



OTTOBRE 2022

## FLYNIS PV 6 S.r.l.

**IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO  
COLLEGATO ALLA RTN**

**POTENZA NOMINALE 35,42 MW**

**LOCALITÀ SPARAGNOGNA**

**COMUNE REGALBUTO (EN)**

**Montagna**

**PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO  
FOTOVOLTAICO**

**Relazione Idrologica e Idraulica**

**Progettisti (o coordinamento)**

Ing. Laura Maria Conti n. ordine Ing. Pavia 1726

**Codice elaborato**

*2983\_5211\_RE\_VIA\_R06\_Rev0\_Relazione Idrologica e idraulica*

## Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2983_5211_RE_VIA_R06_Rev0_Relazione Idrologica e idraulica	10/2022	Prima emissione	EB	FL	L.Conti

## Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Maria Conti	Direzione Tecnica	Ordine Ing. Pavia 1726
Corrado Pluchino	Project Manager	Ordine Ing. Milano A27174
Riccardo Festante	Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni	Tecnico acustico/ambientale n. 71
Marco Corrù	Coordinamento SIA	
Giulia Peirano	Architetto	Ordine Arch. Milano n. 20208
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	Ordine Ing. Milano A29719
Mauro Aires	Ingegnere strutturista	Ordine Ing. Torino 9583J
Sergio Alifano	Architetto	
Paola Scaccabarozzi	Ingegnere Idraulico	
Enzo Baldi	Ingegnere Idraulico	
Michela Zurlo	Ingegnere Civile	
Matthew Piscedda	Perito Elettrotecnico	
Matteo Cuda	Naturalista	
Andrea Fanelli	Perito Elettrotecnico	

### Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano  
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

[www.montanambiente.com](http://www.montanambiente.com)





<b>Nome e cognome</b>	<b>Ruolo nel gruppo di lavoro</b>	<b>N° ordine</b>
Leonardo Cuscito	Perito Agrario laureato	Periti Agrari della provincia di Bari, n° 1371
Eliana Santoro	Agronomo	
Emanuela Gaia Forni	Dott.ssa Scienze e Tecnologie Agrarie	
Edoardo Bronzini	Agronomo	
Salvatore Palillo	Geologo	Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia, n°2243
Luigi Casalino	Indagini geotecniche	Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia, n°2244
Filippo Ianni	Relazione Archeologica	Elenco degli operatori abilitati alla redazione del documento di valutazione archeologica nel progetto preliminare di opera pubblica, n. 7; Archeologo di I fascia, n. 1219.

**Montana S.p.A.**

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano  
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

[www.montanambiente.com](http://www.montanambiente.com)





## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>DATI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>RILIEVO TOPOGRAFICO</b> .....	<b>7</b>
2.1.1	Modello digitale del terreno Regione Sicilia .....	7
2.1.2	Rilievo topografico .....	7
<b>2.2</b>	<b>NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO</b> .....	<b>8</b>
<b>3.1</b>	<b>LOCALIZZAZIONE</b> .....	<b>8</b>
<b>3.2</b>	<b>COPERTURA DEL SUOLO</b> .....	<b>11</b>
<b>3.3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO</b> .....	<b>12</b>
3.3.1	Inquadramento geologico generale .....	12
3.3.2	Aspetti geomorfologici .....	13
3.3.3	Circolazione Idrica Sotterranea .....	16
<b>3.4</b>	<b>IDROGRAFIA DEL TERRITORIO</b> .....	<b>17</b>
3.4.1	DBPRIOR10K .....	19
3.4.2	Istituto Geografico Militare (IGM) .....	20
<b>3.5</b>	<b>INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO</b> .....	<b>22</b>
3.5.1	Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) .....	22
3.5.2	Piano Stralcio di Bacino per L'Assetto Idrogeologico (PAI) .....	24
<b>4</b>	<b>STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI</b> .....	<b>27</b>
<b>4.1</b>	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b> .....	<b>29</b>
4.1.1	Moduli fotovoltaici e strutture di supporto .....	30
4.1.2	Cabine di campo .....	33
4.1.3	Cavi di potenza e di controllo .....	33
4.1.4	Rete di drenaggio interna .....	34
4.1.5	Viabilità interna di servizio e piazzali .....	34
<b>5</b>	<b>STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO, LINEA DI CONNESSIONE, CABINA DI CONSEGNA/COLLEGAMENTO E RTN</b> .....	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELL'INTERFERENZA</b> .....	<b>35</b>
<b>5.2</b>	<b>METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC</b> .....	<b>36</b>
5.2.1	Analisi qualitativa .....	36
5.2.2	Analisi quantitativa .....	37
<b>5.3</b>	<b>NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b> .....	<b>39</b>
<b>5.4</b>	<b>PERCORSO DI CONNESSIONE</b> .....	<b>40</b>
5.4.1 I01	– Identificazione .....	40
5.4.2 I01	– Osservazioni .....	41
5.4.3 I01	– Analisi qualitativa stabilità .....	41
5.4.4 I01	– Verifica di compatibilità idraulica – Analisi quantitativa .....	42
5.4.5 I02	– Identificazione .....	42
5.4.6 I02	– Osservazioni .....	42
5.4.7 I02	– Analisi qualitativa stabilità .....	43
5.4.8 I02	– Verifica di compatibilità idraulica – Analisi quantitativa .....	43



5.4.9 I03 – Identificazione .....	43
5.4.10 I03 – Osservazioni .....	44
5.4.11 I03 – Analisi qualitativa stabilità .....	44
5.4.12 I03 – Verifica di compatibilità idraulica – Analisi quantitativa .....	44
5.4.13 I04 – Identificazione.....	44
5.4.14 I04 – Osservazioni .....	45
5.4.15 I04 – Analisi qualitativa stabilità .....	45
5.4.16 I04 – Verifica di compatibilità idraulica – Analisi quantitativa .....	45
5.4.17 I05 – Identificazione.....	45
5.4.18 I05 – Osservazioni .....	46
5.4.19 I05 – Analisi qualitativa stabilità .....	46
5.4.20 I05 – Verifica di compatibilità idraulica – Analisi quantitativa .....	46
5.4.21 I06 – Identificazione.....	46
5.4.22 I06 – Osservazioni .....	47
5.4.23 I06 – Analisi qualitativa stabilità .....	47
5.4.24 I06 – Verifica di compatibilità idraulica – Analisi quantitativa .....	47
5.4.25 I07 – Identificazione.....	48
5.4.26 I07 – Osservazioni .....	48
5.4.27 I07 – Analisi qualitativa stabilità .....	48
5.4.28 I07 – Verifica di compatibilità idraulica – Analisi quantitativa .....	48
<b>6 STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>49</b>
<b>6.1 CONSIDERAZIONI CLIMATICHE .....</b>	<b>49</b>
<b>6.2 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO.....</b>	<b>50</b>
<b>6.3 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE.....</b>	<b>51</b>
6.3.1 Pioggia di progetto – Metodo VAPI Sicilia .....	51
<b>6.4 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO .....</b>	<b>55</b>
<b>6.5 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA) .....</b>	<b>57</b>
6.5.1 Valutazione ante – operam .....	57
6.5.2 Valutazione post – operam .....	59
<b>6.6 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST-OPERAM RISPETTO ALL’INVARIANZA IDRAULICA .....</b>	<b>60</b>
<b>7 VERIFICHE E DIMENSIONAMENTO IDRAULICI .....</b>	<b>63</b>
7.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL’AREA DI INTERVENTO.....	63
7.2 SISTEMA DI PROTEZIONE DELL’AREA DI INTERVENTO.....	64
7.3 SISTEMA PER IL SUPERAMENTO DELLE INTERFERENZE CON LA VIABILITÀ INTERNA .....	65
7.4 SISTEMA DI INFILTRAZIONE E LAMINAZIONE NELL’AREA DI INTERVENTO.....	65
<b>8 CONCLUSIONE .....</b>	<b>68</b>

## ALLEGATO/APPENDICE

ALLEGATO 01 Gestione acque meteoriche superficiali



## **1 PREMESSA**

Il presente documento riporta lo studio idrologico e idraulico relativo al reticolo idrografico superficiale interno ed esterno all'area impianto, la valutazione del rispetto dell'invarianza idraulica e lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto fotovoltaico, analizzando le eventuali interferenze dei diversi componenti con le aree a pericolosità idraulica e identificando, nel caso, la migliore soluzione e tecnologia per la risoluzione delle stesse.

L'inquadramento della pericolosità e del rischio idraulico è riferito alla nuova variante del PAI 2018 dell'Adb del distretto idrografico della Sicilia/PGRA.

Il progetto affronta quindi lo studio idrologico idraulico delle aree scolanti di interesse delle opere del progetto fotovoltaico con valutazioni in merito alle possibili variazioni ante-operam – post-operam, come richiesto dal D.D.G. 102/2021, analizzando quindi il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione invarianza idraulica, delle variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione delle variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

Tale studio è svolto secondo le Norme Tecniche di Attuazione del Piano d'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino della Sicilia, ed è costituito da:

- analisi delle piogge, eseguita utilizzando le indicazioni riportate sul progetto Valutazione Piene (VAPI) del Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI);
- valutazione della durata dell'evento pluviometrico di progetto di durata pari al tempo critico del bacino idrografico oggetto di studio (tempo di corrivazione e ietogramma di progetto);
- determinazione delle portate di riferimento e dimensionamento del sistema di collettamento delle stesse.

Nel seguito si è proceduto al dimensionamento del sistema di gestione acque meteoriche dell'area impianto, basato sullo studio della direzione di deflusso principale delle acque ante-operam e dei principali punti di scarico al "ricettore".



## **2 DATI DI RIFERIMENTO**

### **2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO**

La campagna investigativa topografica ha interessato tutta l'area di progetto in modo completo e dettagliato.

Dapprima sono stati ottenuti i modelli digitali del terreno e della superficie della regione Sicilia. In seguito a completamento dell'indagine e per verifica dei dati in possesso è stato condotto un rilievo topografico eseguito con GPS.

#### **2.1.1 Modello digitale del terreno Regione Sicilia**

Attraverso la fonte ufficiale Regione Sicilia è stato ottenuto il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 2x2 metri di tutta l'area di progetto.

#### **2.1.2 Rilievo topografico**

Nel mese di agosto 2022 è stato eseguito un rilievo topografico con GPS al fine di definire l'andamento plano-altimetrico del terreno e la presenza di interferenze nelle aree destinate alla realizzazione del nuovo impianto fotovoltaico.

### **2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO**

I seguenti documenti sono stati utilizzati come principali riferimenti per lo studio:

- Progetto VAPI Sicilia – Valutazione delle Piene in Sicilia;
- D. Lgs. 152/06 e smi;
- D.D.G. 102/2021 Regione Sicilia – Allegato 1 “indirizzi applicativi invarianza idraulica ed idrologica”;
- Direttiva Comunitaria 2007/60/CE – Valutazione e gestione del rischio di alluvioni/ D. Lgs. 49/2010;
- Regione Sicilia – Servizio Protezione Civile – Centro Funzionale Regionale. Precipitazioni medie Annali 1921-2002;
- Autorità di Bacino della Sicilia – Piano di Bacino – Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) – Norme Tecniche di Attuazione – Relazione Generale;
- Autorità di Bacino della Sicilia – Piano di Bacino – Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) – Norme Tecniche di Attuazione;
- Autorità di Bacino della Sicilia – Piano di Bacino – Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) – Allegati Cartografici;
- Autorità di Bacino della Sicilia – Piano di Bacino – Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) – Bacino Idrografico del Fiume Torto;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) della regione Siciliana;
- Sistemi di fognatura – Manuale di progettazione – Hoepli, CSDU;
- La sistemazione dei bacini idrografici Vito Ferro, McGraw – Hill editore;
- Open Channel Hydraulics, Chow – McGraw – Hill editore;
- Spate irrigation – FAO – HR Wallinford;
- Urban Drainage Design Manual pubblicato da FHWA (Federal Highway Administration – US Department of transportation).

### 3 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

#### 3.1 LOCALIZZAZIONE

Il progetto dell'impianto fotovoltaico ricade all'interno del territorio comunale di Regalbuto in provincia di Enna, è posto a circa 8 km a sud dall'abitato principale di Regalbuto in prossimità del confine meridionale del territorio comunale (200 metri a ovest e 300 metri a nord dal confine tra i comuni di Regalbuto e di Agira). Il sito risulta inoltre posto circa a 5 km a ovest dell'abitato principale del comune di Catenanuova e circa 12 km a sud-est dell'abitato principale del comune di Agira.

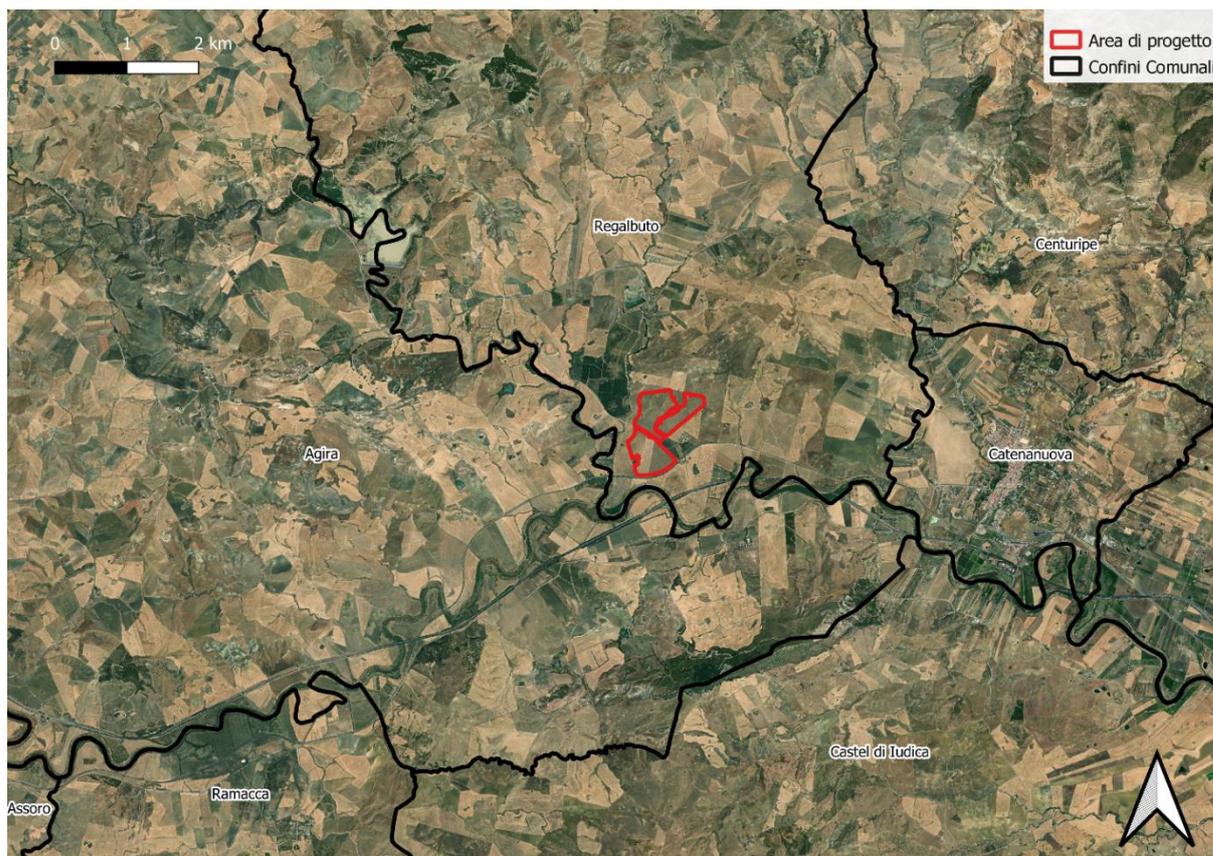


Figura 3-1 Inquadramento dell'area di progetto

Il sito in oggetto risulta inoltre posto a circa 400 metri a nord dal tracciato dell'autostrada A19, in adiacenza con la fascia di rispetto nord della ferrovia Palermo-Catania, circa 5 km a ovest della stazione di Catenanuova-Centuripe e a circa 1.8 km dall'incrocio tra la strada provinciale SP60 e la strada provinciale SP59.

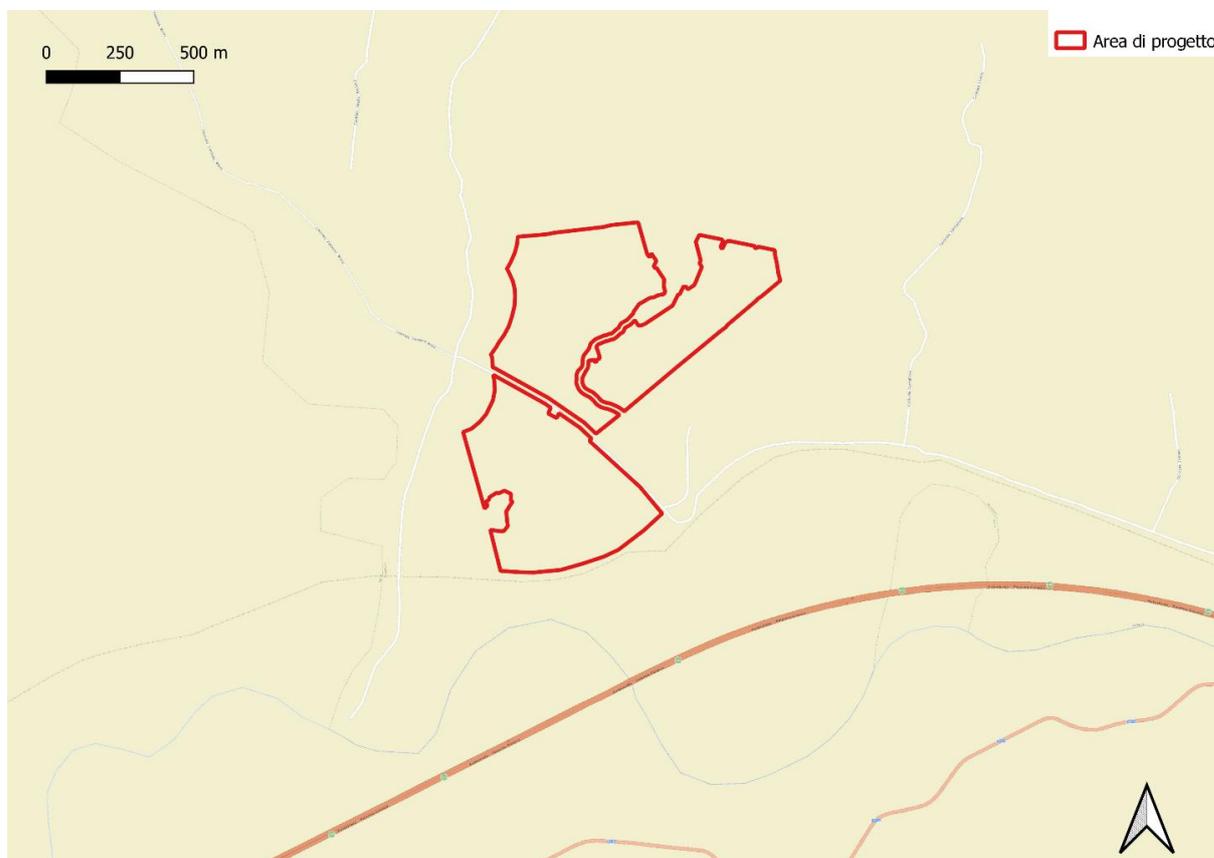


Figura 3-2 Inquadramento stradale dell'area di progetto

Complessivamente l'area presenta un'estensione di 93,55 ettari. L'area effettiva risulta suddivisa in quattro campi le cui superfici sono riportate nella tabella di seguito:

CAMPO	SUPERFICIE UTILE [HA]
A	23.73
B	14.54
C	13.78
D	6.27
<b>TOT</b>	<b>58.32</b>

Le aree cintate risultano essere tre, in quanto i campi B e D condividono la recinzione e sono divisi unicamente dalla viabilità interna di servizio.

RECINZIONI	SUPERFICIE CINTATA [HA]
A	25.33
B-D	22.95
C	15.24
TOT	63.52

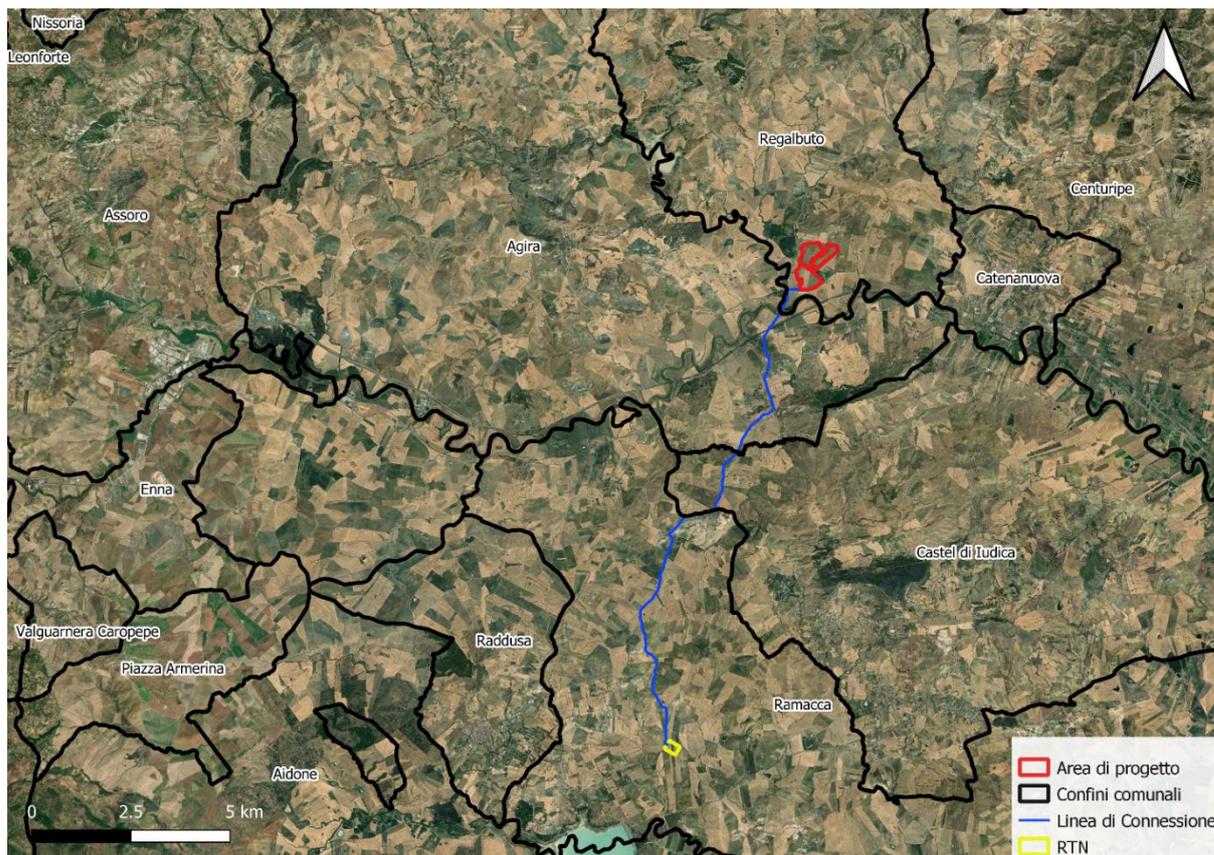


*Figura 3-3 Localizzazione cartografica delle aree cintate e dei campi*

La connessione dell'impianto fotovoltaico alla Rete avverrà tramite la realizzazione di un cavidotto interrato di Media Tensione dalla lunghezza di 14,3 Km dalla Cabina di consegna localizzata in Sito.

Lo schema di allacciamento alla RTN 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) RTN 380/150/36 da inserire in entra – esce sulla futura linea RTN a 380 kV "Chiamonte Gulfi – Ciminna", previsto nel Piano di Sviluppo Terna.

La linea di Connessione attraversa il territorio di quattro comuni, a partire dal comune di Regalbuto (dove è previsto l'impianto), passando per i comuni di Agira e di Castel di Iudica fino a raggiungere il comune di Ramacca dove si trova l'allacciamento alla RTN.



*Figura 3-4 Inquadramento dell'area di progetto e della linea di connessione*

### 3.2 COPERTURA DEL SUOLO

Nell'ambito dello studio idrologico e del calcolo è stata valutata sia la copertura del terreno sia l'uso del suolo dell'area di ubicazione delle opere dell'impianto fotovoltaico.

La zona nella quale verrà insediato il parco fotovoltaico (come la maggior parte delle aree circostanti) risulta caratterizzata nella sua quasi totalità da un uso agricolo, in particolare da seminativi semplici quali in grano in rotazione con ortaggi. Limitate porzioni del campo 3 risultano occupate da praterie aride calcaree. Si evidenzia inoltre l'adiacenza del campo 1 con la linea ferroviaria e i suoi spazi associati (lungo il confine meridionale) e con frutteti (lungo il confine orientale). Non sono presenti aree industriali, produttive di altro genere.

