



Regione Sicilia
Provincia di Enna
COMUNE DI ENNA



- PROGETTO DEFINITIVO -

Progetto per la realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico e relative opere connesse, di potenza nominale pari a 65,997 MWp (52,460 MW in immissione) in località C.da Pasquasia

DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
Ottobre 2022	4S RE FUTURE S.R.L.		

PROGETTISTA: 4S RE FUTURE S.R.L. C/da Santa Croce SNC – 90030 – Cefalà Diana (PA) P.I. 06874280826 4srefuture@pec.it Ing. Salvatore Stropoli 	CLIENTE: QUANTUM PV 07 S.R.L.	QUANTUM PV 07 S.R.L. Via Nomentana n. 323 -00162 – Roma Italy R.E.A. n. RM-1664286 P.I. 16587341005 Pec quantumpv07@legalmail.it		
	TITOLO ELABORATO: RELAZIONE IDRAULICA			
GRUPPO DI LAVORO: Arch. Maria Rita Barna Ing. Lucia G. Bellusci Arch. Micaela Galante Ing. Pietro Intravaia Ing. Claudia Maniscalchi Ing. Manuela Russo Tiesi	CODICE ELABORATO: RS06REL0011A0		SCALA:	
DATA: Ottobre 2022	TIPOLOGIA AGV	NOME PROGETTO SPEM	N° ELABORATO: EL_56	REVISIONE: 00

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Pagina 2

Sommario

Sommario	2
PREMESSA	3
PRESENTAZIONE DEL PROGETTO	4
1.1 Descrizione del progetto.....	4
1.2 Inquadramento territoriale.....	5
2.1. Inquadramento Idrografico.....	8
MODELLAZIONE IDROLOGICA.....	13
3.1 Metodo TCEV per la determinazione delle altezze di pioggia.....	13
3.2 Calcolo della CPP.....	16
VERIFICA IDRAULICA.....	19
4.1 Calcolo della portata di piena	19
4.2 Propagazione dell'onda di piena	19
4.2.1 Impostazioni di calcolo	20
4.3 Risultati ottenuti	20
CONCLUSIONI	21

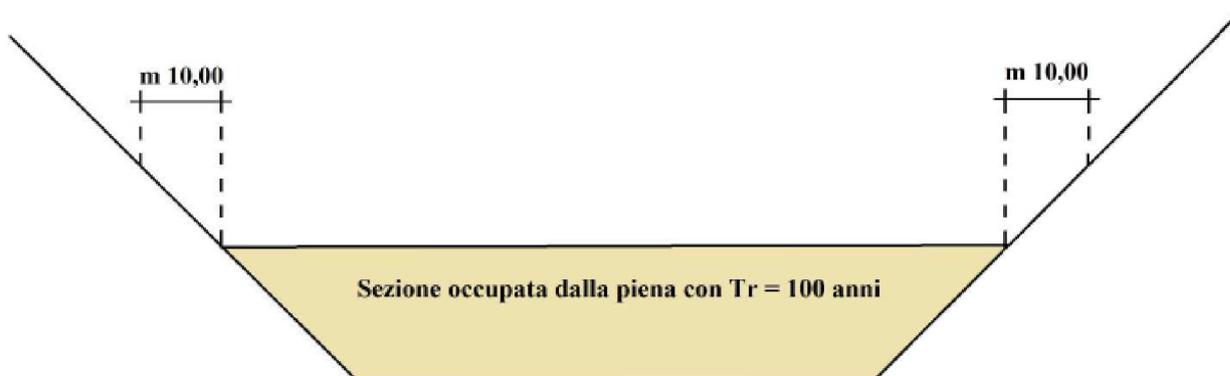
QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Ott. 2022
		Pagina 3

PREMESSA

Il presente studio è redatto al fine di definire la compatibilità idraulica per la realizzazione di un impianto agri-fotovoltaico e relative opere connesse, di Potenza nominale pari 65,997 MWp (52,460 MW in immissione) sito nel Comune di Enna (EN) in località Contrada Pasquasia.

La relazione riporta i risultati dell'analisi idrologica ed idraulica del bacino di pertinenza all'interno del quale ricade l'area di interesse e la verifica dell'invarianza idraulica ad esso associata.

Ai fini della determinazione dell'ampiezza dell'alveo nel caso di sponde incerte (art. 94 del R.D. 523/1904) e per la determinazione della fascia di pertinenza fluviale da sottoporre alle limitazioni d'uso di cui all'art. 96, lettera f, del R.D. 523/1904 si è fatto riferimento al D.S.G. n.189 del 2020 del Dipartimento Regionale dell'autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia. Secondo tale decreto per la determinazione di pertinenza della fascia fluviale, bisogna fare riferimento alla parte di terreno che risulti occupato dall'acqua in caso di eventi di piena, corrispondenti ad un tempo di ritorno $Tr = 100$ anni.



Per far ciò si è effettuata una modellazione 2D utilizzando il software HEC-RAC versione 6.1.0 sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dello US Army Corps of Engineers, avendo impostato nei dati di input l'idrogramma di piena, generato da eventi meteorici che hanno tempi di ritorno pari a 100 anni, e le opportune condizioni al contorno. Lo studio è basato sul modello digitale di elevazione (DEM) 2x2 m della porzione di territorio relativa al foglio CTR 631.070, 631.110.

Nei paragrafi a seguire si riportano i risultati ottenuti dallo studio idrologico e idraulico. In particolare, verranno mostrate le analisi idrologiche e le verifiche idrauliche che hanno consentito di stimare le portate di progetto ad assegnato tempo di ritorno, individuando gli effetti dell'intervento sul regime idraulico prima e dopo la realizzazione dell'impianto.

