

TITLE: RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

AVAILABLE LANGUAGE: IT

## RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

Progetto di un Impianto Agrivoltaico della potenza complessiva di 63.232,40 kWp e relative opere di connessione alla RTN. Da realizzarsi nei comuni di Roccapalumba (PA) e Vicari (PA)

### "ROCCAPALUMBA"



File: ROC.ENG.REL.010.00\_Relazione idrologica-idraulica.doc

<b>00</b>	<b>11/08/2023</b>	<b>Emissione</b>				F.Chiappetta	L.Spaccino	V. Bretti						
							A.Fata							
<b>REV.</b>	<b>DATE</b>	<b>DESCRIPTION</b>				<b>PREPARED</b>	<b>VERIFIED</b>	<b>APPROVED</b>						
<b>CLIENT VALIDATION</b>														
<i>Name</i>					<i>Discipline</i>					<i>PE</i>				
COLLABORATORS					VERIFIED BY					VALIDATE BY				
<b>CLIENT CODE</b>														
<b>IMP.</b>			<b>GROUP.</b>			<b>TYPE</b>			<b>PROGR.</b>			<b>REV</b>		
<b>R</b>	<b>O</b>	<b>C</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>G</b>	<b>R</b>	<b>E</b>	<b>L</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>CLASSIFICATION</b> For Information or For Validation						<b>UTILIZATION SCOPE</b> Basic Design								
This document is property of Delta Solar S.r.l. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Delta Solar S.r.l.														

**INDICE**

1. PREMESSA .....	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	4
3. ANALISI DEI DATI CARTOGRAFICI DISPONIBILI .....	6
3.1. Quadro conoscitivo .....	6
3.2. Pianificazione assetto idrogeologico (PAI).....	8
3.2.1. Pericolosità e Rischio idraulico.....	9
3.2.2. Pericolosità e Rischio Geomorfologico .....	10
3.3. Piano Gestioni Rischio Alluvioni (PGRA).....	11
3.3.1. Vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. 3267 .....	13
4. CRITERI PROGETTUALI .....	14
5. ANALISI IDROLOGICA.....	15
5.1. Metodologia VA.PI Sicilia .....	15
5.2. Stima degli afflussi nell'area di intervento (Direttiva del Presidente della Regione Siciliana) .....	21
5.3. Confronto Metodologia VA.PI. Con Direttiva Regionale Per La Gestione Organizzativa E Funzionale Del Sistema Di Allerta Per Il Rischio Idrogeologico E Idraulico .....	23
6. ANALISI IDRAULICA .....	24
6.1. Schematizzazione idraulica delle aree di impianto .....	24
6.2. Calcolo dei coefficienti di deflusso Ante Operam .....	25
6.3. Calcolo dei coefficienti di deflusso Post Operam.....	27
6.4. Stima delle portate di progetto Ante Operam e Post Operam .....	29
6.5. Invarianza idraulica .....	44
6.6. Verifica degli impluvi e dei canali esistenti.....	45
6.7. Interventi per il collettamento delle acque pluviali .....	47
6.7.1. Riprofilatura e manutenzione degli impluvi .....	47
6.7.2. Riassetto degli impluvi.....	49
6.7.3. Interventi di regimazione delle acque di pioggia .....	49
7. CONCLUSIONI .....	50

## 1. PREMESSA

Il presente documento costituisce lo studio idrologico-idraulico relativo al progetto un impianto agrivoltaico proposto da Delta Solar S.r.l. da realizzarsi nel comune di Roccapalumba (PA). Piccole porzioni dei lotti interessano il comune di Vicari (PA) mentre un lotto interessa il comune di Lercara Friddi con opere connesse che interessano i comuni di Lercara Friddi (PA) e Castronovo di Sicilia (PA).

In particolare, il presente studio è stato redatto da WSP Italia S.r.l. col fine di valutare il carattere idraulico del territorio e definire gli interventi utili al mantenimento delle condizioni di equilibrio idrogeologico preesistenti, a protezione dell'effetto di dilavamento e nel rispetto del principio dell'invarianza idraulica.

All'interno del presente studio è inclusa anche l'analisi dei dati cartografici e di letteratura disponibili, opportunamente integrati con quanto osservato nel corso delle site visit, il che ha permesso di definire un inquadramento di massima degli aspetti geologico-idrologici dell'area di intervento. Il raffronto con la cartografia vigente è stato effettuato per individuare eventuali vincoli di natura idrologica presenti così da poter considerare tutti i fattori di ipotetico rischio dell'area di studio, in modo da ottenere un completo quadro di valutazione delle possibili cause e condizionamenti sugli interventi da realizzare.

Si è poi analizzato l'assetto idrologico ed idraulico dell'area stimando la portata a colmo ad un tempo di ritorno (nel seguito  $T_R$ ) di 50 anni ed effettuando una verifica in merito alla capacità idraulica degli impluvi e dei canali principali presenti all'interno dell'area, al fine di comprendere se la rete di canali oggi presente consenta il convogliamento delle acque di ruscellamento superficiale. Benché la vita nominale di un impianto fotovoltaico sia di circa 30 anni, lo studio idraulico è stato effettuato per un  $T_R$  pari a 50 anni a scopo cautelativo.

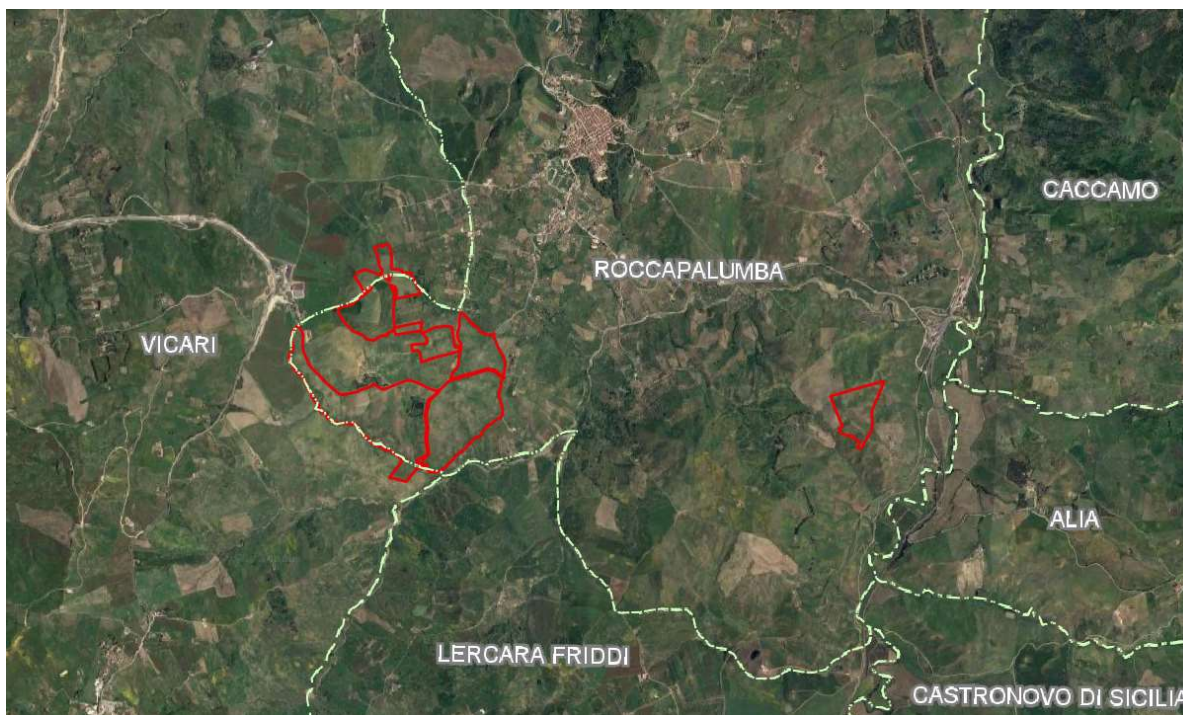
In particolare:

- È stata effettuata un'analisi idrologica per determinare i parametri  $a$  ed  $n$  della curva di possibilità pluviometrica utilizzati successivamente per la valutazione delle portate al colmo di piena, ante e post operam. In particolare, è stato effettuato un confronto tra il '*Progetto VAPI Sicilia*' e la '*Direttiva del Presidente della Regione Siciliana Competenze, struttura organizzativa e procedure di allertamento del Centro Funzionale Decentrato Multirischi Integrato della Regione Siciliana - Settore IDRO*';
- È stato calcolato il coefficiente di deflusso Post-Operam, a partire da quello Ante-Operam attraverso il *modello concettuale idrologico*;
- Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolate le portate al colmo negli scenari ante-operam e post-operam, individuando i bacini di progetto al fine di verificare la rete di drenaggio e la capacità idraulica delle canalette di scolo esistenti;
- Dalle portate Ante e Post Operam è stato possibile verificare i canali esistenti, tenendo in considerazione la portata massima ammissibile di 20 l/s\*ha come riportato nell'Allegato 2 paragrafo 4 del DDG 102/2021 della Regione Sicilia;
- Sono stati previsti dei possibili interventi da effettuare al fine di promuovere il regime idraulico del territorio sede di realizzazione dell'impianto.

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area di progetto è ubicata nel territorio comunale di Roccapalumba, in provincia di Palermo, a circa 2,2 km dal centro abitato. Come anticipato, una porzione dei lotti interessa il comune di Vicari (PA), un lotto interessa il comune di Lercara Friddi mentre le opere connesse interessano sia il comune di Lercara Friddi (PA) che di Castronovo di Sicilia (PA).

L'accesso ai lotti è consentito dalla Strada Statale 121 (SS121) procedendo verso est-ovest e dalla quale si diramano delle strade interne con le quali è possibile raggiungere le aree oggetto dell'intervento.



**Figura 1 - Inquadramento su ortofoto dell'area di impianto (in rosso) rispetto ai limiti comunali (Fonte: Google Earth)**

Per semplicità, nell'individuazione geografica del sito di intervento quest'ultimo è stato suddiviso in due macroaree A1 e A2.

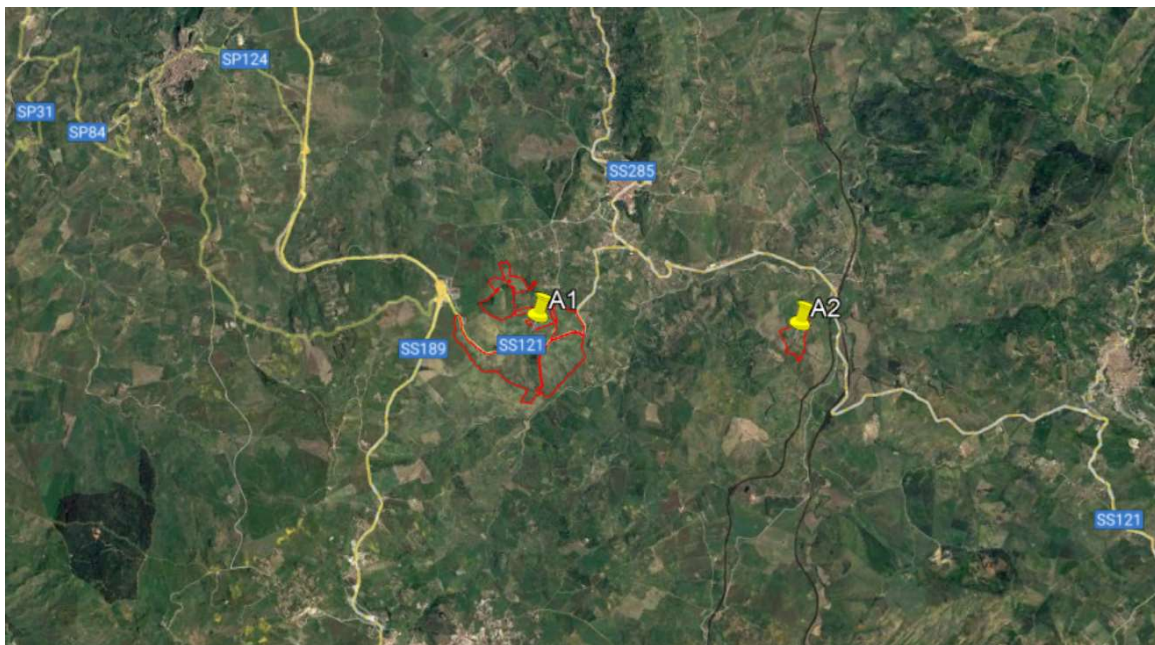


Figura 2 - Ubicazione dell'area di progetto su Google Earth.

Si riportano di seguito alcuni dettagli del sito:

Tabella 1 - Descrizione del sito

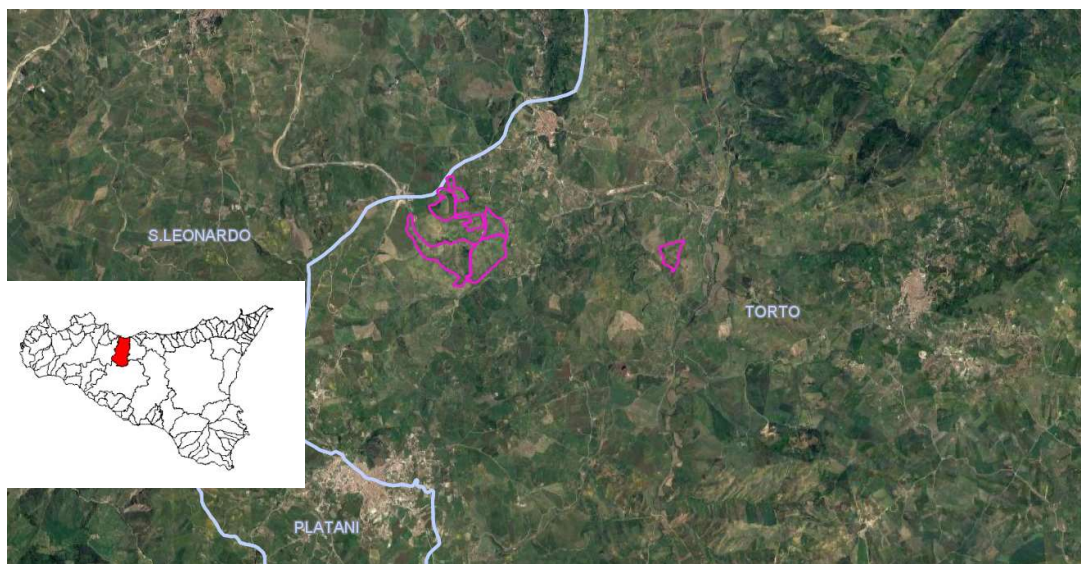
AREA DI IMPIANTO A1	
LATITUDINE	37°79'15" N
LONGITUDINE	13°63'89" E
SUPERFICIE COMPLESSIVA	121 ha
AREA DI IMPIANTO A2	
LATITUDINE	37°79'15"
LONGITUDINE	13°63'89"
SUPERFICIE COMPLESSIVA	13 ha



### 3. ANALISI DEI DATI CARTOGRAFICI DISPONIBILI

#### 3.1. Quadro conoscitivo

L'area di progetto ricade all'interno del bacino drenaggio del Fiume Torto (031), come si evince dalla Figura 3.



