

ISTANZA VIA
Presentata al
Ministero della Transizione Ecologica
e al Ministero della Cultura
(Art. 23 del D. Lgs 152/2006 e ss. mm. ii
Art. 12 del D. Lgs. 387/03 e ss. mm. ii.)

PROGETTO

IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO)
COLLEGATO ALLA RTN
POTENZA NOMINALE (DC) 24,02MWp
POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW
Comune di Nulvi (SS)

RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA

21-00018-IT-SAMURA_CV-R09




PROPONENTE:

LIGHTSOURCE RENEWABLE ENERGY ITALY SPV 9 S.R.L.
Via Giacomo Leopardi, 7 – CAP 20123 Milano (MI)
P. IVA e C.F. 11015620963 – REA MI - 2573025

PROGETTISTI:





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

| Data | Rev. | Stato del Documento | Redatto | Verificato | Approvato |
|---------|------|---------------------|---------|------------|------------|
| 11/2022 | 0 | Prima Emissione | EL/MB | GC | G. Mascari |




| | | | |
|---|--|-------------|----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. | 0 |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 2 di 41 |

INDICE

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | PREMESSA | 4 |
| 2 | STATO DI FATTO..... | 5 |
| 2.1 | LOCALIZZAZIONE IMPIANTO | 5 |
| 3 | DATI DI RIFERIMENTO..... | 8 |
| 3.1 | RILIEVO..... | 8 |
| 3.1.1 | <i>Modello digitale del terreno – Regione Sardegna.....</i> | 8 |
| 3.1.2 | <i>Modello digitale del terreno e della superficie - MATTM.....</i> | 8 |
| 3.1.3 | <i>Rilievo topografico</i> | 9 |
| 3.2 | NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO..... | 9 |
| 4 | COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI | 10 |
| 5 | STUDIO IDROLOGICO..... | 11 |
| 5.1 | SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO | 11 |
| 5.1.1 | <i>Caratteristiche morfologiche del bacino.....</i> | 11 |
| 5.2 | STIMA DELLE INTENSITÀ DI PIOGGIA | 12 |
| 5.2.1 | <i>Tempo di Ritorno</i> | 12 |
| 5.2.2 | <i>Distribuzione TCEV.....</i> | 13 |
| 5.3 | METODO RAZIONALE..... | 18 |
| 5.4 | COEFFICIENTE DI DEFLUSSO Φ | 19 |
| 5.5 | COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE..... | 23 |
| 5.6 | TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI - STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO | 23 |
| 6 | VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI | 28 |
| 6.1 | ANALISI DEI CRITERI DI VERIFICA DEI SISTEMI DI DRENAGGIO..... | 29 |
| 6.2 | CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DELLE ACQUE DI COPERTURA | 30 |
| 6.3 | VERIFICA IDRAULICA IN MOTO UNIFORME DELLE SEZIONI..... | 30 |
| 6.4 | RIEPILOGO DELLE SEZIONI VERIFICATE..... | 32 |
| 6.5 | SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.1..... | 33 |
| 6.6 | SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.2..... | 34 |
| 6.7 | SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.3..... | 35 |
| 6.8 | SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.4..... | 36 |
| 6.9 | SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.5..... | 37 |
| 6.10 | SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.6..... | 38 |
| 7 | CONCLUSIONI | 39 |

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|    | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">3 di 41</p> |

8 ALLEGATO 1 – SISTEMA DI DRENAGGIO – RETE DI DRENO 41

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">4 di 41</p> |

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 e 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 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.

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">5 di 41</p> |

2 STATO DI FATTO

2.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

L'area di intervento è ubicata in provincia di Sassari, precisamente l'area deputata all'installazione del campo FV e la maggior parte del cavo di connessione si collocano nel comune di Nulvi, mentre la restante porzione di cavo di connessione e l'area deputata alla realizzazione della nuova SE nel comune di Tergu. L'area oggetto delle opere si colloca a ca. 7 km dalla costa nord che si affaccia sul Golfo dell'Asinara e a ca. 1,6 km dal centro abitato di Nulvi.

L'area di studio si inserisce nella regione storica della Sardegna chiamata Anglona, caratterizzata da una morfologia prevalentemente collinare, composta da piccoli altipiani di natura vulcanica o calcarea, adagiati su una base tufacea. Il territorio si presenta poco antropizzato, caratterizzato da vegetazione arbustiva.




Entrando nel merito, la superficie complessiva dell'area catastale è pari a 49,59 ha, dei quali la superficie sede delle infrastrutture di progetto, completamente recintata, è pari a ca. 37,36 ha: qui, la scelta operata da parte della Società proponente, di sfruttare l'energia solare per la produzione di energia elettrica optando per il regime agrivoltaico, consente di coniugare le esigenze energetiche da fonte energetica rinnovabile con quelle di minimizzazione della copertura del suolo, allorché tutte le aree lasciate libere dalle opere, saranno rese disponibili per fini agronomici.

Tuttavia, l'area oggetto di intervento, nonostante risulti lontana da centri abitati e immersa nel verde, risulta soggetta alle attività umane collocandosi in area caratterizzata in parte dal prato-pascolo non irriguo al servizio dell'allevamento estensivo di ovini e in parte dalle coltivazioni cerealicole. All'interno del sito deputato all'installazione del campo FV è presente la struttura di un caseificio recentemente dismesso, all'interno del quale si prevede l'installazione della BESS.

Le coordinate del sito sede dell'impianto sono:

- 40°48'45"N
- 8°47'03"E
- Altitudine media di ca.420 m s.l.m.

In Figura 2.1 si riporta la localizzazione dell'intervento di progetto in tutte le sue componenti.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">6 di 41</p> |

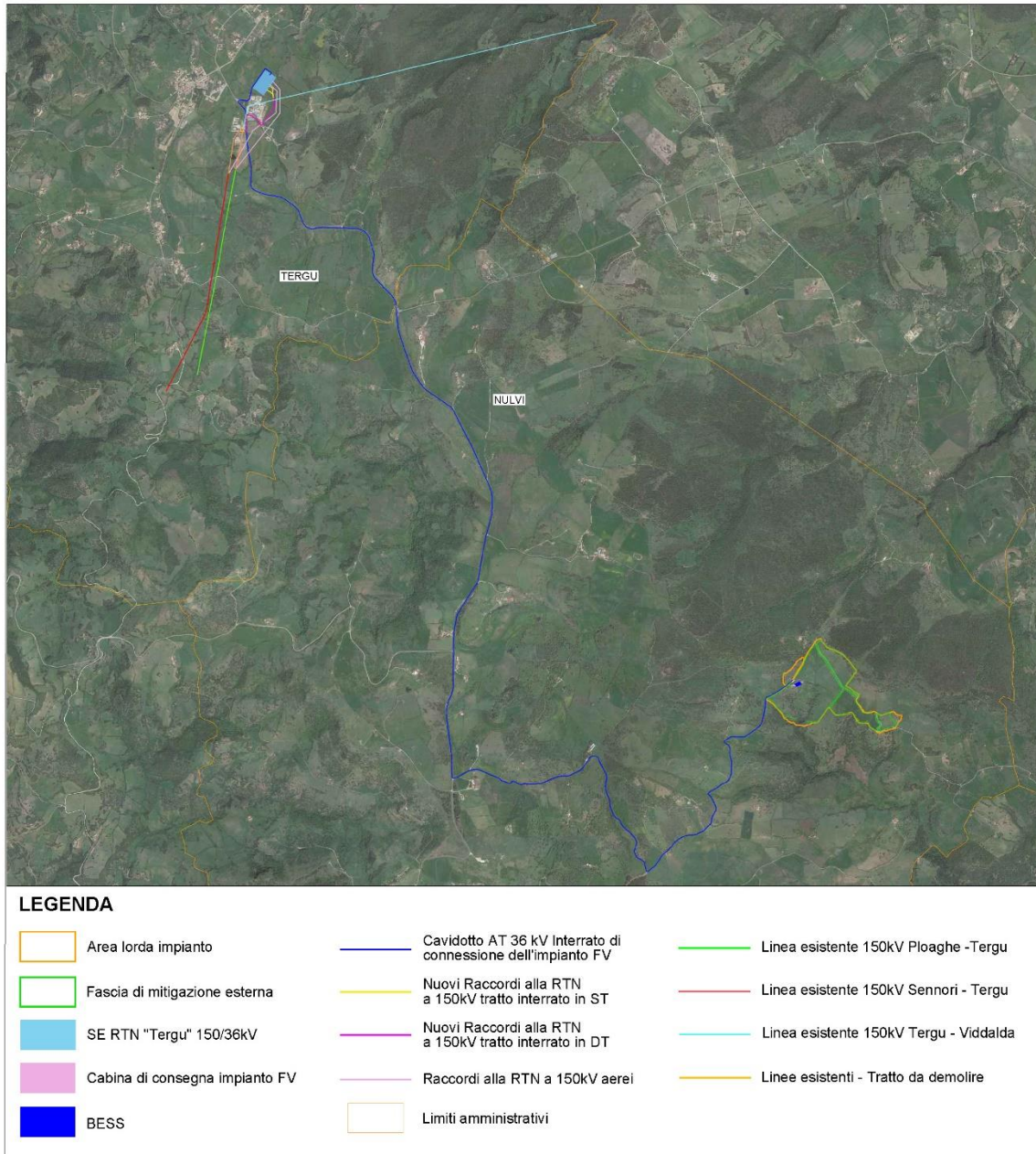






Figura 2.1 - Localizzazione dell'area di intervento




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

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

- Strada Statale 127 Settentrionale Sarda (SS 127) che è la più antica via di collegamento del nord della Sardegna e si estende con direzione est-ovest a sud del futuro campo FV a ca. 2,2 km dallo stesso;
- Strada statale 134 di Castel Sardo (SS 134) che ha inizio nel territorio comunale di Laerru dalla SS 127 e svolgendosi in direzione nord-ovest dista ca. 4,7 km dalla nuova SE e ca. 4,5 km dal futuro campo FV;

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|    | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">7 di 41</p> |

- Strada Statale 672 Sassari-Tempio (SS 672) che parte dalla Strada Statale 597 di Logudoro e si dirige verso nord-est, a ca. 6,6 km dal futuro campo FV;
- Strada Statale 132 di Ozieri (SS 132) che partendo da Ozieri dalla Strada Statale 128 bis Centrale Sarda si snoda verso nord fino ad immettersi sulla SS 127 e dista ca. 3,6 km dal campo FV;
- altre strade secondarie e locali.

| | | | |
|---|--|-------------|----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. | 0 |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 8 di 41 |

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 *Modello digitale del terreno e della superficie - MATTM*

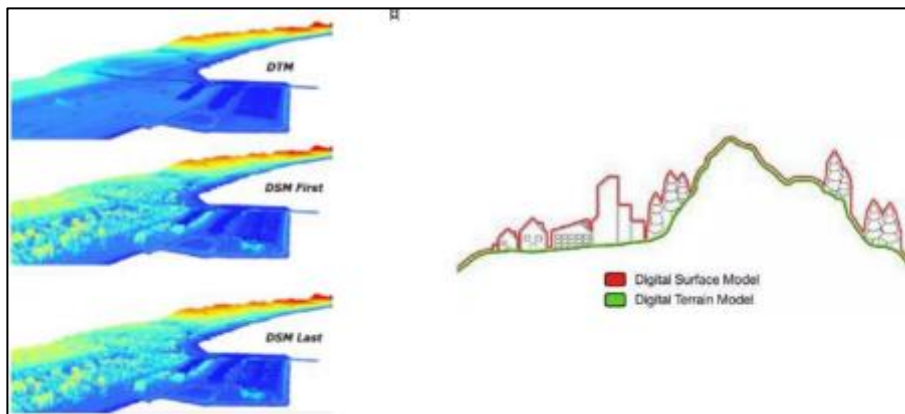
Il LIDAR è un sensore Laser, che rileva la distanza relativa tra il target e il sensore, in abbinamento con una piattaforma IMU (GPS+INS) che permette la georeferenziazione 3D dei suddetti punti.

Scansionando la superficie, viene creata una nuvola di punti che discriminano i punti relativi al terreno (DTM) e quelli relativi agli "oggetti" presenti sul terreno (DSM).

Misurando la coltre vegetativa, penetrando fino al suolo, si ottengono informazioni sul terreno e sulle quote, con un'accuratezza centimetrica. I prodotti ottenuti dai rilievi LIDAR forniscono le informazioni fondamentali per rappresentare puntualmente la morfologia delle aree di pericolosità idrogeologica. Costituiscono quindi un supporto basilare per le attività di modellazione idraulica, per la perimetrazione delle aree di potenziale esondazione dei principali corsi d'acqua, e per la modellazione idrologica e di individuazione delle aree maggiormente esposte a pericolo in caso di eventi alluvionali.

La densità dei punti del rilievo è superiore a 1,5 punti per mq, se ne deduce che l'applicazione di detti rilievi per la difesa del suolo è molteplice. Il DTM presenta un'accuratezza altimetrica corrispondente a +/- 1s (scarto quadratico medio), corrispondendo ad un errore inferiore ± 15 cm. Mentre l'accuratezza planimetrica è di 2s cioè l'errore deve essere contenuto entro ± 30 cm.

Nell'ambito del PST (Piano Straordinario di Telerilevamento) il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, nel periodo 2008 – 2009 ha effettuato una campagna di ricognizioni aeree con sensori LIDAR su determinate zone del territorio nazionale (aste fluviali, fascia costiera, zone con particolari criticità o esplicitamente richieste da Regioni o Province).





| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|  | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">9 di 41</p> |

Figura 3-1: Tipologico esemplificativo raffigurante i prodotti Lidar

Su richiesta al MATTM sono stati ottenuti i prodotti sopradescritti per l'area di progetto.

3.1.3 Rilievo topografico

A agosto 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.

