



PROGETTO DEFINITIVO

Impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica "Serra Brizzolina" di potenza nominale pari a 47.6 MW

Titolo elaborato

A.3 - Relazione idrologica e idraulica

Codice elaborato

F0533AR02A

Scala

-

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Progettazione



F4 ingegneria srl

Via Di Giura - Centro direzionale, 85100 Potenza
Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
(ing. Giovanni Di Santo)



Gruppo di lavoro

Dott. For. Luigi ZUCCARO
Ing. Giuseppe MANZI
Ing. Flavio TRIANI
geom. Nicola DEMA
Ing. Gerardo Giuseppe SCAVONE
Arch. Gaia TELESCA
Ing. jr Daniele GERARDI
Dott. For. Francesco NIGRO



Società certificata secondo le norme UNI-EN ISO 9001:2015 e UNI-EN ISO 14001:2015 per l'erogazione di servizi di ingegneria nei settori: civile, idraulica, acustica, energia, ambiente (settore IAF: 34).

Consulenze specialistiche

Committente

APOLLO Wind srl

Via della Stazione 7 39100
Bolzano (Bz)

Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
Giugno 2023	Prima emissione	MNA	LZU	GDS

Sommario

Relazione idrologica e idraulica	3
1 Premessa	4
2 Analisi idrologica dello stato di fatto	6
2.1 Bacini idrografici	6
2.2 Portate al colmo di piena stato di fatto	6
2.2.1 Piena indice	7
2.3 Analisi idraulica dello stato di fatto	9
2.4 Geometria del modello idrodinamico	10
2.5 Portate di piena	13
2.6 Condizioni al contorno	13
2.7 Parametri di scabrezza	13
2.8 Risultati delle simulazioni nella configurazione pre intervento	13
3 Analisi idraulica semplificata	22
4 Conclusioni	26

Relazione idrologica e idraulica

1 Premessa

La presente relazione accompagna il progetto di realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, con potenza nominale pari a 47.6 MW, da realizzare nel comune di Matera.

L'area interessata risulta attraversata da diversi rami del reticolo idrografico, ma non risulta essere interessata dalla perimetrazione delle aree allagabili secondo il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ex AdB Basilicata).

Nell'immagine seguente si riporta una planimetria su base IGM in scala 1:25 000 con l'individuazione dei rami del reticolo idrografico.

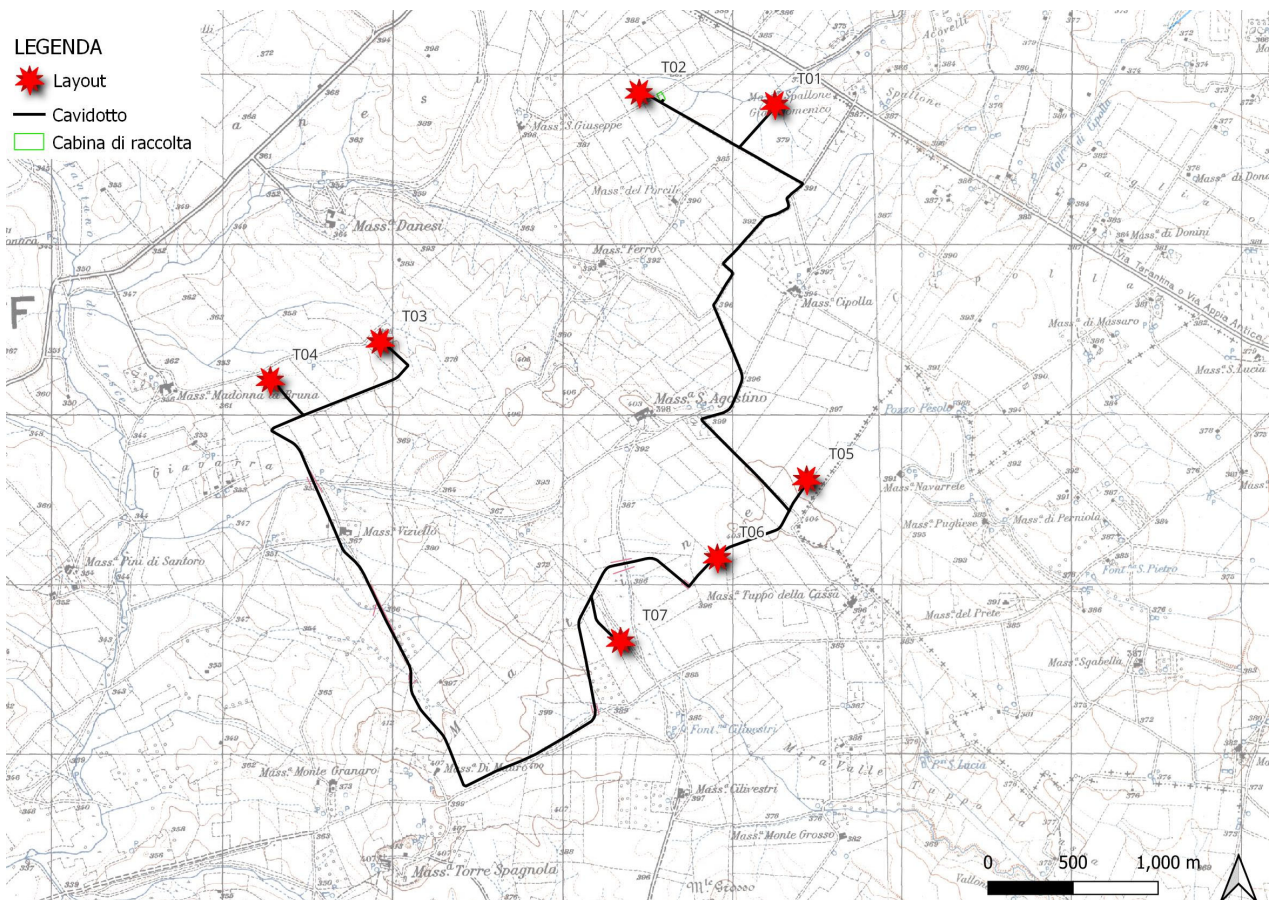


Figura 1: Planimetria dell'area di interesse su base IGM

Le analisi idrologiche, illustrate nel dettaglio nel seguito, sono state condotte mediante l'utilizzo del metodo VAPI Basilicata, come previsto nelle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PAI al fine di riportare le portate al colmo di piena per eventi con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

A tal fine sono state effettuate due analisi idrauliche:

- Una in moto permanente che grazie all'utilizzo del modello idrodinamico monodimensionale HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*, è finalizzata alla valutazione delle modalità di deflusso degli eventi di piena al fine di stabilire i massimi valori del livello di pelo libero e, di conseguenza, di valutare le effettive estensioni delle aree a diversa pericolosità idraulica;
- Un'analisi idraulica semplificata per la valutazione della profondità di escavazione del ramo in corrispondenza dell'interferenza con il cavidotto.

Come valore di riferimento per il franco di sicurezza è stato considerato quello prescritto dalla "Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTEM) del 2001 che prevede:

- I 50% dell'altezza utile se questa non supera i 40 cm;
- 20 cm se l'altezza utile è compresa tra i 40 e i 100 cm;
- Il 20% dell'altezza utile se questa è superiore a 100 cm.

Nella figura seguente è mostrata la planimetria dell'impianto eolico e del suo cavidotto con la sua posizione in relazione al reticolo idrografico desunto dalla cartografia IGM in scala 1:25 000.

