

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN
POTENZA NOMINALE 29 MWp DC – 25,8 MW AC**

Località Monte Cheia Comune di Bessude (SS)

PROPONENTE:

TEP RENEWABLES (BESSUDE PV) S.R.L.
Viale SHAKESPEARE, 71 – 00144 Roma
P. IVA e C.F. 16376261000 – REA RM - 1653248

PROGETTISTA:

ING. MATTEO BERTONERI
Iscritta all'Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara
al n. 669

PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

(art. 23 del D. Lgs 152/2006 e ss. mm. ii)

Relazione idrologica e idraulica

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
21-00013-IT- BESSUDE_CV_R10_Rev0_Relazio ne idrologica e idraulica	02/2022	Prima emissione	EL	MB	F.Battafarano

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	STATO DI FATTO	4
2.1	LOCALIZZAZIONE IMPIANTO	4
3	DATI DI RIFERIMENTO.....	6
3.1	RILIEVO	6
3.1.1	Modello digitale del terreno – Regione Sardegna	6
3.1.2	Rilievo topografico	6
3.2	NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO	6
4	STUDIO IDROLOGICO	8
4.1	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEL BACINO.....	8
4.2	STIMA DELLE INTENSITÀ DI PIOGGIA.....	9
4.2.1	Tempo di Ritorno	9
4.2.2	Distribuzione TCEV.....	10
4.3	METODO RAZIONALE.....	14
4.4	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO Φ	14
4.5	COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE	18
4.6	TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI - STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO.....	18
5	VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI	20
5.1	ANALISI DEI CRITERI DI VERIFICA DEI SISTEMI DI DRENAGGIO	21
5.2	CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DELLE ACQUE DI COPERTURA	21
5.3	VERIFICA IDRAULICA IN MOTO UNIFORME DELLE SEZIONI	22
5.4	RIEPILOGO DELLE SEZIONI VERIFICATE	23
5.5	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.1.....	24
5.6	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.2.....	25
5.7	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.3.....	26
5.8	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.4.....	27
6	CONCLUSIONI	28
7	ALLEGATO 1 – SISTEMA DI DRENAGGIO.....	30

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 Sardegna 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 per la Regione Sardegna, e costituito da:

- analisi delle piogge, eseguita utilizzando gli studi e le metodologie disponibili in letteratura per la regione Sardegna ed utilizzate nella redazione dei vari Piani;
- 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 Bessude (SS) a 8 km a ovest dalla stessa città e a 24 km dal mare.

L'area deputata all'installazione degli impianti fotovoltaici dista dalla SS131bis circa 2,3 km e dalla SP28 circa 4 km. Quest'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 è ubicata sulla sommità del rilievo di Monte Cheia, un altopiano vulcanico allungato secondo NS che culmina nei 638 m di Monte Cheia che domina la vallata del Lago Bidighinzu prodotto dallo sbarramento dell'omonimo Rio.

L'uso del suolo è caratterizzato dal pascolo naturale non irriguo a servizio dell'allevamento estensivo di ovini. Gli unici fabbricati presenti sono costituiti da un capannone utilizzato come sala mungitura e una piccola casa appoggio.

L'area sede dell'impianto fotovoltaico, di potenza nominale di 29 MWp risulta essere pari ad oltre 56,4 ha di cui circa 36 ha 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 all'area SSE avverrà, quindi, mediante cavo interrato AT che si estenderà lungo la viabilità pubblica per un percorso di circa 5 km.

Le coordinate del sito sono:

- Latitudine 40° 34' 35.64" N
- Longitudine 8° 37' 22.51" E
- Altitudine media 620 m s.l.m.

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

- SS131bis "Carlo Felice" che si estende a ca 3 km a nord est dell'impianto;
- SP28bis che si estende a ca. 2 km ad ovest dell'impianto;
- Strada locale che si estende a sud dell'impianto e si raccorda con SP28bis a ovest e con SS131bis ad est;

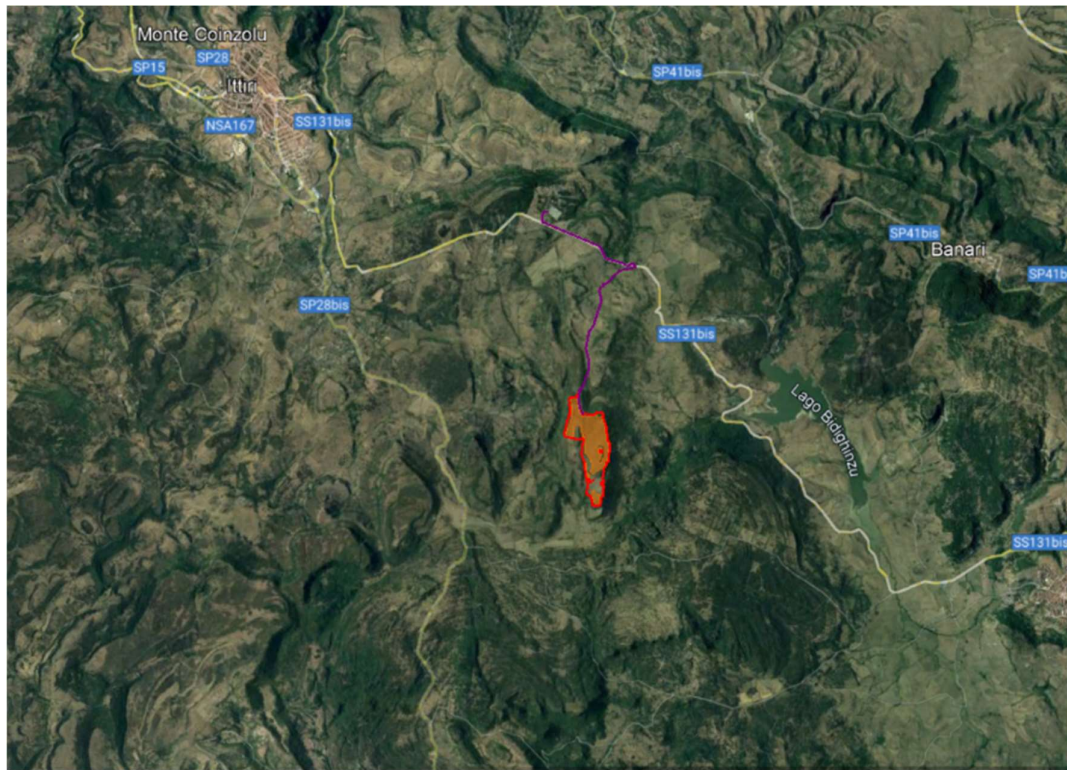


Figura 2-1: Localizzazione area di intervento

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 Sardegna.

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 Modello digitale del terreno – Regione Sardegna

Attraverso la fonte ufficiale Regione Sardegna è stato ottenuto il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 1x1 metri di tutta l'area di progetto.

3.1.2 Rilievo topografico

A gennaio 2022 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.

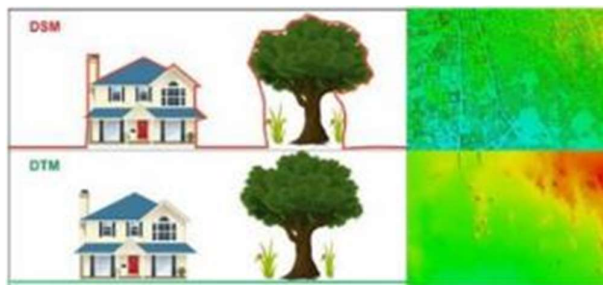


Figura 3-1 Tipologico esemplificativo raffigurante i prodotti fotogrammetrici

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 Sardegna - Servizio tutela e gestione delle risorse idriche, vigilanza sui servizi idrici e gestione della siccità
- Autorità di bacino distrettuale della Sardegna – Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Sardegna
- 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 STUDIO IDROLOGICO

4.1 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEL BACINO

La zona di intervento è localizzata nel comune di Bessude (SS), in località Monte Cheia, sulla sommità dell'omonimo rilievo.

L'area è situata sulla sommità di uno stretto tavolato allungato in direzione nord-sud, lungo quasi 2 km e largo circa 0,7 km. L'altopiano si sviluppa ad una quota di circa 610-620 m sul livello del mare ed è caratterizzato da marcate cornici rocciose che lo elevano rispetto ai versanti circostanti circondate da depositi di blocchi in frana e detrito di versante. L'altopiano è caratterizzato inoltre da due piccoli pianori sommitali posizionati sul lato ovest e sul lato est, ad una quota intorno a 630 m s.l.m che risultano separati da una larga sella caratterizzata da presenza di argille e ristagno d'acqua.

L'area dell'altopiano mostra in genere pendenze molto modeste, inferiori al 10%, anche se sono presenti aree a pendenza superiore (sino al 35%), al raccordo con i pianori sommitali, oltre a piccole cornici rocciose. Le aree centrali dell'altopiano presentano invece una morfologia pianeggiante regolare.

Data la posizione rialzata dell'area di progetto, non è possibile definire un unico bacino sul quale le precipitazioni vengono convogliate. L'area si configura quale spartiacque, andando a dividere le precipitazioni su più bacini distinti. Sull'area non sono presenti corsi d'acqua perimetrati dal PAI, tuttavia sono individuabili alcune aste fluviali di primo ordine secondo la classificazione di Horton - Strahler, riportate nella Carta Tecnica Regionale e/o nella cartografia IGM e che quindi, in base all'art. 30 ter delle Norme di Attuazione dello stesso PAI, tali aste sono soggette all'applicazione delle misure di prima salvaguardia, queste consistono nella delimitazione di una fascia di larghezza L che nel caso di aste di primo ordine, come quelle in oggetto, ha una larghezza pari a 10 m su entrambi i lati a partire dall'asse. Le aree così perimetrare sono soggette alla disciplina prevista dagli artt. 27 e 27 bis delle NTA del PAI.

