

REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI PALERMO
COMUNE DI MONREALE

LOCALITÀ MALVELLO

Oggetto:

PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A 35,94 MW E POTENZA DI IMMISSIONE 33,13 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

Sezione:

SEZIONE A - RELAZIONI GENERALI

Elaborato:

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Nome file stampa:

FV.MNR03.PD.A.10.pdf

Codifica Regionale:

RS06REL0008A0

Scala:

-

Formato di stampa:

A4

Nome elaborato:

FV.MNR03.PD.A.10

Tipologia:

R

Proponente:

E-WAY 2 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4

00186 ROMA (RM)

P.IVA. 16647311006



E-WAY 2 S.R.L.
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 - Roma
S.E.P. Iva 16647311006
PEC: e-way2srl@legalmail.it

Progettista:

E-WAY 2 S.r.l.

Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4

00186 ROMA (RM)

P.IVA. 16647311006



CODICE

REV. n.

DATA REV.

REDAZIONE

VERIFICA

VALIDAZIONE

FV.MNR03.PD.A.10

00

07/2023

M. Gargione

A. Bottone

A. Bottone

F. Pinto

E-WAY 2 S.r.l.

Sede legale
Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4
00186 ROMA (RM)
PEC: e-way2srl@legalmail.it tel. +39 0694414500

INDICE

1	PREMESSA.....	7
2	INTRODUZIONE	8
3	OPERE DI PROGETTO	11
3.1	Componenti elettriche	12
3.2	Soluzione di connessione alla RTN.....	12
4	LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI.....	13
4.1	Inquadramento delle opere nei territori di competenza dell’Autorità di Bacino.....	13
4.1.1	Compatibilità degli interventi rispetto al Piano Stralcio di distretto per l’Assetto Idrogeologico	15
4.1.1.1	Compatibilità degli interventi rispetto alle Norme Tecniche di Attuazione.....	16
5	INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO	19
6	ANALISI IDROLOGICA.....	21
6.1	Metodo TCEV Sicilia	21
6.1.1	Coefficiente di afflusso	23
6.2	Calcolo delle portate al colmo di piena.....	23
6.3	Modellazione idraulica bidimensionale	29
7	INTERFERENZE IDRAULICHE.....	30
7.1	I.1 e I.2.....	30
7.1.1	Risoluzione della I.1 e I.2	31
7.2	I.3	33
7.2.1	Risoluzione della I.3	34
7.3	I.4	35
7.3.1	Risoluzione della I.4	36
7.4	I.5	38
7.4.1	Risoluzione delle I.5	39

7.5	I.6, I.7 e I.8	41
7.6	Risoluzione delle I.6, I.7 e I.8	42
7.7	I.9	43
7.7.1	Risoluzione della I.9	43
7.8	I.10	44
7.8.1	Risoluzione della I.10	44
7.9	I.11	45
7.9.1	Risoluzione della I.11	46
7.10	I.12	46
7.10.1	Risoluzione della I.12	47
7.11	I.13	48
7.11.1	Risoluzione della I.13	49
7.12	I.14	50
7.12.1	Risoluzione della I.14	50
7.13	I.15 e I.16	51
7.13.1	Risoluzione della I.15 e I.16	52
7.14	I.17 e I.18	52
7.14.1	Risoluzione della I.17 e I.18	53
7.15	I.19	54
7.15.1	Risoluzione della I.19	54
7.16	I.20	55
7.16.1	Risoluzione della I.20	56
7.17	I.21	56
7.17.1	Risoluzione della I.21	57
7.18	I.22	58
7.18.1	Risoluzione della I.22	58
7.19	I.23, I.24 e I.25	59
7.19.1	Risoluzione delle I.23, I.24 e I.25	60
7.20	I.26	60

7.20.1	Risoluzione della I.26	61
7.21	I.27	61
7.21.1	Risoluzione della I.27	62
7.22	I.28	63
7.22.1	Risoluzione della I.28	63
8	RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE: TABELLA RIASSUNTIVA	64
9	REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE	65
10	CENNI SUL FENOMENO DELL'EROSIONE	67
11	CONCLUSIONI	69
12	BIBLIOGRAFIA	70

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 - Corografia generale dell'area di impianto e delle opere connesse su ortofoto (Rif. FV.PZA01.PD.E.03).....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2 - Inquadramento catastale dell'area di impianto (Rif. FV.MNR03.PD.E.02).....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 3 - Rappresentazione dell'interdistanza tra i tracker.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 4 - Inquadramento delle opere di progetto rispetto alla Carta dei bacini idrogeologici e corpi idrici significativi sotterranei (Rif. FV.MNR03.PD.C.10).....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5 - Inquadramento delle opere di progetto rispetto al PAI: Pericolosità geomorfologica (Rif. FV.MNR03.PD.C.07)</i>	<i>17</i>
<i>Figura 6 - Sottozone pluviometriche omogenee per il secondo livello di regionalizzazione relativo al metodo VAPI</i>	<i>22</i>
<i>Figura 7 - Rappresentazione dei bacini idrografici per le interferenze I1, I2, I3.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 8 - Rappresentazione di uno dei bacini idrografici afferente la I5</i>	<i>24</i>
<i>Figura 9 - Rappresentazione dei bacini idrografici per le interferenze I9, I11, I13, e I14.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 10 – Rappresentazione di uno dei bacini idrografici afferente la I15, I16, I17, I18, I19 E I20.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 11 – Rappresentazione del bacino idrografico per la I21</i>	<i>26</i>
<i>Figura 12 – Rappresentazione dei bacini idrografici per l'interferenza I22, I26 e I28.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 13 - Inquadramento della I.1 e I.2 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 14 – Rappresentazione dell'area inondabile ottenuta dalla modellazione idraulica bidimensionale per la I.1 e I.2</i>	<i>31</i>

<i>Figura 15 - Rappresentazione del tratto di TOC (in verde) per la I.1 e I.2.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 16 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza tramite TOC (Rif. FV.MNR03.PD.G.02)</i>	<i>33</i>
<i>Figura 17 - Inquadramento della I.3 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 18 – Rappresentazione dell’area inondabile ottenuta dalla modellazione idraulica bidimensionale per la I.3</i>	<i>34</i>
<i>Figura 19 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza mediante lo scavo in subalveo (Rif. FV.MNR03.PD.G.02)</i>	<i>35</i>
<i>Figura 20 - Inquadramento della I.4 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 21 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza che prevede il passaggio del cavidotto sopra l'opera di canalizzazione e nel pacchetto stradale (Rif. FV.MNR03.PD.G.02).....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 22 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza che prevede il passaggio del cavidotto sotto l'opera di canalizzazione (Rif. FV.MNR03.PD.G.02)</i>	<i>38</i>
<i>Figura 23 - Inquadramento delle I.5 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 24 - Rappresentazione dell’area inondabile ottenuta dalla modellazione idraulica bidimensionale per la I.5</i>	<i>40</i>
<i>Figura 25 - Inquadramento delle I.6, I.7 e I.8 su CTR e ortofoto</i>	<i>41</i>
<i>Figura 26 - Inquadramento della I.9 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 27 - Inquadramento della I.10 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 28 - Inquadramento della I.11 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 29 - Inquadramento della I.12 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 30 - Inquadramento della I.13 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 31 - Rappresentazione del tratto di TOC (in verde) per la I.13.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 32 - Inquadramento della I.14 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 33 - Inquadramento della I.15 e I.16 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 34 - Rappresentazione del tratto di TOC (in verde) per la I.15 e I.16.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 35 - Inquadramento della I.17 e I.18 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 36 - Inquadramento della I.19 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 37 - Inquadramento della I.20 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 38 - Inquadramento della I.21 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 39 - Rappresentazione del tratto di TOC (in verde) per la I.21.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 40 - Inquadramento della I.22 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 41 - Inquadramento della I.23,I.24 e I.25 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 42 - Inquadramento della I.26 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 43 - Inquadramento della I.27 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 44 - Inquadramento della I.28 su CTR e ortofoto.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 45 - Sezione tipo del canale trapezoidale</i>	<i>66</i>

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 - Coordinate geografiche relative al parco agro-fotovoltaico di progetto (Rif. FV.MNR03.PD.B.01).....</i>	<i>9</i>
<i>Tabella 2 - Elenco delle interferenze idrauliche individuate</i>	<i>19</i>
<i>Tabella 3 - Calcolo delle portate al colmo di piena per le interferenze analizzate.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabella 4 - Coordinate geografiche relative alla I.1.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabella 5 - Coordinate geografiche relative alla I.2.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabella 6 - Coordinate geografiche relative alla I.3.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabella 7 - Coordinate geografiche relative alla I.4.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabella 8 - Coordinate geografiche relative alla I.5.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabella 9 - Coordinate geografiche relative alla I.6.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 10 - Coordinate geografiche relative alla I.7.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 11 - Coordinate geografiche relative alla I.8.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 12 - Coordinate geografiche relative alla I.9.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabella 13 - Coordinate geografiche relative alla I.10.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabella 14 - Coordinate geografiche relative alla I.11.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabella 15 - Coordinate geografiche relative alla I.12.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabella 16 - Coordinate geografiche relative alla I.13.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabella 17 - Coordinate geografiche relative alla I.14.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabella 18 - Coordinate geografiche relative alla I.15.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabella 19 - Coordinate geografiche relative alla I.16.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabella 20 - Coordinate geografiche relative alla I.17.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabella 21 - Coordinate geografiche relative alla I.18.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabella 22 - Coordinate geografiche relative alla I.19.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabella 23 - Coordinate geografiche relative alla I.20.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabella 24 - Coordinate geografiche relative alla I.21.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabella 25 - Coordinate geografiche relative alla I.22.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabella 26 - Coordinate geografiche relative alla I.23.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabella 27 - Coordinate geografiche relative alla I.24.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabella 28 - Coordinate geografiche relative alla I.25.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabella 29 - Coordinate geografiche relative alla I.26.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabella 30 - Coordinate geografiche relative alla I.27.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabella 31 - Coordinate geografiche relative alla I.28.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabella 32 - Risoluzione delle interferenze del cavidotto.....</i>	<i>64</i>



**RELAZIONE IDROLOGICO-
IDRAULICA**

CODICE	FV.MNR03.PD.A.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	6 di 70



RELAZIONE IDROLOGICO- IDRAULICA

CODICE FV.MNR03.PD.A.10

REVISIONE n. 00

DATA REVISIONE 07/2023

PAGINA 7 di 70

1 PREMESSA

IL PRESENTE ELABORATO È RIFERITO AL PROGETTO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO, SITO IN MONREALE (PA), LOCALITÀ MALVELLO.

In particolare, l'impianto in progetto ha una potenza di picco pari a 35,94 MW e una potenza nominale di 33,13 MW e presenta la seguente configurazione:

1. Un generatore fotovoltaico suddiviso in 9 sottocampi, costituiti da moduli fotovoltaici bifacciali aventi potenza unitaria pari a 710 Wp cadauno ed installati su strutture ad inseguimento solare mono-assiali (tracker);
2. Una stazione integrata per la conversione e trasformazione dell'energia elettrica detta "Power Station" per ogni sottocampo dell'impianto;
3. Una Cabina di Raccolta e Misura;
4. Elettrodotta interno in cavo interrato per l'interconnessione delle Power Station di cui al punto 2, con la Cabina di Raccolta e Misura;
5. Elettrodotta esterno a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione della Cabina di Raccolta e Misura con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di smistamento della RTN a 220/36 kV in doppia sbarra da collegare in entra – esce sulla linea a 220 kV della RTN "Partinico – Ciminna".

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way 2 S.R.L., avente sede legale in Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4 – 00186 Roma (RM), P.IVA 16647311006

2 INTRODUZIONE

L'impianto di progetto è situato in Sicilia, nel Comune di Monreale (Pa), loc. Malvello. Il terreno ricade in zona agricola E, ai sensi dello strumento urbanistico vigente PRG del Comune di Monreale.



Figura 1 - Corografia generale dell'area di impianto e delle opere connesse su ortofoto (Rif. FV.PZA01.PD.E.03)

Tabella 1 - Coordinate geografiche relative al parco agro-fotovoltaico di progetto (Rif. FV.MNR03.PD.B.01)

Coordinate Parco Agrovoltaico di progetto - Comune di Monreale, loc. "Malvello"							
ID PARCO	UTM-WGS84 (m) – FUSO 33		UTM-ED 50 (m) – FUSO 33		GAUSS BOAGA (m)		Quote altimetriche (s.l.m.m.)
	EST	NORD	EST	NORD	EST	NORD	
	344058.70	4192338.55,55	344126.70	4192530.55	2364066.70	4192344.55	331
	344602.69	4193181.23	344670.69	4193373.23	2364610.69	4193187.23	335

L'elenco completo delle particelle interessate dalle opere e delle relative fasce di asservimento è riportato nell'elaborato "FV.MNR03.PD.L.05/06- Piano particellare di asservimento di esproprio grafico e descrittivo" allegato al progetto.

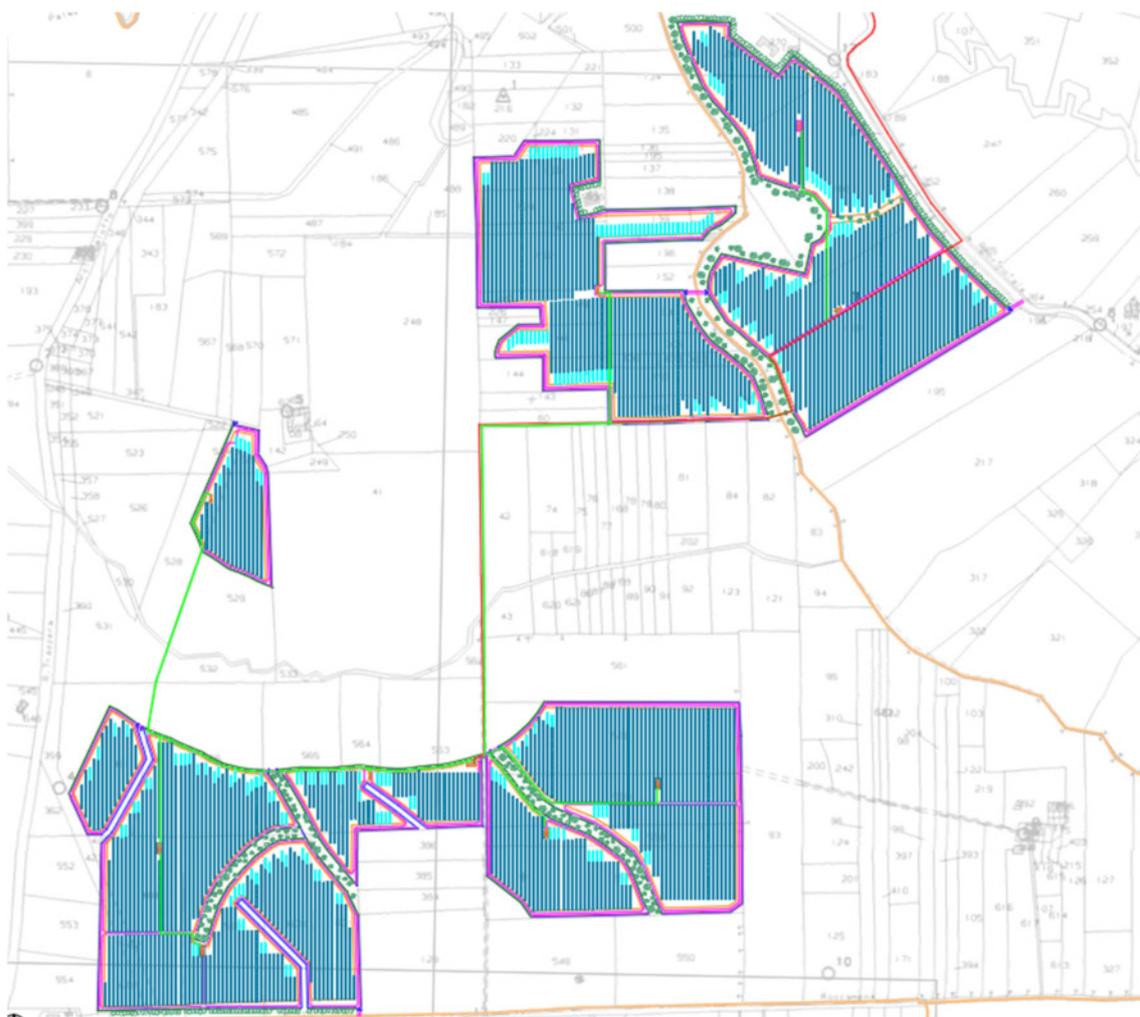


Figura 2 - Inquadramento catastale dell'area di impianto (Rif. FV.MNR03.PD.E.02)



**RELAZIONE IDROLOGICO-
IDRAULICA**

CODICE	FV.MNR03.PD.A.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	10 di 70

Il presente elaborato vuole analizzare la compatibilità idraulica delle opere di progetto, andando in primis a calcolare le portate di progetto mediante un approccio probabilistico delle precipitazioni, e poi studiando gli eventuali fenomeni di allagamento in corrispondenza delle interferenze con i corpi idrici, che saranno fondamentali ai fini del dimensionamento dei manufatti idraulici.