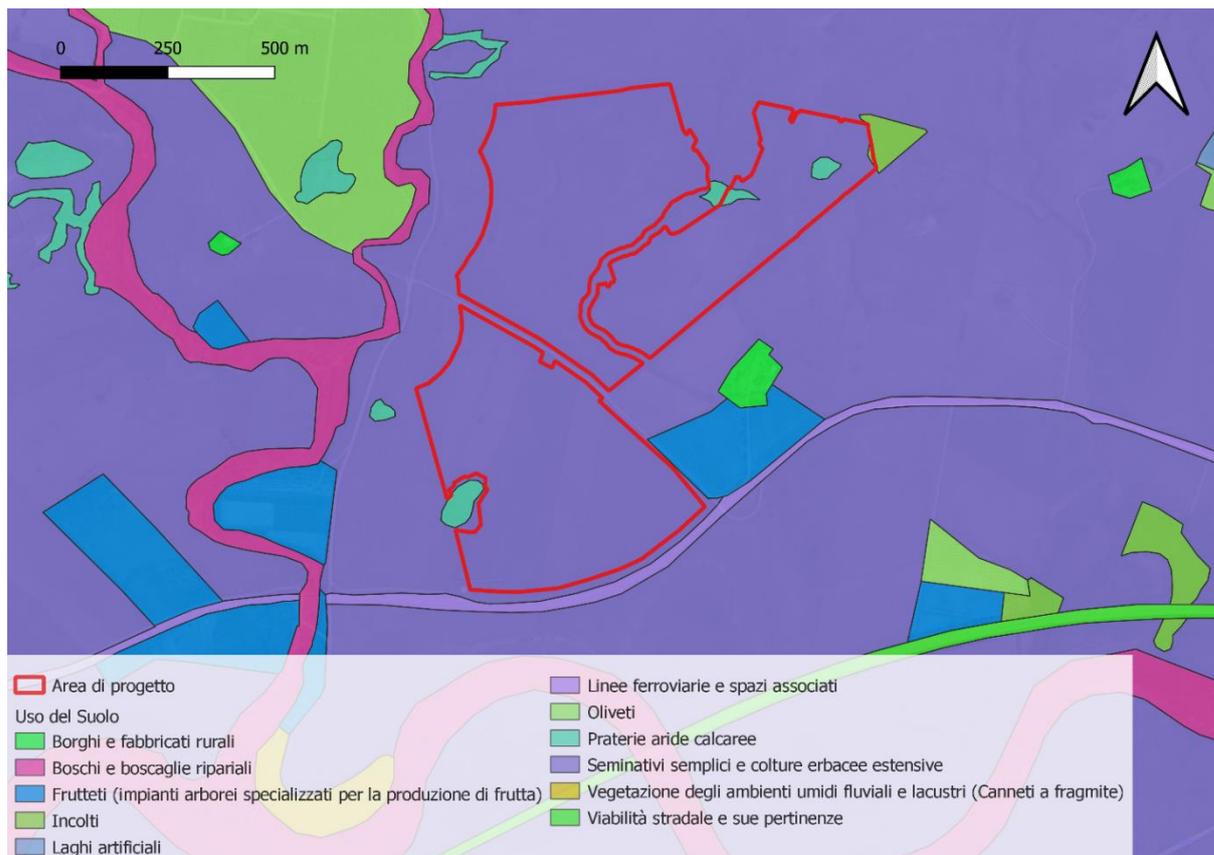


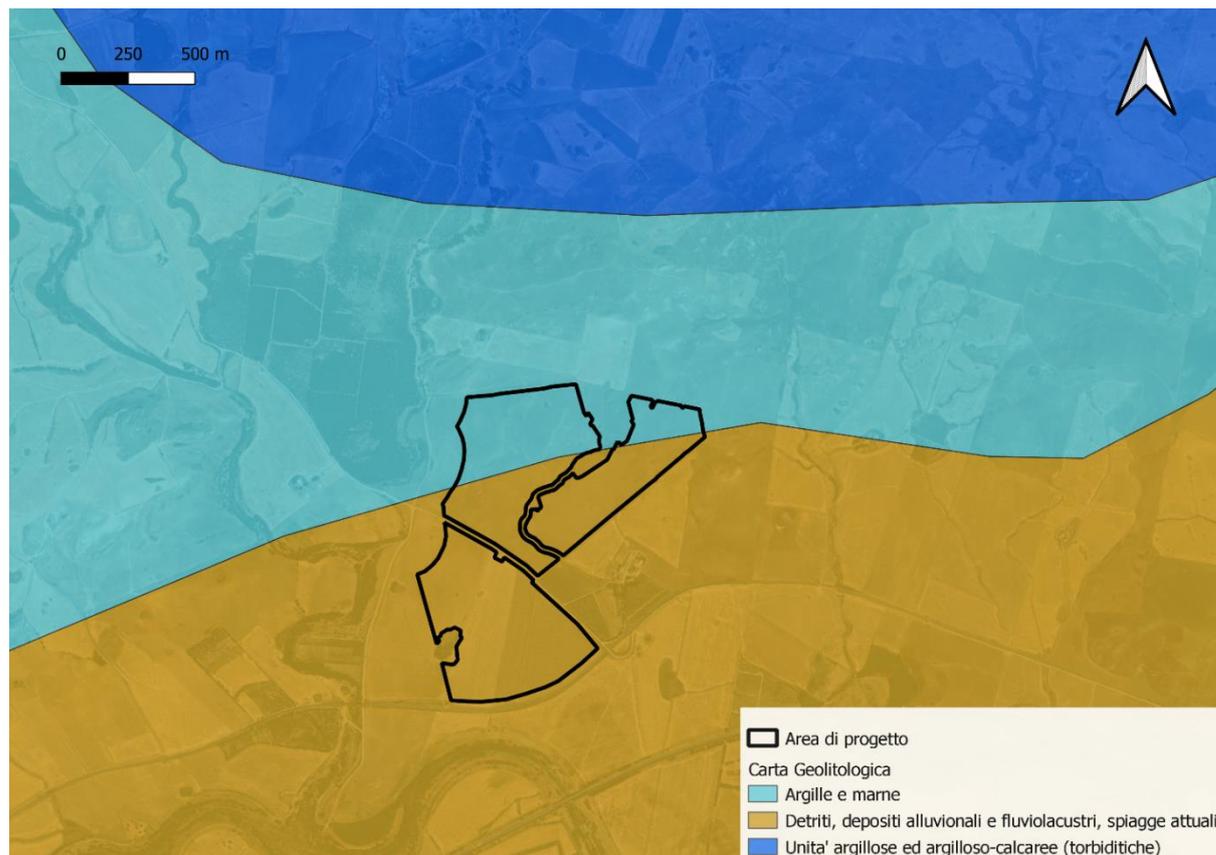
Figura 3-5 Stralcio carta uso del suolo Regione Sicilia - in rosso l'area di progetto

### 3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

#### 3.3.1 Inquadramento geologico generale

Il comune di Regalbuto dal punto di vista litologico si articola in tre fasce in senso Est-Ovest. A nord, oltre la valle del Fiume di Sperlinga e del Lago Pozzillo, si rinvengono le litologie dei flysch argillosi con intercalazioni arenacee in banchi e strati. La zona centrale del territorio comunale ricade all'interno della dorsale pio-quaternaria con argille sabbiose, marne e banconi arenacei e calcarenitici alla sommità. La parte meridionale degrada dolcemente verso la vallata del Dittaino con affioramenti prevalentemente argillosi, sempre più antichi scendendo verso sud, fino a raggiungere il bordo settentrionale dell'alto strutturale del Monte Iudica, dove sono presenti flysch argillosi e argille varicolori.

Data la prossimità al corso principale del fiume Dittaino l'area risulta occupata nella sua porzione settentrionale da un suolo composto da argille e marne del Miocene medio inferiore e nella sua porzione meridionale da depositi alluvionali e detriti.

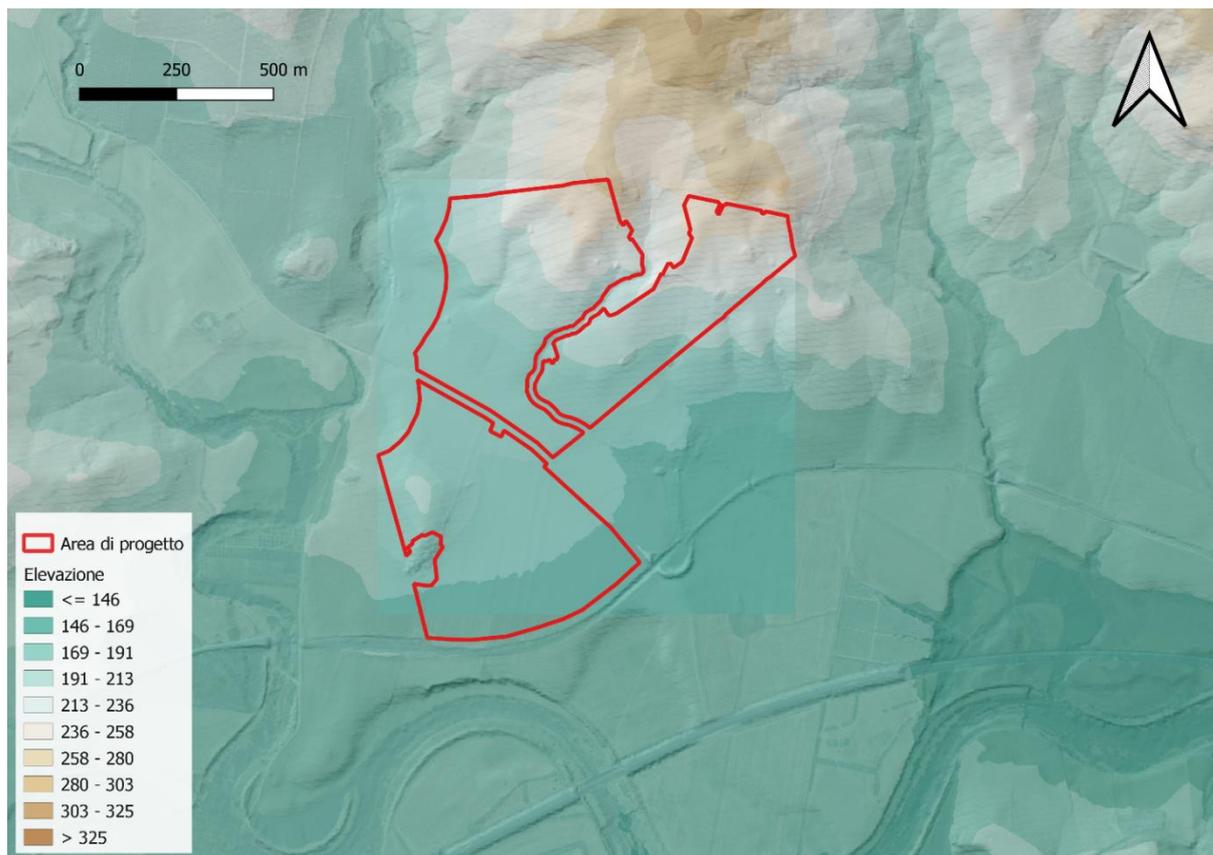


*Figura 3-6 Stralcio della carta geolitologica regionale - in nero l'area di progetto*

### 3.3.2 Aspetti geomorfologici

Dal punto di vista morfologico l'area in progetto risulta ubicata ad una quota media di 185 m s.l.m. e ricade al margine di una zona collinare che sfocia verso una zona a prevalenza pianeggiante verso sud, avvicinandosi al corso del fiume Dittaino.

In dettaglio i campi 2, 3 e 4 risultano degradanti dal punto di vista altimetrico procedendo da nord verso sud con un'acclività generalmente di bassa intensità (< 5%) con l'esclusione di alcune piccole zone poste in prossimità del confine settentrionale dell'area di intervento che presentano delle pendenze al di sopra del 17%. Il campo 4 invece presenta un andamento prevalentemente pianeggiante con l'esclusione di una zona rialzata posta alla sua estremità occidentale.



*Figura 3-7 Andamento altimetrico della zona in progetto*

Le aree di dissesto soggette a pericolosità geomorfologica interessano principalmente la dorsale arenareo-calcarenitica e soprattutto il suo versante settentrionale del territorio. L'erosione accelerata si manifesta in gran parte del territorio, con particolare risalto lungo le aste torrentizie di raccordo tra le numerose alture e i fondivalle argillosi. Il versante meridionale della dorsale centrale è particolarmente colpito con interi reticoli idrografici soggetti a erosione di fondo e di sponda.

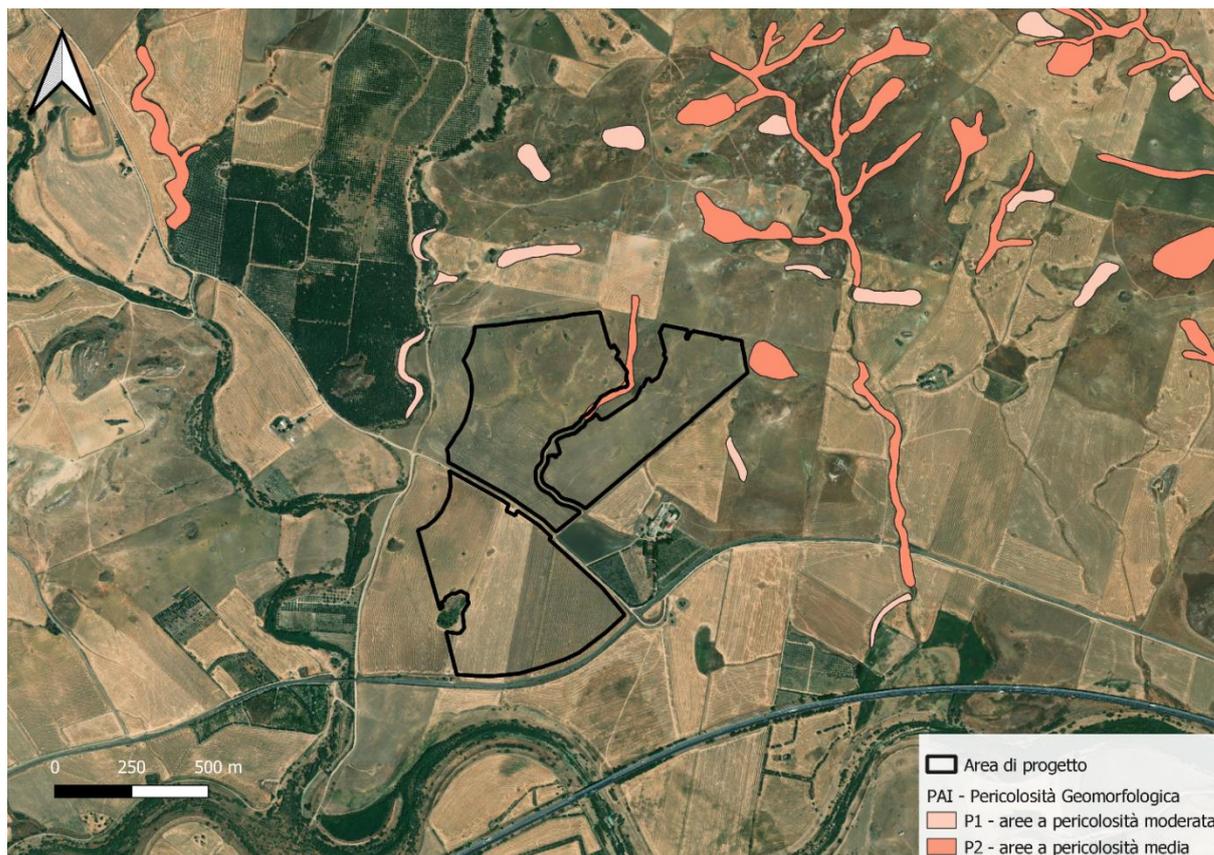


Figura 3-8 Stralcio PAI Regione Siciliana, pericolosità geomorfologica (in nero l'area di progetto)

Come da Stralcio Cartografico sopra riportato si evidenzia che l'area di progetto risulta essere interessata da Aree a Pericolosità Geomorfologica (P2). Le Norme Tecniche di Attuazione del Piano all'art. 22 Indicano che gli interventi sono consentiti previa verifica di compatibilità e previa indagini geologiche e geotecniche effettuate ai sensi della Normativa Vigente.

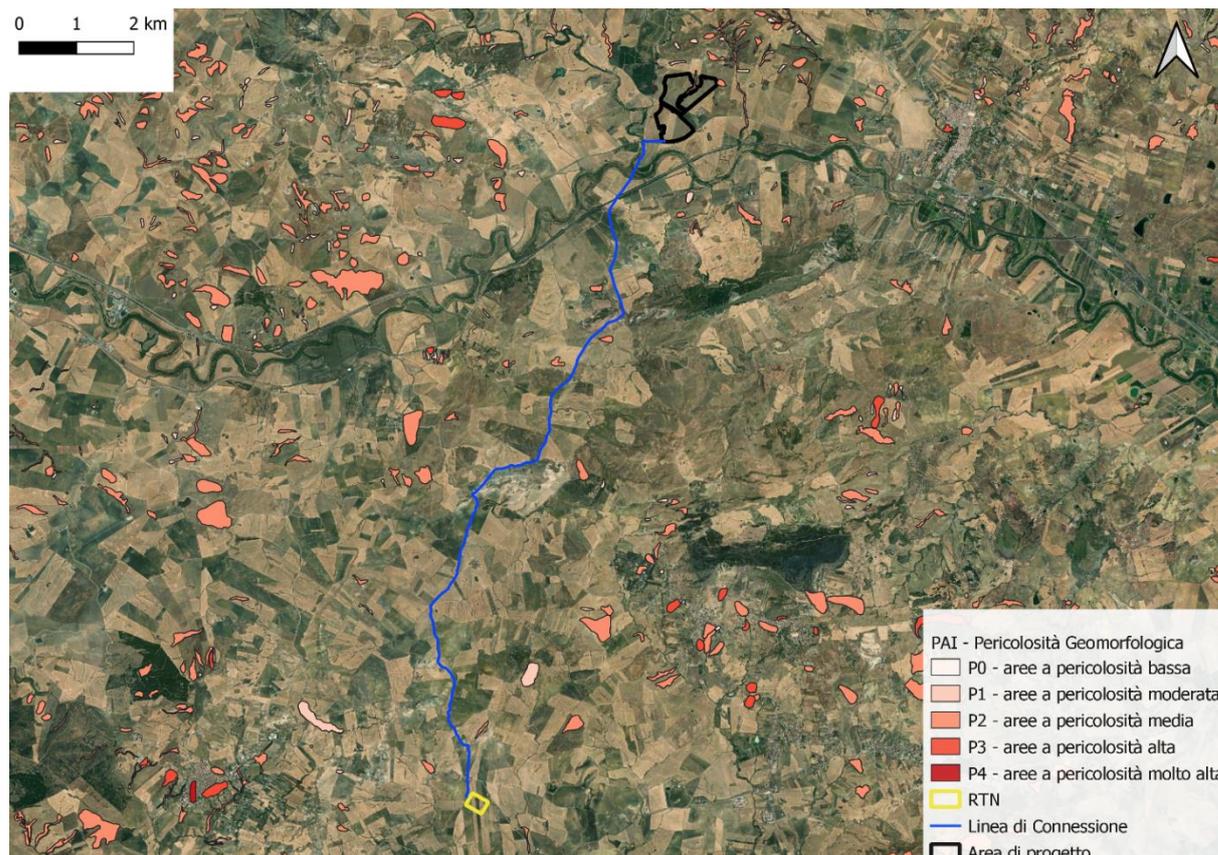


Figura 3-9 Stralcio PAI Regione Siciliana, pericolosità geomorfologica su area vasta

Come si evince dalla Figura 3-9 la linea di connessione non presenta alcuna interferenza con le perimetrazioni della pericolosità geomorfologica definite dal PAI.

### 3.3.3 Circolazione Idrica Sotterranea

L'ultimo aggiornamento del Piano di Gestione del distretto idrografico della Sicilia è stato approvato con Deliberazione della giunta regionale della Regione Siciliana n.228 del 29 giugno 2016.

L'allegato 2b "Monitoraggio delle acque sotterranee" identifica un totale di 19 bacini idrogeologici suddivisi in 82 corpi idrici sotterranei.

Il sito in progetto ricade all'interno del bacino idrogeologico della Piana di Catania ed in particolare afferisce al Corpo Idrico Sotterraneo della Piana di Catania (ITR19CTCS01)

La Piana di Catania, che con i suoi 428 Km<sup>2</sup> di superficie è la più estesa delle pianure siciliane, è compresa tra il margine settentrionale dell'altopiano Ibleo e le propaggini meridionali dell'Etna. È costituita da depositi di tre principali corsi d'acqua che la attraversano con direzione all'incirca E-O: I Fiumi Simeto, Dittaino e Gornalunga.

L'acquifero principale è costituito sia dalle alluvioni e sabbie dunari recenti, sia dalle sabbie e ghiaie del Siciliano. Le perforazioni eseguite mostrano in particolare che questi livelli sono molto permeabili e contengono una falda artesianiana. La loro alimentazione, oltre alle precipitazioni locali, proviene dai fiumi che incidono la piana e dai torrenti recenti o antichi (letti fossili), che discendono dalle colline limitrofe.

L'acquifero alluvionale, rappresentato da depositi eterogenei sotto il profilo granulometrico, costituisce un sistema complesso, sede di corpi idrici in parte separati ed in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o semi-confinata. Tale eterogeneità granulometrica condiziona, infatti, l'esistenza e il movimento delle acque sotterranee in seno al complesso alluvionale, il quale poggia su sedimenti di natura prevalentemente pelitica di età plio-pleistocenica.

La direzione generale dei deflussi sotterranei è da Ovest verso Est, parallelamente allo sviluppo del reticolo idrografico. Dall'andamento della superficie piezometrica risulta evidente la presenza di un asse di drenaggio preferenziale coincidente con la zona di maggiore spessore e di più elevata permeabilità dei depositi alluvionali.

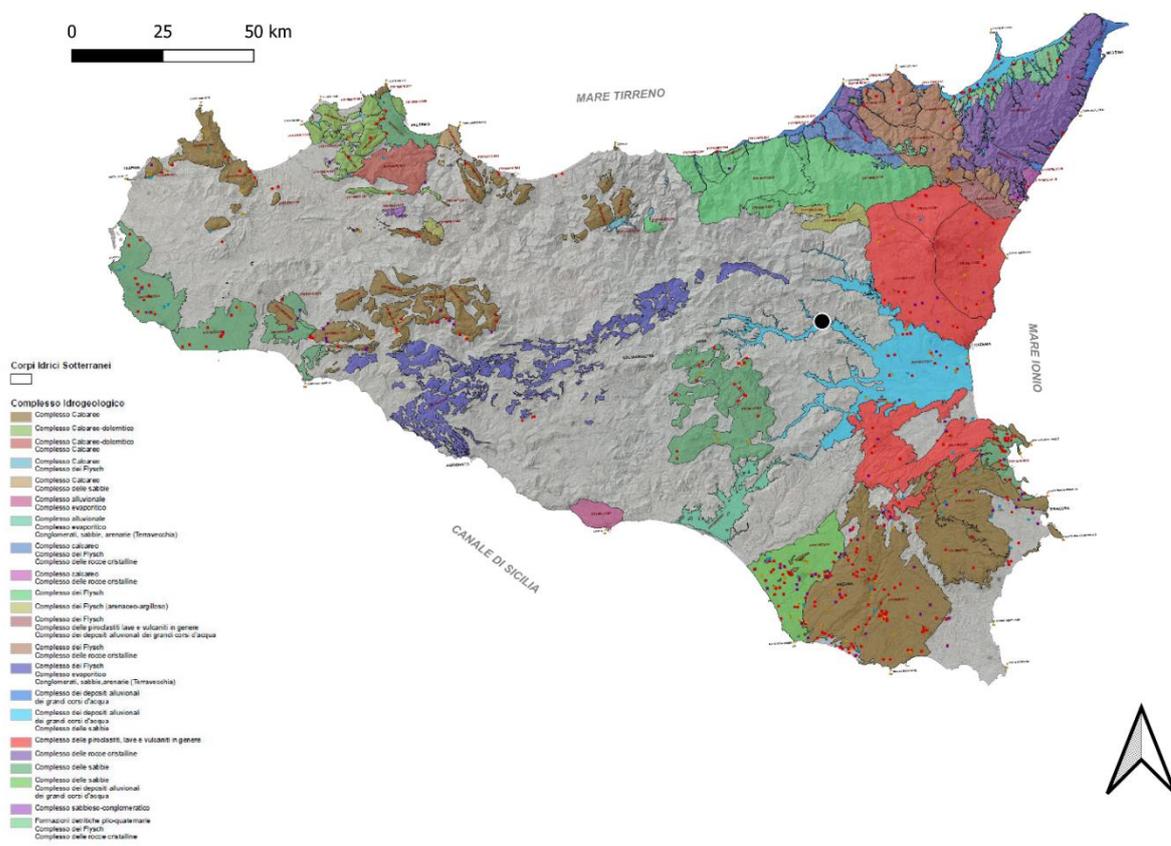


Figura 3-10 Stralcio della Tavola B1 Carta dei Corpi idrici sotterranei e delle stazioni di monitoraggio del Piano di gestione delle acque del distretto idrografico della Sicilia (in nero l'area di progetto)

### 3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO

La Sicilia, estesa complessivamente 25,707 km<sup>2</sup>, è stata suddivisa in 102 bacini idrografici e aree territoriali intermedie, oltre alle isole minori. Nel caso in esame l'area di interesse per il progetto ricade all'interno dell'"Bacino Idrografico del Fiume Simeto (094)".

Il Bacino del Fiume Simeto ricade nel versante orientale della Sicilia, occupa un'area complessiva di 4029 Km<sup>2</sup>.

