

# REGIONE SICILIA

## PROVINCIA DI PALERMO

# COMUNE DI MONREALE

LOCALITÀ PIETRALUNGA

Oggetto:



**PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A 16,09 MWp E POTENZA NOMINALE PARI A 15,64 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE**

Sezione:

**SEZIONE A - RELAZIONI GENERALI**

Elaborato:

**RELAZIONE IDRAULICA**

Nome file stampa: <b>FV.MNR02.PD.A.07.pdf</b>		Codifica Regionale: <b>RS12REL0008A0</b>	Scala: <b>XX</b>	Formato di stampa: <b>A4</b>	
Nome elaborato: <b>FV.MNR02.PD.A.07</b>		Tipologia: <b>R</b>			
Proponente:  <b>E-WAY FINANCE S.p.A.</b> Piazza San Lorenzo in Lucina, 4 00186 ROMA (RM) P.IVA. 15773121007    <b>E-WAY FINANCE S.p.A.</b> P.zza San Lorenzo in Lucina, 4 00186 - Roma C.F./P.Iva 15773121007		Progettista:  <b>E-WAY FINANCE S.p.A.</b> Piazza San Lorenzo in Lucina, 4 00186 ROMA (RM) P.IVA. 15773121007  			
CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
FV.MNR02.PD.A.07	00	04/2022	D. Genco/A. Castelluccio	A. Bottone	A. Bottone



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>METODO DI ANALISI .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI .....</b>	<b>13</b>
<b>4.1</b>	<b>Inquadramento delle opere nei territori di competenza dell’A.d.B. ....</b>	<b>13</b>
4.1.1	Inquadramento rispetto al reticolo idrografico .....	13
4.1.2	Inquadramento rispetto al clima .....	14
<b>4.2</b>	<b>Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia .....</b>	<b>14</b>
4.2.1	Compatibilità degli interventi rispetto al P.A.I.....	14
4.2.2	Compatibilità degli interventi rispetto le Norme di Attuazione .....	15
<b>4.3</b>	<b>Interferenze tra le opere di progetto ed il reticolo idrografico.....</b>	<b>17</b>
4.3.1	Aree adibite all’installazione del campo fotovoltaico .....	17
4.3.2	Viabilità a servizio del campo fotovoltaico .....	17
4.3.3	Tracciato del cavidotto a 36 kV interrato per il collegamento del campo fotovoltaico alla stazione di trasformazione .....	18
<b>5</b>	<b>ANALISI MORFOLOGICA DEI BACINI IDROGRAFICI .....</b>	<b>21</b>
<b>5.1</b>	<b>Inquadramento geomorfologico .....</b>	<b>21</b>
<b>5.2</b>	<b>Analisi morfologica dei bacini idrografici .....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI .....</b>	<b>27</b>
<b>6.1</b>	<b>Modellazione bidimensionale per la simulazione dell’onda di piena .....</b>	<b>27</b>
6.1.1	Modello geometrico .....	28
<b>6.2</b>	<b>Metodi di risoluzione delle interferenze delle opere di progetto con il reticolo idrografico .....</b>	<b>29</b>
<b>6.3</b>	<b>Descrizione delle interferenze e verifiche idrauliche .....</b>	<b>31</b>
6.3.1	Interferenze delle aree adibite all’installazione del campo fotovoltaico con il reticolo idrografico: interferenze I.1 e I.2.....	35
6.3.1.1	Valutazione del coefficiente di deflusso ante- operam e post-operam.....	38
6.3.1.2	Considerazioni e conclusioni .....	41

6.3.2	Interferenze del cavidotto interrato con il reticolo idrografico: interferenze I.3 e I.7 .....	42
6.3.3	Interferenze del cavidotto interrato con il reticolo idrografico: interferenze I.9, I.11 e I.12 .....	45
6.3.4	Interferenze del cavidotto interrato con il reticolo idrografico : interferenze I.13, I.14, I.15, I.16 e I.17 ...	51
6.3.5	Interferenze del cavidotto interrato con il reticolo idrografico: interferenza I.18, I.19, I.20, I.24 e I.26 ....	57
<b>6.4</b>	<b>Cenni sul fenomeno dell'erosione .....</b>	<b>63</b>
<b>7</b>	<b>REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE .....</b>	<b>66</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>70</b>



## RELAZIONE IDRAULICA

CODICE	<i>FV.MNR02.PD.A.07</i>
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	4 di 70

## INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Inquadramento delle opere su cartografia C.T.R. in relazione al reticolo idrografico e rispettive interferenze</i>	11
<i>Figura 2: Stralcio di Carta geologica 1:50000 Foglio 421 Ascoli Satriano, con legenda della stratigrafia</i>	22
<i>Figura 3: Inquadramento dei bacini idrografici riguardanti le opere di progetto su modello digitale del terreno</i>	23
<i>Figura 4: Inquadramento dei sotto-bacini idrografici riguardanti le opere di progetto sulla mappa dell'Uso del Suolo 2012 fino al Livello III secondo progetto Corine Land Cover</i>	25
<i>Figura 5 : Schema tipologico della Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.)</i>	30
<i>Figura 6: Risoluzione tipologica degli attraversamenti mediante staffaggio e scavo in trincea</i>	31
<i>Figura 7: a) Interferenza I.4 rilevata da ortofoto; b) Foto dell'interferenza I.4 ottenuta da sopralluogo</i>	32
<i>Figura 8: interferenza I.5 rilevata da ortofoto</i>	32
<i>Figura 9: a) Foto dell'interferenza I.6 ottenuta da sopralluogo; b) Interferenza I.6 rilevata da ortofoto</i>	32
<i>Figura 10: Figura 11: a) Interferenza I.8 rilevata da ortofoto; b) Interferenza I.10 rilevata da ortofoto</i>	33
<i>Figura 11: Interferenze I.21 e I.22 rilevate da ortofoto</i>	33
<i>Figura 12: Interferenza I.23 rilevata da ortofoto</i>	34
<i>Figura 13: Interferenza I.25 rilevata da ortofoto</i>	34
<i>Figura 14. a) Interferenza I.1 in riferimento al reticolo idrografico individuato da cartografia C.T.R. 1:1000; b) Interferenza I.2 da ortofoto</i>	35
<i>Figura 15: Modello geometrico in riferimento alla simulazione bidimensionale del bacino SB.01</i>	36
<i>Figura 16: Interferenze I.1 e I.2 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a <math>Tr = 200</math> anni su base Google Satellite</i>	37
<i>Figura 17: Interferenza I.2 e relativo manufatto rilevato da sopralluogo in sito</i>	38
<i>Figura 18: a) Layout delle aree di progetto in riferimento alla mappa geolitologica 1:25000; b) Layout delle aree di progetto in riferimento alla mappa dell'uso del suolo (CLC III Livello)</i>	40
<i>Figura 19: Interferenza I.3 in riferimento alla cartografia C.T.R. 1:10000</i>	42
<i>Figura 20: Vista dell'asta fluviale riguardante l'interferenza I.3 verso monte (a) e verso valle (b)</i>	42
<i>Figura 21: Modello geometrico in riferimento alla simulazione bidimensionale del bacino SB.02</i>	43
<i>Figura 22: Interferenza I.7 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a <math>Tr = 200</math> anni su base Google Satellite</i>	44
<i>Figura 23: a) Interferenze I.9 e I.10 in riferimento al reticolo idrografico individuato da cartografia C.T.R. 1:1000 e I.G.M. 1:25000; b) Interferenza I.9 e I.10 da ortofoto</i>	45
<i>Figura 24: a) Interferenze I.11 e I.12 in riferimento al reticolo idrografico individuato da cartografia C.T.R. 1:1000 e I.G.M. 1:25000; b) Interferenza I.11 e I.12 da ortofoto</i>	46
<i>Figura 25: Vista dell'asta fluviale riguardante l'interferenza I.12 verso monte (a) e verso valle (b)</i>	47
<i>Figura 26: Modello geometrico in riferimento alla simulazione bidimensionale del bacino SB.03</i>	48

<i>Figura 27: Interferenza I.9 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a <math>Tr = 200</math> anni su base Google Satellite .....</i>	49
<i>Figura 28: Interferenze I.11 e I.12 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a <math>Tr = 200</math> anni su base Google Satellite .....</i>	50
<i>Figura 29: a) Interferenze I.13 e I.14 in riferimento al reticolo idrografico individuato da cartografia C.T.R. 1:1000 e I.G.M. 1:25000; b) Interferenza I.13 e I.14 da ortofoto.....</i>	51
<i>Figura 30: : a) Interferenze I.15, I.16 e I.17 in riferimento al reticolo idrografico individuato da cartografia C.T.R. 1:1000 e I.G.M. 1:25000; b) Interferenza I.15, I.16 e I.17 da ortofoto .....</i>	52
<i>Figura 31: Vista dell'asta fluviale riguardante l'interferenza I.15 verso monte (a) e verso valle (b) .....</i>	52
<i>Figura 32: Interferenza I.15 .....</i>	53
<i>Figura 33: Modello geometrico in riferimento alla simulaizone bidimensionale del bacino SB.04 .....</i>	54
<i>Figura 34: Interferenze I.13 e I.14 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a <math>Tr = 200</math> anni su base Google Satellite .....</i>	55
<i>Figura 35: Interferenze I.15, I.16 e I.17 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a <math>Tr = 200</math> anni su base Google Satellite .....</i>	56
<i>Figura 36: a) Interferenze I.18, I.19 e I.20 in riferimento al reticolo idrografico individuato da cartografia C.T.R. 1:1000 e I.G.M. 1:25000; b) Interferenza I.18, I.19 e I.20 da ortofoto.....</i>	57
<i>Figura 37: Vista dell'asta fluviale riguardante l'interferenza I.18 verso monte (a) e verso valle (b) .....</i>	58
<i>Figura 38: : a) Interferenze I.24 e I.26 in riferimento al reticolo idrografico individuato da cartografia C.T.R. 1:1000 e I.G.M. 1:25000; b) Interferenze i.24 e I.26 da ortofoto.....</i>	59
<i>Figura 39: Modello geometrico in riferimento alla simulaizone bidimensionale del bacino SB.05 .....</i>	60
<i>Figura 40: Interferenza I.18 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a <math>Tr = 200</math> anni su base Google Satellite .....</i>	61
<i>Figura 41: Interferenze I.19 e I.20 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a <math>Tr = 200</math> anni su base Google Satellite .....</i>	62
<i>Figura 42: Interferenze I.24 e I.26 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a <math>Tr = 200</math> anni su base Google Satellite .....</i>	63
<i>Figura 43: Sezione tipo del canale trapezoidale rivestito in materassi Reno.....</i>	68



## RELAZIONE IDRAULICA

CODICE	<i>FV.MNR02.PD.A.07</i>
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	7 di 70



## INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1: Coordinate delle aree adibite all'istallazione del campo fotovoltaico in coordinate WGS 84 UTM fuso 33 ....</i>	<i>17</i>
<i>Tabella 2: Interferenze tra le aree adibite all'istallazione del campo fotovoltaico e il reticolo idrografico esistente .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabella 3: Interferenze tra il tracciato del cavidotto a 36 kV interrato e il reticolo idrografico esistente .....</i>	<i>18</i>
<i>Tabella 4: Caratteristiche principali dei bacini di interesse.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabella 5: Categorie di aree di dominio e relativi valori assegnati del coefficiente di Manning .....</i>	<i>28</i>
<i>Tabella 6: Parametro CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento alle aree adibite all'istallazione del campo fotovoltaico .....</i>	<i>39</i>
<i>Tabella 7: Parametri per la valutazione del coefficiente di deflusso delle aree adibite all'istallazione del campo fotovoltaico post-operam .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 8: Parametri per il calcolo dell'erosione in riferimento alle risoluzioni delle intersezioni .....</i>	<i>65</i>
<i>Tabella 9: Valori delle aree impermeabilizzate rispetto alla superficie totale .....</i>	<i>66</i>

## 1 PREMESSA

Il presente elaborato è riferito al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agro-fotovoltaico di produzione di energia elettrica da fonte solare, denominato *"Pietralunga"*, sito in agro di Monreale (PA).

In particolare, l'impianto in progetto ha una potenza di picco pari a 16,09 MWp e una potenza nominale di 15,64 MW ed è costituito dalle seguenti sezioni principali:

- Un campo agro-fotovoltaico suddiviso in 4 sottocampi, costituiti da moduli fotovoltaici bifacciali aventi potenza nominale pari a 550 Wp cadauno ed installati su strutture ad inseguimento monoassiale (tracker);
- Una stazione di conversione e trasformazione dell'energia elettrica detta *"Power Station"* per ogni sottocampo dell'impianto;
- Una Cabina di Raccolta e Misura a 36 kV;
- Linee elettriche a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione delle Power Station con la Cabina di Raccolta e Misura;
- Una linea elettrica a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione della Cabina di Raccolta e Misura con la Stazione Elettrica in fase autorizzativa *"Monreale 3"* 36/220 kV;

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way Finance S.p.A., avente sede legale in Piazza San Lorenzo in Lucina, 4 - 00186 Roma (RM), P.IVA 15773121007.

## 2 INTRODUZIONE

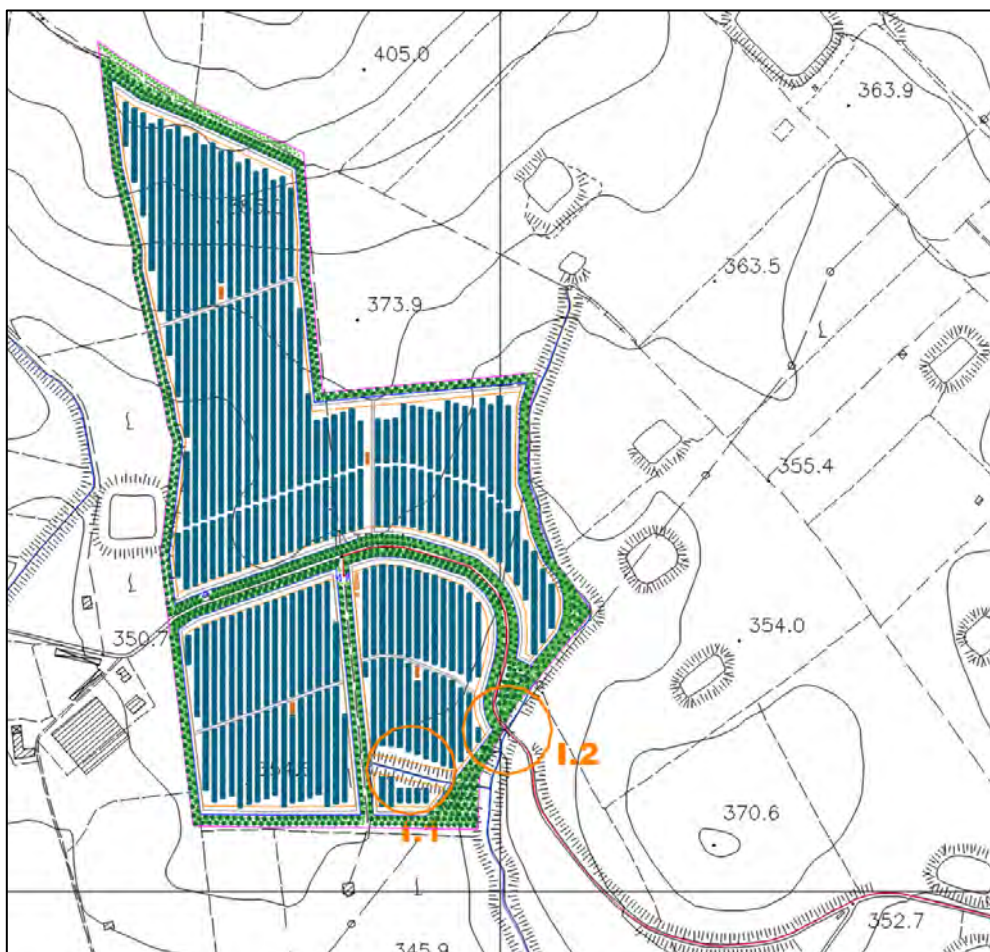
Il presente elaborato ha come scopo l'analisi della compatibilità idrologica (si fa riferimento all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.06 – "Relazione Idrologica"*) e idraulica delle opere di progetto, nello specifico sono analizzate le possibili interferenze tra quest'ultime e il sistema idrologico dell'area studio al fine di garantire la conformità delle condizioni di sicurezza idraulica secondo P.A.I. (Piano Stralcio Assetto Idrogeologico) vigente.

Ai fini dello studio sono state individuate le interferenze tra soluzione progettuale d'impianto e il reticolo idrografico, utilizzando come fonte ufficiale la C.T.R. alla scala 1:10000 della regione Sicilia e la cartografia I.G.M. (Istituto Geografico Militare) alla scala 1:25000.

I paragrafi successivi riportano la descrizione delle varie fasi dello studio:

- quadro normativo e conoscitivo dell'area;
- analisi morfologica dei bacini idrografici di interesse per le interferenze individuate;
- analisi idrologica dell'area studio (si fa riferimento all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.06 – "Relazione idrologica"*);
- compatibilità idraulica degli interventi.

Nel seguito sono illustrate le opere che insistono sulle aste del reticolo idrografico e le modalità di ripristino della sicurezza idraulica. La Figura 1 riporta l'inquadramento delle opere su cartografia C.T.R. e in relazione al reticolo idrografico ed alle relative interferenze (si fa riferimento all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.08 – "Interferenze con reticolo idrografico da carte CTR, IGM e Ortofoto"*).



**Figura 1: Inquadramento delle opere su cartografia C.T.R. in relazione al reticolo idrografico e rispettive interferenze**

### 3 METODO DI ANALISI

Gli approfondimenti sull'assetto idrologico-idraulico delle aree in esame saranno svolti in riferimento alle opere elencate nel Capitolo iniziale, ricadenti all'interno del territorio di competenza dell'AdB (Autorità di Bacino) del Distretto idrografico della Sicilia.

L'area di progetto ricade interamente nel Bacino del fiume Belice. All'interno dell'area di studio è presente un denso reticolo idrografico: le opere di progetto sono interessate da numerosi affluenti del torrente Fosso della Patria, il quale confluisce nel torrente Vallone di Malvello. Quest'ultimo è il maggiore affluente di sinistra del fiume Belice Destro, uno dei tre principali affluenti del fiume Belice, da cui il bacino prende il suo nome. Gli altri due affluenti più importanti sono il Fiume Belice Sinistro, e il Torrente Senore.

Le aree interessate dalla pericolosità idraulica sono individuate dal P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) e sono rappresentate nella cartografia ufficiale del P.A.I. disponibile in formato .pdf e notificata alle Amministrazioni Comunali.

Il reticolo idrografico insistente sull'area di studio è stato identificato attraverso la cartografia C.T.R. alla scala 1:10000 (fornita dal SIT della regione) e la cartografia I.G.M. alla scala 1:25000.

Le fasi previste per la redazione del seguente studio idrologico-idraulico sono quelle previste dall'Allegato C delle Norme di Attuazione del P.A.I. e sono:

- Reperimento della cartografia di base (cartografia I.G.M. 1:25000, cartografia C.T.R. 1:10000 e carte tematiche delle diverse aree a dissesto allegata al P.A.I.);
- Identificazione delle interferenze tra le opere di progetto e il reticolo idrografico esistente;
- Individuazione e caratterizzazione dei bacini idrografici in riferimento ai punti ed alle aree in cui le opere di nuova realizzazione intersecano il reticolo idrografico;
- Determinazione e caratterizzazione degli eventi con tempo di ritorno pari a 200 anni mediante analisi pluviometrica e procedure di regionalizzazione secondo le direttive del progetto VAPI (Valutazione delle Piene in Italia) in merito alla regione Sicilia.

L'analisi delle interferenze non riguarderà i tratti di strada esistenti impiegati esclusivamente per il transito dei mezzi di trasporto dei componenti dell'impianto. Inoltre, sarà previsto il ripristino dello stato dei luoghi alle condizioni ex-ante ai trasporti avvenuti, senza apportare modifiche alle opere idrauliche esistenti.

## 4 LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

### 4.1 Inquadramento delle opere nei territori di competenza dell'A.d.B.

#### 4.1.1 Inquadramento rispetto al reticolo idrografico

Le opere di progetto ricadono interamente all'interno del territorio del comune di Monreale (PA): nello specifico, le aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico sono situate a Sud dei confini col comune di San Cipirello (PA); il tracciato del cavidotto a 36 kV interrato si sviluppa in direzione Nord-Est, mantenendosi sempre all'interno dei confini del comune di Monreale.

L'area di studio ricade interamente all'interno del bacino del Fiume Belice che è il più esteso della Sicilia Occidentale. Il Fiume Belice ha vita perenne ed uno sviluppo idrografico completo. Ad una cospicua zona sorgentizia, ubicata a Sud dei Monti di Palermo e a Sud-Ovest della Rocca Busambra, segue un tratto giovanile ripido, a forte pendenza, con alveo prevalentemente roccioso. Il tratto giovanile corrisponde in grosso modo con le aste fluviali dei Fiumi Belice Destro e Belice Sinistro. A valle della confluenza tra i due fiumi, il Fiume Belice si modella tra versanti argillosi e carbonatici ed attenua la sua pendenza fino ad assumere il carattere di un fiume con decorso lento che si snoda in ampi meandri. Esso sfocia nel Mar Mediterraneo presso il comune di Castelvetro (TP).

Le opere di progetto sono situate sulla destra idraulica del Torrente Fosso della Patria, il quale confluisce nel torrente Vallone di Malvello, a sua volta confluyente nel fiume Belice Destro che trae la propria origine nella zona settentrionale del bacino, nel circondario dei comuni di S. Cristina Gela (PA) e Piana degli Albanesi (PA), dalle falde della Moarda.

Il bacino del Fiume Belice Destro si estende per circa 263 km<sup>2</sup>, interessando il territorio delle province di Palermo e Trapani. Nella zona settentrionale del bacino, nella stretta tra i monti Kumena e Maganoce, è stata costruita una diga che forma l'invaso di Piana degli Albanesi. A valle del lago artificiale, il corso prosegue sotto il nome di Fiume Grande e, dopo aver ricevuto gli apporti di alcuni piccoli affluenti, prende il nome di Fiume Pietralunga. In questo tratto il fiume riceve il contributo di diversi affluenti, il più importante dei quali prende il nome di Fosso della Patria. Il fiume assume la denominazione definitiva di Belice Destro a valle della confluenza con il Vallone di Malvello, suo principale affluente di sinistra (e lungo circa 285 m).

In particolare, è possibile osservare il reticolo interessante le opere di progetto nell'elaborato *FV.MNR02.PD.A.08 – "Interferenze con reticolo idrografico da carte CTR, IGM e Ortofoto"*.

#### **4.1.2 Inquadramento rispetto al clima**

Il P.A.I. ha individuato le caratteristiche climatiche che contraddistinguono il bacino idrografico del fiume Belice, attraverso l'analisi dei dati registrati presso le stazioni termo-pluviometriche e pluviometriche situate all'interno del bacino, o nelle aree immediatamente circostanti.

La temperatura mostra un andamento piuttosto regolare. Il bacino presenta una vasta estensione territoriale, ragione per cui i dati medi relativi all'intero bacino sono puramente indicativi poiché le condizioni locali variano notevolmente a seconda della zona di bacino presa in considerazione. Per quanto riguarda le medie stagionali, esse hanno valori nella norma se si calcola l'escursione tra la temperatura media diurna e quella media notturna. Sono forti le differenze che si ricavano confrontando la temperatura massima diurna con quella minima notturna riferite al medesimo mese. Facendo riferimento al periodo compreso tra il 1965 e il 1994, nei mesi più caldi la temperatura media è pari a circa 25,7°C e si raggiungono massime superiori a 40°C; al contrario, nel mese più freddo la temperatura raggiunge valori minimi anche inferiori allo 0°. La temperatura media annua dell'intero territorio in esame è pari a 16,8 °C.