3 OPERE DI PROGETTO

Il layout d'impianto si costituisce di una serie di elementi frutto delle considerazioni appena fatte, in particolare di:

- strutture tracker sulle quali sono posizionati i moduli fotovoltaici;
- power station;
- cabina di raccolta e misura;
- cavidotto in media tensione (MT);
- fascia di mitigazione con arbusti e alberi;
- strade bianche di progetto;
- recinzione perimetrale.

Nello specifico, sono state disposte le file di tracker con un'interlinea tale da evitare fenomeni di auto-ombreggiamento ed assicurare gli spazi utili alle attività di manutenzione. La distanza scelta tra le strutture dei tracker (pitch) è stata posta pari a 7 m, in modo tale da soddisfare anche le esigenze legate ad attività colturali. Il terreno sottostante i moduli, inoltre, sarà soggetto ad attività di sfalcio del manto erboso oltre alle attività di raccolta delle specie vegetali ipotizzate dal piano colturale.

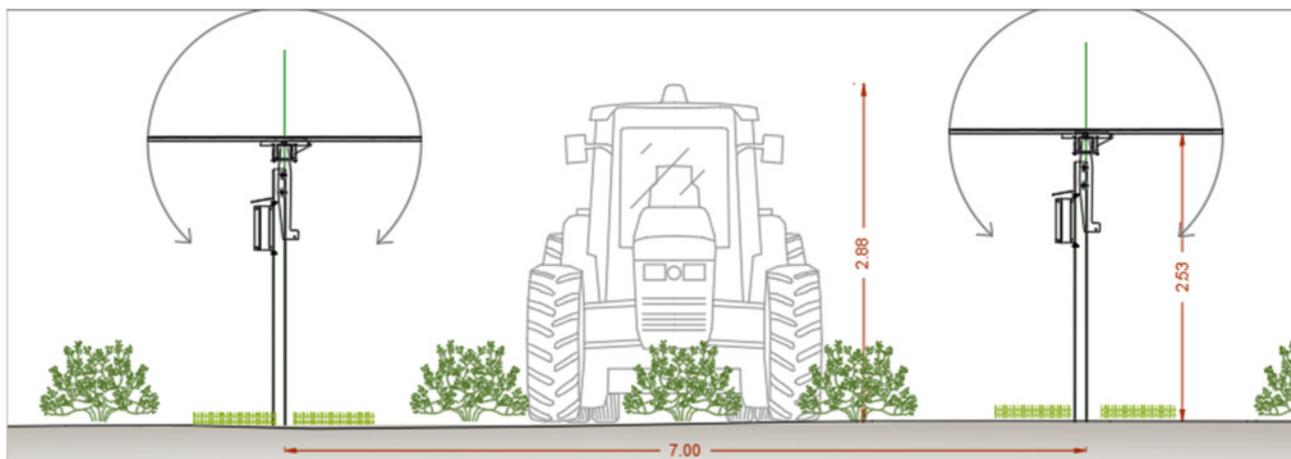


Figura 3 - Rappresentazione dell'interdistanza tra i tracker



RELAZIONE IDROLOGICO- IDRAULICA

CODICE	FV.MNR03.PD.A.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	12 di 70

3.1 Componenti elettriche

Il parco agrofotovoltaico sarà costituito da moduli bifacciali MySolar, modello Gold N-Type MS710N-HJTGB (o similari) e potenza di 710 Wp cadauno, disposti su inseguitori solari (o tracker) monoassiali N-S. È prevista la suddivisione in sottocampi, per ognuno dei quali è prevista una Power Station con diversi inverter centralizzati al suo interno. Il collegamento delle Power Station avverrà tramite un cavidotto interno che collega i sottocampi in una cabina di raccolta.

3.2 Soluzione di connessione alla RTN

La Soluzione Tecnica Minima Generale di connessione alla RTN (CP 202001725) prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione SE a 220/36 kV della RTN, da inserire in entra-esce sulla linea RTN a 220 kV "Partinico – Ciminna".

4 LOCALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

4.1 Inquadramento delle opere nei territori di competenza dell’Autorità di Bacino

Le opere di progetto, intese come l’insieme del parco agrofotovoltaico e del cavidotto, ricadono nell’area del bacino idrografico del Fiume Belice, identificato con il codice “057” dall’AdB, è il più esteso della Sicilia occidentale con un’estensione superficiale di circa 955 kmq. Secondo quanto stabilito dal Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico le opere di progetto non interferiscono con nessuno dei corpi idrici significativi e dei bacini idrologici perimetrati nella tavola di riferimento.

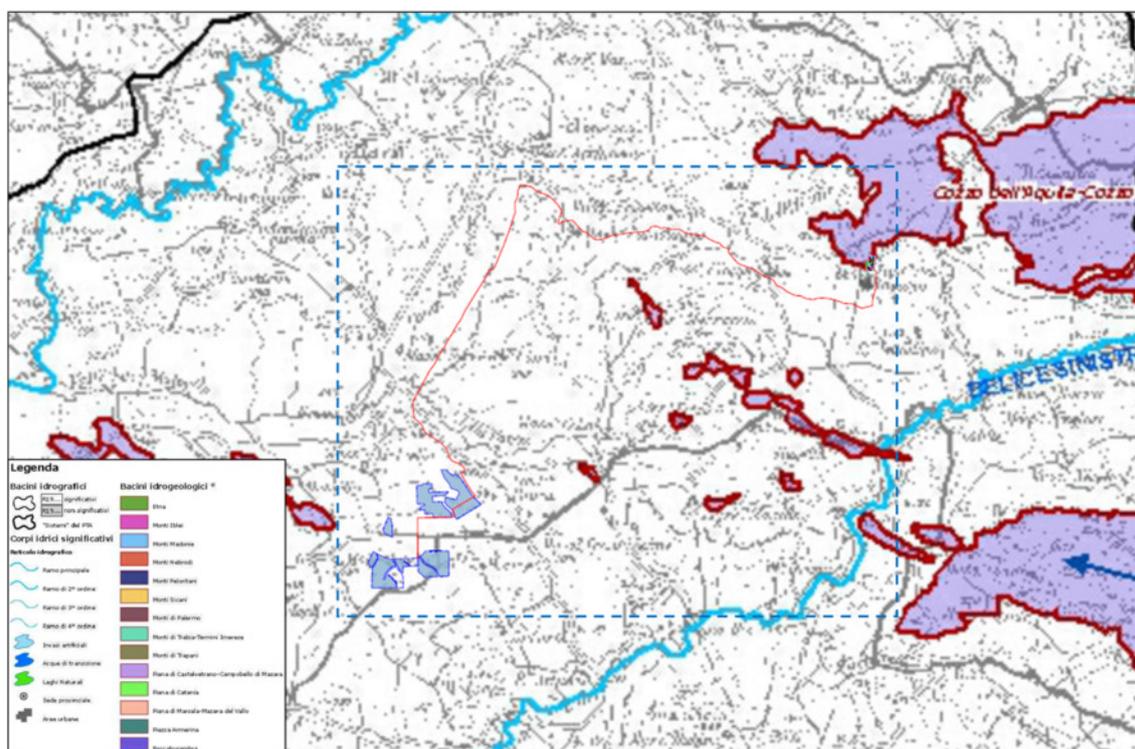


Figura 4 - Inquadramento delle opere di progetto rispetto alla Carta dei bacini idrogeologici e corpi idrici significativi sotterranei (Rif. FV.MNR03.PD.C.10)

Il Fiume Belice presenta un ampio bacino idrografico che si sviluppa dai Monti di Palermo a Nord alle spiagge del Mediterraneo a SW.

L’assetto geomorfologico presenta pertanto caratteri variabili, da quelli tipici dell’entroterra isolano a quelli delle fasce costiere meridionali e sud-occidentali. I rilievi più elevati si localizzano in corrispondenza delle impalcature carbonatiche dei circondari di Piana degli Albanesi, Corleone, Contessa Entellina e nella parte mediana del bacino, lungo lo spartiacque fra i due rami principali del Belice, mentre nella parte meridionale del bacino, invece, la morfologia è più uniforme in relazione alla litologia calcarenitico-sabbiosa ed argilloso-marnosa diffusa in maniera prevalente. I tipi litologici in affioramento mostrano contatti

stratigrafici e tettonici tanto tra le masse lapidee costituenti le strutture di maggior rilievo, quanto tra queste ultime e le masse plastiche che, come orizzonti più o meno continui, si estendono nel territorio del bacino. Così, man mano che si procede dai settori settentrionali, dominati dalle alture del palermitano, a quelli centrali, in cui compaiono più estesamente le masse plastiche, sino alla fascia costiera mediterranea, ove dominano prevalentemente i terreni arenaceo-sabbiosi, la morfologia varia, evidenziando forme definite, settori modellati con una morfologia ondulata e spianate dalla configurazione a terrazzi. Su questo tessuto caratterizzato da una frequente diversificazione della tipologia geolitologica delle rocce in affioramento, il reticolo idrografico del Belice si è articolato condizionando la configurazione geomorfologica di tutto il bacino.

Nel complesso, l'assetto morfologico del bacino si presenta abbastanza vario in quanto risente delle diversità ed eterogeneità dei tipi litologici affioranti: laddove predominano i termini più francamente lapidei si hanno pareti ripide e pendii scoscesi, mentre in corrispondenza dei termini litologici di natura prevalentemente argillosa i pendii presentano morfologia più dolce e modellata. Il reticolo idrografico si adatta al substrato litologico cosicché le valli appaiono più strette nelle aree montuose e si slargano laddove i termini plastici lasciano ai corsi d'acqua maggiori spazi per la divagazione. I principali rami della rete idrografica scorrono incidendo, quindi, sia rocce lapidee che rocce sciolte, per cui lungo i versanti subentrano condizioni di dissesto e di intensa attività erosiva sia ad opera delle acque incanalate che del ruscellamento superficiale.

Il bacino del Fiume Belice è il più esteso della Sicilia Occidentale. Il corso d'acqua ha vita perenne ed uno sviluppo idrografico completo nasce dalla confluenza dei due rami, il Belice Destro e il Belice Sinistro e si estende per circa 263 Kmq interessando il territorio delle province di Palermo e Trapani; traendo la propria origine nella zona settentrionale del bacino, nel circondario dei comuni di S. Cristina Gela e Piana degli Albanesi, dalle falde della Moarda alle pendici di M. Leardo e dalla Rocca Busambra con il nome di F. di Frattina ed è alimentato da alcuni piccoli torrenti tra i quali il fosso Bicchinello in territorio di Corleone e si sviluppa per circa 57 Km fino alla foce nel Mar Mediterraneo. Quest'ultimo, come tutti i corsi d'acqua della Sicilia ha, particolarmente nei rami di monte, carattere tipicamente torrentizio.

Complessivamente il bacino presenta un reticolo idrografico abbastanza articolato con regimi di tipo torrentizio che si estrinsecano in prolungati periodi di assoluta siccità alternati a periodi di piena con tempi brevi di corrivazione dopo gli eventi meteorici. I maggiori volumi dei deflussi appaiono sempre concentrati nel semestre Novembre-Aprile.

4.1.1 Compatibilità degli interventi rispetto al Piano Stralcio di distretto per l'Assetto Idrogeologico

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.

4.1.1.1 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”*.

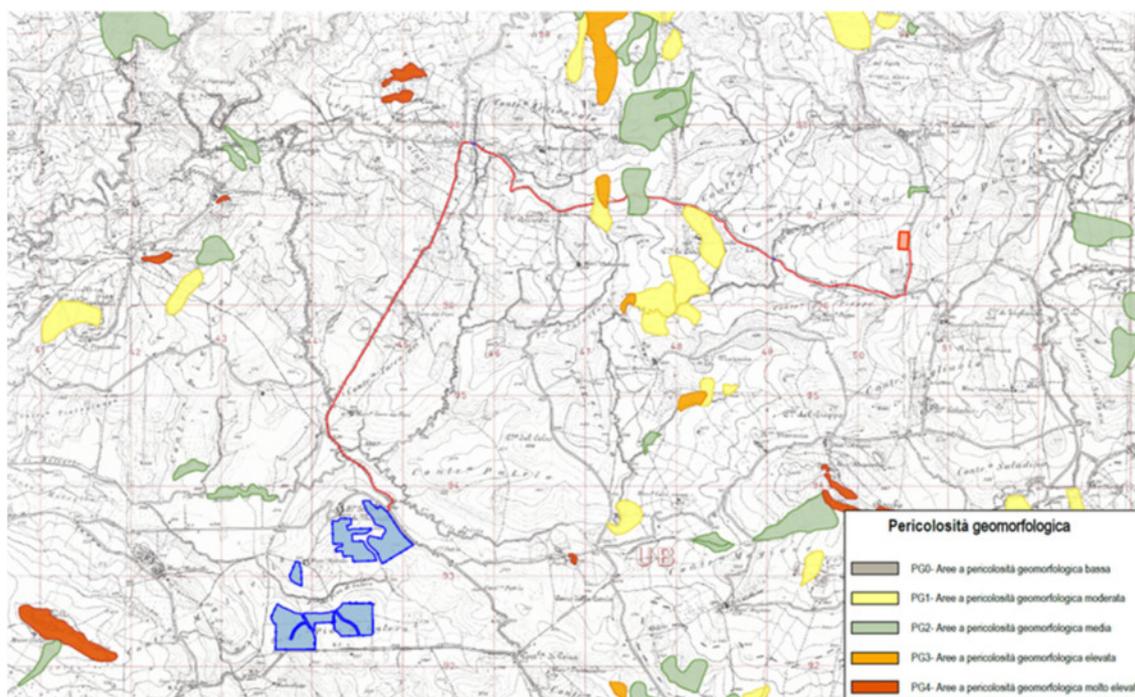


Figura 5 - Inquadramento delle opere di progetto rispetto al PAI: Pericolosità geomorfologica (Rif. FV.MNR03.PD.C.07)

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.

L'Appendice C concerne i "Contenuti tecnici degli studi di compatibilità idraulica", la cui redazione e valutazione è considerata poiché, nel caso in esame, lo studio è finalizzato alla verifica della compatibilità di opere e interventi, esistenti o proposti, con le condizioni di pericolosità e di rischio. Secondo quanto stabilito alla lettera C.1. gli studi con la succitata finalità dovranno:

- stimare gli idrogrammi di piena nelle sezioni d'interesse per i tempi di ritorno definiti nella presente appendice;

- definire il moto delle acque nell'alveo e nelle eventuali aree inondate;
- caratterizzare le aree a pericolosità idraulica attraverso l'individuazione dell'estensione dell'inondazione, il tirante idrico e le caratteristiche del deflusso;
- indicare le potenziali conseguenze negative derivanti dalle inondazioni;
- definire e descrivere le interferenze tra le aree a pericolosità di inondazione e le destinazioni urbanistiche, le trasformazioni d'uso del territorio e le opere previste o presenti.

Alla lettera C.2 sono indicate le modalità con cui effettuare la modellazione idrologica:

“Lo studio idrologico deve preliminarmente definire l'area di interesse, il reticolo idrografico naturale e artificiale, le sezioni di interesse e i relativi bacini sottesi. (...) Nei casi in cui le inondazioni non siano causate da esondazioni di corsi d'acqua o apporti diretti di canali di raccolta, bensì da accumulo di acque zenitali e carenza di drenaggio idrico superficiale naturale, sarà necessario utilizzare un modello digitale del terreno ove distribuire i volumi totali di pioggia all'interno dei volumi di accumulo naturali presenti sul suolo, al fine di evidenziare le principali zone di raccolta idrica nell'area di studio e progettare adeguate opere di drenaggio superficiale”.