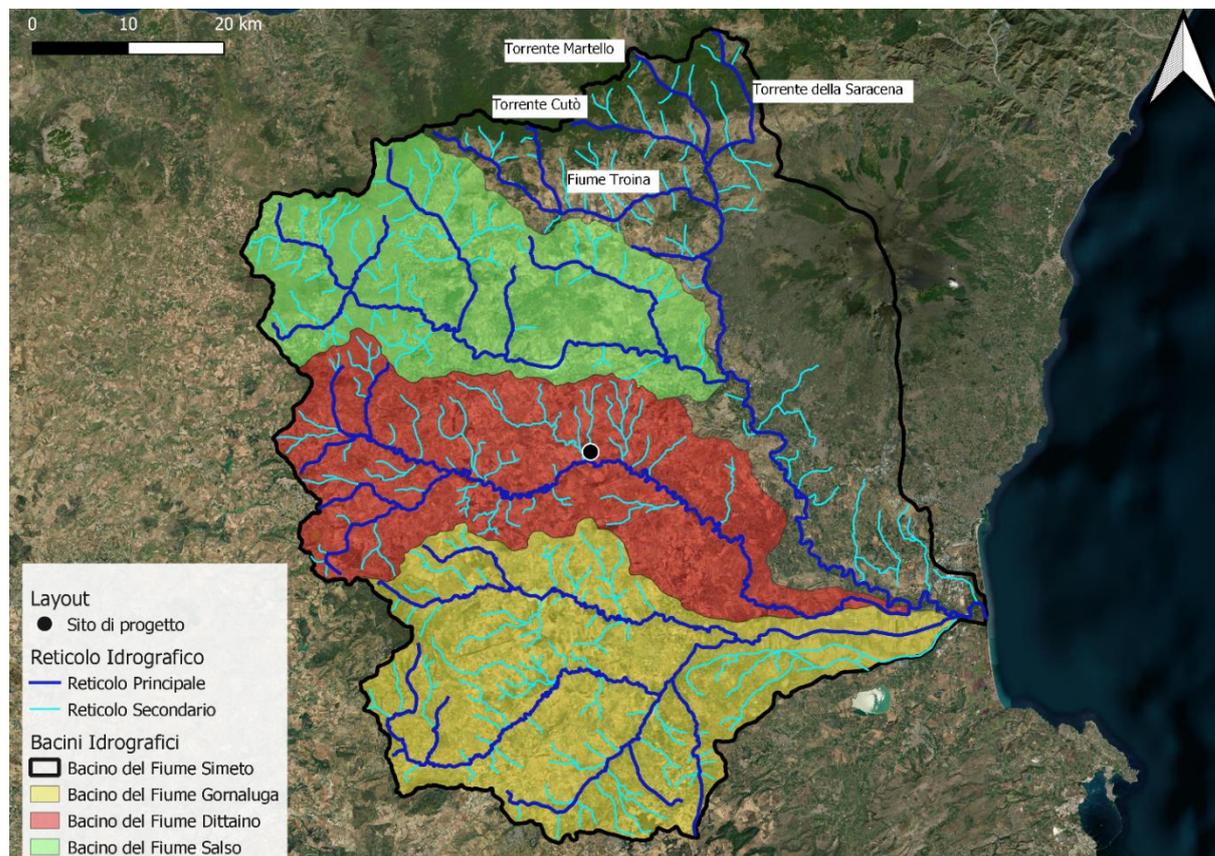
Il Fiume Simeto, propriamente detto, nasce dalla confluenza tra il Torrente Cutò, il Fiume Martello e il Torrente Saracena, nella pianura di Maniace. I suddetti corsi d'acqua si originano dai rilievi dei Monti Nebrodi, nella parte settentrionale del Bacino.

Il limite del Bacino interessa gran parte dei rilievi montuosi della Sicilia centro-orientale in particolare, lo spartiacque del bacino corre ad est in corrispondenza dei terreni Nebrodi; ad ovest essa separa il bacino del Simeto da quello del Fiume Imera Meridionale; infine a sud-est ed a sud lo spartiacque corre lungo i monti che costituiscono il displuvio tra il bacino del Simeto e quello dei fiumi Gela, Ficuzza e San Leonardo.

Gli affluenti principali del fiume Simeto sono il Torrente Cutò, il Fiume Martello, il Fiume Salso, Il Fiume Troina, il Fiume Gornalunga e il Fiume Dittaino.

Procedendo da monte verso valle, il bacino del Fiume Simeto è distinto nei seguenti bacini principali: Alto e Medio Simeto, Salso, Dittaino, Gornalunga e Basso Simeto.

Il Bacino dell'Alto e Medio Simeto, fino alla confluenza con il Fiume Salso comprende il versante meridionale dei Nebrodi e le pendici occidentali dell'Etna. Il reticolo idrografico è caratterizzato dalla presenza di numerosi affluenti in sponda destra dell'asta principale del Simeto e dalla mancanza di una vera e propria rete idrografica principale sulle formazioni vulcaniche molto permeabili dell'Etna.



*Figura 3-11 Idrografia del Bacino Idrografico del Fiume Simeto*

Il sito in progetto insiste sul sottobacino del Dittaino (959 Km<sup>2</sup>). Tale bacino è compreso tra il bacino del Salso a Nord e quello del Gornalunga a Sud e presenta una rete idrografica ramificata nella parte montana e con un andamento a meandri nella parte centrale e valliva. L'asta principale si sviluppa complessivamente per circa 93 km.

Alla scala locale il sito risulta essere immediatamente a monte della confluenza tra il Fosso Sciaguana e l'asta principale del Fiume Dittaino risultando in sinistra orografica di entrambe le aste fluviali.



Figura 3-12 Idrografia attorno al sito in progetto

All'interno dell'area di progetto non ricadono corsi d'acqua principali, ma risultano percorsi di drenaggio che scorrono in punti non definiti ma separati.

La rete esistente è descrivibile come l'unione di:

- Percorsi principali di drenaggio episodici naturali senza spesso solchi ben definiti;
- Rete agricola presente ogniqualvolta avviene una coltivazione;
- Rete stradale antropica che a volte crea deviazioni di flusso;

### 3.4.1 DBPRIOR10K

Il progetto "Strati di priorità di interesse Nazionale" (DBPrior10k), è stato realizzato nell'ambito di intesa Stato-Regioni-Enti Locali sui Sistemi Informativi Geografici (Intesa GIS) a partire dal settembre 2003, ed è stato consegnato dal Centro Interregionale, che ne ha svolto la direzione lavori nel giugno 2005. Esso rappresenta la copertura della viabilità stradale e ferroviaria, dell'**idrografia** e dei limiti amministrativi, in scala 1:10 000, del Territorio Nazionale. Tramite il progetto DBPRIOR10K è disponibile il reticolo idrografico dei bacini facenti parte di tale progetto, tra i quali quindi la Sicilia Orientale.

Il tracciato del cavo di connessione interferisce con il reticolo idrografico.

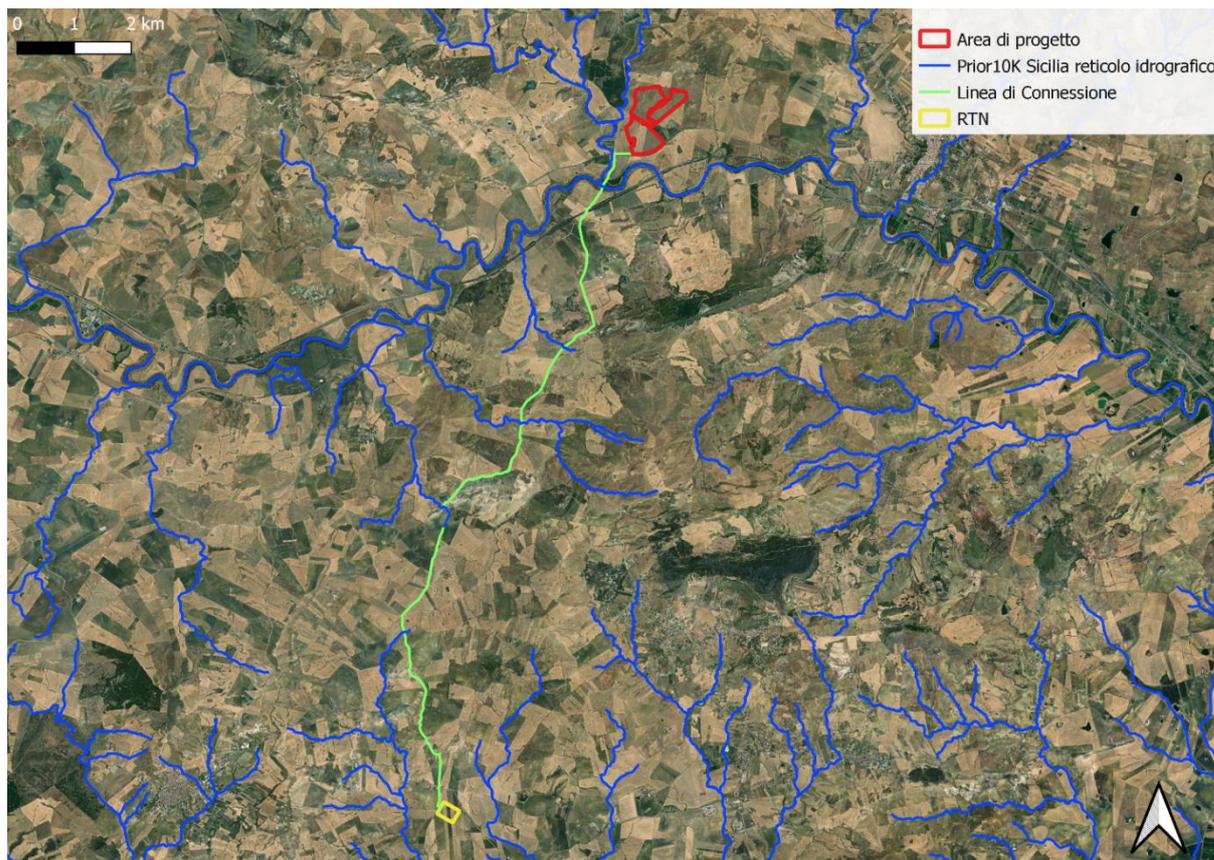


Figura 3-13 Reticolo idrografico secondo il DBPRIOR10K

### 3.4.2 Istituto Geografico Militare (IGM)

L'Istituto Geografico Militare (IGM) ha il compito di fornire supporto geo-topo-cartografico alle Unità e ai Comandi dell'Esercito Italiano. L'istituto svolge le funzioni di ente cartografico dello Stato ai sensi della Legge n.68 del 2 febbraio 1960 ed opera alle dipendenze del Comando Militare della Capitale.

Il Geo-portale Nazionale fornisce un servizio di consultazione delle cartografie in formato WMS (Web Map Service) contenenti specifiche informazioni territoriali.

In particolar modo, è stata consultata la cartografia di base a scala 1: 25.000 dell'IGM per il recepimento di informazioni territoriali e l'identificazione di nuove interferenze.

Le interferenze con il reticolo idrografico mappato dall'IGM sono state verificate tramite ortofoto satellitare.

Il tracciato del cavo di connessione interferisce in sette punti con i corsi idrici superficiali segnalati dall'IGM.

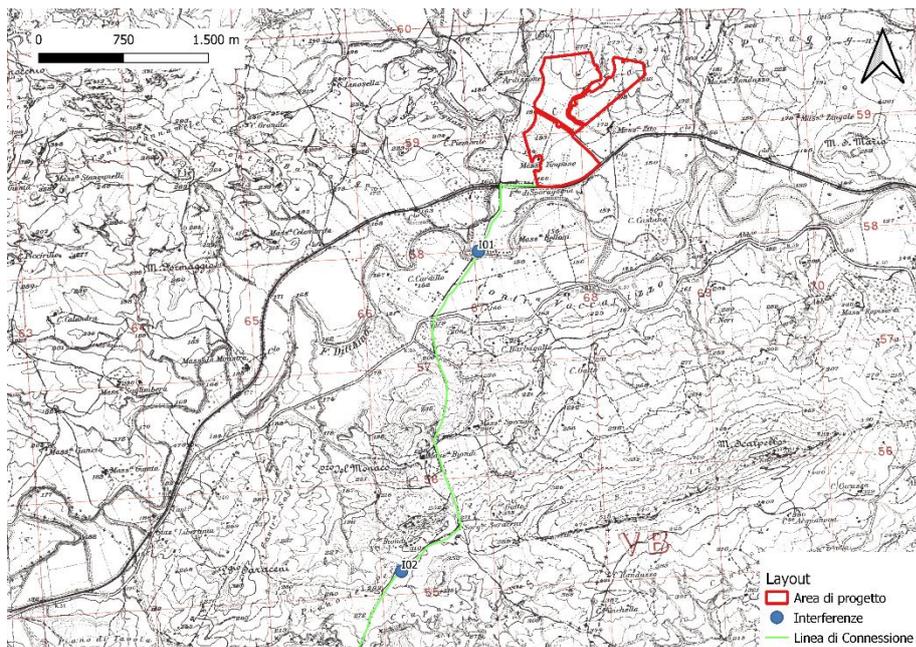


Figura 3-14 Cartografia di base scala 1:25000 dell'IGM (1)

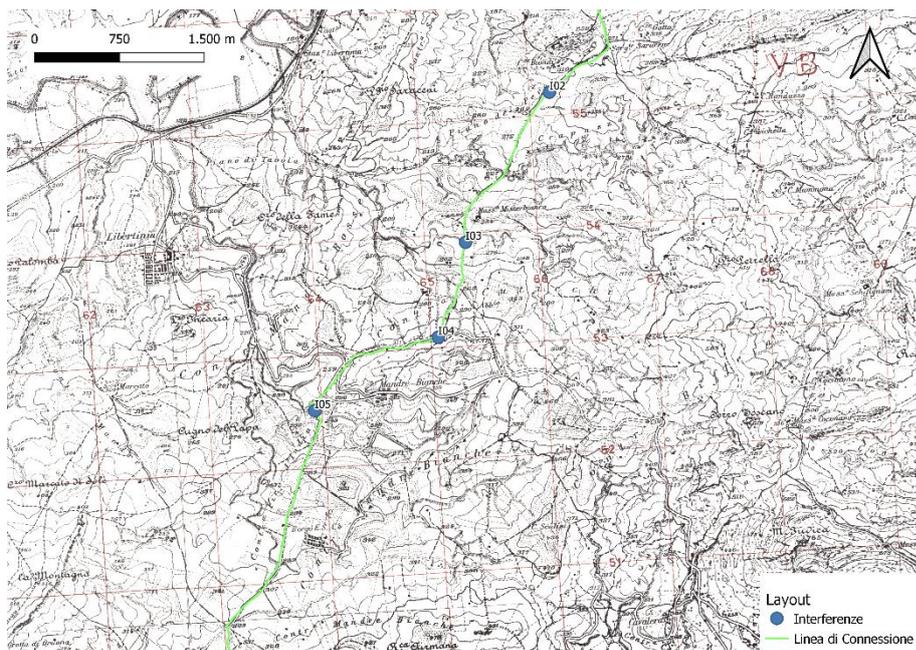


Figura 3-15 Cartografia di base scala 1:25000 dell'IGM (2)

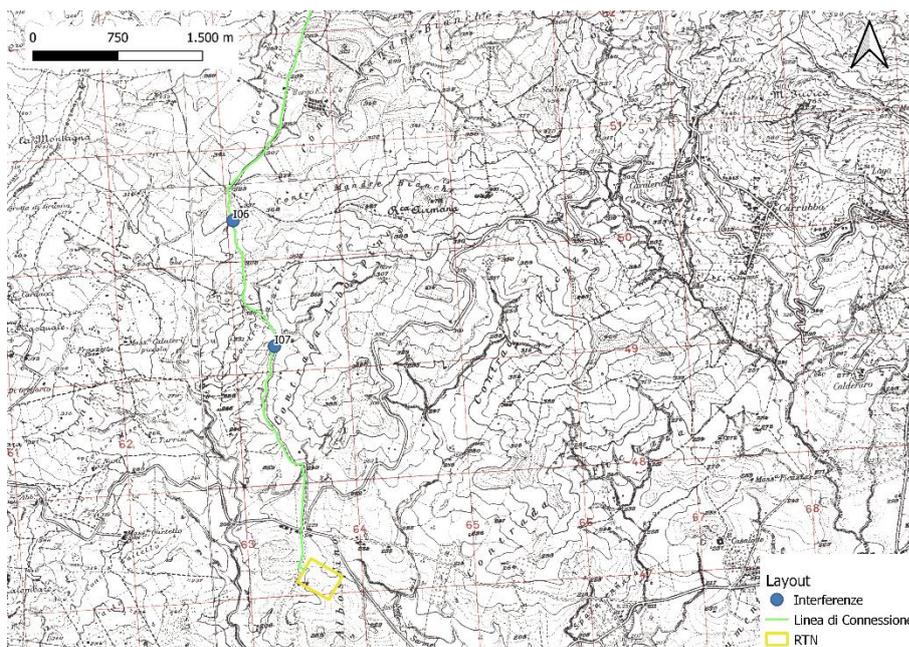


Figura 3-16 Cartografia di base scala 1:25000 dell'IGM (3)

### 3.5 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO

Il comune di Regalbuto appartiene al Distretto Idrografico della Sicilia ed in particolare ricade all'interno del bacino idrografico del fiume Dittaino, che a sua volta risulta essere parte del bacino idrografico del Fiume Simeto.

#### 3.5.1 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

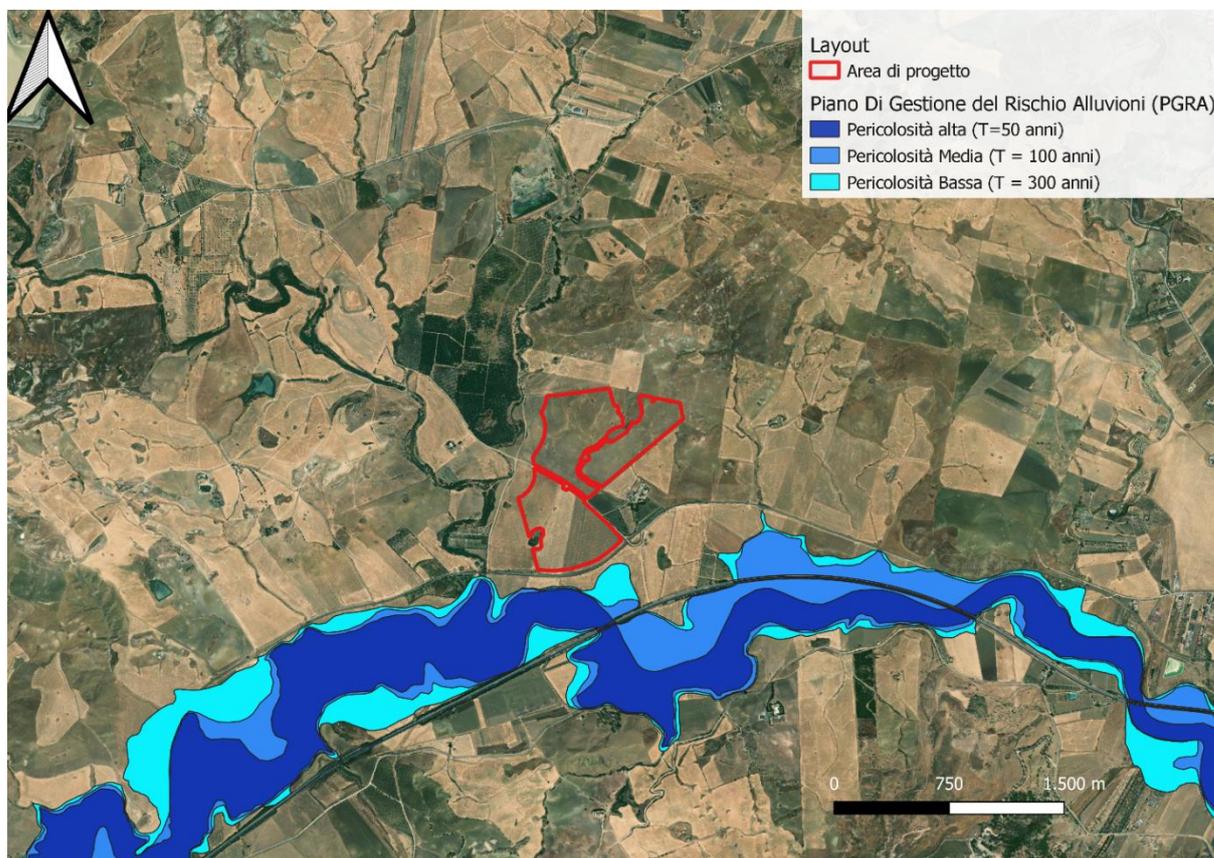
La Direttiva Comunitaria "Alluvioni" 2007/60/CE del 23 ottobre 2007, derivata dalla più generale Direttiva Comunitaria "Acque" 2000/60/CE, istituisce un quadro di riferimento omogeneo a scala europea per la gestione dei fenomeni alluvionali e persegue l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture.

La direttiva Alluvioni è stata recepita in Italia dal D. Lgs. 49/2010 che ha introdotto il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) da predisporre per ciascuno dei distretti idrografici individuati nell'art. 64 del D. Lgs. 152/2006.

Per il Distretto Idrografico della Regione Sicilia a seguito della procedura di adozione da parte della Conferenza Istituzionale permanente con delibera n. 5 del 22/12/2021 è stato approvato il 1° aggiornamento del PGRA (2021-2027) afferente al 2° ciclo di gestione.

La definizione degli scenari di probabilità del Distretto Idrografico della Sicilia partendo dalle indicazioni fornite dal D. Lgs. 49/2010 tiene conto innanzitutto dell'origine dell'alluvione (fluviale, pluviale, marina da elevato trasporto solido). Per le alluvioni di origine fluviale i tempi di ritorno utilizzati nelle modellazioni sono i seguenti:

- **aree ad alta pericolosità (HPH):** aree inondabili con tempo di ritorno minore o uguale di 50 anni;
- **aree a media pericolosità (MPH):** aree inondabili con tempo di ritorno maggiore di 50 anni e minore o uguale di 100 anni;
- **aree a bassa pericolosità (LPH):** aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 100 anni e minore o uguale a 300 anni.



*Figura 3-17 Stralcio del PGRA 2021 e ubicazione dell'area di progetto (in rosso).*

L'area di progetto, come si evince dalla Figura 3-17 non ricade all'interno delle fasce di pericolosità individuate dal PGRA.

Per quanto riguarda invece la linea di connessione si nota come risulta un'intersezione con le zone allagabili afferenti a tutte le classi di pericolosità dovute alle esondazioni del Fiume Dittaino.