**Figura 3 – Inquadramento dell'area di impianto (in magenta) nel Bacino del Fiume Torto (ID-031) (in rosso)**

Il bacino drenaggio del Fiume Torto ricade nel versante settentrionale della Sicilia, sviluppandosi principalmente nei territori comunali della provincia di Palermo e marginalmente nei territori delle province di Agrigento e Caltanissetta. Complessivamente il bacino del Fiume Torto occupa un'area di 423,41 km<sup>2</sup>. Geograficamente il bacino si sviluppa tra i gruppi montuosi delle Madonie ad Est ed i Monti di Termini a Ovest; dal punto di vista idrografico, invece, esso confina con il bacino del Fiume Imera Settentrionale, a sud con il bacino del Fiume Platani, a ovest con il bacino del Fiume San Leonardo.

L'asta principale del fiume, lungo complessivamente circa 57 Km, nel tratto di monte, si sviluppa in direzione est-ovest, parallelamente allo spartiacque meridionale. In questo primo tronco gli affluenti principali sono: il T. Gian Jacopo ed il V.ne Guccia.

Nella zona centrale, fino alla confluenza in sinistra del T. Lisca, il corso d'acqua raccoglie i deflussi del F. S. Filippo e del V.ne Raffo, in sponda sinistra. A valle della confluenza con il T. Lisca, che costituisce il maggiore affluente del F. Torto, il corso d'acqua prosegue fino alla foce raccogliendo i deflussi del V.ne Finantelli e Scarcella, in sponda sinistra, e il Fosso Zimma ed il V.ne Baglio, in sponda destra. Il Fiume Torto ha un regime tipicamente torrentizio, caratterizzato da lunghi periodi di magra, con valore della portata praticamente uguale a zero. In 7 anni di osservazione della stazione idrometrica di località Bivio Cerda, si è registrato un numero massimo di 158 giorni consecutivi a portata nulla, mentre nel 50% degli anni si è raggiunto un numero di 118 giorni.

**Tabella 2 - Scheda Tecnica di Identificazione – Bacino Drenaggio del F. Torto (fonte: Relazione di Bacino del PAI)**

<b>Scheda tecnica di Identificazione Fiume Torto (031)</b>		
<b>Bacino drenaggio principale</b>	<i>Fiume Torto</i>	
<b>Province</b>	<i>Agrigento – Caltanissetta e Palermo</i>	
<b>Versante</b>	<i>Settentrionale</i>	
<b>Recapito del corso d'acqua</b>	<i>Mare Tirreno</i>	
<b>Lunghezza asta principale</b>	<i>57 km</i>	
<b>Affluenti principali</b>	<i>V.ne Gian Iacopo            F. S. Filippo            V.ne di Finatelli            V.ne Guccia            V.ne di Lisca            V.ne Baglio            V.ne Zappalanotte            V.ne Raffo            V.ne Scarcella            V.ne Rocima            Fosso Zimma</i>	
<b>Serbatoi ricadenti nel bacino</b>	<i>Assenti</i>	
<b>Altitudine massima</b>	<i>1326 m s.l.m.</i>	
<b>Superficie totale del bacino idrografico</b>	<i>423,41 km<sup>2</sup></i>	
<b>Territori comunali ricadenti nel bacino</b>	<i>Provincia di Agrigento</i>	<i>Cammarata</i>
	<i>Provincia di Caltanissetta</i>	<i>Vallelunga Pratameno</i>
	<i>Provincia di Palermo</i>	<i>Alia            Aliminusa            Caccamo            Castronovo di Sicilia            Cerda            Lercara Friddi            Montemaggiore Belsito            Roccapalumba Sciara            Sclafani Bagni            Termini Imerese            Valledolmo            Vicari</i>
<b>Centri abitati ricadenti nel bacino</b>	<i>Alia            Aliminusa            Cerda            Montemaggiore Belsito            Roccapalumba            Sciara            Termini Imerese (parzialmente)</i>	

### 3.2. Pianificazione assetto idrogeologico (PAI)

Il "P.A.I." Piano per l'Assetto Idrogeologico è lo strumento di pianificazione territoriale mediante il quale vengono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico nel territorio della Regione Sicilia. Esso è stato redatto dalla L. 365/2000, ha valore di Piano ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni Territoriale di Settore. Il Piano è stato aggiornato con alcune modifiche con il decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 06/05/2021, che ha approvato le "modifiche alla Relazione generale - Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico della Regione siciliana – redatta nel 2004 e Tabella Elementi a rischio". Tale Decreto è stato successivamente pubblicato sulla G.U.R.S. n° 22 del 21/05/2021. In particolare, viene modificato il Capitolo 11 della precedente Relazione Generale riguardante le Norme Tecniche di Attuazione del PAI. Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- **Conoscitiva**, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché la ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- **Normativa e Prescrittiva**, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico ed alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- **Programmatica**, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determinando l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

Il rischio idrogeologico è una grandezza che mette in relazione la pericolosità, intesa come caratteristica di un territorio che lo rende vulnerabile a fenomeni di dissesto (frane, alluvioni, ecc.) e la presenza sul territorio di beni in termine di vite umane e insediamenti urbani, industriali, infrastrutture, beni storici, artistici, ambientali, ecc. Esso è correlato a:

- **Pericolosità (P)**, ovvero la probabilità di accadimento dell'evento calamitoso entro un definito arco temporale, con determinate caratteristiche di magnitudo (intensità);
- **Vulnerabilità (V)**, espressa in una scala variabile da zero (nessun danno) a uno (distruzione totale), intesa come grado di perdita atteso, per un certo elemento, in funzione dell'intensità dell'evento calamitoso considerato;
- **Valore esposto (E)** o esposizione dell'elemento a rischio, espresso dal numero di presenze umane e/o dal valore delle risorse naturali ed economiche che sono esposte ad un determinato pericolo. In termini analitici, il rischio idrogeologico può essere espresso attraverso una matrice funzione dei tre fattori suddetti, ovvero:  $R = R(P, V, E)$ .

Con riferimento al DPCM del 29/09/1998, è possibile definire quattro classi di rischio, secondo la classificazione riportata nella Tabella 3.



**Tabella 3 - Classificazione del rischio (PAI Sicilia)**

<i>Moderato R1</i>	per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali;
<i>Medio R2</i>	per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
<i>Elevato R3</i>	per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
<i>Molto elevato R4</i>	per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale e la distruzione di attività socioeconomiche.

### 3.2.1. Pericolosità e Rischio idraulico

Di seguito viene riportata la sovrapposizione dell'area di impianto con il tematismo PAI – Pericolosità Idraulica e Rischio idraulico.

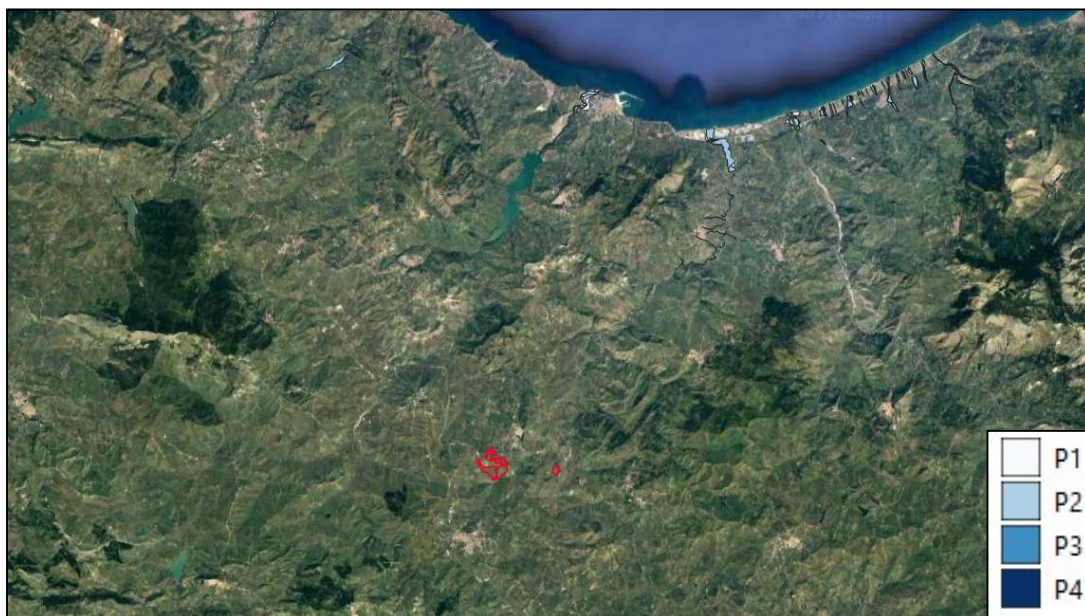


Figura 4 – Inquadramento dell'area di impianto (in rosso) su tematismo PAI-Pericolosità Idraulica (Fonte [P.A.I. - Regione Siciliana](#))



Figura 5 – Inquadramento dell'area di impianto (in rosso) su tematismo PAI-Rischio Idraulico (Fonte [P.A.I. - Regione Siciliana](#))

Come si evince dalla Figura 4 e dalla Figura 5 l'area di impianto non ricade in siti soggetti a pericolosità o rischio idraulico cartografati dal PAI.

### 3.2.2. Pericolosità e Rischio Geomorfologico

Di seguito viene riportata la sovrapposizione dell'area di impianto con il tematismo PAI - Pericolosità geomorfologica e Rischio geomorfologico.

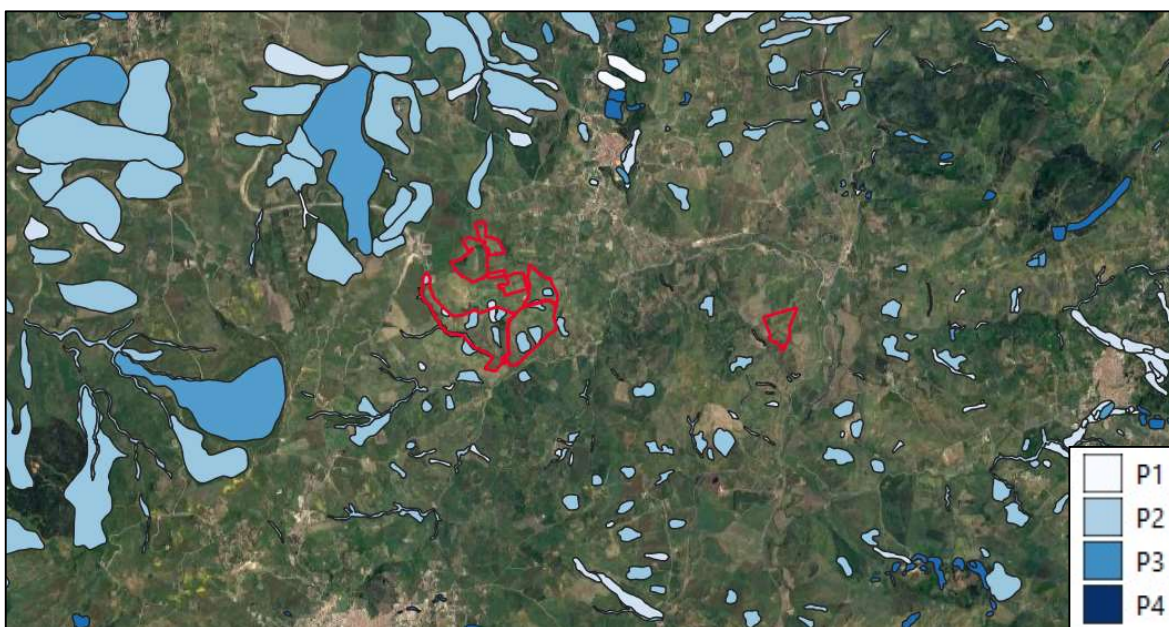


Figura 6 - Inquadramento dell'area di impianto (in rosso) su tematismo PAI-Pericolosità Geomorfologica (Fonte [P.A.I. - Regione Siciliana](#))





Figura 7 – Inquadramento dell'area di impianto (in rosso) su tematismo PAI-Rischio Geomorfologico (Fonte [P.A.I. - Regione Siciliana](#))

Come si evince dalla Figura 6 e dalla Figura 7 l'area di impianto ricade in siti soggetti a pericolosità P1 e rischio geomorfologico con livello di rischio R2 e R3 cartografati dal PAI.

### 3.3. Piano Gestioni Rischio Alluvioni (PGR)

L'art. 7 della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE (Floods Directive – FD) stabilisce che, sulla base delle mappe redatte ai sensi dell'art. 6, gli Stati Membri (Member States –MS) predispongano Piani di Gestione del Rischio di Alluvione (PGR) coordinati a livello di distretto drenaggio (River Basin District – RBD) o unità di gestione (Unit of Management – UoM), per le zone individuate ai sensi dell'art. 5, paragrafo 1 ovvero le aree a potenziale rischio significativo di alluvione (APSR). Gli esiti della Valutazione Preliminare e della redazione delle mappe consentono di disporre di un quadro conoscitivo aggiornato delle caratteristiche di pericolosità e di rischio del territorio. Sulla base di tali elementi informativi occorre definire obiettivi “appropriati” e le misure attraverso le quali tali obiettivi possono essere conseguiti. Gli obiettivi devono essere adeguati alla finalità di riduzione delle potenziali conseguenze negative degli eventi alluvionali sugli elementi esposti, coordinati a livello di bacino drenaggio e devono tener conto delle caratteristiche del bacino stesso.

A seguito della procedura di adozione da parte della Conferenza Istituzionale permanente con delibera n. 05 del 22/12/2021 è stato approvato il 1° aggiornamento del PGR (2021-2027) – 2° ciclo di gestione. Rispetto al I ciclo di gestione, gli elementi integrativi da considerare negli aggiornamenti del piano di gestione sono quelli elencati nella parte B) dell'allegato alla FD:

1. informazioni su eventuali modifiche e aggiornamenti apportati dopo la pubblicazione della versione precedente del PGR, inclusa una sintesi delle revisioni effettuate;
2. la valutazione dei progressi realizzati per raggiungere gli obiettivi di cui all'art. 7 della FD;
3. una descrizione motivata delle eventuali misure previste nella precedente versione del PGR che erano state programmate e non sono state poste in essere;
4. una descrizione di eventuali misure aggiuntive adottate rispetto a quelle previste nella precedente

versione del PGRA.

Inoltre, l'articolo 14 della Direttiva Alluvioni prevede che i PGRA tengano conto del probabile impatto dei cambiamenti climatici sul verificarsi di alluvioni.

Al link [Piano di Gestione del rischio di alluvione - II° Ciclo \(2021-2027\) | Regione Siciliana](#), la Regione Sicilia mette a disposizione:

- Le mappe in formato PDF elaborate nell'ambito del PGRA;
- Gli shape file associati alle mappe indicate nel punto precedente;
- La relazione metodologica relativa al PGRA II ciclo di pianificazione

Tale strumento di Pianificazione, redatto in conformità con il PAI, perimetra ed analizza le aree individuate nel PAI come a rischio e/o pericolosità idraulica in funzione del tempo di ritorno associato ai fenomeni di piena classificandoli in:

- Scarsa probabilità o scenari di eventi estremi: Tr > 200 anni;
- Media probabilità di alluvioni: Tr tra 100 e 200 anni);
- Elevata probabilità di alluvioni: Tr tra 20 e 50 anni.