Si riscontrano inoltre alcune linee di compluvio, soggette a scorrimento idrico, rilevate sia dalla carta geomorfologica, sia in fase di rilievo.

Dall'analisi di dettaglio del territorio sono stati individuati 5 bacini idrologici sui quali si distribuiscono le precipitazioni.

L'area orientale, per una estensione totale inferiore agli 8 ettari, afferisce a due bacini idrologici, che raccolgono le acque superficiali e le riversano sul Riu Matte de sa ua.

L'area sita a nord-ovest, con un'estensione di circa 8 ettari, drena le precipitazioni verso ovest, sul Riu Badde Mela.

L'area nord, si configura quale compluvio naturale, dando origine ad un'asta fluviale di primo ordine secondo la classificazione di Horton - Strahler, riportata in planimetria. Tale asta fluviale si riversa circa 2,5 km più a valle anch'esso sul Riu Matte de sa ua.

L'area sud, con una estensione di circa 24 ettari, confluisce le acque superficiali in un'asta fluviale anch'essa del primo ordine secondo la classificazione di Horton - Strahler, la quale costituisce un affluente del Riu Melas.

Non tutta l'area di progetto risulta interessata dall'installazione di pannelli fotovoltaici o dalla posa di strutture a corredo.

Si andrà dunque a stimare la precipitazione di progetto secondo le metodologie e gli studi disponibile in letteratura per l'intera regione Sardegna ed utilizzate nelle stesure del PAI e del PSFF.

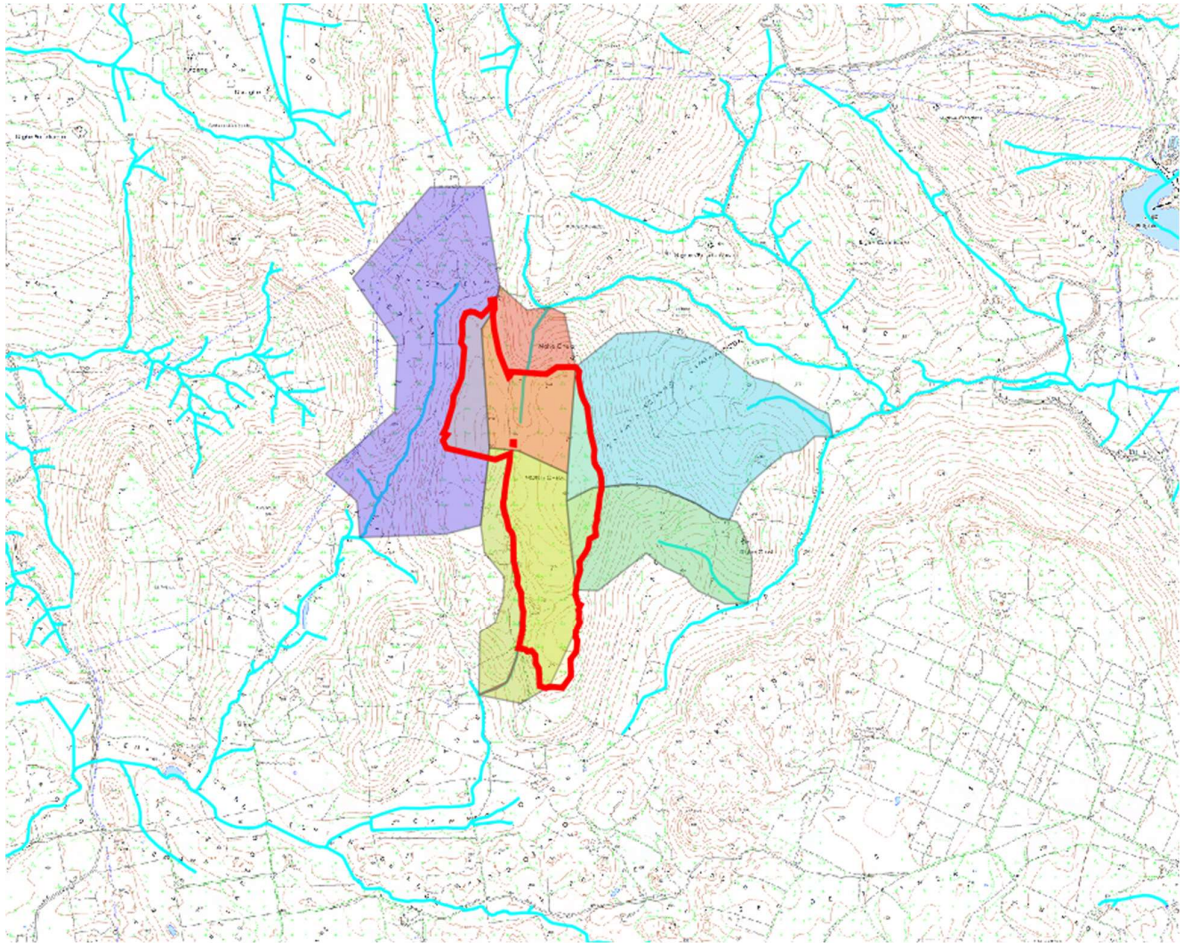


Figura 4-1: Suddivisione in sottobacini dell'area di progetto

4.2 STIMA DELLE INTENSITÀ DI PIOGGIA

4.2.1 Tempo di Ritorno

La stima dell'intensità di pioggia ad assegnati tempi di ritorno (TR=10, 50 e 100 anni) è stata effettuata eseguendo un confronto critico fra le diverse metodologie disponibili nella letteratura tecnica per la Sardegna tuttavia, in considerazione della natura dell'infrastruttura oggetto del presente calcolo, l'intensità di pioggia considerata è quella riferita al tempo di ritorno TR=50, superiore alla durata della vita utile dell'impianto fotovoltaico, valutata in 30 anni.

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.

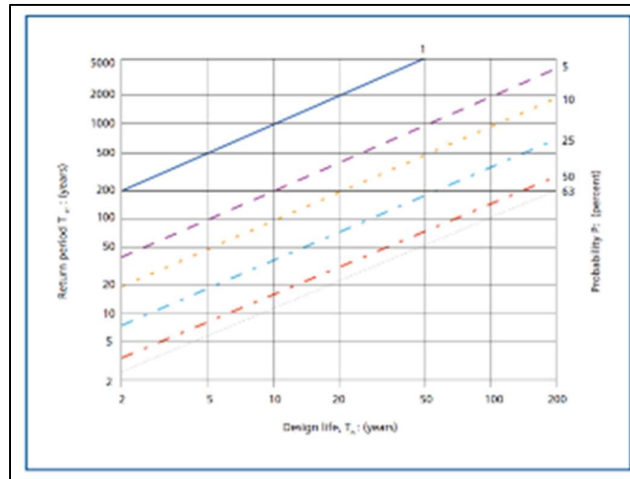


Figura 4-2: Probabilità di superamento di un evento con un determinato tempo di ritorno T durante N anni

4.2.2 Distribuzione TCEV

Tra le diverse metodologie da adottare per la rappresentazione degli eventi estremi è stato scelto il modello probabilistico a quattro parametri TCEV (Two Component Extreme Value) in quanto l'impiego di una distribuzione multiparametrica può fornire stime accurate per gli eventi di precipitazione breve e intensa. L'utilizzo di questa distribuzione richiede però di disporre di un'informazione idrologica consistente, e quindi di operare su territori a dimensione regionale, affinché sia possibile effettuare determinazioni affidabili dei valori dei parametri. L'argomento è stato oggetto di recenti indagini basate sulla TCEV, condotte nell'ambito di un programma di ricerca VAPI (Valutazione delle Piene in Italia) promosso dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche. La stima dei parametri della TCEV a tre livelli di regionalizzazione è descritta nelle pubblicazioni Deidda e Piga (1998) e Deidda et al. (2000) e di seguito viene riportata una sintesi delle equazioni utilizzate, trascurando la trattazione teorica dei tre livelli di regionalizzazione per cui si può fare riferimento alle due pubblicazioni sopra citate

Per la determinazione della pioggia critica lorda si utilizzano pertanto le curve di possibilità pluviometrica nella forma:

$$h = a \cdot t^n$$

dove i parametri della curva, $a(T)$ ed $n(T)$, vengono definiti per tre Sotto Zone Omogenee della Sardegna (SZO) (Figura 4-3), per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori di 10 anni.

La pioggia indice $m(t)$ di durata t (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata t) può essere espressa in forma monomia:

$$\mu = a1 \cdot t^{n1}$$

dove i coefficienti $a1$ e $n1$ si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera mg :

$$a1 = mg / (0.886 \cdot 24^{n1}) \quad n1 = -0.493 + 0.476 \log_{10} mg$$

La pioggia indice giornaliera mg può ricavarsi dalla carta delle isoiete o dagli annali idrologici.

L'altezza di pioggia $hT(t)$ di durata t con assegnato tempo di ritorno T in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice $m(t)$ per un coefficiente di crescita $K_T(t) = a2 \cdot t^{n2}$:

$$h = \mu(t) \cdot KT(t) = (a_1 \cdot a_2) \cdot t^{(n1+n2)}$$

dove i coefficienti a2 e n2 si determinano con differenti relazioni per diversi T e t e per le tre sottozone della Sardegna.