Per quanto riguarda la piovosità, riferendosi al periodo 1965-1994, il valore medio annuo è pari a circa 617,80 mm. Nell'anno più piovoso si sono registrati 948 mm di pioggia; al contrario, nell'anno meno piovoso, si sono registrati 200,8 mm di pioggia. In generale, i giorni più piovosi nell'arco di un intero anno ricadono nel semestre autunno-inverno e, in particolare, nell'intervallo temporale ottobre-febbraio. Le precipitazioni diventano di scarsa entità nel periodo compreso tra maggio e settembre. In definitiva, i caratteri pluviometrici delineano un clima di tipo temperato-mediterraneo, caratterizzato da precipitazioni concentrate nel periodo autunnale e invernale e quasi assenti nel periodo estivo. Ciò è coerente col clima della Sicilia che è per l'appunto mediterraneo, e cioè caratterizzato da estati calde o molto calde e inverni miti e piovosi.

#### **4.2 Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia**

##### **4.2.1 Compatibilità degli interventi rispetto al P.A.I.**

La regione Sicilia effettua la pianificazione di bacino mediante il Piano per l'Assetto Idrogeologico, strumento fondamentale della politica di assetto territoriale. Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) è stato redatto ai sensi dell'art.17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000.

Il P.A.I. ha tre funzioni principali:

- Funzione conoscitiva: consiste nello studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico e nella ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici, dei vincoli idrologici e dei vincoli paesaggistici;
- Funzione normativa e prescrittiva: il P.A.I. ha l'obiettivo di tutelare le acque e il territorio e di valutare la pericolosità e il rischio idrogeologico, col fine di stabilire vincoli di carattere sia straordinario che ordinario;
- Funzione programmatica: il P.A.I. stabilisce le possibili metodologie di intervento finalizzate alla mitigazione del rischio e valuta l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

L'Assessore per il Territorio e l'Ambiente ha emanato in data 7 marzo 2003 la "Circolare sulla redazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico", attraverso la quale ha stabilito i criteri necessari ad un'efficace corrispondenza di informazioni tra gli Enti Locali e l'Assessorato ai fini della redazione del Piano Stralcio. I Comuni, i consorzi A.S.I., le Province Regionali e gli Enti Parco sono stati invitati a segnalare le situazioni di pericolosità geomorfologica e idraulica presenti sul territorio.

Alla circolare sono state allegate le Linee Guida per la valutazione del rischio idrogeologico. La metodologia di valutazione del rischio si riferisce alla definizione riportata nell'Atto di indirizzo e coordinamento (D.P.C.M. '98) e si basa sull'uso delle rappresentazioni matriciali per la valutazione della magnitudo e la pericolosità di un evento. Combinando la pericolosità con la vulnerabilità degli elementi a rischio, si ottiene la valutazione del rischio secondo i 4 livelli stabiliti dal D.P.C.M.: moderato, medio, elevato e molto elevato.

Le opere di progetto non ricadono in aree caratterizzate da pericolosità idraulica di alcun livello. Col fine di valutare la compatibilità idraulica del progetto, sono state valutate le aree inondabili per un  $T_R$  pari a 200 anni.

#### **4.2.2 Compatibilità degli interventi rispetto le Norme di Attuazione**

Le Norme di Attuazione del P.A.I. sono state sostituite dal DP n. 09/ADB del 06/05/2021 e dal GURS n. 22 del 21/05/2021. Esse stabiliscono le procedure di aggiornamento e revisione del P.A.I. (Art. 6). Il P.A.I. è infatti uno strumento flessibile, che "può essere aggiornato su proposta di soggetti pubblici o privati a seguito di: a) indagini e studi di approfondimento; b) segnalazioni di nuovi dissesti idrogeologici; c) variazione delle condizioni di pericolosità, derivanti dalla realizzazione e/o completamento di interventi strutturali di mitigazione del rischio idrogeologico" (Art. 7).



Per quanto riguarda l'area di studio, essa non rientra in zone all'interno delle quali il P.A.I. abbia subito modifiche nel corso degli anni.

All'art. 9 il testo recita: *"La presente normativa interviene, con limiti e prescrizioni che individuano attività consentite e/o vietate in aree individuate a pericolosità dal P.A.I., fatte salve le valutazioni delle Amministrazioni competenti in materia di gestione del rischio"*. Inoltre, per le aree non perimetrate a pericolosità dal P.A.I. (come quella interessata da progetto) la normativa *"interviene con indicazioni metodologiche di carattere generale, ai fini della prevenzione dei fenomeni di dissesto idrogeologico e della tutela dei copri idrici, dei versanti e delle aree costiere"*.

L'art. 5 definisce la fascia fluviale come *"l'area legata alla dinamica di un corso d'acqua, area che pertanto comprende l'attuale alveo e le aree ad esso adiacenti che sono state o che possono essere interessate dalla sua dinamica laterale"*. Con l'articolo 14 le fasce fluviali vengono distinte in:

- Fascia fluviale A: area inondata a seguito di piene con tempo di ritorno di 50 anni;
- Fascia fluviale B: area inondata a seguito di piene con tempo di ritorno di 100 anni non compresa nella fascia A;
- Fascia fluviale C: area inondata a seguito di piene con tempo di ritorno di 300 anni non compresa nelle fasce A e B.

Le opere di progetto non ricadono in alcuna delle fasce fluviali sopraccitate.

Sempre l'art. 5 dà la definizione di sito di attenzione, il quale è un *"sito che necessita di studi e approfondimenti relativi alle condizioni geomorfologiche e/o idrauliche per la determinazione del relativo livello di pericolosità"*. L'art. 15 stabilisce che *"nei siti di attenzione l'attività edilizia e di trasformazione del territorio è disciplinata secondo quanto specificato per le aree a pericolosità più elevata"*. Gli interventi proposti in questo studio non ricadono in alcun sito d'attenzione.

Gli articoli 26 e 27 indicano cosa è possibile realizzare nelle aree a pericolosità idraulica molto elevata (P4), elevata (P3), media (P2) e moderata (P1). In particolare, l'articolo 27 stabilisce che *"nelle aree a pericolosità P2 e P1 oltre agli interventi di cui all'art. 26, è consentita (previa verifica di compatibilità) l'attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici, generali e attuativi, e di settore vigenti, correlati da un adeguato studio di compatibilità esteso ad un ambito significativo"*.

L'area interessata dal progetto non ricade nelle aree a pericolosità idraulica individuate dal P.A.I. Con questo studio, ci si vuole accertare che le opere di progetto siano compatibili con le indicazioni degli

strumenti urbanistici e territoriali vigenti e si vuole verificare la compatibilità idraulica dell'intervento, secondo le modalità indicate nell'Appendice C delle Norme di Attuazione del P.A.I.

### 4.3 Interferenze tra le opere di progetto ed il reticolo idrografico

Sono state riscontrate diverse interferenze tra le opere di progetto e alcune aste fluviali del reticolo idrografico di interesse, descritte nei paragrafi seguenti.

#### 4.3.1 Aree adibite all'istallazione del campo fotovoltaico

Le aree interessate dall'istallazione del campo fotovoltaico e le opere annesse interferiscono con un corso d'acqua del reticolo idrografico: il lotto è attraversato trasversalmente da un corso d'acqua, il quale confluisce in un affluente del Vallone di Malvello alla destra idraulica. La Tabella 1 riporta le caratteristiche geografiche principali dell'area adibita all'istallazione del campo fotovoltaico. La Tabella 2 riporta l'interferenza citata precedentemente.

*Tabella 1: Coordinate delle aree adibite all'istallazione del campo fotovoltaico in coordinate WGS 84 UTM fuso 33*

UTM WGS 84		Quota	Area
E [m]	N [m]	[m s.l.m.]	[km2]
342796	4195425	365	0,27

*Tabella 2: Interferenze tra le aree adibite all'istallazione del campo fotovoltaico e il reticolo idrografico esistente*

Interferenza	Tipologia d'alveo	Denominazione	Opera interferente	Area di tutela interessata
I.1	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Corso d'acqua privo di denominazione	Campo Fotovoltaico	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

Nel presente elaborato verranno descritte le modalità di gestione delle interferenze suddette.

#### 4.3.2 Viabilità a servizio del campo fotovoltaico

Si prevede una viabilità al servizio del campo fotovoltaico principalmente basata su tratti di strada esistenti e/o da adeguare, gli unici tratti di nuova realizzazione riguardano la viabilità interna al sito, i quali interferiscono con il reticolo idrografico negli stessi punti di interesse mostrati in Figura 1. Si suppone che la viabilità esistente sia già stata sottoposta ad indagini riguardanti la sicurezza idraulica, essendo stata

riscontrata la presenza di opportune opere di smaltimento delle acque durante lo svolgimento di sopralluoghi in sito.

### 4.3.3 Tracciato del cavidotto a 36 kV interrato per il collegamento del campo fotovoltaico alla stazione di trasformazione

Uno degli obiettivi principali durante la fase di progettazione del tracciato della linea elettrica è stato quello di minimizzare le intersezioni con il reticolo idrografico. Nonostante ciò, sono state riscontrate delle interferenze, riportate nella tabella seguente.

*Tabella 3: Interferenze tra il tracciato del cavidotto a 36 kV interrato e il reticolo idrografico esistente*

Interferenza	Tipologia d'alveo	Denominazione	Opera interferente	Area di tutela interessata
I.1	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Corso d'acqua privo di denominazione	Impianto fotovoltaico di progetto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.2	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente di Vallone di Malvello	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.3	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente del Vallone di Malvello	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.4	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Impluvio privo di denominazione	Cavidotto	-
I.5	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Impluvio privo di denominazione	Cavidotto	-
I.6	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Impluvio privo di denominazione	Cavidotto	-
I.7	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

I.8	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Impluvio privo di denominazione	Cavidotto	-
I.9	Corso d'acqua rinvenuto da carta I.G.M. 1:25000	Affluente di Fosso Arcivocale	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.10	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Impluvio privo di denominazione	Cavidotto	-
I.11	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Fosso Arcivocale	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia e tutelato ai sensi del D.Lgs. 42/2004 sulla Tutela dei Beni Paesaggistici
I.12	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente di Fosso Arcivocale	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.13	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente di Fosso di Palastagna	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.14	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente di Fosso di Palastagna	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.15	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.16	Corso d'acqua rinvenuto da carta I.G.M. 1:25000	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.17	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

I.18	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente di Vallone dell'Aquila	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.19	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Vallone dell'Aquila	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia e tutelato ai sensi del D.Lgs. 42/2004 sulla Tutela dei Beni Paesaggistici
I.20	Corso d'acqua rinvenuto da carta I.G.M. 1:25000	Affluente di Vallone dell'Aquila	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.21	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	-
I.22	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	-
I.23	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	-
I.24	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.25	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	-
I.26	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

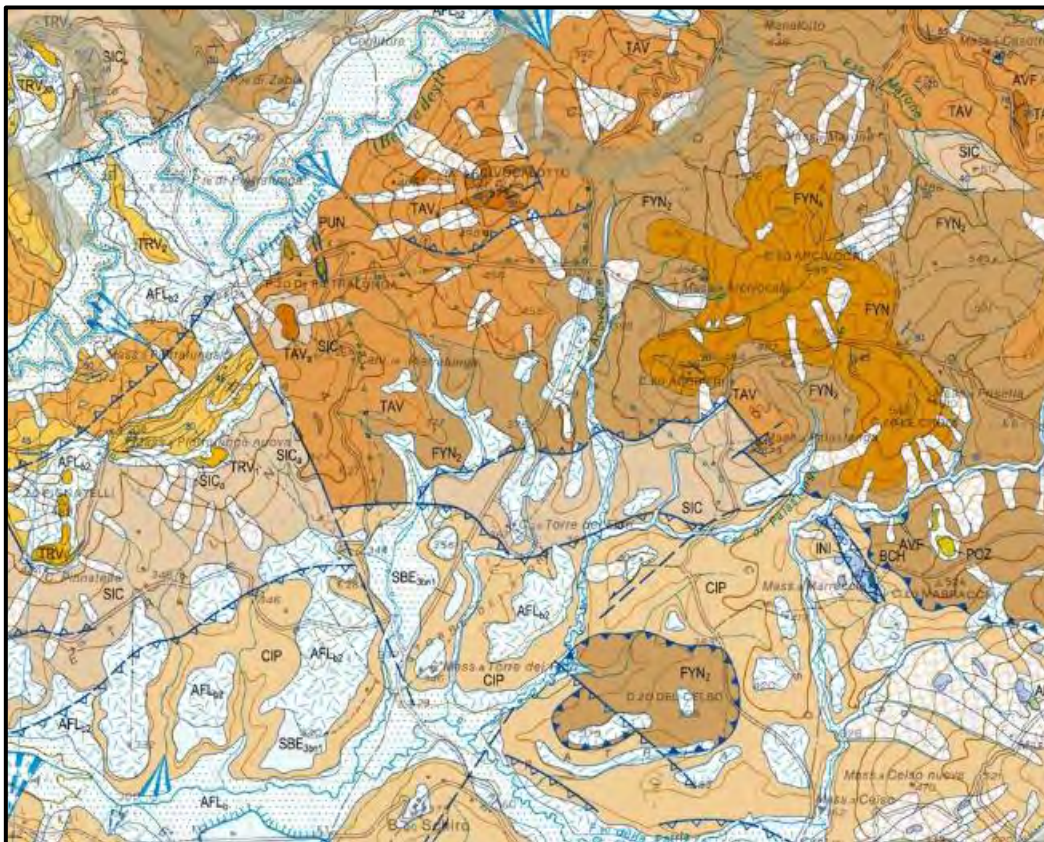
Non tutte le interferenze sopra citate sono state riscontrate durante i sopralluoghi in sito, le dovute considerazioni e le modalità di gestione delle suddette interferenze sono discusse nel seguito.

## 5 ANALISI MORFOLOGICA DEI BACINI IDROGRAFICI

### 5.1 Inquadramento geomorfologico

L'area interessata dall'impianto fotovoltaico, comprensiva sia delle opere areali che lineari, si inquadra in un settore appartenente all'edificio della catena Siculo-Maghrebide, formatasi a seguito del processo di collisione del blocco sardo-corso con il margine africano. Tale porzione di territorio è caratterizzata da successioni sedimentarie meso-cenozoiche appartenenti a diversi domini paleogeografici, impilati in una serie di falde tettoniche.

Nell'ambito del Progetto CARG, in Sicilia Occidentale sono state individuate e cartografate sette unità stratigrafico-strutturali (U.S.S.) per le successioni meso-cenozoiche affioranti e sepolte. In particolare, l'area oggetto di studio è situata a cavallo tra l'Unità S.S. Trapanese e le successioni deformate dell'Unità S.S. del Flysh Numidico, entrambe sigillate dai depositi miocenici di avanfossa. L'unità S.S. Trapanese-Saccenese rappresenta un dominio di sedimentazione carbonatica seguita da una fase di sedimentazione pelagica. L'unità S.S. del Flysh Numidico rappresenta un dominio di sedimentazione bacinale, sviluppatosi come copertura alle unità meso-cenozoiche Panormidi e Imeresi. Il dominio Numidico e Trapanese è stato interessato dalla tettonica appenninica a partire dalla fine dell'Oligocene. Essa è responsabile dell'attuale assetto geomorfologico e strutturale. Infatti, con la tettonica appenninica si è avuta la progressiva defomrazione dei domini paleogeografici pre-Miocenici e la contemporanea messa in posto delle unità torbiditiche-bacinali. Successivamente, le unità flyschoidi numidiche, scollate dal loro substrato oceanico, furono interessate da un notevole trasporto tettonico, accavallandosi sulle unità di piattaforma Trapanesi a seguito della fase collisionale Miocenica. A questa fase è associato un trend deformativo con pieghe orientate principalmente NNW-SSE e a vergenza SO, a cui si sovrappongono sistemi di pieghe della successiva fase deformativa ad orientazione principale E-W/NE-SSW. Quest'ultimi agiscono da piani di scollamento preferenziali per il trasporto tettonico della pila di sedimenti carbonatici e silicoclastici delle U.S.S presenti. A quest'ultima fase deformativa è associata la messa in posto delle unità terrigene sintettoniche, riferibili a bacini di *thrust-top*, anch'essi deformati. I depositi sintettonici di copertura alle U.S.S hanno un trend di messa in posto (NNW-SSE, E-W) correlabile alle strutture tettoniche compressive presenti nell'area. L'area di progetto si colloca in area cartografata e riportata nella Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Progetto CARG) e ricade nel Foglio N°162 – CORLEONE, riportato in Figura 2.


**SUCCESSIONE DELLA PIATTAFORMA CARBONATICA E CARBONATICO-PELAGICA TRAPANESE**
**MARNE DI SAN CIPIRELLO**


CIP

Argille, marne argillose e sabbiose grigio-azzurrognole con foraminiferi planctonici (biozone MMI 6, MMI 7, MMI B (pars) e a *Neogloboquadrina acostaensis*) e con nannofossili calcarei (biozone MNN 6a e MNN 7a e a *Minylitha corvallis*). Spessore massimo 180 m. Limite inferiore graduale su CCR, netto e discordante (onlap) su AMM, BCH, INI. Ambiente pelagico ed emipelagico.  
 SERRAVALLIANO - TORTONIANO INFERIORE

**FORMAZIONE CASTELLANA SICULA**

 SIC<sub>1</sub>

 SIC<sub>2</sub>

Argille giallo-rossastre e peliti sabbiose con rari foraminiferi planctonici (biozone a *Neogloboquadrina praetlantica* e a *Neogloboquadrina acostaensis*) e frequenti foraminiferi bentonici (*Ammonia inflata*, *Elphidium* spp.), con intercalazioni di arenarie e microconglomerati fangosostenuti generalmente sterili (SIC<sub>2</sub>). Spessori 20-250 m. Limite inferiore discordante ed erosivo su AVF, CIP, FYN, TAV, EPI ed RCM. Ambiente di piattaforma esterna e scarpata.  
 SERRAVALLIANO SUPERIORE - TORTONIANO INFERIORE

**SINTEMA DI CAPO PLAIA**

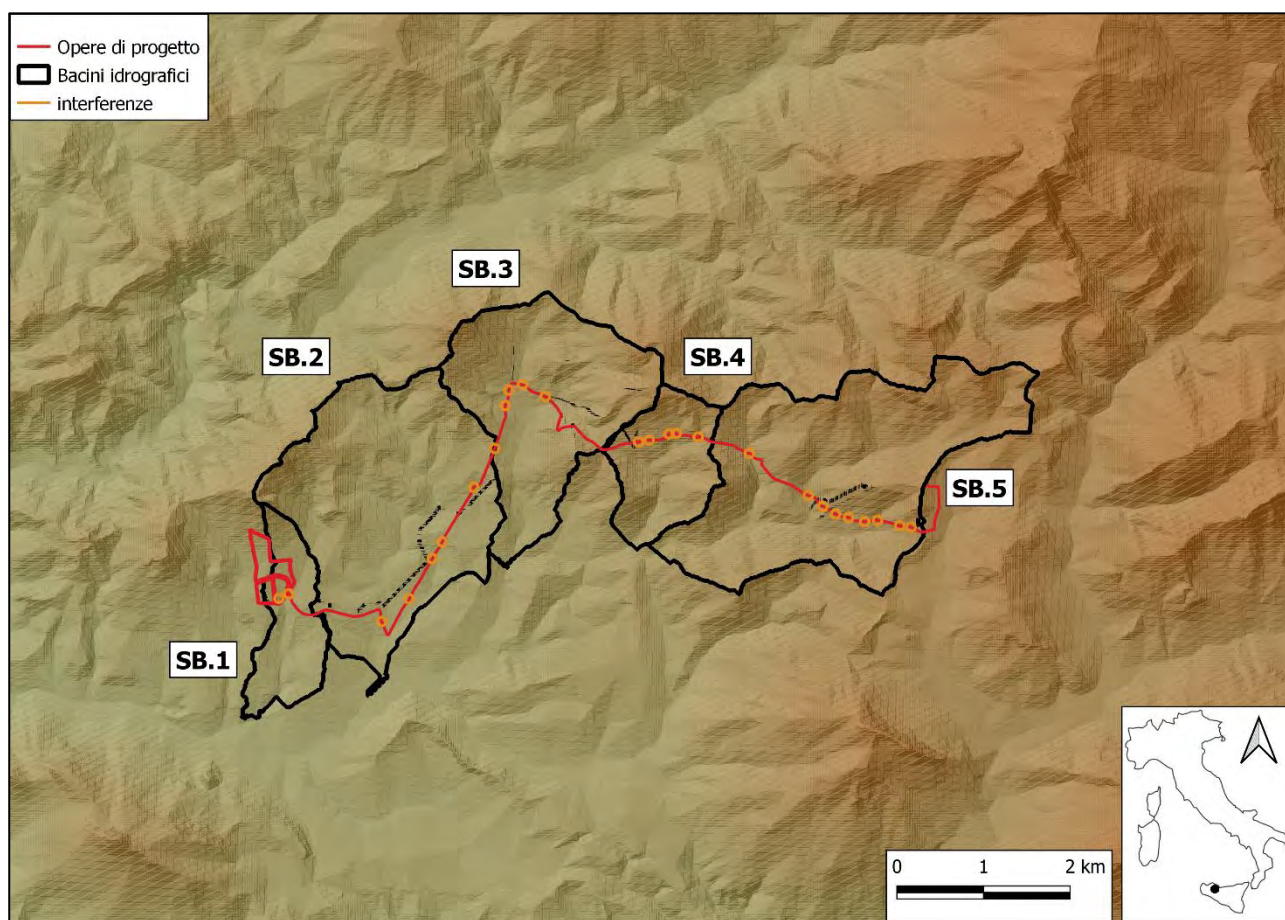

AFL

Depositi di frana (AFL<sub>a1</sub>), detriti di falda attuali ed accumuli di materiali eterometrici di spessore variabile (AFL<sub>a2</sub>), fluviali di fondovalle (AFL<sub>b</sub>), colluviali (AFL<sub>c</sub>), detriti (AFL<sub>d</sub>). Limite inferiore, una superficie di erosione post-glaciale incisa sui terreni più antichi; limite superiore, attuale superficie topografica marcata da suoli. E' databile all'intervallo temporale compreso tra la fine dell'espansione glaciale (15 ka) e l'attuale.  
 PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE

**Figura 2: Stralcio di Carta geologica 1:50000 Foglio 421 Ascoli Satriano, con legenda della stratigrafia**

## 5.2 Analisi morfologica dei bacini idrografici

Le interferenze delle opere di progetto con il reticolo idrografico esistente evidenziate nei capitoli precedenti ricadono interamente nel comune di Monreale (PA) e riguardano alcuni affluenti del torrente Fosso della Patria, il quale confluisce nel torrente Vallone di Malvello (affluente del Belice destro presso la sinistra idraulica) ed alcuni corsi d'acqua affluenti del Vallone stesso.



**Figura 3: Inquadramento dei bacini idrografici riguardanti le opere di progetto su modello digitale del terreno**

La Figura 3 riporta la rappresentazione dei bacini idrografici individuati, con sezione di chiusura a valle delle interferenze in esame, in riferimento al modello digitale del terreno 10m x 10m reperibile dal sito dell'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) attraverso progetto TINITALY.