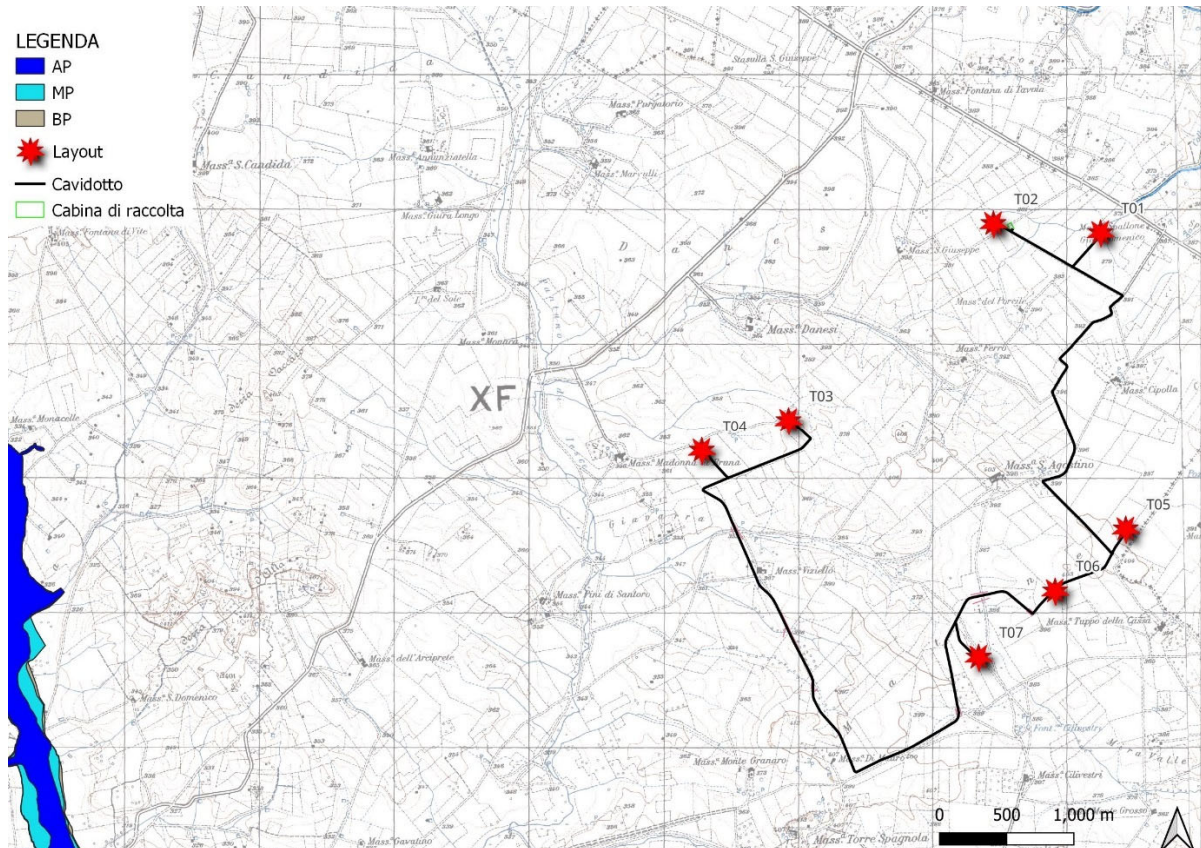


Figura 2: Planimetria dell'area di interesse su base IGM con individuazione delle fasce PAI

2 Analisi idrologica dello stato di fatto

Nella presente analisi idrologica sono state determinate le portate al colmo di piena mediante l'utilizzo del VAPI Basilicata come illustrato all'interno della Relazione del PAI, redatto dall'ex Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ex AdB Puglia).

Per tali scopi, sono state individuate le caratteristiche dei bacini idrografici, sottesi rispettivamente alle sezioni di chiusura, che sono state utilizzate successivamente per la definizione dei parametri per il calcolo delle portate al colmo di piena.

2.1 Bacini idrografici

Nella figura seguente è mostrato l'impluvio in esame con i bacini idrografici sottesi alle varie sezioni di chiusura individuate. La delimitazione è stata effettuata utilizzando sia la cartografia IGM in scala 1:25000 che il Modello Digitale del Terreno (*Digital Terrain Model, DTM*) con dimensioni della cella di 5x5 m ottenuto dal geoportale cartografico RSDI della Regione Basilicata.

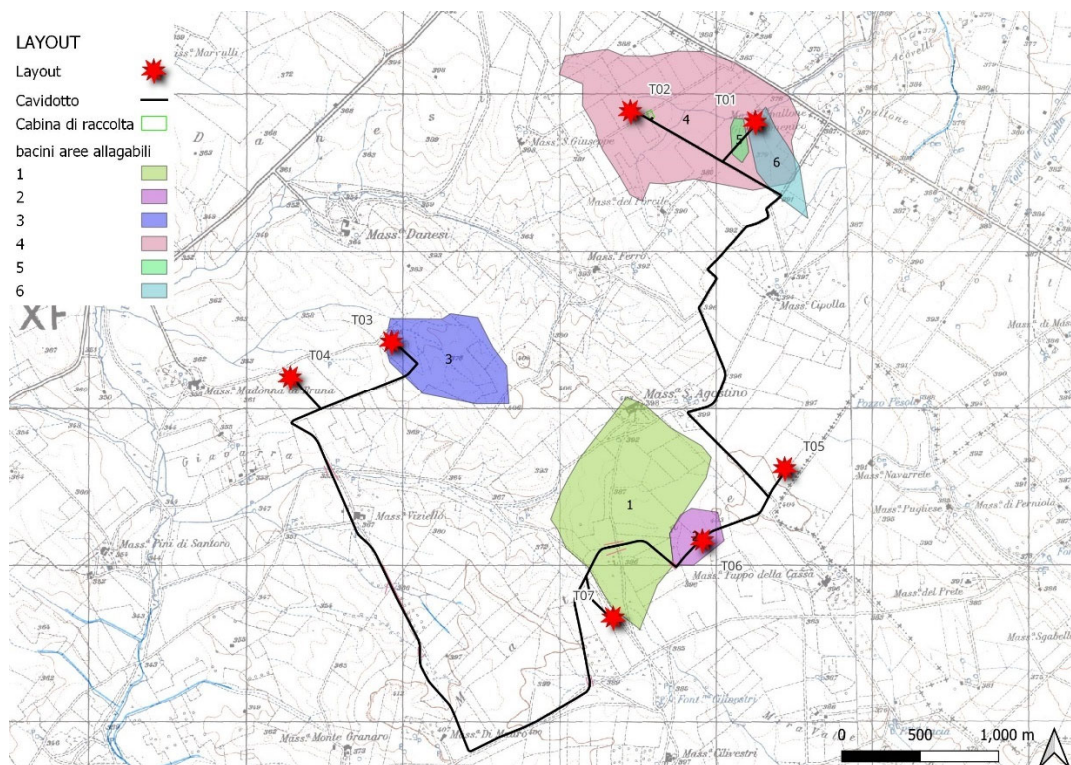


Figura 3: Corografia dei bacini idrografici afferenti agli impluvi in esame

Il bacino idrografico è stato individuato in corrispondenza delle interferenze del cavidotto in progetto con il reticolo idrografico, in modo da determinare le portate defluenti esattamente in quel punto.