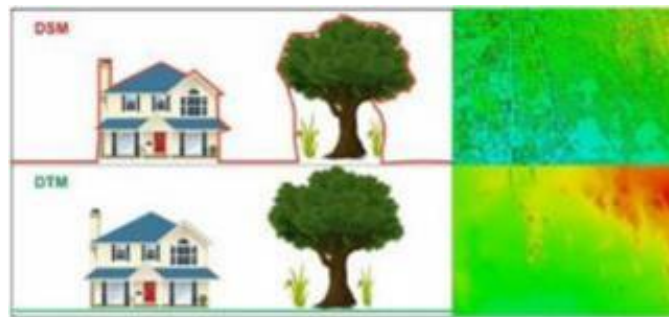





Figura 3-2: Tipologico esemplificativo raffigurante i prodotti fotogrammetrici

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).

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">10 di 41</p> |

4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI

A seguito di accertamenti e verifiche sul P.A.I. (Piano di assetto idrogeologico. Individuazione e perimetrazione delle aree a Rischio idraulico e geomorfologico e delle Relative misure di salvaguardia. Legge 267 del 3-08-1998 e successivi aggiornamenti (2020)) e sul P.F.A.R. (Piano Forestale Ambientale Regionale) si afferma che l'area vasta delimitata dal limite di proprietà, ed in particolare tutti i lotti di intervento che prevedono la realizzazione di soprastrutture, risultano inclusi in una fascia con pericolosità geomorfologica Hg0 secondo PAI 2018 Rev. 42 PERICOLO FRANA, così come evidenziato in *Figura 4-1*. L'area classificata Hg3 nella parte più S dell'area di limite proprietà e l'area classificata Hg2 nella parte più NE della medesima area di proprietà, non contengono soprastrutture in progetto. La realizzazione dell'intero intervento dovrà, quindi, essere esclusivamente coerente agli strumenti urbanistici in vigore nell'area in studio ed ai piani di settore vigenti il cui compito volgerà a disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, e, in particolare, la realizzazione dei nuovi impianti in progetto.

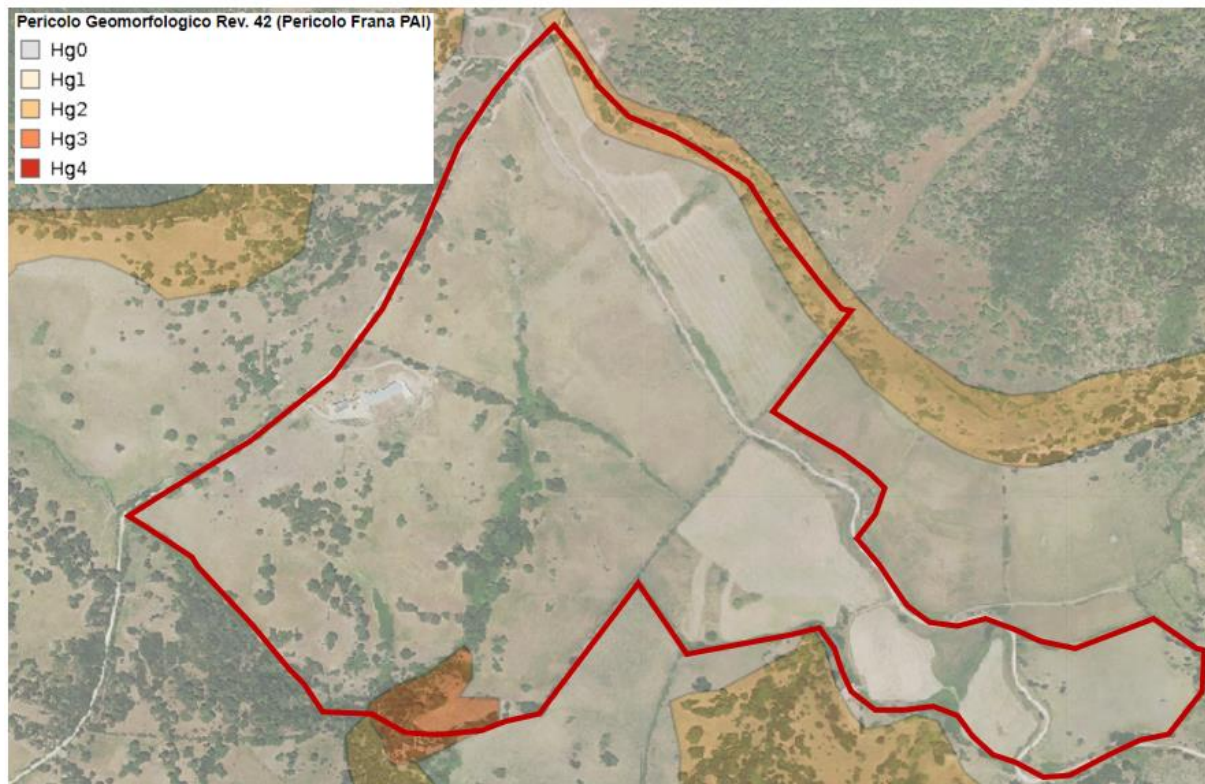





Figura 4-1: Inquadramento aree di perimetrazione rischi PAI (2020). Pericolo idraulico Rev. 59

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">11 di 41</p> |

5 STUDIO IDROLOGICO

5.1 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

5.1.1 *Caratteristiche morfologiche del bacino*

La zona di intervento è localizzata nel comune di Nulvi (SS), in località Sos Cantareddos, sulla sommità del rilievo di Punta Uttiosa.

L'area di intervento è situata sulla sommità di un versante orientato a sud, e si sviluppa per una superficie di circa 37.40 ha. L'installazione si sviluppa sul versante tra le quote di 480 e 390 m sul livello del mare. L'uso del suolo è caratterizzato in parte dal prato-pascolo non irriguo al servizio dell'allevamento estensivo di ovini e in parte per la coltivazione di cerealicole.

L'area del versante presenta in genere pendenze decrescenti al diminuire della quota, partendo da pendenze superiori al 38% nella parte sommitale, per degradare fino a pendenze inferiori al 10%, nelle aree più a valle.



L'area in progetto è interamente ricompresa nel bacino imbrifero del Rio Trazapadres sul quale vengono convogliate le precipitazioni da diversi compluvi naturali del reticolo minore e da alcuni compluvi più importanti come ad esempio il rio Palmas.

Sull'area non sono presenti corsi d'acqua perimetrati dal PAI, tuttavia sono individuabili delle aste fluviali di primo ordine secondo la classificazione di Horton - Strahler, riportate nella Carta Tecnica Regionale e/o nella cartografia IGM. 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 è pari a 10 m su entrambi i lati a partire dall'asse. Nell'area di intervento si riscontrano inoltre alcune lievi linee di compluvio, soggette a occasionale scorrimento idrico, rilevate sia dalla carta geomorfologica, sia in fase di rilievo.

Dall'analisi di dettaglio del territorio è stato individuato il bacino imbrifero sul rio Trazapadres, con punto di chiusura in località C. Pittone, a circa 272 m.s.l.m., Il bacino così definito presenta una superficie complessiva di circa 4.08 kmq e una pendenza media del 22%.

Non tutta l'area di progetto risulta interessata dall'installazione di pannelli fotovoltaici o dalla posa di strutture a corredo per via delle caratteristiche morfologiche dell'area e per la presenza di alcuni compluvi che ne interrompono la continuità.

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.

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|  | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">12 di 41</p> |

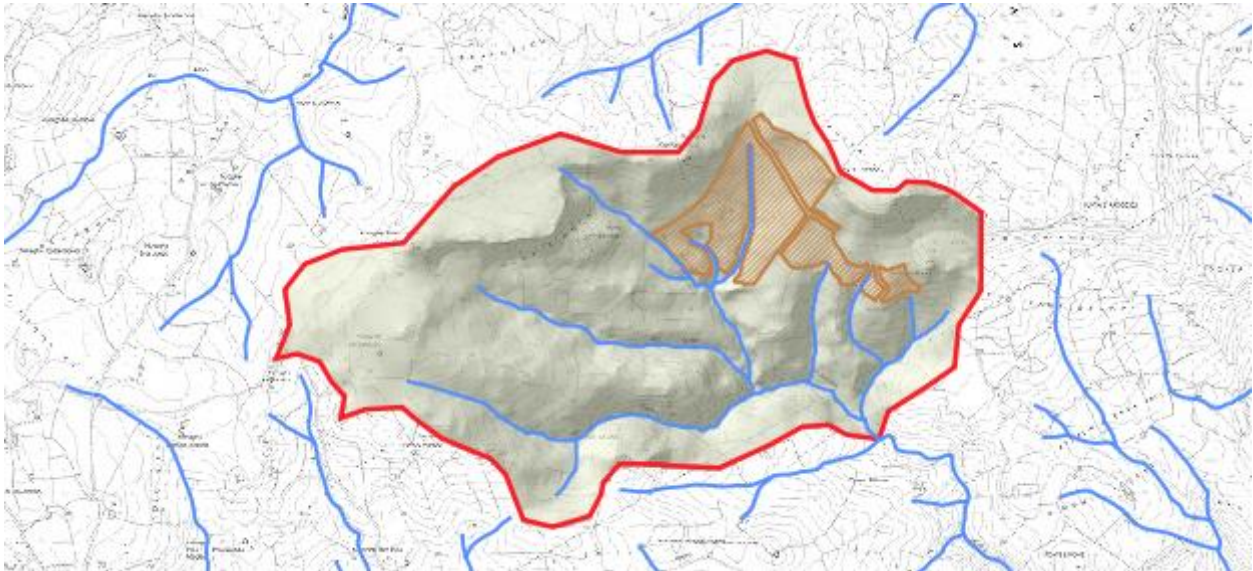


Figura 5-1: Individuazione del bacino imbrifero e dell'area di progetto;

5.2 STIMA DELLE INTENSITÀ DI PIOGGIA

5.2.1 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.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|  | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">13 di 41</p> |

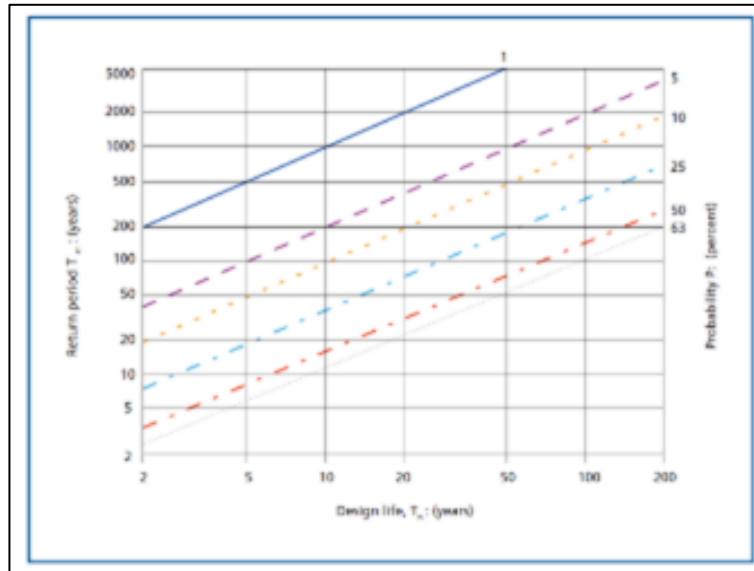


Figura 5-2: Probabilità di superamento di un evento con un determinato tempo di ritorno T durante N anni

5.2.2 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 5-3), 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 :

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

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

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

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. | 0 |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 14 di 41 |

$$h = \mu(t) \cdot KT(t) = (a_1 \cdot a_2) \cdot t^{(n_1+n_2)}$$

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:

a) per tempi di ritorno T <= 10 ANNI

$$\text{SZO 1 } a_2 = 0.66129 + 0.85935 \text{ Log}_{10} T ; n_2 = -1.8438 \cdot 10^{-4} - 1.3539 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} T$$

$$\text{SZO 2 } a_2 = 0.64597 + 0.89777 \text{ Log}_{10} T ; n_2 = -5.6073 \cdot 10^{-3} + 7.0047 \cdot 10^{-4} \text{ Log}_{10} T$$

$$\text{SZO 3 } a_2 = 0.62235 + 0.95656 \text{ Log}_{10} T ; n_2 = -2.4882 \cdot 10^{-2} + 4.5884 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} T$$

b) per tempi di ritorno T > 10 ANNI

$$\text{SZO 1 } a_2 = 0.46420 + 1.0376 \text{ Log}_{10} T$$

$$n_2 = -0.18448 + 0.22960 \text{ Log}_{10} T - 3.3216 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = -1.0469 \cdot 10^{-2} - 7.8505 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T \quad (\text{per } \tau \geq 1 \text{ ora})$$

$$\text{SZO 2 } a_2 = 0.43797 + 1.0890 \text{ Log}_{10} T$$

$$n_2 = -0.18722 + 0.24862 \text{ Log}_{10} T - 3.6305 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora})$$



$$n_2 = -6.3887 \cdot 10^{-3} - 4.5420 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T \quad (\text{per } \tau \geq 1 \text{ ora})$$

$$\text{SZO 3 } a_2 = 0.40926 + 1.1441 \text{ Log}_{10} T$$

$$n_2 = -0.19060 + 0.26448 \text{ Log}_{10} T - 3.8969 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2 \quad (\text{per } \tau \leq 1 \text{ ora})$$

$$n_2 = 1.4929 \cdot 10^{-2} + 7.1973 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T \quad (\text{per } \tau \geq 1 \text{ ora})$$

Come indicato nella seguente illustrazione il territorio di Nulvi è inserito nella 2 SZO, pertanto le relazioni considerate sono quelle evidenziate relative alla Sottozona SZO2 per tempi di ritorno superiori a 10 anni.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|  | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">15 di 41</p> |