“La stima degli idrogrammi di piena nelle sezioni d'interesse deve essere condotta con metodi probabilistici (...) ed utilizzare metodi (...) indiretti (analisi probabilistica delle precipitazioni e successiva trasformazione afflussi-deflussi). L'analisi probabilistica può essere effettuata anche sulla base di studi di regionalizzazione (ad es. VAPI, TCEV, ecc.) disponibili per il territorio in esame (...).”

“Nel caso di bacini idrografici di limitata estensione (fino a circa 20 km²) si può ricorrere, per la determinazione del valore della portata di massima piena di assegnato tempo di ritorno, all'applicazione di un metodo analitico noto in letteratura come “metodo razionale”.”

Alla lettera C.3 sono indicate le modalità con cui effettuare la modellazione idraulica:

“In considerazione della complessità del fenomeno da studiare e del grado di approfondimento necessario, possono essere utilizzati: (...) modelli di moto vario bidimensionale (2D) e comunque che consentano la valutazione dei tiranti idraulici e delle velocità (...).”

5 INTERFERENZE CON 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.

Tabella 2 - Elenco delle interferenze idrauliche individuate

Interferenza	Tipologia d'alveo	Denominazione	Opera interferente
I01	Corso d'acqua rilevato da CTR, gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia e tutelato ai sensi del D.Lgs. 42/2004 sulla Tutela dei Beni Paesaggistici con attraversamento mediante opera d'arte	Fosso del Pian di Galera	Cavidotto esterno
I02	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I03	Corso d'acqua rilevato da CTR, gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia con attraversamento mediante opera d'arte	Affluente del Fosso del Pian di Galera	Cavidotto esterno
I04	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I05	Corso d'acqua rilevato da CTR, gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia con attraversamento mediante opera d'arte	Affluente del Vallone di Malvello	Cavidotto esterno
I06	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I07	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I08	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I09	Corso d'acqua rilevato da CTR, gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia con attraversamento mediante opera d'arte	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I10	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I11	Corso d'acqua rilevato da carta I.G.M., gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia con attraversamento mediante opera d'arte	Affluente di Fosso Arcivocale	Cavidotto esterno
I12	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I13	Corso d'acqua rilevato da CTR, gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia e tutelato ai sensi del D.Lgs. 42/2004 sulla Tutela dei Beni Paesaggistici, iscritto nell'Elenco delle Acque Pubbliche della Sicilia, con attraversamento mediante opera d'arte	Fosso Arcivocale	Cavidotto esterno
I14	Corso d'acqua rilevato da CTR, gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia con	Affluente di Fosso Arcivocale	Cavidotto esterno

Interferenza	Tipologia d'alveo	Denominazione	Opera interferente
	attraversamento mediante opera d'arte		
I15	Corso d'acqua rilevato da CTR, gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia con attraversamento mediante opera d'arte	Affluente di Fosso di Palastanga	Cavidotto esterno
I16	Corso d'acqua rilevato da CTR, gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia con attraversamento mediante opera d'arte	Affluente di Fosso di Palastanga	Cavidotto esterno
I17	Corso d'acqua rilevato da CTR, gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia con attraversamento mediante opera d'arte	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I18	Corso d'acqua rilevato da carta I.G.M., gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia con attraversamento mediante opera d'arte	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I19	Corso d'acqua rilevato da CTR, gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia con attraversamento mediante opera d'arte	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I20	Corso d'acqua rilevato da CTR, gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia con attraversamento mediante opera d'arte	Affluente di Vallone dell'Aquila	Cavidotto esterno
I21	Corso d'acqua rilevato da CTR, gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia e tutelato ai sensi del D.Lgs. 42/2004 sulla Tutela dei Beni Paesaggistici con attraversamento mediante opera d'arte	Vallone dell'Aquila	Cavidotto esterno
I22	Corso d'acqua rilevato da carta I.G.M., gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia con attraversamento mediante opera d'arte	Affluente di Vallone dell'Aquila	Cavidotto esterno
I23	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I24	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I25	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I26	Corso d'acqua rilevato da CTR, gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia con attraversamento mediante opera d'arte	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I27	Impluvio rinvenuto da ortofoto e sopralluogo in sito	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno
I28	Corso d'acqua rilevato da CTR, gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia con attraversamento mediante opera d'arte	Corso d'acqua privo di denominazione	Cavidotto esterno

6 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica del progetto Agrovoltaico in esame è stata condotta utilizzando il Metodo VAPI "Valutazione delle Piene in Sicilia" (Ferro e Cannarozzo, 1993), predisposto in collaborazione tra il CNR e il GNDCI. Tale metodo consente di effettuare un'indagine pluviometrica in modo indiretto per la stima della portata dei corpi idrici per i quali non sono disponibili abbastanza dati pluviometrici. In particolare, il progetto VAPI va ad effettuare una regionalizzazione dei parametri probabilistici per la stima delle portate, che tiene conto di una particolare caratterizzazione geologica dei suoli con Riferimento alla loro capacità di infiltrazione oltre che della copertura boscata.

6.1 Metodo TCEV Sicilia

Il metodo TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) permette di determinare le altezze di pioggia h e le relative intensità i , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto dal progetto VAPI. La regionalizzazione permette di superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica, spesso costituita da serie storiche di durata limitata e quindi poco attendibile per studi di natura statistica, andando ad individuare una distribuzione temporale dei parametri caratteristici delle precipitazioni in Sicilia. Il modello TCEV tiene conto della differente provenienza degli estremi idrologici, attraverso una funzione data dalla combinazione di due funzioni di tipo Gumbel: la prima assume valori non elevati ma frequenti, la seconda genera eventi più rari ma decisamente più intensi.

Il secondo livello di regionalizzazione ha previsto la suddivisione della Sicilia nelle seguenti tre sottozone:

- sottozona ovest A, delimitata ad est dallo spartiacque del F. Imera Meridionale e del F. Pollina;
- sottozona nord-est B, delimitata dai bacini del F. Pollina ad ovest e del F. Salso-Simeto a sud;
- sottozona sud-est C, delimitata a nord dal bacino del F. Salso-Simeto e ad ovest dallo spartiacque del F. Imera Meridionale.

Per ciascuna sottozona omogenea il metodo VAPI mette a disposizione delle formule che consentono di calcolare il fattore di crescita k_T , che dipendono principalmente dal tempo di ritorno T_r . La formula adoperata è consultabile nel rapporto VAPI, ed è valida per tutti i $T_r \geq 10$ anni ed è valida per la SZO nella quale ricadono le opere di progetto:

$$(SZO C)k_T = 0.5015 - 0.003516d + (0.0003720d^2 + 0.00102d + 1.0101)\ln T$$

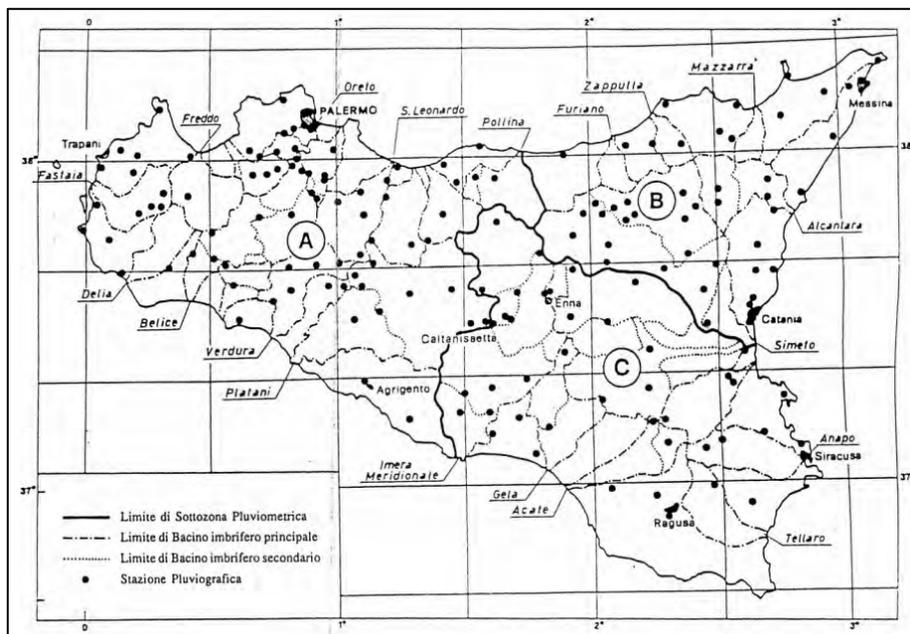


Figura 6 - Sottozona pluviometriche omogenee per il secondo livello di regionalizzazione relativo al metodo VAPI

L'espressione della curva di probabilità pluviometrica è ottenuta dal prodotto tra il fattore di crescita k_T e il valor medio del massimo annuale dell'altezza di pioggia a fissata durata $m[h(d)]$ del modello TCEV, ovvero:

$$h(d) = k_T \cdot m[h(d)]$$

La Sicilia ha adottato una metodologia che distingue il calcolo del valor medio del massimo annuale in base alla durata di precipitazione, suggerendo due differenti formule:

- per $d > 1h$ la formula da adoperare è: $m[h(d)] = a \cdot d^n$
- per $d < 1h$ la formula da adoperare è: $m[h(d)] = 0.208 \cdot m[h(60)] \cdot d^{0.386}$

Per comprendere quale delle due formule adoperare, si è reso necessario calcolare la durata di Riferimento per il calcolo della portata, che per i bacini naturali è rappresentata dal tempo di corrivazione t_c . Il tempo di corrivazione di un bacino rappresenta il tempo impiegato dalla goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino. La formula per il calcolo del tempo di corrivazione adoperata è quella di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} \cdot 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H_m - H_{min}}}$$

Il valore del tempo di corrivazione dipende principalmente dalle caratteristiche topografiche del bacino idrografico, infatti, nella formula si trova la superficie (S), la lunghezza dell'asta principale (L), l'altezza media dell'asta principale (H_m) e l'altezza minima dell'asta principale (H_{min}).

Una volta ottenuta l'altezza di pioggia a durata fissata $h(d)$ è possibile calcolare la portata al colmo di piena mediante il metodo della formula razionale, che consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno T mediante la seguente relazione:

$$Q_{Tr} = \frac{\varphi \cdot i_{Tr} \cdot S}{3.6}$$

ove:

- Q_{Tr} è la portata di piena di assegnato tempo di ritorno T_r ed è espressa in m^3/s ;
- φ è il coefficiente di afflusso, adimensionale;
- i_{Tr} è l'intensità critica della precipitazione di assegnato tempo di ritorno (corrispondente al tempo di corrivazione) in mm/h ;
- S è la superficie del bacino idrografico espressa in km^2 .

6.1.1 Coefficiente di afflusso

Il modello afflussi-deflussi adoperato richiede di quantificare le perdite dovute all'infiltrazione con il fine di calcolare la pioggia netta, cioè quella che dà luogo al deflusso. Il coefficiente di afflusso rappresenta il rapporto tra il volume totale di deflusso e il volume totale di pioggia caduto sull'area sottesa ad una data sezione, il suo utilizzo comporta di considerare le perdite proporzionali all'intensità media di pioggia. Secondo quanto indicato dal "Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia", è possibile stimare il coefficiente di deflusso in prima approssimazione come un unico valor medio regionale pari a:

$$\varphi = 0.364$$

6.2 Calcolo delle portate al colmo di piena

Il calcolo delle portate al colmo di piena tiene conto del procedimento appena descritto. La portata di progetto è stata calcolata per un tempo di ritorno pari a 200 anni, in accordo anche a quanto stabilito nel Capitolo 5 delle NTC 2018. Infatti, per ogni bacino idrografico a monte e a valle dell'interferenza è stata calcolata la portata al colmo di piena dalla quale è stato poi ricavato l'idrogramma di piena. Così come definito nel Capitolo precedente, lo studio idrologico e idraulico è stato effettuato solamente per le interferenze ritenute più significative e per le quali la classica modalità di posa del cavidotto non è sufficiente. A tal proposito, sono state individuate n. 18 interferenze complesse da risolvere adoperando la modellazione bidimensionale ed individuando le zone potenzialmente allagabili, così da poter definire il tracciato del cavidotto. Nello specifico, per ciascuna delle 18 interferenze sono stati modellati i bacini idrografici dei corsi d'acqua che vi confluiscono.

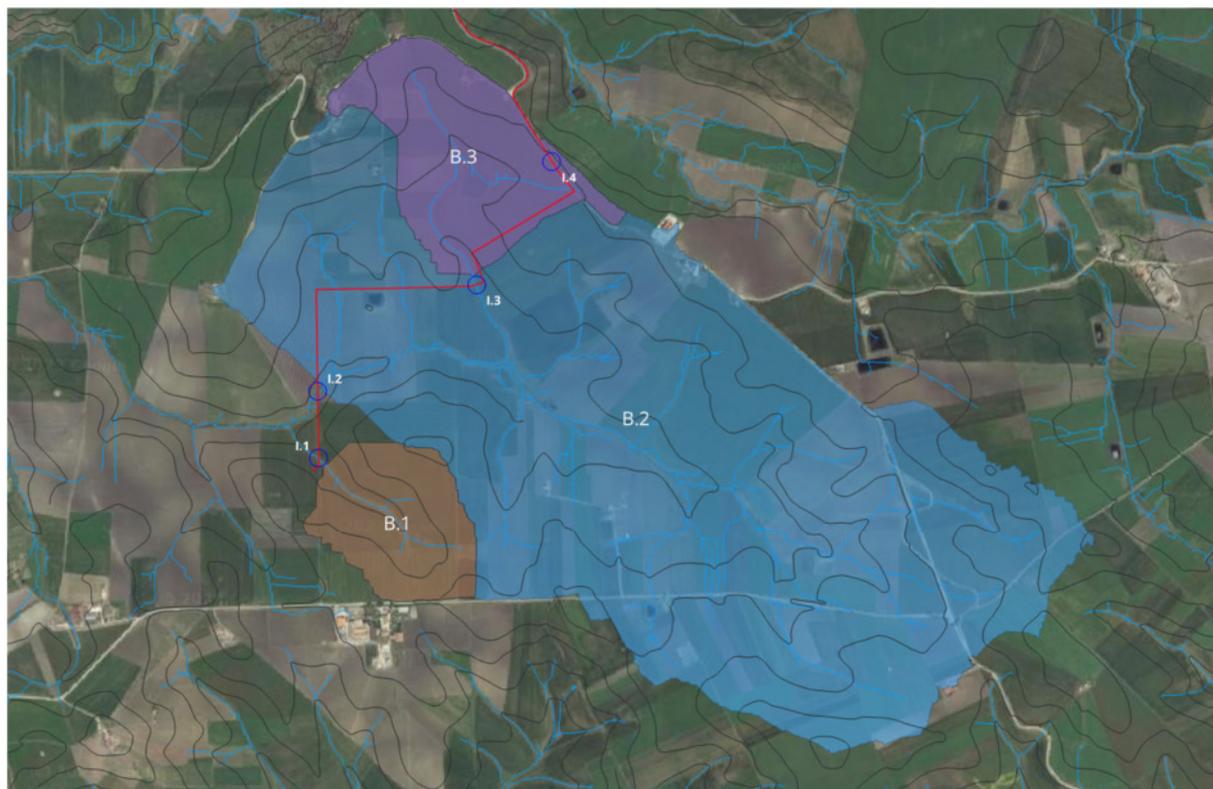


Figura 7 - Rappresentazione dei bacini idrografici per le interferenze I1, I2, I3

