

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) 18,62 MWp
POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW
Comune di Monreale (PA)

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

21-00029-IT-MONREALE_CV-R09


PROPONENTE:

TEP RENEWABLES (MONREALE PV) S.R.L.
Viale Shakespeare, 71 00144 – Roma
P. IVA e C.F. 16627971001 – REA RM - 1666530

PROGETTISTA:


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

Data	Rev.	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
07/2022	0	Prima emissione	MM/EL/MB	GG	G. Calzolari


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	2 di 57

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	STATO DI FATTO	4
2.1	LOCALIZZAZIONE IMPIANTO	4
3	DATI DI RIFERIMENTO	6
3.1	RILIEVO.....	6
3.1.1	RILIEVO TOPOGRAFICO	7
3.2	NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO.....	7
4	COMPATIBILITÀ CON LE NTA DEL PAI.....	8
5	STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO	9
6	SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO.....	9
6.1	ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE	10
6.2	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEL BACINO	16
6.3	METODO RAZIONALE	20
6.4	IL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	21
6.5	IL COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE.....	24
6.6	MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI - STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST OPERAM.....	25
7	VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI	26
7.1	ANALISI DEI CRITERI DI VERIFICA DEI SISTEMI DI DRENAGGIO	27
7.2	CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DELLE ACQUE DI COPERTURA.....	28
7.3	VERIFICA IDRAULICA IN MOTO UNIFORME DELLE SEZIONI	28
7.4	RIEPILOGO DELLE SEZIONI VERIFICATE.....	29
7.5	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.1	32
7.6	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.2.....	34
7.7	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.3.....	36
7.8	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.4.....	38
7.9	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.1	40
7.10	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.2.....	42
7.11	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.3.....	44
7.12	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.4.....	46
8	ATTRAVERSAMENTO FLUVIALE	48
8.1	MITIGAZIONE DELL'INTERVENTO	53
9	CONCLUSIONI.....	54

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	3 di 57

10 ALLEGATO 1 – SISTEMA DI DRENAGGIO – RETE DI DRENO56

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	4 di 57

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 comunale di Monreale, in provincia di Palermo, l'area deputata all'installazione dell'impianto agrivoltaico si colloca a ca. 35 km a Sud-Ovest dalla città di Monreale e a 20 km dal mare.

L'area oggetto di intervento si colloca nella Val di Mazara, in un territorio collinare solcato da numerosi canali e fossi, in cui il corpo idrico principale risulta il fiume Belice Destro che si estende a sud-est dell'impianto. La Val di Mazara è stata gradualmente oggetto di trasformazioni da parte delle attività antropiche quali agricoltura e pastorizia, che nel tempo hanno portato alla diminuzione fino, in molti casi, alla scomparsa degli elementi originari. Nonostante le attività umane abbiano portato alla perdita della vegetazione originaria in buona parte del territorio, oggi la principale causa di minaccia delle residue aree boschive naturali della Sicilia è il fuoco estivo; tali aree sono, infatti, soggette alla mano di numerosi piromani. Un maggior controllo antincendio o l'abbandono di tale pratica da parte dei numerosi piromani, porterebbe al ripristino di buona parte della copertura vegetale

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	5 di 57

spontanea del territorio. Tuttavia, si fa presente che l'area di intervento risulta completamente estranea ad aree percorse da fuoco.

Le coordinate del sito sede dell'impianto sono:

- 37°51'0.66"N
- 13° 0'39.40"E

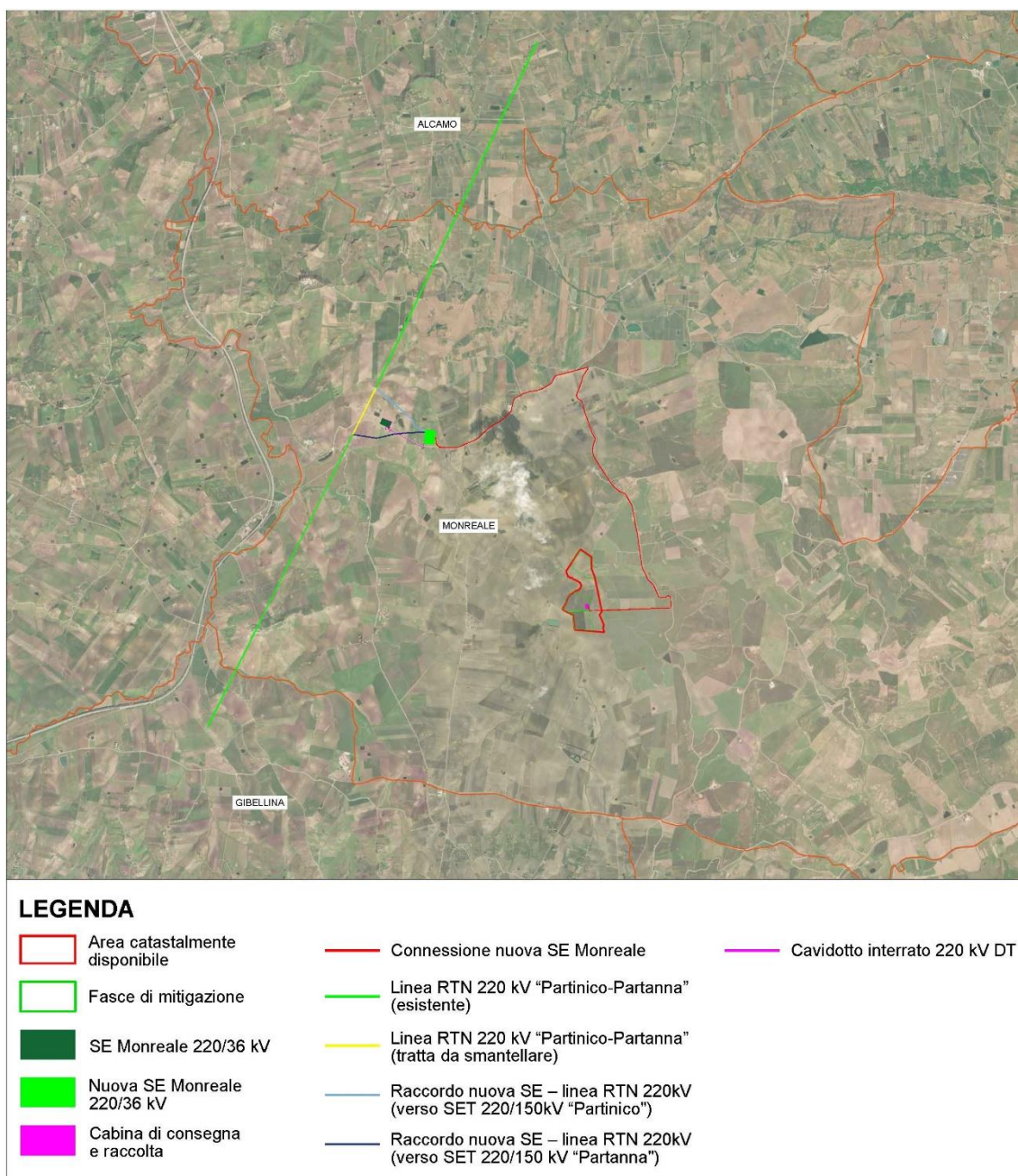



Figura 2-1: Localizzazione intervento

Il sito risulta idoneo alla realizzazione dell'impianto avendo una buona esposizione ed essendo ben raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	6 di 57

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

- A29 "Autostrada Palermo-Mazara del Vallo" che si estende circa parallela alla costa occidentale e a meno di 2 km di distanza dalla nuova SE Monreale;
- SS119 "Strada Statale di Gibellina" che si estende ca. parallela alla A29 e a ca. 750 m a ovest dalla nuova SE Monreale;
- SS624 "Strada Statale Palermo-Sciacca" che si estende a est dell'impianto, a ca. 5,1 km dall'area deputata all'installazione del campo FV;
- SP46 "Strada Provinciale 46 di Gallitello" e SP47 "Strada Provinciale 47" sotto le quali si estenderà quasi tutto il cavo di connessione interrato;
- SP20 "Strada provinciale 20 di San Giuseppe e Camporeale" che raccorda la SP46 con la SB0 e a sud del campo FV, a ca. 2,3 km dallo stesso si congiunge con la SP47;
- SB0 "Strada Intercomunale di Gibellina"
- strade locali talvolta non asfaltate.

Le aree scelte per l'installazione dell'impianto agrivoltaico sono interamente contenute all'interno di aree di proprietà privata; per tali aree TEP Renewables ha stipulato con i proprietari un contratto preliminare di diritto di superficie e servitù come riportato nel Piano particellare e disponibilità "21-00029-IT-MONREALE_PG-R05".

L'area in cui sarà posizionata la Stazione Elettrica sarà fruibile previo procedimento di esproprio.

Il sito risulta essere adatta allo scopo presentando una buona esposizione ed è accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

Attraverso la valutazione delle ombre si è cercato minimizzare e ove possibile eliminare l'effetto di ombreggiamento, così da garantire una perdita pressoché nulla del rendimento annuo in termini di produttività dell'impianto fotovoltaico in oggetto.

In riferimento al Catasto Terreni del Comune di Monreale (PA), l'impianto occupa le aree di cui al Foglio 181 sulle particelle indicate nella tabella seguente:

FOGLIO	PARTICELLA
181	22 (parte), 208 (parte), 209, 210 (parte) e 211


Per il dettaglio si rimanda all'elaborato d'Inquadramento catastale impianto Rif. "21-00029-IT-MONREALE_PG-T03".

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.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	7 di 57

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.