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Pagina 4

PRESENTAZIONE DEL PROGETTO

1.1 Descrizione del progetto

La 4S RE FUTURE s.r.l., redattrice del progetto, è attiva nella produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili, in particolar modo, dal solare fotovoltaico. È iscritta presso la Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Palermo ed Enna n. Rea PA-421991, Partita IVA 06874280826, ha sede legale presso Cefalà Diana (PA) in contrada Santa Croce snc.

La 4S RE FUTURE s.r.l. si propone di realizzare un impianto agri-fotovoltaico, per l'Azienda Quantum PV 07 S.r.l., con sede legale in Via Nomentana 323, CAP 00162, Roma.

La Società proponente intende realizzare l'impianto agri-fotovoltaico in oggetto ponendosi come obiettivo la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile coerentemente agli indirizzi stabiliti in ambito nazionale e internazionale volti alla riduzione delle emissioni dei gas serra ed alla promozione di un maggior contributo dalle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario. Inoltre, l'impianto sarà integrato con coltivazione di specie erbivore adatto al pascolo ovino.

L'impianto è costituito da un unico campo agri-fotovoltaico, costituito da n° 95.648 moduli, suddivise in stringhe di 28 moduli ciascuna, per una potenza nominale complessiva dell'impianto di 65.997,00 kWp ed una potenza di immissione in rete di 52.460,00 kW.

I moduli fotovoltaici scelti per la realizzazione dell'impianto sono in silicio monocristallino con una potenza di picco di 690 Wp e delle dimensioni pari a 2.384 x 1.303 x 35 mm, per una superficie totale captante di circa 297.116 mq. La realizzazione della nuova linea MT attraverserà porzioni di territorio del comune di Enna e di Pietraperzia dal punto di coordinate LAT 37.49413; LONG 14.19535 al punto di coordinate LAT 37.39764; LONG 14.12369. La costruzione della nuova linea MT consiste nella realizzazione di un cavidotto interrato, lungo circa km. 20 con traccia lungo le strade SP30, SS560, SS191, SP10, il materiale di risulta degli scavi sarà riutilizzato come materiale di riempimento o trasportato in un altro luogo destinato a tale deposito.

Le opere saranno realizzate in modo da arrecare il minor impatto visivo e secondo le disposizioni prescritte dalla legge 28/06/86 n. 339 e secondo il regolamento di esecuzione di cui al D.M. 21/03/88, nonché in conformità alle norme C.E.I. in vigore.

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Pagina 5

1.2 Inquadramento territoriale

L'area interessata dal progetto si trova a Ovest del Comune di Borgo Cascino (EN). Come punto di riferimento per le coordinate geografiche si è scelto il punto baricentrico all'area di intervento con Lat. 37° 29' 55.8 " N, Long. 14° 11' 16.8 "E. L'altitudine è di circa 350 m s.l.m.



Figura 1 – Individuazione dell'area di intervento su foto satellite

Dal punto di vista cartografico l'impianto AGV e parte dell'elettrodotto ricade nel foglio 268 – III – N.E. e 268 – IV – S.E. dell'IGM, e nella carta d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano e nella sezione n. 631.070 e 631.110 della Carta Tecnica Regionale edita dalla Regione Siciliana – Assessorato del Territorio e dell'Ambiente. Le coordinate baricentriche del lotto di terreno, sono le seguenti: lat. 37.498833° e long. 14.188000 (Google Earth™ – Coordinate: geografiche - Datum: wgs 84).

La superficie totale disponibile è di circa 100 ettari; le installazioni e i componenti del progetto interesseranno invece una porzione pari a circa 30 ettari. Tale area è riportata al

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Pagina 6

Nuovo Catasto Terreni della Provincia di Enna – Comune di Enna, ZTO “E-verde agricolo” sulle particelle specificate di seguito:

Tabella 1- Identificazione catastale dei terreni

COMUNE DI ENNA (PROV. EN)						
FOGLIO	P.LLA	PORZIONE	QUALITA' e CLASSE	SUPERFICIE		
				HA	ARE	CA
192	210	-	Seminativo 3	2	63	26
192	211	-	Seminativo 3	5	86	74
192	212	-	Seminativo 3	4	98	18
192	213	-	Seminativo 3	2	63	26
192	215	-	Seminativo 3	00	25	10
192	38	-	Seminativo 5	1	15	20
192	214	-	Seminativo 3	26	80	16
192	216	-	Seminativo 3	4	92	74
192	115	-	Seminativo 5	00	49	70
192	117	-	Seminativo 3	3	59	5
192	119	-	Seminativo 4	16	5	55
			Pascolo 3	2	53	82
			Pascolo Arb U	1	65	78
192	116	-	Seminativo 3	0	45	10
192	118	-	Seminativo 4	16	35	85
			Pascolo 3	2	27	78
192	41	-	Seminativo 3	2	30	30
192	104	-	Seminativo 4	21	75	67
			Pascolo 3	00	88	23
192	98	-	Seminativo 3	7	10	0
192	205	-	Seminativo 3	4	94	70

Per quanto riguarda i centri abitati e i principali servizi, si riporta quanto segue:

- I Comuni più prossimi al sito di progetto sono:
 - Borgo Cascino;
 - Pergusa;
 - Marcato Bianca;
 - Caltanissetta;

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Ott. 2022
		Pagina 7

- Linee stradali: l'area su cui insiste l'impianto è in prossimità della Strada Statale n. 122, Strada Statale n. 560, Strada Provinciale n. 30, Strada Statale 117 bis, Strada Statale n. 626.

Le aree di intervento ricadono nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia. L'eventuale interferenza con le aree a rischio idraulico è stata verificata, previa consultazione delle cartografie messe a disposizione dal SITR Regionale. Dalle figure che seguono, si evidenzia come le aree del campo agri-fotovoltaico e delle opere di connessione, non interferiscono con le perimetrazioni della pericolosità e del rischio idraulico e geomorfologica.