Di seguito viene riportata la sovrapposizione dell'area di impianto con i siti perimetrati dal PRGA.

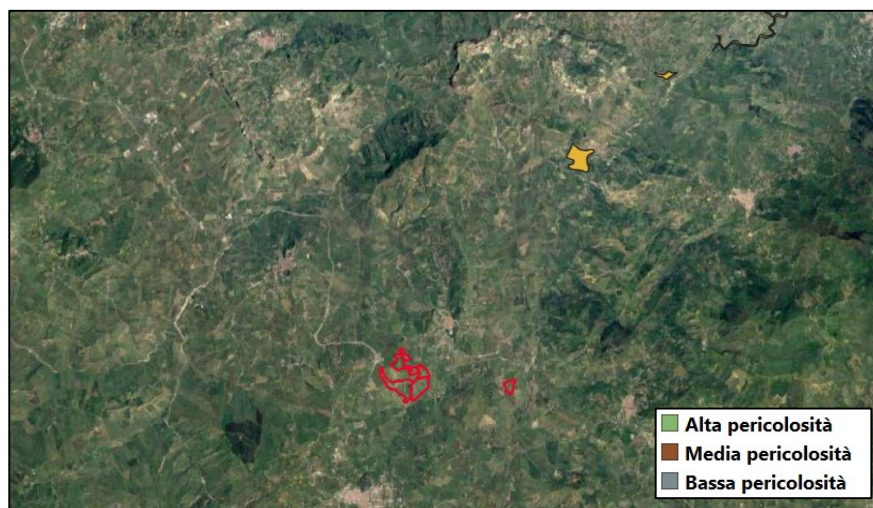


Figura 8 - Inquadramento dell'area di impianto (in rosso) su Rischio Alluvione del PGRA II ciclo (Fonte [Piano di Gestione del rischio di alluvione - II° Ciclo \(2021-2027\) | Regione Siciliana](#)).



Figura 9 - Inquadramento dell'area di impianto (in rosso) su Pericolosità Alluvione del PGRA II ciclo (Fonte [Piano di Gestione del rischio di alluvione - II° Ciclo \(2021-2027\) | Regione Siciliana](#)).



Come rappresentato nelle Figura 8 e nella Figura 9 l'area di impianto non interferisce con siti perimetrati dal PGRA.

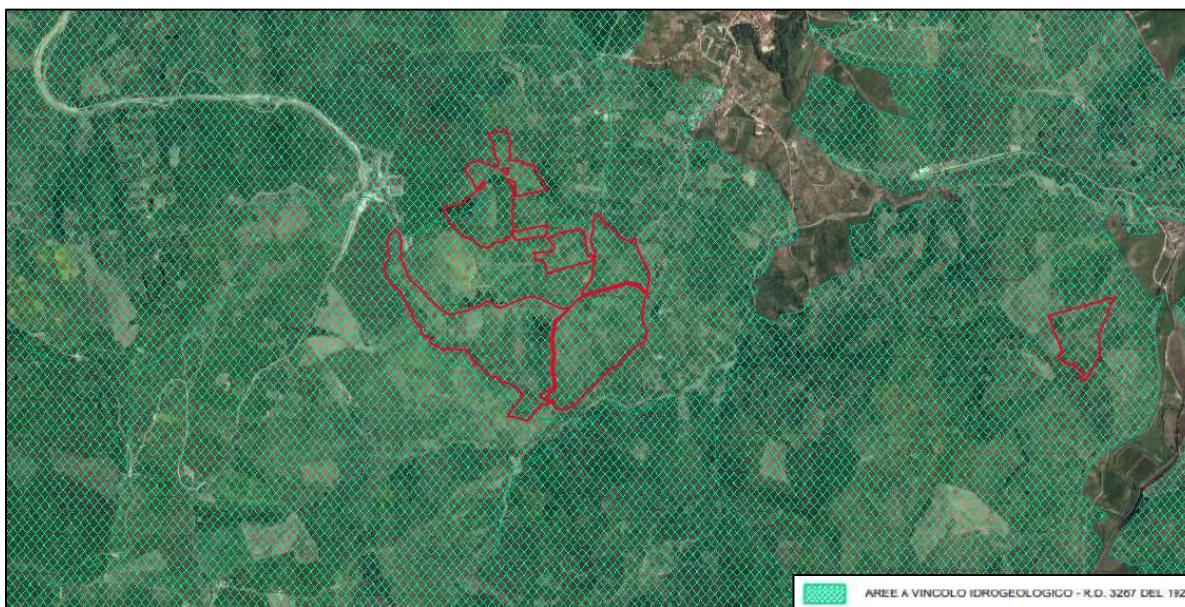
In tabella Tabella 4 è riportato un riassunto dell'analisi dei dati cartografati sopra descritta.

**Tabella 4 – Riassunto dell'analisi dei dati cartografati disponibili**

Presenza di vincoli nell'area di impianto	
Tipologia	Ricadente nell'area di impianto
PAI - Pericolosità idraulica	NO
PAI - Rischio idraulico	NO
PAI – Pericolosità geomorfologica	SI
PAI – Rischio geomorfologico	SI
PRGA - Rischio Alluvione	NO
PRGA - Pericolosità Alluvione	NO

### 3.3.1. Vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. 3267

Le aree di impianto ricadono interamente in territorio soggetto a vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. 3267 del 30/12/1923.



**Figura 10 – Inquadramento delle aree d'impianto (in rosso) su vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. 3267 del 1923 (Fonte: [Servizi WMS - SIF](#))**

Per la realizzazione dell'impianto, dunque, bisogna prevedere il **rilascio di nulla osta e/o autorizzazioni per la realizzazione di opere edilizie, o comunque di movimenti di terra**, che possono essere legati anche ad utilizzazioni boschive e miglioramenti fondiari, richieste da privati o da enti pubblici (come previsto dal decreto del 1923).



Per ogni ulteriore dettaglio riguardo il superamento dei vincoli e le interferenze si rimanda all' elaborato "ROC.ENG.REL.015.00\_SIA-STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE".

#### 4. CRITERI PROGETTUALI

Come già illustrato, l'obiettivo del presente elaborato è quello di definire degli interventi migliorativi complessivamente volti a garantire la sicurezza dell'impianto attraverso il mantenimento di un corretto deflusso delle acque meteoriche, nonché il rispetto del principio dell'invarianza idraulica e, pertanto, delle condizioni di equilibrio idrogeologico preesistenti. Ciò, nell'ottica di minimizzare l'impatto che avrebbe la realizzazione dell'impianto a energia rinnovabile sul carattere idraulico del territorio in cui avrà sede.

Da analisi desktop e dalle attività di sito non risulta la presenza di una rete di smaltimento delle acque meteoriche in nessuna delle aree territoriali di destinazione dell'impianto, mentre, la presenza di corpi idrici recettori naturali all'interno o in loro prossimità è stata rinvenuta solo per alcune di queste.

Vista la presenza di impluvi e di canali naturali, costituiti dalla conformazione orografica del territorio e dalla escavazione provocata dal deflusso superficiale delle acque di pioggia e, inoltre, viste le pendenze dei franchi collinari e l'andamento delle stesse, nel rispetto della struttura idrologica del territorio, si vogliono prediligere tipologie di intervento per il collettamento delle acque meteoriche non invasive, qual'ora la realizzazione di queste ultime si ritenesse necessaria. Altresì, si promuove il mantenimento degli impluvi esistenti, i quali costituiscono delle vie preferenziali delle acque di scorrimento superficiale proprie delle aree di impianto e di quelle provenienti dalle strade limitrofe, convogliate all'interno di essi tramite dei punti di scolo.

Tali approcci vengono adottati anche in riferimento alla tipologia propria dell'intervento. Trattandosi di un impianto agrivoltaico, non verranno realizzate impermeabilizzazioni del terreno ad esso sottostante in quanto verrà lasciata la vegetazione esistente, per cui, le caratteristiche di permeabilità del terreno rimarranno pressochè invariate.

Nel caso in esame, le tipologie di interventi previsti sono i seguenti:

- *Riprofilatura degli impluvi*: regolarizzazione del fondo e delle sponde del profilo della sezione trasversale degli impluvi, realizzando una stabilizzazione della sezione di deflusso nel rispetto delle dimensioni naturali dell'impluvio stesso;
- *Riassetto degli impluvi*: modifica dell'assetto longitudinale degli impluvi rispetto quello attualmente esistente, finalizzato alla riduzione che si verifichino possibili effetti negativi dovuti all'interazione fra gli impluvi stessi e le componenti di impianto.
- *Interventi di regimazione delle acque*: realizzazione di un sistema di canali in terra passanti trasversalmente ai pannelli fotovoltaici, aventi sezione trasversale di tipo trapezoidale con modeste dimensioni, costituenti dei canali di invito per le acque di deflusso superficiale.

## 5. ANALISI IDROLOGICA

Ai fini dell'analisi pluviometrica per la stima delle precipitazioni di assegnato tempo di ritorno si è fatto riferimento alla metodologica VA.PI. Sicilia, relativa a qualsiasi sezione del reticolo drenaggio dei corsi d'acqua della Sicilia. Questa sintesi è stata articolata con riferimento a indagini effettuate nella modellazione dei dati pluviometrici ed idrometrici della regione, contenute nel Rapporto Regionale pubblicato, Valutazione delle Piene in Sicilia [Cannarozzo, D'Asaro e Ferro, 1993].

### 5.1. Metodologia VA.PI Sicilia

#### I° Livello di regionalizzazione

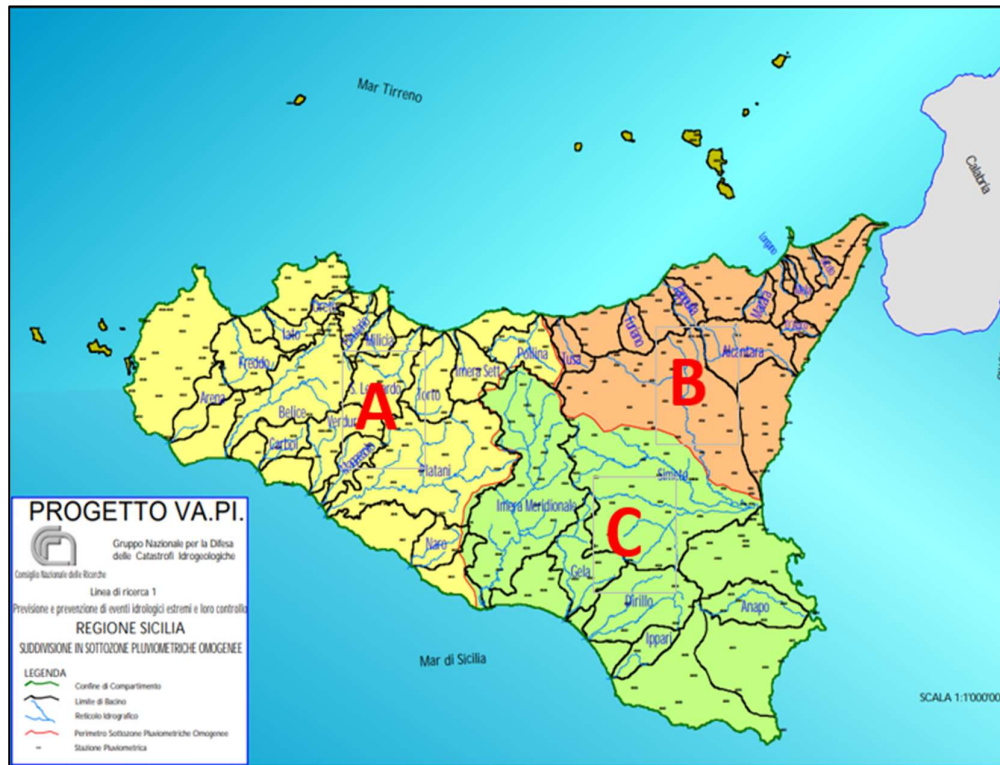
L'applicazione della TCEV effettuata facendo ricorso ai massimi annuali delle altezze di pioggia di fissata durata misurati in stazioni localizzate nel territorio siciliano hanno evidenziato, al primo livello di regionalizzazione, la seguente dipendenza dei parametri  $\Lambda^*$  e  $\theta^*$  dalla durata  $t$ :

$$\theta^* = 1.95 + 0.0284 \cdot t$$

$$\Lambda^* = 0.175 \cdot t^{0.301}$$

#### II° Livello di regionalizzazione

Al secondo livello di regionalizzazione, la Sicilia è suddivisa in tre sottozone A, B e C come riportato nella figura seguente:



**Figura 11 - Suddivisione del territorio regionale nelle 3 classi considerate dal progetto VA.PI**

A ciascuna zona è stato attribuito, per una prefissata durata, un valore costante del parametro  $\lambda_1$ , indicato con il simbolo  $L_1$ , che risulta dipendente dalla durata:

$$\text{Sottozona A } \lambda_1 = 14.55 \cdot t^{0.2419}$$

$$\text{Sottozona B } \lambda_1 = 12.40 \cdot t^{0.1802}$$

$$\text{Sottozona C } \lambda_1 = 11.96 \cdot t^{0.0960}$$

In ciascuna sottozona il parametro risulta anch'esso dipendente dalla durata:

$$\text{Sottozona A } \alpha = 3.5208 \cdot t^{0.1034}$$

$$\text{Sottozona B } \alpha = 3.3536 \cdot t^{0.0945}$$

$$\text{Sottozona C } \alpha = 3.3081 \cdot t^{0.0765}$$

Pertanto, al  $h'_t$  risulta in ciascuna sottozona identicamente distribuita secondo la:

$$P(h'_t) = \exp \left[ -\lambda_1 \left( \exp \left( \frac{\mu}{\mathcal{G}_1} \right) \right)^{-h'_t} - \Lambda_* \lambda_1^{1/\Theta^*} \left( \exp \left( \frac{\mu}{\Theta^* \mathcal{G}_1} \right) \right)^{-h'_t} \right]$$

con i parametri stimati in accordo alle formulazioni delle diverse sottozone.

In ciascuna sottozona, per valori del tempo di ritorno  $Tr \geq 10$  anni, la funzione inversa della  $P(h'_t)$  assume la seguente espressione:

$$h'_{t,Tr} = b_0 + b_1 \cdot \log(Tr)$$

Essendo  $h'_{t,Tr}$  i valori di  $h'_t$  di assegnato tempo di ritorno  $Tr$  e in cui i coefficienti  $b_0$  e  $b_1$  sono dipendenti dalla durata secondo le seguenti relazioni:

L'espressione della curva di probabilità pluviometrica si otterrà moltiplicando la precedente relazione [  $h'_{t,Tr} = b_0 + b_1 \cdot \log(Tr)$  ] con i coefficienti  $b_0$  e  $b_1$  determinati per ciascuna sottozona, per la legge di variazione della media della legge TCEV con la durata, ovvero:

$$h_{t,Tr} = h'_{t,Tr} \cdot \mu(t)$$

In cui  $h_{t,Tr}$  è l'altezza di pioggia di assegnata durata  $t$  e prefissato tempo di ritorno  $Tr$ .