2.2 Portate al colmo di piena stato di fatto

Ai fini del calcolo delle portate al colmo di piena è stato utilizzato il metodo VAPI Basilicata così come consigliato dalla Relazione di Piano del PAI (redatto dall'ex Autorità di Bacino della Basilicata).

Nella figura seguente è mostrata la corografia della Basilicata con l'individuazione delle zone omogenee del metodo VAPI. Il sito di interesse, in particolare, è situato nella "zona omogenea A", valida per il secondo livello di regionalizzazione e in cui ricadono i bacini del Bradano.

Il metodo scelto prevede il calcolo del fattore di crescita " K_T " che varia in funzione del tempo di ritorno, con la seguente espressione:

$$KT = a + b * \ln (T)$$

Di conseguenza l'equazione precedente assume la seguente espressione per l'area di interesse:

$$SZO A: K_T = -0.5673 + 0.993 * \ln (T)$$

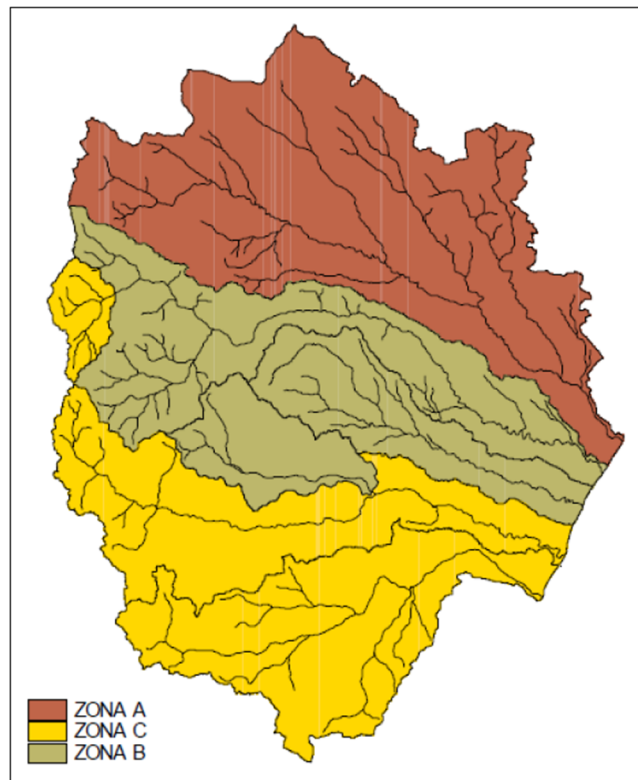


Figura 4: Corografia della Basilicata con delimitazione delle zone omogenee del VAPI

Nella seguente tabella, si riportano i valori del K_T per i tre tempi di ritorno considerati.

Sezione di chiusura	Fattori di crescita		
	K30 (-)	K200 (-)	K500 (-)
Bacini	2.8	4.7	5.6
Bacini	2.4	3.9	4.6
Bacini	2.1	3.2	3.8

Tabella: 1 - Fattori di crescita

2.2.1 Piena indice

Per il calcolo della piena indice "Q" è necessario utilizzare la seguente espressione in funzione dell'area del bacino:

$$Q = k * A^\alpha$$

I parametri di tale equazione dipendono dal terzo livello di regionalizzazione. Il bacino idrografico in esame, in particolare, appartiene all'area omogenea "1". Di conseguenza l'equazione scritta in precedenza assume la seguente espressione:

$$Q = 2.13 * A^{0.766}$$

Tenuto conto delle superfici del bacino sotteso, pertanto, è possibile stimare i valori della piena indice.

Nella seguente tabella è mostrato il risultato di tale calcolo applicato ai bacini in esame.

Superficie e piena indice		
Sezione di chiusura	S (km ²)	Q (m ³ /s)
Bacino 1	0.825	1.8
Bacino 2	0.093	0.3
Bacino 3	0.341	0.9
Bacino 4	1.024	2.2
Bacino 5	0.024	0.1
Bacino 6	0.126	0.4

Tabella: 2 - Superficie e piena indice

Nella precedente tabella sono indicate le seguenti grandezze:

- "S" (km²): superficie del bacino;
- "Q" (m³/s): piena indice.

Come precisato nel VAPI Basilicata, il valore della portata al colmo di piena "QT" per il fissato tempo di ritorno "T" è dato dal prodotto tra il fattore di crescita "KT" e la piena indice "Q" secondo l'espressione seguente:

Portate al colmo di piena (VAPI idrometria)			
Sezione di chiusura	Q30 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Bacino 1	5.2	8.6	10.3
Bacino 2	1.0	1.6	1.9
Bacino 3	2.6	4.4	5.2
Bacino 4	6.1	10.2	12.2
Bacino 5	0.3	0.6	0.7
Bacino 6	1.2	2.0	2.4

Tabella: 3 - Portate al colmo di piena

Una volta calcolate le portate al colmo è possibile calcolare i coefficienti udometrici dividendo tali portate per le superfici dei bacini idrografici.

Nella tabella seguente sono presenti i valori dei coefficienti udometrici.

Coefficienti udometrici			
Sezione di chiusura	u30 (m ³ /s·km ²)	u200 (m ³ /s·km ²)	u500 (m ³ /s·km ²)
Bacino 1	6.3	10.5	12.5
Bacino 2	10.4	17.4	20.8
Bacino 3	7.7	12.9	15.4
Bacino 4	6.0	9.9	11.9
Bacino 5	14.3	23.9	28.6
Bacino 6	9.7	16.2	19.4

Tabella: 4 – Coefficienti udometrici

I valori riportati nella tabella precedente sono assolutamente in linea con quelli riscontrabili in caso di bacini idrografici di dimensioni e caratteristiche simili a quelle in esame.

2.3 Analisi idraulica dello stato di fatto

Nella presente analisi idraulica sono illustrate le condizioni di deflusso del corso d'acqua che interessa l'area di progetto.

L'analisi effettuata mediante l'utilizzo del modello idrodinamico monodimensionale HEC – RAS dello *US Army Corps of Engineers*. Per ragioni cautelative le portate, immesse come condizioni al contorno di monte all'interno del modello, sono state considerate costanti nel tempo e le simulazioni sono state condotte in condizioni di moto permanente.

I tempi di ritorno utilizzati, pari a 30,200 e 500 anni, corrispondono ai tempi di ritorno di riferimento per la delimitazione delle aree a Pericolosità Alta, Media e Bassa del PAI.