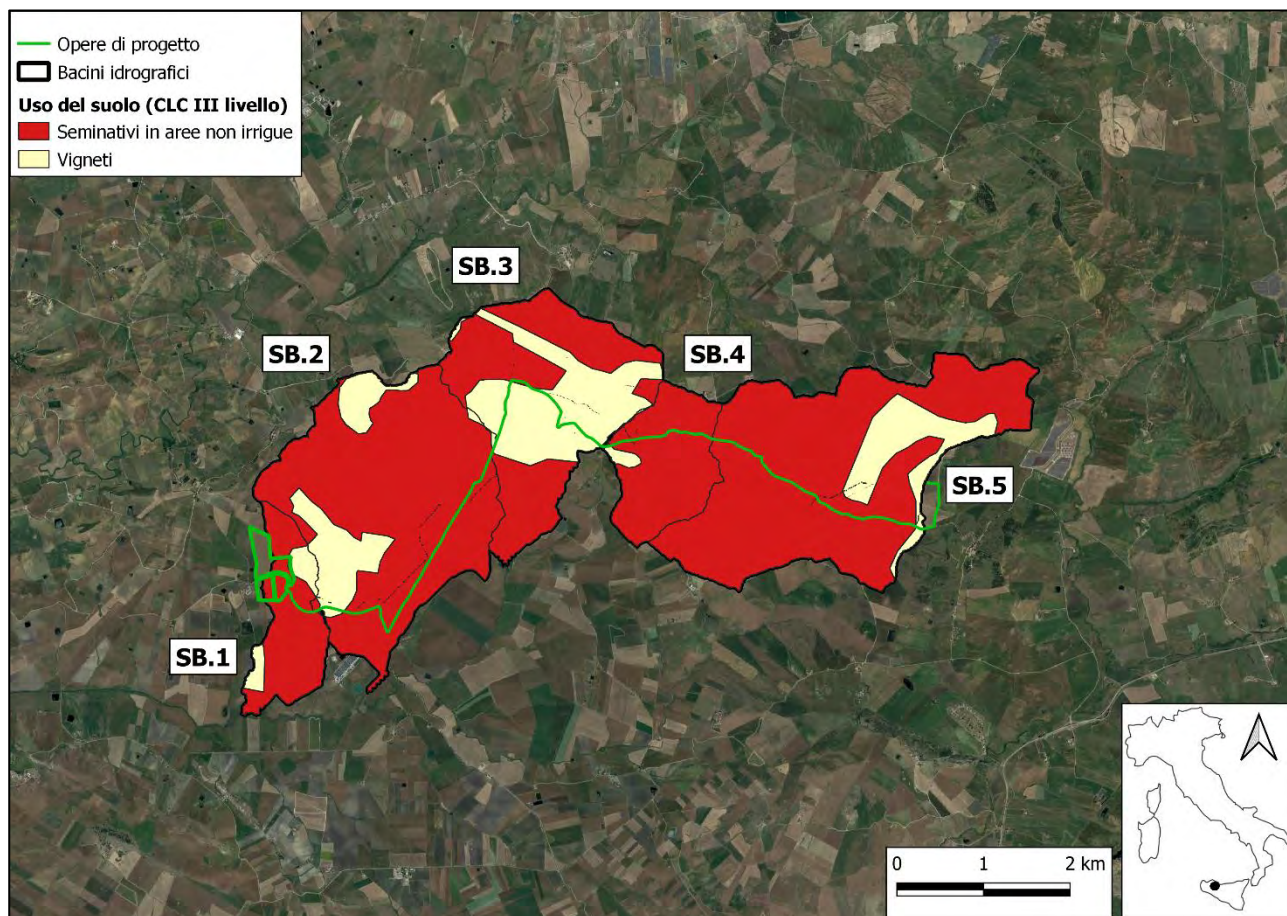
Una possibile schematizzazione del territorio prevede la determinazione dei sottobacini con sezione di chiusura in prossimità di ognuna delle interferenze delle opere di progetto con il reticolo idrografico, determinando così la portata transitante per le sezioni di interesse. Tale modellazione risulta poco efficiente per tre problemi sostanziali:



- I sottobacini individuati sono di modeste dimensioni, alcuni al di sotto di 1 km<sup>2</sup>, per cui le portate al colmo di piena o gli eventi di precipitazione valutati potrebbero sottostimare la reale entità delle sollecitazioni ricercate;
- Un'analisi dettagliata delle aree soggette ad inondazione è più realistica se si prende in considerazione una porzione di territorio più ampia rispetto ai singoli sottobacini, in modo da valutare nel complesso le interazioni tra il reticolo idrografico e le strutture presenti sul territorio, come strade, edifici ecc.;
- La valutazione della portata al colmo in prossimità delle intersezioni con il reticolo idrografico risulterebbe una "forzatura" dei valori ricercati durante la simulazione, quando in realtà è uno dei parametri su cui si vuole investigare.

A seguito di tali considerazioni si procede con la determinazione, attraverso il modello digitale del terreno a disposizione, dei bacini idrografici, i quali riportano il prefisso SB, riportati in Figura precedente, con sezione di chiusura presso la confluenza del corso d'acqua in esame in uno di maggiore entità, e comprendendo più interferenze al proprio interno.

Le aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico ricadono in una porzione di territorio molto poco acclive, con quote variabili da un massimo di 400 ad un minimo di 350 m s.l.m., un territorio con variazioni di pendenza non eccessivamente anguste. Per tale motivo si suppone che i deflussi generati in prossimità delle intersezioni delle opere di progetto con il reticolo idrografico, seppur relativi a eventi con tempo di ritorno di 200 anni, siano di modesta entità. Simili considerazioni possono essere condotte anche per il tracciato del cavidotto a 36 kV interrato.



**Figura 4: Inquadramento dei sotto-bacini idrografici riguardanti le opere di progetto sulla mappa dell'Uso del Suolo 2012 fino al Livello III secondo progetto Corine Land Cover**

La Figura 4 riporta la mappa dell'Uso del Suolo del 2012, redatta secondo progetto Corine Land Cover (CLC) fino al III Livello, reperibile dal Geoportale Nazionale; la totalità delle aree ricadente all'interno dei bacini idrografici di interesse è classificata come "Seminativi in aree non irrigue" e "Vigneti".

Le porzioni di territorio interessate da Insediamento, urbano, industriale o commerciale, non sono interessate dalle opere di progetto, sia per quanto riguarda le aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico che per il tracciato del cavidotto.

La tabella seguente riporta le caratteristiche principali dei sott-bacini di interesse.

Tabella 4: Caratteristiche principali dei bacini di interesse

ID	L [km]	A [km <sup>2</sup> ]	$p_{\text{media,bacino}}$ [%]	$t_c$	$q_{\text{max,bacino}}$ [m]	$q_{\text{min,bacino}}$ [m]	$p_{\text{media,asta}}$ [%]
SB.01	4.29	1.37	10.79	1.60	470	300.55	5.51
SB.02	8.68	6.04	10.66	2.76	500	320	2.34
SB.03	7.39	4.17	14.39	2.93	590	350.77	5.30
SB.04	3.92	1.68	43.17	1.05	590	400	10.90
SB.05	8.12	6.62	19.26	2.88	680	410	5.82

## 6 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI

### 6.1 Modellazione bidimensionale per la simulazione dell'onda di piena

Per le opere di progetto intersecanti il reticolo idrografico rinvenuto da cartografia C.T.R. 1:1000 e I.G.M. 1:25000 sono state eseguite le verifiche idrauliche attraverso la modellazione nel software gratuito HEC-RAS, sviluppato dall'H.E.C. (Hydrologic Engineering Center), sezione dell'United States Army Corps of Engineers. Il programma permette di modellare l'idraulica dei flussi d'acqua di fiumi naturali e non solo, attraverso l'integrazione delle equazioni complete di De Saint Venant sia in caso mono che bidimensionale. Il software è finalizzato allo studio della propagazione delle piene nei corsi d'acqua e alla determinazione delle aree soggette ad allagamento in caso di esondazioni in relazione ad eventi straordinari. La propagazione dell'onda di piena sia nell'alveo fluviale nelle aree limitrofe è studiata secondo l'equazione di Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot f^{1/2} \cdot R^{2/3} \cdot \Omega \quad (1)$$

Nella relazione (1)  $Q$  è la portata in  $m^3/s$ ,  $f$  è la pendenza del fondo,  $\Omega$  è la sezione del flusso in  $m^2$ ,  $R$  è il raggio idraulico in m, pari al rapporto tra la sezione del flusso e il perimetro bagnato,  $n$  in  $s/m^{1/3}$ , è la scabrezza di Manning.

Al fine della valutazione della persistenza delle condizioni di sicurezza idraulica è stata modellata la propagazione dell'onda di piena e di esondazione attraverso il software HEC-RAS su un dominio bidimensionale in condizioni di moto vario. Particolare peculiarità del programma è quella di gestire mesh strutturate adattandole a domini non strutturati, ciò permette di utilizzare una cella non estremamente ridotta, e quindi di non aumentarne il numero e di conseguenza i tempi di calcolo.

L'analisi idraulica nel software HEC-RAS è stata svolta utilizzando come base raster un modello digitale del terreno derivante dall'unione del relativo elaborato  $1m \times 1m$ , reperibile dal Geoportale Nazionale, a cura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (nuovo Ministero della Transizione Ecologica), e da un modello di risoluzione  $10m \times 10m$  reperibile dal sito dell'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) attraverso progetto TINITALY.

### 6.1.1 Modello geometrico

Nel presente elaborato, l'analisi di compatibilità idraulica è stata condotta sulla base di cinque domini bidimensionali, uno per ogni bacino riportato in Figura 3, i quali comprendono al loro interno diversi corsi d'acqua al di fuori del reticolo di interesse.

La scelta della divisione dell'area potenzialmente allagabile in cinque domini differenti è motivata dalla necessità dell'adozione di una cella elementare della mesh che li compone di dimensioni 2m × 2m e di un intervallo di calcolo di 5 secondi, ai fini della riuscita di un modello di calcolo adeguatamente accurato; la determinazione di un'unica area studio con tali caratteristiche computazionali porterebbe a tempi di calcolo decisamente più onerosi.

I domini individuati sono stati tracciati seguendo le linee spartiacque dei bacini di interesse, tutti ricadenti nel bacino idrografico del Vallone di Malvello con sezione di chiusura presso l'affluenza nel Valle di Malvello al fine di valutare eventuali esondazioni e/o sormonti di argini naturali, ampliando i perimetri onde evitare che l'acqua si attesti lungo i bordi dei domini costituendo una vasca di accumulo di sproporzionate dimensioni, caso improbabile in condizioni reali.

Ai fini della modellazione della propagazione dell'onda di piena sui domini in esame, è necessaria la determinazione dei coefficienti di Manning,  $n$ , per ogni area definita in geometria. Nel presente elaborato la divisione dell'area studio in base al coefficiente di Manning è stata condotta seguendo la mappa dell'Uso del Suolo del 2012 al III Livello, da progetto Corine Land Cover. Oltre alle categorie riportate nella classificazione dell'uso del suolo, si è proceduto con una classificazione del coefficiente di Manning per gli alvei dei corsi d'acqua intersecati dalle opere di progetto in relazione alle caratteristiche morfologiche dei canali (forma dell'alveo inciso, presenza di vegetazione, pendenze medie, ecc.) rilevate e maturate in seguito a sopralluoghi in sito.

*Tabella 5: Categorie di aree di dominio e relativi valori assegnati del coefficiente di Manning*

CATEGORIA	Coeff. di Manning, $n$ [ $s/m^{1/3}$ ]
AREE INDUSTRIALI O COMMERCIALI	0.03
SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	0.08
VIGNETI	0.06
SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	0.05
AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURE AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	0.1
AREE RICREATIVE E SPORTIVE	0.045

<b>AREE A VEGETAZIONE SCLEROFILA</b>	0.06
<b>ALVEO CON STRATO VEGETATIVO INCOLTO ALTO</b>	0.05
<b>ALVEO NON VEGETATO CON ANDAMENTO RETTILINEO</b>	0.033
<b>ALVEO CON STRATO VEGETATIVO INCOLTO BASSO</b>	0.03

La scelta dei valori del coefficiente di resistenza di Manning,  $n$ , è basata sulle tabelle riportate nel testo "Applied Hydrology" [Chow V.T., 1959], le quali riportano il valore di  $n$  al variare del tipo di superficie e del corso d'acqua. Variazioni del coefficiente di Manning sono state apportate iterativamente svolgendo diverse simulazioni attraverso software HEC-RAS, calibrando il modello geometrico secondo un range di valori plausibili attesi per il flusso d'acqua (circa  $1 \text{ m s}^{-1}$  per i flussi all'interno dei canali e  $0.1 \text{ m s}^{-1}$  per i flussi di versante).

Nei paragrafi successivi sono esplicitate i parametri caratterizzanti le simulazioni bidimensionali per ogni bacino del caso studio, le aree inondabili per eventi con tempo di ritorno pari a 200 anni e le modalità previste per la risoluzione delle interferenze tra le opere di progetto e il reticolo idrografico.

## **6.2 Metodi di risoluzione delle interferenze delle opere di progetto con il reticolo idrografico**

Le interferenze puntuali potranno essere risolte applicando le alternative progettuali di seguito esplicitate, tutte allo scopo di garantire il mantenimento delle condizioni idrauliche ante-operam.

- Scavo in trincea al di sotto del reticolo idrografico esistente;
- Staffaggio del cavidotto alla parete dell'attraversamento esistente;
- Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.).

Una delle alternative più utilizzate al fine di assicurare che la posa dei cavi interrati non alteri l'equilibrio dei materiali costituenti il fondo delle aree inondabili da eventi bicentenari di piena, è la tecnica T.O.C., prevista lungo i tratti di intersezione tra il reticolo idrografico e il tracciato del cavidotto. Tale tecnica si articola in tre fasi operative descritte di seguito.

- Realizzazione del foro pilota: l'apertura sarà di piccolo diametro ed è realizzata mediante l'utilizzo di una macchina perforatrice, la quale garantirà l'avanzamento di un utensile fresante (utensile fondo foro) all'interno del terreno attraverso la trasmissione del movimento rotatorio ad una batteria di aste di acciaio alla cui testa è montato l'utensile fondo foro. È previsto un sistema di

localizzazione per il monitoraggio della costante posizione dell'utensile. La fase in esame termina quando l'utensile fondo foro fuoriesce dal terreno;

- trivellazione per l'allargamento del foro fino alle dimensioni richieste: completato il foro pilota si procede con il montaggio dell'utensile per l'allargamento del foro in testa alla batteria di aste di acciaio. Il sistema è tirato verso l'impianto di trivellazione (entry point), durante il tragitto di rientro l'alesatore allarga il foro pilota;
- tiro della tubazione o del cavo del foro: terminata la fase di alesatura, in corrispondenza dell'exit point è montato, in testa alle condotte da posare già giuntate tra loro, l'utensile per la fase di tiro-posa, a sua volta collegato all'alesatore, il quale ha lo scopo di evitare che durante la fase di tiro il movimento rotatorio applicato al sistema della macchina perforatrice non venga trasmesso alle tubazioni. La posa della condotta può considerarsi terminata quando si raggiunge il punto d'entrata.

L'attraversamento delle aree allagabili relative ad eventi di piena con tempi di ritorno di 200 anni avverrà al di sotto del reticolo idrografico, in modo da garantire che i punti di infissione siano posizionati esternamente alle aree toccate dall'acqua. La Figura 5 riporta la schematizzazione generica della tecnica T.O.C. così come descritta in precedenza (si rimanda all'elaborato FV.MNR02.PD.G.02- "Risoluzione tipologica delle interferenze").

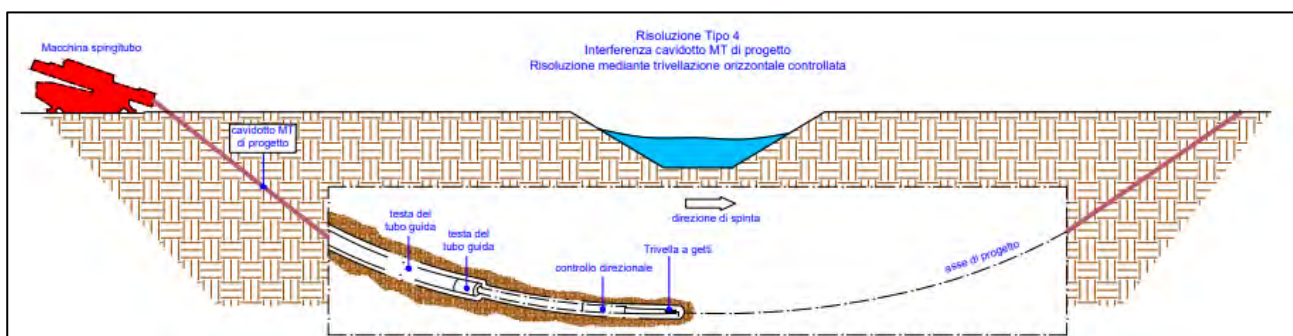


Figura 5 : Schema tipologico della Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.)

Nel caso in cui le aree inondate da eventi di piena relativi a tempi di ritorno di 200 anni siano di modesta estensione o del tutto assenti, l'interferenza può essere risolta tramite staffaggio, ovvero mediante posa del cavidotto in una canalina passacavi staffata ad un attraversamento esistente, con successiva reimmissione della tubazione all'interno del corpo stradale a monte o a valle dell'attraversamento. La Figura 6 riporta la risoluzione tipologica delle prime due modalità di attraversamento citate in precedenza.

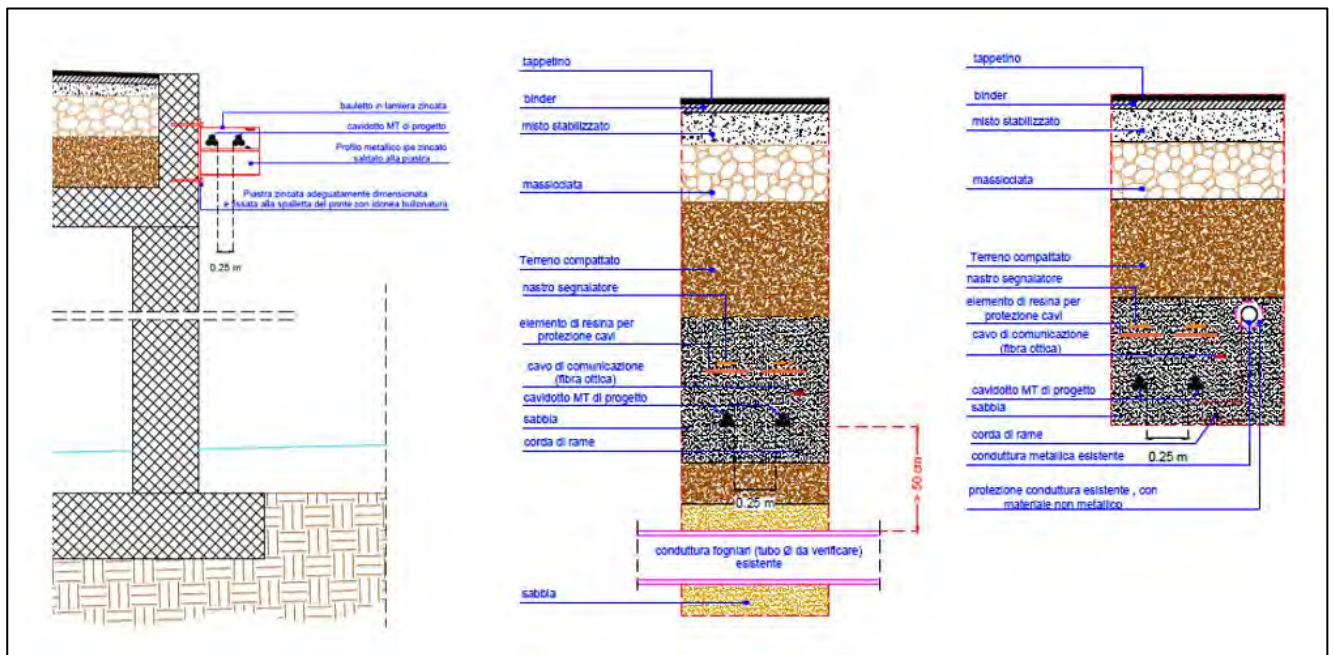


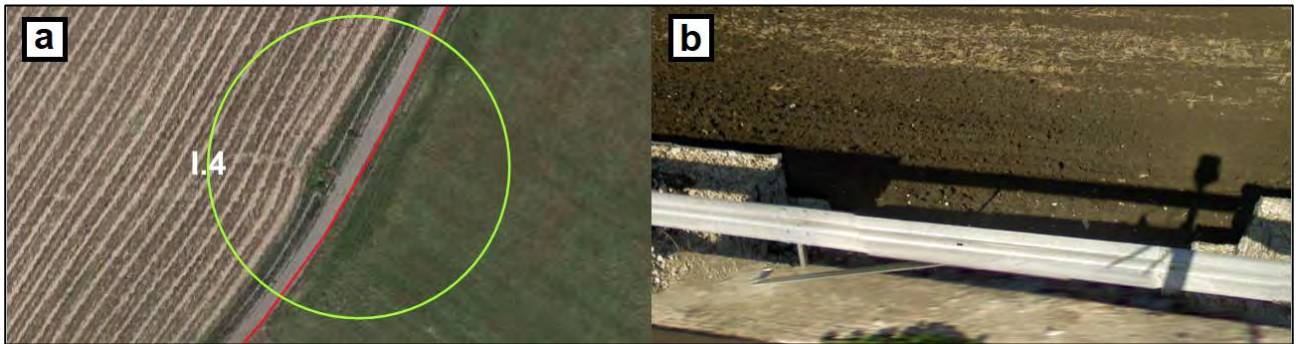
Figura 6: Risoluzione tipologica degli attraversamenti mediante staffaggio e scavo in trincea

### 6.3 Descrizione delle interferenze e verifiche idrauliche

Le considerazioni e le verifiche idrauliche sono state eseguite per le intersezioni ritenute critiche delle opere di progetto con le aste del reticolo idrografico in esame, in relazione ai massimi tiranti idrici dalle simulazioni in HEC-RAS. Come descritto nei capitoli precedenti, l'individuazione delle interferenze delle opere di progetto con il reticolo idrografico è stata condotta in base ai corsi d'acqua presenti sulla cartografia C.T.R. 1:1000 e I.G.M. 1:25000. Tuttavia, per quanto riguarda il tracciato del cavidotto interrato, sono state riscontrate alcune interferenze sia da ortofoto che da sopralluoghi in sito: I.04 (Figura 7), I.05 (Figura 8), I.06 (Figura 9), I.8 (Figura 10), I.10 (Figura 10), I.21 (Figura 11), I.22 (Figura 11), I.23 (Figura 12) e I.25 (Figura 13).

I manufatti riportati nelle Figure sono elementi necessari ai fini del convogliamento e dello smaltimento delle acque meteoriche, inerenti alle sedi stradali esistenti. Pertanto, si ritiene che per tali aree siano di per sé verificate le condizioni di sicurezza idraulica e, di conseguenza, che la posa del cavidotto interrato non ne alteri le funzionalità. In conclusione, non si è ritenuto necessario l'analisi della compatibilità idraulica delle opere di progetto con suddette interferenze.