Nel caso in esame, l'area ricade all'interno della sottozona A, come si evince dalla figura seguente:

<b>Sottozona A</b>	$b_0(t) = 0.5391 - 0.001635 \cdot t$
	$b_1(t) = 0.0002121 \cdot t^2 + 0.00117 \cdot t + 0.9966$
<b>Sottozona B</b>	$b_0(t) = 0.5135 - 0.002264 \cdot t$
	$b_1(t) = 0.0001980 \cdot t^2 + 0.00329 \cdot t + 1.0508$
<b>Sottozona C</b>	$b_0(t) = 0.5015 - 0.003516 \cdot t$
	$b_1(t) = 0.0003720 \cdot t^2 + 0.00102 \cdot t + 1.0101$



**Figura 12 - Inquadramento dell'area di intervento (cerchio in rosso) sulla mappa di classificazione del territorio regionale da progetto VA.PI.**

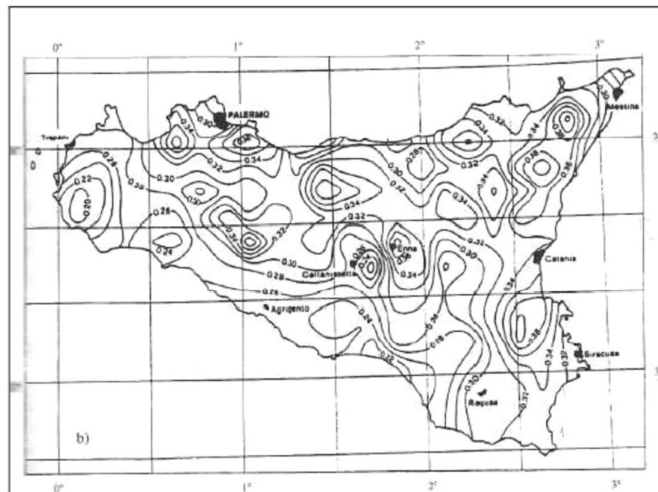
### III° Livello di regionalizzazione

Quest'ultima fase dell'indagine pluviografica aveva come obiettivo quello di individuare un criterio regionale per la stima di  $\mu$  nei siti privi di stazioni di misura o con un numero modesto di anni di osservazione, così da rendere applicabile la formulazione riportata nel paragrafo precedente in qualsiasi punto della regione. Confrontando le medie teoriche  $\mu$  con le medie campionarie  $m_c$  si è riscontrato che, per ciascuna durata, i parametri statistici  $\Lambda_1$  e  $\theta_1$ , possono ritenersi, con buona approssimazione, coincidenti e per ciascuna stazione è stato riconosciuto il seguente legame di potenza:

$$\mu = M_c(t) = a t^n$$

In questo modo è consentito, peraltro, di svincolare il terzo livello di regionalizzazione dalla procedura gerarchica, essendo l'aggiornamento della media campionaria indipendente dalle fasi precedenti.

Questo legame di tipo monomio è stato riconosciuto nelle 172 stazioni pluviografiche siciliane relativamente alle 5 durate di pioggia. Questo risultato consente di definire la curva di possibilità pluviometrica, piuttosto che ricorrendo ai cinque valori della media ( $m_t$  per  $t=1, 3, 6, 12$  e  $24$  ore), con i soli due parametri  $a$  ed  $n$ . Tali parametri sono riportati per ciascuna stazione pluviografica [Cannarozzo, D'Asaro e Ferro, 1993]. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti  $a$  e  $n$  possono essere stimati sulla base della carta delle iso- $a$  e delle iso- $n$ , non essendo stato rilevato né un legame interno tra le due costanti in parola, né una variabilità in funzione dell'altitudine media.



**Figura 13 - Carta iso-a (sopra) e delle iso-n (sotto) della regione Sicilia**

Nella tabella I di "Un modello regionale per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica del territorio siciliano" (M. Cannarozzo, F. D'Asaro e V. Ferro) sono riportati i valori dei parametri  $a$  ed  $n$  delle stazioni pluviometriche siciliane. Se non tabellati, questi parametri sono stati ricavati dalle carte di Figura 13.



L'area di impianto ricade all'interno della stazione di Gioia, ed i parametri di riferimento sono indicati nella tabella seguente:

Cod.	Stazione	Bacino di appartenenza	a	n
1	Monforte S. Giorgio	Niceto	35,9	0,3391
2	Milazzo	tra Muto e Mela	30,3	0,2208
3	Castroreale	Longano	27,4	0,4470
4	Montalbano Elicona	Mazzarrà	26,2	0,4255
5	Tindari	tra Mazzarrà e Timeto	26,5	0,2977
6	S. Piero Patti	Timeto	28,3	0,3369
7	Capo d'Orlando	tra Naso e Zappulla	20,5	0,2934
8	Tortorici	Zappulla	28,4	0,3347
9	Aicara Li Fusi	Rosmarino	23,2	0,3970
10	Sanfratello	Inganno	21,9	0,3723
11	S. Stefano di Camastra	S. Stefano	26,7	0,2560
12	Castelbuono	Pollina	25,6	0,3451
13	Isnello	Pollina	25,0	0,4109
14	Cefalù	Pollina	27,3	0,2827
15	Collesano	Roccella	28,1	0,3880
16	Caltavuturo	Imera Settentrionale	20,4	0,4252
17	Gioia (fattoria)	Torto	20,5	0,3147

Figura 14 - Valori dei parametri  $a$  ed  $n$  delle stazioni pluviometriche siciliane riportati nella tabella I di "Un modello regionale per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica del territorio siciliano" (M. Cannarozzo, F. D'Asaro e V. Ferro). Indicazioni dei parametri  $a$  ed  $n$  della stazione di riferimento di Gioia.

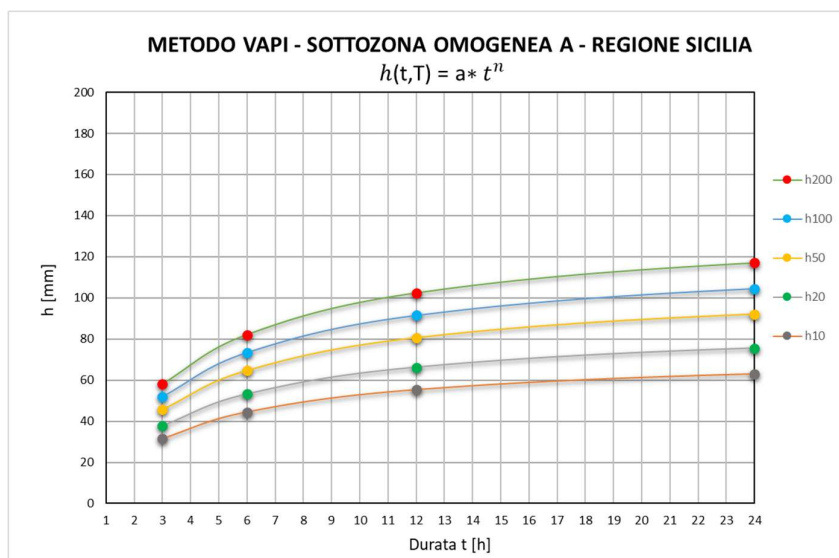
Pertanto, i calcoli delle curve di possibilità pluviometriche saranno effettuati considerando i parametri  $a$ ,  $n$  in riferimento alla stazione pluviometrica di Gioia.

In definitiva, per la sottozona A si ottengono i seguenti risultati:

Curve di possibilità pluviometrica - SOTTOZONA A									
t(ore)	1	3	6	9	12	15	18	21	24
$h_{10}$	31,48	44,43	55,29	63,01	69,36	74,99	80,24	85,29	90,28
$h_{20}$	37,64	53,15	66,20	75,51	83,23	90,12	96,58	102,85	109,06
$h_{50}$	45,78	64,67	80,61	92,04	101,56	110,12	118,19	126,05	133,90
$h_{100}$	51,94	73,39	91,51	104,55	115,43	125,25	134,53	143,61	152,69
$h_{200}$	58,09	82,11	102,42	117,06	129,31	140,38	150,88	161,17	171,48

Tabella 5 - Valori delle altezze di pioggia mediante la metodologia VAPI per la sottozona omogenea A – Regione Sicilia

Di seguito la rappresentazione delle curve di possibilità pluviometriche per i tempi di ritorno (10, 20, 50, 100, 200 anni), per la sottozona omogenea A della Regione Sicilia.



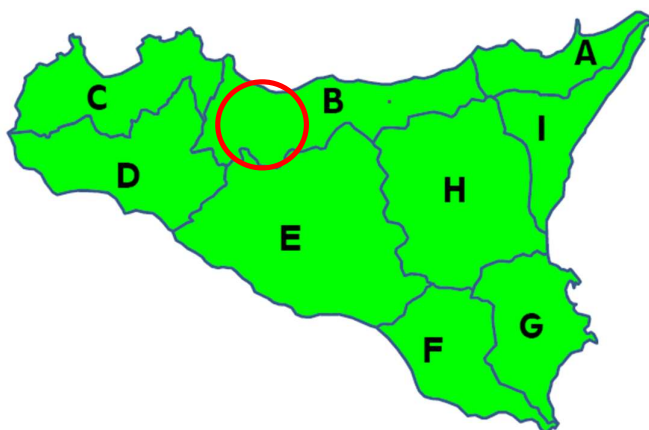
**Grafico 1: Curve di possibilità pluviometriche per la sottozona omogenea A – Regione Sicilia**

Di seguito, per un ulteriore confronto, verrà stimato l'afflusso nell'area di intervento mediante le indicazioni in riferimento alla Direttiva del Presidente della Regione Siciliana Competenze, struttura organizzativa e procedure di allertamento del Centro Funzionale Decentrato Multirischi Integrato della Regione Siciliana - Settore IDRO.

## 5.2. Stima degli afflussi nell'area di intervento (Direttiva del Presidente della Regione Siciliana)

Per l'area in esame si è scelto di utilizzare per il calcolo della precipitazione sull'area di intervento le curve di possibilità pluviometrica utilizzate dalla protezione civile come soglie per l'allertamento. In particolare, nel documento Direttiva del Presidente della Regione Siciliana Competenze, struttura organizzativa e procedure di allertamento del Centro Funzionale Decentrato Multirischi Integrato della Regione Siciliana - Settore IDRO, sono identificate le aree suddivise zone omogenee di allerta e le relative curve di possibilità pluviometrica.

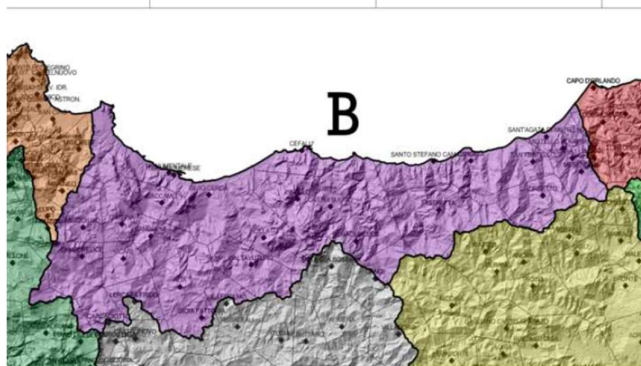
Z.O.A.	Denominazione
A	Nord-Orientale, versante tirrenico e isole Eolie
B	Centro-Settentrionale, versante tirrenico
C	Nord-Occidentale e isole Egadi e Ustica
D	Sud-Occidentale e isola di Pantelleria
E	Centro-Meridionale e isole Pelagie
F	Sud-Orientale, versante Stretto di Sicilia
G	Sud-Orientale, versante ionico
H	Bacino del Fiume Simeto
I	Nord-Orientale, versante ionico



**Figura 15 – Individuazione dell'area di intervento sulle zone omogenee di allerta - Regione Sicilia (Fonte: Direttiva regionale per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allerta per il rischio idrogeologico e idraulico ai fini di protezione civile "Competenze, struttura organizzativa e procedure di allertamento del Centro Funzionale Decentrato Multirischio Integrato della Regione Siciliana - Settore IDRO" (Recepimento Direttiva del Presidente del Consiglio dei ministri 27 febbraio 2004))**

L'area di intervento ricade interamente nella sottozona omogenea di allertamento B.

Le soglie critiche di pioggia sono definite in funzione delle curve segnalatrici di pioggia elaborate dal DRPC-Servizio RIA. Le curve sono state costruite analizzando le altezze di pioggia, pubblicate negli Annali idrologici, registrate nelle stazioni pluviometriche storiche del Servizio Drenaggio Regionale (ora Osservatorio delle Acque) per le quali, di conseguenza, esistono serie significative dal punto di vista statistico. Per riferire i parametri a ciascuna Zona Omogenea di Allerta, sono state calcolate le aree di influenza di ciascuna stazione e quindi le medie pesate di 'a', 'n' e 'Kt' (distribuzione statistica di Gumbel a 2 parametri) della relazione  $h=Kt \cdot a \cdot t^n$  (con h = altezza di pioggia; Kt = fattore di crescita, t= durata; a, n = parametri di regressione).