All'interno del modello di calcolo sono state inserite le seguenti informazioni:

- Geometria dei corsi d'acqua;
- Portate al colmo di piena;
- Condizioni al contorno;
- Scabrezza:

2.4 Geometria del modello idrodinamico

Stato di fatto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
A1	-1	0.00	85.11	388.29	0.0083
A2	-2	85.11	135.77	387.58	0.0076
A3	-3	220.88	96.97	386.55	0.0008
A4	-4	317.85	114.70	386.47	0.0061
A5	-5	432.55	119.19	385.77	0.0020
A6	-6	551.74	112.73	385.53	0.0061
A7	-7	664.47	96.52	384.84	0.0063
A8	-8	760.99	130.09	384.23	0.0002
A9	-9	891.08	139.29	384.26	0.0029
A10	-10	1,030.37	0.00	383.86	0.0043
B1	-1	0.00	49.77	394.96	0.0299
B2	-2	49.77	46.38	393.47	0.0155
B3	-3	96.15	54.56	392.75	0.0099
B4	-4	150.71	43.03	392.21	0.0158
B5	-5	193.74	0.00	391.53	0.0177
C1	-1	0.00	102.90	387.08	0.0428
C2	-2	102.90	96.83	382.68	0.0424
C3	-3	199.73	131.34	378.57	0.0250
C4	-4	331.07	110.28	375.28	0.0278
C5	-5	441.35	77.46	372.21	0.0328
C6	-6	518.81	62.89	369.67	0.0124
C7	-7	581.70	54.82	368.89	0.0193
C8	-8	636.52	54.96	367.83	0.0153
C9	-9	691.48	0.00	366.99	0.0291
D1	-1	0.00	207.26	386.25	0.0139
D2	-2	207.26	185.93	383.36	0.0118
D3	-3	393.19	222.37	381.17	0.0073
D4	-4	615.56	234.04	379.55	0.0092
D5	-5	849.60	204.32	377.39	0.0025
D6	-6	1,053.92	165.83	376.87	0.0064
D7	-7	1,219.75	0.00	375.81	0.0086
E1	-1	0.00	29.69	379.49	0.0205
E2	-2	29.69	31.70	378.88	0.0145
E3	-3.0	61.39	41.81	378.42	0.0175
E4	-4	103.20	0.00	377.69	0.0174
F1	-1	0.00	99.03	384.99	0.0214
F2	-2	99.03	91.07	382.87	0.0253
F3	-3	190.10	100.08	380.57	0.0147
F4	-4	290.18	86.09	379.10	0.0240
F5	-5	376.27	62.55	377.03	0.0072
F6	-6	438.82	0.00	376.58	0.0192

tabella: 5 - Stato di fatto sezioni

Nella figura seguente è presente la planimetria dell'area in esame con l'indicazione delle tracce delle sezioni trasversali utilizzate.

Le sezioni trasversali sono state riportate nella tabella precedente con l'indicazione del nome della sezione inserito nel modello ("station") delle distanze parziali e progressive, delle quote di fondo e delle pendenze.

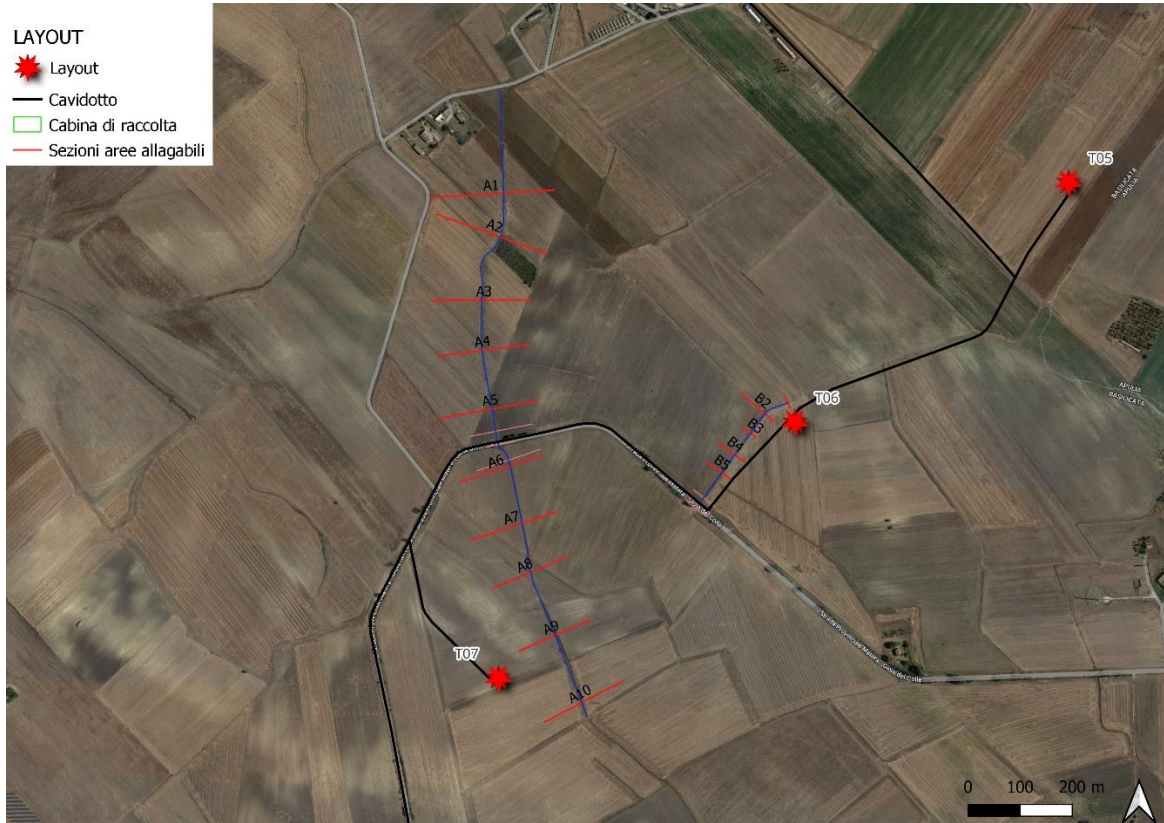


Figure 1: Ingrandimenti della planimetria con individuazione delle sezioni trasversali

2.5 Portate di piena

Come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nella precedente analisi idrologica.

Come precisato in precedenza, le portate sono state considerate, per ragioni cautelative, costanti nel tempo e le simulazioni sono state condotte in condizioni di moto permanente.

2.6 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno, necessarie per l'esecuzione di simulazioni idrodinamiche con il modello, sono le seguenti:

- Condizioni al contorno di monte: scala di deflusso in moto uniforme della corrente con una pendenza pari a quella media del ramo rilevato;
- Condizioni al contorno di valle: scala di deflusso in moto uniforme della corrente con una pendenza pari a quella media del ramo rilevato.

2.7 Parametri di scabrezza

Come parametro di scabrezza è stato utilizzato un coefficiente di Gauckler – Strickler pari a $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (corrispondente ad un coefficiente secondo Manning pari a $0.05 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$).

Tale coefficiente è stato determinato in base a quanto stabilito nelle tabelle parametriche riportate all'interno del "Manuale dell'Ingegnere" (83a edizione, Nuovo Colombo, Hoepli, 2001) in corrispondenza di "piccoli corsi di pianura, puliti, diritti e senza ristagni d'acqua".

2.8 Risultati delle simulazioni nella configurazione pre intervento

Come già anticipato in precedenza, le simulazioni sono state effettuate utilizzando il modello di calcolo HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*. Tali simulazioni sono state effettuate, per ragioni cautelative dato che, in caso di simulazioni non stazionarie, i livelli di pelo libero riscontrabili siano nettamente inferiori a causa del fenomeno della laminazione dei colmi di piena.

Nella figura seguente, in particolare, è stata mostrata la planimetria delle aree allagabili dei tratti di impluvio analizzati, mentre nella tabella sono presenti tutti i valori numerici ottenuti dal modello nella configurazione pre – intervento.

Per la delimitazione delle aree allagabili per gli eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, in particolare, è stato utilizzato il DTM della Regione Basilicata e in termini di tiranti massimi, velocità e aree allagabili elaborati dallo stesso modello di calcolo.

