

# Volt Corleone S.r.l.

## REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE NEL COMUNE DI CORLEONE (PA) E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE UBICATE ANCHE NEI COMUNI DI MEZZOJUSO, CAMPOFELICE DI FITALIA E CIMINNA (PA)



Via Degli Arredatori, 8  
70026 Modugno (BA) - Italy  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net  
tel. (+39) 0805046361

Azienda con Sistema di Gestione Certificato  
**UNI EN ISO 9001:2015**  
**UNI EN ISO 14001:2015**  
**UNI ISO 45001:2018**

### Tecnico

ing. Danilo POMPONIO

### Collaborazioni

ing. Milena MIGLIONICO  
ing. Giulia CARELLA  
ing. Valentina SAMMARTINO  
ing. Alessia NASCENTE  
ing. Roberta ALBANESE  
ing. Marco D'ARCANGELO  
ing. Alessia DECARO  
ing. Tommaso MANCINI  
ing. Fabio MASTROSERIO  
ing. Martino LAPENNA  
ing. Roberto CALO'  
per. ind. Lambert FANELLI  
pianif. terr. Antonio SANTANDREA

### Responsabile Commessa

ing. Danilo POMPONIO

ELABORATO	TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
<b>C10</b>	<b>RELAZIONE IDROLOGICA</b>	<b>23027</b>	<b>D</b>		
		CODICE ELABORATO			
		<b>DC23027D-C10</b>			
REVISIONE	Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA		
<b>00</b>		-	-		
		NOME FILE	PAGINE		
		<b>DC23027D-C10.doc</b>	<b>24 + copertina</b>		
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	09/08/23	Emissione	Nascente	Miglionico	Pomponio
01					
02					
03					
04					
05					
06					

## INDICE

1. PREMESSA .....	2
1.1 Inquadramento dell'impianto agrivoltaico.....	3
1.2 Inquadramento del cavidotto.....	5
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE .....	8
3.1 Il progetto .....	8
4. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO .....	10
5. STUDIO IDROLOGICO .....	15
5.1 Analisi morfologica .....	15
5.2 Analisi pluviometrica.....	16
5.3 Modello afflussi-deflussi.....	21
6. CONCLUSIONI .....	24



## 1. PREMESSA

La presente relazione è relativa al progetto di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica della potenza nominale DC di 39.085,20 kWp e potenza AC ai fini della connessione (a  $\cos\phi=1$ ) pari a 34.650,00 kW da realizzarsi nel comune di Corleone (PA) e delle relative opere di connessione da realizzarsi anche nei comuni di Mezzojuso (PA), Campofelice di Fitalia (PA) e Ciminna (PA).

La produzione e la vendita dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico in progetto potrebbero essere regolate secondo le due seguenti alternative:

- con criteri di incentivazione in conto energia, ossia di incentivi pubblici a copertura dei costi di realizzazione, definiti dal Decreto Ministeriale 19 febbraio 2007, emesso dai Ministeri delle Attività Produttive e dell'Ambiente in attuazione del Decreto Legislativo n. 387 del 29 dicembre 2003, quest'ultimo emanato in attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili;
- con criteri di "market parity", ossia la vendita sul mercato energetico all'ingrosso caratterizzato da una reale competitività tra il prezzo di scambio dell'energia prodotta dal fotovoltaico e quello dell'energia prodotta dalle fonti fossili (il fotovoltaico in market parity vende energia sulla borsa elettrica ad un prezzo inferiore a quella prodotta dalle altre fonti convenzionali).

Ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. n. 387/2003 l'opera, rientrante negli "impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili", autorizzata tramite procedimento unico regionale, è dichiarata di pubblica utilità, indifferibile ed urgente.

Tutta la progettazione è stata sviluppata utilizzando tecnologie ad oggi disponibili sul mercato europeo; considerando che la tecnologia fotovoltaica è in rapido sviluppo, dal momento della progettazione definitiva alla realizzazione potranno cambiare le tecnologie e le caratteristiche delle componenti principali (moduli fotovoltaici, inverter, strutture di supporto), ma resteranno invariate le caratteristiche complessive e principali dell'intero impianto in termini di potenza massima di produzione, occupazione del suolo e fabbricati.

La soluzione di connessione (comunicata da TERNA tramite STMG con codice pratica 202200583), prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV su una nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione 150/36 kV della RTN, da inserire in entra - esce alle due linee RTN a 150 kV RTN "Ciminna - Casuzze" e "Ciminna - Cappuccini".

Si fa presente che la futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione 150/36 kV della RTN, da inserire in entra - esce alle due linee RTN a 150 kV RTN "Ciminna - Casuzze" e "Ciminna - Cappuccini", alla quale l'impianto agrivoltaico si collegherà **non fa parte del progetto**.

Il progetto prevede, pertanto:

- la realizzazione dell'impianto agrivoltaico;

- la realizzazione del cavidotto AT di connessione alla futura SE.

### **1.1 Inquadramento dell'impianto agrivoltaico**

Il suolo sul quale sarà realizzato l'impianto agrivoltaico ricopre una superficie di circa 55 ettari. Esso ricade nel foglio 1:25.000 delle cartografie dell'Istituto Geografico Militare (IGM Vecchia Ed.) n. 258 II NE "MONTE CARDELLA", ed è catastalmente individuato ai fogli di mappa nn. 42 e 43 del comune di Corleone (PA).

