

## PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEI COMUNI DI GANGI (PA) E CALASCIBETTA (EN)



### Tecnico

ing. Danilo POMPONIO

Via Degli Arredatori, 8  
70026 Modugno (BA) - Italy  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net  
tel. (+39) 0805046361 - fax (+39) 0805619384

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

### Collaborazioni

ing. Milena MIGLIONICO  
ing. Giulia CARELLA  
ing. Valentina SAMMARTINO  
ing. Tommaso MANCINI  
ing. Fabio MASTROSERIO  
ing. Martino LAPENNA  
ing. Margherita DEBERNARDIS  
ing. Miriam MATARRESE  
pianif. terr. Antonio SANTANDREA  
ing. Nunzia ZECCHILLO  
ing. Mariano MARSEGLIA  
ing. Giuseppe Federico ZINGARELLI  
ing. Dionisio STAFFIERI

### Responsabile Commessa

ing. Danilo POMPONIO

ELABORATO		TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
<b>V16</b>		<b>Relazione idrologica</b>	<b>22116</b>	<b>D</b>		
			CODICE ELABORATO			
			<b>DC22116D-V16</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>DC22116D-V16.doc</b>		<b>22 + copertina</b>	
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato	
00	30/10/22	Emissione	Matarrese	Miglionico	Pomponio	
01						
02						
03						
04						
05						
06						

## INDICE

1	PREMESSA .....	2
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	2
3	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO PROGETTUALE .....	5
4	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO .....	8
5	STUDIO IDROLOGICO .....	13
5.1	Analisi morfologica .....	13
5.2	Analisi pluviometrica.....	14
5.3	Modello afflussi-deflussi .....	19
6	CONCLUSIONI .....	22

## 1 PREMESSA

La presente relazione descrive le opere relative al progetto per la realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica proposto dalla società **Sorgenia Maestrale S.r.l.**

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 13 aerogeneratori, del tipo Siemens-Gamesa con rotore pari a 170 m e altezza al tip di 210 m, ciascuno di potenza nominale pari a 4,52 MW, per una potenza complessiva di 58,76 MW, da realizzarsi nei comuni di Gangi (PA) e Calascibetta (EN), in cui insistono gli aerogeneratori e le relative opere di connessione che attraversano anche i territori di Enna e Villarosa (EN), per il collegamento alla futura Stazione Elettrica Terna di Villarosa, mediante rete elettrica interrata a 36 kV.

## 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

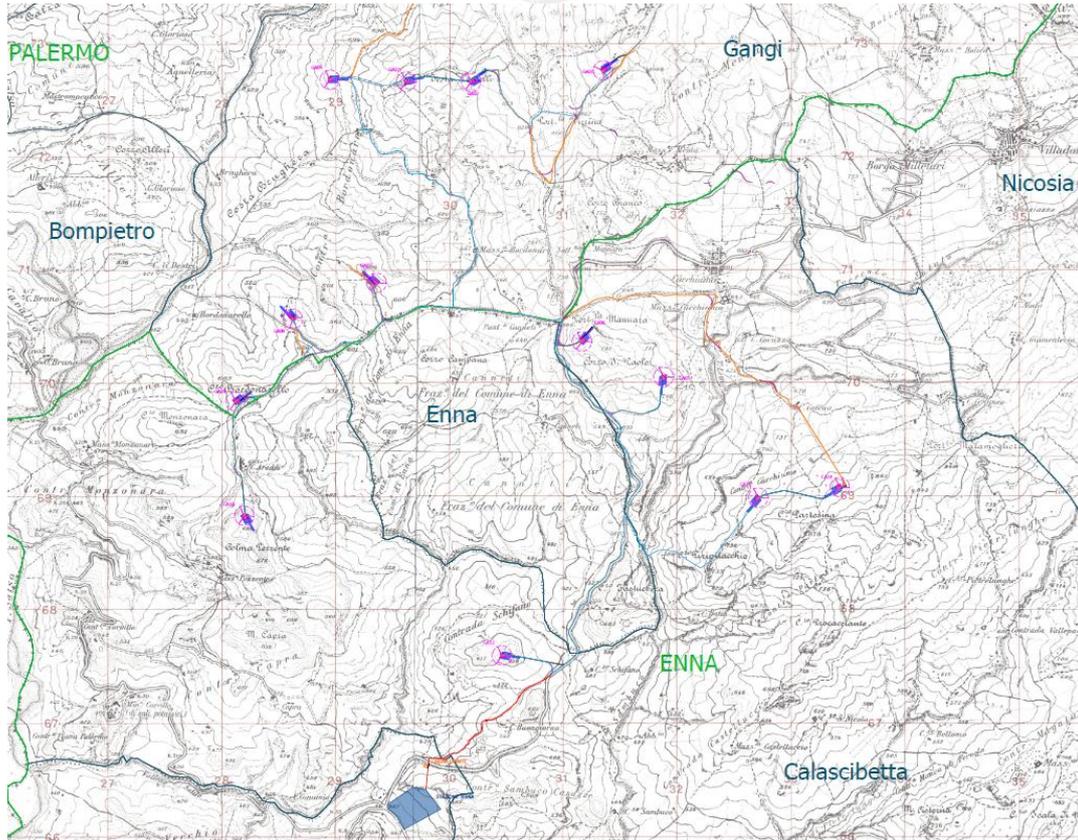
Il parco eolico di progetto sarà ubicato a ridosso del confine comunale tra Gangi (PA) e Calascibetta (EN), rispettivamente a distanza di 10,5 km e 6 km dai centri urbani. I terreni sui quali si installerà il parco eolico, interessa una superficie vasta, anche se la quantità di suolo effettivamente occupato è significativamente inferiore e limitato alle aree di piazzole dove verranno installati gli aerogeneratori, come visibile sugli elaborati planimetrici allegati al progetto. L'area di progetto, intesa come quella occupata dai 13 aerogeneratori di progetto con annesso piazzole, dai cavidotti AT interni e dal cavidotto AT esterno, interessa i territori comunali di Gangi (PA), Calascibetta (EN), Enna e Villarosa (EN).

Dal punto di vista cartografico, le opere di progetto ricadono nelle seguenti tavolette e fogli di mappa catastale:

- Foglio I.G.M. scala 1:25.000 – Tavolette n° 622 "Gangi" e n° 623 "Nicosia"
- CTR scala 1:10.000 – Tavolette nn. 622070, 622110, 622120, 622150
- F.M. 73, 74, 78, 79 80 del comune di Gangi
- F.M. 281, 282, 283, 284, 285, 286 del comune di Enna
- F.M. 1, 5, 7, 10, 18, 19, 20 del comune di Calascibetta
- F.M. 4 del comune di Villarosa

Di seguito, si riporta la tabella riepilogativa in cui sono indicate per ciascun aerogeneratore le relative coordinate e le particelle catastali dei Comuni di Gangi (PA) e Calascibetta (EN).