I coefficienti a2 e n2 variano non solo in base alla zona, ma anche per durate inferiori o superiori all'ora secondo le seguenti relazioni:

$$a2 = 0.46378 + 1.0386 \text{ Log}_{10} T$$

$$n2 = -0.18449 + 0.23032 \text{ Log}_{10} T - 3.3330 \cdot 10^{-2} \cdot (\text{Log}_{10} T)^2 \quad (\text{per } t \leq 1 \text{ ora})$$

$$n2 = -1.0563 \cdot 10^{-2} - 7.9034 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T \quad (\text{per } t > 1 \text{ ora})$$

Il territorio di Bessude è inserito nella 1 SZO.

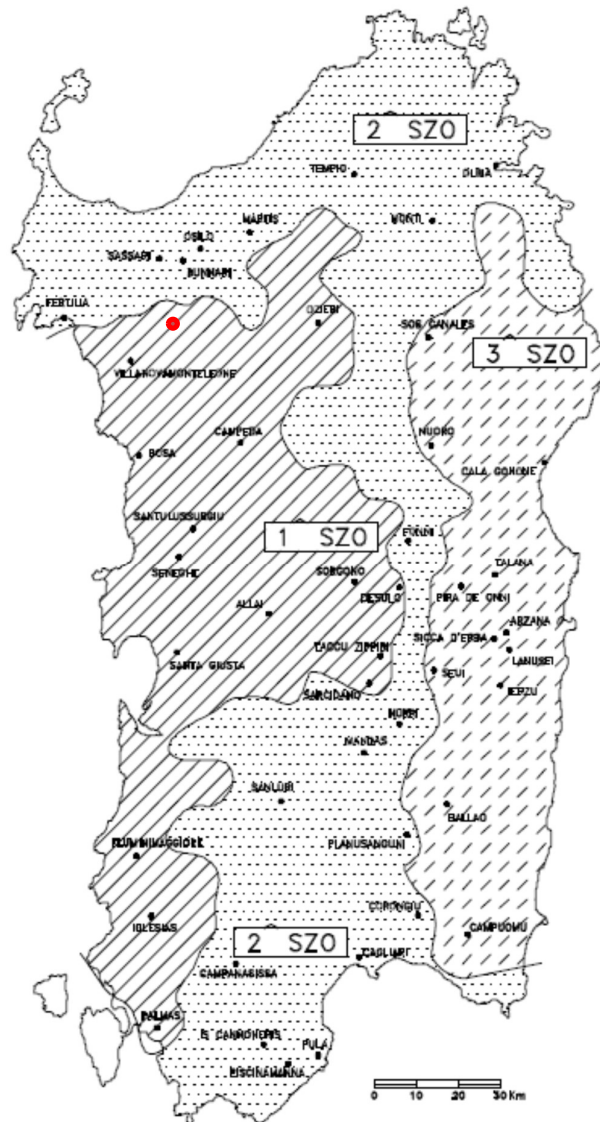


Figura 4-3: Definizione delle tre sottozone TCEV nel territorio regionale della Sardegna

Si ottengono dunque le curve di possibilità pluviometrica per l'area in oggetto.

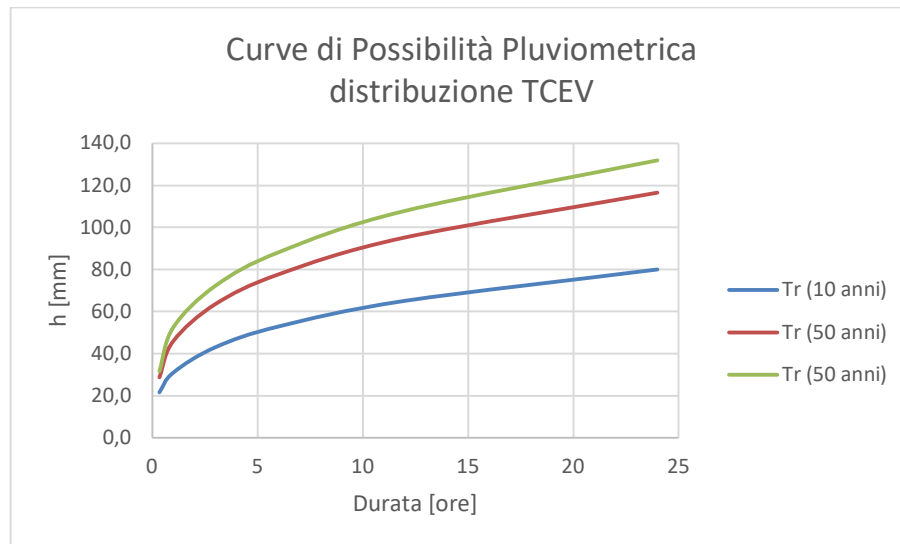


Figura 4-4: Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica

Tabella 4-1: Altezze di precipitazione per diverse durate e TR

H (d,Tr)		d (ore)	d (ore)	d (ore)	d (ore)	d (ore)
		1	3	5	12	24
Tr (anni)	10	31.1	43.1	52.9	65.1	80.0
Tr (anni)	50	46.1	63.5	77.7	95.2	116.5
Tr (anni)	100	52.5	72.2	88.3	107.9	131.9

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

Come precedentemente evidenziato, non è possibile definire un unico bacino idrologico dell'area di progetto. Per la definizione di un tempo di corrivazione, e conseguentemente del tempo di precipitazione di progetto, si è fatto riferimento al bacino di maggiori dimensioni

I parametri descrittivi dei bacini ai fini della valutazione della piena sono:

- superficie del bacino S [km²]
- lunghezza dell'asta principale L [km]
- pendenza media dell'asta principale J [m/m]
- altitudine media del bacino Hm [m s.l.m.]
- quota della sezione terminale Ho [m s.l.m.]
- quota massima del bacino Hx [m s.l.m.]

I parametri principali del bacino di riferimento sono riportati nella tabella seguente:

Tabella 4-2: Dati bacino di riferimento.

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 slm]	[m slm]	[m slm]
SUD	0.24	1.17	11	638	610	580

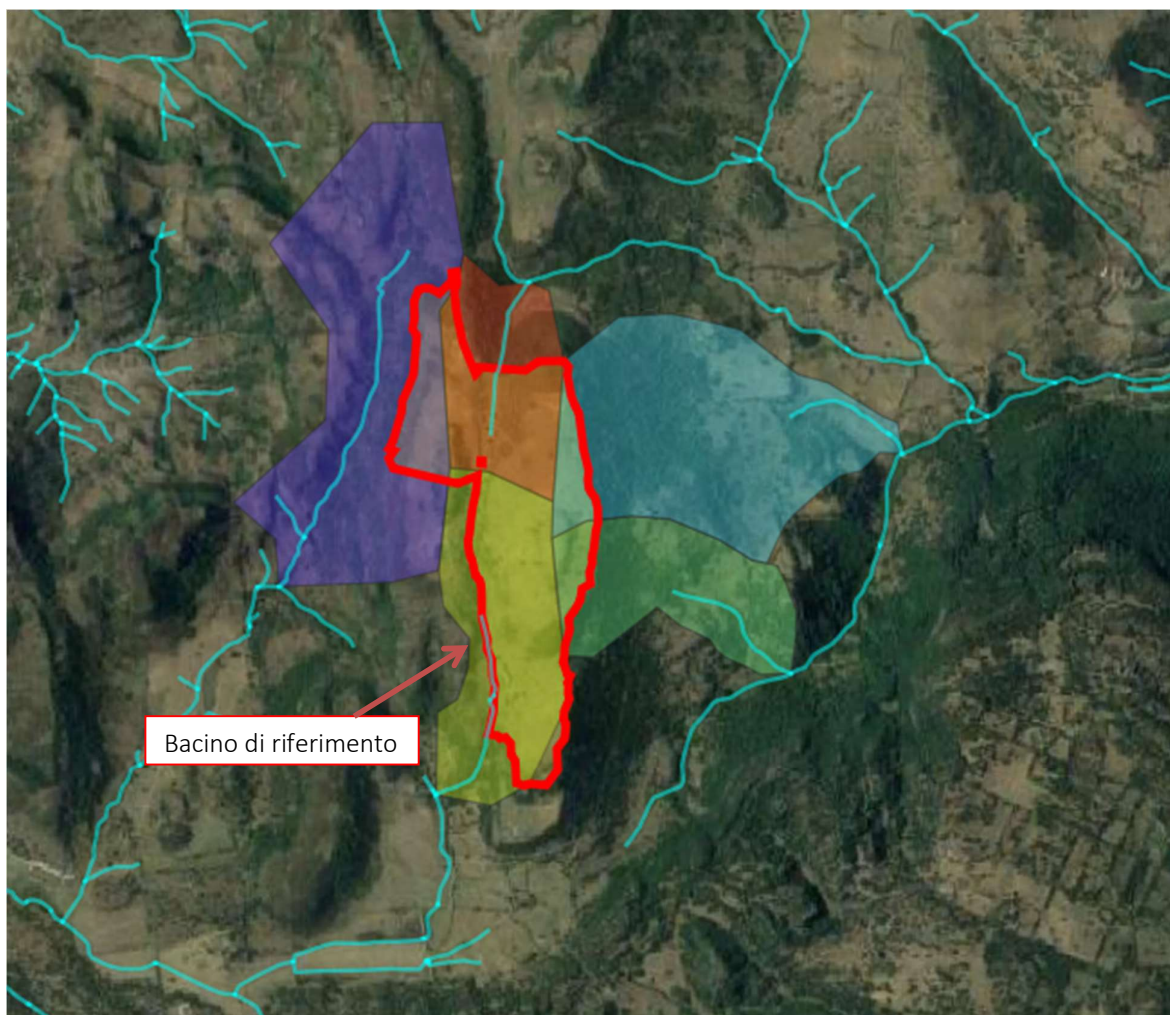


Figura 4-5: Bacino di riferimento

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

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

Per il progetto in questione, valutata la ridotta dimensione delle aree in oggetto, si è scelto di utilizzare la formula di Viparelli, ottenendo un tempo di corrivazione di **0,35 ore**.