Valori e curve di probabilità per le soglie pluviometriche areali

Z.O.A.	Tr	durata					
		3 h	6 h	12 h	24 h	48 h	72 h
B	T2	25	33	44	57	74	86
	T5	34	46	60	79	102	117
	T20	46	61	81	106	137	158
	TS0	53	72	95	124	160	184
	T100	59	79	105	137	176	204
	T300	68	91	120	157	203	235

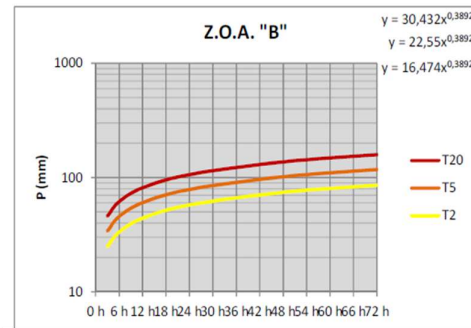


Tabella 6 - Sintesi dei parametri a, n e Kt per le zone omogenee di allerta. (fonte Direttiva regionale per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allerta per il rischio idrogeologico e idraulico ai fini di protezione civile "Competenze, struttura organizzativa e procedure di allertamento del Centro Funzionale Decentrato Multirischio Integrato della Regione Siciliana - Settore IDRO" (Recepimento Direttiva del Presidente del Consiglio dei ministri del 27 febbraio 2004)

Di seguito, per maggior accuratezza sono state riprodotte le altezze di pioggia con i parametri a e n espressi nella direttiva sopra citata, ottenendo le seguenti curve di possibilità pluviometriche:

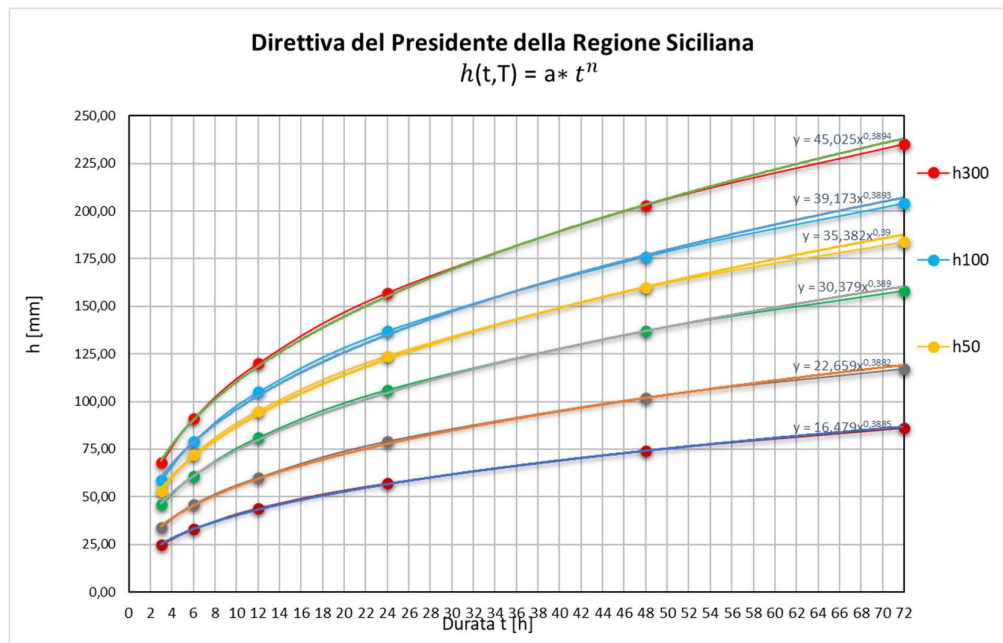


Grafico 2 - Curve di possibilità pluviometrica ottenute dall'applicazione della Direttiva del Presidente della Regione Sicilia

### 5.3. Confronto Metodologia VA.PI. Con Direttiva Regionale Per La Gestione Organizzativa E Funzionale Del Sistema Di Allerta Per Il Rischio Idrogeologico E Idraulico

Si evidenzia che, per quanto riguarda la metodologia VA.PI i risultati ottenuti sono i seguenti:

Curve di possibilità pluviometrica - SOTTOZONA A									
t(ore)	1	3	6	9	12	15	18	21	24
h <sub>10</sub>	31,48	44,43	55,29	63,01	69,36	74,99	80,24	85,29	90,28
h <sub>20</sub>	37,64	53,15	66,20	75,51	83,23	90,12	96,58	102,85	109,06
h <sub>50</sub>	45,78	64,67	80,61	92,04	101,56	110,12	118,19	126,05	133,90
h <sub>100</sub>	51,94	73,39	91,51	104,55	115,43	125,25	134,53	143,61	152,69
h <sub>200</sub>	58,09	82,11	102,42	117,06	129,31	140,38	150,88	161,17	171,48

**Tabella 7 - Valori delle altezze di pioggia mediante la metodologia VAPI per la sottozona omogenea A – Regione Sicilia**

Utilizzando come stazione di riferimento Roccamena:

Invece, per quanto riguarda i valori estrapolati per la zona B facendo capo alla Direttiva regionale per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allerta per il rischio idrogeologico e idraulico ai fini di protezione civile “Competenze, struttura organizzativa e procedure di allertamento del Centro Funzionale Decentrato Multirischio Integrato della Regione Siciliana - Settore IDRO” (Recepimento Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 febbraio 2004, si evidenziano i seguenti risultati:

t (ore)	3	6	12	24	48	72	a	n
h <sub>2</sub>	25	33	44	57	74	86	16,48	0,3885
h <sub>5</sub>	34	46	60	79	102	117	22,66	0,3882
h <sub>20</sub>	46	61	81	106	137	158	30,38	0,3890
h <sub>50</sub>	53	72	95	124	160	184	35,38	0,3900
h <sub>100</sub>	59	79	105	137	176	204	39,17	0,3893
h <sub>300</sub>	68	91	120	157	203	235	45,03	0,3894

**Tabella 8 - Valori delle altezze di pioggia definite dalla Direttiva regionale per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allerta per il rischio idrogeologico e idraulico ai fini di protezione civile “Competenze, struttura organizzativa e procedure di allertamento del Centro Funzionale Decentrato Multirischio Integrato della Regione Siciliana - Settore IDRO**

Pertanto, dal confronto sopra citato si evince che, i valori dei parametri a e n ricavati mediante la Direttiva regionale per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allerta per il rischio idrogeologico e idraulico ai fini di protezione civile “Competenze, struttura organizzativa e procedure di allertamento del Centro Funzionale Decentrato Multirischio Integrato della Regione Siciliana - Settore IDRO (Tabella 8) risultano più elevati rispetto ai valori ricavati mediante la metodologia VA.PI (Tabella 7), pertanto, la loro applicazione all’interno di uno studio idrologico-idraulico permette di ottenere risultati più cautelativi.

Per tale motivo, nei calcoli idraulici descritti di seguito, verranno utilizzati i dati pluviometrici in riferimento alla Direttiva regionale esplicitati nella Tabella 8 nel paragrafo corrente.



## 6. ANALISI IDRAULICA

Al fine di comprendere le modifiche che il carattere idraulico del territorio potrebbe subire a seguito degli interventi di realizzazione dell'impianto agrivoltaico, si determinano i coefficienti di deflusso Ante e Post Operam delle aree di interesse dell'intervento. Questi, verranno poi utilizzati per il calcolo delle portate al colmo di deflusso superficiale dei bacini e sottobacini idrografici costituenti l'area di impianto complessiva.

A vantaggio di sicurezza, i calcoli verranno effettuati in riferimento a un evento pluviometrico con associato tempo di ritorno  $T_R$  pari a 50 anni, superiore alla vita nominale media di un impianto a energia rinnovabile, il quale è circa 30 anni.

### 6.1. Schematizzazione idraulica delle aree di impianto

Ai fini dell'analisi idraulica, le aree territoriali interessate dall'intervento verranno distinte in bacini e sottobacini di deflusso superficiale. Le aree di impianto risultano, quindi, suddivise in bacini di deflusso (Figura 16), alcuni dei quali sono ulteriormente suddivisi in sottobacini di deflusso (Figura 17). Il perimetro dei suddetti sottobacini è stato tracciato sulla base delle curve di livello, il che ha permesso di individuare delle linee spartiacque superficiali.

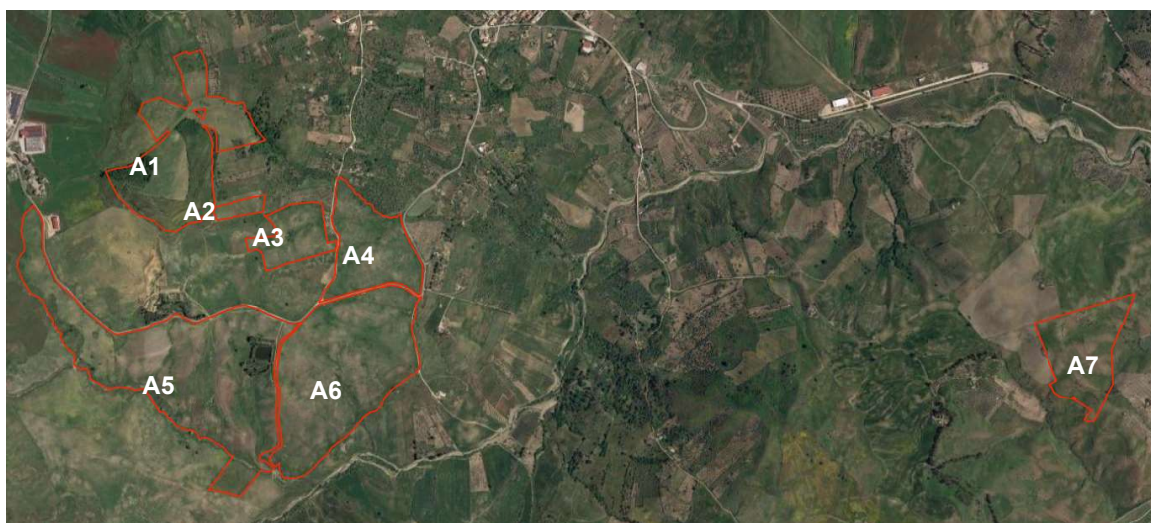


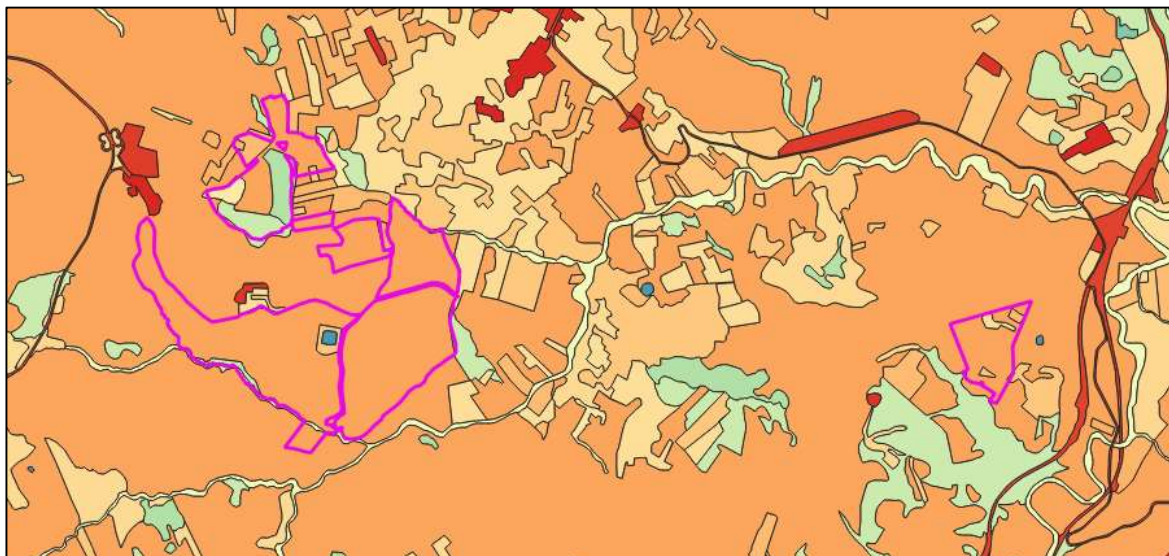
Figura 16 – Inquadramento dei bacini di deflusso superficiale



Figura 17 – Suddivisione dei bacini di deflusso in ulteriori sottobacini di deflusso superciale

## 6.2. Calcolo dei coefficienti di deflusso Ante Operam

Come si evince dalla Carta dell'Uso del Suolo, riportata in Figura 18 l'area di impianto ricade in "Seminativi Semplici e colture erbacee estensive", "Praterie aride calcaree", "Boschi e boscaglie sughera e/o sclerofile mediterranee", "Sistemi culturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli)" e "Pruneti".

**LEGENDA**

151 Siti archeologici	2311 Incolti
21121 Seminativi semplici e colture erbacee estensive	242 Sistemi colturali e particellari complessi (mosaico di appezzamenti agricoli)
21211 Colture ortive in pieno campo	3111 Leccete
321 Aree a pascolo naturale e praterie	31111 Boschi e boscaglie a sughera e/o a sclerofille mediterranee
3211 Praterie aride calcaree	31122 Querceti termofili
3212 Pascoli di pertinenza di malga	31126 Cerrete
	32221 Ginepreti
	32222 Pruneti
	32231 Ginestreti

**Figura 18 - Inquadramento dell'area di impianto (in magenta) su Carta dell'Uso del Suolo.**

(Fonte: [Servizio WMS - Geoportale Nazionale \(minambiente.it\)](http://Servizio WMS - Geoportale Nazionale (minambiente.it)))

In base a tali considerazioni, le aree di intervento possono classificarsi complessivamente come 'Aree permeabili'. Il valore del coefficiente di deflusso delle acque meteoriche al suolo viene assegnato in riferimento a quanto prescritto dalla DDG 102/2021, la quale ha assegnato un valore del coeff. di deflusso per ogni tipologia di superficie, come riportato nella Tabella seguente:

**Tabella 9 – Valori del coeff. di deflusso definiti dalla DDG 102/2021 della Regione Sicilia**

Tipologia di superficie	Coeff. di deflusso
Superfici Impermeabili	1,0
Pavimentazioni Idrografici o Semipermeabili	0,7
Aree permeabili	0,3
Incolto e Uso Agricolo	0,0

Vista la tipologia del suolo, omogenea per bacini e sottobacini di deflusso, si assume un coeff. di deflusso unico Ante Operam pari a 0,3.

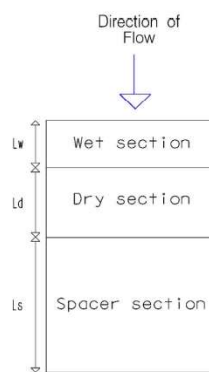
### 6.3. Calcolo dei coefficienti di deflusso Post Operam

Per verificare che sussistano condizioni di invarianza idraulica, in assenza di una metodologia unica per gli impianti fotovoltaici, è stata condotta una valutazione secondo un modello idrologico concettuale che simula la risposta idrologica dei parchi solari, prendendo a riferimento lo studio descritto nel saggio scientifico “Hydrologic response of solar farm” del 2013 di Cook, Lauren, Richard (rif. Cook, L. M., & McCuen, R. H. (2013). Hydrologic response of solar farms. Journal of Hydrologic Engineering, 18(5), 536-541).

Questo modello consente di valutare arealmente l’impatto causato dalla realizzazione di un impianto fotovoltaico sulla capacità di infiltrazione delle acque di ruscellamento superficiale nelle aree interessate dall’intervento.

Il modello schematizza l’impianto come composto da un’area destinata all’installazione delle strutture fotovoltaiche e un’area di separazione delle strutture fotovoltaiche denominata “area interfila” (Spacer section). La prima ha una capacità di infiltrazione che viene influenzata dall’installazione delle strutture fotovoltaiche, mentre la seconda non subisce alterazioni. Si tiene a sottolineare che, nel caso specifico trattandosi di un impianto fotovoltaico, l’area interfila continuerà ad essere interessata da attività agricole di coltivazione e raccolta di piante autoctone e/o storicizzate.

Il modello schematizza l’area destinata all’installazione delle strutture fotovoltaiche come composta da una “sezione bagnata” (Wet section) che non subisce modificazioni ed è collegata alla precedente area interfila (Spacer section) attraverso la “sezione asciutta” (Dry Section) per la quale si assume a scopo cautelativo un coefficiente di deflusso pari ad 1, ovvero si considera la superficie completamente impermeabile. Si riporta di seguito lo schema del modello concettuale idrologico appena discusso.