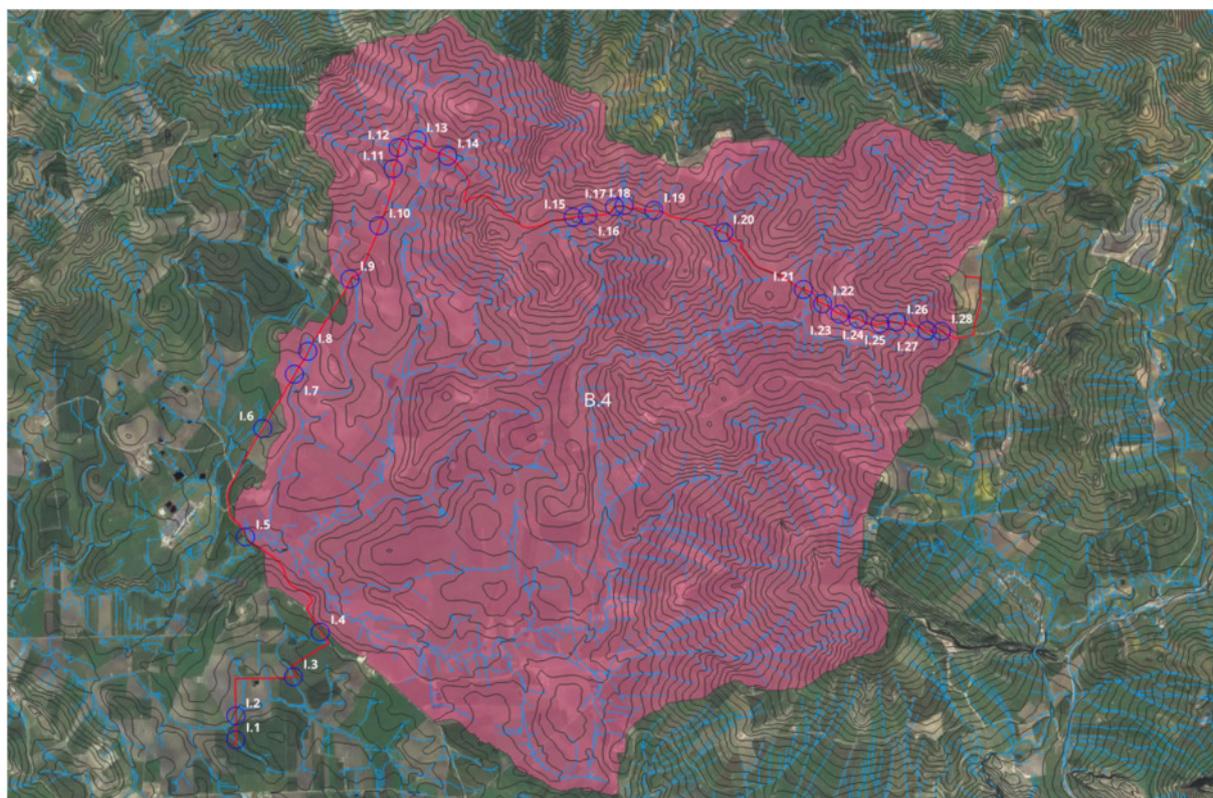


Figura 8 - Rappresentazione di uno dei bacini idrografici afferente la I5

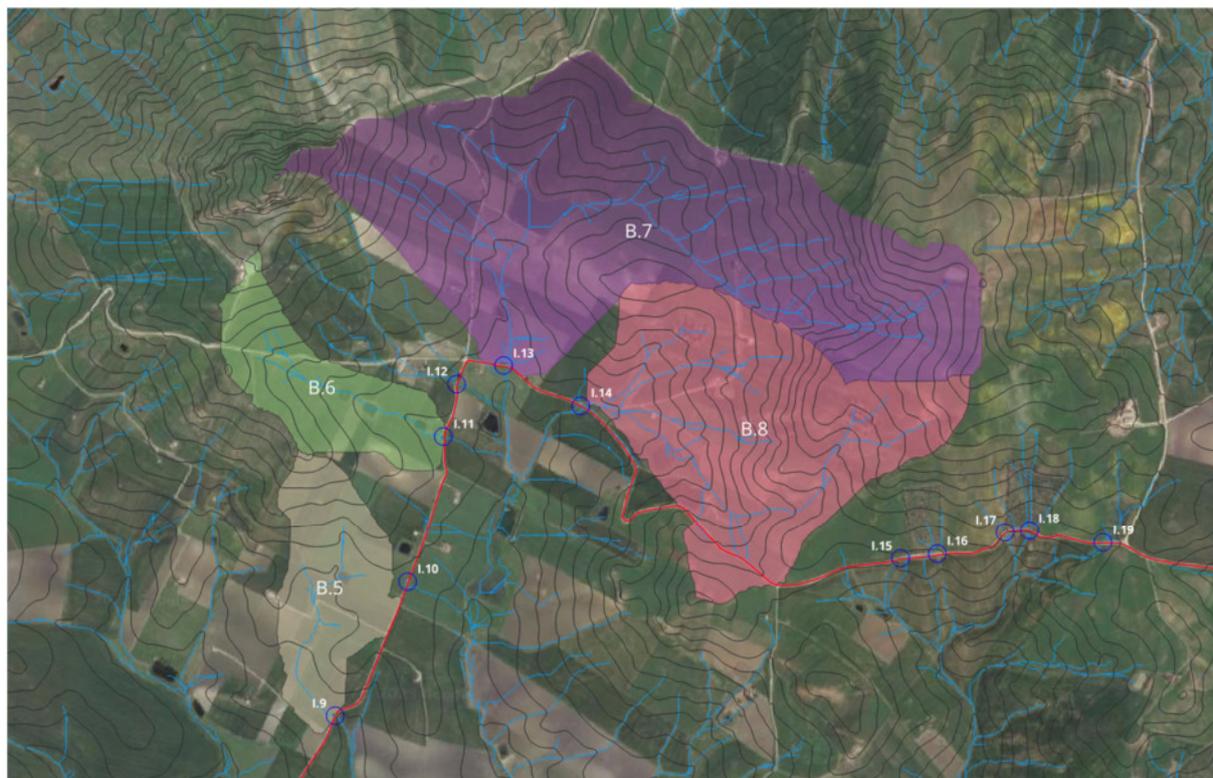


Figura 9 - Rappresentazione dei bacini idrografici per le interferenze I9, 11, I13, e I14

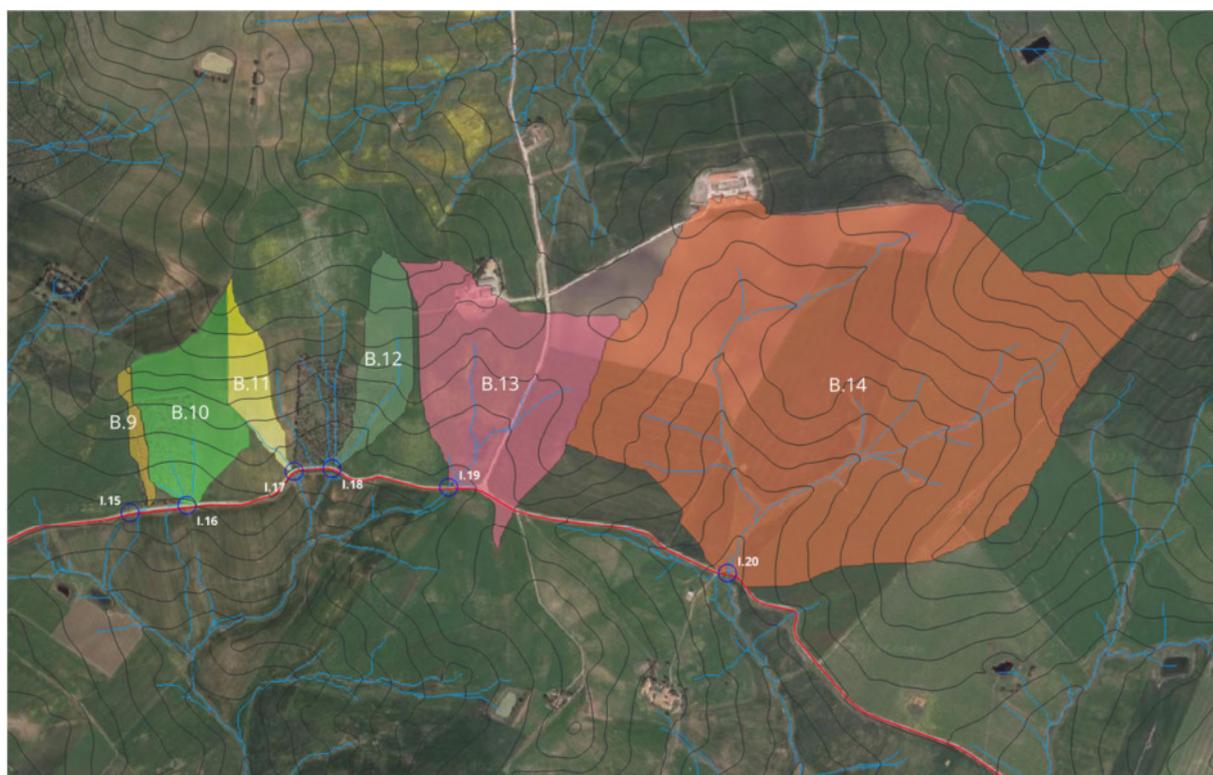


Figura 10 – Rappresentazione di uno dei bacini idrografici afferente la I15, I16, I17, I18, I19 E I20

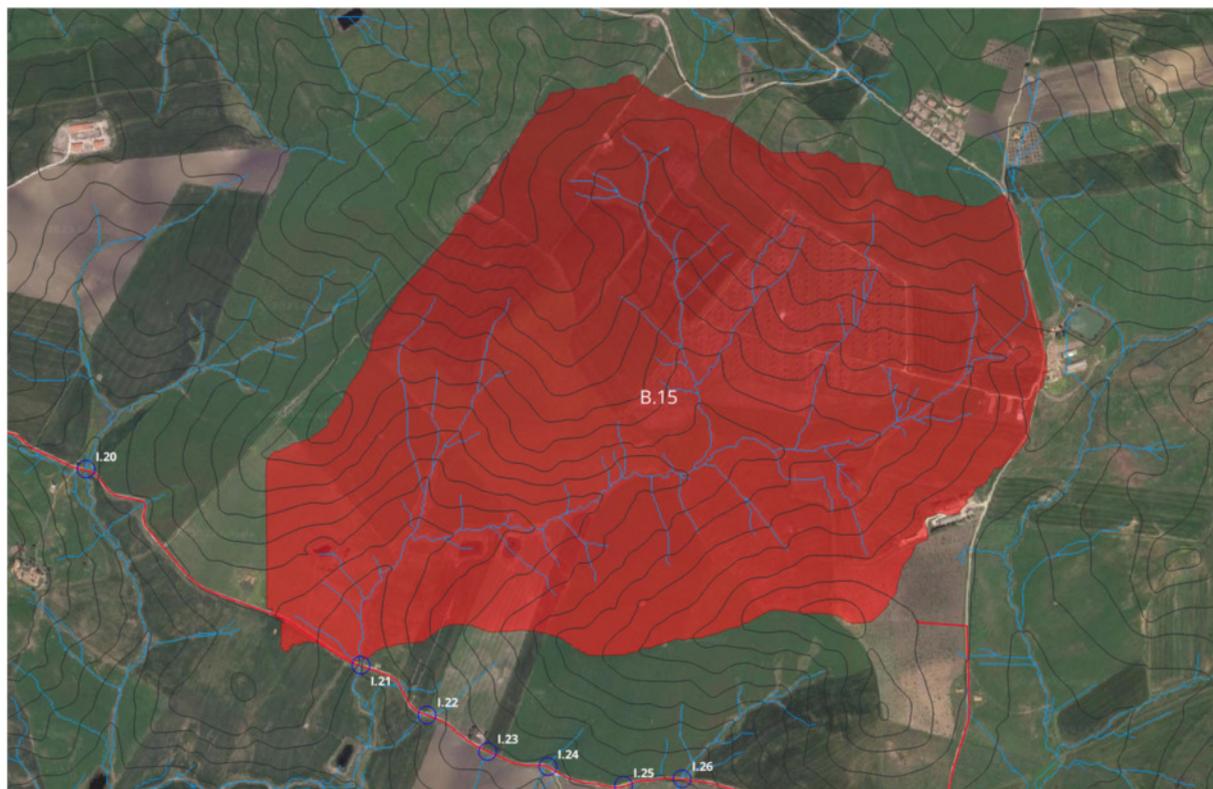


Figura 11 – Rappresentazione del bacino idrografico per la I21

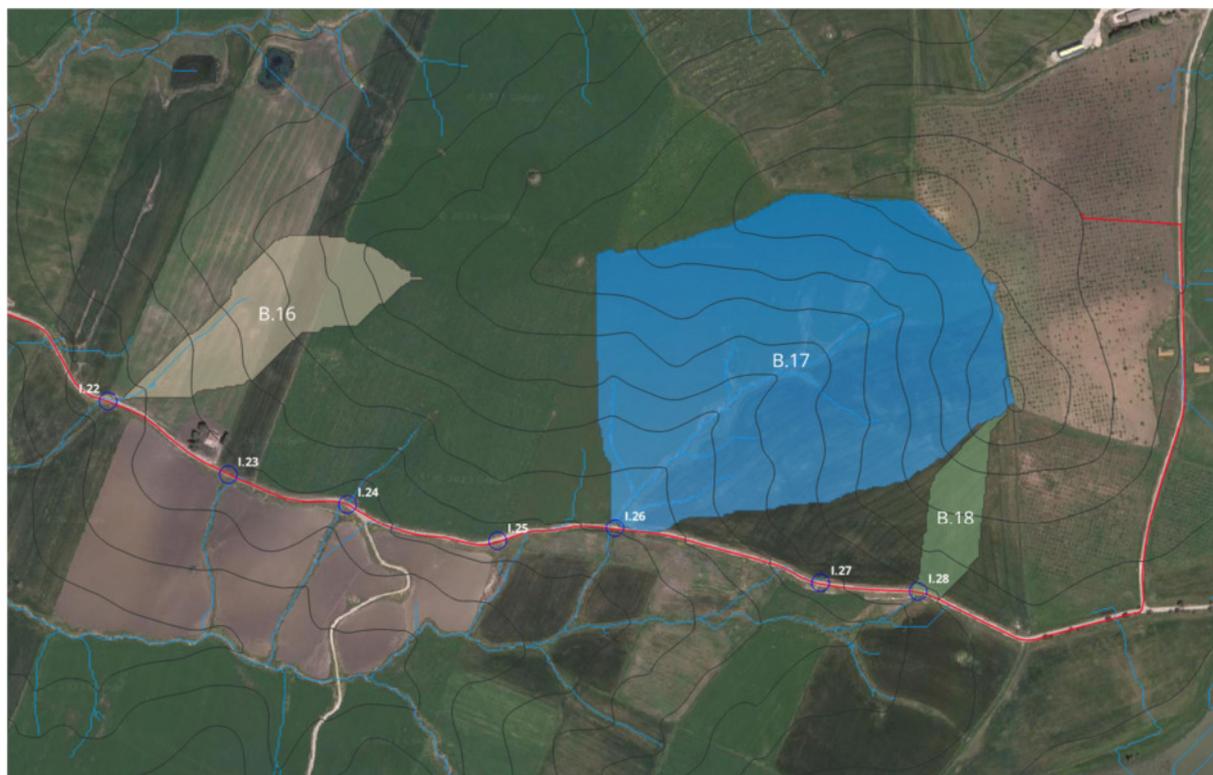


Figura 12 – Rappresentazione dei bacini idrografici per l'interferenza I22, I26 e I28

Interferenza	Bacino idrografico affidente
I.1	1
I.2	2
I.3	3
I.5	4
I.9	5
I.11	6
I.13	7
I.14	8
I.15	9
I.16	10
I.17	11
I.18	12
I.19	13
I.20	14
I.21	15
I.22	16
I.26	17
I.28	18

Lo studio idrologico ha richiesto un'analisi topografica dei bacini idrografici di riferimento, nello specifico per ciascun bacino è stata individuata la lunghezza dell'asta principale, le quote massime e minime, la quota massima dell'asta principale. Tali dati sono di fondamentale importanza ai fini del calcolo delle portate di piena (così come già indicato nel Paragrafo 6.1), che rappresentano il dato in input per effettuare la modellazione bidimensionale.

