

REGIONE SICILIA

PROVINCIA DI PALERMO

COMUNE DI CASTRONOVO DI SICILIA

LOCALITÀ GROTTICELLI

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A 15,48 MWp E POTENZA NOMINALE PARI A 14,42 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

Sezione:

SEZIONE A - RELAZIONI GENERALI

Elaborato:

RELAZIONE IDRAULICA

Nome file stampa:

FV.CST01.PD.A.07.pdf

Codifica Regionale:

RS12REL0008A0_RelazioneIdraulica

Scala:

Formato di stampa:

A4

Nome elaborato:

FV.CST01.PD.A.07

Tipologia:

R

Proponente:

E-WAY 5 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 16647371000



E-WAY 5 S.R.L.
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 - Roma
C.F./P.Iva 16647371000
PEC: e-way5srl@legalmail.it

Progettista:

E-WAY 5 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
P.IVA. 16647371000



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
FV.CST01.PD.A.07	00	06/2022	A.Castelluccio	A.Bottone	A.Bottone

E-WAY 5 S.r.l.

Sede legale
Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
PEC: e-way5srl@legalmail.it tel. +39 0694414500

INDICE

1	PREMESSA.....	7
2	INTRODUZIONE	8
3	METODO DI ANALISI	10
4	LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI	11
4.1	Inquadramento delle opere nei territori di competenza dell’A.d.B.	11
4.1.1	Inquadramento rispetto al reticolo idrografico	11
4.1.2	Inquadramento rispetto al clima	11
4.2	Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia	12
4.2.1	Compatibilità degli interventi rispetto al P.A.I.....	12
4.2.2	Compatibilità degli interventi rispetto alle Norme Tecniche di Attuazione	13
4.3	Interferenze tra le opere di progetto ed il reticolo idrografico.....	14
4.3.1	Aree adibite all’installazione del campo fotovoltaico	14
4.3.2	Viabilità a servizio del campo fotovoltaico	15
5	ANALISI MORFOLOGICA DEI BACINI IDROGRAFICI	17
5.1	Inquadramento geomorfologico	17
5.2	Analisi morfologica dei bacini idrografici	19
6	COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI	23
6.1	Valutazione del coefficiente di deflusso ante-operam e post-operam	23
6.2	Modellazione bidimensionale per la simulazione dell’onda di piena	25
6.3	Modello Geometrico	26
6.4	Metodi di risoluzione delle interferenze delle opere di progetto con il reticolo idrografico	27
6.5	Descrizione delle interferenze ed individuazione delle modalità di risoluzione	29
6.5.1	Interferenza I.IDR.01.....	29
6.5.2	Interferenza I.IDR.02.....	33
6.5.3	Interferenza I.IDR.03.....	36
6.5.4	Dimensionamento tubazione.....	41



RELAZIONE IDRAULICA

CODICE	FV.CST01.PD.A.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	3 di 50

6.5.5 Cenni sul fenomeno dell'erosione del letto 42

7 regimentazione delle acque meteoriche..... 45

8 Modalità di mitigazione del fenomeno erosivo..... 48

9 Conclusioni 50

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 - Inquadramento delle opere su cartografia C.T.R. in relazione al reticolo ed alle relative interferenze.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2 - DTM 10x10 con ubicazione l'area di impianto (a sinistra); Carta delle quote (a destra).....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 3 - Unità Geomorfo-Topografiche (a sinistra); Litologia del Bacino del Fiume Torto (a destra).....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 4- Inquadramento dei bacini idrografici riguardanti le opere di progetto su modello digitale del terreno.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5 - Inquadramento del bacino idrografico riguardante le opere di progetto su modello digitale del terreno</i>	<i>20</i>
<i>Figura 6 - Inquadramento dei sotto-bacini idrografici riguardanti le opere di progetto sulla mappa dell'Uso del Suolo 2008 su scala 1:10000 secondo progetto Corine Land Cover</i>	<i>21</i>
<i>Figura 7 - Inquadramento del sotto-bacino idrografico SB.03 sulla mappa dell'Uso del Suolo 2008 in scala 1:10000 secondo progetto Corine Land Cover.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 8 - Layout delle aree di progetto in riferimento alla mappa litologica 1:25000 (in alto); Layout delle aree di progetto in riferimento alla mappa dell'uso del suolo (in basso)</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9 : Schema tipologico della Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.).....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10 - Risoluzione tipologica degli attraversamenti mediante staffaggio e scavo in trincea</i>	<i>29</i>
<i>Figura 11 - a) Interferenza I.IDR.01 in riferimento alla Carta Tecnica Regionale della regione Sicilia; b) Interferenza I.IDR.01 in riferimento alle immagini satellitari di Google Earth.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 12 - Modello geometrico in riferimento alla simulazione bidimensionale del bacino SB.01.03</i>	<i>31</i>
<i>Figura 13 - Area potenzialmente allagabile. L'intensità del colore blu è proporzionale all'altezza del tirante in corrispondenza di ciascun pixel del DTM.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 14 - Foto dell'interferenza I.IDR.01 ottenuta mediante sopralluogo in sito.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 15 - Foto dell'interferenza I.IDR.02 ottenuta mediante sopralluogo in sito: a) mostra l'attraversamento del rivolo sulla strada sterrata attualmente esistente; b) mostra il fosso in cui l'alveo si rigetta in seguito all'attraversamento ..</i>	<i>34</i>
<i>Figura 16 - a) Interferenza I.IDR.02 in riferimento alla Carta Tecnica Regionale della regione Sicilia; b) Interferenza I.IDR.02 in riferimento alle immagini satellitari di Google Earth.</i>	<i>34</i>
<i>Figura 17 - Modello geometrico in riferimento alla simulazione bidimensionale del bacino SB.02.03</i>	<i>35</i>
<i>Figura 18 - Area potenzialmente allagabile. L'intensità del colore blu è proporzionale all'altezza del tirante in corrispondenza di ciascun pixel del DTM.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 19 - Interferenza I.IDR.03 in riferimento alle immagini satellitari di Google Earth. Nell'immagine è riportato anche il punto di scatto della foto rappresentata nel seguito. Esso è avvenuto in direzione ovest.</i>	<i>37</i>
<i>Figura 20 - Foto dell'asta interferente sia con la strada che col cavidotto di progetto</i>	<i>38</i>
<i>Figura 21 - Geometria usata per la simulazione.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 22 - Area potenzialmente allagabile. L'intensità del colore blu è proporzionale all'altezza del tirante in corrispondenza di ciascun pixel del DTM.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 23 - Profilo dell'area in esame tracciato nella direzione del cavidotto</i>	<i>40</i>



RELAZIONE IDRAULICA

CODICE	FV.CST01.PD.A.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	5 di 50

Figura 24 - Sezione tipo del canale trapezoidale rivestito in materassi Reno 46

Figura 25 - Sezione tipo di un drenaggio con fascinate vive 49

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 - Interferenze tra il tracciato del cavidotto a 36 kV interrato e il reticolo idrografico esistente</i>	<i>15</i>
<i>Tabella 2 - Interferenze tra il tracciato del cavidotto a 36 kV interrato e il reticolo idrografico esistente</i>	<i>15</i>
<i>Tabella 3 – Caratteristiche principali dei bacini di interesse</i>	<i>22</i>
<i>Tabella 4 - Parametro CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento alle aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico</i>	<i>24</i>
<i>Tabella 5 - Parametri per la valutazione del coefficiente di deflusso delle aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico post-operam</i>	<i>25</i>
<i>Tabella 6 - Categorie di aree di dominio e relativi valori assegnati del coefficiente di Manning</i>	<i>27</i>
<i>Tabella 7 - Tabella riepilogativa del dimensionamento delle tubazioni</i>	<i>42</i>
<i>Tabella 8 - Valori delle aree impermeabilizzate rispetto alla superficie totale</i>	<i>45</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, sito in agro di Castronovo di Sicilia (PA).

In particolare, l'impianto in progetto ha una potenza di picco pari a 15,48 MWp e una potenza nominale di 14,42 MW ed è costituito dalle seguenti sezioni principali:

1. 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 solare mono-assiali (tracker);
2. Una stazione di conversione e trasformazione dell'energia elettrica detta "Power Station" per ogni sottocampo dell'impianto;
3. Una Cabina di Raccolta e Misura a 36 kV;
4. Linee elettriche a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione delle Power Station con la Cabina di Raccolta e Misura;
5. Una linea elettrica a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione della Cabina di Raccolta e Misura con la Futura Stazione Elettrica (SE) 380/150/36 kV.

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way 5 S.R.L., avente sede legale in Piazza San Lorenzo in Lucina, 4 - 00186 Roma (RM), P.IVA 16647371000.

2 INTRODUZIONE

Il presente elaborato ha lo scopo di determinare la compatibilità idrologica (si fa riferimento all'elaborato "FV.CST01.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, il tutto integrato da sopralluoghi in sito.

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.CST01.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 ed alle relative interferenze (si fa riferimento all'elaborato "FV.CST01.PD.A.08 – Interferenze col reticolo idrografico da carta C.T.R., IGM e ortofoto").

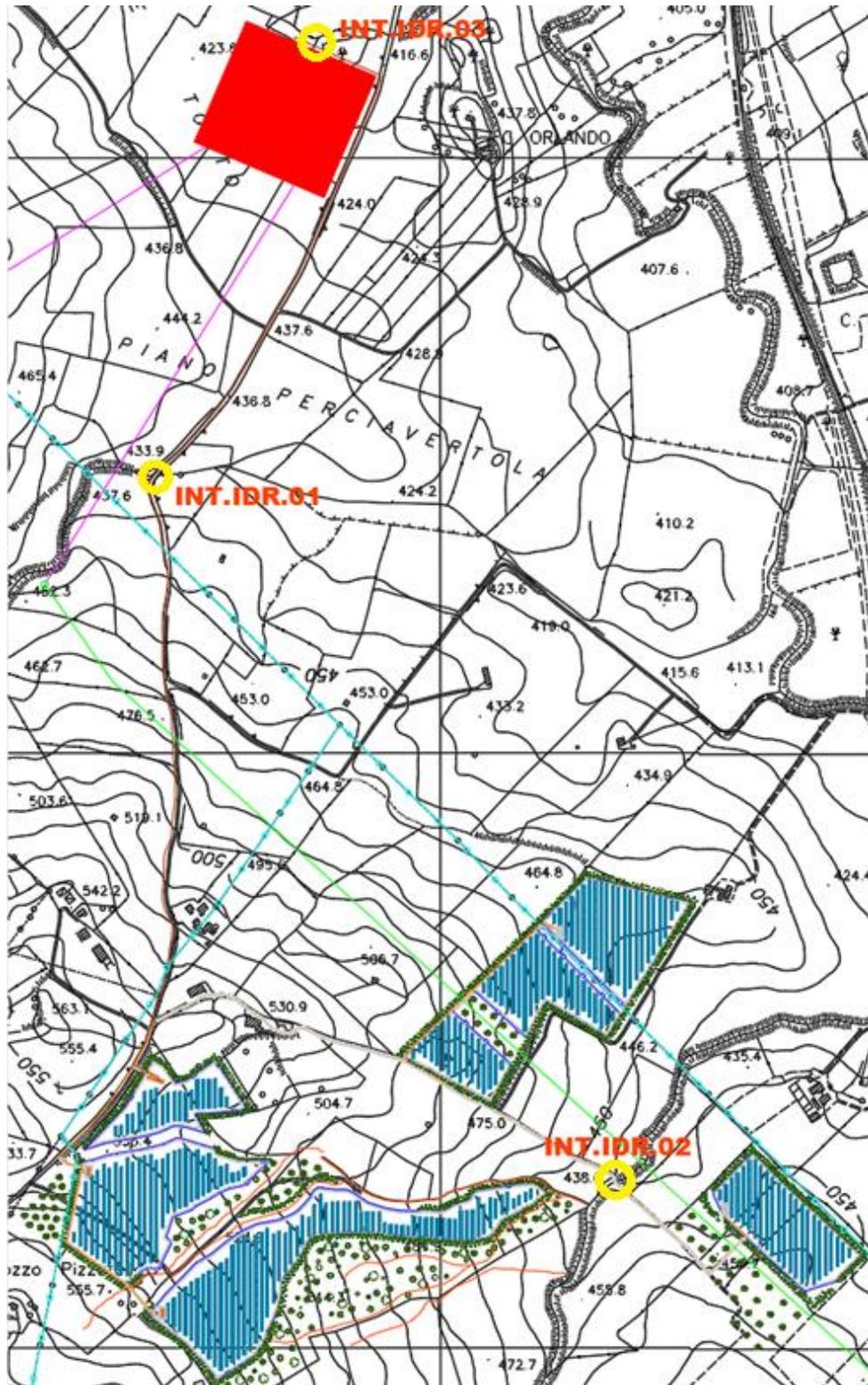


Figura 1 - Inquadramento delle opere su cartografia C.T.R. in relazione al reticolo ed alle relative interferenze

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'A.d.B. (Autorità di Bacino) del Distretto idrografico della Sicilia.