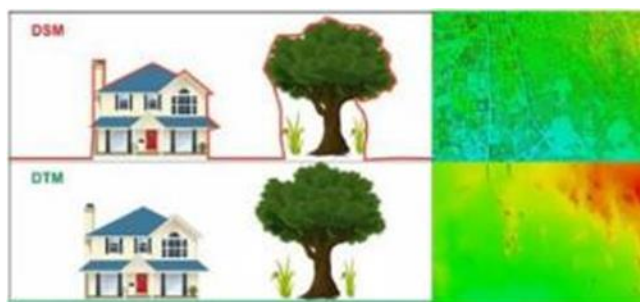



Figura 3-1: Tipologico esemplificativo raffigurante i prodotti fotogrammetrici

3.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO

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

- 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).

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	8 di 57

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 2000, come Siti di Interesse Comunitario o Zone Speciali di Conservazione, così come riportato nelle immagini seguenti.

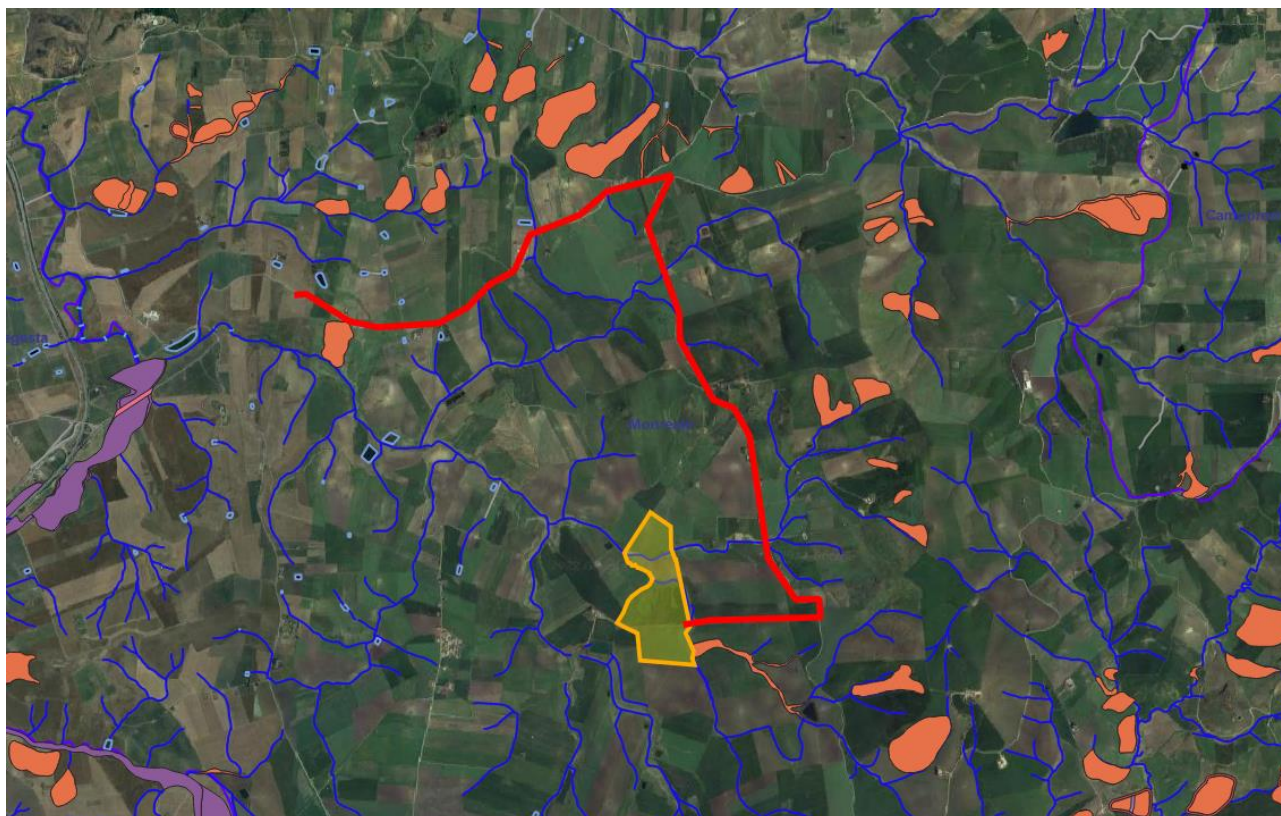



Figura 4-1: Inquadramento vincolistico PAI idraulico e geomorfologico

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	9 di 57

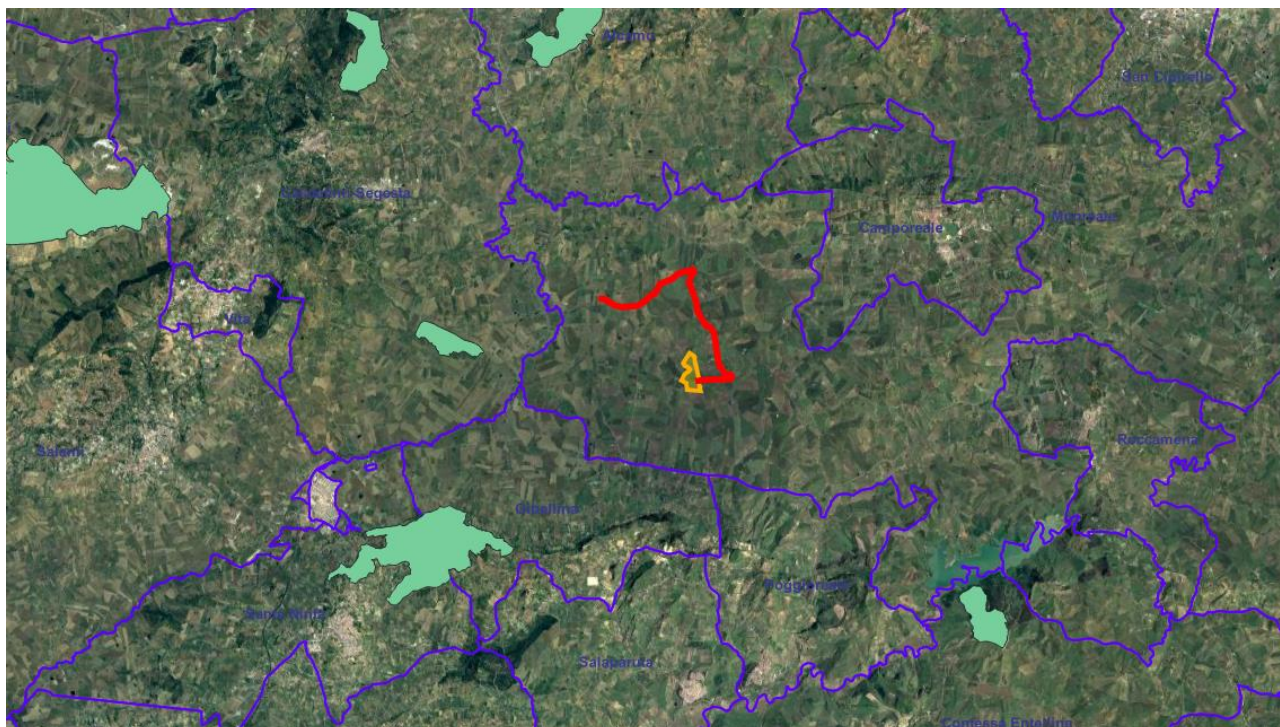


Figura 4-2: Inquadramento vincolistico Rete Natura 2000 - Aree SIC ZSC

L'area in progetto tuttavia è interessata dall'attraversamento di due corsi d'acqua per i quali vige una fascia di rispetto secondo l'art.142 comma 1 lett. C) del D. Lgs. 42/02: "i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna".
Gli affluenti sono tutelati per una fascia di 10 metri.

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.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	10 di 57

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.

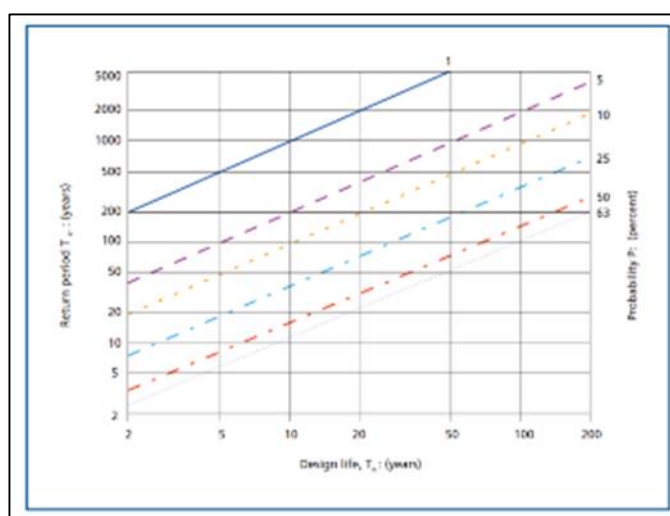


Figura 6-1: Probabilità di superamento di un evento con un determinato tempo di ritorno T durante N anni

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.


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

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	11 di 57


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/Figura 3-1).

