

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

PROGETTO

IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN
POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA
Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)

RELAZIONE IDRAULICA

21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05

PROPONENTE:


TEP RENEWABLES (APPIGNANO PV) S.R.L.
Via Giorgio Castriota, 9 – 90139 - Palermo
P. IVA e C.F. 06983520823 – REA PA - 429399

PROGETTISTI:

ING. GIULIA GIOMBINI
Iscritta all' Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo al n. A-1009


ING. EMANUELE LICHERI
Iscritta all' Ordine degli Ingegneri della Provincia di Cagliari al n. 5324

Data	Rev.	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
03/2022	0	Prima emissione	EL	GG	F.Battafarano

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	2 of 45

INDICE

1	PREMESSA	3
2	STATO DI FATTO.....	3
2.1	LOCALIZZAZIONE IMPIANTO.....	3
3	DATI DI RIFERIMENTO	4
3.1	RILIEVO.....	4
3.1.1	Modello digitale del terreno – Regione Marche	5
3.1.2	Rilievo topografico	5
3.2	NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO.....	5
4	COMPATIBILITÀ CON LE NTA DEL PAI.....	6
5	STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO	7
5.1	SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO	7
5.2	ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE	8
5.3	IL METODO RAZIONALE.....	15
5.4	IL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO Φ	16
5.5	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO AREALE.....	19
5.6	MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE OPERAM E POST OPERAM.....	20
6	VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI	20
6.1	ANALISI DEI CRITERI DI VERIFICA DEI SISTEMI DI DRENAGGIO.....	21
6.2	VERIFICA IDRAULICA IN MOTO UNIFORME DELLE SEZIONI	23
6.3	RIEPILOGO DELLE SEZIONI VERIFICATE.....	24
6.4	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.1	26
6.5	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.2	28
6.6	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.3	30
6.7	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.4	32
6.8	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.1	34
6.9	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.2	36
6.10	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.3	38
6.11	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.4	40
7	CONCLUSIONI	42
8	ALLEGATO 1 – SISTEMA DRENAGGIO – IMPIANTO	44

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	3 of 45

1 PREMESSA

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

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

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

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

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

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

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


2 STATO DI FATTO

2.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

L'area di intervento è ubicata nel Comune di Appignano in località C. Giacconi, in provincia di Macerata, ad oltre 25 km dalla costa adriatica, nell'area ricompresa nel bacino del Fiume Musone.

L'area di studio si presenta come un paesaggio collinare a vocazione agricola caratterizzate da colline che raramente superano i 200 m s.l.m.; specificatamente nell'area di intervento le quote sono comprese tra un massimo di ca. 170 m s.l.m. ed un minimo di ca. 100 m s.l.m.

L'area totale catastale per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico, di potenza nominale di 28,48 MWp, risulta essere pari ad oltre 66 ha, ove saranno installate altresì le Power Station (o cabine di campo) che avranno la funzione di realizzare il parallelo degli inverter di campo e di elevare la tensione da bassa (BT) a media (MT). il percorso di connessione, in cavidotto MT 20kV, che collegherà l'impianto FV dalla cabina generale di campo MT fino ad una cabina di trasformazione MT/AT prevista in prossimità della nuova SE di smistamento a 132 kV di Terna S.p.a., dove sarà realizzato lo stallo in AT per la consegna dell'energia sulla RTN. Il cavidotto MT di connessione

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	4 of 45

seguirà prevalentemente lo sviluppo su strada pubblica (circa 9,5 km), mentre solo l'ultimo tratto in cavo interrato MT (circa 50 m) è all'interno di proprietà privata, su cui verrà acquisita la servitù di passaggio".

Le coordinate del sito sono:

- Latitudine 43°23'28.61"N;
- Longitudine 13°21'43.40"E;
- L'altitudine media del sito è di 120 m. s.l.m.



Figura 2-1: Localizzazione dell'area di intervento, in giallo l'area contrattualizzata in rosso la recinzione dell'impianto

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

- Strada Provinciale Jesina a Sud dell'area di intervento che collega i centri abitati di Appignano e Montefano;
- Strade locale Contrada Lame a Sud dell'area di intervento dalla quale è possibile raggiungere il sito dalla Strada Provinciale Jesina;
- Strada locale denominata Contrada Volpano a Nord del sito.


L'area deputata all'installazione dell'impianto fotovoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo presentando una buona esposizione ed è facilmente raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

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

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.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	5 of 45

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

Attraverso la fonte ufficiale Regione Marche è stato ottenuto il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 20x20 metri di tutta l'area di progetto.

3.1.2 Rilievo topografico

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

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

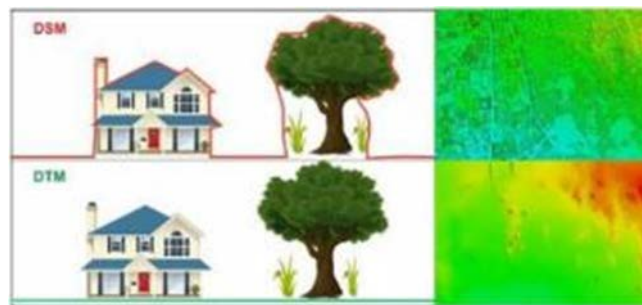



Figura 3-1: Tipologico esemplificativo raffigurante i prodotti fotogrammetrici.

3.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO

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

- D.Lgs 152/06 e smi;
- Direttiva Comunitaria 2007/60/CE – Valutazione e gestione del rischio di alluvioni/ D.Lgs. 49/2010;
- Regione Marche - Protezione Civile e Sicurezza – Research Foundation Cima – Regionalizzazione Precipitazioni e Portate (2016);
- Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale – Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Marche Autorità di Bacino delle Marche
- PGRA;
- Sistemi di fognatura - Manuale di progettazione - Hoepli, CSDU;
- La sistemazione dei bacini idrografici, Vito Ferro, McGraw – Hill editore;
- Open Channel Hydraulics, Chow – McGraw – Hill editore;
- Spate Irrigation - FAO – HR Wallinford;
- Urban Drainage Design Manual” pubblicato da FHWA (Federal highway administration- US Department of transportation).

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	6 of 45

4 COMPATIBILITÀ CON LE NTA DEL PAI

Come si evince dalla cartografia del Piano Assetto Idrogeologico (PAI), dei bacini di rilievo regionale delle Marche, Aggiornato al Decreto Segretariale n. 140 del 27 ottobre 2021, approvato dalla Autorità di Bacino della Regione Marche, le aree interessate dall'intervento sono soggette a vincolo per pericolosità da rischio frana.

