



REGIONE
PUGLIA



PROVINCIA
DI BRINDISI



COMUNE
DI CELLINO SAN MARCO



COMUNE
DI SAN DONACI

Realizzazione di impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica SE nel Comune di Cellino San Marco (BR)

Potenza nominale cc: 25,808 MWp - Potenza in immissione ca: 20,00 MVA

ELABORATO

RELAZIONE IDROLOGICA e IDRAULICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello progetto	Codice Pratica	documento	codice elaborato	n° foglio	n° tot. fogli	Nome file	Data	Scala
PD		R	2.10			R_2.10_IDRO.pdf	12/2021	n.a.

REVISIONI

Rev. n°	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	15/12/2021	1° Emissione	ZUCCARO	PETRELLI	AMBRON

PROGETTAZIONE:

MATE System Unipersonale srl

Via Papa Pio XII, n.8 70020 Cassano delle Murge (BA)
tel. +39 080 5746758
mail: info@matesystemsrl.it pec: matesystem@pec.it



DIRITTI Questo elaborato è di proprietà della Luminora Squinzano S.r.l. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

PROPONENTE:
LUMINORA SQUINZANO S.R.L.
Via TEVERE n.°41
00198 ROMA

Il legale rappresentante
Dott. PABLO MIGUEL OTIN PINTADO



REGIONE PUGLIA
 PROVINCIA DI BRINDISI
 COMUNI DI CELLINO SAN
 MARCO E SAN DONACI



CONSULENZA TECNICA

Realizzazione di un impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica di SE nel Comune di San Marco (BR)

Titolo elaborato

Relazione idrologica e idraulica

Codice elaborato

COMMESSA	FASE	ELABORATO	REV.
F0405	B	R01	A

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione.

Scala

—

DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Novembre 2021	Prima emissione	CGU	MNA	GZU

Committente

MATE System srl
MATE SYSTEM srl
 Via Papa Pio XII, n.8 70020 Cassano delle Murge (BA)
 tel: +39 080 5746758
 mail: info@matesystemsrl.it pec: matesystem@pec.it

Progettazione

 **F4 ingegneria srl**
 Via Nazario Sauro 112, 85100 Potenza
 Tel: +39 0971 1944797 - Fax: +39 0971 55452
 www.f4ingegneria.it - f4ingegneria@pec.it

Il Direttore Tecnico
 (ing. Giorgio ZUCCARO)



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





Sommario

<u>1</u>	<u>Premessa</u>	<u>2</u>
<u>2</u>	<u>Analisi idrologica</u>	<u>5</u>
2.1	Bacini idrografici	5
2.2	Tempi di corrivazione	6
2.3	Portate al colmo di piena nella configurazione di stato di fatto	7
<u>3</u>	<u>Analisi idraulica stato di fatto</u>	<u>10</u>
3.1	Geometria del modello idrodinamico	10
3.2	Portate di piena	11
3.3	Condizioni al contorno	11
3.4	Parametri di scabrezza	12
3.5	Risultati delle simulazioni nella configurazione pre intervento	12
<u>4</u>	<u>Interventi in progetto</u>	<u>19</u>
<u>5</u>	<u>Analisi idraulica dello stato di progetto</u>	<u>20</u>
5.1	Geometria del modello idrodinamico	20
5.2	Portate di piena	21
5.3	Condizioni al contorno	21
5.4	Parametri di scabrezza	21
5.5	Risultati delle simulazioni nella configurazione post intervento	21
<u>6</u>	<u>Conclusioni</u>	<u>25</u>
	<u>Allegato A: Sezioni trasversali</u>	<u>26</u>



1 Premessa

La presente relazione accompagna il progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica nel comune di Cellino San Marco (BR).

Per le finalità della presente analisi appare opportuno ricordare che il sito di interesse è attraversato da diversi impluvi del reticolo idrografico e non risulta perimetrato dall'attuale Piano Stralcio per la Difesa del Rischio Idrogeologico (PAI). Ai fini dell'acquisizione del parere di competenza da parte dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede (ex Autorità di Bacino della Regione Puglia), pertanto, è necessario verificare la rispondenza del progetto alle prescrizioni indicate all'interno delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) dello stesso PAI.

Considerato che gli interventi sono localizzati nelle immediate vicinanze di rami del reticolo idrografico presenti sulla Carta Idrogeomorfologica e sull'IGM della Regione Puglia, trovano applicazione gli artt. 6 e 10 delle medesime NTA del PAI che prevedono una estensione delle aree a diversa pericolosità idraulica per una fascia di 150 m a sinistra e 150 m a destra di tale ramo.

Per tali ragioni, pertanto, è stato realizzato il presente studio idrologico e idraulico che analizza compiutamente i regimi di deflusso a monte e a valle nonché l'effettiva estensione delle aree allagabili in modo da verificare la compatibilità degli interventi in progetto con le NTA del PAI.

Nelle figure seguenti sono mostrate la planimetria dell'intero impianto di produzione di energia da fonte rinnovabile, con la sua posizione in relazione al reticolo idrografico desunto dalla cartografia IGM in scala 1:25'000 e dalla Carta Idrogeomorfologica ed un ingrandimento della sola area di perimetrazione dei pannelli in progetto. Si sottolinea che il cavidotto si sviluppa esclusivamente su strada esistente asfaltata nei punti di interferenza con il reticolo idrografico.

Le analisi idrologiche, illustrate in dettaglio nel seguito, sono state condotte mediante l'utilizzo del metodo VAPI Puglia (come previsto all'interno del citato PAI) al fine di stabilire le portate al colmo di piena per eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

Tali portate sono state utilizzate nella successiva analisi idraulica 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.



Realizzazione di un impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica di SE nel Comune di Cellino San Marco (BR)

Relazione idrologica e idraulica

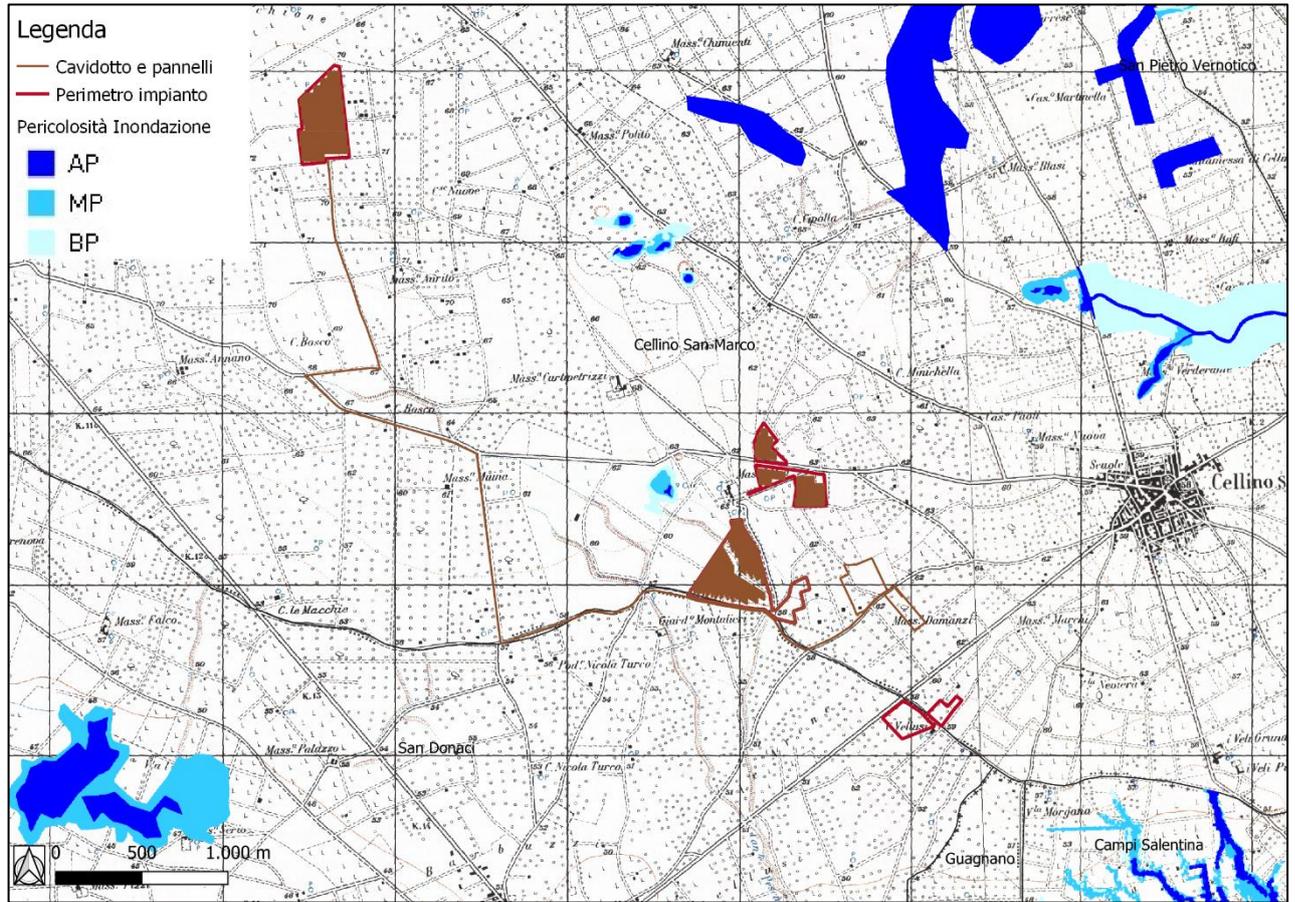


Figura 1: Planimetria dell'area di interesse e della perimetrazione delle aree allagabili secondo il PAI



Realizzazione di un impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica di SE nel Comune di Cellino San Marco (BR)