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	12 di 57

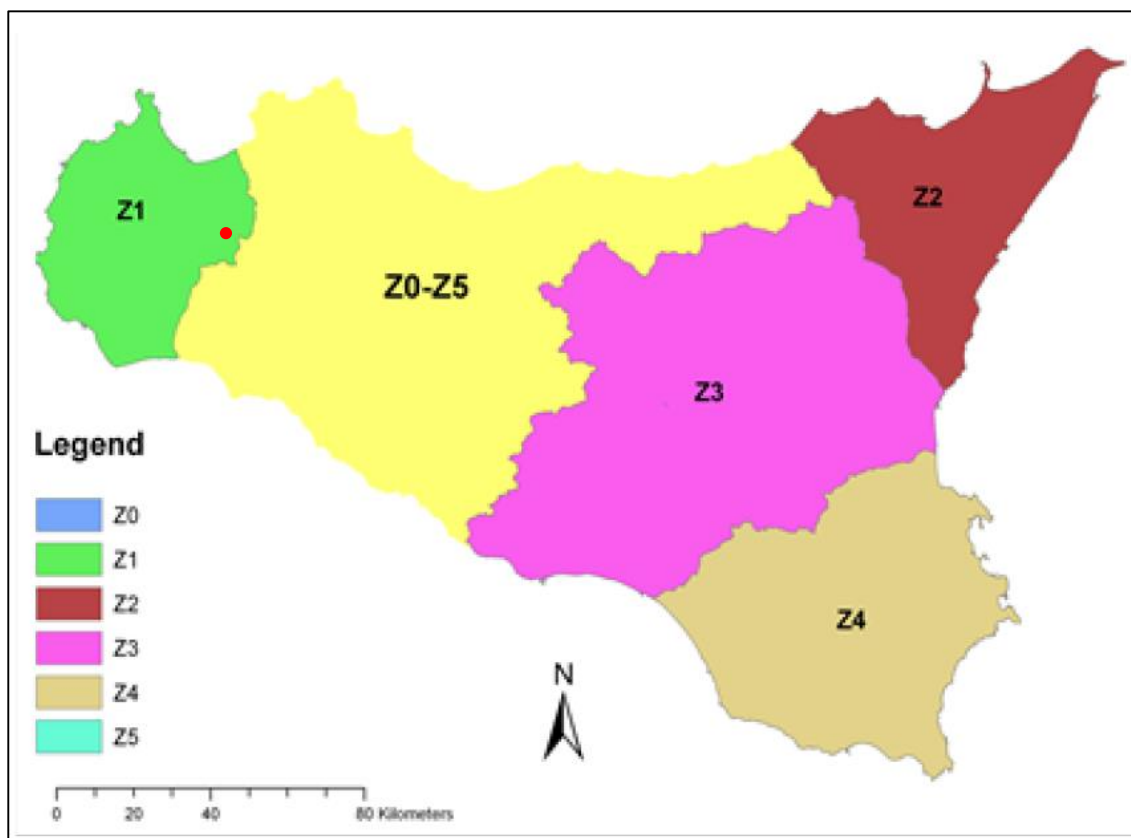


Figura 6-2: Suddivisione Sicilia in sottozona pluviometriche omogenee

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 Λ_1 (Tabella 6-1), che risulta indipendente dalla durata.

Tabella 6-1: Parametro Λ_1 per ogni sottozona pluviometrica omogenea.

Sottozona	Z0	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Parametro Λ_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 Λ_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 μ della legge TCEV) assume la seguente espressione:

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

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


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	13 di 57

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

KT 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 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 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).

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev. 0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 14 di 57

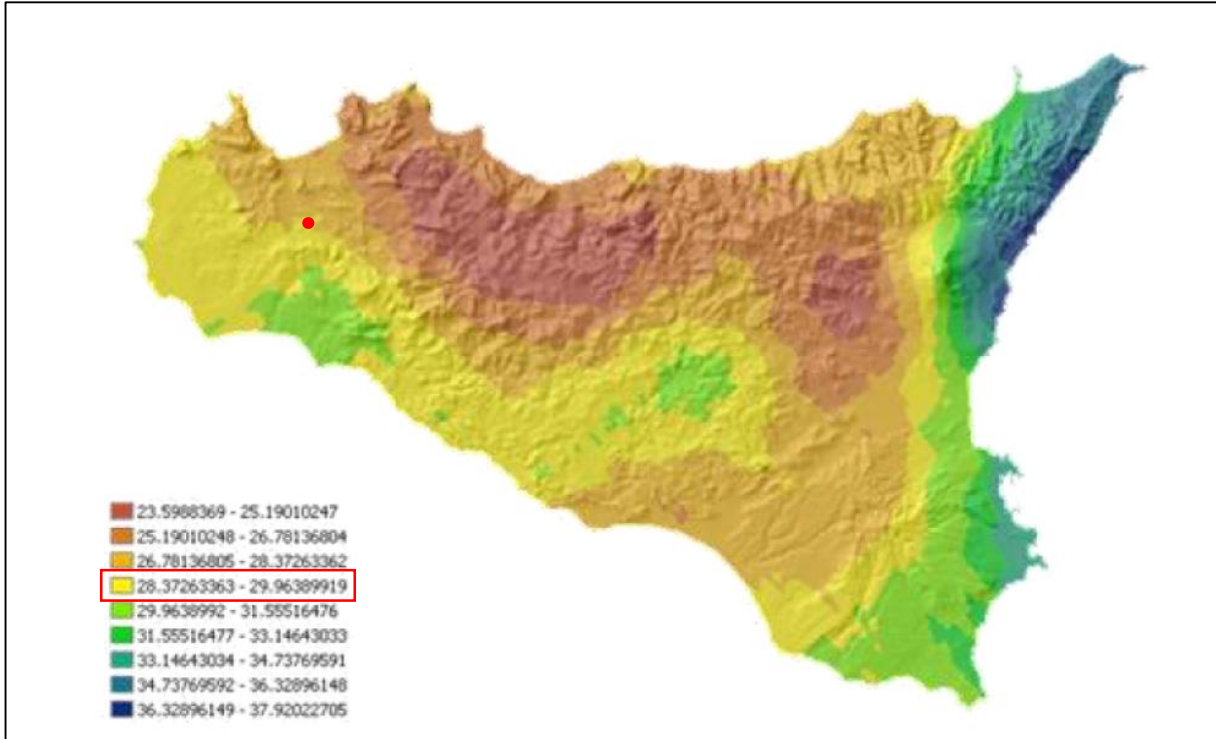


Figura 6-3: : Valori dei coefficienti a per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007):

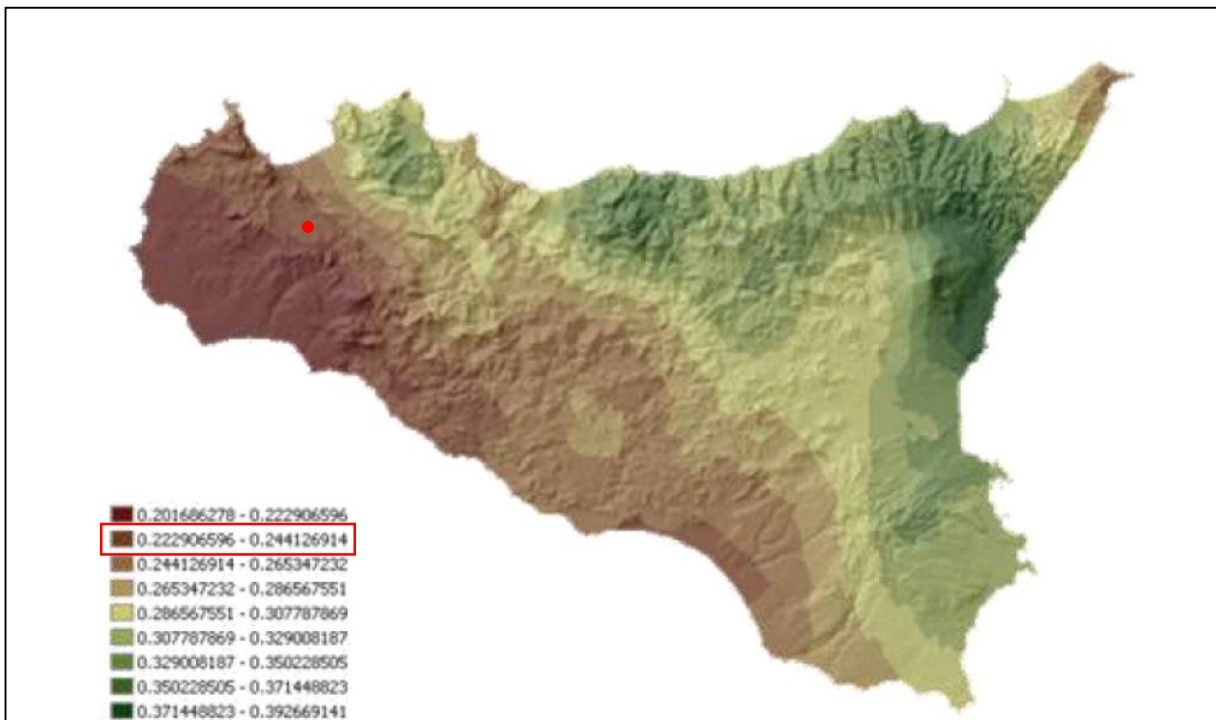



Figura 6-4: : Valori dei coefficienti n per il territorio siciliano (Lo Conti et al, 2007):

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	15 di 57

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 Z1: 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)

$$K_T = 0.4695 \cdot \ln(T) + 0.4889$$

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:

- Gibellina
Sensori presenti: Pluviometro
Altitudine: 386 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: $a = 28.4$ ed $n = 0.23$.