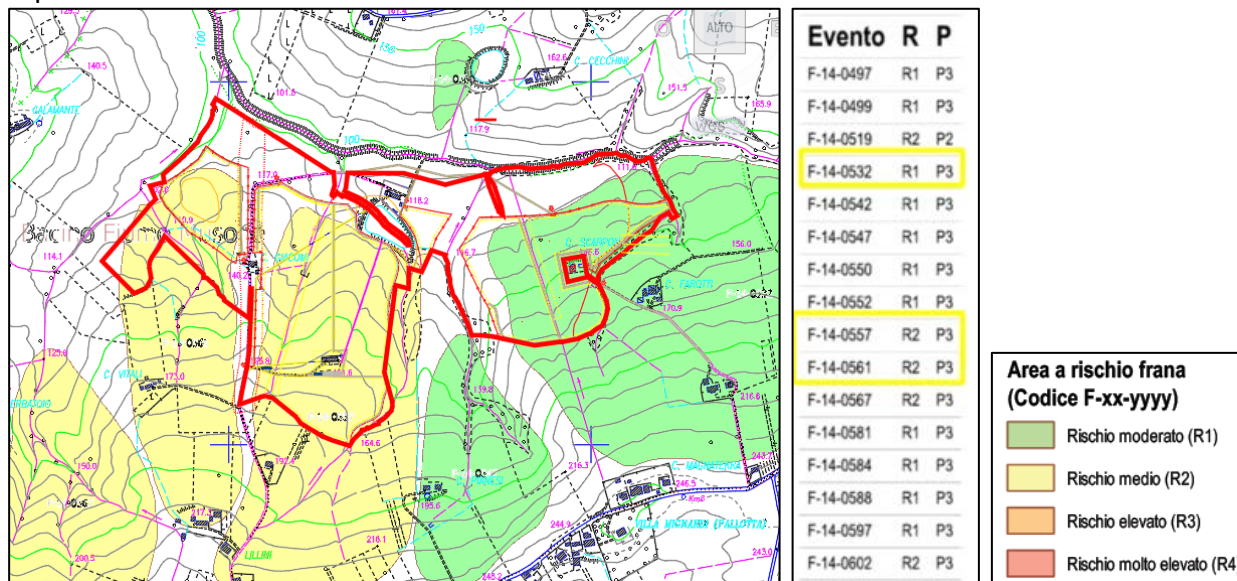



Figura 4-1: Stralcio Tavola RI 45d del PAI Marche

Come riportato nell'allegato d delle Norme di attuazione del PAI, al Titolo III Piano per l'assetto dei versanti, art.12 Disciplina delle aree di versante in dissesto, comma 2 "Nelle aree a pericolosità AVD_P1 e AVD_P2 sono consentite trasformazioni dello stato dei luoghi previa esecuzione di indagini nel rispetto del D.M. LL.PP. 11 marzo 1988 e nel rispetto delle vigenti normative tecniche.". Gli interventi ricadenti in area a pericolosità elevata sono disciplinati dallo stesso art.12, al comma 3 "Nelle aree di versante a rischio frana con livello di pericolosità elevata, AVD_P3, sono consentiti esclusivamente, nel rispetto delle vigenti normative tecniche: j) realizzazione ed ampliamento di infrastrutture tecnologiche o viarie, pubbliche o di interesse pubblico, nonché delle relative strutture accessorie; tali opere sono condizionate ad uno studio da parte del soggetto attuatore in cui siano valutate eventuali soluzioni alternative, la compatibilità con la pericolosità delle aree e l'esigenza di realizzare interventi per la mitigazione della pericolosità, previo parere vincolante dell'Autorità di bacino;".

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	7 of 45

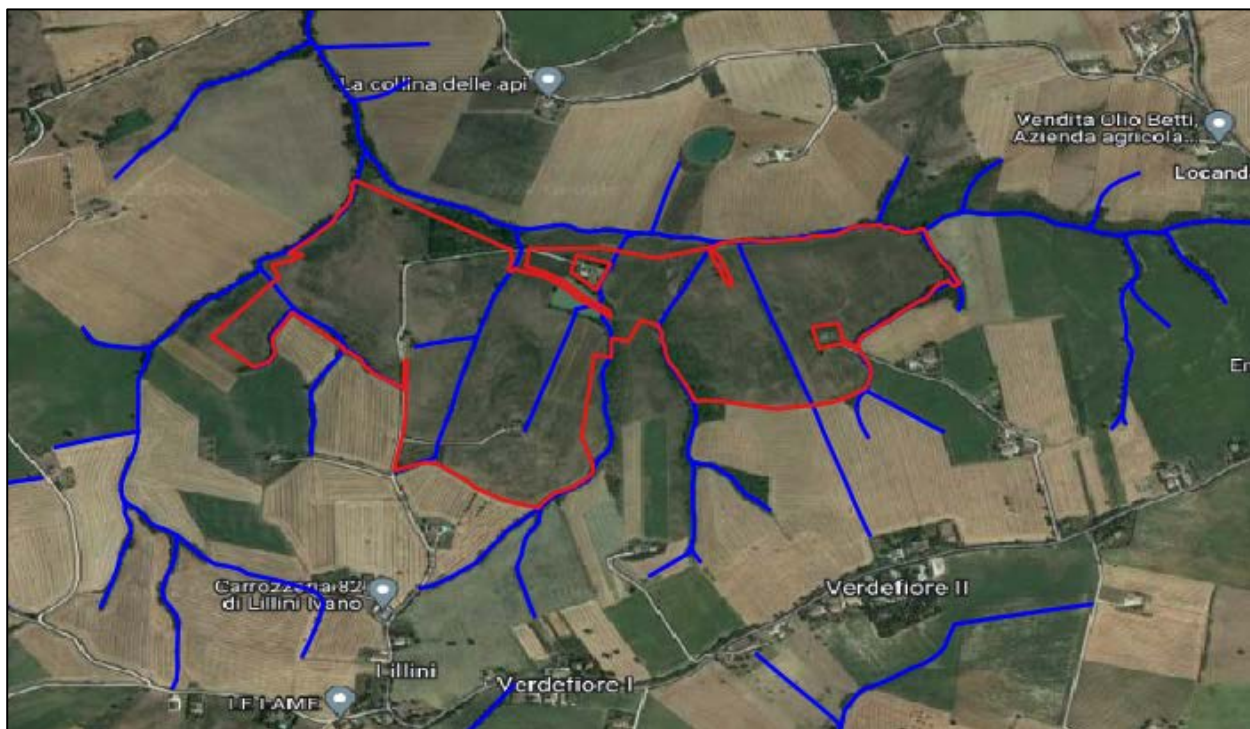


Figura 4-2: Reticolo idrografico dell'area in progetto

5 STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

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

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

- Identificazione delle aree scolanti e del coefficiente di deflusso ottenuto mediante una media ponderata;
- Determinazione delle Linee Segnaletiche di Possibilità Pluviometriche (LSPP) per tempi di ritorno pari 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anni;
- Determinazione dello ietogramma di progetto avente una durata superiore al tempo di corrivazione del bacino sotteso dall'invaso;
- Modello di trasformazione afflussi-deflussi - stima delle portate di progetto.