Relazione idrologica e idraulica

Legenda

- Cavidotto e pannelli
- Perimetro impianto

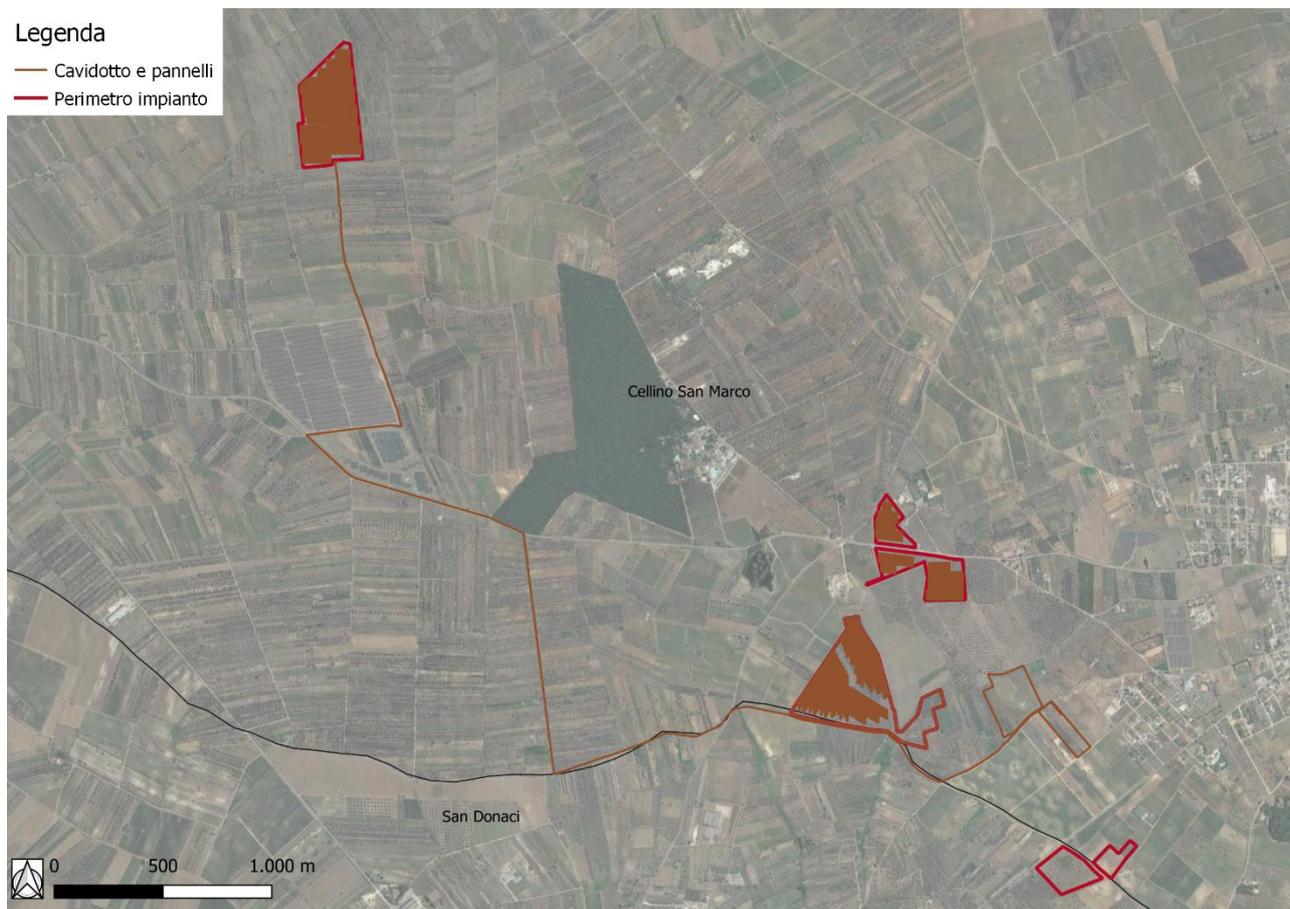


Figura 1: Inquadramento su base ortofoto



2 Analisi idrologica

Nella presente analisi idrologica sono state determinate le portate al colmo di piena mediante l'utilizzo del metodo VAPI Puglia come illustrato all'interno della Relazione di Piano del PAI, redatto dall'Autorità di Bacino della Puglia.

Per tali scopi, sono state individuate le caratteristiche dei bacini idrografici che, successivamente, sono state utilizzate per la definizione dei tempi di corrivazione. Grazie al metodo VAPI, infine, sono state calcolate le massime altezze della precipitazione critica per i bacini individuati e, mediante l'utilizzo del metodo razionale, sono state valutate le portate al colmo di piena.

2.1 Bacini idrografici

Nella figura seguente è mostrato l'impluvio in esame insieme al bacino idrografico, a cui viene sottratta la porzione di bacino sottesa da un lago artificiale.

La delimitazione è stata effettuata utilizzando sia la cartografia IGM in scala 1.25.000 che il Modello Digitale del Terreno (*Digital Terrain Model, DTM*) della Regione Puglia.

Nella tabella seguente sono indicate le caratteristiche fisiografiche dei bacini ricavate dal DTM della Regione Puglia con dimensioni di cella di 8x8 m.

Caratteristiche fisiografiche									
Bacino idrografico	S (km ²)	Hmax (mslm)	Hmed (mslm)	Hmin (mslm)	L (km)	i (%)	y (%)	CN (-)	c (-)
Bacino	0.751	63.36	58.74	52.69	1.62	0.66	0.90	55	0.30
Bacino laghetto	0.028	62.29	59.12	57.61	0.26	1.80	0.95	55	0.30

Tabella 1

Nella precedente tabella sono state indicate le seguenti grandezze:

- "S" (km²): superficie del bacino;
- "Hmax" (mslm): quota massima;
- "Hmed" (mslm): quota media;
- "Hmin" (mslm): quota minima;
- "L" (km): lunghezza dell'asta principale;
- "i" (%): pendenza dell'asta principale;
- "y" (%): pendenza media di versante;
- "c" (-): coefficiente di deflusso.

Come valore per il coefficiente di deflusso, in particolare, è stato scelto 0.30 per via del tipo di uso del suolo dei bacini idrografici considerati che risulta, secondo la Carta CORINE, essenzialmente agricolo con prevalenza di "seminativi in aree non irrigue".

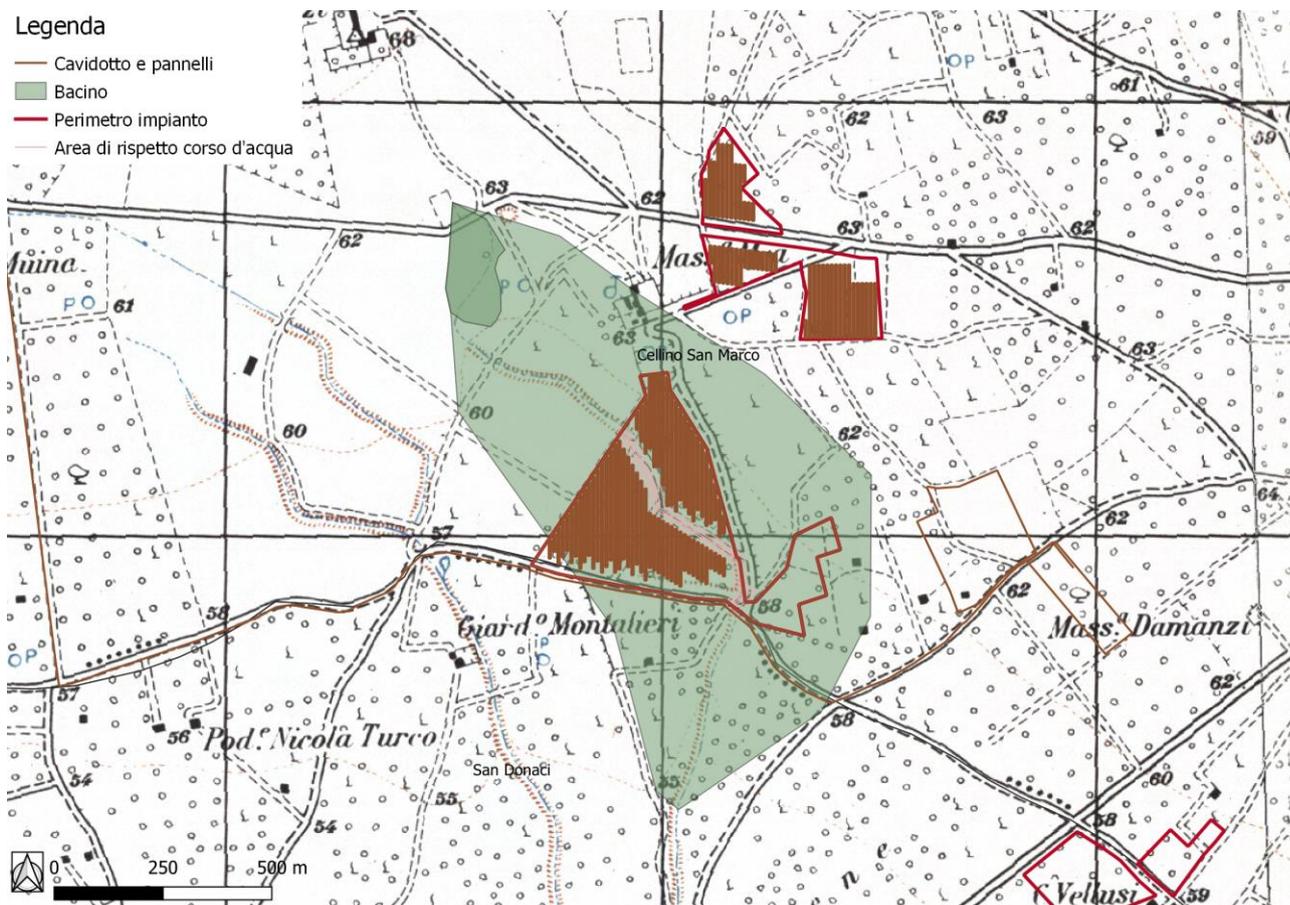


Figura 2: Corografia dell'area in esame con l'indicazione dei bacini idrografici.

2.2 Tempi di corrivazione

In funzione delle caratteristiche fisiografiche dei bacini individuati, sono stati riportati, nella tabella seguente, differenti valori per i tempi di corrivazione in base a diverse formulazioni.

Tempi di corrivazione									
Bacino idrografico	Giandotti (h)	SCS (h)	Kirpich (h)	Ventura (h)	Pezzoli (h)	Pasini (h)	media 1 (h)	media 2 (h)	tc (h)
Bacino	3.0	4.2	0.7	1.4	1.1	1.4	2.0	1.1	1.1
Bacino laghetto	1.1	0.9	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4	0.1	0.1

Tabella 2

Viste le caratteristiche dei bacini, tuttavia, come valore di riferimento per il tempo di corrivazione si è deciso di utilizzare la media delle sole espressioni di Kirpich, Ventura, Pezzoli e Pasini (escludendo la formula di Giandotti calibrata su bacini di estensione superiore).



2.3 Portate al colmo di piena nella configurazione di stato di fatto

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

Nella figura seguente è mostrata una corografia della Puglia con l'individuazione delle zone pluviometriche omogenee del metodo VAPI. Il sito di interesse, in particolare, è situato nella "zona pluviometrica omogenea 6".

Il metodo scelto prevede il calcolo delle altezze di precipitazione critica utilizzando le seguenti espressioni:

$$x = 33.7 \cdot t^{\left[\frac{0.488+0.0022z}{3.178}\right]}$$

dove:

- "t" (h): tempo di corrivazione del bacino;
- "z" (mslm): quota caratteristica del bacino.

A seconda del tempo di ritorno considerato, poi, l'altezza di pioggia deve essere moltiplicata per un coefficiente di crescita dato dalla seguente espressione:

$$\text{zona 6: } K_T = 0.1599 + 0.5166 \cdot \ln(T)$$

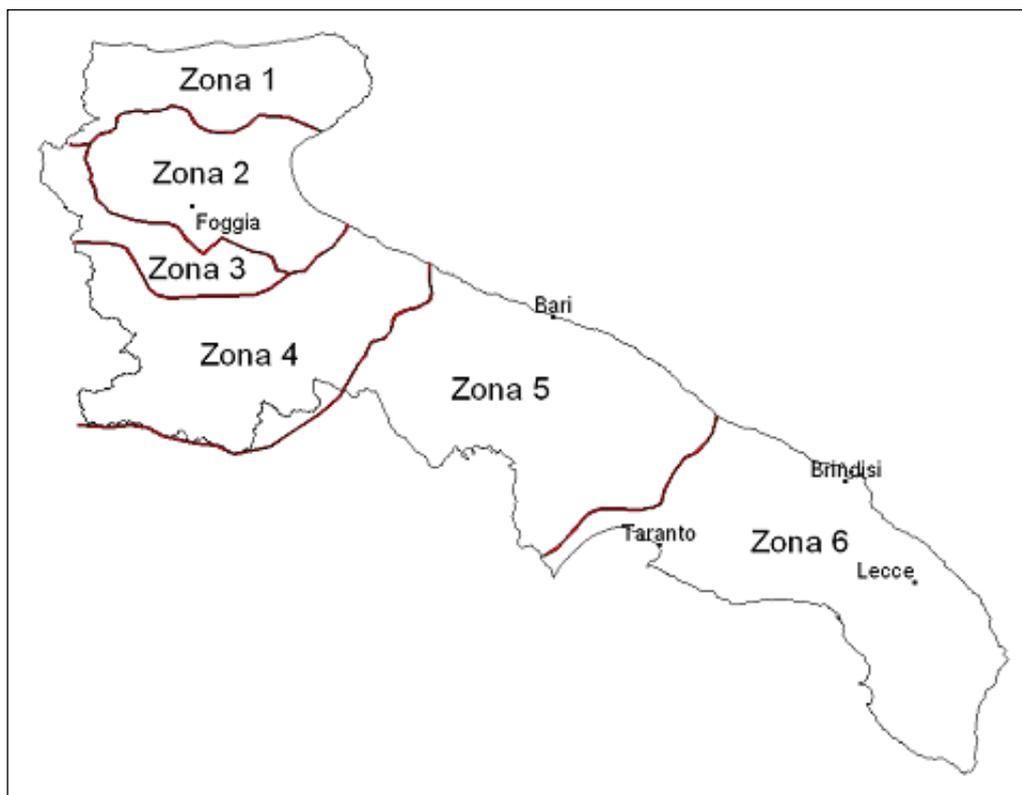


Figura 3: Corografia della Puglia con la delimitazione delle zone omogenee del VAPI