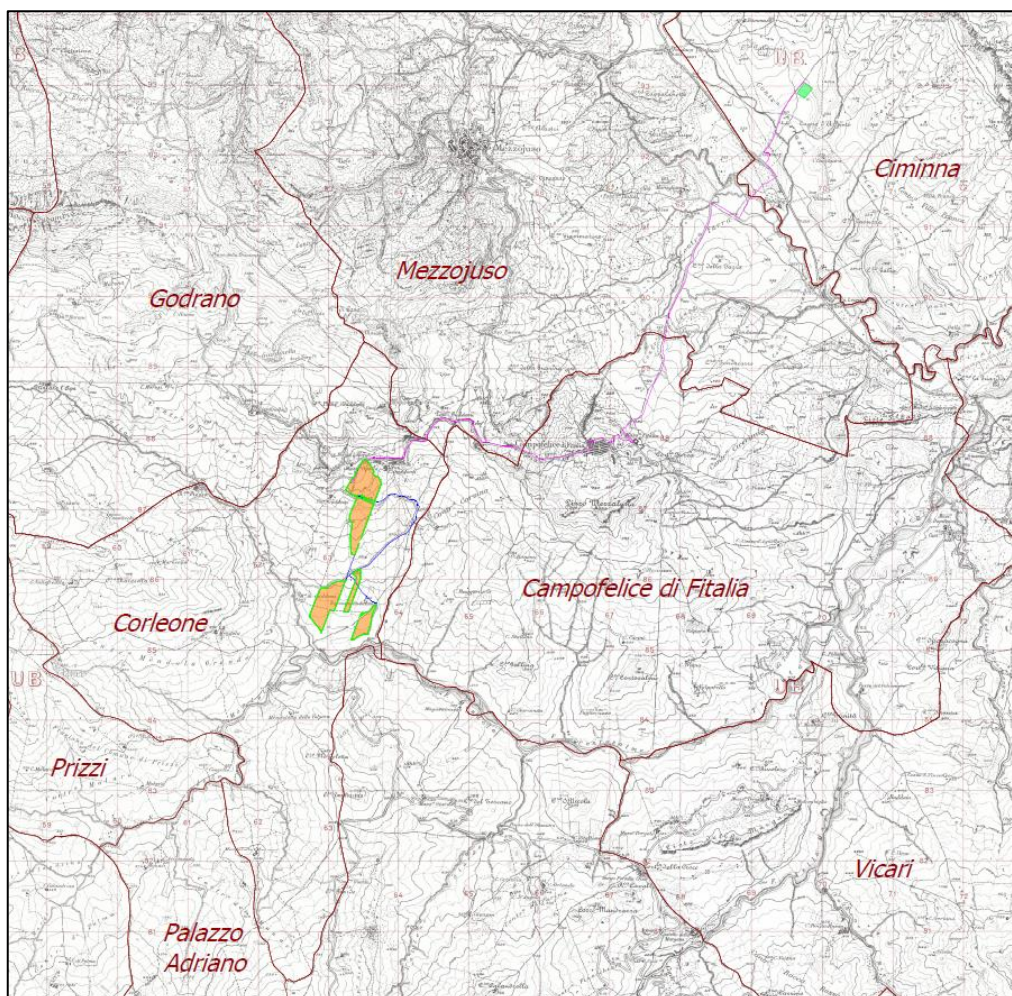


Figura 1 - Inquadramento su IGM dell'impianto agrivoltaico



Figura 2 - Inquadramento su ortofoto dell'impianto agrivoltaico

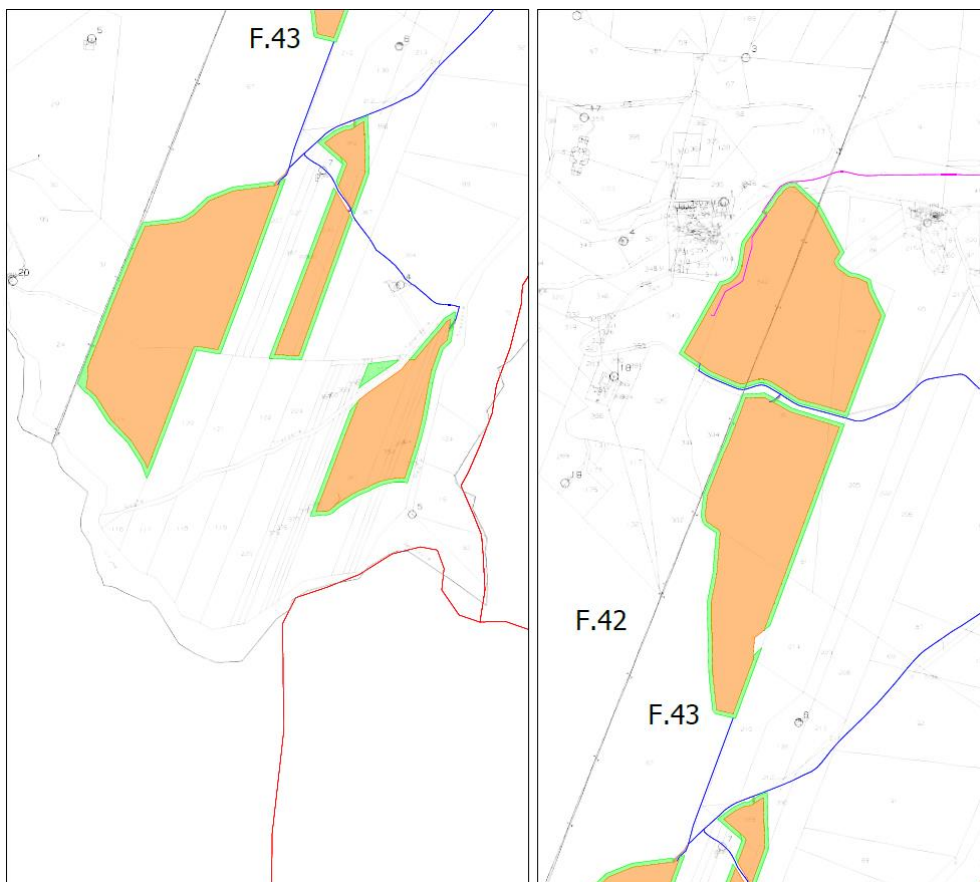


Figura 3 - Inquadramento su stralcio catastale dell'impianto agrivoltaico

### **1.2 Inquadramento del cavidotto**

Come detto in premessa, la soluzione di connessione (comunicata da TERNA tramite STMG con codice pratica 202200583), prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV su una nuova stazione elettrica (SE) di trasformazione 150/36 kV della RTN, da inserire in entra - esce alle due linee RTN a 150 kV RTN "Ciminna - Casuzze" e "Ciminna - Cappuccini".

Il cavidotto AT di connessione tra l'impianto agrivoltaico e la futura Stazione Elettrica, sita nel comune di Ciminna (PA) non oggetto del progetto, si estenderà, per circa 12 km, nei territori di Corleone, Mezzojuso e Ciminna (PA) interessando i fogli di mappa nn. 42 e 43 del Comune di Corleone, nn. 27, 28 e 30 del Comune di Mezzojuso, nn. 1, 2, 4 e 5 del Comune di Campofelice di Fitalia e nn. 19 e 20 del Comune di Ciminna.

L'elettrodotta percorrerà, per la quasi totalità del suo percorso, viabilità pubblica (in particolare la S.P.82 e la S.P.55), ma anche suoli privati lungo viabilità interpoderali.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) costituisce, ai sensi dell'art. 67 del D. Lgs. 152/2006, uno stralcio tematico e funzionale del Piano di Bacino Distrettuale, previsto dall'art. 65 dello stesso decreto. Il P.A.I. definisce lo scenario di riferimento a scala regionale delle situazioni di pericolosità geomorfologica, idraulica e di erosione costiera, ed è strumento conoscitivo, normativo e tecnico-amministrativo di supporto per le politiche di conservazione, difesa e valorizzazione del territorio, ai fini della mitigazione del rischio idrogeologico e della tutela della salute pubblica e dell'ambiente, nonché della salvaguardia degli insediamenti e delle infrastrutture.

L'ambito territoriale di riferimento del P.A.I. è il Distretto Idrografico della Sicilia, previsto dall'art. 51, comma 5, della legge n. 221 del 28 dicembre 2015. Attualmente, il Distretto è suddiviso in n. 102 bacini idrografici e aree territoriali, per il P.A.I. continentale, e in n. 21 unità fisiografiche per il P.A.I. delle coste siciliane.

Tale strumento di pianificazione settoriale tende ad ottimizzare la compatibilità tra la domanda di uso del suolo e la naturale evoluzione geomorfologica del territorio, nel quadro di una politica di governo rispettosa delle condizioni ambientali. Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- la *funzione conoscitiva*, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- la *funzione normativa e prescrittiva*, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo;
- la *funzione programmatica*, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio.

Gli obiettivi del P.A.I., per quanto riguarda l'assetto idraulico, relative alle nuove attività sono:

- a) migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;
- b) garantire il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo;
- c) salvaguardare ed eventualmente ampliare le aree di naturale espansione delle piene, al fine di mantenere e migliorare le condizioni di funzionalità idraulica del corso d'acqua in relazione alla capacità d'invaso e laminazione delle piene delle aree predette;
- d) non costituire in nessun caso un fattore di aumento del rischio idraulico, né localmente né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;
- e) non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;

- f) non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o dagli strumenti di programmazione provvisoria e urgente;
- g) garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque o un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;
- h) limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque, anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio;
- i) impiegare ove possibile, tecniche a basso impatto ambientale;
- j) salvaguardare la risorsa acqua in funzione del minimo deflusso vitale o della potenzialità della falda.

Il P.A.I. definisce e disciplina le aree così denominate: Aree a pericolosità geomorfologica, Aree a rischio geomorfologico, Aree a pericolosità idraulica, Aree a rischio idraulico.

Nelle nuove Norme d'Attuazione (anno 2021) il Piano disciplina le aree come segue:

- **Assetto geomorfologico**
  - art. 21. Aree a pericolosità molto elevata (P4) ed elevata (P3)
  - art. 22. Aree a pericolosità media (P2)
  - art. 23. Aree a pericolosità moderata (P1) e bassa (P0)
  - art. 24. Tipologie dei siti di attenzione
- **Assetto idraulico**
  - art. 26. Aree a pericolosità molto elevata (P4) ed elevata (P3);
  - art. 27. Aree a pericolosità media (P2) e moderata (P1).

Nel quadro di riferimento programmatico della SIA sono stati analizzati i piani e i programmi nell'area vasta prodotti da vari Enti Pubblici, a scala regionale, provinciale e comunale, al fine di correlare il progetto oggetto di studio con la pianificazione territoriale esistente.

In particolare, sono stati analizzati i seguenti strumenti di piano:

- Strumenti urbanistici Generali;
- Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR);
- Analisi Aree E Siti Non Idonei e compatibilità Linee Guida (DM2010) e D.P. 10/10/2017;
- Aree protette Natura 2000, SIC e ZPS e Rete Ecologica Siciliana;
- Piano di Assetto Idrogeologico Sicilia (PAI);
- Piano Tutela Delle Acque (PTA);
- Vincolo Idrogeologico.



### **3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE**

#### ***3.1 Il progetto***

L'impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica oggetto della presente relazione avrà le seguenti caratteristiche (cfr. DW23027D-P01):

- potenza installata lato DC: 39.085,20 kWp;
- potenza dei singoli moduli: 630 Wp;
- n.210 inverter di stringa;
- n. 15 cabine di trasformazione dell'energia elettrica (PCU);
- n. 1 cabina di raccolta utente (MTR);
- n. 1 reattanza shunt;
- rete elettrica interna a 1500 V DC tra i moduli fotovoltaici, tra questi e gli inverter di stringa, e fra questi e le cabine di trasformazione;
- rete elettrica interna a 36 kV per il collegamento tra le varie cabine di trasformazione e la cabina di raccolta utente;
- rete elettrica interna a bassa tensione per l'alimentazione dei servizi ausiliari di centrale (controllo, videosorveglianza, forza motrice, ecc.);
- rete elettrica esterna a 36 kV dalla cabina di raccolta utente alla futura Stazione Elettrica;
- rete telematica interna ed esterna di monitoraggio per il controllo dell'impianto agrivoltaico;
- impianto colturale.