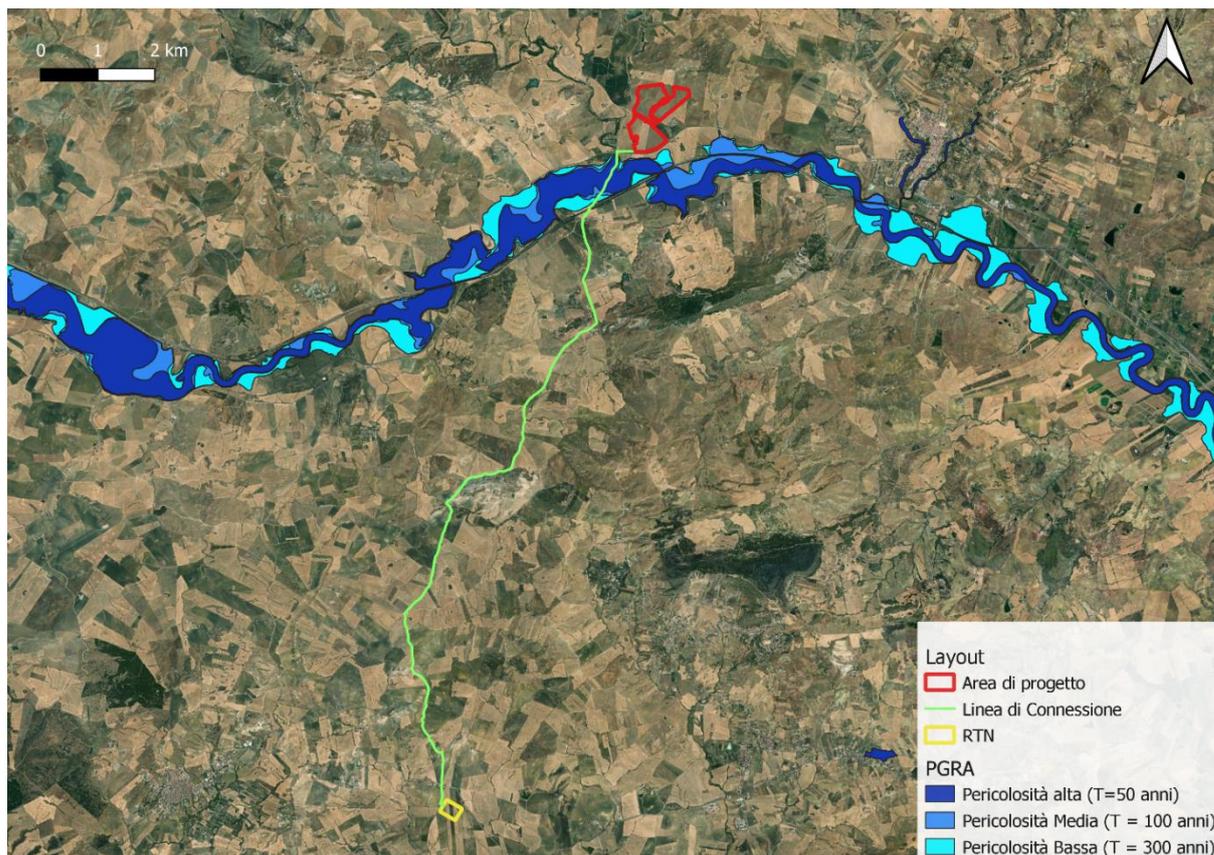


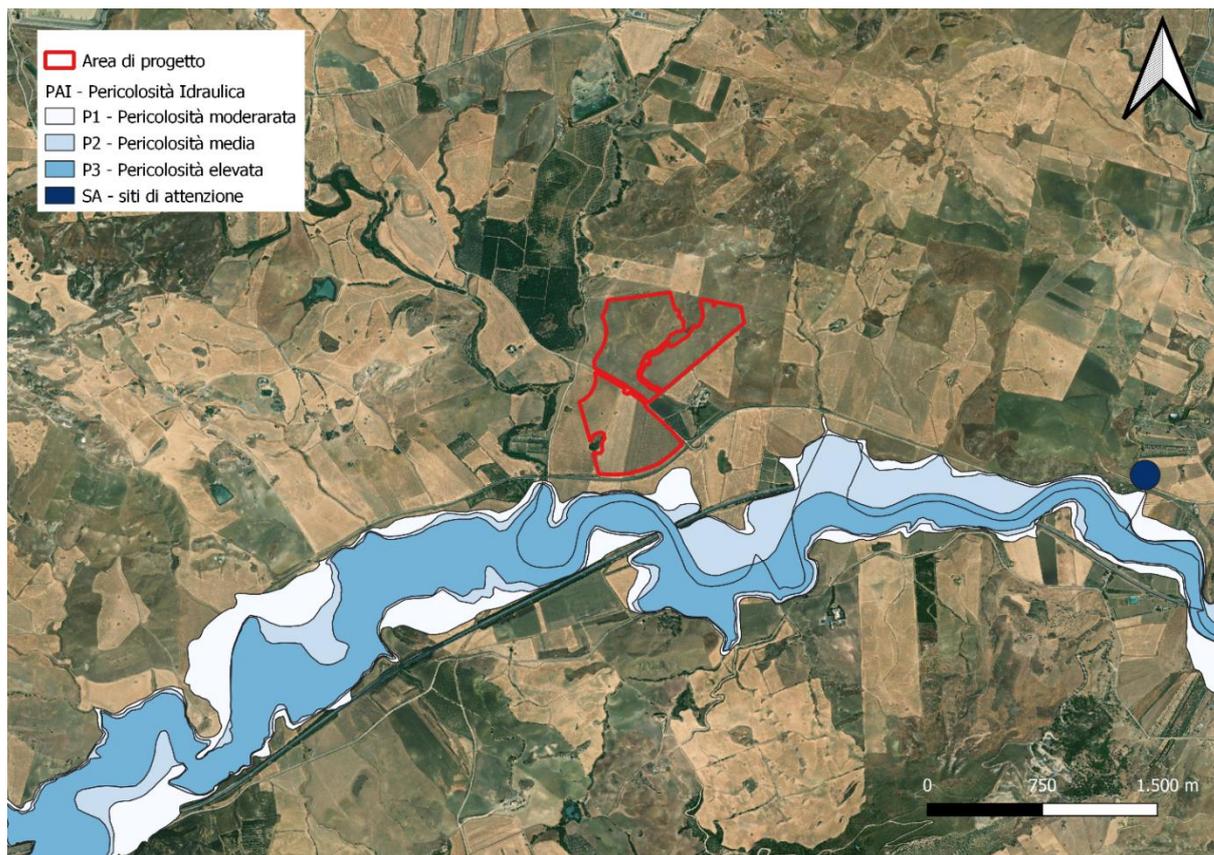
Figura 3-18 Stralcio del PGRA 2021, in rosso l'area di progetto ed in verde la linea di connessione

### 3.5.2 Piano Stralcio di Bacino per L'Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto ai sensi dell'Art. 17, comma 6 ter, della Legge 183/89 e dell'Art.1, comma 1, del DL 180/98 e s.m.i., ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa del rischio idrogeologico del territorio Siciliano.

Il riferimento territoriale del PAI, la Regione Sicilia è stata assimilata ad un unico bacino di rilievo regionale. La Sicilia è stata suddivisa in 102 bacini idrografici e aree territoriali intermedie, oltre alle isole minori. Per ogni bacino idrografico è stato realizzato un piano stralcio. I piani sono pubblicati singolarmente, nel caso di bacini idrografici di maggiore estensione o le isole minori, o raggruppati nel caso dei bacini idrografici meno estesi e delle aree territoriali intermedie. Nel caso in esame l'area di interesse per il progetto ricade all'interno delle aree di competenza del PAI "Bacino del Fiume Simeto (94)".

Il Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico è stato redatto dall'Assessorato al Territorio e Ambiente della Regione Siciliana, Dipartimento di Territorio e Ambiente, soggetto istituzionalmente deputato alla sua elaborazione; per l'aspetto idrologico-idraulico ci si è avvalsi della consulenza del Dipartimento di Ingegneria Idraulica ed Applicazioni Ambientali dell'Università degli studi di Palermo.



*Figura 3-19 Stralcio carta PAI 2018 e area di progetto in rosso*

L'area di progetto come si evince dalla Figura 3-19 non rientra all'interno delle fasce PAI, inoltre non risulta ricadere all'interno dei siti di attenzione, intesi come aree su cui approfondire il livello di conoscenza delle condizioni idrauliche in relazione alla potenziale pericolosità e rischio.

Per quanto riguarda invece la linea di connessione si evince dalla figura di seguito come avvenga intersezione con zone aventi classi di pericolosità P1, P2 e P3 relativamente alle esondazioni dell'alveo principale del fiume Dittaino.

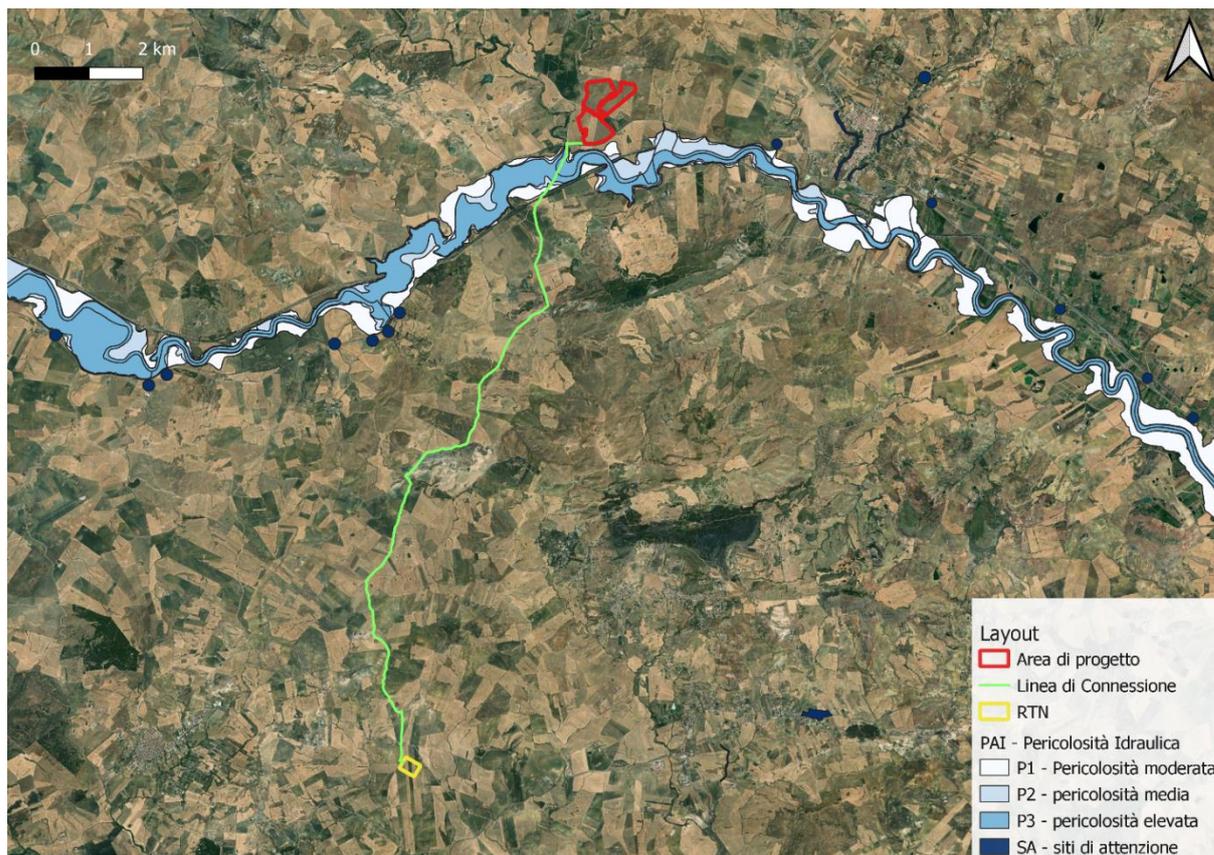


Figura 3-20 Stralcio carta PAI 2018 e area di progetto in rosso, in verde la linea di connessione

## 4 STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI

I criteri con cui è stata realizzata la progettazione definitiva dell'impianto fotovoltaico fanno riferimento sostanzialmente a:

- scelta preliminare della tipologia impiantistica, ovvero impianto fotovoltaico a terra con strutture di tipo tracker e di tipo fisso in relazione alla morfologia dei suoli con tecnologia a moduli BI-facciali;
- ottimizzazione dell'efficienza di captazione energetica realizzata mediante orientamento dinamico dei pannelli;
- disponibilità delle aree, morfologia ed accessibilità del sito acquisita sia mediante sopralluoghi che rilievo topografico di dettaglio.

Oltre a queste assunzioni preliminari si è proceduto tenendo conto di:

- rispetto delle leggi e delle normative di buona tecnica vigenti;
- soddisfazione dei requisiti di performance di impianto;
- conseguimento delle massime economie di gestione e di manutenzione degli impianti progettati;
- ottimizzazione del rapporto costi/benefici;
- impiego di materiali componenti di elevata qualità, efficienza, lunga durata e facilmente reperibili sul mercato;
- riduzione delle perdite energetiche connesse al funzionamento dell'impianto, al fine di massimizzare la quantità di energia elettrica immessa in rete.

Il layout d'impianto è stato sviluppato secondo le seguenti linee guida:

- Analisi vincolistica;
- Scelta della tipologia impiantistica;
- Ottimizzazione dell'efficienza di captazione energetica;
- Disponibilità delle aree, morfologia ed accessibilità del sito acquisita sia mediante sopralluoghi che rilievo topografico di dettaglio.

Oltre a queste assunzioni preliminari bisognerà tener conto di:

- Rispetto delle leggi e delle normative di buona tecnica vigenti;
- Soddisfazione dei requisiti di performance di impianto;
- Conseguimento delle massime economie di gestione e di manutenzione degli impianti progettati;
- Ottimizzazione del rapporto costi/benefici;
- Impiego di materiali componenti di elevata qualità, efficienza, lunga durata e facilmente reperibili sul mercato;
- Riduzione delle perdite energetiche connesse al funzionamento dell'impianto, al fine di massimizzare la quantità di energia elettrica immessa in rete.

Il layout dell'impianto è stato sviluppato considerando le seguenti specifiche:

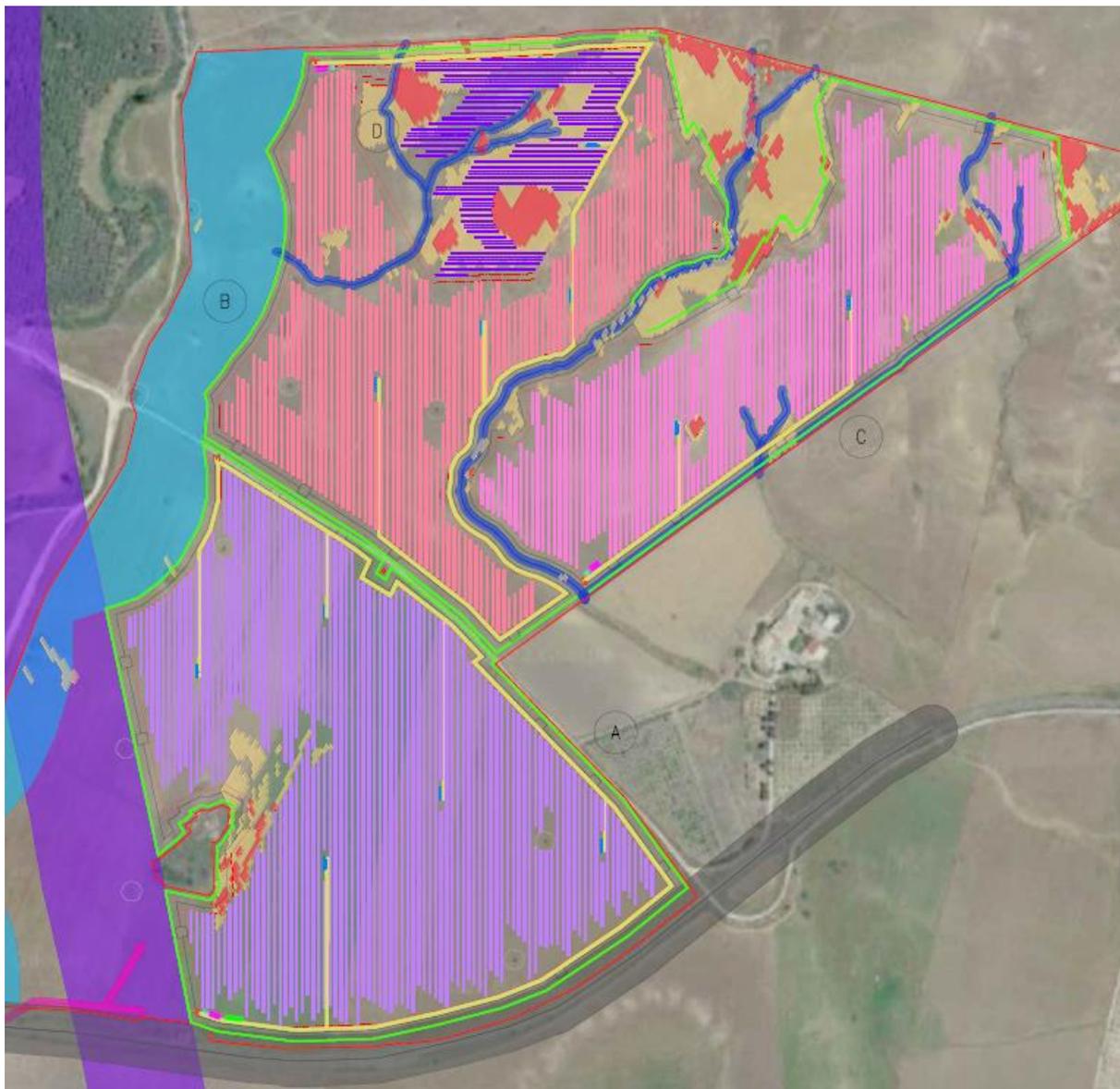
- Aree con strutture Tracker:
  - Larghezza tracker 2,384 m;
  - Altezza massima 2,77 m,
  - Larghezza viabilità perimetrale 4,00 m, interna al Sito 4 m;
  - Rispetto dei confini catastali di circa 15,00 m;



- Disposizione dei moduli fotovoltaici sulle strutture di sostegno in 1 fila verticale;
- Area con strutture fisse:
  - Inclinazione strutture: 30°
  - Altezza massima 1,52 m,
  - Corridoi: 4,1 m
  - Larghezza viabilità perimetrale 4,00 m, interna al Sito 4 m;
  - Rispetto dei confini catastali di circa 15,00 m;
  - Disposizione dei moduli fotovoltaici sulle strutture di sostegno in 1 fila verticale;

*Tabella 4-1 Dati di progetto*

IMPIANTO	STRUTTURA	N MODULI X STRUTTURA	N STRUTTURE	N MODULI COMPLESSIVI	POTENZA MODULO (WP)	POTENZA COMPLESSIVA (MWP)
SEZIONE A	TRACKER: 1x28	28	854	23912	650	15,54
TOTALE SEZ A						15,54
SEZIONE B	TRACKER: 1x28	28	498	13944	650	9,06
TOTALE SEZ B						9,06
SEZIONE C	TRACKER: 1x28	28	463	12964	650	8,43
TOTALE SEZ C						8,43
SEZIONE D	FISSA 1x28	28	131	3668	650	2,38
TOTALE SEZ D						2,38
<b>TOTALE</b>						<b>35,42</b>



*Figura 4-1 Layout di Progetto*

#### **4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

L'impianto fotovoltaico con potenza nominale di picco pari a 35,42 MW è così costituito da:

- n.1 cabine di raccolta 36 kV di connessione. Nella stessa area all'interno della cabina sarà presente il quadro QMT1 contenente i dispositivi generali DG di interfaccia DDI e gli apparati SCADA e telecontrollo;
- n. 11 Power Station (PS). Le Power Station o cabine di campo avranno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata ed elevare la tensione da bassa a media tensione; esse saranno collegate tra di loro in configurazione radiale e in posizione più possibile baricentrica rispetto ai sottocampi fotovoltaici in cui saranno convogliati i cavi provenienti dalle String Box che a loro volta raccoglieranno i cavi provenienti dai raggruppamenti delle stringhe dei moduli fotovoltaici collegati in serie;
  - 10 Power Station SMA da 2660 kWac (area Tracker – Area A, B, C);

- 1 Power Station SMA da 2660 kWac (area impianto fisso – Area D).
- n. 3 locali magazzino;
- n. 3 locali ad uso ufficio;
- i moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno tipo tracker fondate su pali infissi nel terreno;
- L'impianto è completato da:
  - tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di distribuzione nazionale;
  - opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, monitoraggio, cancelli e recinzioni.

L'impianto dovrà essere in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad es: quadri di alimentazione, illuminazione).

Inoltre, in mancanza di alimentazione dalla rete, tutti i carichi di emergenza verranno alimentati da un generatore temporaneo di emergenza, che si ipotizza possa essere rappresentato da un generatore diesel.

Di seguito si riporta la descrizione dei principali componenti d'impianto; per i dati tecnici di maggior dettaglio si rimanda agli elaborati dedicati.

#### **4.1.1 Moduli fotovoltaici e strutture di supporto**

I moduli fotovoltaici utilizzati per la progettazione dell'impianto, saranno di prima scelta, del tipo silicio monocristallino a 132 celle, indicativamente della potenza di 650 Wp, dotati di scatola di giunzione (Junction Box) installata sul lato posteriore del modulo, con cavetti di connessione muniti di connettori ad innesto rapido, al fine di garantire la massima sicurezza per gli operatori e rapidità in fase di installazione.

I componenti elettrici e meccanici installati saranno conformi alle normative tecniche e tali da garantire le performance complessive d'impianto.

La tecnologia di moduli fotovoltaici utilizzata è progettata appositamente per impianti di grande taglia connessi alla rete elettrica ed è realizzata assemblando in sequenza diversi strati racchiusi da una cornice in alluminio anodizzato.

- vetro temperato con trattamento anti-riflesso;
- EVA (etilene vinil acetato) trasparente;
- celle FV in silicio monocristallino.

Il progetto prevede l'impiego di due diverse strutture nelle aree del parco fotovoltaico:

- Area A, B e C: struttura metallica di tipo tracker;
- Area D: struttura metallica di tipo fisso.

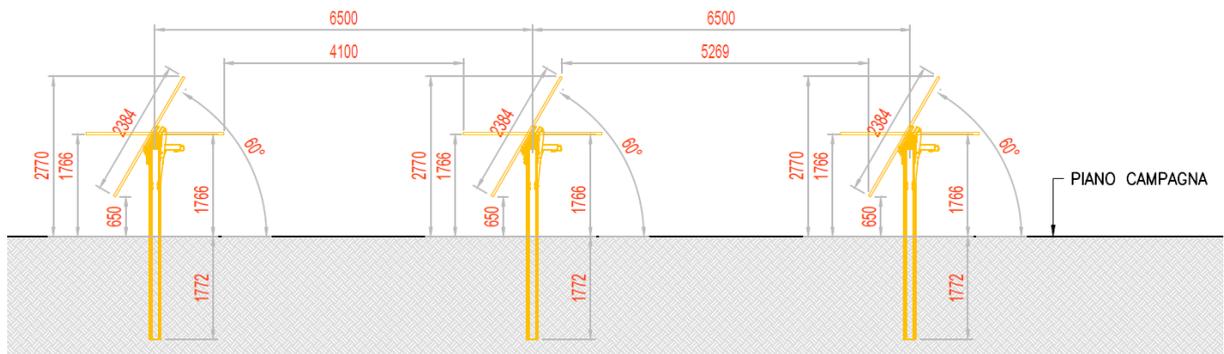
#### **Struttura di tipo tracker**

Il progetto prevede l'impiego di una struttura metallica di tipo tracker con fondazione su pali infissi nel terreno ed in grado di esporre il piano ad un angolo di tilt pari a +60° -60°.

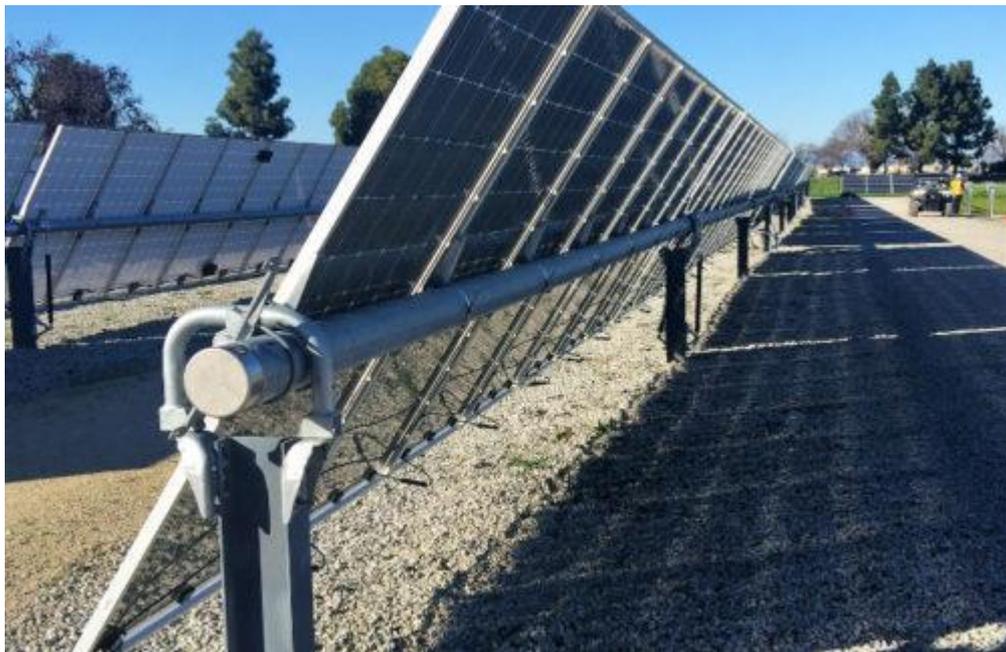
Le peculiarità delle strutture di sostegno sono:

- riduzione dei tempi di montaggio alla prima installazione;
- facilità di montaggio e smontaggio dei moduli fotovoltaici in caso di manutenzione;
- meccanizzazione della posa;
- ottimizzazione dei pesi;

- miglioramento della trasportabilità in sito;
- possibilità di utilizzo di bulloni anti furto.
- Le caratteristiche generali della struttura sono:
- materiale: acciaio zincato a caldo
- tipo di struttura: Tracker fissata su pali
- inclinazione sull'orizzontale +60° -60°
- Esposizione (azimut): 0°
- Altezza min: 0,65 m (rispetto al piano di campagna)
- Altezza max: 2,770 m (rispetto al piano di campagna)



*Figura 4-2 Particolare strutture di sostegno moduli tracker*



*Figura 4-3 Esempio di struttura a tracker monoassiale*

In via preliminare è prevista una tipologia di portale costituito da 28 moduli, montati con una disposizione su una fila in posizione verticale.

I materiali delle singole parti saranno armonizzati tra loro per quanto riguarda la stabilità, la resistenza alla corrosione e la durata nel tempo.

Durante la fase esecutiva, sulla base della struttura tracker scelta saranno definite le fondazioni e scelta la soluzione tecnologica di fondazione più adatta.

### Struttura di tipo fisso

Il progetto prevede l'impiego di una struttura metallica di tipo fisso, in acciaio zincato a caldo, adeguatamente dimensionati e ancorati al terreno con un sistema di infissione nel terreno o tramite pali battuti.

Sono strutture completamente adattabili alle dimensioni del pannello fotovoltaico, alle condizioni geotecniche del sito ed alla quantità di spazio di installazione disponibile e l'intero sistema di supporto dei moduli è dimensionato in modo tale da resistere alle sollecitazioni dovute al carico vento e neve e alle sollecitazioni sismiche.

Saranno realizzate montando profili speciali in acciaio zincato a caldo, imbullonati mediante staffe e pezzi speciali. Le travi portanti orizzontali, posate su longheroni agganciati direttamente al sostegno verticale, formeranno i piani inclinati per l'appoggio dei moduli con un tilt (angolo) fisso pari a 30° per il sito in oggetto.

