

**ISTANZA VIA**  
**Presentata al**  
**Ministero della Transizione Ecologica**  
**e al Ministero della Cultura**  
**(art. 23 del D. Lgs 152/2006 e ss. mm. ii)**

**PROGETTO**

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO)**  
**COLLEGATO ALLA RTN**  
**POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp**  
**POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW**  
**Comune di Carlentini (SR)**

**RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

**B63.IT.21.SC.-CARLENTINI\_CV-R09**

**PROPONENTE:**  
**TEP RENEWABLES (CARLENTINI PV) S.R.L.**  
**Viale Shakespeare, 71 00144 – Roma**  
**P. IVA e C.F. 16376291007 – REA RM - 1653289**

**PROGETTISTA:**  
**ING. MATTEO BERTONERI**  
**Iscritto all' Ordine degli Ing. della Provincia di Massa Carrara al n. 669 sez. A**

<b>Data</b>	<b>Rev.</b>	<b>Tipo revisione</b>	<b>Redatto</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
06/2022	0	Prima emissione	MM/EL/MB	GG	G. Calzolari

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	<b>2 di 42</b>

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>STATO DI FATTO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>LOCALIZZAZIONE IMPIANTO.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>DATI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>RILIEVO .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Rilievo topografico .....</b>	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>COMPATIBILITÀ CON LE NTA DEL PAI.....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO.....</b>	<b>7</b>
<b>6.1</b>	<b>ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE.....</b>	<b>8</b>
<b>6.2</b>	<b>CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEL BACINO.....</b>	<b>13</b>
<b>6.3</b>	<b>METODO RAZIONALE.....</b>	<b>16</b>
<b>6.4</b>	<b>IL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO.....</b>	<b>17</b>
<b>6.5</b>	<b>IL COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE .....</b>	<b>20</b>
<b>6.6</b>	<b>MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI - STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST OPERAM .....</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI .....</b>	<b>21</b>
<b>7.1</b>	<b>ANALISI DEI CRITERI DI VERIFICA DEI SISTEMI DI DRENAGGIO.....</b>	<b>22</b>
<b>7.2</b>	<b>CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DELLE ACQUE DI COPERTURA.....</b>	<b>24</b>
<b>7.3</b>	<b>VERIFICA IDRAULICA IN MOTO UNIFORME DELLE SEZIONI.....</b>	<b>24</b>
<b>7.4</b>	<b>RIEPILOGO DELLE SEZIONI VERIFICATE .....</b>	<b>25</b>
<b>7.5</b>	<b>SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.1 .....</b>	<b>27</b>
<b>7.6</b>	<b>SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.2 .....</b>	<b>29</b>
<b>7.7</b>	<b>SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.3 .....</b>	<b>31</b>
<b>7.8</b>	<b>SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.1 .....</b>	<b>33</b>
<b>7.9</b>	<b>SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.2 .....</b>	<b>35</b>
<b>7.10</b>	<b>SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.3 .....</b>	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>39</b>
<b>9</b>	<b>ALLEGATO 1 – SISTEMA DI DRENAGGIO – RETE DI DRENO.....</b>	<b>41</b>

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	3 di 42

## 1 PREMESSA

Il presente documento riporta lo studio idrologico e idraulico del progetto dell'impianto fotovoltaico, della linea di connessione e della cabina di consegna, analizzando le eventuali interferenze con il reticolo idrografico esistente, identificando le migliori soluzioni e tecnologie per la risoluzione delle stesse.

In corrispondenza di canali irrigui/corsi d'acqua naturali, la relazione ha inoltre valutato che il superamento delle interferenze avvenga in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.

In merito allo studio Idrologico e idraulico del reticolo idrografico superficiale e dei principali potenziali solchi di drenaggio esistenti, si è fatto riferimento alla documentazione pubblicata sul sito della Regione Sicilia oltre che alle risultanze dei rilievi topografici eseguiti in situ.

La relazione riporta inoltre lo studio idrologico idraulico delle aree scolanti interessate dalle opere del progetto fotovoltaico, analizzando il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e dal un punto di vista idraulico (valutazione variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

Tale studio idrologico è svolto secondo le Norme Tecniche di Attuazione del Piano d'Assetto Idrogeologico redatto Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale, e costituito da:

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

Per maggiori approfondimenti relativi alla planimetria generale di gestione acque meteoriche delle aree di progetto e allo schema della rete di dreno nel nuovo impianto fotovoltaico si rimanda alle tavole allegate al presente documento

## 2 STATO DI FATTO

### 2.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

Il progetto in esame è ubicato nel territorio dei comuni di Carlentini (SR) a 8 km d Sud-Ovest dalla stessa città e a 17 km dal mare.

L'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico dista dalla SP10 circa 1,5 km e dalla SP32 circa 2,5 km. Questa area in oggetto risulta essere adatta allo scopo avendo una buona esposizione ed essendo raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

L'area utile sede dell'impianto fotovoltaico, di potenza nominale di 52,48 MWp risulta essere pari ad oltre 80,29 ha di cui circa 62,57 ha di area recintata utili per l'installazione del campo fotovoltaico, ove saranno installate altresì le Power Station (o cabine di campo) che avranno la funzione di elevare la tensione da bassa (BT) a media (MT). La connessione dell'impianto alla stazione di utenza, situata nei pressi della Nuova SE di trasformazione della RTN

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	4 di 42

380/150 kV, avverrà mediante cavo interrato MT che si estenderà per un percorso di circa 7,5 km, massimamente lungo la viabilità pubblica. La connessione alla Nuova SE, avverrà mediante cavo interrato AT che si estenderà dalla stazione di utenza per un percorso di circa 2 km. L'allaccio alla Stazione Elettrica avverrà in antenna a 150 kV sulla sezione 150kV di una nuova Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150 kV, da inserire in entra – esce sul futuro elettrodo RTN a 380 kV della RTN "Paterno-Priolo".

Le coordinate del sito sono:

- 37°13'30.12"N
- 14°56'39.24"E

La rete stradale che interessa l'area di impianto è costituita da:

- SP10 che si estende a ca. 1,5 km a nord-ovest dell'impianto;
- SP32 che si estende a ca 2,4 km a sud dell'impianto.

### 3 DATI DI RIFERIMENTO

#### 3.1 RILIEVO

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

Dapprima sono stati ottenuti i modelli digitali del terreno e della superficie dalla Regione Sicilia.

In seguito a completamento dell'indagine e per verifica dei dati in possesso sono stati condotti dei rilievi integrativi uno topografico eseguito con GPS e uno fotogrammetrico eseguito con Aeromobili a Pilotaggio Remoto (Droni).

##### 3.1.1 Rilievo topografico

È stato condotto un rilievo fotogrammetrico con Drone per l'acquisizione dei seguenti prodotti:

1. Ortomosaico: la generazione di un ortomosaico per ciascuna area operativa con GSD (ground sampling distance)
2. DSM: Modello digitale della superficie con risoluzione spaziale inferiore al 0,5 metri.
3. DTM: Modello digitale del terreno con risoluzione spaziale inferiore al 0,5 metri.

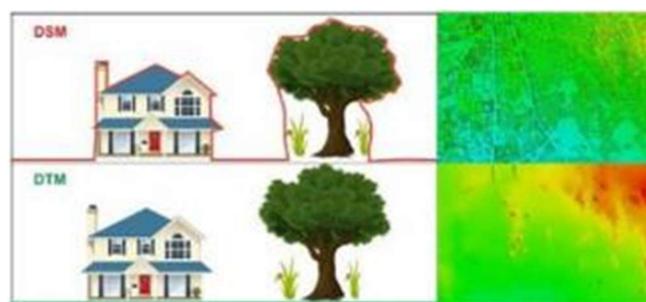


Figura 3-1: Tipologico esemplificativo raffigurante i prodotti fotogrammetrici

#### 3.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO

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

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	5 di 42

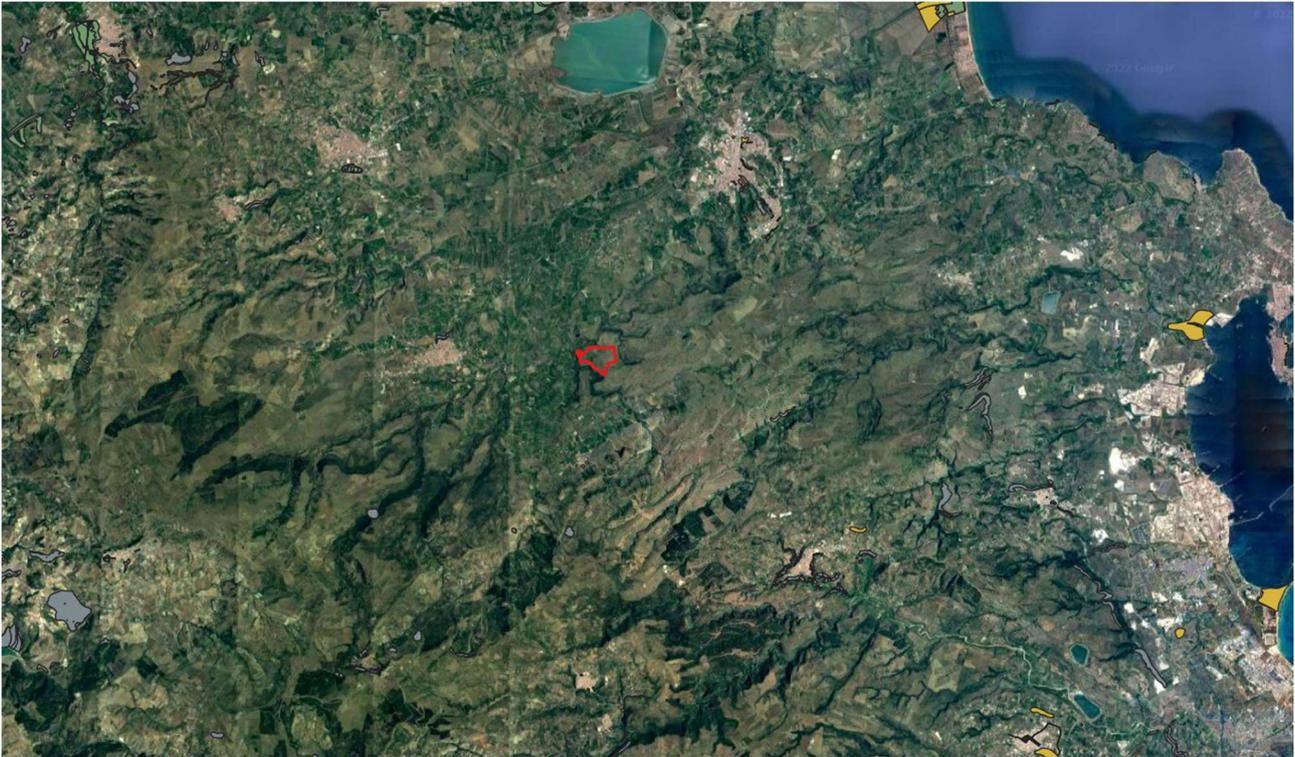
- D.Lgs 152/06 e smi;
- Direttiva Comunitaria 2007/60/CE – Valutazione e gestione del rischio di alluvioni/ D.Lgs. 49/2010;
- Regione Siciliana – Geoportale: SITR (Sistema Informativo Territoriale Regionale);
- Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia - Caratterizzazione statistica delle piogge intense e delle portate di piena sul territorio del bacino del Tevere;
- Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia – Piano Assetto Idrogeologico (PAI) Regione Sicilia
- DRPC – Dipartimento Regionale della Protezione Civile – Regione Sicilia
- CFD – Idro; Centro Funzionale Decentrato – Idro - Dipartimento della Protezione Civile
- GNDCI – Progetto VAPI sulla Valutazione delle Piene in Italia;
- Sistemi di fognatura - Manuale di progettazione - Hoepli, CSDU;
- La sistemazione dei bacini idrografici, Vito Ferro, McGraw – Hill editore;
- Open Channel Hydraulics, Chow – McGraw – Hill editore;
- Spate Irrigation - FAO – HR Wallinford;
- Urban Drainage Design Manual” pubblicato da FHWA (Federal highway administration-US Department of transportation).

#### **4 COMPATIBILITÀ CON LE NTA DEL PAI**

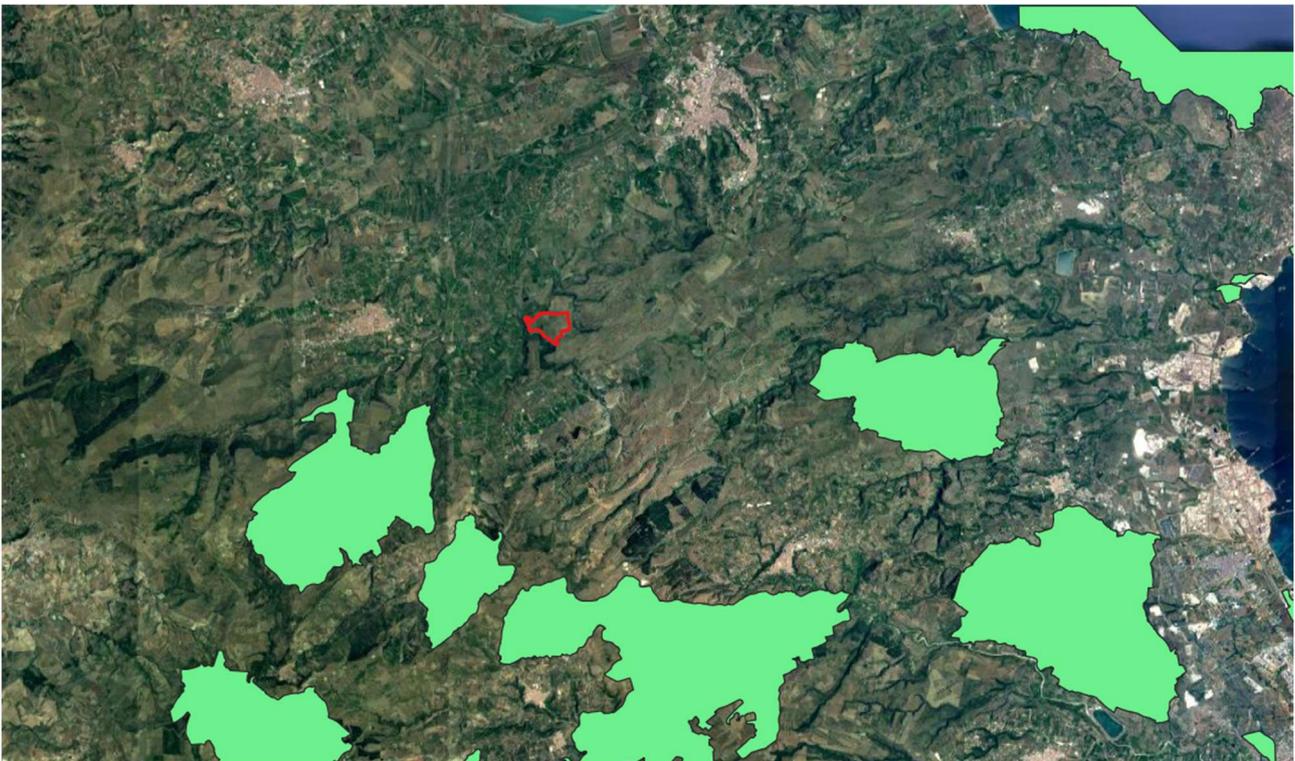
L’Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, cui compete l’esercizio dei compiti e delle funzioni in materia di protezione salvaguardia e difesa dal rischio idrogeologico ha redatto il “Piano stralcio di distretto per l’assetto idrogeologico”, o “P.A.I.”, il quale costituisce lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo sulla base del quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d’uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico, per prevenire fenomeni di dissesto geomorfologico, di alluvione, di erosione costiera e di inondazione marina e definire gli scenari di riferimento per le successive attività di prevenzione e tutela nella gestione del rischio da parte delle Amministrazioni competenti. Come si evince dalla cartografia del Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana, le aree agricole interessate dall’intervento non sono soggette né a vincolo per pericolosità idraulica, né a vincolo per pericolosità geomorfologica.