Stato di fatto - T = 30 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	388.29	5.2	388.63	0.34	0.42	9.27	50.09	85.11	0.19
A2	-2	85.11	387.58	5.2	387.87	0.29	0.49	9.05	77.43	135.77	0.12
A3	-3	220.88	386.55	5.2	387.21	0.66	0.28	10.21	34.14	96.97	0.30
A4	-4	317.85	386.47	5.2	386.83	0.36	0.39	9.66	49.96	114.70	0.19
A5	-5	432.55	385.77	5.2	386.36	0.59	0.29	12.49	60.94	119.19	0.20
A6	-6	551.74	385.53	5.2	386.06	0.53	0.25	12.47	52.89	112.73	0.24
A7	-7	664.47	384.84	5.2	385.30	0.46	1.03	3.33	14.23	96.52	0.23
A8	-8	760.99	384.23	5.2	384.84	0.61	0.12	21.66	59.67	130.09	0.36
A9	-9	891.08	384.26	5.2	384.71	0.45	0.29	11.94	53.12	139.29	0.22
A10	-10	1,030.37	383.86	5.2	384.21	0.35	0.33	11.59	75.33	0.00	0.15
B1	-1	0.00	394.96	1.0	395.12	0.16	0.71	1.32	11.24	49.77	0.12
B2	-2	49.77	393.47	1.0	393.68	0.21	0.77	1.49	19.01	46.38	0.08
B3	-3	96.15	392.75	1.0	392.91	0.16	0.44	2.25	21.45	54.56	0.10
B4	-4	150.71	392.21	1.0	392.35	0.14	0.44	2.32	24.60	43.03	0.09
B5	-5	193.74	391.53	1.0	391.77	0.24	0.58	1.70	16.43	0.00	0.10
C1	-1	0.00	387.08	2.6	387.27	0.19	0.88	2.69	21.62	102.90	0.12
C2	-2	102.90	382.68	2.6	382.88	0.20	1.00	2.31	17.69	96.83	0.13
C3	-3	199.73	378.57	2.6	378.92	0.35	0.84	2.33	13.03	131.34	0.18
C4	-4	331.07	375.28	2.6	375.73	0.45	0.70	2.53	11.32	110.28	0.22
C5	-5	441.35	372.21	2.6	372.50	0.29	1.01	2.18	15.30	77.46	0.14
C6	-6	518.81	369.67	2.6	370.18	0.51	0.62	2.66	10.42	62.89	0.25
C7	-7	581.70	368.89	2.6	369.20	0.31	0.58	4.51	50.13	54.82	0.09
C8	-8	636.52	367.83	2.6	368.45	0.62	0.53	2.83	15.14	54.96	0.19
C9	-9	691.48	366.99	2.6	367.50	0.51	0.86	1.90	7.45	0.00	0.25
D1	-1	0.00	386.25	6.1	386.91	0.66	0.59	5.70	17.12	207.26	0.33
D2	-2	207.26	383.36	6.1	383.77	0.41	0.68	6.06	29.88	185.93	0.20
D3	-3	393.19	381.17	6.1	381.61	0.44	0.46	8.82	44.51	222.37	0.20
D4	-4	615.56	379.55	6.1	380.05	0.50	0.42	11.03	72.60	234.04	0.15
D5	-5	849.60	377.39	6.1	378.32	0.93	0.50	6.34	22.41	204.32	0.28
D6	-6	1,053.92	376.87	6.1	377.32	0.45	0.30	11.70	38.42	165.83	0.30
D7	-7	1,219.75	375.81	6.1	376.46	0.65	0.49	7.30	26.78	0.00	0.27
E1	-1	0.00	379.49	0.3	379.60	0.11	0.75	0.53	9.11	29.69	0.06
E2	-2	29.69	378.88	0.3	378.98	0.10	0.41	0.94	15.22	31.70	0.06
E3	-3	61.39	378.42	0.3	378.54	0.12	0.56	0.66	9.67	41.81	0.07
E4	-4	103.20	377.69	0.3	377.79	0.10	0.51	0.84	16.66	0.00	0.05
F1	-1	0.00	384.99	1.2	385.36	0.37	0.50	1.78	9.67	99.03	0.18
F2	-2	99.03	382.87	1.2	383.01	0.14	1.18	1.23	17.50	91.07	0.07
F3	-3	190.10	380.57	1.2	380.95	0.38	0.43	2.15	15.21	100.08	0.14
F4	-4	290.18	379.10	1.2	379.24	0.14	1.00	1.22	12.61	86.09	0.10
F5	-5	376.27	377.03	1.2	377.22	0.19	0.00	3.56	23.99	62.55	0.15
F6	-6	438.82	376.58	1.2	376.77	0.19	0.53	2.83	48.52	0.00	0.06

Tabella: 6 – Stato di fatto al tempo T=30 anni

Stato di fatto - T = 200 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	388.29	8.6	388.68	0.39	0.49	11.82	52.78	85.11	0.22
A2	-2	85.11	387.58	8.6	387.93	0.35	0.45	14.25	89.39	135.77	0.16
A3	-3	220.88	386.55	8.6	387.31	0.76	0.30	14.46	45.72	96.97	0.32
A4	-4	317.85	386.47	8.6	386.90	0.43	0.43	13.32	57.81	114.70	0.23
A5	-5	432.55	385.77	8.6	386.46	0.69	0.28	18.95	70.39	119.19	0.27
A6	-6	551.74	385.53	8.6	386.14	0.61	0.28	16.96	59.73	112.73	0.28
A7	-7	664.47	384.84	8.6	385.44	0.60	0.75	7.71	48.64	96.52	0.16
A8	-8	760.99	384.23	8.6	384.95	0.72	0.14	28.75	69.83	130.09	0.41
A9	-9	891.08	384.26	8.6	384.79	0.53	0.31	16.50	59.00	139.29	0.28
A10	-10	1,030.37	383.86	8.6	384.28	0.42	0.35	16.89	83.29	0.00	0.20
B1	-1	0.00	394.96	1.6	395.16	0.20	0.77	1.76	12.42	49.77	0.14
B2	-2	49.77	393.47	1.6	393.71	0.24	0.76	2.10	20.47	46.38	0.10
B3	-3	96.15	392.75	1.6	392.95	0.20	0.46	3.09	24.34	54.56	0.13
B4	-4	150.71	392.21	1.6	392.38	0.17	0.46	3.19	26.40	43.03	0.12
B5	-5	193.74	391.53	1.6	391.81	0.28	0.60	2.45	20.18	0.00	0.12
C1	-1	0.00	387.08	4.4	387.31	0.23	0.95	3.71	23.14	102.90	0.16
C2	-2	102.90	382.68	4.4	382.94	0.26	1.00	3.43	20.37	96.83	0.17
C3	-3	199.73	378.57	4.4	379.00	0.43	0.83	3.56	15.90	131.34	0.22
C4	-4	331.07	375.28	4.4	375.80	0.52	0.75	3.73	24.09	110.28	0.15
C5	-5	441.35	372.21	4.4	372.56	0.35	1.00	3.18	16.72	77.46	0.19
C6	-6	518.81	369.67	4.4	370.27	0.60	0.70	3.64	12.19	62.89	0.30
C7	-7	581.70	368.89	4.4	369.24	0.35	0.58	7.15	67.63	54.82	0.11
C8	-8	636.52	367.83	4.4	368.55	0.72	0.54	4.88	22.08	54.96	0.22
C9	-9	691.48	366.99	4.4	367.61	0.62	0.89	2.83	9.08	0.00	0.31
D1	-1	0.00	386.25	10.2	387.03	0.78	0.66	8.03	21.38	207.26	0.37
D2	-2	207.26	383.36	10.2	383.86	0.50	0.66	9.97	55.08	185.93	0.18
D3	-3	393.19	381.17	10.2	381.68	0.51	0.51	12.26	53.25	222.37	0.23
D4	-4	615.56	379.55	10.2	380.13	0.58	0.41	17.66	94.92	234.04	0.19
D5	-5	849.60	377.39	10.2	378.44	1.05	0.53	9.48	29.78	204.32	0.32
D6	-6	1,053.92	376.87	10.2	377.44	0.57	0.32	16.34	41.15	165.83	0.40
D7	-7	1,219.75	375.81	10.2	376.57	0.76	0.51	10.54	46.97	0.00	0.22
E1	-1	0.00	379.49	0.6	379.62	0.13	0.98	0.73	11.64	29.69	0.06
E2	-2	29.69	378.88	0.6	379.01	0.13	0.42	1.55	17.83	31.70	0.09
E3	-3	61.39	378.42	0.6	378.58	0.16	0.60	1.05	11.54	41.81	0.09
E4	-4	103.20	377.69	0.6	377.81	0.12	0.54	1.32	18.49	0.00	0.07
F1	-1	0.00	384.99	2.0	385.43	0.44	0.56	2.50	11.94	99.03	0.21
F2	-2	99.03	382.87	2.0	383.04	0.17	1.05	1.91	18.86	91.07	0.10
F3	-3	190.10	380.57	2.0	381.01	0.44	0.45	3.24	19.20	100.08	0.17
F4	-4	290.18	379.10	2.0	379.28	0.18	1.01	1.89	16.68	86.09	0.11
F5	-5	376.27	377.03	2.0	377.27	0.24	0.00	4.72	24.57	62.55	0.19