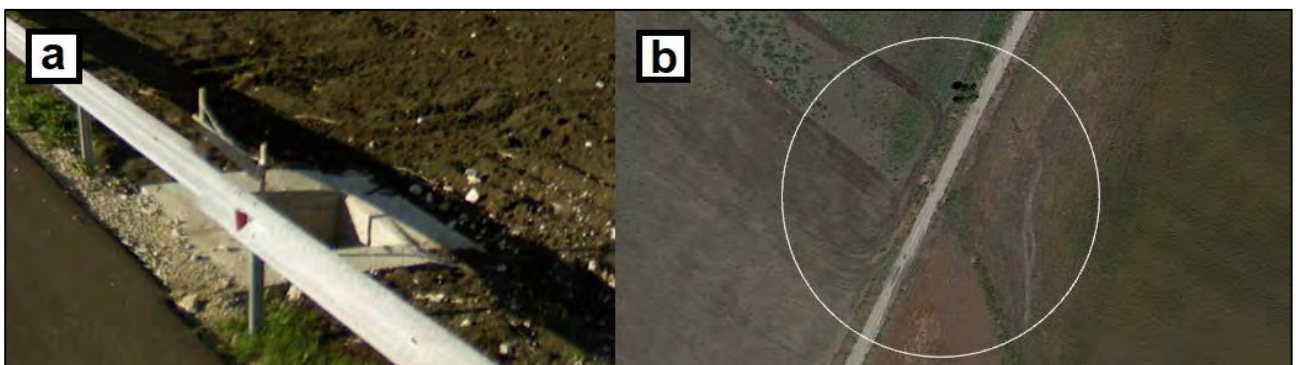




*Figura 7: a) Interferenza I.4 rilevata da ortofoto; b) Foto dell'interferenza I.4 ottenuta da sopraluogo*



*Figura 8: interferenza I.5 rilevata da ortofoto*



*Figura 9: a) Foto dell'interferenza I.6 ottenuta da sopraluogo; b) Interferenza I.6 rilevata da ortofoto*

CODICE	FV.MNR02.PD.A.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	04/22
PAGINA	33 di 70



Figura 10: Figura 11: a) Interferenza I.8 rilevata da ortofoto; b) Interferenza I.10 rilevata da ortofoto



Figura 11: Interferenze I.21 e I.22 rilevate da ortofoto



*Figura 12: Interferenza I.23 rilevata da ortofoto*



*Figura 13: Interferenza I.25 rilevata da ortofoto*

Di seguito sono riportate, per ogni interferenza citata nei capitoli precedenti, la descrizione dell'intersezione, l'interazione con la simulazione della propagazione dell'onda di piena e i metodi di risoluzione dei problemi sorti.

### 6.3.1 Interferenze delle aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico con il reticolo idrografico: interferenze I.1 e I.2

L'interferenza I.1, Figura 14, è l'unica intersezione riscontrata sulle aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico e riguarda un'asta fluviale di modeste dimensioni rilevata da C.T.R. 1:10000, inerente al reticolo relativo ad un affluente del Vallone di Malvello presso la destra idraulica.

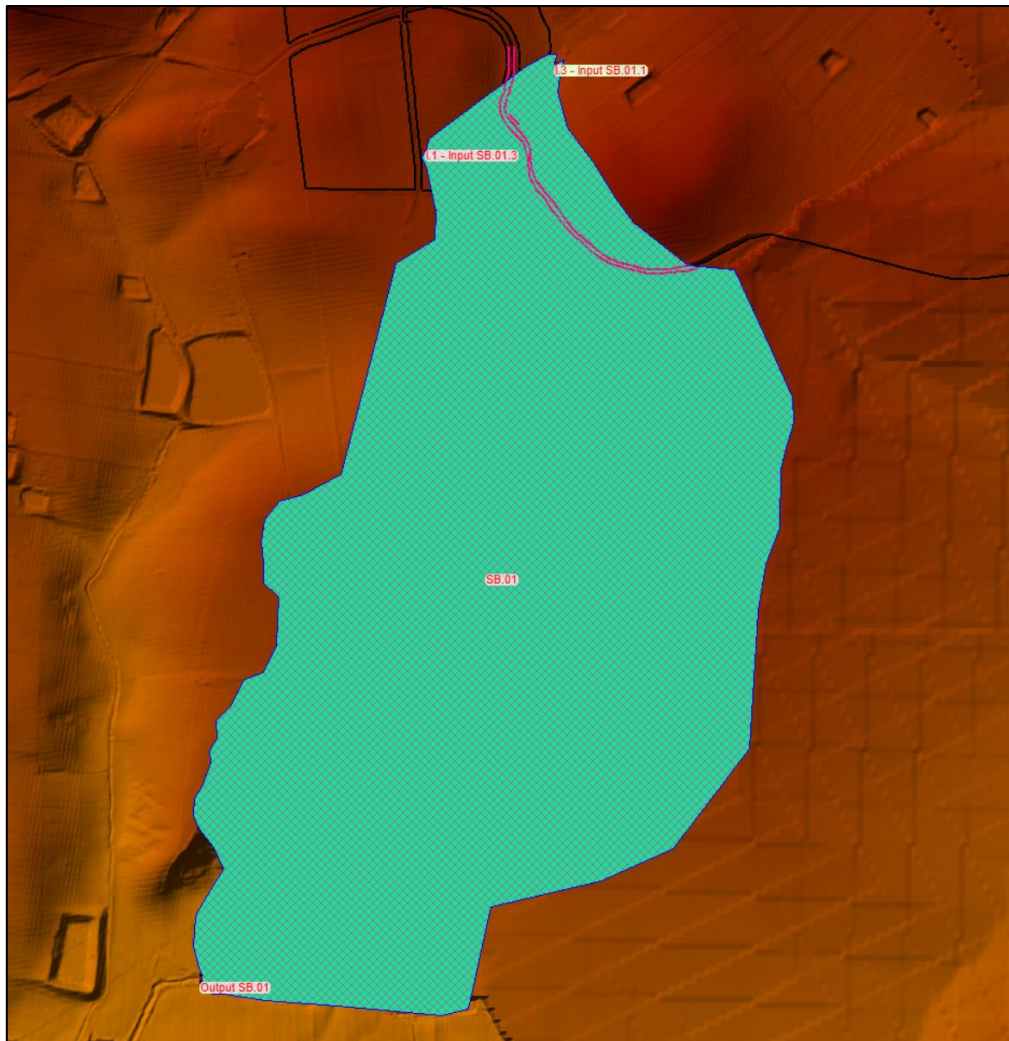


Figura 14. a) Interferenza I.1 in riferimento al reticolo idrografico individuato da cartografia C.T.R. 1:1000; b) Interferenza I.2 da ortofoto

Da sopralluogo in sito, si ritiene che tale asta fluviale non costituisca un rischio idraulico per le opere di progetto, avendo per lo più caratteristiche di impluvio leggermente marcato piuttosto che proprie di un alveo inciso. Da analisi idrologica (si rimanda all'elaborato FV.MNR02.PD.A.06 – “Relazione Idrologica”) sono state stimate, per precipitazione relativa a valore bi-centenario del tempo di ritorno e di durata pari al tempo di corrivazione, una portata di picco di circa  $0.8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e un volume di deflusso diretto di  $1700 \text{ m}^3$ ; tali dati avvalorano ancora di più l'ipotesi della quasi totale assenza di pericolosità idraulica. Tuttavia, il nodo tra l'asta in esame e il corpo idrico maggiore è in prossimità del perimetro delle aree del caso studio: non sono da escludere a priori fenomeni di rigurgito, seppur di modesta entità, i quali possono interessare le zone di interesse.

A valle di tali considerazioni, è stata effettuata una simulazione bidimensionale attraverso HEC-RAS, basata su una geometria avente caratteristiche computazionali descritte nel 6.1.1, e di estensione simile al bacino SB.01, riportato in Figura 3. La geometria in esame è caratterizzata da due condizioni al contorno in entrata, costituite dagli idrogrammi in uscita dai sotto-bacini SB.01.1 e SB.01.3 in riferimento all'evento straordinario per tempo di ritorno pari a 200 anni (si rimanda all'elaborato FV.MNR02.PD.A.06 – “Relazione

*Idrologica*”) e da una condizione in uscita rappresentata dalla pendenza media dell’asta principale del bacino di riferimento (Tabella 4). La Figura seguente riporta la geometria adoperata per la simulazione inerente al bacino SB.01 dal programma HEC-RAS.



**Figura 15: Modello geometrico in riferimento alla simulazione bidimensionale del bacino SB.01**

In seguito alla simulazione bidimensionale durata 12 ore, non sono stati riscontrati fenomeni di rigurgito in prossimità del nodo di interesse. Tuttavia, l’asta inerente all’interferenza I.1 comporta un’area limitrofa di allagamento, seppur con tiranti idrici al di sotto dei 30 cm (si raggiungono livelli di 50 cm solo all’interno dello stesso impluvio); le aree inondabili sono riportate in . Per tale ragione, in misura cautelativa, si prevede una fascia di rispetto di 10 metri dall’impluvio in esame, incrementata di un’ulteriore distanza della recinzione perimetrale dai tracker.



**Figura 16: Interferenze I.1 e I.2 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a  $T_r = 200$  anni su base Google Satellite**

L'interferenza I.2 riguarda l'intersezione del cavidotto interrato con il corso d'acqua in cui confluisce l'asta trattata precedentemente, e costituisce a sua volta un affluente del Vallone di Malvello. L'interferenza I.2 avviene su un manufatto in muratura, la Figura 17 ne riporta le diverse viste, di modeste dimensioni. Il corso d'acqua in esame presenta una discreta presenza di vegetazione, ciò porta all'ipotesi di un regime tipicamente torrentizio.

Attraverso la simulazione della propagazione dell'onda di piena, si evince come nel corso d'acqua, caratterizzato elementi tipici di un alveo inciso in terra seppur di modeste dimensioni, si evince come anche nella sede ordinaria del corso d'acqua non si registrano tiranti idrici di rilevante entità, sempre al di sotto del metro (minori di 80 cm in prossimità dell'interferenza I.2). Le aree in un buffer di circa 10 metri sono soggette ad esondazione, con livelli idrici minori di 20 cm. Nonostante lo scenario descritto, l'acqua non influisce sul perimetro orientale delle aree di interesse.



*Figura 17: Interferenza I.2 e relativo manufatto rilevato da sopralluogo in sito*

Visti i tiranti idrici registrati in prossimità del manufatto e verificata la non sussistenza del sormonto di esso, la risoluzione dell'interferenza in esame può essere condotta mediante staffaggio. Tuttavia, dato il modesto spessore della soletta dell'attraversamento, si ritiene opportuno procedere con uno scavo in trincea su sede stradale, se necessario con diminuzione dell'altezza di scavo e utilizzo di un bauletto protettivo in sezione di scavo. Ipotesi alternativa consiste in uno scavo in trincea al di sotto del fondo alveo del reticolo idrografico esistente, presso la sezione di valle dell'attraversamento, realizzato ad almeno 2 m di profondità dal letto del corso d'acqua, onde evitare eventuali fenomeni di erosione. Nel caso citato è necessario ripristinare lo stato dei luoghi ante-operam allo scopo di non alterare il regime idrologico-idraulico del vallone esistente.

La scelta di modalità di attraversamento consona al caso in esame potrà essere calibrata anche sulla base delle indicazioni dell'ente autorizzante.

#### **6.3.1.1 Valutazione del coefficiente di deflusso ante- operam e post-operam**

Per quanto riguarda le opere prevalentemente permeabili, è stato valutato l'impatto dell'installazione delle strutture tracker, attraverso un confronto tra il coefficiente di deflusso  $\varphi$  ante e post-operam. Le strutture sono configurate attraverso un sistema di inseguimento attivo, non è prevista quindi configurazione fissa; l'interasse tra le file è di 9.8 m, mentre l'altezza in mezzzeria rispetto al piano campagna è di 2.48 m (si

rimanda all'elaborato *FV.MNR02.PD.F.01*– “*Particolari costruttivi tracker e pannelli FV: pianta, prospetti e sezione*”).

È opportuno considerare che, anche durante eventi intensi riferiti a elevati tempi di ritorno, la capacità di infiltrazione e le caratteristiche di permeabilità del terreno ricadente nell'area in esame non varino sensibilmente a seguito dell'installazione dei tracker. Inoltre, le opere di progetto riguardano un impianto agro-fotovoltaico, per cui le superfici impermeabilizzate riguarderanno esclusivamente le platee di appoggio delle cabine elettriche, aventi comunque un'area trascurabile rispetto all'estensione totale. La viabilità di progetto, interna all'impianto agro-fotovoltaico, è caratterizzata da un impatto al suolo fortemente ridotto grazie alla scelta di tecniche ampiamente diffuse in situ e all'utilizzo di metodologie “a secco”, le quali prevedono il ricorso a materiale inerte a diversa granulometria da posare su sottofondo di terreno compattato e stabilizzato. Tale tipo di approccio consente di eliminare completamente la rete di canalizzazioni superficiali.

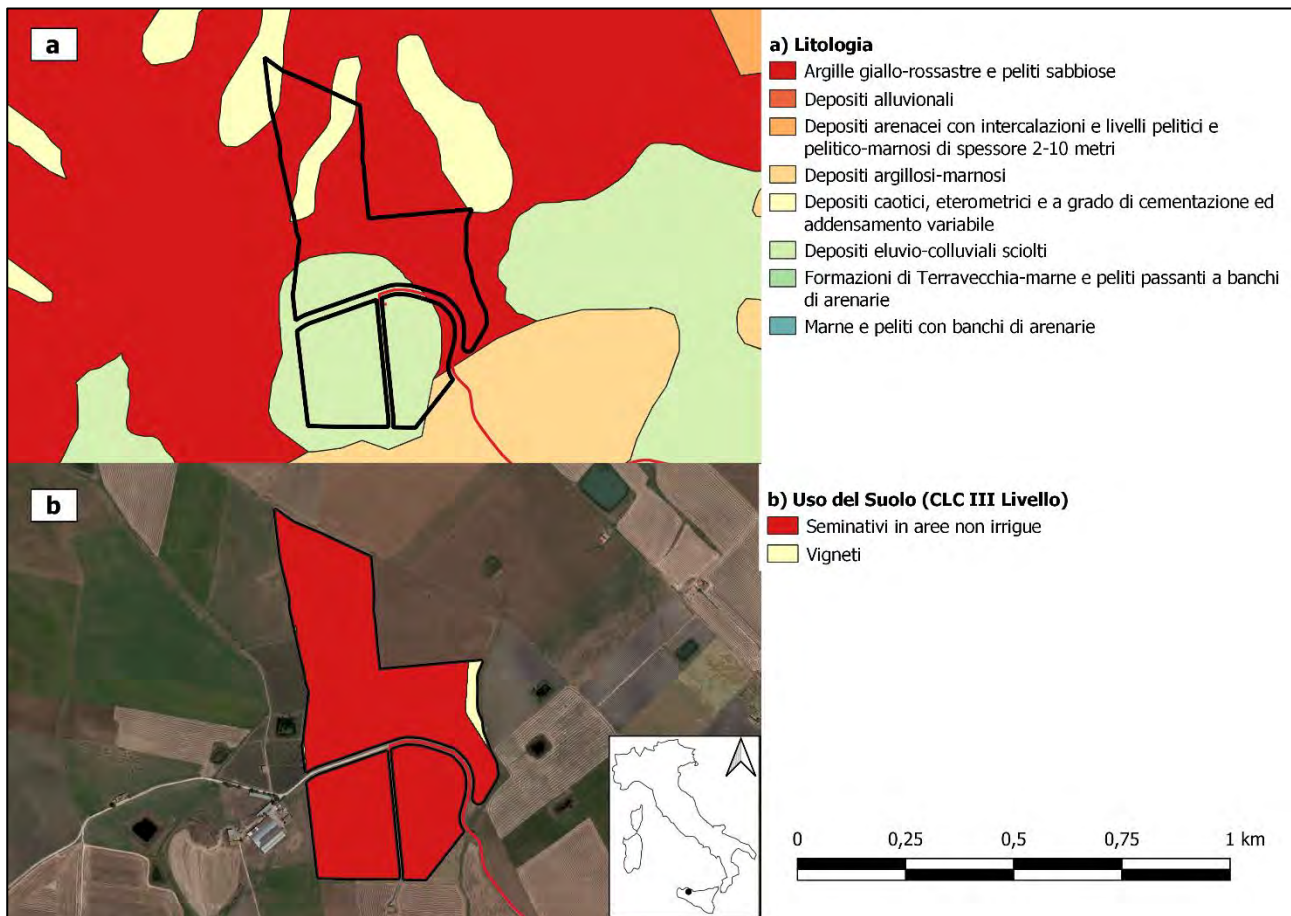
Tuttavia, in maniera cautelativa, si ipotizza una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, per cui è stata valutata l'incidenza areale e gli impatti in termini di caratteristiche di permeabilità del terreno di eventuali acque di ruscellamento nelle aree riguardanti le opere di progetto.

Volendo valutare il coefficiente di deflusso  $\varphi$  per le sole aree adibite all'istallazione del campo fotovoltaico, si procede con il metodo CN (si rimanda all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.06* – “*Relazione Idrologica*”) focalizzato alle sole aree di interesse, riportato in Figura 18, i cui dettagli sono riportati nella seguente tabella.

**Tabella 6: Parametro CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento alle aree adibite all'istallazione del campo fotovoltaico**

Categorie del suolo	Tipo di Suolo	CN	Area [%]
Seminativi in aree non irrigue	D	81	43.81
Vigneti	D	83	1.80
Seminativi in aree non irrigue	A	62	7.72
Vigneti	A	45	0.01
Seminativi in aree non irrigue	B	71	46.57
Vigneti	B	66	0.09





**Figura 18: a) Layout delle aree di progetto in riferimento alla mappa geolitologica 1:25000; b) Layout delle aree di progetto in riferimento alla mappa dell'uso del suolo (CLC III Livello)**

Come nei casi precedenti, la valutazione del parametro  $CN$  è stata condotta secondo una media pesata sull'area, ottenendo un valore pari a 75. Pertanto, si assume, per le sole aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico, un valore del coefficiente di deflusso  $\phi$  pari a 0.33.

Al fine della valutazione della porzione di suolo coperta, è stato preso in considerazione uno studio precedente [Cook et al., 2013] basato su un modello concettuale di impatto secondo cui l'area in esame è suddivisa in zone adibite all'installazione dei pannelli e zone di interfila. Si suppone, ragionevolmente, che l'area di interfila non presenti una capacità di infiltrazione influenzata dall'installazione dei tracker; d'altra parte, secondo gli studi presi in considerazione, si considera l'area interessata dalle strutture composta al 50 % da una sezione "Wet" con capacità di infiltrazione non influenzata e collegata alla precedente area di interfila, e una sezione "Dry" assunta, a vantaggio di sicurezza, non interessata dal fenomeno di infiltrazione diretta e con coefficiente di deflusso unitario.

Essendo i pannelli regolati da un sistema ad inseguimento attivo, il tilt varia durante le fasi della giornata, di conseguenza la proiezione dei tracker a terra non è fissa. Tuttavia, a vantaggio di sicurezza, si suppone che l'evento relativo al tempo di ritorno pari a 200 anni colpisca l'area in esame quando i pannelli sono in condizione di riposo, ovvero tilt della struttura pari a 0, e di conseguenza con area "Dry" pari al 50 % dell'area utile dei pannelli montati su tracker. La tabella seguente riporta i valori delle variabili appena descritte.

**Tabella 7: Parametri per la valutazione del coefficiente di deflusso delle aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico post-operam**

<b>superficie totale [ha]</b>	26,69
<b>proiezione a terra dei tracker in posizione di riposo [ha]</b>	8,5
<b>rapporto di copertura [%]</b>	31.85
<b>percentuale di area "dry" con coefficiente di deflusso pari ad 1 [%]</b>	15.92
<b>coefficiente di deflusso ante-operam stimato</b>	0.33
<b>coefficiente di deflusso post-operam stimato</b>	0.43

Si ricorda che le perdite idrologiche per infiltrazione sono state schematizzate come costanti attraverso il metodo CN (si rimanda all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.06 – "Relazione Idrologica"*), per cui risulterebbe più immediato ragionare sul parametro CN stimato: il nuovo valore, in riferimento alle condizioni post-operam, è pari a 79, differente di soli 4 punti da quello precedente.

### **6.3.1.2 Considerazioni e conclusioni**

Nel precedente procedimento atto alla stima del coefficiente di deflusso in condizioni post-operam delle aree di interesse adibite all'installazione delle opere di progetto, la percentuale di area "dry" è stata assunta come totalmente impermeabilizzata ( $\phi$  pari ad 1), nonostante l'installazione dell'impianto in ambito agro-fotovoltaico non preveda un trattamento di impermeabilizzazione del suolo al di sotto dei pannelli. Di conseguenza, non è corretto assegnare all'area interessata dalla proiezione a terra dei tracker in posizione di riposo un valore unitario del coefficiente, essendo un'area coperta, ovvero non interessata direttamente dal volume di precipitazione, ma non impermeabile. Tuttavia, si ritiene che la procedura illustrata precedentemente stimi adeguatamente in maniera approssimativa la variazione del coefficiente di deflusso delle aree interessate, ponendosi in una condizione di vantaggio di sicurezza.

Si ritiene che la variazione riscontrata del coefficiente di deflusso non comporti un incremento significativo delle portate al colmo di piena e dei volumi d'acqua costituenti il deflusso diretto. In conclusione, dal punto

di vista dei deflussi inerenti alle aste fluviali intersecanti le aree di progetto, le modifiche apportate al territorio non conducono a incidenti variazioni dei deflussi superficiale delle acque.

### 6.3.2 Interferenze del cavidotto interrato con il reticolo idrografico: interferenze I.3 e I.7



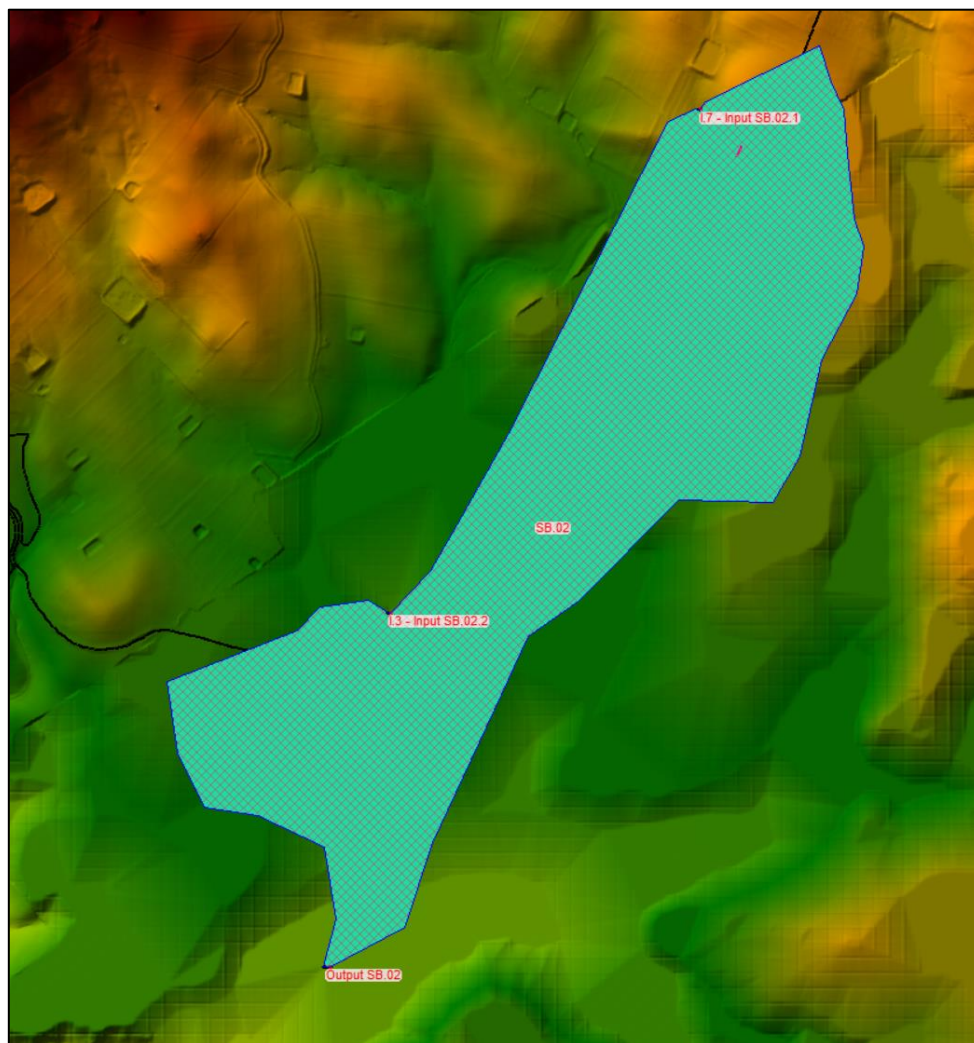
**Figura 19: Interferenza I.3 in riferimento alla cartografia C.T.R. 1:10000**

L'interferenza I.3, ricadente all'interno del bacino SB.02, è la prima riguardante il tracciato del cavidotto interrato e interessa un'asta fluviale affluente del Vallone di Malvello dalla destra idraulica. Da sopralluogo in sito, le cui foto sono riportate in Figura 20, si evince che probabilmente il corso d'acqua in esame sia caratterizzato da un regime tipicamente torrentizio, con chiari segni di ruscellamento all'interno dell'alveo. Le aree golenali del fiume sono quasi del tutto rivestite da un uniforme strato di vegetazione, comportando quindi un livello di piena ordinaria del tutto contenuto all'interno dell'alveo inciso. Tuttavia, sono si osservano profili netti degli argini naturali, sintomo di fenomeni di erosione di sponda accentuati dalla combinazione dell'elevata suscettibilità all'alterazione dei terreni affioranti e dall'azione del flusso d'acqua all'interno del canale.