Il sito altresì non ricade in nessuna delle aree tutelate dalla Rete Natura 200, come Siti di Interesse Comunitario o Zone Speciali di Conservazione, così come riportato nelle immagini seguenti.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	<b>6 di 42</b>



*Figura 2: Inquadramento vincolistico PAI idraulico e geomorfologico*



*Figura 3: Inquadramento vincolistico Rete Natura 2000 - Aree SIC ZSC*

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	7 di 42

## 5 STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

In questo paragrafo si riportano le basi per il dimensionamento del sistema di drenaggio superficiale dell'area di intervento.

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

- Identificazione delle aree scolanti e del coefficiente di deflusso ottenuto mediante una media ponderata;
- Determinazione delle Linee Segnaletiche di Possibilità Pluviometriche (LSPP) per tempi di ritorno pari 2, 5, 10, 25 e 50 anni;
- Determinazione dello ietogramma di progetto avente una durata superiore al tempo di corrivazione del bacino sotteso dall'invaso;
- Modello di trasformazione afflussi-deflussi - stima delle portate di progetto.

## 6 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

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

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

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

$$P = 1 - (1 - 1/T)^N$$

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

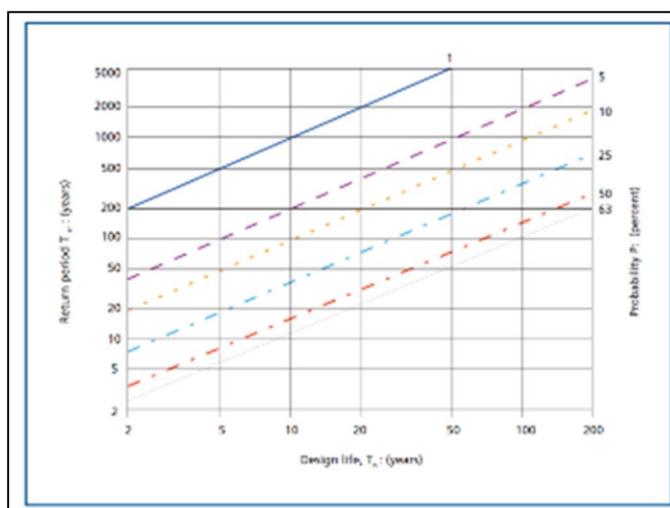


Figura 6-1: Probabilità di superamento di un evento con un determinato tempo di ritorno T durante N anni

La durata della vita utile dell'impianto fotovoltaico in oggetto è assunta pari a 30 anni. Il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione di progetto è stato assunto pari a 50 anni.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	8 di 42

## 6.1 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE

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.

Il Progetto VAPI sulla Valutazione delle Piene in Italia, portato avanti dalla Linea 1 del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche, ha come obiettivo predisporre una procedura uniforme sull'intero territorio nazionale per la valutazione delle portate di piena naturali.

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 TCEV rappresenta pertanto la distribuzione del massimo valore di una combinazione di due popolazioni ed ha, quindi, la caratteristica di prestarsi all'interpretazione di variabili fortemente asimmetriche, con presenza di alcuni valori molto elevati, di cui difficilmente le distribuzioni usuali (Gumbel, Log-Normale, etc.) riescono a rendere conto.

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

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

Nel *primo livello* di regionalizzazione si ipotizza che il coefficiente di asimmetria teorico 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 e 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 (Figura 6-2).

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	<b>9 di 42</b>

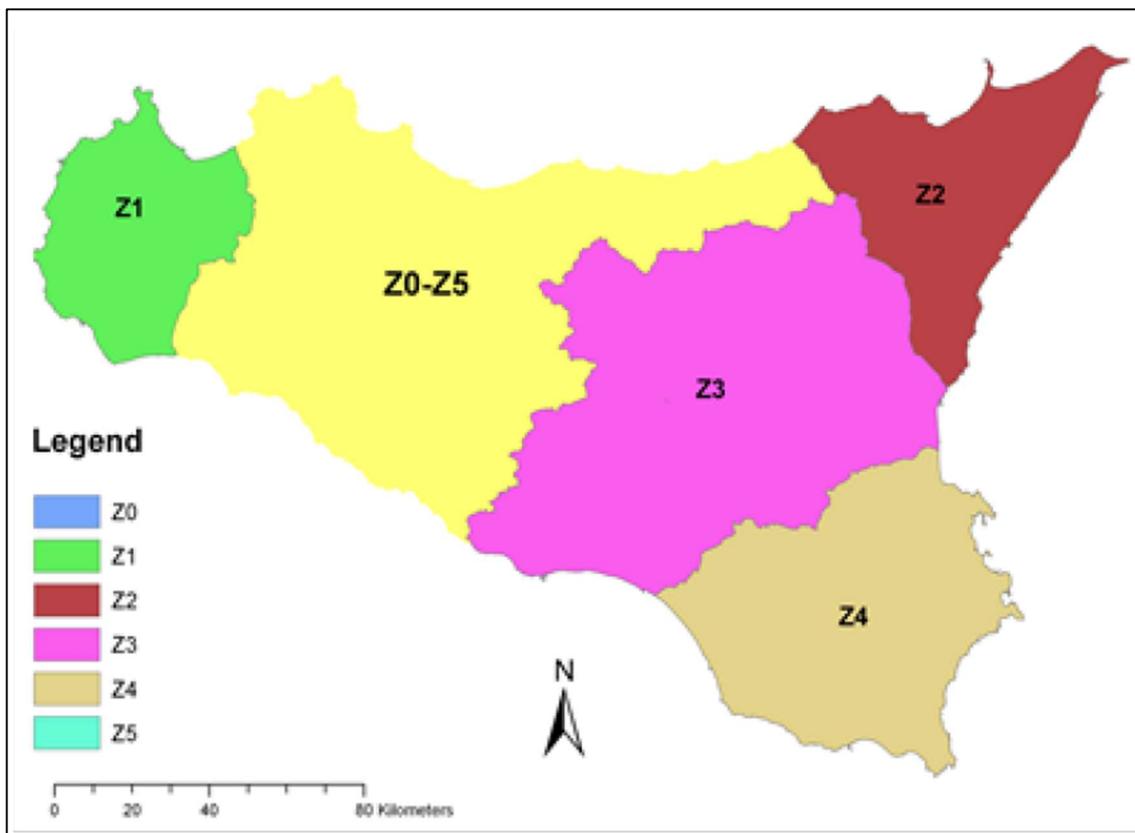


Figura 6-2: Suddivisione Sicilia in sottozona pluviometriche omogenee.

A ciascuna di esse è stato attribuito un valore costante del parametro (parametro della TCEV che rappresenta il numero medio di eventi della componente base) indicato con il simbolo  $\Lambda_1$  (Tabella 6-1), che risulta indipendente dalla durata.

Tabella 6-1: Parametro  $\Lambda_1$  per ogni sottozona pluviometrica omogenea.

Sottozona	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Parametro $\Lambda_1$	24.429	19.580	17.669	14.517	15.397	24.402

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 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  $\mu$  della legge TCEV) assume la seguente espressione:

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

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	10 di 42

In tale relazione i coefficienti a e b sono stati tarati in funzione della particolare sottozona (Tabella 6-2).

Tabella 6-2: Parametri a e b della legge TCEV per ogni sottozona pluviometrica omogenea

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

$K_T$  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.

Il *terzo livello* di regionalizzazione prevede, infine, la ricerca di relazioni regionali tra il parametro centrale della distribuzione di probabilità  $\mu$  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  $\mu$  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:

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

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). Nella Figura 6-3 e nella Figura 6-4 è possibile vedere la variazione dei coefficienti a ed n per la regione Sicilia (Lo Conti et al, 2007).

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	11 di 42

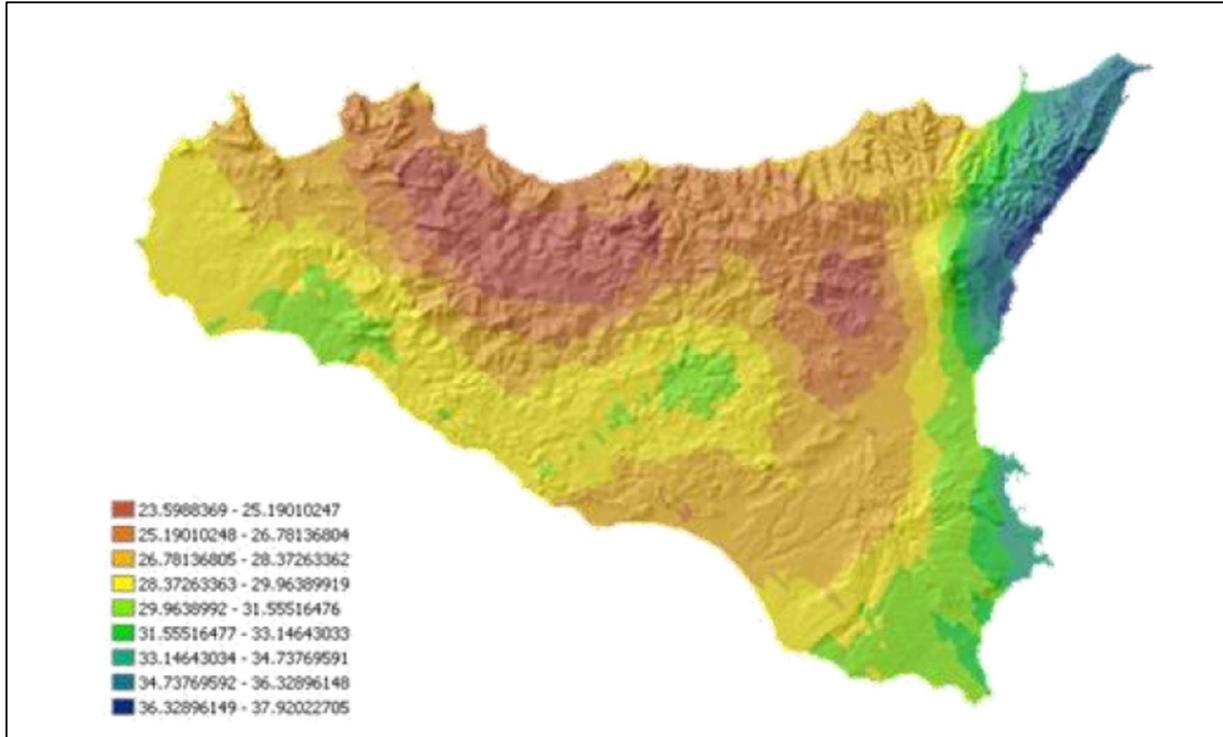


Figura 6-3: Valori dei coefficienti  $a$  per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007):

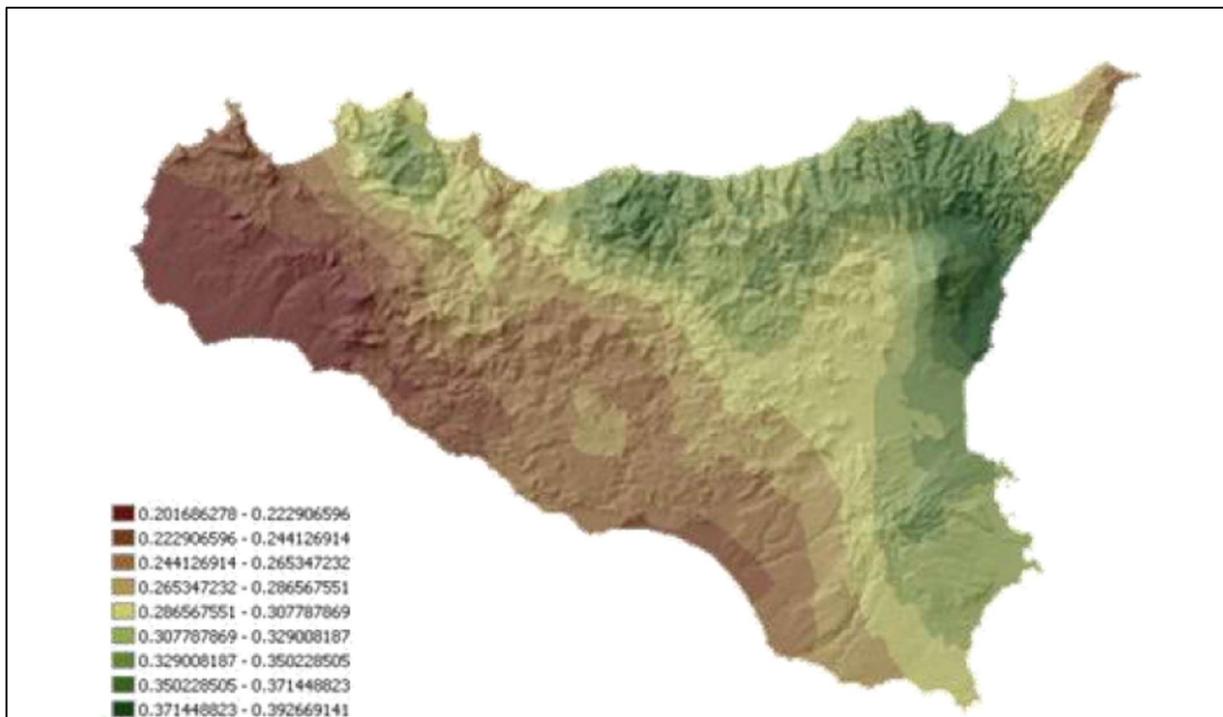


Figura 6-4: Valori dei coefficienti  $n$  per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007)

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	12 di 42

Sono quindi stati calcolati, per il tempo di ritorno di interesse  $T = 50$  anni i valori delle altezze di pioggia massima di assegnata durata  $h_{t,T}$  e la legge di probabilità pluviometrica.

Calcolo della c.p.p.

