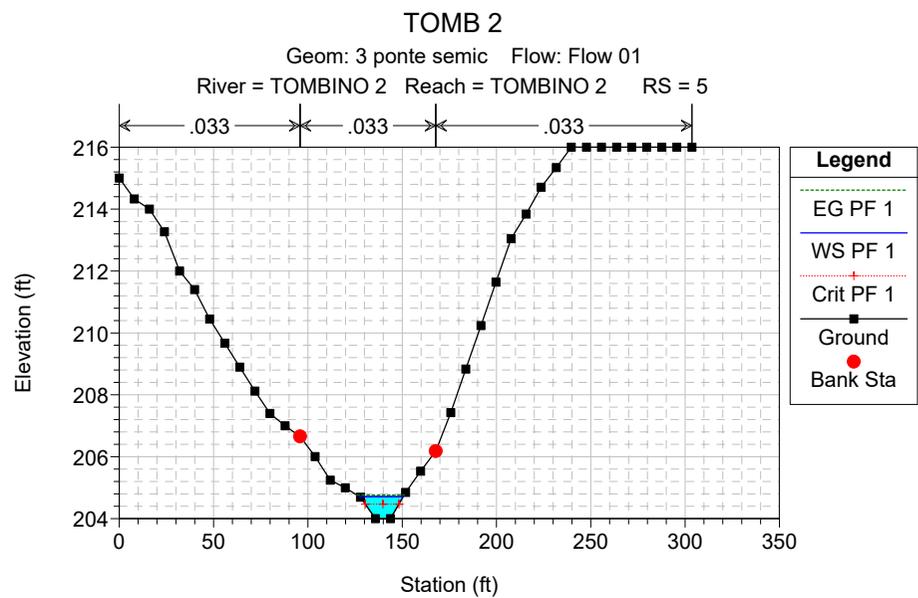
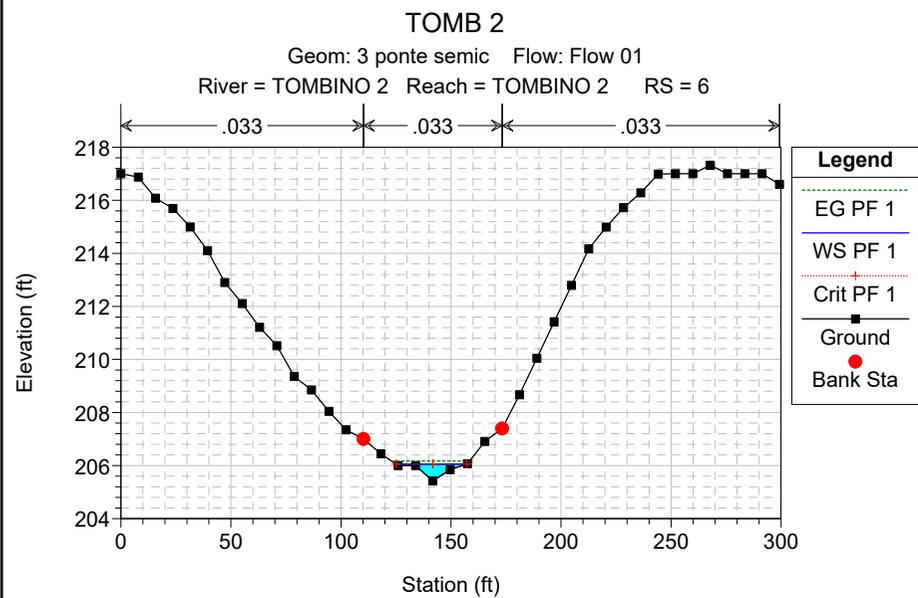
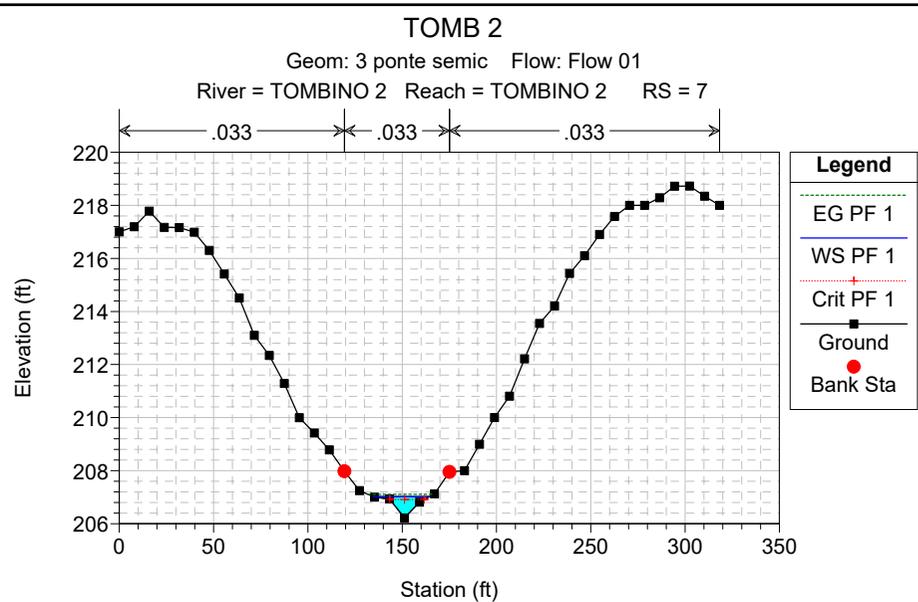
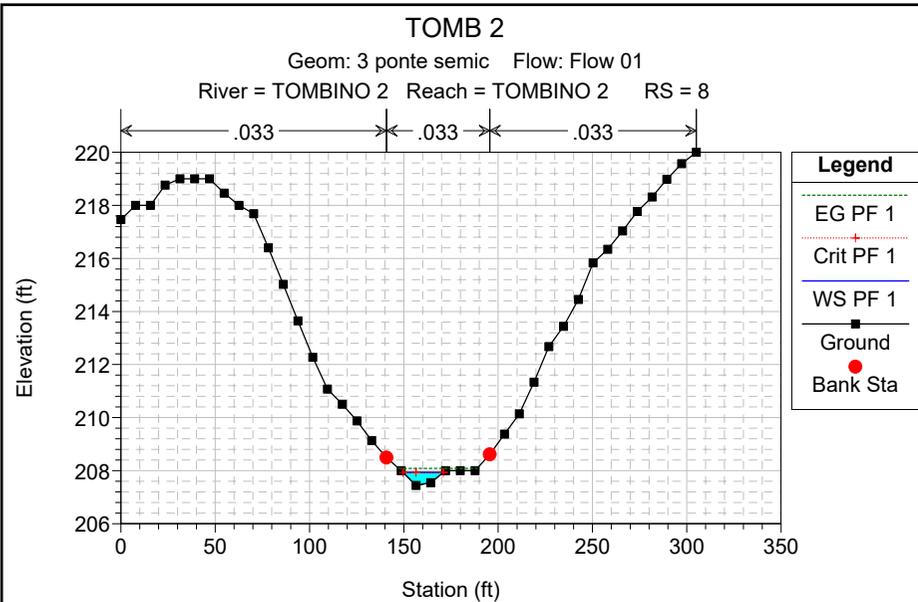
HEC-RAS Plan: Plan 02 River: TOMBINO 2 Reach: TOMBINO 2 Profile: PF 1

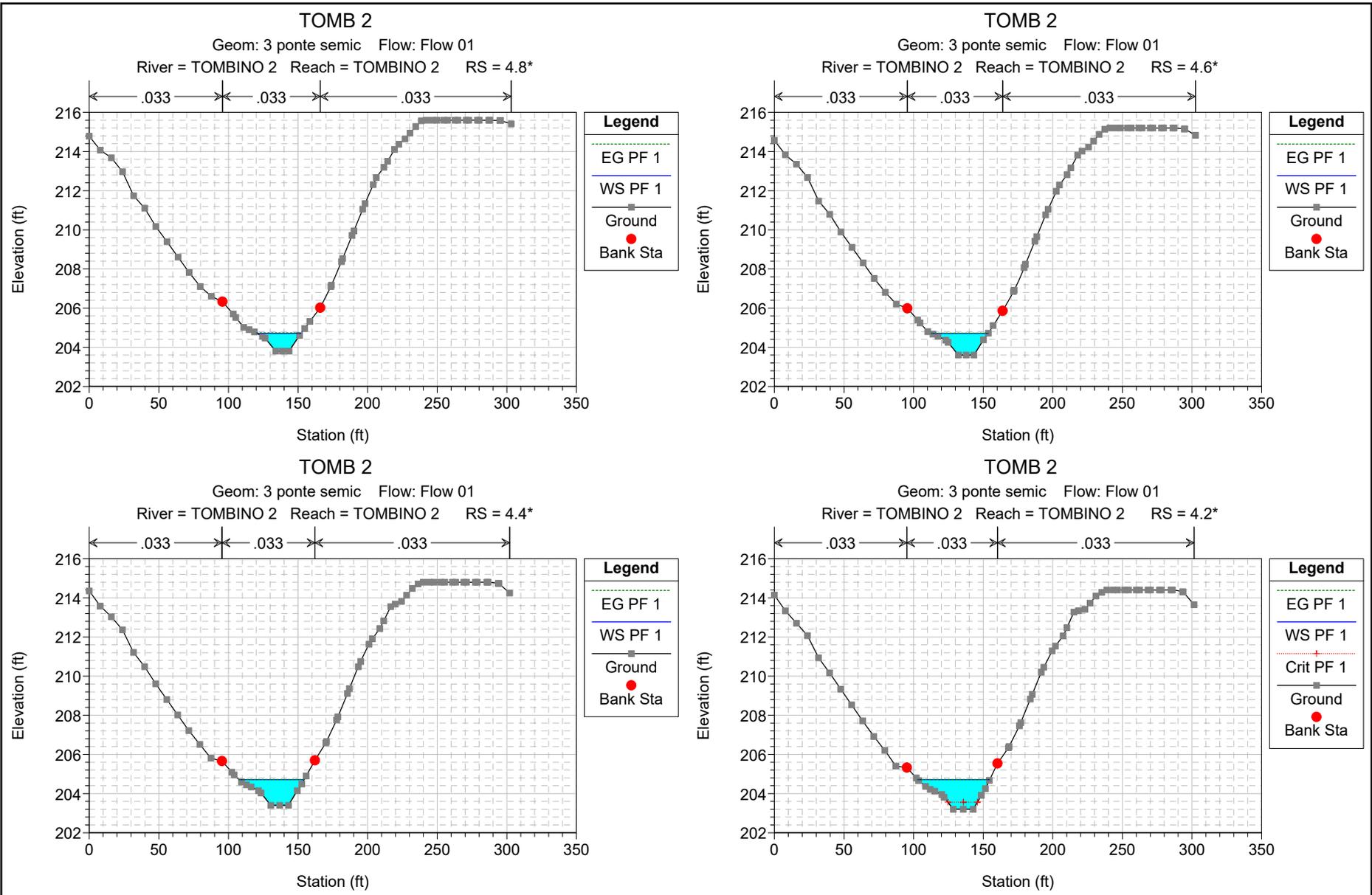
Reach	River Sta	Profile	Q Total (cfs)	Min Ch El (ft)	W.S. Elev (ft)	Crit W.S. (ft)	E.G. Elev (ft)	E.G. Slope (ft/ft)	Vel Chnl (ft/s)	Flow Area (sq ft)	Top Width (ft)	Froude # Chl
TOMBINO 2	8	PF 1	20.02	207.44	207.93	207.93	208.08	0.024421	3.14	6.37	21.33	1.01
TOMBINO 2	7	PF 1	20.02	206.22	207.02	206.91	207.11	0.013973	2.32	8.63	29.90	0.76
TOMBINO 2	6	PF 1	20.02	205.42	206.06	206.06	206.17	0.026054	2.72	7.36	32.15	1.00
TOMBINO 2	5	PF 1	20.02	204.00	204.71	204.47	204.76	0.004391	1.81	11.05	23.27	0.46
TOMBINO 2	4.8*	PF 1	20.02	203.80	204.71		204.73	0.001385	1.13	17.66	31.65	0.27
TOMBINO 2	4.6*	PF 1	20.02	203.60	204.71		204.72	0.000524	0.76	26.19	40.91	0.17
TOMBINO 2	4.4*	PF 1	20.02	203.40	204.71		204.72	0.000208	0.55	36.46	46.74	0.11
TOMBINO 2	4.2*	PF 1	20.02	203.20	204.71	203.56	204.71	0.000096	0.42	47.88	51.75	0.08
TOMBINO 2	4.1		Culvert									
TOMBINO 2	4	PF 1	20.02	203.00	203.34	203.34	203.49	0.024006	3.08	6.50	22.14	1.00
TOMBINO 2	3	PF 1	20.02	201.71	202.19	202.13	202.26	0.013411	2.12	9.44	36.36	0.73
TOMBINO 2	2	PF 1	20.02	201.00	201.22	201.22	201.32	0.027464	2.52	7.94	40.40	1.00
TOMBINO 2	1	PF 1	20.02	199.00	199.32	199.38	199.54	0.047602	3.69	5.42	23.48	1.36