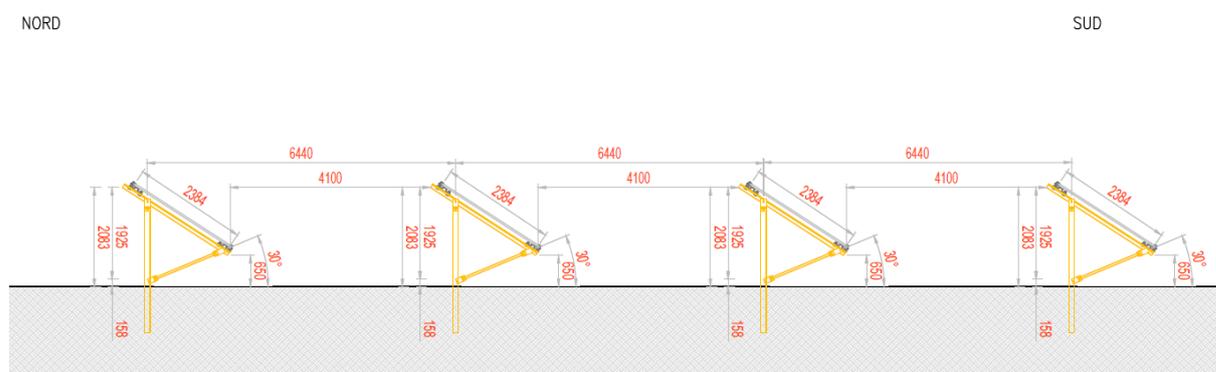


Figura 4-4 Particolare strutture di sostegno moduli fissi

Si compongono in generale dei seguenti elementi:

1. pali di lunghezza variabile in base alle caratteristiche geotecniche dell'area di infissione;
2. testa palo in acciaio zincato a caldo;
3. corrente e profilo di supporto in acciaio zincato a caldo;
4. profili di supporto moduli, in acciaio zincato a caldo;
5. morsetti per l'ancoraggio dei moduli ai profili.

Per quanto riguarda i pali di supporto collocati nel terreno, in fase esecutiva potrebbero essere adottati degli accorgimenti puntuali di protezione, in alcune aree soggette a erosione da scorrimenti meteorici superficiali o caratterizzate da terreni con caratteristiche geotecniche non idonee alla tipologia di palo ad infissione.

Saranno installati in totale:

- strutture fisse con configurazione 1x28;
- Caratteristiche di installazione fisse: tilt 30°, azimuth 0.



*Figura 4-5 Esempio di struttura fissa*

#### **4.1.2 Cabine di campo**

Le Power Station (o cabine di campo) hanno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica dal campo fotovoltaico da corrente continua (CC) a corrente alternata (CA) e di elevare la tensione da bassa (BT) a livello di tensione 36 kV.

Le cabine saranno costituite da elementi prefabbricati suddivisi in più scomparti e saranno progettate per garantire la massima robustezza meccanica e durabilità. Le pareti e il tetto saranno tali da garantire impermeabilità all'acqua e il corretto isolamento termico. Il locale avrà le dimensioni indicative riportate nell'elaborato grafico dedicato e sarà posato su un basamento in calcestruzzo di adeguate dimensioni.

Per ognuna delle cabine è indicativamente prevista la realizzazione di un impianto di ventilazione naturale che utilizzerà un sistema di griglie posizionate nelle pareti in due differenti livelli e un impianto di condizionamento e/o di ventilazione forzata adeguato allo smaltimento dei carichi termici introdotti nel locale dalle apparecchiature che entrerà in funzione nel periodo di massima temperatura estiva.

#### **4.1.3 Cavi di potenza e di controllo**

Le linee elettriche prevedono conduttori di tipo idoneo per le sezioni d'impianto (continua, alternata bassa tensione, alternata media tensione, alternata alta tensione) in rame e in alluminio. Il dimensionamento del conduttore è a norma CEI e la scelta del tipo di cavi è armonizzata anche con la normativa internazionale. L'esperienza costruttiva ha consentito l'individuazione di tipologie di cavi (formazione, guaina, protezione ecc.) che garantiscono una durata di esercizio ben oltre la vita dell'impianto anche in condizioni di posa sollecitata.

Le linee elettriche prevedono conduttori di tipo idoneo per le tre sezioni d'impianto (continua, alternata bassa tensione, alternata media tensione) in rame e in alluminio. Il dimensionamento del conduttore è a norma CEI e la scelta del tipo di cavi è armonizzata anche con la normativa internazionale. L'esperienza

costruttiva ha consentito l'individuazione di tipologie di cavi (formazione, guaina, protezione ecc.) che garantiscono una durata di esercizio ben oltre la vita dell'impianto anche in condizioni di posa sollecitata.

Sia per le connessioni dei dispositivi di monitoraggio che di security verranno utilizzati prevalentemente due tipologie di cavo:

- Cavi in rame multipolari twistati e non;
- Cavi in fibra ottica.

I primi verranno utilizzati per consentire la comunicazione su brevi distanze data la loro versatilità, mentre la fibra verrà utilizzata per superare il limite fisico della distanza di trasmissione dei cavi in rame, quindi comunicazione su grandi distanze, e nel caso in cui sia necessaria una elevata banda passante come nel caso dell'invio di dati.

#### **4.1.4 Rete di drenaggio interna**

Sarà realizzata una rete di drenaggio in corrispondenza dei principali solchi di drenaggio naturali esistenti; questi ultimi sono stati identificati sulla base della simulazione del modello digitale del terreno con estrazione dei sottobacini idrografici e della rete idrografica primaria e secondaria esistente.

La rete drenaggio in progetto sarà costituita da fossi e cunette di forma trapezoidale scavate nel terreno naturale e non rivestiti. Per alleggerire dal carico idrico sono state inserite vasche diffuse di laminazione e infiltrazione rinverdite. Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'Ingegneria naturalistica.

L'area di intervento è stata suddivisa, sulla base della morfologia di progetto, in bacini imbriferi non necessariamente coincidenti con i singoli settori dell'impianto. I bacini sono delimitati verso il monte idrologico da "alti" naturali (orli di scarpata, rilievi) mentre il valle idrologico coincide con l'ubicazione di progetto dei canali da realizzarsi in scavo per il collettamento delle acque meteoriche.

Lo scopo delle canalette è quello di consentire il drenaggio dei deflussi al netto delle infiltrazioni nel sottosuolo. Le acque meteoriche ricadenti su ogni settore, per la parte eccedente rispetto alla naturale infiltrazione del suolo, verranno infatti intercettate dalle canalette drenanti realizzate lungo i lati morfologicamente più depressi.

#### **4.1.5 Viabilità interna di servizio e piazzali**

In assenza di viabilità esistente adeguata sarà realizzata una strada in misto granulometrico per garantire l'ispezione dell'area di impianto dove necessario e per l'accesso alle piazzole delle cabine. La viabilità è stata prevista lungo gli assi principali di impianto (larghezza 4 m) e lungo il perimetro (larghezza 4 m).

La scelta della tipologia pacchetto stradale è stata valutata in base alle caratteristiche geotecniche del terreno, alla morfologia del sito, alla posizione ed accessibilità del sito.

Le opere viarie saranno costituite da una regolarizzazione di pulizia del terreno, per uno spessore adeguato, dalla fornitura e posa in opera di geosintetico tessuto non tessuto (se necessario) ed infine dalla fornitura e posa in opera di pacchetto stradale in misto granulometrico di idonea pezzatura e caratteristiche geotecniche costituito da uno strato di fondo e uno superficiale.

Durante la fase esecutiva sarà dettagliato il pacchetto stradale definendo la soluzione ingegneristica più adatta.



## **5 STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO, LINEA DI CONNESSIONE, CABINA DI CONSEGNA/COLLEGAMENTO E RTN**

### **5.1 IDENTIFICAZIONE DELL'INTERFERENZA**

I paragrafi 3.4 e 3.5 individuano i possibili punti/tratti di interferenza tra le opere in progetto ed il reticolo idrografico esistente. Si è fatto riferimento al PAI, al PGRA e al DBPRIOR10K. In aggiunta, è stata consultata la cartografia di base su scala 1: 25.000 disponibile sul Geo-portale Nazionale per l'identificazione di canali minori.

All'interno dell'area catastale non si riscontrano aree di pericolosità idraulica secondo il PAI ed il PGRA, ma si segnala un'interferenza del cavo di connessione con zone soggette a pericolosità idraulica (asta principale del fiume Dittaino, Figura 3-18 e Figura 3-20) inoltre si segnalano interferenze rispetto al reticolo idrografico del progetto "Strati Prioritari di Interesse Nazionale" DBPRIOR10K (Figura 3-13) e rispetto alla cartografia di base IGM (Figura 3-14, Figura 3-15 e Figura 3-16).

Le soluzioni adottate per le interferenze con la linea di connessione sono di tipo 'trenchless', ovvero una tipologia di interrimento del cavo che non prevede il tradizionale scavo a cielo aperto. Esempi di tecnologie trenchless sono TOC, microtunnel e spingitubo.

Tuttavia non è sempre necessario interrare i cavi con tecnologie prive di trincea. Nei lunghi periodi di secca, tipici delle stagioni estive, sono consentiti gli scavi tradizionali purché il cavo venga interrato di almeno 1.5 metri dal punto di impluvio. Nei paragrafi successivi viene analizzata la compatibilità idraulica assumendo la condizione critica del cantiere durante la stagione più piovosa e quindi quando sono necessarie le tecnologie trenchless.

La tabella di seguito riporta un riepilogo dei vari punti analizzati lungo il percorso di connessione, indicando il livello di pericolosità individuato e la tecnologia prevista per la risoluzione dell'interferenza ove presente.

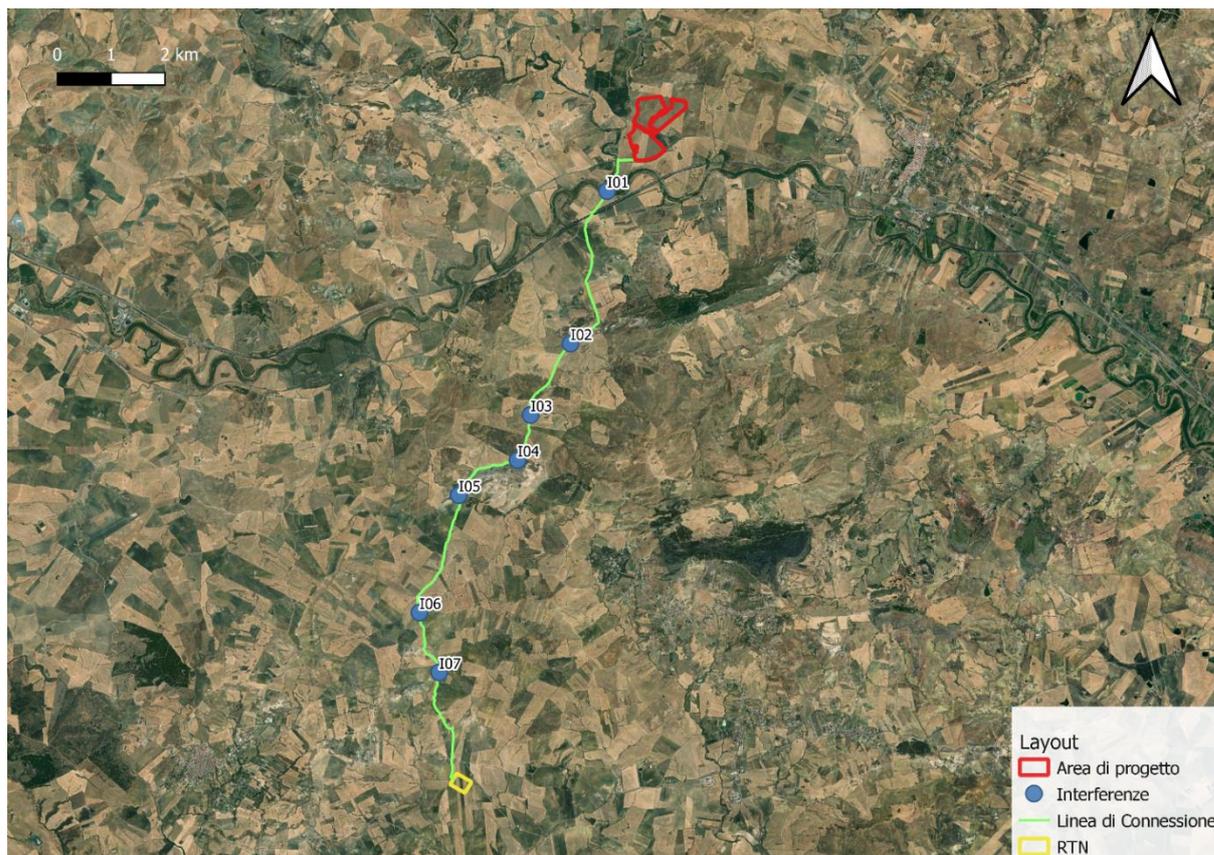


Figura 5-1 Identificazione di tutte le interferenze riscontrate lungo il tracciato di connessione

Tabella 5-1 Interferenze con il percorso di connessione

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ/TIPO	RISOLUZIONE
I01	Fiume Dittaino	PAI/PGRA/IGM/DBPRIOR10K	TOC/Cavo interrato
I02	Ramo 0860423	IGM/DBPRIOR10K	TOC/Cavo interrato
I03	Roggia	IGM	TOC/Cavo interrato
I04	Ramo 0872208	IGM/DBPRIOR10K	TOC/Cavo interrato
I05	Ramo 0872219	IGM/DBPRIOR10K	TOC/Cavo interrato
I06	Ramo 0872303	IGM/DBPRIOR10K	TOC/Cavo interrato
I07	Roggia	IGM	TOC/Cavo interrato

## 5.2 METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC

### 5.2.1 Analisi qualitativa

In seguito all'identificazione dei punti di interferenza, per gli attraversamenti dei corsi d'acqua naturali/antropici è stata effettuata un'analisi qualitativa di stabilità dei tratti di interesse. L'analisi è stata condotta sulla base delle indicazioni HEC-20 – Stream Stability at Highway Structures – FHWA.



Per ognuno è stato assegnato un valore numerico totale derivante dall'analisi qualitativa multicriteria al quale corrisponde una categoria di stabilità dell'alveo: eccellente, buono, moderato, cattivo stato.

Gli indicatori di stabilità considerati sono stati:

- i. caratteristiche e attività del bacino e delle golene: è stato valutato il grado di interferenza dovuto all'esercizio di attività come pascoli, allevamenti, costruzioni, infrastrutture, ecc.
- ii. periodicità caratteristica: periodicità e frequenza del flusso (effimero, regolare, flash flood, ecc.) e clima (umido, semiarido, arido);
- iii. classificazione geomorfologica del canale;
- iv. presenza e tipologia di aree golenali. Grado di confinamento, quindi se il canale è delimitato da argini, infrastrutture;
- v. materiale di fondo e granulometria tipologica;
- vi. presenza delle barre e caratteristiche dell'asta (pendenza longitudinale, il rapporto tra larghezza/altezza della sezione di interesse);
- vii. potenziali ostruzioni;
- viii. caratteristiche dello stato delle golene e delle sponde;
- ix. pendenza media delle sponde;
- x. grado di protezione delle sponde sulla base della copertura vegetale o di opere di ingegneria;
- xi. valutazione del livello di frastagliamento della sponda;
- xii. segni di cedimenti delle golene ed eventuali evidenze di trasporto di materiale;
- xiii. allineamento di eventuali ponti e pile rispetto al flusso.

### **5.2.2 Analisi quantitativa**

L'analisi quantitativa ha seguito la metodologia HEC18 "Evaluating Scour at Bridges" FHWA-HIF-12-003 basato sulle portate caratteristiche idrologiche/idrauliche, le caratteristiche geometriche e granulometriche del corso d'acqua.

La granulometria assunta è quella caratteristica dello stato risultante del modello geotecnico consistente al di sotto dei 3 metri da piano campagna in ciottoli di matrice sabbioso-limosa.

Considerata la stabilità geomorfologica complessiva non è stata considerata la migrazione dell'alveo.

A favore di sicurezza non sono stati considerati fenomeni di deposizione ma solo di erosione.

L'erosione totale potenziale è stata valutata come somma:

- a. erosione a lungo termine;
- b. erosione in corrispondenza di contrazioni;
- c. erosioni locali in corrispondenza di pile di ponti.

#### **Erosione a lungo termine**

Il calcolo dell'erosione a lungo termine è stato condotto nell'ipotesi di formazione di uno strato di corazzamento "armoring". L'erosione graduale dello stato attivo di fondo con il dilavamento dei sedimenti crea uno strato di corazzamento assunto quale condizione di stabilità.

Tale stabilità è mantenuta sino a nuovo evento che supera quello alla base del calcolo.

Non essendo possibile stabilire allo stato attuale se tale corazzamento sia avvenuto o in divenire, a favore di sicurezza il valore di escavazione calcolato è stato sommato interamente con le altre erosioni.

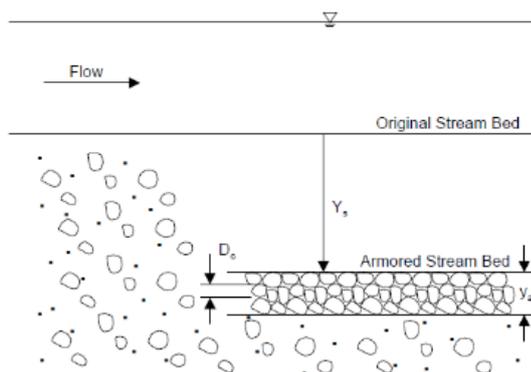


Figura 5-2 Dinamica erosione a lungo termine per corazzamento (FHWA)

La portata utilizzata per il calcolo dell'erosione a lungo termine è stata la portata formativa/dominante definita come quel valore teorico di portata che ha maggiori effetti sulla forma e sulle dimensioni dell'alveo.

Esistono tre possibili approcci per determinare tale portata "teorica" (Biedenharn et al.,2001):

- portata ad alveo pieno (bankfull discharge);
- portata con tempo di ritorno compreso tra 1 e 3 anni (il valore della portata con tempo di ritorno di 1.5 anni è quello più comunemente usato);
- portata efficace (effective discharge), intesa come portata che trasporta più sedimenti in un intervallo temporale sufficientemente ampio.

Nel presente calcolo è stata assunta la portata con metodo b.

### Erosione da contrazione e da pile in corrispondenza di ponti stradali

L'erosione dovuta alla presenza di un ponte di attraversamento stradale è calcolata come somma dell'erosione dovuta alla contrazione della vena più quella dovuta alla presenza di pile in alveo.

La portata alla base del calcolo a favore di sicurezza è quella con tempo di ritorno 200 anni.

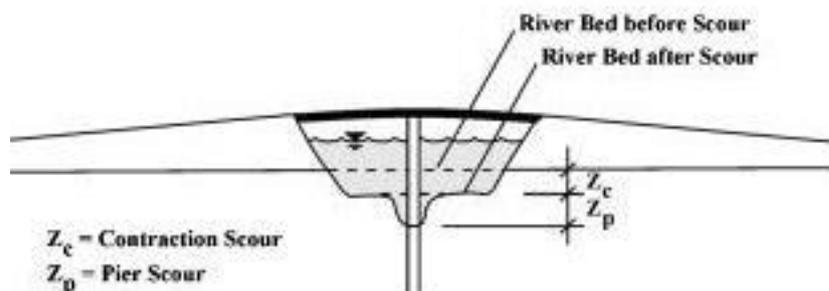


Figura 5-3 Erosioni assunte in corrispondenza di un ponte di attraversamento stradale (fonte FHWA).

### Contrazione

L'erosione di contrazione e da pile è diversa dal degrado a lungo termine, in quanto la contrazione si verifica in prossimità di restringimenti naturali o antropici quali ponti. Questa può essere ciclica e/o correlata al passaggio di una piena.

L'erosione dello stato attivo è tipicamente ciclica; ad esempio, durante la fase ascendente di evento di piena può creare erosioni che si riempiono poi nella fase discendente.

La natura ciclica incrementa la difficoltà nel determinare la profondità di escavazione dopo un'alluvione. A favore di sicurezza nel calcolo è assunta l'erosione totale calcolata quindi nel punto più critico della piena.

La contrazione del flusso può mediamente essere causata sia dalla diminuzione naturale dell'area di flussi del torrente sia da restringimenti antropici.

Assumendo la possibilità di rimozione dello strato di corazzamento in occasione di eventi di piena la formulazione adottata per il calcolo ha previsto la condizione di Live Bed cioè il trasporto solido in atto e non di acqua limpida come indicato da linea guida FHWA.

### **Pile e spalle**

Il meccanismo di base che causa l'erosione localizzata delle pile è presentato dalle correnti non lineari create dall'interazione tra flusso di monte e pila.

Il vortice a ferro di cavallo creato è stato il risultato dell'accumulo di acqua sulla superficie a monte dell'ostruzione con prima importante escavazione e della successiva accelerazione del flusso con creazione di vortici a frequenza oscillatoria. L'azione di tali vortici rimuove il materiale del letto intorno alla base della pila.

Il tasso di trasporto dei sedimenti a valle del ponte è superiore al tasso di trasporto alla pila e, di conseguenza si sviluppa erosione. Con l'aumento della profondità dell'escavazione, la forza del vortice a ferro di cavallo si riduce, riducendo così il tasso di trasporto della regione di base.

Ristabilendo l'equilibrio tra l'afflusso e il deflusso del materiale del letto si crea una stabilità di fondo.

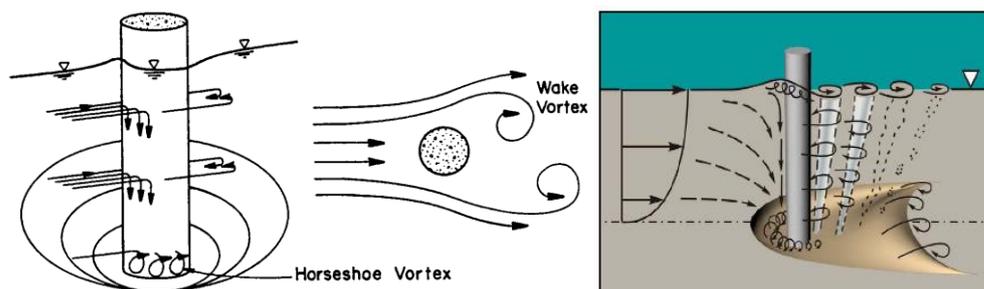


Figura 5-4 Dinamica di erosione in corrispondenza di pile strette (fonte FHWA)

## **5.3 NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

Nell'area catastale risulta presente un reticolo idrografico minore esistente. Tale vincolo è stato recepito nel progetto non considerando le aree comprese in una fascia di rispetto di 5 metri per lato dalle dorsali per garantire la compatibilità idraulica come mostrato in Figura 5-5.

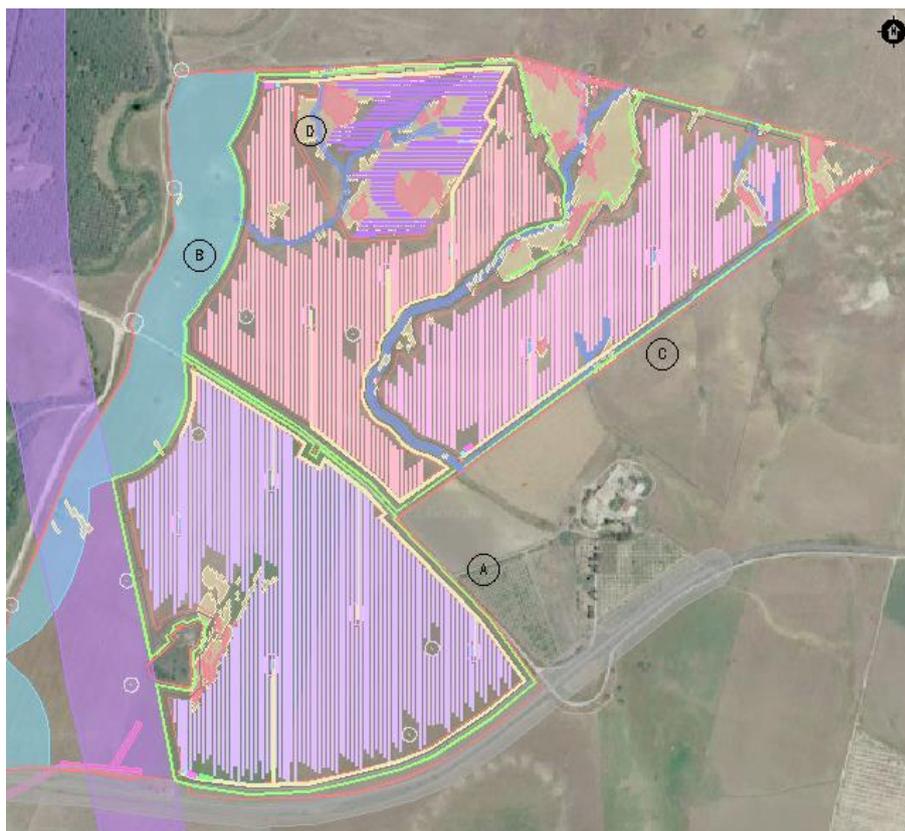


Figura 5-5 perimetrazione sito e fascia di rispetto di 5 metri (in blu) del reticolo idrografico esistente

## 5.4 PERCORSO DI CONNESSIONE

Per quanto riguarda le linee di connessione AT, alcune delle interferenze individuate ricadono all'interno di aree di pericolosità idraulica.

Segue un'analisi dettagliata delle interferenze riscontrate.

### 5.4.1 I01 – Identificazione

L'attraversamento avverrà in corrispondenza dell'asta principale del fiume Dittaino nel territorio comunale di Agira in provincia di Enna. Di seguito è riportato uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato della connessione. Consultati il PAI e il PGRA, l'interferenza ricade all'interno della fascia di pericolosità idraulica alta (T=50 anni).