L'area di progetto ricade interamente nel Bacino del Fiume Torto. All'interno dell'area studio è presente un denso reticolo idrografico: le opere di progetto sono interessate da alcuni affluenti privi di denominazione del Fiume Torto presso la sinistra idraulica, il quale sfocia nel Mar Tirreno presso il comune di Termini Imerese.

Le aree interessate dalla pericolosità idraulica sono individuate dal P.A.I. (Piano Stralcio Assetto Idrogeologico) e sono rappresentate nella cartografia ufficiale notificata alle Amministrazioni Comunali.

Il reticolo idrografico intersecante l'area studio è stato identificato attraverso la cartografia C.T.R. alla scala 1:10000 (disponibile sul SIT della regione Sicilia) e la cartografia I.G.M. in 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 allegate 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 dei confini del comune di Castronovo di Sicilia (PA), nello specifico nella zona orientale, in prossimità del confine con il comune di Lercara Friddi (PA).

Le opere di progetto ricadono inoltre nel bacino idrografico del Fiume Torto, il quale è situato nel versante settentrionale della Sicilia e si sviluppa principalmente nei territori comunali della provincia di Palermo e marginalmente nei territori delle province di Agrigento e Caltanissetta. Il bacino di riferimento occupa un'area di 423.41 km², geograficamente si sviluppa tra i gruppi montuosi delle Madonie ad Est ed i Monti di Termini ad Ovest, comprendendo anche la zona interna collinare tra la catena settentrionale ed i Monti Sicani; dal punto di vista idrografico l'area di interesse confina con il bacino del Fiume Imera Settentrionale, a sud con il bacino del Fiume Platani, ad ovest con il bacino del Fiume San Leonardo. Il bacino presenta una variabilità morfologica piuttosto spiccata, comprende al suo interno gran parte di Monte San Calogero in corrispondenza dell'ultima porzione sulla sinistra orografica. L'andamento dell'asta principale e relativi affluenti è fortemente influenzato dalla dorsale di Monte Roccelito e la sua prosecuzione ad ovest con P.zo Bosco, dalla dorsale nord-sud denominata La Montagna e dalle alture arenarie di P.zo Fico, P.zo Conca, M. Castellazzo, M. Rigiura, e Serra Tignino, i quali caratterizzano la porzione centrale in destra idrografica.

L'asta principale del Fiume Torto nel tratto di monte si sviluppa in direzione est-ovest parallelamente allo spartiacque meridionale; gli affluenti maggiori sono il T. Gian Jacopo e il V.ne Guccia, a valle di tali confluenze, presso la sinistra idraulica del fiume principale, è situata l'area di interesse.

Il Fiume Torto ha un regime tipicamente torrentizio, caratterizzato da lunghi periodi di magra con valori di portata vicini allo zero (in sette anni di osservazioni in località Bivio Cerda si è registrato un numero massimo di 158 giorni consecutivi a portata nulla, mentre nel 50 % degli anni si è raggiunto un numero di 118 giorni).

4.1.2 Inquadramento rispetto al clima

Il P.A.I. ha individuato le caratteristiche climatiche che contraddistinguono il bacino idrografico del fiume Torto, 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 media annua all'interno del territorio in esame è pari a circa 15.4°C, mentre le temperature medie mensili oscillano tra un valore minimo di circa 8°C e un valore massimo di 24-25°C.

In linea generale, i giorni più piovosi ricadono nel semestre autunno-inverno, in particolare, nell'intervallo tra i mesi di ottobre e marzo. Le precipitazioni diventano di scarsa entità nel periodo compreso tra giugno e settembre.

Dai dati termo-pluviometrici si evince che l'andamento climatico della zona considerata è assimilabile a quello medio della Sicilia sud-occidentale, classificabile come temperato-mediterraneo, caratterizzato da un periodo piovoso tra ottobre e aprile e minimi stagionali da giugno ad agosto, quando si raggiungono le temperature più elevate.

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 alle Norme Tecniche 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 copi 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'installazione del campo fotovoltaico

Le aree interessate dall'installazione del campo fotovoltaico e le opere annesse non interferiscono direttamente con alcun corso d'acqua del reticolo idrografico. Nei pressi del sito defluisce un piccolo ruscello non cartografato su C.T.R. Esso non interseca l'area interessata dalle opere di progetto e dai sopralluoghi in sito si è osservato che il torrente in questione non costituisce ragione di pericolo. Non si è ritenuto quindi necessario tener conto di esso nelle valutazioni idrauliche ed idrologiche che seguono.

4.3.2 Viabilità a servizio del campo fotovoltaico

Si prevede che la viabilità prevista al campo fotovoltaico si basi principalmente su tratti di strada esistenti e/o da adeguare. Gli unici tratti di nuova realizzazione riguardano la viabilità interna al sito e il tratto di strada che collega il cavidotto alla stazione elettrica, i quali interferiscono con il reticolo idrografico nei punti riportati in Tabella 1. Si suppone che la viabilità esistente sia stata sottoposta ad indagini riguardanti la sicurezza idraulica, essendo stata riscontrata la presenza di opportune opere di smaltimento idraulico delle acque durante lo svolgimento dei sopralluoghi in sito.

Tabella 1 - 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.IDR.02	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente del Fiume Torto	Strada di progetto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.IDR.03	Corso d'acqua rinvenuto da foto satellitare	Affluente secondario del fiume Torto	Strada di progetto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

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 rilevate tre interferenze, riportate nella tabella seguente.

Tabella 2 - 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.IDR.01	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente del Fiume Torto	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.IDR.02	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente del Fiume Torto	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia
I.IDR.03	Corso d'acqua rinvenuto da carta C.T.R. 1:10000	Affluente secondario del Fiume Torto	Cavidotto	Corso d'acqua gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia



RELAZIONE IDRAULICA

CODICE

FV.CST01.PD.A.07

REVISIONE n.

00

DATA REVISIONE

06/22

PAGINA

16 di 50

Le tre interferenze sono state riscontrate durante i sopralluoghi in sito.

5 ANALISI MORFOLOGICA DEI BACINI IDROGRAFICI

5.1 Inquadramento geomorfologico

L'area di intervento ricade all'interno del bacino del F. Torto, ubicato lungo il settore settentrionale della Sicilia e con un'estensione di circa 423,41 km². La conformazione geologica è caratterizzata principalmente da due tipologie di paesaggio, di cui uno tipicamente collinare e l'altro prettamente montuoso (peculiare delle aree più elevate). Le aree collinari sono costituite da rilievi generalmente arrotondati, con versanti debolmente inclinati e modellati da movimenti in massa e dal ruscellamento delle acque superficiali. Le aree montuose sono dominate da estesi massicci e aspri rilievi, con versanti da mediamente a fortemente inclinati.

Il carattere lito-strutturale ereditato dalle fasi deformative connesse alla tettonica appenninica ha contribuito notevolmente all'attuale assetto geomorfologico alla scala dell'intero bacino. I processi di formazione della catena Siculo-Maghrebide hanno, infatti, generato alti e bassi topografici, corrispondenti a sistemi di faglie a cinematica e rigetto variabile. Inoltre, gli alti topografici coincidono con le unità litoidi meno erodibili, in opposizione alle porzioni ribassate, corrispondenti a terreni argilloso-pelitici più suscettibili ai processi morfoselettivi. Nelle aree collinari del bacino la morfogenesi si esplica principalmente grazie all'azione dei corsi d'acqua e ai processi di dilavamento, oltre che ai frequenti fenomeni franosi superficiali. Le aste fluviali di ordine gerarchico inferiore risultano all'incirca ortogonali a quelle principali e tendono a ramificarsi sui substrati di natura argillosa-pelitica. In generale i corsi d'acqua minori danno luogo a valli a V, mentre quelli di ordine maggiore originano valli a fondo piatto.

L'area di progetto ricade all'interno del comune di Castronovo di Sicilia, in una porzione territoriale caratterizzata da un paesaggio tipicamente collinare posto a quote comprese tra 500 e 550 m.s.l.m. In questo settore sono esposte le successioni argilloso ed argilloso-pelitiche della Fm. Delle Argille Variegate e del Flysch Numidico che, laddove interposte alle unità litoidi ascrivibili ai depositi terrigeni della Fm. Di Terravecchia, formano scarpate di morfoselezione e modesti rilievi monoclinali di tipo cuesta.

Il carattere litologico prevalente è quello argilloso, le cui forme sono connesse a processi di alterazione e degradazione, oltre che da uno scarso drenaggio. Le morfologie possono essere ricondotte a versanti regolarizzati a bassa inclinazione (< 20%) con sviluppo limitato di suolo e vegetazione prevalentemente erbaceo-arbustiva, in cui possono essere identificate forme di erosione accelerata e di accumulo derivate da colate e frane. La scarsa permeabilità delle successioni argillose riduce la capacità di trattenere le acque meteoriche, le quali defluendo prettamente in superficie, originano reti di drenaggio irregolare e con marcato

CODICE	FV.CST01.PD.A.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	18 di 50

trasporto solido. Le ondulazioni e le forme irregolari sono connesse sia alla presenza di dissesti che a fenomeni di reptazione e plasticizzazione delle coperture eluvio-colluviali e regolitiche.

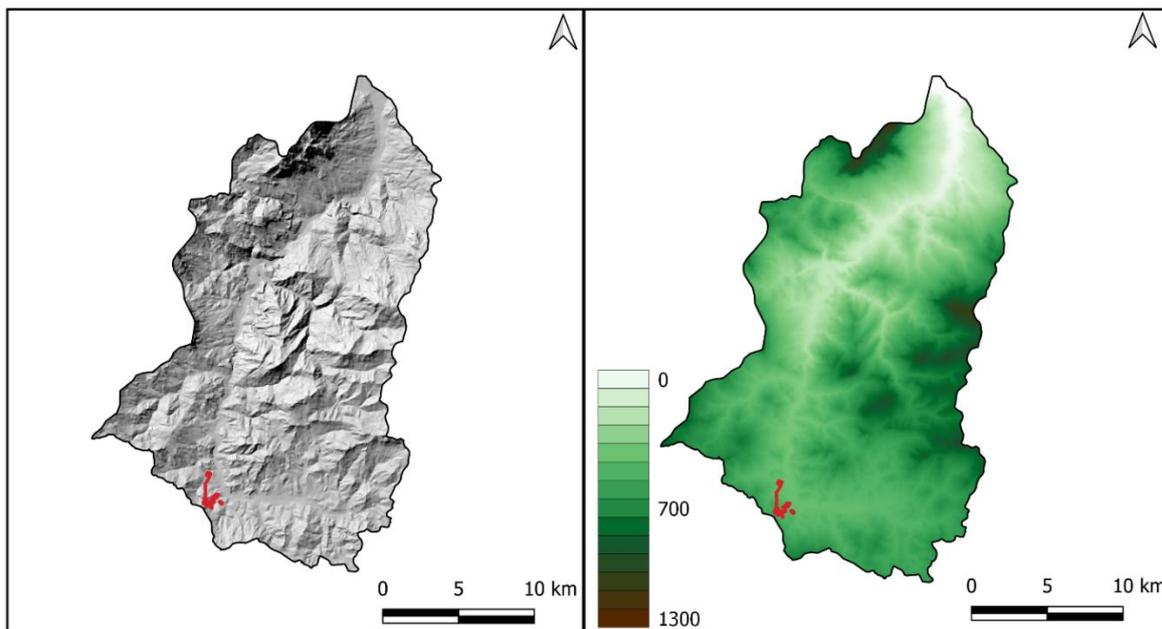


Figura 2 - DTM 10x10 con ubicazione l'area di impianto (a sinistra); Carta delle quote (a destra)