Nella seguente tabella, pertanto, sono stati calcolati sia i parametri delle curve di possibilità pluviometrica che le altezze di precipitazione critiche per i tempi di ritorno di riferimento di 30, 200 e 500 anni secondo la seguente espressione:

$$h_T = a_T \cdot t^n = K_T \cdot a' \cdot t^n$$

Curve di possibilità pluviometrica ed altezze di precipitazione (VAPI, zona 6)										
Bacino idrografico	K10 (-)	K30 (-)	K200 (-)	K500 (-)	a' (mm)	n (-)	h10 (mm)	h30 (mm)	h200 (mm)	h500 (mm)
Bacino	1.3	1.9	2.9	3.4	34.70	0.194	48.0	68.2	103.0	119.9
Bacino laghetto	1.3	1.9	2.9	3.4	35.70	0.194	32.5	46.2	69.8	81.3

Tabella 3

dove:

- "K" (-): fattore di riduzione areale;
- "S" (km²): superficie del bacino;
- "i" (mm/h): intensità di precipitazione;
- "c" (-): coefficiente di deflusso.

Per il calcolo del fattore di riduzione areale, come consigliato dalla Relazione di Piano del PAI, è stata utilizzata la formula dello *US Weather Bureau* che esprime tale fattore in funzione della superficie "S" e del tempo di corrivazione del bacino "t":



$$K = 1 - \left(1 - e^{-0.0021s}\right) \cdot e^{-0.53 \cdot t^{0.25}}$$

Nel presente caso, tuttavia, si è preferito trascurare tale fattore per ragioni cautelative (quindi è stato considerato $K = 1$).

Nella tabella seguente sono presenti i valori delle portate al colmo di piena.

Portate al colmo di piena (VAPI, zona 6)			
Bacino idrografico	Q30 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q500 (m ³ /s)
Bacino	3.8	5.7	6.6
Bacino laghetto	0.8	1.2	1.4
Bacino_differenza	2.1	2.9	4.5

Tabella 4

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



3 Analisi idraulica stato di fatto

Nella presente analisi idraulica sono illustrate le condizioni di deflusso dei corsi d'acqua che lambiscono l'area di interesse.

L'analisi è stata 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 idraulica "molto elevata", "elevata" e "moderata" secondo il PAI.

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

- geometria dei corsi d'acqua;
- portate di piena;
- condizioni al contorno;
- coefficienti di scabrezza.

3.1 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	49.59	58.42	-0.0030
A2	-2	49.59	91.73	58.57	0.0035
A3	-3	141.33	126.36	58.25	-0.0016
A4	-4	267.68	82.16	58.45	0.0018
A5	-5	349.84	203.11	58.30	0.0036
A6	-6	552.95	56.68	57.56	0.0230
A7	-7	609.63	123.08	56.25	0.0135
A8	-8	732.71	0.00	54.59	0.0052

Tabella 5

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 nelle tabelle precedenti con l'indicazione del nome della sezione inserito nel modello ("station") delle distanze parziali e progressive, delle quote di fondo e delle pendenze.

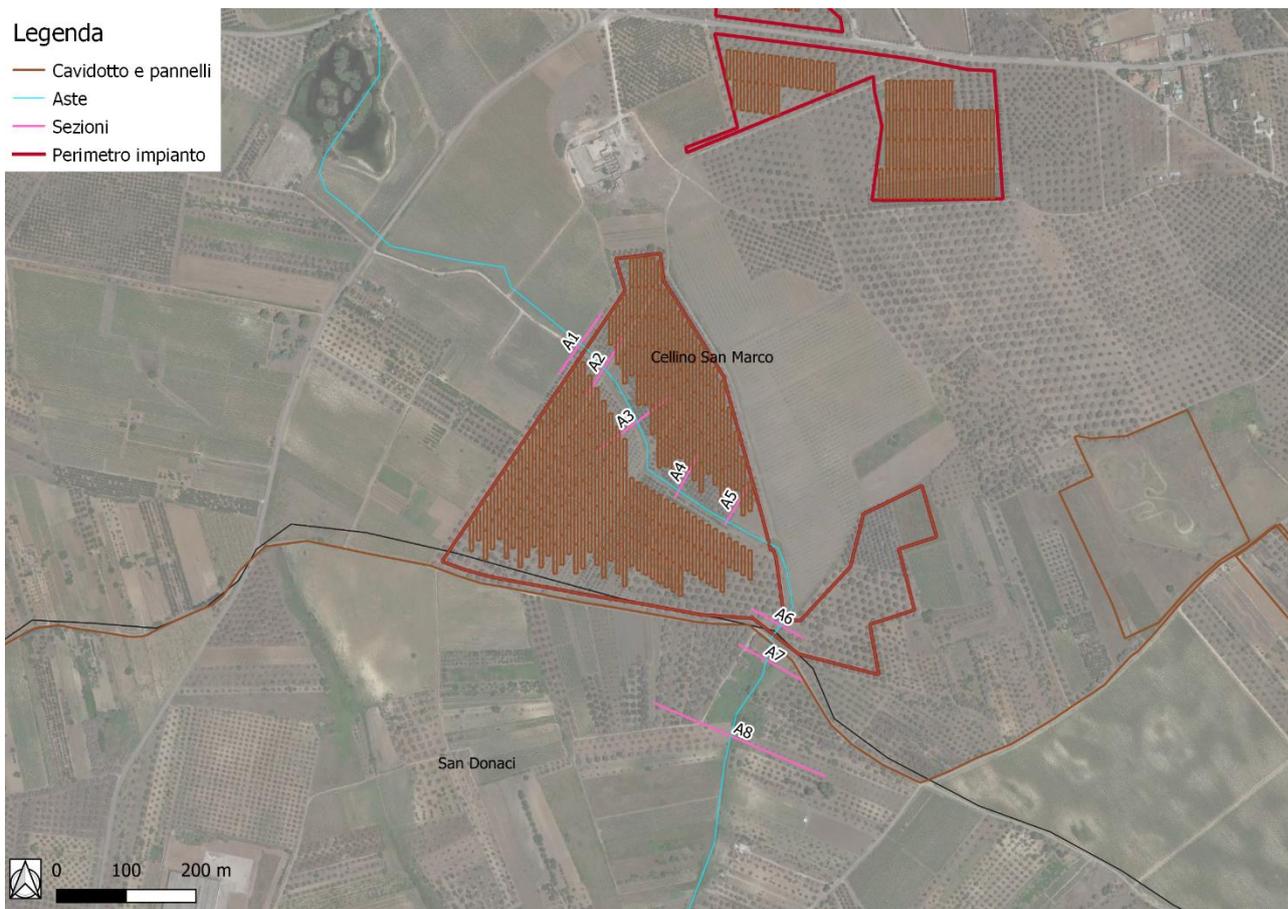


Figura 4: Planimetria dei corsi d'acqua analizzati con l'individuazione delle sezioni trasversali rilevate

3.2 Portate di piena

Come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nella precedente analisi idrologica (cfr. la precedente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**2).

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.

3.3 Condizioni al contorno

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

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



3.4 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 $0.050 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$).

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".

3.5 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, in regime di moto permanente della corrente.

Si è anche verificato come tali condizioni risultino molto 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.

Nelle figure seguenti, in particolare, sono mostrati il profilo longitudinale e le planimetrie delle aree allagabili dei tratti di impluvi analizzati, mentre nella tabella seguente sono presenti tutti i valori numerici ottenuti dal modello nella configurazione pre intervento.

Per la delimitazione delle aree allagabili per gli eventi con i tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, in particolare, è stato utilizzato il DTM della Regione Puglia e i valori 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	58.42	2.1	58.71	0.29	82.54	0.13	16.13	0.28	0.09
A2	-2	49.59	58.57	2.1	58.67	0.10	80.71	0.45	4.74	4.88	0.56
A3	-3	141.33	58.25	2.1	58.67	0.42	125.43	0.05	41.70	0.04	0.03
A4	-4	267.68	58.45	2.1	58.67	0.22	55.67	0.27	8.33	1.16	0.20
A5	-5	349.84	58.30	2.1	58.44	0.14	40.74	0.81	2.59	17.86	1.02
A6	-6	552.95	57.56	2.1	57.67	0.11	43.57	0.71	2.95	13.55	0.87
A7	-7	609.63	56.25	2.1	56.41	0.16	17.00	1.07	1.96	25.66	1.01
A8	-8	732.71	54.59	2.1	54.84	0.25	23.96	0.60	3.50	7.45	0.50

Tabella 6



Realizzazione di un impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica di SE nel Comune di Cellino San Marco (BR)

Relazione idrologica e idraulica

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	58.42	2.9	58.74	0.32	88.01	0.16	18.97	0.36	0.10
A2	-2	49.59	58.57	2.9	58.71	0.14	97.35	0.37	8.19	2.67	0.37
A3	-3	141.33	58.25	2.9	58.71	0.46	127.86	0.07	46.02	0.06	0.03
A4	-4	267.68	58.45	2.9	58.70	0.25	57.58	0.31	10.13	1.44	0.21
A5	-5	349.84	58.30	2.9	58.46	0.16	41.61	0.90	3.22	20.64	1.03
A6	-6	552.95	57.56	2.9	57.69	0.13	46.36	0.80	3.64	16.12	0.91
A7	-7	609.63	56.25	2.9	56.44	0.19	18.57	1.16	2.50	28.47	1.01
A8	-8	732.71	54.59	2.9	54.88	0.29	25.77	0.66	4.37	8.66	0.51

Tabella 7

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	58.42	4.5	58.78	0.36	92.65	0.21	22.75	0.58	0.12
A2	-2	49.59	58.57	4.5	58.75	0.18	101.71	0.41	11.80	2.93	0.35
A3	-3	141.33	58.25	4.5	58.74	0.49	128.01	0.09	50.28	0.11	0.05
A4	-4	267.68	58.45	4.5	58.72	0.27	57.58	0.42	11.54	2.62	0.28
A5	-5	349.84	58.30	4.5	58.60	0.30	54.15	0.44	10.55	3.28	0.31
A6	-6	552.95	57.56	4.5	57.71	0.15	50.95	0.92	4.89	20.07	0.95
A7	-7	609.63	56.25	4.5	56.49	0.24	21.18	1.28	3.50	32.67	1.01
A8	-8	732.71	54.59	4.5	54.94	0.35	28.48	0.76	5.92	10.60	0.53

Tabella 8

elle figure successive sono mostrate le mappe dei tiranti idrici ricavati secondo la metodologia suddetta per i tre tempi di ritorno considerati. Tali tempi di ritorno, in linea con il PAI, corrispondono rispettivamente alle aree:

- ad alta pericolosità idraulica (T = 30 anni);
- a media pericolosità idraulica (T = 200 anni);
- a bassa pericolosità idraulica (T = 500 anni).