Nel complesso l'intervento di realizzazione dell'impianto agrivoltaico, conterà delle seguenti opere:

- installazione delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici;
- installazione dei moduli fotovoltaici;
- installazione degli inverter di stringa;
- installazione delle cabine di trasformazione;
- installazione della cabina di raccolta utente e della reattanza shunt;
- realizzazione dei collegamenti elettrici BT e AT di campo;
- realizzazione della viabilità interna ed esterna per l'accesso all'impianto;
- realizzazione del cavidotto AT di vettoriamento esterno al campo agrivoltaico;
- realizzazione dell'impianto colturale.

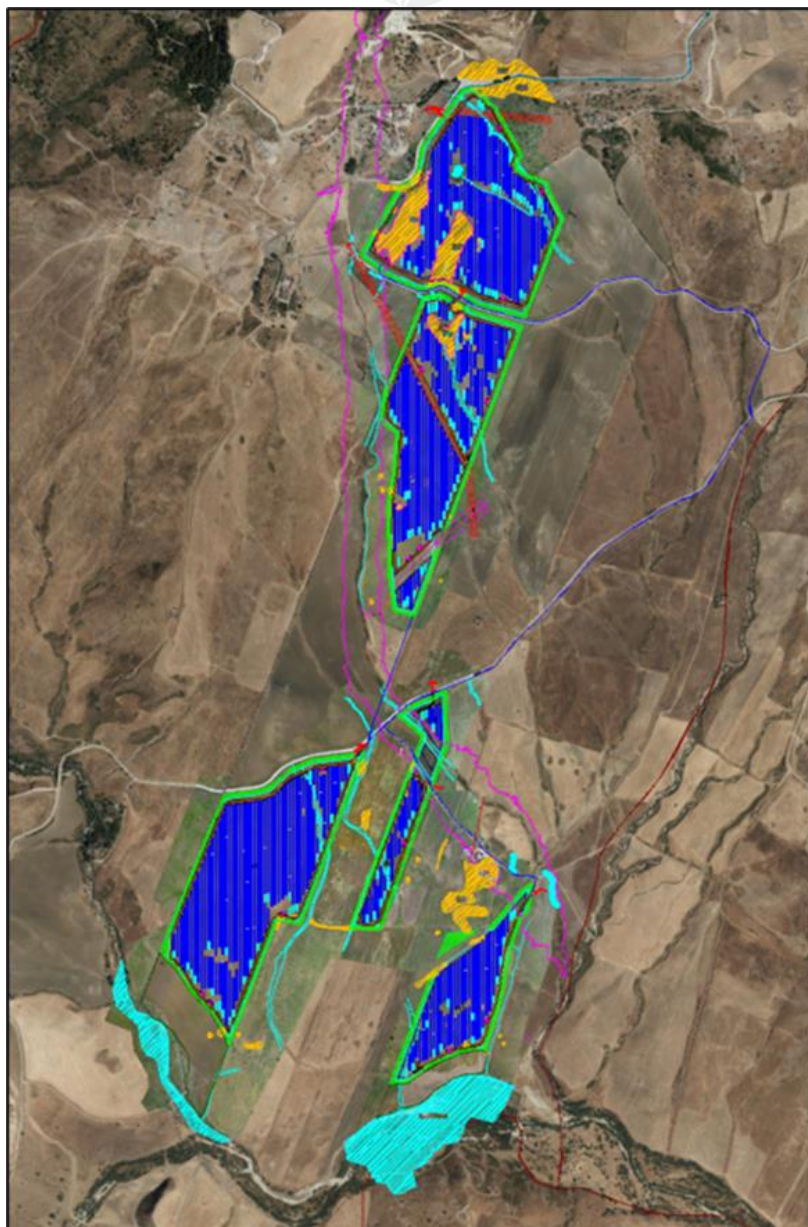


Figura 4 - Layout impianto agrivoltaico

#### 4. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'area interessata dall'impianto agrivoltaico ricade all'interno del bacino idrografico del "Fiume San Leonardo", censito dal P.A.I. al numero 033.

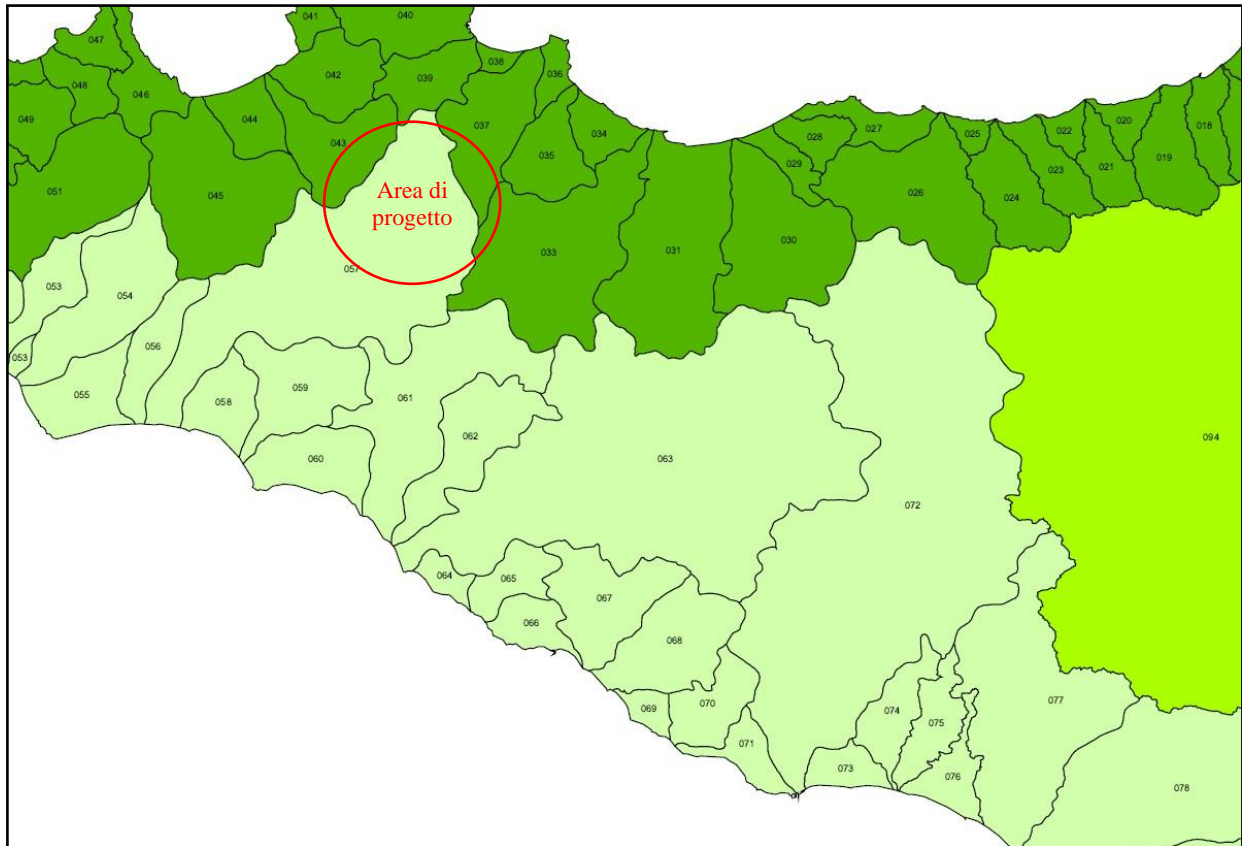


Figura 5: Stralcio dei Bacini idrografici della Regione Sicilia

L'attuale condizione geomorfologica del bacino del S. Leonardo è la conseguenza di processi tettonici (tettonica compressiva miocenica e tettonica distensiva plio-quadernaria) cui ha fatto seguito l'azione geomorfologica degli agenti esogeni che hanno modellato la superficie topografica generando le attuali morfostrutture.

Il Fiume San Leonardo è il corso d'acqua principale della costa settentrionale della Sicilia.

Il suo bacino idrografico si estende per circa 506 Km<sup>2</sup> di cui circa quattrocento sono stati dichiarati montani con R.D n° 3301 del 2/11/1933.

Il bacino si sviluppa tra la catena costiera (Monti di Trabia, Monte S. Calogero) e le propaggini settentrionali dei Monti Sicani (M. Cardellia, M. Barracù, Monti di Prizzi); esso confina ad est con il bacino del F. Torto, a SE con quello del F. Platani, a sud con quello del F. Sosio, a SO con quello del Belice sinistro e ad ovest con quello del F. Milicia.