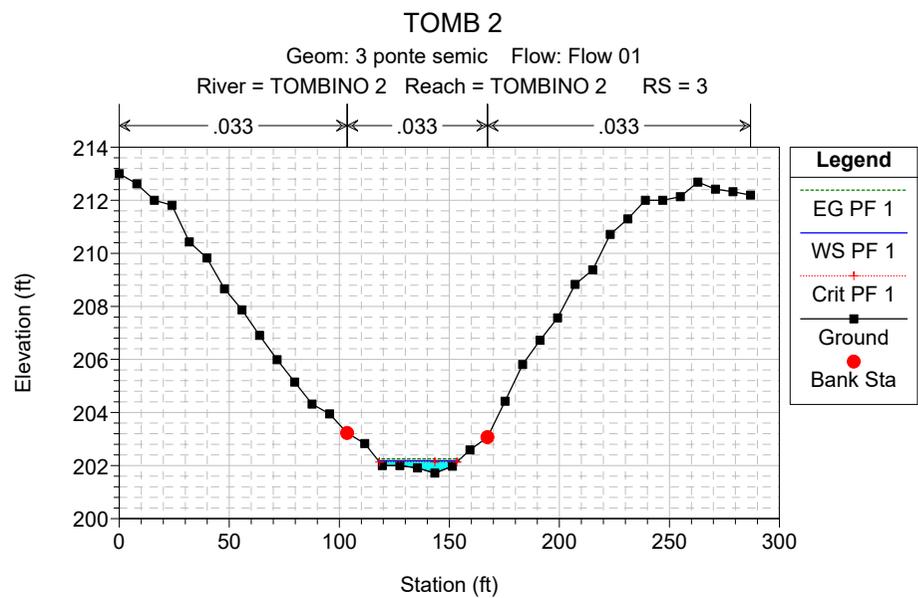
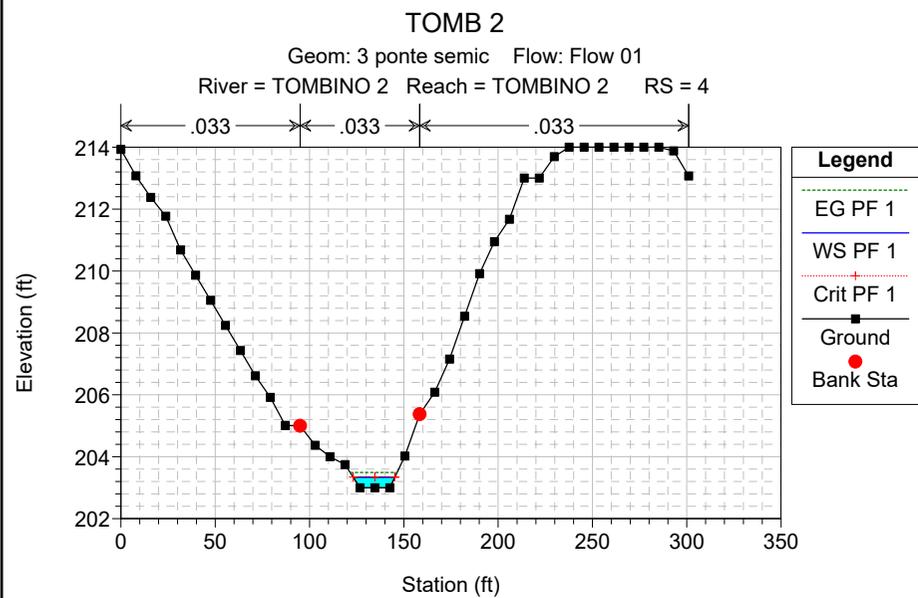
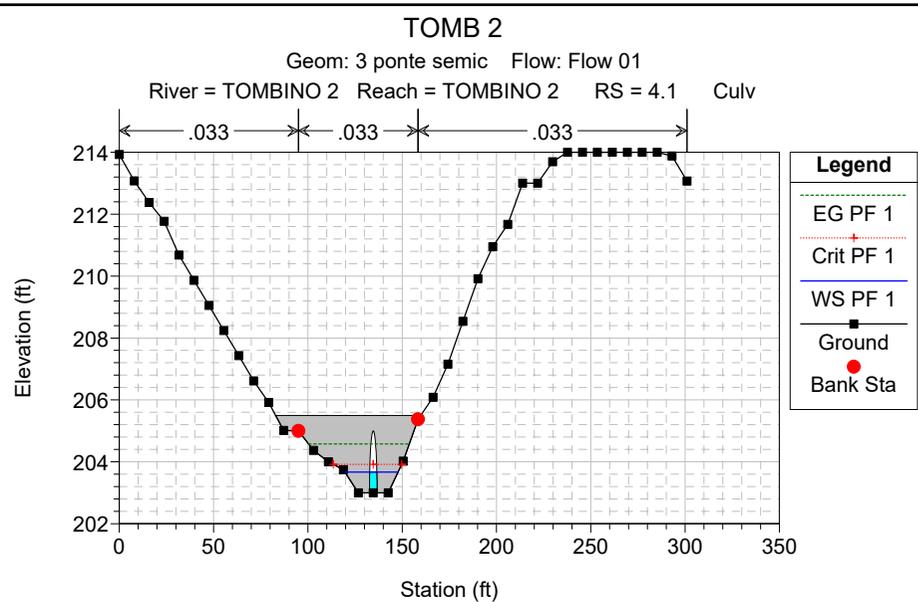
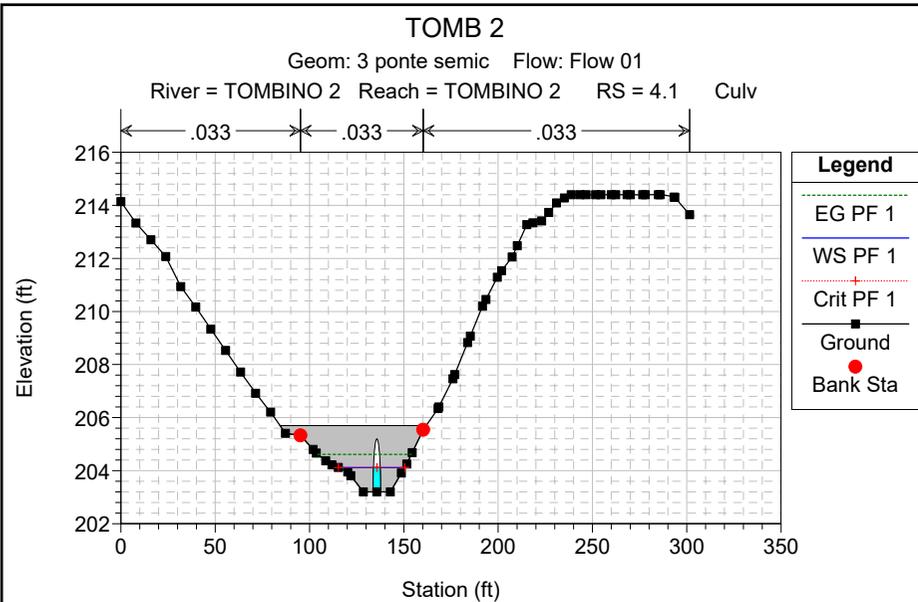
# TOMB 2

Geom: 3 ponte semic Flow: Flow 01





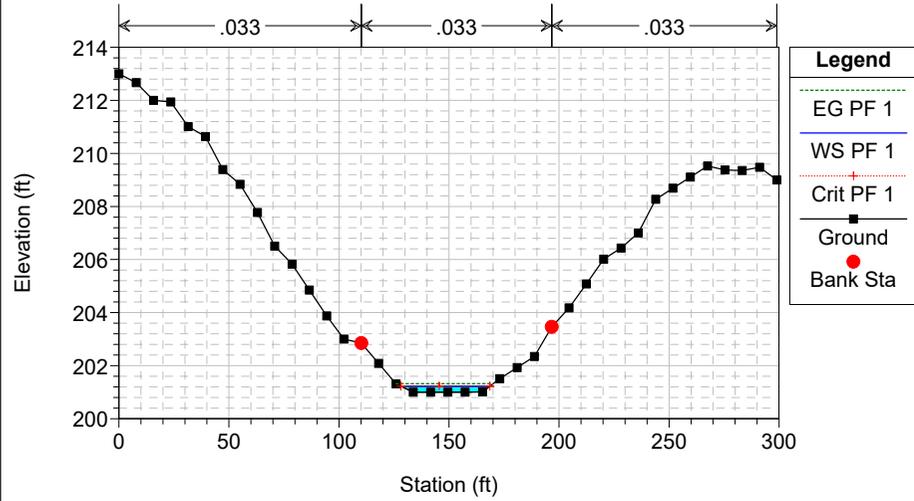




### TOMB 2

Geom: 3 ponte semic Flow: Flow 01

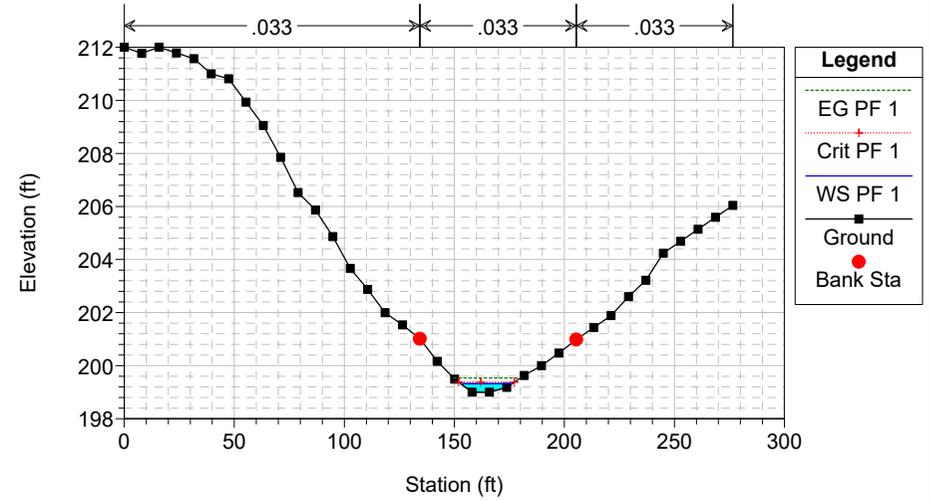
River = TOMBINO 2 Reach = TOMBINO 2 RS = 2