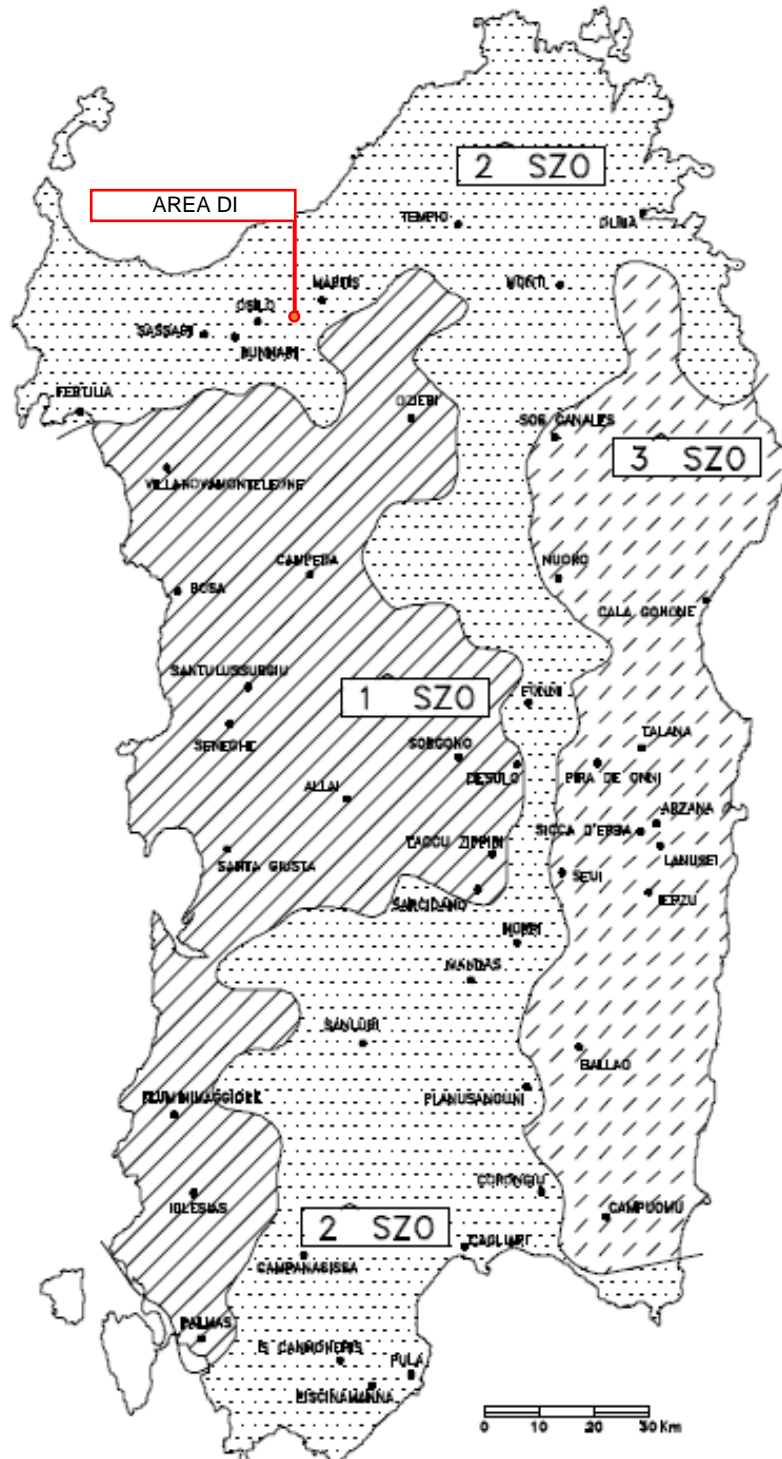





Figura 5-3: Definizione delle tre sottozone TCEV nel territorio regionale della Sardegna

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

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. 0 | 0 |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 16 di 41 |

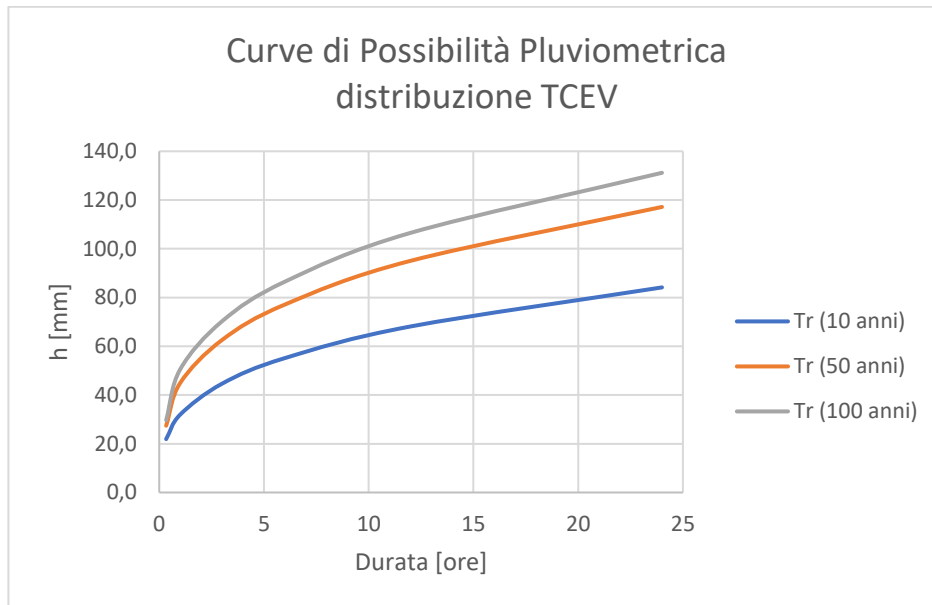


Figura 5-4: Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica

Tabella 5-1: Altezze di precipitazione per diversi tempi di pioggia t_c e tempi di ritorno Tr

| H (tc,Tr) | | tc (ore) | | | | | |
|-----------|-----|-------------|------|------|------|-------|-------|
| | | 0.82 | 1 | 3 | 6 | 12 | 24 |
| Tr (anni) | 10 | 29.9 | 31.9 | 44.6 | 55.1 | 68.1 | 84.1 |
| Tr (anni) | 50 | 41.1 | 44.9 | 62.6 | 77.1 | 95.1 | 117.2 |
| Tr (anni) | 100 | 45.9 | 50.5 | 70.3 | 86.5 | 106.5 | 131.2 |

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

Come precedentemente evidenziato, è stato individuato il bacino imbrifero sul rio Trazapadres, con punto di chiusura in località C. Pittone, a circa 272 m s.l.m.; il bacino così definito presenta una superficie complessiva di circa 4.08 kmq e una pendenza media del 22%. l'asta considerata presenta una lunghezza di 2.95 km ed una pendenza media del 11.02%.

Per la definizione del tempo di corrvazione, e conseguentemente del tempo di precipitazione di progetto, si è fatto riferimento alle caratteristiche del bacino sopra riportate.

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:




| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. 0 | 0 |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 17 di 41 |

Tabella 5-2: Dati bacino di riferimento.

| Bacino | Superficie | Lunghezza asta principale | Pendenza asta principale | Quota massima | Altitudine media | Quota della sezione di chiusura |
|-----------------|------------|---------------------------|--------------------------|---------------|------------------|---------------------------------|
| Rio Trazapadres | S [kmq] | L [km] | J [%] | Hx [m slm] | Hm [m slm] | Hb [m slm] |
| | 4.08 | 2.95 | 11.01 | 597 | 455 | 272 |

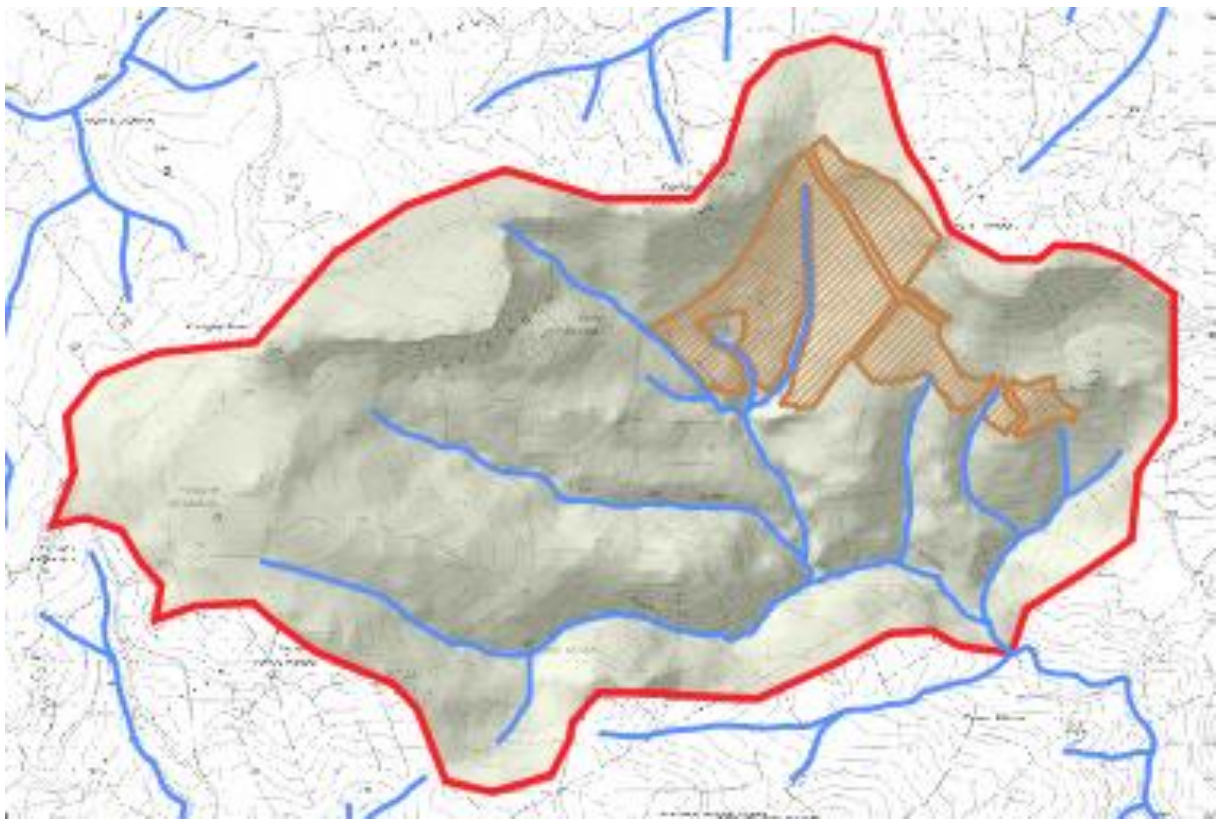


Figura 5-5: Bacino di riferimento del Rio Trazapadres

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

- Viparelli: $T_c = L/(3.6 V)$ (considerando $V = 1$ m/s).
- Ventura: $T_c = 0.1272 (S/i)^{0.5}$
- Giandotti: $T_c = (1.5 L + 4 S 0.5) / (0.8 (H_m - H_o)^{0.5})$
- Pasini: $T_c = 0.108 ((S L)^{1/3})/J^{0.5}$
- Soil Conservation Service: $T_c = 0.00227(1000 L)^{0.8}[(1000/CN) - 9]^{0.7} (100 \cdot J_b)^{-0.5}$
- progetto VAPI: $T_c = 0.212 S^{0.231} (H_m/J)^{0.289}$

dall'elaborazione dei dati si ottengono le seguenti valutazioni del tempo di corrivazione T_c :




| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. | 0 |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 18 di 41 |

Tabella 5-3: Tempo di corrivazione

| Tempo di corrivazione Tc | Durata [h] |
|-----------------------------|---------------|
| Viparelli (v=1.0m/s) | 0.819 |
| Ventura | 0.774 |
| Giandotti | 1.770 |
| Pasini | 0.746 |
| SCS | 6.448 |
| VAPI | 3.016 |
| Tc adottato | 0.819 |

Per il progetto in questione, valutata la dimensione e le caratteristiche delle aree in oggetto, si è scelto di utilizzare la formula di Viparelli, ottenendo un tempo di corrivazione di **0.819 ore** (pari a circa 49 minuti).

Dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, per un **tempo di ritorno T = 50 anni** e per una durata di precipitazione pari al tempo di corrivazione **t= 0.819 h. = 49 minuti** otteniamo un'altezza di precipitazione di **43.21 mm**, corrispondente ad una **intensità oraria di 52.7 mm/h**.

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

5.3 METODO RAZIONALE

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




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

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
- **Tc** 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 Tc 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;

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. | 0 |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 19 di 41 |

- 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.

5.4 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.

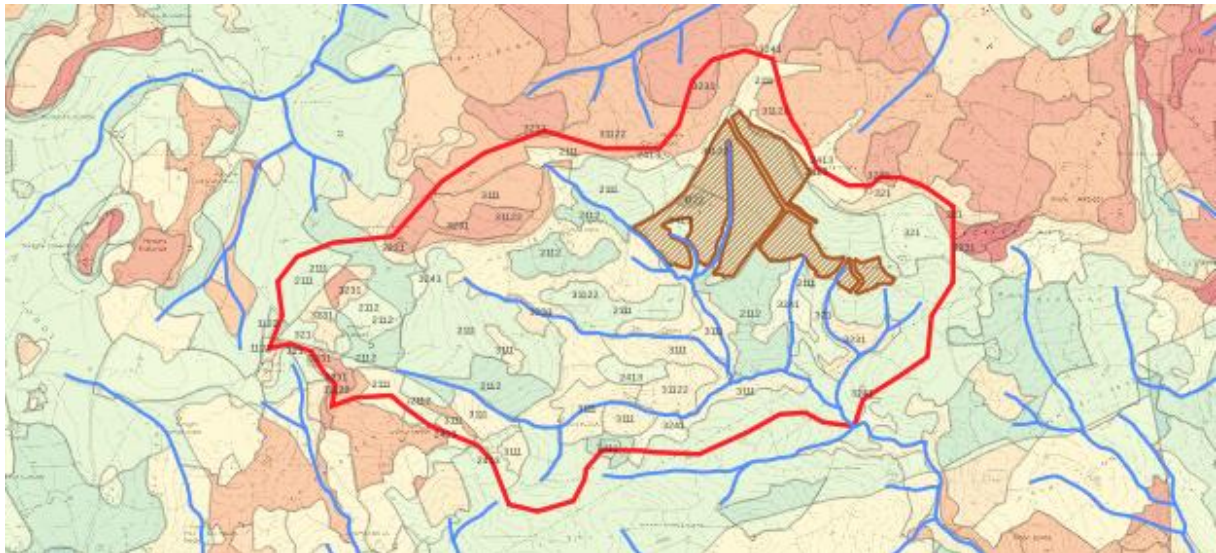




Figura 5-6: Estratto Carta dell'uso del suolo della Regione Sardegna 2008 (Corine Land Cover, 2008).