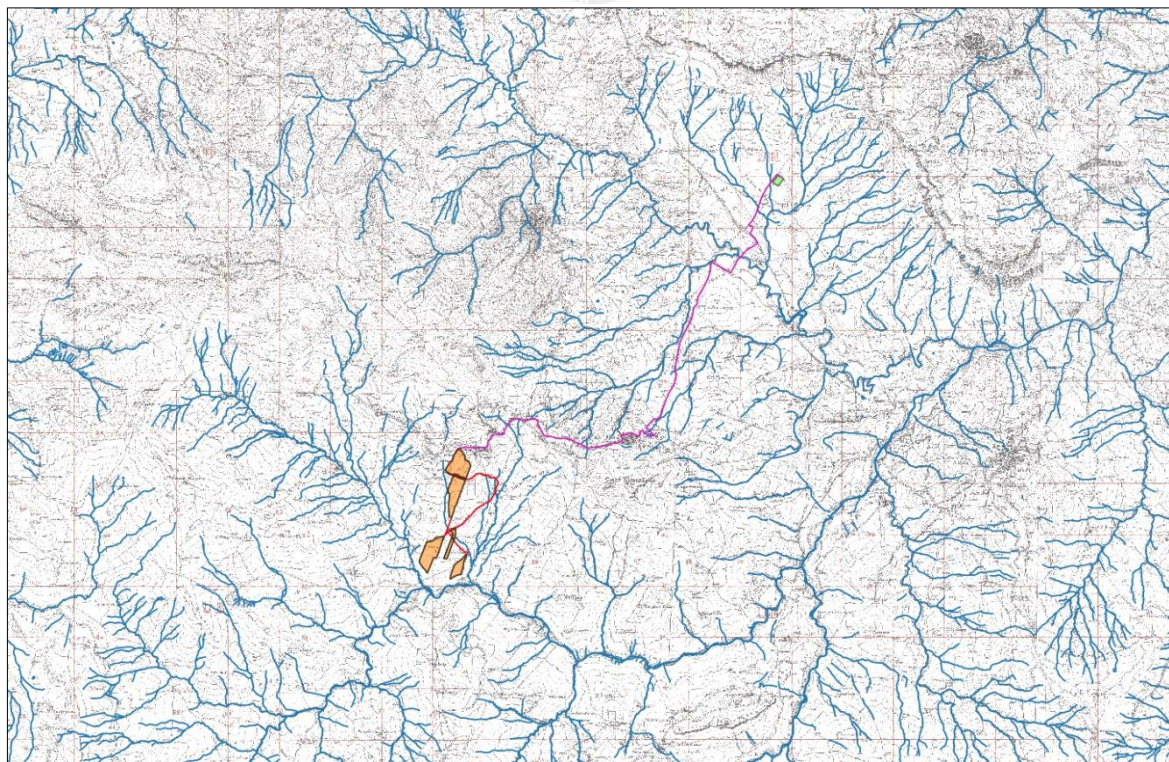


Figura 6: Reticoli idrografici su IGM 25.000

Per definire il microclima dell'area territoriale dei bacini idrografici del Fiume San Leonardo, sono stati considerati gli elementi climatici *temperatura e piovosità* registrati presso le stazioni termo-pluviometriche e pluviometriche situate all'interno dell'area in esame o limitrofe ad essa. Le stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche presenti nel bacino del San Leonardo, secondo i dati presenti nel P.A.I. del bacino di appartenenza, sono le seguenti:

STAZIONE	LOCALITA'	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Lat.	Long.
Caccamo	Caccamo	Pluviometro	521	4.199.326	382.823
Campofelice di Fitalia	Campofelice di Fitalia	Pluviometro	730	4.186.627	366.500
Ciminna	Ciminna	Termo-pluviometro	500	4.195.780	372.512
Mezzojuso	Mezzojuso	Pluviometro	500	4.192.199	365.124
Monumentale	Termini Imerese	Pluviometro	6	4.204.833	385.830
Vicari	Vicari	Pluviometro	650	4.186.511	373.836

Figura 7: Elenco delle stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche del bacino del F. San Leonardo

La stazione pluviometrica in prossimità dell'impianto agrivoltaico in esame è la *Stazione di Campofelice di Fitalia (PA)*, come si può notare dall'immagine seguente.



Figura 7: Ubicazione delle stazioni pluviometriche con indicazione dell’impianto

Di seguito si riporta, per l’ultimo trimestre dell’anno corrente 2023, le informazioni registrate mese per mese dei valori dell’altezza di pioggia e dei giorni piovosi.

Stazioni	maggio 2023						giugno 2023						luglio 2023						Ultimo giorno piovoso *	Precipitazioni cumulative dal 1° gen **
	Precipitazioni (mm) **			Giorni piovosi (S) **			Precipitazioni (mm) **			Giorni piovosi (S) **			Precipitazioni (mm) **			Giorni piovosi (S) **				
	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec		
Alia	5	44,8	48,6	20	20	36,4	19,6	4,6	0	30	20	0	0	...	...	0	...	...	15/06/2023	...
Camporeale	7	59,2	32,6	20	60	27,3	29,6	5,2	0	30	20	0	0,2	...	...	0	...	...	15/06/2023	...
Castelbuono	39,8	88,6	9,4	30	40	18,2	25,8	15,2	0	30	30	0	0	...	...	0	...	...	16/06/2023	...
Castello Erettilia	5,2	63,6	21	10	60	15,2	13,8	11,2	0	30	20	0	0	...	...	0	...	...	15/06/2023	...
Corleone	14	65,6	58,2	40	60	36,4	38	28,4	0	30	30	0	0	...	...	0	...	...	16/06/2023	...
Gangi	34	64,8	55,6	50	30	36,4	70	13	0	50	30	0	0	...	...	0	...	...	16/06/2023	...
Giuliana	8,4	74	20,8	30	60	27,3	57,4	8,6	0	40	20	0	0	...	...	0	...	...	15/06/2023	...
Lascari	30	96	13	30	40	27,3	26	16,2	0,8	30	30	0	0	...	...	0	...	...	16/06/2023	...
Mezzojuso	33,6	50,4	74,5	30	60	36,4	42,4	8,4	0	40	10	0	0	...	...	0	...	...	14/06/2023	...
Molmenti	39	63	25,8	20	40	27,3	27,4	4,8	0	40	20	0	0	...	...	0	...	...	15/06/2023	...
Monreale Biferrea	11,2	58,8	67,2	40	60	45,5	35,5	8	0	50	10	0	0	...	...	0	...	...	14/06/2023	...
Monreale Vigna Api	9,4	60,6	52,6	20	50	27,3	31	8	0	40	20	0	0	...	...	0	...	...	15/06/2023	...
Palermo	4,4	93,2	10,4	20	60	27,3	28,4	7,2	0	20	20	0	0	...	...	0	...	...	16/06/2023	...
Parritico	6,2	70	33,4	30	40	27,3	26,6	17,4	0	20	20	0	0	...	...	0	...	...	16/06/2023	...
Petralia Sottana	74,4	62,2	54,6	30	40	45,5	30	2,8	0	40	10	0	0	...	...	0	...	...	15/06/2023	...
Polizzi Generosa	29,8	49,4	83	50	20	45,5	23,2	23,4	0	30	30	0	0	...	...	0	...	...	16/06/2023	...
Prizzi	13,2	71,4	36,9	40	60	18,2	50	9	0	30	20	0	0	...	...	0	...	...	15/06/2023	...
Scafani Bagli	8	53,6	123,2	20	30	45,5	32,2	4,4	0	40	10	0	0	...	...	0	...	...	14/06/2023	...
Stazioni	maggio 2023						giugno 2023						luglio 2023						Ultimo giorno piovoso *	Precipitazioni cumulative dal 1° gen **
	Precipitazioni (mm) **			Giorni piovosi (S) **			Precipitazioni (mm) **			Giorni piovosi (S) **			Precipitazioni (mm) **			Giorni piovosi (S) **				
	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec	I dec	II dec	III dec		
Termini Imerese	28,2	67,8	37	20	50	27,3	50,2	8,8	0	20	20	0	0	...	...	0	...	...	15/06/2023	...

Figura 8: Dati misurati dalle stazioni meteo della Provincia di Palermo

Secondo le perimetrazioni del P.A.I., l’impianto agrivoltaiico di progetto risulta esterno alle aree a pericolosità idraulica P4, P3, P2 e P1.