I bacini oggetto del presente studio si trovano nella sottozona pluviometrica omogenea Z4: il fattore di crescita è calcolato attraverso la seguente espressione, utilizzando gli appropriati valori dei coefficienti  $a$  e  $b$  (in base ai valori della Tabella 6-2)

$$KT=0.4946*\ln(T) + 0.4616$$

Fissato il tempo di ritorno della sollecitazione meteorica di progetto - pari a 50 anni - ed individuata la stazione pluviometrica più vicina al sito in esame, è quindi possibile calcolare le altezze di pioggia di data frequenza di accadimento e di fissata durata.

La stazione pluviometrica di riferimento è la seguente:

- Lentini Città  
Sensori presenti: Pluviometro  
Altitudine: 43 m.s.l.m.

Per essa, come per le restanti stazioni pluviometriche siciliane, i valori di  $a$  ed  $n$  risultano tabellati. Per tale stazione sono individuati i seguenti valori:  $a = 29.96$  ed  $n = 0.33$ .

È quindi possibile individuare le curve di probabilità pluviometrica per il sito in esame, per diversi tempi di ritorno.

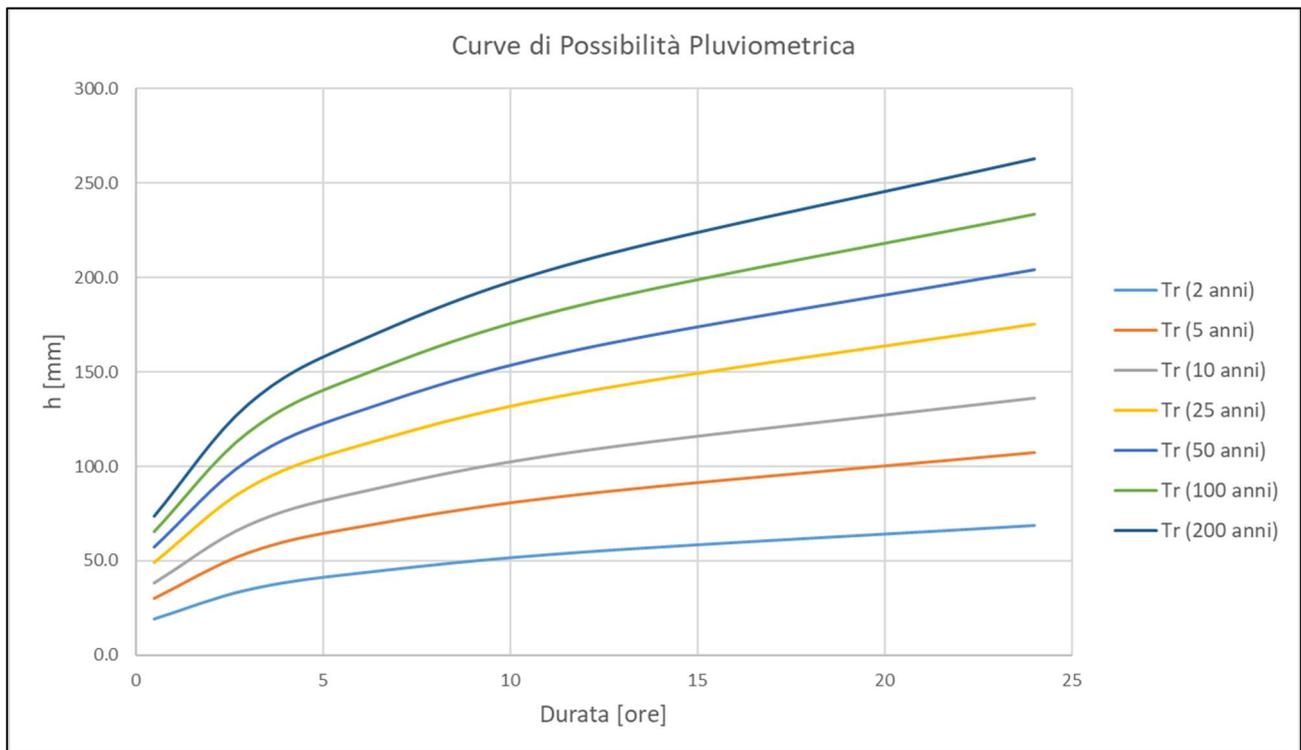


Figura 6-5: Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per il sito in esame.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>		<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>		<b>Pag.</b>	13 di 42

Tabella 6-3: : Altezza di precipitazione [mm] per le diverse durate per i diversi tempi di ritorno.

H (d,Tr) [mm]		d (ore)				
		1.00	3.00	6.00	12.00	24.00
Tr (anni)	2	24.1	34.6	43.5	54.6	68.6
Tr (anni)	5	37.7	54.1	67.9	85.3	107.2
Tr (anni)	10	48.0	68.8	86.5	108.6	136.4
Tr (anni)	25	61.5	88.3	110.9	139.4	175.1
Tr (anni)	50	71.8	103.1	129.5	162.6	204.3
Tr (anni)	100	82.1	117.8	148.0	185.9	233.5
Tr (anni)	200	92.3	132.6	166.5	209.2	262.7

La durata della precipitazione di progetto viene fatta considerando il tempo di corrivazione del bacino che sottende la sezione di chiusura dell'area drenata.

## 6.2 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEL BACINO

L'area interessata dall'installazione dell'impianto si colloca all'interno di una zona orografica collinare dell'entroterra della Sicilia sud-orientale, sita in località "Contrada Cugni" nel territorio comunale di Carlentini (SR) a circa 9 km a Sud-Ovest dalla stessa città e a circa 18 km dal mare, situata altimetricamente a quota 238,7 m s.l.m.

L'area in studio rientra nel bacino idrografico del Fiume San Leonardo il quale è contraddistinto dalla presenza di formazioni che, presentando caratteristiche litotecniche ed evoluzione tettonica diverse, hanno determinato la varietà di forme presenti nel paesaggio. Si passa, pertanto, dai caratteri tipici di un'area sub-pianeggiante e basso-collinare (in corrispondenza degli affioramenti alluvionali) ad una morfologia più aspra e articolata di tipo montano, con versanti ripidi e scoscesi in corrispondenza degli affioramenti calcareo-vulcanici.

Considerando in dettaglio l'area in studio, morfo-metricamente si trova a circa 278,7 m s.l.m. caratterizzata da un ampio pianoro intervallato da fossi di ruscellamento, costituito da lave e prodotti vulcano-clastici, orlato da scarpate per effetto di un'erosione selettiva dovuta all'azione morfo-dinamica per erosione di sponda del torrente Cava di Stomaco il quale costeggia morfologicamente l'area ad ovest del terreno in esame.

L'idrografia nelle vicinanze è rappresentata, come detto precedentemente, dall'alveo principale del Torrente Cava Stomaco e da una serie di affluenti che presentano un regime tipicamente torrentizio, con deflussi superficiali solamente nella stagione invernale, in occasione di precipitazioni intense e di una certa durata, che invece si presentano completamente asciutti nel periodo estivo, per la scarsa piovosità e l'alta temperatura che favorisce l'evaporazione.

Il deflusso superficiale è limitato oltre che dalle cause climatiche, dalla discreta permeabilità delle formazioni affioranti dovuta anche ad una serie di fratturazioni che facilitano l'infiltrazione nel sottosuolo delle acque piovane.

Infatti, i dati storici riportano che il vicino Torrente Cava Stomaco che borda perimetralmente l'area ovest in studio e lungo gli alvei situati a valle delle scarpate ed il torrente Cava Mulinelli situato più ad Est del sito in esame, fino a 40 anni fa, avevano una portata minima anche nel periodo estivo, mentre ora si presentano asciutti anche nel periodo invernale.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	14 di 42

I caratteri morfologici sono strettamente connessi con le caratteristiche dei terreni affioranti e con le strutture tettoniche e per tale motivo non si hanno nell'area in esame, interessata dall'impianto fotovoltaico compreso l'intero percorso della linea di connessione fino alla cabina di trasformazione, particolari strutture morfologiche né tantomeno fenomeni geomorfologici quali dissesti, erosioni etc., così come confermato dai rilievi effettuati dal P.A.I..

L'area di progetto si estende per circa 62,5 ettari e non interessa in maniera diretta alcun corso idrico.

Non è possibile definire un'unica sezione di chiusura che comprenda l'intera area di progetto e che possa essere considerata rappresentativa ai fini della determinazione delle grandezze necessarie per il dimensionamento della rete di dreno del parco fotovoltaico.

Dall'analisi del rilievo di dettaglio e della cartografia a disposizione sono stati definiti i bacini che comprendono l'area di installazione dell'impianto. Il Primo bacino, risulta essere di maggiori dimensioni e corrisponde con il bacino idrografico del torrente Cava di Stomaco. Circa due terzi del terreno sul quale ricade il progetto drena le acque meteoriche in compluvi che danno origine più a valle all'idrografia secondaria che confluisce sul torrente principale. Il secondo bacino individuato, che comprende la restante parte dell'area in progetto, drena su un torrente secondario, di cui in cartografia non è riportato alcun toponimo, che si congiunge a valle con il Torrente Cava di Stomaco, dando origine al torrente Margi.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	<b>15 di 42</b>

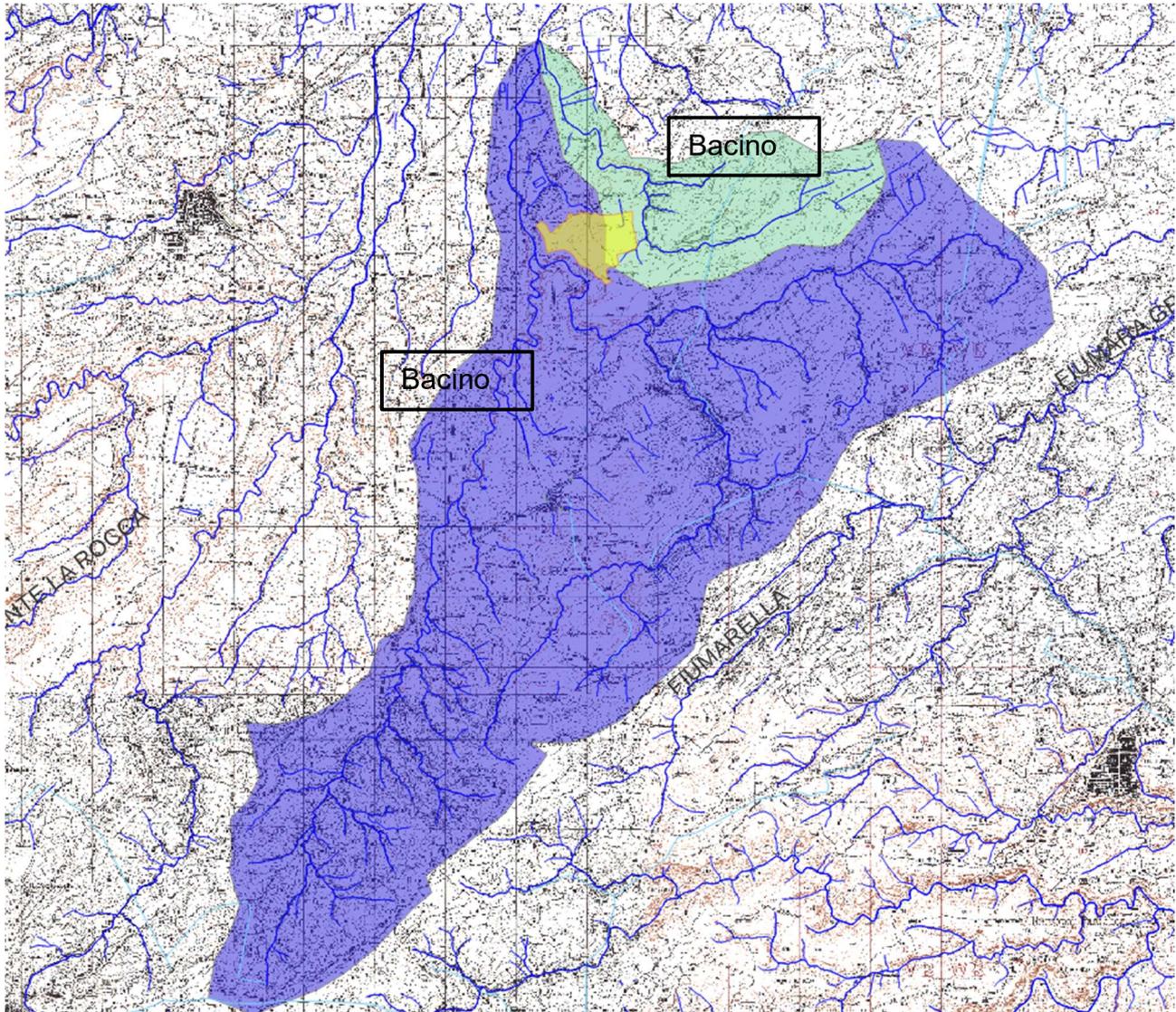


Figura 6-6: Individuazione dei bacini di dreno

I bacini idrografici così definiti sono stati analizzati e i parametri descrittivi di seguito riportati.

Tabella 6-4: Dati bacini idrologici

Bacino	Superficie	Lunghezza asta principale	Pendenza asta principale	Quota massima	Altitudine media	Quota della sezione di chiusura
	<b>S</b>	<b>L</b>	<b>J</b>	<b>Hx</b>	<b>Hm</b>	<b>Hb</b>
	[kmq]	[km]	[m/m]	[m slm]	[m slm]	[m slm]
A	56,40	16,45	0.0438	905,0	465,0	61,0
B	7,52	7,14	0.0392	357	205,0	61,0

Il tempo di corrivazione  $T_c$  può essere stimato facendo riferimento a diverse espressioni empiriche che forniscono le seguenti stime:

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	16 di 42

- Soil Conservation Service:  $T_c = 0.00227(1000 L)0.8[(1000/CN)-9]0.7(100*Jb)-0.5$
- Giandotti:  $T_c = (1.5 L + 4 S0.5) / (0.8 (Hm-Ho)0.5)$
- Pasini:  $T_c = 0.108 ((S L)1/3)/J0.5$
- progetto VAPI:  $T_c = 0.212 S0.231 (Hm/J)0.289$
- Viparelli:  $T_c = L/(3.6 V)$  (considerando  $V = 1$  m/s).

Per il progetto in questione, tutte le formule forniscono valori nettamente contrastanti che vanno da un minimo di 2,2 ore ad un massimo di 5,7 ore pe il bacino A.

Tali valori non possono essere considerati rappresentativi per definire una precipitazione di progetto per il dimensionamento dei canali di dreno dell'area di impianto.

Considerando che l'area di progetto è di circa 60 ettari, si assume una precipitazione di progetto di 0,5 ore e, come già detto, con un tempo di ritorno di 50 anni, utile a definire una precipitazione sufficientemente intensa e concentrata con la quale dimensionare la rete di dreno.

Dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, per un tempo di ritorno di 50 anni e per una durata di precipitazione pari al tempo di corrivazione, assunto per le aree in progetto pari a 0,5 ore, otteniamo un'altezza di precipitazione di 58,6 mm, corrispondente ad una intensità di 117,2 mm/h.

La valutazione delle portate dell'area in progetto è stata fatta col metodo razionale, valutando l'area drenante che interessa l'area di progetto.