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).

Tabella 5-4: Classificazione del curve number

| COD CN | Descrizione | Tipo CN | A | B | C | D | CN | Area [mq] | CN III |
|--------|-------------------------|---------|----|----|----|----|----|-----------|--------|
| 321 | AREE A PASCOLO NATURALE | CN_A | 49 | 69 | 79 | 84 | 49 | 6221.05 | 69 |
| 321 | AREE A PASCOLO NATURALE | CN_B | 49 | 69 | 79 | 84 | 69 | 56564.68 | 84 |
| 321 | AREE A PASCOLO NATURALE | CN_C | 49 | 69 | 79 | 84 | 79 | 181764.53 | 90 |
| 1122 | FABBRICATI RURALI | CN_B | 59 | 74 | 82 | 86 | 74 | 1017.01 | 87 |

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. | 0 |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 20 di 41 |

| COD CN | Descrizione | Tipo CN | A | B | C | D | CN | Area [mq] | CN III |
|--------|--|---------|----|----|----|----|----|------------|--------|
| 1122 | FABBRICATI RURALI | CN_C | 59 | 74 | 82 | 86 | 82 | 15729.24 | 91 |
| 2111 | SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE | CN_B | 61 | 73 | 81 | 84 | 73 | 80778.72 | 86 |
| 2111 | SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE | CN_C | 61 | 73 | 81 | 84 | 81 | 1370859.29 | 91 |
| 2112 | PRATI ARTIFICIALI | CN_B | 68 | 79 | 86 | 89 | 79 | 72839.03 | 90 |
| 2112 | PRATI ARTIFICIALI | CN_C | 68 | 79 | 86 | 89 | 86 | 440972.23 | 93 |
| 2413 | COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI | CN_B | 64 | 73 | 79 | 82 | 73 | 73731.49 | 86 |
| 2413 | COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI | CN_C | 64 | 73 | 79 | 82 | 79 | 230610.13 | 90 |
| 3111 | BOSCO DI LATIFOGLIE | CN_B | 36 | 60 | 73 | 79 | 60 | 90773.34 | 78 |
| 3111 | BOSCO DI LATIFOGLIE | CN_C | 36 | 60 | 73 | 79 | 73 | 355788.68 | 86 |
| 3231 | MACCHIA MEDITERRANEA | CN_B | 35 | 56 | 70 | 77 | 56 | 138848.89 | 75 |
| 3231 | MACCHIA MEDITERRANEA | CN_C | 35 | 56 | 70 | 77 | 70 | 124574.37 | 84 |
| 3241 | AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE | CN_B | 43 | 65 | 76 | 82 | 65 | 3.57 | 81 |
| 3241 | AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE | CN_C | 43 | 65 | 76 | 82 | 76 | 87663.53 | 88 |
| 31122 | SUGHERETE | CN_B | 36 | 60 | 73 | 79 | 60 | 243745.99 | 78 |
| 31122 | SUGHERETE | CN_C | 36 | 60 | 73 | 79 | 73 | 452947.32 | 86 |

La media pesata dei CN per l'area in progetto ha restituito un valore pari a **CN = 76**.

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 III corrispondente valutato con la seguente espressione:

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

Che nel caso specifico assume un valore pari a **CNIII = 88**.

Il coefficiente Φ assume però, con questa metodologia, valori eccessivamente bassi, vista la ridotta durata delle precipitazioni e delle aree.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">21 di 41</p> |

Si propende quindi all'utilizzo della correlazione da letteratura SCS-CN con il coefficiente di afflusso di seguito riportata.

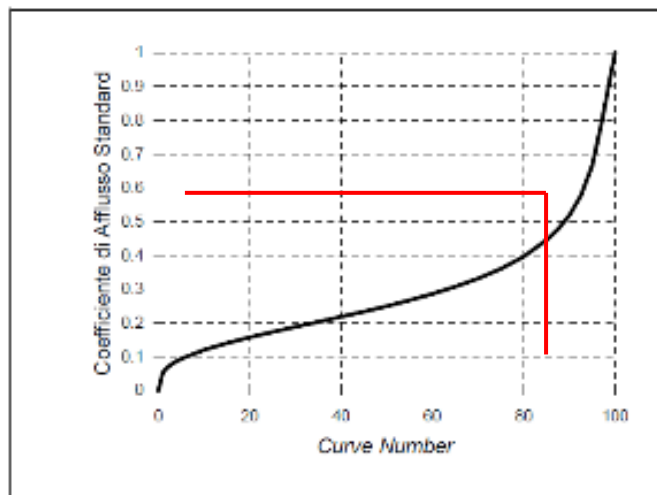


Figura 5-7: Relazione CN/Coefficiente di deflusso

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro Φ è stato assunto pari a **0.50**.

Valutazione post - operam.

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




Per le prime si prevede un pitch di 7.0 m, un tilt di 25°, un'altezza in mezzzeria di 2,18 m (rispetto al piano di campagna) con un minimo di 1,30 m fino ad un massimo di 3,26 m. Mentre per le seconde si prevede un pitch di 8.0 m, un tilt di $\pm 55^\circ$, un'altezza in mezzzeria di 3,22 m con un minimo di 1,30 m fino ad un massimo di 5,37 m.

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.

La stessa affermazione può essere fatta per le platee di appoggio delle cabine elettriche in quanto incidenti su un'area trascurabile rispetto all'intera area d'impianto.

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 un'area di interfila. L'area di interfila presenta una capacità di infiltrazione immutata, ossia non influenzata dall'installazione.

Il modello schematizza l'area interessata dalle strutture (Area di proiezione coperta dalle strutture) come composta al 50% da una sezione "Wet" con capacità di infiltrazione immutata (ossia non influenzata dall'installazione) e al 50% da 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) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. | 0 |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 22 di 41 |

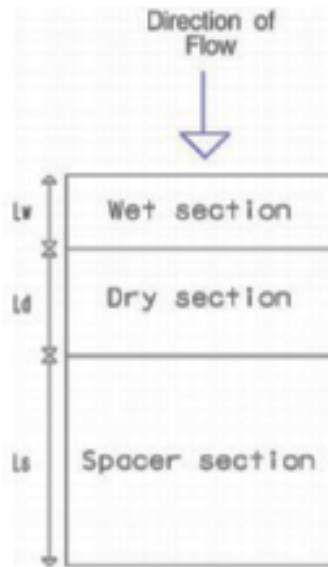


Figura 5-8: modulo tipo descrivente il modello concettuale idrologico dell'installazione di strutture fotovoltaiche su pali infissi comprendente l'area pannelli e l'area di interfila

(Fonte: Hydrologic response of solar farm Cook 2013 American Society of Civil Engineers).

Nel calcolo della pioggia netta è stato quindi calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale sull'area d'impianto base delle precedenti assunzioni.

Tabella 5-5: Valutazione coefficiente di deflusso post operam a scala d'impianto





| Grandezza | Simbolo | Valore | udm |
|-----------------------------|------------|-------------|------|
| Area totale impianto | S | 37.40 | [ha] |
| Area coperta da moduli | s | 11.68 | [ha] |
| Area dry | 50% di s | 5.84 | [ha] |
| Area totale wet | S-50% s | 31.56 | [ha] |
| coeff. Deflusso area wet | Φ wet | 0.50 | - |
| coeff. Deflusso area dry | Φ dry | 0.80 | - |
| Media pesata Coeff deflusso | Φ | 0.55 | - |

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 dei canali in progetto.

Il medesimo calcolo può essere condotto per l'intera superficie del bacino in modo da valutare gli effetti dell'installazione sull'area del bacino imbrifero considerato:

Tabella 5-6: Valutazione coefficiente di deflusso post operam a scala di bacino

| Grandezza | Simbolo | Valore | udm |
|------------------------|----------|--------|------|
| Area totale Bacino | S | 408.19 | [ha] |
| Area coperta da moduli | s | 11.68 | [ha] |
| Area dry | 50% di s | 5.84 | [ha] |

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|    | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. | 0 |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 23 di 41 |

| | | | |
|------------------------------------|----------|--------------|------|
| Area totale wet | S-50% s | 402.35 | [ha] |
| coeff. Deflusso area wet | Φ wet | 0.500 | - |
| coeff. Deflusso area dry | Φ dry | 0.800 | - |
| Media pesata Coeff deflusso | Φ | 0.504 | - |

5.5 COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE

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

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



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

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

5.6 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI - STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO

La conformazione fortemente declive del terreno favorisce l'allontanamento spontaneo delle acque meteoriche dalle aree di impianto 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 la regimazione del drenaggio superficiale.

Per calcolare le portate di scolo dalle aree drenanti costituite 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.

| | | | |
|---|---|-----------------------------|--|
|  | <p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p>Rev. 0</p> | |
|  | <p>21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p>Pag. 24 di 41</p> | |

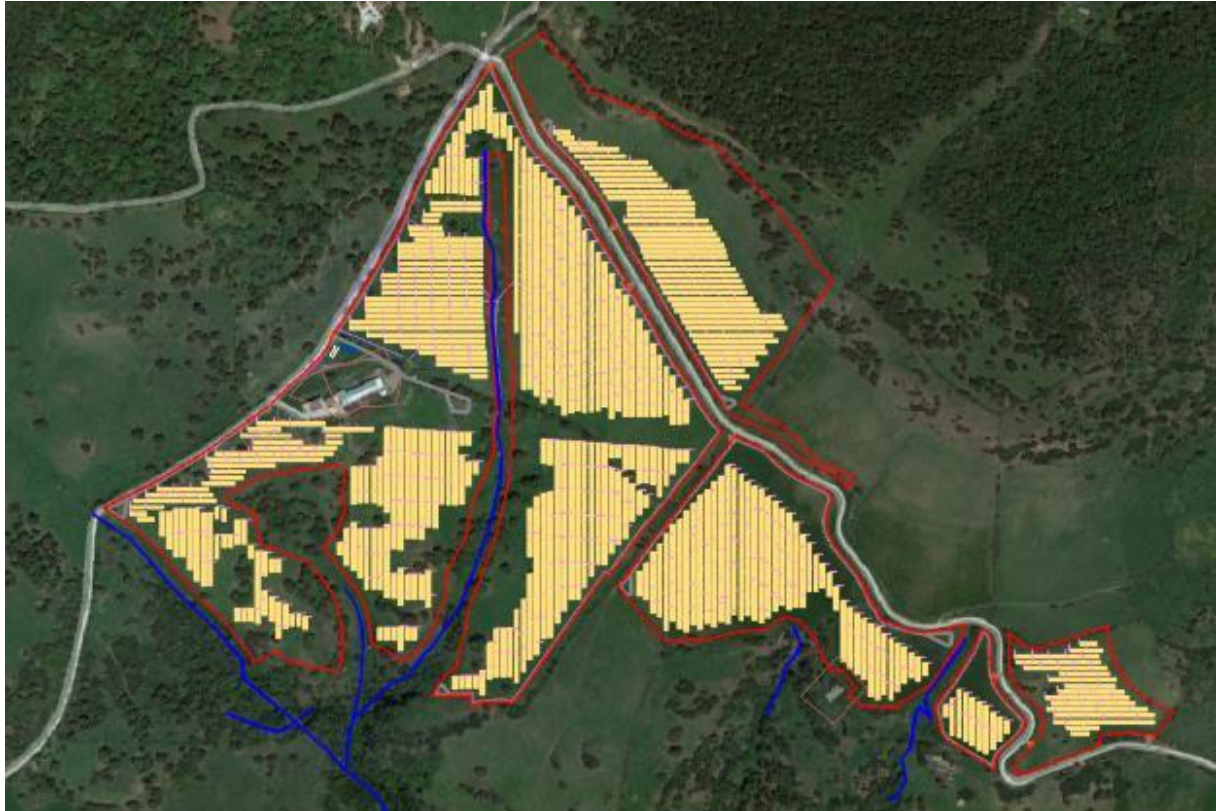





Figura 5-9: rappresentazione dell'area d'impianto e del reticolo idrografico naturale

L'area sulla quale si prevede la realizzazione del campo fotovoltaico occupa una superficie di circa 37.40 ha ed è suddivisa in cinque diverse zone ben distinte che, nella presente trattazione rappresentano aree scolanti distinte denominate rispettivamente A-B-C-D-E, come mostrato nella seguente illustrazione.

| | | | |
|---|--|-------------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev. 0</p> | |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">25 di 41</p> |