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

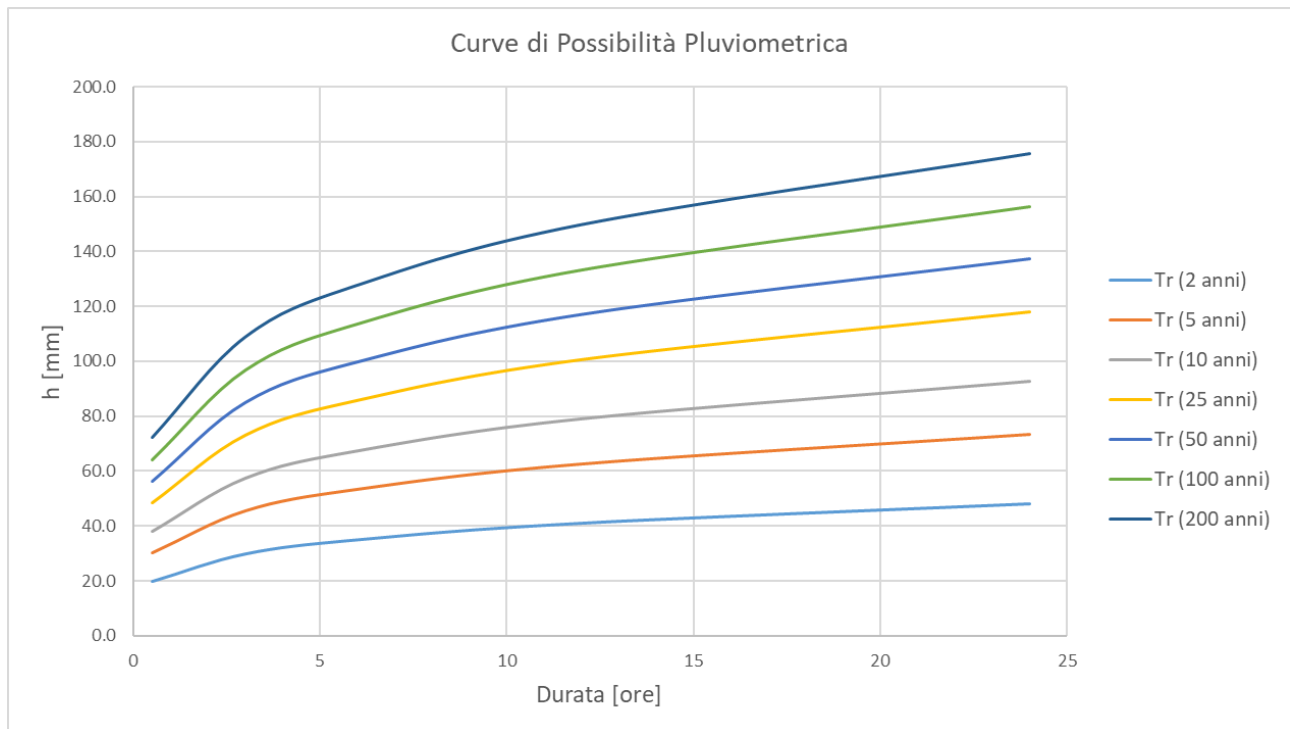


Figura 6-5: Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per il sito in esame.


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	16 di 57

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

H (d,Tr) [mm]		d (ore)	d (ore)	d (ore)	d (ore)	d (ore)
		1.00	3.00	6.00	12.00	24.00
Tr (anni)	2	23.1	29.8	34.9	41.0	48.0
Tr (anni)	5	35.3	45.5	53.4	62.6	73.4
Tr (anni)	10	44.6	57.4	67.3	79.0	92.6
Tr (anni)	25	56.8	73.1	85.8	100.6	118.0
Tr (anni)	50	66.0	85.0	99.7	117.0	137.2
Tr (anni)	100	75.3	96.9	113.7	133.3	156.4
Tr (anni)	200	84.5	108.8	127.6	149.7	175.6

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 nord-occidentale, compresa tra le località Contrada Spizzeca di Maramma e Contrada Marçetta, nel territorio comunale di Monreale, a circa 34 km a Sud-Ovest dalla stessa città e a circa 21 km dal mare, situata altimetricamente a quota 170 m s.l.m.

L'area in studio rientra nel bacino idrografico del Fiume San Bartolomeo.

Il bacino idrografico del F. S. Bartolomeo ricade nel versante settentrionale della Sicilia e si estende, per una superficie di circa 420 km², dal centro abitato di Poggioreale sino al Mar Tirreno presso la Tonnara Magazzinazzi, al confine tra il territorio di Castellammare del Golfo e di Alcamo. Dal punto di vista amministrativo abbraccia le province di Trapani e Palermo e confina con il bacino del Fiume Birgi ad ovest ed il bacino del Fiume Jato ad est. Il Fiume S. Bartolomeo nasce, con il nome di Fiume Freddo, presso Case Castelluzzi in territorio di Calatafimi e lungo il suo percorso, che si sviluppa per circa 40 km, riceve le acque di diversi affluenti tra i quali il Fiume Sirignano, che confluisce in destra presso Contrada Pergola, al confine tra il territorio di Calatafimi, Alcamo e Monreale; il Rio Giummarella, che confluisce in sinistra presso la Stazione FF.SS. di Alcamo, al confine tra il territorio di Calatafimi ed Alcamo; il Fiume Caldo, che confluisce in sinistra presso Molino Marcione, al confine tra il territorio di Castellammare del Golfo, Alcamo e Calatafimi.

La forma del bacino idrografico del F. S. Bartolomeo è sub-circolare, con una limitata appendice orientale. Il bacino raggiunge la sua massima ampiezza nel settore centrale; nella parte settentrionale, invece, la larghezza si riduce progressivamente, fino a qualche centinaio di metri in corrispondenza della foce.

L'attuale condizione geomorfologica del bacino del Fiume S. Bartolomeo e delle aree territoriali contigue, è dovuta all'azione di varie fasi tettoniche che hanno interessato, a partire dalla fine del Terziario, i settori strutturali implicati nello scontro delle placche europea ed africana (tettonica compressiva miocenica e tettonica distensiva plio-quadernaria), cui ha fatto seguito l'azione degli agenti esogeni i quali, modellando la superficie topografica, hanno generato le attuali morfosculture.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	17 di 57

Lo stile tettonico a falde e scaglie impilate ha determinato profonde discontinuità morfologiche che hanno condizionato l'altitudine e l'andamento delle scarpate e dei rilievi montuosi e collinari.

La natura accidentata del territorio, con frequenti e rapide variazioni di quota, è ascrivibile, però, anche al contrapporsi di colline argillose dai pendii dolci e poco acclivi e di rilievi lapidei dai pendii acclivi e scoscesi. La morfologia tipica delle zone dove affiorano i terreni lapidei è rappresentata da apprezzabili rilievi dai versanti molto acclivi, associati ad ampie fasce detritiche e valli strette e profonde; i principali processi geomorfologici che interessano questi terreni sono la disgregazione fisica e l'erosione delle masse litoidi, con conseguenti frane di crollo e/o ribaltamento. Invece, nelle zone collinari e pedemontane, dove prevalgono i litotipi plastici, i versanti sono meno acclivi e mostrano morfosculture generate principalmente da processi franosi e di erosione accelerata. In tale contesto, uno dei principali processi morfodinamici è quello legato allo scorrimento delle acque libere e all'erosione e al trasporto solido delle acque incanalate. Nelle zone costiere, infine, i processi geomorfologici si esplicano prevalentemente attraverso l'azione battente delle onde del mare che dà luogo a fenomeni di disgregazione fisica delle pareti rocciose a picco sul mare, con conseguenti fenomeni di crollo, e all'erosione dei depositi di spiaggia in corrispondenza delle coste basse.


In generale, la maggior parte delle fenomenologie franose ricade su terreni con frazione argillosa prevalente mentre nei complessi carbonatici la tipologia di dissesto prevalente è rappresentata da crolli e/o ribaltamenti.

Considerando in dettaglio l'area interessata dall'impianto agrivoltaico, morfo-metricamente si trova a circa 180 m s.l.m. ed è inserita in un paesaggio collinare con pendenze dolci ad andamento regolare, con una netta predominanza di terreni plastici, appartenenti alle formazioni argillose e argillo-sabbiose. Le fasce pedemontane e collinari caratterizzate da terreni di natura argillosa, presentano versanti con forme arrotondate e a debole acclività, modellatisi in seguito a movimenti franosi.

I processi erosivi fluvio-denudazionali ricadono essenzialmente su terreni di natura prevalentemente argillosa che danno luogo ad un reticolo idrografico di tipo sub-dendritico; ciò genera un modellamento dei versanti relativamente regolare che si concretizza nella formazione di sponde e versanti pressoché regolari e dalle pendenze relativamente modeste.

Il rilievo geomorfologico dettagliato alle sole aree interessate dall'impianto fotovoltaico evidenzia aree caratterizzate da ampie zone a morfologia collinare con pendenze dolci ad andamento regolare interrotte da piccoli impluvi e distese sub-pianeggianti all'interno delle quali non si riscontrano fenomenologie particolari. Quindi attualmente l'area in studio, da un rilevamento geomorfologico di superficie, non risulta interessata da evidenti processi morfogenetici in atto, tali da comprometterne la stabilità. Inoltre, la superficie netta interessata dall'impianto agrivoltaico, compreso l'intero percorso della linea di connessione, non risulta essere mappata a pericolosità e rischio geomorfologico così come riportato dai rilievi effettuati dal vigente P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) sul sito di riferimento.

L'area di progetto si estende per circa 44,7 ettari ed è interessato direttamente dall'attraversamento di due corsi d'acqua, di cui uno iscritto negli elenchi delle acque

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	18 di 57

pubbliche, e quindi vincolato secondo l'art.142 comma 1 lett. C) del D. Lgs. 42/02, mentre gli affluenti sono tutelati per una fascia di 10 metri.