**Figura 20: Vista dell'asta fluviale riguardante l'interferenza I.3 verso monte (a) e verso valle (b)**

A valle di tali considerazioni, è stata effettuata una simulazione bidimensionale attraverso HEC-RAS, basata su una geometria avente caratteristiche computazionali descritte nel 6.1.1, e di estensione simile al bacino SB.02, riportato in Figura 3. La geometria in esame è caratterizzata da due condizioni al contorno in entrata, costituite dagli idrogrammi in uscita dai sotto-bacini SB.02.2 e quello risultante dai bacini SB.02.1 e SB.02.2, in riferimento all'evento straordinario per tempo di ritorno pari a 200 anni (si rimanda all'elaborato FV.MNR02.PD.A.06 – "Relazione Idrologica") e da una condizione in uscita rappresentata dalla pendenza media dell'asta principale del bacino di riferimento (Tabella 4). La Figura seguente riporta la geometria adoperata per la simulazione inerente al bacino SB.02 dal programma HEC-RAS, con durata di 12 ore.

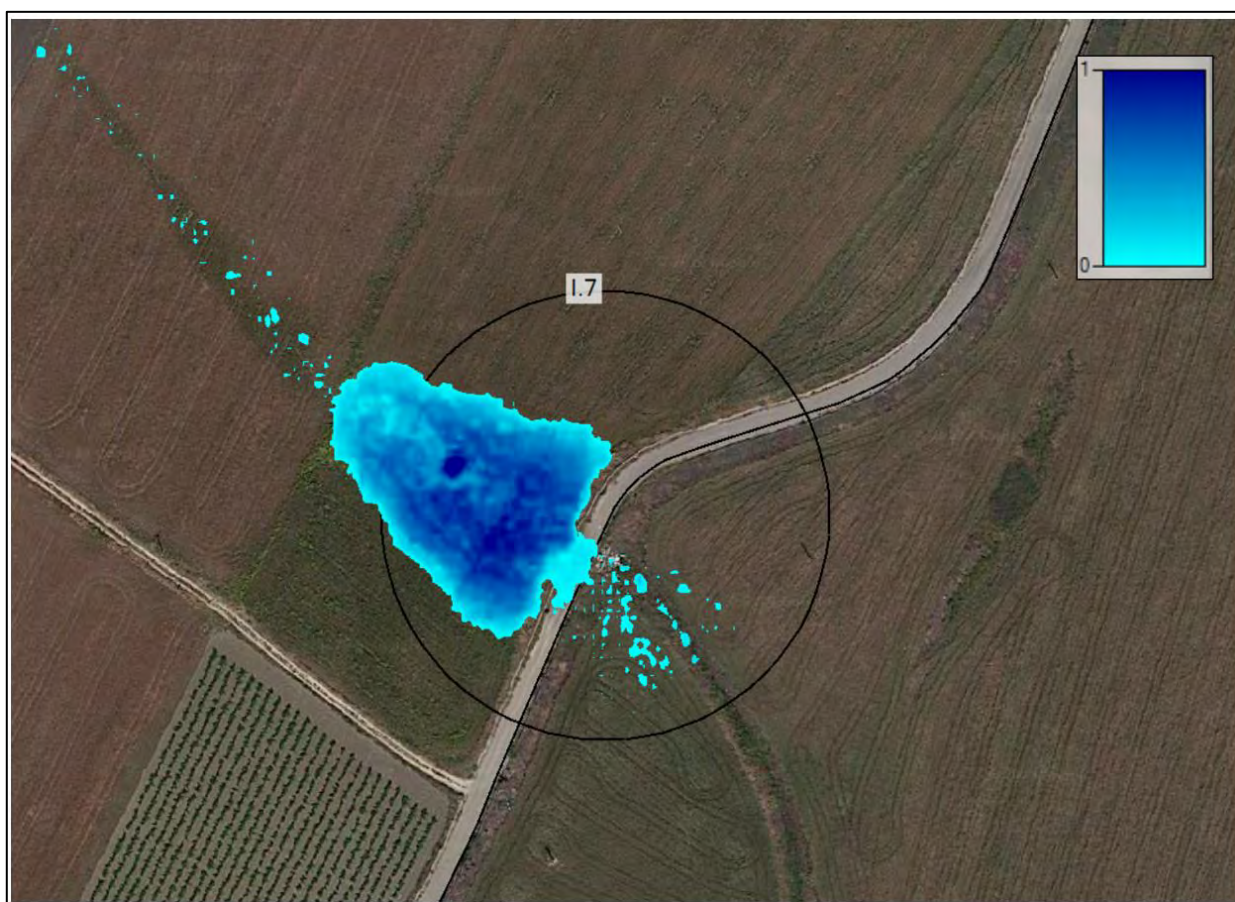


**Figura 21: Modello geometrico in riferimento alla simulazione bidimensionale del bacino SB.02**

In merito all'interferenza I.3, il modello digitale del terreno a disposizione non è in grado di cogliere le variazioni di acclività e di quota del terreno in esame, ciò dovuto in parte anche alle modeste dimensioni delle sezioni fluviali del corso d'acqua di interesse. Infatti, l'intersezione in esame è una delle poche a

ricadere nella porzione di territorio ricoperta da DTM 10m × 10m: una simulazione bidimensionale in tale contesto porta a delle aree allagabili eccessivamente sovrastimate, seppur con modesti tiranti idrici.

Pertanto, si ritiene necessario, in misura cautelativa, risolvere l'interferenza in esame attraverso uno scavo in trincea di estensione di almeno 50 m, al di sotto del fondo alveo del reticolo in esame con una profondità di almeno 2 metri. Uno studio più dettagliato dell'area di interesse si rimanda alla fase esecutiva.



**Figura 22: Interferenza I.7 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a  $Tr = 200$  anni su base Google Satellite**

Il volume d'acqua rilasciato lungo l'asta fluviale inerente all'interferenza I.7 è di circa 7300 m<sup>3</sup>, il picco dell'onda di piena è di 2.6 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> (dati stimati attraverso l'analisi idrologica): tali parametri in teoria non costituiscono un elemento di pericolo per le opere di progetto. Tuttavia, la tubazione adibita allo smaltimento delle acque provenienti dal corso d'acqua a monte dell'attraversamento stradale è occlusa per via della mole d'acqua, la quale si attesta lungo il bordo del rilevato stradale fino a sormontarlo con legge allo stramazzo.

Come si evince da Figura 22, il livello idrico massimo registrato su sede stradale è di circa di 30 cm, valore da non sottovalutare. A valle delle considerazioni effettuate, si ipotizza di risolvere l'attraversamento in esame attraverso scavo in trincea con estensione di circa 40 m, al di sotto del fondo alveo del reticolo idrografico esistente, presso la sezione di valle dell'intersezione, con una profondità di almeno 2 m onde evitare fenomeni di erosione. In tal caso è necessario ripristinare lo stato dei luoghi ante-operam allo scopo di non alterare il regime idrologico-idraulico dell'asta esistente. Ipotesi alternativa consiste in uno scavo in trincea su sede stradale, se necessario con diminuzione dell'altezza di scavo e utilizzo di un bauletto protettivo in sezione di scavo.

### 6.3.3 Interferenze del cavidotto interrato con il reticolo idrografico: interferenze I.9, I.11 e I.12

L'interferenza I.9 riguarda un corso d'acqua rinvenuto da cartografia I.G.M. 1:25000 con il tracciato del cavidotto interrato; l'asta in esame, priva di denominazione, risulta essere un affluente del Fosso Arcivocale presso la destra idraulica.

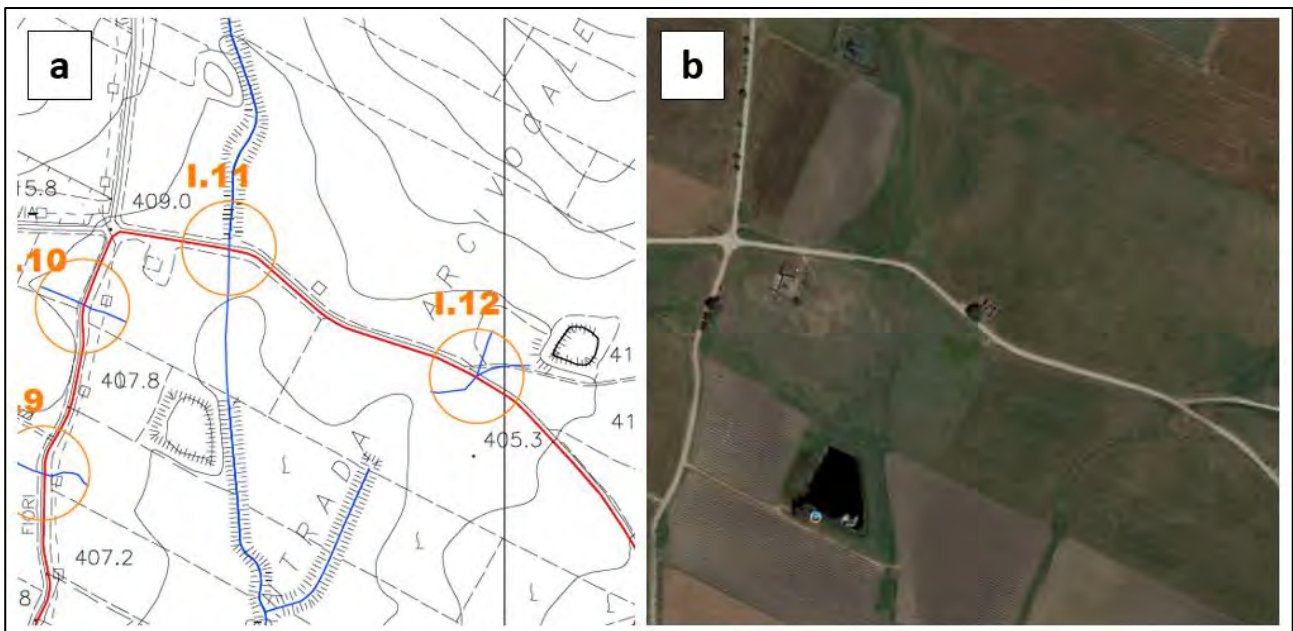


**Figura 23: a) Interferenze I.9 e I.10 in riferimento al reticolo idrografico individuato da cartografia C.T.R. 1:1000 e I.G.M. 1:25000; b) Interferenza I.9 e I.10 da ortofoto**

Da sopralluoghi in sito non è stata riscontrata la presenza di un alveo inciso in corrispondenza del corso d'acqua individuato da I.G.M., né di un marcato impluvio con versanti marcati che potesse costituire una corsia preferenziale per il deflusso superficiale. Tuttavia, come si evince da Figura 23, sono presenti quattro vasche di accumulo poste in serie secondo le pendenze del versante. I volumi citati costituiscono un efficace metodo di laminazione e ritardo dell'onda di piena inerente al bacino idrografico: una volta raggiunto il livello idrico pari alla quota massima delle pareti della vasca specifica, l'acqua fuoriesce dal volume di invaso secondo legge allo stramazzo e raggiunge la vasca successiva costituendo dei percorsi preferenziali sul suolo, chiaramente visibili in Figura 23. Il fenomeno descritto avvalorava l'ipotesi secondo cui

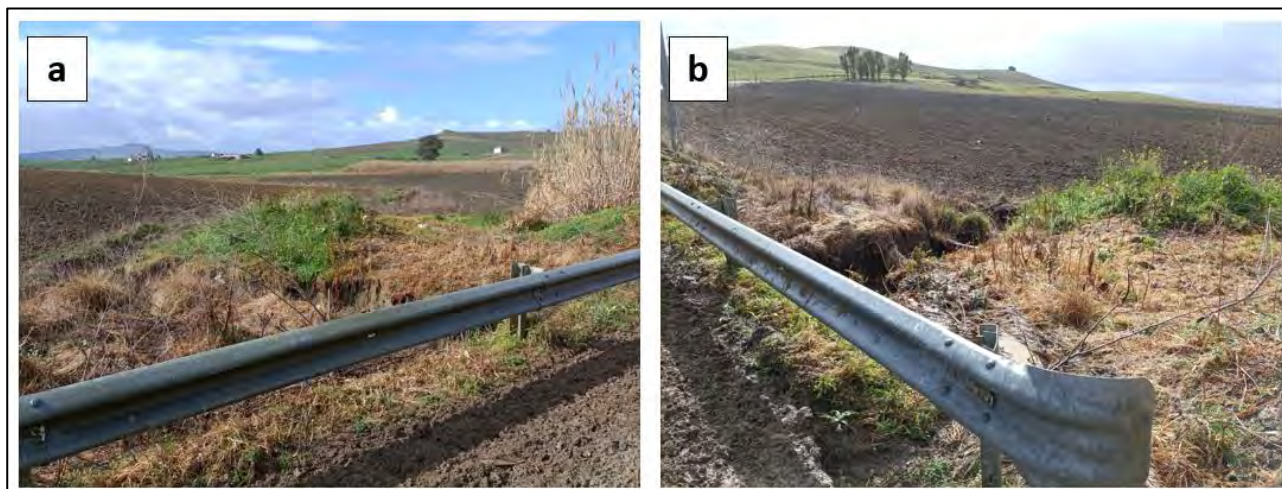
le portate stimate in prossimità di tale interferenza siano decisamente sovrastimate, non avendo tenuto in considerazione il sistema di vasche in serie.

L'interferenza I.11 riguarda l'intersezione del tracciato del cavidotto interrato con il Fosso Arcivocale, tutelato ai sensi del D.Lgs. 42/2004 sulla Tutela dei Beni Paesaggistici. L'asta in esame, in corrispondenza dell'interferenza I.11, non presenta un alveo fortemente inciso e con profondità significative. La presenza di un folto strato vegetativo è sintomo di un regime tipicamente torrentizio, anche se durante sopralluoghi in sito è stata riscontrata la presenza di canneti in prossimità dell'intersezione, ciò comporta la presenza di un sottile d'acqua o quantomeno di terreno saturo.



**Figura 24: a) Interferenze I.11 e I.12 in riferimento al reticolo idrografico individuato da cartografia C.T.R. 1:1000 e I.G.M. 1:25000; b) Interferenza I.11 e I.12 da ortofoto**

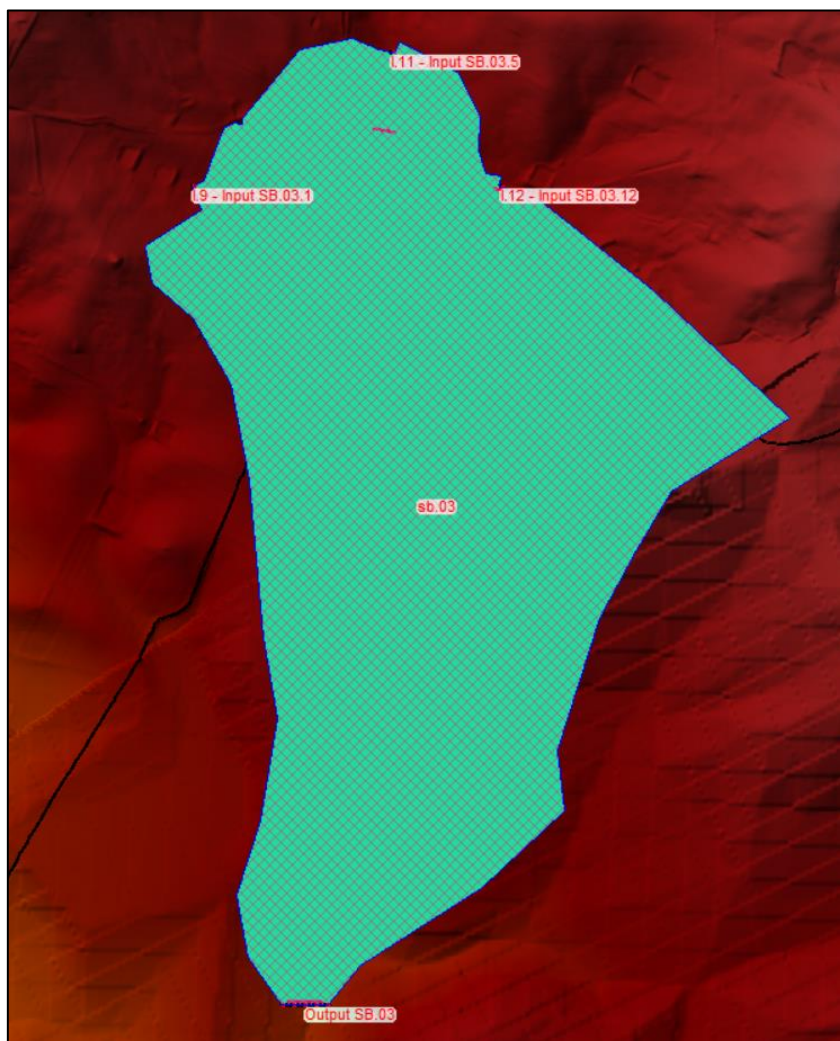
L'interferenza I.12 riguarda un'asta fluviale priva di denominazione rilevata da cartografia I.G.M. 1:25000, affluente del Fosso Arcivocale presso la sinistra idraulica. Da sopralluogo in sito (Figura 25) è stata riscontrata la presenza di un alveo fortemente marcato, seppur di dimensioni molto ridotte, e di uno strato di vegetazione bassa persistente. Le aree limitrofe agli argini naturali sono ricoperte da un folto strato vegetativo, per cui si suppone che il livello idrico durante la piena ordinaria sia ampiamente contenuto all'interno dell'alveo naturale.



**Figura 25: Vista dell'asta fluviale riguardante l'interferenza I.12 verso monte (a) e verso valle (b)**

Le interferenze prima descritte ricadono all'interno del bacino SB.03 (Figura 3), riferito al Fosso Arcivocale con sezione di chiusura presso l'unione con il Fosso di Palastanga. È stata effettuata una simulazione bidimensionale attraverso HEC-RAS, basata su una geometria avente caratteristiche computazionali descritte nel 6.1.1, e di estensione simile al bacino SB.03. La geometria in esame è caratterizzata da tre condizioni al contorno in entrata, costituite dagli idrogrammi in uscita dai sotto-bacini SB.03.1, SB.03.5 e dall'idrogramma risultante dai bacini immediatamente a monte dell'interferenza I.12 in riferimento all'evento straordinario per tempo di ritorno pari a 200 anni (si rimanda all'elaborato *FV.MNR02.PD.A.06 – "Relazione Idrologica"*) e da una condizione in uscita rappresentata dalla pendenza media dell'asta principale del bacino di riferimento (Tabella 4). La Figura seguente riporta la geometria adoperata per la simulazione inerente al bacino SB.03 dal programma HEC-RAS.





**Figura 26: Modello geometrico in riferimento alla simulazione bidimensionale del bacino SB.03**

A differenza delle altre simulazioni, la modellazione in esame è stata effettuata su un intervallo temporale di 24 ore, per tener conto del fenomeno di ritardo e laminazione dell'onda di piena delle vasche in serie, descritto previamente.

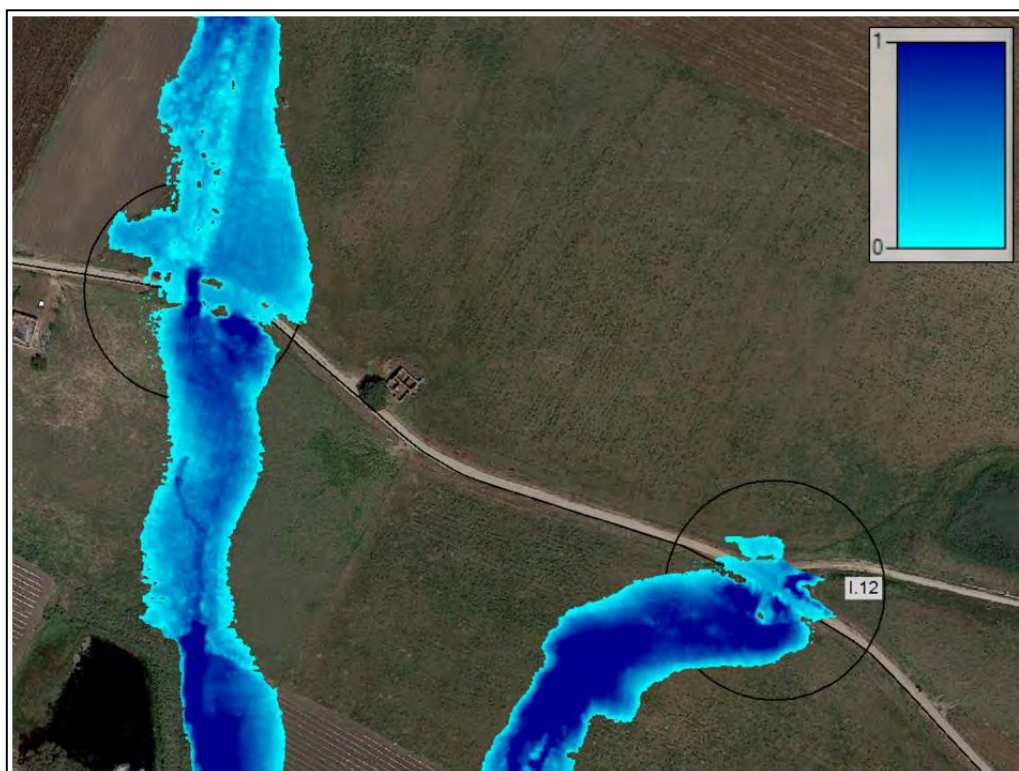
Per quanto riguarda l'interferenza I.9, il modello inerente all'evento straordinario mostra il comportamento di laminazione e ritardo del picco dell'onda di piena descritto in precedenza: come mostrato in Figura 27, il sistema di vasche in serie trattiene gran parte del volume d'acqua rilasciato dal bacino SB.03.1 (circa 3500 m<sup>3</sup> da analisi idrologica); il flusso d'acqua raggiunge il rilevato stradale a circa 13 ore dall'inizio dell'evento, non riuscendo comunque a sormontarlo e raggiungendo un livello massimo di 25 cm, di circa 50 cm di differenza dalla quota massima del rilevato. Secondo le considerazioni descritte il cavidotto interrato non è interessato dalle aree di allagamento in riferimento a valore bi-centenario del tempo di ritorno.