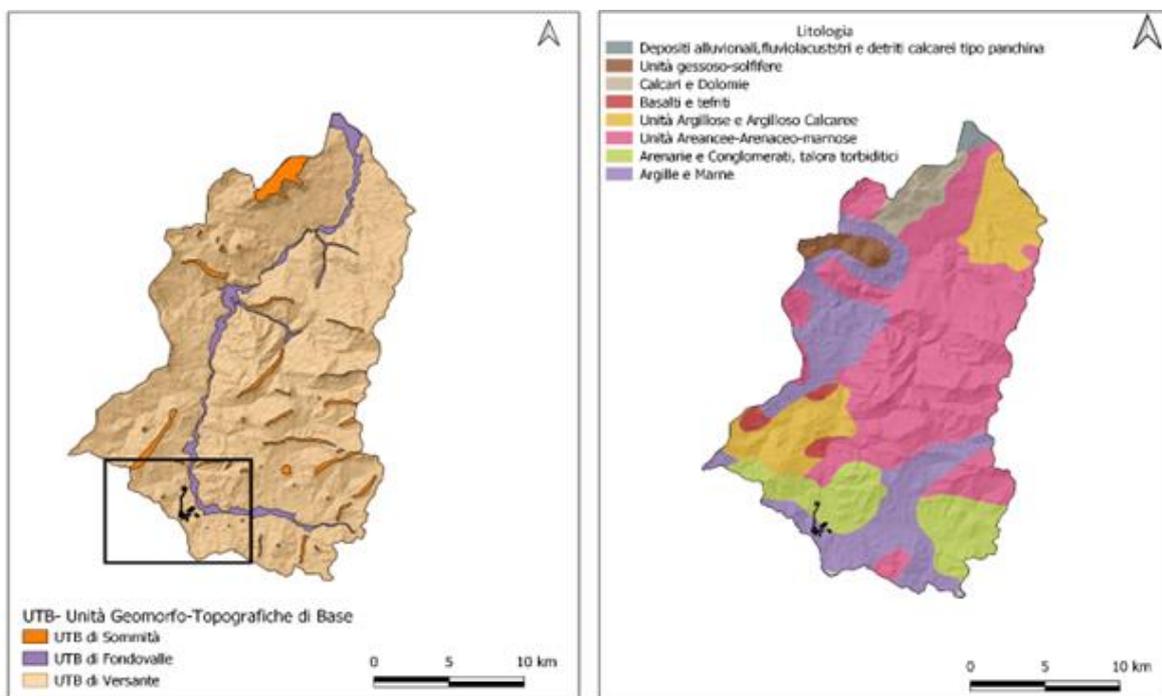


Figura 3 - Unità Geomorfo-Topografiche (a sinistra); Litologia del Bacino del Fiume Torto (a destra)

CODICE	FV.CST01.PD.A.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	19 di 50

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 Castronovo (PA) e riguardano alcuni affluenti del fiume Torto, il quale sfocia nel Mar Tirreno nel comune di Termini Imaese nella città metropolitana di Palermo. In Figura 4 è riportata la rappresentazione dei bacini idrografici individuati, con sezione di chiusura immediatamente a valle delle interferenze in esame, in riferimento al modello digitale del terreno 10m x 10m prodotto all'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) nell'ambito del progetto Tinality.

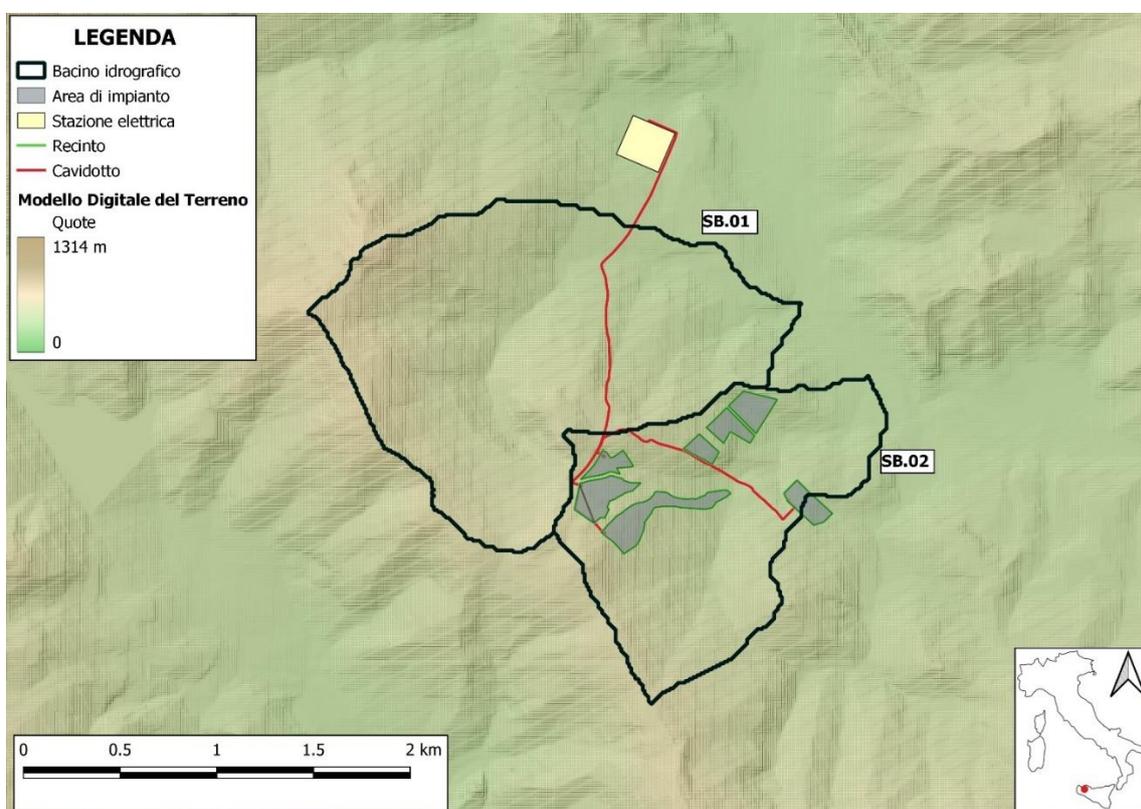


Figura 4- Inquadramento dei bacini idrografici riguardanti le opere di progetto su modello digitale del terreno

Inoltre, è stato individuato un ulteriore bacino di dimensioni più modeste dal modello digitale del terreno 1m x 1m rilasciato dal Ministero della transizione ecologica (MiTE). Esso è rappresentato nella seguente figura.

CODICE	FV.CST01.PD.A.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	20 di 50

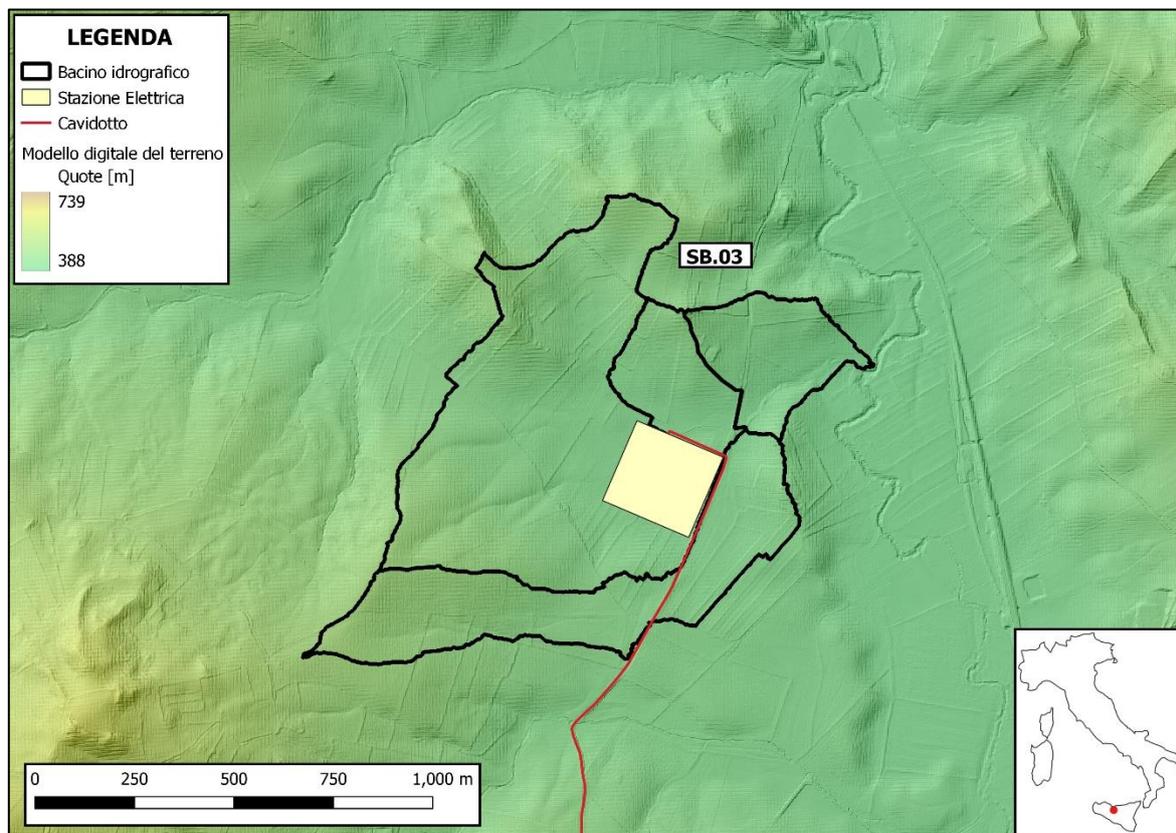


Figura 5 - Inquadramento del bacino idrografico riguardante le opere di progetto su modello digitale del terreno

Una possibile schematizzazione del territorio consiste nella 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 km², 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.

CODICE	FV.CST01.PD.A.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	21 di 50

A seguito di tali considerazioni, si procede con la determinazione, attraverso il DTM a disposizione, dei bacini idrografici. Essi sono indicati con il prefisso SB e sono rappresentati nella figura precedente. La loro sezione di chiusura è posta nei pressi delle confluenze con il F. Torto e ciascuno dei tre bacini presenta un'unica interferenza al proprio interno.

Le aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico ricadono in una porzione di territorio di scarsa acclività, con quote variabili da un minimo di 420 m ed un massimo di 560 m. Il territorio presenta variazioni di pendenza non eccessivamente rilevanti. Per tale ragione, si ipotizza che i deflussi che si generano in prossimità delle intersezioni tra gli alvei e il cavidotto a 36 kV interrato, seppur relativi a eventi con tempo di ritorno di 200 anni, siano di modesta entità.

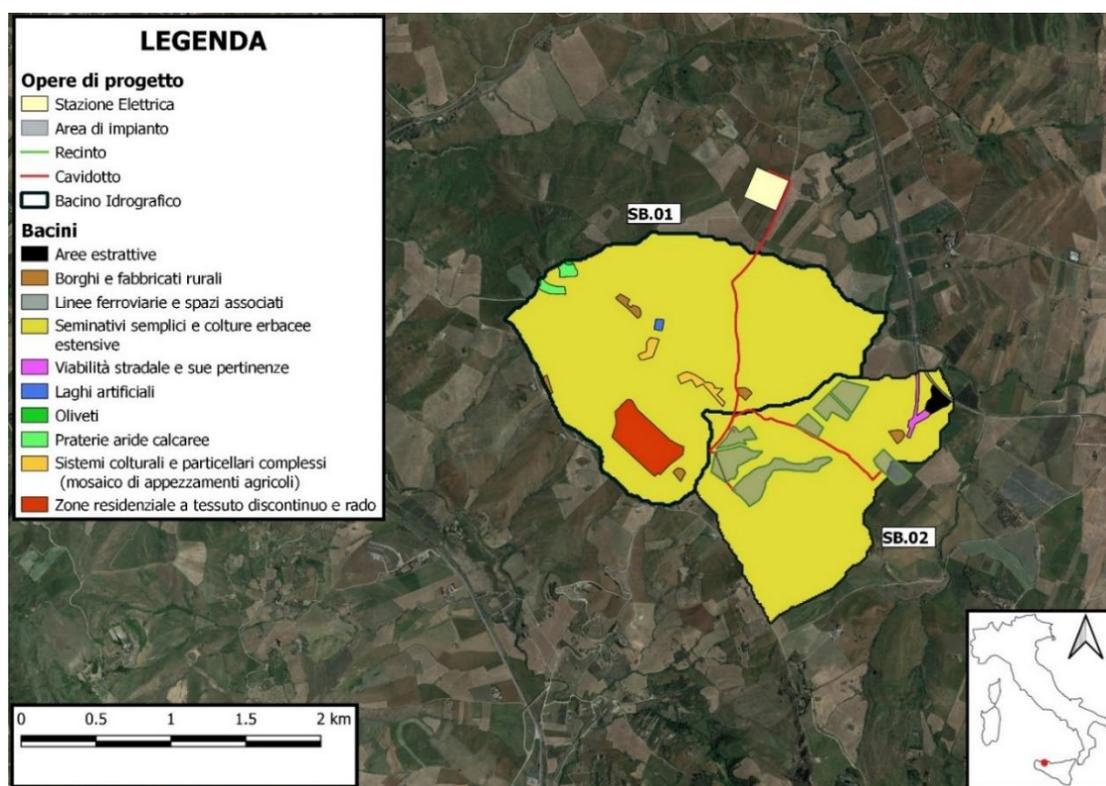


Figura 6 - Inquadramento dei sotto-bacini idrografici riguardanti le opere di progetto sulla mappa dell'Uso del Suolo 2008 su scala 1:10000 secondo progetto Corine Land Cover