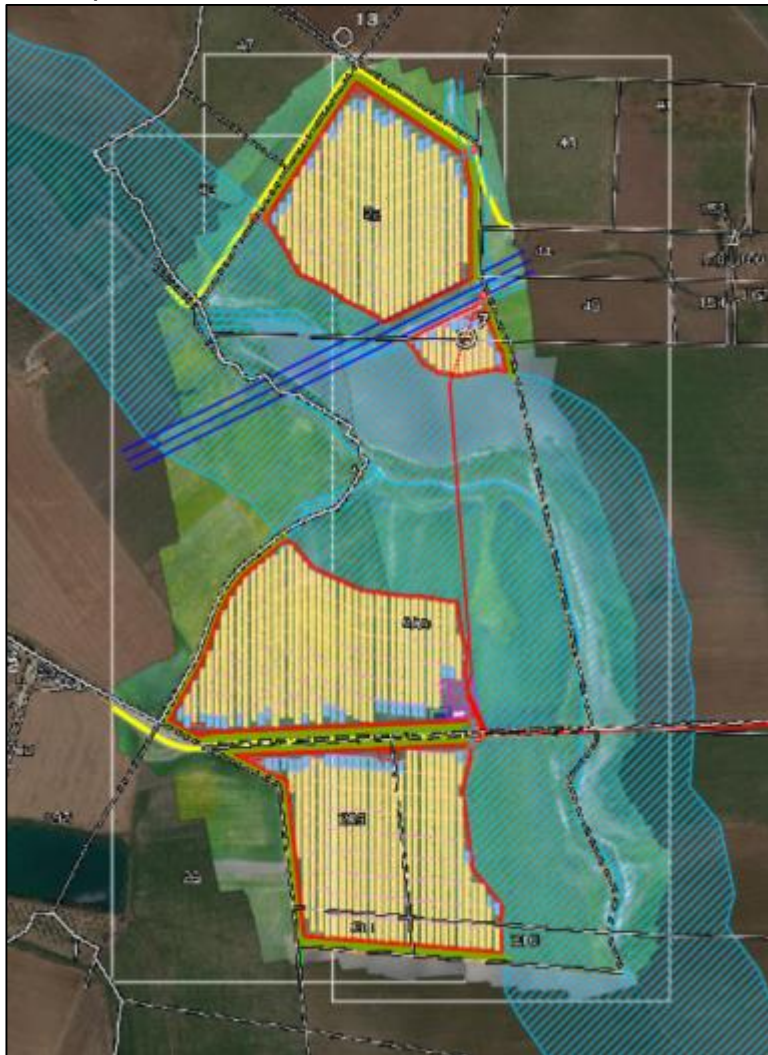


Figura 6-6: fasce di rispetto fluviali.

Sono stati definiti due bacini idrografici che racchiudono l'area in progetto e che possono essere considerati rappresentativi ai fini della determinazione delle grandezze necessarie per il dimensionamento della rete di drenaggio 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, situato a sud, interessa il corso d'acqua tutelato come bene paesaggistico e comprende un'area di quasi 5 kmq. Il secondo bacino individuato, situato a nord, interessa l'affluente del primo corso d'acqua e comprende un'area di circa 3,9 kmq.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	19 di 57

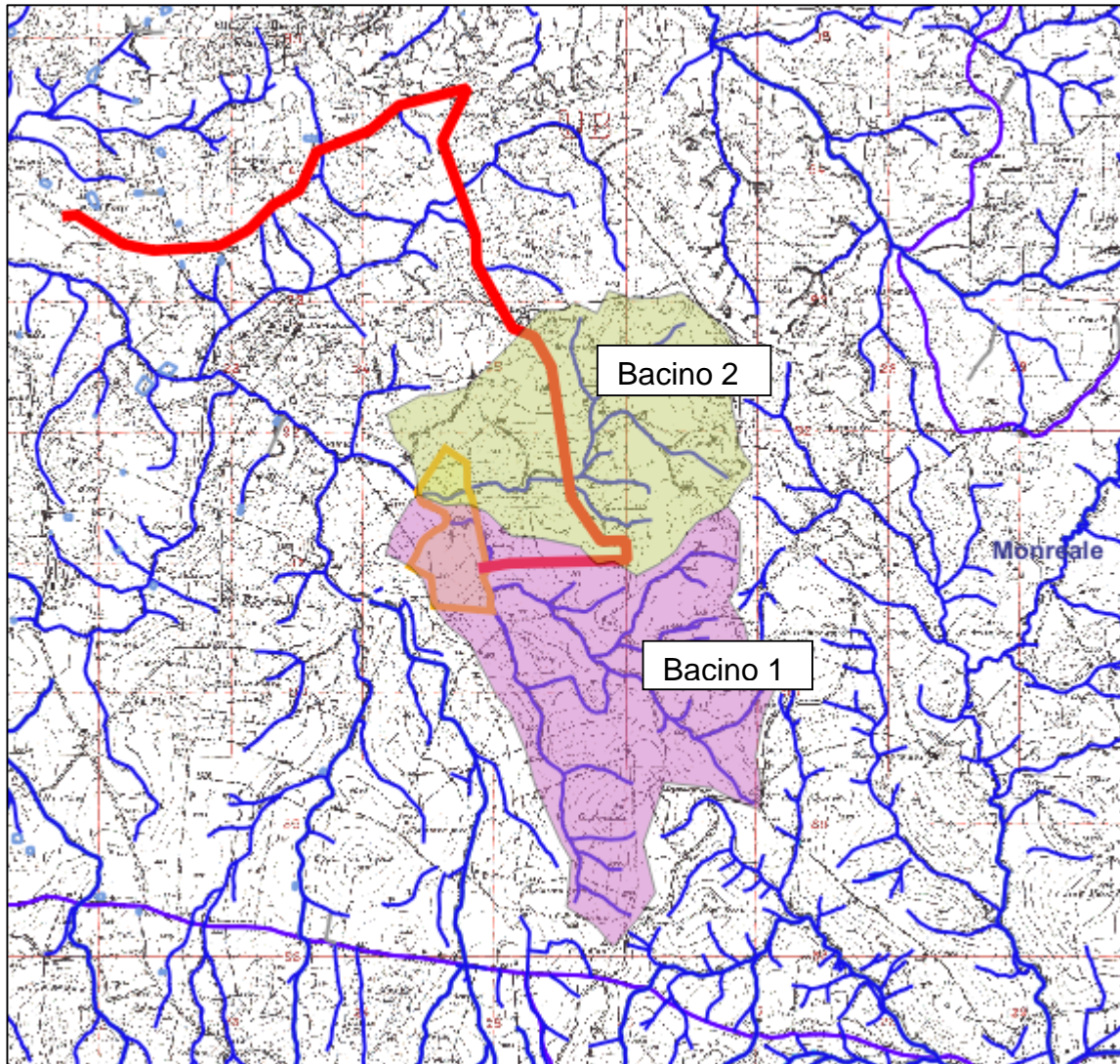



Figura 6-7: Individuazione dei bacini idrografici

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

Bacino	Superficie	Lunghezza asta principale	Pendenza asta principale	Quota massima	Altitudine media	Quota della sezione di chiusura
	S	L	J	Hx	Hm	Hb
	[kmq]	[km]	[m/m]	[m slm]	[m slm]	[m slm]
1	4,96	3,74	0.0267	260,0	210,0	160,0
2	3,90	3,01	0.0449	295,0	230,0	160,0

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

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	20 di 57

- Soil Conservation Service: $T_c = 0.00227(1000 L)0.8[(1000/CN)-9]0.7(100 \cdot J_b)-0.5$
- Giandotti: $T_c = (1.5 L + 4 S 0.5) / (0.8 (H_m - H_o)0.5)$
- Pasini: $T_c = 0.108 ((S L)^{1/3})/J 0.5$
- progetto VAPI: $T_c = 0.212 S 0.231 (H_m/J)0.289$
- Viparelli: $T_c = L/(3.6 V)$ (considerando $V = 1 \text{ m/s}$).

Per il progetto in questione, tutte le formule forniscono valori nettamente contrastanti che vanno da un minimo di 0.7 ore ad un massimo di 2,5 ore per 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 44,7 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 56,3 mm, corrispondente ad una intensità di 112,6 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:

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

nella quale:

- Φ 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;


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	22 di 57

Tabella 6-4: Valori CN II per i terreni in progetto

Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008		CNII			
		A	B	C	D
21121	Seminativi semplici e colture erbacee estensive	68	79	86	89
21211	Colture ortive in pieno campo	63	73	80	83
221	Vigneti	66	74	80	82
3116	Boschi e boscaglie ripariali	36	60	73	79

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 75, 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 87.

$$CN(III) = (23 \cdot CN)/(10 + 0.13 \cdot CN(II))$$

Il coefficiente Φ 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.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	23 di 57

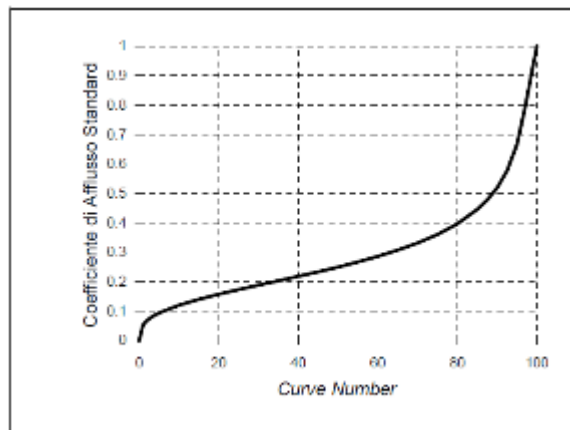


Figura 6-9: Correlazione da letteratura SCS-CN vs. Coefficiente di afflusso/Deflusso

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro ϕ è stato assunto pari a 0,45.