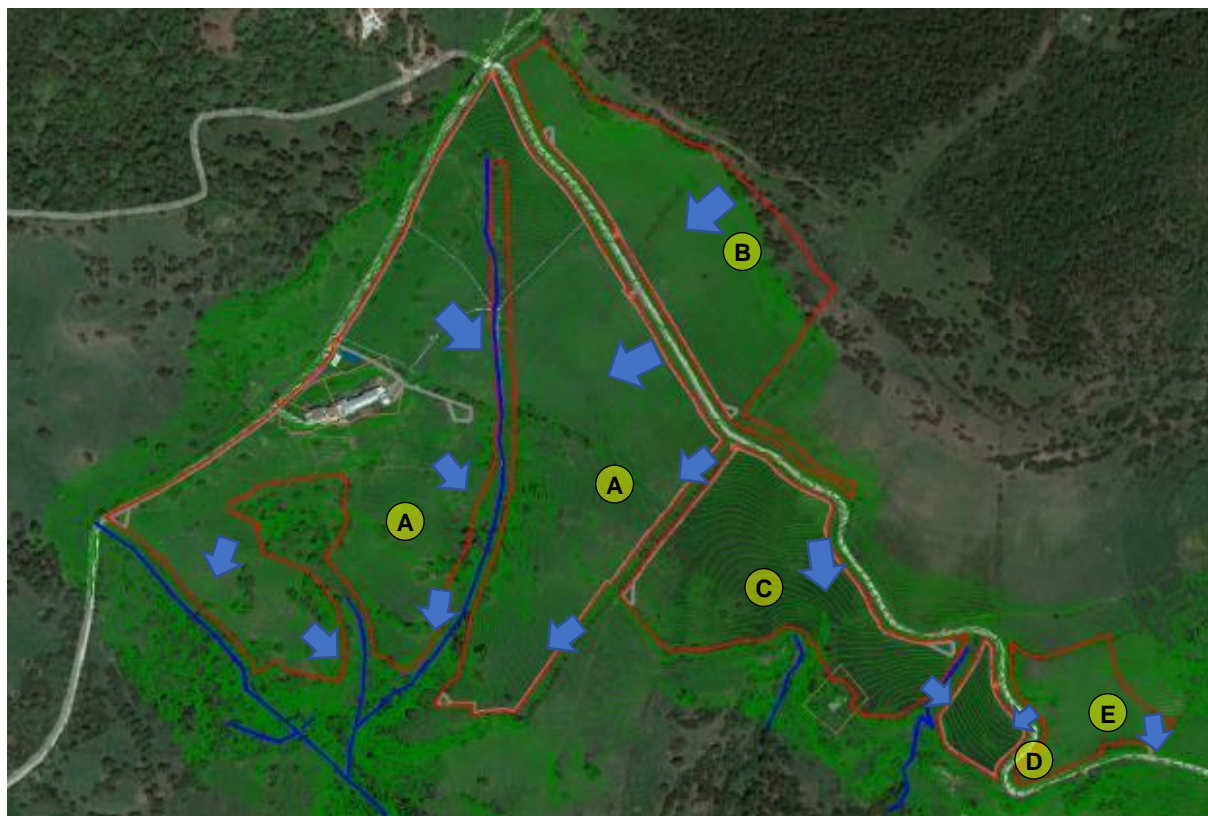




Figura 5-10: rappresentazione delle aree scolanti e delle direttrici di deflusso

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 serie di canali superficiali atta a scongiurare l'insorgenza di fenomeni di ruscellamento.

Ogni area presenta caratteristiche peculiari che determinano un differente approccio nella regimazione delle acque meteoriche; ad esempio le zone B ed E presentano una forte pendenza ed uno sviluppo prevalentemente ortogonale rispetto alla pendenza del versante, in tali condizioni risulta praticamente impossibile il convoglio delle portate all'interno dell'area ed è quindi preferibile optare per la raccolta delle acque in un unico recettore posizionato sul limite inferiore dell'area stessa, in entrambi i casi il canale di raccolta è individuato nel solco di guardia già presente a monte della Strada Comunale; pertanto in queste zone non saranno realizzate strutture di sorta.

Nelle restanti aree, A-C-D, la conformazione del terreno e la presenza di compluvi naturali suggeriscono la creazione di una rete di dreno che scongiuri il ruscellamento eccessivo delle portate frazionando le superfici scolanti e che garantisca il recapito ordinato delle stesse verso i compluvi naturali. In tutte e tre le aree saranno quindi realizzati dei solchi in direzione trasversale rispetto alla linea di massima pendenza del versante che possano assicurare lo smaltimento delle acque limitandone la velocità di deflusso.

La realizzazione delle canalizzazioni superficiali nelle aree A-C-D scongiureranno inoltre fenomeni di ruscellamento e di erosione del versante. Nella restante area la conformazione del terreno unitamente alla scarsa concentrazione delle portate ed al minimo sviluppo longitudinale dei percorsi di deflusso permettono un allontanamento spontaneo delle acque meteoriche senza che questo possa creare problemi di erosione o ruscellamento.

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. 0 | 0 |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 26 di 41 |

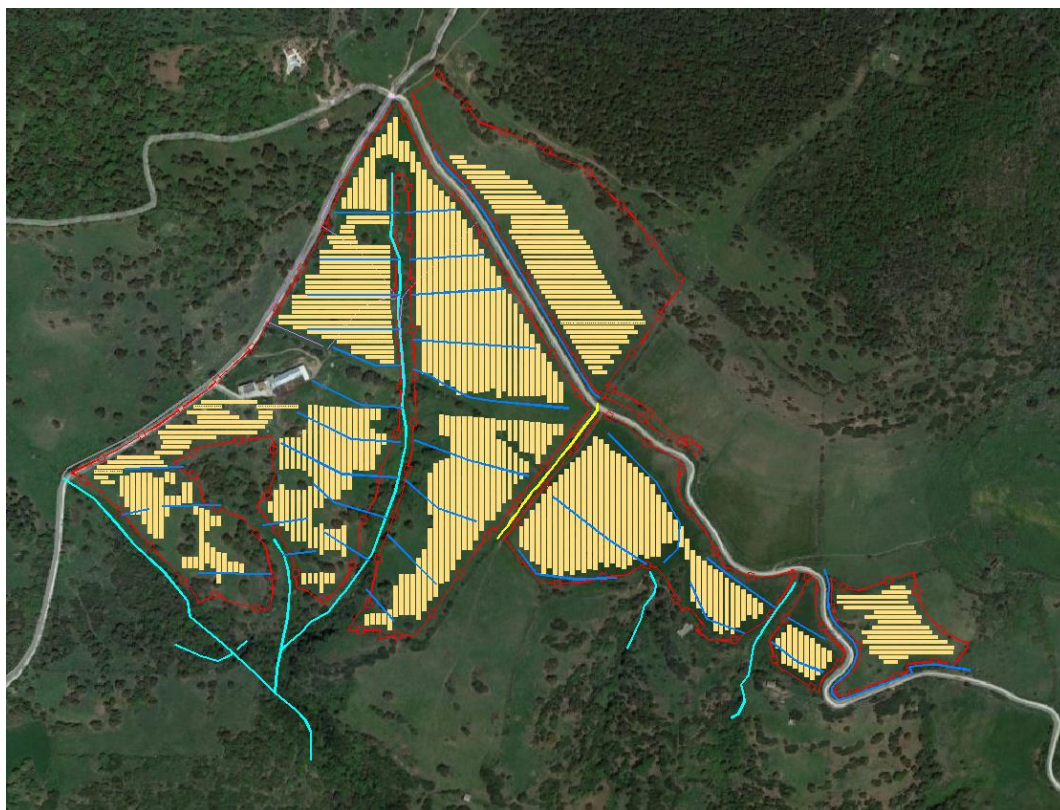


Figura 5-11: rappresentazione dell'area d'impianto, della rete di drenaggio e del reticolo idrografico naturale



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 riassunti nella seguente tabella:

Tabella 5-7: 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] |
| A | 22.95 | 1 | 43.21 | 52.70 | 0.50 | 1.68 | 0.55 | 1.85 |
| B | 6.38 | 1 | 43.21 | 52.7 | 0.5 | 0.47 | 0.55 | 0.51 |
| C | 5.49 | 1 | 43.21 | 52.7 | 0.5 | 0.40 | 0.55 | 0.44 |
| D | 0.83 | 1 | 43.21 | 52.7 | 0.5 | 0.06 | 0.55 | 0.07 |
| E | 1.58 | 1 | 43.21 | 52.7 | 0.5 | 0.12 | 0.55 | 0.13 |

Lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso nell'area d'impianto pari a circa il 5%; l'incremento è principalmente dovuto all'incremento del coefficiente di deflusso nello scenario più critico di terreno saturo causato dalla copertura parziale del terreno dovuta alla presenza dei pannelli.

Dal confronto ante-operam/post operam emerge che l'aumento di portate al colmo nell'area d'impianto sarà compatibile con la rete di drenaggio esistente e con le portate stimate.

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|  | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">27 di 41</p> |

Tenuto inoltre conto che l'analisi dei deflussi effettuata a scala di bacino ha restituito un incremento dei deflussi dello 0.4%, si ritiene pertanto che, alla luce di tali analisi, gli interventi non producano impatti significativi sull'assetto idrologico del bacino.

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">28 di 41</p> |

6 VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI

La scelta dei sistemi di drenaggio sostenibili costituiti da canalette in terra porterà al raggiungimento di più obiettivi:

- Riduzione dei fenomeni di ristagno superficiale sull'area di installazione dei pannelli;
- Riduzione dei fenomeni di ruscellamento ed erosione del versante;
- Realizzazione di infrastrutture verdi a vantaggio di quelle grigie;
- Rallentamento e riduzione del picco di piena durante piogge intense;

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 evacuazione delle portate e scongiurare la formazione di ristagni nei tratti a lieve pendenza e l'insorgenza di fenomeni di ruscellamento ed erosione nei tratti a maggiore pendenza.

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 ipotizzare la costanza dei deflussi sulla rete esistente nelle condizioni ante operam e in quelle post 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 del sito.

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, 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) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. 0 | 0 |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 29 di 41 |

6.1 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 serviranno l'intero bacino di raccolta rappresentato dalle aree A-C e D per circa 30 ha complessivi, e si riverseranno nelle aree di compluvio naturali, in maniera diffusa, limitando le concentrazioni di portata.

Ai fini della verifica del funzionamento idraulico delle canalette è stato assunto un unico scenario che simula la situazione invernale per la quale è stata assunta la portata derivante dall'apporto della pioggia riferita alla massima superficie afferente ad una singola canaletta pari a 2 ha; la portata di deflusso di tale area sarà quindi utilizzata per la verifica idraulica della sezione nelle diverse configurazioni di pendenza comprese tra il valore massimo considerato pari al 12% ed il minimo pari all'1%.

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

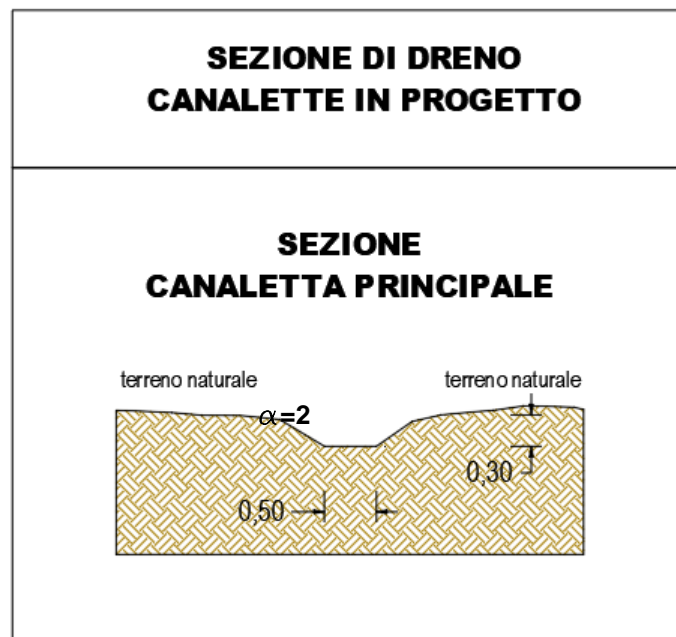


Figura 6-1: Schema canaletta di progetto

La sezione della canaletta è interessata dunque dalle acque superficiali convogliate dalla quota parte di terreno afferente individuato della superficie complessiva di circa 2 ha e convoglia la portata confluyente definita dal tempo di pioggia di progetto pari a 49 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 52.7 mm/h. In tali condizioni la portata di verifica risulta pari a 0.16 mc/s.




| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. | 0 |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 30 di 41 |

Tabella 8: Portata di verifica

| Bacino | Area | ARF | Altezza precip. | Intensità | Coeff ante operam | Portata ante operam | coeff post operam | portata post operam |
|--------|------|-----|-----------------|-----------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| udm | [ha] | - | [mm] | [mm/h] | - | [mc/s] | - | [mc/s] |
| CANALA | 2.00 | 1 | 43.21 | 52.70 | 0.50 | 0.15 | 0.55 | 0.16 |

La verifica della canaletta è stata condotta in relazione a sei diverse configurazioni di pendenza al fine di valutare le sollecitazioni in termini di riempimento e velocità in ciascuna condizione; in particolare nel caso in esame sono state condotte le verifiche per la pendenza pari a 12%; 9%, 6%; 3%; 2% e 1% rappresentando così tutte le condizioni di moto previste nel comparto.

6.2 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 di ricalibratura delle canalette di dreno in ciottolame rinverdito realizzata mediante apertura o ricalibratura di fossi esistenti, disposizione di materiale inerte di idonea pezzatura e successivo intasamento dei vuoti con terreno vegetale predisposto per lo spargimento manuale di miscele di sementi sul fondo e sulle sponde da rivegetare; Questa tecnica è adatta per superfici piane o con inclinazioni inferiori a 30° per realizzare rinverdimenti rapidi che, oltre a proteggere dall'azione della corrente, limitino gli effetti dovuto al ruscellamento e l'essiccamento del terreno.

La semina deve essere preceduta dalla preparazione del terreno mediante allontanamento del materiale più grossolano e viene eseguita mediante spargimento manuale a spaglio di una miscela di sementi e di eventuali concimanti organici e/o inorganici in quantità e qualità opportunamente individuate in sede di progettazione esecutiva e di dettaglio.

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 naturale ed i relativi corpi ricettori più a valle.

Al fine di calmierare gli effetti di concentrazione idraulica e idrologica delle piogge e favorire l'infiltrazione nel terreno delle acque meteoriche, nel greto delle canalette principali sarà prevista la presenza di terreno vegetale che, grazie alle loro caratteristiche, contribuiscono sia la parziale infiltrazione delle acque sia il rallentamento delle portate limitando così i fenomeni di erosione delle canalette.