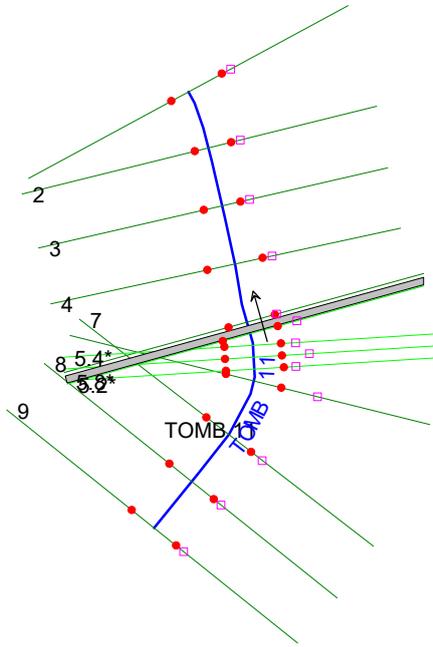
### TOMB 2

Geom: 3 ponte semic Flow: Flow 01

River = TOMBINO 2 Reach = TOMBINO 2 RS = 1



TIPOLOGIA C

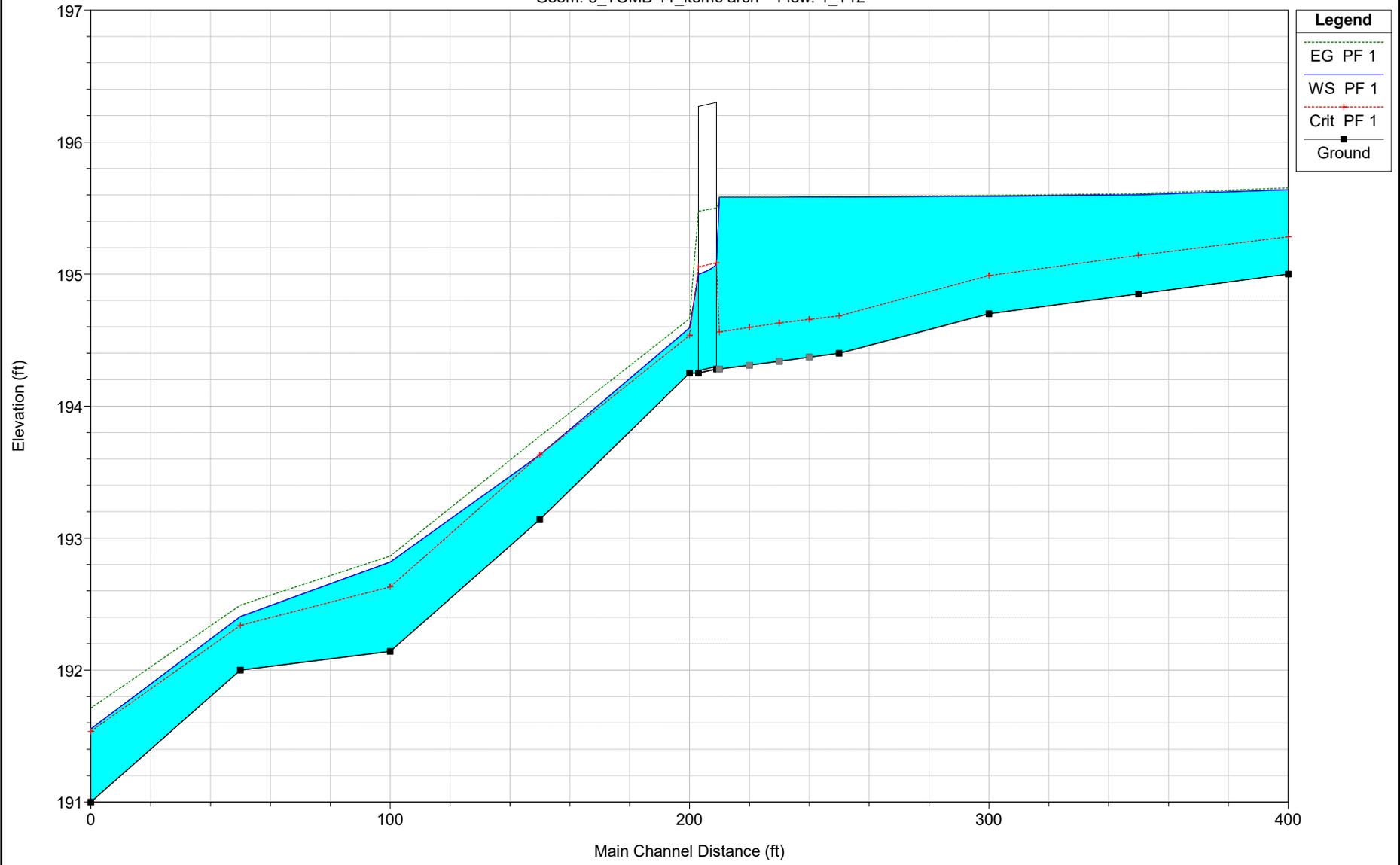


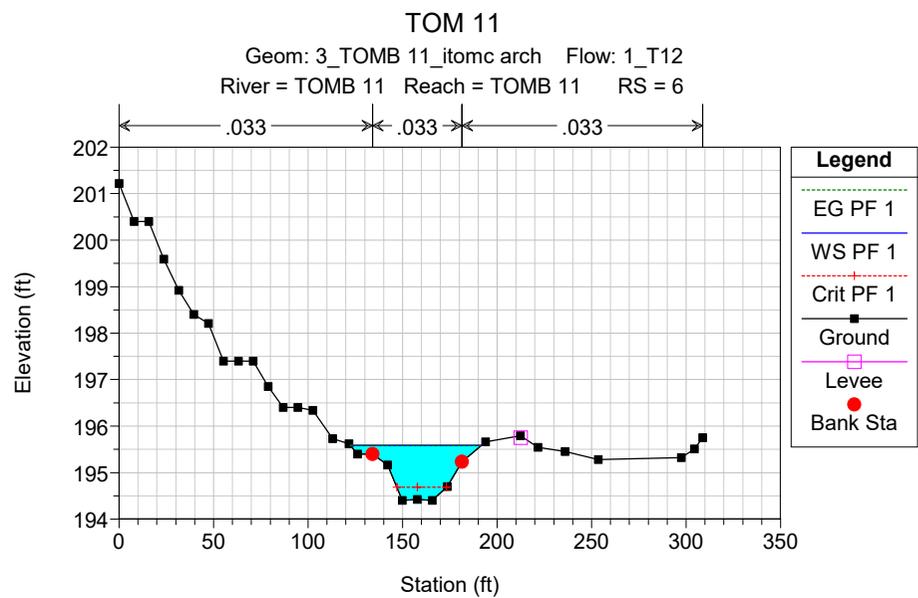
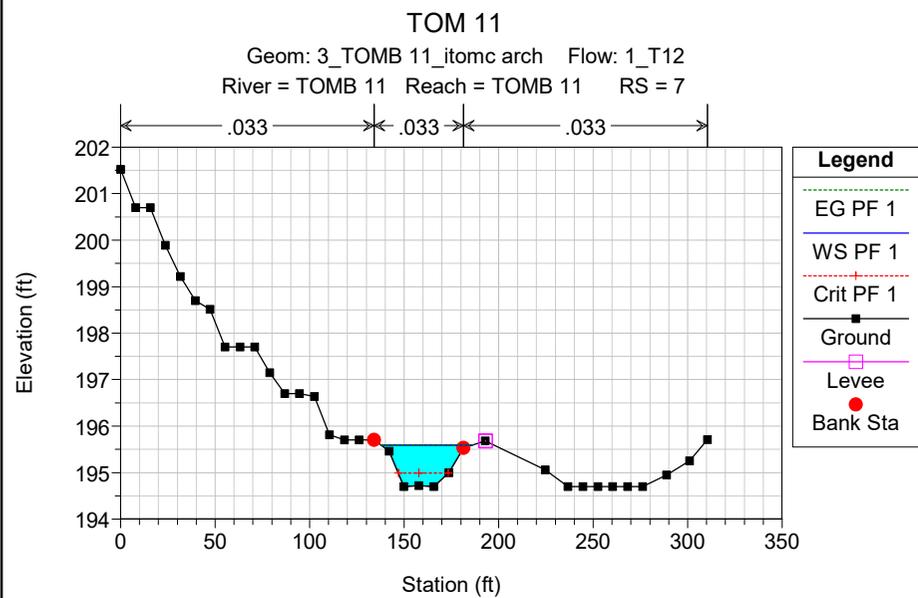
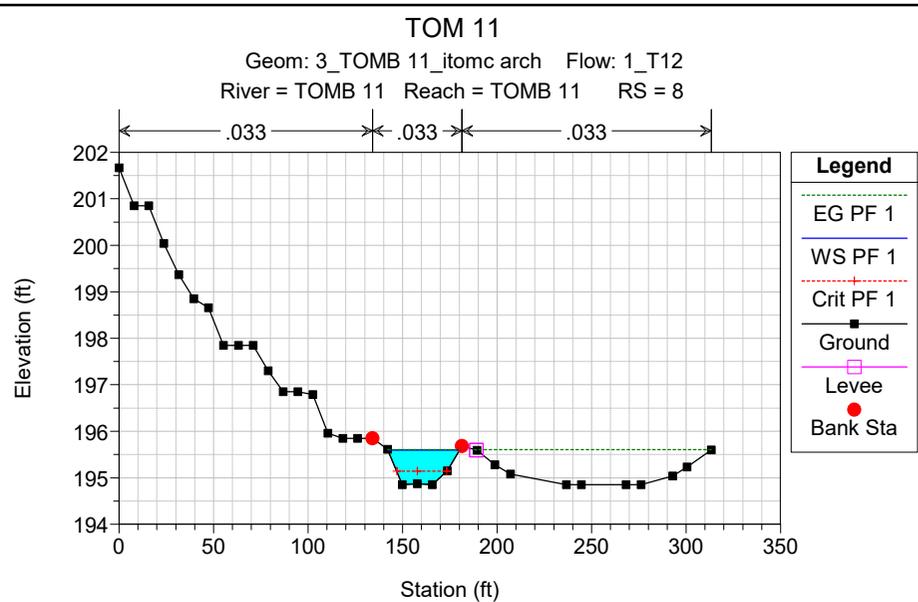
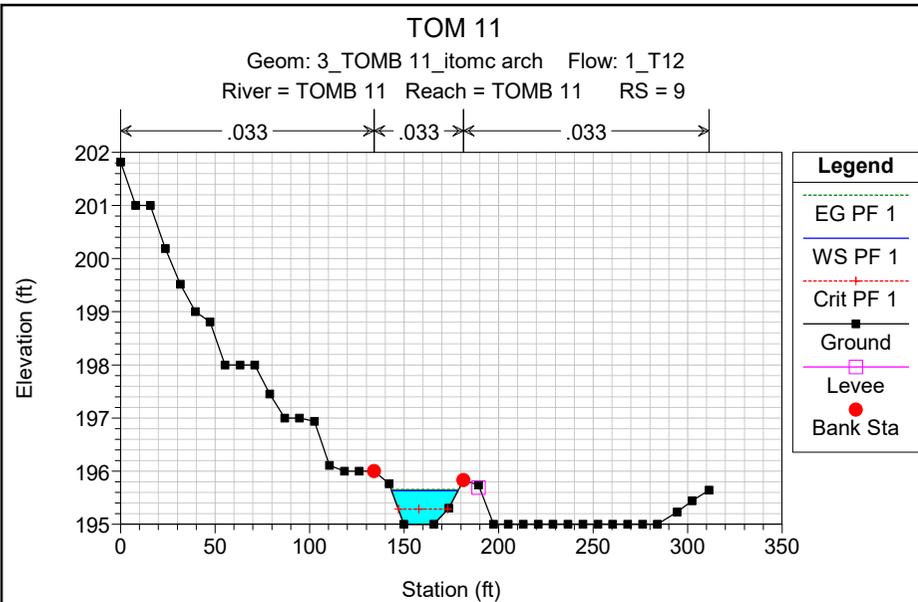
HEC-RAS Plan: Plan 05 River: TOMB 11 Reach: TOMB 11 Profile: PF 1