5.1 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

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

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

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

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

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	8 of 45

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

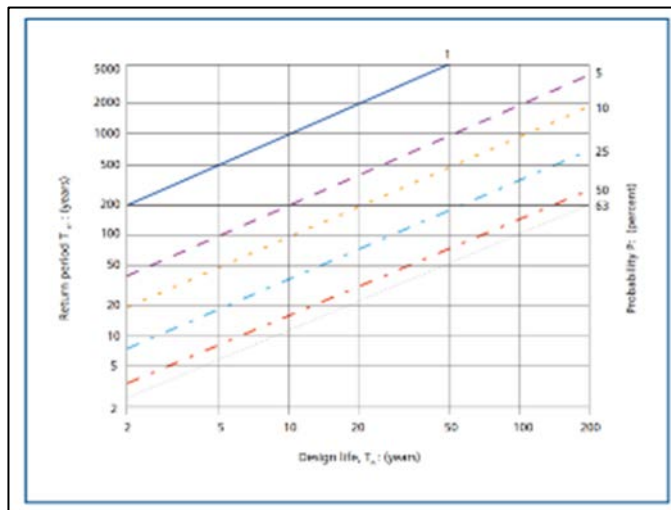


Figura 5-1: Probabilità di superamento di un evento con un determinato tempo di ritorno T durante N anni

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

5.2 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE

Per l'applicazione del metodo razionale, impiegato nella stima delle portate meteoriche superficiali è stato necessario determinare la curva di possibilità climatica caratteristica dell'area oggetto di intervento.

Il tempo di ritorno da assegnare alla curva di possibilità climatica è stato fatto variare da un minimo di 2 anni ad un massimo di 100 anni.

Nel caso in esame la durata del campo fotovoltaico è assunta pari a 30 anni, pertanto il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione è stato assunto cautelativamente pari a 50 anni.


Sul portale della regione Marche sono disponibili gli studi sulle precipitazioni registrate per la modellazione e definizione delle grandezze idrologiche sull'intero ambito regionale.

L'analisi pluviometrica è stata svolta sulla base dell'Analisi regionale delle piogge massime annuali di durata compresa tra 1 ora e 24 ore.

Le analisi statistiche applicabili sono state applicate sia seguendo un approccio di tipo regionale, utilizzando tutte le informazioni disponibili sul territorio, sia utilizzando i massimi annui di precipitazione per le brevi durate, allo scopo di ottenere una migliore caratterizzazione delle portate al colmo di piena anche nei bacini di piccolo-medie dimensioni.

L'analisi su scale regionale ha consentito inoltre di appianare le disomogeneità spaziali dovute alle differenti lunghezze delle serie storiche osservate sui singoli siti, rendendo accettabile l'incertezza associata alle stime. Il numero di pluviometri disponibili è 168 per la rete del Centro Funzionale e 74 per la rete ASSAM, per un totale di 242 serie storiche.

Fine ultimo dell'analisi statistica è la definizione delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP), le quali consentono di disegnare, per una determinata durata e per un assegnato tempo di ritorno, un evento di precipitazione di progetto.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	9 of 45

La definizione delle LSPP passa attraverso una serie step necessari alla definizione dei parametri necessari alla caratterizzazione statistica delle precipitazioni.

La distribuzione di probabilità che meglio approssima le singole serie di dati si è rivelata essere la GEV (Generalized Extreme Value distribution), la quale si adatta bene alla totalità dei pluviometri, evidenziando la mancanza di una struttura più complessa di precipitazioni eccezionali che avrebbe potuto richiedere una modellazione con una distribuzione TCEV (Two-Component Extreme Values Distribution). Si evidenzia che i dati osservati rientrano sempre all'interno delle bande di confidenza al 95%.