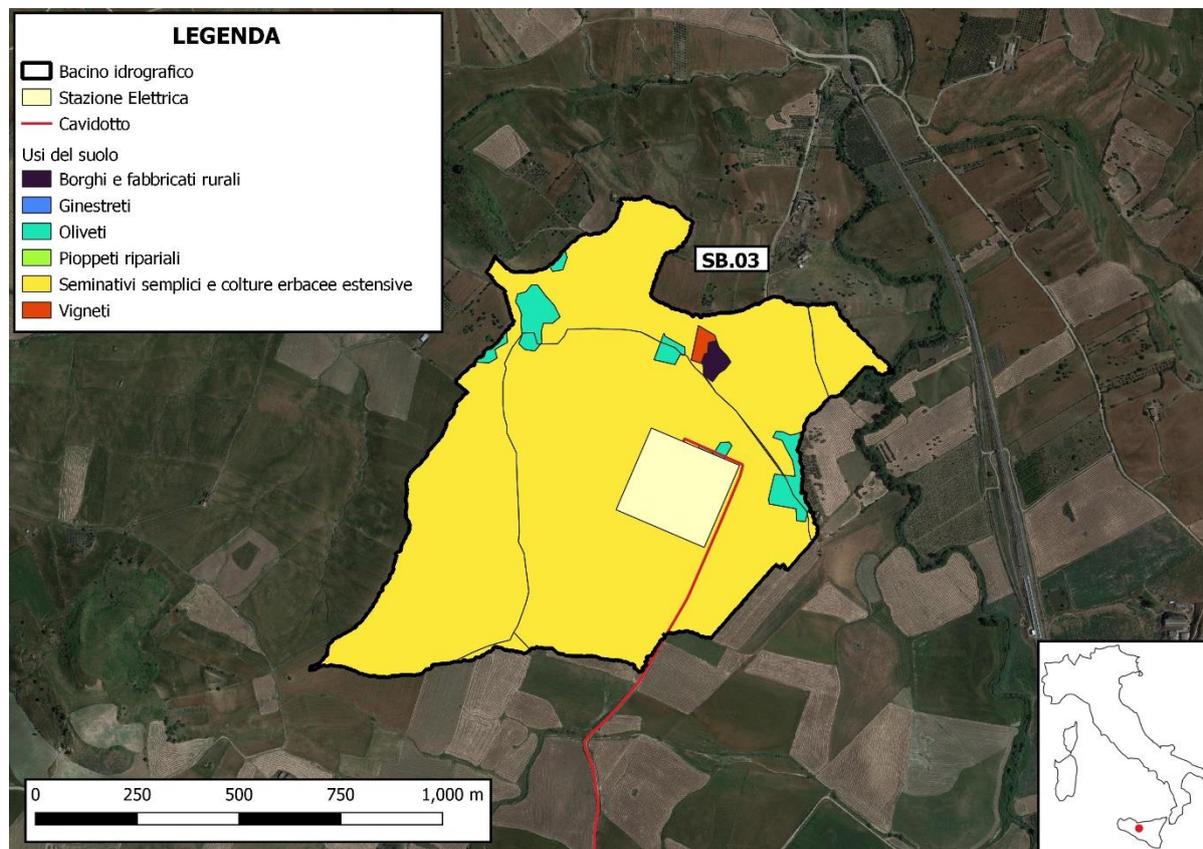


Figura 7 - Inquadramento del sotto-bacino idrografico SB.03 sulla mappa dell'Uso del Suolo 2008 in scala 1:10000 secondo progetto Corine Land Cover

Le figure precedenti riportano i bacini rispetto la Carta dell'Uso del Suolo del 2008 redatte secondo progetto Corine Land Cover (CLC) a scala 1:10000, reperibile sul sito web del Sitr della regione Sicilia. Gran parte dell'area è interessata da seminativi semplici e colture erbacee estensive. Le zone più antropizzate sono interessate da aree residenziali a tessuto discontinuo e rado, aree estrattive, linee ferroviarie e strade. Esse sono però di modesta estensione e prevalentemente l'area è interessata da usi agricoli. La tabella che segue riporta le caratteristiche principali dei tre sottobacini.

Tabella 3 – Caratteristiche principali dei bacini di interesse

ID	L [km]	A [km ²]	$p_{media,bacino}$ [%]	t_c [h]	$q_{max,bacino}$ [m]	$q_{min,bacino}$ [m]	$p_{media,asta}$ [%]
SB.01	4.82	2.693	0.16	1.89	643.3	409.5	0.09
SB.02	2.89	1.64	0.07	1.13	595.5	413.9	0.07
SB.03	2.52	0.62	0.13	1.31	524.8	402.4	0.07

6 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI

6.1 Valutazione del coefficiente di deflusso ante-operam e post-operam

È stato valutato l'impatto dell'installazione delle strutture tracker, attraverso un confronto tra il coefficiente di deflusso φ 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 9.80 m, mentre l'altezza in mezzzeria rispetto al piano campagna è di 2.41 m (si rimanda all'elaborato *FV.CST01.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 variano 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 φ per le sole aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico, si procede con il metodo CN (si rimanda all'elaborato *FV.CST01.PD.A.06 – "Relazione Idrologica"*) focalizzato alle sole aree di interesse. Per quanto concerne l'uso del suolo, esse sono completamente interessate da seminativi semplici e colture erbacee estensive. La litologia è invece varia e nella seguente tabella viene mostrato come essa si distribuisce sul territorio di interesse.

Tabella 4 - Parametro CN in relazione al tipo di copertura e al tipo di suolo in riferimento alle aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico

ID	Litologia	Tipo Suolo	CN	A [m ²]	Percentuale area interessata
1	Arenarie Molassiche	tra A e B	67	66323.72	16.9
2	Argille Varicolori	tra B e C	75	147017.67	37.5
3	Argille	D	81	179116.83	45.6

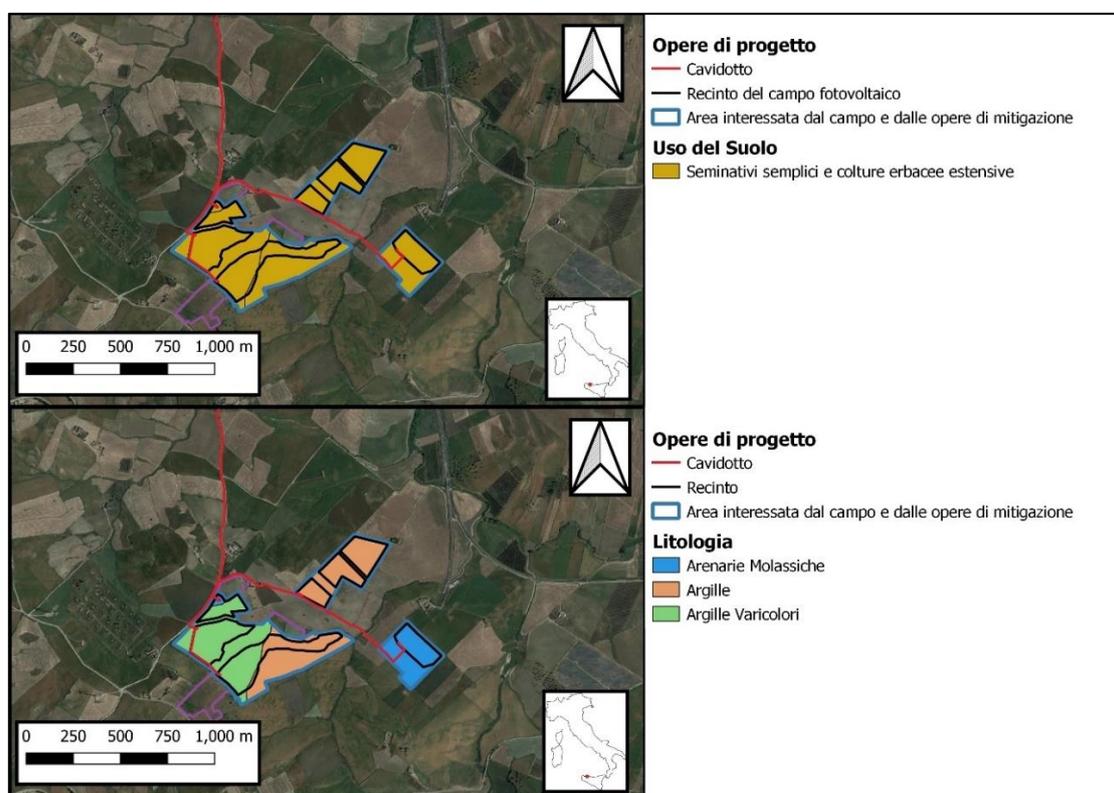


Figura 8 - Layout delle aree di progetto in riferimento alla mappa litologica 1:25000 (in alto); Layout delle aree di progetto in riferimento alla mappa dell'uso del suolo (in basso)

La valutazione del CN è stata condotta attraverso una media pesata sull'area, ottenendo un valore pari a 76. Pertanto, si assume, per le sole aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico, un valore del coefficiente di deflusso φ pari a 0.23.

Al fine della valutazione della porzione di suolo coperta, è stato preso in considerazione uno studio condotto da Cook et al. nel 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, si

considera che l'area interessata dalle strutture sia 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 influenzata dal fenomeno di infiltrazione diretta (per cui con coefficiente di deflusso unitario).

Essendo i pannelli regolati da un sistema di 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 ad un periodo di ritorno bicentenario colpisca l'area in esame quando i pannelli sono in condizione di riposo (il tilt della struttura è nullo). L'area dry è quindi pari al 50% dell'intera area utile dei pannelli montati su tracker. La seguente tabella riporta i valori ottenuti dall'analisi appena descritta.

Tabella 5 - Parametri per la valutazione del coefficiente di deflusso delle aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico post-operam

Superficie totale [m²]	392300
Proiezione a terra dei tracker in posizione di riposo [m²]	75142.05
rapporto di copertura [%]	0.1915
Percentuale di area "dry" con coefficiente di deflusso pari ad 1 [%]	9.58
Coefficiente di deflusso ante operam stimato	0.23
Coefficiente di deflusso post operam stimato	0.30

Si ricorda che le perdite idrologiche per infiltrazione sono state schematizzate come costanti attraverso il metodo CN (si rimanda all'elaborato FV.CST01.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 3 punti da quello precedente.

6.2 Modellazione bidimensionale per la simulazione dell'onda di piena

Per le opere di progetto intersecanti il reticolo idrografico rinvenuto da cartografia C.T.R. 1:10000 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 che nelle aree limitrofe è studiata secondo l'equazione di Manning:

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

Q è la portata in m^3/s , f è la pendenza del fondo, Ω 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 è la scabrezza espressa in $s/m^{1/3}$.

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).

6.3 Modello Geometrico

Nel presente elaborato, l'analisi di compatibilità idraulica è stata condotta sulla base di tre domini bidimensionali, uno per ogni bacino, 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 tre domini differenti è motivata dalla necessità dell'adozione di una cella elementare della mesh che li compone di dimensione $2m \times 2m$ 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 Fiume Torto e con sezione di chiusura presso l'affluenza delle aste nel Fiume Torto. I perimetri vengono ampliati rispetto i confini naturali dei bacini col fine di 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 utilizzando la mappa dell'Uso del Suolo del 2008 elaborata nell'ambito del progetto Corine Land Cover alla scala 1:10000. 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 6 - Categorie di aree di dominio e relativi valori assegnati del coefficiente di Manning

CATEGORIA	Coef. Manning [s/m^{1/3}]
Insedimenti industriali, artigianali, commerciali e spazi annessi	0.013
Aree estrattive	0.03
Cantieri	0.025
Zone residenziale a tessuto discontinuo e rado	0.026
Borghi e fabbricati rurali	0.024
Linee ferroviarie e spazi associati	0.03
Viabilità stradale e sue pertinenze	0.028
Eucalipteti impianti di eucalitti a uso produttivo e per alberature	0.035
Vigneti	0.035
Frutteti (impianti arborei specializzati per la produzione di frutta)	0.035
Oliveti	0.035
Sistemi colturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli)	0.035
Incolti	0.03
Boschi e boscaglie ripariali	0.035
Praterie aride calcaree	0.03
Laghi artificiali	0
Seminativi semplici e colture erbacee estensive	0.035
Querceti (bosco termoeliofilo)	0.035
Pioppeti ripariali	0.035
Pruneti	0.035
Ginestreti	0.035

6.4 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 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 (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 9 riporta la schematizzazione generica della tecnica T.O.C. così come descritta in precedenza (si rimanda all'elaborato "FV.CST01.PD.G.02 – Risoluzione topologica delle interferenze")

CODICE	FV.CST01.PD.A.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	29 di 50

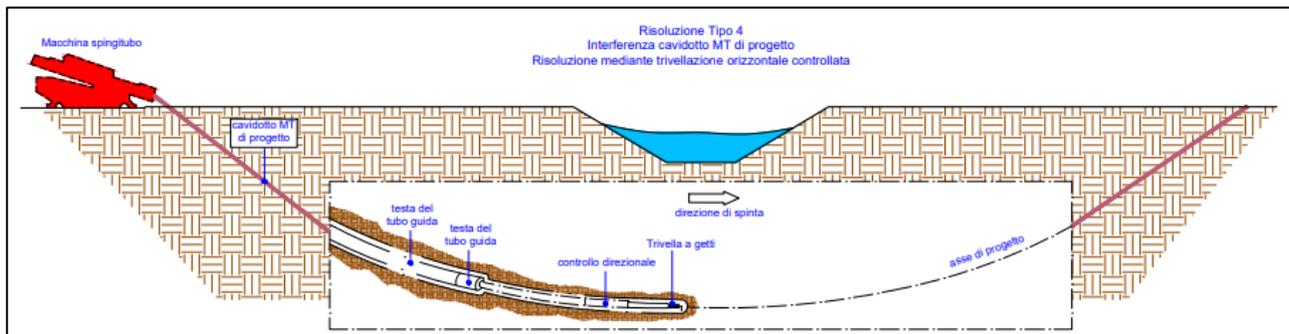


Figura 9 : Schema tipologico della Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.)