WTG	COORDINATE GEOGRAFICHE WGS84		COORDINATE PLANIMETRICHE UTM33 WGS 84		DATI CATASTALI		
	LATITUDINE	LONGITUDINE	EST (X)	NORD (Y)	Comune	foglio	p.lla
GA01	37°41'52.11"	14°13'14.10"	431289	4172573	Gangi	74	120
GA02	37°41'48.55"	14°12'26.85"	430131	4172473	Gangi	79	7
GA03	37°41'48.43"	14°12'3.62"	429562	4172474	Gangi	79	101
GA04	37°41'48.79"	14°11'36.26"	428892	4172491	Gangi	80	4
CA05	37°40'24.39"	14°13'36.70"	431820	4169865	Calascibetta	1	124
CA06	37°40'34.33"	14°13'7.37"	431104	4170177	Calascibetta	1	320
GA07	37°40'50.61"	14°11'53.62"	429302	4170694	Gangi	79	140
GA08	37°40'40.05"	14°11'23.73"	428567	4170375	Gangi	80	69
GA09	37°40'16.22"	14°11'3.54"	428066	4169645	Gangi	80	57
CA10	37°39'43.51"	14°11'7.00"	428142	4168636	Calascibetta	10	113
CA12	37°39'4.03"	14°12'39.66"	430402	4167400	Calascibetta	18	10
CA13	37°39'49.93"	14°14'10.89"	432649	4168796	Calascibetta	5	32
CA14	37°39'53.11"	14°14'40.13"	433366	4168888	Calascibetta	5	54



**LEGENDA**

	Aerogeneratori		Viabilità di nuova realizzazione
	Piazzola definitiva		Adeguamenti stradali temporanei
	Piazzola temporanea		Stazione Terna "Villanova"
	Cavidotto interno AT		Cabina utente
	Cavidotto esterno AT		Limiti comunali
	Adeguamenti stradali		Limiti provinciali

**Figura 1: Ubicazione dell'area di impianto specifica degli aerogeneratori su IGM**



**LEGENDA**

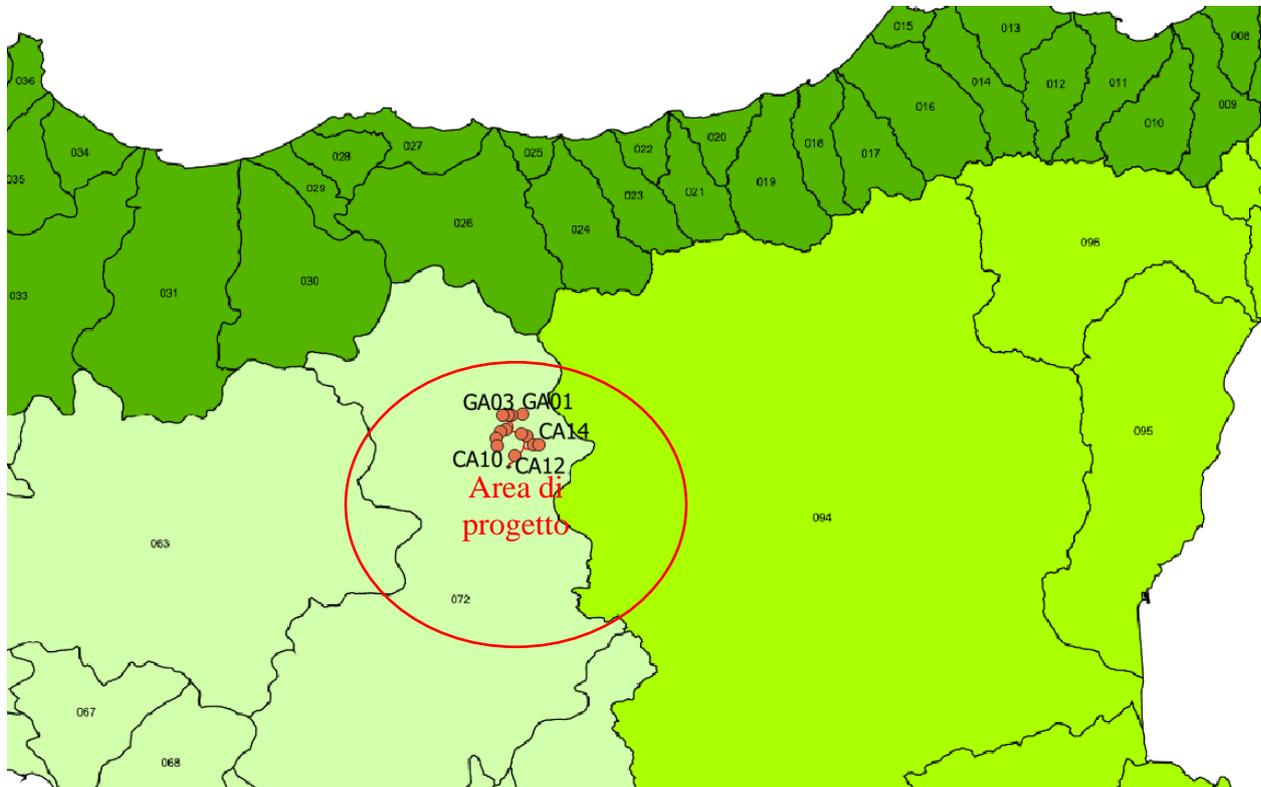
	Aerogeneratori		Adegamenti stradali temporanei
	Piazzola definitiva		Stazione Terna "Villanova"
	Piazzola temporanea		Cabina utente
	Cavidotto interno AT		Limiti comunali
	Cavidotto esterno AT		Limiti provinciali
	Adegamenti stradali		
	Viabilità di nuova realizzazione		