Realizzazione di un impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica di SE nel Comune di Cellino San Marco (BR)

Relazione idrologica e idraulica

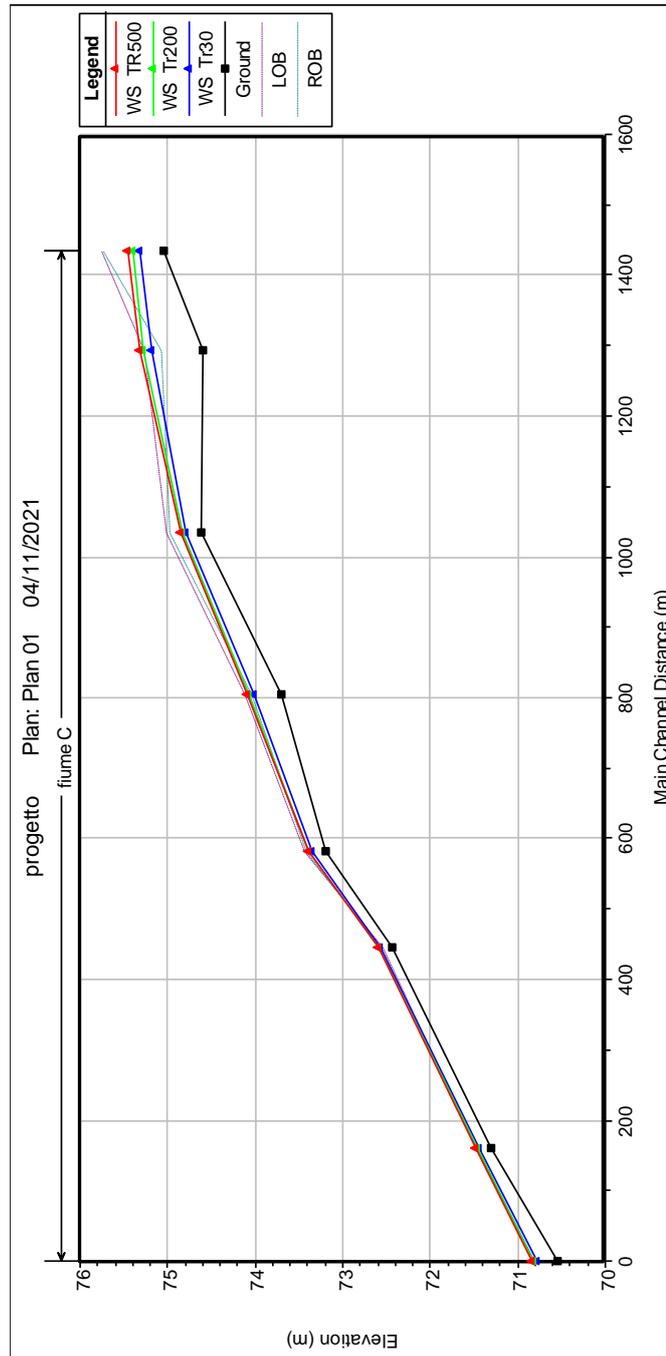


Figura 8: Profilo longitudinale nella configurazione pre intervento dell'impluvio A



Realizzazione di un impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica di SE nel Comune di Cellino San Marco (BR)

Relazione idrologica e idraulica

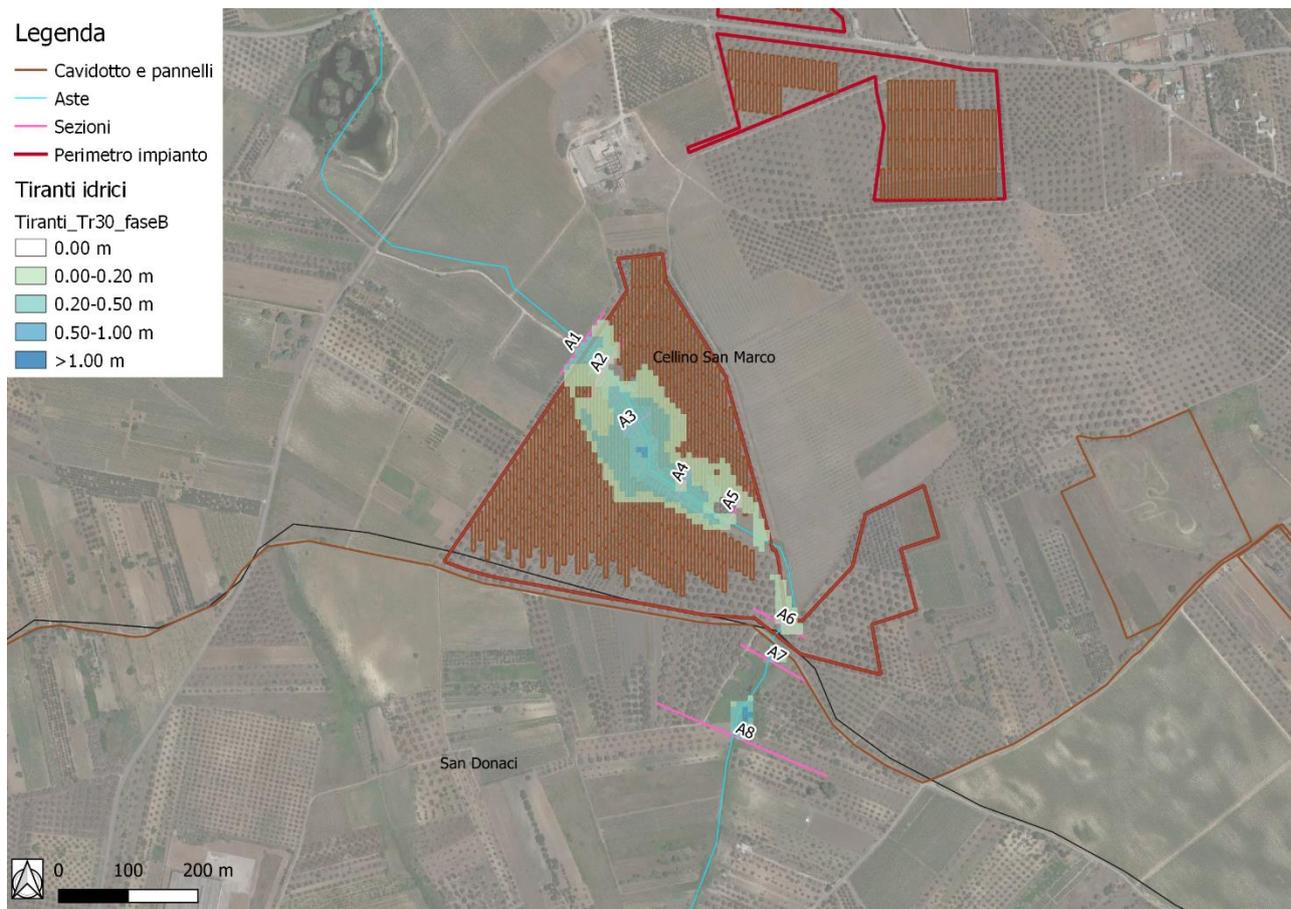


Figura 12: Planimetria dei tiranti idrici nella configurazione pre intervento con un tempo di ritorno di 30 anni



Realizzazione di un impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica di SE nel Comune di Cellino San Marco (BR)

Relazione idrologica e idraulica

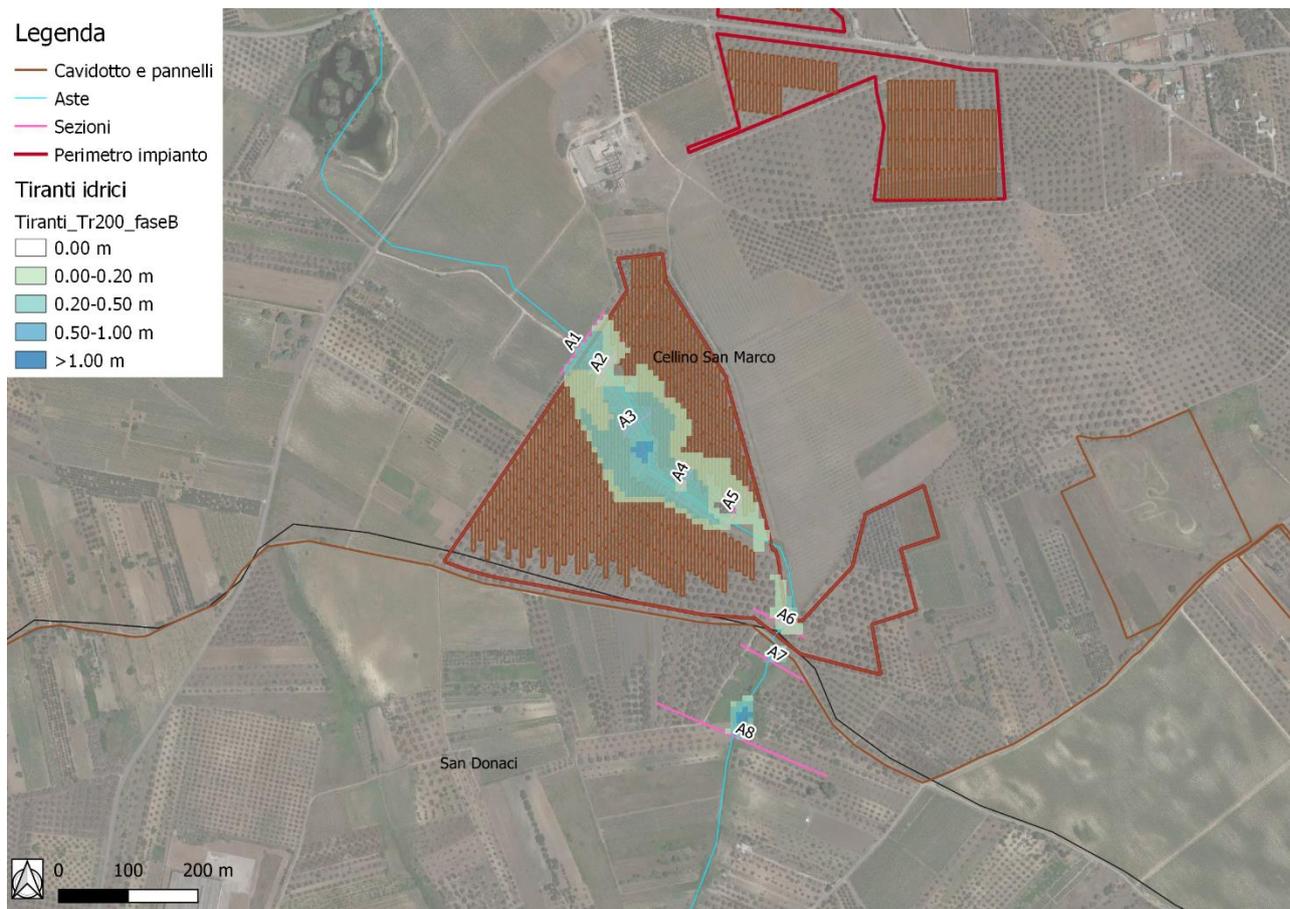


Figura 13: Planimetria dei tiranti idrici nella configurazione pre intervento con un tempo di ritorno di 200 anni