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 re-immissione della tubazione all'interno del corpo stradale a monte o a valle dell'attraversamento. La Figura 10 riporta la risoluzione tipologica delle prime due modalità di attraversamento citate in precedenza.

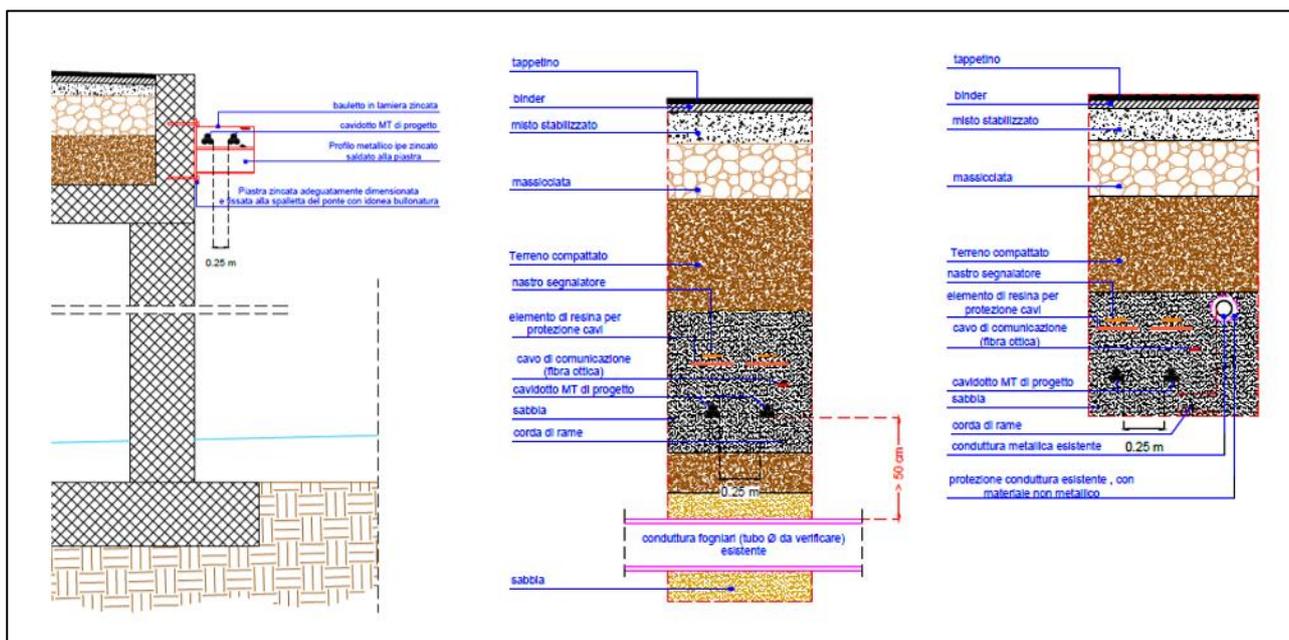


Figura 10 - Risoluzione tipologica degli attraversamenti mediante staffaggio e scavo in trincea

6.5 Descrizione delle interferenze ed individuazione delle modalità di risoluzione

6.5.1 Interferenza I.IDR.01

L'interferenza è dovuta ad un'intersezione del tracciato del cavidotto MT con il reticolo idrografico. Essa è stata identificata sovrapponendo il layout del cavidotto di progetto alla carta tecnica regionale della Sicilia

CODICE	FV.CST01.PD.A.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	30 di 50

alla scala 1:10000. La figura che segue mostra l'interferenza sia in riferimento alla C.T.R. della regione Sicilia che in riferimento alle immagini satellitari di Google Earth.

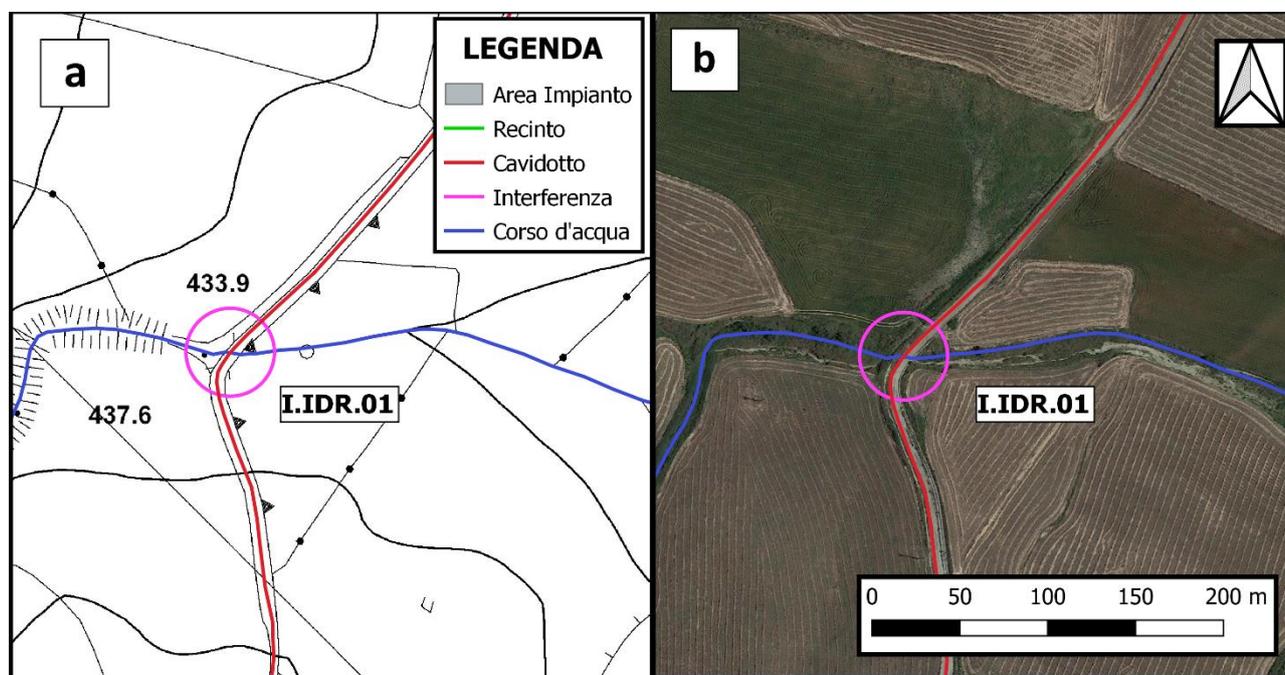


Figura 11 - a) Interferenza I.IDR.01 in riferimento alla Carta Tecnica Regionale della regione Sicilia; b) Interferenza I.IDR.01 in riferimento alle immagini satellitari di Google Earth.

L'interferenza riguarda un canale che passa al di sotto della sede stradale per il deflusso delle acque meteoriche.

Sono state determinate l'area allagabile ed il massimo tirante nell'alveo nel caso in cui la portata defluente fosse dovuta all'evento bi-centenario considerato nell'analisi idrologica (per la quale si rimanda alla relazione "FV.CST01.PD.A.06 – Relazione Idrologica"). È stata effettuata una simulazione bidimensionale attraverso il software HEC-RAS, basata su una geometria avente le caratteristiche descritte al paragrafo 6.3 e di estensione simile a quella del sottobacino in cui ricade l'interferenza (Figura 12).

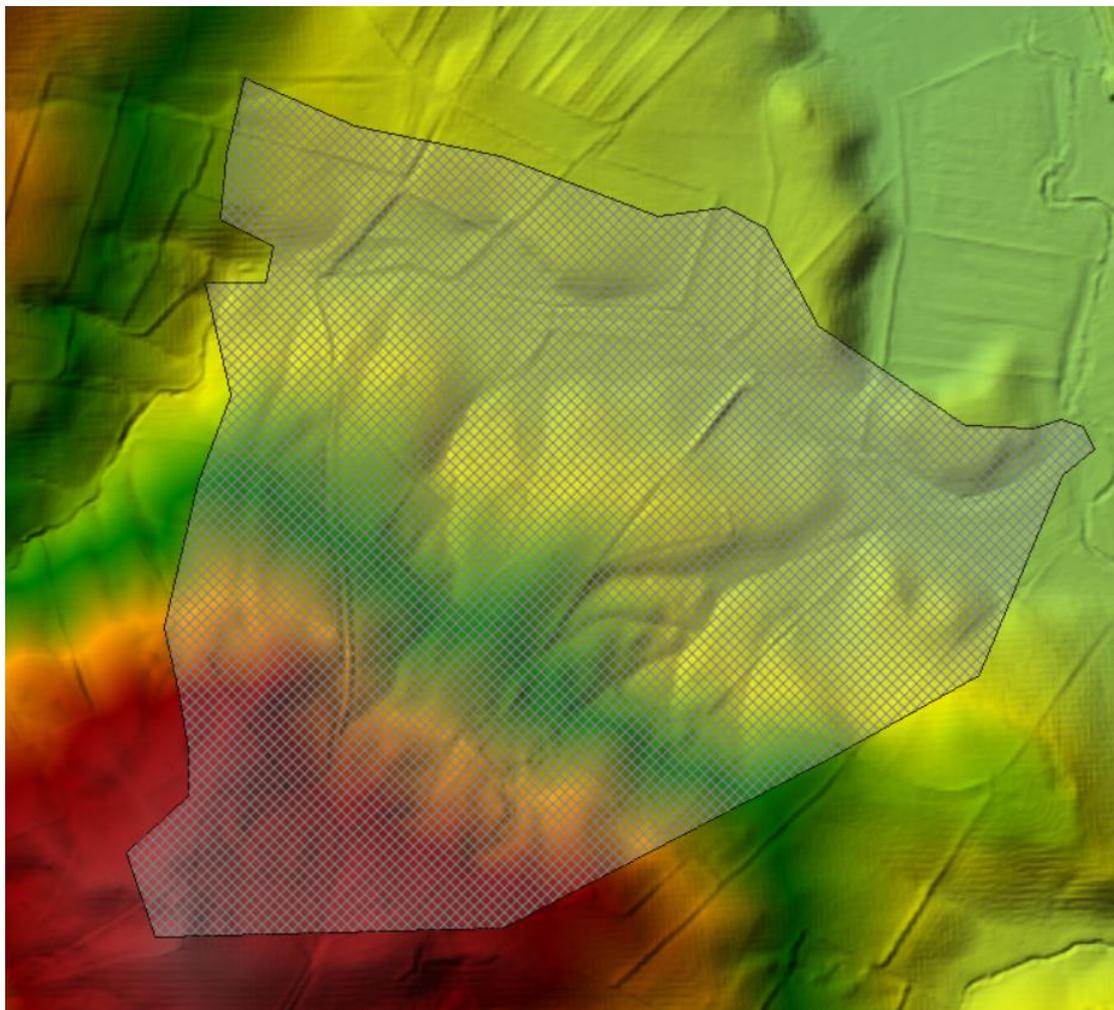


Figura 12 - Modello geometrico in riferimento alla simulazione bidimensionale del bacino SB.01.03

Sono state impostate due condizioni al contorno, una in ingresso ed una in uscita. In entrata è stato usato l'idrogramma di piena che si registra in corrispondenza alla sezione immediatamente a monte all'interferenza; in uscita è stata utilizzata la pendenza media dell'asta principale del bacino.