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 otteniamo un'altezza di precipitazione di **28.8 mm**, corrispondente ad una intensità oraria di **87.1 mm/h**.

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

4.3 METODO RAZIONALE

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

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

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;
- 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.

4.4 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO Φ

Il coefficiente Φ 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 Geoportale della regione Sardegna è possibile scaricare e consultare la carta di uso del suolo, per la cui area in progetto riporta diverse classificazioni. La legenda usata per la classificazione dell'uso del suolo è quella del Corine Land Cover.

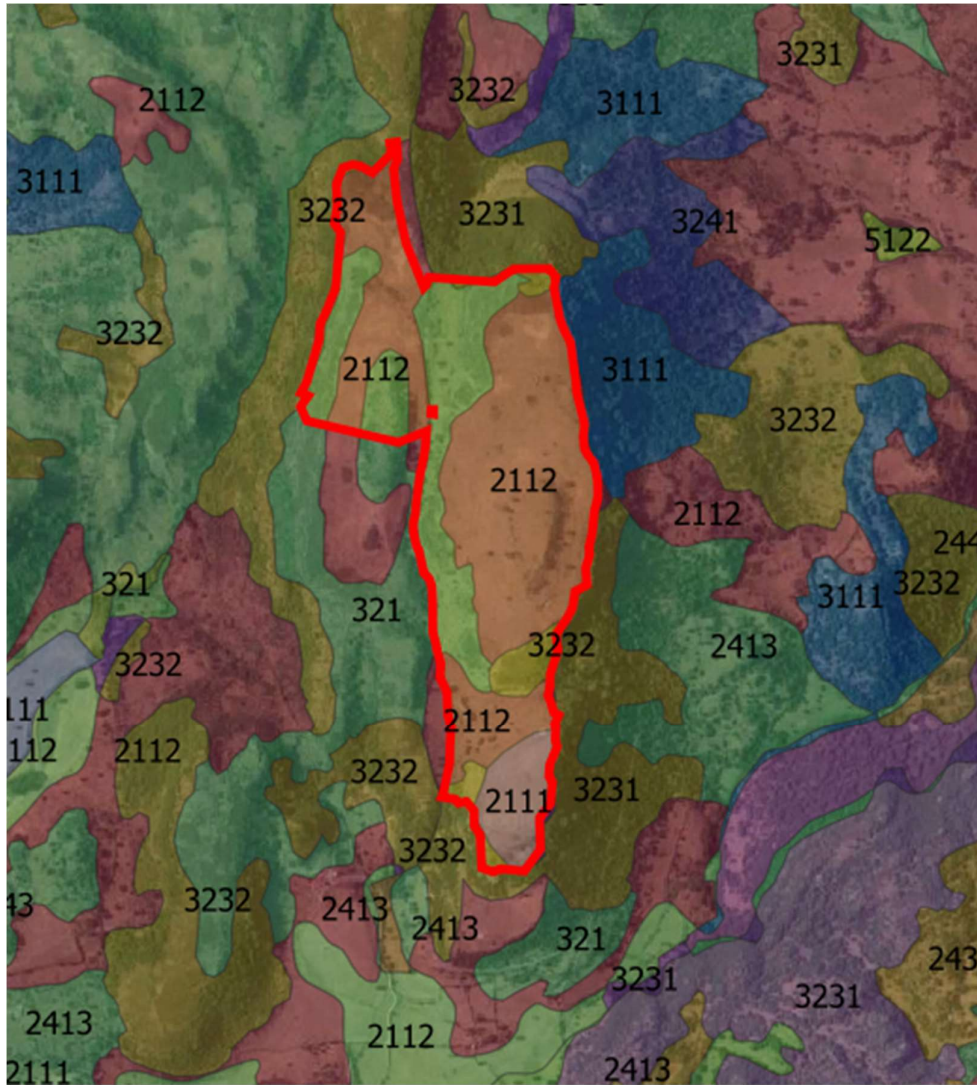


Figura 4-6: Estratto Carta dell'uso del suolo della Regione Sardegna 2008 (Corine Land Cover, 2008).

Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008		CNII			
		A	B	C	D
2111	seminativi in aree non irrigue	61	73	81	84
2112	prati artificiali	68	79	86	89
3232	Gariga	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.

Il valore del CN varia anche in funzione delle caratteristiche idrologiche del suolo, in relazione alla maggiore o minore permeabilità del substrato (tipi idrologici A-B-C-D).

Dall'interrogazione della mappa, all'area in oggetto è assegnato il tipo idrologico C.

Per l'area in progetto è stato assunto un CN medio pesato sulle aree pari a **84**.

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 ACMIII il CN corrispondente risulta **92**.

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

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.

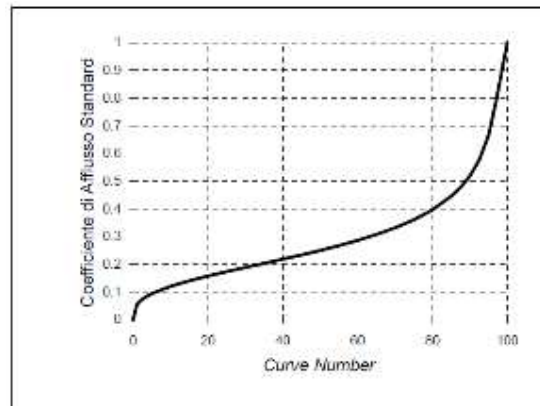


Figura 4-7: Relazione CN/Coefficiente di deflusso

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro ϕ è stato assunto pari a **0,55**.

Valutazione post-operam.

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

L'interasse fra le strutture dei pannelli sarà di circa 9,5 m. L'altezza in mezzeria della struttura sarà di circa 2,5 m (rispetto al piano di campagna) con un minimo di 0,50 m fino ad un massimo di 4,5 m. Le strutture dei pannelli avranno una configurazione fissa con una inclinazione orizzontale di 30°.

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 dei pannelli.

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.

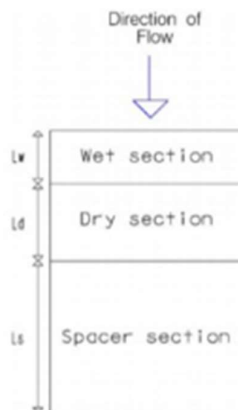


Figura 4-8: Figura 6-5: modulo tipo descrivente il modello concettuale idrologico dell’installazione di strutture fotovoltaiche su pali infissi comprendente l’area pannelli e l’area di interfila (Fonte: Hydrologic response of solar farm Cook 2013 American Society of Civil Engineers).

L’area dry è stimata pari al 50% dell’area utile di installazione pannelli.

Nel calcolo della pioggia netta è stato quindi calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale sulla base delle precedenti assunzioni.

Tabella 4-3: Valutazione coefficiente di deflusso post operam

STATO DI FATTO	AREA	AREA MODULI	PERCENTUALE MODULI SU AREA NETTA INSTALLAZIONE PANNELLI	AREA DRY STIMATA DURANTE TILT PARI A 0	PERCENTUALE AREA AVENTE EFFETTO POTENZIALE DRY	COEFFICIENTE DI DEFUSSO ANTE OPERAM ASSUNTO	COEFFICIENTE DI DEFUSSO POST OPERAM STIMATO
	[ha]	[mq]	[%]	[ha]	[%]	-	-
pascolo	56,7	121243	21%	6,01	11%	0,55	0,59

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.

4.5 COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE

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

$$ARF = 1 - (0.0394 S0.354) Tc (-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(S))) \text{ per } S < 20 \text{ km}^2$$

$$ARF = 1 - (0.0394 S0.354) Tc (-0.40+0.003832 (4.6-\ln(S))) \text{ per } S > 20 \text{ km}^2$$

Data la limitata estensione delle aree utilizzate i calcoli restituiscono un valore prossimo all'unità. Pertanto, cautelativamente il coefficiente ARF viene assunto pari a **1**.

4.6 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI - STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO

La conformazione del terreno permette un allontanamento diffuso delle acque meteoriche.

Tuttavia in alcune aree, vista la natura particolarmente impermeabile del terreno, onde evitare ristagni e favorire lo smaltimento delle precipitazioni, si rende necessario creare delle canalizzazioni per favorire il drenaggio superficiale.

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.