Realizzazione di un impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica di SE nel Comune di Cellino San Marco (BR)

Relazione idrologica e idraulica

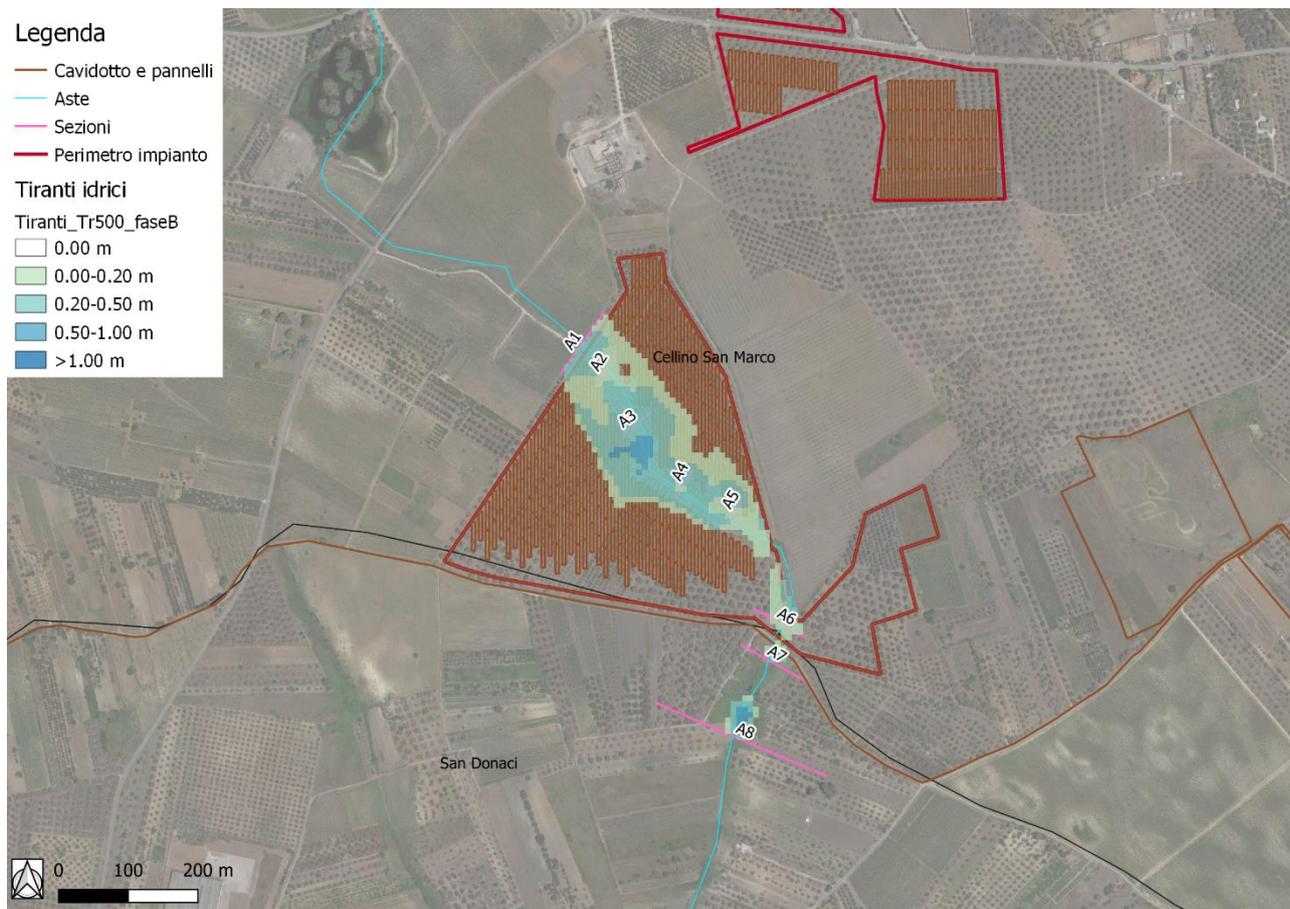


Figura 14: Planimetria dei tiranti idrici nella configurazione pre intervento con un tempo di ritorno di 500 anni

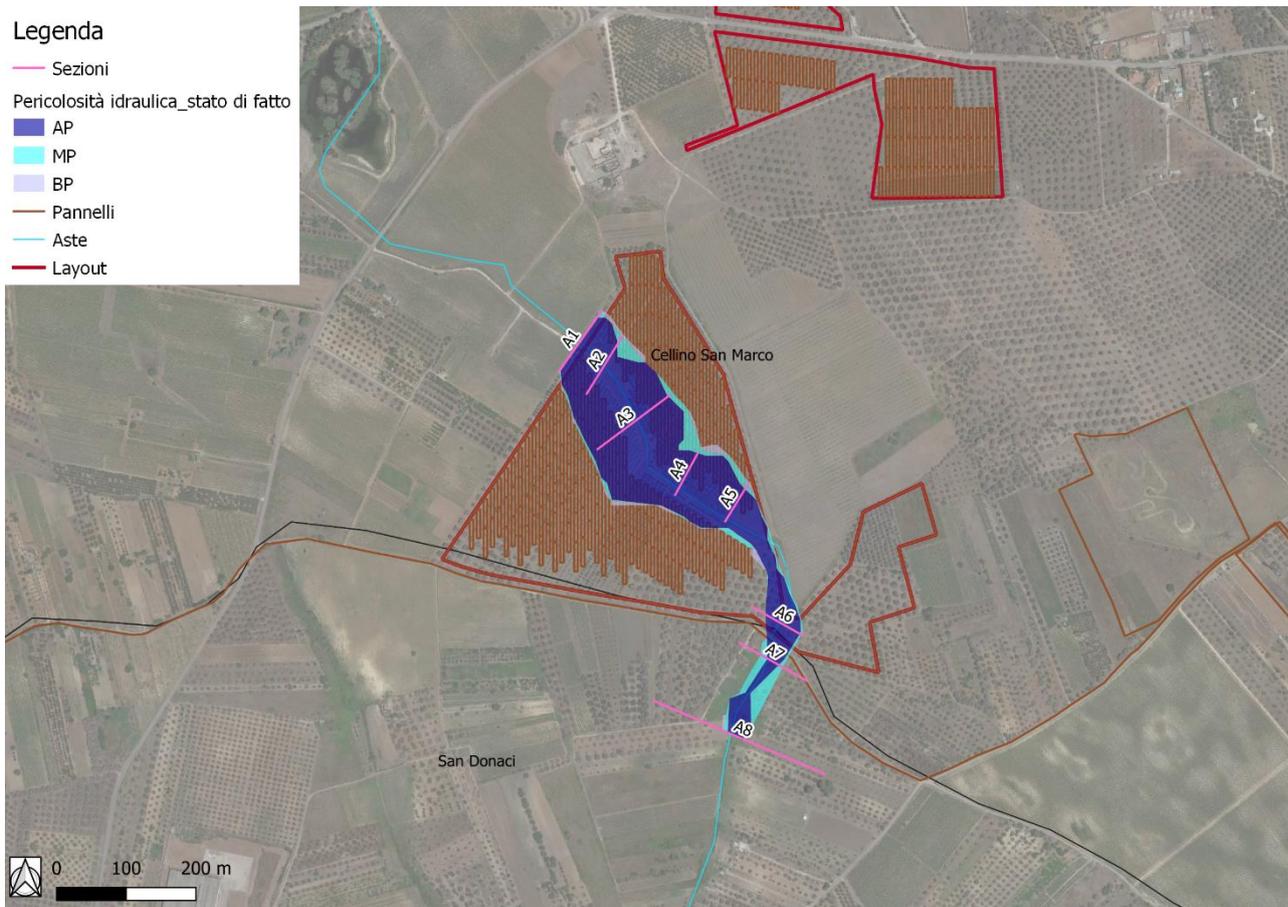


Figura 15: Planimetria delle aree allagabili nella configurazione pre intervento

Nelle figure precedenti si nota come il lotto di intervento sia interessato dalle potenziali aree a rischio idraulico connesse con l'impluvio che ricade all'interno del lotto di intervento.

Per tali ragioni, pertanto, è possibile affermare che gli interventi in progetto risultano parzialmente lambiti da aree a rischio idraulico e che non risultano al momento in condizioni di sicurezza idraulica ai sensi delle NTA del PAI. Per garantire la salvaguardia degli stessi, tuttavia, è possibile prevedere dei minimi interventi di sistemazione idraulica in grado di incidere sulla capacità di trasporto dell'impluvio in modo che tali opere non vengano interessate dal deflusso delle correnti in piena.



4 Interventi in progetto

Nel presente caso, si è osservato che il lotto di intervento risulta lambito dalle aree a rischio idraulico generate dalla presenza dell'impluvio.

Al fine di **ridurre il rischio idraulico** nella suddetta area e poter procedere alla messa in sicurezza del lotto in progetto, pertanto, risulta necessario ricalibrare la sezione del canale mediante una sezione trapezoidale in terra di opportune dimensioni in modo che risulti sufficiente a garantire un adeguato franco di sicurezza.

Ai fini di un corretto dimensionamento del canale in progetto si considera 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 della Transizione Ecologica (MITE, ex 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.

Per il **presente caso, essendo presenti dei valori di altezza utile compresi fra 40 e 100 cm, si procede con la valutazione di un franco minimo di sicurezza di almeno 20 cm.**

A tal proposito si ricorda che, in caso di interventi progettuali maggiormente significativi, l'Autorità di Bacino Distrettuale ha previsto un franco di sicurezza pari a 100 cm (norma derivata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po) che, per il presente caso, si ritiene non necessario in quanto le portate in gioco risultano ben al di sotto della soglia stabilita dalla Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici 7 del 21.01.2019 che suggerisce una sorta di "soglia di separazione" tra impluvi minori e maggiori perché recita:

«Restano esclusi dal punto 5.1.2.3 della Norma i tombini, intendendosi per tombino un manufatto totalmente rivestito in sezione, eventualmente suddiviso in più canne, in grado di condurre complessivamente portate fino a 50 m³/s.».

È pacifico che tale indicazione riguardi gli attraversamenti stradali da realizzare al di sopra di corsi d'acqua naturali o artificiali, ma si ritiene opportuno, in assenza di un'indicazione analoga per la progettazione di canali a cielo aperto, considerarla anche per il presente caso.

Per gli scopi suddetti, pertanto, si prevede di dimensionare delle sezioni trapezoidali con una base minore di 4.00 m, un'altezza di 1.00 m e una pendenza delle sponde di 1/1, in particolare dalla sezione A1 alla sezione A6.



5 Analisi idraulica dello stato di progetto

Nella presente analisi idraulica sono illustrate le condizioni di deflusso dei corsi d'acqua che lambiscono l'area di interesse in seguito agli interventi di progetto.

L'analisi, come per il pre intervento, è stata 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 idraulica "molto elevata", "elevata" e "moderata" secondo il PAI.

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

- geometria dei corsi d'acqua;
- portate di piena;
- condizioni al contorno;
- coefficienti di scabrezza.

5.1 Geometria del modello idrodinamico

Stato di progetto - Sezioni					
Sezione	Sezione nel modello	Progr. (m)	Parz. (m)	Fondo (mslm)	Pendenza (m/m)
A1	-1	0.00	182.40	58.72	0.0008
A2	-2	182.40	225.16	58.57	0.0010
A3	-3	407.56	484.38	58.35	0.0006
A4	-4	891.94	250.66	58.05	0.0010
A5	-5	1,142.60	186.22	57.80	0.0056
A6	-6	1,328.83	175.40	56.76	0.0029
A7	-7	1,504.23	171.32	56.25	0.0097
A8	-8	1,675.55	0.00	54.59	0.0025

Tabella 9

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. Come è possibile notare, le pendenze risultano differenti dalle precedenti a seguito dell'intervento volto a regolarizzare il fondo della sezione nell'impluvio.