**Figura 2: Ubicazione dell'area di impianto su ortofoto**



#### 4 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

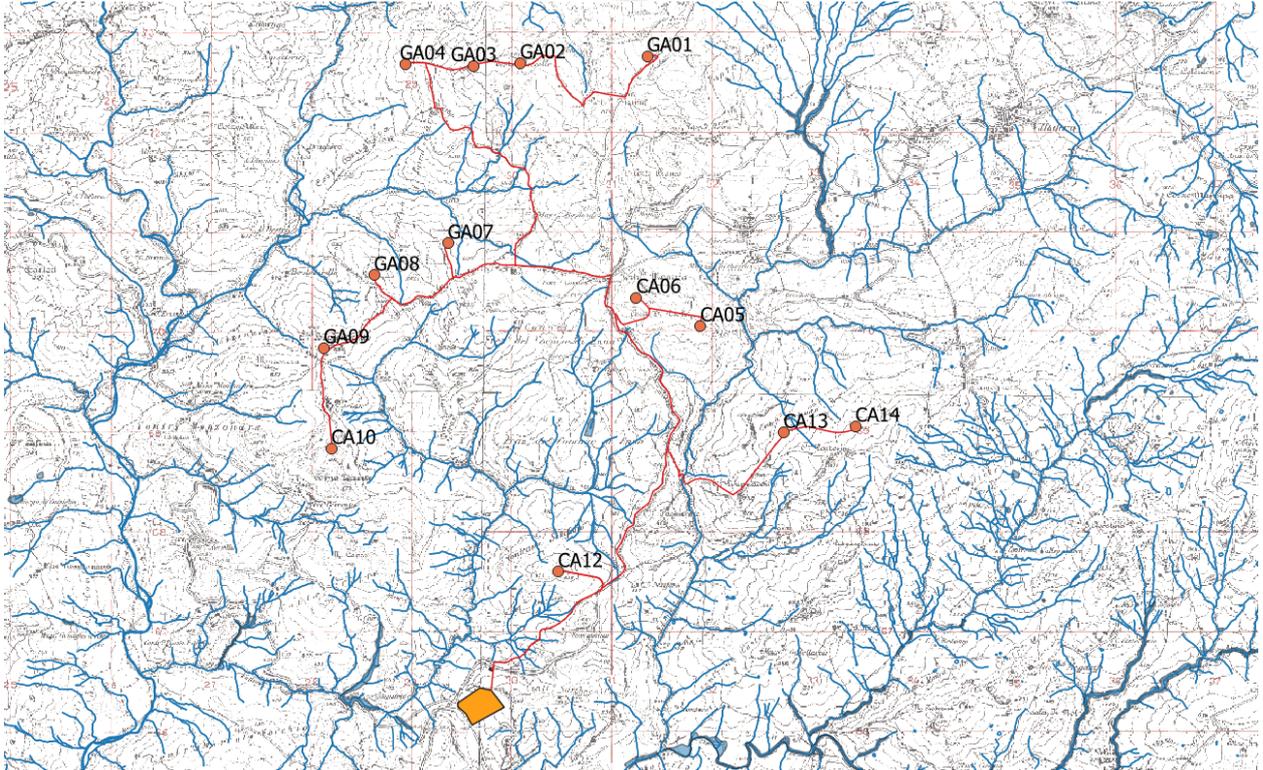
L'area interessata dall'impianto eolico ricade all'interno del bacino idrografico del "Fiume Imera Meridionale", censito dal P.A.I. al numero 072.



**Figura 3: Stralcio dei Bacini idrografici della Regione Sicilia**

Il Fiume Imera Meridionale, invece, lungo circa 132 km, nasce a Portella Mandarinini sul versante meridionale delle Madonie e, dopo aver attraversato la Sicilia centro-meridionale, sfocia nel Canale di Sicilia in corrispondenza dell'abitato di Licata, in provincia di Agrigento.

Lungo il suo percorso riceve gli apporti di numerosi corsi d'acqua secondari ed accoglie i deflussi di un considerevole numero di linee di drenaggio minori.



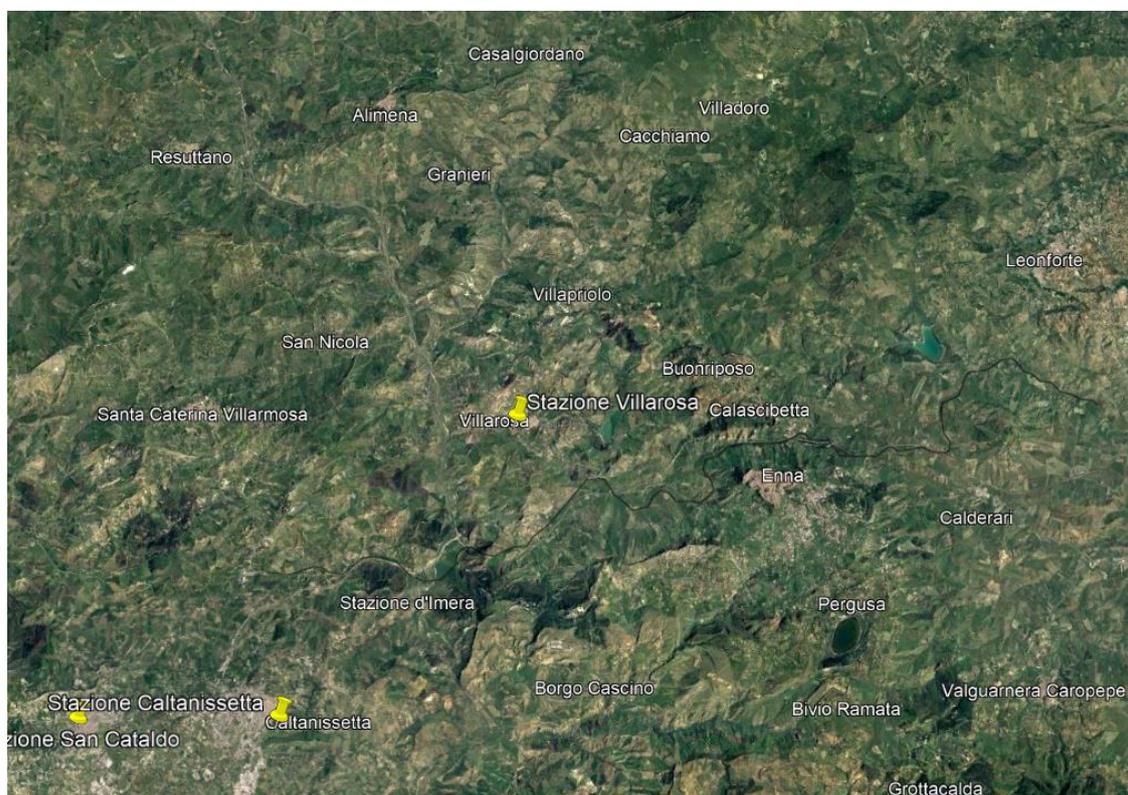
**Figura 4: Reticolo idrografici su IGM 25.000**

Per definire il microclima dell'area territoriale del bacino idrografico del Fiume Imera Meridionale 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 Fiume Imera Meridionale, secondo i dati presenti nel P.A.I. del bacino di appartenenza, sono le seguenti:

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Nord	Est
ALIMENA	1965-1994	Pluviometro	750	4172966N	422127E
CALTANISSETTA	1965-1994	Termo-pluviometro	570	4148970N	417480E
ENNA	1965-1994	Termo-pluviometro	950	4158040N	436700E
GANGI	1965-1994	Pluviometro	1000	4183995N	429568E
LICATA	1965-1994	Termo-pluviometro	142	4106565N	405211E
MAZZARINO	1965-1994	Termo-pluviometro	560	4128520N	429090E
PETRALIA SOTTANA	1965-1994	Termo-pluviometro	930	4184090N	419297E
PIETRAPERZIA	1965-1994	Pluviometro	525	4141500N	423300E
RESUTTANO	1965-1994	Pluviometro	642	4171190N	414760E
RIESI	1965-1994	Pluviometro	369	4126760N	418740E
S. CATALDO	1965-1994	Pluviometro	625	4149040N	410110E
S. CATERINA VILLAROSA	1965-1994	Pluviometro	606	4160090N	414640E
SOMMATINO	1965-1994	Pluviometro	369	4132400N	409930E
VILLAROSA	1965-1994	Pluviometro	525	4159980N	426420E

**Figura 5: Elenco delle stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche del bacino del F. Imera Meridionale**

La stazione pluviometrica in prossimità dell'impianto eolico in esame è la *Stazione di Villarosa (EN)*, come si può notare dall'immagine seguente.