La simulazione bidimensionale è stata eseguita per una durata di sei ore. In corrispondenza all'interferenza, all'interno dell'alveo, si registra un tirante massimo di 0,9 m. Inoltre, la fascia interessata da fenomeni di allagamento misura circa 55 m. Nella figura che segue si riporta la fascia di allagamento vista dall'alto. Data la ridotta altezza del pacchetto stradale in corrispondenza dell'attraversamento non è possibile risolvere l'interferenza mediante la posa nella sede stradale o lo staffaggio del cavidotto alla parete esistente. Sarà necessario superare l'interferenza o mediante Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.) o attraverso uno scavo in trincea al di sotto del reticolo idrografico. Lo scavo dovrà essere realizzato ad almeno 2.00 m di profondità dal letto del reticolo idrografico, onde evitare che eventuali fenomeni di erosione dissotterrino il

cavo. In questo caso, sarà necessario ripristinare lo stato dei luoghi ante-operam allo scopo di non alterare il regime idrologico-idraulico del rivolo esistente.

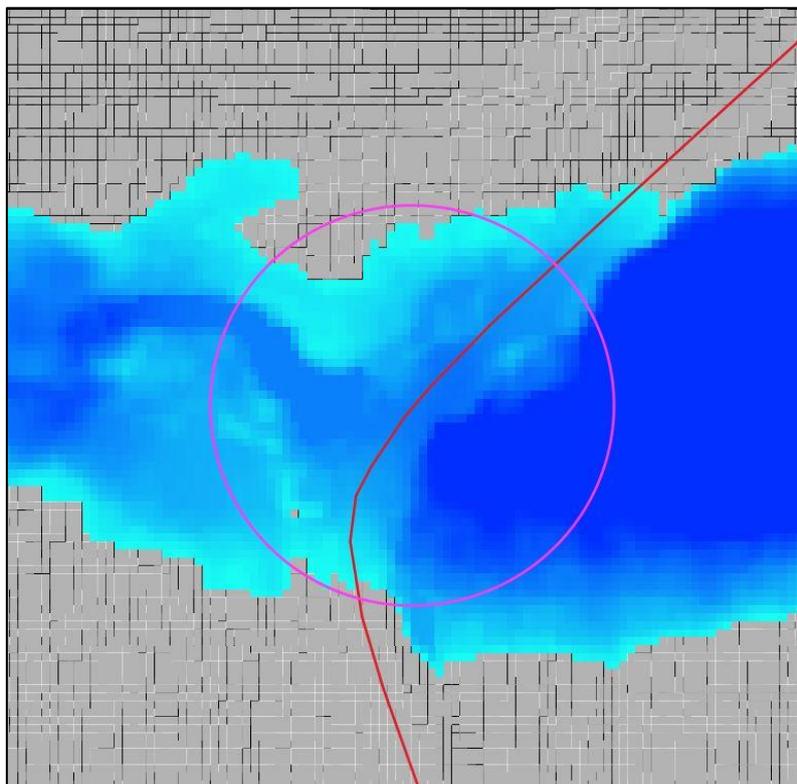


Figura 13 - Area potenzialmente allagabile. L'intensità del colore blu è proporzionale all'altezza del tirante in corrispondenza di ciascun pixel del DTM

Per quest'interferenza, la scelta della modalità di risoluzione potrà essere calibrata anche sulla base delle indicazioni dell'ente autorizzante.



Figura 14 - Foto dell'interferenza I.IDR.01 ottenuta mediante sopralluogo in sito

6.5.2 Interferenza I.IDR.02

Nel punto di interferenza I.IDR.02 la viabilità di nuova realizzazione a servizio dell'impianto interseca un affluente del fiume Torto. Il tratto viario sostituirà l'attuale strada sterrata e collegherà il campo fotovoltaico alla strada comunale limitrofa.

In fase di sopralluogo, in corrispondenza all'interferenza I.IDR.02 non è stata riscontrata alcuna opera di convogliamento delle acque (Figura 15). Il ruscello sovrasta la strada sterrata esistente determinandone l'allagamento. Superata la strada, esso si riversa in un fosso inciso dallo scorrimento superficiale delle acque. Per risolvere tale interferenza si è proceduto a dimensionare una tubazione in grado di smaltire correttamente la portata bi-centenaria ottenuta dall'analisi idrologica (per la quale si rimanda all'elaborato "FV.CST01.PD.A.06 – *Relazione Idrologica*").

CODICE	FV.CST01.PD.A.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	34 di 50



Figura 15 - Foto dell'interferenza I.IDR.02 ottenuta mediante sopralluogo in sito: a) mostra l'attraversamento del rivolo sulla strada sterrata attualmente esistente; b) mostra il fosso in cui l'alveo si rigetta in seguito all'attraversamento

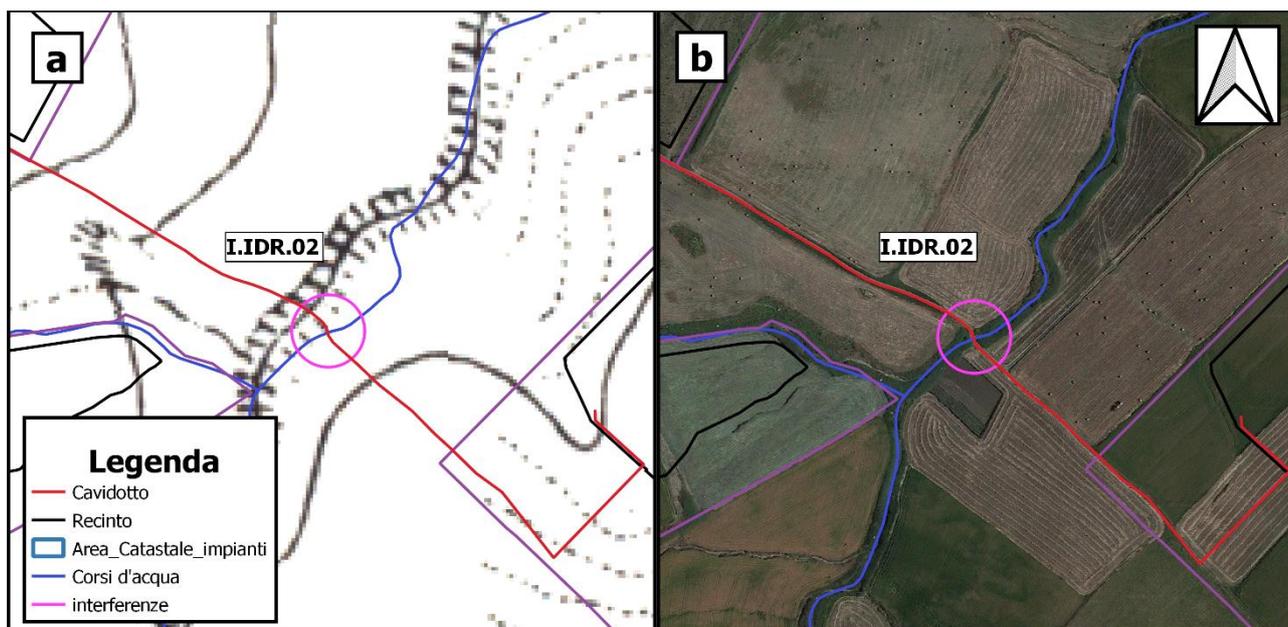


Figura 16 - a) Interferenza I.IDR.02 in riferimento alla Carta Tecnica Regionale della regione Sicilia; b) Interferenza I.IDR.02 in riferimento alle immagini satellitari di Google Earth.

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

Per quanto riguarda il cavidotto, è stata eseguita una verifica idraulica al livello dell'intersezione tra esso e il reticolo idrografico. Analogamente a quanto detto nel paragrafo precedente, sono state determinate l'area allagabile ed il massimo tirante dell'alveo. È stata condotta una simulazione bidimensionale mediante il software HEC-RAS, basata su una geometria avente le caratteristiche descritte al paragrafo 6.3 e di estensione simile al sottobacino in cui ricade l'interferenza (Figura 17). Sono state impostate due condizioni al contorno, una in ingresso ed una in uscita. In entrata è stato usato l'idrogramma di piena che si verifica in corrispondenza alla sezione immediatamente a monte all'interferenza; in uscita è stata utilizzata la pendenza media dell'asta principale del bacino oggetto dell'analisi.

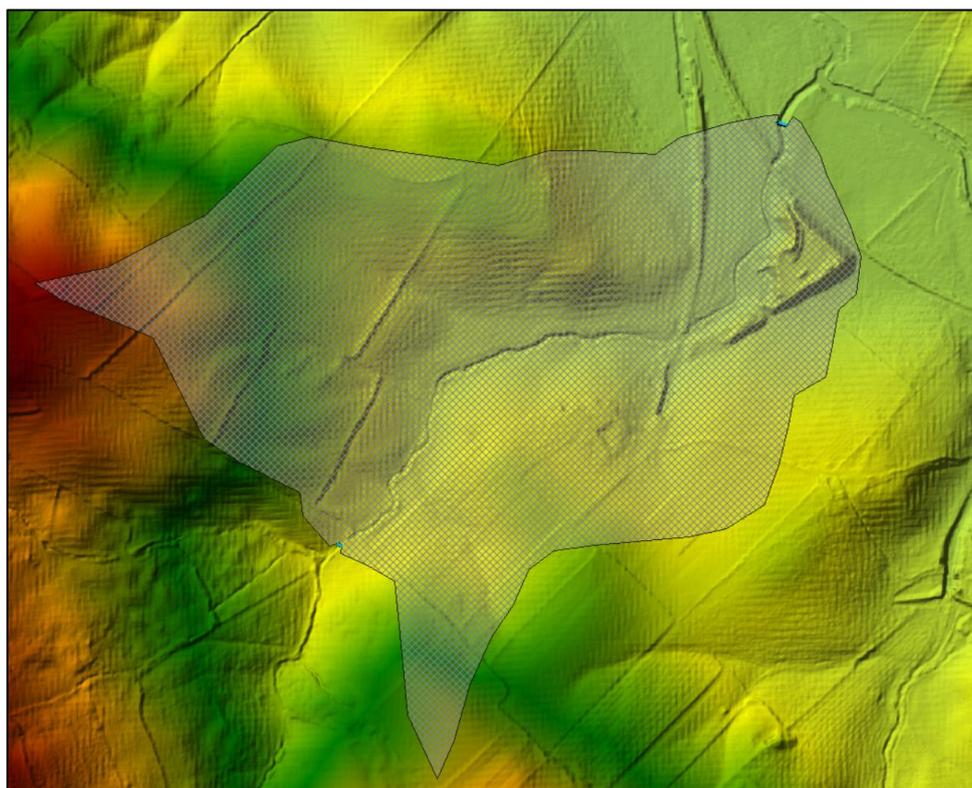


Figura 17 - Modello geometrico in riferimento alla simulazione bidimensionale del bacino SB.02.03

La simulazione bidimensionale è stata eseguita per una durata di sei ore. La fascia interessata da fenomeni di allagamento misura circa 30 m. Nella figura che segue si riporta la fascia di allagamento vista dall'alto.

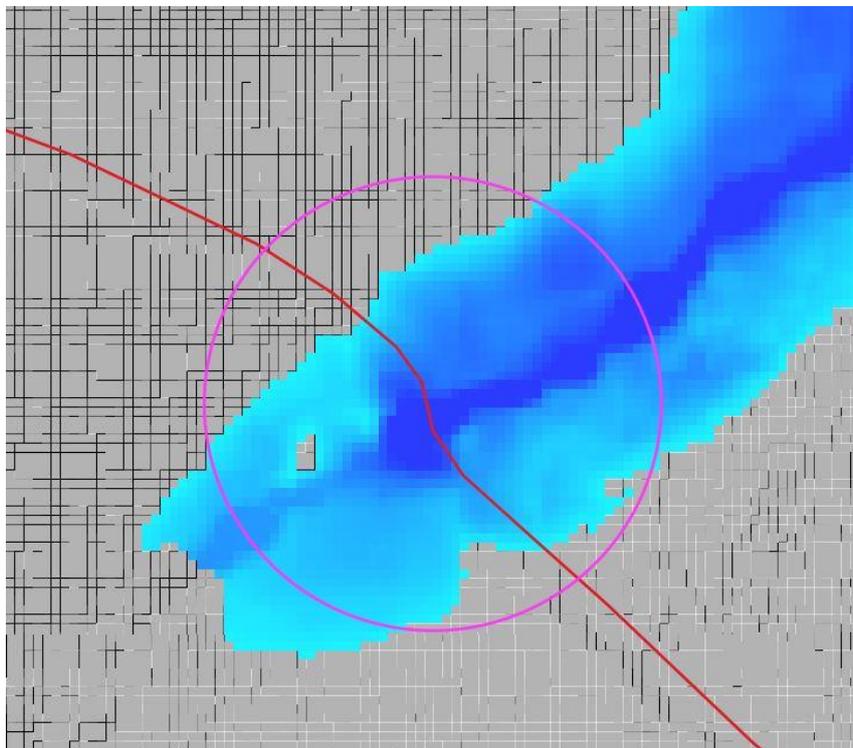


Figura 18 - Area potenzialmente allagabile. L'intensità del colore blu è proporzionale all'altezza del tirante in corrispondenza di ciascun pixel del DTM

Si ritiene necessario risolvere l'interferenza con uno scavo in trincea a profondità di almeno 2 m e di estensione minima pari a 30 m o con T.O.C., in entrambi i casi da realizzare immediatamente a monte dell'intersezione. Come si è detto in merito all'interferenza I.IDR.01, l'approfondimento dei metodi di risoluzione delle interferenze ed eventuali alternative progettuali, sono rimandati alla fase esecutiva, ponderando la scelta tecnica più consona secondo i pareri degli Enti coinvolti.