La valutazione delle portate da regimare è stata calcolata sulle effettive aree drenate, nelle quali ricade l'installazione dei pannelli fotovoltaici.

### 6.3 METODO RAZIONALE

Il metodo razionale, detto anche cinematico, fornisce la portata di piena tramite l'espressione:

$$Q = \Phi ARF S H / (3.6 T_c)$$

nella quale:

- $\Phi$  rappresenta l'aliquota di precipitazione che, in occasione della piena, scorre in superficie
- ARF (Areal Reduction Factor - Coefficiente di Riduzione Areale) esprime il rapporto tra l'altezza di pioggia media su tutto il bacino e l'altezza di pioggia in un punto al suo interno, valutati a parità di durata e di tempo di ritorno
- $T_c$  è il tempo di corrivazione espresso in ore
- S la superficie del bacino in kmq
- H è l'altezza di precipitazione, in mm, che cade in un punto del bacino in una durata pari a  $T_c$  con l'assegnato Tempo di ritorno
- Q la portata di piena in mc/s.

Le ipotesi su cui si basa la formula sono le seguenti:

- l'intensità di pioggia è costante su tutto il bacino nell'intervallo di tempo considerato;

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	17 di 42

- il coefficiente di deflusso medio del bacino rimane costante nell'intervallo di tempo considerato;
- il tempo di ritorno della piena è pari a quello dell'evento di pioggia;
- la portata massima alla sezione di chiusura si verifica dopo un intervallo di tempo a partire dall'inizio dell'evento piovoso pari al tempo di corrivazione.

#### 6.4 IL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il coefficiente  $\Phi$  può essere stimato col metodo del Curve Number (CN) secondo cui vale:

$$\Phi = (H - 0.2 S)^2 / (H(H + 0.8 S)), \text{ con } S = 254 (100/CN - 1)$$

in cui il valore di CN è legato alle caratteristiche del terreno e della copertura vegetale. Dal sito della regione Sicilia è possibile scaricare e consultare la carta di uso del suolo, per la cui area in progetto riporta diverse classificazioni, tra le quali predominano terreni incolti e frutteti. La legenda usata per la classificazione dell'uso del suolo è quella del Corine Land Cover.

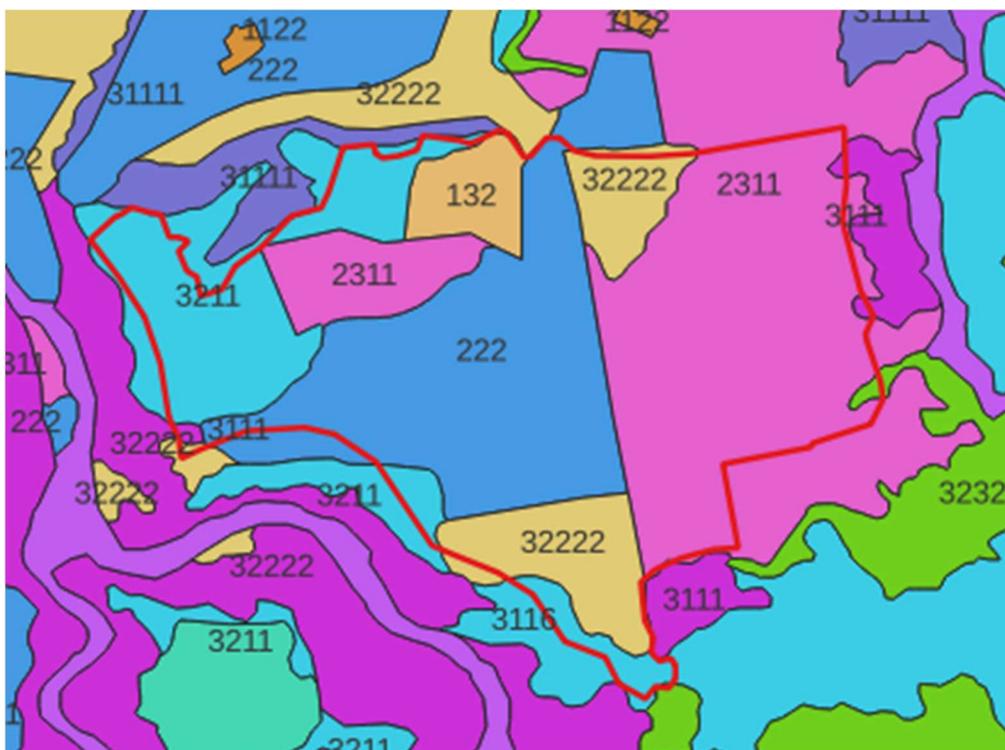


Figura 6-7: Estratto Carta dell'uso del suolo della Regione Sicilia (Corine Land Cover, 2008), per l'area in progetto

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp -</b> <b>POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW</b> <b>Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	18 di 42

Tabella 6-5: Valori CN II per i terreni in progetto

Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008		CNII			
		A	B	C	D
132	Aree ruderali e discariche	76	85	89	91
222	Frutteti	62	71	78	81
2311	Incolti	30	58	71	78
3211	Praterie aride calcaree	49	69	79	84
32222	Pruneti	35	56	70	77

Dalla classificazione del Curve Number SCS riportata dal geoportale Regione Sardegna si possono ricavare i valori di CN per la classe di uso del suolo e per la tipologia di terreno, ricavata dalla relazione geologica sulle indagini effettuate in sito.

Per l'area in progetto è stato assunto un CN pari a 70, valore medio tra le tipologie idrologiche del terreno B e C. Il tipo idrologico B è relativo a suoli con infiltrazione moderata, tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, quali limi sabbiosi. Il tipo idrologico C è relativo a suoli con infiltrazione lenta, tessitura fine, come le argille limose con deboli strati di limo sabbioso.

Lo stato di imbibimento viene espresso, in modo quali-quantitativo, in base ad un indice di pioggia, ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena. A seconda di tale valore, vengono identificate le tre classi AMC I, II e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito. Nell'ipotesi di AMC III il CN corrispondente risulta 84.

$$CN_{III} = (23 \cdot CN) / (10 + 0.13 \cdot CN)$$

Il coefficiente  $\Phi$  assume però, con questa metodologia, valori eccessivamente bassi, vista la ridotta durata delle precipitazioni e delle aree

Si utilizza dunque la correlazione da letteratura SCS-CN con il coefficiente di afflusso di seguito riportata.

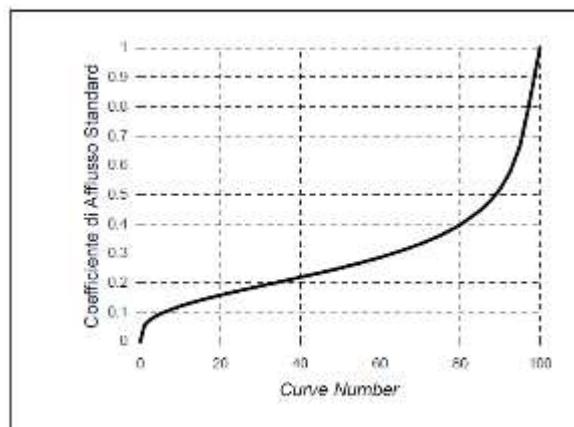


Figura 6-8: Correlazione da letteratura SCS-CN vs. Coefficiente di afflusso/Deflusso

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	19 di 42

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro  $\phi$  è stato assunto pari a 0,44.

#### *Valutazione post-operam.*

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

L'interasse fra le strutture sarà di circa 10.5 metri. L'altezza in mezzzeria della struttura sarà di circa 2,5 m (rispetto al piano di campagna). I tracker non avranno una configurazione fissa ma oscilleranno durante le fasi del giorno. Il tracker si posizionerà stabilmente con un tilt prossimo a zero solo in condizioni di messa in sicurezza in occasione di velocità del vento superiore alla soglia limite.

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

Analogamente si può affermare delle platee di appoggio delle cabine elettriche che avranno un'area trascurabile rispetto all'intera estensione delle aree.

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

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

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

Il modello schematizza l'area interessata dalla struttura come composta al 50% da una sezione "Wet" con capacità di infiltrazione non influenzata e collegata alla precedente area di interfila e una sezione "dry" che si assume a favore di sicurezza come non soggetta ad infiltrazione diretta e quindi con coefficiente di deflusso pari a 1.

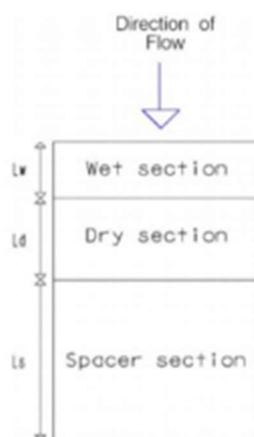


Figura 6-9: modulo tipo descrivente il modello concettuale idrologico dell'installazione di strutture fotovoltaiche a tracker su pari infissi comprendente l'area pannelli (in rosso) e l'area di interfila (Fonte: Hydrologic response of solar farm Cook 2013 American)

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp -</b> <b>POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW</b> <b>Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	20 di 42

Come descritto la proiezione del tracker a terra non risulterà fissa in quanto la struttura varierà il tilt durante le fasi della giornata.

Volendo comunque assumere la condizione più sfavorevole di evento intenso di progetto in occasione di tilt della struttura pari a zero si ottiene un'area dry pari al 50% dell'area utile di installazione pannelli.

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

Tabella 6-6: Valutazione coefficiente di deflusso ante operam/post operam.

STATO DI FATTO	AREA LORDA IMPIANTO (ha)	AREA MODULI (m <sup>2</sup> )	PERCENTUALE MODULI SU AREA NETTA INSTALLAZIONE E PANNELLI	AREA DRY STIMATA DURANTE TILT DALL'0	PERCENTUALE AREA AVENTE EFFETTO POTENZIALE	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO ANTE OPERAM	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO POST OPERAM STIMATO
Coltivato / incolto	81,6	269254	33%	13.5	16%	<b>0,44</b>	<b>0,49</b>

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

## 6.5 IL COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE

Per la stima del coefficiente ARF si possono utilizzare le Formule di Wallingford:

$$ARF = 1 - (0.0394 S^{0.354}) T_c (-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(S))) \text{ per } S < 20 \text{ km}^2$$

$$ARF = 1 - (0.0394 S^{0.354}) T_c (-0.40 + 0.003832 (4.6 - \ln(S))) \text{ per } S > 20 \text{ km}^2$$

Ma vista la limitata estensione del bacino analizzato, è stato adottato comunque, a vantaggio della cautela, il coefficiente ARF pari a 1.

## 6.6 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI - STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST OPERAM

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

L'area sulla quale si prevede la realizzazione del campo fotovoltaico occupa un'area di circa 62,5 ha, che possono essere divisi tra i due bacini imbriferi sui quali drenano le precipitazioni, come mostrato sopra. Sono state dunque condotte due serie di calcoli sulle portate al colmo, considerando uno stato ante operam con un coefficiente di drenaggio pari 0.44 e uno post operam con un coefficiente di drenaggio di 0,49.

Considerando il bacino A, ed un tempo di corrivazione di 0,5 h per le sole aree di progetto otteniamo:

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp -</b> <b>POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW</b> <b>Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09</b> <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	21 di 42

Tabella 6-7: Riepilogo valutazione stato post operam.

DESCRIZIONE	TR 50 anni
<b>Area totale S (ha)</b>	81.6
<b>Area massima drenata S (ha)</b>	13.0
<b>Coeff. Riduzione areale</b>	1.00
<b>Altezza precipitazione h(t) (mm)</b>	58.6
<b>Intensità (mm/h)</b>	117.3
<b>coefficiente di deflusso Ante Operam</b>	0.44
<b>coefficiente di deflusso Post Operam</b>	0.49
<b>Portata al colmo ante-operam Qcr (m<sup>3</sup>/s)</b>	1.86
<b>Portata al colmo post-operam senza opere di infiltrazione Qcr (m<sup>3</sup>/s)</b>	2.03

Lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso pari a circa il 9% principalmente dovuto all'incremento del coefficiente di deflusso nello scenario più critico di terreno saturo e posizione dei tracker orizzontale.

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

Inoltre considerando le opere di laminazione caratterizzate da portate di infiltrazione localizzate, il picco di portata post-operam risulterebbe pressoché equivalente allo stato di fatto.

Tenuto inoltre conto che i deflussi analizzati sono riferiti ad un tempo di ritorno di ritorno di 50 anni, si ritiene che le modifiche apportate non producano effetti significativi ai fini del deflusso superficiale e dell'idrografia dell'area in progetto.

## 7 VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI

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

- Diminuzione del carico di acque meteoriche smaltite nei vari corsi idrici, per lo smaltimento tramite infiltrazione;
- Realizzazione di infrastrutture verdi a vantaggio di quelle grigie;
- Rallentamento e riduzione del picco di piena durante piogge intense;

A tal fine si prevede l'utilizzo di canalette in terra

Al fine di garantire il corretto deflusso delle acque meteoriche anche in corrispondenza degli eventi meteorici critici l'area sarà dotata di una rete di scolo costituita da canalette in terra appositamente dimensionate e disposte in modo da assicurare la corretta e tempestiva evacuazione delle portate e scongiurare la formazione di ristagni.

La rete di dreno sarà costituita da due ordini di canalizzazioni (Canalette primarie e secondarie), e da elementi di convoglio delle acque nel reticolo naturale preesistente.

Le acque meteoriche saranno quindi allontanate il convogliamento delle portate residue verso il reticolo idrografico principale che già oggi veicola le medesime a valle del sito d'impianto.

Nel presente studio idraulico sono stati esaminati inoltre i profili di invarianza idraulica e idrologica legati all'intervento in progetto. Infatti, rifacendosi alla direttiva CE 2007/60, è necessario verificare che a seguito di un intervento, le portate massime di deflusso

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	22 di 42

meteorico scaricate dalle aree interessate dall'intervento nei ricettori naturali o artificiali di valle non siano maggiori di quelle preesistenti, assicurare cioè la cosiddetta "Invarianza Idraulica e idrologica" del sito.

A tal fine si rileva che gli interventi previsti possono essere classificati come interventi con Trascurabile impermeabilizzazione potenziale del terreno; in questi casi, data l'esigua quota parte di superficie interessata dalla trasformazione dell'uso del suolo (da Permeabile a Impermeabile), in linea di massima i benefici conseguibili in termini di compensazione dei deflussi non giustificano gli oneri connessi alla previsione di specifiche opere di compensazione. sarà pertanto sufficiente adottare buoni criteri costruttivi delle reti di dreno assicurando adeguato margine di franco nel dimensionamento delle sezioni, riducendo le superfici impermeabili, quali le superfici di viabilità, adottando opportuni criteri realizzativi, quali ad esempio quelli che favoriscano gli effetti di infiltrazione e laminazione delle portate. A maggior cautela si prevede quindi di sovradimensionare la rete di dreno rispetto alle sole esigenze di trasporto della portata di picco, realizzando nei canali volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle portate in occasione dei picchi di pioggia. A tal fine in corrispondenza dei tiranti idrici massimi, nelle sezioni sarà assicurata un adeguato franco idraulico nelle luci della rete di dreno.