**Figura 19 - Modello concettuale idrologico di un impianto fotovoltaico (Fonte: Cook, L. M., & McCuen, R. H. (2013). Hydrologic response of solar farms. Journal of Hydrologic Engineering, 18(5), 536-541.)**

Rispetto alle strutture fisse, le strutture tracker assumono diversi gradi di inclinazione, pertanto, la proiezione in pianta non sarà fissa ma varierà durante tutta la giornata in funzione della traiettoria solare.

Volendo assumere la condizione più cautelativa sarà considerata un’area ottenuta sommando le proiezioni in pianta delle strutture fotovoltaiche con angolo di rotazione (tilt) pari a 0°, ovvero quando le strutture hanno la massima proiezione in pianta sul terreno sottostante. Così facendo, in accordo con il modello concettuale è stata assunta una “dry section” pari al 50% dell’area utile di installazione dei pannelli (considerando l’area



occupata per le strutture tracker). Tale assunzione deriva dalla constatazione che essendo strutture mobili, una parte del terreno al di sotto di esse è sempre scoperto.

È stato quindi calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale relativo ad una situazione "Post Operam", dopo la realizzazione dell'impianto agrivoltaico. I valori dei coefficienti di deflusso ottenuti per ciascun bacino drenaggio sono riportati nella Tabella seguente:

**Tabella 10 - Principali parametri di infiltrazione utilizzati e i coefficienti di deflusso ottenuti Post Operam (Modello concettuale idrologico) per associati bacini di deflusso**

Bacini di deflusso	Area di impianto (ha)	$\Phi$ Ante Operam (-)	Area Dry (ha)	$\phi$ Area Dry (-)	$\phi$ Post Operam (-)
A1-1	7,43	0,33	0,46	1	0,33
A1-2	7,02	0,33	0,52	1	0,34
A1-3	2,29	0,33	0,34	1	0,34
A1-4	2,22	0,33	0,27	1	0,36
A1-5	8,52	0,33	0,68	1	0,35
A2	2,37	0,33	0,09	1	0,33
A3	6,78	0,33	0,73	1	0,36
A4	13,44	0,33	1,70	1	0,38
A5-1	32,55	0,33	1,23	1	0,33
A5-2	46,91	0,33	2,87	1	0,34
A6-1	14,20	0,33	1,24	1	0,36
A6-2	42,50	0,33	2,90	1	0,42
A7	12,79	0,33	1,25	1	0,37



#### 6.4. Stima delle portate di progetto Ante Operam e Post Operam

Il metodo razionale è un procedimento particolarmente semplice ed efficace per il calcolo della portata di picco con assegnato tempo di ritorno, valido per bacini di piccola estensione (< 1-2 km<sup>2</sup>). Il metodo razionale si basa sull'uso della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica (CPP) e sulle seguenti ipotesi:

- Isofrequenza: piogge di tempo di ritorno T generano portate al picco di identico tempo di ritorno T;
- a parità di tempo di ritorno T, la portata al colmo maggiore è quella determinata dall'evento di pioggia di durata pari al tempo di corrivazione (che diventa quindi tempo critico);
- la portata al colmo Q determinata da una pioggia di intensità costante e durata  $t_c$  è proporzionale al prodotto dell'intensità di pioggia ragguagliata all'area (A) del bacino, attraverso un coefficiente (C) che comprende l'effetto delle perdite per infiltrazione.

Il calcolo viene effettuato attraverso i seguenti step:

- Calcolo dell'altezza di precipitazione attraverso un assegnato Tempo di ritorno, pari a 50 anni, con la seguente formula:

$$h(t) = a \cdot t^n$$

dove:

- $h(t)$  è l'altezza di pioggia espressa in mm in funzione del tempo;
- $a=35,38$  e  $n=0,39$  sono i parametri caratteristici della stazione pluviometrica, scelti dal confronto tra la 'Metodologia VA.PI' e la 'Direttiva Regionale per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allerta per il rischio idrogeologico e idraulico' della Regione Sicilia;
- $t$  è la durata dell'evento di pioggia, posto pari al tempo di corrivazione, calcolato con la formula di Giandotti:

$$t_c = 24 \cdot 0.045 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{i_{map} \cdot 100}}$$

dove:

- $t_c$  è il tempo di corrivazione (h);
- $A$  è l'area del bacino (km<sup>2</sup>);
- $L$  è la lunghezza dell'asta fluviale principale (km);
- $i_{map}$  è la pendenza media dell'asta principale (adimensionale).

L'applicazione del metodo consta dei seguenti step:

- Calcolo dei coefficienti di deflusso, Ante e Post Operam, rispettivamente ottenuti mediante la direttiva della Regione Sicilia e tramite l'applicazione del "modello concettuale idrologico", descritto nel paragrafo 6.3 ;
- Calcolo della portata al picco tramite la *formula di Turazza* o formula razionale:

$$Q_{max} = \frac{1}{3.6} \cdot C_d \cdot i_c \cdot A$$

dove:

- $Q_{max}$  è la portata al colmo (m<sup>3</sup>/s);

- $A$  è l'area del bacino considerato ( $\text{km}^2$ );
- $C_d$  è il coefficiente di deflusso (-);
- $i_c$  è l'intensità di pioggia critica ( $\text{mm/h}$ ).

Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolate le portate al colmo negli scenari Ante e Post Operam, al fine dello studio di invarianza idraulica e della verifica dei canali e degli impluvi naturali presenti nelle aree di impianto.

I risultati ottenuti per i bacini e sottobacini di drenaggio superficiale sono riportati di seguito:

- Bacino di drenaggio A1

#### Sottobacino di drenaggio A1-1

Si riporta di seguito l'inquadramento su ortofoto del sottobacino di drenaggio A1-1:



**Figura 20 – Inquadramento del sottobacino di drenaggio A1-1 (in giallo) e dell'area di impianto (in rosso) su ortofoto (Fonte: Google Earth)**

In Tabella 11 vengono riportati i parametri considerati nel calcolo e i valori di portata al colmo ottenuti nelle condizioni Ante e Post Operam per il sottobacino in oggetto:

**Tabella 11 – Portate al colmo di piena in condizioni Ante e Post Operam per il sottobacino di drenaggio A1-1 (T=50 anni)**

Calcolo delle portate al colmo - Sottobacino drenaggio A1-1	
$L$ [km]	0,28
$i$ [-]	0,15
$A$ [ $\text{km}^2$ ]	0,07

$\phi$ Ante Operam [-]	0,30
$\phi$ Post Operam [-]	0,33
$t_c$ [ore]	0,08
$a$ [mm/h <sup>n</sup> ]	35,38
$n$	0,390
$h$ [mm]	12,94
$i(t_c)$ [mm/h]	170,69
Q Ante Operam [m <sup>3</sup> /s]	1,06
Q Post Operam [m <sup>3</sup> /s]	1,16

#### Sottobacino di drenaggio A1-2

Si riporta di seguito l'inquadratura su ortofoto del sottobacino di drenaggio A1-2:



**Figura 21 - Inquadratura del sottobacino di drenaggio A1-2 (in fucsia) e dell'area di impianto (in rosso) su ortofoto (Fonte: Google Earth)**

In Tabella 12 vengono riportati i parametri considerati nel calcolo e i valori di portata al colmo ottenuti nelle condizioni Ante e Post Operam, per il sottobacino in oggetto:

**Tabella 12 - Portate al colmo di piena in condizioni Ante e Post Operam per il sottobacino di drenaggio A1-2 (T=50 anni)**

Calcolo delle portate al colmo - Sottobacino drenaggio A1-2	
$L$ [km]	0,32
$i$ [-]	0,14
$A$ [km <sup>2</sup> ]	0,07
$\phi$ Ante Operam [-]	0,30
$\phi$ Post Operam [-]	0,34
$t_c$ [ore]	0,08
$a$ [mm/h <sup>n</sup> ]	35,38
$n$	0,390
$h$ [mm]	13,24
$i(t_c)$ [mm/h]	164,70
$Q$ Ante Operam [m <sup>3</sup> /s]	0,96
$Q$ Post Operam [m <sup>3</sup> /s]	1,09

Sottobacino di drenaggio A1-3

Si riporta di seguito l'inquadramento su ortofoto del sottobacino di drenaggio A1-3:



**Figura 22 - Inquadramento del sottobacino di drenaggio A1-3 (in viola) e dell'area di impianto (in rosso) su ortofoto (Fonte: Google Earth)**

In Tabella 13 vengono riportati i parametri considerati nel calcolo e i valori di portata al colmo ottenuti nelle condizioni Ante e Post Operam, per il sottobacino in oggetto:

**Tabella 13 - Portate al colmo di piena in condizioni Ante e Post Operam per il sottobacino di drenaggio A1-3 (T=50 anni)**

Calcolo delle portate al colmo - Sottobacino drenaggio A1-3	
$L$ [km]	0,35
$i$ [-]	0,30
$A$ [km <sup>2</sup> ]	0,023
$\phi$ Ante Operam [-]	0,30
$\phi$ Post Operam [-]	0,34
$t_c$ [ore]	0,04
$a$ [mm/h <sup>n</sup> ]	35,38
$n$	0,390
$h$ [mm]	10,03
$i(t_c)$ [mm/h]	200,56
$Q$ Ante Operam [m <sup>3</sup> /s]	0,33
$Q$ Post Operam [m <sup>3</sup> /s]	0,38



### Sottobacino di drenaggio A1-4

Si riporta di seguito l'inquadratura su ortofoto del sottobacino di drenaggio A1-4:



**Figura 23 - Inquadratura del sottobacino di drenaggio A1-4 (in rosa) e dell'area di impianto (in rosso) su ortofoto (Fonte: Google Earth)**

In Tabella 14 vengono riportati i parametri considerati nel calcolo e i valori di portata al colmo ottenuti nelle condizioni Ante e Post Operam, per il sottobacino in oggetto:

**Tabella 14 - Portate al colmo di piena in condizioni Ante e Post Operam per il sottobacino di drenaggio A1-4 (T=50 anni)**

Calcolo delle portate al colmo - Sottobacino drenaggio A1-4	
$L$ [km]	0,15
$i$ [-]	0,10
$A$ [km <sup>2</sup> ]	0,02
$\phi$ Ante Operam [-]	0,30
$\phi$ Post Operam [-]	0,36
$t_c$ [ore]	0,06
$a$ [mm/h <sup>n</sup> ]	35,38
$n$	0,390
$h$ [mm]	11,51
$i(t_c)$ [mm/h]	205,02
$Q$ Ante Operam [m <sup>3</sup> /s]	0,34
$Q$ Post Operam [m <sup>3</sup> /s]	0,40



### Sottobacino di drenaggio A 1-5

Si riporta di seguito l'inquadratura su ortofoto del sottobacino di drenaggio A1-5:



**Figura 24 - Inquadratura del sottobacino di drenaggio A1-5 (in verde) e dell'area di impianto (in rosso) su ortofoto (Fonte: Google Earth)**

In Tabella 15 vengono riportati i parametri considerati nel calcolo e i valori di portata al colmo ottenuti nelle condizioni Ante e Post Operam, per il sottobacino in oggetto:

**Tabella 15 - Portate al colmo di piena in condizioni Ante e Post Operam per il sottobacino di drenaggio A1-5 (T=50 anni)**

Calcolo delle portate al colmo - Sottobacino drenaggio A1-5	
$L$ [km]	0,44
$i$ [-]	0,17
$A$ [km <sup>2</sup> ]	0,09
$\phi$ Ante Operam [-]	0,30
$\phi$ Post Operam [-]	0,34
$t_c$ [ore]	0,09
$a$ [mm/h <sup>n</sup> ]	35,38
$n$	0,390
$h$ [mm]	13,65
$i(t_c)$ [mm/h]	156,93
$Q$ Ante Operam [m <sup>3</sup> /s]	1,11
$Q$ Post Operam [m <sup>3</sup> /s]	1,26

- Bacino di drenaggio A2

Si riporta di seguito l'inquadratura su ortofoto del bacino di drenaggio A2:



**Figura 25 - Inquadratura del bacino di drenaggio A2 (in viola) e dell'area di impianto (in rosso) su ortofoto**  
 (Fonte: Google Earth)

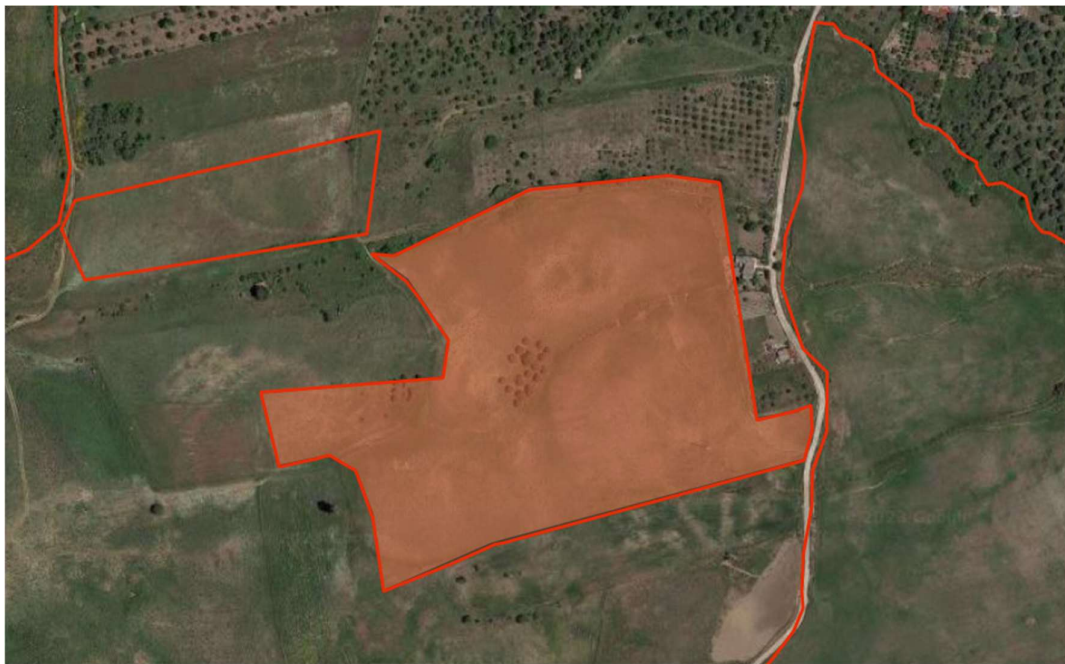
In Tabella 16 vengono riportati i parametri considerati nel calcolo e i valori di portata al colmo ottenuti nelle condizioni Ante e Post Operam, per il bacino in oggetto:

**Tabella 16 - Portate al colmo di piena in condizioni Ante e Post Operam per il bacino drenaggio A2**  
 (T=50 anni)

Calcolo delle portate al colmo - Bacino drenaggio A2	
L [km]	0,28
i [-]	0,15
A [km <sup>2</sup> ]	0,02
φ Ante Operam [-]	0,30
φ Post Operam [-]	0,35
t <sub>c</sub> [ore]	0,05
a [mm/h <sup>n</sup> ]	35,38
n	0,390
h [mm]	10,93
i(t <sub>c</sub> ) [mm/h]	222,05
Q Ante Operam [m <sup>3</sup> /s]	0,44
Q Post Operam [m <sup>3</sup> /s]	0,51