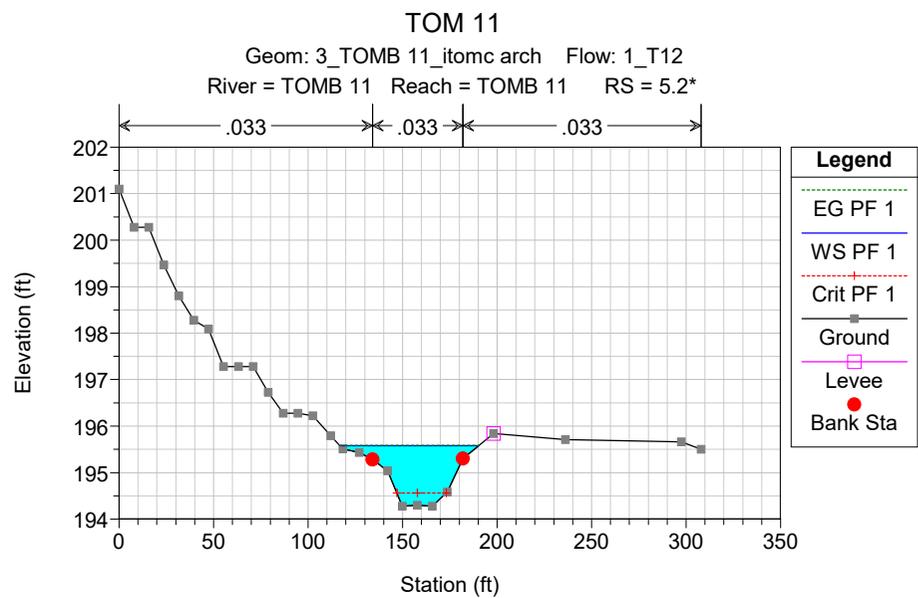
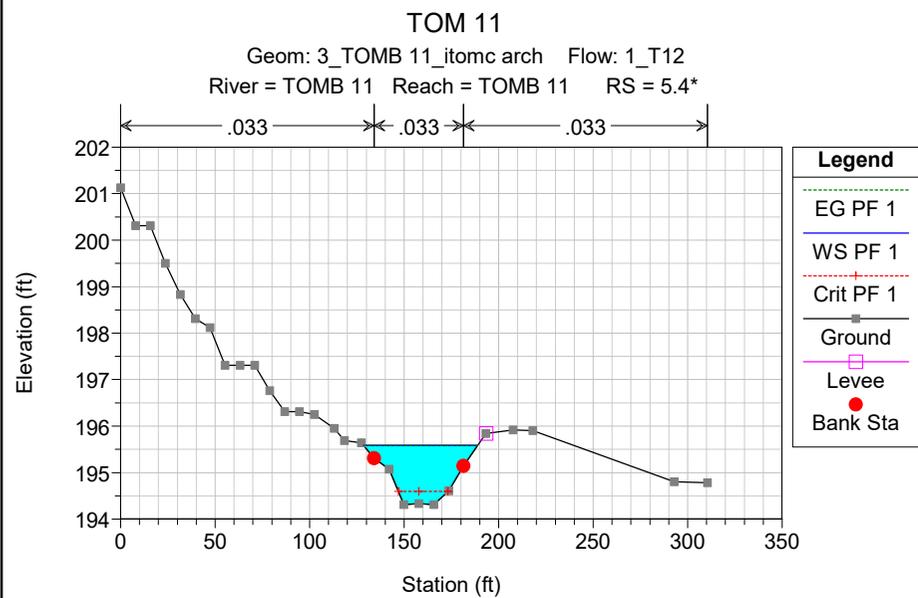
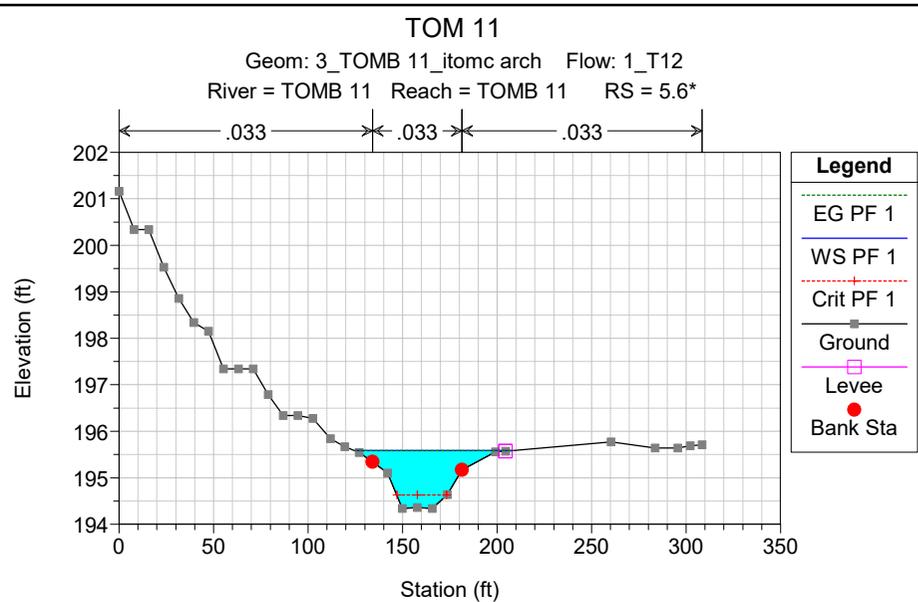
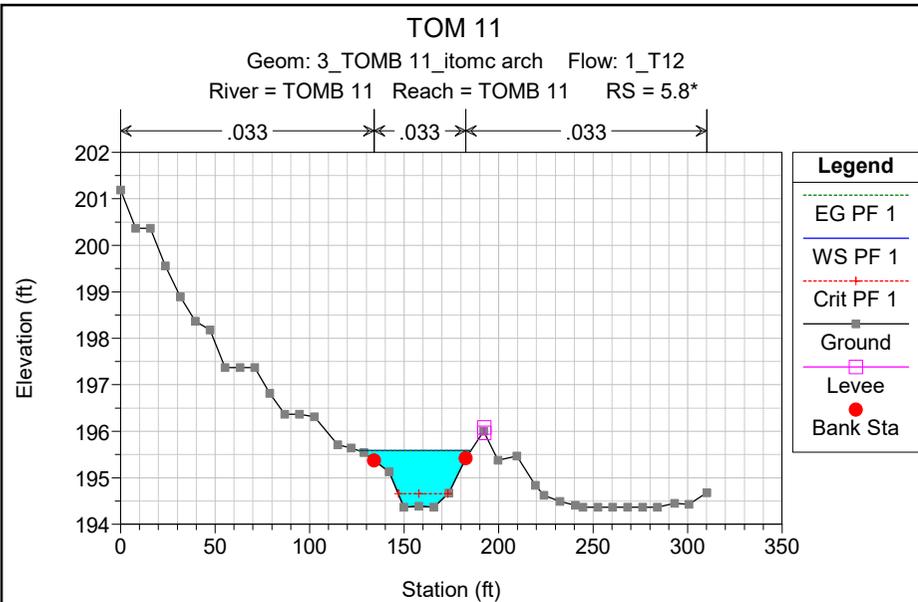
Reach	River Sta	Profile	Q Total (cfs)	Min Ch El (ft)	W.S. Elev (ft)	Crit W.S. (ft)	E.G. Elev (ft)	E.G. Slope (ft/ft)	Vel Chnl (ft/s)	Flow Area (sq ft)	Top Width (ft)	Froude # Chl
TOMB 11	9	PF 1	15.80	195.00	195.64	195.28	195.65	0.001155	0.93	16.90	35.34	0.24
TOMB 11	8	PF 1	15.80	194.85	195.60	195.14	195.61	0.000637	0.76	20.83	38.69	0.18
TOMB 11	7	PF 1	15.80	194.70	195.59	194.99	195.59	0.000339	0.59	26.69	48.22	0.13
TOMB 11	6	PF 1	15.80	194.40	195.58	194.68	195.59	0.000089	0.38	43.92	69.43	0.07
TOMB 11	5.8*	PF 1	15.80	194.37	195.58	194.66	195.59	0.000088	0.38	42.42	59.45	0.07
TOMB 11	5.6*	PF 1	15.80	194.34	195.58	194.63	195.58	0.000071	0.35	48.07	83.32	0.07
TOMB 11	5.4*	PF 1	15.80	194.31	195.58	194.60	195.58	0.000065	0.35	46.85	60.32	0.06
TOMB 11	5.2*	PF 1	15.80	194.28	195.58	194.56	195.58	0.000061	0.34	49.18	73.59	0.06
TOMB 11	5.1		Culvert									
TOMB 11	5	PF 1	15.80	194.25	194.59	194.54	194.66	0.013290	2.15	7.36	27.69	0.73
TOMB 11	4	PF 1	15.80	193.14	193.63	193.63	193.77	0.025032	3.02	5.24	18.98	1.01
TOMB 11	3	PF 1	15.80	192.14	192.82	192.63	192.86	0.004960	1.70	9.27	23.50	0.48
TOMB 11	2	PF 1	15.80	192.00	192.41	192.34	192.49	0.012298	2.35	6.71	20.67	0.73
TOMB 11	1	PF 1	15.80	191.00	191.55	191.54	191.71	0.020019	3.19	4.96	13.92	0.94