**Figura 6: Ubicazione delle stazioni pluviometriche con indicazione dell'impianto**

Di seguito si riporta, per l'ultimo trimestre dell'anno corrente 2022, le informazioni registrate mese per mese dei valori dell'altezza di pioggia e dei giorni piovosi.

Stazioni	agosto 2022						settembre 2022						ottobre 2022						Ultimo giorno piovoso *	Precipitazioni cumulate dal 1° giorno **
	Precipitazioni (mm) **			Giorni piovosi (n) **			Precipitazioni (mm) **			Giorni piovosi (n) **			Precipitazioni (mm) **			Giorni piovosi (n) **				
	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		
Alta	2,6	1,6	0,8	10	10	0	0	0,2	25,8	0	0	20	13,6	---	---	30	---	---	15/10/2022	---
Camporeale	0	21,6	0,6	0	20	0	0,4	4,2	80,4	0	10	30	7,8	---	---	10	---	---	14/10/2022	---
Castelbuono	9,8	15,2	4,4	20	10	9,1	0	0	11,8	0	0	10	13,4	---	---	30	---	---	15/10/2022	---
Contessa Entellina	20	6	0	10	10	0	0	3,4	141,2	0	20	30	46,4	---	---	20	---	---	13/10/2022	---
Corleone	20,8	32,8	2,8	30	20	9,1	0	2,4	154	0	10	40	11,4	---	---	20	---	---	14/10/2022	---
Gangi	19	6	2,2	20	20	9,1	0	0,8	35,7	0	0	20	11,2	---	---	10	---	---	15/10/2022	---
Giuliana	20,2	16,8	3	30	10	9,1	0	3	89,8	0	10	30	44,2	---	---	30	---	---	13/10/2022	---
Lascari	33,2	18,2	14,4	20	10	27,3	0	0,2	33,8	0	0	30	22,6	---	---	30	---	---	15/10/2022	---
Mezzogiuso	22	2,2	13,2	20	10	9,1	0	1	48,4	0	0	30	8	---	---	30	---	---	13/10/2022	---
Misilmeri	20,8	20	4	10	10	9,1	0	0,4	72,6	0	0	40	6,6	---	---	20	---	---	15/10/2022	---
Monteale Bifarese	84,4	17,8	31	20	20	18,2	0	10,4	117,2	0	10	30	8,6	---	---	30	---	---	14/10/2022	---
Monteale Vigna Api	40,4	5,4	2,6	20	10	9,1	0	0,8	67,6	0	0	30	5,4	---	---	20	---	---	15/10/2022	---
Palermo	22,2	9,4	32,4	10	10	9,1	0	0,2	57,8	0	0	30	9	---	---	20	---	---	15/10/2022	---
Portofino	1	5,2	18,4	10	10	9,1	0	0,4	66,8	0	0	30	14,6	---	---	20	---	---	14/10/2022	---
Petralia Sottana	48,6	4	0	50	10	0	0	1	44,2	0	10	20	12,4	---	---	20	---	---	15/10/2022	---
Polizzi Generosa	40,4	8,8	7,6	40	20	18,2	0	0,2	16,8	0	0	10	10,4	---	---	20	---	---	15/10/2022	---
Prizzi	24,8	1,2	14,2	30	10	9,1	0	3,4	92	0	10	30	38	---	---	30	---	---	13/10/2022	---
Scalfari Bagli	3,2	4,8	0	10	20	0	0	0,8	40,4	0	0	10	30	---	---	20	---	---	15/10/2022	---
Termini Imerese	18,2	10,4	2	20	10	9,1	0	0	67,4	0	0	40	5,8	---	---	20	---	---	15/10/2022	---

Figura 7: Dati misurati dalla stazione meteo della Provincia di Palermo

Secondo le perimetrazioni del P.A.I., gli aerogeneratori di progetto, con le relative piazzole e opere di rete, risultano tutti esterni alle aree a pericolosità idraulica P4, P3, P2 e P1.

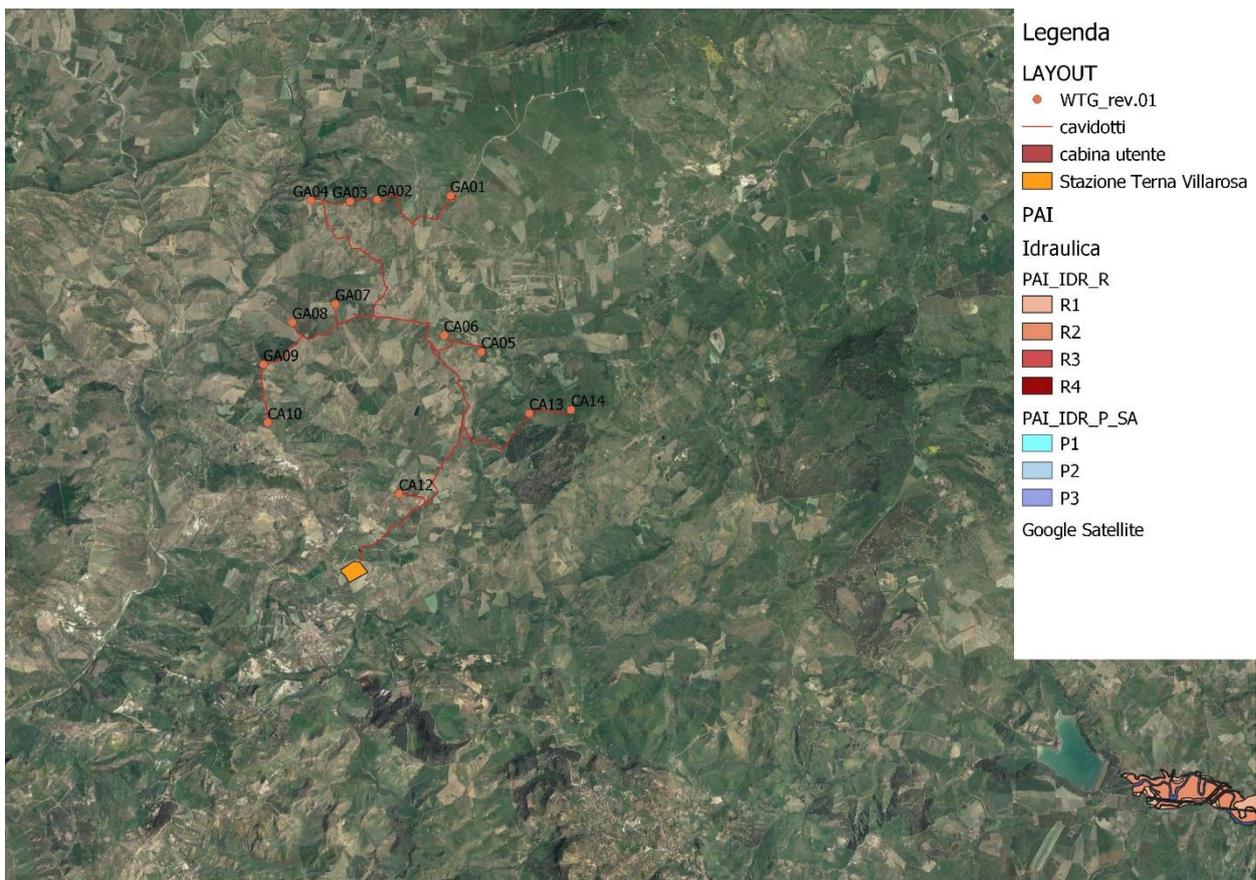
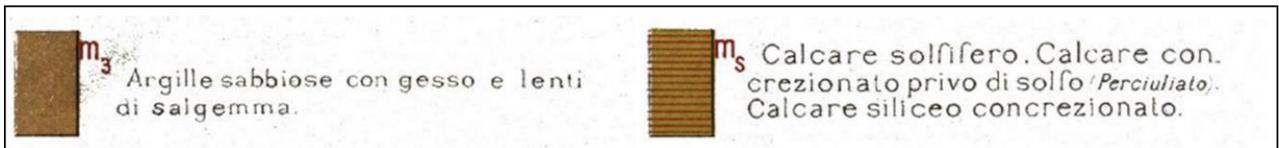