Tabella 3 - Calcolo delle portate al colmo di piena per le interferenze analizzate

Interferenza	A totale [m ²]	A totale [km ²]	t _c [h]	ψ	m[h(t _r)] [mm]	Tr	SZO	k _{T=200}	h(t _r ,T)	i(t _r)	Q [m ³ /s]
BACINO 1	199413,00	0,20	1,66	0,364	29,516	200	5,83	4,04	172,09	103,38	2,085
BACINO 2	2798540,00	2,80	3,95	0,364	41,203	200	5,86	4,04	241,27	61,08	17,284
BACINO 3	317143,00	0,32	1,38	0,364	27,418	200	5,83	4,04	159,79	116,20	3,726
BACINO 4	27788027,00	27,79	5,13	0,364	45,579	200	5,87	4,04	267,72	52,18	146,610
BACINO 5	259136,00	0,26	1,04	0,364	24,622	200	5,83	4,04	143,43	137,83	3,611
BACINO 6	240415,00	0,24	0,80	0,364	22,250	200	5,82	4,04	129,58	161,88	3,935
BACINO 7	1341134,00	1,34	1,57	0,364	28,888	200	5,83	4,04	168,40	106,97	14,506
BACINO 8	738095,00	0,74	0,91	0,364	23,412	200	5,82	4,04	136,36	149,31	11,143
BACINO 9	8083,00	0,01	0,09	0,364	9,741	200	5,82	4,04	56,69	601,90	0,492
BACINO 10	65843,00	0,07	0,29	0,364	15,107	200	5,82	4,04	87,93	299,55	1,994
BACINO 11	22887,00	0,02	0,17	0,364	12,129	200	5,82	4,04	70,59	424,71	0,983
BACINO 12	40476,00	0,04	0,25	0,364	14,298	200	5,82	4,04	83,23	326,92	1,338
BACINO 13	147882,00	0,15	0,57	0,364	19,547	200	5,82	4,04	113,81	198,87	2,974
BACINO 14	689979,00	0,69	0,99	0,364	24,114	200	5,83	4,04	140,46	142,47	9,939
BACINO 15	1951319,00	1,95	1,66	0,364	29,485	200	5,83	4,04	171,90	103,56	20,432
BACINO 16	32479,00	0,03	0,22	0,364	13,580	200	5,82	4,04	79,04	354,85	1,165
BACINO 17	170717,00	0,17	0,52	0,364	18,788	200	5,82	4,04	109,39	211,79	3,656
BACINO 18	12640,00	0,01	0,11	0,364	10,417	200	5,82	4,04	60,62	541,00	0,691



RELAZIONE IDROLOGICO- IDRAULICA

CODICE	FV.MNR03.PD.A.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	29 di 70

6.3 Modellazione idraulica bidimensionale

L'Appendice C concerne i "Contenuti tecnici degli studi di compatibilità idraulica" della GURS 21/05/2021 al punto C.3 definisce le modalità di modellazione idraulica, che nel caso in esame è stata prevista del tipo bidimensionale. Per il progetto in esame è stato utilizzato il codice di calcolo HEC-RAS 6.2, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers. Il codice di calcolo permette l'implementazione di modelli numerico-idraulici di canali naturali ed artificiali e per ricostruire con un accettabile grado di approssimazione la geometria, la dinamica fluviale e la risposta di un corso d'acqua agli interventi in alveo. La geometria dello stato di fatto è stata ricostruita utilizzando un DTM 2x2 m, non disponendo di basi con risoluzione superiore, portando in conto eventuali approssimazioni dei risultati in output dovuti al modello morfologico non del tutto rappresentativo delle condizioni reali.

Il dato output fornito dal software, adoperato nel presente studio di compatibilità, è relativo al parametro "Depth", ossia il valore del tirante idrico corrispondente ad un T_r pari a 200 anni planimetricamente disposto e rappresentato come fascia di allagamento. Tale fascia è fondamentale per individuare la modalità di risoluzione più adeguata dell'interferenza. Le stesse aree inondabili saranno rappresentate nei capitoli successivi, nel momento in cui è analizzata ogni singola interferenza.

7 INTERFERENZE IDRAULICHE

7.1 I.1 e I.2

L'interferenza I.1 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto esterno ed un corso d'acqua rilevato da foto satellitari; in corrispondenza di tale interferenza è presente un alveo con incisione e profondità pressoché insignificanti. L'interferenza I.2, invece, è dovuta all'intersezione tra il cavidotto esterno ed un fiume rilevato da Ortofoto e C.T.R. identificato come "Fosso del Pian di Galera" sottoposto a vincolo paesaggistico ai sensi del D.Lgs n.42/2004.



Figura 13 - Inquadramento della I.1 e I.2 su CTR e ortofoto

Tabella 4 - Coordinate geografiche relative alla I.1

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
344165.09 m	4192442.38 m

Tabella 5 - Coordinate geografiche relative alla I.2

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
344162.07m	4192651.74 m

Il sopralluogo tecnico non ha consentito di rilevare correttamente l'interferenza a causa della folta vegetazione presente.

7.1.1 Risoluzione della I.1 e I.2

Le interferenze I.1 e I.2 con il cavidotto esterno si riscontrano a ridosso delle aree adibite all'installazione del campo fotovoltaico. Considerando la vicinanza tra le due interferenze e che il fiume è sottoposto a vincolo paesaggistico ai sensi del D.Lgs n.42/2004, si è optato per la realizzazione di una TOC unica (o in alternativa una serie di TOC alternate a scavi interrati) che consente di superare sia la I.1 che la I.2. Nello specifico, la lunghezza del tratto di TOC ha richiesto uno studio idraulico bidimensionale mirato alla perimetrazione della fascia di allagamento in corrispondenza di tale tratto. Dunque, facendo riferimento al metodo indicato nel Paragrafo 6.2, sono state calcolate le portate di piena con un tempo di ritorno pari a 200 anni. A partire da tale dato, tramite l'ausilio del software HEC-RAS è stato modellato il "river", inteso come il fiume di riferimento per l'analisi idraulica. L'output del software ha restituito la "depth", ossia il tirante idrico che defluisce in corrispondenza di tale corso d'acqua.

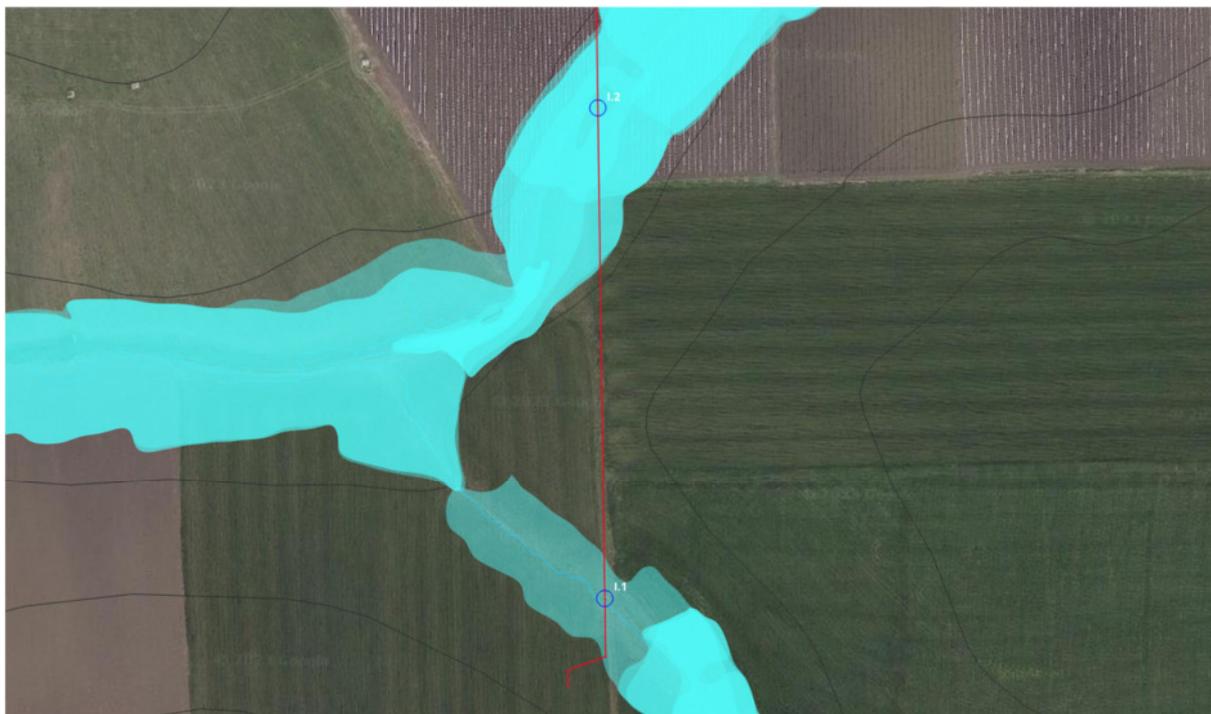


Figura 14 – Rappresentazione dell'area inondabile ottenuta dalla modellazione idraulica bidimensionale per la I.1 e I.2



Figura 15 - Rappresentazione del tratto di TOC (in verde) per la I.1 e I.2

Compatibilmente con l'area inondabile ottenuta, la larghezza della TOC è stata scelta considerando lo spazio necessario ai pozzetti per la posa del cavidotto tramite trivellazione è risultata pari a 430 m.

La trivellazione orizzontale controllata è una tecnica che prevede la posa del cavidotto lungo un profilo di trivellazione, accuratamente scelto in fase progettuale esecutiva, mediante l'utilizzo di un foro pilota. La tecnica prevede la creazione del foro pilota mediante l'introduzione da un pozzo di ingresso di una colonna di aste con una lancia di perforazione posta in testa, che vengono guidate nella direzione e alla quota di progetto. La testa raggiunge un pozzetto di arrivo dove viene collegata ad un utensile alesatore, che ha la funzione di allargamento del foro, fino ad arrivare ad un diametro pari al 20-30% in più della dimensione del tubo da posare. Al termine delle operazioni, l'area di lavoro viene restituita allo status quo ante, mediante il ripristino dei punti di ingresso e di uscita. Il percorso di trivellazione è stato ipotizzato ad almeno 2 m dal punto più depresso dell'alveo, con degli angoli di inclinazione di circa 25°-30°. Si riporta di seguito un'immagine che rappresenta il tipologico relativo alla risoluzione dell'interferenza.

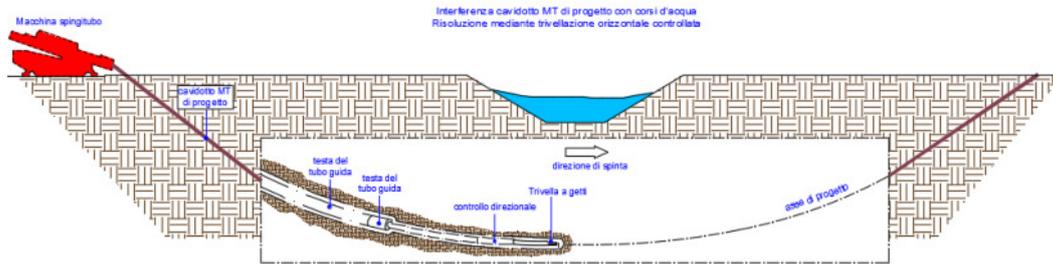


Figura 16 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza tramite TOC (Rif. FV.MNR03.PD.G.02)

7.2 I.3

L'interferenza I.3 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto esterno ed un corso d'acqua rilevato da CTR privo di denominazione, in corrispondenza di tale interferenza è presente un alveo con incisione e profondità pressoché insignificanti.



Figura 17 - Inquadramento della I.3 su CTR e ortofoto

Tabella 6 - Coordinate geografiche relative alla I.3

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
344654.91 m	4192985.37 m

7.2.1 Risoluzione della I.3

L'interferenza I.3 compatibilmente con l'area inondabile ottenuta, si ritiene opportuno risolvere il superamento dell'interferenza attraverso uno scavo in subalveo, di estensione pari a 50 m, al di sotto del fondo alveo del reticolo idrografico esistente, realizzato ad almeno 2 metri di profondità dal letto del corso d'acqua onde evitare eventuali fenomeni di erosione (o alternativamente in TOC per la lunghezza pari alla fascia di allagamento calcolata con periodo di ritorno duecentennale). 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 18 – Rappresentazione dell'area inondabile ottenuta dalla modellazione idraulica bidimensionale per la I.3

Lo scavo in subalveo consiste in uno scavo a valle dell'attraversamento che consente il passaggio del cavo al di sotto dell'alveo esistente, la cui profondità sarà definita in una fase esecutiva a valle delle opportune indagini tecniche sull'alveo. Si tratta, infatti, di un alveo di modeste dimensioni, che consente l'implementazione di tale tecnologia.

L'attraversamento, quindi, verrà eseguito mediante uno scavo a cielo aperto e la predisposizione di un tubo di protezione adoperando i mezzi idonei per raggiungere la profondità desiderata. Sarà effettuato, se necessario, l'aggottamento dell'acqua presente negli scavi e sarà predisposto un adeguato letto di posa.

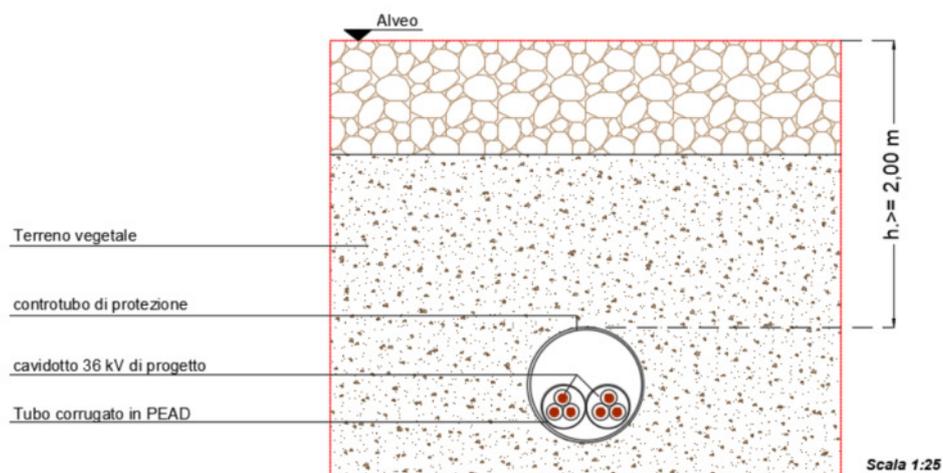


Figura 19 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza mediante lo scavo in subalveo (Rif. FV.MNR03.PD.G.02)

7.3 I.4

L'interferenza I.4 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto esterno ed un corso d'acqua rilevato da foto satellitari, in corrispondenza di tale interferenza è presente un'opera di canalizzazione delle acque meteoriche.