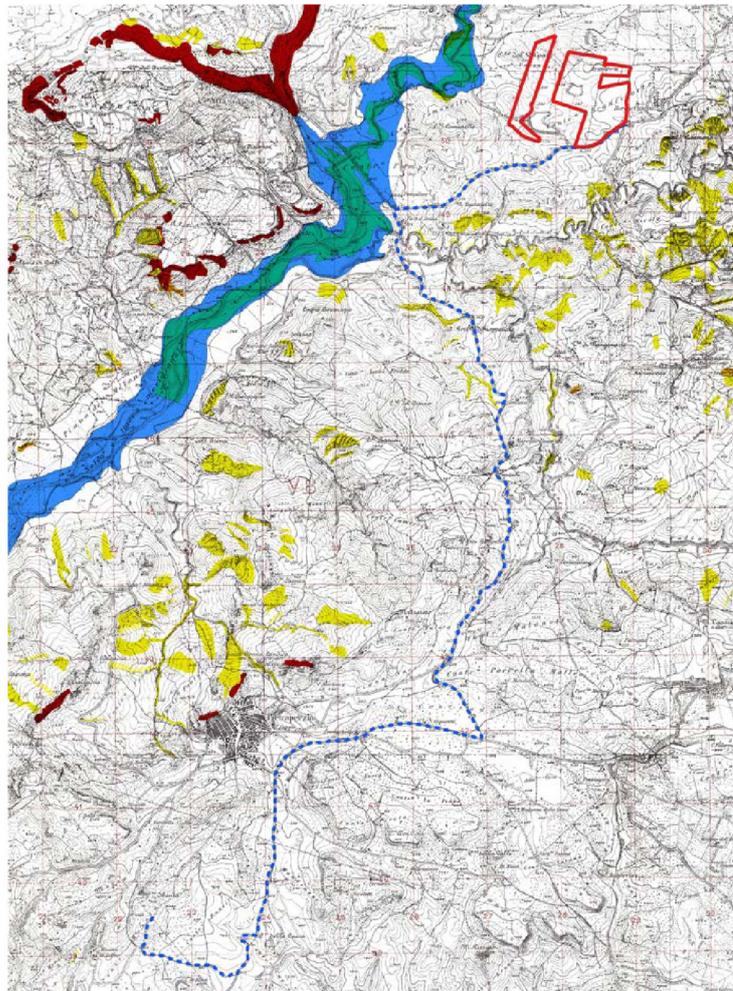


Figura 2 – Individuazione vincoli PAI

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Ott. 2022
		Pagina 8

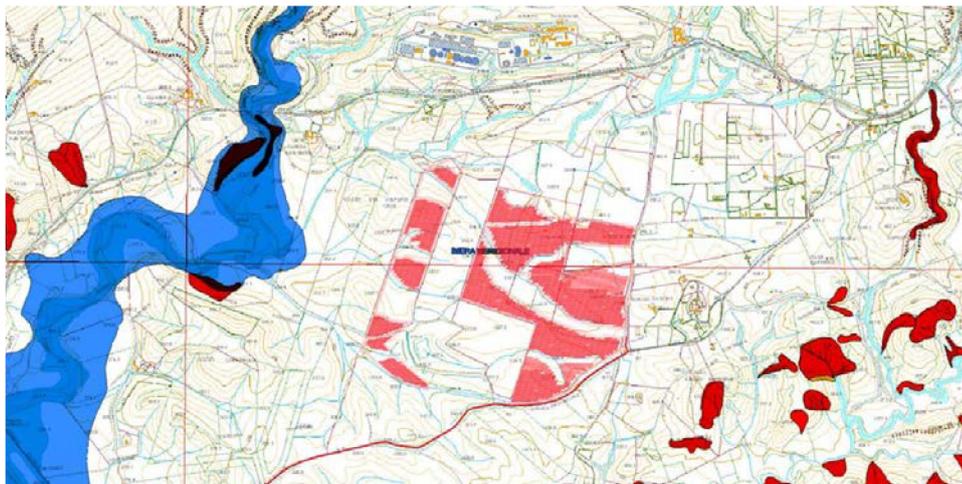


Figura 3- Individuazione vincoli

La circolazione idrica superficiale all'interno dell'area di progetto si manifesta con ruscellamento diffuso, in accordo con la litologia presente nell'area. Le aste di drenaggio secondarie confluiscono in quella primaria rappresentata dal fiume Morello che è in prossimità del sito in questione. L'area su cui ricade l'impianto fotovoltaico non è interessata da processi d'erosione accelerata e/o fenomeni franosi. Tuttavia, non sono da escludere, nei periodi particolarmente piovosi, fenomeni di dilavamento e/o ristagni d'acqua (in particolare nei settori più depressi). Dall'analisi del PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico della Sicilia) si evince che, il settore in oggetto, non ricade in aree censite a rischio geomorfologico e/o idraulico; nei settori circostanti, tuttavia, sono presenti "Dissesti per attività", "Pericolosità geomorfologica". Per ciò che riguarda l'area interessata dal progetto, essa si può considerare stabile e quindi priva di dissesti.

2.1. Inquadramento Idrografico

Bacino Idrografico Principale Fiume Imera Meridionale

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Ott. 2022
		Pagina 9



Figura 4 – Bacini Idrografici

Generalità

- Versante: Meridionale
- Provincia: Agrigento, Caltanissetta, Enna, Palermo
- Bacino idrografico principale: F. Imera Meridionale
- Recapito del corso d'acqua: Mare Mediterraneo
- Superficie totale del bacino imbrifero (Km²): 2.022,06
- Affluenti: Arenella, Braemi, Carusa, Furiana, Gibbesi, Mendola, Morella, Salso Superiore, Torcicoda.
 - Serbatoi ricadenti nel bacino: Gibbesi, Morello, Olivo.
 - Altitudine minima (m.s.m.): 0
 - Altitudine massima (m.s.m.): 1912
 - Altitudine media (m.s.m.): 498
 - Lunghezza dell'asta principale (Km): 132
 - Utilizzazione prevalente del suolo: Seminativo (54,30%) e Legnose agrarie miste (10,26%).
 - Comuni ricadenti nel bacino: Campobello di Licata, Licata, Ravanusa, Caltanissetta, Delia, Mazzarino, Riesi, Resuttano, San Cataldo, Santa Caterina Villarmosa, Barrafranca, Calascibetta, Enna, Pietraperzia, Villarosa, Alimena, Blufi, Bompietro, Castellana Sicula, Gangi, Petralia Soprana, Petralia Sottana.