Figura 8: Stralcio delle perimetrazioni delle aree a rischio e pericolosità idraulica del PAI

Geologicamente l'area oggetto di studio rientra nel Foglio 631 "Caltanissetta-Enna" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000.



**Figura 9: 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:

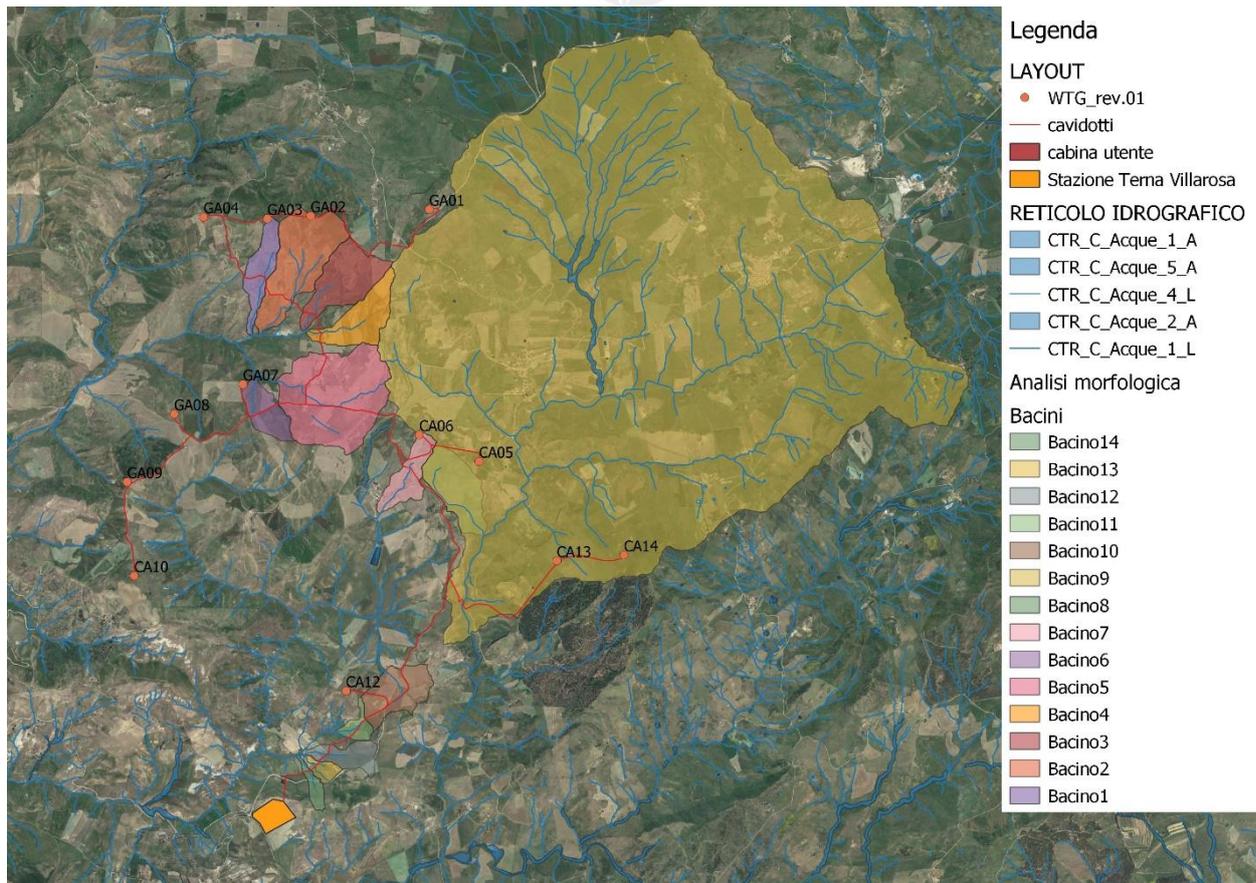
1. analisi morfologica per la determinazione delle caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici;
2. analisi pluviometrica per la definizione delle curve di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno;
3. trasformazione afflussi - deflussi per il calcolo della portata al colmo di 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	0.23	1.33	809.41	503.05	692.42	306.36	30.06	23.03	0.23
Bacino 2	0.64	1.63	854.22	519.48	725.55	334.74	26.46	20.54	0.21
Bacino 3	0.41	1.35	872.55	597.9	762.47	274.65	28.08	20.34	0.20
Bacino 4	0.33	1.31	870.51	602.42	753.23	268.09	27.02	20.46	0.20
Bacino 5	1.02	1.36	781.03	569.52	663.59	211.51	18.62	15.55	0.16
Bacino 6	0.20	0.91	688.36	542.57	624.86	145.79	22.91	16.02	0.16
Bacino 7	0.23	1.01	781.4	525.87	650.86	255.53	33.26	25.30	0.25
Bacino 8	0.38	1.30	777.68	558.21	668.92	219.47	31.30	16.88	0.17
Bacino 9	24.00	7.82	1163.7	519.08	786.24	644.62	23.50	8.24	0.08
Bacino 10	0.32	0.86	614	521.41	563.02	92.59	19.10	10.77	0.11
Bacino 11	0.07	0.57	614	499.95	561.95	114.05	28.00	20.01	0.20
Bacino 12	0.17	0.85	608.65	454.52	539.10	154.13	22.17	18.13	0.18
Bacino 13	0.06	0.58	558.23	454.28	508.04	103.95	30.60	17.92	0.18
Bacino 14	0.07	0.68	586.73	447.61	531.10	139.12	27.78	20.46	0.20