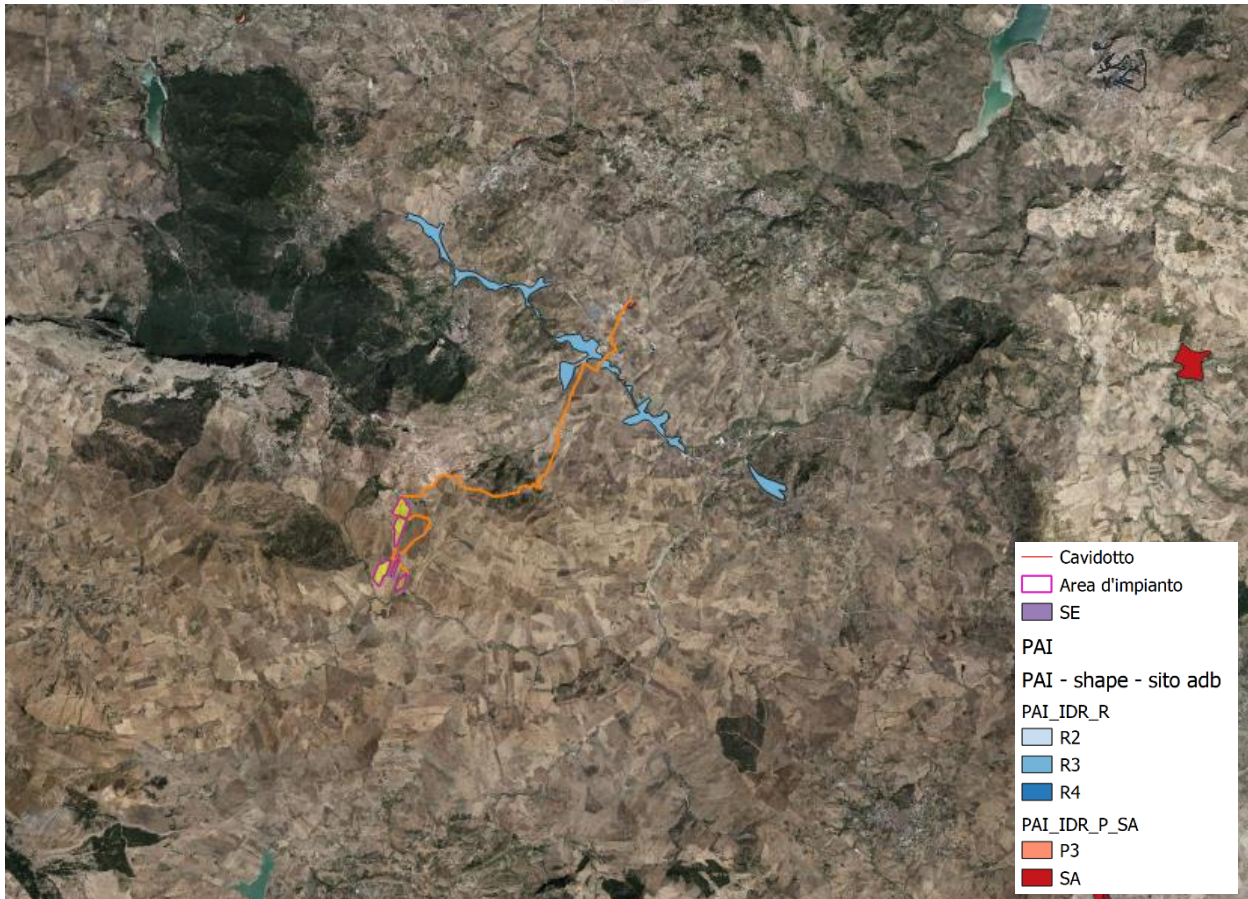


Figura 9: Stralcio delle perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica del PAI

Geologicamente l'area oggetto di studio rientra nel Foglio 258 "Corleone" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.

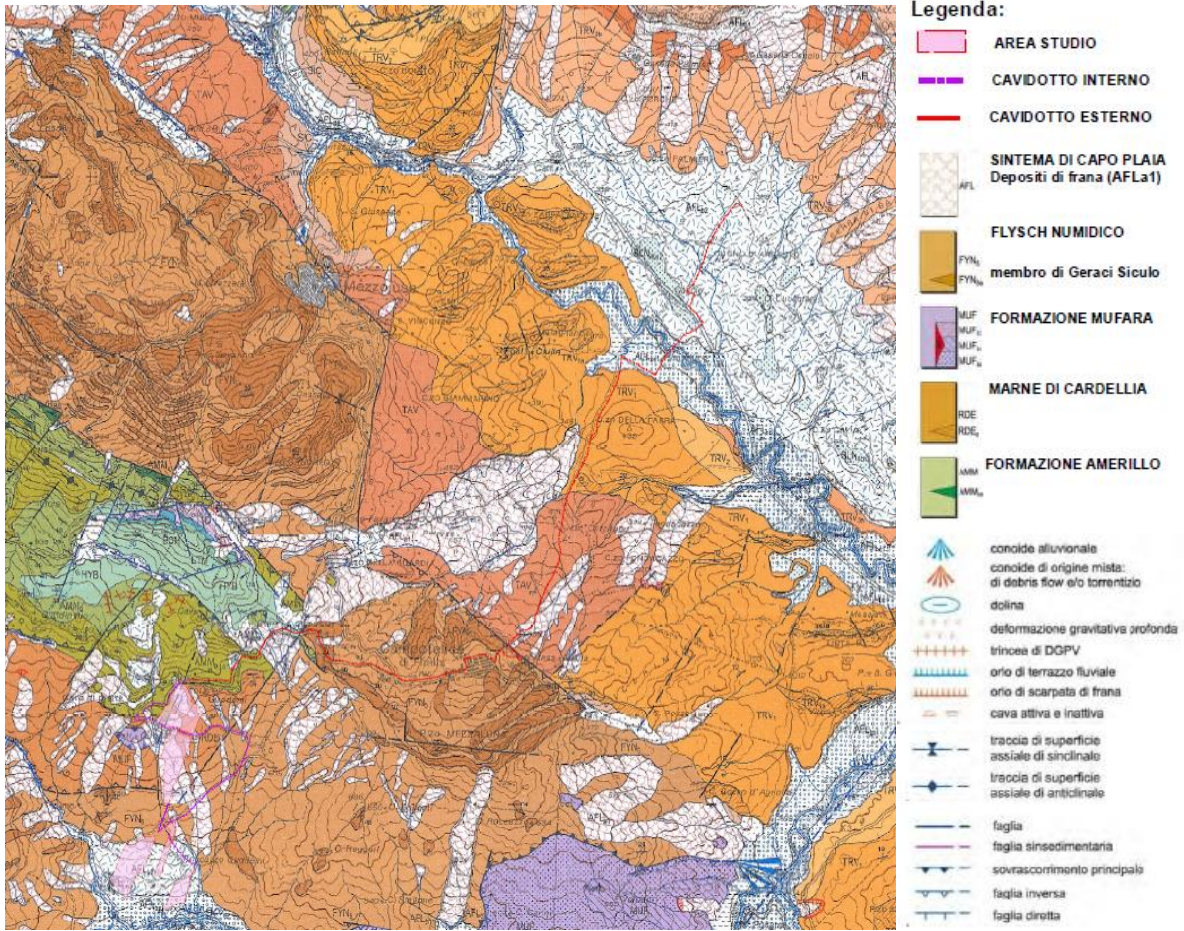


Figura 10: Inquadramento geologico



## 5. STUDIO IDROLOGICO

Lo studio idrologico ha la finalità di definire le portate generate da un bacino idrografico in conseguenza ad eventi meteorici con prefissato tempo di ritorno. Nello specifico, il P.A.I. della Regione Sicilia ha individuato i tempi di ritorno di 50, 100 e 300 anni, per la definizione degli scenari rispettivamente di alta, media e bassa pericolosità idraulica.

Lo studio idrologico si compone delle seguenti fasi:

1. analisi morfologica per la determinazione delle caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici;
2. analisi pluviometrica per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno;
3. trasformazione afflussi - deflussi per il calcolo della portata al colmo di piena.

### 5.1 *Analisi morfologica*

L'analisi morfologica consiste nella delimitazione dei bacini idrografici affluenti e nella determinazione delle caratteristiche morfometriche degli stessi. I bacini sono determinati sulla base del modello digitale del terreno (Digital Elevation Model – DEM), mediante procedure automatiche in ambiente GIS. È stato utilizzato il DTM 2x2 m disponibile sul WebGis.

Per poter stimare gli afflussi meteorici e valutare le portate di piena, sono stati calcolati i contributi dei vari sottobacini idrografici. L'analisi idrologica è, quindi, rivolta ai diversi bacini di studio:

Bacini	Area (Kmq)	L <sub>asta</sub> (Km)	H <sub>max</sub> (m.s.l.m)	H <sub>min</sub> (m.s.l.m)	H <sub>mean</sub> (m.s.l.m)	Dislivello (m)	i <sub>media</sub> bacino (%)	i <sub>asta</sub> (%)	i <sub>asta</sub> (m/m)
Bacino 1	1.56	1.95	1091.85	418.82	714.98	673.03	21.39	34.51	0.35