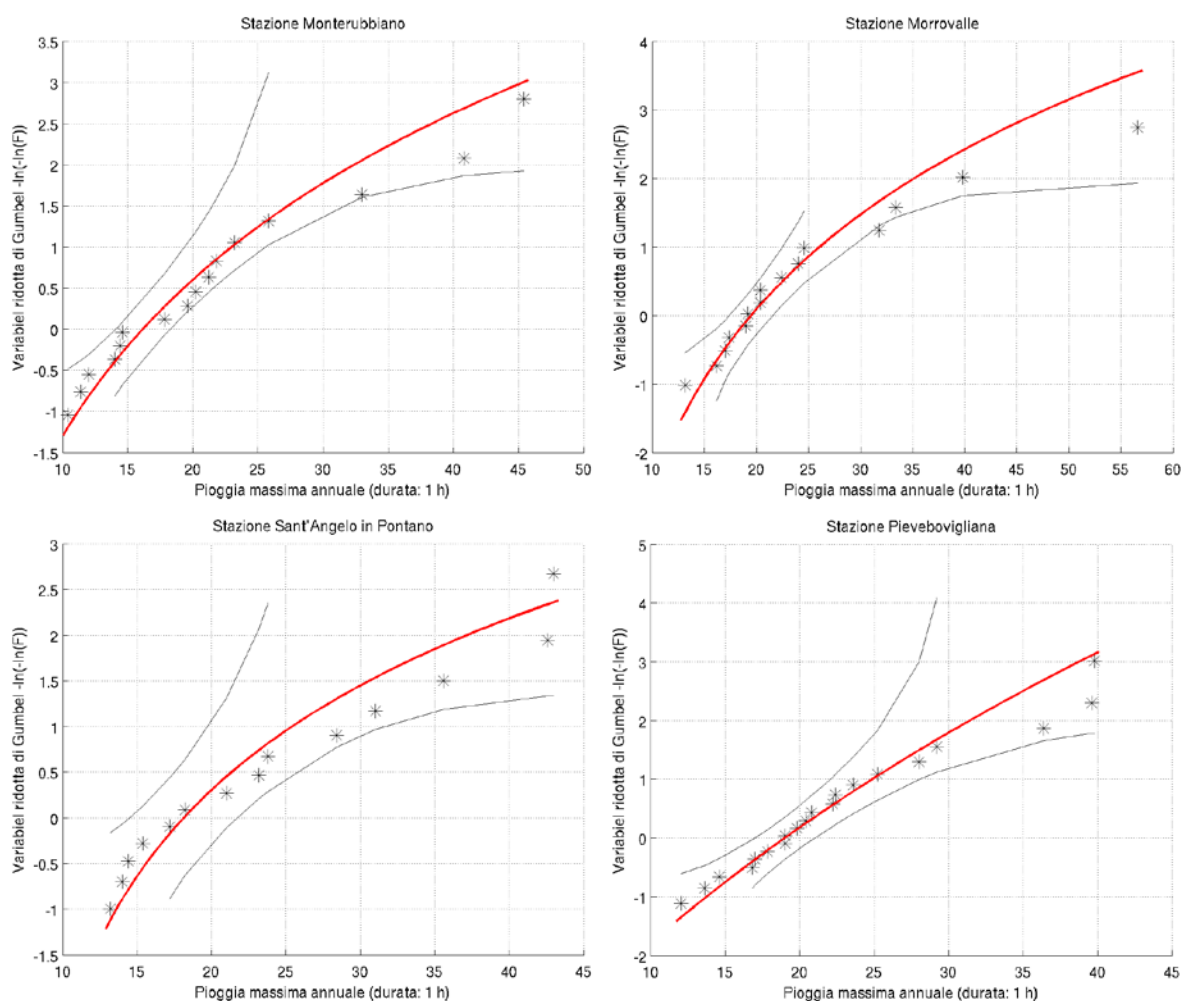



Figura 5-2: Esempi di fit delle GEV su vari pluviometri con bande di confidenza

Si evidenzia come i dati utilizzati siano stati precedentemente filtrati prendendo in considerazione solo le serie aventi almeno 15 anni di dati, riducendo così il numero totale di pluviometri utilizzati per l'analisi a 166.

Dall'analisi del fitting tra le curve a sito singolo si è potuto osservare, quindi, che le serie storiche analizzate dell'intera rete pluviometrica regionale appartengono a una stessa regione omogenea. Tale risultato è coerente con l'orogenesi delle precipitazioni intense sulla regione di interesse.

Successivamente le serie di massimi annuali di durata un'ora sono state adimensionalizzate ciascuna con la propria media.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	10 of 45

Le distribuzioni GEV così fittate si adattano molto bene alle osservazioni di tutti i sensori, non solo perché le osservazioni stesse si mantengono tutte all'interno delle bande di confidenza, ma anche perché la curva di crescita adimensionale descrive molto bene i dati stessi. Questo risultato, da un lato, permette di rifiutare definitivamente l'ipotesi che le precipitazioni estreme potessero essere descritte da modelli probabilistici più complessi, come la TCEV, dall'altro conferma l'ipotesi iniziale che tutto il territorio delle Marche costituisca un'unica regione omogenea dal punto di vista pluviometrico, cioè le piogge adimensionali hanno la stessa distribuzione di probabilità su tutto il territorio.

In seguito all'osservazione che le GEV fittate per le diverse durate sono in effetti estremamente simili tra di loro, è stata fatta un'analisi ulteriore combinando le piogge adimensionali di tutti i pluviometri e di tutte le durate, e confrontandoli con la GEV stimata per le piogge di durata 1 ora. Il risultato, riportato nella Figura seguente, mostra come la GEV fittata per i dati a 1 ora descrive molto bene anche tutte le altre durate, i cui dati sono sempre contenuti entro le fasce di confidenza al 99%.

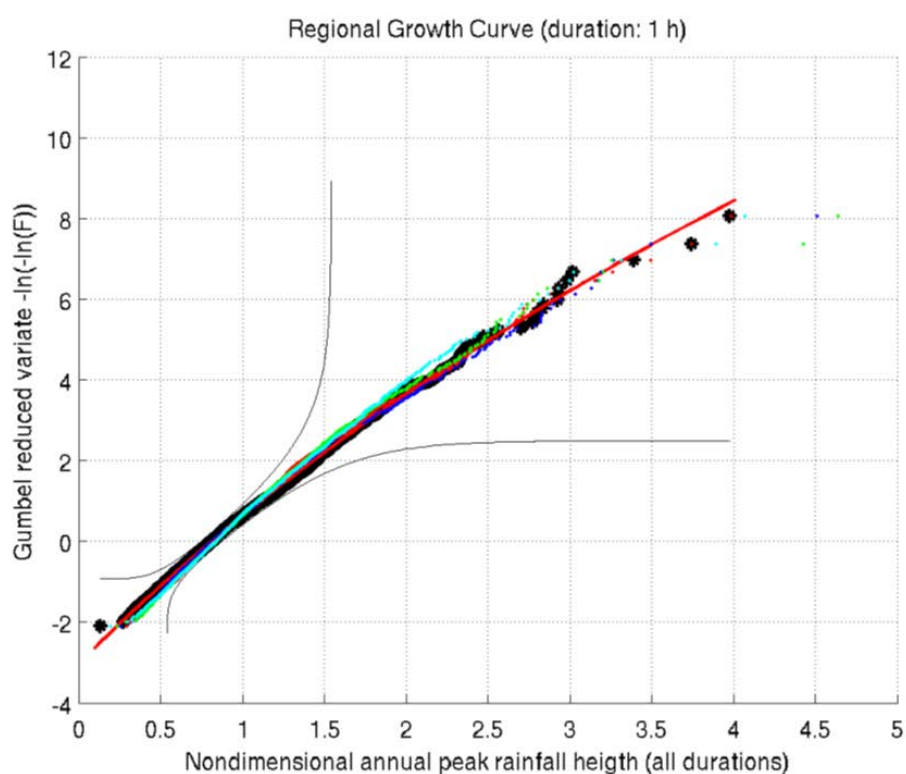



Figura 5-3: Confronto tra i dati di altezza di pioggia estrema adimensionale di tutti i pluviometri e di tutte le durate con la GEV ricavata per i dati di durata 1 ora (curva rossa). Gli asterischi neri rappresentano i dati a 1 ora, mentre i punti di vari colori rappresentano i dati per tutte le altre durate (3, 6, 12 e 24 ore).

Quest'ultimo risultato permette di definire quindi come unica variabile indice per l'analisi l'altezza di pioggia estrema di durata 1 ora media, valida anche per tutte le altre durate. Nel seguito tale variabile viene identificata come pioggia indice.

L'espressione della curva di crescita fittata sui valori adimensionali è la seguente:

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	11 of 45

$$F(x) = \exp\left(-\left[1 + \left(\frac{x - 0.8336}{0.2635}\right)0.0524\right]^{-1/0.0524}\right)$$

Per poter definire l'altezza di precipitazione per assegnata durata e assegnato tempo di ritorno è necessario spazializzare la pioggia indice.

A tale scopo è stata eseguita un'analisi di regressione con un set di variabili topografiche. Una volta ottenuta un'eventuale relazione con una o più variabili spaziali, la procedura per ottenere la distribuzione delle piogge estreme in un dato punto dell'area di interesse consiste nel calcolare, mediante la regressione identificata, la variabile indice nel punto dato e poi usarla per dimensionare la curva di crescita precedentemente descritta.

Ottenuta la spazializzazione della variabile indice per tutte le durate, col metodo kriging, la stima della Linea Segnalatrice di Possibilità Pluviometrica ha seguito la metodologia standard.