- Bacino di drenaggio A3

Si riporta di seguito l'inquadratura su ortofoto del bacino di drenaggio A3:



**Figura 26 - Inquadratura del sottobacino drenaggio A3 (in arancione) e dell'area di impianto (in rosso) su ortofoto (Fonte: Google Earth)**

In Tabella 17 vengono riportati i parametri considerati nel calcolo e i valori di portata al colmo ottenuti nelle condizioni Ante e Post Operam, per il bacino in oggetto:

**Tabella 17 - Portate al colmo di piena in condizioni Ante e Post Operam per il bacino di drenaggio A3 (T=50 anni)**

<b>Calcolo delle portate al colmo - Bacino drenaggio A3</b>	
$L$ [km]	0,25
$i$ [-]	0,14
$A$ [km <sup>2</sup> ]	0,07
$\phi$ Ante Operam [-]	0,30
$\phi$ Post Operam [-]	0,36
$t_c$ [ore]	0,07
$a$ [mm/h <sup>n</sup> ]	35,38
$n$	0,390
$h$ [mm]	12,76
$i(t_c)$ [mm/h]	174,50
$Q$ Ante Operam [m <sup>3</sup> /s]	0,99
$Q$ Post Operam [m <sup>3</sup> /s]	1,18



- Bacino drenaggio A4

Si riporta di seguito l'inquadratura su ortofoto del bacino di drenaggio A4:



**Figura 27 - Inquadratura del bacino drenaggio A4 (in verde) e dell'area di impianto (in rosso) su ortofoto (Fonte: Google Earth)**

In Tabella 18 vengono riportati i parametri considerati nel calcolo e i valori di portata al colmo ottenuti nelle condizioni Ante e Post Operam, per il bacino in oggetto:

**Tabella 18 - Portate al colmo di piena in condizioni Ante e Post Operam per il bacino drenaggio A4 (T=50 anni)**

<b>Calcolo delle portate al colmo - Bacino drenaggio A4</b>	
$L$ [km]	0,43
$i$ [-]	0,11
$A$ [km <sup>2</sup> ]	0,13
$\phi$ Ante Operam [-]	0,30
$\phi$ Post Operam [-]	0,38
$t_c$ [ore]	0,12
$a$ [mm/h <sup>n</sup> ]	35,38
$n$	0,390
$h$ [mm]	15,72
$i(t_c)$ [mm/h]	125,82
$Q$ Ante Operam [m <sup>3</sup> /s]	1,41
$Q$ Post Operam [m <sup>3</sup> /s]	1,78

- Bacino drenaggio A5

#### Sottobacino drenaggio A5-1

Si riporta di seguito l'inquadratura su ortofoto del sottobacino di drenaggio A5-1:



**Figura 28 - Inquadratura del sottobacino drenaggio A5-1 (in marrone) e dell'area di impianto (in rosso) su ortofoto (Fonte: Google Earth)**

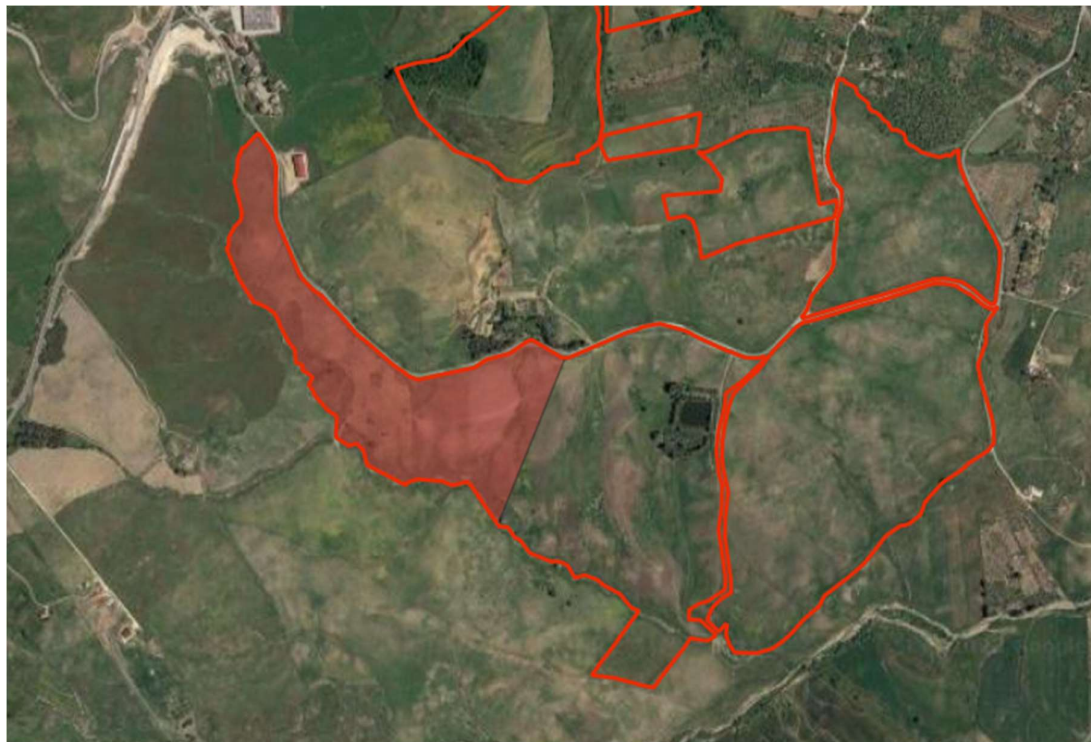
In Tabella 19 vengono riportati i parametri considerati nel calcolo e i valori di portata al colmo ottenuti nelle condizioni Ante e Post Operam, per il sottobacino in oggetto:

**Tabella 19 - Portate al colmo di piena in condizioni Ante e Post Operam per il sottobacino drenaggio A5-1 (T=50 anni)**

<b>Calcolo delle portate al colmo - Sottobacino drenaggio A5-1</b>	
$L$ [km]	0,60
$i$ [-]	0,11
$A$ [km <sup>2</sup> ]	0,33
$\phi$ Ante Operam [-]	0,30
$\phi$ Post Operam [-]	0,33
$t_c$ [ore]	0,19
$a$ [mm/h <sup>n</sup> ]	35,38
$n$	0,390
$h$ [mm]	18,42
$i(t_c)$ [mm/h]	98,23
$Q$ Ante Operam [m <sup>3</sup> /s]	2,66
$Q$ Post Operam [m <sup>3</sup> /s]	2,93

### Sottobacino drenaggio A5-2

Si riporta di seguito l'inquadratura su ortofoto del sottobacino di drenaggio A5-2:



**Figura 29 - Inquadratura del sottobacino drenaggio A1-1 (in bordò) e dell'area di impianto (in rosso) su ortofoto (Fonte: Google Earth)**

In Tabella 20 vengono riportati i parametri considerati nel calcolo e i valori di portata al colmo ottenuti nelle condizioni Ante e Post Operam, per il sottobacino in oggetto:

**Tabella 20 - Portate al colmo di piena in condizioni Ante e Post Operam per il sottobacino di drenaggio A5-2 (T=50 anni)**

Calcolo delle portate al colmo - Sottobacino drenaggio A5-2	
$L$ [km]	0,50
$i$ [-]	0,14
$A$ [km <sup>2</sup> ]	0,47
$\phi$ Ante Operam [-]	0,30
$\phi$ Post Operam [-]	0,34
$t_c$ [ore]	0,18
$a$ [mm/h <sup>n</sup> ]	35,38
$n$	0,390
$h$ [mm]	18,00
$i(t_c)$ [mm/h]	101,83
$Q$ Ante Operam [m <sup>3</sup> /s]	3,98
$Q$ Post Operam [m <sup>3</sup> /s]	4,51



- Bacino drenaggio A6

#### Sottobacino drenaggio A6-1

Si riporta di seguito l'inquadratura su ortofoto del sottobacino di drenaggio A6-1:



**Figura 30 - Inquadratura del sottobacino drenaggio A6-1 (in giallo) e dell'area di impianto (in rosso) su ortofoto (Fonte: Google Earth)**

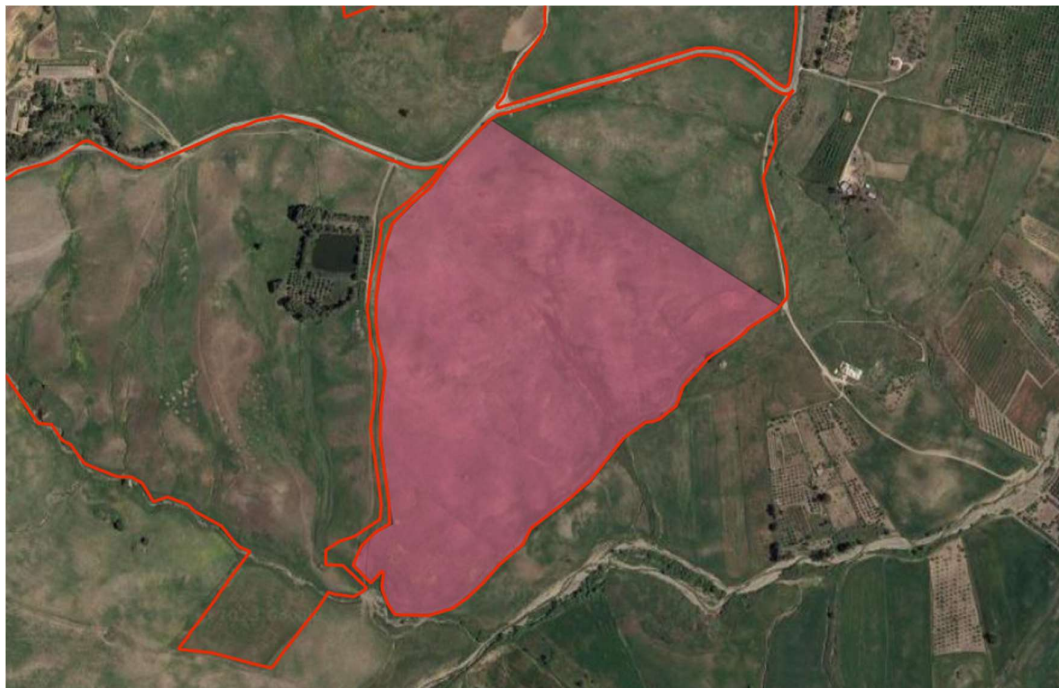
In Tabella 21 vengono riportati i parametri considerati nel calcolo e i valori di portata al colmo ottenuti nelle condizioni Ante e Post Operam, per il sottobacino in oggetto:

**Tabella 21 - Portate al colmo di piena in condizioni Ante e Post Operam per il sottobacino drenaggio A6-1 (T=50 anni)**

<b>Calcolo delle portate al colmo - Sottobacino drenaggio A6-1</b>	
$L$ [km]	0,45
$i$ [-]	0,08
$A$ [km <sup>2</sup> ]	0,14
$\phi$ Ante Operam [-]	0,30
$\phi$ Post Operam [-]	0,36
$t_c$ [ore]	0,15
$a$ [mm/h <sup>n</sup> ]	35,38
$n$	0,390
$h$ [mm]	16,82
$i(t_c)$ [mm/h]	113,21
$Q$ Ante Operam [m <sup>3</sup> /s]	1,34
$Q$ Post Operam [m <sup>3</sup> /s]	1,61

### Sottobacino drenaggio A6-2

Si riporta di seguito l'inquadratura su ortofoto del sottobacino di drenaggio A6-2:



**Figura 31 - Inquadratura del sottobacino di drenaggio A6-2 (in fucsia) e dell'area di impianto (in rosso) su ortofoto (Fonte: Google Earth)**

In Tabella 22 vengono riportati i parametri considerati nel calcolo e i valori di portata al colmo ottenuti nelle condizioni Ante e Post Operam, per il sottobacino in oggetto:

**Tabella 22 - Portate al colmo di piena in condizioni Ante e Post Operam per il sottobacino drenaggio A6-2 (T=50 anni)**

Calcolo delle portate al colmo - Sottobacino drenaggio A6-2	
$L$ [km]	0,40
$i$ [-]	0,11
$A$ [km <sup>2</sup> ]	0,43
$\phi$ Ante Operam [-]	0,30
$\phi$ Post Operam [-]	0,42
$t_c$ [ore]	0,18
$a$ [mm/h <sup>n</sup> ]	35,38
$n$	0,390
$h$ [mm]	18,06
$i(t_c)$ [mm/h]	101,27
$Q$ Ante Operam [m <sup>3</sup> /s]	3,59
$Q$ Post Operam [m <sup>3</sup> /s]	5,02

### Bacino drenaggio A7

Si riporta di seguito l'inquadratura su ortofoto del bacino di drenaggio A7:



Figura 32 - Inquadratura del bacino di drenaggio A7 (in viola) e dell'area di impianto (in rosso) su ortofoto  
(Fonte: Google Earth)

In Tabella 23 vengono riportati i parametri considerati nel calcolo e i valori di portata al colmo ottenuti nelle condizioni Ante e Post Operam, per il sottobacino in oggetto:

Tabella 23 - Portate al colmo di piena in condizioni Ante e Post Operam per il sottobacino di drenaggio A7  
(T=50 anni)

Calcolo delle portate al colmo - Bacino drenaggio A7	
$L$ [km]	0,50
$i$ [-]	0,10
$A$ [km <sup>2</sup> ]	0,13
$\phi$ Ante Operam [-]	0,30
$\phi$ Post Operam [-]	0,37
$t_c$ [ore]	0,16
$a$ [mm/h <sup>n</sup> ]	35,38
$n$	0,390
$h$ [mm]	17,45
$i(t_c)$ [mm/h]	106,89
$Q$ Ante Operam [m <sup>3</sup> /s]	1,14
$Q$ Post Operam [m <sup>3</sup> /s]	1,41

## 6.5. Invarianza idraulica

Il DDG 102/2021 della regione Sicilia, prescrive nell'Allegato 2, paragrafo A, punto 4, quanto segue:

*“[...] la portata limite ammessa allo scarico (in m<sup>3</sup>/s) corrispondente ad un coefficiente udometrico pari a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata dall'intervento di urbanizzazione. Tale valore limite è ridotto a 10 l/s\*ha qualora lo scarico avvenga all'interno di aree a pericolosità P3 e P4 del P.A.I.”*

Pertanto, la direttiva regionale definisce che, nel caso la differenza fra la portata di deflusso nelle condizioni Ante Operam e Post Operam non superi il limite prescritto, non si rende necessaria la progettazione e quindi la realizzazione di opere di regimazione idraulica, in quanto il principio di invarianza idraulica può ritenersi soddisfatto.