6.5.3 Interferenza I.IDR.03

L'interferenza è dovuta alle intersezioni del tracciato del cavidotto MT e della strada di progetto con il reticolo idrografico. Essa è stata identificata sovrapponendo il layout del cavidotto di progetto ad un'ortofoto satellitare del 2020. La foto che segue mostra l'interferenza in riferimento alle immagini satellitari di Google Earth.

CODICE	FV.CST01.PD.A.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	37 di 50

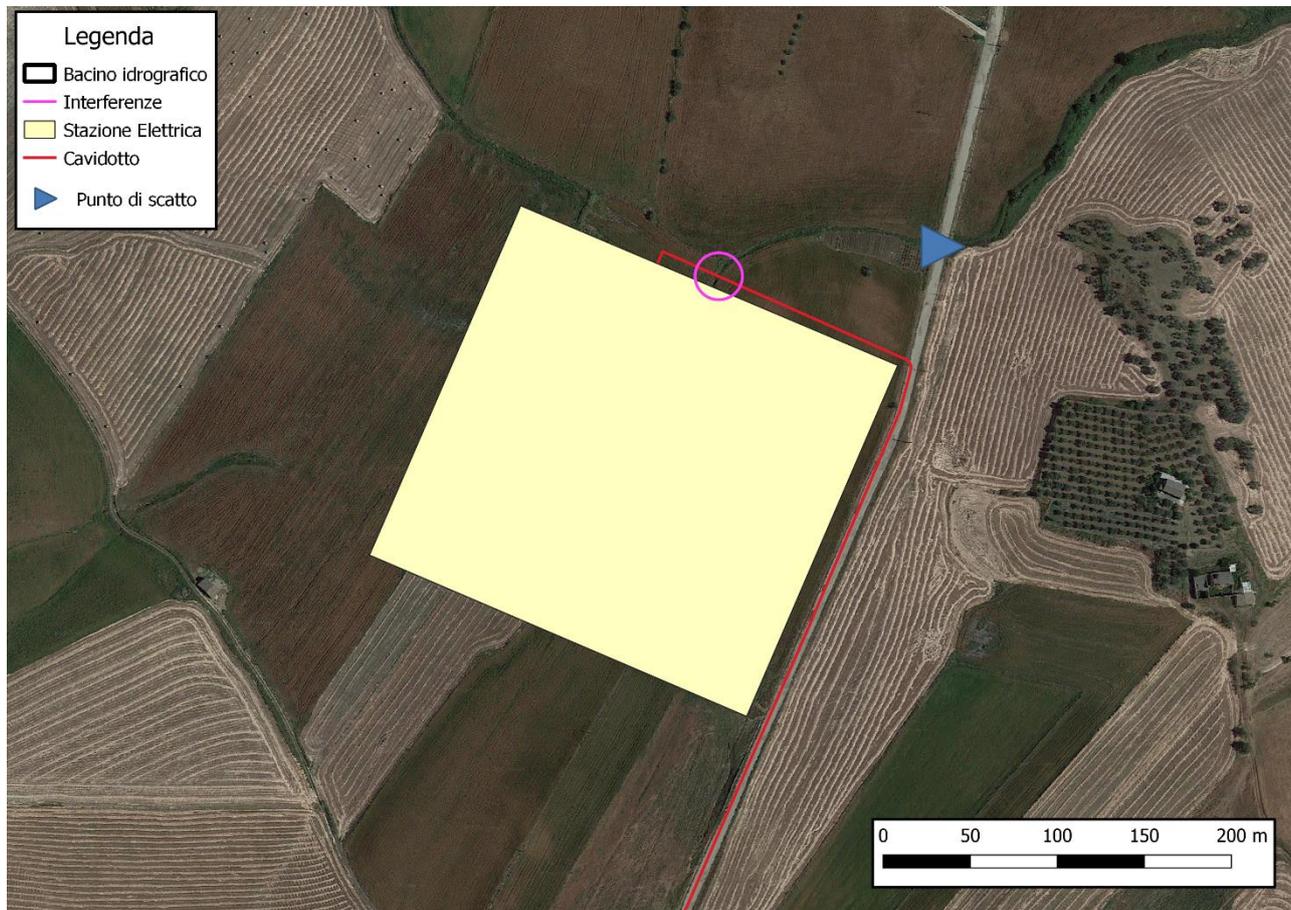


Figura 19 - Interferenza I.IDR.03 in riferimento alle immagini satellitari di Google Earth. Nell'immagine è riportato anche il punto di scatto della foto rappresentata nel seguito. Esso è avvenuto in direzione ovest.



Figura 20 - Foto dell'asta interferente sia con la strada che col cavidotto di progetto

In fase di sopralluogo, in corrispondenza all'interferenza I.IDR.03 non è stata riscontrata alcuna strada bianca né alcuna strada su sterrato. Non ci sono quindi opere idrauliche per lo smaltimento delle acque meteoriche. Sono state determinate l'area allagabile ed il tirante massimo all'interno dell'alveo. È stata condotta una simulazione bidimensionale mediante il software HEC-RAS, basata su una geometria avente le caratteristiche descritte al paragrafo 6.3 e di estensione simile al sottobacino in cui ricade l'interferenza. Sono state impostate due condizioni al contorno, di cui una in ingresso e l'altra in uscita. Come condizione di ingresso è

CODICE	FV.CST01.PD.A.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	39 di 50

stato inserito l'idrogramma di piena in corrispondenza alla sezione immediatamente a monte all'interferenza. Come condizione di uscita è stata impostata la cadente piezometrica dell'alveo, supposta coincidente col fondo del torrente.



Figura 21 - Geometria usata per la simulazione

La simulazione bidimensionale è stata eseguita per una durata di sei ore. In corrispondenza all'interferenza, all'interno dell'alveo si registra un tirante massimo di 0,5 m. la fascia interessata da fenomeni di allagamento misura circa 40 m. Nella figura che segue si riporta la fascia di allagamento vista dall'alto. C'è da sottolineare che l'ampiezza della fascia è sovrastimata in quanto il DTM non riesce a rappresentare adeguatamente l'area di interesse. In particolare, il fosso risulta poco inciso e il territorio tendenzialmente piatto. In Figura 20 è rappresentato il profilo dell'area in esame ottenuto dal DTM 1x1 m fornito dal ministero della Transizione

CODICE	FV.CST01.PD.A.07
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/22
PAGINA	40 di 50

Ecologica. In modo del tutto cautelativo, la modalità di risoluzione è stata scelta riferendosi ai risultati ottenuti.

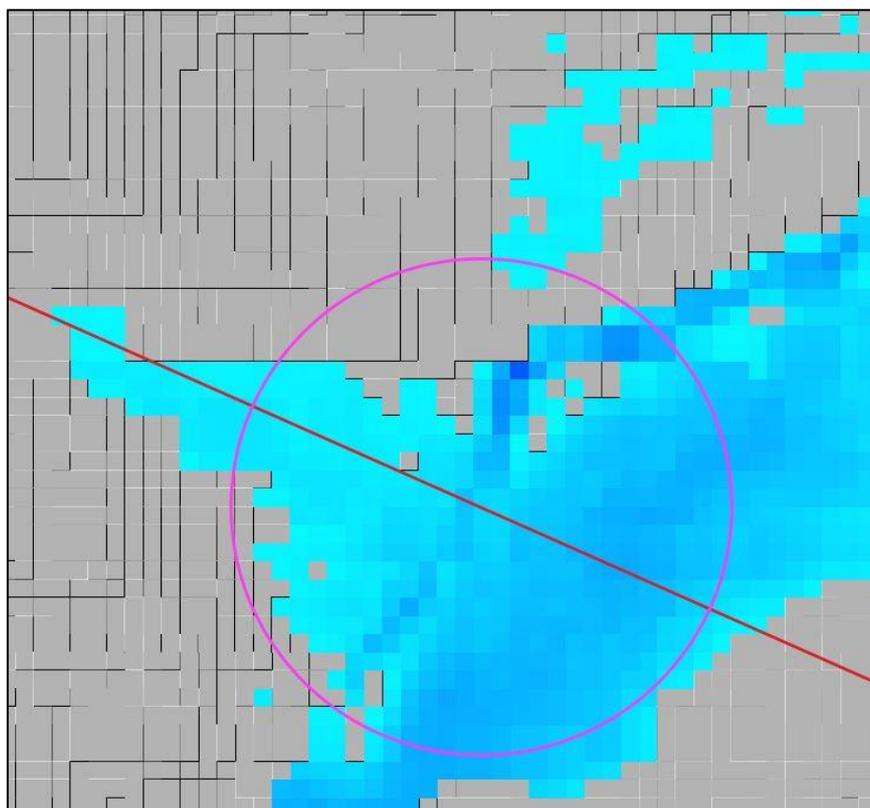


Figura 22 - Area potenzialmente allagabile. L'intensità del colore blu è proporzionale all'altezza del tirante in corrispondenza di ciascun pixel del DTM

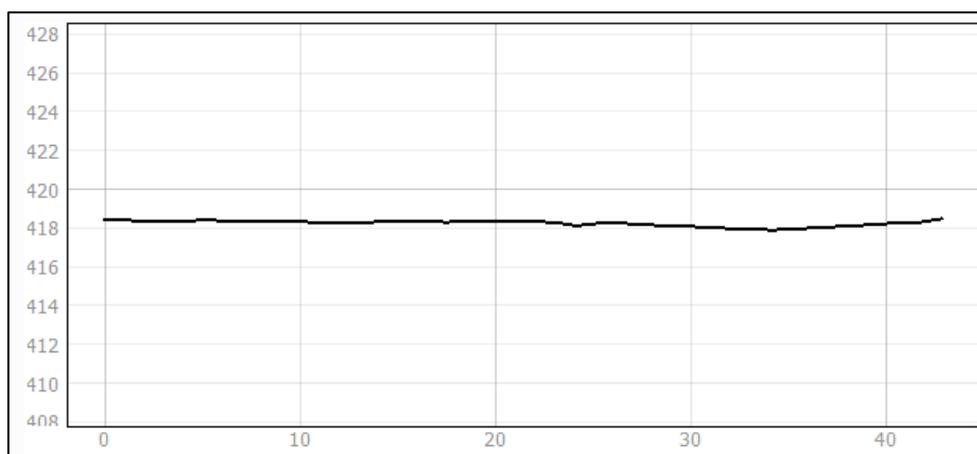


Figura 23 - Profilo dell'area in esame tracciato nella direzione del cavidotto

Si ritiene necessario risolvere l'interferenza del cavidotto con uno scavo in trincea di estensione minima pari a 40 m da realizzarsi immediatamente a monte dell'intersezione.

L'interferenza tra strada di progetto e alveo è risolvibile mediante una tubazione in grado di smaltire correttamente la portata bi-centenaria ottenuta dall'analisi idrologica (per la quale si rimanda all'elaborato "FV.CST01.PD.A.06 – *Relazione idrologica*"). L'approfondimento dei metodi di risoluzione delle interferenze ed eventuali alternative progettuali sono rimandati alla fase esecutiva, ponderando la scelta tecnica più consona secondo i pareri degli Enti coinvolti. Inoltre, il metodo di dimensionamento della tubazione è descritto nel paragrafo successivo.

6.5.4 Dimensionamento tubazione

Il dimensionamento delle tubazioni di attraversamento è stato effettuato applicando l'equazione empirica di Chézy per il calcolo della portata di un fluido in condizioni di moto uniforme:

$$Q = \chi A \sqrt{Ri}$$

In cui:

- Q è la portata del fluido in m^3/s ;
- A è la portata della sezione bagnata in m^2 ;
- R è il raggio idraulico in m ;
- i è la pendenza del canale;
- χ è noto come Coefficiente di Chézy ed è funzione della scabrezza. Nel caso in esame, il coefficiente è stato determinato usando la nota formula di Graukler-Strickler.

$$\chi = K_S R^{\frac{1}{6}}$$

K_S è noto come coefficiente di Gauckler-Strickler (o di scabrezza) ed è tabellato in $\frac{\sqrt[3]{m}}{s}$.

I valori di portata bi-centenaria in corrispondenza dei punti I.IDR.02 e I.IDR.03 sono rispettivamente pari a $8,7 m^3/s$ e $1,5 m^3/s$. Le pendenze medie sono, invece, pari al 7% e al 6%. Le modalità di calcolo dei parametri geomorfologici sono state descritte nella *FV.CST01.PD.A.06 – Relazione idrologica*, in cui sono presenti anche i valori assunti da essi.