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 10.0 metri. L'altezza in mezzeria 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.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	24 di 57

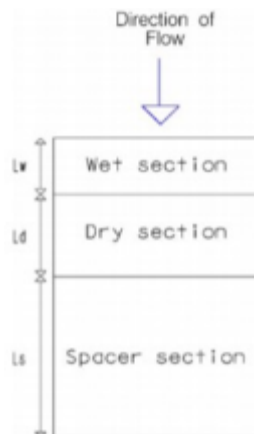


Figura 6-10: modulo tipo descrivente il modello concettuale idrologico dell'installazione di strutture fotovoltaiche a tracker su pari infissi comprendente l'area pannelli (in rosso) e l'area di interfila (Fonte: Hydrologic response of solar farm Cook 2013 American).

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.

STATO DI FATTO	AREA LORDA IMPIANTO (ha)	AREA MODULI (m ²)	PERCENTUALE MODULI SU AREA NETTA INSTALLAZIONE E PANNELLI	AREA DRY STIMATA DURANTE TILT PARALLO	PERCENTUALE AREA AVENTE EFFETTO POTENZIALE	COEFFICIENTE DI DEFUSSO ANTE OPERAM	COEFFICIENTE DI DEFUSSO POST OPERAM STIMATO
Coltivato / boscato	44,7	93683	21%	4.7	10%	0.45	0.50

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:

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

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

dove:

- Tc è la durata della precipitazione, pari al tempo di corruzione;

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	25 di 57

- S è la superficie del bacino espressa in km².

Ma vista la limitata estensione del bacino analizzato, molto inferiore ai 20 km², è stato adottato, 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 44,7 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 0.45 e uno post operam con un coefficiente di drenaggio di 0,50.

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

Tabella 6-5: Riepilogo valutazione stato post operam.


DESCRIZIONE	TR 50 anni
Area totale S (ha)	44,7
Area massima drenata S (ha)	6,0
Coeff. Riduzione areale	1.00
Altezza precipitazione h(t) (mm)	56.3
Intensità (mm/h)	112.6
coefficiente di deflusso Ante Operam	0.45
coefficiente di deflusso Post Operam	0.50
Portata al colmo ante-operam Qcr (m³/s)	0.83
Portata al colmo post-operam senza opere di infiltrazione Qcr (m³/s)	0.90

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 riorno 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.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	26 di 57

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 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.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	27 di 57

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, le quali risultano essere le pendenze medie caratteristiche delle canalette.

Si riporta di seguito una rappresentazione schematica delle canalizzazioni primarie e secondarie:

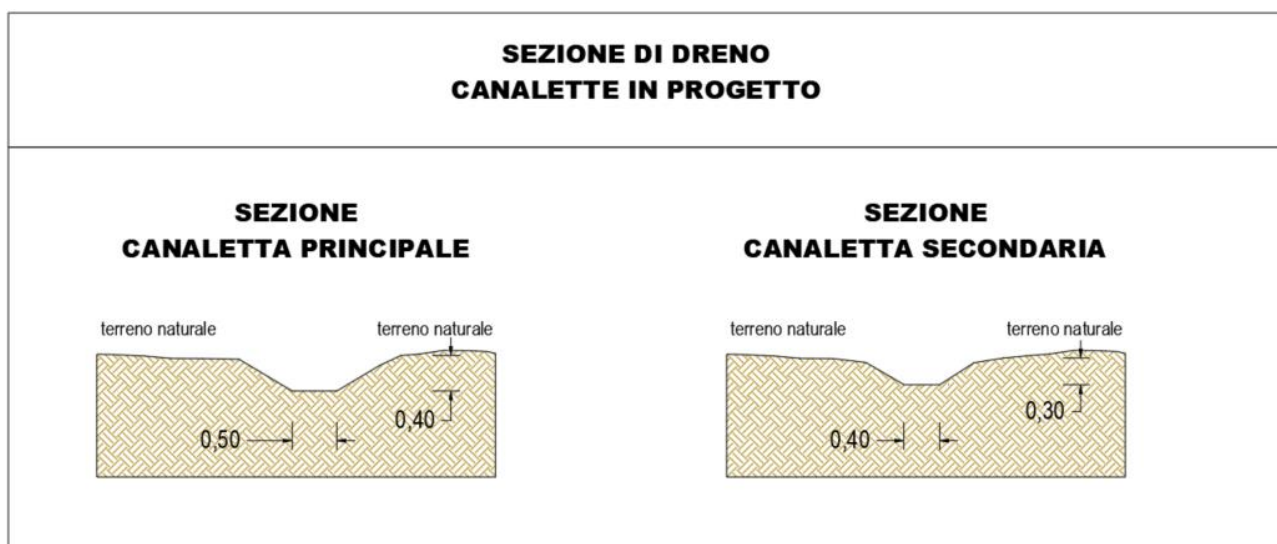



Figura 7-1::Sezioni indicative canali di dreno.

La sezione della canaletta primaria è interessata dunque dalle acque superficiali convogliate dall'intero bacino afferente individuato della superficie complessiva di circa 6 ha e convoglia la portata confluyente definita dal tempo di pioggia di progetto pari a 30 min, definito in relazione al tempo di corrivazione 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 112.6 mm/h.

In tali condizioni la portata di verifica risulta pari a 0.9 mc/s.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	28 di 57

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%; 4%; 2% 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 1,5 ha per una portata complessiva di progetto pari a 0,23 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 4,6 km di canaline tra primarie e secondarie. In particolare si prevede la realizzazione di circa 800 m di canaline primarie e di 3800 m di canaline secondarie, uniformemente distribuite su tutta l'area di impianto secondo la planimetria allegata al presente documento.

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.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	29 di 57

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.

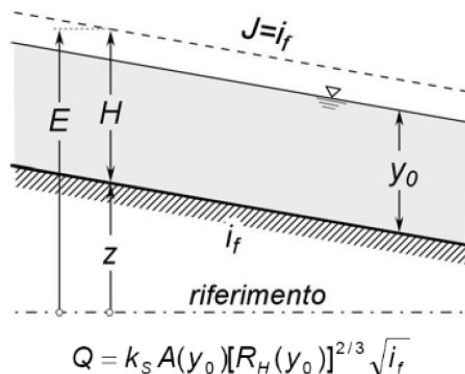


Figura 7-2: Riferimenti di calcolo del moto uniforme.

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 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, R_H il raggio idraulico ($R_H = A/c$, essendo c il perimetro bagnato) e i_f 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



	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	30 di 57

Tabella 7-1: Riepilogo sezioni primarie verificate.

Sezione in verifica	Sezione 1.1	Sezione 1.2	Sezione 1.3	Sezione 1.4
Profilo di progetto	Canaletta Primaria	Canaletta Primaria	Canaletta Primaria	Canaletta Primaria
Tratto	pendenza massima	pendenza moderata	pendenza media	pendenza lieve
Tipo Sezione	Trapezia	Trapezia	Trapezia	Trapezia
Materiale	Terra	Terra	Terra	Terra
Caratteristiche Canale	Terra - regolare	Terra - regolare	Terra - regolare	Terra - regolare
Base [m]	0.500	0.500	0.500	0.500
Altezza [m]	0.400	0.400	0.400	0.400
Inclinazione Pareti [°]	30°	30°	30°	30°
Pendenza di progetto	6.00 %	4.00 %	2.00 %	1.50 %
Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler
Scabrezza (Consigliato 45)	45.00	45.00	45.00	45.00
Q Tr (2 anni) [mc/s]	0.32	0.32	0.32	0.32
Q Tr (5 anni) [mc/s]	0.48	0.48	0.48	0.48
Q Tr (10 anni) [mc/s]	0.61	0.61	0.61	0.61
Q Tr (25 anni) [mc/s]	0.77	0.77	0.77	0.77
Q Tr (50 anni) [mc/s]	0.90	0.90	0.90	0.90
Q 6 [mc/s]	0.95	0.95	0.95	0.95


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

Sezione in verifica	Sezione 2.1	Sezione 2.2	Sezione 2.3	Sezione 2.4
Profilo di progetto	Canaletta Secondaria	Canaletta Secondaria	Canaletta Secondaria	Canaletta Secondaria
Tratto	pendenza massima	pendenza moderata	pendenza media	pendenza lieve
Tipo Sezione	Trapezia	Trapezia	Trapezia	Trapezia
Materiale	Terra	Terra	Terra	Terra
Caratteristiche Canale	Terra - regolare	Terra - regolare	Terra - regolare	Terra - regolare
Base [m]	0.800	0.800	0.800	0.800
Altezza [m]	0.500	0.500	0.500	0.500
Inclinazione Pareti [°]	30°	30°	30°	30°
Pendenza di progetto	6.00 %	4.00 %	2.00 %	1.50 %
Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler
Scabrezza (Consigliato 45)	45.00	45.00	45.00	45.00
Q Tr (2 anni) [mc/s]	0.08	0.08	0.08	0.08
Q Tr (5 anni) [mc/s]	0.12	0.12	0.12	0.12
Q Tr (10 anni) [mc/s]	0.15	0.15	0.15	0.15
Q Tr (25 anni) [mc/s]	0.19	0.19	0.19	0.19
Q Tr (50 anni) [mc/s]	0.23	0.23	0.23	0.23


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	31 di 57


Q 6 [mc/s]	0.26	0.26	0.26	0.26
-------------------	------	------	------	------

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


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	32 di 57


7.5 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.1

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	33 di 57


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	34 di 57


7.6 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.2

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	35 di 57


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	36 di 57


7.7 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.3

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	37 di 57


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	38 di 57


7.8 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.4

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	39 di 57


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	40 di 57


7.9 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.1

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	41 di 57


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	42 di 57


7.10 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.2

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	43 di 57


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	44 di 57


7.11 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.3

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	45 di 57

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	46 di 57

7.12 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.4

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	47 di 57

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	48 di 57

8 ATTRAVERSAMENTO FLUVIALE

Al fine di consentire l'accesso alla piccola area dell'impianto situata nella regione nord dell'impianto, è necessario realizzare un manufatto di attraversamento fluviale.