**Figura 27: Interferenza I.9 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a  $Tr = 200$  anni su base Google Satellite**

Tuttavia, l'analisi idrologica è stata condotta non tenendo in considerazione possibili eventi di pioggia antecedenti all'evento in esame, e quindi la non totale funzionalità del sistema di vasche in serie; inoltre, tali invasi sono pieni per la maggior parte delle stagioni piovose, riducendo di molto il volume utile per la laminazione per l'onda di piena. D'altro canto, il modello digitale, seppur ad un metro di risoluzione, non è in grado di rilevare il fondo della vasca (qualora il rilievo sia avvenuto in condizioni di vasche piene) per limiti strumentali, comportando quindi una sottostima del volume disponibile. A valle di tali considerazioni si ritiene opportuno risolvere il superamento dell'interferenza attraverso uno scavo in trincea, di estensione maggiore di 30 m, al di sotto del fondo alveo del reticolo idrografico esistente, presso la sezione di valle dell'intersezione, realizzato ad almeno 2 metri di profondità dal letto del corso d'acqua onde evitare eventuali fenomeni di erosione. In tal caso è necessario ripristinare lo stato dei luoghi ante-operam allo scopo di non alterare il regime idrologico-idraulico dell'asta esistente. Ipotesi alternativa consiste in uno scavo in trincea su sede stradale, se necessario con diminuzione dell'altezza di scavo e utilizzo di un bauletto protettivo in sezione di scavo.

La scelta delle modalità di risoluzione dell'attraversamento consona al caso in esame può essere ponderata anche sulla base delle indicazioni dell'ente autorizzante.



**Figura 28: Interferenze I.11 e I.12 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a  $T_r = 200$  anni su base Google Satellite**

Come si evince dalla Figura 28, l'interferenza I.11 è fortemente interessata da fenomeni di esondazione, tra l'una e le due ore dall'inizio dell'evento l'acqua raggiunge il margine del rilevato stradale, riuscendo a sormontarlo poco dopo a causa dell'inadeguatezza della tubazione per il convogliamento delle acque nello smaltire i volumi di piena. All'interno dell'alveo del corso d'acqua in esame si registra un tirante massimo di circa 70 cm, mentre le aree limitrofe soggette ad esondazione sono interessate un livello idrico al di sotto dei 20 cm, in molti punti anche al di sotto dei 10. In seguito a tali considerazioni si ritiene opportuno risolvere l'interferenza attraverso tecnica T.O.C. realizzata su una distanza tra i fori d'entrata e d'uscita maggiore o uguale all'ampiezza delle aree allagate in riferimento all'evento bicentenario, in tal caso circa 50 m.

L'interferenza I.12 è raggiunta dall'onda di piena, la quale sormonta il manufatto adibito all'attraversamento; il livello idrico massimo registrato sul rilevato stradale non è inferiore ai 30 cm. In conclusione, si ritiene opportuno risolvere il superamento dell'interferenza attraverso uno scavo in trincea, di estensione pari a 50 m, al di sotto del fondo alveo del reticolo idrografico esistente, presso la sezione di

valle dell'intersezione, realizzato ad almeno 2 metri di profondità dal letto del corso d'acqua onde evitare eventuali fenomeni di erosione. In tal caso è necessario ripristinare lo stato dei luoghi ante-operam allo scopo di non alterare il regime idrologico-idraulico dell'asta esistente.

La scelta delle modalità di risoluzione dell'attraversamento consona al caso in esame può essere ponderata anche sulla base delle indicazioni dell'ente autorizzante.

### 6.3.4 Interferenze del cavidotto interrato con il reticolo idrografico : interferenze I.13, I.14, I.15, I.16 e I.17

Le interferenze I.13, I.14, I.15, I.16 e I.17 riguardano le intersezioni del tracciato del cavidotto interrato con il reticolo inerente al Fosso di Palastanga. Le prime due sono situate in prossimità di un'area a moderata pericolosità geomorfologica PG1 secondo N.T.A. del P.A.I. dell'A.d.B. del distretto idrografico della Sicilia.

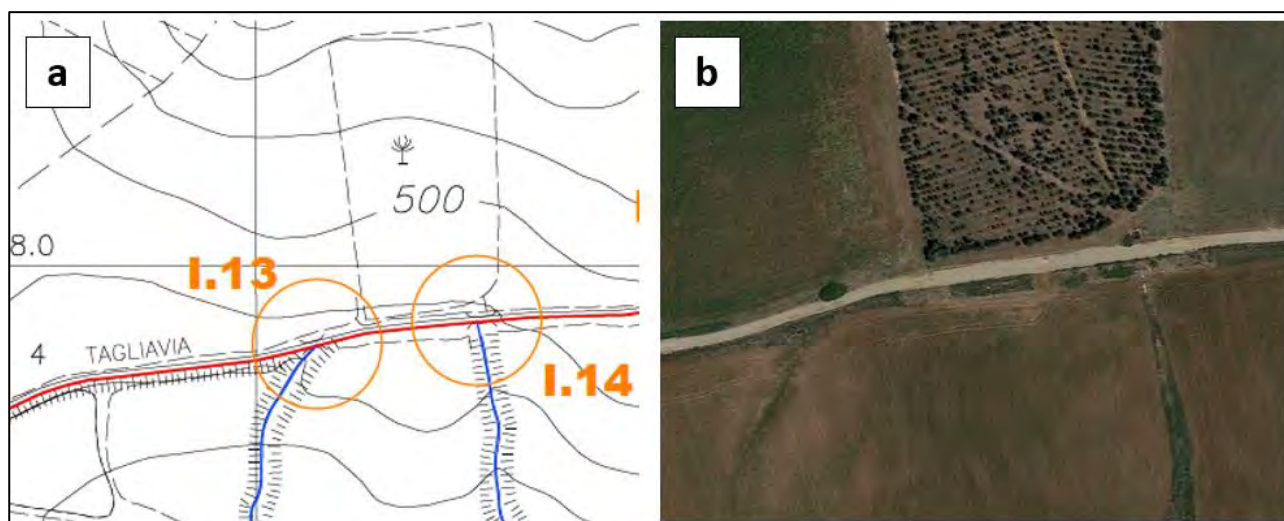
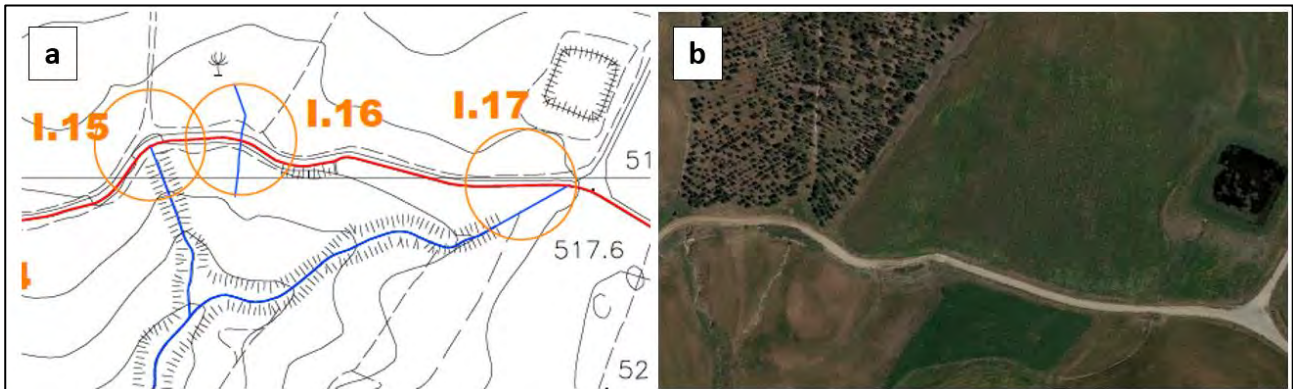


Figura 29: a) Interferenze I.13 e I.14 in riferimento al reticolo idrografico individuato da cartografia C.T.R. 1:10000 e I.G.M. 1:25000; b) Interferenza I.13 e I.14 da ortofoto

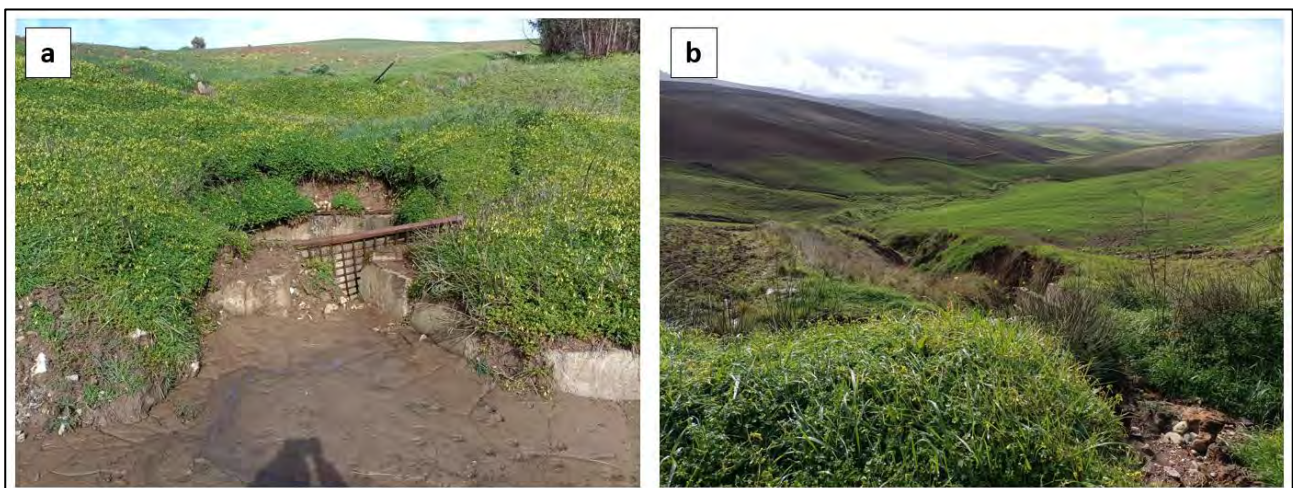
Le interferenze I.13 e I.14, riportate in Figura 29, sono state rilevate da cartografia C.T.R. 1:10000 e ricadono rispettivamente in area a pericolosità moderata ed elevata, nell'ambito dell'assetto geomorfologico. Da ortofoto e da sopralluogo in sito, si evince che una vera forma d'alveo è presente immediatamente a valle del rilevato stradale, mentre a monte sono presenti delle opere di convogliamento delle acque meteoriche derivanti dagli impluvi a monte. È plausibile che i corsi d'acqua in esame siano caratterizzati da un regime torrentizio, vista la sezione dell'alveo poco marcata e la presenza di un folto strato vegetativo.



**Figura 30: a) Interferenze I.15, I.16 e I.17 in riferimento al reticolo idrografico individuato da cartografia C.T.R. 1:1000 e I.G.M. 1:25000; b) Interferenza I.15, I.16 e I.17 da ortofoto**

Le interferenze I.15 e I.17 sono state individuate attraverso cartografia C.T.R. 1.1000, a differenza dell'interferenza I.16 la quale è stata individuata su cartografia I.G.M. 1:25000.

Le intersezioni I.15 e I.16 ricadono all'interno di un'area a pericolosità media dal punto di vista geomorfologico; tuttavia, al pari delle interferenze descritte precedentemente, nel punto denominato I.15 l'intersezione avviene in corrispondenza della testa del corso d'acqua. Come nel caso precedente, le caratteristiche di alveo inciso sono riscontrate immediatamente a valle del rilevato stradale, con adeguate opere di convogliamento delle acque meteoriche dagli impluvi a monte del tracciato del cavidotto interrato.



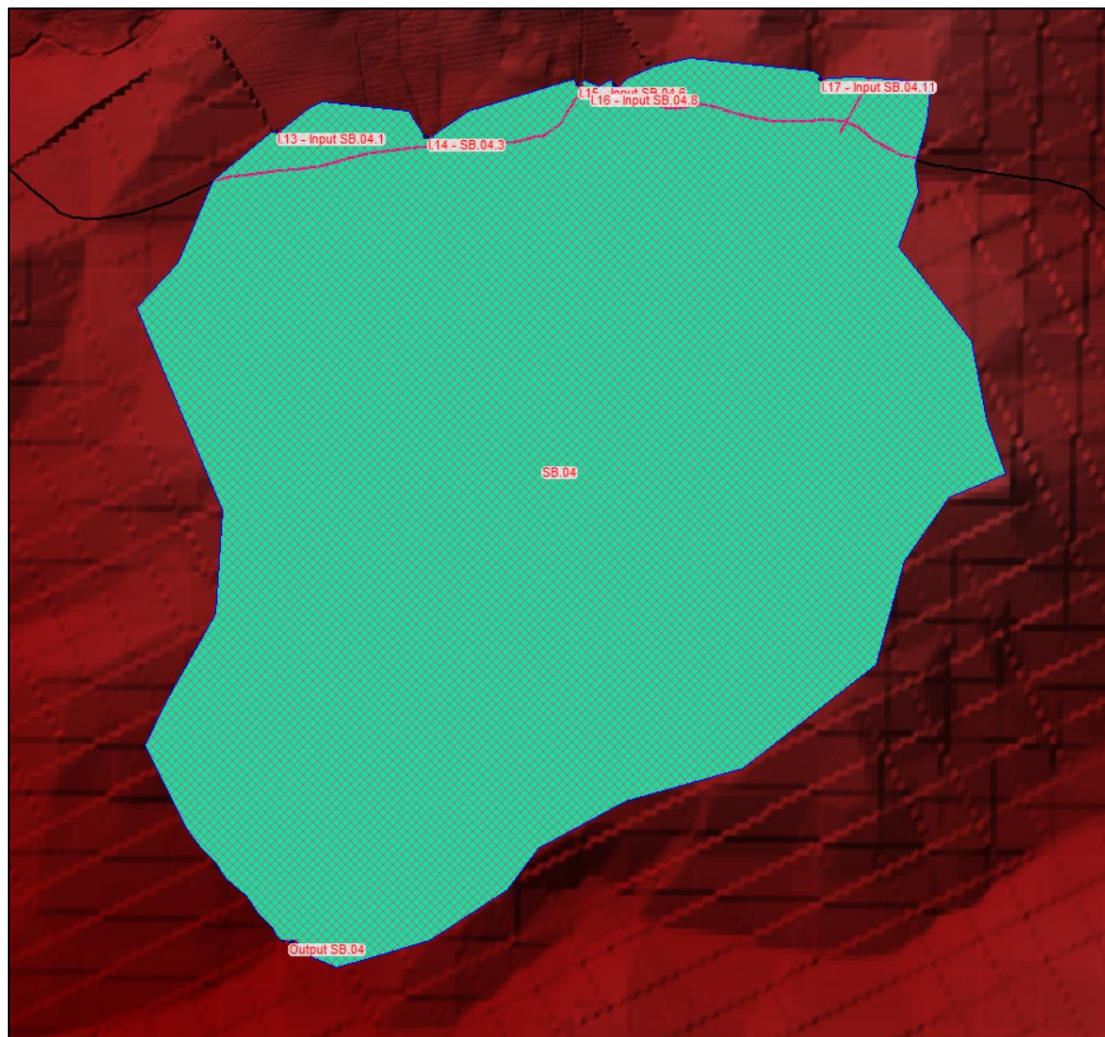
**Figura 31: Vista dell'asta fluviale riguardante l'interferenza I.15 verso monte (a) e verso valle (b)**



**Figura 32: Interferenza I.15**

In merito all'interferenza I.17, immediatamente a monte è presente una vasca di accumulo, opera potenzialmente utile per il ritardo e la laminazione del picco di piena, come già descritto precedentemente riguardo all'interferenza I.9, trattenendo parte del volume d'acqua costituente il deflusso superficiale.

Le interferenze prima descritte ricadono all'interno del bacino SB.04 (Figura 3), riferito al Fosso Palastanga e con sezione di chiusura presso l'unione con il Fosso Arcivocale. È stata effettuata una simulazione bidimensionale attraverso HEC-RAS, basata su una geometria avente caratteristiche computazionali descritte nel 6.1.1, e di estensione simile al bacino SB.04. La geometria in esame è caratterizzata da tre condizioni al contorno in entrata, costituite dagli idrogrammi in uscita dai sotto-bacini SB.04.1, SB.04.3, SB.04.6, SB.04.8 e SB.04.11 in riferimento all'evento straordinario per tempo di ritorno pari a 200 anni (si rimanda all'elaborato FV.MNR02.PD.A.06 – "Relazione Idrologica") e da una condizione in uscita rappresentata dalla pendenza media dell'asta principale del bacino di riferimento (Tabella 4). La Figura seguente riporta la geometria adoperata per la simulazione inerente al bacino SB.04 dal programma HEC-RAS, di durata 12 ore.



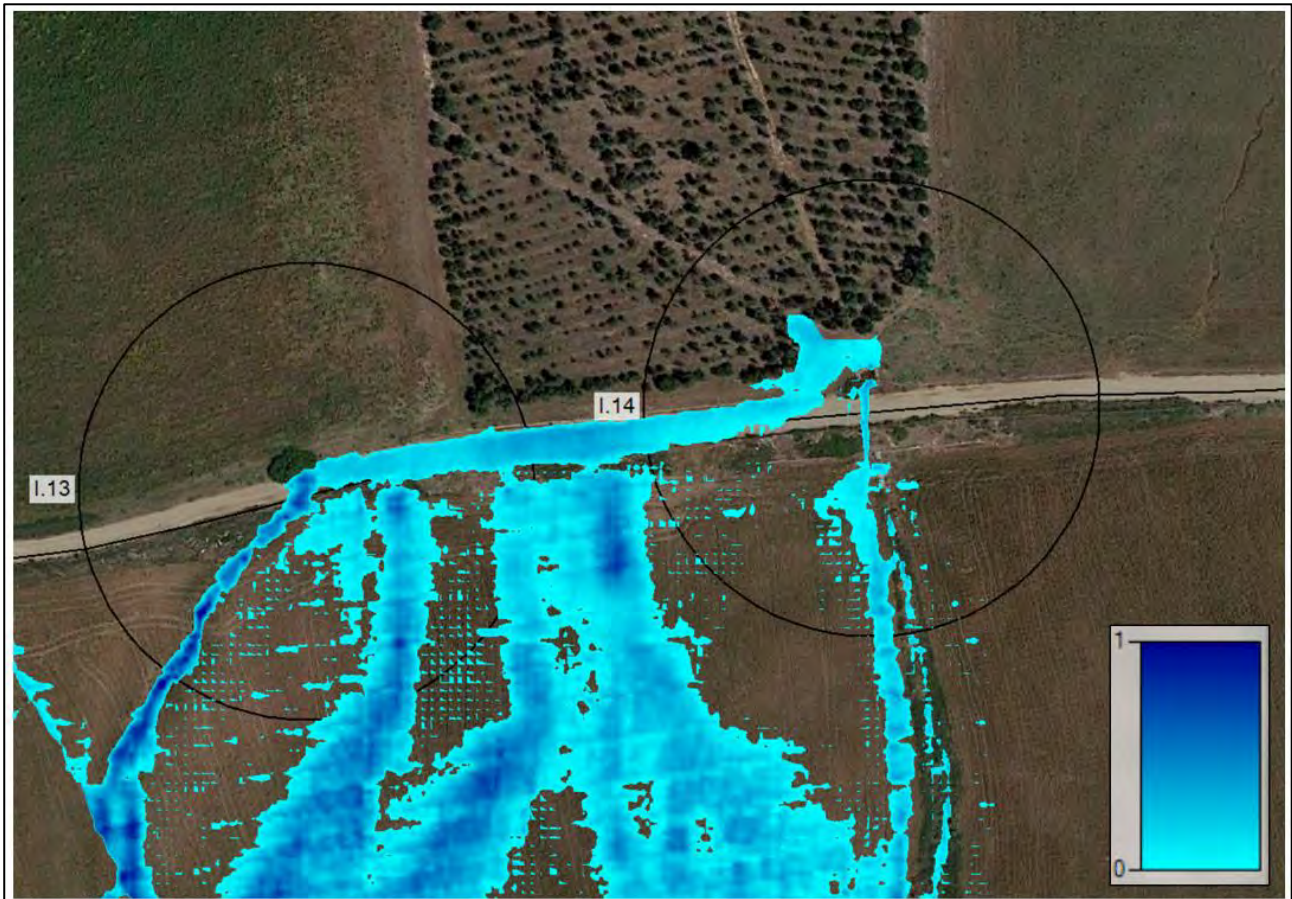
**Figura 33: Modello geometrico in riferimento alla simulazione bidimensionale del bacino SB.04**

Come si evince da Figura 34, le interferenze I.13 e I.14 sono comprese nelle aree potenzialmente allagabili in riferimento ad un evento con tempo di ritorno bi-centenario: fin da subito le opere adibite allo smaltimento delle acque meteoriche vengono occluse dal volume d'acqua transitante, la quale sormonta il rilevato stradale e defluisce su di esso verso Ovest secondo pendenze naturali del terreno. Nonostante il fenomeno descritto, il tirante idrico massimo registrato in corrispondenza del rilevato stradale non supera i 10 cm di altezza.