Il bacino idrografico del Fiume Imera Meridionale o Salso rappresenta il secondo corso d'acqua della Sicilia, sia per l'ampiezza del bacino che per la lunghezza dell'asta principale. Si localizza nella porzione centrale del versante meridionale dell'isola e ha una forma allungata in senso

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Ott. 2022
		Pagina 10

N-S, occupando una superficie complessiva di circa 2000 km². Confina ad Est con i bacini idrografici del Fiume Simeto e del Fiume Gela, ad Ovest con quelli del Fiume Platani, del Fiume Naro e del Fiume Palma, a Nord con quelli del Fiume Imera Settentrionale e del Fiume Pollina. Le quote più elevate dello spartiacque si localizzano a settentrione in corrispondenza della dorsale meridionale delle Madonie che separa il versante tirrenico dal resto dell'isola. In questo settore i rilievi principali da Ovest verso Est sono rappresentati dal Monte Catuso (1042 m), Serra di Puccia (1052 m), Monte Salvatore (1901 m), Pizzo Catarineci (1660 m), Pizzo di Corvo (1642 m), Monte di Corvo (1242 m), Monte Zimmara (1333 m), Pizzo Gallo (1162 m), Monte Altesina (1192 m).

Il bacino dell'Imera Meridionale, per effetto della sua notevole estensione, è caratterizzato da un assetto morfologico variabile. L'andamento altimetrico del territorio risulta piuttosto regolare con progressiva diminuzione delle quote procedendo da Nord verso Sud e cioè dalle falde del gruppo montuoso delle Madonie verso la fascia costiera. L'altitudine media comprende quote tra i 400 e gli 800 metri che definiscono un ambiente collinare, caratterizzato da forme dolci e mammellonari in corrispondenza di terreni plastici e da caratteri più marcati ed acclivi laddove affiorano depositi di natura lapidea; inoltre, laddove piastroni di natura sabbioso-calcareo calcarenitica sovrastano i sottostanti depositi argillosi, si riscontrano caratteristiche forme tabulari, interessate da frequenti incisioni vallive. Altezze superiori si evidenziano solo in corrispondenza dei rilievi madoniti che costituiscono lo spartiacque settentrionale. Qui il paesaggio, caratterizzato da affioramenti arenaceo-conglomeratici, calcareo-marnosi e calcareo-dolomitici, presenta rotture di pendenze marcate e forti variazioni altimetriche. Il settore prossimo alla foce è caratterizzato dall'ampia piana di Licata, costituita da vari ordini di terrazzi alluvionali e deposito di fondovalle.

Il Fiume Imera Meridionale, lungo circa 132 Km, nasce a Portella Mandarinini (1500 m) 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. Nella parte montana, denominato all'inizio Torrente Mandarinini e poi Fiume di Petralia, mostra un andamento a tratti rettilineo e a tratti sinuoso. L'asta principale, che presenta nella parte mediana un andamento generalmente sinuoso con locali meandri, scorre in senso N-S sebbene siano presenti due variazioni di direzione: la prima verso Ovest alla confluenza del Fiume Torcicoda e la seconda, più a valle, verso Sud in corrispondenza della confluenza del Vallone Furiana. Il sistema di drenaggio è qui più sviluppato rispetto al tratto montano, pur conservando ancora una fisionomia di scarsa maturità. Nella parte terminale, già nel tratto a Sud del centro abitato di Ravanusa, i meandri diventano ampi e frequenti, sebbene il grado di

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Pagina 11

maturità del sistema idrografico risulti tuttavia ancora modesto; qui il corso d'acqua attraversa alluvioni recenti e terrazze che si raccordano con i depositi alluvionali della Piana di Licata dove il fiume presenta il suo massimo sviluppo meandriforme. 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. Alcuni di tali corsi d'acqua drenano bacini di significativa estensione. I maggiori affluenti in sinistra idrografica sono: il Fiume Salso Superiore, il Fiume Morello, il Fiume Torcicoda, il Torrente Braemi, il Torrente Carusa. In destra idrografica: il Vallone Arenella, il Vallone Furiana, il Fiume Gibbesi, il Torrente Mendola.

Descrizione dei principali sottobacini

- Sottobacino del Fiume Salso Superiore: si estende per circa 220 km² ed interessa il territorio delle province di Caltanissetta, Enna e Palermo, sviluppandosi, comunque, prevalentemente all'interno dei territori comunali della provincia di Palermo. Nel bacino ricade il centro abitato di Bompietro e parte di quello di Gangi. L'altitudine massima è di circa 1680 m.s.m., che corrisponde alla vetta di Pizzo Catarineci, in territorio di Geraci Siculo, quella media è di circa 740 m.s.m. e la minima è di circa 343 m.s.m., quota di confluenza con l'Imera Meridionale, in località Ponte Cinque Archi. Il corso d'acqua nasce alle pendici di Pizzo Corvo con il nome di Vallone Acqua Amara, scorre in direzione N-S con un andamento a tratti rettilineo ed a tratti sinuoso e presenta un pattern dendritico e localmente subparallelo. Lungo il suo percorso, di circa 28 Km, riceve le acque del Fiume Gangi e quelle del Vallone Salito, che rappresentano i tributari di maggiore importanza. Deve il suo nome alla salinità assai elevata dei deflussi superficiali dovuta alla prevalente presenza nel bacino di rocce della serie gessoso-solfifera.
- Sottobacino del Fiume Morello: interessa il territorio della provincia di Enna, attraversando i territori comunali di Nicosia, Calascibetta, Villarosa ed Enna. Il bacino ha una forma piuttosto allungata ed un'estensione di circa 178 km²; l'altitudine massima è di circa 1192 m.s.m., l'altitudine media è di circa 270 m.s.m. Il bacino risulta caratterizzato dalla presenza di vasti affioramenti della serie gessoso-solfifera nella porzione centro-settentrionale e da termini della serie pliocenica, in trasgressione sulla precedente, nel settore centro-orientale. Il Fiume Morello, il cui sviluppo è di circa 31 Km, scorre in direzione E-W nella zona montana, dove drena le acque del Vallone Pietre Lunghe, unico affluente di testata di una certa importanza. Nei pressi dell'abitato di Villapriolo si ha un cambiamento di direzione in senso N-S sino alla confluenza con