Tabella 5.2: Riepilogo interferenza I01.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I01	Fiume Dittaino	Pericolosità alta (T=50 anni)	TOC/Cavo interrato

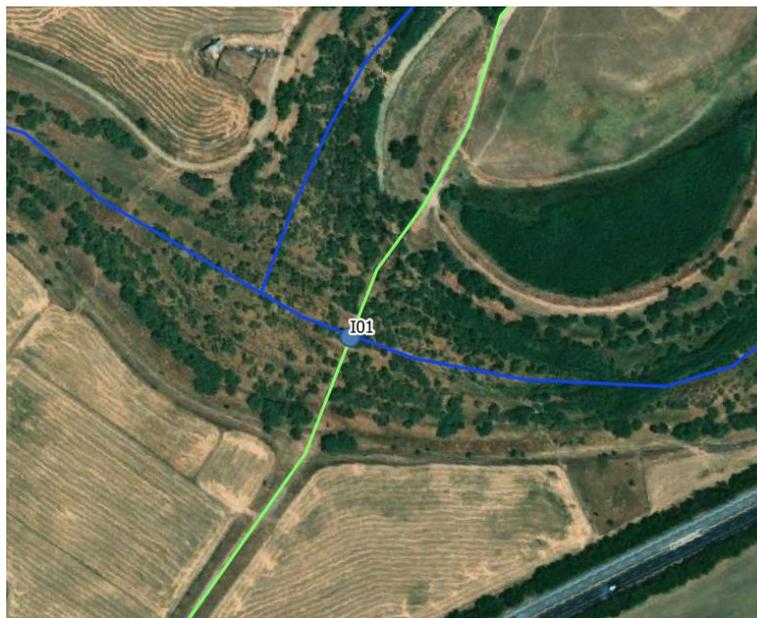


Figura 5-6: Ubicazione interferenza I01, in verde il percorso di connessione.

#### 5.4.2 I01 – Osservazioni

Il corpo idrico in esame risulta non rivestito e con presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva. In corrispondenza dell'attraversamento l'alveo non risulta ben definito. L'asta risulta a tratti meandriforme.



Figura 5-7: Stato di fatto interferenza I01 (Agosto 2022).

#### 5.4.3 I01 – Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 56, rientrante nella categoria "buono".

Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

#### 5.4.4 I01 – Verifica di compatibilità idraulica – Analisi quantitativa

La posa del cavo verrà seguita mediante perforazione TOC.

La profondità di posa tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata sarà al minimo pari a 4 metri.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa, ma si ritiene opportuno fare un'analisi in fase costruttiva.

#### 5.4.5 I02 – Identificazione

L'attraversamento avverrà in corrispondenza di un ramo del reticolo idrografico di progetto nel territorio comunale di Agira in provincia di Enna. Di seguito è riportato uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato della connessione. Consultati il PAI e il PGRA, l'interferenza non ricade all'interno di alcuna fascia di pericolosità idraulica.

Tabella 5.3: Riepilogo interferenza I02.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I02	Ramo 0860423	-	TOC/Cavo interrato

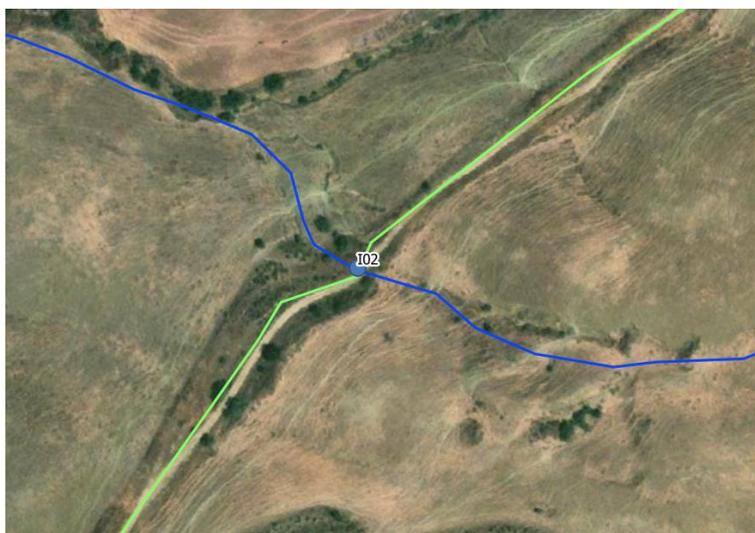


Figura 5-8: Ubicazione interferenza I02, in verde il percorso di connessione.

#### 5.4.6 I02 – Osservazioni

Il corpo idrico in esame non risulta rivestito e per la maggior parte dell'anno non si nota un particolare sviluppo di vegetazione erbacea ed arbustiva lungo gli argini.

#### 5.4.7 I02 – Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 61 rientrante nella categoria “buono”.

Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

#### 5.4.8 I02 – Verifica di compatibilità idraulica – Analisi quantitativa

La posa del cavo verrà seguita mediante perforazione TOC.

La profondità di posa tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata sarà al minimo pari a 2 metri.

Si ritiene che a tale profondità l’attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

#### 5.4.9 I03 – Identificazione

L’attraversamento avverrà in corrispondenza della roggia del reticolo idrografico di progetto nel territorio comunale di Castel di Iudica in provincia di Catania. Di seguito uno stralcio dell’ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato della connessione. Consultati il PAI ed il PGRA, l’interferenza non ricade all’interno di alcuna fascia di pericolosità idraulica.

Tabella 5.4: Riepilogo interferenza I03.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I03	Roggia	-	TOC/Cavo interrato

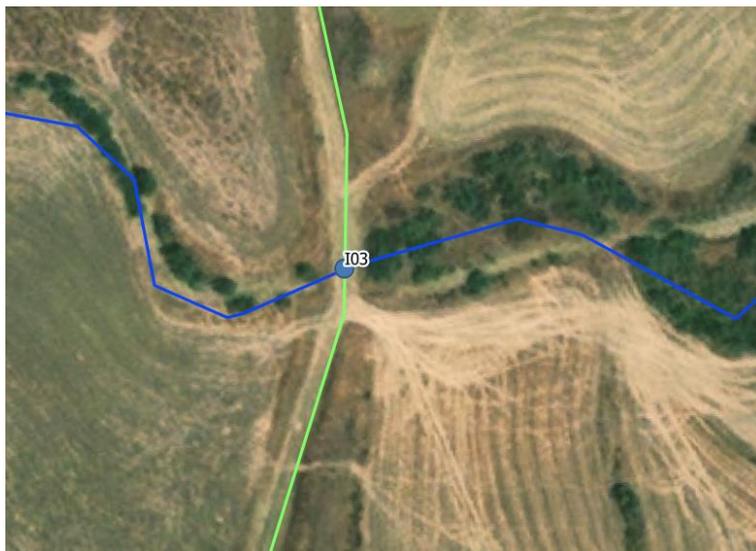


Figura 5-9: Ubicazione interferenza I03, in verde il percorso di connessione.

#### 5.4.10 I03 – Osservazioni

Il corpo idrico in esame non risulta rivestito e per la maggior parte dell'anno non si nota un particolare sviluppo di vegetazione erbacea ed arbustiva lungo gli argini.

#### 5.4.11 I03 – Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 62, rientrante nella categoria "buono".

Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

#### 5.4.12 I03 – Verifica di compatibilità idraulica – Analisi quantitativa

La posa del cavo verrà seguita mediante perforazione TOC.

La profondità di posa tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata sarà al minimo pari a 2 metri.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

#### 5.4.13 I04 – Identificazione

L'attraversamento avverrà in corrispondenza del ramo del reticolo idrografico di progetto al confine tra il territorio comunale di Castel di Iudica e di Ramacca in provincia di Catania. Il ramo del reticolo idrografico di progetto è indicato nel catasto e nella cartografia di base a scala 1: 25.000 dell'IGM. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato della connessione. Consultati il PAI ed il PGRA, l'interferenza non ricade all'interno di alcuna fascia di pericolosità idraulica.

Tabella 5.5: Riepilogo interferenza I04.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I04	Ramo 0872208	-	TOC/Cavo interrato

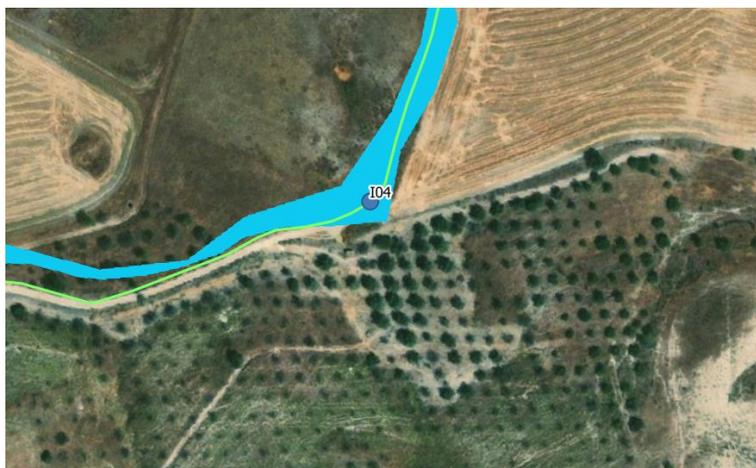


Figura 5-10: Ubicazione interferenza I04, in verde il percorso di connessione, in azzurro il ramo del reticolo (catasto).

#### 5.4.14 I04 – Osservazioni

Il corpo idrico in esame non risulta rivestito, ha un carattere episodico e per la maggior parte dell'anno non si nota un particolare sviluppo di vegetazione erbacea ed arbustiva lungo gli argini.

#### 5.4.15 I04 – Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 62, rientrante nella categoria "buono".

Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

#### 5.4.16 I04 – Verifica di compatibilità idraulica – Analisi quantitativa

La posa del cavo verrà seguita mediante perforazione TOC.

La profondità di posa tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata sarà al minimo pari a 2 metri.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

#### 5.4.17 I05 – Identificazione

L'attraversamento avverrà in corrispondenza del ramo del reticolo idrografico di progetto nel comune di Ramacca in provincia di Catania. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato

in verde il tracciato della connessione. Consultati il PAI ed il PGRA, l'interferenza non ricade all'interno di alcuna fascia di pericolosità idraulica.

Tabella 5.6: Riepilogo interferenza I05.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I05	Ramo 0872219	-	TOC/Cavo interrato



Figura 5-11: Ubicazione interferenza I05, in verde il percorso di connessione.

#### 5.4.18 I05 – Osservazioni

Il corpo idrico in esame non risulta rivestito, ha un carattere episodico e per la maggior parte dell'anno non si nota un particolare sviluppo di vegetazione erbacea ed arbustiva lungo gli argini.

#### 5.4.19 I05 – Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 61, rientrante nella categoria "buono".

Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

#### 5.4.20 I05 – Verifica di compatibilità idraulica – Analisi quantitativa

La posa del cavo verrà seguita mediante perforazione TOC.

La profondità di posa tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata sarà al minimo pari a 2 metri.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

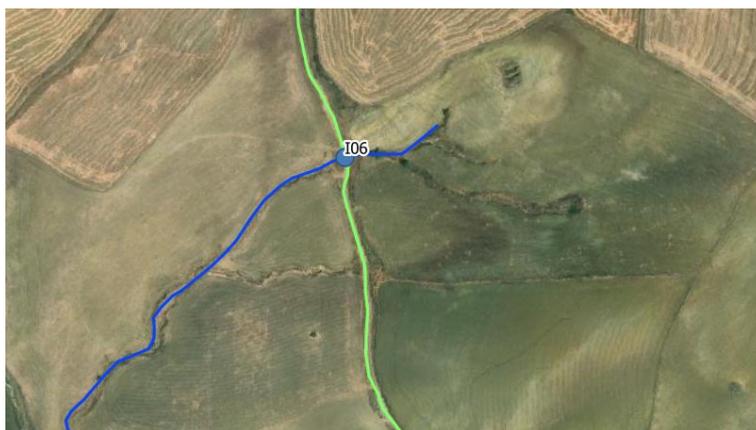
#### 5.4.21 I06 – Identificazione

L'attraversamento avverrà in corrispondenza del ramo del reticolo idrografico di progetto nel comune di Ramacca in provincia di Catania. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato

in verde il tracciato della connessione. Consultati il PAI ed il PGRA, l'interferenza non ricade all'interno di alcuna fascia di pericolosità idraulica.

*Tabella 5.7: Riepilogo interferenza I05.*

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I06	Ramo 0872303	-	TOC/Cavo interrato



*Figura 5-12: Ubicazione interferenza I06, in verde il percorso di connessione.*

#### **5.4.22 I06 – Osservazioni**

Il corpo idrico in esame non risulta rivestito e per la maggior parte dell'anno non si nota un particolare sviluppo di vegetazione erbacea ed arbustiva lungo gli argini.

#### **5.4.23 I06 – Analisi qualitativa stabilità**

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 62, rientrante nella categoria "buono".

Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

#### **5.4.24 I06 – Verifica di compatibilità idraulica – Analisi quantitativa**

La posa del cavo verrà seguita mediante perforazione TOC.

La profondità di posa tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata sarà al minimo pari a 2 metri.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

#### 5.4.25 I07 – Identificazione

L'attraversamento avverrà in corrispondenza del ramo del reticolo idrografico di progetto nel comune di Ramacca in provincia di Catania. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato della connessione. Consultati il PAI ed il PGRA, l'interferenza non ricade all'interno di alcuna fascia di pericolosità idraulica.

Tabella 5.8: Riepilogo interferenza I05.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
I07	Roggia	-	TOC/Cavo interrato

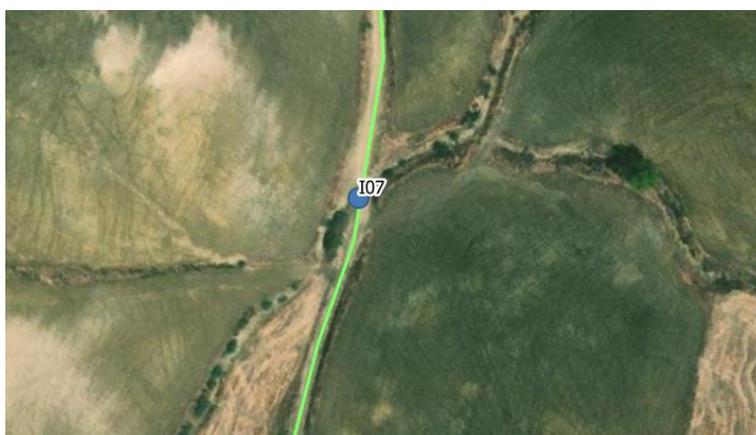


Figura 5-13: Ubicazione interferenza I07, in verde il percorso di connessione.

#### 5.4.26 I07 – Osservazioni

Il corpo idrico in esame non risulta rivestito e per la maggior parte dell'anno non si nota un particolare sviluppo di vegetazione erbacea ed arbustiva lungo gli argini.

#### 5.4.27 I07 – Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 63, rientrante nella categoria "buono".

Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

#### 5.4.28 I07 – Verifica di compatibilità idraulica – Analisi quantitativa

La posa del cavo verrà seguita mediante perforazione TOC.

La profondità di posa tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata sarà al minimo pari a 2 metri.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.



## 6 STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

In questo paragrafo si riportano le basi idrologiche implementate nello studio dell'idrografia esistente, nella valutazione ante-post operam, e nel dimensionamento del sistema di drenaggio superficiale dell'area di intervento.

Lo studio idrologico-idraulico è stato articolato secondo i seguenti punti:

- Identificazione delle aree scolanti e del coefficiente di deflusso ottenuto mediante una media ponderata;
- Determinazione delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 30 e 50 anni;
- Scelta del tempo di ritorno;
- Costruzione dello ietogramma di progetto;
- Stima del processo di infiltrazione e determinazione dello ietogramma di progetto;
- Modello di trasformazione afflussi-deflussi – stima delle portate di progetto ante-operam e post-operam con considerazioni in merito all'invarianza idraulica.

### 6.1 CONSIDERAZIONI CLIMATICHE

All'interno della Relazione di piano del PAI è descritto come la Regione Sicilia sia "caratterizzata da un clima temperato mediterraneo o, con maggiore precisione, si può parlare di clima temperato caldo con prolungamento della stagione estiva e inverno mite".

Per una caratterizzazione generale del clima nel settore orientale della Sicilia nel quale ricade l'area di studio, sono state considerate le informazioni ricavate dall'Atlante Climatologico redatto dall'Assessorato Agricoltura e Foresta della Regione Sicilia.

Il clima con i suoi molteplici aspetti e fenomeni, oltre ad avere contribuito alla formazione del paesaggio, ne influenza e ne condiziona la sua evoluzione, quindi l'analisi degli elementi climatici è importante non solo per la caratterizzazione climatica di un'area, ma per valutare e prevedere la distribuzione e l'intensità dei fenomeni di alterazione esogena e le risorse idriche sul territorio.

La limitata distribuzione delle stazioni termometriche non permette di evidenziare le eventuali variazioni presenti all'interno dell'area. Infatti, prendendo in considerazione i dati termometrici rilevati nel periodo di un trentennio e confrontando i valori relativi alle medie mensili ed annuali, il territorio in esame mostra un andamento termico piuttosto regolare, con valori medi sempre inferiori al 25 °C. Il mese più freddo risulta gennaio con una media nel range 5-6 °C mentre il più caldo agosto con una media nel range 21-22 °C, il valore medio annuo complessivo risulta compreso nel range 18-19 °C.

Dai dati pluviometrici raccolti è stato possibile evidenziare come la precipitazione media annua dell'intera area di interesse, nel periodo di osservazione trentennale risulta nella fascia climatica 400-450 mm, le variazioni riscontrate rientrano nell'andamento climatico medio della Sicilia centrale di tipo temperato-mediterraneo, caratterizzato da un periodo piovoso da ottobre ad aprile e minimi stagionali da giugno ad agosto.

Gli elementi climatici esaminati influiscono direttamente sul regime delle acque sotterranee ed essendo le piogge concentrate in pochi mesi, assumono particolare interesse i fenomeni di ruscellamento superficiale, di infiltrazione e di evaporazione.

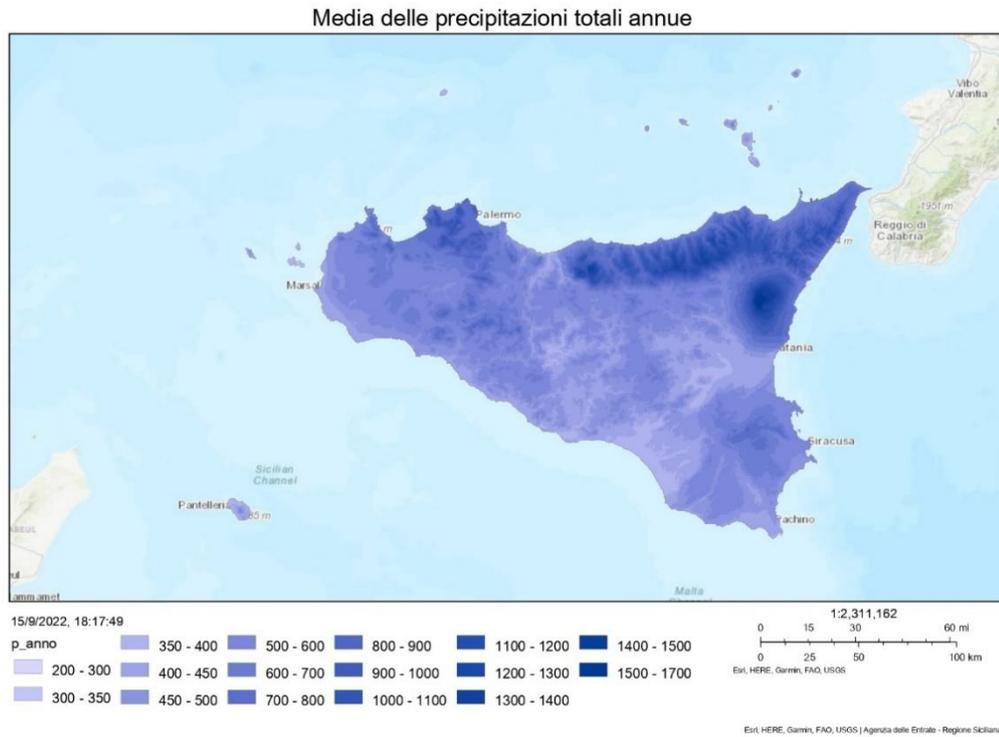


Figura 6-1 Mappa delle precipitazioni totali annue Regione Sicilia

## 6.2 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

L'evento di pioggia di progetto alla base dei calcoli idrologici e della simulazione/dimensionamento idraulico è scelto in base al concetto di tempo di ritorno.

Il Periodo di ritorno di un evento, definito anche come "tempo di ritorno", è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta.

Oltre al concetto di tempo di ritorno vi è poi la probabilità che un evento con tempo di ritorno T si realizzi in N anni:

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Il grafico riportato di seguito esprime il rischio di superare l'evento con tempo di ritorno T durante N anni.

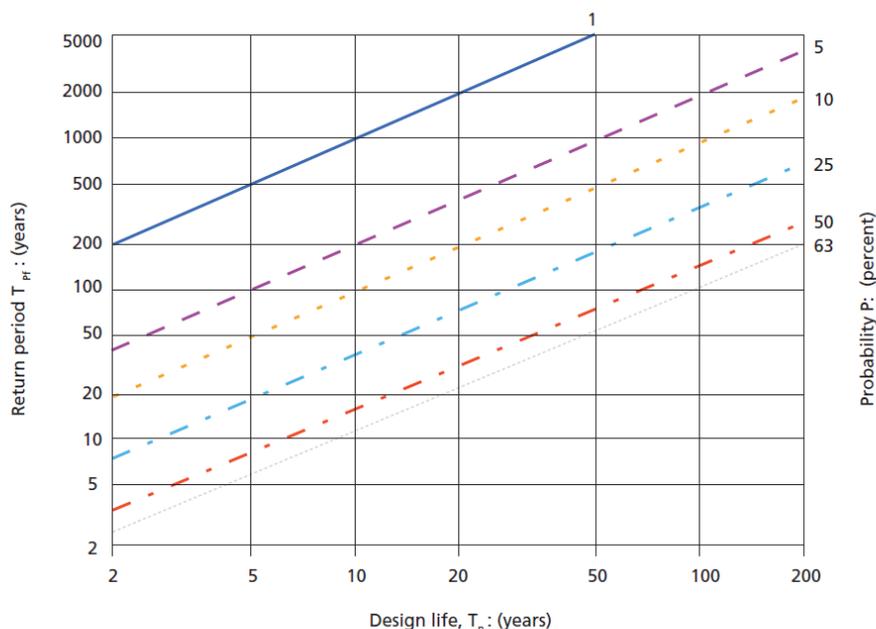


Figura 6-2 Probabilità che un evento con determinate tempo di ritorno si verifichi in N anni

La durata della vita utile dell'impianto fotovoltaico in oggetto è assunta pari a 30 anni, in accordo inoltre alla normativa relativa all'invarianza idraulica.

Il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione di progetto è assunto pari a 30 anni.

## 6.3 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE

### 6.3.1 Pioggia di progetto – Metodo VAPI Sicilia

Per l'applicazione di un modello afflussi-deflussi e la successiva determinazione delle portate meteoriche superficiali, è stato necessario determinare la curva di possibilità pluviometrica caratteristica dell'area oggetto di intervento.

Il tempo di ritorno da assegnare alla curva di possibilità pluviometrica è stato fatto variare da un minimo di 2 anni ad un massimo di 50 anni.

Secondo quanto previsto dalla "Relazione di Piano (dic. 2004) – AdB" lo studio idrologico a livello di bacino per la determinazione delle portate attese con diversi tempi di ritorno è da condurre in conformità con quanto previsto dal progetto Valutazione Piene (VAPI) del Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI) e deve in ogni caso tener conto dei dati raccolti dagli Uffici periferici dell'ex Servizio Mareografico e Idrografico Nazionale e da eventuali elaborazioni dei dati prodotti dagli stessi Uffici.

L'analisi pluviometrica è stata svolta sulla base dell'Analisi regionale delle piogge massime annuali di durata compresa tra 1 e 24 ore. Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al. 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al. 1987) in cui per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello è stato fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Liritano, 1994).

Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in tre sottozone A, B e C, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica.

L'area di progetto risulta ricadere nella sottozona A (Figura 6-3), pertanto sono stati calcolati i valori della curva  $K_{(T,a)}$  (variabile adimensionale dell'altezza di precipitazione rispetto alla media  $K_{(T,a)} =$

$h/\mu_{(d)}$ ) di assegnata durata e tempo di ritorno, risultando con ottima approssimazione dipendenti da dalla durata della precipitazione ( $d$ ) e dal tempo di ritorno ( $T$ ) secondo la seguente formulazione riferita ad un tempo di ritorno superiore a 10 anni:

$$K_{(T,d)} = 0.5015 - 0.003516 d + (0.0003720 d^2 + 0.00102 d + 1.0101) \text{Ln } T$$

Dove:

- $h$  : variabile idrologica, altezza di precipitazione (mm);
- $\mu_{(d)}$  : valore medio teorico di altezza di pioggia della legge TCEV.



Figura 6-3 Sottozone omogenee (secondo livello) e area di progetto (rosso)

Il terzo livello di regionalizzazione prevede la stima delle medie di pioggia  $\mu_{(d)}$  nei siti privi di stazioni di misura o con modesto numero di anni di osservazione così da rendere applicabile la procedura in qualsiasi punto della regione.