Come detto le acque raccolte dai fossi così dimensionati sono convogliate sul perimetro delle installazioni e verso i compluvi naturali.

6.3 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.

$$Q = k_s A(y_0) [R_H(y_0)]^{2/3} \sqrt{i_f}$$

| | | | |
|---|--|---------------|----------|
|   | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. 0 | 0 |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 31 di 41 |

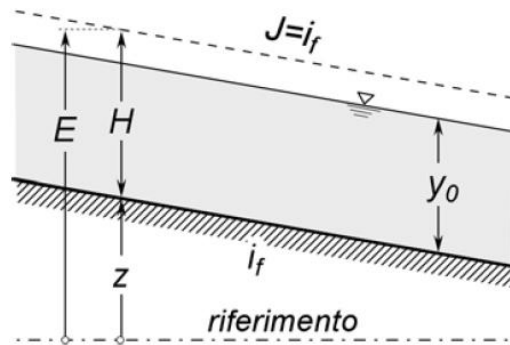


Figura 6-2: Riferimenti di calcolo del moto uniforme



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 kS è il coefficiente di scabrezza secondo Strickler, A è l'area della sezione trasversale, RH il raggio idraulico ($RH=A/c$, essendo c il perimetro bagnato) e i_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 kS dovrebbe pertanto essere una "misura" della scabrezza di parete. In realtà nel coefficiente kS 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 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).

| | | | |
|---|--|-------------|-----------------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. | 0 |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 32 di 41 |

6.4 RIEPILOGO DELLE SEZIONI VERIFICATE

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

Tabella 6-9: Caratteristiche dimensionali canalette e portate di verifica

| Sezione di verifica | Sezione 1.1 | Sezione 1.2 | Sezione 1.3 | Sezione 1.4 | Sezione 1.5 | Sezione 1.6 |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Profilo di progetto (Es. Tav.5) | massima pendenza | profilo generico | profilo generico | profilo generico | profilo generico | minima pendenza |
| Descrizione della sezione | Canaletta di scolo | Canaletta di scolo | Canaletta di scolo | Canaletta di scolo | Canaletta di scolo | Canaletta di scolo |
| Bacino (riferimento bacino) | Sub-bacino Area A (S=2ha) | Sub-bacino Area A (S=2ha) | Sub-bacino Area A (S=2ha) | Sub-bacino Area A (S=2ha) | Sub-bacino Area A (S=2ha) | Sub-bacino Area A (S=2ha) |
| Tipo Sezione | Trapezia | Trapezia | Trapezia | Trapezia | Trapezia | Trapezia |
| Materiale | Terra | Terra | Terra | Terra | Terra | Terra |
| Caratteristiche Canale | Terra - con erba | Terra - con erba | Terra - con erba | Terra - con erba | Terra - con erba | Terra - con erba |
| Base (se circolare Raggio) | 0.50 [m] | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| Altezza (se circolare Diametro) | 0.30 [m] | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.300 |
| Inclinazione Pareti (in °) | 25° | 25° | 25° | 25° | 25° | 25° |
| Pendenza di progetto | 12.000% | 9.000% | 6.000% | 3.000% | 2.000% | 1.000% |
| Parametro di Scabrezza | Gauckler Strickler | Gauckler Strickler | Gauckler Strickler | Gauckler Strickler | Gauckler Strickler | Gauckler Strickler |
| Scabrezza (Consigliato 40) | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 40.00 |
| portata Q1 [mc/s] | 0.060 [mc/s] | 0.060 | 0.060 | 0.060 | 0.060 | 0.060 |
| portata Q2 [mc/s] | 0.080 [mc/s] | 0.080 | 0.080 | 0.080 | 0.080 | 0.080 |
| portata Q3 [mc/s] | 0.100 [mc/s] | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 |
| portata Q4 [mc/s] | 0.120 [mc/s] | 0.120 | 0.120 | 0.120 | 0.120 | 0.120 |
| portata Q5 [mc/s] | 0.140 [mc/s] | 0.140 | 0.140 | 0.140 | 0.140 | 0.140 |
| portata Q6 (TR=50) [mc/s] | 0.160 [mc/s] | 0.160 | 0.160 | 0.160 | 0.160 | 0.160 |
| TIRANTE IDRICO A TR50 | 9.50 [cm] | 10.30 | 11.50 | 13.80 | 15.30 | 18.30 |
| AREA BAGNATA/AREA SEZIONE | 0.067 | 0.074 | 0.086 | 0.110 | 0.127 | 0.163 |
| FRANCO IDRAULICO DESTINATO ALLA LAMINAZIONE (% RISPETTO AL VOLUME TRASPORTATO CON TR50) | 80% | 78% | 75% | 68% | 63% | 52% |

Il franco idraulico destinato alla laminazione delle portate di punta rappresenta un parametro di contenimento delle piene in relazione alla capacità di assorbimento del sistema, favorendo così l'invarianza idraulica complessiva della rete. Il volume espresso è in percentuale rispetto al volume istantaneo dell'acqua trasportata.

Le canale esistenti saranno uniformate alle dimensioni di progetto, pertanto le verifiche delle stesse sono considerate ricomprese tra quelle sopra esposte e specificate nel seguito.

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

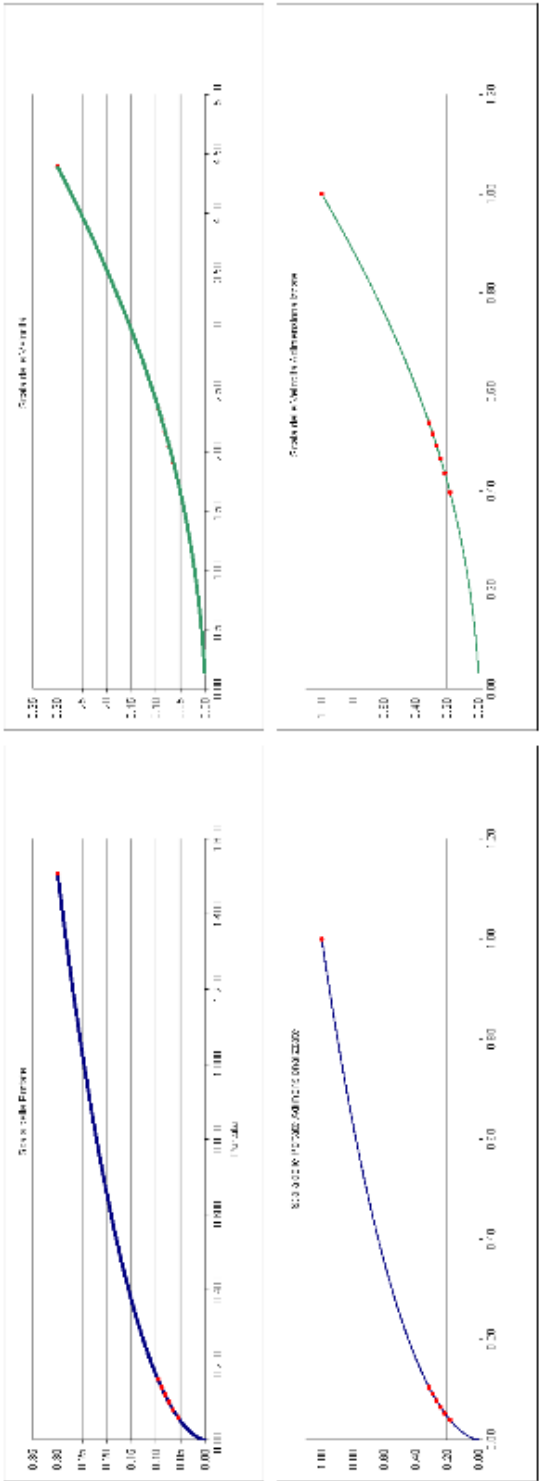
6.5 SCHEDE DI VERIFICA SEZIONE 1.1

IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAMURA
fase di stacco

Verifica delle sezioni idrauliche: Canaletta di stacco secondaria - profilo di massima pendenza - Sub-bacino Area A (S=2ha)

| Portata di calcolo [m³/s] | | Ritardamenti della sezione | |
|---------------------------|-------|------------------------------|------------------|
| Portata Massima | 0,140 | Spazio | 0,50 |
| Portata di verifica Q1 | 0,140 | Altezza | 0,30 |
| Portata di verifica Q2 | 0,140 | Inclinazione Pavei | 25,00 |
| Portata di verifica Q3 | 0,140 | Coefficiente di incrinazione | 2,14 |
| Portata di verifica Q4 | 0,120 | Formazione di progetto | 12,30% |
| Portata di verifica Q5 | 0,140 | Parametro di Scabrezza | Note: Necessaria |
| Portata di verifica Q6 | 0,140 | Scabrezza (consigliato 40) | 40,00 |

| ID Portata | Portata di progetto Q1 (Qa 0,06 [m³/s]) | | Portata di progetto Q2 (Qa 0,08 [m³/s]) | | Portata di progetto Q3 (Qa 0,10 [m³/s]) | | Portata di progetto Q4 (Qa 0,12 [m³/s]) | | Portata di progetto Q5 (Qa 0,14 [m³/s]) | | Portata di progetto Q6 (Qa 0,16 [m³/s]) | | Massima portata (Qa 1,51 [m³/s]) |
|-------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|-------------------------------------|
| | Portata di verifica Q1 | Portata di verifica Q2 | Portata di verifica Q3 | Portata di verifica Q4 | Portata di verifica Q5 | Portata di verifica Q6 | Portata di verifica Q7 | Portata di verifica Q8 | Portata di verifica Q9 | Portata di verifica Q10 | Portata di verifica Q11 | Portata di verifica Q12 | |
| Portata di verifica | 0,05 | 0,10 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,30 |
| Percentuale riempimento | 10% | 22% | 24% | 27% | 29% | 32% | 34% | 36% | 38% | 40% | 42% | 44% | 46% |
| Tramite idrico | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,17 |
| Area Bagnata | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Coefficiente Bagnato | 0,75 | 0,81 | 0,85 | 0,88 | 0,92 | 0,96 | 0,99 | 1,02 | 1,05 | 1,08 | 1,11 | 1,14 | 1,17 |
| Lunghezza Pavei Livello | 0,74 | 0,78 | 0,81 | 0,85 | 0,88 | 0,91 | 0,94 | 0,97 | 1,00 | 1,03 | 1,06 | 1,09 | 1,12 |
| Regime Idraulico | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Velocità nel flusso | 23,63 | 24,40 | 24,79 | 25,15 | 25,44 | 25,70 | 25,92 | 26,11 | 26,28 | 26,43 | 26,56 | 26,68 | 26,79 |
| WVP | 1,75 | 1,92 | 2,04 | 2,17 | 2,27 | 2,36 | 2,43 | 2,49 | 2,54 | 2,58 | 2,62 | 2,65 | 2,68 |
| Q/Qa | 0,40 | 0,44 | 0,47 | 0,49 | 0,52 | 0,54 | 0,56 | 0,57 | 0,58 | 0,59 | 0,60 | 0,61 | 0,62 |
| | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |



Relazione Idraulica

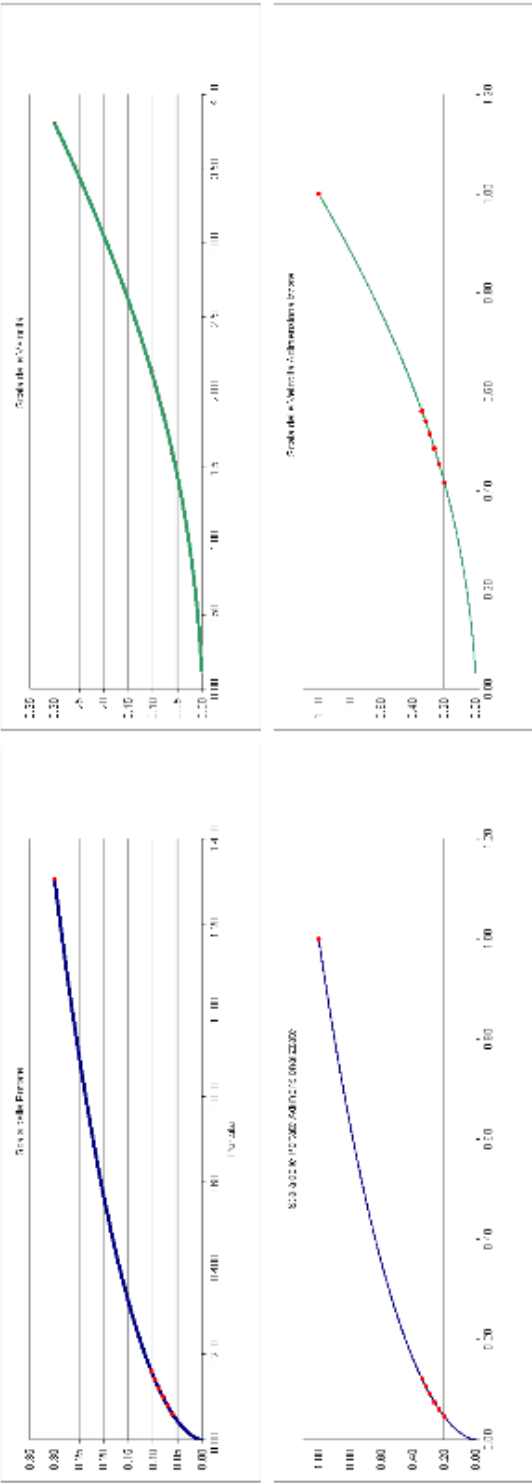
6.6 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.2

IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAMURA
fase di scolo

Verifica delle sezioni idrauliche: Canaletta di scolo secondaria - profilo generico - Sub-bacino Area A (S=2ha)

| Portata di calcolo [m³/s] | | Ritraggiamento della sezione | |
|---------------------------|-------|------------------------------|------|
| Portata Massima | 0,140 | Altezza | 0,50 |
| Portata di progetto Q1 | 0,136 | Inclinazione | 1% |
| Portata di progetto Q2 | 0,140 | Coeficiente di incrinazione | 0,00 |
| Portata di progetto Q3 | 0,140 | Forma di profilo | 6 |
| Portata di progetto Q4 | 0,140 | Numero di strati | 7 |
| Portata di progetto Q5 | 0,140 | Struttura | 3 |
| Portata di progetto Q6 | 0,140 | Struttura | 4 |

| ID | Portata Verificata | Portata di progetto Q1 (Qa 0,06 [m³/s]) | | Portata di progetto Q2 (Qa 0,08 [m³/s]) | | Portata di progetto Q3 (Qa 0,10 [m³/s]) | | Portata di progetto Q4 (Qa 0,12 [m³/s]) | | Portata di progetto Q5 (Qa 0,14 [m³/s]) | | Portata di progetto Q6 (Qa 0,16 [m³/s]) | | Maxima portata (Qa 1,31 [m³/s]) |
|-------------------------|--------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|------------------------------------|
| | | Portata di verifica Q1 | Portata di verifica Q2 | Portata di verifica Q3 | Portata di verifica Q4 | Portata di verifica Q5 | Portata di verifica Q6 | Portata di verifica Q7 | Portata di verifica Q8 | Portata di verifica Q9 | Portata di verifica Q10 | Portata di verifica Q11 | Portata di verifica Q12 | |
| Portata di verifica | [m³/s] | 0,05 | 0,10 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | 0,22 | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,30 |
| Percentuale riempimento | [%] | 20% | 25% | 25% | 28% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% | 32% |
| Tramite idrico | [m] | 0,05 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Area bagnata | [m²] | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |
| Carattere bagnato | [m] | 0,78 | 0,83 | 0,87 | 0,92 | 0,95 | 0,99 | 1,02 | 1,05 | 1,08 | 1,11 | 1,14 | 1,17 | 1,20 |
| Lunghezza Pico Litore | [m] | 0,75 | 0,80 | 0,84 | 0,88 | 0,91 | 0,94 | 0,97 | 1,00 | 1,03 | 1,06 | 1,09 | 1,12 | 1,15 |
| Raggio Idraulico | [m] | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Velocità nel flusso | [m/s] | 24,72 | 24,85 | 25,06 | 25,44 | 25,74 | 26,00 | 26,22 | 26,41 | 26,57 | 26,71 | 26,83 | 26,94 | 27,04 |
| VVR | [m/s] | 1,59 | 1,73 | 1,85 | 1,96 | 2,05 | 2,14 | 2,21 | 2,28 | 2,34 | 2,40 | 2,45 | 2,50 | 2,55 |
| Q/Qr | [%] | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,19 |



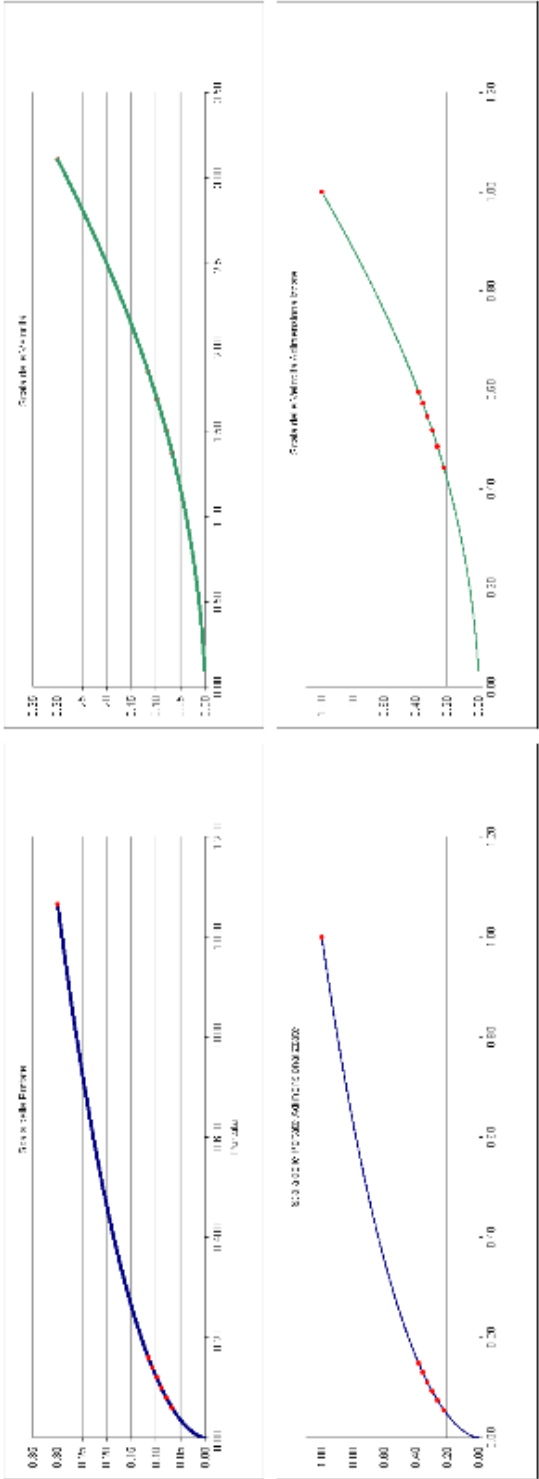
6.7 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.3

IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAMURA
fase di studio

Verifica delle sezioni idrauliche: Canaletta di scolo secondaria - profilo generico - Sub-bacino Area A (S=2ha)

| Portata di calcolo [m³/s] | | Riepilogo dati sezione | |
|---------------------------|-------|-----------------------------|-------------------------|
| Portata Massima | 0,140 | Stato | 6 |
| Portata di verifica Q1 | 0,060 | Altezza | 11 |
| Portata di verifica Q2 | 0,080 | Inclinazione Parete | 0,30 Terra - 0,30 Terra |
| Portata di verifica Q3 | 0,100 | Compartimento | 0 |
| Portata di verifica Q4 | 0,120 | Forma di incrinazione | 0 |
| Portata di verifica Q5 | 0,140 | Forma di progetto | 7 |
| Portata di verifica Q6 | 0,140 | Numero di Sbarazza | 5,30% Note: Nessuna |
| Portata di progetto Q6 | 0,140 | Stato di Sbarazza (art. 40) | 1a |
| | | | 40,30 |

| ID Portata | Portata di progetto Q1 (Qa 0,06 [m³/s]) | | Portata di progetto Q2 (Qa 0,08 [m³/s]) | | Portata di progetto Q3 (Qa 0,10 [m³/s]) | | Portata di progetto Q4 (Qa 0,12 [m³/s]) | | Portata di progetto Q5 (Qa 0,14 [m³/s]) | | Portata di progetto Q6 (Qa 0,14 [m³/s]) | | Maxima portata (Qa 0,14 [m³/s]) |
|-------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|------------------------------------|
| | Portata di verifica Q1 | Perdite di verifica Q1 | Portata di verifica Q2 | Perdite di verifica Q2 | Portata di verifica Q3 | Perdite di verifica Q3 | Portata di verifica Q4 | Perdite di verifica Q4 | Portata di verifica Q5 | Perdite di verifica Q5 | Portata di verifica Q6 | Perdite di verifica Q6 | |
| Portata di verifica | [m³/s] | | [m³/s] | | [m³/s] | | [m³/s] | | [m³/s] | | [m³/s] | | |
| Percentuale riempimento | [%] | 22% | 28% | 30% | 33% | 33% | 33% | 33% | 36% | 36% | 36% | 36% | 100% |
| Tramite idrico | [m] | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,30 |
| Area Bagnata | [m²] | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,34 |
| Centroline Bagnato | [m] | 0,82 | 0,87 | 0,92 | 0,97 | 0,92 | 0,92 | 0,92 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,92 |
| Lunghezza Pano Litato | [m] | 0,79 | 0,84 | 0,88 | 0,92 | 0,88 | 0,88 | 0,88 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,79 |
| Raggio Idraulico | [m] | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,18 |
| Velocità nel flusso | [m/s] | 24,50 | 25,06 | 25,46 | 25,81 | 25,46 | 25,81 | 25,81 | 26,12 | 26,36 | 26,36 | 26,36 | 30,02 |
| VVR | [%] | 1,30 | 1,51 | 1,61 | 1,70 | 1,70 | 1,70 | 1,70 | 1,79 | 1,85 | 1,85 | 1,85 | 3,15 |
| Q/Qr | [%] | 0,44 | 0,49 | 0,52 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 0,60 | 1,00 |
| | | 0,05 | 0,07 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 1,00 |



Relazione Idraulica

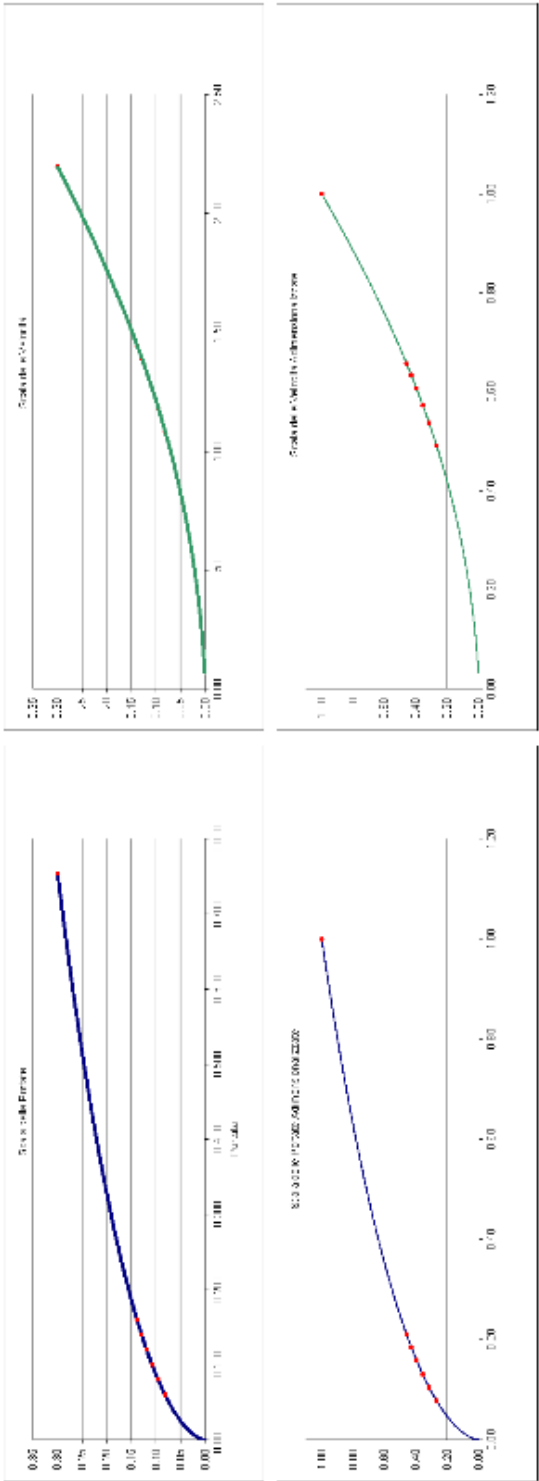
6.8 SCHEDE DI VERIFICA SEZIONE 1.4

IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAMURA
fase di scolo



Verifica delle sezioni idrauliche: Canaletta di scolo secondaria - profilo generico - Sub-bacino Area A (S=2ha)

| Portata di calcolo [m³/s] | | Ritardamenti della sezione | |
|---------------------------|-------|----------------------------|--------------|
| Portata Massima | Omnia | β | tipo sezione |
| Portata di progetto Q1 | 0,754 | 11 | Trapezoida |
| Portata di verifica Q1 | 0,690 | | |
| Portata di progetto Q2 | 0,690 | | |
| Portata di verifica Q2 | 0,690 | | |
| Portata di progetto Q3 | 0,190 | | |
| Portata di verifica Q3 | 0,190 | | |
| Portata di progetto Q4 | 0,120 | | |
| Portata di verifica Q4 | 0,120 | | |
| Portata di progetto Q5 | 0,140 | | |
| Portata di verifica Q5 | 0,140 | | |
| Portata di progetto Q6 | 0,140 | | |
| Portata di verifica Q6 | 0,140 | | |

| ID Portata | Portata di progetto Q1 (Qa 0,66 [m³/s]) | | Portata di progetto Q2 (Qa 0,08 [m³/s]) | | Portata di progetto Q3 (Qa 0,10 [m³/s]) | | Portata di progetto Q4 (Qa 0,12 [m³/s]) | | Portata di progetto Q5 (Qa 0,14 [m³/s]) | | Portata di progetto Q6 (Qa 0,14 [m³/s]) | | Massima portata (Qa 0,75 [m³/s]) | |
|-------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|-------------------------------------|-------|
| | Portata di verifica Q1 | Portata di verifica Q2 | Portata di verifica Q3 | Portata di verifica Q4 | Portata di verifica Q5 | Portata di verifica Q6 | Portata di verifica Q1 | Portata di verifica Q2 | Portata di verifica Q3 | Portata di verifica Q4 | Portata di verifica Q5 | Portata di verifica Q6 | Qmax | Qmax |
| Percentuale riempimento | 27% | 32% | 38% | 40% | 43% | 46% | 46% | 46% | 46% | 46% | 46% | 46% | 100% | 100% |
| Tramite idrico | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,30 | 0,30 |
| Area Bagnata | 0,05 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,34 | 0,34 |
| Carattere bagnato | 0,83 | 0,95 | 1,01 | 1,06 | 1,11 | 1,16 | 1,16 | 1,16 | 1,16 | 1,16 | 1,16 | 1,16 | 1,92 | 1,92 |
| Lunghezza Pano Litato | 0,85 | 0,91 | 0,96 | 1,01 | 1,05 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,79 | 1,79 |
| Raggio Idraulico | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,18 | 0,18 |
| Velocità nel flusso | 25-15 | 26-20 | 26-12 | 26-50 | 26-79 | 27-03 | 27-03 | 27-03 | 27-03 | 27-03 | 27-03 | 27-03 | 30-02 | 30-02 |
| VVR | 1,03 | 1,19 | 1,26 | 1,33 | 1,39 | 1,45 | 1,45 | 1,45 | 1,45 | 1,45 | 1,45 | 1,45 | 2,20 | 2,20 |
| Q/Qr | 0,49 | 0,54 | 0,67 | 0,67 | 0,67 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 1,00 | 1,00 |
| | 0,03 | 0,10 | 0,13 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 1,00 | 1,00 |