5.2 Portate di piena

Come portate al colmo di piena sono state considerate quelle ricavate nella precedente analisi idrologica (cfr. la precedente Tabella 4).

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.

5.3 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno, necessarie per l'esecuzione di simulazioni idrodinamiche con il modello, sono identiche alla configurazione pre intervento:

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

5.4 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 $0.050 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$) per le sezioni di progetto, come nel contesto ante intervento a scopo cautelativo.

5.5 Risultati delle simulazioni nella configurazione post intervento

Come per il caso precedente, 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, in regime di moto permanente della corrente.

Nelle figure seguenti, in particolare, sono mostrati il profilo longitudinale e le planimetrie delle aree allagabili dei tratti analizzati, mentre nella tabella seguente sono presenti tutti i valori numerici ottenuti dal modello nella configurazione post intervento.



Realizzazione di un impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica di SE nel Comune di Cellino San Marco (BR)

Relazione idrologica e idraulica

Stato di progetto - 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	58.72	2.1	59.23	0.51	5.03	0.90	2.33	11.72	0.42
A2	-2	182.40	58.57	2.1	59.11	0.54	5.08	0.86	2.46	10.42	0.39
A3	-3	407.56	58.35	2.1	58.89	0.54	5.09	0.84	2.49	10.13	0.39
A4	-4	891.94	58.05	2.1	58.55	0.50	5.01	0.92	2.28	12.37	0.44
A5	-5	1,142.60	57.80	2.1	58.27	0.47	4.94	1.00	2.11	14.67	0.49
A6	-6	1,328.83	56.76	2.1	57.13	0.37	4.74	1.29	1.63	26.49	0.70
A7	-7	1,504.23	56.25	2.1	56.41	0.16	17.00	1.07	1.96	25.66	1.01
A8	-8	1,675.55	54.59	2.1	54.88	0.29	26.04	0.47	4.50	4.24	0.36

Tabella 10

Stato di progetto - 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	58.72	2.9	59.35	0.63	5.26	1.00	2.91	13.60	0.43
A2	-2	182.40	58.57	2.9	59.22	0.65	5.31	0.95	3.04	12.30	0.40
A3	-3	407.56	58.35	2.9	59.00	0.65	5.31	0.95	3.06	12.11	0.40
A4	-4	891.94	58.05	2.9	58.66	0.61	5.22	1.03	2.81	14.71	0.45
A5	-5	1,142.60	57.80	2.9	58.38	0.58	5.16	1.09	2.66	16.61	0.49
A6	-6	1,328.83	56.76	2.9	57.19	0.43	4.87	1.51	1.92	34.49	0.77
A7	-7	1,504.23	56.25	2.9	56.44	0.19	18.57	1.16	2.50	28.47	1.01
A8	-8	1,675.55	54.59	2.9	54.93	0.34	28.16	0.51	5.64	4.91	0.20

Tabella 11

Stato di progetto - 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	58.72	4.5	59.54	0.82	5.64	1.14	3.95	16.54	0.44
A2	-2	182.40	58.57	4.5	59.41	0.84	5.69	1.10	4.10	15.22	0.41
A3	-3	407.56	58.35	4.5	59.19	0.84	5.69	1.10	4.09	15.24	0.41
A4	-4	891.94	58.05	4.5	58.83	0.78	5.57	1.19	3.77	18.33	0.46
A5	-5	1,142.60	57.80	4.5	58.57	0.77	5.54	1.23	3.66	19.54	0.48
A6	-6	1,328.83	56.76	4.5	57.29	0.53	5.06	1.88	2.39	50.86	0.87
A7	-7	1,504.23	56.25	4.5	56.49	0.24	21.18	1.28	3.50	32.67	1.01
A8	-8	1,675.55	54.59	4.5	54.99	0.40	30.26	0.60	7.56	6.12	0.38

Tabella 12

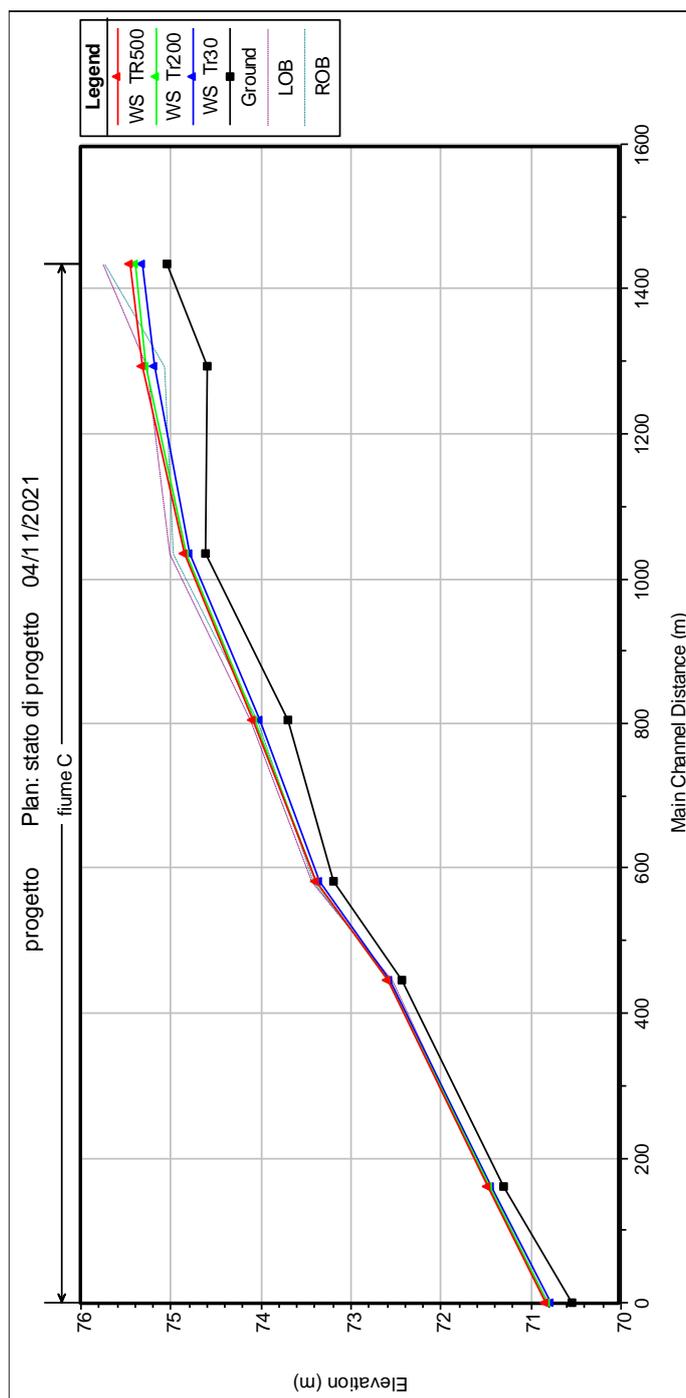


Figura 16: Profilo longitudinale della configurazione post intervento dell'impluvio B in esame

Si nota come, a seguito dell'intervento di progetto, le aree allagabili si siano notevolmente ridotte e la predisposizione dei pannelli in progetto risulta così correttamente dimensionata dal punto di vista idraulico.

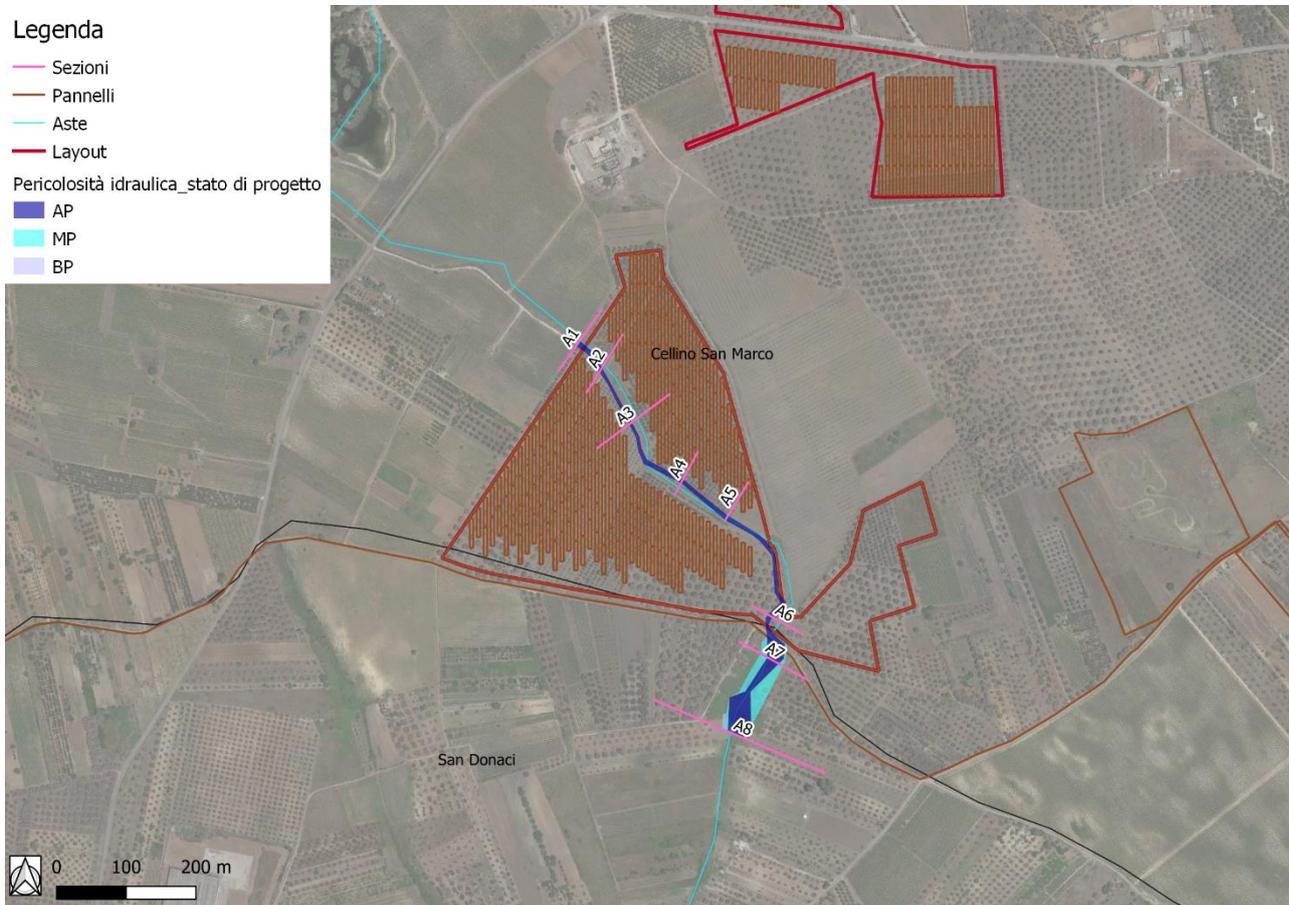


Figura 17: Planimetria delle aree allagabili nella configurazione post intervento



6 Conclusioni

La presente relazione accompagna il progetto di realizzazione di un impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica nel comune di Cellino San Marco (BR).