Pertanto, è possibile determinare un legame tipo monomio tra la media  $\mu_c$  relativa alle durate di precipitazione considerate (1, 3, 6, 12 e 24 ore) per ciascuna delle stazioni pluviografiche siciliane.

L'espressione determinata assume, dunque la forma:

$$\mu(d) = a d^n$$

I coefficienti  $a$  ed  $n$  sono tabellati per tutte le stazioni pluviografiche siciliane, per i siti sprovvisti di stazioni misure sono stimati sulla base delle cartografie estratte dall'allegato B del documento di piano del PAI (Figura 6-4 Figura 6-5) ottenute interpolando spazialmente sull'intera regione i dati puntuali tabellati di seguito riportate.

In corrispondenza del baricentro del bacino i parametri assumono i valori seguenti:

- $a = 23 \text{ mm/h}$
- $n = 0.29$

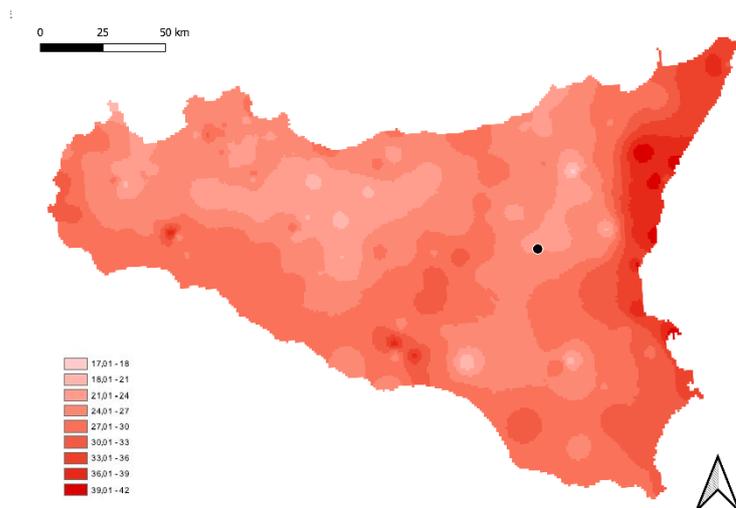


Figura 6-4 Carta del parametro *a* per il territorio siciliano - in nero il sito

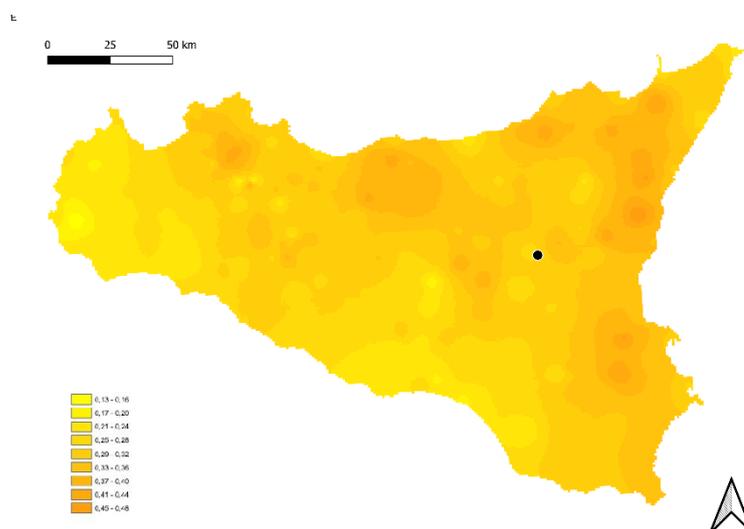


Figura 6-5 Carta del parametro *n* per il territorio siciliano - in nero il sito

È possibile, pertanto, riunendo le espressioni precedenti, determinare la curva di possibilità pluviometrica in funzione dei parametri *a* ed *n* che assume la seguente forma:

$$h_{(T,d)} = K_{(T,d)} a d^n$$

Per i valori dei tempi di corrivazione dei bacini studiati, che risultano inferiori ad un'ora, la curva di probabilità pluviometrica costruita con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1 e 24 ore non può essere utilizzato per valori della durata inferiore ad un'ora. È stato tuttavia dimostrato (Vito Ferro, "La sistemazione dei bacini idrografici", McGraw – Hill editore) che l'altezza di pioggia  $h_{(T,d)}$  con durata minore di 60 minuti è legata all'altezza di pioggia,  $h_{(T,60)}$ , di durata 60 minuti dal seguente legame funzionale (legge di Bell):

$$\frac{h_{(T,d)}}{h_{(T,60)}} = \left(\frac{d}{60}\right)^s$$

Dove:

- $h_{(T,60)}$  : altezza di precipitazione (mm) con durata pari a 60 minuti e periodo di ritorno fissato T;
- $s$  : coefficiente dipendente della regione in esame, per la Sicilia assunto pari a 0.386.

Di seguito riportate le Curve di Possibilità Pluviometrica distinte per eventi pluviali di durata superiore e inferiore ad un'ora e per diversi tempi di ritorno (2, 5, 10, 30 e 50 anni).

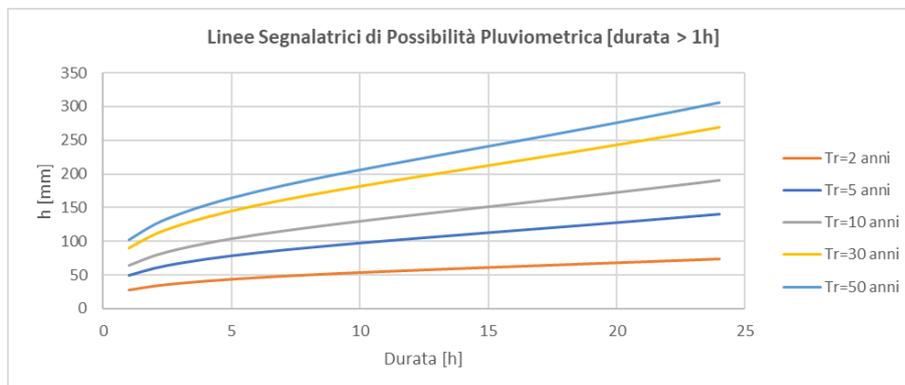


Figura 6-6 Linee segnatrici di Possibilità Pluviometrica con durata maggiore di un'ora

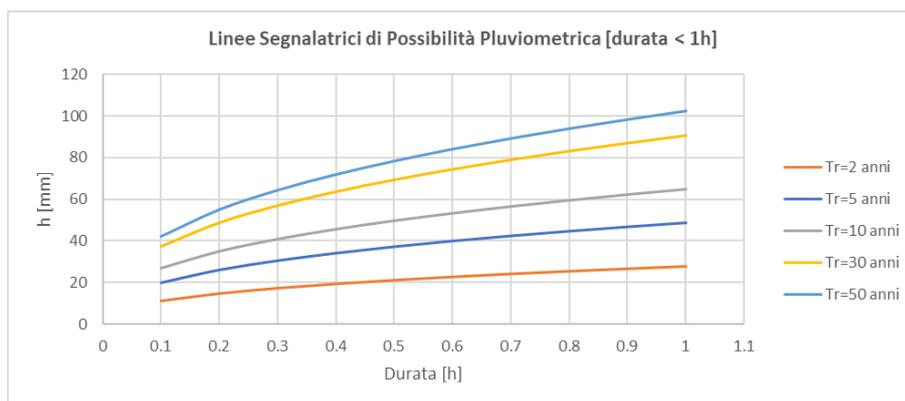


Figura 6-7 Linee segnatrici di Possibilità Pluviometrica con durata minore di un'ora

Nella tabella seguente si riportano inoltre, per diverse durate (da 30 minuti a 24 ore) e tempi di ritorno (2, 5, 10, 30 e 50 anni), i valori dell'altezza di precipitazione  $h_{(T,d)}$  espressa in millimetri.

Tabella 6-1 Altezza di pioggia per le diverse durate e per i diversi tempi di ritorno

d [h]	T = 2 [ANNI]	T = 5 [ANNI]	T = 10 [ANNI]	T = 30 [ANNI]	T = 50 [ANNI]
0.5	21	37	50	69	78
1	28	49	65	91	102
2	34	60	80	111	125
3	38	67	90	125	141
4	41	73	98	136	154

d [h]	T = 2 [ANNI]	T = 5 [ANNI]	T = 10 [ANNI]	T = 30 [ANNI]	T = 50 [ANNI]
5	44	78	104	146	165
6	46	83	110	154	174
7	48	87	116	162	183
8	50	90	121	169	191
9	52	94	126	176	199
10	54	97	130	182	206
11	55	100	135	189	214
12	57	104	139	195	221
13	58	107	143	201	228
14	60	110	147	207	235
15	61	113	151	213	241
16	63	116	156	219	248
17	64	119	160	225	255
18	66	122	164	231	262
19	67	125	168	237	269
20	68	128	173	244	277
21	70	131	177	250	284
22	71	134	181	256	291
23	73	137	186	263	299
24	74	140	190	270	307

#### **6.4 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO**

Nel presente paragrafo sono state identificate le singole aree scolanti e le principali caratteristiche sulla base del quale calcolare le portate idrologiche di riferimento.

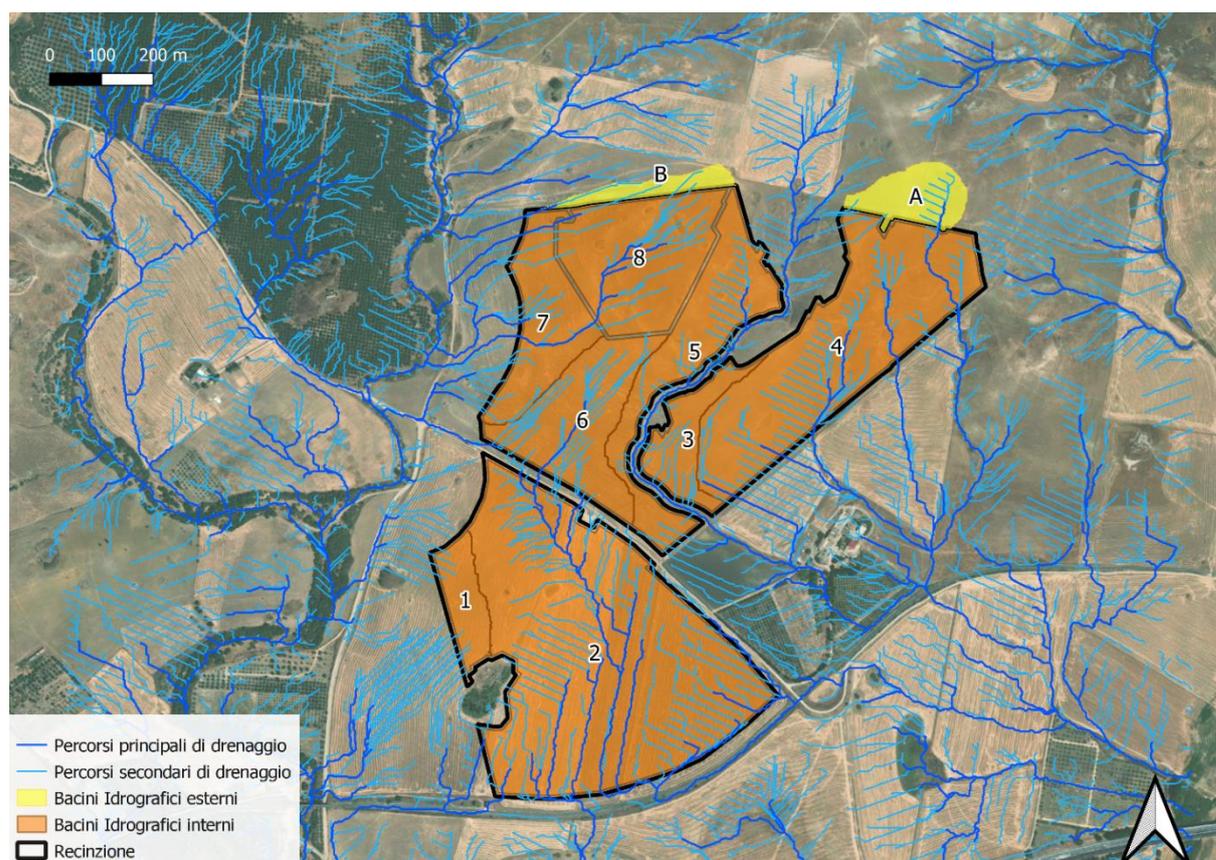
Al fine di non modificare la rete naturale allo stato attuale e definire un sistema di drenaggio interno al sito con il minor impatto è stata eseguita una simulazione del modello digitale del terreno disponibile con lo scopo di identificare le principali informazioni morfologiche ed idrologiche a scala di bacino nello stato di fatto (pendenze e isoipse, delimitazione del bacino idrografico, rete principale e secondaria).

Il modello digitale del terreno utilizzato per la modellazione è stato ottenuto mediante rilievo fotogrammetrico di dettaglio come descritto nel paragrafo 2.1. La simulazione è stata condotta mediante algoritmi TauDem (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models – Utah State University) e successivamente rielaborati in ambiente GIS.

L'analisi spaziale del DTM sull'area in esame ha permesso di identificare preliminarmente le informazioni idro-geomorfologiche della mappa, come la pendenza, i deflussi, le aree contribuenti, i bacini, i sottobacini e i risultanti percorsi di drenaggio principali e secondari.

Sono stati identificati come percorsi di drenaggio principali tutti quei percorsi che adducono 100 l/s e come percorsi di drenaggio secondari quelli che adducono 10 l/s durante l'evento avente 30 anni di tempo di ritorno.

Le opere in progetto insisteranno sui bacini scolanti identificati Figura 6-8. I sottobacini identificati in arancione risultano interessati dall'installazione dell'impianto fotovoltaico, i sottobacini identificati in giallo risultano invece essere aree di alimentazione meteorica esterne all'area di progetto.



*Figura 6-8 Delimitazione dei bacini scolanti interni e loro codifica (arancione), reticolo di drenaggio esterno ed interno alle sezioni di progetto (azzurro/blu) e limiti bacini idrografici posizionati idrologicamente a monte dell'area considerata (giallo) e loro codifica.*

Tabella 6-2 e Tabella 6-3 riportano i bacini scolanti individuati (rispettivamente interni ed esterni) e l'area delle relative superfici espresse in metri quadri.

La rete estratta attraverso la simulazione, descritta in precedenza, è stata quindi sovrapposta con le aree di progetto e sulla base dei risultati è stato definito il sistema interno di gestione delle acque meteoriche e i punti di affluenza.

Lo stato di progetto presenterà quindi una rete di drenaggio con i percorsi e punti di affluenza ai canali perimetrali compatibili con lo stato di fatto. La rete interna a tali siti sarà principalmente costituita da canalette in terra a cielo aperto.

Tabella 6-2 Superficie scolante dei bacini di drenaggio interni all'impianto

ID BACINO DI DRENAGGIO INTERNO	AREA [MQ]
1	16 134
2	221 196
3	20 414
4	117 381
5	52 826
6	52 232
7	40 348
8	62 667

Tabella 6-3 Superficie scolante dei bacini di alimentazione esterni all'impianto

ID BACINO DI DRENAGGIO ESTERNO	AREA [MQ]
A	19 682
B	10 154

## 6.5 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA)

La determinazione della pioggia efficace, ovvero della porzione di volume della precipitazione che contribuisce effettivamente alla formazione dell'onda di piena è stata eseguita applicando il "metodo percentuale".

Questo metodo ipotizza che le perdite costituiscano una percentuale costante della quantità di pioggia durante l'evento.

Si considera il coefficiente di deflusso  $\varphi$ , caratteristico dell'evento nella sua totalità, come rapporto tra il volume di precipitazione netta ( $P_{netta}$ ) e il volume di precipitazione totale ( $P$ ):

$$\varphi = \frac{P_{netta}}{P}$$

Al fine dell'ottenimento dello ietogramma di pioggia netta, la pioggia sintetica "di progetto" viene moltiplicata per il parametro  $\varphi$ , ammettendosi così che i fenomeni di infiltrazione e perdita idrica siano costanti durante tutta la durata dell'evento piovoso.

### 6.5.1 Valutazione ante – operam

Come descritto in precedenza, l'area di progetto si sviluppa su aree ad uso agricolo, in particolare da seminativi semplici quali in grano in rotazione con ortaggi.

L'assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana ha rilasciato la carta dei valori del Curve Number (CN), da cui è stato ricavato il valore di progetto assunto pari a **76** (Figura 6-9).

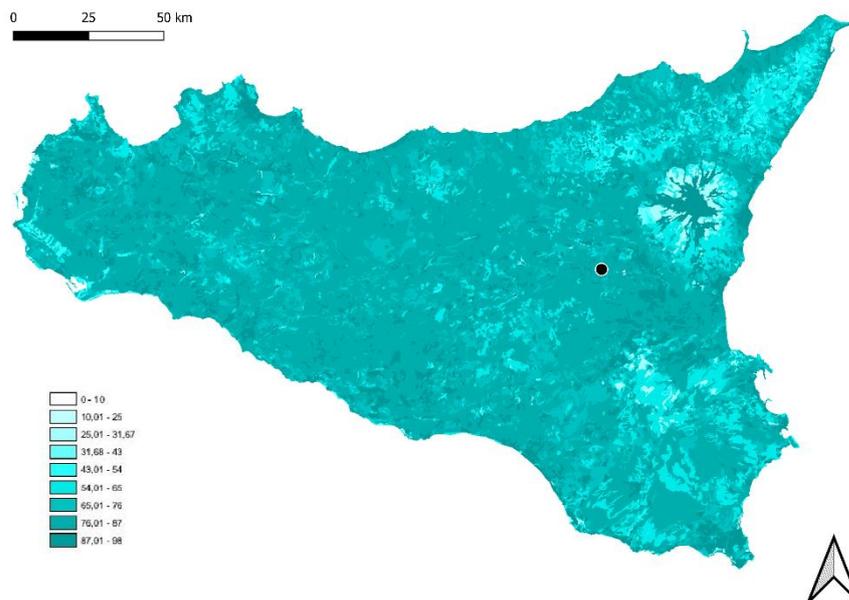


Figura 6-9 Carta dei valori di CN e ubicazione dell'area di progetto (in nero)

Si assume che il valore di CN possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibimento all'atto della piena. Lo stato di imbibimento viene espresso, in modo quali-quantitativo, in base ad un indice di pioggia, ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena.

A seconda di tale valore, vengono identificate le tre classi AMC I, II, III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito.

Il valore di CN mappato in Figura 6-9 rappresenta il valore di AMC II, ma a vantaggio di sicurezza nelle successive fasi di calcolo sarà considerato un valore di AMC III derivabile grazie alla seguente equazione:

$$CN (III) = \frac{23 CN (II)}{10 + 0.13 CN (II)}$$

Il valore derivato di CN nell'ipotesi di AMC III è **88**.

Nelle figure di seguito si riportano i grafici relativi alla correzione CN/coefficiente di deflusso ad altezza di precipitazione fissata e il grafico di correlazione tra altezza di precipitazione e coefficiente di deflusso a CN fissato.

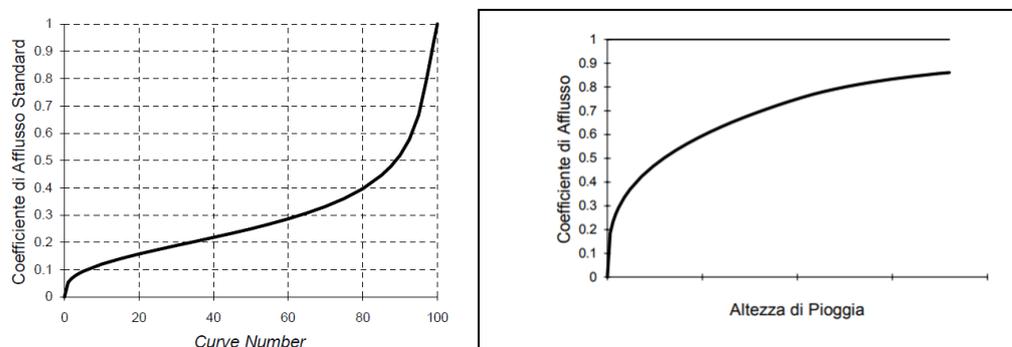


Figura 6-10 Correlazioni da letteratura SCS-CN vs. coeff. afflusso/deflusso e coeff. Afflusso/altezza di pioggia

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro  $\phi$  è stato quindi assunto pari a **0.60**.

### 6.5.2 Valutazione post – operam

In merito alle aree prevalentemente permeabili è stato valutato l’impatto dell’installazioni di strutture tracker.

L’interasse tra le strutture sarà di circa 6.5 metri. L’altezza in mezzera della struttura sarà di circa 1.8 metri (rispetto al piano campagna). I tracker non avranno una configurazione fissa ma oscilleranno durante le fasi del giorno. Il tracker si posizionerà stabilmente con un tilt prossimo allo zero solo in condizioni di messa in sicurezza in occasione di velocità del vento superiore alla soglia limite.

Si ritiene che durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto, la capacità di infiltrazione, così come le caratteristiche di permeabilità del terreno, delle aree di intervento non siano modificate dall’installazione delle strutture tracker.

Un’assunzione analoga può essere espressa in relazione alle platee di appoggio delle cabine elettriche che avranno un’area trascurabile rispetto all’intera estensione dell’area.

Quindi si ritiene rispettata l’invarianza idraulica ed idrologica del progetto.

Ciononostante, volendo cautelativamente ipotizzare una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche durante lo scenario peggiore non ordinario, si è valutata arealmente l’incidenza e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle eventuali acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili.

Tale valutazione è stata condotta sulla base di precedenti studi internazionali (rif. “Hydrologic response of solar farm”, Cook, Lauren, Richard – 2013 – American Society of Civil Engineers) improntati su un modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico di impianto come costituito da un’area di installazione pannelli e una di interfila.

L’area di interfila presenta una capacità di infiltrazione non influenzata.

Il modello schematizza l’area interessata dalla struttura come composta al 50% da una sezione “wet” con capacità di infiltrazione non influenzata e collegata alla precedente area di interfila e una sezione “dry” che si assume a favore di sicurezza come non soggetta ad infiltrazione diretta e quindi con coefficiente di deflusso pari a 1. Lo schema è visibile nella figura seguente.



Figura 6-11 Modulo tipo, descrivente il modello concettuale idrologico dell’installazione di strutture fotovoltaiche a tracker su pali infissi comprendente l’area pannello (in rosso) e l’area di interfila (fonte: Hydrologic response of solar farm Cook 2013 American Society of Civil Engineers).

Come descritto la proiezione dei tracker a terra non risulterà fissa in quanto la struttura varierà il tilt durante le fasi della giornata. Volendo comunque assumere la condizione più sfavorevole di evento intenso di progetto in occasione del tilt della struttura pari a zero si ottiene un’area dry pari al 50% dell’area utile di installazione dei pannelli.

Nel calcolo della pioggia netta è stato quindi calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale sulla base delle precedenti assunzioni.

Si sottolinea che durante piogge annuali/ordinarie, considerata la rotazione dei tracker e la loro altezza, il regime di infiltrazione naturale risulterà immutato rispetto all'ante-operam.

Tabella 6-4 Aree scolanti e caratteristiche di infiltrazione negli scenari ante/post operam

STATO DI FATTO	AREA [HA]	AREA MODULI [HA]	PERCENTUALE DEI MODULI SULL'AREA NETTA INSTALLAZIONE E DI PANNELLI	AREA DRY STIMATA CON TILT PARI A 0° [HA]	PERCENTUALE AREA AVENTE EFFETTO POTENZIALMENTE DRY	COEF. DI DEFLUSSO ANTE-OPERAM ASSUNTO	COEFF. DI DEFLUSSO POST-OPERAM STIMATO
coltivato	63.6	169 259	0.27	8.46	0.13	0.60	0.65

Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolate le portate al colmo durante l'evento intenso di progetto negli scenari ante-operam e post-operam, valutando inoltre la capacità idraulica dei canali esistenti in progetto.

## 6.6 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST-OPERAM RISPETTO ALL'INVARIANZA IDRAULICA

Per calcolare le portate di scolo dei bacini imbriferi costituiti dai singoli settori in cui è prevista la posa delle strutture fotovoltaiche, si è determinato per ognuno di essi l'evento critico, cioè l'evento meteorico che produce la massima portata al colmo (portata critica). A tal fine si è adottato il modello cinematico (o della corrivazione).

Ipotizzando che la precipitazione sia a intensità costante che la curva area tempi del bacino sia lineare, la durata critica coincide con il tempo di corrivazione del bacino e la portata critica (portata di progetto) è data dall'espressione:

$$Q_p = \varphi \frac{i(T, t_c) A}{360}$$

Dove:

- $Q_p$ : portata critica (netta) [m<sup>3</sup>/s];
- $\varphi$ : coefficiente di deflusso, mediante il quale si tiene conto delle perdite per infiltrazione e detenzione superficiale [adimensionale];
- $i(T, t_c)$ : intensità media della precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione del bacino  $t_c$  espresso in minuti ed avente un tempo di ritorno  $T$  espresso in anni [mm/h];
- $A$ : superficie del bacino [ha];

Il valore del tempo di corrivazione è stato calcolato come somma del tempo di entrata in rete più il tempo di rete. I bacini scolanti sono riportati nella figura seguente.

Lo scenario post operam presenta immutato regime di infiltrazione. Considerando lo scenario peggiore, come mostrato in tabxxxx, lo stato post-operam mostra un incremento del coefficiente di deflusso pari a circa l'8% rispetto allo stato ante-operam per i bacini scolanti interni all'area di progetto (nel caso dello scenario più critico di terreno saturo e posizione dei tracker orizzontale).