Per ogni pixel, sono stati riportati in piano bi-logaritmico i valori di durata (1, 3, 6, 12, 24 ore) e i corrispondenti valori di altezza di pioggia per diversi valori dei tempi di ritorno (10, 25, 100, 200 anni) ottenuti mediante la GEV regionale. Per ogni tempo di ritorno, è stata quindi stimata, con regressione lineare e ottimo accordo con i dati, l'equazione nella forma:

$$H = ad^n$$

dove H è l'altezza di pioggia [mm], d la durata [ore], e a ed n sono parametri da stimare. Per il dimensionamento e il calcolo dell'altezza di pioggia estrema per ogni tempo di ritorno, si fa ricorso alla distribuzione genitrice stimata precedentemente, pervenendo così alla formula della LSPP regionalizzata:

$$H = \frac{k(T)}{k(10)} ad^n$$

dove k(T) è il fattore di crescita, ed è ottenuto invertendo la formula della funzione di ripartizione della GEV trovata nei paragrafi precedenti, trovando così una relazione dipendente dal tempo di ritorno T. k(10) è il fattore di crescita calcolato per il tempo di ritorno pari a 10 anni, il più basso tra quelli considerati, rispetto al quale sono state calcolate le mappe dei parametri a ed n di riferimento. L'espressione finale della LSPP, in funzione del tempo di ritorno T [anni] e della durata d [ore], è quindi:

$$H(d, T) = 0.5711 \cdot \left[5.0286 \left(-\ln\left(\frac{T-1}{T}\right) \right)^{-0.0524} - 4.1950 \right] \cdot ad^n$$

Tale formula, abbinata alle mappe dei parametri a ed n (per un tempo di ritorno di 10 anni), costituisce quindi il risultato finale della regionalizzazione delle altezze di pioggia estrema e durata prefissata.

Sul sito della regione Marche è possibile scaricare le mappe da caricare in ambiente GIS con i coefficienti necessari alla definizione puntuale delle LSPP.

Per il sito in oggetto i parametri estratti sono:


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	12 of 45

Tabella 5-1: Parametri linee segnalatrici di possibilità pluviometrica

Parametri LSPP	
a	n
36.9	0.299

Le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica sono state dunque stimate per diverse durate e per diversi tempi di ritorno ottenendo una serie di altezze di precipitazione espresse in mm.

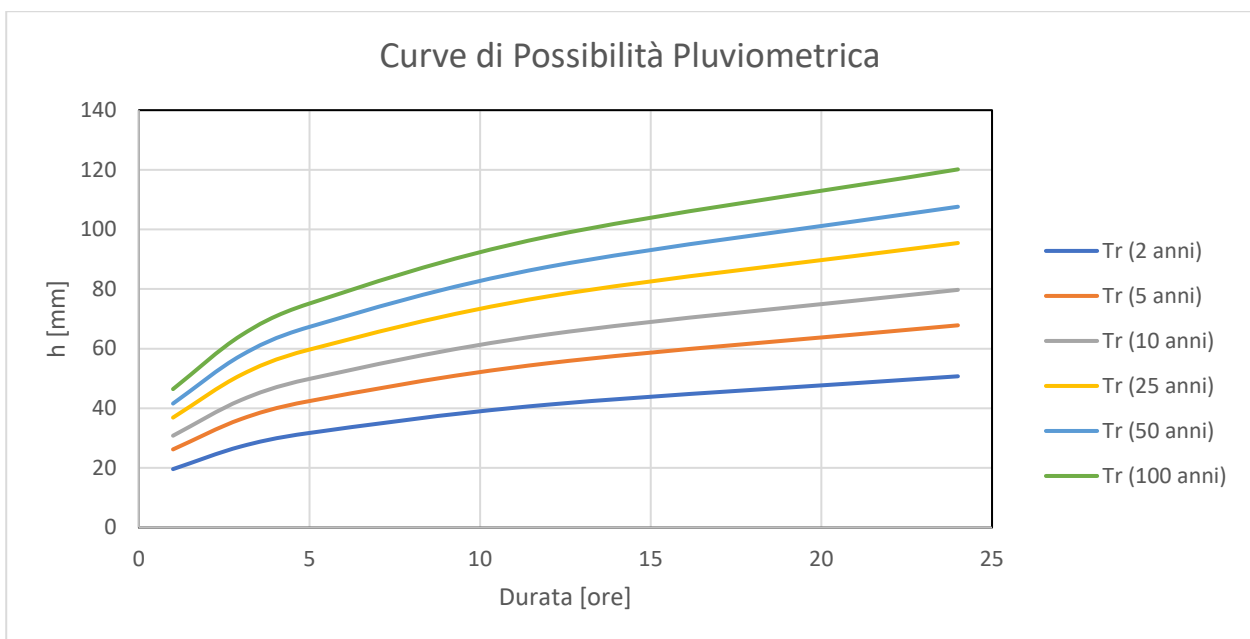



Figura 5-4: Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per il sito in esame

Tabella 5-2: Altezza di precipitazione [mm] per le diverse durate per i diversi tempi di ritorno

H (d,Tr)		d (ore)	d (ore)	d (ore)	d (ore)	d (ore)
		1	3	5	12	24
Tr (anni)	2	19.6	27.3	31.7	41.2	50.7
Tr (anni)	5	26.2	36.4	42.4	55.1	67.8
Tr (anni)	10	30.8	42.8	49.9	64.8	79.7
Tr (anni)	25	36.9	51.3	59.7	77.6	95.4
Tr (anni)	50	41.6	57.8	67.3	87.5	107.6
Tr (anni)	100	46.5	64.5	75.2	97.7	120.1

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

La regione Marche rende disponibile la suddivisione di tutta l'area regionale in 1531 bacini. L'area nella quale ricade il progetto fa parte di un bacino che sottende una sezione posta sul fiume denominato Fosso delle Lame che occupa un'area di 4,83 kmq, con un'asta principale, definita dall'alveo Fosso delle Lame, di 2,9 km di sviluppo. L'alveo lambisce il confine nord-ovest,

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	13 of 45

raccogliendo direttamente quota parte delle precipitazioni che interessano la superficie di posa delle strutture fotovoltaiche.

Come si evince dalle immagini di seguito riportate (Figura 5-5 e Figura 5-6) l'area sulla quale ricade l'intervento è interessata da una fitta rete di alvei, i quali dapprima confluiscono in un unico alveo sito a nord dell'impianto, prima di riversarsi sul Fosso delle Lame. Quest'ultimo è un affluente del torrente Fiumicello, il quale a sua volta è un affluente del Fiume Musone.