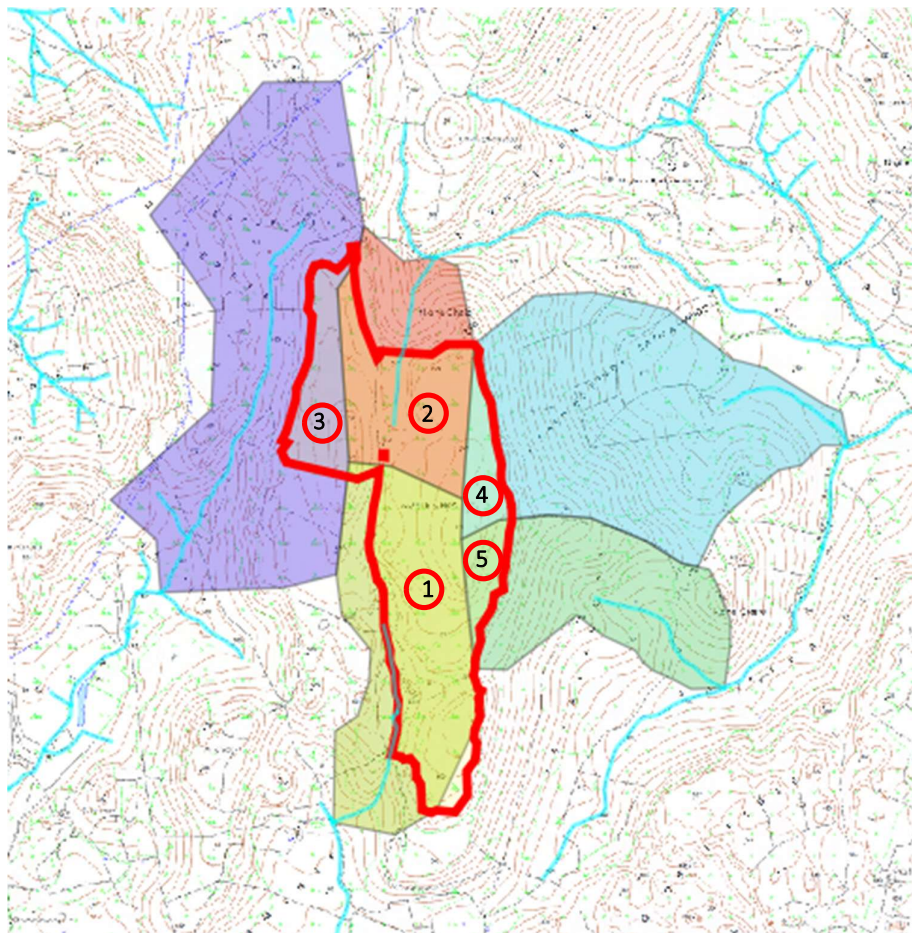


Figura 4-9: Suddivisione dei bacini di dreno

L'area sulla quale si prevede la realizzazione del campo fotovoltaico occupa un'area di circa 56 ha, suddivisa in 5 bacini, che drenano su sezioni di chiusura separate.

Si prevede di realizzare delle canalizzazioni superficiali nel terreno per convogliare le acque meteoriche verso le zone di compluvio solo nelle aree 2 e in parte dell'area 1, nelle zone a minor pendenza, onde evitare fenomeni di ristagno. Nella restante area, la conformazione del terreno e la natura particolarmente impermeabile dello stesso permettono un allontanamento delle acque verso i bordi dell'altopiano.

Come precedentemente esposto, la valutazione dei volumi di deflusso è stata effettuata considerando una precipitazione critica di progetto con tempo di ritorno di 50 anni.

I risultati ottenuti sono stati riassunti nella tabella di cui al seguito

Tabella 4-4: Valutazione deflussi ante operam e post operam

Bacino	Area	ARF	Altezza precip.	Intensità	Coeff ante operam	Portata ante operam	coeff post operam	portata post operam
	[ha]	-	[mm]	[mm/h]	-	[mc/s]	-	[mc/s]
1	24.7	1	28.8	87.1	0.55	3.29	0.59	3.52
2	15.9	1	28.8	87.1	0.55	2.12	0.59	2.27
3	8.2	1	28.8	87.1	0.55	1.09	0.59	1.17
4	4.7	1	28.8	87.1	0.55	0.62	0.59	0.67
5	3.4	1	28.8	87.1	0.55	0.45	0.59	0.49

Lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso pari a circa il 7% principalmente dovuto all'incremento del coefficiente di deflusso nello scenario più critico di terreno saturo.

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.

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.

Considerata la ridotta area sulla quale insistono i pannelli e le proprietà del terreno in sito, caratterizzato da bassi valori di permeabilità superficiale non si ritiene opportuno realizzare particolari opere di dreno, se non una rete di canali superficiali principalmente concentrata nelle aree a minor pendenza, onde evitare fenomeni di ristagno localizzati.

5 VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI

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

- Riduzione dei fenomeni di ristagno superficiale sull'area di installazione dei pannelli;
- 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 canalizzazioni e da elementi di convoglio delle acque nel reticolo naturale preesistente.

Le acque meteoriche saranno quindi allontanate mediante il convogliamento delle portate residue verso il reticolo idrografico principale che già oggi veicola le medesime a valle delle singole sezioni.

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.

5.1 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 parte del sito tramite un sistema costituito da canalette a cielo aperto che garantiscono il recapito delle acque meteoriche ai recettori esistenti.

Le canalizzazioni avranno un bacino di raccolta di circa 3 ha e si riverseranno nelle aree di compluvio naturali, in maniera diffusa, senza concentrazione di portata.

Ai fini della verifica del funzionamento idraulico delle canalette 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 individuata come quella veicolante la maggiore portata dell'intero impianto.

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, valutando la funzionalità delle stesse in un range di pendenza compreso tra il 2% ed il 12%

Si riporta di seguito una rappresentazione schematica della canaletta di progetto.

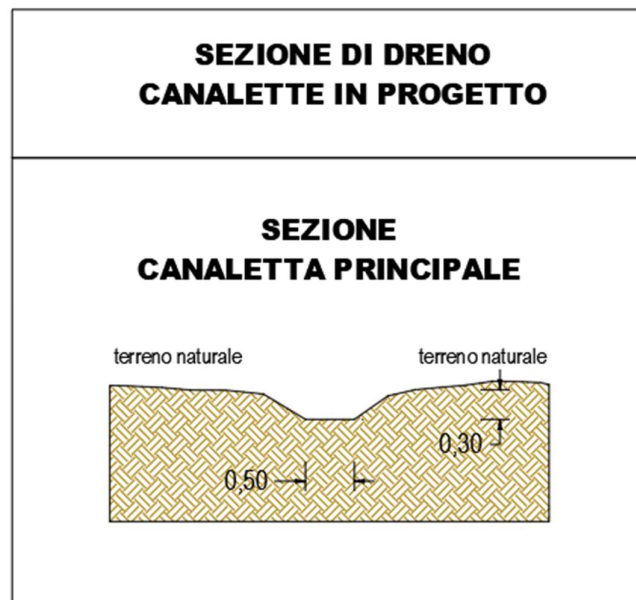


Figura 5-1: Schema canaletta di progetto

La sezione della canaletta è interessata dunque dalle acque superficiali convogliate dalla quota parte di terreno afferente individuato della superficie complessiva di circa 3 ha e convoglia la portata confluyente definita dal tempo di pioggia di progetto pari a 20 min, ricavato 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 intensità risultante pari a 87,1 mm/h.

In tali condizioni la portata di verifica risulta pari a 0.40 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 12%; 8%; 4%; e 2%, rappresentando così tutte le condizioni di moto previste nel comparto.

5.2 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 conformazione del territorio ed alle linee di dreno già tracciate sull'area, al fine di scongiurare i fenomeni di ruscellamento incontrollato e nel contempo garantire la corretta confluenza delle acque verso le aree di compluvio 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 aste fluviali naturali.

5.3 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.

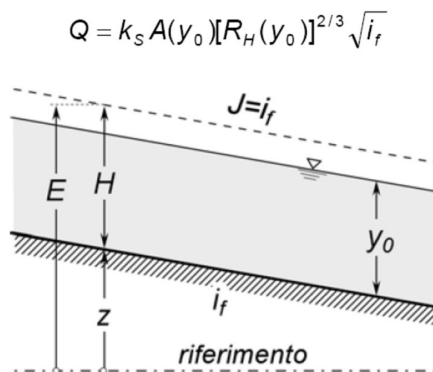


Figura 5-2: Riferimenti di calcolo del moto uniforme

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 dalla normativa, pari a 10 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).

5.4 RIEPILOGO DELLE SEZIONI VERIFICATE

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

Tabella 5-1: Caratteristiche dimensionali canalette e portate di verifica.