Queste previsioni consentono di non considerare alcuna variazione nel calcolo della portata nelle condizioni di progetto rispetto alla situazione ante operam.

I dati sopraesposti completano il quadro conoscitivo generale utile all'impostazione dello studio idraulico, composto da una fase di acquisizione e archiviazione dei dati territoriali e cartografici, di valutazione del livello di degrado, di antropizzazione e di caratterizzazione topografica e geometrica.

Nel caso in esame, valutate attentamente le condizioni di applicabilità dei differenti modelli di moto, si condurranno le verifiche in condizioni di moto uniforme sulle canalette in progetto con maggiore portata, nelle loro differenti configurazioni di pendenza al fine di verificarne la funzionalità idraulica sia in termini di portata sia in termini di velocità.

## **7.1 ANALISI DEI CRITERI DI VERIFICA DEI SISTEMI DI DRENAGGIO**

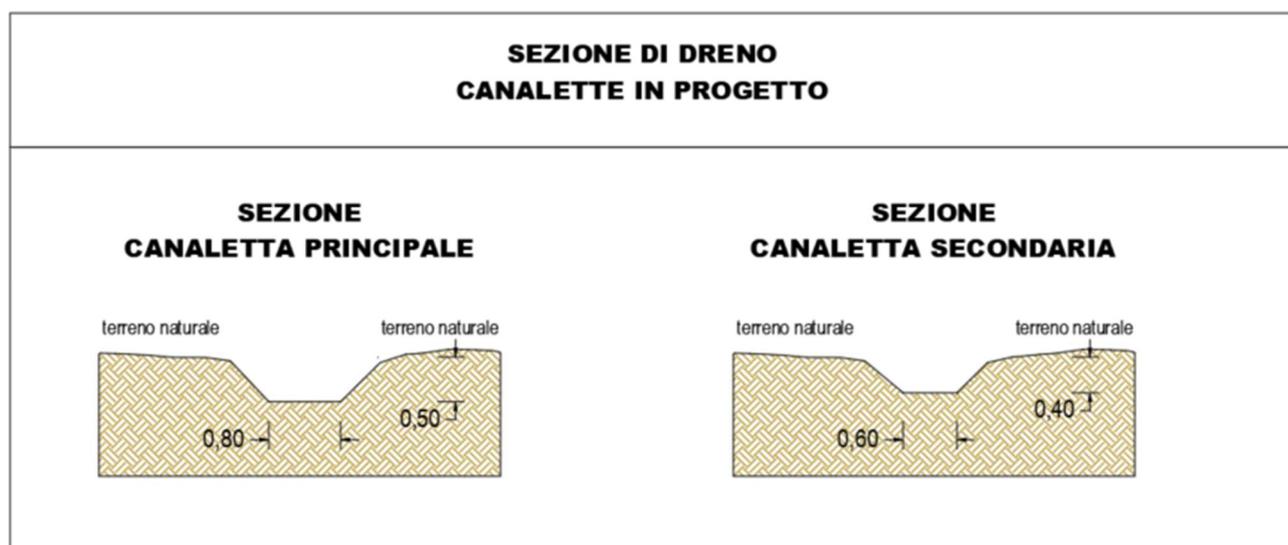
Il sistema per la regimazione delle acque meteoriche prevede la regimazione delle acque di ruscellamento superficiale di tutto il sito tramite un sistema costituito da canalette a cielo aperto che garantiscono il recapito delle acque meteoriche ai recettori esistenti ubicati sia perimetralmente che internamente all'impianto.

Ai fini della verifica del funzionamento idraulico delle canalette principali è stato assunto un unico scenario che simula la situazione tipica invernale per la quale è stata assunta la portata derivante dall'apporto della pioggia riferita al sub-bacino di studio e la portata derivante dall'apporto della pioggia sull'area scolante della canaletta principale individuata come quella veicolante la maggiore portata dell'intero impianto. Analogamente, la verifica delle canalette secondarie è stata condotta applicando la pioggia di progetto alla maggiore superficie afferente la canaletta, ottenendo così la massima portata di progetto.

Determinati così i valori di portata, ai fini della modellazione idraulica del sistema di dreno, in via cautelativa, è stata applicata la portata complessiva riferita a ciascun tratto di canale rispettivamente Principale e Secondaria, valutando la funzionalità delle stesse in un range di pendenza compreso tra il 1,5% ed il 6% per la rete principale, e il 1% ed il 6% per la rete secondaria,

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	23 di 42

le quali risultano essere le pendenze medie caratteristiche delle canalette.  
Si riporta di seguito una rappresentazione schematica delle canalizzazioni primarie e secondarie:



*Figura 7-1: Sezioni indicative canali di drenaggio*

La sezione della canaletta primaria è interessata dunque dalle acque superficiali convogliate dall'intero bacino afferente individuato della superficie complessiva di circa 13 ha e convoglia la portata confluyente definita dal tempo di pioggia di progetto pari a 30 min, definito in relazione al tempo di corrvazione del bacino, e dall'intensità di pioggia di progetto definita dagli studi idrologici sopra riportati in corrispondenza del tempo di ritorno  $T_r=50$  anni e risultante pari a 117.3 mm/h.

In tali condizioni la portata di verifica risulta pari a 2,03 mc/s.

la verifica della canaletta è stata condotta in relazione a quattro diverse configurazioni di pendenza; in particolare nel caso in esame sono state condotte le verifiche per la pendenza pari a 6%; 3%; ed 1,5%; rappresentando così tutte le condizioni di moto previste nel comparto.

Analogamente a quanto verificato per le canalette primarie, le canalette secondarie sono state verificate nelle medesime condizioni di intensità e durata della pioggia di progetto, considerando un bacino afferente della superficie di 3,0 ha per una portata complessiva di progetto pari a 0,47 mc/s.

Anche in questo caso le verifiche sono state condotte per le pendenze maggiormente rappresentative delle condizioni reali di posa delle canalette, pari a 6.00%; 3.00% e 1.00%.

La rete di drenaggio integra gli impluvi naturali, preservando il regime idraulico esistente.

La regimazione delle acque di ruscellamento, al fine di preservare la consistenza del terreno e prevenire fenomeni di erosione prevede la realizzazione di circa 11.5 km di canaline tra primarie e secondarie. In particolare si prevede la realizzazione di circa 3500 m di canaline primarie e di 8000 m di canaline secondarie, uniformemente distribuite su tutta l'area di impianto secondo la planimetria allegata al presente documento.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	24 di 42

## 7.2 CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DELLE ACQUE DI COPERTURA

Le canalette di drenaggio sono costituite da semplici fossi di drenaggio ricavati sul terreno a seguito della sistemazione superficiale definitiva dell'area mediante la semplice sagomatura del terreno ed il posizionamento di un rivestimento litoide eseguito con materiale grossolano a protezione dell'erosione del fondo e delle scarpatine laterali.

La disposizione planimetrica delle canalette è stata studiata in relazione alla loro funzione, ubicando le canalette primarie lungo il perimetro delle aree d'impianto ed a protezione delle stesse rispetto alle portate eventualmente provenienti dall'esterno; le canalette secondarie sono invece disposte ad interdistanza pressoché costante all'interno delle aree di installazione al fine di scongiurare i fenomeni di ruscellamento incontrollato e nel contempo al fine di garantire la corretta confluenza delle acque verso le canalette principali ed i relativi corpi ricettori più a valle.

L'infiltrazione nel terreno delle acque meteoriche ed al fine di calmierare gli effetti di concentrazione idraulica e idrologica delle piogge, lungo le canalette principali sarà garantita dalla presenza di graniglia nel greto delle canalette che, grazie alle loro caratteristiche, contribuiscono oltre che all'infiltrazione, anche al rallentamento delle portate, favorendo così il ripristino delle caratteristiche idrologiche e idrauliche della piena.

Come detto le acque raccolte dai fossi così dimensionati sono convogliate sul perimetro delle installazioni e verso le canalette principali.

Gli attraversamenti stradali saranno realizzati mediante cavalcafossi in cemento prefabbricato del diametro indicativo di 1 m.

## 7.3 VERIFICA IDRAULICA IN MOTO UNIFORME DELLE SEZIONI

Le condizioni di moto uniforme in un canale si determinano quando l'altezza d'acqua e la velocità si mantengono costanti nello spazio e nel tempo; la superficie libera, pertanto, risulta parallela al fondo.

La definizione di moto uniforme ha senso solo se il canale è prismatico.

Le caratteristiche cinematiche e dinamiche del moto uniforme saranno evidenziate nel quadro di riepilogo della verifica relativa a ciascuna sezione analizzata.

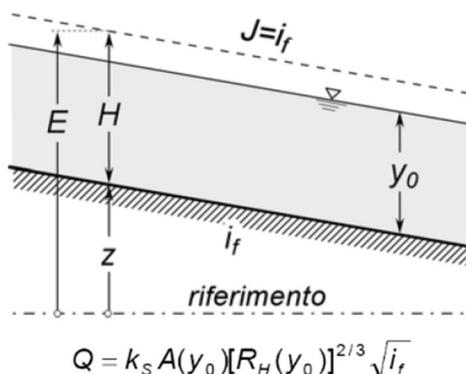


Figura 7-2: Riferimenti di calcolo del moto uniforme

Nel caso di sezione compatta, il legame tra la velocità (o la portata) e l'altezza d'acqua può essere espresso da una qualsiasi formula di moto uniforme. Qui, in particolare, si farà

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	25 di 42

riferimento alla richiamata formula di Gauckler-Strickler in cui  $k_S$  è il coefficiente di scabrezza secondo Strickler,  $A$  è l'area della sezione trasversale,  $RH$  il raggio idraulico ( $RH=A/c$ , essendo  $c$  il perimetro bagnato) e  $i$  la pendenza del fondo.

È importante osservare che se il canale non è prismatico e la portata è variabile lungo il percorso, non è possibile definire una condizione di moto uniforme.

Il coefficiente  $k_S$  dovrebbe pertanto essere una "misura" della scabrezza di parete. In realtà nel coefficiente  $k_S$  sono normalmente inglobati gli effetti dissipativi di molti fenomeni non inquadrabili come "attrito". Tra questi, sono da ricordare gli scambi trasversali di quantità di moto prodotti da variazioni geometriche della sezione, dalla presenza di curve, di forme di fondo, di vegetazione e gli effetti dissipativi associati ad instabilità superficiali; nel caso in cui la scabrezza non sia uniformemente distribuita lungo il contorno bagnato come, ad esempio, nel caso di un canale di sezione trapezia con sponde realizzate in materiale diverso da quello del fondo, è necessario stimare un coefficiente di resistenza equivalente  $k_{eq}$  in grado di descrivere il legame tra altezza  $y_0$  e portata  $Q$  in queste particolari condizioni, si suddivide la sezione complessiva in sottosezioni ciascuna delle quali è delimitata da un contorno a scabrezza omogenea mentre la rimanente parte di contorno è tale per cui lungo lo stesso non si sviluppino sforzi tangenziali.

La progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche si basa sulla caratterizzazione idrologica riportata nei precedenti paragrafi. In particolare sono state identificate l'intensità, la durata e la frequenza delle precipitazioni di breve durata e forte intensità (eventi critici), in riferimento al tempo di ritorno  $T$  previsto pari a 50 anni.

Il dimensionamento della rete è stato effettuato tramite il confronto tra la portata d'acqua generata dall'evento piovoso sulla superficie drenata dall' $n - esimo$  collettore  $Q_{ci}$  (portata critica  $i - esima$ ) e la portata che lo stesso è in grado di allontanare con un opportuno franco di sicurezza  $Q_{di}$  (portata di esercizio  $i - esima$ ).

#### 7.4 RIEPILOGO DELLE SEZIONI VERIFICATE

Di seguito le caratteristiche dimensionali della canaletta primaria considerata per la verifica:

Tabella 7-1: Riepilogo sezioni primarie verificate.

Sezione in verifica	Sezione 1.1	Sezione 1.2	Sezione 1.3
<b>Profilo di progetto</b>	Canaletta Primaria	Canaletta Primaria	Canaletta Primaria
<b>Tratto</b>	pendenza massima	pendenza media	pendenza lieve
<b>Tipo Sezione</b>	Trapezia	Trapezia	Trapezia
<b>Materiale</b>	Terra	Terra	Terra
<b>Caratteristiche Canale</b>	Terra - con erba	Terra - con erba	Terra - con erba
<b>Base [m]</b>	0.800	0.800	0.800
<b>Altezza [m]</b>	0.500	0.500	0.500
<b>Inclinazione Pareti [°]</b>	30°	30°	30°
<b>Pendenza di progetto</b>	6.00 %	3.00 %	1.50 %
<b>Parametro di Scabrezza</b>	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler
<b>Scabrezza (Consigliato 40)</b>	45.00	45.00	45.00
<b>Q Tr (2 anni) [mc/s]</b>	0.68	0.68	0.68

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	26 di 42

<b>Q Tr (5 anni) [mc/s]</b>	1.07	1.07	1.07
<b>Q Tr (10 anni) [mc/s]</b>	1.36	1.36	1.36
<b>Q Tr (25 anni) [mc/s]</b>	1.74	1.74	1.74
<b>Q Tr (50 anni) [mc/s]</b>	2.03	2.03	2.03
<b>Q 6 [mc/s]</b>	2.05	2.05	2.05

Di seguito le caratteristiche dimensionali della canaletta secondaria considerata per la verifica:

Tabella 7-2: Riepilogo sezioni secondarie verificate

<b>Sezione in verifica</b>	<b>Sezione 2.1</b>	<b>Sezione 2.2</b>	<b>Sezione 2.3</b>
<b>Profilo di progetto</b>	Canaletta Secondaria	Canaletta Secondaria	Canaletta Secondaria
<b>Tratto</b>	pendenza massima	pendenza media	pendenza minima
<b>Tipo Sezione</b>	Trapezia	Trapezia	Trapezia
<b>Materiale</b>	Terra	Terra	Terra
<b>Caratteristiche Canale</b>	Terra - con erba	Terra - con erba	Terra - con erba
<b>Base [m]</b>	0.600	0.600	0.600
<b>Altezza [m]</b>	0.400	0.400	0.400
<b>Inclinazione Pareti [°]</b>	30°	30°	30°
<b>Pendenza di progetto</b>	6.00 %	3.00 %	1.00 %
<b>Parametro di Scabrezza</b>	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler
<b>Scabrezza (Consigliato 40)</b>	45.00	45.00	45.00
<b>Q Tr (2 anni) [mc/s]</b>	0.16	0.09	0.09
<b>Q Tr (5 anni) [mc/s]</b>	0.25	0.14	0.14
<b>Q Tr (10 anni) [mc/s]</b>	0.31	0.17	0.17
<b>Q Tr (25 anni) [mc/s]</b>	0.40	0.22	0.22
<b>Q Tr (50 anni) [mc/s]</b>	0.47	0.26	0.26
<b>Q 6 [mc/s]</b>	0.60	0.30	0.30

Si riportano di seguito le verifiche relative a ciascuna delle sezioni fin qui descritte.