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Ott. 2022
		Pagina 12

l'Imera. Negli anni 1969-1972 l'E.M.S. nel territorio di Villarosa, ha realizzato la Diga Morello, a sbarramento dell'omonimo fiume. L'invaso era destinato ad usi industriali per il lavaggio del sale potassico della vicina miniera di Pasquasia.

- Sottobacino del Fiume Torcicoda: si estende ad interessare il territorio della provincia di Enna. Ha una superficie di circa 122 Km² ed una altitudine media di circa 586 m.s.m.. Il corso d'acqua, lungo circa 18 Km, nasce alle pendici del Poggio Baronessa, a circa 860 m.s.m., con il nome di Torrente San Giovannello e prosegue assumendo i nomi di Vallone Serieri prima e di Vallore Cateratta poi, fino a C.da Nicola dove prende il nome di Torcicoda. Qui riceve le acque del Vallone Scioltabino, suo principale tributario e, scorrendo sempre in territorio ennese, confluisce nell'Imera Meridionale, in C.da Pampilone a quota 260 m.s.m. circa, poco più a valle del Fiume Morello.
- Sottobacino del Torrente Braemi: vasto circa 196 Km² e con una altitudine media di circa 486 m.s.m., si sviluppa nelle province di Caltanissetta ed Enna. Il corso d'acqua nasce in C.da Portella Grottacalda con il nome prima di Torrente Furma e poi con quello di Torrente Olivo per diventare Torrente Braemi in corrispondenza della confluenza con il Torrente Bressima, uno dei suoi maggiori affluenti. Altri affluenti di una certa rilevanza sono il Vallone Grande e i Torrenti Polino e Salinella. La lunghezza dell'asta principale è di circa 35 Km e durante il suo corso incide, a tratti con processi erosivi molto marcati, terreni pertinenti alla serie pliocenica dati da argille azzurre e da sabbie e calcareniti giallastre, poggianti in trasgressione sulla serie gessoso-solfifera. Confluisce nell'Imera Meridionale a circa 155 m.s.m. nei pressi di Molino di Iusa. Nel tratto di fiume che prende il nome di Torrente Olivo è stato realizzato l'omonimo lago. Il serbatoio raccoglie i deflussi di 127 Km² di bacino destinati all'irrigazione.
- Sottobacino del Vallone Furiana: presenta una superficie di circa 107 Km² e un'altitudine media di circa 450 m.s.m. interessando i territori comunali di Caltanissetta e Serradifalco. Il corso d'acqua nasce a Sud di Serra Canicassè, ad una quota di circa 278 metri, dalla confluenza del Fosso Bifaria e del Vallone dell'Anguilla, rispettivamente in sinistra e in destra idrografica. Dopo un percorso di circa 19 Km sfocia nel Salso a circa 197 metri di quota.
- Sottobacino del Fiume Gibbesi: ha un'estensione di circa 136 Km² e un'altitudine media di 392 m.s.m.. Il fiume, lungo circa 28 Km, si origina alla Sorgente Savuco, alle pendici di Monte Grotta Rossa nel territorio comunale di Caltanissetta. Denominato nel tratto superiore Fiume Delia attraversa i territori comunali di Delia, Naro, Ravanusa e

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Pagina 13

Sommatino sino a sfociare nell'Imera Meridionale, in C.da Isola Persa. Lungo il suo percorso, e precisamente tra le C.de Canalotto e Gibbesi Vecchio rispettivamente nei territori comunali di Sommatino (CL) e Naro (AG), presenta uno sbarramento che dà origine all'invaso Gibbesi, le cui acque sono utilizzate a scopo irriguo.

- Sottobacino del Torrente Mendola: si sviluppa per circa 131 Km² nel territorio della provincia di Agrigento, ha un'altitudine media di 276 m.s.m. e comprende, al suo interno, il centro abitato di Campobello di Licata e parte di quello di Ravanusa. Il torrente Mendola, la cui lunghezza complessiva è di circa 21 Km, nasce in C.da Serra Lunga e lungo il suo corso attraversa i territori comunali di Naro e Campobello di Licata per confluire nel fiume Imera Meridionale a pochi chilometri dalla foce a circa 25 metri di quota.

MODELLAZIONE IDROLOGICA

Nei paragrafi a seguire verranno mostrate le fasi e le scelte progettuali delle modellazioni idrologiche realizzate per definire i valori di portata durante il passaggio delle piene con un tempo di ritorno di 100 anni.

3.1 Metodo TCEV per la determinazione delle altezze di pioggia

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 è limitato ad utilizzare metodologie statistiche basate sulle osservazioni pluviometriche. La maggior parte dei metodi che l'idrologia propone per ricostruire eventi di piena sono metodi indiretti, ossia metodi che stimano l'idrogramma di piena utilizzando un modello di trasformazione piogge-portate che prevede, come input, la definizione di un particolare evento di pioggia. In particolare, volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna prima ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno (assumendo come vero l'ipotesi che un evento di pioggia di tempo di ritorno T genera un evento di piena con la stessa probabilità di superamento).