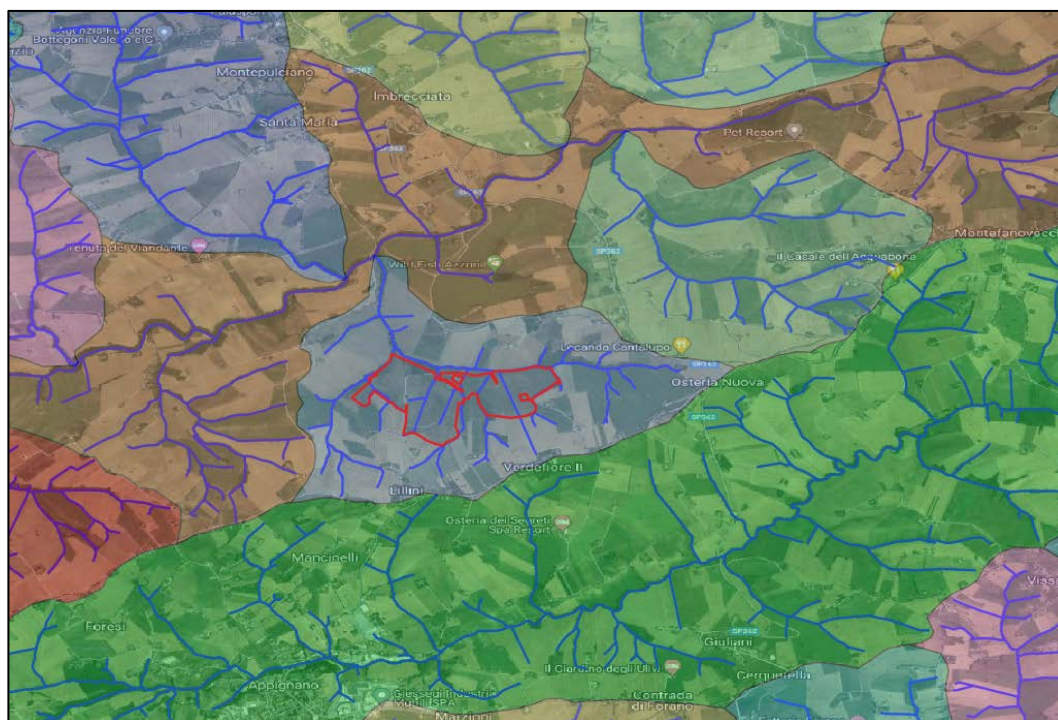



Figura 5-5: Bacini idrografici regione Marche, in rosso l'area di progetto.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	14 of 45

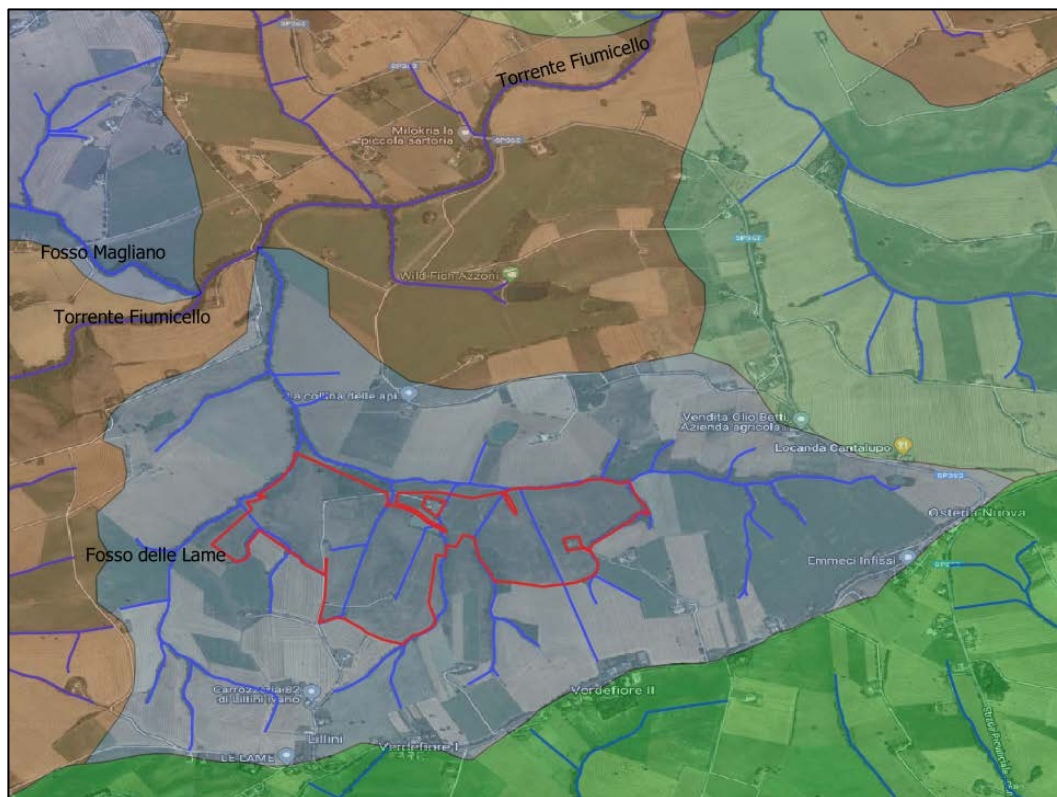


Figura 5-6: Idrografia dell'area di progetto

Nel caso in studio, l'area comprendente il parco fotovoltaico risulta posizione mezzana rispetto al bacino del torrente Fosso delle Lime. Possiamo dunque considerare questo bacino come rappresentativo dell'area di progetto, anche per la definizione del tempo di precipitazione di progetto.


È stato dunque analizzato il bacino idrologico, le cui caratteristiche sono di seguito riportate.

I parametri descrittivi del bacino 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 H_m [m s.l.m.]
- quota della sezione terminale H_o [m s.l.m.]
- quota massima del bacino H_x [m s.l.m.]