Tabella: 7 – Stato di fatto al tempo T=200 anni

Stato di fatto - T = 500 anni											
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Fondo (mslm)	Portata (m ³ /s)	Livello di pelo lib. (mslm)	Altezza d'acqua (m)	Largh. di pelo lib. (m)	Velocità media (m/s)	Area della sezione (m ²)	Tensione di parete (N/m ²)	Numero di Froude (-)
A1	-1	0.00	388.29	10.3	388.70	0.41	0.53	12.74	53.61	85.11	0.24
A2	-2	85.11	387.58	10.3	387.96	0.38	0.43	17.03	95.67	135.77	0.18
A3	-3	220.88	386.55	10.3	387.35	0.80	0.31	16.32	48.53	96.97	0.34
A4	-4	317.85	386.47	10.3	386.93	0.46	0.44	15.11	59.92	114.70	0.25
A5	-5	432.55	385.77	10.3	386.50	0.73	0.28	21.71	75.30	119.19	0.29
A6	-6	551.74	385.53	10.3	386.18	0.65	0.29	19.32	62.29	112.73	0.31
A7	-7	664.47	384.84	10.3	385.47	0.63	0.75	9.10	50.88	96.52	0.18
A8	-8	760.99	384.23	10.3	385.00	0.77	0.15	31.91	71.00	130.09	0.45
A9	-9	891.08	384.26	10.3	384.83	0.57	0.32	18.74	61.60	139.29	0.30
A10	-10	1,030.37	383.86	10.3	384.31	0.45	0.35	19.19	85.21	0.00	0.23
B1	-1	0.00	394.96	1.9	395.17	0.21	0.78	1.99	12.99	49.77	0.15
B2	-2	49.77	393.47	1.9	393.72	0.25	0.78	2.34	21.03	46.38	0.11
B3	-3	96.15	392.75	1.9	392.96	0.21	0.47	3.48	25.00	54.56	0.14
B4	-4	150.71	392.21	1.9	392.39	0.18	0.46	3.54	26.68	43.03	0.13
B5	-5	193.74	391.53	1.9	391.82	0.29	0.61	2.78	21.33	0.00	0.13
C1	-1	0.00	387.08	5.2	387.33	0.25	0.97	4.10	23.69	102.90	0.17
C2	-2	102.90	382.68	5.2	382.96	0.28	1.00	3.90	21.28	96.83	0.18
C3	-3	199.73	378.57	5.2	379.04	0.47	0.78	4.27	17.33	131.34	0.25
C4	-4	331.07	375.28	5.2	375.82	0.54	0.82	4.07	25.53	110.28	0.16
C5	-5	441.35	372.21	5.2	372.60	0.39	0.93	3.84	22.78	77.46	0.17
C6	-6	518.81	369.67	5.2	370.29	0.62	0.75	3.97	12.71	62.89	0.31
C7	-7	581.70	368.89	5.2	369.26	0.37	0.57	8.21	70.38	54.82	0.12
C8	-8	636.52	367.83	5.2	368.59	0.76	0.54	5.69	23.41	54.96	0.24
C9	-9	691.48	366.99	5.2	367.65	0.66	0.90	3.20	9.66	0.00	0.33
D1	-1	0.00	386.25	12.2	387.09	0.84	0.67	9.26	23.66	207.26	0.39
D2	-2	207.26	383.36	12.2	383.89	0.53	0.67	11.72	66.26	185.93	0.18
D3	-3	393.19	381.17	12.2	381.71	0.54	0.52	13.88	55.12	222.37	0.25
D4	-4	615.56	379.55	12.2	380.16	0.61	0.42	20.99	103.38	234.04	0.20
D5	-5	849.60	377.39	12.2	378.49	1.10	0.54	10.91	31.80	204.32	0.34
D6	-6	1,053.92	376.87	12.2	377.49	0.62	0.32	18.43	42.32	165.83	0.44
D7	-7	1,219.75	375.81	12.2	376.60	0.79	0.52	12.61	55.50	0.00	0.23
E1	-1	0.00	379.49	0.7	379.64	0.15	0.92	0.89	15.74	29.69	0.06
E2	-2	29.69	378.88	0.7	379.02	0.14	0.43	1.70	18.43	31.70	0.09
E3	-3	61.39	378.42	0.7	378.59	0.17	0.61	1.18	12.07	41.81	0.10
E4	-4	103.20	377.69	0.7	377.82	0.13	0.55	1.47	19.01	0.00	0.08
F1	-1	0.00	384.99	2.4	385.45	0.46	0.58	2.83	13.14	99.03	0.22
F2	-2	99.03	382.87	2.4	383.06	0.19	1.00	2.26	19.52	91.07	0.12
F3	-3	190.10	380.57	2.4	381.03	0.46	0.46	3.69	19.92	100.08	0.18
F4	-4	290.18	379.10	2.4	379.30	0.20	1.03	2.15	18.06	86.09	0.12
F5	-5	376.27	377.03	2.4	377.29	0.26	0.00	5.26	24.82	62.55	0.21
F6	-6	438.82	376.58	2.4	376.81	0.23	0.57	4.75	62.04	0.00	0.08