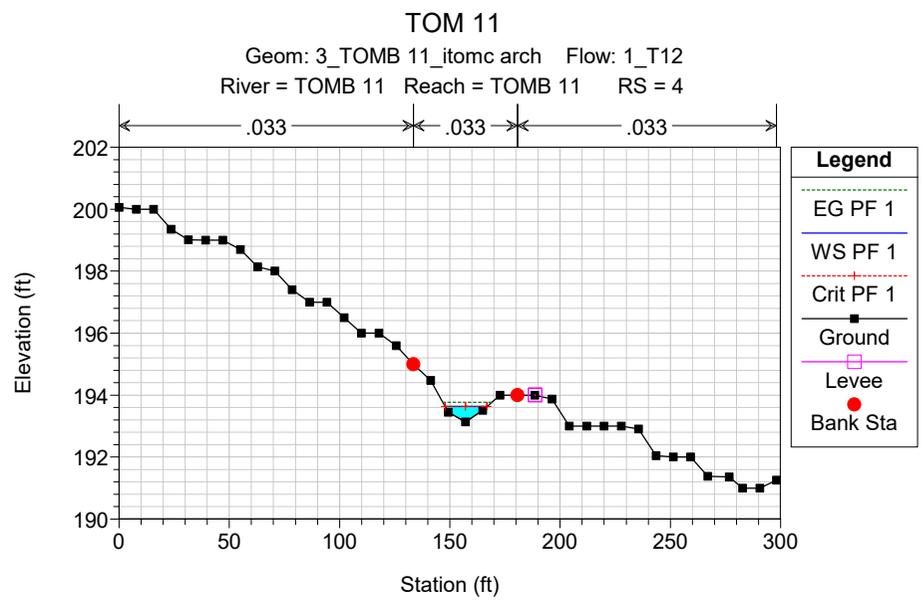
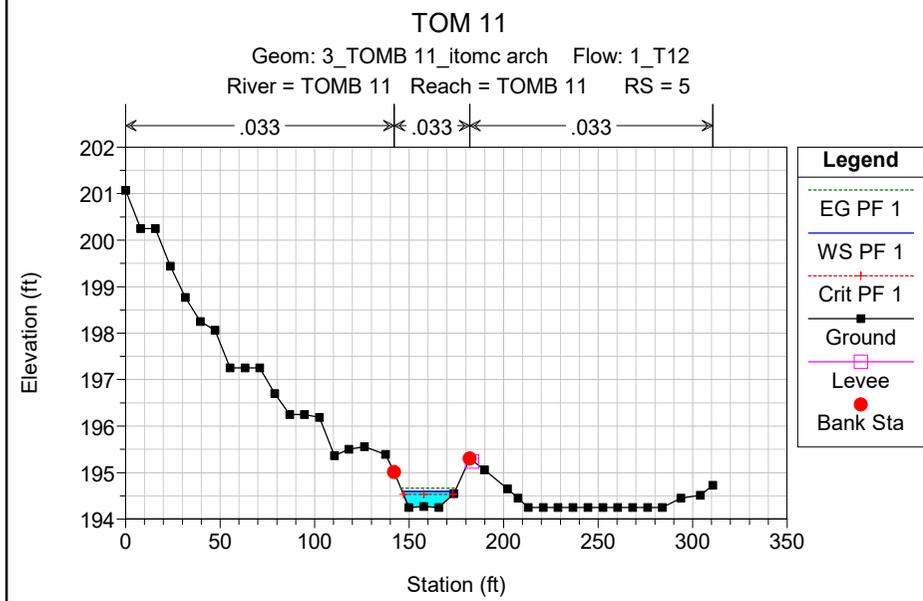
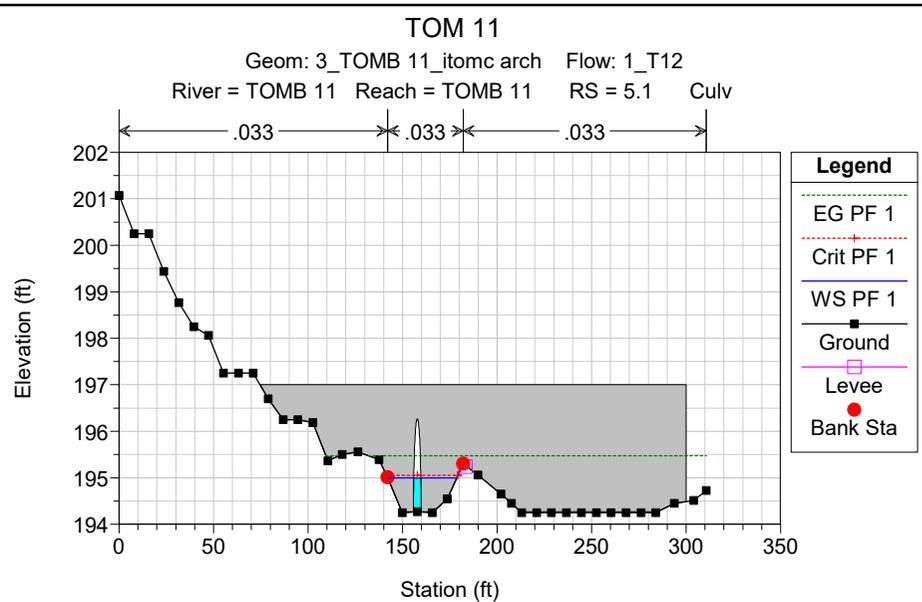
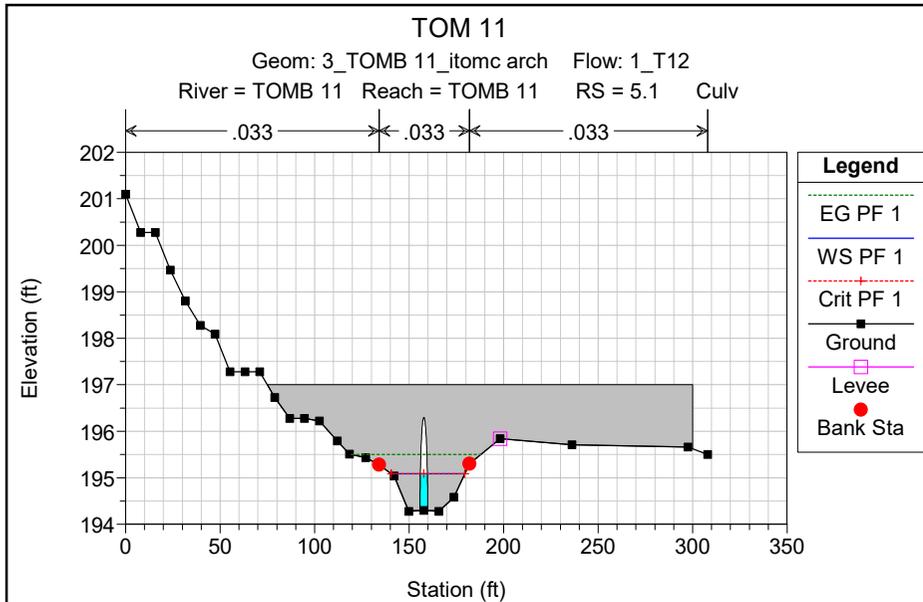
### TOM 11

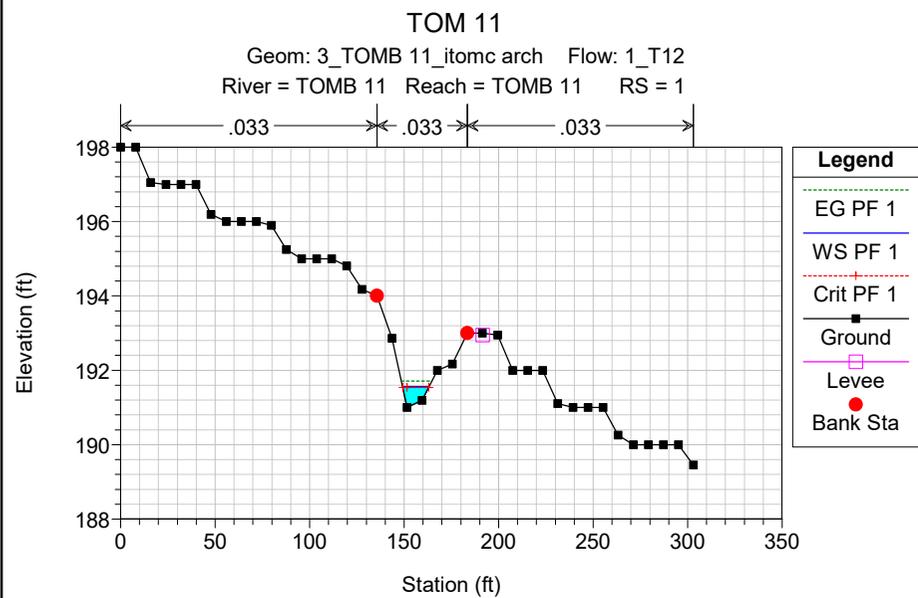
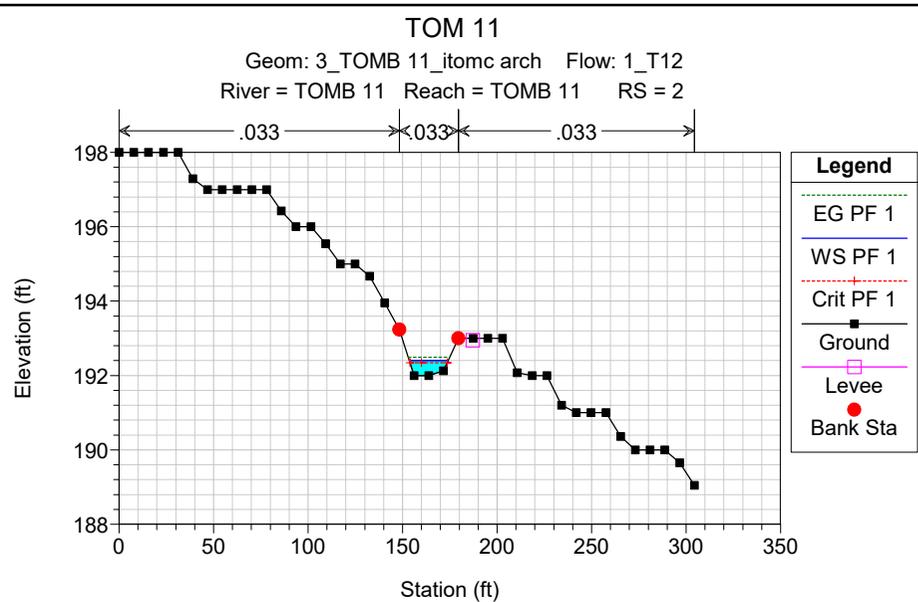
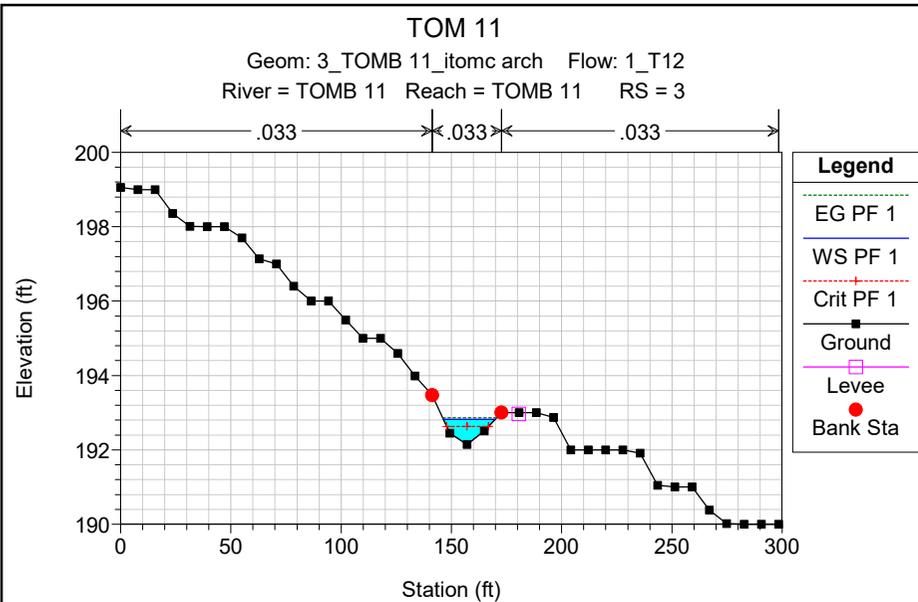
Geom: 3\_TOMB 11\_itomc arch Flow: 1\_T12