Sezione in verifica	Sezione 1.1	Sezione 1.2	Sezione 1.3	Sezione 1.4
Profilo di progetto	Canaletta	Canaletta	Canaletta	Canaletta
Tratto	pendenza massima	pendenza media	pendenza lieve	pendenza minima
Tipo Sezione	Trapezia	Trapezia	Trapezia	Trapezia
Materiale	Terra	Terra	Terra	Terra
Caratteristiche Canale	Terra - con erba	Terra - con erba	Terra - con erba	Terra - con erba
Base [m]	0.500	0.500	0.500	0.500
Altezza [m]	0.300	0.300	0.300	0.300
Inclinazione Pareti [°]	30°	30°	30°	30°
Pendenza di progetto	12.00 %	8.00 %	4.00 %	2.00 %
Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler
Scabrezza (Consigliato 40)	40.00	40.00	40.00	40.00
Q 1 [mc/s]	10.0	10.0	10.0	10.0
Q 2 [mc/s]	50.0	50.0	50.0	50.0
Q 3 [mc/s]	100.0	100.0	100.0	100.0
Q 4 [mc/s]	200.0	200.0	200.0	200.0
Q 5 [mc/s]	300.0	300.0	300.0	300.0
Q Tr (50 anni) [mc/s]	400.0	400.0	400.0	400.0

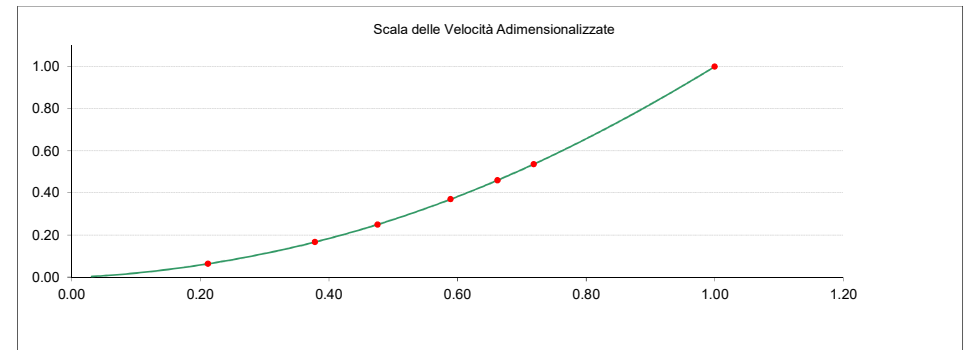
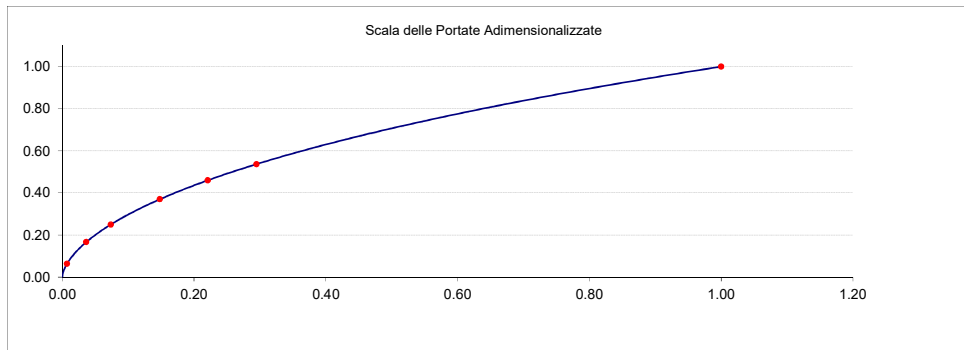
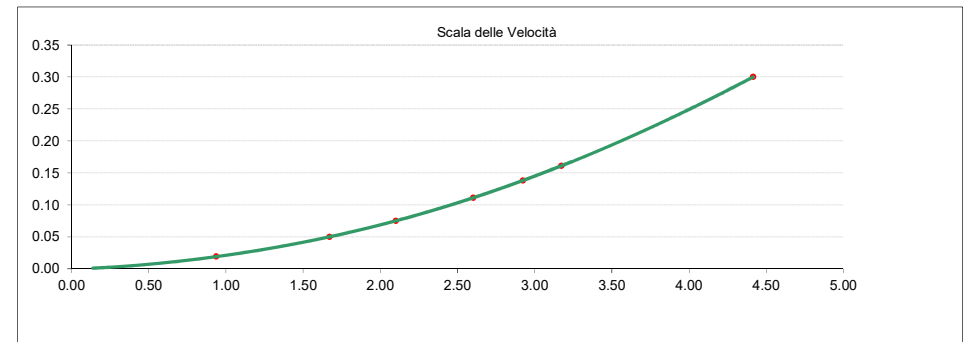
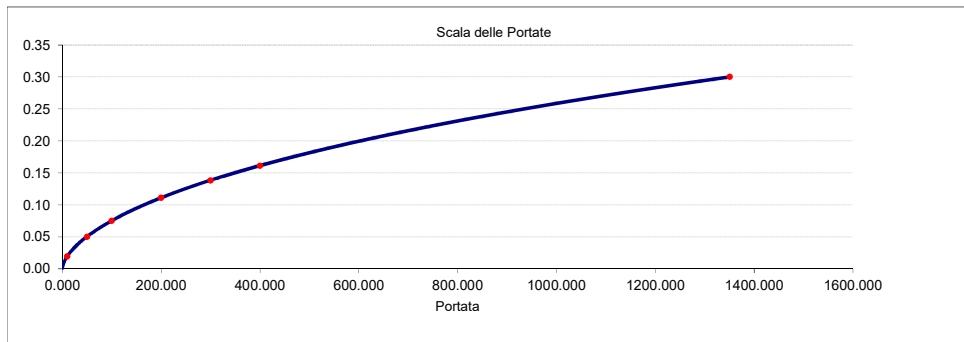
Si riportano di seguito le verifiche relative a ciascuna delle sezioni fin qui descritte.

5.5 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	1350.871	Base	B	0.50	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q 1	10.000	Altezza	H	0.30	Terra	
Portata di progetto Q2	Q 2	50.000	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba	
Portata di progetto Q3	Q 3	100.000	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q 4	200.000	Pendenza di progetto	i	12.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q 5	300.000	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q Verifica Tr (50 anni)	400.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 10.00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 50.00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 100.00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 200.00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 300.00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 400.00 [l/s])	Massima portata (Q= 1350.87 [l/s])
ID Portata	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Q 5	Q Verifica Tr (50 anni)	Qmax
Portata di verifica [l/s]	10.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	1350.87
percentuale riempimento [%]	6%	17%	25%	37%	46%	54%	100%
Tirante idrico [m]	0.02	0.05	0.08	0.11	0.14	0.16	0.30
Area Bagnata [mq]	0.01	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.31
Contorno Bagnato [m]	0.58	0.70	0.80	0.94	1.05	1.14	1.70
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.57	0.67	0.76	0.88	0.98	1.06	1.54
Raggio Idraulico [m]	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.11	0.18
c [-]	20.40	23.57	24.96	26.33	27.11	27.67	30.05
Velocità del flusso [m/s]	0.94	1.67	2.10	2.60	2.92	3.17	4.42
V/Vr [%]	0.21	0.38	0.48	0.59	0.66	0.72	1.00
Q/Qr [%]	0.01	0.04	0.07	0.15	0.22	0.29	1.00

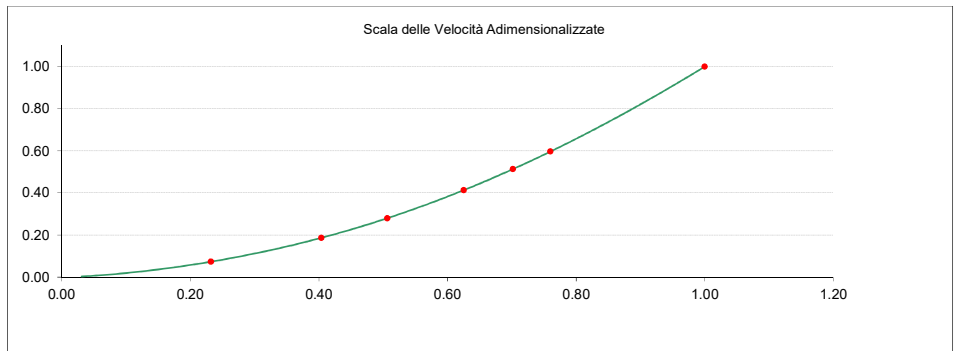
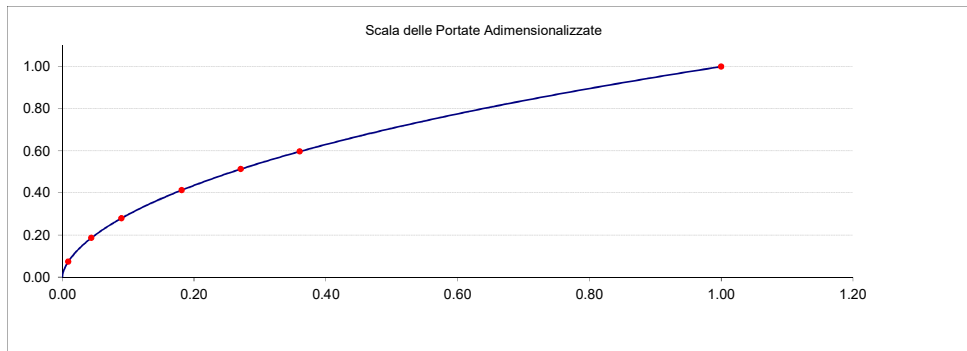
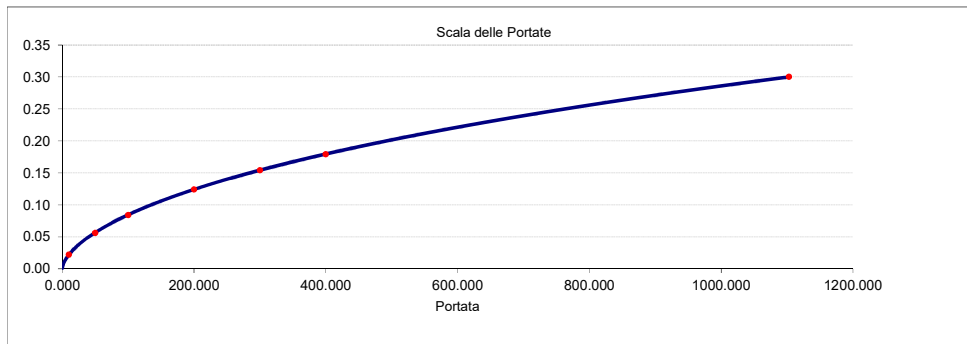