**Figura 10: 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 meteorologica).

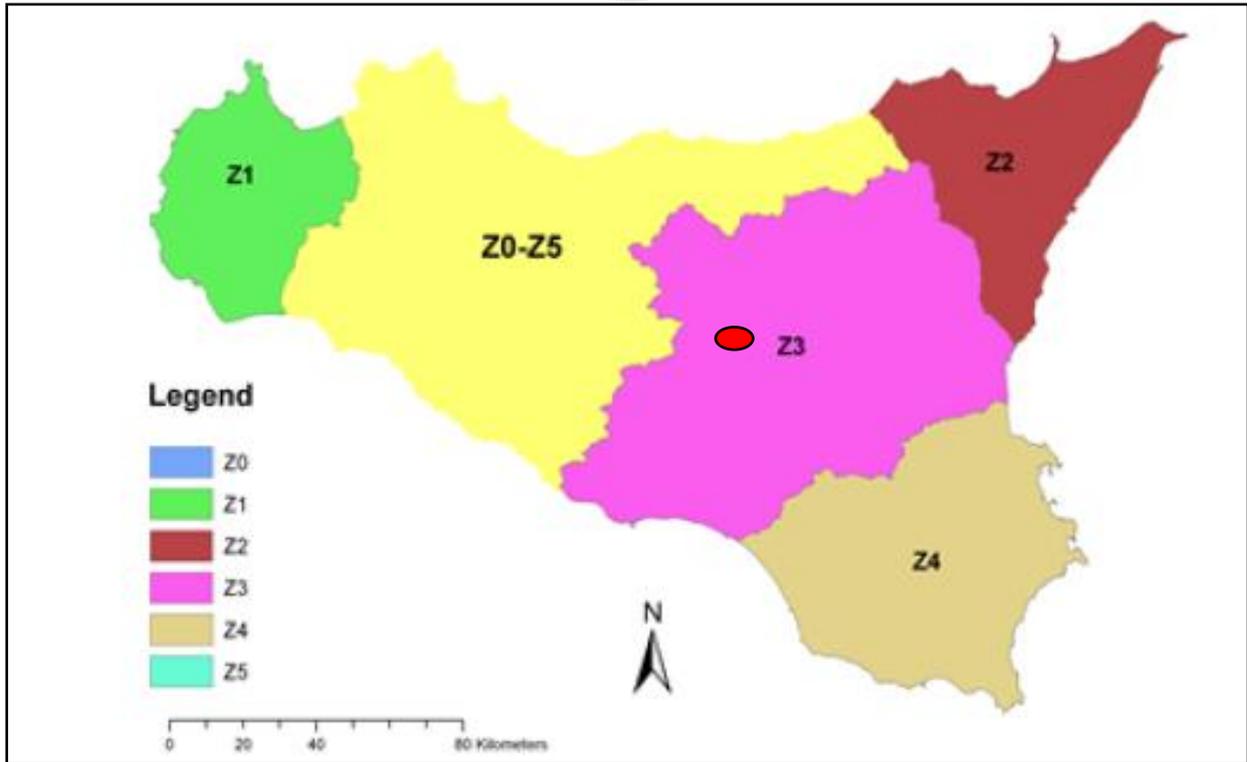
La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi in ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni parametri statistici.

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 11: 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 12: 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 Z3; il fattore di crescita è calcolato attraverso la seguente espressione  $K_T$  è pari a:

$$K_T = 0.5011 \cdot \ln(T) + 0.4545.$$

a	b	T	$K_T$
0.5011	0.4545	50	<b>2.41</b>
0.5011	0.4545	100	<b>2.76</b>
0.5011	0.4545	300	<b>3.31</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).