Tabella: 8 – Stato di fatto al tempo T=500 anni

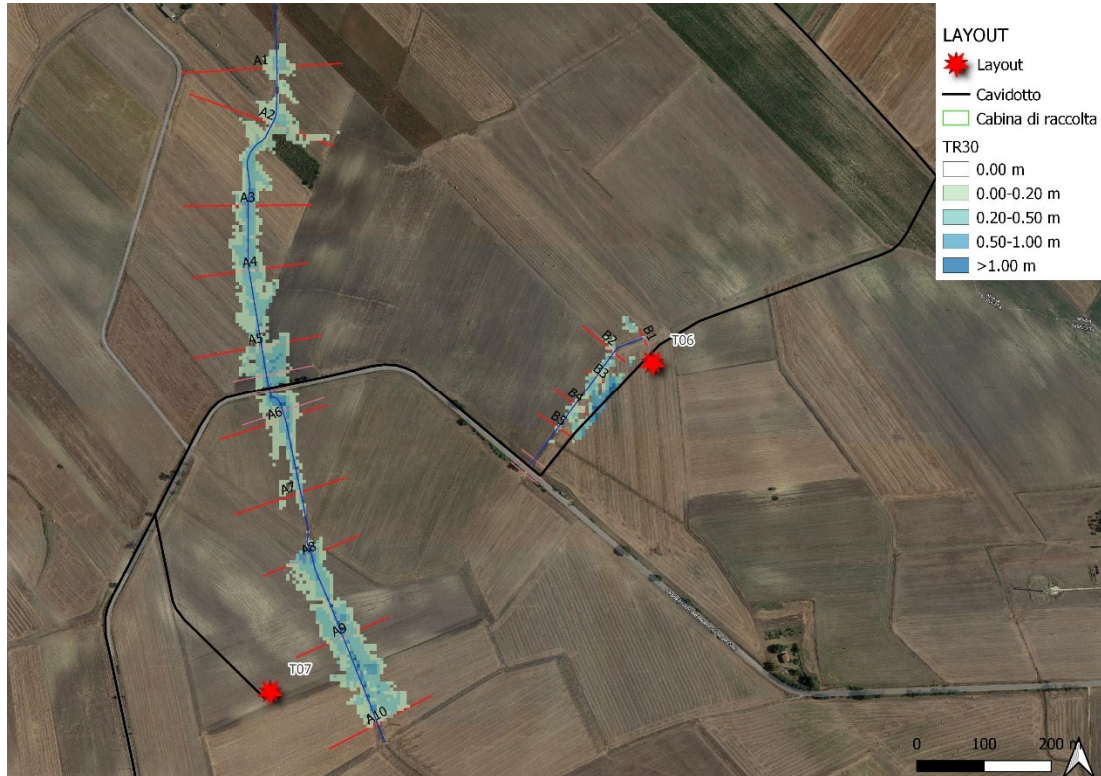


Figura 5: Delimitazione delle aree allagabili impluvi A e B con tempo di ritorno di 30 anni



Figura 6: Delimitazione delle aree allagabili impluvio C con tempo di ritorno di 30 anni



Figura 7: Delimitazione delle aree allagabili impluvi D, E ed F con tempo di ritorno di 30 anni



Figura 8: Delimitazione delle aree allagabili impluvi A e B con tempo di ritorno di 200 anni



Figura 9: Delimitazione delle aree allagabili impluvio C con tempo di ritorno di 200 anni



Figura 10: Delimitazione delle aree allagabili impluvi D,E ed F con tempo di ritorno di 200 anni



Figura 11: Delimitazione delle aree allagabili impluvi A e B con tempo di ritorno di 500 anni



Figura 12: Delimitazione delle aree allagabili impluvio C con tempo di ritorno di 500 anni

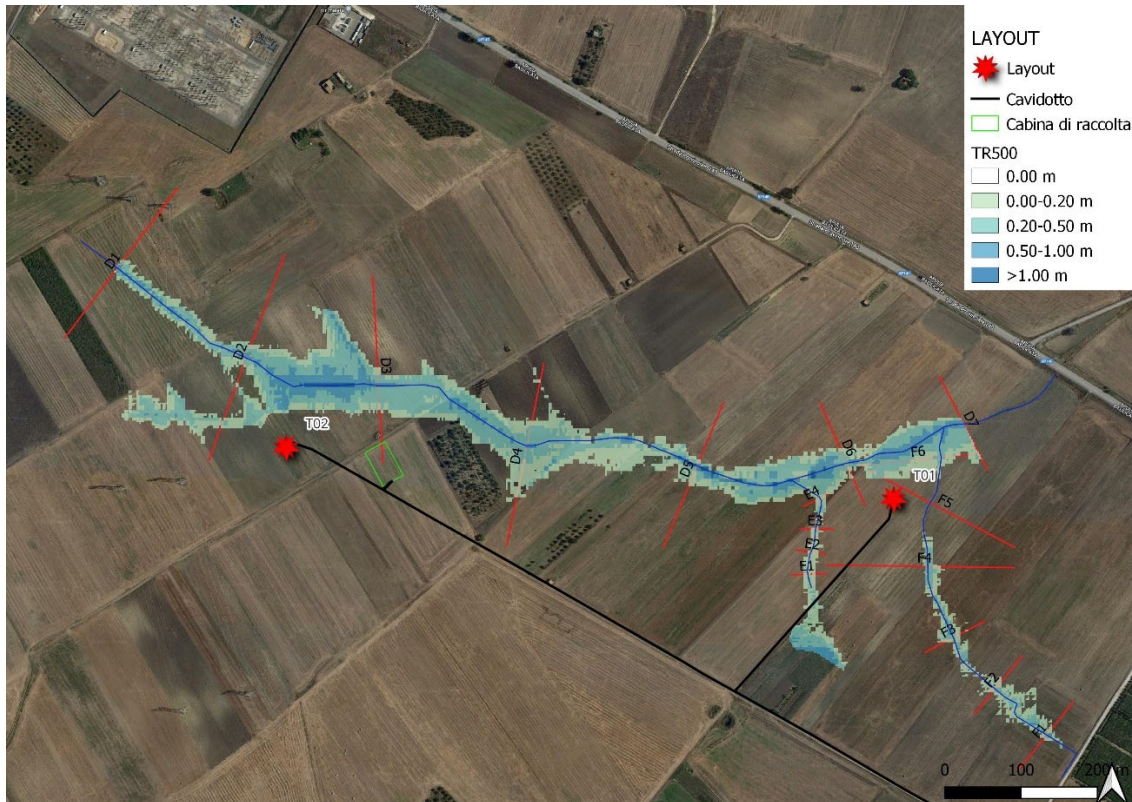


Figure 2 – Delimitazioni delle aree allagabili impluvi D, E ed F con tempo di ritorno di 500 anni

Nelle figure precedenti si nota che la realizzazione dell'impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica si trova in sicurezza idraulica ai sensi delle NTA del PAI.

3 Analisi idraulica semplificata

Il cavidotto in progetto presenta interferenze con il reticolo idrografico. Per la risoluzione dell'interferenza è stata predisposta un'analisi idraulica "semplificata", preceduta da una idraulica in moto permanente, mediante l'utilizzo del modello monodimensionale HEC – RAS dello *US Army Corps of Engineers*, con lo scopo di determinare le caratteristiche idrodinamiche necessarie per la valutazione della massima profondità di erosione.

L'analisi idraulica semplificata è rivolta infatti principalmente ai punti di intersezione degli impluvi esistenti con cavidotti in caso di assenza di un attraversamento esistente o di un attraversamento non asfaltato ed è caratterizzata dalle seguenti fasi:

AS1) analisi idrologica di base al metodo VAPI Basilicata;

AS2) verifica di erosione dell'intersezione a guado finalizzata alla determinazione della profondità di posa in opera del cavidotto in progetto.

Il cavidotto in progetto verrà quindi posizionato ad una profondità pari a quella massima di escavazione più un franco di sicurezza pari a 1.00 m.