Verifica delle sezioni idrauliche: Sezione 1.2 - Canaletta primaria - -

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	1102.982	Base	B	0.50	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q 1	10.000	Altezza	H	0.30	Terra	
Portata di progetto Q2	Q 2	50.000	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba	
Portata di progetto Q3	Q 3	100.000	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q 4	200.000	Pendenza di progetto	i	8.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q 5	300.000	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q Verifica Tr (50 anni)	400.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 10.00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 50.00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 100.00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 200.00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 300.00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 400.00 [l/s])	Massima portata (Q= 1102.98 [l/s])
ID Portata	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Q 5	Q Verifica Tr (50 anni)	Qmax
Portata di verifica [l/s]	10.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	1102.98
percentuale riempimento [%]	7%	19%	28%	41%	51%	60%	100%
Tirante idrico [m]	0.02	0.06	0.08	0.12	0.15	0.18	0.30
Area Bagnata [mq]	0.01	0.03	0.05	0.09	0.12	0.14	0.31
Contorno Bagnato [m]	0.59	0.72	0.84	1.00	1.12	1.22	1.70
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.58	0.69	0.79	0.93	1.03	1.12	1.54
Raggio Idraulico [m]	0.02	0.05	0.06	0.09	0.11	0.12	0.18
c [-]	20.86	23.96	25.35	26.73	27.51	28.06	30.05
Velocità del flusso [m/s]	0.84	1.46	1.83	2.26	2.53	2.74	3.61
V/Vr [%]	0.23	0.40	0.51	0.63	0.70	0.76	1.00
Q/Qr [%]	0.01	0.04	0.09	0.18	0.27	0.36	1.00

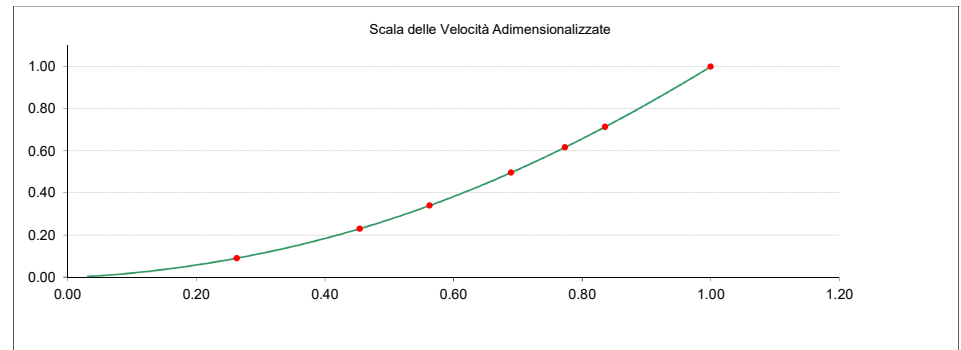
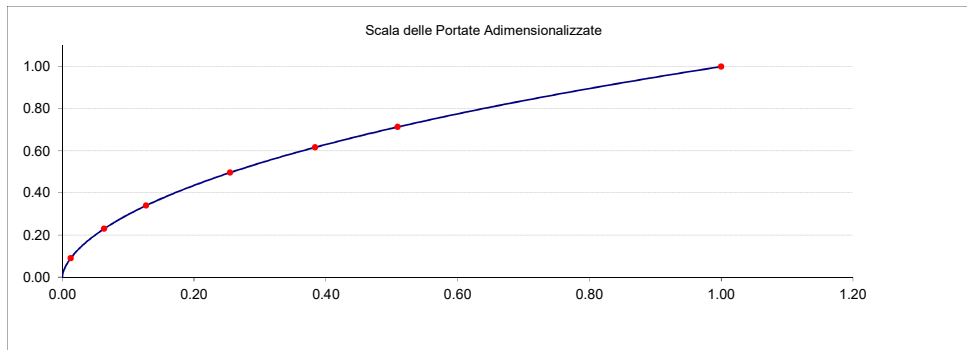
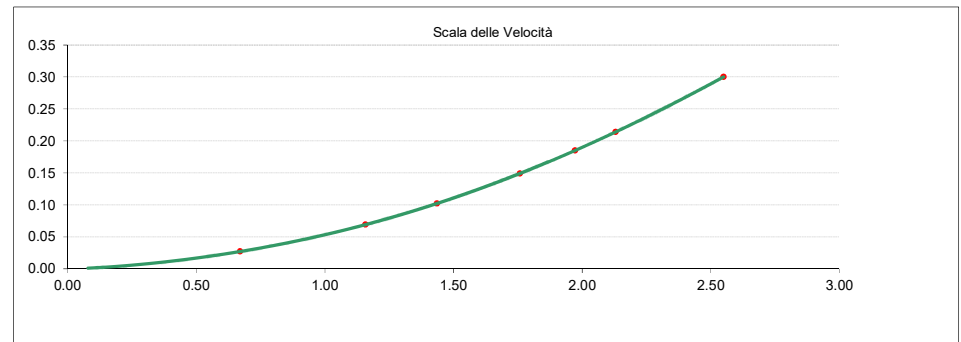
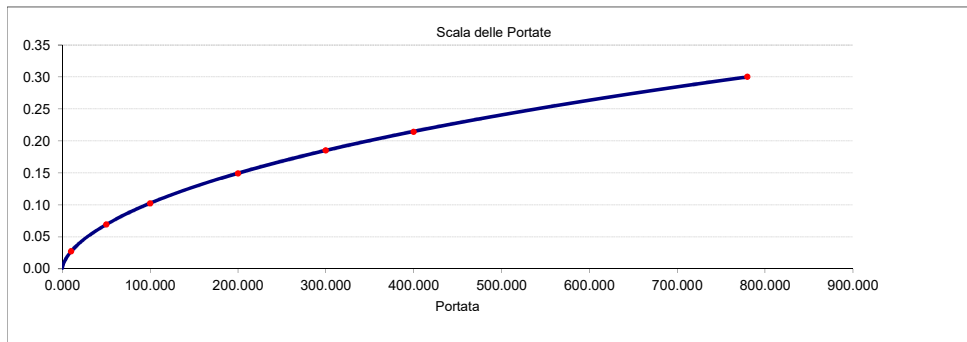




Verifica delle sezioni idrauliche: Sezione 1.3 - Canaletta primaria - -

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione
Portata Massima	Qmax	779.926	Base	B	0.50	Trapezia
Portata di progetto Q1	Q 1	10.000	Altezza	H	0.30	Terra
Portata di progetto Q2	Q 2	50.000	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba
Portata di progetto Q3	Q 3	100.000	Coefficiente di inclinazione	n	1.73	
Portata di progetto Q4	Q 4	200.000	Pendenza di progetto	i	4.00%	Note: Nessuna
Portata di progetto Q5	Q 5	300.000	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler		
Portata di progetto Q6	Q Verifica Tr (50 anni)	400.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00	

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 10.00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 50.00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 100.00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 200.00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 300.00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 400.00 [l/s])	Massima portata (Q= 779.93 [l/s])
ID Portata	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Q 5	Q Verifica Tr (50 anni)	Qmax
Portata di verifica [l/s]	10.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	779.93
percentuale riempimento [%]	9%	23%	34%	50%	62%	71%	100%
Tirante idrico [m]	0.03	0.07	0.10	0.15	0.19	0.21	0.30
Area Bagnata [mq]	0.01	0.04	0.07	0.11	0.15	0.19	0.31
Contorno Bagnato [m]	0.61	0.78	0.91	1.10	1.24	1.36	1.70
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.59	0.74	0.85	1.02	1.14	1.24	1.54
Raggio Idraulico [m]	0.02	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.18
c [-]	21.52	24.67	26.03	27.39	28.19	28.73	30.05
Velocità del flusso [m/s]	0.67	1.16	1.44	1.76	1.97	2.13	2.55
V/Vr [%]	0.26	0.45	0.56	0.69	0.77	0.84	1.00
Q/Qr [%]	0.01	0.06	0.13	0.25	0.38	0.51	1.00