Il modello TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) permette di determinare le altezze di pioggia h e le relative intensità, seguendo una tecnica di regionalizzazione dei dati pluviometrici. Essa è stata realizzata per 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

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Ott. 2022
		Pagina 14

disponibile sul territorio, per individuare la distribuzione regionale delle caratteristiche delle precipitazioni.

Per il calcolo delle curve di probabilità pluviometriche si farà riferimento alla procedura descritta nel progetto VAPI Sicilia (Ferro e Cannarozzo, 1993) utilizzando la modellazione introdotta da Conti et al., 2007.

La peculiarità del modello TCEV è quella di tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, riducendosi formalmente al prodotto di due funzioni di probabilità del tipo Gumbel. La procedura gerarchica di regionalizzazione si articola su tre livelli successivi ognuno dei quali è possibile ritenere costanti alcuni statistici.

Nel primo livello di regionalizzazione si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico G_t 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. Le sottozone Z0 e Z5, possono anche essere “unite” e considerate come una sottozona unica, visti i valori pressoché identici del parametro Λ_1 .

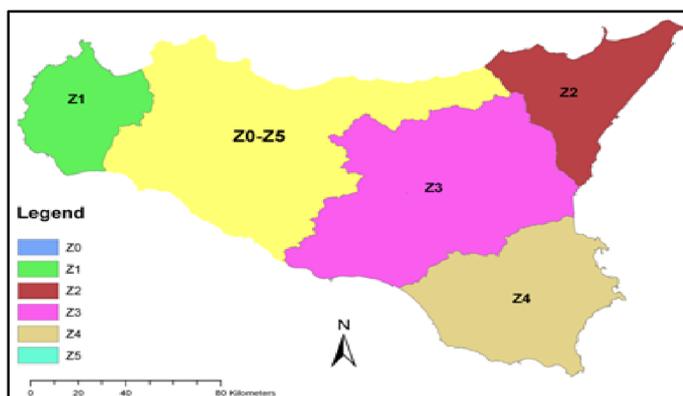


Figura 5-Secondo livello di regionalizzazione del modello TCEV in Sicilia

In ogni sottozona la variabile adimensionale $h_{t,T}'=h_t/\mu$ (valore dell'altezza di pioggia di fissata durata t e tempo di ritorno T rapportata alla media μ della legge TCEV) assume la seguente espressione:

$$h_{t,T}' = K_T = a \cdot \ln(T) + b$$

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Pagina 15

dove K_T è definito fattore di crescita e misura la variabilità relativa degli eventi estremi alle diverse frequenze. Esso è dunque indipendente dalla durata della precipitazione e funzione della collocazione geografica del sito per il quale si vogliono calcolare le altezze di pioggia (a mezzo dei coefficienti a e b) e del tempo di ritorno T dell'evento meteorico.

Tabella 2- Valore del parametro Λ_1 per ogni sottozona in cui è stata suddivisa la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

Sottozona Parametro	Z_0	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Λ_1	24,429	19,58	17,669	14,517	15,397	24,402

Tabella 3- Valori, per la regione Sicilia, dei coefficienti a e b per la definizione del fattore di crescita (Lo Conti et al., 2007).

Sottozona Parametro	Z0 -Z5	Z1	Z2	Z3	Z4
a	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
b	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Il terzo livello di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità μ e le grandezze - prevalentemente geografiche (altitudine, distanza dal mare, superficie del bacino idrografico) - relative al sito di misura.

Pertanto, l'espressione della curva di probabilità pluviometrica sarà:

$$h_{t,T} = K_T \cdot \mu(t)$$

in cui $h_{t,T}$ è l'altezza di pioggia di assegnata durata t e fissato tempo di ritorno T.

Per le stazioni pluviografiche siciliane la media teorica μ risulta coincidente con quella campionaria; per ciascuna delle 172 stazioni siciliane che vantano almeno 10 anni di funzionamento è stato riconosciuto il seguente legame potenziale tra la media campionaria e la durata t:

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

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 (Cannarozzo et al, 1995). Nelle Figure 6 e 7 è possibile vedere la variazione dei coefficienti a ed n per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Pagina 16

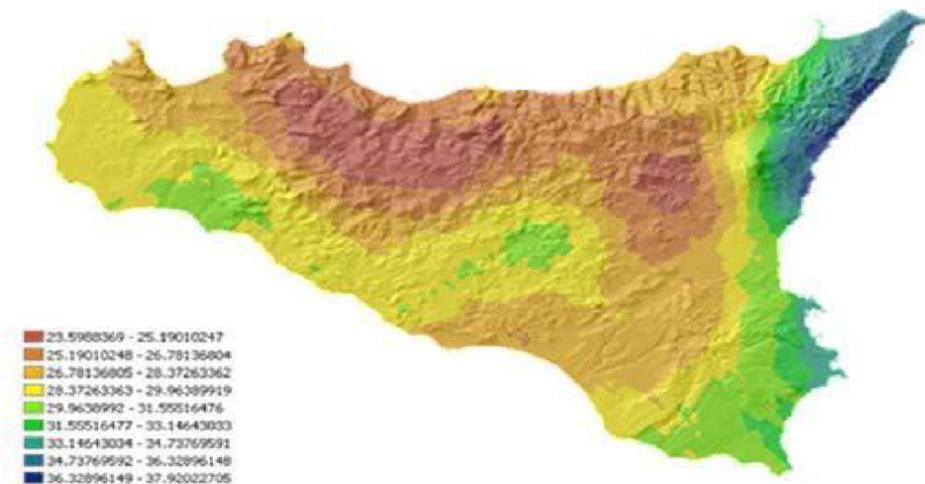


Figura 6-Valori dei coefficienti a per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