Le assunzioni fatte per il dimensionamento della tubazione sono le seguenti:

- Grado di riempimento y/D pari a 0.75 per entrambe le interferenze;
- Diametro della tubazione pari a 1 m per l'interferenza I.IDR.02 e pari a 0.75 m per l'interferenza I.IDR.03.

La seguente tabella riepiloga il dimensionamento delle tubazioni.

Tabella 7 - Tabella riepilogativa del dimensionamento delle tubazioni

Int.	θ (rad)	D [m]	A_b [m ²]	P_b [m]	K_s [m ^{1/3} s ⁻¹]	Q [m ³ /s]	n. tubazioni
I.IDR.02	4.18879	1	0.785	2.094	70	5.26	2
I.IDR.03	4.18879	0.75	0.355	1.571	70	2.26	1

L'interferenza I.IDR.02 verrà risolta prevedendo la realizzazione di due nuove tubazioni, di diametro pari a 1 m ciascuna (tipicamente in ARMCO o in PEAD), idonee allo smaltimento di una portata superiore a quella bi-centenaria. Per l'interferenza I.IDR.03 è necessaria un'unica tubazione di diametro pari a 0.75 m in ARMCO o in PEAD.

I tombini per il passaggio dell'acqua consentiranno superiormente la posa in opera della sede stradale. A valle e a monte degli attraversamenti saranno installati profili trapezoidali per il convogliamento e la sicurezza idraulica delle acque da e verso la condotta idrica.

6.5.5 Cenni sul fenomeno dell'erosione del letto

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 delle 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, i 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.

Il grado di erosione di 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 δ è stimata secondo la relazione seguente.

$$\delta = |h_e - h|$$

Nell'equazione 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.

$$h_e = 0.379q^{\frac{2}{3}}d_{50}^{-\frac{1}{6}}$$

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 e va espresso in metri. Il valore del parametro d_{50} è compreso tra 6×10^{-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 massima 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 secondo metodo citato. La larghezza dell'alveo è stata però rinvenuta dal DTM 1x1 m fornito dal Ministero della Transizione Ecologica. I risultati sono mostrati nella seguente tabella.

Interferenza	h [m]	d_{50} [m]	Q [m^3/s]	W [m]	q [m^2/s]	h_e	δ [m]
I.IDR.01	0.9	0.002	12.3	4.5	2.7	2.1	1.2
I.IDR.02	1.7	0.002	8.7	4	2.2	1.8	0.1
I.IDR.03	0.5	0.002	1.5	3	0.5	0.7	0.2



RELAZIONE IDRAULICA

CODICE

FV.CST01.PD.A.07

REVISIONE n.

00

DATA REVISIONE

06/22

PAGINA

44 di 50

In conclusione, nei casi in cui la risoluzione delle interferenze puntuali del cavidotto interrato avvenga attraverso tecnica T.O.C. (con profondità di scavo pari a 2.5 metri) o scavo in trincea (con 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.CST01.PD.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 8 - Valori delle aree impermeabilizzate rispetto alla superficie totale

Area totale [m ²]	Area impermeabilizzata [m ²]	Percentuale di impermeabilizzazione [%]
392300	402.186	0.10252001

La Tabella 8 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.

Si prevede che la portata derivante da eventi climatici sulle aree di interesse, venga canalizzata secondo le pendenze naturali del terreno verso le opere di captazione esistenti lungo la viabilità esistente (si rimanda all'elaborato *FV.CST01.PD.D.03– "Regimentazione acque meteoriche"*).

In misura cautelativa, è ipotizzabile, al fine di ottenere una regimentazione ottimale, realizzare i basamenti della cabina di raccolta e delle power station a quota di poco maggiore di quella del terreno, creando pendenze in direzione Sud convogliando le acque all'interno degli appositi canali su viabilità esistente.

Ulteriore alternativa, è la proposta di realizzazione lungo il perimetro dell'area in esame di un canale in terra con protezione di materassi di tipo Reno, in grado di convogliare le acque di scorrimento superficiale in punti predisposti al loro raccoglimento, o verso le linee di impluvio. In tal modo si evita che l'eventuale dilavamento

possa causare ogni tipo di approfondimento dei solchi vallivi che potrebbe comportare 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:

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

Q è la portata di riferimento, in $m^3 s^{-1}$, n è il coefficiente di Manning, già citato nei capitoli precedenti, A è l'area della sezione bagnata, in 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 24), 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° , 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 regimentazione, 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, date le ridotte dimensioni.

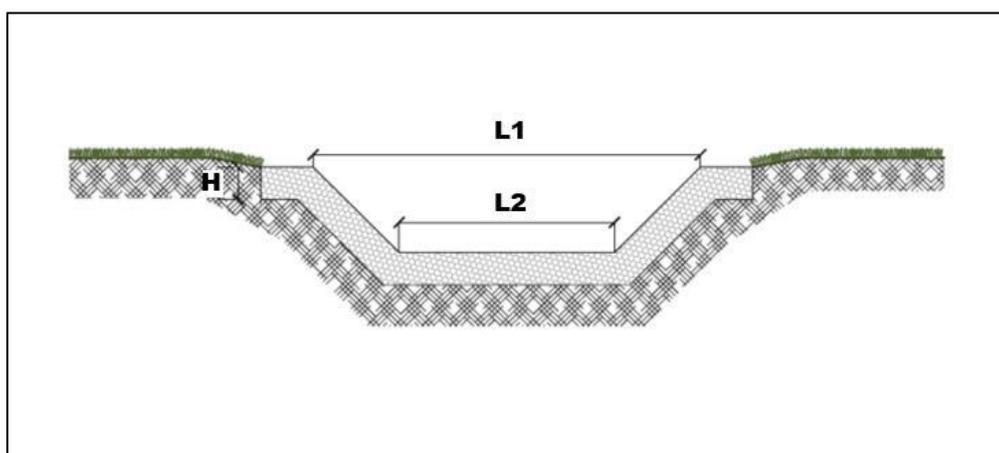


Figura 24 - Sezione tipo del canale trapezoidale rivestito in materassi Reno

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⁻¹.

Si suppone che le opere di regimentazione 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.

8 MODALITÀ DI MITIGAZIONE DEL FENOMENO EROSIVO

L'area su cui insiste il campo fotovoltaico di progetto presenta numerosi fossi incisi dalle acque meteoriche. Ciò è indice di un'elevata attività erosiva da parte delle piogge. L'erosione del suolo è un fenomeno di asportazione del materiale costituente lo strato superficiale del terreno da parte dell'acqua e del vento attraverso azioni meccaniche e chimiche. L'azione erosiva delle piogge è dovuta sia allo scorrimento superficiale che all'impatto delle gocce sul terreno (rainsplash). L'erosione idrica dei suoli è favorita da scorrette pratiche agricole, dall'assenza di sistemazioni idraulico-agrarie, dalla sostituzione di colture protettive del suolo con altre più economicamente remunerative e dai cambiamenti climatici. Essa rappresenta un serio problema e può essere causa di danni di natura sia ambientale che economica.

Per mitigare la fenomenologia sull'area di impianto e nelle zone limitrofe è possibile adottare diverse misure. Innanzitutto, la presenza dei pannelli fotovoltaici tende a ridurre l'erosione da impatto in quanto i moduli intercettano le gocce d'acqua piovane che, successivamente, cadono al suolo ma da un'altezza ridotta rispetto quella che ci sarebbe stata in assenza dell'impianto.

Tra le file di pannelli vengono praticate colture che esercitano un importante effetto anti-erosivo. Diversi studi hanno evidenziato che l'erosione aumenta passando dalla condizione di massimo sviluppo vegetativo all'assenza di vegetazione. Infatti, le coltivazioni fanno sì che aumentino la scabrezza, l'infiltrazione e la detenzione superficiale. Inoltre, le foglie intercettano le gocce d'acqua piovana riducendo l'erosione da impatto.

I fossi di guardia intercettano parte del deflusso superficiale e non gli permettono il naturale ruscellamento lungo i versanti a valle. In questo modo, l'acqua raccolta non può erodere i versanti nelle zone più basse. Le acque raccolte vengono poi scaricate negli impluvi naturali presenti nelle vicinanze dell'area di progetto.

Nel caso in cui le misure descritte non fossero sufficienti, si interverrà realizzando una rete drenante costituita da tubazioni forate interrate, la quale si collega ai fossi di guardia perimetrali. L'opera citata ha lo scopo di direzionare il flusso d'acqua ai fossi di guardia, i quali successivamente lo convogliano 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.

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 passo di circa 30-40 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.

È possibile eseguire anche un drenaggio con fascinate. In tal caso, è necessario eseguire uno scavo, posare al suo interno un tubo microfessurato di adeguato diametro (ed eventualmente rivestito da geotessili), eseguire la posa di ramaglie, fascinate morte e, eventualmente, pietrame e riempire la parte sommitale con terra e fascine di materiale vegetale vivo. In questo modo, al drenaggio meccanico si accompagna un drenaggio attivo dovuto all'azione di pompaggio dell'acqua al livello delle radici. È opportuno ancorare opportunamente i materiali di riempimento dello scavo.

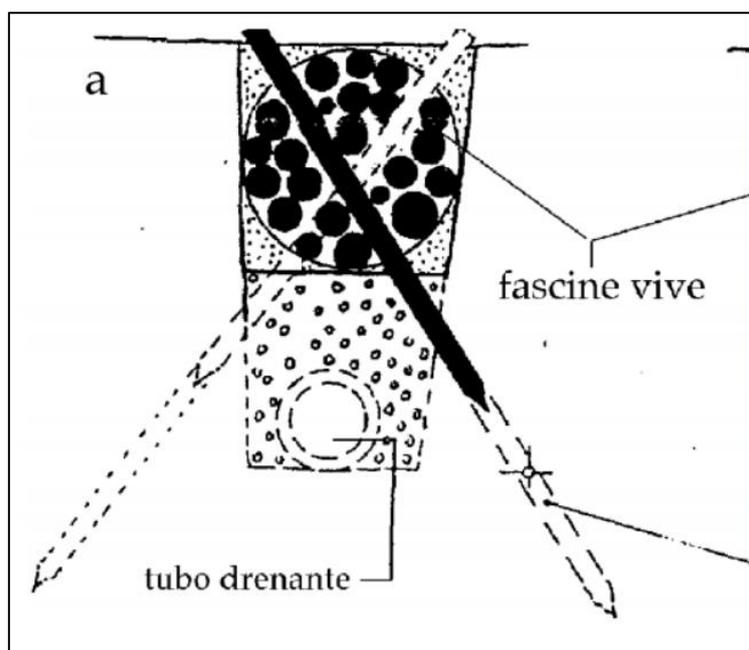


Figura 25 - Sezione tipo di un drenaggio con fascinate vive

9 CONCLUSIONI

Con riferimento alla configurazione delle opere di progetto rispetto all'assetto idraulico sono stati segnalati i punti in corrispondenza ai quali le opere di progetto interferiscono con le aree tutelate, così come definite dalle N.T.A. del P.A.I.

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

In sintesi, si sono delineate le seguenti conclusioni:

- L'interferenza I.INT.01 avviene in corrispondenza all'intersezione del cavidotto con un corso d'acqua. Non essendo possibile lo staffaggio del cavidotto alla parete né la posa nella sede stradale per via della ridotta altezza del pacchetto stradale, l'interferenza verrà superata o mediante T.O.C. o attraverso uno scavo in trincea al di sotto del reticolo idrografico.
- L'interferenza I.INT.02 avviene in corrispondenza alle intersezioni del cavidotto e della strada di progetto con un alveo naturale. Per quanto riguarda la strada, l'interferenza è risolvibile realizzando due tubazioni che siano in grado di smaltire la portata di un evento caratterizzato da un periodo di ritorno pari a 200 anni. L'interferenza che riguarda il cavidotto può essere risolta attraverso uno scavo in trincea di estensione minima pari a 30 m da realizzare immediatamente a monte dell'intersezione.
- L'interferenza I.INT.03 avviene in corrispondenza alle intersezioni del cavidotto e della strada di progetto con un alveo naturale. L'interferenza tra strada e alveo è risolvibile con un'unica tubazione di diametro pari a 0,75 m. L'interferenza riguardante il cavidotto è risolvibile mediante uno scavo in trincea di estensione minima pari a 40 m.

Sulla viabilità esistente non verrà eseguito alcun intervento che comporti modifiche delle livellette e delle opere idrauliche presenti.

In base alle argomentazioni presentate ed alle scelte tecniche, che non vanno mai ad alterare il deflusso delle acque, l'impianto risulta essere in condizioni di "sicurezza idraulica". Le scelte tecniche potranno essere maggiormente dettagliate in fase di progettazione esecutiva.