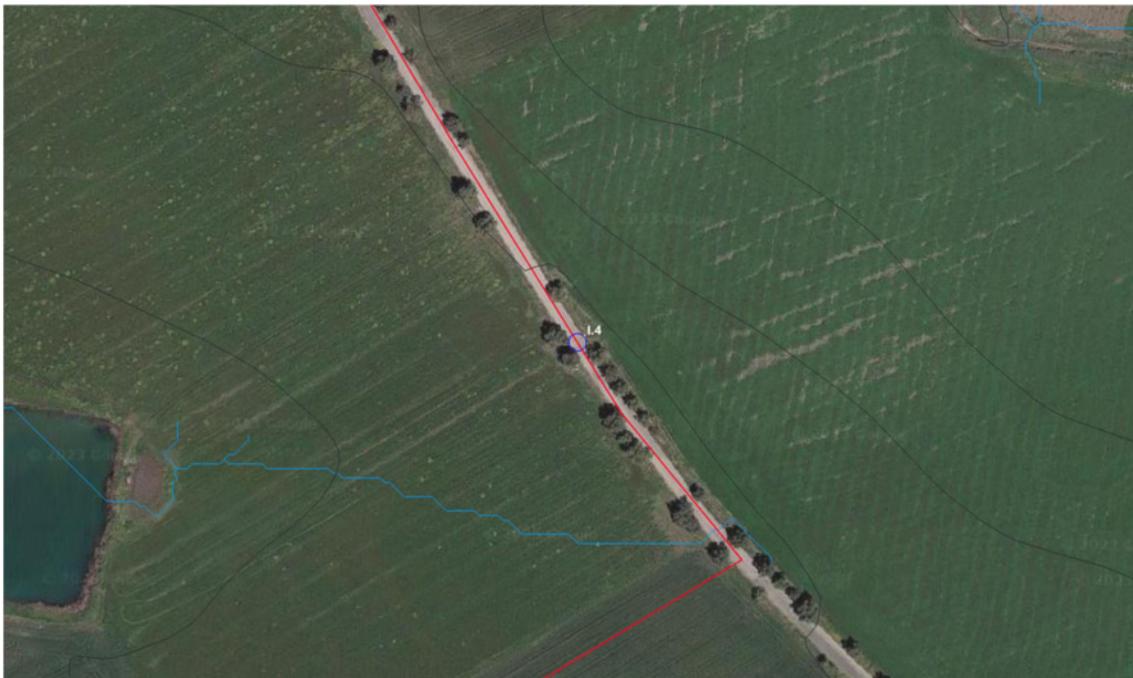


Figura 20 - Inquadramento della I.4 su CTR e ortofoto

Tabella 7 - Coordinate geografiche relative alla I.4

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
344888.52 m	4193368.93 m

7.3.1 Risoluzione della I.4

L'interferenza in esame è rappresentata da un canale che consente il deflusso delle acque meteoriche posto al di sotto del pacchetto stradale. Nello specifico, la risoluzione presenta due potenziali opzioni, che a loro volta dipendono dallo spessore e dalle condizioni del pacchetto stradale. A tal proposito si ha:

- se il pacchetto stradale ha uno spessore che supera i 40 cm (intesi come l'insieme di binder, misto stabilizzato, terreno compattato ecc.) allora il cavidotto potrà essere posizionato al di sopra dell'opera di canalizzazione, ma comunque ad una profondità di almeno 1,20 m, e dunque nel pacchetto stradale. In tal caso il manto stradale sarà temporaneamente scavato per la posa del cavo ed in seguito alle lavorazioni verrà ripristinato (Rif. Figura 20);

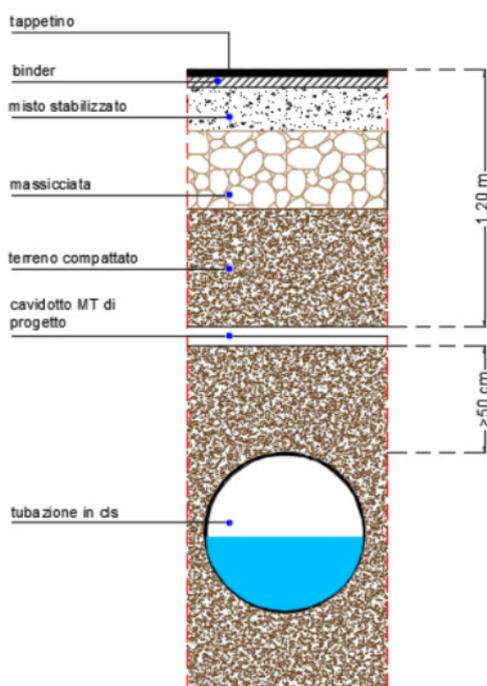


Figura 21 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza che prevede il passaggio del cavidotto sopra l'opera di canalizzazione e nel pacchetto stradale (Rif. FV.MNR03.PD.G.02)

- se il pacchetto stradale ha uno spessore tale da non superare i 40 cm, allora il cavidotto non potrà essere posizionato nel pacchetto stradale, poiché potrebbe inficiare sulla stabilità del cavo oltre che dell'impatto elettromagnetico generato. A tal proposito, dunque, sarà previsto di posizionare il cavo sotto l'opera di regimentazione ad almeno 50 cm di profondità dalla stessa, allo scopo di evitare ogni potenziale fenomeno di infiltrazione delle acque nel cavo (Rif. Figura 21).

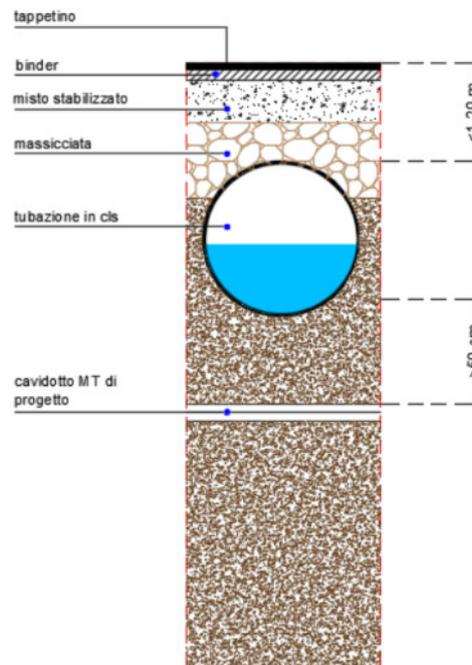


Figura 22 - Schema tipologico di risoluzione dell'interferenza che prevede il passaggio del cavidotto sotto l'opera di canalizzazione (Rif. FV.MNR03.PD.G.02)

7.4 I.5

L'interferenza I.5 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto esterno ed un corso d'acqua rilevato da foto satellitari e da CTR, identificato come affluente "del Vallone di Malvello" in corrispondenza di tale interferenza è presente un alveo con incisione e profondità non significative. La presenza di un folto strato vegetativo è sintomo di un regime tipicamente torrentizio.



Figura 23 - Inquadramento delle I.5 su CTR e ortofoto

Tabella 8 - Coordinate geografiche relative alla I.5

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
344248.93 m	4194187.57 m

7.4.1 Risoluzione delle I.5

Compatibilmente con l'area inondabile ottenuta, si ritiene opportuno risolvere il superamento dell'interferenza attraverso uno scavo in subalveo, di estensione pari a 50 m, al di sotto del fondo alveo del reticolo idrografico esistente, 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.

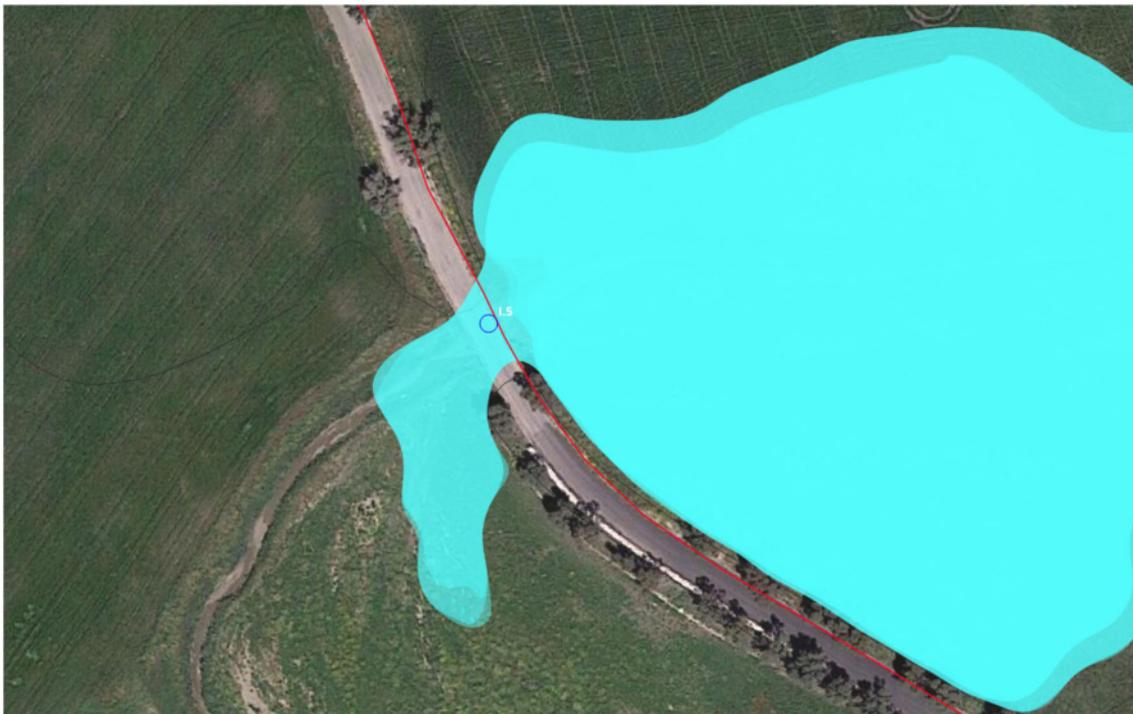


Figura 24 - Rappresentazione dell'area inondabile ottenuta dalla modellazione idraulica bidimensionale per la I.5

7.5 I.6, I.7 e I.8

Le interferenze I.6, I.7 e I.8 sono dovute all'intersezione tra il cavidotto esterno ed un corso d'acqua rilevato da foto satellitari; in corrispondenza delle stesse, sono presenti opere di canalizzazione delle acque meteoriche.



Figura 25 - Inquadramento delle I.6, I.7 e I.8 su CTR e ortofoto

Tabella 9 - Coordinate geografiche relative alla I.6

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
344393.68 m	4195119.97 m

Tabella 10 - Coordinate geografiche relative alla I.7

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
344662.20 m	4195585.41 m

Tabella 11 - Coordinate geografiche relative alla I.8

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
344779.21 m	4195785.93 m

7.6 Risoluzione delle I.6, I.7 e I.8

Le interferenze in esame rappresentano un canale che consentono il deflusso delle acque meteoriche posto al di sotto del pacchetto stradale. Nello specifico, la risoluzione presenta due potenziali opzioni, che a loro volta dipendono dallo spessore e dalle condizioni del pacchetto stradale. A tal proposito si ha:

- se il pacchetto stradale ha uno spessore che supera i 40 cm (intesi come l'insieme di binder, misto stabilizzato, terreno compattato ecc.) allora il cavidotto potrà essere posizionato al di sopra dell'opera di canalizzazione, ma comunque ad una profondità di almeno 1,20 m, e dunque nel pacchetto stradale. In tal caso il manto stradale sarà temporaneamente scavato per la posa del cavo ed in seguito alle lavorazioni verrà ripristinato (Rif. Figura 20);
- se il pacchetto stradale ha uno spessore tale da non superare i 40 cm, allora il cavidotto non potrà essere posizionato nel pacchetto stradale, poiché potrebbe inficiare sulla stabilità del cavo oltre che dell'impatto elettromagnetico generato. A tal proposito, dunque, sarà previsto di posizionare il cavo sotto l'opera di regimentazione ad almeno 50 cm di profondità dalla stessa, allo scopo di evitare ogni potenziale fenomeno di infiltrazione delle acque nel cavo (Rif. Figura 21).

7.7 I.9

L'interferenza I.9 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto esterno ed un corso d'acqua rilevato da foto satellitari e C.T.R., in corrispondenza di tale interferenza è presente un'opera di canalizzazione delle acque meteoriche.



Figura 26 - Inquadramento della I.9 su CTR e ortofoto

Tabella 12 - Coordinate geografiche relative alla I.9

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
345139.77 m	4196408.23 m

7.7.1 Risoluzione della I.9

Compatibilmente con l'area inondabile ottenuta si ipotizza di risolvere l'attraversamento in esame attraverso scavo in subalveo 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.

7.8 I.10

L'interferenza I.10 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto esterno ed un corso d'acqua rilevato da CTR privo di denominazione, in corrispondenza di tale interferenza è presente un'opera di canalizzazione delle acque meteoriche.

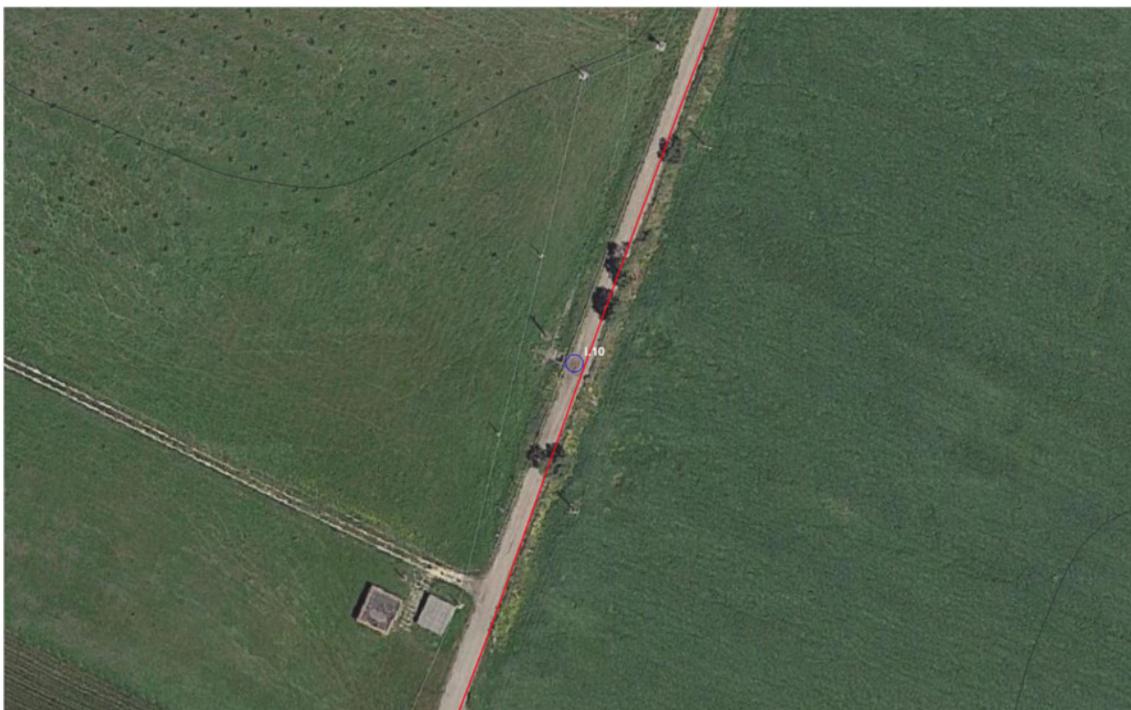


Figura 27 - Inquadramento della I.10 su CTR e ortofoto

Tabella 13 - Coordinate geografiche relative alla I.10

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
345385.59 m	4196863.10 m

7.8.1 Risoluzione della I.10

L'interferenza in esame è rappresentata da un canale che consente il deflusso delle acque meteoriche posto al di sotto del pacchetto stradale. Nello specifico, la risoluzione presenta due potenziali opzioni, che a loro volta dipendono dallo spessore e dalle condizioni del pacchetto stradale. A tal proposito si ha:

- se il pacchetto stradale ha uno spessore che supera i 40 cm (intesi come l'insieme di binder, misto stabilizzato, terreno compattato ecc.) allora il cavidotto potrà essere posizionato al di sopra dell'opera di canalizzazione, ma comunque ad una profondità di almeno 1,20 m, e dunque nel pacchetto stradale. In tal caso il manto stradale sarà temporaneamente scavato per la posa del cavo ed in seguito alle lavorazioni verrà ripristinato (Rif. Figura 20);

- se il pacchetto stradale ha uno spessore tale da non superare i 40 cm, allora il cavidotto non potrà essere posizionato nel pacchetto stradale, poiché potrebbe inficiare sulla stabilità del cavo oltre che dell’impatto elettromagnetico generato. A tal proposito, dunque, sarà previsto di posizionare il cavo sotto l’opera di regimentazione ad almeno 50 cm di profondità dalla stessa, allo scopo di evitare ogni potenziale fenomeno di infiltrazione delle acque nel cavo (Rif. Figura 21).

7.9 I.11

L’interferenza I.11 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 28 - Inquadramento della I.11 su CTR e ortofoto

Tabella 14 - Coordinate geografiche relative alla I.11

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
345507.31 m	4197357.81 m

7.9.1 Risoluzione della I.11

Compatibilmente con l'area inondabile ottenuta, si ritiene opportuno risolvere il superamento dell'interferenza attraverso uno scavo in subalveo, 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.

7.10 I.12

L'interferenza I12 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto esterno ed un corso d'acqua rilevato da foto satellitari, in corrispondenza di tale interferenza è presente un'opera di canalizzazione delle acque meteoriche.



Figura 29 - Inquadramento della I.12 su CTR e ortofoto

Tabella 15 - Coordinate geografiche relative alla I.12

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
345549.94 m	4197536.14 m

7.10.1 Risoluzione della I.12

L'interferenza in esame è rappresentata da un canale che consente il deflusso delle acque meteoriche posto al di sotto del pacchetto stradale. Nello specifico, la risoluzione presenta due potenziali opzioni, che a loro volta dipendono dallo spessore e dalle condizioni del pacchetto stradale. A tal proposito si ha:

- se il pacchetto stradale ha uno spessore che supera i 40 cm (intesi come l'insieme di binder, misto stabilizzato, terreno compattato ecc.) allora il cavidotto potrà essere posizionato al di sopra dell'opera di canalizzazione, ma comunque ad una profondità di almeno 1,20 m, e dunque nel pacchetto stradale. In tal caso il manto stradale sarà temporaneamente scavato per la posa del cavo ed in seguito alle lavorazioni verrà ripristinato (Rif. Figura 20);
- se il pacchetto stradale ha uno spessore tale da non superare i 40 cm, allora il cavidotto non potrà essere posizionato nel pacchetto stradale, poiché potrebbe inficiare sulla stabilità del cavo oltre che dell'impatto elettromagnetico generato. A tal proposito, dunque, sarà previsto di posizionare il cavo sotto l'opera di regimentazione ad almeno 50 cm di profondità dalla stessa, allo scopo di evitare ogni potenziale fenomeno di infiltrazione delle acque nel cavo (Rif. Figura 21).