Tabella 5-3: Parametri bacino di progetto

Bacino	Superficie	Lunghezza asta principale	Pendenza asta principale	Quota massima	Altitudine media	Quota della sezione di chiusura
	S	L	J	H_x	H_m	H_b
	[km ²]	[km]	[m/m]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]
Idrologico di progetto	4,83	2,9	0.051	250.0	135	75.2

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	15 of 45

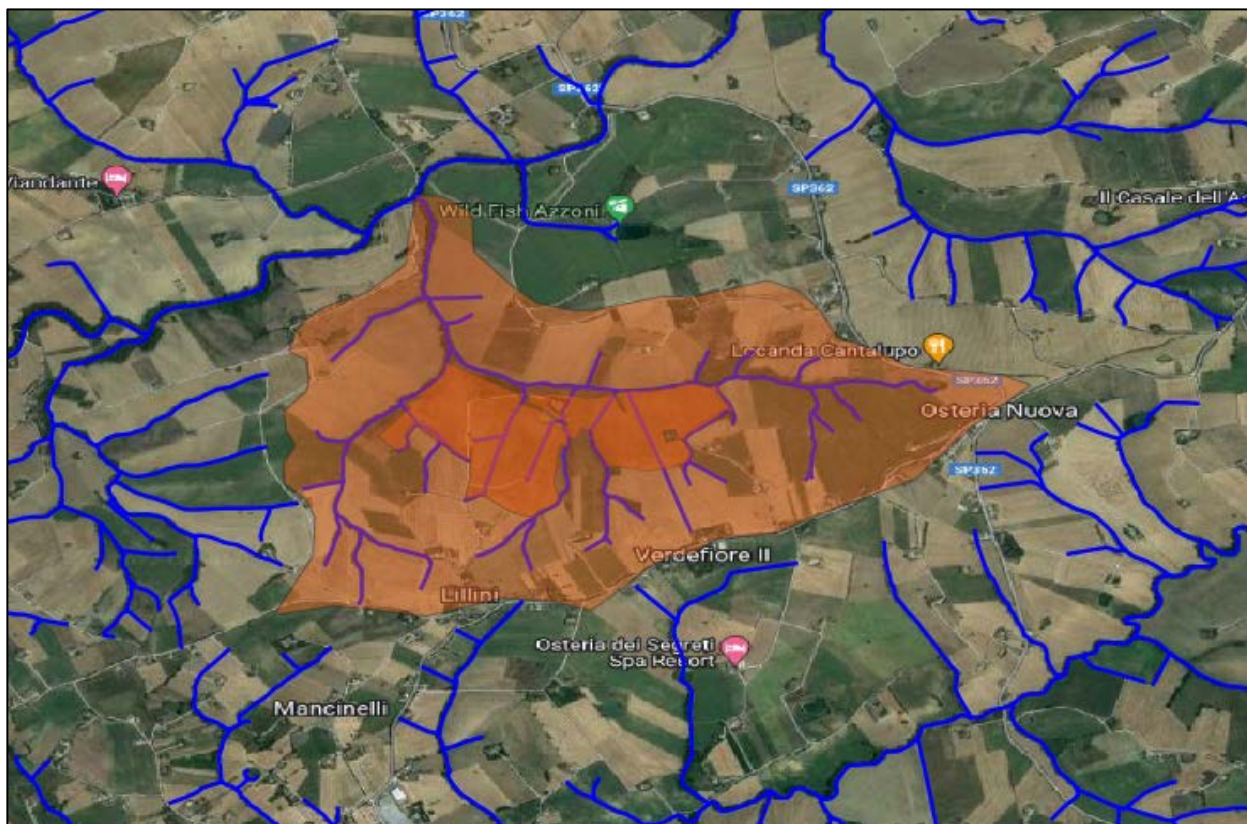


Figura 5-7: : Bacino idrologico

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

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

Per il progetto in questione tutte le formule forniscono valori nettamente contrastanti che vanno da un minimo di 0.55 ore ad un massimo di 2,12 ore. Le formule sono in realtà studiate per offrire valori attendibili su bacini idrografici di estensione maggiore, e vanno comunque valutate in base ai valori ottenuti.


In relazione all'area di progetto si è scelto di considerare un tempo di corrivazione pari a 1 ora, e considerare pertanto una precipitazione di progetto di pari durata.

Dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, per un tempo di ritorno di 50 anni e per una durata di precipitazione pari al tempo di corrivazione otteniamo un'altezza di precipitazione di 41.6 mm.

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

5.3 IL METODO RAZIONALE

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

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	16 of 45

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

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;
- 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 IL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO Φ

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

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

in cui il valore di CN è legato alle caratteristiche del terreno e della copertura vegetale.

Dal sito della regione Marche è possibile scaricare e consultare la carta di uso del suolo, per la cui area in progetto riporta la classificazione del terreno ad uso prettamente seminativo. La legenda usata per la classificazione dell'uso del suolo è quella del Corine Land Cover al secondo livello.


	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	17 of 45



Figura 5-8: : Estratto Carta dell'uso del suolo della Regione Marche (Corine Land Cover, 2008), per l'area in progetto.

Tabella 5-4: Classi uso del suolo Corine Land Cover 2008

Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008		CNII	
		Min	Max
11	Zone urbanizzate	59	92
12	Zone industriali, commerciali e reti di comunicazione	89	98
21	Seminativi	61	96
22	Colture permanenti	62	82
32	Associaz. vegetali arbustive e/o erbacee	35	82
51	Acque continentali	98	98


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

Per l'area in progetto è stato assunto un CNII pari a 80.

Lo stato di imbibimento viene espresso, in modo quali-quantitativo, in base ad un indice di pioggia, ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena.

A seconda di tale valore, vengono identificate le tre classi AMC I, II e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito.

Nell'ipotesi di ACMIII il CN corrispondente risulta 90.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	18 of 45

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

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

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

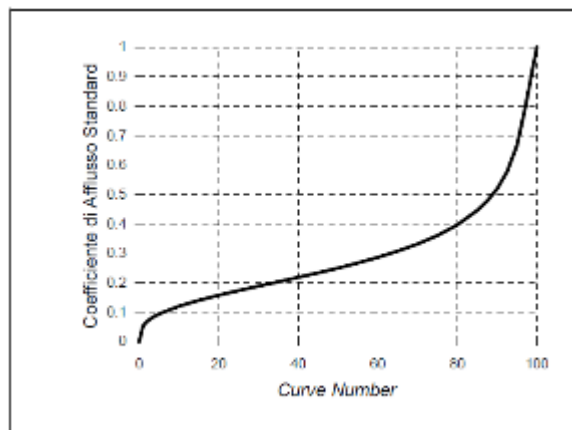


Figura 5-9: Correlazione da letteratura SCS-CN vs. Coefficiente di afflusso/Deflusso.

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro ϕ è stato assunto pari a 0,5.

Valutazione post-operam.

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

L'interasse fra le strutture sarà di circa 10,5 metri. L'altezza in mezzzeria della struttura sarà di circa 2,5 m (rispetto al piano di campagna) con un minimo di 0,50m fino ad un massimo di 4,5m. I tracker non avranno una configurazione fissa ma oscilleranno durante le fasi del giorno. Il tracker si posizionerà stabilmente con un tilt prossimo a zero solo in condizioni di messa in sicurezza in occasione di velocità del vento superiore alla soglia limite.

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


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

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

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

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

Il modello schematizza l'area interessata dalla struttura come composta al 50% da una sezione "Wet" con capacità di infiltrazione non influenzata e collegata alla precedente area di interfila e una

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	19 of 45

sezione “dry” che si assume a favore di sicurezza come non soggetta ad infiltrazione diretta e quindi con coefficiente di deflusso pari a 1.