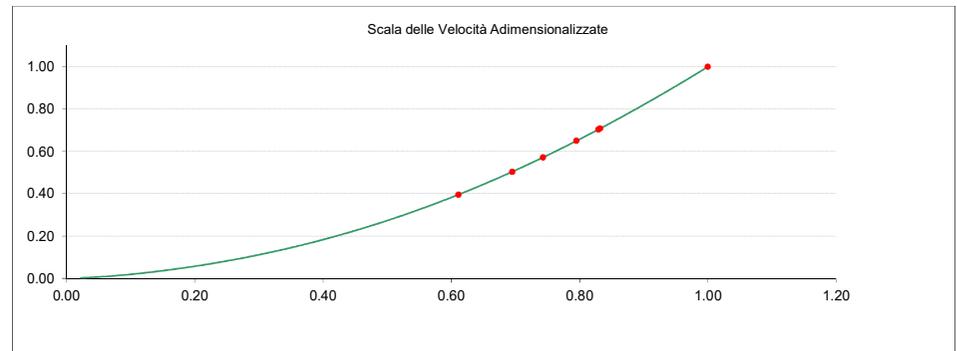
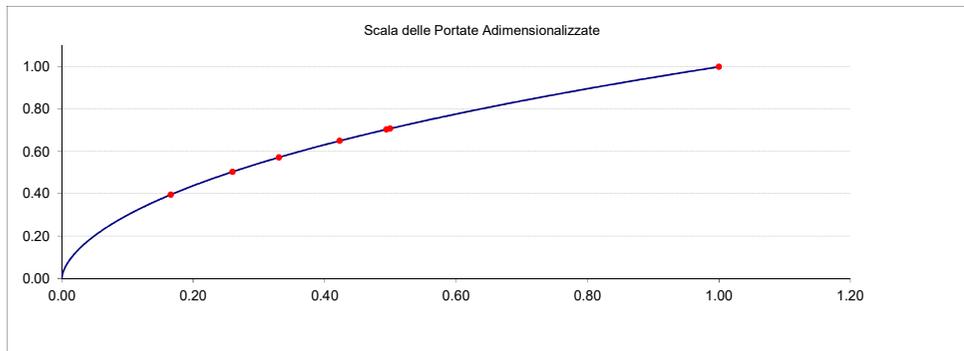
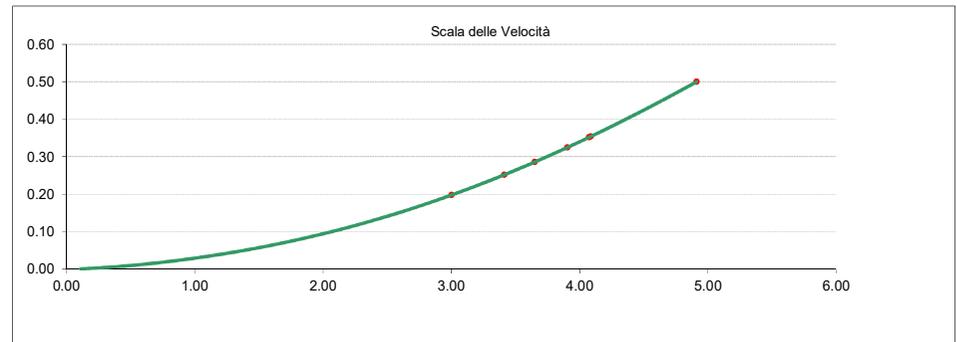
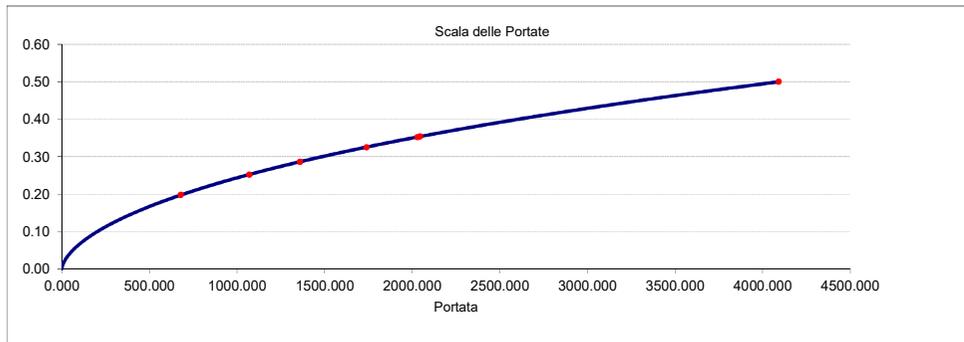
	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	27 di 42

## 7.5 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.1

Verifica delle sezioni idrauliche: Sezione 1.1 - Canaletta primaria - -

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	4091.999	Base	B	0.80	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	680.000	Altezza	H	0.50	Terra	
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	1070.000	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - regolare	
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	1360.000	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	1740.000	Pendenza di progetto	i	6.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - verifica	2030.000	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q 6	2045.000	Scabrezza (Consigliato 51)	ks	45.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 680.00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 1070.00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 1360.00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 1740.00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 2030.00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 2045.00 [l/s])	Massima portata (Q= 4092.00 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - verifica	Q 6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	680.00	1070.00	1360.00	1740.00	2030.00	2045.00	4092.00
percentuale riempimento [%]	40%	50%	57%	65%	70%	71%	100%
Tirante idrico [m]	0.20	0.25	0.29	0.33	0.35	0.35	0.50
Area Bagnata [mq]	0.23	0.31	0.37	0.44	0.50	0.50	0.83
Contorno Bagnato [m]	1.59	1.81	1.94	2.10	2.21	2.22	2.80
Lunghezza Pelo Libero [m]	1.49	1.67	1.79	1.93	2.02	2.03	2.53
Raggio Idraulico [m]	0.14	0.17	0.19	0.21	0.22	0.23	0.30
c [-]	32.51	33.57	34.14	34.72	35.09	35.11	36.77
Velocità del flusso [m/s]	3.00	3.41	3.65	3.91	4.07	4.09	4.91
V/Vr [%]	0.61	0.69	0.74	0.80	0.83	0.83	1.00
Q/Qr [%]	0.17	0.26	0.33	0.42	0.49	0.50	1.00



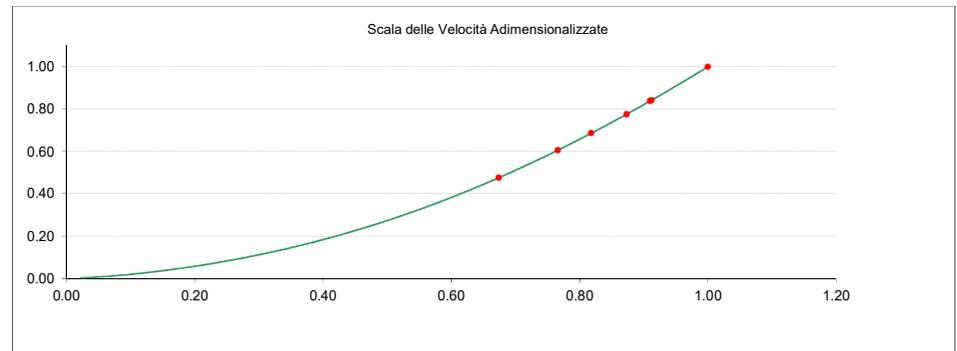
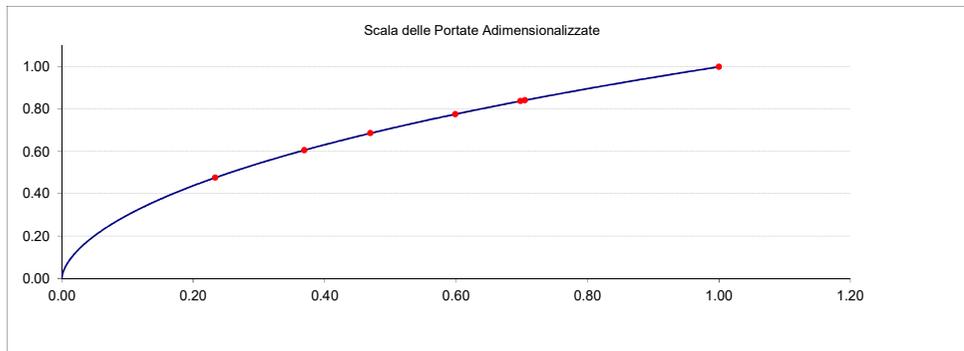
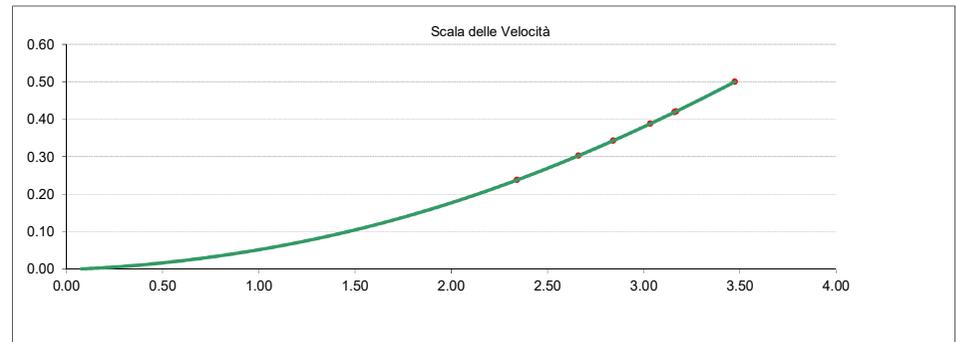
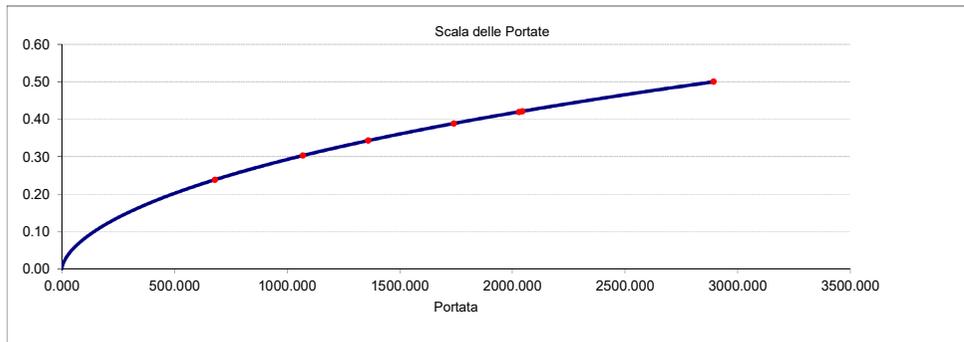
	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	29 di 42

## 7.6 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.2

Verifica delle sezioni idrauliche: Sezione 1.2 - Canaletta primaria - -

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione
Portata Massima	Qmax	2893.480	Base	B	0.80	Trapezia
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	680.000	Altezza	H	0.50	Terra
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	1070.000	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - regolare
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	1360.000	Coefficiente di inclinazione	n	1.73	
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	1740.000	Pendenza di progetto	i	3.00%	Note: Nessuna
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - verifica	2030.000	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler		
Portata di progetto Q6	Q 6	2045.000	Scabrezza (Consigliato 51)	ks	45.00	

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 680.00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 1070.00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 1360.00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 1740.00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 2030.00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 2045.00 [l/s])	Massima portata (Q= 2893.48 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - verifica	Q 6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	680.00	1070.00	1360.00	1740.00	2030.00	2045.00	2893.48
percentuale riempimento [%]	48%	61%	69%	78%	84%	84%	100%
Tirante idrico [m]	0.24	0.30	0.34	0.39	0.42	0.42	0.50
Area Bagnata [mq]	0.29	0.40	0.48	0.57	0.64	0.64	0.83
Contorno Bagnato [m]	1.75	2.01	2.17	2.35	2.48	2.48	2.80
Lunghezza Pelo Libero [m]	1.62	1.85	1.99	2.14	2.25	2.26	2.53
Raggio Idraulico [m]	0.16	0.20	0.22	0.24	0.26	0.26	0.30
c [-]	33.32	34.40	34.97	35.54	35.91	35.93	36.77
Velocità del flusso [m/s]	2.34	2.66	2.84	3.03	3.16	3.17	3.47
V/Vr [%]	0.67	0.77	0.82	0.87	0.91	0.91	1.00
Q/Qr [%]	0.23	0.37	0.47	0.60	0.70	0.70	1.00



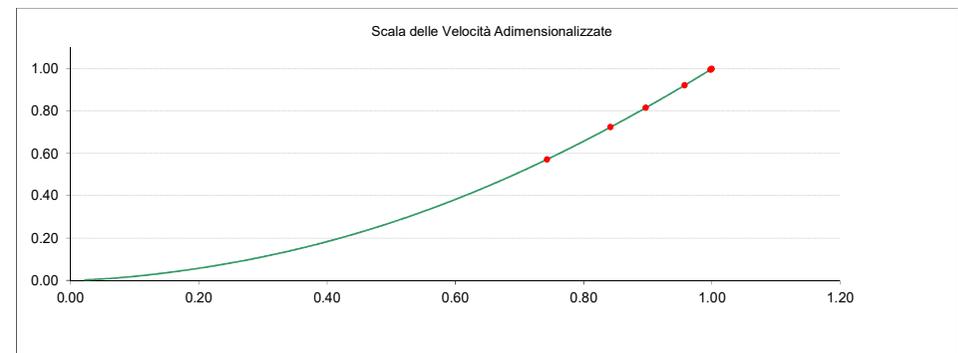
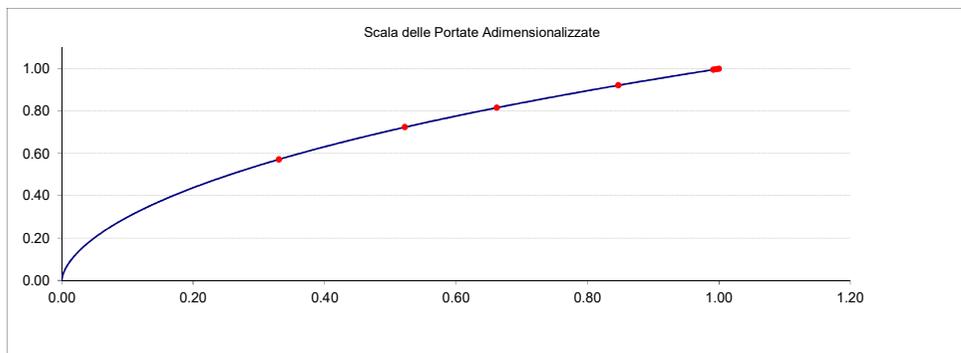
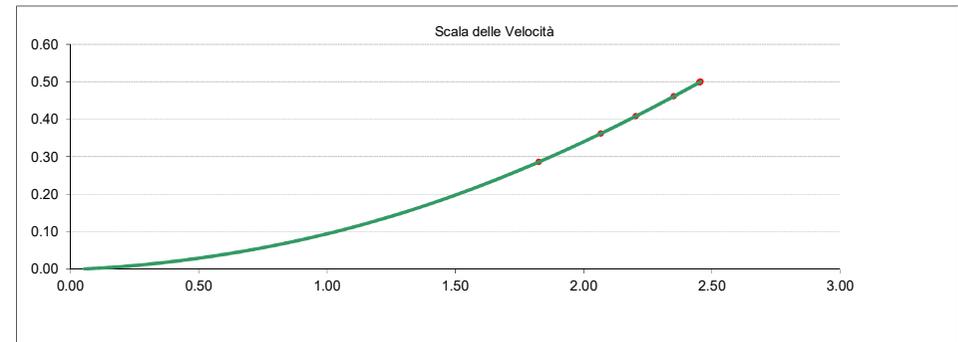
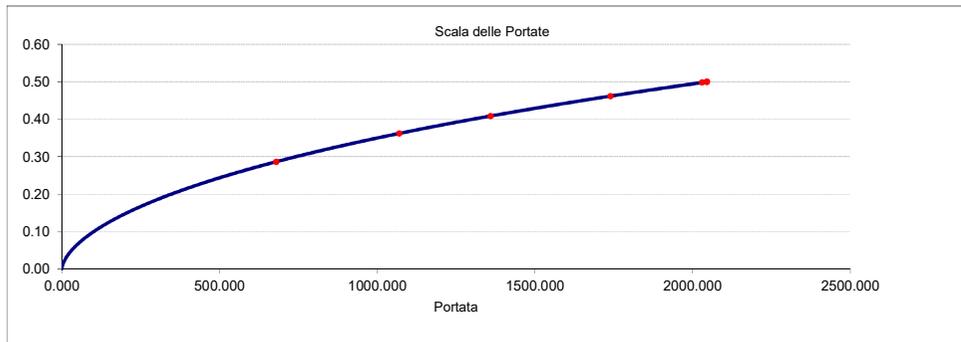
	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	31 di 42