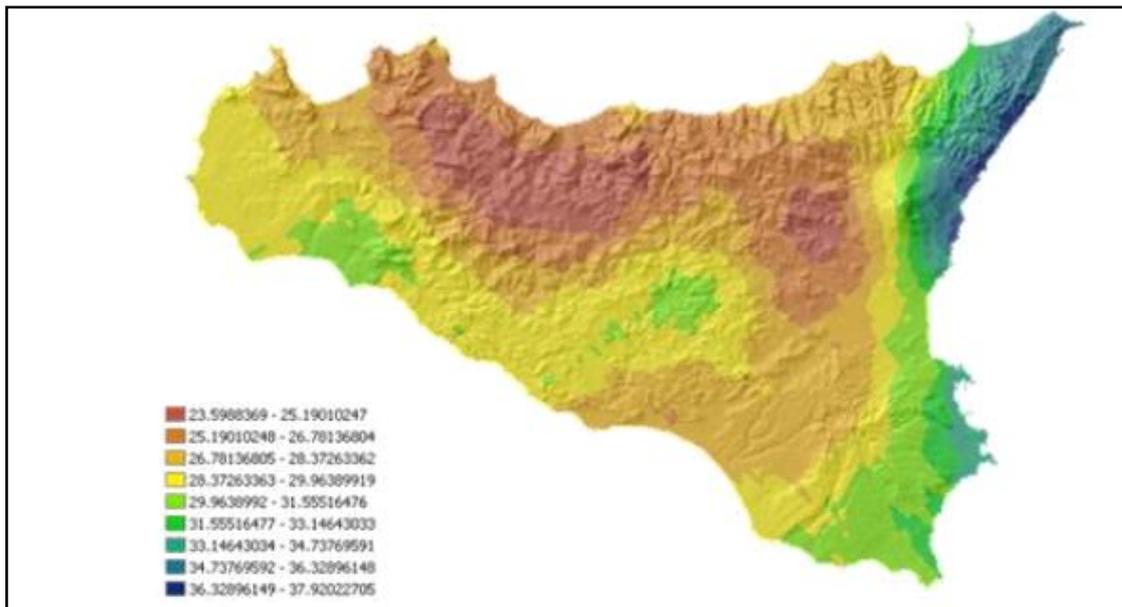


Figura 13: Valori del coefficiente a

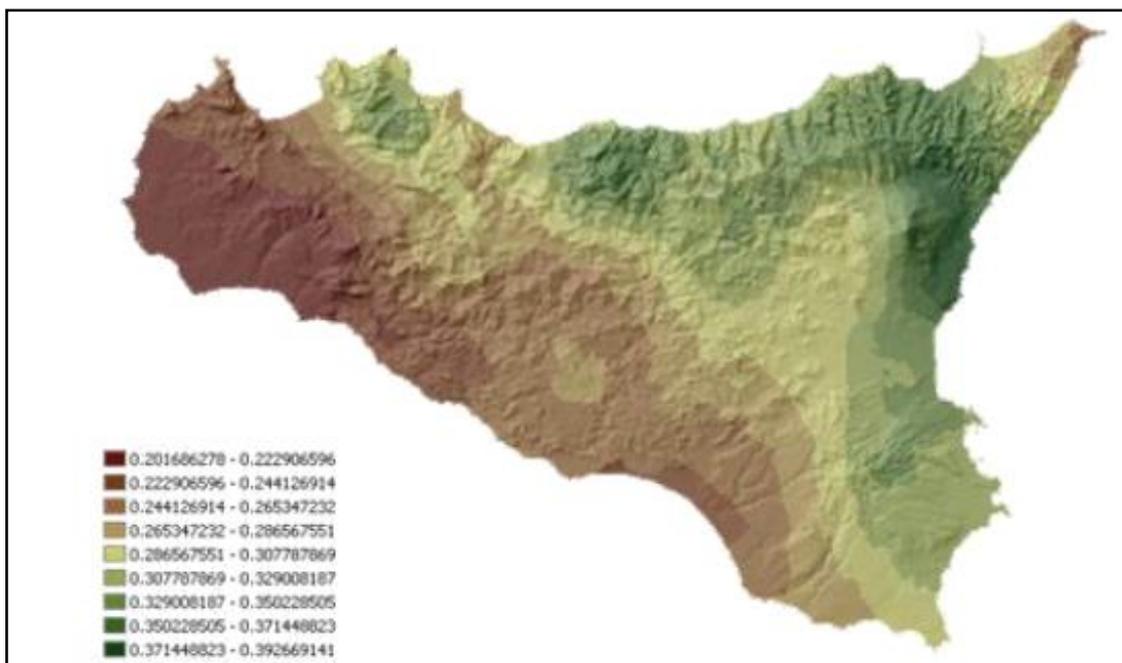


Figura 14: Valori del coefficiente n

La stazione pluviometrica di riferimento è la stazione meteo di **Villarosa (EN)**, i cui valori di  $a$  e  $n$  sono rispettivamente pari a  $a=26.60$  e  $n=0.2875$ .

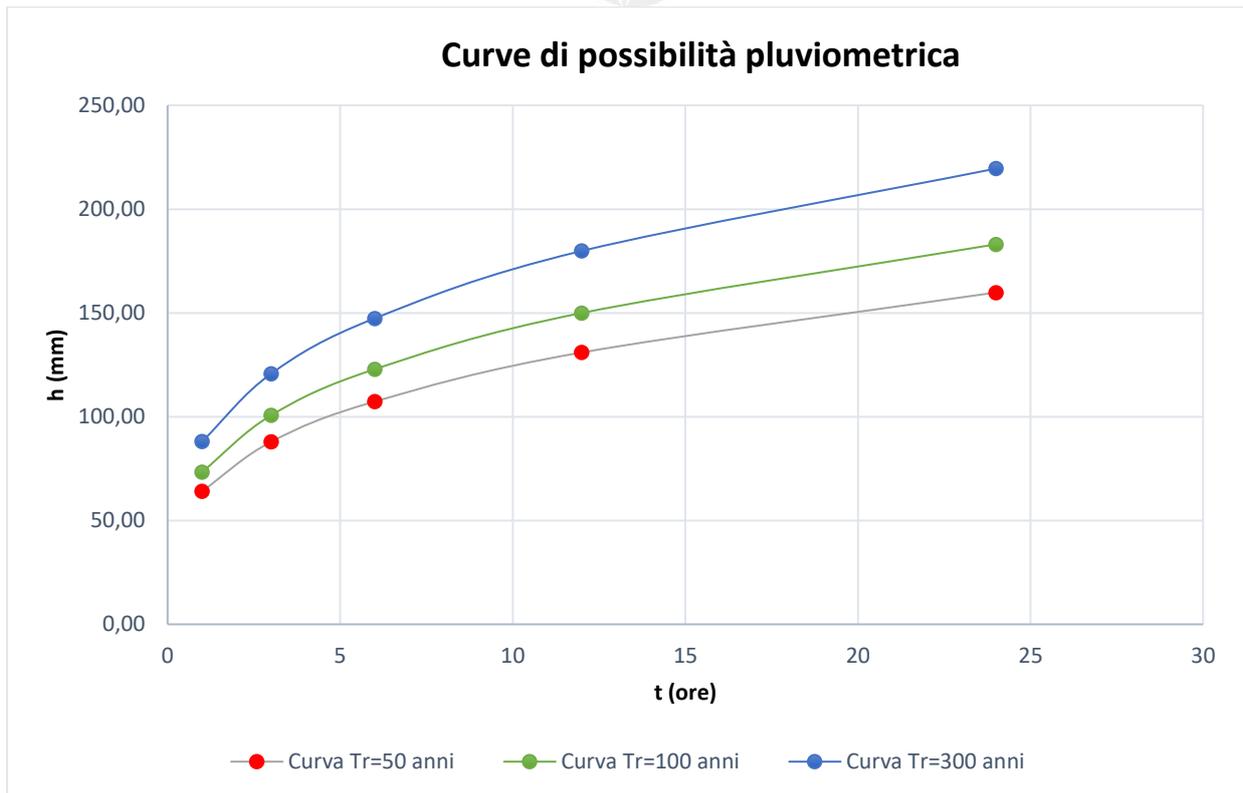
99	Capodarso	Imera Meridionale	32,2	0,1771
100	Enna	Imera Meridionale	30,6	0,4012
101	Villadoro	Imera Meridionale	25,9	0,3146
102	Villarosa	Imera Meridionale	26,6	0,2875
103	Caltanissetta (G. Civile)	Imera Meridionale	28,1	0,2588
104	Pietraperzia	Imera Meridionale	33,4	0,2100
105	Sommatino	Imera Meridionale	26,2	0,3021
106	Riesi	Imera Meridionale	28,4	0,2395
107	Ravanusa	Imera Meridionale	36,0	0,2050
108	Mangiaricotta	Imera Meridionale	25,4	0,2356
109	Deliella	Imera Meridionale	36,5	0,2210
110	Desusino	Imera Meridionale	31,9	0,2573
111	Mazzarino	Imera Meridionale	25,9	0,3054

L'espressione analitica della C.P.P. è la seguente:  **$h(t) = 26.60 * t^{0.2875}$** .