Come detto in precedenza, l'interferenza I.13 ricade in area a moderata pericolosità; secondo l'art. 17 comma 4 delle N.T.A. dell'A.d.B. del distretto idrografico della Sicilia:

*“Nelle aree a pericolosità “P0”, “P1” e “P2” è consentita l’attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici (general, attuativi e di settore) vigenti, corredati da studi e indagini geologiche e geotecniche effettuate ai sensi della normativa in vigore. Il parere di compatibilità viene rilasciato dagli Enti preposti al*

*rilascio del provvedimento finale di autorizzazione/concessione che si dovranno avvalere di figure professionali competenti.”*

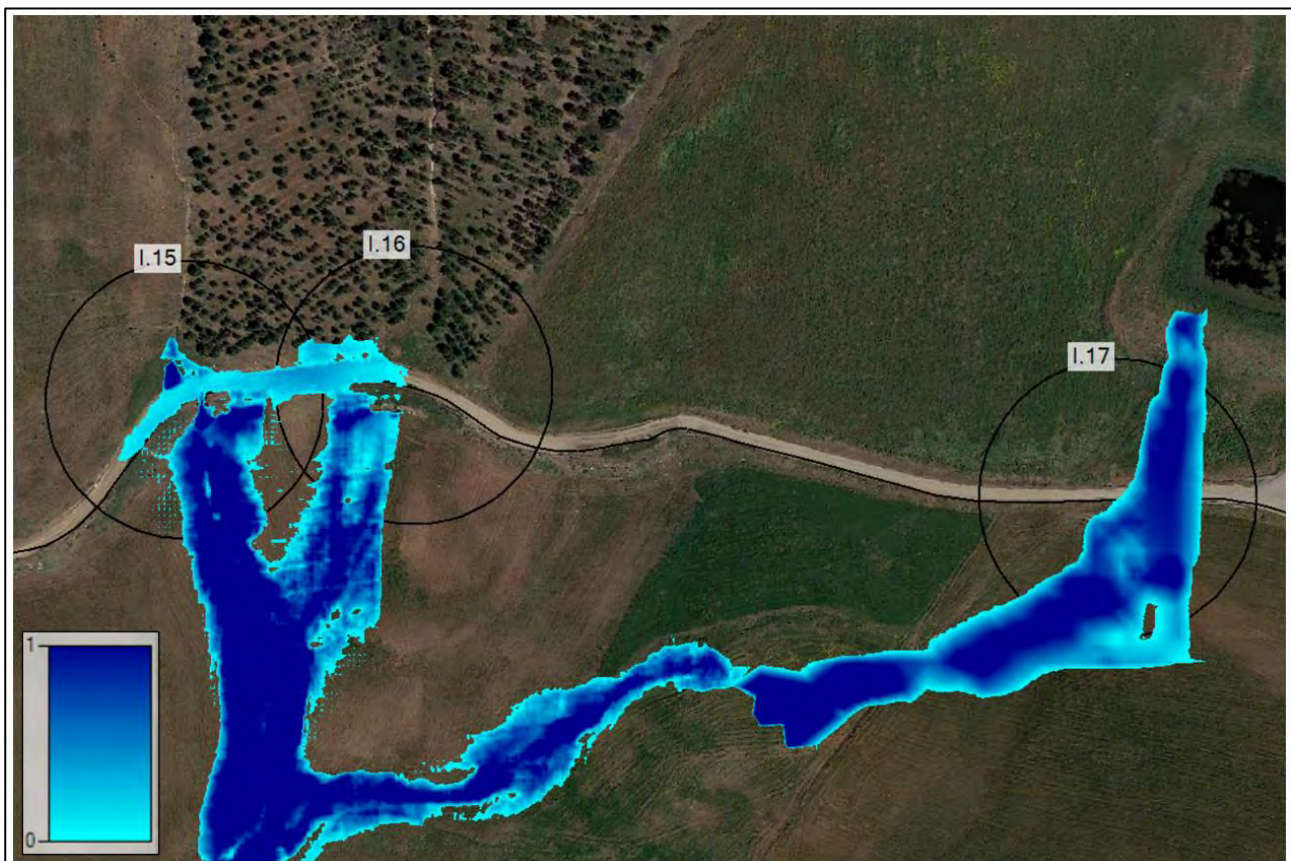


**Figura 34: Interferenze I.13 e I.14 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a  $Tr = 200$  anni su base Google Satellite**

A valle di tali considerazioni, in merito all'interferenza I.13, si prevede una risoluzione del superamento dell'interferenza attraverso uno scavo in trincea, di estensione pari a 30 m, al di sotto del fondo alveo del reticolo idrografico esistente, presso la sezione di monte dell'intersezione, realizzato ad almeno 2 metri di profondità dal letto del corso d'acqua onde evitare eventuali fenomeni di erosione. In tal caso è necessario ripristinare lo stato dei luoghi ante-operam allo scopo di non alterare il regime idrologico-idraulico dell'asta esistente. La redazione di un adeguato studio di compatibilità geomorfologica dell'operazione considerata è rimandata alla fase esecutiva, a valle della quale potranno essere prese in considerazioni alternative progettuali alla risoluzione descritta; la scelta sarà ponderata anche sulla base delle indicazioni dell'ente autorizzante.



L'interferenza I.14 e relative aree limitrofe soggette ad allagamento prima descritte, sarà risolta mediante tecnica T.O.C. realizzata su una distanza tra i fori d'entrata e d'uscita di circa 160 metri; tale operazione è in realtà dovuta all'interferenza del tracciato del cavidotto interrato con l'area ad alta pericolosità precedentemente citata, motivo per cui è stata ipotizzata una risoluzione mediante trivellazione orizzontale (si rimanda all'elaborato FV.MNR02.PD.A.02 – "Relazione Geologica").



**Figura 35: Interferenze I.15, I.16 e I.17 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a  $T_r = 200$  anni su base Google Satellite**

Le interferenze I.15 e I.16 sono soggette ad un fenomeno di allagamento simile a quello descritto precedentemente per le interferenze I.13 e I.14: poco dopo l'inizio dell'evento straordinario, l'onda di piena sormonta il rilevato stradale, e defluisce lungo la strada esistente secondo le pendenze naturali del territorio. Se il volume relativo all'idrogramma di piena del sotto-bacino SB.04.6 è smaltito dalle opere di convogliamento delle acque meteoriche, lo stesso non vale per l'idrogramma del sotto-bacino SB.08, il cui volume d'acqua costituisce un elemento di pericolo per il tracciato del cavidotto interrato. In conclusione, si prevede una risoluzione del superamento delle interferenze descritte attraverso uno scavo in trincea, di estensione pari a 10 m per l'interferenza I.15 e 30 m per l'interferenza I.16, immediatamente a monte delle interferenze, al di fuori delle aree allagabili. Lo scavo sarà realizzato al di sotto del fondo alveo del reticolo

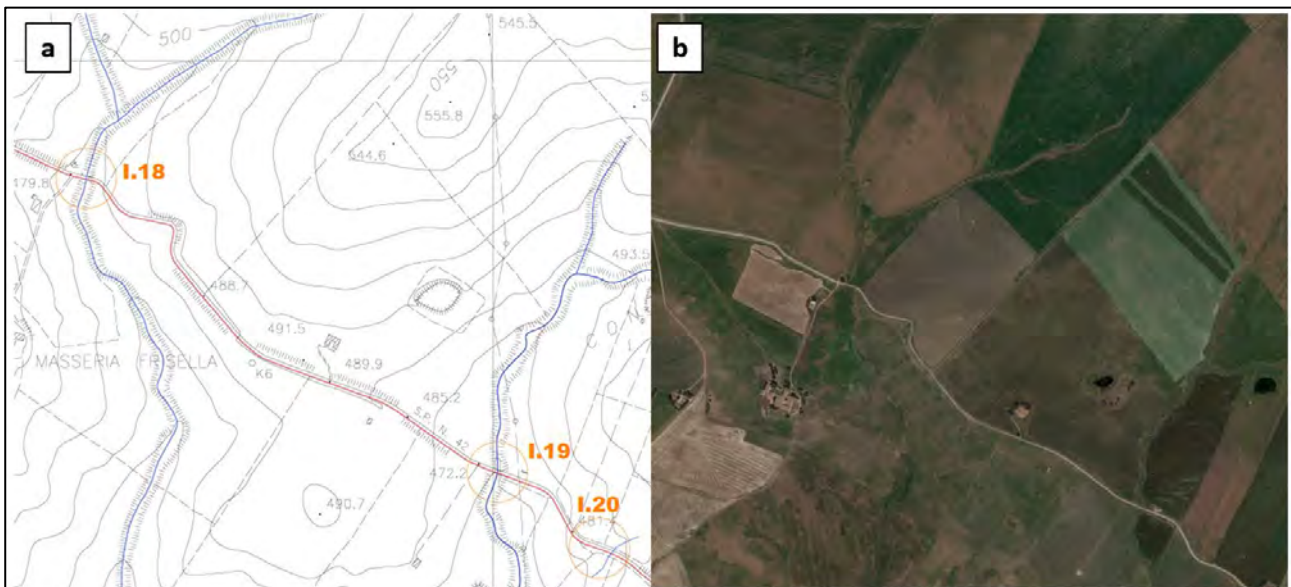
idrografico esistente, presso la sezione di monte dell'intersezione realizzato ad almeno 2 metri di profondità dal letto del corso d'acqua onde evitare eventuali fenomeni di erosione. In tal caso è necessario ripristinare lo stato dei luoghi ante-operam allo scopo di non alterare il regime idrologico-idraulico dell'asta esistente.

Le interferenze descritte, come citato in precedenza, ricadono all'interno dell'area a moderata pericolosità, motivo per cui si demanda alla fase esecutiva lo studio di compatibilità geomorfologica degli interventi ipotizzati con il territorio di riferimento.

A differenza dell'interferenza I.9, la vasca di accumulo in prossimità dell'interferenza I.17 non costituisce un elemento efficace per la laminazione e il ritardo del picco di piena: l'acqua raggiunge la sede stradale e segue le pendenze naturali del terreno. Il livello idrico registrato in prossimità dell'interferenza si attesta nell'intorno di 1 m; a tale fine si ritiene risolvere l'attraversamento in esame con uno scavo in trincea di estensione pari a 30 m e immediatamente a monte del rilevato stradale. Valgono le stesse considerazioni fatte per i medesimi metodi di attraversamento descritti nei precedenti capitoli.

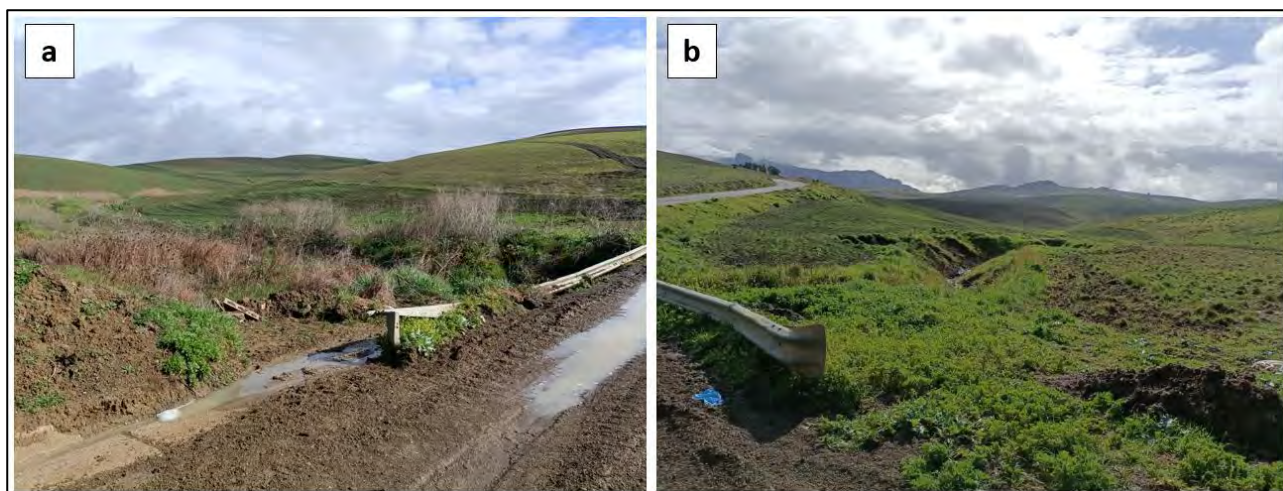
### **6.3.5 Interferenze del cavidotto interrato con il reticolo idrografico: interferenza I.18, I.19, I.20, I.24 e I.26**

Le interferenze I.18, I.19, I.20, I.24 e I.26 sono relative alle intersezioni delle opere di progetto con il reticolo idrografico inerente al Vallone dell'Aquila, affluente del Fosso della Patria presso la destra idraulica.



**Figura 36: a) Interferenze I.18, I.19 e I.20 in riferimento al reticolo idrografico individuato da cartografia C.T.R. 1:1000 e I.G.M. 1:25000; b) Interferenza I.18, I.19 e I.20 da ortofoto**

Il corso d'acqua inerente all'interferenza I.18, Figura 37, presenta chiare caratteristiche del passaggio di un flusso d'acqua periodico: seppur regimentato da un andamento torrentizio, l'alveo in esame presenta al suo interno una bassa presenza dello strato vegetativo, i margini marcati degli argini naturali fanno presupporre un forte fenomeno di erosione di sponda, tipico del territorio di interesse. Tuttavia, le aree golenali limitrofe sono ricoperte da un uniforme strato vegetativo, da cui si deduce che i volumi derivanti da piene ordinarie siano contenute nella sezione dell'alveo attivo.



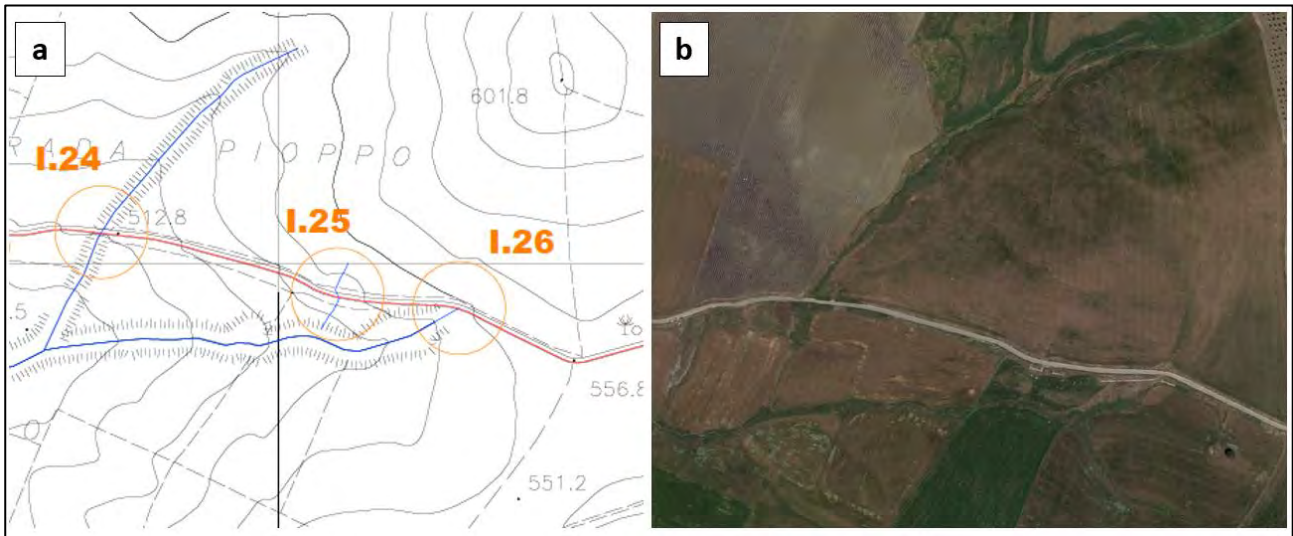
*Figura 37: Vista dell'asta fluviale riguardante l'interferenza I.18 verso monte (a) e verso valle (b)*

L'interferenza I.19 riguarda l'intersezione del tracciato del cavidotto interrato con un'asta fluviale tutelata ai sensi del D.Lgs. 42/2004 sulla Tutela dei Beni Paesaggistici, per la quale possono essere effettuate le stesse considerazioni fatte per l'interferenza precedente; una differenza sostanziale consiste in una marcata presenza di vegetazione all'interno dell'alveo.

L'interferenza I.20 è stata individuata da cartografia I.G.M. 1:25000, anche se presenta le caratteristiche di un impluvio marcato e non di un effettivo corso d'acqua.

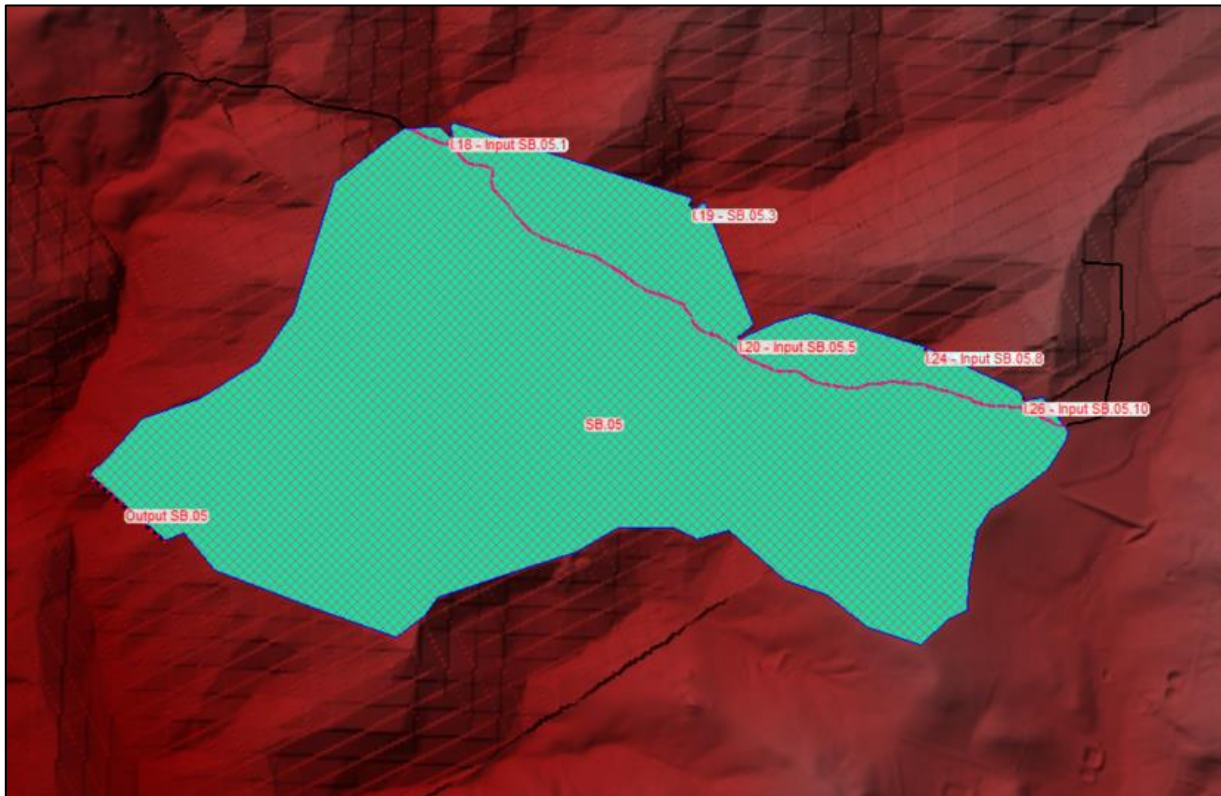
A differenza dei casi precedenti, il corso d'acqua inerente all'interferenza I.24, rilevata da cartografia C.T.R. 1:10000, non presenta un alveo di rilevanti dimensioni, l'ampiezza massima è al di sotto del metro. La presenza di uno strato di vegetazione incolta conduce all'ipotesi di regime torrentizio e ad un alveo per lo più asciutto durante la maggior parte dell'anno.

L'interferenza I.26 non è una vera e propria intersezione tra il tracciato del cavidotto interrato e il reticolo idrografico, ma si è in prossimità della testa di un corso d'acqua tutelato ai sensi del D. Lgs. 42/2004 sulla Tutela dei Beni Paesaggistici.



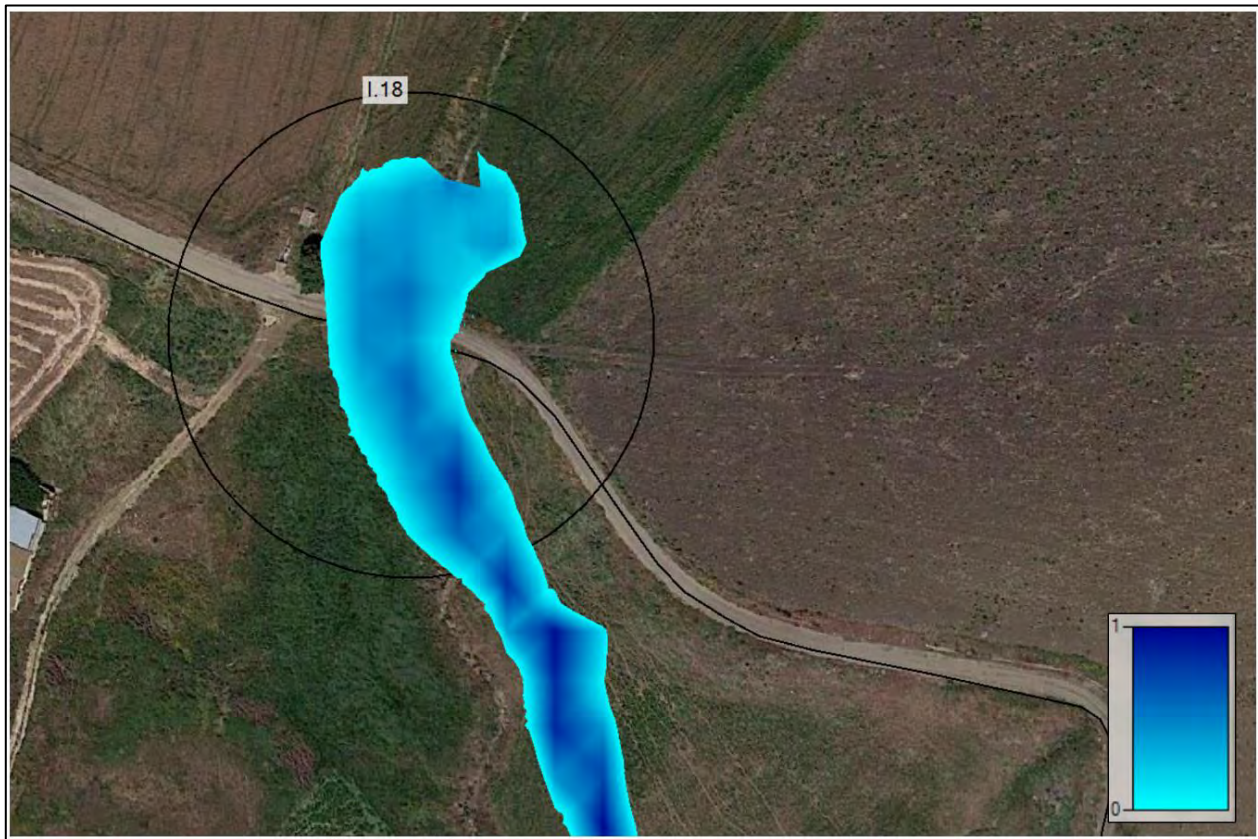
**Figura 38: : a) Interferenze I.24 e I.26 in riferimento al reticolo idrografico individuato da cartografia C.T.R. 1:1000 e I.G.M. 1:25000; b) Interferenze i.24 e I.26 da ortofoto**

Le interferenze prima descritte ricadono all'interno del bacino SB.05 (Figura 3), riferito al Vallone dell'Aquila e con sezione di chiusura presso l'affluenza nel Fosso della Patria. È stata effettuata una simulazione bidimensionale attraverso HEC-RAS, basata su una geometria avente caratteristiche computazionali descritte nel 6.1.1, e di estensione simile al bacino SB.05. La geometria in esame è caratterizzata da tre condizioni al contorno in entrata, costituite dagli idrogrammi in uscita dai sotto-bacini SB.05.1, SB.05.3, SB.05.5, SB.05.8 e SB.05.10 in riferimento all'evento straordinario per tempo di ritorno pari a 200 anni (si rimanda all'elaborato FV.MNR02.PD.A.06 – "Relazione Idrologica") e da una condizione in uscita rappresentata dalla pendenza media dell'asta principale del bacino di riferimento (Tabella 4). La Figura seguente riporta la geometria adoperata per la simulazione inerente al bacino SB.05 dal programma HEC-RAS, di durata 12 ore.



**Figura 39: Modello geometrico in riferimento alla simulazione bidimensionale del bacino SB.05**

La Figura 40 riporta i massimi tiranti idrici riscontrati in relazione ad un evento per tempo di ritorno pari a 200 anni in prossimità dell'interferenza I.18: sono registrati valori del livello idrico nell'intorno di 50 cm anche sul rilevato stradale. Si ritiene necessario risolvere tale intersezione con uno scavo in trincea di estensione pari a 30 m e immediatamente a monte del rilevato stradale, al di sotto del fondo alveo del reticolo idrografico esistente, presso la sezione di valle dell'intersezione, realizzato ad almeno 2 metri di profondità dal letto del corso d'acqua onde evitare eventuali fenomeni di erosione. In tal caso è necessario ripristinare lo stato dei luoghi ante-operam allo scopo di non alterare il regime idrologico-idraulico dell'asta esistente.



**Figura 40: Interferenza I.18 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a  $T_r = 200$  anni su base Google Satellite**

Emerge una situazione più critica nel caso dell'interferenza I.19: l'acqua sormonta facilmente il rilevato stradale, segno di una scarsa efficienza della tubazione adibita allo smaltimento del volume da monte, registrando inoltre livelli idrici massimi di circa 1.5 m. Per tale motivo, si prevede una risoluzione dell'interferenza attraverso tecnica T.O.C. realizzata su una distanza tra i fori d'entrata e d'uscita maggiore o uguale all'ampiezza delle aree allagate in riferimento all'evento bicentenario, in tal caso circa 50 m.