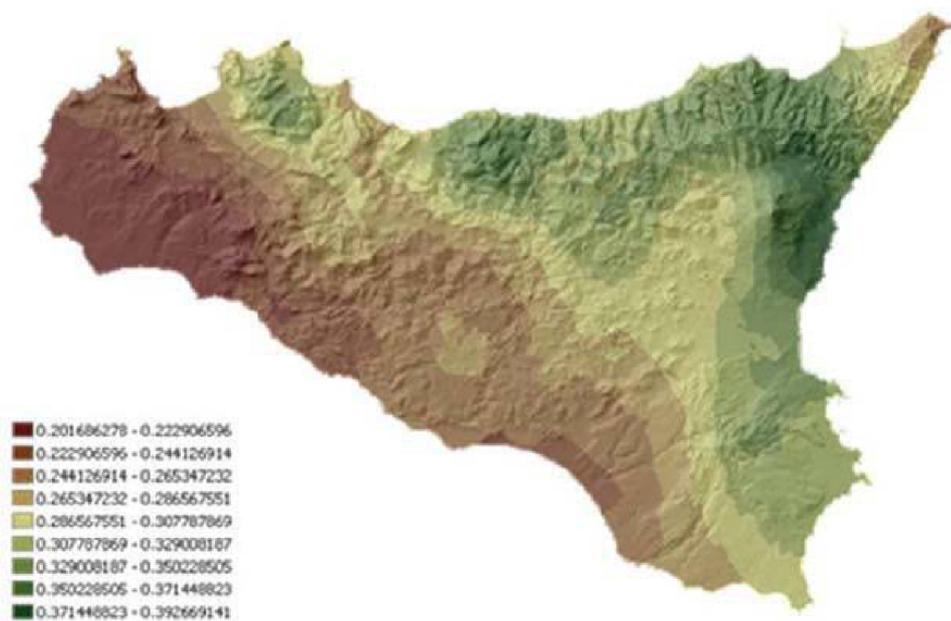


Figura 7 – Valori dei coefficienti n per il territorio siciliano (Lo Conti et al,2007).

Sono quindi stati calcolati, per il tempo di ritorno di interesse $T=100$ anni i valori delle altezze di pioggia massima di assegnata durata ht,T e la curva di probabilità pluviometrica.

3.2 Calcolo della CPP

I bacini oggetto del presente studio si trovano nella sottozona pluviometrica omogenea Z3, pertanto il fattore di crescita è calcolato attraverso la seguente espressione, utilizzando gli appropriati valori dei coefficienti a e b già visti in *Tabella 3*:

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

I valori di a ed n ricavati dalle *Figure 6 e 7* per il sito in esame sono $a = 30,01$ ed $n = 0,173$.

Fissato il tempo di ritorno della sollecitazione meteorica di progetto -pari a 100 anni- è quindi possibile calcolare le altezze di pioggia di data frequenza di accadimento per le durate canoniche, come è possibile vedere in *Tabella 4*.

Tabella 4- Altezze di pioggia per le durate canoniche

t [h]	ht,T [mm]
1	82,892
3	100,24
6	113,01
12	127,41
24	143,64

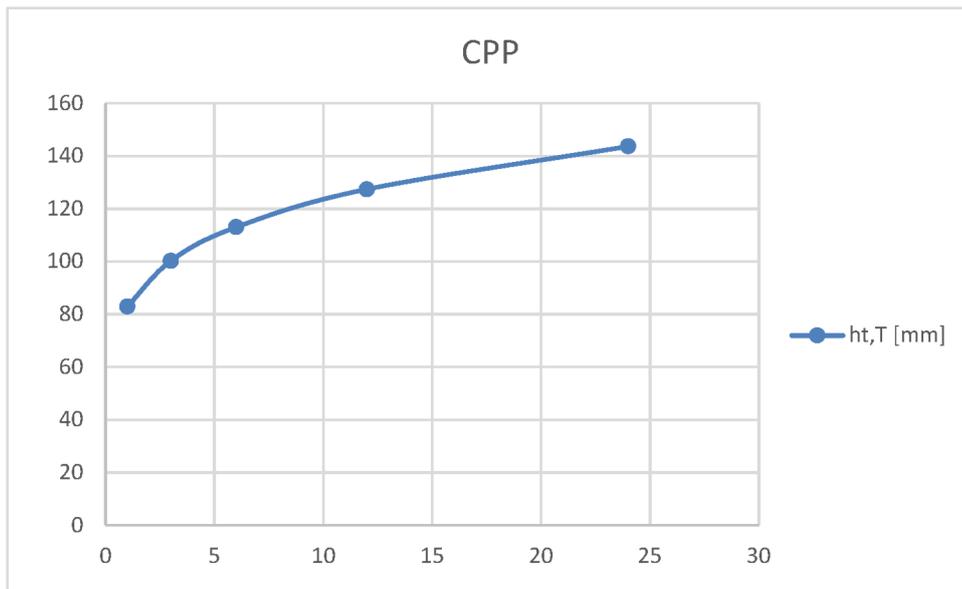


Figura 8 – CPP per T=100 anni

È necessario inoltre osservare che poiché gli eventi di pioggia brevi e quelli lunghi seguono differenti dinamiche meteorologiche, dai campioni di altezze h_t aventi durate $1 \leq t \leq 24$ ore non può essere tratta alcuna informazione inerente agli eventi brevi. La curva di probabilità pluviometrica, costruita con riferimento alle piogge aventi durata compresa tra 1 e 24 ore, non può essere pertanto estrapolata per valori della durata t inferiore ad un'ora. È stato però dimostrato che il rapporto tra l'altezza di pioggia $h_{t,T}$ con t minore di 60 minuti, e l'altezza di

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Pagina 18

pioggia $h_{60,T}$ di durata pari a 60 minuti e pari tempo di ritorno T è relativamente poco dipendente dalla località e dipendente solo dalla durata t espressa in minuti. Il legame funzionale, per la regione Sicilia, può essere pertanto espresso nella forma seguente, utilizzando la formula di Ferreri-Ferro, in cui l'esponente è stato opportunamente calibrato da Ferro e Bagarello ("Rainfall depth-duration relationship for South Italy", 1996).