Dal confronto ante-operam/ post-operam emerge che l'aumento delle portate al colmo sarà compatibile con la rete di drenaggio esistente e con le portate attualmente scolanti.

*Tabella 6-5 Determinazione delle portate di progetto con tempo di ritorno 30 anni nello scenario ante e post operam per i bacini interni all'area di progetto*

BACINO	1	2	3	4	5	6	7	8
S [ha]	1.61	22.12	2.04	11.74	5.28	5.22	4.03	6.27
L <sub>asta</sub> [m]	152	750	283	385	249	350	170	360
t <sub>c</sub> [h]	0.28	0.40	0.31	0.33	0.30	0.32	0.28	0.32
K <sub>t</sub> [-]	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94	3.94
h (60) [mm]	90.6	90.6	90.6	90.6	90.6	90.6	90.6	90.6
h(t) [mm]	55.3	63.5	57.4	58.8	56.9	58.3	55.7	58.4
i [mm/h]	198.72	159.3	187.4	180.1	189.9	182.5	196.3	181.8
Coeff. deflusso ante-operam	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Coeff. deflusso post-operam	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
<b>Portata al colmo ante-operam Q<sub>cr</sub> [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>0.53</b>	<b>5.87</b>	<b>0.64</b>	<b>3.52</b>	<b>1.67</b>	<b>1.59</b>	<b>1.32</b>	<b>1.90</b>
<b>Portata al colmo post-operam Q<sub>cr</sub> [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>0.58</b>	<b>6.39</b>	<b>0.69</b>	<b>3.84</b>	<b>1.82</b>	<b>1.73</b>	<b>1.44</b>	<b>2.07</b>

*Tabella 6-6 Determinazione delle portate di progetto con tempo di ritorno 2 anni nello scenario ante e post operam per i bacini esterni all'area di progetto*

BACINO	A	B
S [ha]	1.02	1.97
L <sub>asta</sub> [m]	207	150
t <sub>c</sub> [h]	0.29	0.28
K <sub>t</sub> [-]	1.20	1.20
h (60) [mm]	27.6	27.6
h(t) [mm]	17.1	16.8
i [mm/h]	59	61



Coeff. deflusso ante-operam	0.60	0.60
Coeff. deflusso post-operam	0.60	0.60
<b>Portata al colmo ante-operam <math>Q_{cr}</math> [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>0.60</b>	<b>0.60</b>
<b>Portata al colmo post-operam <math>Q_{cr}</math> [m<sup>3</sup>/s]</b>	<b>0.60</b>	<b>0.60</b>

Analizzando i risultati ottenuti si ritiene che quanto prescritto in merito alla verifica di rispetto del principio di invarianza idraulica ai sensi del D.D.G. 102/2021 sia soddisfatto. Le condizioni di permeabilità naturali dell'area di intervento vengono pressoché mantenute, con un lieve incremento del coefficiente di deflusso che conseguentemente non genera un aumento rilevante delle portate stimate nelle condizioni post-operam.

## 7 VERIFICHE E DIMENSIONAMENTO IDRAULICI

Le opere di mitigazione si inseriscono nel progetto più articolato del sistema di regimazione idraulica del sito di intervento.

In particolare, in contrapposizione al classico approccio di drenaggio delle acque meteoriche, in cui il principale obiettivo è l'allontanamento delle acque del sito, nel presente progetto si sono utilizzate tecniche di progettazione a basso impatto.

La scelta dei sistemi di drenaggio sostenibili porterà al raggiungimento di più obiettivi:

- diminuzione del carico di acque meteoriche smaltite nei vari corsi idrici, per lo smaltimento tramite infiltrazione;
- realizzazione di infrastrutture verdi a vantaggio di quelle grigie;
- rallentamento e riduzione del picco di piena durante piogge intense;
- realizzazione di interventi che favoriscano i fenomeni di infiltrazione e ritenzione;
- contrastare i processi di erosione.

Il presente progetto ha mirato all'utilizzo di:

- fossi di scolo a terra;
- protezione della rete idrografica principale;
- opere di dissipazione con depressione al fine di rallentare le acque e favorire infiltrazione.

### 7.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Attraverso l'analisi TauDEM rielaborata in ambiente GIS (come descritto nel paragrafo 6.4) è stato identificato il reticolo idrografico naturale interno ed esterno al sito caratterizzato da corsi preferenziali che non presentano un alveo ben definito, ma una via preferenziale di deflusso.

Alcuni di questi ricadono all'interno dell'area di progetto, di conseguenza la loro pericolosità è stata valutata e nel caso sono state identificate soluzioni di gestione.

Il progetto ha previsto una sistemazione del drenaggio oggi non identificata al fine di indirizzare e distribuire le portate con similitudine rispetto all'ante-operam.

La rete è costituita da canalette di forma trapezia scavate nel terreno naturale e rinverdate spontaneamente.

Tali canalette consentono di raccogliere gradualmente il deflusso e di dirigerlo all'esterno dell'area del sito con punti di scarico, dove sarà costituita un'area di dissipazione con protezioni di riprap.

Nel presente paragrafo sono dettagliate le verifiche idrauliche di moto uniforme per il dimensionamento dei canali e delle canalette di drenaggio dei diversi settori dell'impianto.

La capacità di convogliamento della sezione idraulica è stata calcolata attraverso una verifica idraulica in regime di moto uniforme, secondo la normale prassi progettuale, utilizzando la nota formula di Chezy con il coefficiente di scabrezza di Manning (parametro che si usa nello studio dei flussi dei canali e che varia rispetto alla natura della superficie di riferimento):

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

Dove:

- $Q$  : portata di riferimento [ $m^3/s$ ];
- $A$  : area della sezione bagnata [ $m^2$ ];
- $R$  : raggio idraulico [ $m$ ] (rapporto tra l'area bagnata ed il corrispondente perimetro bagnato della sezione);
- $i$  : pendenza dell'alveo [ $m/m$ ];
- $n$  : coefficiente di scabrezza di Manning [ $s/m^{1/3}$ ].

In corrispondenza delle intersezioni con la viabilità si sono previsti dei tratti interrati composti da scatolari in c.a. carrabili o da tubazioni in HDPE carrabili.

Lo scopo delle canalette e dei condotti interrati è quello di permettere il deflusso dell'intera portata di progetto, relativa ad un tempo di ritorno di 30 anni.

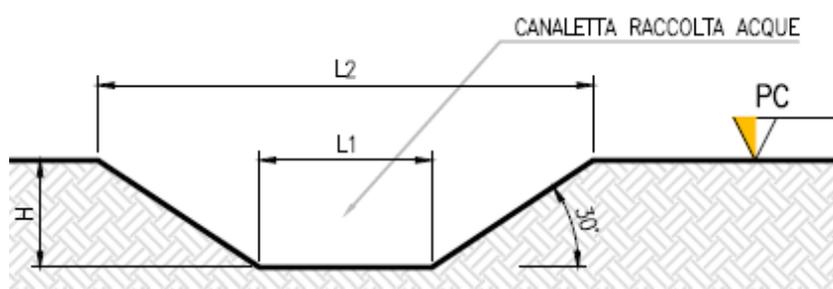


Figura 7-1 Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo

In fase progettuale sarà valutata la possibilità di inserire dei salti di fondo con materiale di riporto lungo le canalette. Tali elementi consentiranno la dissipazione di energia, dunque il rallentamento delle velocità nel caso in cui il flusso d'acqua lungo le canalette più estese raggiungesse velocità elevate.

In sito, allo stato di fatto, sono già presenti canali rinverditati per la regimazione delle acque, soprattutto nella porzione più a monte del sito.

Durante la Fase Esecutiva e unitamente al proprietario dell'area saranno apprese le attuali gestioni delle acque e pratiche agricole stagionali al fine di integrarle nel progetto costruttivo dei drenaggi.

L'ubicazione planimetrica delle canalizzazioni è illustrata nell'Allegato 01.

## 7.2 SISTEMA DI PROTEZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

Durante lo studio dell'area di progetto sono state identificate due aree esterne di alimentazione dei bacini interni localizzate idrologicamente a monte dei campi C e D, identificati rispettivamente come bacini esterni A e B.

In quelle zone nel corso della realizzazione delle canalette e della recinzione, è previsto l'uso del terreno di scavo per la formazione di un piccolo arginello al fine di proteggere l'area di progetto da eventuali deflussi superficiali esterni.

Si prevede il raggiungimento di un'altezza pari a 0.4 m lungo tutte le zone individuate planimetricamente nell'allegato 1. L'arginello consentirà il rallentamento e la deviazione dei flussi e favorirà la naturale infiltrazione.

### 7.3 SISTEMA PER IL SUPERAMENTO DELLE INTERFERENZE CON LA VIABILITÀ INTERNA

Ognuna delle intersezioni con la viabilità perimetrale dei campi prevede un passaggio sotto la strada tramite tubazioni di diametro nominale 400 mm a valle della quale è prevista la realizzazione di un'area di dissipazione realizzata tramite ciottoli intasati della lunghezza di 1.5 metri.

La localizzazione di tali condotte viene individuata in planimetria nell'allegato 1.

### 7.4 SISTEMA DI INFILTRAZIONE E LAMINAZIONE NELL'AREA DI INTERVENTO

Si prevede il dimensionamento in fase esecutiva di opere di infiltrazione di tipo "vasca di laminazione ed infiltrazione".

Tali opere consistono in aree rinverdate e depresse con tiranti idrici episodici massimi di 1.2 m.

Le opere a verde di questo tipo consentono il riuso del terreno in sito e favoriscono la crescita spontanea mantenuta di essenze vegetali.

Questa tipologia di sistemi di drenaggio sostenibile (SuDS) sono generalmente realizzati con forme differenti in funzione dell'estensione del bacino afferente e degli aspetti paesaggistico/architettonici.

Oltre ai vantaggi in materia idraulica già descritti precedentemente, l'inserimento di queste opere consentirà anche:

- incremento della biodiversità;
- discrete rese di bioremediation soprattutto dovute a meccanismi di infiltrazione e adsorbimento;
- ridotta necessità di manutenzione.

Di seguito si riportano alcune immagini esemplificative dell'opera in progetto.

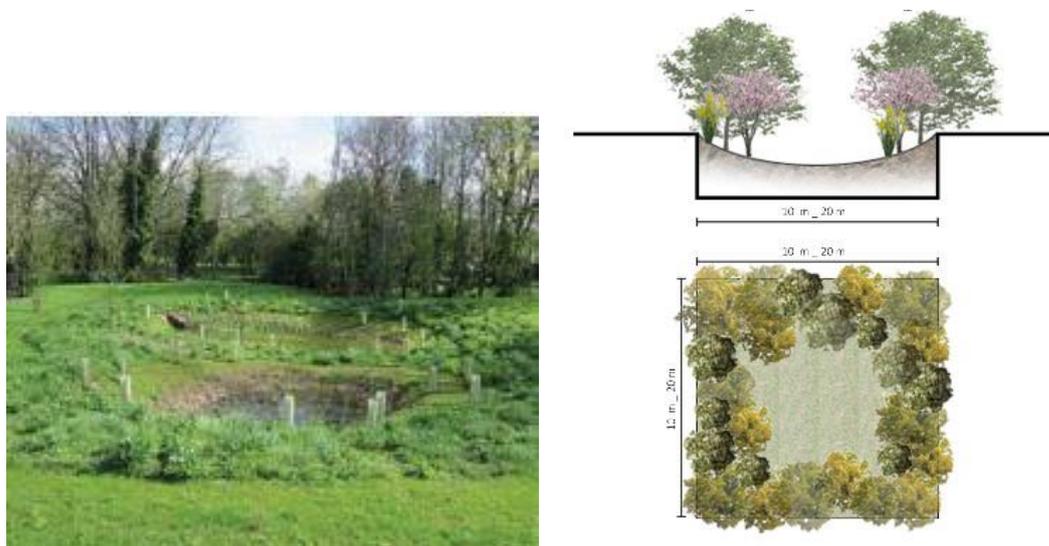


Figura 7-2 Immagini esemplificative di bacini di infiltrazione

Sono state previste vasche di laminazione di tipologia **5m x 5m**, tutti con profondità dello strato drenanti fino a circa **1.2 m**.

Considerando le caratteristiche litologiche di cui al paragrafo 3.3, si è proceduto alla verifica della capacità di assorbimento del terreno assumendo un valore di permeabilità cautelativo pari a **1\*10<sup>4</sup> m/s**

(ipotizzando la realizzazione dei sistemi di infiltrazione nella piana alluvionale posta più a valle evitando i sostrati argillosi di monte che richiederebbero delle maggiori volumetrie di accumulo).

Gli esatti valori di permeabilità del substrato e la soggiacenza della falda andranno in ogni caso verificati in sede esecutiva.

Il dimensionamento è stato condotto secondo le linee progettuali de “Sistemi di Fognatura Manuale di Progettazione – HOEPLI” sulla base della legge di Darcy.

$$Q_f = K J A$$

Dove:

- $Q_f$  : portata di infiltrazione [m<sup>3</sup>/s];
- $K$  : coefficiente di permeabilità [m/s];
- $J$  : cadente piezometrica [m/m];
- $A$  : superficie netta di infiltrazione [m<sup>2</sup>].

Al fine di tenere conto che gli strati di terreno in questione si trovano spesso in condizioni insature, è opportuno ridurre del 50% il valore della permeabilità che compare nella legge di Darcy [Sieker, 1984].

Come è possibile osservare dai risultati nella Tabella 7-1, il bacino con dimensioni **5 m x 5 m** di superficie **25 m<sup>2</sup>** è in grado di smaltire circa **0.25 l/s** per metro lineare.

Considerando un'estensione di **5 m**, si conclude che ognuna di queste opere è in grado di disperdere per infiltrazione circa **1.25 l/s**.

Tale valore sarà considerato alla luce delle indagini in sito di permeabilità.

Tabella 7-1 Dimensionamento degli elementi drenanti - vasche 5m x 5m

DETERMINAZIONE DELLA PORTATA INFILTRANTE			
<b>Determinazione portata critica</b>			
$k_{sat}$	1E-04	[m/s]	Permeabilità del mezzo saturo in situ
$D_h$	1,2	[m]	Tirante idrico strato drenante
$B_T$	5	[m]	Larghezza
<b>Calcoli preliminari</b>			
$k_{insat}$	5E-05	[m/s]	Permeabilità del mezzo insaturo
$A_{f,m \text{ lineare}}$	5	[m <sup>2</sup> ]	Superficie drenante da m lineare del bacino
$Q_{f,T}$	0.25	[l/s]	Portata drenata da m lineare del bacino

L'ubicazione planimetrica delle vasche di laminazione e infiltrazione è illustrata nell'Allegato 01.

Le vasche saranno dimensionate per eventi con tempo di ritorno tra 2 e 5 anni.

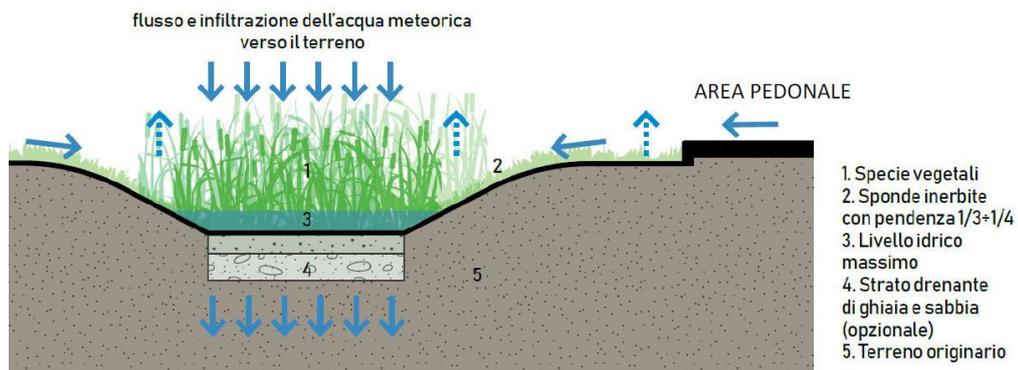


Figura 7-3 Schema tipologico di bacino di bio-ritenzione

## 8 CONCLUSIONE

Lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto fotovoltaico, della linea di connessione e della cabina di consegna ha analizzato le interferenze con le aree di pericolosità idraulica e ha quindi identificato la migliore soluzione e tecnologia per la risoluzione delle stesse.

Si evidenzia che l'approccio utilizzato nello studio ha posto grande attenzione non solo alla mera progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche, ma soprattutto all'integrazione delle opere con lo stato di fatto. Si sono quindi minimizzate le interferenze con l'idrografia esistente, sostituendo l'utilizzo delle tradizionali opere dell'ingegneria civile (infrastrutture grigie) con le infrastrutture verdi, che mitigano gli impatti biofisici delle opere in progetto, riducendo il potenziale rischio idrogeologico, creando benefici ecosistemici e promuovendo gli obiettivi della politica comunitaria.

Questo studio ha messo a confronto lo scenario ante-operam e quello post-operam, analizzando il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione del coefficiente di deflusso e modifiche del deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

In merito allo stato post-operam, si è valutato l'impatto dell'installazione delle strutture tracker mono-assiali e delle strutture fisse.

Vista l'inter-distanza esistente tra le strutture, l'altezza del piano campagna e la mobilità che varierà la copertura del suolo (rendendo quindi non permanente la schermatura), durante un evento intenso con tempi di ritorno pari a quello di progetto non sono previste variazioni critiche della capacità di infiltrazione, così come delle caratteristiche di permeabilità del terreno nelle aree interessate dall'installazione di tracker. Analogamente le platee di appoggio delle cabine avranno un'area trascurabile rispetto all'intera estensione delle aree.

Ciononostante, volendo cautelativamente ipotizzare una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, si è valutata arealmente l'incidenza nell'ipotesi di fissità orizzontale dei tracker e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle eventuali acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili. Tale valutazione è stata condotta sulla base di precedenti studi internazionali (rif. "Hydrologic response of solar farm", Cook, Lauren, Richard – 2013 American society of Civil Engineers) improntati su un modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico tipo di impianto come costituito da un'area di installazione pannelli ed una di interfila.

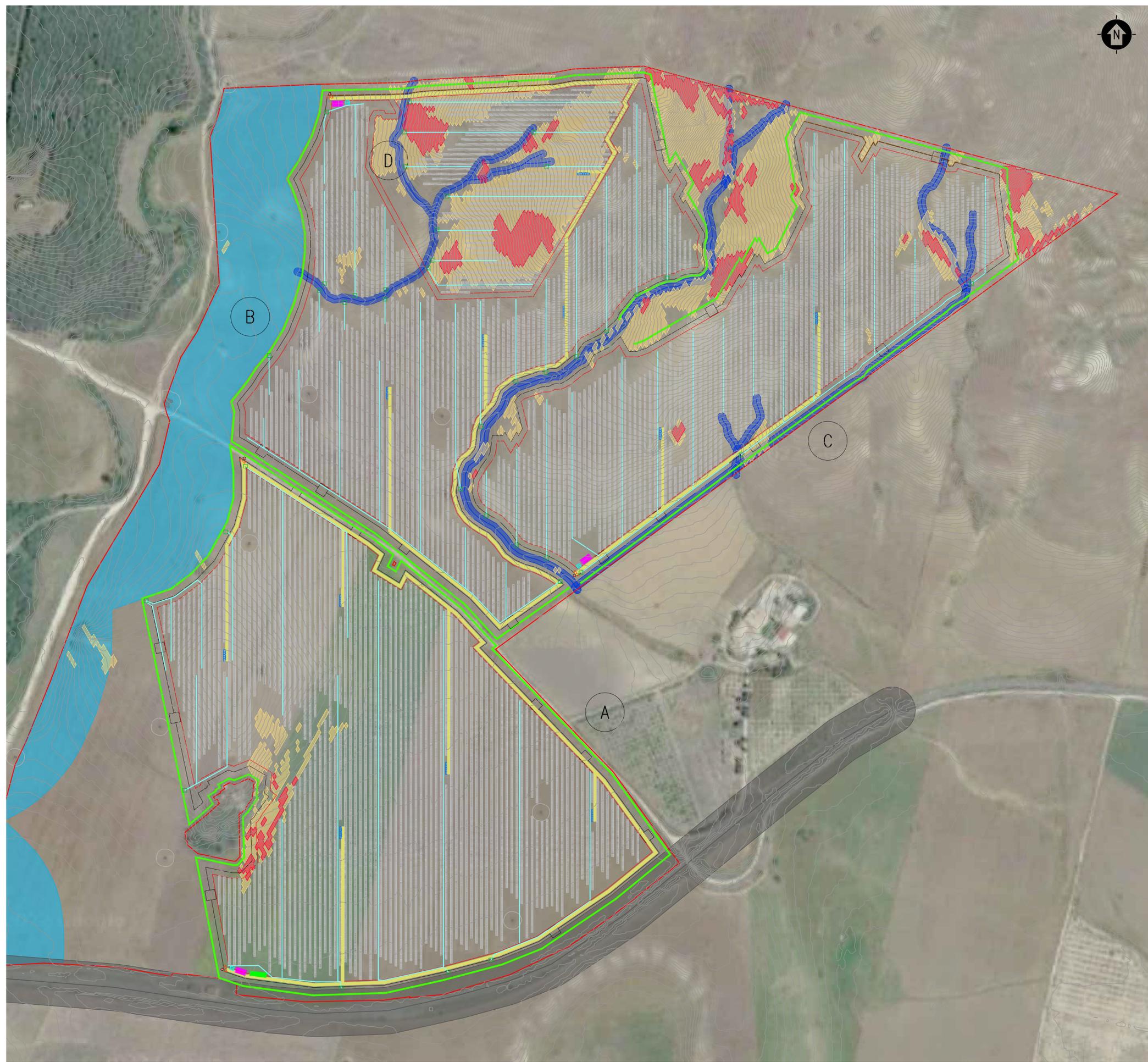
Nelle aree interessate del progetto, durante la fase post-operam, nello scenario più cautelativo, si registrerebbe un incremento dei deflussi totali di circa il 9%.

Tale incremento è mitigato grazie all'adozione di sistemi di drenaggio sostenibili in vasche di laminazione e infiltrazione rinverdite, portando quindi ad uno scenario post operam maggiormente confrontabile con quello ante-operam.

Nel confronto tra la rete di drenaggio naturale dello stato di fatto e di progetto si segnala che si è prevista una rete costituita da fossi in terra non rivestiti, realizzati in corrispondenza degli impluvi naturali esistenti; questi ultimi sono stati identificati sulla base di una simulazione del modello digitale del terreno con estrazione dei sottobacini idrografici e della rete idrografica primaria e secondaria esistente.

Tali scelte consentono di evitare di modificare la rete naturale, senza interferenze nella costruzione della viabilità, nella disposizione dei tracker e delle altre opere di progetto. Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'ingegneria naturalistica. Per alleggerire dal carico idrico la rete come descritto precedentemente sono inserite vasche diffuse di laminazione ed infiltrazione.

La preparazione del sito inoltre non prevede opere su larga scala e scotico, ma solo il taglio vegetazione ove essa impedisca la regolare esecuzione delle attività di costruzione e operatività. La viabilità di cantiere è assunta in materiale drenante.



**LEGENDA**

- AREA TOTALE
- RECINZIONE IN PROGETTO
- VINCOLI E AREE TUTELATE**
- RETICOLO IDROGRAFICO E FASCIA DI RISPETTO
- FILMI E RELATIVA FASCIA DI RISPETTO DI 150 METRI
- POZZI IDRICI
- POZZI IDRICI - FASCIA DI RISPETTO 10 m
- RETE FERROVIARIA - FASCIA DI RISPETTO 30 m
- AREE CON PENDENZA SUPERIORE AL 17%
- AREE CON PENDENZA SUPERIORE AL 25%
- REGIMAZIONE IDRAULICA**
- RETE DI DRENAGGIO
- ARGINELLO IN TERRENO DA RIPORTO
- VASCA DI LAMINAZIONE 5X5
- FASCIA DI RISPETTO INSTALLAZIONE IMPIANTO
- STRUTTURA TRACKER (1x28 MODULI)
- STRUTTURA FISSA (1x28 MODULI)
- VIABILITÀ (LARGHEZZA 4 m)
- FASCIA DI MITIGAZIONE ESTERNO RECINZIONE (LARGHEZZA 10 m)
- DTM REGIONE SICILIA CURVE DI LIVELLO - EQUIDISTANZA 1 m
- CABINATI**
- LOCALE GUARDIANA E CONTROLLO ACCESSI
- MAGAZZINO
- CABINA ELETTRICA DI CAMPO (POWER STATION)
- CABINA DI RACCOLTA

SCALA 1:2500 1 cm = 25 m



REV.	DESCRIZIONE	DESIGN.	RF	LC	DATA
0	-				10/2022

MontanaSpA  
Via Carlo Farini 6  
20145 Milano  
Membro certificato ISO 9001

Tel: +39 02 54138173  
Fax: +39 02 54129860  
www.montanasp.com

PIA 08/02/2008  
Cap. Soc. 600.000.000

Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Sassari

Committente	FLYNIS PV 6 SRL VIA STATUTO 10 20121 MILANO (MI)
Progettisti	ING. LAURA CONTI Iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pavia al n. 1726
Oggetto	IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 35,42 MW COMUNE DI REGALBUTO (EN) PROGETTO DEFINITIVO
Tavola	ALLEGATO_01 GESTIONE ACQUE METEORICHE SUPERFICIALI
N. Rev.	ALLEGATO_01_REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE MI
N. Tav. - Scala 1:2500	

È VIETATA LA RIPRODUZIONE DI QUESTO DOCUMENTO SENZA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA MONTANA SPA