7.11 I.13

L'interferenza I.13 riguarda l'intersezione del tracciato del cavidotto interrato con il Fosso Arcivocale, iscritto nell'Elenco delle Acque Pubbliche della Sicilia e tutelato ai sensi del D.Lgs. 42/2004 sulla Tutela dei Beni Paesaggistici. L'asta in esame, in corrispondenza dell'interferenza I.13, 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.

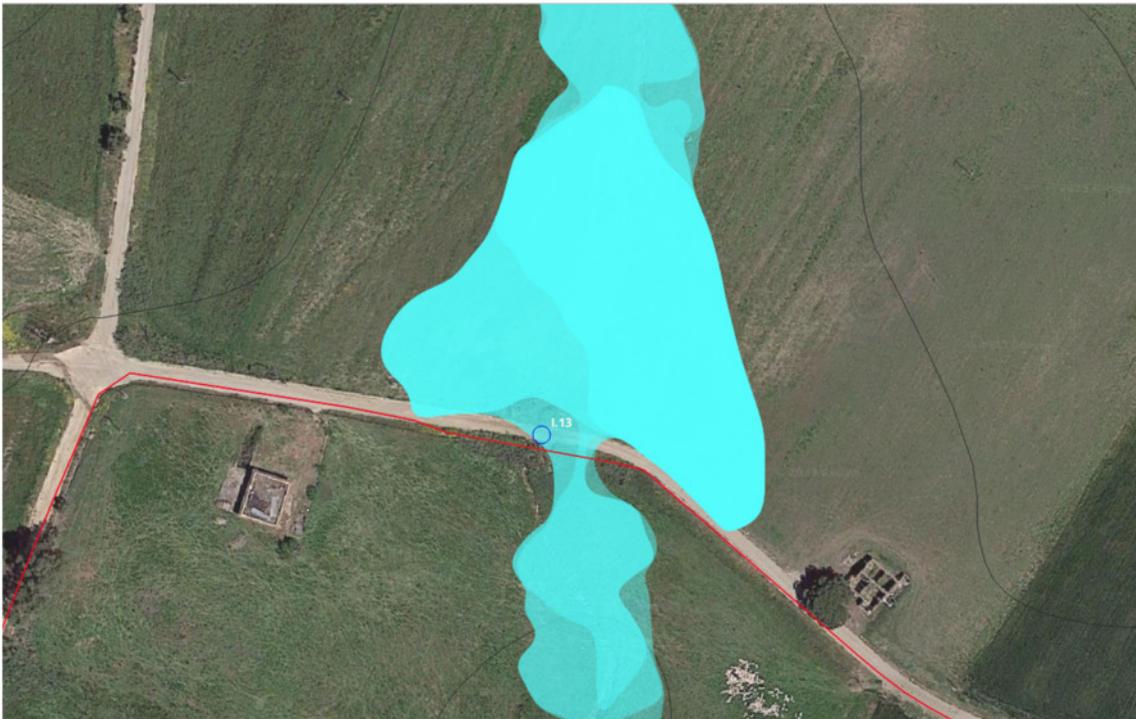


Figura 30 - Inquadramento della I.13 su CTR e ortofoto

Tabella 16 - Coordinate geografiche relative alla I.13

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
345708.14 m	4197598.19 m

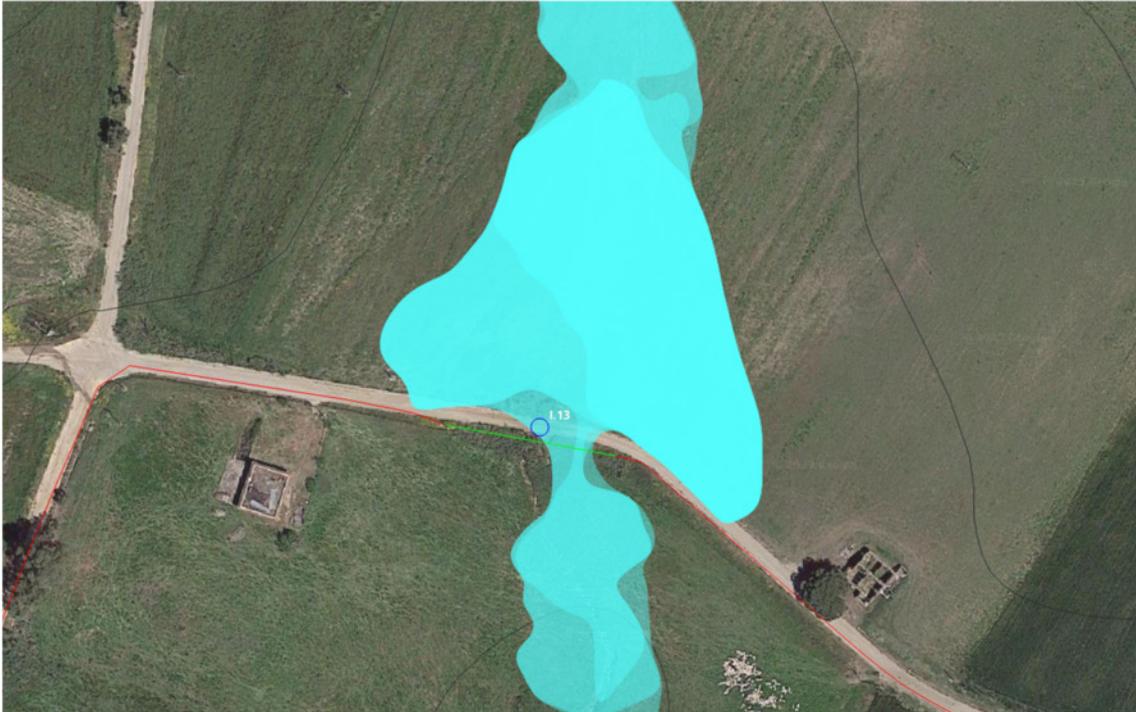


Figura 31 - Rappresentazione del tratto di TOC (in verde) per la I.13

7.11.1 Risoluzione della I.13

Si è ritenuto 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.

7.12 I.14

L'interferenza I.14 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 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 32 - Inquadramento della I.14 su CTR e ortofoto

Tabella 17 - Coordinate geografiche relative alla I.14

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
345970.91 m	4197463.41 m

7.12.1 Risoluzione della I.14

L'interferenza I.14 è stata risolta mediante la realizzazione di uno scavo in subalveo, 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.

7.13 I.15 e I.16

Le interferenze I.15 e I.16, riportate nella figura successiva, 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.

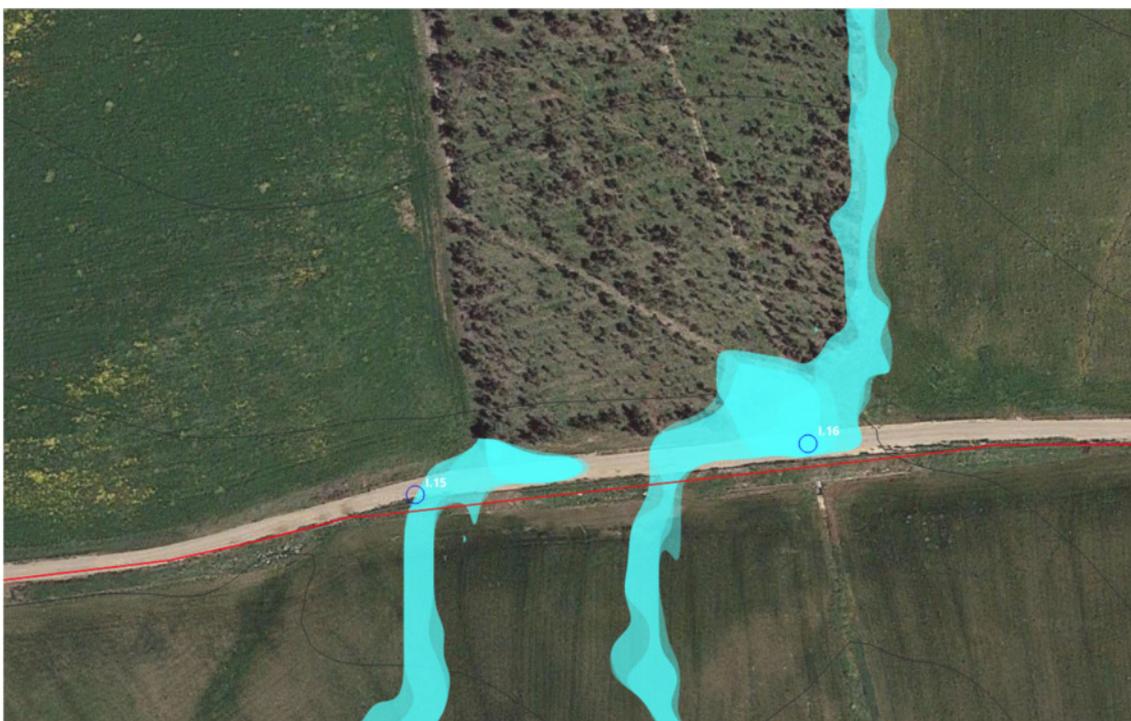


Figura 33 - Inquadramento della I.15 e I.16 su CTR e ortofoto

Tabella 18 - Coordinate geografiche relative alla I.15

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
347049.76 m	4196941.06 m

Tabella 19 - Coordinate geografiche relative alla I.16

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
347171.49 m	4196958.32 m

7.13.1 Risoluzione della I.15 e I.16

Si è ritenuto opportuno risolvere entrambe le interferenze 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 160 m. 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 tale risoluzione. (si rimanda all'elaborato FV.MNR03.PD.A.02 – "Relazione Geologica").



Figura 34 - Rappresentazione del tratto di TOC (in verde) per la I.15 e I.16

7.14 I.17 e I.18

Le intersezioni I.17 e I.18 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.17 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 35 - Inquadramento della I.17 e I.18 su CTR e ortofoto

Tabella 20 - Coordinate geografiche relative alla I.17

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
347400.75 m	4197031.11 m

Tabella 21 - Coordinate geografiche relative alla I.18

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
347481.92 m	4197037.01 m

7.14.1 Risoluzione della I.17 e I.18

Si prevede una risoluzione del superamento delle interferenze descritte attraverso uno scavo su banchina stradale (a nord) o uno scavo in subalveo, di estensione pari a 10 m per l'interferenza I.17 e 30 m per l'interferenza I.18, 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.

7.15 I.19

L'interferenza I.19 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto esterno ed un corso d'acqua rilevato da foto satellitari, in corrispondenza di tale interferenza è presente un'opera di canalizzazione delle acque meteoriche e immediatamente a monte una vasca di accumulo, opera potenzialmente utile per il ritardo e la laminazione del picco di piena, trattenendo parte del volume d'acqua costituente il deflusso superficiale.



Figura 36 - Inquadramento della I.19 su CTR e ortofoto

Tabella 22 - Coordinate geografiche relative alla I.19

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
347731.75 m	4196995.56 m

7.15.1 Risoluzione della I.19

Compatibilmente con l'area inondabile ottenuta, si ritiene opportuno risolvere il superamento dell'interferenza attraverso uno scavo in subalveo, 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.

7.16 I.20

L'interferenza I.20 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto esterno con il reticolo idrografico inerente al Vallone dell'Aquila, affluente del Fosso della Patria presso la destra idraulica, rilevato da CTR, in corrispondenza di tale interferenza è presente un'opera di canalizzazione delle acque meteoriche.



Figura 37 - Inquadramento della I.20 su CTR e ortofoto

Tabella 23 - Coordinate geografiche relative alla I.20

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
439553.00 m	4131386.00 m

7.16.1 Risoluzione della I.20

Analoghe considerazioni fatte per l'interferenza I.19, possono essere fatte anche per la I.20, infatti anche in questo caso, si ritiene opportuno risolvere il superamento dell'interferenza attraverso uno scavo in subalveo, 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.

7.17 I.21

L'interferenza I.21 riguarda un corso d'acqua rilevato da CTR ed identificato come "Vallone dell'Acquila", gestito dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia e tutelato ai sensi del D.Lgs. 42/2004 sulla Tutela dei Beni Paesaggistici con attraversamento mediante opera d'arte



Figura 38 - Inquadramento della I.21 su CTR e ortofoto

Tabella 24 - Coordinate geografiche relative alla I.21

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
349009.12 m	4196319.33 m

7.17.1 Risoluzione della I.21

In assenza di dati riguardanti la sicurezza strutturale dell'attraversamento stradale in esame, si è ritenuto necessario risolvere tale 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



Figura 39 - Rappresentazione del tratto di TOC (in verde) per la I.21

7.18 I.22

L'interferenza I.22 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto esterno ed un corso d'acqua rilevato da cartografia I.G.M. 1:25000, in corrispondenza di tale interferenza è presente un'opera di canalizzazione delle acque meteoriche.



Figura 40 - Inquadramento della I.22 su CTR e ortofoto

Tabella 25 - Coordinate geografiche relative alla I.22

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
349174.56 m	4196196.37 m

7.18.1 Risoluzione della I.22

Per l'interferenza in esame si è ritenuto opportuno risolvere con scavo su banchina stradale (a nord) o mediante scavo in subalveo 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.

7.19 I.23, I.24 e I.25

Le interferenze I.23, I.24 e I.25 sono dovute all'intersezione tra il cavidotto esterno ed un corso d'acqua rilevato da foto satellitari; in corrispondenza delle stesse, sono presenti opere di canalizzazione delle acque meteoriche.

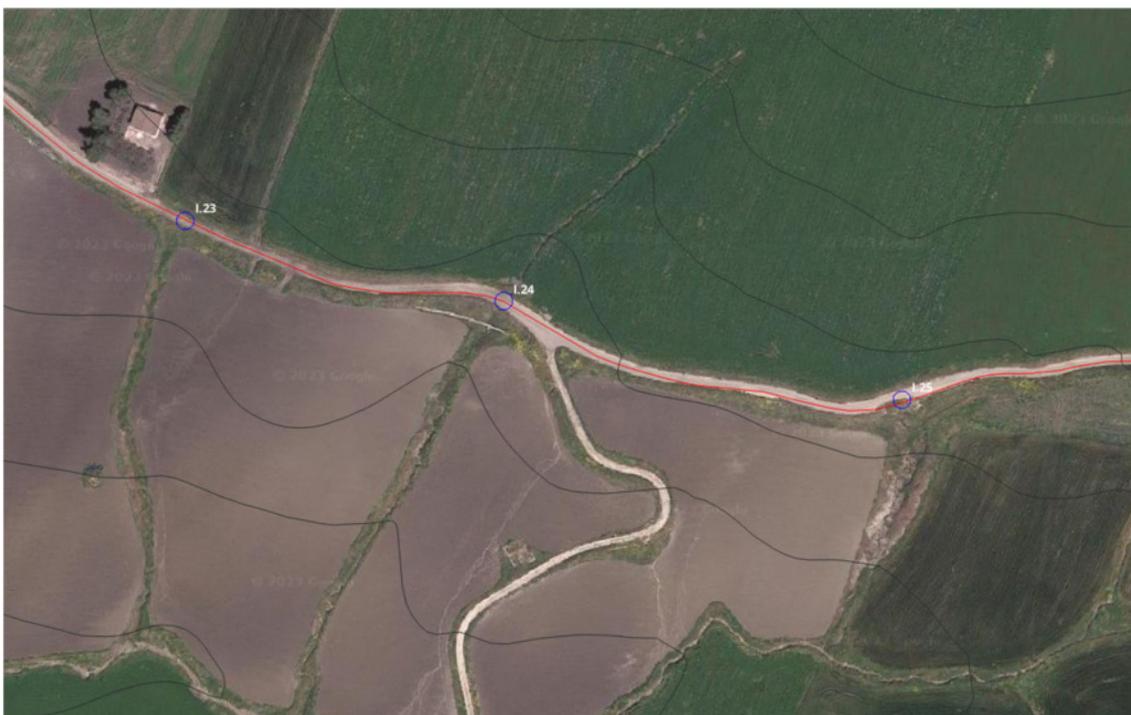


Figura 41 - Inquadramento della I.23, I.24 e I.25 su CTR e ortofoto

Tabella 26 - Coordinate geografiche relative alla I.23

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
349323.87 m	4196103.66 m

Tabella 27 - Coordinate geografiche relative alla I.24

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
349473.55 m	4196065.43 m

Tabella 28 - Coordinate geografiche relative alla I.25

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
349661.32 m	4196018.91 m

7.19.1 Risoluzione delle I.23, I.24 e I.25

Le interferenze in esame rappresentano un canale che consentono il deflusso delle acque meteoriche posto al di sotto del pacchetto stradale. Nello specifico, la risoluzione presenta due potenziali opzioni, che a loro volta dipendono dallo spessore e dalle condizioni del pacchetto stradale. A tal proposito si ha:

- se il pacchetto stradale ha uno spessore che supera i 40 cm (intesi come l'insieme di binder, misto stabilizzato, terreno compattato ecc.) allora il cavidotto potrà essere posizionato al di sopra dell'opera di canalizzazione, ma comunque ad una profondità di almeno 1,20 m, e dunque nel pacchetto stradale. In tal caso il manto stradale sarà temporaneamente scavato per la posa del cavo ed in seguito alle lavorazioni verrà ripristinato (Rif. Figura 20);
- se il pacchetto stradale ha uno spessore tale da non superare i 40 cm, allora il cavidotto non potrà essere posizionato nel pacchetto stradale, poiché potrebbe inficiare sulla stabilità del cavo oltre che dell'impatto elettromagnetico generato. A tal proposito, dunque, sarà previsto di posizionare il cavo sotto l'opera di regimentazione ad almeno 50 cm di profondità dalla stessa, allo scopo di evitare ogni potenziale fenomeno di infiltrazione delle acque nel cavo (Rif. Figura 21).