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	26.60	0.2875	<b>26.60</b>	2.41	<b>64.11</b>	2.76	<b>73.42</b>	3.31	<b>88.05</b>
3	26.60	0.2875	<b>36.48</b>	2.41	<b>87.92</b>	2.76	<b>100.68</b>	3.31	<b>120.75</b>
6	26.60	0.2875	<b>44.52</b>	2.41	<b>107.30</b>	2.76	<b>122.89</b>	3.31	<b>147.38</b>
12	26.60	0.2875	<b>54.34</b>	2.41	<b>130.97</b>	2.76	<b>149.99</b>	3.31	<b>179.88</b>
24	26.60	0.2875	<b>66.33</b>	2.41	<b>159.85</b>	2.76	<b>183.06</b>	3.31	<b>219.54</b>

Tr (anni)	50	100	300
t (ore)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1	64.11	73.42	88.05
3	87.92	100.68	120.75
6	107.30	122.89	147.38
12	130.97	149.99	179.88
24	159.85	183.06	219.54



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

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	Puglisi	Pezzoli	Kirpich	Ventura	media	tc (ore)
Bacino 1	1.08	0.15	0.13	0.13	0.372	<b>0.40</b>
Bacino 2	1.20	0.20	0.16	0.22	0.445	<b>0.45</b>
Bacino 3	1.13	0.16	0.14	0.18	0.402	<b>0.40</b>

Bacino 4	1.11	0.16	0.14	0.16	0.393	<b>0.40</b>
Bacino 5	1.24	0.19	0.16	0.33	0.478	<b>0.50</b>
Bacino 6	1.07	0.13	0.11	0.14	0.362	<b>0.40</b>
Bacino 7	0.95	0.11	0.10	0.12	0.321	<b>0.35</b>
Bacino 8	1.18	0.17	0.13	0.19	0.419	<b>0.45</b>
Bacino 9	2.74	1.50	0.56	2.17	1.742	<b>1.75</b>
Bacino 10	1.20	0.14	0.11	0.22	0.419	<b>0.45</b>
Bacino 11	0.85	0.07	0.07	0.08	0.267	<b>0.30</b>
Bacino 12	1.00	0.11	0.10	0.12	0.335	<b>0.35</b>
Bacino 13	0.89	0.08	0.07	0.07	0.276	<b>0.30</b>
Bacino 14	0.90	0.08	0.08	0.07	0.283	<b>0.30</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	0.40	39.30	<b>98.24</b>	44.69	<b>111.73</b>	53.46	<b>133.65</b>
Bacino 2	0.45	40.49	<b>89.98</b>	46.05	<b>102.34</b>	55.09	<b>122.42</b>
Bacino 3	0.40	39.30	<b>98.24</b>	44.69	<b>111.73</b>	53.46	<b>133.65</b>
Bacino 4	0.40	39.30	<b>98.24</b>	44.69	<b>111.73</b>	53.46	<b>133.65</b>
Bacino 5	0.50	41.59	<b>83.19</b>	47.31	<b>94.61</b>	56.59	<b>113.18</b>
Bacino 6	0.40	39.30	<b>98.24</b>	44.69	<b>111.73</b>	53.46	<b>133.65</b>
Bacino 7	0.35	37.98	<b>108.52</b>	43.20	<b>123.42</b>	51.67	<b>147.64</b>
Bacino 8	0.45	40.49	<b>89.98</b>	46.05	<b>102.34</b>	55.09	<b>122.42</b>
Bacino 9	1.75	57.23	<b>32.71</b>	65.10	<b>37.20</b>	77.87	<b>44.50</b>
Bacino 10	0.45	40.49	<b>89.98</b>	46.05	<b>102.34</b>	55.09	<b>122.42</b>
Bacino 11	0.30	36.52	<b>121.73</b>	41.53	<b>138.44</b>	49.68	<b>165.61</b>
Bacino 12	0.35	37.98	<b>108.52</b>	43.20	<b>123.42</b>	51.67	<b>147.64</b>
Bacino 13	0.30	36.52	<b>121.73</b>	41.53	<b>138.44</b>	49.68	<b>165.61</b>
Bacino 14	0.30	36.52	<b>121.73</b>	41.53	<b>138.44</b>	49.68	<b>165.61</b>

La stima del valore di  $\varphi$ , 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:

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

Nel caso in esame, è stato utilizzato un valore pari a 0.4 corrispondente a una classe di uso del suolo classificati come seminativi con tratti destinati a macchia.

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	0.23	0.35	98.24	<b>2.20</b>	111.73	<b>2.50</b>	133.65	<b>2.99</b>
Bacino 2	0.64	0.35	89.98	<b>5.60</b>	102.34	<b>6.37</b>	122.42	<b>7.62</b>
Bacino 3	0.41	0.35	98.24	<b>3.92</b>	111.73	<b>4.45</b>	133.65	<b>5.33</b>
Bacino 4	0.33	0.35	98.24	<b>3.15</b>	111.73	<b>3.58</b>	133.65	<b>4.29</b>
Bacino 5	1.02	0.35	83.19	<b>8.25</b>	94.61	<b>9.38</b>	113.18	<b>11.22</b>
Bacino 6	0.20	0.35	98.24	<b>1.91</b>	111.73	<b>2.17</b>	133.65	<b>2.60</b>
Bacino 7	0.23	0.35	108.52	<b>2.43</b>	123.42	<b>2.76</b>	147.64	<b>3.30</b>
Bacino 8	0.38	0.35	89.98	<b>3.32</b>	102.34	<b>3.78</b>	122.42	<b>4.52</b>
Bacino 9	24.00	0.35	32.71	<b>76.31</b>	37.20	<b>86.79</b>	44.50	<b>103.83</b>
Bacino 10	0.32	0.35	89.98	<b>2.80</b>	102.34	<b>3.18</b>	122.42	<b>3.81</b>
Bacino 11	0.07	0.35	121.73	<b>0.83</b>	138.44	<b>0.94</b>	165.61	<b>1.13</b>
Bacino 12	0.17	0.35	108.52	<b>1.79</b>	123.42	<b>2.04</b>	147.64	<b>2.44</b>
Bacino 13	0.06	0.35	121.73	<b>0.71</b>	138.44	<b>0.81</b>	165.61	<b>0.97</b>
Bacino 14	0.07	0.35	121.73	<b>0.83</b>	138.44	<b>0.94</b>	165.61	<b>1.13</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>	2.20	2.50	2.99
<b>Bacino 2</b>	5.60	6.37	7.62
<b>Bacino 3</b>	3.92	4.45	5.33
<b>Bacino 4</b>	3.15	3.58	4.29
<b>Bacino 5</b>	8.25	9.38	11.22
<b>Bacino 6</b>	1.91	2.17	2.60
<b>Bacino 7</b>	2.43	2.76	3.30
<b>Bacino 8</b>	3.32	3.78	4.52
<b>Bacino 9</b>	76.31	86.79	103.83
<b>Bacino 10</b>	2.80	3.18	3.81
<b>Bacino 11</b>	0.83	0.94	1.13
<b>Bacino 12</b>	1.79	2.04	2.44
<b>Bacino 13</b>	0.71	0.81	0.97
<b>Bacino 14</b>	0.83	0.94	1.13

## 6 CONCLUSIONI

Sulla base dello studio idrologico svolto, che ha portato alla definizione delle portate di piena transistanti 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.