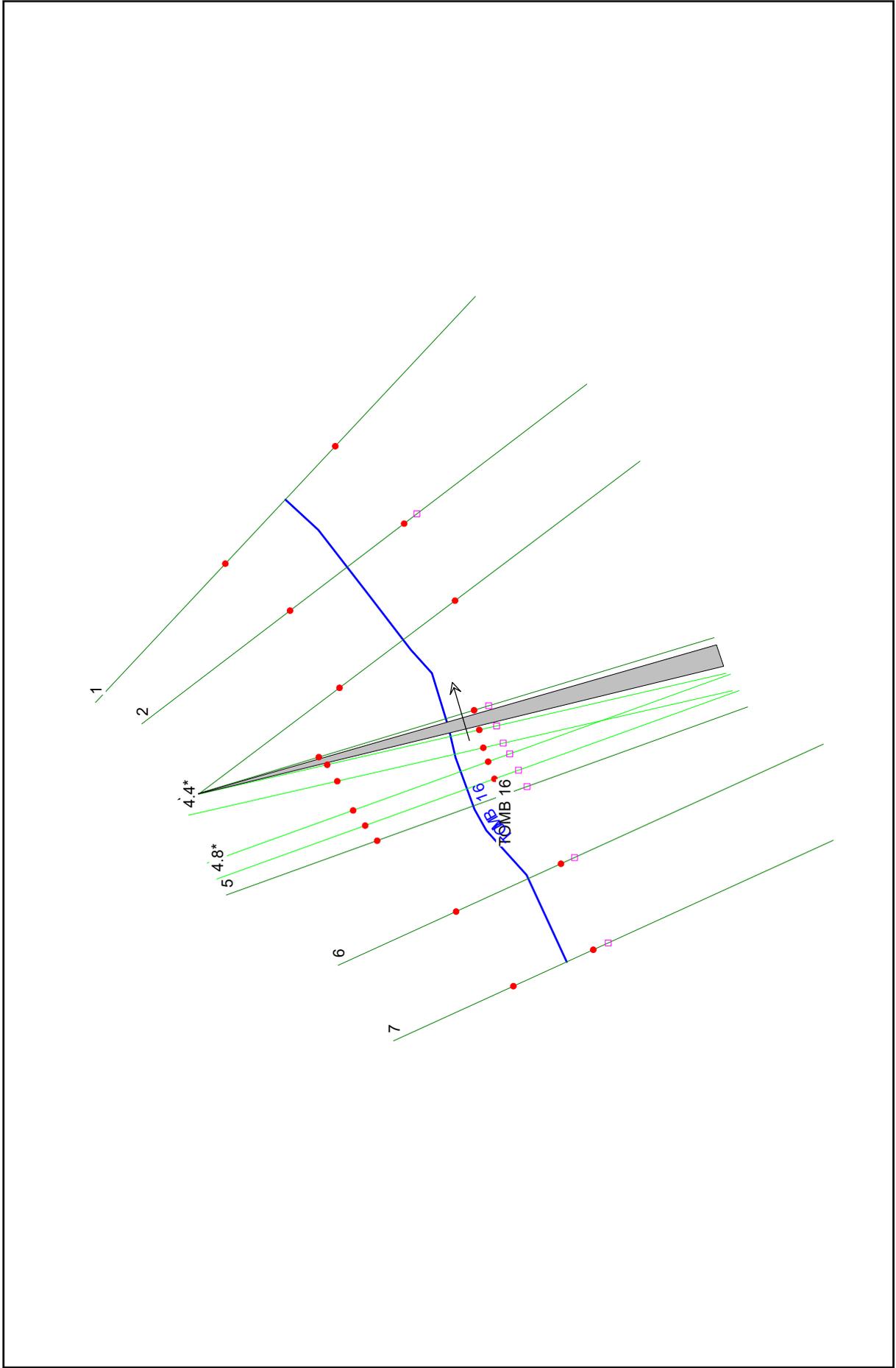








TIPOLOGIA D

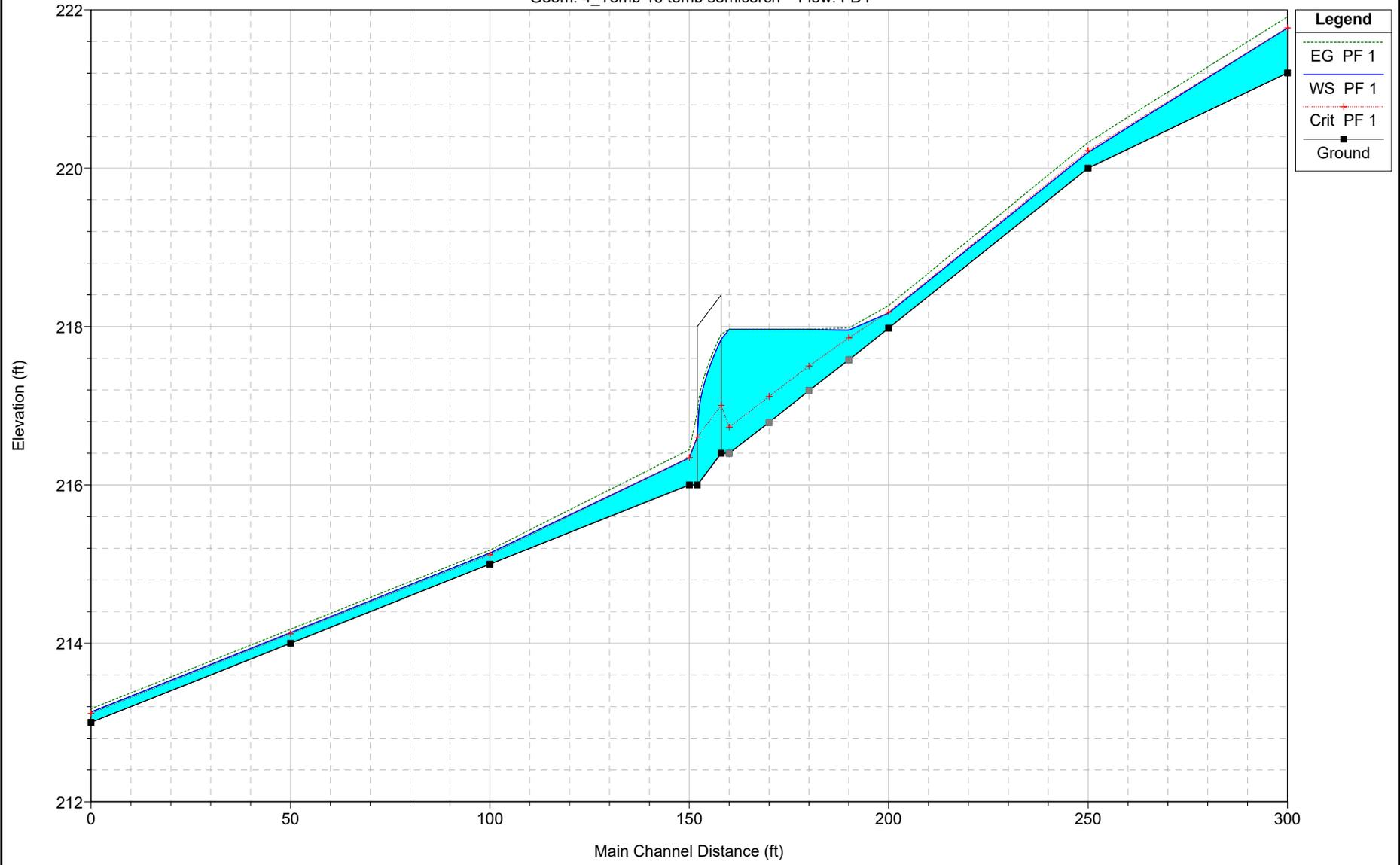


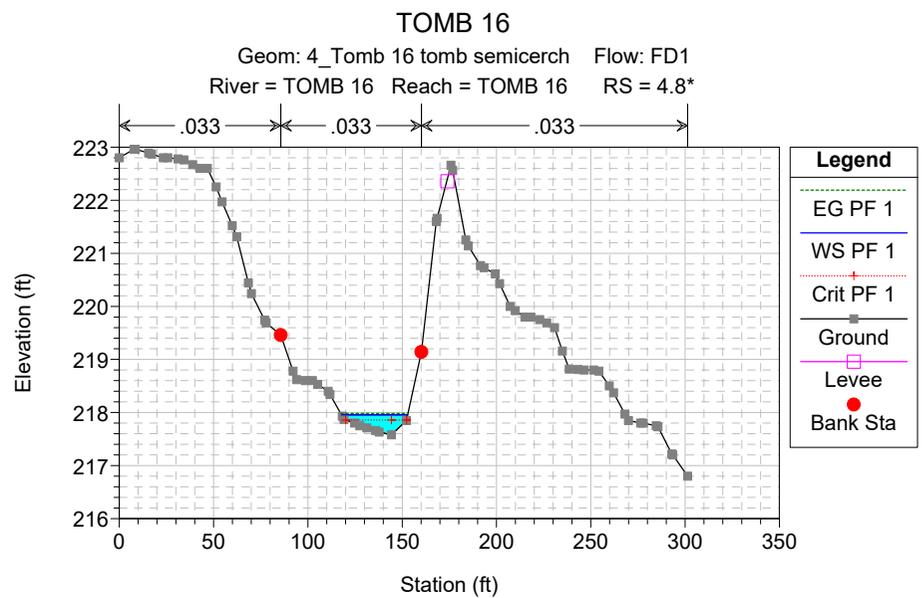
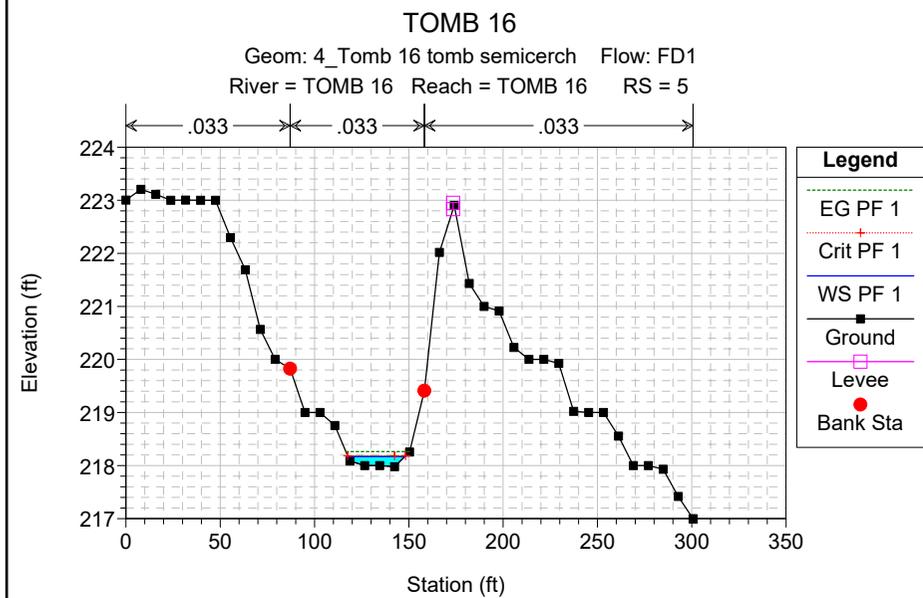
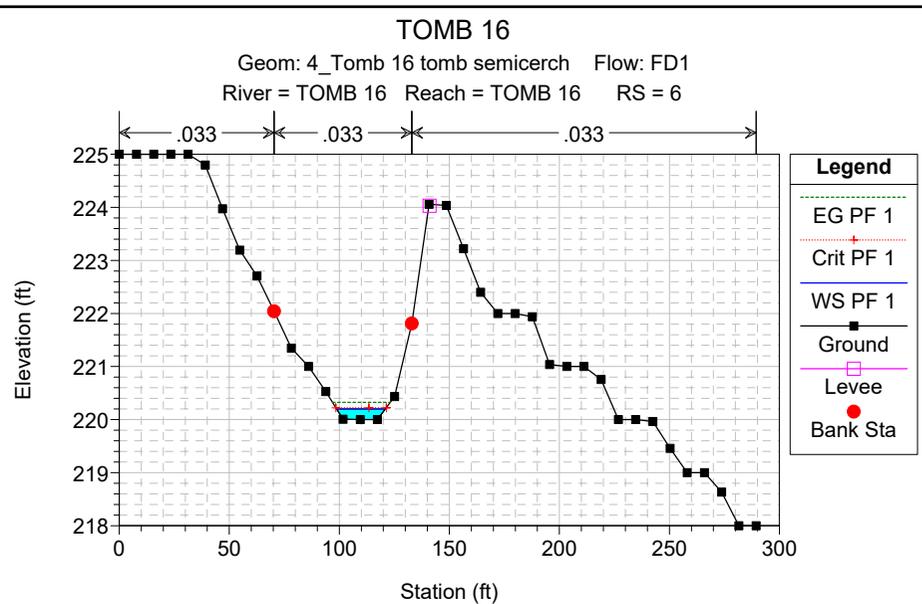
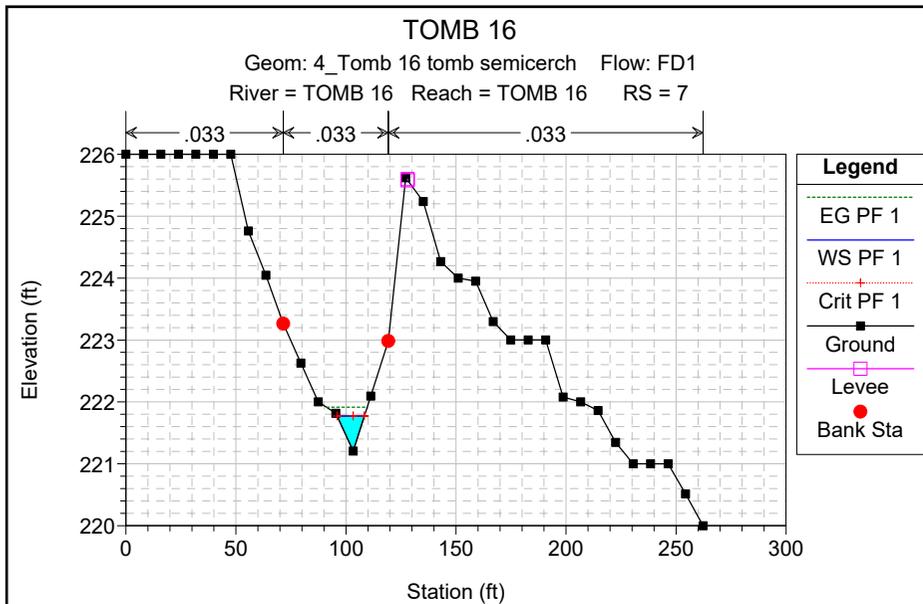
HEC-RAS Plan: Plan 04 River: TOMB 16 Reach: TOMB 16 Profile: PF 1