## 7.7 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.3

Verifica delle sezioni idrauliche: Sezione 1.3 - Canaletta primaria - -

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione
Portata Massima	Qmax	2045.999	Base	B	0.80	Trapezia
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	680.000	Altezza	H	0.50	Terra
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	1070.000	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - regolare
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	1360.000	Coefficiente di inclinazione	n	1.73	
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	1740.000	Pendenza di progetto	i	1.50%	Note: Nessuna
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - verifica	2030.000	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler		
Portata di progetto Q6	Q 6	2045.000	Scabrezza (Consigliato 51)	ks	45.00	

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 680.00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 1070.00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 1360.00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 1740.00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 2030.00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 2045.00 [l/s])	Massima portata (Q= 2046.00 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - verifica	Q 6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	680.00	1070.00	1360.00	1740.00	2030.00	2045.00	2046.00
percentuale riempimento [%]	57%	72%	82%	92%	100%	100%	100%
Tirante idrico [m]	0.29	0.36	0.41	0.46	0.50	0.50	0.50
Area Bagnata [mq]	0.37	0.52	0.61	0.74	0.83	0.83	0.83
Contorno Bagnato [m]	1.94	2.25	2.43	2.64	2.79	2.80	2.80
Lunghezza Pelo Libero [m]	1.79	2.05	2.21	2.40	2.53	2.53	2.53
Raggio Idraulico [m]	0.19	0.23	0.25	0.28	0.30	0.30	0.30
c [-]	34.14	35.22	35.78	36.37	36.75	36.76	36.77
Velocità del flusso [m/s]	1.83	2.07	2.20	2.35	2.45	2.45	2.46
V/Vr [%]	0.74	0.84	0.90	0.96	1.00	1.00	1.00
Q/Qr [%]	0.33	0.52	0.66	0.85	0.99	1.00	1.00



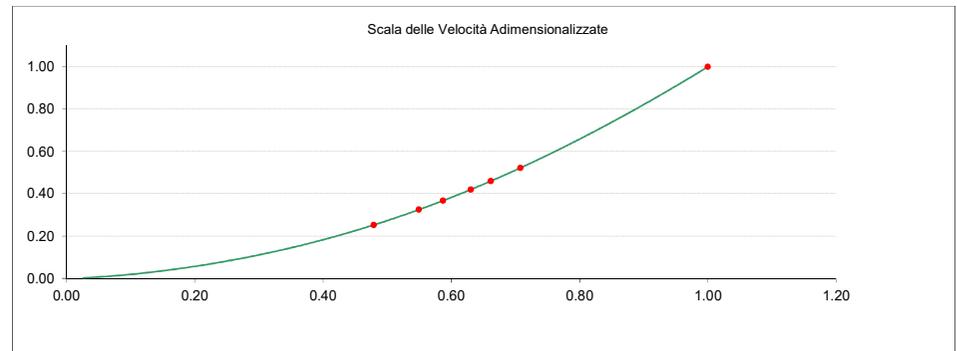
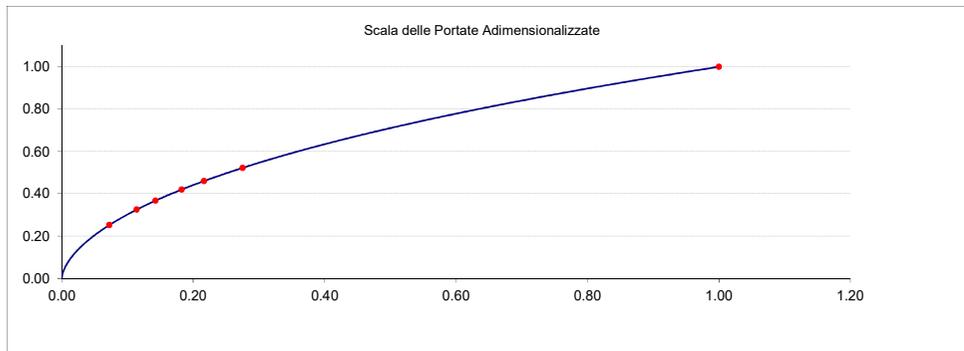
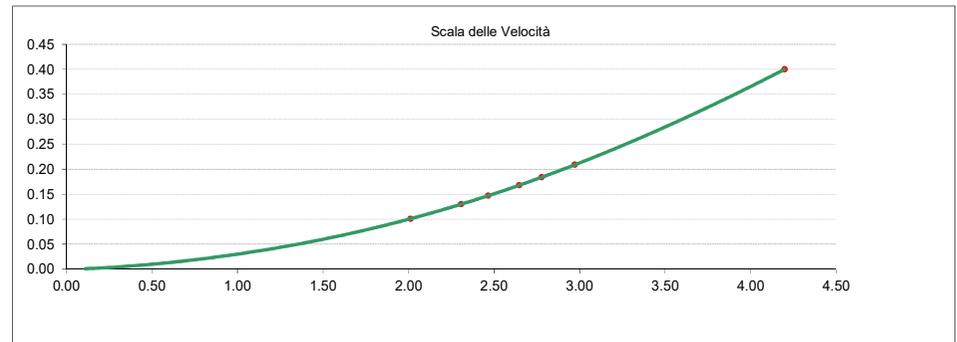
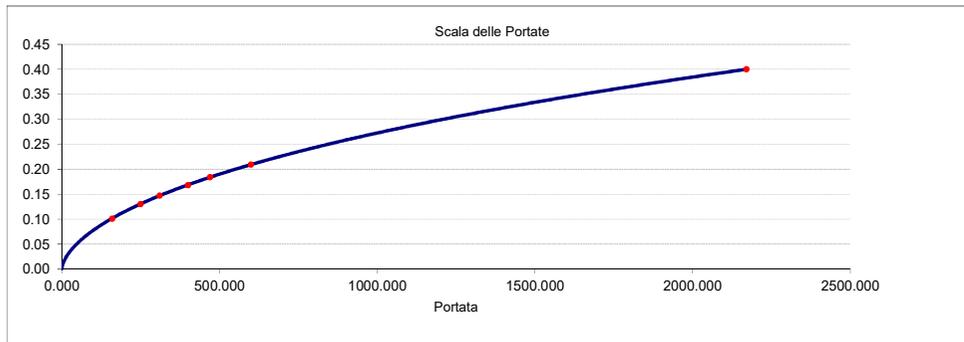
	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	33 di 42

## 7.8 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.1

Verifica delle sezioni idrauliche: Sezione 2.1 - Canaletta secondaria - -

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	2171.051	Base	B	0.60	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	160.000	Altezza	H	0.40	Terra	
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	250.000	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - regolare	
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	310.000	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	400.000	Pendenza di progetto	i	6.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - verifica	470.000	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q 6	600.000	Scabrezza (Consigliato 51)	ks	45.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 160.00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 250.00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 310.00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 400.00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 470.00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 600.00 [l/s])	Massima portata (Q= 2171.05 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - verifica	Q 6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	160.00	250.00	310.00	400.00	470.00	600.00	2171.05
percentuale riempimento [%]	25%	33%	37%	42%	46%	52%	100%
Tirante idrico [m]	0.10	0.13	0.15	0.17	0.18	0.21	0.40
Area Bagnata [mq]	0.08	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.52
Contorno Bagnato [m]	1.00	1.12	1.19	1.27	1.34	1.44	2.20
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.95	1.05	1.11	1.18	1.24	1.32	1.99
Raggio Idraulico [m]	0.08	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.24
c [-]	29.41	30.44	30.95	31.50	31.88	32.43	35.35
Velocità del flusso [m/s]	2.01	2.31	2.46	2.65	2.78	2.97	4.20
V/Vr [%]	0.48	0.55	0.59	0.63	0.66	0.71	1.00
Q/Qr [%]	0.07	0.11	0.14	0.18	0.22	0.28	1.00



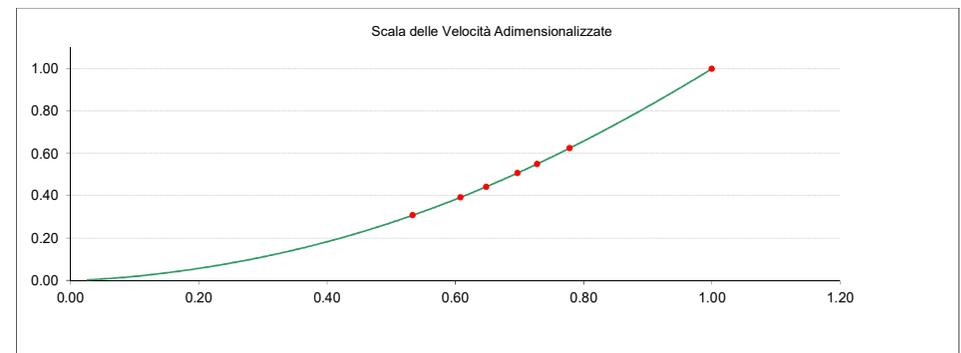
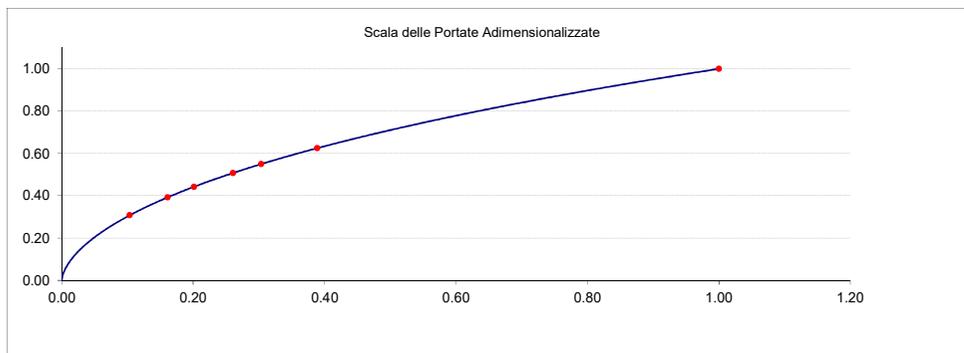
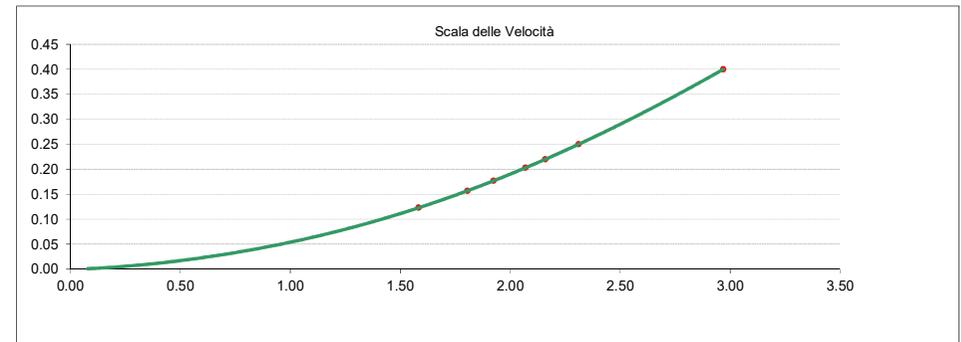
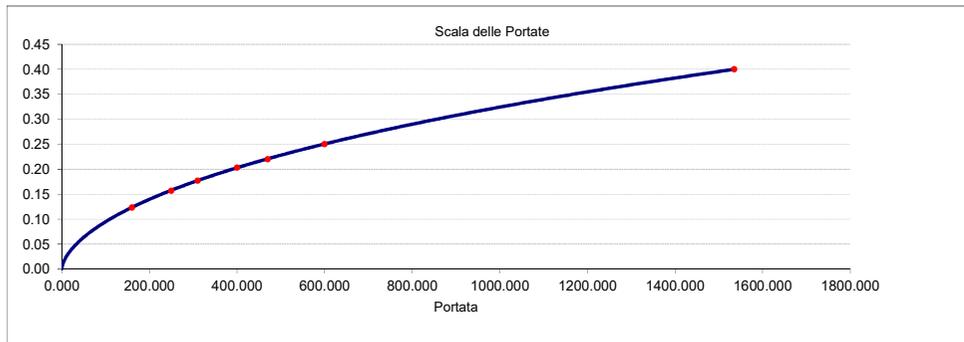
	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	35 di 42

## 7.9 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.2

Verifica delle sezioni idrauliche: Sezione 2.2 - Canaletta secondaria - -

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	1535.165	Base	B	0.60	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	160.000	Altezza	H	0.40	Terra	
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	250.000	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - regolare	
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	310.000	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	400.000	Pendenza di progetto	i	3.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - verifica	470.000	Parametro di Scabrezza	Gaukler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q 6	600.000	Scabrezza (Consigliato 51)	ks	45.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 160.00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 250.00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 310.00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 400.00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 470.00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 600.00 [l/s])	Massima portata (Q= 1535.16 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - verifica	Q 6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	160.00	250.00	310.00	400.00	470.00	600.00	1535.16
percentuale riempimento [%]	31%	39%	44%	51%	55%	63%	100%
Tirante idrico [m]	0.12	0.16	0.18	0.20	0.22	0.25	0.40
Area Bagnata [mq]	0.10	0.14	0.16	0.19	0.22	0.26	0.52
Contorno Bagnato [m]	1.09	1.23	1.31	1.41	1.48	1.60	2.20
Lunghezza Pelo Libero [m]	1.03	1.14	1.21	1.30	1.36	1.47	1.99
Raggio Idraulico [m]	0.09	0.11	0.12	0.14	0.15	0.16	0.24
c [-]	30.21	31.22	31.72	32.30	32.65	33.20	35.35
Velocità del flusso [m/s]	1.58	1.81	1.92	2.07	2.16	2.31	2.97
V/Vr [%]	0.53	0.61	0.65	0.70	0.73	0.78	1.00
Q/Qr [%]	0.10	0.16	0.20	0.26	0.30	0.39	1.00