Per le finalità della presente analisi appare opportuno ricordare che il sito di interesse è attraversato da diversi impluvi del reticolo idrografico e non risulta perimetrato dall'attuale Piano Stralcio per la Difesa del Rischio Idrogeologico (PAI). Ai fini dell'acquisizione del parere di competenza da parte dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede (ex Autorità di Bacino della Regione Puglia), pertanto, è necessario verificare la rispondenza del progetto alle prescrizioni indicate all'interno delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) dello stesso PAI.

Considerato che gli interventi sono localizzati nelle immediate vicinanze di rami del reticolo idrografico presenti sulla Carta Idrogeomorfologica e sull'IGM della Regione Puglia, trovano applicazione gli artt. 6 e 10 delle medesime NTA del PAI che prevedono una estensione delle aree a diversa pericolosità idraulica per una fascia di 150 m a sinistra e 150 m a destra di tale ramo.

Per tali ragioni, pertanto, è stato realizzato il presente studio idrologico e idraulico che ha analizzato compiutamente i regimi di deflusso a monte e a valle nonché l'effettiva estensione delle aree allagabili in modo da verificare la compatibilità degli interventi in progetto con le NTA del PAI.

Le analisi idrologiche, illustrate in dettaglio nel seguito, sono state condotte mediante l'utilizzo del metodo VAPI Puglia (come previsto all'interno del citato PAI) al fine di stabilire le portate al colmo di piena per eventi con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

Tali portate sono state utilizzate nella successiva analisi idraulica che, grazie all'utilizzo del modello idrodinamico monodimensionale HEC-RAS dello *US Army Corps of Engineers*, è stata 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.

Nel presente caso, tuttavia, si è osservato che gli interventi in progetto risultano lambiti da aree a rischio idraulico e che non risultano al momento in condizioni di sicurezza idraulica ai sensi delle NTA del PAI a causa principalmente del mancato rispetto del franco di sicurezza. Per garantire la salvaguardia degli stessi, pertanto, è prevista la realizzazione di minimi interventi di sistemazione idraulica mediante la risagomatura della sezione del canale in modo che risulti sufficiente a garantire un adeguato franco di sicurezza.

Le precedenti analisi hanno dimostrato che:

- 1) gli interventi di mitigazione sono stati dimensionati in funzione dell'evento meteorico con tempo di ritorno di 500 anni considerando un franco di sicurezza superiore a quello prescritto dalle "Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane" del Ministero per la Transizione Ecologica;
- 2) grazie a tali interventi, sarà possibile ottenere una riduzione delle aree soggette a rischio idraulico rendendo l'area di intervento e le opere in progetto prive di rischio idraulico.

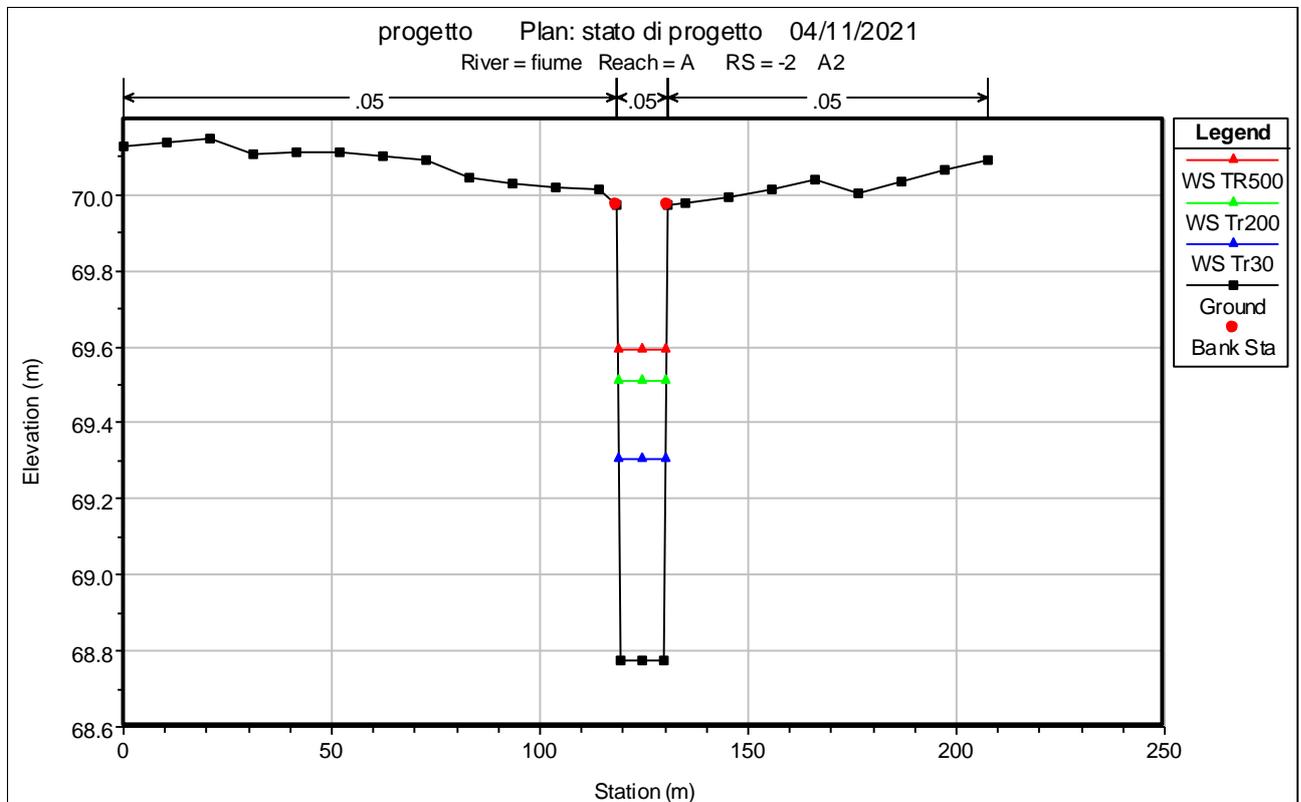
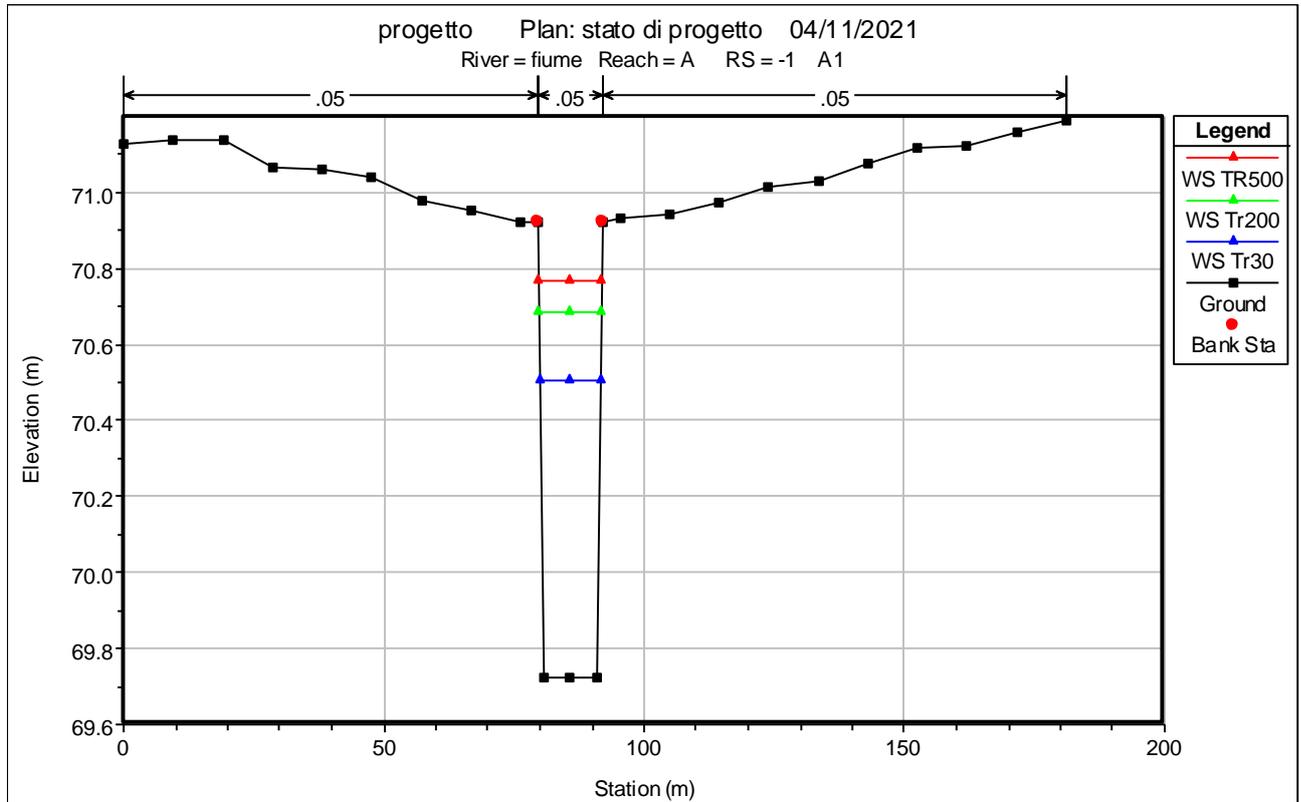


Allegato A: Sezioni trasversali



Realizzazione di un impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica di SE nel Comune di Cellino San Marco (BR)