L'opera consentirà di attraversare il torrente in sicurezza, mantenendo inalterate le caratteristiche idrauliche della corrente. L'opera consentirà altresì di essere sormontata dalla corrente in caso di eventi eccezionali, sebbene il suo dimensionamento consenta il passaggio di una portata con Tr pari a 200 anni.




Allo scopo di non interferire con il naturale deflusso dell'alveo e permettere la realizzazione di un'opera il meno possibile invasiva, il guado sarà realizzato con elementi prefabbricati in cemento armato e con caratteristiche carrabili per consentire il transito di mezzi d'opera necessari per gli interventi di manutenzione dei pannelli fotovoltaici.

L'ubicazione del guado è stata individuata sul confine nord orientale dell'area catastale, in corrispondenza della strada interna all'impianto, nei pressi dell'attuale punto di guado naturale, tipicamente utilizzato dai contadini locali.

Per quanto riguarda l'orografia dei luoghi, non si evidenziano significative movimentazioni di terreno, che pertanto non comportano sostanziali alterazioni e/o modifiche dello stato dei luoghi e in generale dell'ambiente circostante.

Il progetto del guado prevede la posa in opera di elementi scatolari prefabbricati autoportanti in cemento armato delle dimensioni di base pari a mt. 2,50, altezza mt. 1,25 e della lunghezza di mt. 2,00. La composizione di tali elementi formerà una larghezza del guado di mt. 4,00 e una lunghezza di ml. 9,00.

Gli elementi poggeranno su di una soletta in c.a. di una lunghezza complessiva di ml. 5,00, mentre gli elementi saranno rinfiancati con c.i.s. e rete elettrosaldata allo scopo di consolidare gli elementi stessi e tutta la struttura portante.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev. 0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 49 di 57

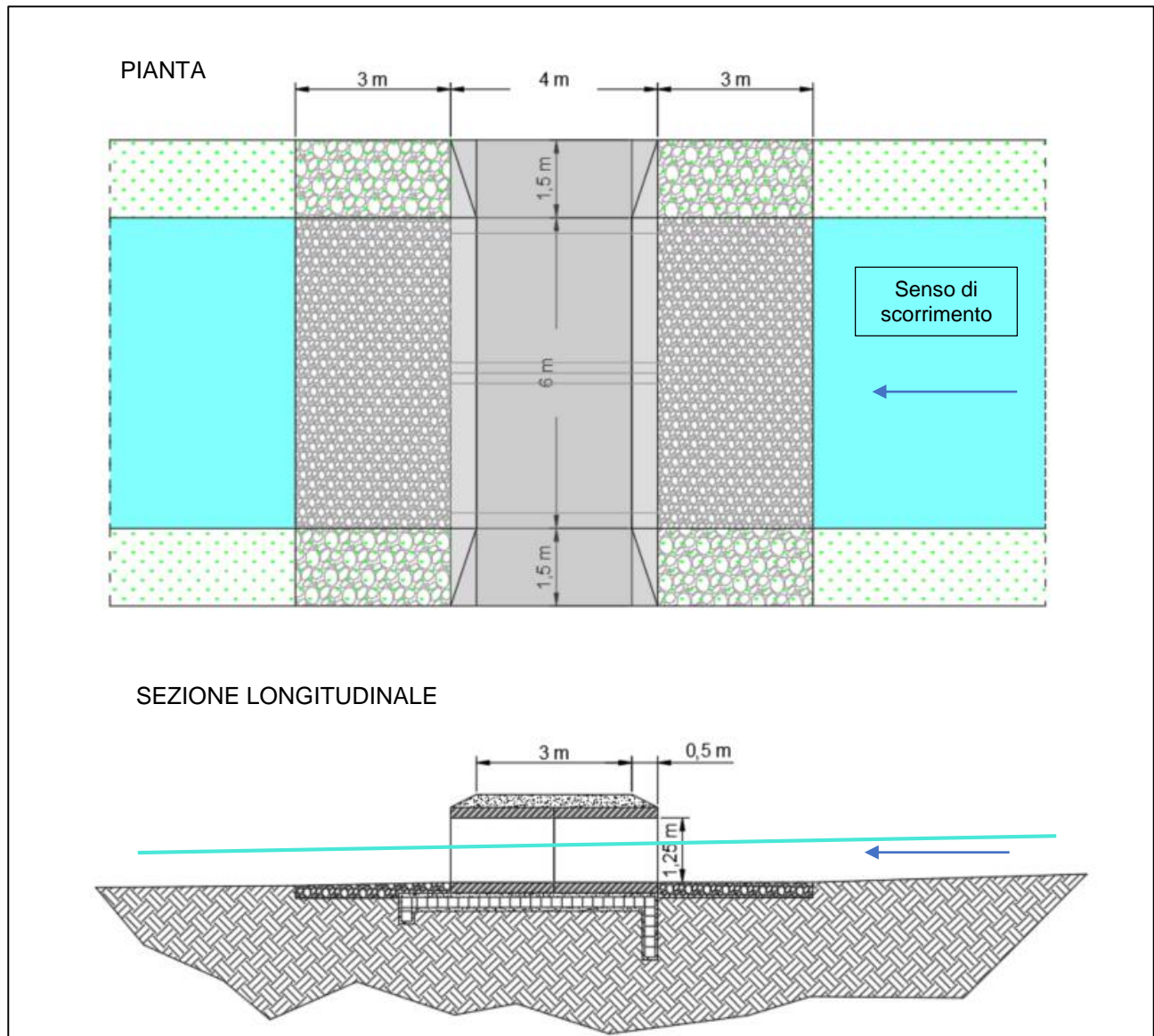



Figura 8-1: Pianta e sezione longitudinale intervento

Nella parte sovrastante sarà realizzata una soletta in c.a. di collegamento e rinforzo. La soletta in c.a. sarà modellata nel sia a monte che a valle per permettere il sormonto della struttura in caso di evento eccezionale, limitando al massimo l'interferenza della struttura con il deflusso.

Sono previste inoltre n. 2 soglie di fondo in pietrame lapideo, da collocare a monte e a valle del guado, allo scopo di salvaguardare la stabilità del fondo e per consentire i mezzi meccanici durante le periodiche manutenzioni da eseguire specie a seguito di eventi di piena del fiume. Saranno inoltre realizzate n.2 difese elastiche di sponda in pietrame allo scopo di salvaguardare le erosioni di sponda in corrispondenza dei lati del guado a rischio di scalzamento e aggiramento del guado.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev. 0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag. 50 di 57

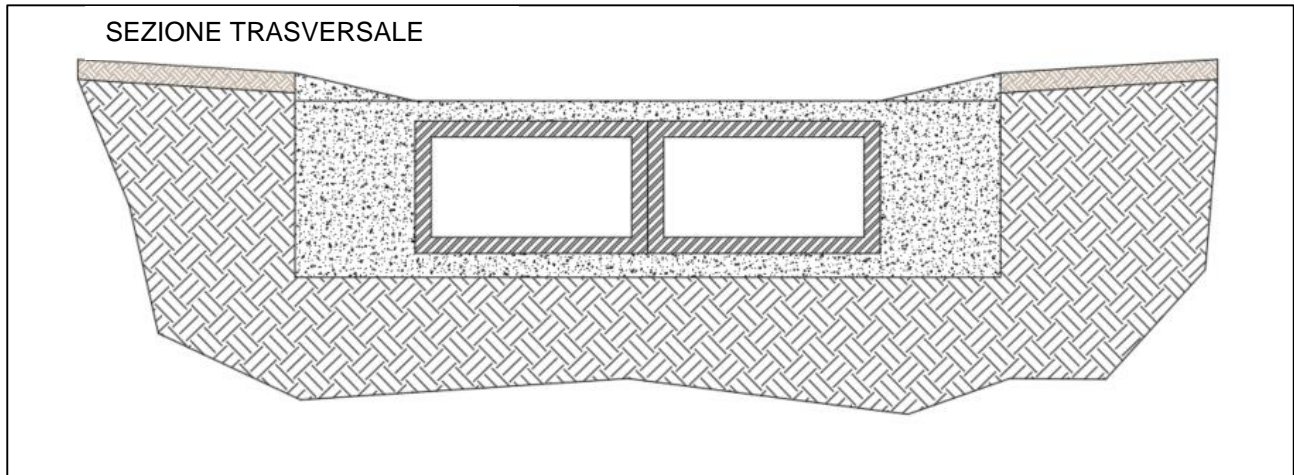


Figura 8-2: sezione trasversale attraversamento

È stato eseguito un predimensionamento della struttura, per la verifica della quale si rimanda alla successiva fase di progettazione.

Dallo studio idrologico di cui ai capitoli 5 e 6, abbiamo che la sezione di dreno comprende un'area di circa 4 km, con un'asta fluviale di 3,0 km.

Il tempo di corrivazione per tale bacino, è stato calcolato con le diverse formule disponibili in letteratura. Il tempo medio di corrivazione, dato dalle formule di Pasini è pari ad 1,2 ore. Tale tempo è stato utilizzato come tempo per la precipitazione di progetto.