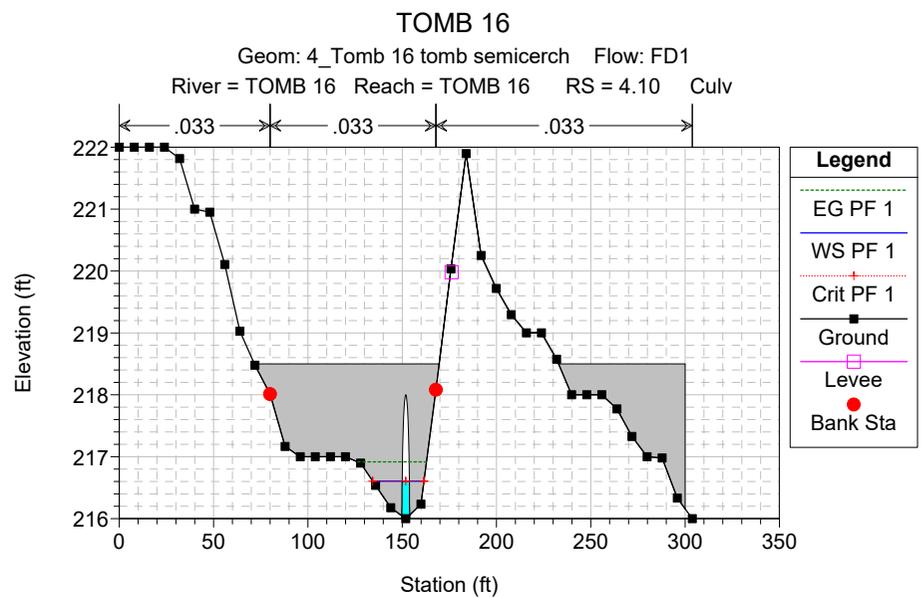
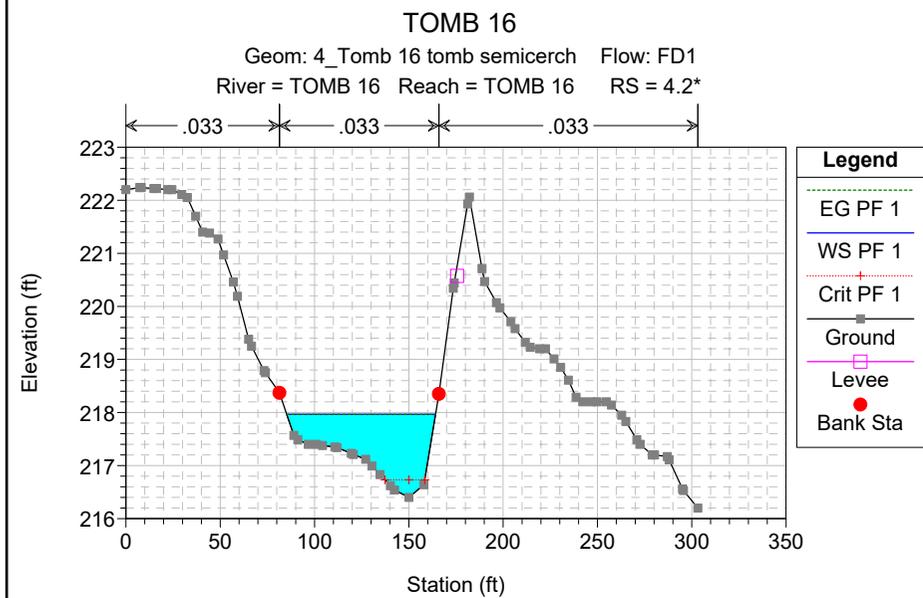
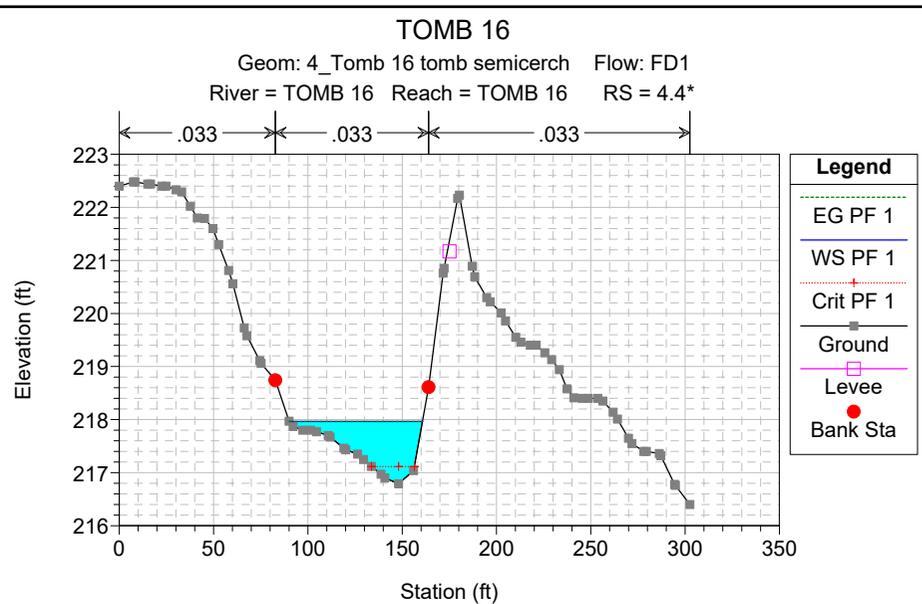
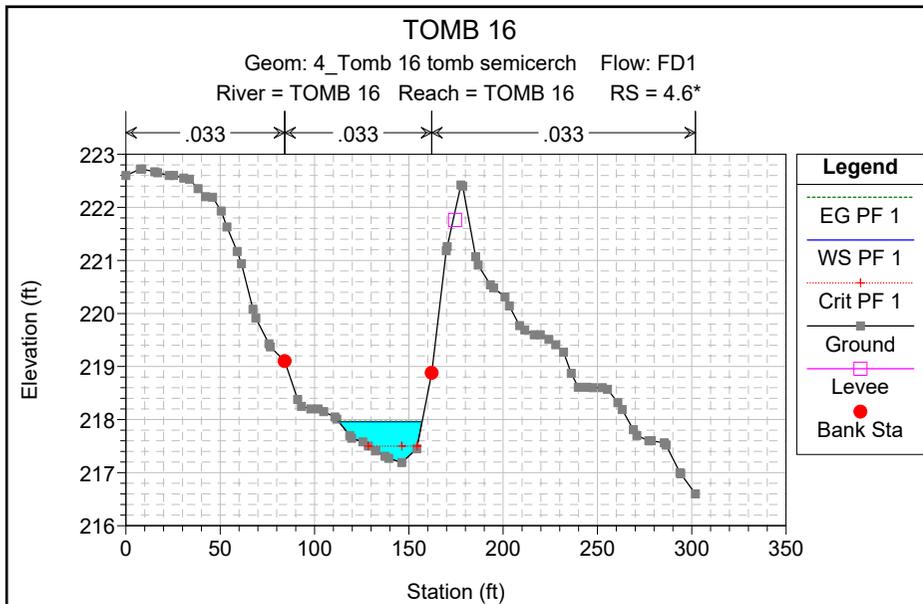
Reach	River Sta	Profile	Q Total (cfs)	Min Ch El (ft)	W.S. Elev (ft)	Crit W.S. (ft)	E.G. Elev (ft)	E.G. Slope (ft/ft)	Vel Chnl (ft/s)	Flow Area (sq ft)	Top Width (ft)	Froude # Chl
TOMB 16	7	PF 1	10.68	221.20	221.77	221.77	221.91	0.024403	3.03	3.53	12.43	1.00
TOMB 16	6	PF 1	10.68	220.00	220.20	220.22	220.33	0.042954	2.85	3.74	22.15	1.22
TOMB 16	5	PF 1	10.68	217.98	218.17	218.18	218.26	0.039327	2.45	4.35	30.25	1.14
TOMB 16	4.8*	PF 1	10.68	217.58	217.96	217.86	217.98	0.005931	1.31	8.15	35.08	0.48
TOMB 16	4.6*	PF 1	10.68	217.19	217.96	217.50	217.97	0.000317	0.50	21.53	44.20	0.13
TOMB 16	4.4*	PF 1	10.68	216.79	217.96	217.12	217.96	0.000066	0.26	41.52	70.58	0.06
TOMB 16	4.2*	PF 1	10.68	216.40	217.96	216.73	217.96	0.000014	0.15	68.96	78.92	0.03
TOMB 16	4.10		Culvert									
TOMB 16	4	PF 1	10.68	216.00	216.34	216.34	216.44	0.026260	2.55	4.18	20.16	0.99
TOMB 16	3	PF 1	10.68	215.00	215.14	215.12	215.18	0.020070	1.57	6.81	55.87	0.79
TOMB 16	2	PF 1	10.68	214.00	214.13	214.12	214.18	0.020342	1.65	6.47	49.58	0.81
TOMB 16	1	PF 1	10.68	213.00	213.13	213.11	213.17	0.020005	1.61	6.65	52.53	0.80