Si riporta di seguito una mappa delle interferenze individuate, che verranno risolte tramite T.O.C.



Figura 13: Planimetria con individuazione delle interferenze

Per dimensionare adeguatamente la quota di posa del cavidotto, pertanto, è stata calcolata la profondità massima di escavazione da parte della corrente e, per tali scopi, sono stati utilizzati i risultati dell'analisi idraulica per l'evento con tempo di ritorno di 200 anni, con i valori che è possibile leggere nella tabella successiva.

Il calcolo della massima profondità di erosione viene effettuato mediante l'utilizzo della seguente formula di Mayer – Peter e Müller espressa nell'ipotesi di "alveo largo" ed esplicitata da Chien (Montuori, "Complementi di Idraulica", Liguori, 1997):

$$\Psi = 8 \cdot (\Theta - 0.047)^{\frac{3}{2}}$$

dove:

- " Ψ " (-): parametro di trasporto;
- " Θ " (-): parametro di stabilità.
- Tali parametri sono definiti dalle espressioni seguenti:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Psi = \frac{q_s}{\sqrt{g \cdot d^3 \cdot \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}}} \\ \Theta = \frac{\gamma \cdot R \cdot j}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} \end{array} \right.$$

dove:

- " q_s " (m^2/s): portata solida (volumetrica) per unità di larghezza;
- " g " (m/s^2): accelerazione di gravità;
- " d " (m): diametro caratteristico del sedimento;
- " γ_s " (N/m^3): peso specifico del sedimento;
- " γ " (N/m^3): peso specifico dell'acqua;
- " R " (m): raggio idraulico;
- " j " (-): cadente piezometrica.

Grazie a tale formula è possibile calcolare la portata solida trasportabile dalla corrente una volta noti:

- alcuni parametri caratteristici del deflusso come la portata liquida, il raggio idraulico, la larghezza del pelo libero e la cadente piezometrica che sono stati calcolati nella precedente analisi idraulica;
- alcuni parametri caratteristici del sedimento come il diametro e il peso specifico.

Dopo aver determinato il valore della portata solida, infine, è possibile calcolare la concentrazione volumetrica del sedimento dividendo la portata solida per quella liquida.

Per i parametri caratteristici del sedimento si è scelto di considerare il diametro di separazione tra "limo a grana grossa" e "limo a grana media", pari a 0.02 mm, ed un peso specifico di 25'000 N/m^3 , date le caratteristiche del terreno.

Nella tabella seguente sono presenti i calcoli effettuati per il calcolo della concentrazione del sedimento utilizzando la formula di Meyer-Peter e Müller per i tratti dell'impiuvio in esame.

Analisi del trasporto solido - Tr200						
Sezione modello	γ (N/m ³)	γ_s (N/m ³)	d (m)	j (-)	R (m)	θ (-)
B2	9810	25000	0.00002	0.03059	0.630	622.3
C2	9810	25000	0.00002	0.00900	0.320	93.0
E2	9810	25000	0.00002	0.00800	0.130	33.6
F2	9810	25000	0.00002	0.03750	0.290	351.1
H2	9810	25000	0.00002	0.04119	0.210	279.3
Sezione modello	Ψ (-)	q_s (m ² /s)	b (m)	Q (m ³ /s)	C (-)	C (ppm)
B2	124177	0.0433	5.23	13.4	0.01690	16895
C2	7169	0.0025	16.53	7.2	0.00574	5738
E2	1554	0.0005	2.38	1.0	0.00129	1289
F2	52628	0.0183	2.16	3.7	0.01071	10710
H2	37341	0.0130	2.52	3.6	0.00911	9112
I2	24247	0.0085	1.37	1.5	0.00772	7720

Tabella: 9 Analisi trasporto solido

Come mostrato nella tabella precedente, pertanto, la concentrazione volumetrica "C" è strettamente legata al tempo di ritorno considerato. Tali valori sono stati utilizzati come parametri di ingresso per il modulo "Hydraulic design – Stable Channel Design" del modello HEC – RAS dello US Army Corps of Engineers (modello già utilizzato all'interno per il calcolo delle caratteristiche idrodinamiche).

Nella tabella seguente sono riportati i risultati del calcolo della massima profondità di erosione effettuato con tale modulo e, in particolare, utilizzando il metodo "Regime".

Massima profondità di erosione - Tr200			
Sezione modello	Regime depth (m)	Regime width (m)	Regime slope (-)
B2	0.10	109.74	0.00056
C2	0.16	47.10	0.00061
E2	0.22	8.52	0.000563
F2	0.08	45.98	0.000701
H2	0.09	41.86	0.000702
I2	0.08	24.89	0.000807

Tabella: 10 – Massima profondità di escavazione

Come è possibile osservare nella tabella precedente, i risultati dell'applicazione di tale metodologia indicano una profondità di escavazione massima della corrente di 22 cm, mentre la profondità minima è pari a 8 cm.

Al fine di tener conto del franco minimo di sicurezza pari a 1.00 m, previsto dalle norme dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, ad ogni modo, la tecnica migliore per la risoluzione delle presenti interferenze risulta essere la T.O.C.

Per concludere, le profondità di posa del cavidotto relative alle interferenze considerate sono le seguenti:

interferenze	regime depth (m)	profondità di posa (m)
1	0.1	1.1
2	0.08	1.08
3	0.08	1.08
4	0.09	1.09
5	0.09	1.09
6	0.09	1.09
7	0.09	1.09
8	0.16	1.16
9	0.22	1.22
10	0.22	1.22
11	0.16	1.16
12	0.08	1.08

Tabella: 11 – Profondità di posa del cavidotto in corrispondenza delle interferenze

4 Conclusioni

La presente relazione accompagna il progetto di realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica, con potenza nominale pari a 47.6 MW, da realizzare nel comune di Matera.

Nel presente studio è stata effettuata sia un'analisi idrologica volta alla determinazione delle portate a colmo di piena mediante il metodo VAPI Basilicata per tempi di ritorno pari a 30, 200 e 500 anni e due analisi idrauliche.

- Una in moto permanente che grazie all'utilizzo del modello idrodinamico monodimensionale HEC – RAS dello US Army Corps of Engineers, è finalizzata alla valutazione delle modalità di deflusso degli eventi di piena al fine di stabilire i massimi valori del livello di pelo libero e, di conseguenza, di valutare le effettive estensioni delle aree a diversa pericolosità idraulica;
- Un'analisi idraulica semplificata per la valutazione della profondità di escavazione del ramo in corrispondenza dell'interferenza con il cavidotto.

Dallo studio idraulico è emerso che l'impianto non risulta interessato da aree a pericolosità idraulica generato dai vari impluvi.

Per tali scopi, pertanto, si è considerato un valore di riferimento per il franco di sicurezza corrispondente a quello prescritto dalla "Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) del 2001 che prevede:

- Il 50% dell'altezza utile se questa non supera i 40 cm;
- 20 cm se l'altezza utile è compresa tra i 40 e i 100 cm;
- Il 20% dell'altezza utile se questa è superiore a 100 cm.

Come si può notare il cavidotto risulta interferente con alcuni rami del reticolo idrografico, ma la profondità di scavo massima per garantire una corretta posa de cavidotto, comprensiva del franco di sicurezza idraulico, non supera 1.22 m, come già precisato in precedenza, la tecnica migliore per la risoluzione delle presenti interferenze risulta essere la T.O.C.