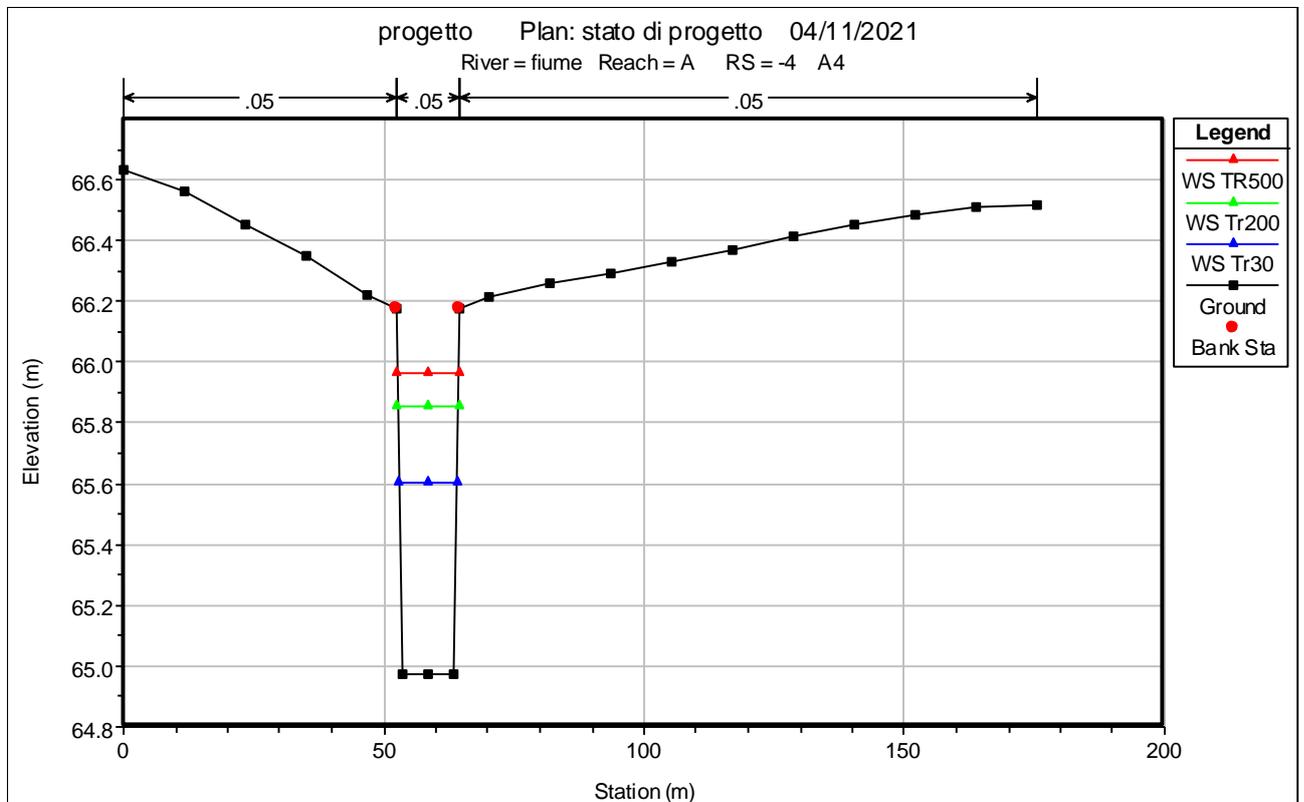
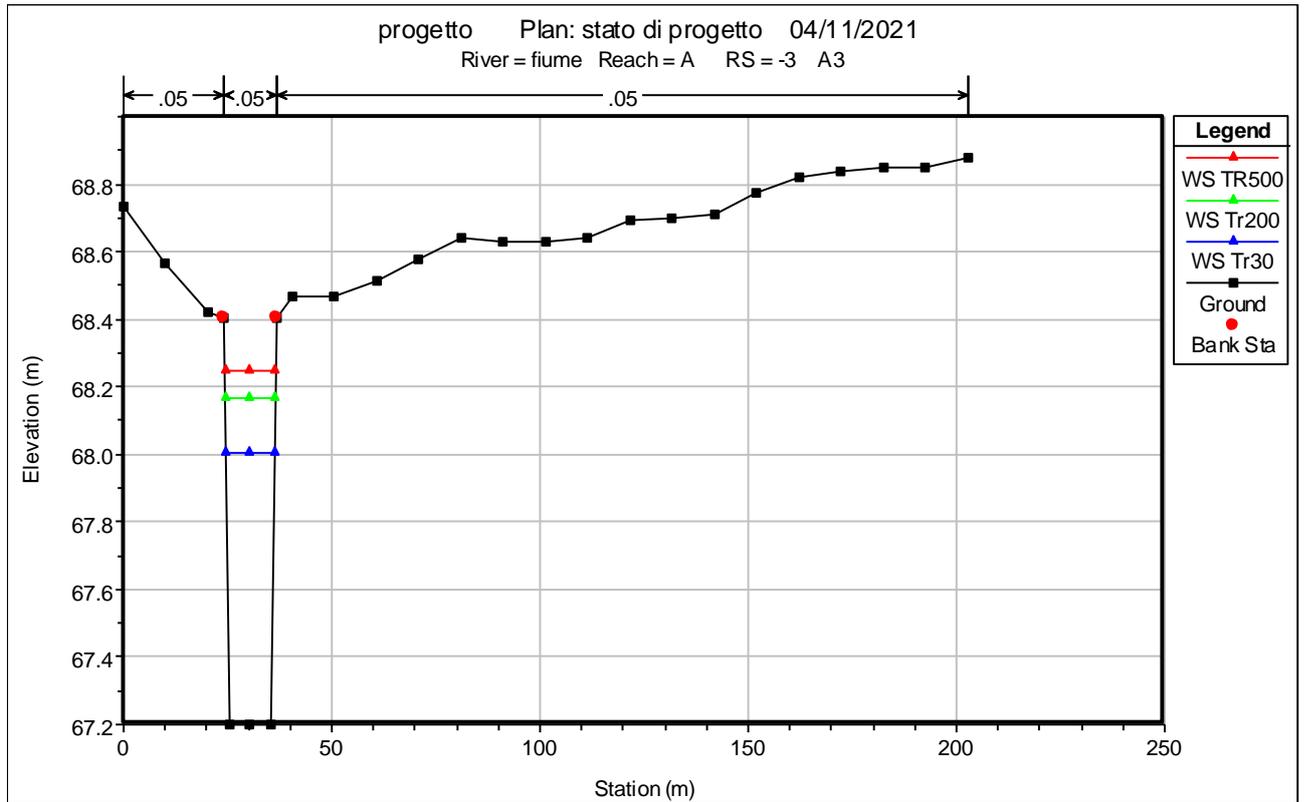
Relazione idrologica e idraulica





Realizzazione di un impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica di SE nel Comune di Cellino San Marco (BR)

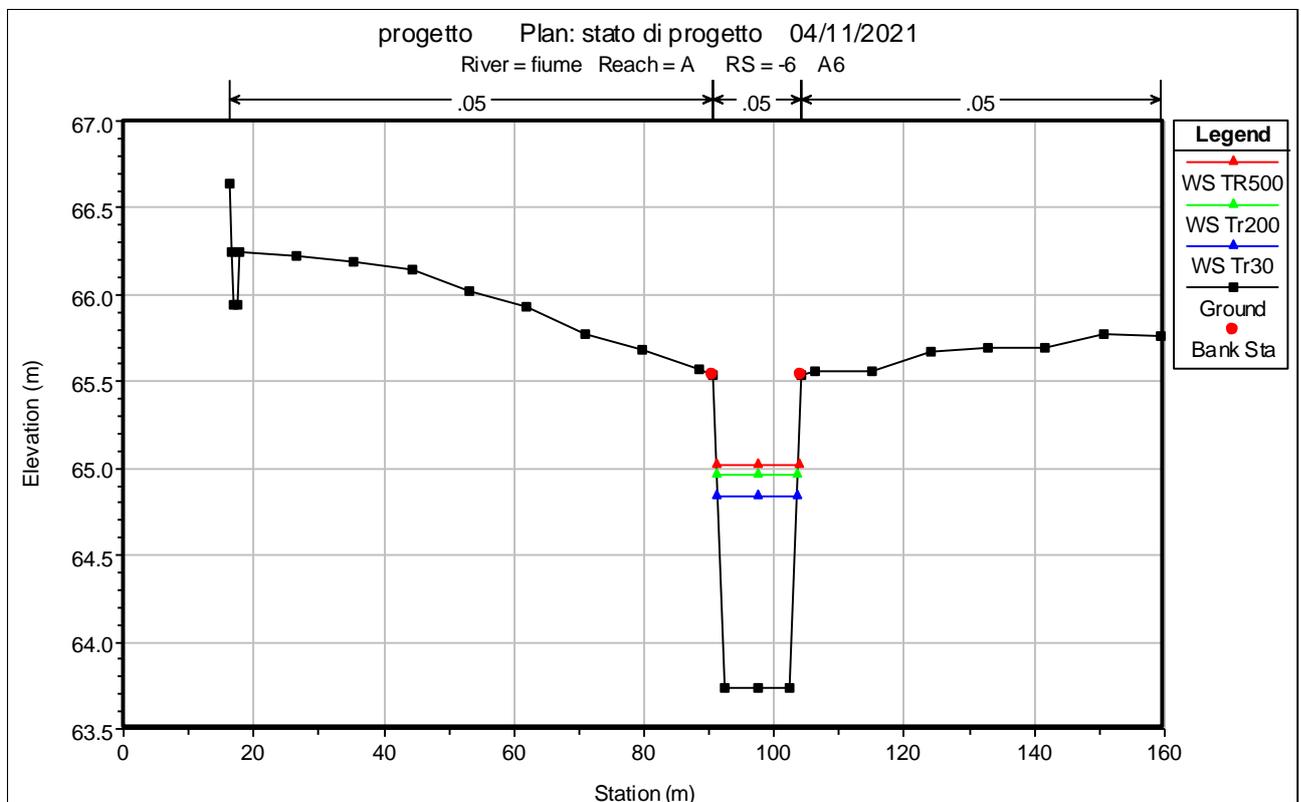
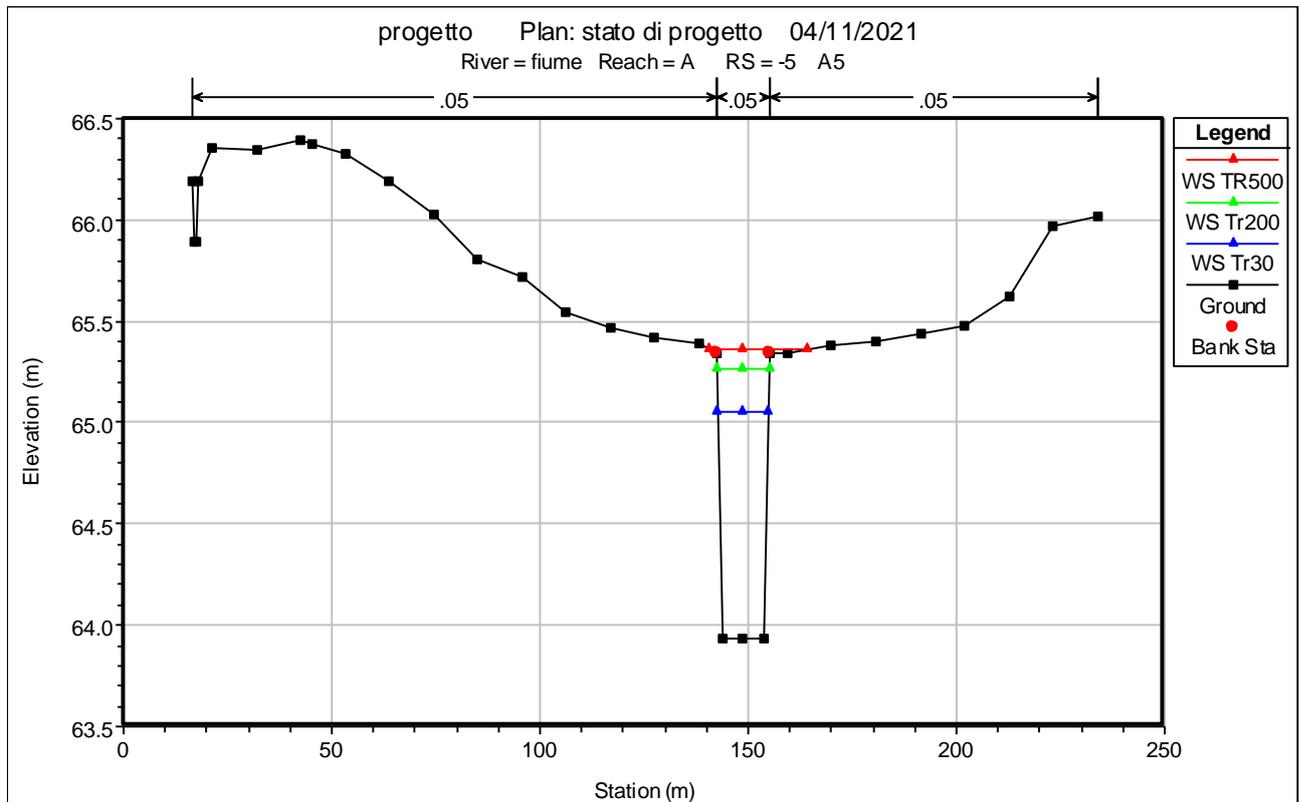
Relazione idrologica e idraulica





Realizzazione di un impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica di SE nel Comune di Cellino San Marco (BR)

Relazione idrologica e idraulica





Realizzazione di un impianto agrivoltaico con produzione agricola e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica da ubicarsi in agro di Cellino San Marco e San Donaci (BR) e delle relative opere di connessione alla Stazione di connessione elettrica di SE nel Comune di Cellino San Marco (BR)

Relazione idrologica e idraulica