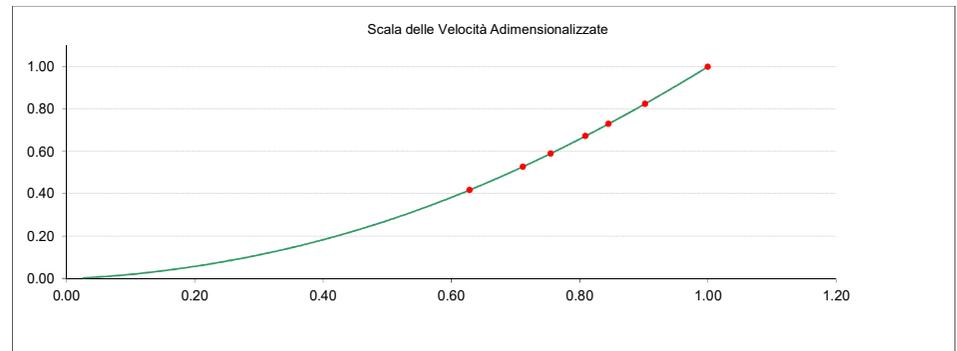
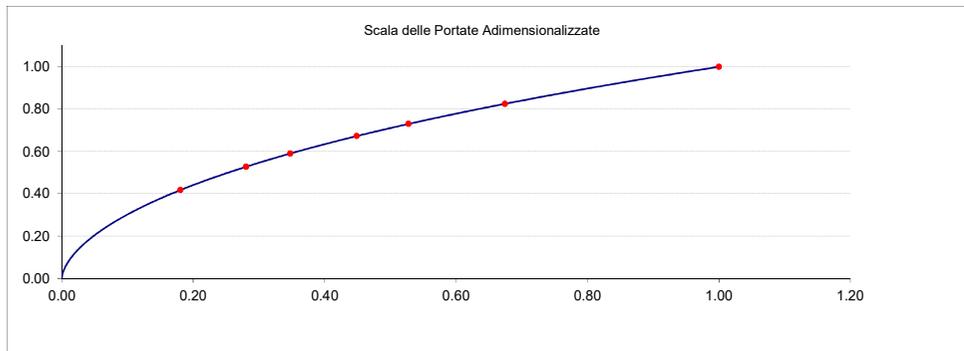
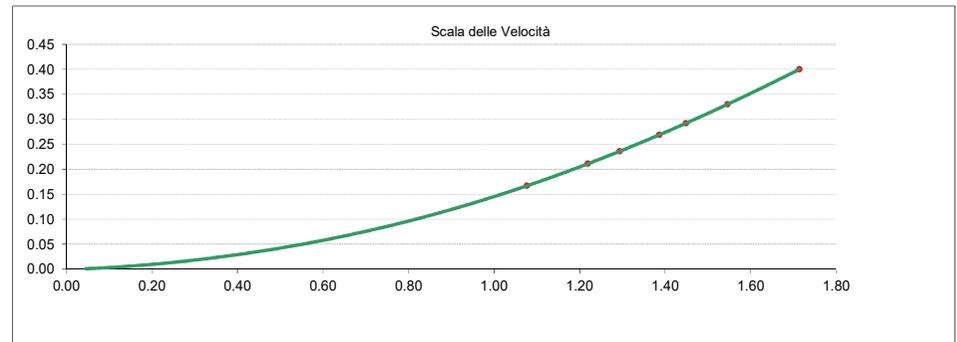
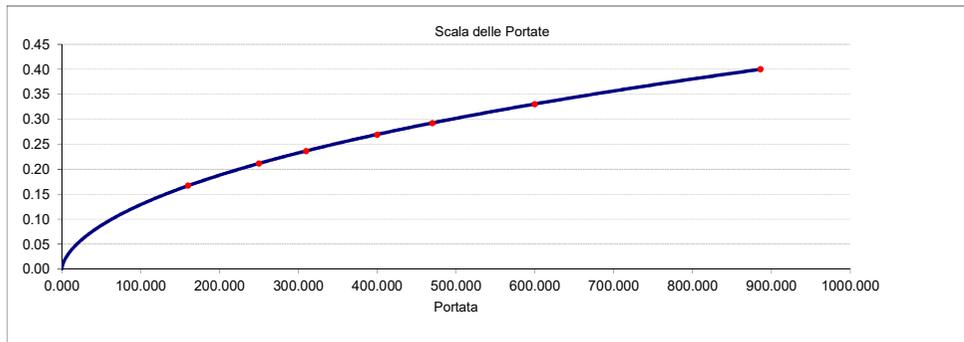
	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	37 di 42

### 7.10 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.3

Verifica delle sezioni idrauliche: Sezione 2.3 - Canaletta secondaria - -

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	886.328	Base	B	0.60	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	160.000	Altezza	H	0.40	Terra	
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	250.000	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - regolare	
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	310.000	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	400.000	Pendenza di progetto	i	1.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - verifica	470.000	Parametro di Scabrezza	Gaukler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q 6	600.000	Scabrezza (Consigliato 51)	ks	45.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 160.00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 250.00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 310.00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 400.00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 470.00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 600.00 [l/s])	Massima portata (Q= 886.33 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - verifica	Q 6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	160.00	250.00	310.00	400.00	470.00	600.00	886.33
percentuale riempimento [%]	42%	53%	59%	67%	73%	83%	100%
Tirante idrico [m]	0.17	0.21	0.24	0.27	0.29	0.33	0.40
Area Bagnata [mq]	0.15	0.20	0.24	0.29	0.32	0.39	0.52
Contorno Bagnato [m]	1.27	1.44	1.54	1.68	1.77	1.92	2.20
Lunghezza Pelo Libero [m]	1.18	1.33	1.42	1.53	1.61	1.74	1.99
Raggio Idraulico [m]	0.12	0.14	0.15	0.17	0.18	0.20	0.24
c [-]	31.48	32.47	32.95	33.53	33.90	34.45	35.35
Velocità del flusso [m/s]	1.08	1.22	1.29	1.39	1.45	1.55	1.71
V/Vr [%]	0.63	0.71	0.75	0.81	0.85	0.90	1.00
Q/Qr [%]	0.18	0.28	0.35	0.45	0.53	0.67	1.00



	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	39 di 42

## 8 CONCLUSIONI

Lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto fotovoltaico, della linea di connessione e della cabina di consegna, ha analizzato l'idrologia locale dell'area in progetto, rapportando i risultati ottenuti alla planimetria e realizzando uno schema di gestione dei deflussi che fosse il meno possibile invasivo e impattante.

Si premette che lo studio della sostenibilità e l'attenzione alle acque non hanno riguardato solo la progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche ma sono risaliti a monte, integrandosi nello stato di fatto, minimizzando le interferenze con l'idrografia esistente e l'utilizzo delle tradizionali opere dell'ingegneria civile (infrastrutture grigie) a favore delle infrastrutture verdi che mitigano gli impatti biofisici dovuti alle opere in progetto, riducendo il rischio idrogeologico, creando benefici ecosistemici e promuovendo gli obiettivi della politica comunitaria.

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

In merito allo stato post operam è stato valutato l'impatto dell'installazione di strutture tracker monoassiale di progetto. Vista l'interdistanza esistente tra le strutture, l'altezza da piano campagna e la mobilità che varierà la copertura su suolo (rendendo non permanente la schermatura), durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto non si ipotizzano variazioni critiche della capacità di infiltrazione, così come delle caratteristiche di permeabilità del terreno nelle aree interessate dall'installazione di tracker. Analogamente si può affermare delle platee di appoggio delle cabine che avranno un'area trascurabile rispetto all'intera estensione delle aree.

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

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

Tale incremento può essere considerato invariante ai fini idraulici, in considerazione del fatto che tutte le grandezze adottate sono state considerate in maniera cautelativa e che su tutta l'area sono previste delle opere di regimazione delle acque per favorire l'infiltrazione e laminare i deflussi, presentando uno scenario post-operam confrontabile con quello ante-operam.

In merito alle modifiche nella rete di drenaggio naturale tra stato di fatto e stato di progetto per tali aree è stata prevista una rete costituita da fossi in terra non rivestiti, realizzati in corrispondenza dei solchi di drenaggio naturali esistenti allo stato di fatto; questi ultimi sono stati identificati sulla base di una simulazione del modello digitale del terreno con estrazione dei sottobacini idrografici e della rete idrografica primaria e secondaria esistente.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	40 di 42

Tale scelta consente di evitare di modificare la rete naturale, permettendo ai deflussi superficiali di seguire i percorsi naturali, senza interferenze dovute alla costruzione della viabilità, alla disposizione dei tracker e delle altre opere di progetto. Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'Ingegneria naturalistica.

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

Tutto ciò contribuisce alla riduzione dell'impatto delle opere.

Oltre al potenziale impatto negativo stimato il progetto prevede anche opere mitigative/compensative che avranno effetti positivi durante la fase di esercizio.

In merito all'uso del suolo post-operam per le aree interne alla recinzione dell'impianto (nelle interfile dei moduli fotovoltaici) sono previste la realizzazione delle seguenti opere a verde:

- Colture praticate lungo le interfile dell'impianto:
  - Colture foraggere da pascolo e da foraggio.
  - Piante aromatiche e officinali in coltivazione sperimentale su significative porzioni dell'impianto agrivoltaico (origano, timo, salvia, rosmarino, menta).
- Al di sotto della proiezione dei pannelli:
  - Copertura con cover crops (manto erboso) con specie foraggere da pascolo o da foraggio
- Lungo il perimetro dell'impianto, saranno realizzate delle fasce arboree-arbustive di mitigazione.

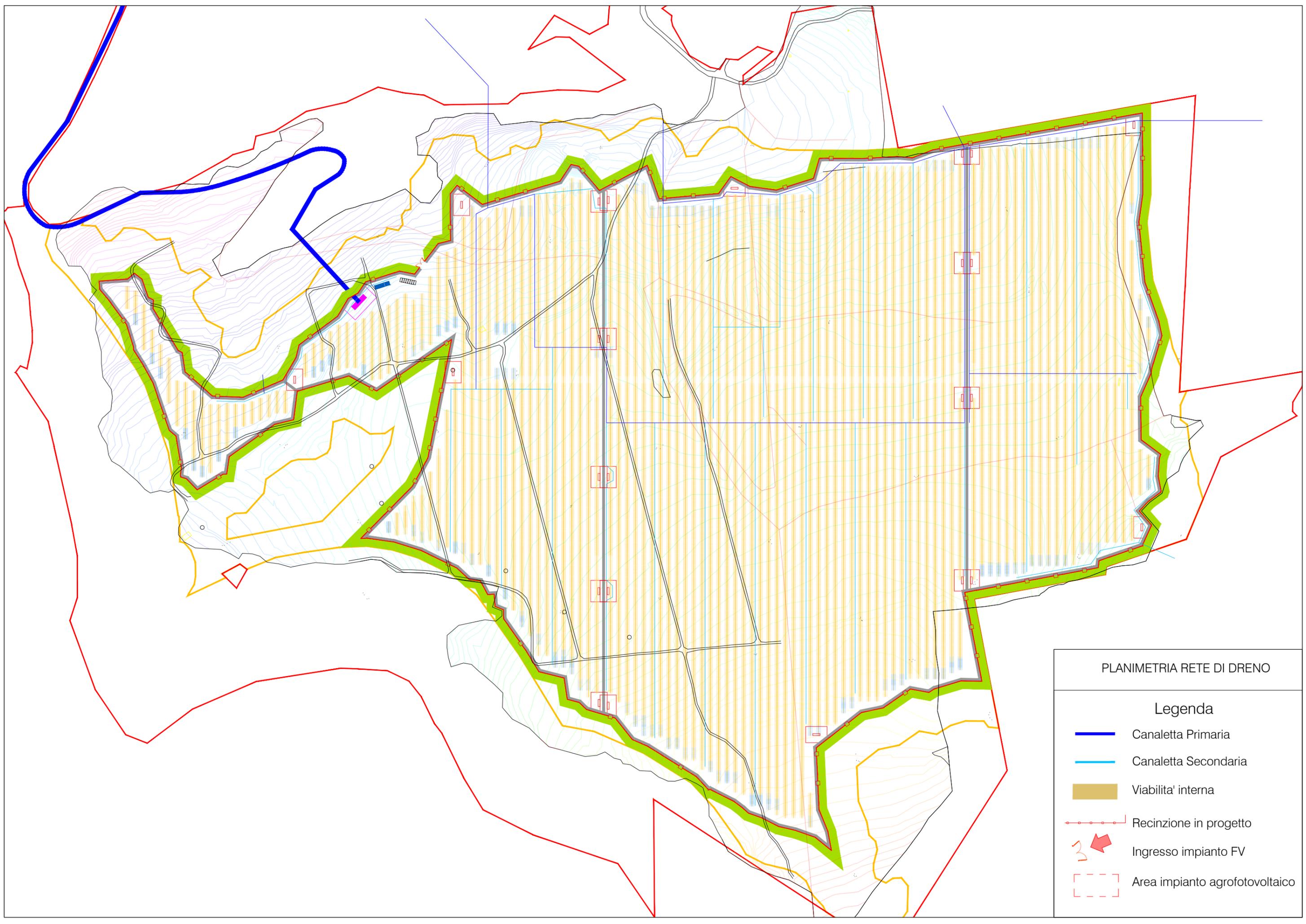
Numerosi sono i vantaggi derivanti dall'utilizzo attivo del terreno quali:

- Limitazione fortemente l'erosione del suolo provocata dalle acque e dal vento;
- Importante funzione di depurazione delle acque;
- Riduzione le perdite di elementi nutritivi per lisciviazione grazie all'assorbimento da parte delle piante erbacee;
- Miglioramento la fertilità del suolo, attraverso l'aumento di sostanza organica;
- Produzione O<sub>2</sub> e immagazzinando carbonio atmosferico;
- Miglioramento l'impatto paesaggistico e la gestione è in genere poco onerosa.

La gestione del terreno inerbito determina il miglioramento delle condizioni nutritive e strutturali del terreno.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 52,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 50 MW Comune di Carlentini (SR)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>B63.IT.21.SC.-CARLENTINI_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	<b>Pag.</b>	41 di 42

## 9 ALLEGATO 1 – SISTEMA DI DRENAGGIO – RETE DI DRENO



PLANIMETRIA RETE DI DRENO

Legenda

- Canaletta Primaria
- Canaletta Secondaria
- Viabilita' interna
- Recinzione in progetto
- 3  Ingresso impianto FV
- Area impianto agrofotovoltaico