Dal confronto fra le portate al colmo, di ciascun bacino e sottobacino idrografico, ottenute mediante il metodo razionale nelle condizioni Ante e Post Operam, di cui il calcolo è stato descritto nel paragrafo 0, e tenendo in considerazione che nessuna delle aree di impianto ricade all'interno di aree perimetrate dal PAI come a rischio e pericolosità idraulica, si deduce che il rispetto della prescrizione normativa non è soddisfata solo per alcune aree di impianto, ovvero, per i bacini idrografici A3 e A4 e per due sottoaree di impianto, i sottobacini idrografici A1-5 e A6-2.

Nelle aree di impianto in cui il limite di prescrizione non viene superato, la mancata necessità di realizzazione di opere idrauliche di regimazione viene giustificata dalla orografia propria del territorio di sito di impianto. Le elevate pendenze, la conformazione e la disposizione degli impluvi e dei canali esistenti, oltre che il mantenimento delle condizioni naturali del terreno sia in relazione agli andamenti dei piani campagna che della vegetazione in essa presente, successivamente alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico, favoriscono il naturale deflusso delle acque.

Nei casi opportuni, gli impluvi presenti nelle aree di impianto saranno una parte soggetti a interventi di riprofilatura e stabilizzazione delle sponde, sia per ragioni di sicurezza che di mantenimento della funzionalità idraulica.



### 6.6. Verifica degli impluvi e dei canali esistenti

Le verifiche idrauliche sono state condotte con l'ipotesi di moto uniforme utilizzando la formula di Chezy:

$$V = \chi \sqrt{R \cdot i}$$

da cui la portata affluente in sezione si calcola come:

$$Q = A \chi \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

- $\chi$  è il coefficiente di Manning (-);
- $i$  è la pendenza del canale (-);
- $A$  è l'area bagnata (m<sup>2</sup>);
- $R$  è il raggio idraulico (m).

Si riporta di seguito l'individuazione su ortofoto dei canali e degli impluvi oggetto di verifica:

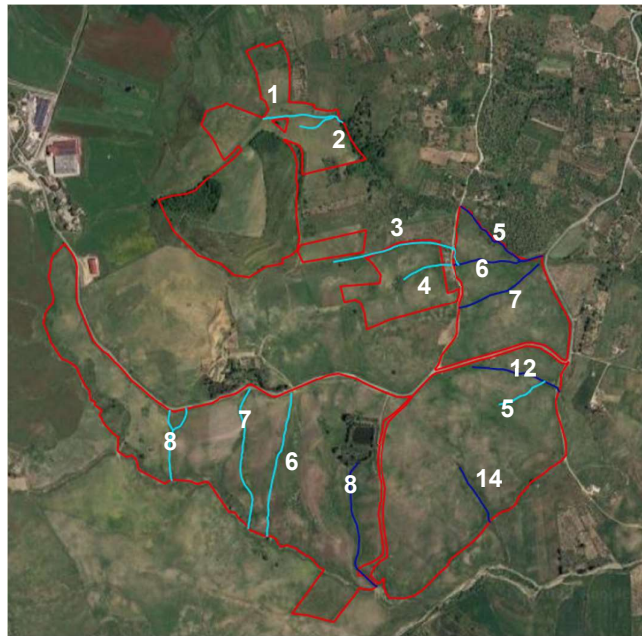


Figura 33 – Individuazione su ortofoto dell'area di impianto (in rosso), dei canali (in blu) e degli impluvi (in ciano)



Di seguito si riporta la Tabella contenente la capacità dei canali in termini di portata di deflusso:

**Tabella 24 – Verifica della capacità di deflusso degli impluvi e canali presenti nell'area di impianto (T=50 anni)**

Area di appartenenza		Numerazione e tipologia di canale	Q canale (m <sup>3</sup> /s)	Q di verifica (m <sup>3</sup> /s)	
A1-5		Impluvio 1	6,10	0,37	
		Impluvio 2	6,10	0,63	
A2		Impluvio 3	4,40	0,51	
A3		Impluvio 4	6,10	1,18	
A4		Canale 5	5,42	0,59	
		Canale 6	6,78	0,59	
		Canale 7	6,10	0,59	
A5	A5-1	Canale 8	7,32	0,80	
		Impluvio 6	7,32	0,80	
	A5-2	Impluvio 7	7,52	5,02	
A6	A6-1	Impluvio 8	4,74	1,47	
		A6-2	Canale 12	8,30	1,47
			Impluvio 5	7,32	2,26
		Canale 14	10,91	2,26	

Nell'area A7 non sono presenti impluvi o canali da verificare. Si specifica che, nella verifica dei canali è stata considerata una dimensione media della sezione trasversale. Viste le dimensioni delle sezioni trasversali degli impluvi e dei canali esistenti, nell'ipotesi progettuale per cui ogni impluvio intercetti una frazione uguale della portata di deflusso superficiale defluente sul bacino di appartenenza, questi hanno dimensioni tali da poter convogliare portate superiori rispetto quelle che si avrebbero col verificarsi di un evento meteorico intenso, associato a un tempo di ritorno  $T_R$  pari a 50 anni. Pertanto, la verifica risulta pienamente soddisfatta.

## 6.7. Interventi per il collettamento delle acque pluviali

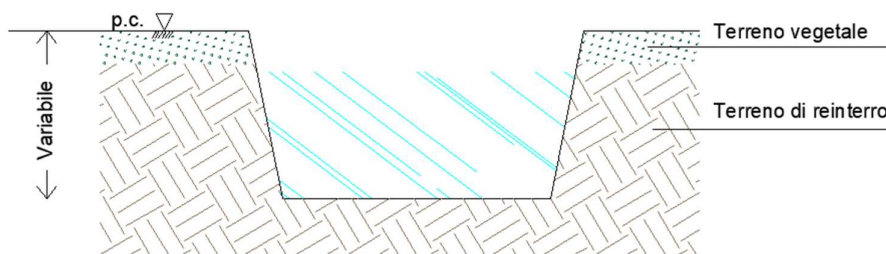
Il seguente paragrafo vuole descrivere le diverse tipologie di interventi di sistemazione degli impluvi esistenti al fine di agevolare e consentire il naturale deflusso superficiale delle acque di pioggia sulle aree interessate dalla realizzazione dell'impianto agrivoltaico, nell'ottica di mantenimento della funzionalità idraulica di queste ultime. Gli interventi tengono conto e danno importanza alle funzioni esercitate dai corpi idrici, ovvero di captazione, collettamento e allontanamento delle acque di pioggia di deflusso superficiale. Attraverso l'attuazione dei suddetti interventi, si vuole garantire la conservazione della configurazione del reticolo di drenaggio esistente, così da minimizzare le interferenze che l'opera realizzata avrebbe sul reticolo stesso e viceversa. La riduzione delle interferenze degli impluvi con le strutture fotovoltaiche limita la possibilità che si abbiano danni all'impianto, a seguito di eventi pluviometrici intensi, che conseguentemente ne potrebbero causare una riduzione delle prestazioni tecniche. Si ricorda che, come riportato all'interno del paragrafo 3.2.1, le aree di impianto non intersecano aree perimetrate dal PAI a rischio e/o pericolosità idraulica.

### 6.7.1. Riprofilatura e manutenzione degli impluvi

Una parte degli impluvi presenti nelle aree di impianto potranno essere soggetti a una riprofilatura interna. Gli interventi di riprofilatura si rendono necessari per attuare una stabilizzazione delle sponde così da regolarizzare il perimetro della sezione trasversale, attualmente di forma irregolare. La riprofilatura può essere attuata attraverso l'ausilio di mezzi meccanici. Inoltre, i fianchi dei canali in terra, così come il fondo, verranno compattati al fine di aumentare il grado di addensamento del terreno e ridurre la capacità di infiltrazione della porzione di terreno circoscritta attorno al canale.

I canali verranno riprofilati con una sezione trapezoidale, essendo la forma più vicina a quella della sezione del canale naturale.

La sezione trasversale dei canali riprofilati, pertanto, avrà la configurazione riportata nella seguente Figura:



**Figura 34 – Sezione trasversale dell'impluvio a seguito di interventi di riprofilatura del fondo e delle sponde (Tipologico)**

A seguito della realizzazione delle opere di impianto e degli interventi sugli impluvi, dovranno essere eseguiti degli interventi di manutenzione di pulizia periodica degli impluvi riprofilati. Tali interventi permettono il mantenimento del profilo di sezione trasversale realizzato mediante la riprofilatura, attraverso la rimozione di possibili depositi di materiale solido trasportato dalla corrente e depositato per gravità all'interno degli stessi, di vegetazione che vi potrebbe crescere spontaneamente. Entrambe, condizioni che potrebbero provocare una riduzione o totale ostruzione della sezione di deflusso costituendo un impedimento al libero scorrimento della corrente. In particolare, gli interventi dovranno essere effettuati con cura soprattutto nei periodi di secca, ovvero in quei periodi dell'anno in cui non si verifica o si ha un modesto deflusso negli impluvi per via delle ridotte piogge, e interessare anche i canali su cui non sono state effettuate né modifiche della sezione trasversale o della direzione di sviluppo longitudinale. Così facendo, si riduce la probabilità che questi ultimi possano esondare andando a danneggiare l'impianto a essi limitrofo.

I lavori di manutenzione degli impluvi da effettuare per assicurarne la funzionalità idraulica possono distinguersi nelle seguenti tipologie:

- *sfalcio*: taglio della vegetazione erbacea presente sulle fasce spondali e sulle scarpate degli impluvi, finalizzati a impedire la crescita di piante legnose e l'ostruzione della parte superiore della sezione di deflusso;
- *diserbo*: rimozione meccanica della vegetazione acquatica radicata sul fondo del canale, incluso lo strappo delle radici, con l'obiettivo di migliorare la capacità di deflusso.
- *spurgo*: rimozione dei sedimenti minerali e organici presenti sul fondo dei canali, assieme alla vegetazione acquatica, con l'obiettivo di ripristinare la sezione e la capacità di deflusso originarie.

### 6.7.2. Riassetto degli impluvi

Al fine di consentire il corretto collettamento delle acque meteoriche superficiali verso i corpi idrici recettori a valle, oltre alla riprofilatura della sezione trasversale degli impluvi descritta nel paragrafo 6.7.1, è necessario realizzare un riassetto dell'andamento planimetrico degli stessi. Il riassetto del profilo planimetrico degli impluvi si rende necessario per limitare le possibili interferenze che potrebbero aversi fra l'asse pluviale e la struttura di impianto. Infatti, quest'ultima potrebbe causare dei danneggiamenti dell'opera che ne inficerebbero la qualità strutturale e le prestazioni. L'intervento verrà effettuato nell'ottica di attuare delle modifiche che non porti a ottenere nuovi impluvi con caratteristiche morfometriche differenti da quelle assunte naturalmente, e presenti allo stato attuale, nel rispetto dell'idrografia territoriale. Pertanto, il nuovo andamento planimetrico degli impluvi assumerà un andamento simile a quello antecedente, così da rispettare le vie preferenziali di deflusso scavate dall'acqua di pioggia nelle condizioni Ante Operam. Il riassetto degli impluvi è un intervento le cui specifiche di dettaglio si rimandano alla fase di progettazione esecutiva, sia in merito alla scelta dei canali che dovranno essere soggetti al riassetto e sia per l'assetto planimetrico che dovrà essere eseguito.

### 6.7.3. Interventi di regimazione delle acque di pioggia

Come precedentemente accennato, nelle aree in cui la realizzazione dell'impianto agrivoltaico rispetto alle condizioni Ante Operam causa un aumento della portata di deflusso superficiale nel Post Operam, tale da superare il limite tollerabile prescritto dalla DDG 102/2021, si rende necessaria la realizzazione di opere di regimazione idraulica.

Nell'ottica di mantenimento del contributo dei naturali di impluvio preesistenti all'installazione dell'impianto e di mantenimento dell'idraulica del territorio, si rende necessaria la realizzazione di un sistema di canali in terra passanti trasversalmente ai pannelli fotovoltaici, aventi interasse medio di circa 10 m, con sezione trasversale di tipo trapezoidale con base e altezza di 0,20 m.

I canali in terra costituiranno dei canali di invito per le acque di deflusso superficiale, consentendogli il raggiungimento degli impluvi o canali presenti nell'aria, fino al raggiungimento a valle dei corpi idrici recettori.

Viste le dimensioni della sezione trasversale dei canali, il sistema permette il collettamento delle acque anche in condizioni di fenomeni meteorici avversi.

La scelta di posizionamento dei canali e quindi la progettazione della configurazione di rete, eccetto gli indirizzi sopra riportati, si rimandano a una fase di progettazione esecutiva.



## 7. CONCLUSIONI

La presente relazione, eseguita su incarico di "DELTA SOLAR S.R.L.", riporta i risultati ottenuti dallo studio idraulico effettuato con lo scopo di verificare il grado di compatibilità idraulica dell'area costituita dai terreni interessati dall'iniziativa proposta dalla Società Committente nei riguardi della realizzazione di un impianto agrivoltaico, il quale avrà sede presso i Comuni di Roccapalumba (PA) e Vicari (PA) e avente una potenza nominale massima pari a 63.232,40 kWp.

Si è analizzato l'assetto idrologico e idraulico dell'area stimando la portata di ruscellamento ad un  $T_R$  di 50 anni e, rispetto a questa, sono state verificate le dimensioni degli impluvi e dei canali esistenti, al fine di comprendere il grado di compatibilità idraulica dell'impianto fotovoltaico con il territorio in cui esso avrà sede. Ciò, ha permesso di valutare se la rete di canali esistente consente il convogliamento delle portate di ruscellamento superficiali, per un tempo di ritorno superiore alla vita nominale dell'impianto stesso, nel rispetto del DDG 102 del 23/06/2021 della Regione Sicilia.

A valle dei risultati ottenuti dallo studio idraulico, si rende necessario che tutte le opere connesse alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico dovranno essere realizzate in maniera tale da non creare ostacolo al normale deflusso delle acque di ruscellamento, convogliate dagli impluvi e dai canali principali presenti nell'area di intervento. In particolare, gli impluvi saranno soggetti a una riprofilatura della sezione trasversale, così da aumentare la sezione di deflusso e ridurre l'entità dei processi erosivi, nell'ottica di mantenimento dell'idraulica del territorio e nel rispetto del principio di invarianza idraulica. Inoltre, saranno previsti degli interventi di manutenzione degli impluvi e dei canali al fine di assicurarne il mantenimento nel tempo della capacità di deflusso.

I dettagli degli interventi di riprofilatura e di riassetto degli impluvi, oltre che di eventuali interventi di regimazione delle acque pluviali verranno definiti all'interno della fase di progettazione esecutiva, secondo le correnti specifiche tecniche della Committente.

Si tiene a specificare che, i risultati del presente studio possono subire mutamenti in funzione di evidenze riscontrate in sito in fasi successive, come le variazioni della morfologia per le attività agro-pastorali che si potrebbero svolgere nell'area o per esigenze pratiche, come l'infissione dei pali di supporto per le strutture fotovoltaiche, i cablaggi e tutti gli elementi che compongono l'impianto, nonché eventuali opere di spianamento delle aree più acclivi per il posizionamento delle strutture fotovoltaiche e cabinati elettrici. Ciò, nell'ottica di conservazione del naturale deflusso delle acque superficiali.