Relazione Idraulica

| | | | |
|---|--|---------------|-----------------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. 0 | |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 37 di 41 |

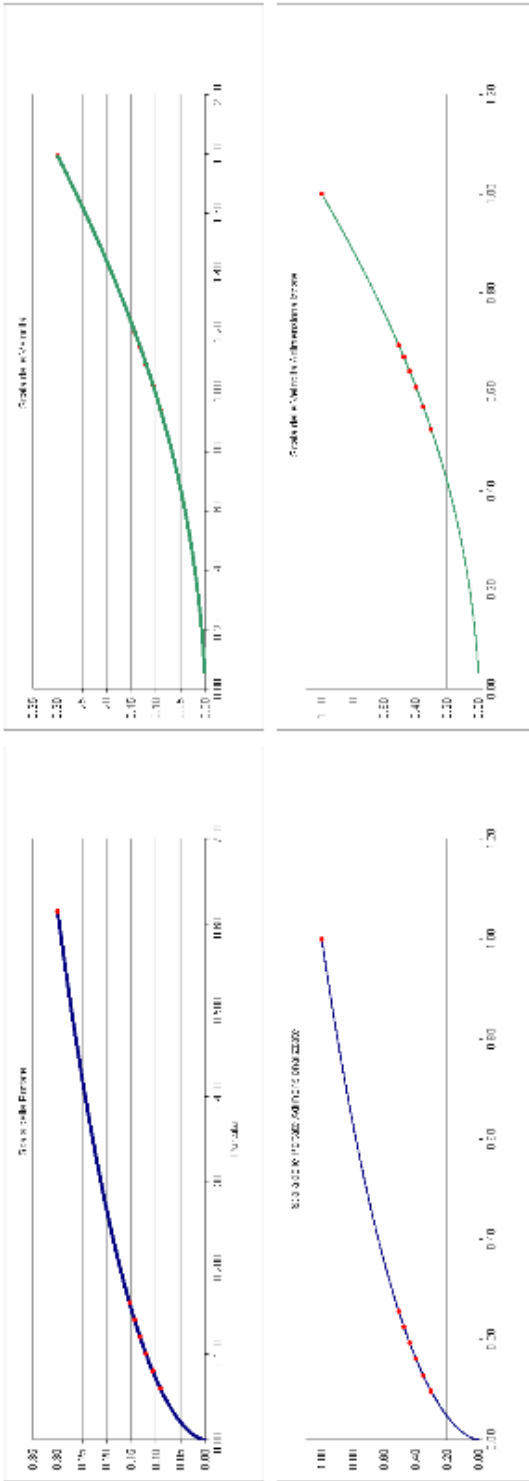
6.9 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.5

IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAMURA
fase di studio



Verifica delle sezioni idrauliche: Canaletta di scolo secondaria - profilo generico - Sub-bacino Area A (S=2ha)

| Portata di calcolo [m³/s] | | Ritardamento della sezione | |
|---------------------------|--------|----------------------------|-------|
| Portata Massima | 0,4716 | β | 0,50 |
| Portata di progetto Q1 | 0,4600 | H | 0,20 |
| Portata di progetto Q2 | 0,4600 | h | 25,00 |
| Portata di progetto Q3 | 0,1000 | n | 2,14 |
| Portata di progetto Q4 | 0,1200 | f | 2,20% |
| Portata di progetto Q5 | 0,1400 | va | 40,00 |
| Portata di progetto Q6 | 0,1400 | | |

| ID Portata | Portata di progetto Q1 (Qa 0,46 [m³/s]) | | Portata di progetto Q2 (Qa 0,08 [m³/s]) | | Portata di progetto Q3 (Qa 0,10 [m³/s]) | | Portata di progetto Q4 (Qa 0,12 [m³/s]) | | Portata di progetto Q5 (Qa 0,14 [m³/s]) | | Portata di progetto Q6 (Qa 0,14 [m³/s]) | | Maxima portata (Qa 0,67 [m³/s]) |
|-------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|-------------------------|--|-------------------------|------------------------------------|
| | Portata di verifica Q1 | Portata di verifica Q2 | Portata di verifica Q3 | Portata di verifica Q4 | Portata di verifica Q5 | Portata di verifica Q6 | Portata di verifica Q7 | Portata di verifica Q8 | Portata di verifica Q9 | Portata di verifica Q10 | Portata di verifica Q11 | Portata di verifica Q12 | |
| Portata di verifica | 0,05 | 0,00 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,20 | 0,21 | 0,22 | 0,62 |
| Percentuale riempimento | 30% | 35% | 40% | 45% | 48% | 51% | 53% | 55% | 57% | 58% | 59% | 60% | 100% |
| Tramite idrico | 0,09 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,20 | 0,21 | 0,30 |
| Area Bagnata | 0,05 | 0,08 | 0,09 | 0,10 | 0,12 | 0,13 | 0,14 | 0,15 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,34 |
| Cerchione Bagnato | 0,53 | 1,00 | 1,00 | 1,12 | 1,18 | 1,22 | 1,25 | 1,28 | 1,31 | 1,34 | 1,37 | 1,40 | 1,92 |
| Lunghezza Pano Litato | 0,69 | 0,95 | 1,01 | 1,07 | 1,11 | 1,16 | 1,19 | 1,23 | 1,26 | 1,29 | 1,32 | 1,35 | 1,79 |
| Raggio Idraulico | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,18 |
| Q | 25,55 | 26,09 | 26,53 | 26,87 | 27,16 | 27,41 | 27,63 | 27,82 | 28,00 | 28,16 | 28,31 | 28,45 | 30,02 |
| Velocità nel flusso | 0,84 | 1,02 | 1,09 | 1,15 | 1,20 | 1,25 | 1,28 | 1,31 | 1,34 | 1,37 | 1,39 | 1,42 | 1,78 |
| VVR | 0,63 | 0,67 | 0,67 | 0,64 | 0,67 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 1,00 |
| Q/Qr | 0,10 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,23 | 0,26 | 0,28 | 0,29 | 0,30 | 0,31 | 0,32 | 0,33 | 1,00 |



Relazione Idraulica

| | | | |
|---|--|---------------|-----------------|
|  | IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS) | Rev. 0 | |
|  | 21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA | Pag. | 38 di 41 |

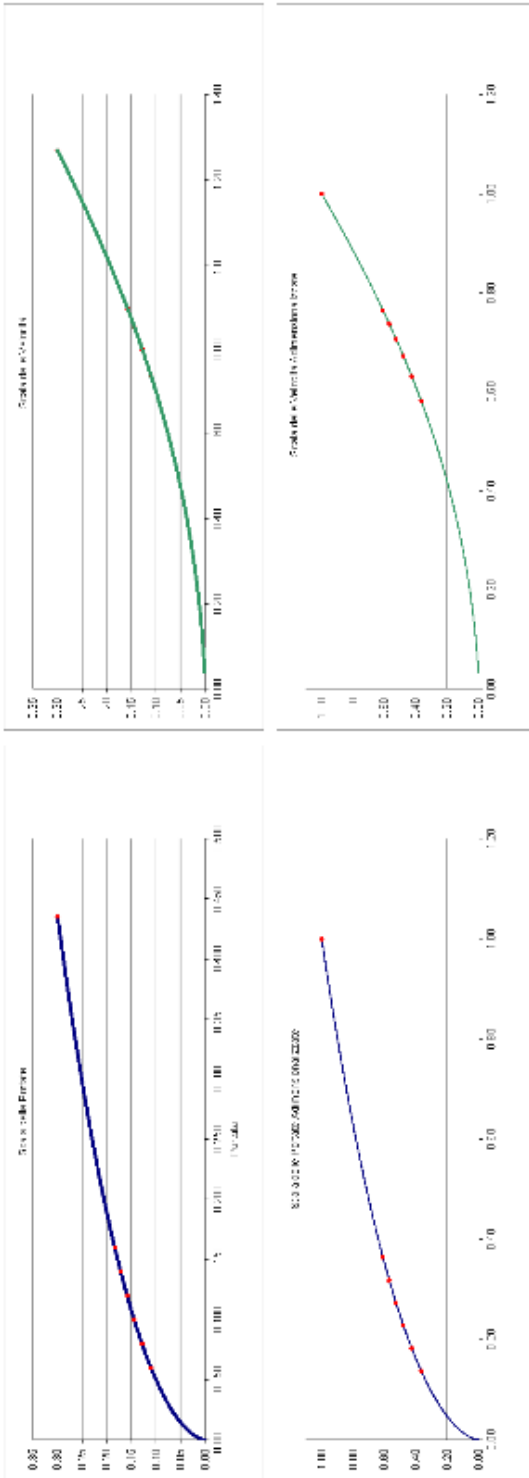
6.10 SCHEDE DI VERIFICA SEZIONE 1.6

IMPIANTO FOTOVOLTAICO SAMURA fase di studio




Verifica delle sezioni idrauliche: Canaletta di scolo secondaria - profilo di minima pendenza - Sub-bacino Area A (S=2ha)

| Portata di calcolo [m³/s] | Riepilogo dati sezione | |
|------------------------------|------------------------|------------------|
| Portata Massima | 0,435 | 0,50 |
| Portata di progetto Q1 | 0,400 | 0,50 |
| Portata di progetto Q2 | 0,400 | 0,50 |
| Portata di progetto Q3 | 0,100 | 25,00 |
| Portata di progetto Q4 | 0,120 | 2,14 |
| Portata di progetto Q5 | 0,140 | 1,20% |
| Portata di progetto Q6 | 0,140 | Note: Necessaria |
| Portata di sversata Qd(T)=50 | 0,140 | 40,00 |

| ID Portata | Portata di progetto Q1 (Qd 0,46 [m³/s]) | | Portata di progetto Q2 (Qd 0,08 [m³/s]) | | Portata di progetto Q3 (Qd 0,10 [m³/s]) | | Portata di progetto Q4 (Qd 0,12 [m³/s]) | | Portata di progetto Q5 (Qd 0,14 [m³/s]) | | Portata di progetto Q6 (Qd 0,44 [m³/s]) | |
|-------------------------|---|-------------------------------|---|-------------------------------|---|-------------------------------|---|-------------------------------|---|-------------------------------|---|-------------------------------|
| | Portata di verifica Q1 [m³/s] | Portata di verifica Q2 [m³/s] | Portata di verifica Q3 [m³/s] | Portata di verifica Q4 [m³/s] | Portata di verifica Q5 [m³/s] | Portata di verifica Q6 [m³/s] | Portata di verifica Q1 [m³/s] | Portata di verifica Q2 [m³/s] | Portata di verifica Q3 [m³/s] | Portata di verifica Q4 [m³/s] | Portata di verifica Q5 [m³/s] | Portata di verifica Q6 [m³/s] |
| Percentuale riempimento | 37% | 43% | 40% | 53% | 57% | 67% | 53% | 57% | 57% | 57% | 67% | 100% |
| Tramite idrico | 0,71 | 0,13 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,18 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,30 |
| Area bagnata | 0,03 | 0,03 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,34 |
| Carattere bagnato | 1,02 | 1,11 | 1,18 | 1,26 | 1,31 | 1,37 | 1,26 | 1,31 | 1,37 | 1,37 | 1,37 | 1,92 |
| Lunghezza pelo libero | 0,07 | 0,07 | 0,12 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 1,79 |
| Raggio idraulico | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,18 |
| Velocità nel flusso | 26,22 | 26,76 | 27,19 | 29,53 | 29,53 | 29,53 | 29,53 | 29,53 | 29,53 | 29,53 | 29,53 | 30,02 |
| VVR | 0,74 | 0,69 | 0,67 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 0,71 | 1,00 |
| Q/Qr | 0,34 | 0,18 | 0,23 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 0,27 | 1,00 |



Relazione Idraulica

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|   | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">39 di 41</p> |

7 CONCLUSIONI

Lo studio idraulico 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 autorevoli 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 dell'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 10% alla scala dell'area di impianto, e dello 0.8% alla scala del bacino analizzato.

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 la laminazione dei deflussi, rendendo lo 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, con particolare riferimento alle sistemazioni dei canali ed alle opere di rinverdimento spondale e del fondo; la rete di canalizzazioni secondarie sarà tale da non interferire con le strutture fotovoltaiche né con le attività agricole previste nel progetto.

| | | | |
|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|
|    | <p align="center">IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p align="center">Rev.</p> | <p align="center">0</p> |
|  | <p align="center">21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p align="center">Pag.</p> | <p align="center">40 di 41</p> |

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

Tutto ciò contribuisce alla riduzione dell'impatto delle opere.

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 destinare all'alimentazione del bestiame, l'impianto della vegetazione non potrà comunque influire negativamente sui regimi idrologici posti alla base delle verifiche costituendo eventualmente un miglioramento laminazione delle portate, e pertanto un miglioramento rispetto alle condizioni di progetto.

| | | | |
|---|---|--------------------|------------------------|
|    | <p>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE (DC) 24,02 MWP POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 26,6 MW Comune di Nulvi (SS)</p> | <p>Rev.</p> | <p>0</p> |
|  | <p>21-00018-IT-SAMURA_CV-R09 RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA</p> | <p>Pag.</p> | <p>41 di 41</p> |

8 ALLEGATO 1 – SISTEMA DI DRENAGGIO – RETE DI DRENO