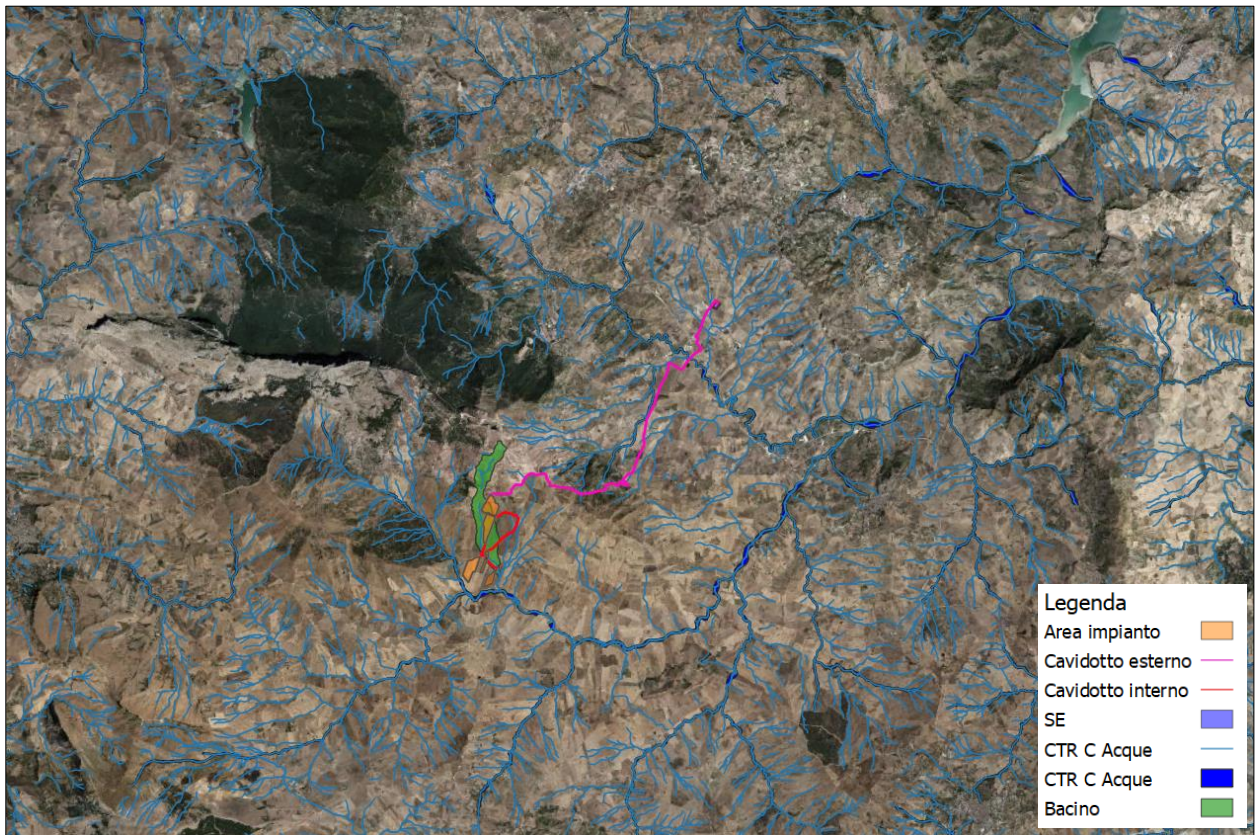


Figura 11: Inquadramento bacini idrografici con layout di progetto

## 5.2 Analisi pluviometrica

L'analisi pluviometrica consiste nella determinazione delle curve di possibilità pluviometrica (C.P.P.) per diversi tempi di ritorno, curve che esprimono la relazione tra le altezze di precipitazione e la durata dell'evento meteorico ed è del tipo:  $h = a \cdot t^n$ .

La pioggia è all'origine del processo di formazione delle portate di piena nei bacini idrografici relativi all'area in esame. I fenomeni meteorologici che generano le precipitazioni sono talmente complessi da non potere essere trattati come un processo deterministico a partire da condizioni iniziali e al contorno note. Pertanto, sotto il profilo pratico, lo studio delle piogge si limita ad utilizzare metodologie statistiche basate sulle osservazioni pluviometriche.

Il modello TCEV (*Two Component Extreme Value Distribution*) permette di determinare le altezze di pioggia  $h$  e le relative intensità  $i$ , seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messa a punto dal progetto VaPi.

La regionalizzazione delle piogge mira a superare i limiti relativi alla scarsa informazione pluviometrica (spesso costituita da singole serie di durata limitata e poco attendibili per le elaborazioni statistiche), utilizzando in modo coerente tutta l'informazione pluviometrica disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riconducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La prima, denominata *componente base*, assume valori non elevati ma frequenti, mentre la seconda (*componente straordinaria*) genera eventi più rari ma mediamente più rilevanti (appartenenti ad una differente fenomenologia metereologica).

La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni parametri statistici.

Nel *primo livello di regionalizzazione* si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico  $Gt$  delle serie dei massimi annuali delle piogge di assegnata durata  $t$  sia costante per la regione Sicilia. La Sicilia si può pertanto ritenere una zona pluviometrica omogenea ed i valori dei parametri  $\Theta^*=2.24$  e  $\Lambda^*=0.71$  sono costanti ed indipendenti dalla durata  $t$ .

Il *secondo livello di regionalizzazione* riguarda l'individuazione di sottozone omogenee, interne a quella individuata al primo livello, nelle quali risulti costante, oltre al coefficiente di asimmetria, anche il coefficiente di variazione della legge teorica.

Al secondo livello di regionalizzazione la Sicilia è suddivisa in cinque sottozone pluviometriche omogenee: Z0 -Z5, Z1, Z2, Z3, Z4. A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro  $\lambda_1$  (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base), che risulta indipendente dalla durata. Le sottozone Z0 e Z5 possono anche essere "unite" e considerate come una sottozona unica, visti i valori pressoché identici del parametro  $\lambda_1$ .

In ogni sottozona, il fattore di crescita  $K_T$  in funzione della collocazione geografica del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia e del tempo di ritorno  $T$ , assume la seguente espressione:  $K_T = a * \ln(T) + b$

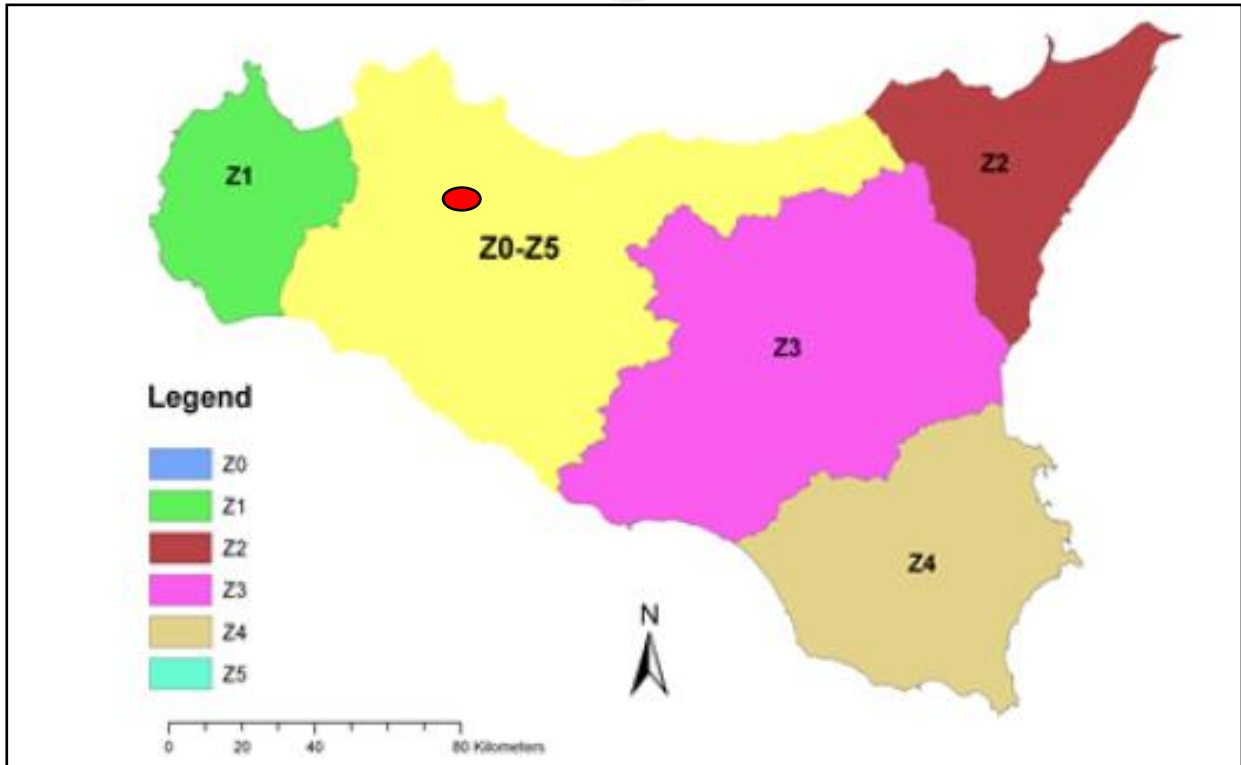


Figura 12: Sottozone pluviometriche omogenee per la regione Sicilia con la zona di impianto (cerchio in rosso)

<i>Sottozona</i> <i>Parametro</i>	<i>Z<sub>0</sub>-Z<sub>5</sub></i>	<i>Z<sub>1</sub></i>	<i>Z<sub>2</sub></i>	<i>Z<sub>3</sub></i>	<i>Z<sub>4</sub></i>
<i>a</i>	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
<i>b</i>	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Figura 13: Valori dei coefficienti a e b per la definizione del fattore di crescita

Nel caso in esame, i bacini idrografici del presente studio ricadono nella zona omogenea Z0-Z5; il fattore di crescita è calcolato attraverso la seguente espressione  $K_T$  è pari a:

$$K_T = 0.4485 \cdot \ln(T) + 0.5117.$$

a	b	T	<b>KT</b>
0.4485	0.5117	50	<b>2.27</b>
0.4485	0.5117	100	<b>2.58</b>
0.4485	0.5117	300	<b>3.07</b>

Al terzo livello di regionalizzazione, è possibile ricavare l'espressione della curva di possibilità pluviometrica (C.P.P.) per i diversi tempi di ritorno:  $h(t, T) = K_T * h$ ; in cui  $h(t, T)$  è l'altezza di pioggia di assegnata durata  $t$  e fissato tempo di ritorno,  $K_T$  è il fattore di crescita e  $h$  è la media teorica.