$$h_{t,T} / h_{60,T} = (t / 60)^{0.386}$$

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Ott. 2022
		Pagina 19

VERIFICA IDRAULICA

4.1 Calcolo della portata di piena

Considerato lo sviluppo planimetrico delle opere, il calcolo delle portate è stato effettuato su 6 sottobacini, il cui tracciamento è stato effettuato con l'ausilio del software QGIS. Date le ridotte dimensioni del sottobacino ($S < 10 \text{ km}^2$), non si è effettuato il ragguaglio parziale delle precipitazioni ($ARF=1$) ed è stata determinata la portata di piena tramite la formula razionale:

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

Dove:

- Q_T è la portata di piena di assegnato tempo di ritorno T ed è espressa in m^3/s ;
- ϕ è il coefficiente di afflusso, adimensionale, fissato pari a 0.3;
- i_T è l'intensità critica della precipitazione di assegnato tempo di ritorno (corrispondente al tempo di corrivazione) in mm/h ;
- S è la superficie del bacino espressa in km^2 ;
- 3,6 è un fattore di conversione delle unità di misura.

Il tempo di corrivazione per bacini piccoli ($S < 10 \text{ km}^2$) può essere stimato attraverso la formula di Kirpich, dove con i viene indicata la pendenza media dell'asta principale:

$$t_c = 0.01947 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

4.2 Propagazione dell'onda di piena

La simulazione della propagazione dell'onda di piena lungo i tratti del bacino considerato, con conseguente ricostruzione delle aree di inondazione in prossimità dell'area di interesse, per dato tempo di ritorno, è stata effettuata in moto vario 2D con l'ausilio del software HEC-RAS 6.1.0 sviluppato dall' "Hydrologic Engineering Center" dello US Army Corps of Engineers.

La scelta di utilizzare questo software offre la possibilità di realizzare una modellazione 2D che permette di inserire, all'interno del modello digitale del terreno, l'area 2D oggetto di indagine disegnandone il perimetro.

Per definire il modello del si è usato il DEM 2x2 m della CTR.

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
		Ott. 2022
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Pagina 20

4.2.1 Impostazioni di calcolo

Il software HEC-RAS si basa sulla risoluzione delle equazioni 2D di diffusione dell'onda di Saint Venant. Perché ciò avvenga è necessario introdurre delle condizioni al contorno.

HEC-RAS permette di inserire 4 tipologie di condizioni al contorno:

- Stage Hydrograph;
- Flow Hydrograph;
- Rating Curve;
- Normal Depth.

Per la sezione di monte si è deciso di costruire un'idrogramma di piena, avente una forma triangolare, con portata al picco pari alla portata precedentemente calcolata e una durata pari al doppio del tempo di corrivazione.

Per la sezione di valle si è invece fissata la condizione di moto uniforme.

Le celle di calcolo sono state fissate di dimensione 2x2m e il passo temporale a 2sec.

4.3 Risultati ottenuti

La procedura finora esposta è stata effettuata per determinare l'ampiezza dell'alveo che interessa la parte ovest dell'impianto e determinare la fascia di pertinenza fluviale da sottoporre alle limitazioni d'uso di cui all'art. 96, lettera f, del R.D. 523/1904. Si è, infatti, fatto riferimento al D.S.G. n.189 del 2020 del Dipartimento Regionale dell'autorità di Bacino del Distretto Idrografico Sicilia, secondo cui per la determinazione di pertinenza della fascia fluviale, bisogna fare riferimento alla parte di terreno che risulti occupato dall'acqua in caso di eventi di piena, corrispondenti ad un tempo di ritorno $Tr = 100$ anni.

Ricavata in tal maniera l'ampiezza dell'alveo, si è fissata una fascia di rispetto di 10m che corrisponde alla fascia di pertinenza fluviale da sottoporre alle limitazioni d'uso di cui all'art. 96, lettera f, del R.D. 523/1904.

La mappa di inondazione ottenuta è stata inserita nel seguente elaborato:

- EL_31_RS06EPD0033AO_Studio idraulico - Planimetria aree di impluvio naturale con $Tr = 100$ anni.

L'elaborato è stato opportunamente quotato in modo che sia possibile constatare la presenza di almeno 10m di distanza tra gli elementi dell'impianto e le sponde dell'alveo.

QUANTUM PV 07 S.R.L.	Progetto definitivo SPEM: impianto agro-fotovoltaico da 65,997 MWp da realizzare nel Comune di Enna (EN).	Rev. 00
	SPEM_EL_56 Relazione Studio Idrologico ed Idraulico	Ott. 2022
		Pagina 21

CONCLUSIONI

Alla luce delle verifiche effettuate ed in seguito al calcolo idrologico e alla simulazione idraulica, è possibile concludere che i fluviali non comportano situazioni di rischio per le opere di progetto. È possibile concludere inoltre che:

- le opere in progetto, secondo le Norme del PAI, rientrano fra quelle consentite, data la valutazione di rischio nullo ad esse associato e dall'analisi degli effetti indotti sulle aree limitrofe;
- l'impatto delle opere da realizzare sull'attuale assetto idraulico nelle zone limitrofe a monte e a valle non determina una variazione delle attuali nulle condizioni del rischio d'inondazione;
- le aree di inondazione, in seguito ad evento di piena corrispondente ai tempi di ritorno considerati, non rientrano all'interno dell'area oggetto di studio.

Si vuole infine porre l'attenzione sulla condizione relativa allo stato di manutenzione dell'impluvio rilevato in prossimità dell'impianto. Al fine di garantire l'efficienza idraulica, così come viene modellata in questa sede, nella fase di esercizio, oltre alla manutenzione dell'impianto, si effettueranno interventi periodici sull'alveo al fine di evitare lo sviluppo incontrollato di alte erbe e arbusti.