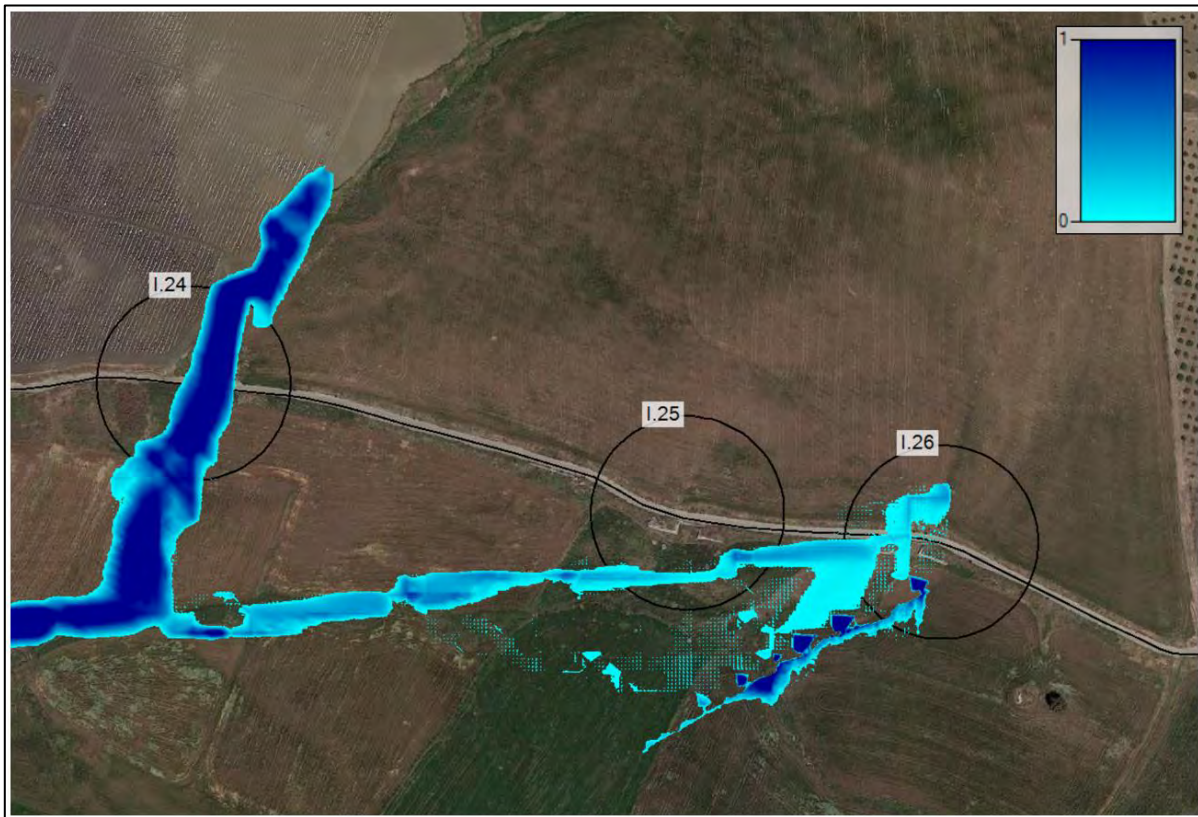
Analoghe considerazioni in riferimento all'interferenza I.18 possono essere fatte per l'interferenza I.20, per la quale non si registrano tiranti idrici maggiori di 50 cm, per cui si ritiene opportuno risolvere l'intersezione attraverso scavo in trincea di estensione pari a 35 m e immediatamente a monte del rilevato stradale, al di sotto del fondo alveo del reticolo idrografico esistente, presso la sezione di valle dell'intersezione, realizzato ad almeno 2 metri di profondità dal letto del corso d'acqua onde evitare eventuali fenomeni di erosione. In tal caso è necessario ripristinare lo stato dei luoghi ante-operam allo scopo di non alterare il regime idrologico-idraulico dell'asta esistente.



**Figura 41: Interferenze I.19 e I.20 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a  $Tr = 200$  anni su base Google Satellite**

Il tracciato del cavidotto interrato in prossimità dell'interferenza I.24 è interessato dal transito dell'onda di piena, il massimo tirante idrico registrato è di poco al di sotto di 1.5 m; si ritiene necessario risolvere l'intersezione con scavo in trincea di estensione minima pari a 30 m e immediatamente a monte dell'intersezione I.24, avendo premura di rispettare le considerazioni effettuate prima per le medesime risoluzioni.

Infine, l'interferenza I.26 con la testa dell'asta fluviale tutelata ai sensi del D. Lgs. 42/2004 sulla Tutela dei Beni Paesaggistici, è investita dall'onda di piena transitante nel corso d'acqua; tuttavia, da simulazione (Figura 42) si evince che il punto di interesse è interessato da lievi fenomeni di ruscellamento derivanti dagli impluvi di monte, il volume d'acqua transitante sormonta il rilevato con una legge allo stramazzo, non costituendo però un pericolo per il tracciato del cavidotto. Si registrano tiranti massimi, al di sotto di 10 cm, solo su un breve tratto di 10 m. Pertanto, si ritiene che il cavidotto interrato inerente all'interferenza I.26 sia in condizioni di sicurezza idraulica, a vantaggio di sicurezza si prevede uno scavo in trincea di estensione pari a 10 m lungo il tratto interessato dai massimi livelli idrici previsti, ancora una volta, come nei casi precedenti, a monte del rilevato stradale e realizzato ad almeno 2 m di profondità dal letto del corso d'acqua onde evitare eventuali fenomeni di erosione.



*Figura 42: Interferenze I.24 e I.26 in riferimento ai massimi tiranti idrici stimati nelle aree inondabili relativi ad evento di pioggia relativo a  $Tr = 200$  anni su base Google Satellite*

Come già detto in precedenza, l'approfondimento dei metodi di risoluzione delle intersezioni ed eventuali alternative progettuali, sono rimandati alla fase esecutiva, ponderando la scelta tecnica più consona secondo i pareri degli Enti coinvolti.

#### **6.4 Cenni sul fenomeno dell'erosione**

Il calcolo dell'erosione è stato eseguito per tutte le interferenze delle opere di progetto con il reticolo idrografico la cui risoluzione prevede un attraversamento dell'asta specifica attraverso tecnica T.O.C. o scavo in trincea. Infatti, le tecniche citate prevedono una profondità per la posa del cavo al di sotto del punto più basso della sezione di attraversamento del reticolo idrografico, di 2.5 metri (con tecnica T.O.C.) e di 2 metri (scavo in trincea). Risulta quindi opportuno analizzare le azioni di trascinamento della corrente in corrispondenza delle sezioni interessate dalle risoluzioni delle interferenze, al fine di verificare che la relativa profondità di escavazione del corso d'acqua non raggiunga il cavo stesso.

Il fenomeno dell'erosione legato alle correnti idriche è direttamente proporzionale alla tipologia di terreno costituente l'alveo e le aree limitrofe inondabili, alla velocità del flusso e alle pendenze dell'alveo inciso, anche se quest'ultimi due parametri sono legati tra loro. A parità di caratteristiche geomorfologiche del



territorio analizzato, pendenze maggiori dell'alveo inciso, e di conseguenza maggiori velocità del flusso nel canale, tipiche di ambienti montani con rilevanti variazioni di quota in brevi distanze, comportano fenomeni di trasporto solido e di erosione dell'ambiente fluviale rispetto a pendenze meno accentuate e moderate velocità d'acqua, caratteristiche tipiche dei territori pianeggianti o collinari con morfologia meno acclive, come nel caso del presente elaborato. Nell'ultimo caso citato, fenomeni di deposito sul fondo valle o negli ambienti limitrofi golenali sono preponderanti rispetto a quelli di erosione e trasporto, comportando un graduale riempimento dell'alveo e una modellazione degli ambienti circostanti.

I fenomeni di erosione più frequenti sono legati ad eventi di piena ordinaria, relativi a tempi di ritorno pari a 1.5-2 anni, nel cui caso il transito dell'onda di piena comporta il trasporto solido sul fondo valle ed eventuale deposito nelle aree golenali a seguito dello smaltimento dei volumi di piena. Nel caso di eventi intensi relativi a valori di tempi di ritorno elevati, i fenomeni di erosione sono notevolmente accentuati, costituendo di conseguenza un fattore di pericolosità maggiore per le opere civili di interesse.

Il grado di erosione una sezione di un'asta fluviale generica può essere definito attraverso formulazioni empiriche. In maniera approssimativa, demandando alla fase esecutiva un maggior grado di dettaglio nell'analisi dei fenomeni di erosione nelle sezioni di interesse, la profondità di erosione  $\delta$  è stimata secondo la relazione seguente.

$$\delta = |h_e - h| \quad (2)$$

Nell'equazione (2)  $h_e$  è il livello idrico nella sezione a seguito dell'evento erosivo, mentre  $h$  è il livello idrico nella sezione precedentemente all'evento di interesse. Il parametro  $h_e$  è stato stimato attraverso formule empiriche, in particolare per il caso di interesse, secondo la formulazione di Blench (1969) nel caso di sabbie e limi.

$$h_e = 0.379 q^{2/3} d_{50}^{-1/6} \quad (3)$$

Nella relazione (3)  $q$  è la portata per unità di larghezza in  $\text{m}^3 (\text{s m})^{-1}$ ,  $d_{50}$  è il diametro corrispondente al 50 % del passante, in metri. Il valore del parametro  $d_{50}$  è compreso tra  $6 \times 10^{-5}$  e 0.002, a vantaggio di sicurezza, nel presente elaborato è stato preso come valore di tale parametro il limite superiore dell'intervallo. La portata per unità di larghezza è ottenuta dal prodotto della velocità massima registrata nella sezione di interesse e il tirante idrico massimo, dati derivanti dalla modellazione in HEC-RAS relativa ad eventi di precipitazione per valore bicentenario del tempo di ritorno. Tale misura è del tutto cautelativa, poiché a elevate velocità del flusso all'interno del canale corrispondono livelli idrici minori, essendo caratteristiche della corrente veloce.

Metodo alternativo per la stima del parametro  $q$  consiste nell'effettuare il rapporto tra la portata al colmo di piena rinvenuta in ogni sezione di interesse, valore ottenibile dalla simulazione bidimensionale, e l'ampiezza massima della relativa sezione, dato registrato durante sopralluoghi in sito. L'ultimo parametro citato è riferito all'ampiezza massimo del canale, ai fini del calcolo dell'erosione è necessaria l'ampiezza del flusso d'acqua, dato dipendente dal tirante idrico e variabile da sezione a sezione. Nel presente elaborato si procede con il primo metodo citato, i risultati sono mostrati nella seguente tabella.

*Tabella 8: Parametri per il calcolo dell'erosione in riferimento alle risoluzioni delle intersezioni*

Intersezione	h (HEC-RAS) [m]	d <sub>50</sub> [m]	v (HEC-RAS) [m s <sup>-1</sup> ]	q [m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> ]	h <sub>e</sub> [m]	δ [m]
I.2	0.54	0.002	1.88	5	0.38	0.56
I.3	0.7	0.002	5.88	5.3	1.11	1.14
I.7	1.09	0.002	1.09	1	1.09	1.13
I.9	0	0.002	0	4	0.00	0.00
I.11	1.1	0.002	10.77	5.4	1.99	1.69
I.12	0.5	0.002	7.8	14	0.56	0.72
I.13	0.45	0.002	0.5	1.6	0.31	0.49
I.14	0.17	0.002	0.7	3.7	0.19	0.35
I.15	0.25	0.002	0.4	3.6	0.11	0.25
I.16	0.2	0.002	2.7	2.2	1.23	1.22
I.17	0.97	0.002	1.4	1	1.40	1.34
I.18	0.55	0.002	2.57	4	0.64	0.80
I.19	0.48	0.002	0.36	1.1	0.33	0.51
I.20	0.42	0.002	0.2	0.8	0.25	0.42
I.24	0.67	0.002	0.93	1.6	0.58	0.74
I.26	0.09	0.002	0.09	2.6	0.03	0.11

In conclusione, nei casi in cui la risoluzione delle interferenze puntuali del cavidotto interrato, avvenga attraverso tecnica T.O.C. (profondità di scavo pari a 2.5 metri) o scavo in trincea (profondità di scavo pari a 2 metri dal fondo alveo), il cavo è posto ad una profondità tale da non essere interessato dai fenomeni erosivi.

## 7 REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE

Le opere di progetto non prevedono aree impermeabilizzate particolarmente estese, essendo le strutture tracker piantate nel terreno senza alcun tipo di fondazione areale, ad eccezione delle power station e della cabina di raccolta, rispettivamente quattro ed una, le quali necessitano di un basamento in c.a. su cui poggiare, la cui estensione riguarda una percentuale poco rilevante dell'area totale.

Per le colture non sono previsti impianti di irrigazione, in quanto si prevede che queste siano praticate con tecnica dell'aridocoltura, scegliendo per tale scopo specie con ridotto fabbisogno irriguo (si fa riferimento all'elaborato FV.MNR02.AGRO.01 – "Relazione Pedo-agronomica"). È opportuno evidenziare che l'attività di irrigazione sarà praticata esclusivamente in caso di estrema necessità (stagioni caratterizzate da un andamento climatico avverso, soprattutto in fasi fenologiche particolarmente sensibili a carenze idriche).

*Tabella 9: Valori delle aree impermeabilizzate rispetto alla superficie totale*

Area totale [m <sup>2</sup> ]	Area impermeabilizzata [m <sup>2</sup> ]	percentuale di impermeabilizzazione [%]
266900	157.5	0.06

La Tabella 9 riporta la percentuale di superficie occupata dai basamenti delle power station e della cabina di raccolta rispetto all'area totale. La percentuale di impermeabilizzazione è di molto inferiore all'unità, tale dato è altamente significativo della totale assenza di alterazione del grado di impermeabilizzazione del suolo su cui insistono le opere di progetto.

Tuttavia, il campo fotovoltaico insiste su terreni di natura argilloso-limosa, i quali ricadono in un range valori di permeabilità molto basso ( $k= 10^{-7}$ -  $10^{-9}$ m/s). Di fatto, la natura impermeabile di suddette litologie inibisce l'infiltrazione delle acque meteoriche, predisponendo quindi le condizioni per estesi fenomeni di ruscellamento e ristagno. Inoltre, l'imbibizione di suddette coltri durante periodi piovosi intensi ne aumenta la plasticità, favorendone di conseguenza la loro eventuale fluidificazione anche laddove le pendenze non risultano accentuate. Si rimanda all'elaborato FV.MNR02.PD.A.02 – "Relazione Geologica" per maggiori dettagli sulle caratteristiche del territorio oggetto di studio.

A valle delle osservazioni effettuate, risulta opportuno prevedere adeguate opere di mitigazione all'interno delle aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico, in particolare un sistema di regimentazione delle acque meteoriche, con lo scopo di allontanare le acque piovane dal sito di interesse, prediligendo tecniche

di progettazione a basso impatto, e drenare il suolo in esame, con sistemi distribuiti di laminazione delle acque.

La scelta dei sistemi di drenaggio sostenibili conduce al raggiungimento di molteplici obiettivi, quali la diminuzione del carico di acque meteoriche smaltite nei diversi corsi d'acqua, la realizzazione di infrastrutture verdi a discapito di quelle grigie, la laminazione e attenuazione del picco di piena durante eventi di pioggia straordinari e il contrasto dei processi di erosione.

La letteratura esistente fornisce svariati modelli a basso impatto per la gestione delle acque meteoriche, tuttavia, si suppone la presenza necessaria, ma non sufficiente, di canali di scolo in terra lungo il perimetro delle aree in esame e di un sistema di tubazioni interne al sito (si fa riferimento all'elaborato *FV.MNR02.PD.D.03 – "Regimentazione acque meteoriche"*).

In particolare, il deflusso delle acque meteoriche può essere condotto attraverso una rete di drenaggio costituita da tubazioni forate interrate, la quale si collega ad un fosso di guardia perimetrale costituito da un canale di forma trapezoidale in terra con protezione in materassi Reno. L'opera citata ha lo scopo di direzionare il flusso d'acqua fino al convogliamento presso i corpi idrici vicini con adeguato controllo ed evitando erosioni superficiali, il tutto seguendo le pendenze naturali del terreno, evitando quindi opere meccaniche per il sollevamento o il pompaggio. Tali processi riducono drasticamente gli approfondimenti dei solchi vallivi causati da un eccessivo dilavamento, con conseguenti fenomeni di ripercussione lungo i versanti.

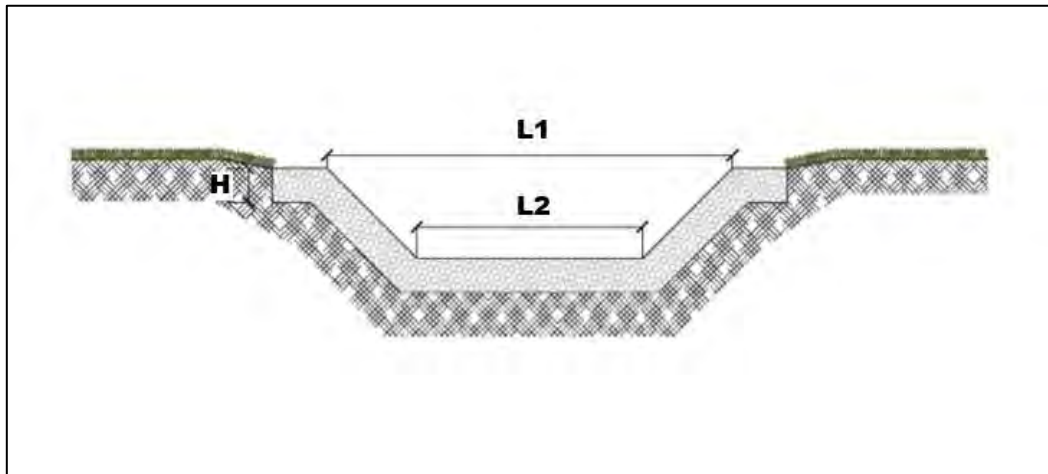
Il dimensionamento e la verifica del canale perimetrale in terra costituente il fosso di guardia è da condurre secondo l'ipotesi di moto uniforme e attraverso la formula di Chezy:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Nella relazione (4)  $Q$  è la portata di riferimento, in  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ,  $n$  è il coefficiente di Manning, già citato nei capitoli precedenti,  $A$  è l'area della sezione bagnata, in  $\text{m}^2$ ,  $R$  è il raggio idraulico (ovvero il rapporto tra l'area  $A$  e il perimetro bagnato della stessa sezione),  $i$  è la pendenza dell'alveo.

Le dimensioni del canale, realizzato in scavo con sezione trapezoidale (Figura 43), dovranno essere progettate in funzione della portata di progetto, tipicamente riferita ad un valore del tempo di ritorno pari a 30 anni e con sponde inclinate di circa  $26^\circ$ , ricordando di maggiorare l'altezza massima di un valore del franco, tipicamente assunto come 5 cm. Per quanto riguarda le interferenze con la viabilità interna al sito, questa non costituisce un particolare ostacolo al sistema di diffuso di drenaggio, essendo la sede stradale

composta da un materiale drenante (opportunamente compattato) in modo da non alterare la permeabilità dei suoli e garantire il transito dei mezzi anche in condizioni di pioggia. Inoltre, si prevede che tali canali perimetrali non impediscano il transito ai mezzi adibiti per l'attività agricola e manutentiva, data le ridotte dimensioni.



*Figura 43: Sezione tipo del canale trapezoidale rivestito in materassi Reno*

La rete drenante sarà realizzata posizionando appositi tubi forati in materiale plastico, eventualmente rivestiti con materiale filtrante (tipo fibra di cocco), dallo spessore compreso tra 50-60 mm ed un passodi circa 8-10 m; si presuppone una posa in opera ad una profondità tra 80-90 cm dal piano campagna, in modo da non intralciare in alcun modo, in seguito, le varie operazioni colturali.

La posa in opera delle tubazioni sarà preceduta da operazioni di livellamento, per quanto possibile, al fine di eliminare affossature del terreno o baulature e, di conseguenza, evitando possibili ristagni superficiali. Successivamente le tubazioni sono posate da specifiche macchine, quali posadreni (talpe) ad una profondità prefissata, in base al livello di pendenza, ai parametri di variabilità di interesse, alla natura del terreno e alla quantità d'acqua da drenare. I rilievi, la spianatura e la posa saranno effettuati con l'ausilio di sistemi di controllo di tipo GPS per migliorarne la precisione.

Al fine di mitigare i fenomeni di desertificazione nell'area in esame, inoltre, per sopperire ad un eccessivo emungimento del suolo durante le stagioni secche, è da considerarsi la progettazione di una vasca di accumulo per attingere ai volumi d'acqua quando necessario. Le pareti del manufatto dovranno essere costituite principalmente da materiali limosi-argillosi con contenuto di sabbie del 15-50 % per garantirne la capacità portante, con lo scopo di ottenere permeabilità non superiori a  $10^{-6}$ - $10^{-8}$  m s<sup>-1</sup>.

Si suppone che le opere di drenaggio descritte non prescindano da una serie di interventi minori sul reticolo idrografico più prossimo, predisponendo arginature lungo il perimetro dei lotti e prevedendo una ricognizione, pulizia e risagomatura delle sponde ove necessario, al fine di garantire un'adeguata regimentazione delle acque meteoriche.

Ci si riserva in fase esecutiva l'approfondimento di tali aspetti dal punto di vista tecnico, considerando, inoltre di rivolgersi ad aziende specializzate nel settore per la realizzazione del sistema di drenaggio interno al parco fotovoltaico.

## 8 CONCLUSIONI

Con riferimento alla configurazione alle opere in progetto rispetto all'assetto idraulico sono state segnati punti lungo i quali le opere in progetto interferiscono con le aree tutelate così come definite dalle N.T.A. del P.A.I.

Le opere in progetto, come rappresentato negli elaborati grafici, sono assolutamente congruenti con l'assetto idraulico del territorio e con le relative condizioni di sicurezza.

In sintesi, si sono delineate le seguenti conclusioni:

- Dove il passaggio avviene su strada o su sede stradale esistente, con attraversamento di un manufatto, si suppone una predisposizione di scavo in trincea, e se necessario una diminuzione dell'altezza di scavo e utilizzo di bauletto protettivo in sezione di scavo, alternativamente in fase esecutiva (anche secondo direttive dell'ente autorizzante) potrà essere presa in considerazione l'ipotesi di passaggio in staffaggio se le opere esistenti lo consentono o attraverso la tecnica TOC di ampiezza minima variabile a seconda dell'attraversamento di interesse;
- Dove il passaggio avviene su strada o su sede stradale esistente, si suppone una predisposizione di scavo in trincea, e se necessario una diminuzione dell'altezza di scavo e utilizzo di bauletto protettivo in sezione di scavo, alternativamente in fase esecutiva (anche secondo direttive dell'ente autorizzante) potrà essere presa in considerazione l'ipotesi di passaggio attraverso la tecnica TOC di estensione minima variabile a seconda dell'attraversamento di interesse;
- Per quanto riguarda le interferenze lineari, si prevede il passaggio del cavo su strada esistente, con predisposizione di scavo in trincea, e se necessario una diminuzione dell'altezza di scavo e utilizzo di bauletto protettivo in sezione di scavo.

Si suppone inoltre che sulla viabilità esistente non si eseguirà nessun intervento che comporti modifiche delle livellette e delle opere idrauliche presenti.

Per quanto argomenta e in base alle scelte tecniche, che non vanno mai ad alterare il deflusso delle acque e che potranno essere maggiormente dettagliate in fase di progettazione esecutiva l'impianto risulta essere in condizioni di "sicurezza idraulica".