Per le stazioni pluviografiche siciliane la media teorica  $h$  risulta coincidente con quella campionaria; per ciascuna delle 172 stazioni siciliane che vantano almeno 10 anni di

funzionamento è stato riconosciuto il seguente legame di tipo potenza tra la media campionaria e la durata  $t$ :  $h = a \cdot t^n$ .

Per ogni stazione pluviografica i valori dei coefficienti  $a$  ed  $n$  sono tabellati. Per i siti sprovvisti di stazioni di misura i coefficienti  $a$  ed  $n$  possono essere stimati sulla base della carta delle iso- $a$  e delle iso- $n$ . Nelle seguenti figure è possibile vedere la variazione dei coefficienti  $a$  ed  $n$  per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

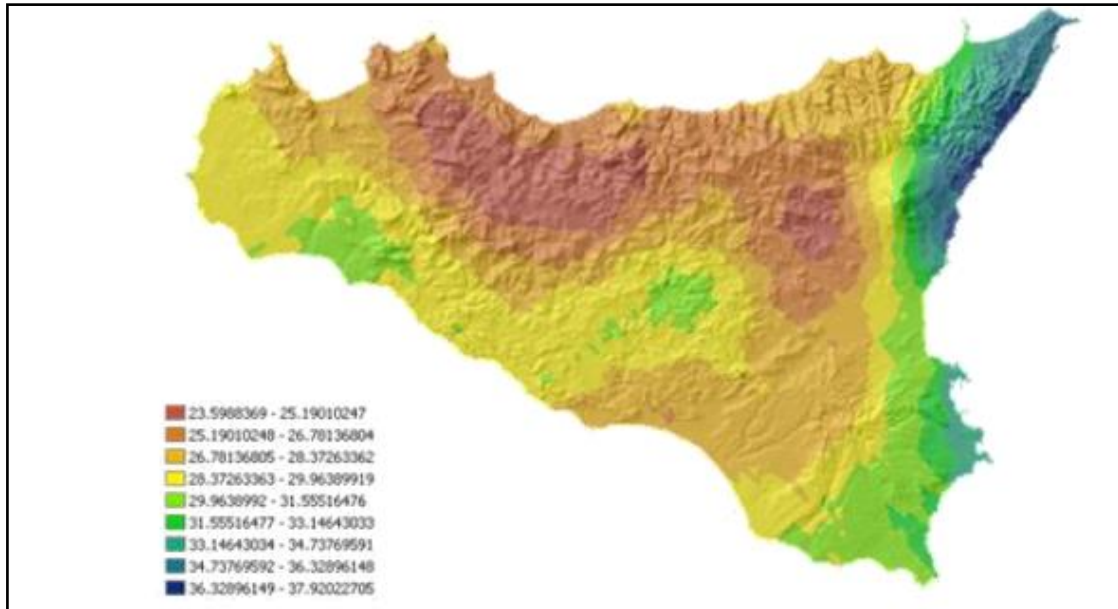


Figura 14: Valori del coefficiente a

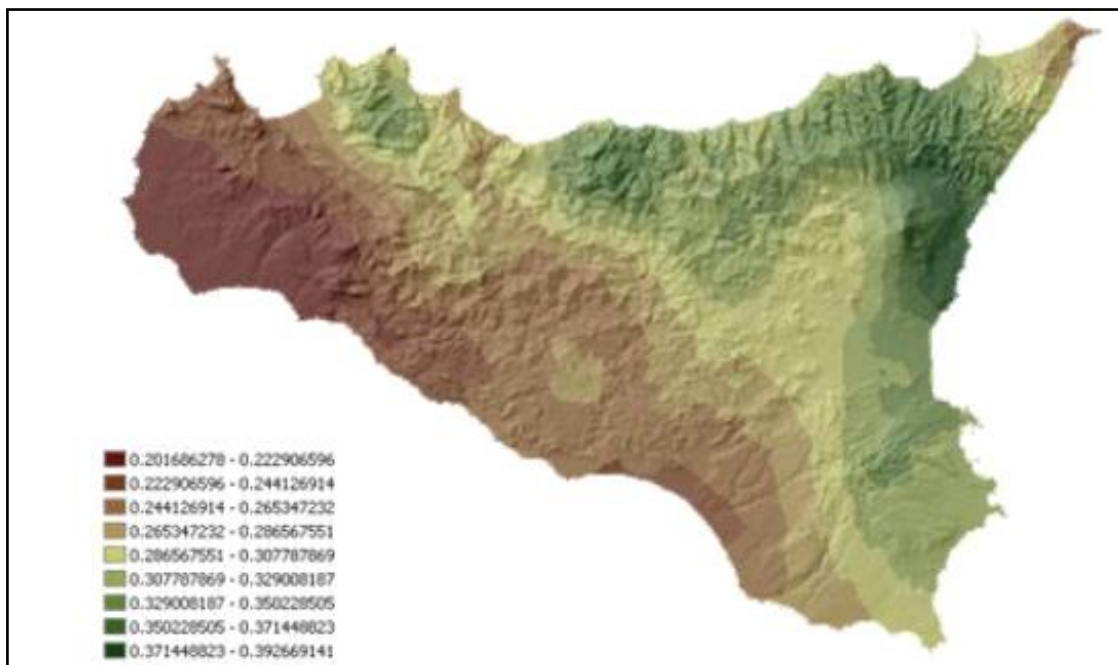


Figura 15: Valori del coefficiente n

La stazione pluviometrica di riferimento è la stazione meteo di **Campofelise di Fitalia (PA)**, i cui valori di  $a$  e  $n$  sono rispettivamente pari a  $a=22.90$  e  $n=0.2244$ .

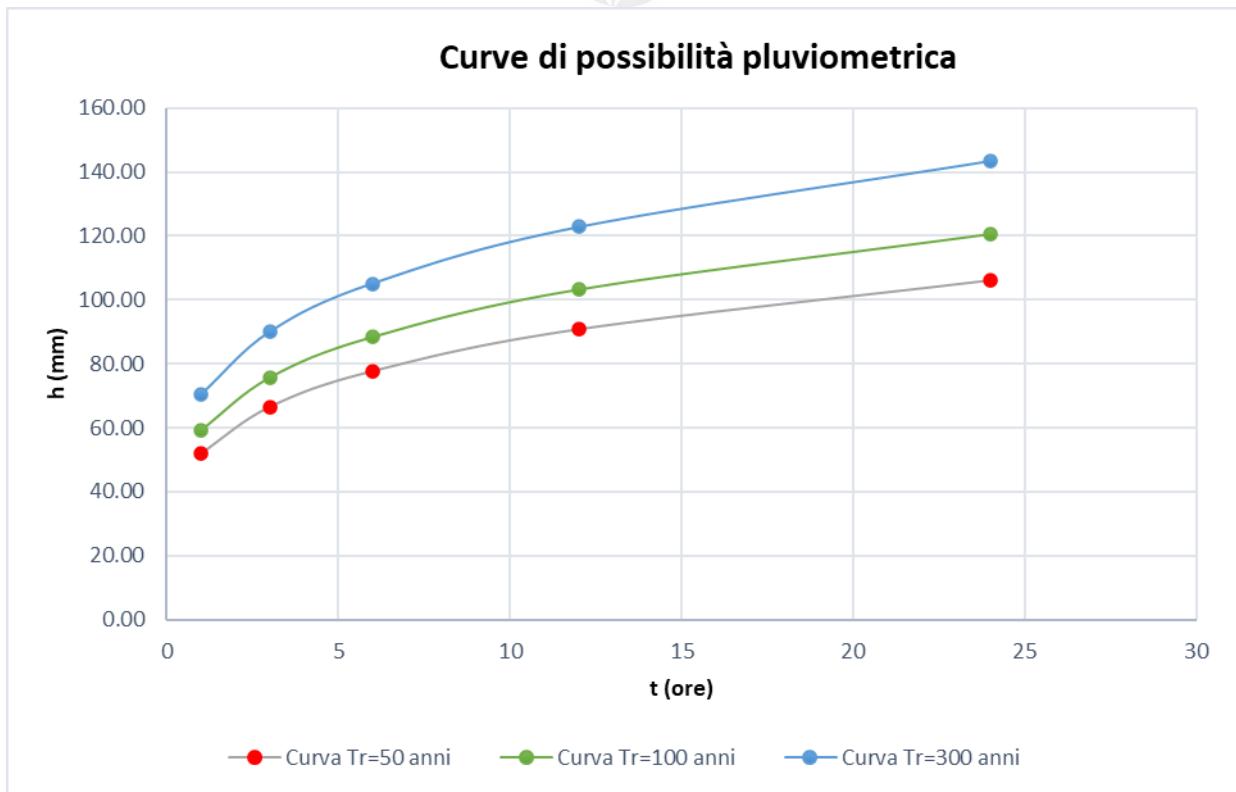
19	Imbriaca	S. Leonardo	22,6	0,3567
20	Vicari	S. Leonardo	22,5	0,3205
21	Campofelise di Fitalia	S. Leonardo	22,9	0,2244
22	Mezzoiuso	S. Leonardo	20,6	0,3415
23	Sambuchi	S. Leonardo	19,5	0,3172
24	Caccamo	S. Leonardo	22,0	0,3414
25	Ciminna	S. Leonardo	20,8	0,3529
26	Monumentale	S. Leonardo	29,3	0,2608