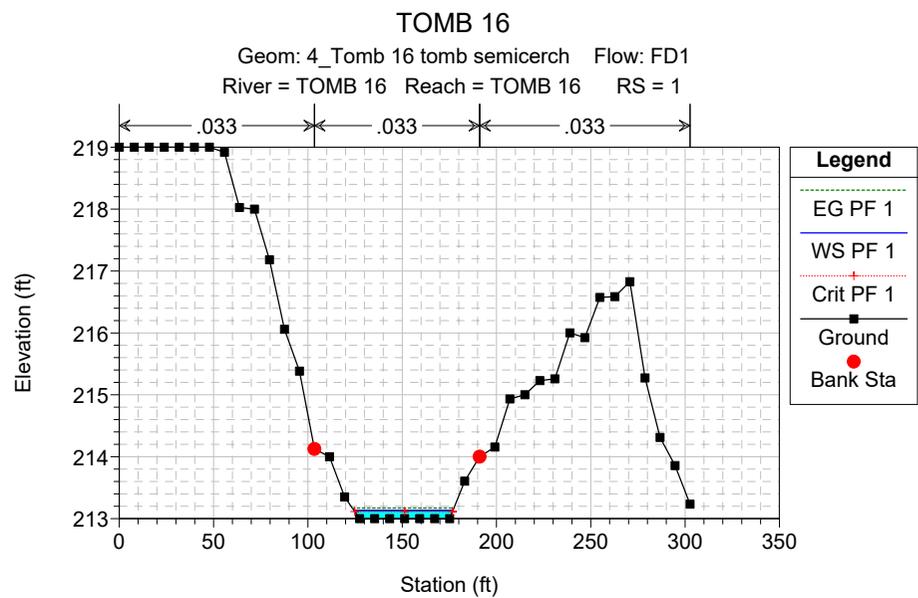
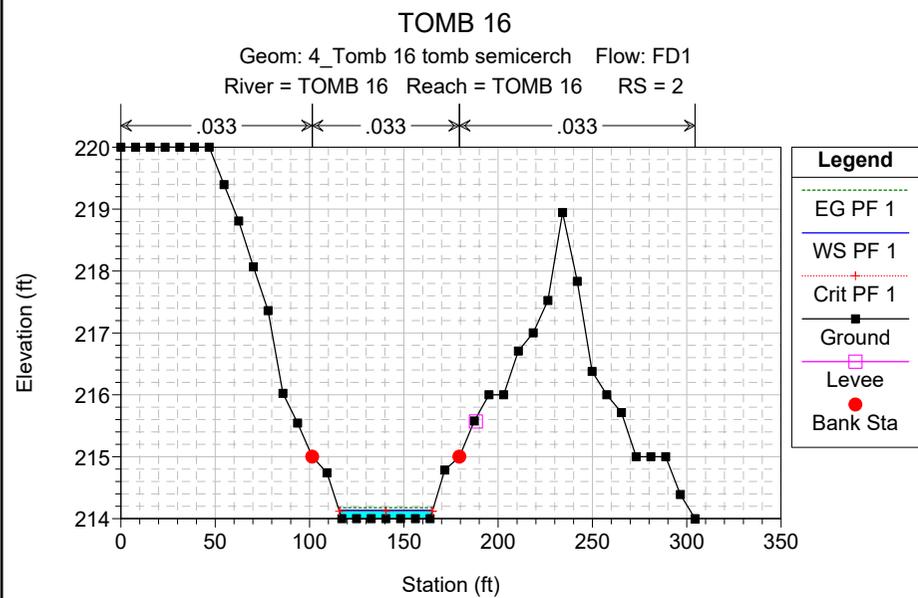
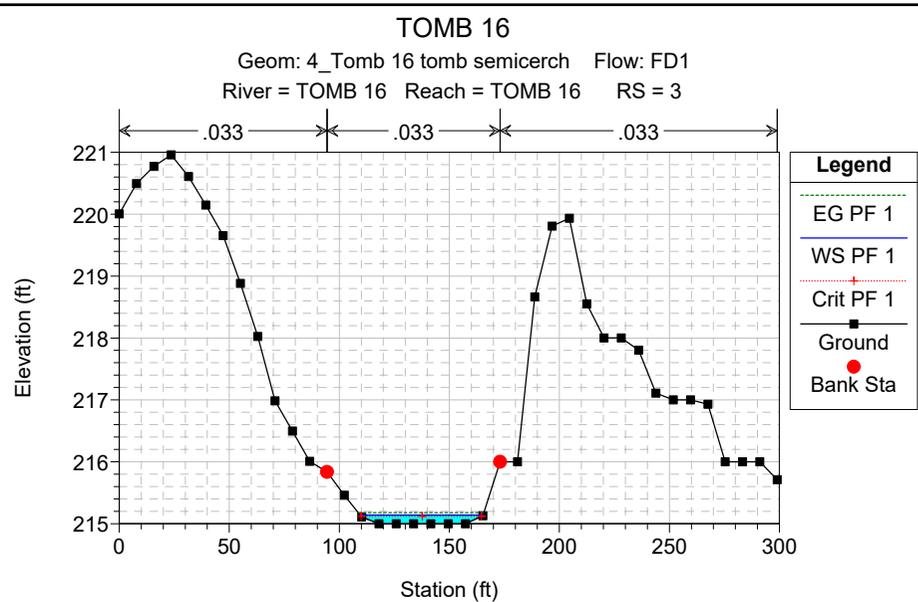
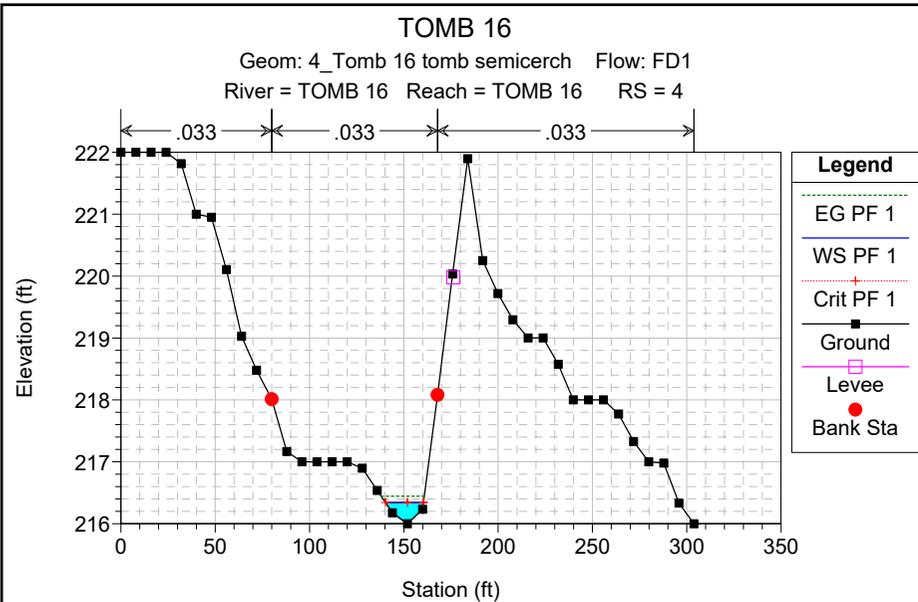
# TOMB 16

Geom: 4\_Tomb 16 tomb semicerch Flow: FD1









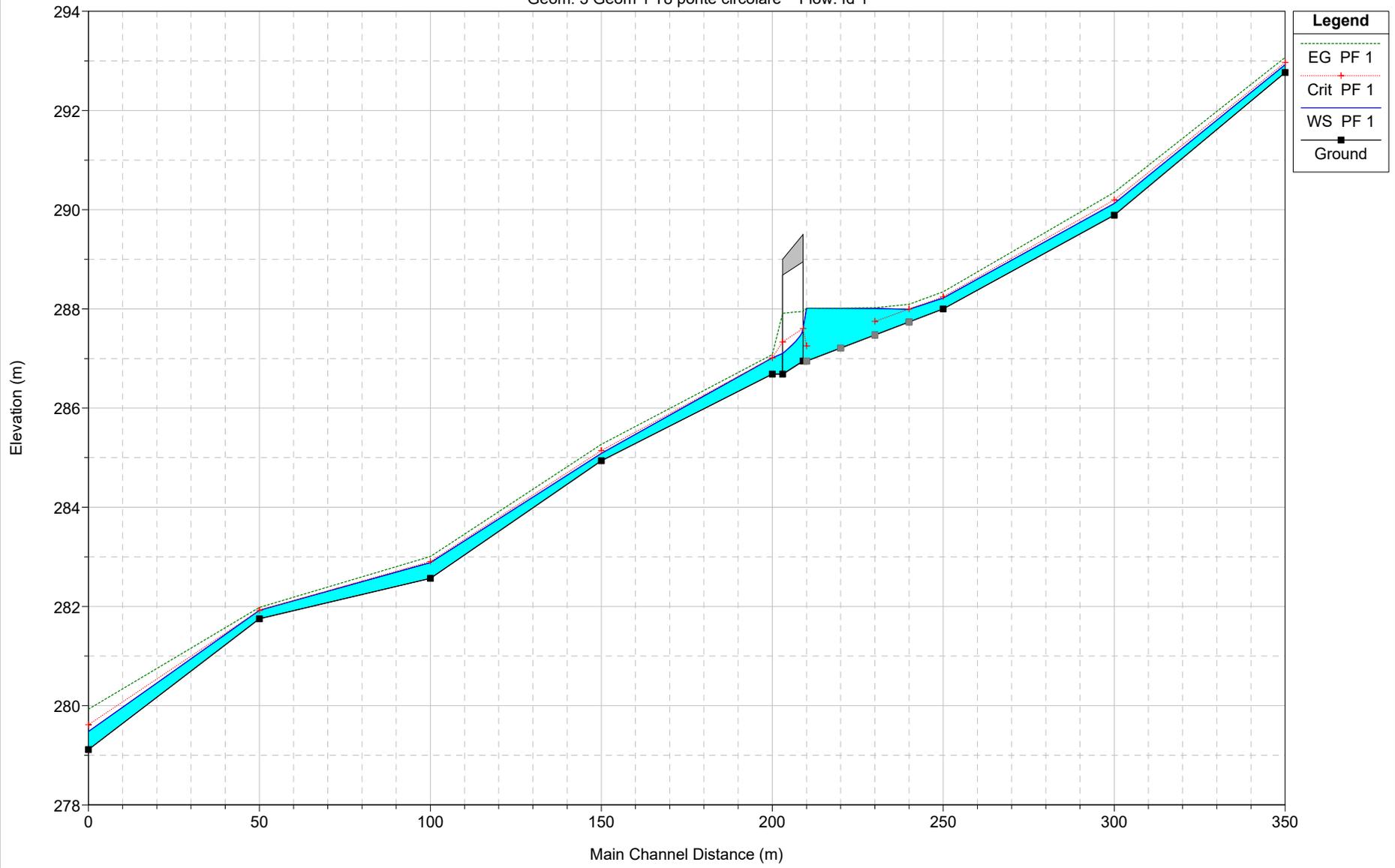


HEC-RAS Plan: Plan 03 River: TOMB 8 Reach: TOMB 8 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
TOMB 8	8	PF 1	4.99	292.77	292.92	292.97	293.07	0.057610	1.69	2.95	26.30	1.61
TOMB 8	7	PF 1	4.99	289.89	290.13	290.20	290.35	0.051138	2.09	2.38	14.13	1.62
TOMB 8	6	PF 1	4.99	288.00	288.22	288.25	288.35	0.031430	1.58	3.15	19.69	1.26
TOMB 8	5.8*	PF 1	4.99	287.74	287.99	288.00	288.09	0.020161	1.39	3.59	19.62	1.03
TOMB 8	5.6*	PF 1	4.99	287.47	288.01	287.75	288.02	0.001136	0.51	9.79	27.76	0.27
TOMB 8	5.4*	PF 1	4.99	287.21	288.01		288.02	0.000221	0.26	19.55	45.89	0.12
TOMB 8	5.2*	PF 1	4.99	286.95	288.01	287.25	288.01	0.000039	0.14	35.83	56.69	0.06
TOMB 8	5.1		Culvert									
TOMB 8	5	PF 1	4.99	286.68	287.01	287.01	287.08	0.020095	1.13	4.41	32.65	0.06
TOMB 8	4	PF 1	4.99	284.94	285.09	285.14	285.27	0.081870	1.89	2.64	25.93	1.89
TOMB 8	3	PF 1	4.99	282.57	282.88	282.91	283.01	0.028273	1.57	3.18	18.55	1.21
TOMB 8	2	PF 1	4.99	281.75	281.92	281.92	281.98	0.022375	1.06	4.69	41.38	1.01
TOMB 8	1	PF 1	4.99	279.11	279.48	279.62	279.93	0.092661	2.97	1.68	9.18	2.21

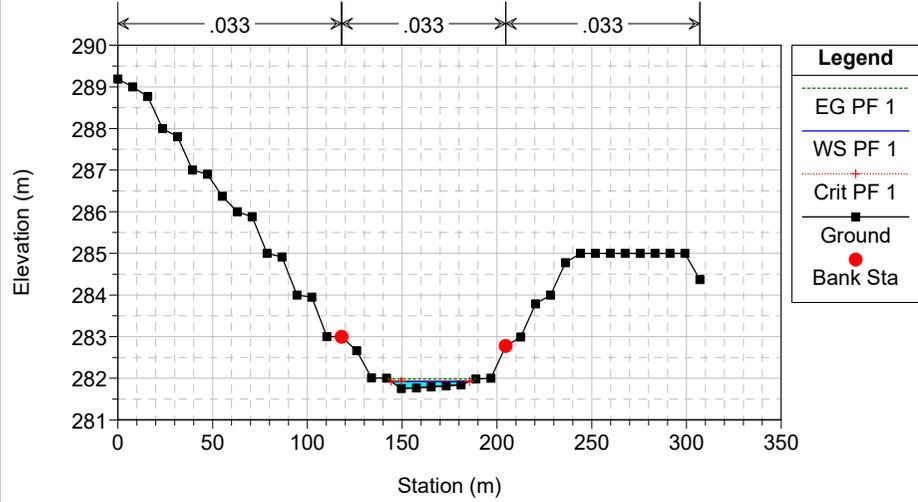
### TOMB 8

Geom: 3 Geom 1 T8 ponte circolare Flow: fd 1



### TOMB 8

Geom: 3 Geom 1 T8 ponte circolare Flow: fd 1  
River = TOMB 8 Reach = TOMB 8 RS = 2



### TOMB 8

Geom: 3 Geom 1 T8 ponte circolare Flow: fd 1  
River = TOMB 8 Reach = TOMB 8 RS = 1