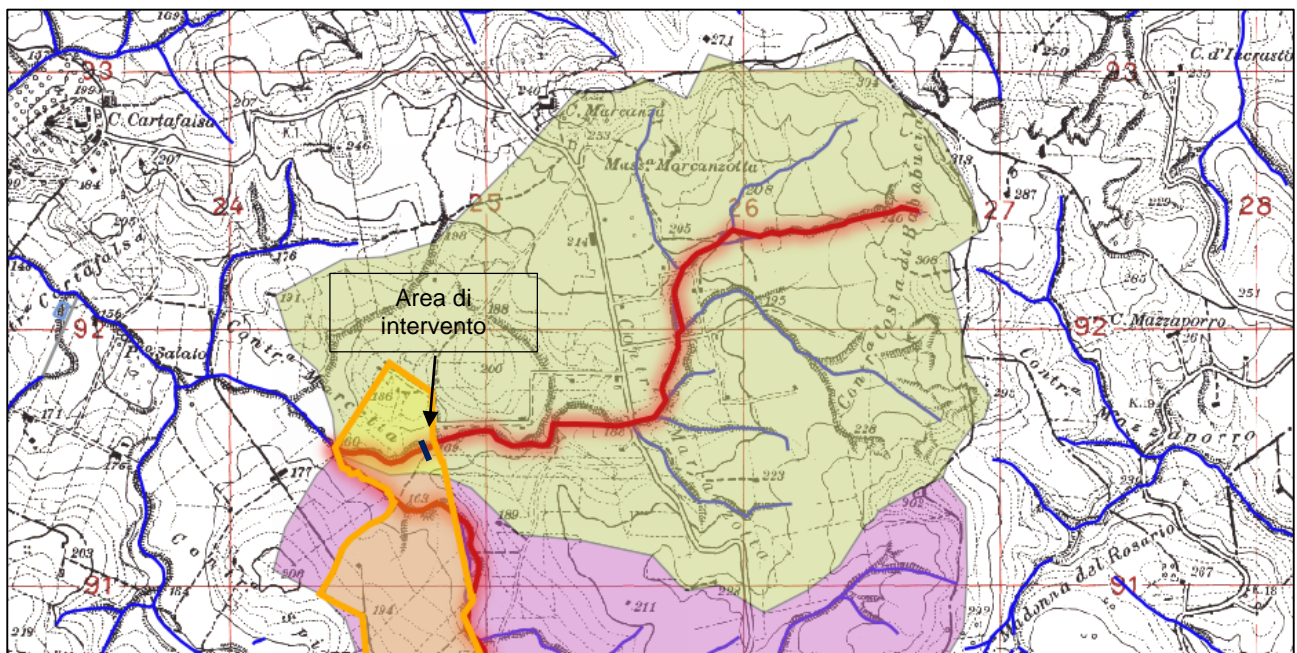



Figura 8-3: Bacino che sottendo la sezione di chiusura

Il coefficiente di deflusso è stato calcolato considerando la tipologia di territorio, il quale è prettamente agricolo, e in via cautelativa è stato assunto pari a 0,4.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	51 di 57

È stato inoltre calcolato il coefficiente di riduzione areale, il quale è stato assunto pari 0,6. Mediante il metodo razionale sono state dunque calcolate le portate relative a diversi tempi di ritorno per il bacino in oggetto.

TR	Area	ARF	Altezza prec	Intensità	Coeff deflusso	Portata
anni	kmq	-	mm	mm/h	-	mc/s
2	3.9	0.4	24.1	20.1	0.4	8.4
5	3.9	0.4	36.9	30.7	0.4	12.8
10	3.9	0.4	46.5	38.7	0.4	16.1
25	3.9	0.4	59.2	49.4	0.4	20.5
50	3.9	0.4	68.9	57.4	0.4	23.9
100	3.9	0.4	78.5	65.4	0.4	27.2
200	3.9	0.4	88.2	73.5	0.4	30.6

Sono state dunque eseguite le verifiche idrauliche dividendo la portata tra le due canne.

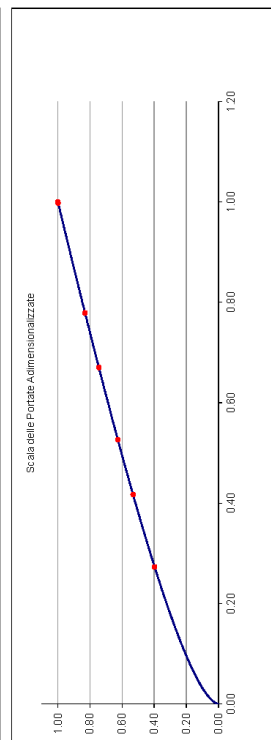
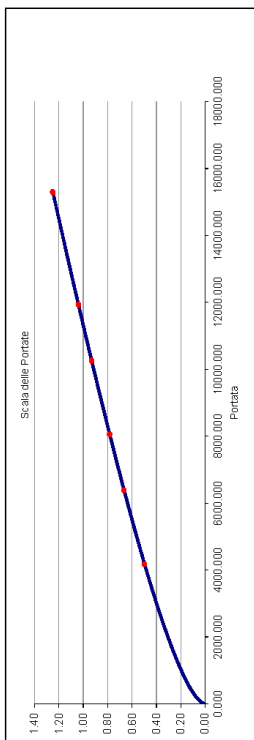
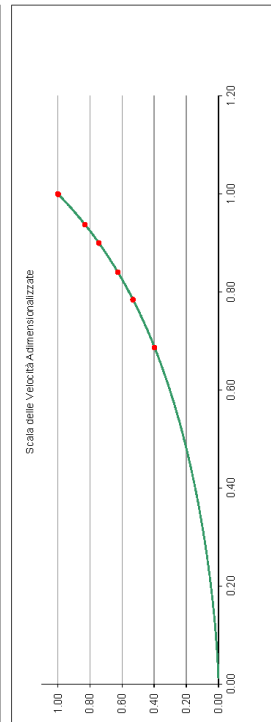
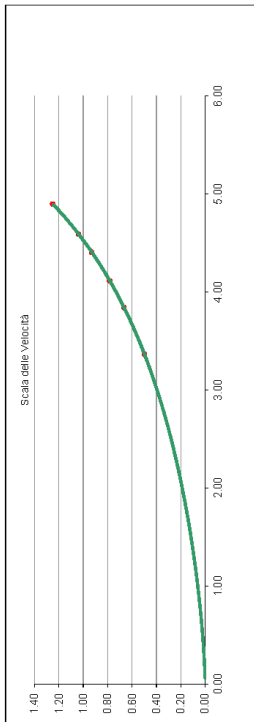
Si riportano di seguito i risultati relativi alla verifica delle portate sulla singola luce di transito, considerando dunque le portate divise tra le due luci di attraversamento.

TEP RENEWABLES
IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN
Singola canna


Verifica delle sezioni idrauliche: Singola canna - 0 - -

Portate di calcolo [l/s]		Riepilogo dati sezione	
Portata Massima	15305,405	Base	2,50
Portata di progetto Q1	4180,000	Altezza	1,25
Portata di progetto Q2	6388,000	Inclinazione Pareti	0,00
Portata di progetto Q3	8059,000		
Portata di progetto Q4	10267,000	Pendenza di progetto	1,00%
Portata di progetto Q5	11938,000	Parametro di Scabrezza	Gauckler-Strickler
Portata di progetto Q6	15280,000	Scabrezza (Consigliato 70-65)	Ks
			67,00

Portate Verificate		Portata di progetto Q1 (Q=4180,00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q=6388,00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q=8059,00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q=10267,00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q=11938,00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q=15280,00 [l/s])	Massima portata (Q=15305,41 [l/s])
ID Portata		Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni)	Q Tr (200 anni)	Qmax
Portata di verifica	[l/s]	4180,00	6388,00	8059,00	10267,00	11938,00	15280,00	15305,41
Percentuale riempimento	[%]	40%	53%	63%	74%	83%	100%	100%
Trante idrico	[m]	0,50	0,67	0,78	0,93	1,04	1,25	1,25
Area bagnata	[m ²]	1,24	1,66	1,96	2,33	2,60	3,12	3,13
Contorno bagnato	[m]	3,43	3,83	4,07	4,36	4,58	5,00	5,00
Lunghezza Palo Libero	[m]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Raggio idraulico	[m]	0,36	0,43	0,48	0,53	0,57	0,62	0,63
c	[L]	56,39	56,30	59,31	60,34	60,96	61,94	61,95
Velocità del flusso	[m/s]	3,36	3,84	4,12	4,41	4,59	4,90	4,90
V/Vr	[%]	0,69	0,78	0,84	0,90	0,94	1,00	1,00
Q/Qr	[%]	0,27	0,42	0,53	0,67	0,78	1,00	1,00



Verifiche canale

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	53 di 57


Dalle verifiche idrauliche sopra riportate si nota come l'opera riesca a gestire una portata fino a 200 a franco annullato senza andare in crisi.

Con portate relative a tempi di ritorno pari a 50 anni, le portate possono essere smaltite mantenendo un franco di sicurezza superiore a 0,30 metri.

Come precedentemente annunciato si rimanda alla fase successiva della progettazione, con un rilievo di dettaglio dell'area di installazione dell'opera, per le verifiche strutturali e conferma delle verifiche idrauliche.

8.1 MITIGAZIONE DELL'INTERVENTO

La vegetazione spontanea arborea di sponda esistente sarà tutelata rimuovendo esclusivamente quella che interferisce con il percorso. Tutte le parti del guado realizzato in cemento armato a vista, potranno essere rivestite di pietra naturale. Le difese di sponda da realizzare potranno essere mitigate con l'inserimento di vegetazione locale.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	54 di 57

9 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

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	55 di 57

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.

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:
 - Coltivazione della vite, altezza media di 1,2 m.
- 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 e di coltivazione della vite


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 O₂ 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.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	56 di 57

10 ALLEGATO 1 – SISTEMA DI DRENAGGIO – RETE DI DRENO

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 18,62 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 16,2 MW Comune di Monreale (PA)	Rev.	0
	21-00029-IT-MONREALE_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	57 di 57