L'espressione analitica della C.P.P. è la seguente:  **$h(t) = 22.90 * t^{0.2244}$** .

A questo punto è possibile calcolare il valore dell'altezza di pioggia in funzione della durata di pioggia e per i diversi tempi di ritorno.

t (ore)	a	n	h (mm)	KT 50	h <sub>50</sub> (mm)	KT 100	h <sub>100</sub> (mm)	KT 300	h <sub>300</sub> (mm)
1	22.90	0.2244	<b>22.90</b>	2.27	<b>51.98</b>	2.58	<b>59.08</b>	3.07	<b>70.30</b>
3	22.90	0.2244	<b>29.30</b>	2.27	<b>66.52</b>	2.58	<b>75.60</b>	3.07	<b>89.96</b>
6	22.90	0.2244	<b>34.23</b>	2.27	<b>77.71</b>	2.58	<b>88.32</b>	3.07	<b>105.10</b>
12	22.90	0.2244	<b>39.99</b>	2.27	<b>90.79</b>	2.58	<b>103.19</b>	3.07	<b>122.78</b>
24	22.90	0.2244	<b>46.73</b>	2.27	<b>106.07</b>	2.58	<b>120.55</b>	3.07	<b>143.45</b>

Tr (anni)	50	100	300
t (ore)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1	51.98	59.08	70.30
3	66.52	75.60	89.96
6	77.71	88.32	105.10
12	90.79	103.19	122.78
24	106.07	120.55	143.45



La principale caratteristica delle misure di precipitazione è quella di essere *puntuali*, cioè di riferirsi al punto in cui è posizionato lo strumento.

La quantità di precipitazione che affluisce in un fissato intervallo di tempo in una data *area* deve essere valutata, in linea di principio, a partire dalle misure puntuali effettuate dalle stazioni di misura ricadenti nell'area o in essa limitrofe.

Tuttavia, data la vicinanza della stazione considerata ai bacini scolanti e le ridotte dimensioni di tali bacini ( $S < 20 \text{ km}^2$ ), non si individuano le superfici di influenza e non verrà effettuato il ragguaglio spaziale delle precipitazioni.

### **5.3** Modello afflussi-deflussi

Le portate di progetto sono state calcolate attraverso *metodi indiretti*, che consentono la determinazione delle portate di piena a partire dalle precipitazioni che cadono sui diversi bacini. Secondo le N.T.A. del P.A.I., nel caso di bacini idrografici di limitata estensione (fino a  $20 \text{ km}^2$ ) si può ricorrere per la determinazione della portata di massima piena al *Metodo Razionale*.

La *formula razionale* consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno T mediante la seguente relazione:

$$Q_T = \frac{\varphi \cdot i_T \cdot S}{3,6}$$

dove:

- $Q_T$  è la portata di piena di assegnato tempo di ritorno T ed è espressa in  $m^3/s$ ;
- $\varphi$  è il coefficiente di deflusso adimensionale;
- $i_T$  è l'intensità critica della precipitazione, di assegnato tempo di ritorno, corrispondente al tempo di corrivazione, espressa in mm/h;
- S è la superficie del bacino espressa in  $km^2$ ;
- 3,6 è un fattore di conversione delle unità di misura.

Dopo avere ricostruito le curve di possibilità pluviometrica è necessario individuare *l'intensità critica di precipitazione*, cioè l'intensità di quella pioggia, supposta anche uniformemente distribuita sul bacino, che determina la portata massima nell'idrogramma di piena di tempo di ritorno T. La pioggia critica è quella di durata pari al *tempo di corrivazione o concentrazione*  $t_c$ , definito come segue:

- il tempo di corrivazione di un bacino è il tempo necessario alla goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino;
- il tempo di corrivazione è quel tempo che eguagliato alla durata della precipitazione determina il raggiungimento del valore più elevato di portata nella sezione di chiusura del bacino, mettendo in crisi la rete idrografica.

Esso può essere calcolato tramite diverse formule, tra cui quelle utilizzate sono:

- Pugliesi:  $6 * Lasta^{2/3} * (Q_{max} - Q_{min})^{-1/3}$
- Pezzoli:  $0.055 * L / i_a^{0.5}$
- Kirpich:  $0.000325 * (L * 1000)^{0.77} * i_b^{-0.385}$
- Ventura:  $0.1272 * (A / i_a)^{0.5}$

dove:

A ( $km^2$ ) = area del bacino idrografico

L (km) = lunghezza dell'asta principale

$Q_{max}$  (m) = quota massima del bacino idrografico

$Q_{min}$  (m) = quota minima del bacino idrografico

$Q_{med}$  (m) = quota media del bacino idrografico

$i_a$  (m/m) = pendenza media dell'asta principale

$i_b$  (m/m) = pendenza media del bacino idrografico

Bacini	Pugliesi	Pezzoli	Kirpich	Ventura	media	tc (ore)
Bacino 1	1.07	0.18	0.20	0.27	0.431	<b>0.45</b>

A questo punto è possibile calcolare le intensità critica di precipitazione  $i_T$ :

Bacini	$t=t_c$ (ore)	$h_{50}$ (mm)	$i_{50}$ (mm/h)	$h_{100}$ (mm)	$i_{100}$ (mm/h)	$h_{300}$ (mm)	$i_{300}$ (mm/h)
Bacino 1	0.45	39.45	<b>87.67</b>	44.84	<b>99.64</b>	53.35	<b>118.56</b>

La stima del valore di  $\phi$ , coefficiente di deflusso, relativamente a ciascuna superficie omogenea (tipo di suolo, tessitura, caratteristiche locali di permeabilità) è stata condotta facendo riferimento ai valori tabellati da Benini (*Sistemazioni idraulico-forestali, 1990*).

Nello specifico, si sono utilizzati i seguenti valori del coefficiente di afflusso:

- $\phi=0.35/0.40$  per terreni agricoli con colture permanenti;
- $\phi=0.35/0.40$  per terreni agricoli seminativi
- $\phi=0.30$  per terreni boscati e ambienti semi naturali con vegetazioni arbustive e erbacee.

Nel caso in esame, è stato utilizzato un valore pari a 0.35 corrispondente a una classe di uso del suolo classificati come seminativi con tratti destinati a vigneti.

Bacini	S (km <sup>2</sup> )	$\phi$	$i_{50}$ (mm/h)	$Q_{50}$ (mc/s)	$i_{100}$ (mm/h)	$Q_{100}$ (mc/s)	$i_{300}$ (mm/h)	$Q_{300}$ (mc/s)
Bacino 1	1.56	0.35	87.67	<b>13.30</b>	99.64	<b>15.11</b>	118.56	<b>17.98</b>

Si hanno le seguenti portate al colmo di piena per tempi di ritorno pari a 50, 100 e 300 anni:

Bacini	$Q_{50}$ (mc/s)	$Q_{100}$ (mc/s)	$Q_{300}$ (mc/s)
<b>Bacino 1</b>	13.30	15.11	17.98



## **6. CONCLUSIONI**

Sulla base dello studio idrologico svolto, che ha portato alla definizione delle portate di piena transitanti nei corsi d'acqua per tempi di ritorno assegnati, è stato condotto lo studio idraulico consistente nella modellazione idraulica bidimensionale dei corpi idrici che interferiscono con l'impianto eolico, svolta in condizioni di moto non stazionario per tempo di ritorno di 100 anni, per la quale si rimanda alla "Relazione Idraulica" allegata al progetto definitivo.