7.20 I.26

Il corso d'acqua inerente all'interferenza I.26, 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.



Figura 42 - Inquadramento della I.26 su CTR e ortofoto

Tabella 29 - Coordinate geografiche relative alla I.26

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
349806.98 m	4196035.35 m

7.20.1 Risoluzione della I.26

Il tracciato del cavidotto interrato in prossimità dell'interferenza I.26 è interessato dal transito dell'onda di piena, ragion per cui si ritiene necessario risolvere l'intersezione con scavo in subalveo di estensione minima pari a 30 m e immediatamente a monte dell'intersezione, realizzato ad almeno 2 m di profondità dal letto del corso d'acqua onde evitare eventuali fenomeni di erosione avendo premura di rispettare le considerazioni effettuate prima per le medesime risoluzioni.

7.21 I.27

L'interferenza I.27 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto esterno ed un corso d'acqua rilevato da foto satellitari e sopralluogo in sito; in corrispondenza della stessa, è presente un'opera di canalizzazione delle acque meteoriche.



Figura 43 - Inquadramento della I.27 su CTR e ortofoto

Tabella 30 - Coordinate geografiche relative alla I.27

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
350064.51 m	4195965.80 m

7.21.1 Risoluzione della I.27

L'interferenza in esame è rappresentata da un canale che consente il deflusso delle acque meteoriche posto al di sotto del pacchetto stradale. Nello specifico, la risoluzione presenta due potenziali opzioni, che a loro volta dipendono dallo spessore e dalle condizioni del pacchetto stradale. A tal proposito si ha:

- se il pacchetto stradale ha uno spessore che supera i 40 cm (intesi come l'insieme di binder, misto stabilizzato, terreno compattato ecc.) allora il cavidotto potrà essere posizionato al di sopra dell'opera di canalizzazione, ma comunque ad una profondità di almeno 1,20 m, e dunque nel pacchetto stradale. In tal caso il manto stradale sarà temporaneamente scavato per la posa del cavo ed in seguito alle lavorazioni verrà ripristinato (Rif. Figura 20);
- se il pacchetto stradale ha uno spessore tale da non superare i 40 cm, allora il cavidotto non potrà essere posizionato nel pacchetto stradale, poiché potrebbe inficiare sulla stabilità del cavo oltre che dell'impatto elettromagnetico generato. A tal proposito, dunque, sarà previsto di posizionare il cavo sotto l'opera di regimentazione ad almeno 50 cm di profondità dalla stessa, allo scopo di evitare ogni potenziale fenomeno di infiltrazione delle acque nel cavo (Rif. Figura 21).

7.22 I.28

L'interferenza I.28 è dovuta all'intersezione tra il cavidotto esterno con il reticolo idrografico inerente al Vallone dell'Aquila, affluente del Fosso della Patria presso la destra idraulica.



Figura 44 - Inquadramento della I.28 su CTR e ortofoto

Tabella 31 - Coordinate geografiche relative alla I.28

Coord. WGS84-Fuso 33	
Est	Nord
350186.13 m	4195955.73 m

7.22.1 Risoluzione della I.28

Si ritiene necessario risolvere tale intersezione con scavo su banchina stradale (a nord) o con uno scavo in subalveo 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.

8 RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE: TABELLA RIASSUNTIVA

Tabella 32 - Risoluzione delle interferenze del cavidotto

INTERFERENZA	RISOLUZIONE
I01	TOC
I02	TOC
I03	Scavo in sub-alveo
I04	Scavo su strada con passaggio del cavidotto sopra o sotto l'opera d'arte esistente
I05	Scavo in sub-alveo
I06	Scavo su strada con passaggio del cavidotto sopra o sotto l'opera d'arte esistente
I07	Scavo su strada con passaggio del cavidotto sopra o sotto l'opera d'arte esistente
I08	Scavo su strada con passaggio del cavidotto sopra o sotto l'opera d'arte esistente
I09	Scavo in sub-alveo
I10	Scavo su strada con passaggio del cavidotto sopra o sotto l'opera d'arte esistente
I11	Scavo in sub-alveo
I12	Scavo su strada con passaggio del cavidotto sopra o sotto l'opera d'arte esistente
I13	TOC
I14	Scavo in sub-alveo
I15	TOC
I16	TOC
I17	Scavo in sub-alveo
I18	Scavo in sub-alveo
I19	Scavo in sub-alveo
I20	Scavo in sub-alveo
I21	TOC
I22	Scavo in sub-alveo
I23	Scavo su strada con passaggio del cavidotto sopra o sotto l'opera d'arte esistente
I24	Scavo su strada con passaggio del cavidotto sopra o sotto l'opera d'arte esistente
I25	Scavo su strada con passaggio del cavidotto sopra o sotto l'opera d'arte esistente
I26	Scavo in sub-alveo
I27	Scavo su strada con passaggio del cavidotto sopra o sotto l'opera d'arte esistente
I28	Scavo in sub-alveo

9 REGIMENTAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE

La durabilità delle strade nel parco agrovoltaiico è garantita da un efficace sistema idraulico di drenaggio delle acque meteoriche. Gli interventi da realizzarsi nell'area in esame sono stati sviluppati seguendo due obiettivi:

- garantire l'invarianza idraulica attraverso il mantenimento delle condizioni di "equilibrio idrogeologico" ante operam, le opere di progetto, infatti, determineranno un incremento trascurabile o nullo della portata di piena dei corpi idrici riceventi i deflussi superficiali originati dalle aree interessate dagli interventi;
- garantire un adeguato drenaggio, attraverso la regimentazione e il controllo delle acque che defluiscono lungo la viabilità interna.

Le opere di regimentazione consentono il recapito delle acque meteoriche nei loro impluvi naturali o nelle strade esistenti e impediscono che le stesse possano stazionare nell'area di impianto pregiudicandone l'utilizzo. Nel caso in esame sono stati individuati degli interventi che consentiranno la raccolta e lo smaltimento dell'acqua limitando allo stretto necessario le opere di sbancamento.

Nello specifico saranno realizzati dei canali di raccolta 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 eviterà la formazione di solchi vallivi, che potrebbero generare delle ripercussioni sulla corretta funzionalità dell'impianto.

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:

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

dove Q è la portata di Riferimento, in $m^3 s^{-1}$, n è il coefficiente di Manning, A è l'area della sezione bagnata, in m^2 , R è il raggio idraulico, i è la pendenza dell'alveo.

Le dimensioni del canale, realizzato in scavo con sezione trapezoidale, 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.

Saranno realizzati dei canali in materiale drenante di forma trapezoidale nel terreno seguendo quanto rappresentato negli elaborati "FV.MNR03.PD.G.03.1".

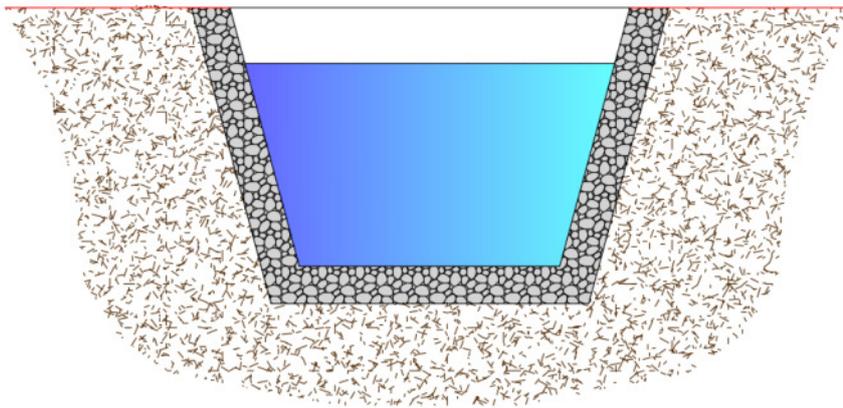


Figura 45 - Sezione tipo del canale trapezoidale

10 CENNI SUL FENOMENO DELL'EROSIONE

Una corrente idrica esercita un'azione di trascinamento sui grani di materiale disposti sul contorno bagnato e, se questi non sono sufficientemente stabili, li sposta erodendo il letto fluviale mobile. L'erosione può provocare l'abbassamento del letto e/o il crollo delle sponde con allargamento e spostamento (migrazione) dell'alveo.

Si distinguono pertanto i seguenti fenomeni:

- erosione locale, dovuta principalmente ad eventi intensi associati a fenomeni di precipitazione eccezionale, essa si esplica in prossimità di singolarità idrauliche, come pile o spalle di ponti, ovvero salti e scivoli che comportano perturbazioni alla corrente, ove la turbolenza risulta particolarmente intensa. Il fenomeno ha un decorso rapidissimo e può portare alla rovina dell'opera in alveo nel corso di una sola piena;
- erosione generalizzata, dovuta alle piene ordinarie, essa si sviluppa quando la portata di sedimento immessa da monte non è sufficiente a saturare la capacità di trasporto della corrente idrica. La saturazione della capacità di trasporto avviene prelevando materiale d'alveo, ossia erodendo il letto, questa può procedere uniformemente o localmente ma in maniera graduale.

Il caso in esame, dove gli attraversamenti delle aree allagabili sono previsti lungo tratti indisturbati dell'alveo in modellamento attivo è da ricondurre all'erosione di tipo generalizzata.

L'erosione generalizzata dell'alveo, conseguente ad uno squilibrio complessivo tra l'apporto di sedimenti che giungono al corso d'acqua e la capacità erosiva della corrente, può essere analizzata con studi a scala di bacino e simulando i fenomeni di erosione e di deposito con modelli matematici. La profondità dell'erosione di un tronco d'alveo per carenza di apporto di materiale solido da monte può, invece, essere studiata in maniera piuttosto semplice per un canale circa prismatico e rettilineo, considerando che la sua sezione si deformerà, approfondendosi e/o allargandosi, fino a che l'azione di trascinamento della corrente non diminuirà al di sotto del valore critico. Valutazioni più speditive consentono di ricavare la profondità di erosione δ come la differenza tra il tirante d'acqua h antecedente all'erosione ed il tirante d'acqua h_e a fenomeno avvenuto:

$$\delta = h_e - h$$

Il tirante d'acqua h_e a fenomeno avvenuto si ricava dalle formule, del tutto empiriche e senza giustificazione teorica, dell'equilibrio dei canali a regine.

- La formula di Blench (1969) propone:

$$h_e = 0,379 q^{2/3} d_{50}^{-1/6} \text{ per sabbia e limo con } 6 \cdot 10^{-5} < d_{50} \text{ (m)} < 0,002 \text{ (1)}$$

$$h_e = 0,692 q^{2/3} d_{50}^{-1/12} \text{ per sabbia e ghiaia con } 0,002 < d_{50} \text{ (m)} \text{ (2)}$$

- La formula di Maza Alvarez ed Echavarria (1973) propone:

$$h_e = 0,365 q^{0,784} d_{50}^{-0,157} \text{ per sabbia e ghiaia con } d_{75} \text{ (m)} < 0,006 \text{ (3)}$$

Per il calcolo di q , intesa come la portata nell'unità di larghezza del canale, si utilizza il tirante e velocità forniti del modello idraulico lungo le sezioni stesse.

La morfologia del letto fluviale e gli effetti su di essa delle opere in alveo sono strettamente legati al trasporto dei sedimenti da parte della corrente per mezzo dei processi di:

- trasporto al fondo, tipico del movimento del materiale più grossolano, che si muove vicino al fondo per scorrimento, rotolamento, saltazione;
- trasporto torbido, che sposta i materiali più fini sospingendoli, per effetto della turbolenza, nel nucleo della corrente.

Parte degli inerti trasportati dalla corrente si ritrova anche nel materiale costituente il fondo del fiume, chiamato materiale di fondo o bed-material load. La portata di bed-material load dipende dalla portata liquida del fiume. Il materiale molto fine – limi e argille – apportato dagli affluenti ovvero eroso dal terreno delle sponde, dopo essere andato in sospensione non ritorna più al fondo nei cui depositi si trova depositato solo in minima parte, tale fenomeno è chiamato wash load. La composizione del letto fluviale si trova così alleggerita dalle parti più fini e quindi la granulometria del fondo risulta maggiore di quella del terreno originario. La portata di wash load dipende dalla quantità di materiali fini apportati dagli affluenti.

11 CONCLUSIONI

Il presente studio di compatibilità idrologico-idraulica ha voluto chiarire le metodologie di risoluzione delle interferenze idrauliche del cavidotto. Nello specifico, ogni singola interferenza è stata studiata in base alla normativa vigente in materia idraulica, le NTA del PAI Sicilia.

Allo scopo, sono state individuate tutte le aree a potenziale pericolosità idraulica, per le quali sono state attuate delle metodologie di risoluzione conformi alla stabilità strutturale e idrogeologica delle strutture di Riferimento.

Inoltre, è stato definito il sistema di regimentazione delle acque meteoriche che dovrà essere approfondito in una fase esecutiva della progettazione, tramite il dimensionamento dei fossi di guardia e l'individuazione planimetrica specifica degli stessi.

Nel complesso il progetto si inserisce in un contesto territoriale non particolarmente critico da un punto di vista idrologico e idraulico, infatti, non sussistono particolari fenomeni erosivi che evidenziano fenomeni di aggravio delle ipotetiche condizioni di allagamento. Inoltre, le infrastrutture interessate dal progetto sono adeguatamente progettate per il deflusso delle acque meteoriche, ciò consente di poter affermare la compatibilità delle opere da un punto di vista idrologico-idraulico.



**RELAZIONE IDROLOGICO-
IDRAULICA**

CODICE	FV.MNR03.PD.A.10
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	07/2023
PAGINA	70 di 70

12 BIBLIOGRAFIA

- Rapporto di sintesi sulla valutazione delle piene in Italia, “Valutazione delle piene in Sicilia”, Cannarozzo, M., F. D’Asaro e V. Ferro, CNR-GNDICI, Pubbl. N. 1431, Studio K2., Cava de’ Tirreni (SA), 1993.
- La valutazione delle piene in Italia, Ferrari, E., Versace, P., (a cura di), CNR – Linea 1, Roma (RM), 1994.
- Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sicilia e ss.mm.ii., Regione Siciliana, 2001.
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, “Aggiornamento delle Norme tecniche per la costruzioni”, Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti, 2018.