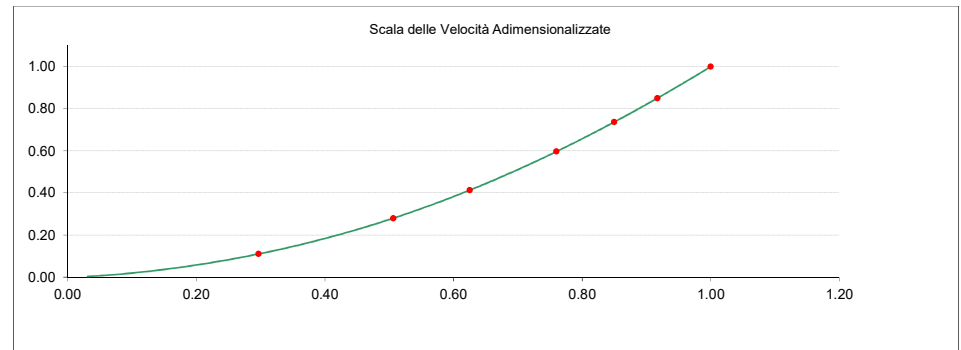
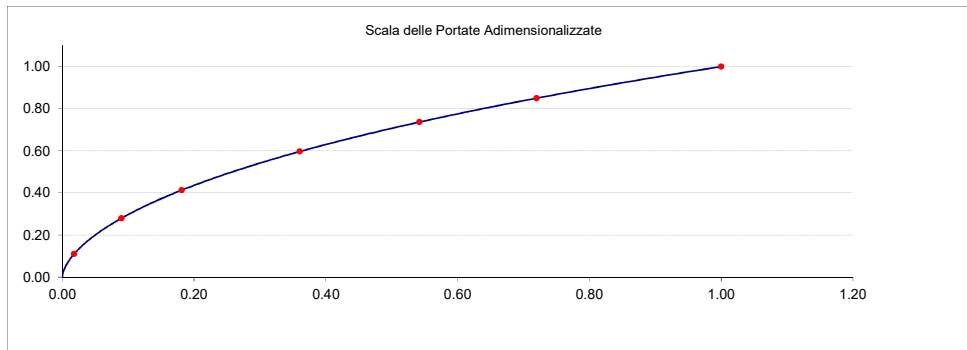
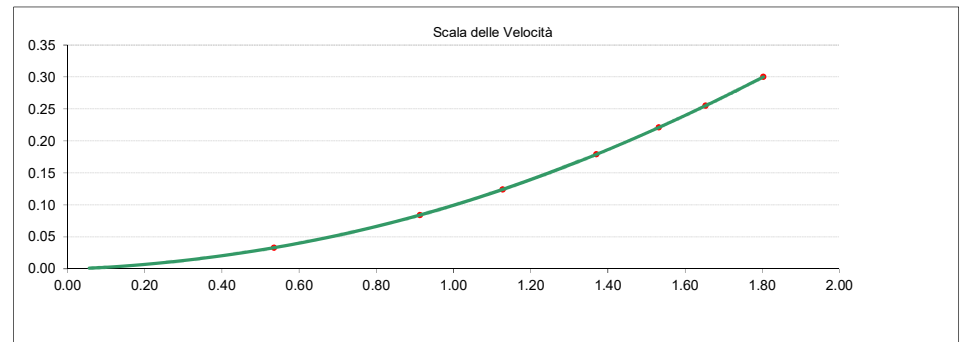
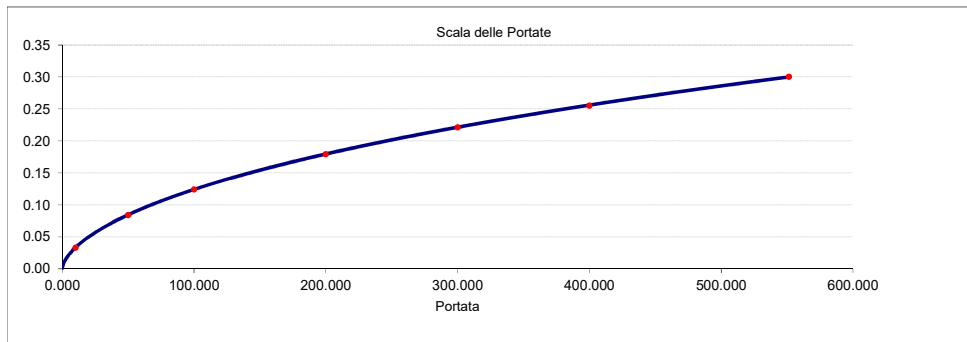




Verifica delle sezioni idrauliche: Sezione 1.4 - Canaletta primaria - -

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	551.491	Base	B	0.50	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q 1	10.000	Altezza	H	0.30	Terra	
Portata di progetto Q2	Q 2	50.000	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba	
Portata di progetto Q3	Q 3	100.000	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q 4	200.000	Pendenza di progetto	i	2.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q 5	300.000	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q Verifica Tr (50 anni)	400.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 10.00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 50.00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 100.00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 200.00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 300.00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 400.00 [l/s])	Massima portata (Q= 551.49 [l/s])
ID Portata	Q 1	Q 2	Q 3	Q 4	Q 5	Q Verifica Tr (50 anni)	Qmax
Portata di verifica [l/s]	10.00	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	551.49
percentuale riempimento [%]	11%	28%	41%	60%	74%	85%	100%
Tirante idrico [m]	0.03	0.08	0.12	0.18	0.22	0.26	0.30
Area Bagnata [mq]	0.02	0.05	0.09	0.14	0.20	0.24	0.31
Contorno Bagnato [m]	0.63	0.84	1.00	1.22	1.38	1.52	1.70
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.61	0.79	0.93	1.12	1.27	1.38	1.54
Raggio Idraulico [m]	0.03	0.06	0.09	0.12	0.14	0.16	0.18
c [-]	22.18	25.35	26.73	28.06	28.86	29.41	30.05
Velocità del flusso [m/s]	0.54	0.91	1.13	1.37	1.53	1.65	1.80
V/Vr [%]	0.30	0.51	0.63	0.76	0.85	0.92	1.00
Q/Qr [%]	0.02	0.09	0.18	0.36	0.54	0.72	1.00



6 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 fisse monoassiale di progetto. Vista l'interdistanza esistente tra le strutture e l'altezza dal piano campagna 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 delle strutture. 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 delle strutture 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 7%.

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.

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 delle strutture e delle altre opere di progetto. Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'Ingegneria naturalistica.

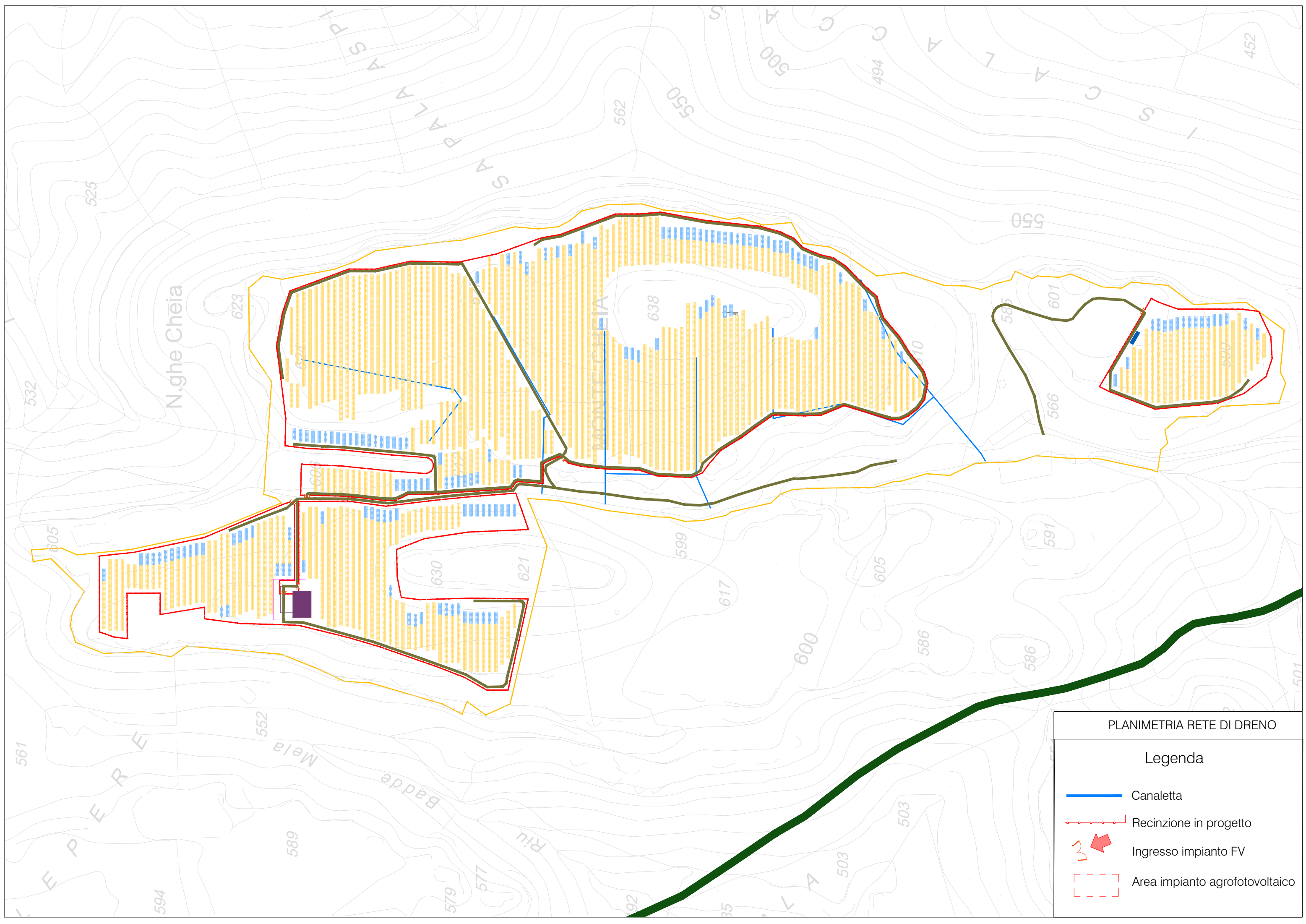
La preparazione del sito inoltre non prevede opere su larga scala di scotico, ma solo il taglio vegetazione ove essa impedisca la regolare esecuzione delle attività di costruzione e operatività. La viabilità di cantiere è assunta in materiale drenante.

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 interfila dei moduli fotovoltaici) è prevista la possibilità che agricoltori locali possano seminare foraggi da destinate all'alimentazione del bestiame.





PLANIMETRIA RETE DI DRENO

Legenda

-  Canaletta
-  Recinzione in progetto
-  Ingresso impianto FV
-  Area impianto agrofotovoltaico