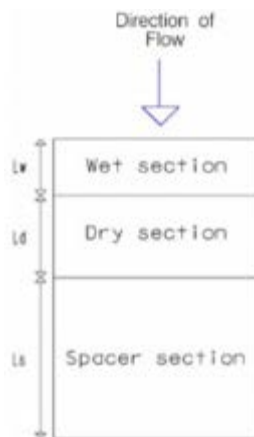


Figura 5-10: 10 modulo tipo descrivente il modello concettuale idrologico dell’installazione di strutture fotovoltaiche a tracker su pali infissi comprendente l’area pannelli (in rosso) e l’area di interfila (Fonte: Hydrologic response of solar farm Cook 2013 American S

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

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

Tabella 5-5:: Valutazione coefficiente di deflusso ante operam/post operam

STATO DI FATTO	AREA (ha)	AREA MODULI (m ²)	PERCENTUALE MODULI SU AREA NETTA INSTALLAZION E PANNELLI	AREA DRY STIMATA HA	PERCENTUALE AREA AVENTE EFFETTO POTENZIALE	COEFFICIENTE DI DEFUSSO ANTE OPERAM ASSUNTO	COEFFICIENTE DI DEFUSSO POST OPERAM STIMATO
coltivato	66.8	139097	21%	7.0	10%	0,50	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 in progetto.

5.5 COEFFICIENTE DI DEFUSSO AREALE

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

- $ARF = 1 - (0.0394 S^{0.354}) T_c (-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(S)))$ per $S < 20 \text{ km}^2$
- $ARF = 1 - (0.0394 S^{0.354}) T_c (-0.40 + 0.003832 (4.6 - \ln(S)))$ per $S > 20 \text{ km}^2$

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

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	20 of 45

5.6 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE OPERAM E POST OPERAM

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

L'area sulla quale si prevede la realizzazione del campo fotovoltaico occupa un'area di circa 66,8 ha, di cui interessata dall'installazione dei pannelli circa 41,2 ha. L'area è interessata da una ramificata rete di drenaggio naturale. Sono state dunque condotte due serie di calcoli sulle portate al colmo, considerando uno stato ante operam con un coefficiente di drenaggio pari 0.5 e uno post operam con un coefficiente di drenaggio di 0,55 considerando il solo contributo dell'area in progetto. I risultati ottenuti sono stati riassunti nella tabella di cui al seguito.

Tabella 5-6: Valutazione portate ante operam - post operam

DESCRIZIONE	TR 50 anni
Area totale S (ha)	66,8
Area S (kmq)	0.67
Coeff. Riduzione areale	1.00
Altezza precipitazione h(t) (mm)	41,6
Intensità (mm/h)	41,6
coefficiente di deflusso Ante Operam	0.50
coefficiente di deflusso Post Operam	0.55
Portata al colmo ante-operam Qcr (m³/s)	11.58
Portata al colmo post-operam senza opere di infiltrazione Qcr (m³/s)	12.73

Lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso pari a circa il 10% principalmente dovuto all'incremento del coefficiente di deflusso nello scenario più critico di terreno saturo.

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


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

Considerata la ridotta area sulla quale insistono i pannelli e le proprietà del terreno in sito, caratterizzato da una bassa permeabilità superficiale, non si ritiene opportuno realizzare particolari opere di dreno superficiale, se non una rete di canali superficiali atti a convogliare il ruscellamento superficiale verso i canali già esistenti e limitare l'erosione superficiale.

6 VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI

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

- Diminuzione del carico di acque meteoriche smaltite nei vari corsi idrici, per lo smaltimento tramite infiltrazione;
- Realizzazione di infrastrutture verdi a vantaggio di quelle grigie;

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	21 of 45

- Rallentamento e riduzione del picco di piena durante piogge intense;

A tal fine si prevede l'utilizzo di:

- canalette in terra

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

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

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

Nel presente studio idraulico sono stati esaminati inoltre i profili di invarianza idraulica e idrologica legati all'intervento in progetto. Infatti, rifacendosi alla direttiva CE 2007/60, è necessario verificare che a seguito di un intervento, le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle aree interessate dall'intervento nei ricettori naturali o artificiali di valle non siano maggiori di quelle preesistenti, assicurare cioè la cosiddetta "Invarianza Idraulica e idrologica" del sito.


A tal fine si rileva che gli interventi previsti possono essere classificati come interventi con Trascurabile impermeabilizzazione potenziale del terreno; in questi casi, data l'esigua quota parte di superficie interessata dalla trasformazione dell'uso del suolo (da Permeabile a Impermeabile), in linea di massima i benefici conseguibili in termini di compensazione dei deflussi non giustificano gli oneri connessi alla previsione di specifiche opere di compensazione. sarà pertanto sufficiente adottare buoni criteri costruttivi delle reti di dreno assicurando adeguato margine di franco nel dimensionamento delle sezioni, riducendo le superfici impermeabili, quali le superfici di viabilità, adottando opportuni criteri realizzativi, quali ad esempio quelli che favoriscano gli effetti di infiltrazione e laminazione delle portate.

A maggior cautela si prevede quindi di sovradimensionare la rete di dreno rispetto alle sole esigenze di trasporto della portata di picco, realizzando nei canali volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle portate in occasione dei picchi di pioggia. A tal fine in corrispondenza dei tiranti idrici massimi, nelle sezioni sarà assicurata un adeguato franco idraulico nelle luci della rete di dreno. Queste previsioni consentono di non considerare alcuna variazione nel calcolo della portata nelle condizioni di progetto rispetto alla situazione ante operam.

I dati sopraesposti completano il quadro conoscitivo generale utile all'impostazione dello studio idraulico, composto da una fase di acquisizione e archiviazione dei dati territoriali e cartografici, di valutazione del livello di degrado, di antropizzazione e di caratterizzazione topografica e geometrica. Nel caso in esame, valutate attentamente le condizioni di applicabilità dei differenti modelli di moto, si condurranno le verifiche in condizioni di moto uniforme sulle canalette in progetto con maggiore portata, nelle loro differenti configurazioni di pendenza al fine di verificarne la funzionalità idraulica sia in termini di portata sia in termini di velocità.

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 tutto il sito tramite un sistema costituito da canalette a cielo aperto che garantiscono il recapito delle acque meteoriche ai recettori esistenti ubicati sia perimetralmente che internamente all'impianto.

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	22 of 45

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

Determinati così i valori di portata, ai fini della modellazione idraulica del sistema di dreno, in via cautelativa, è stata applicata la portata complessiva riferita a ciascun tratto di canale rispettivamente Principale e Secondaria, valutando la funzionalità delle stesse in un range di pendenza compreso tra il 2% ed il 10%, le quali risultano essere le pendenze medie caratteristiche delle canalette.

Si riporta di seguito una rappresentazione schematica delle canalizzazioni.

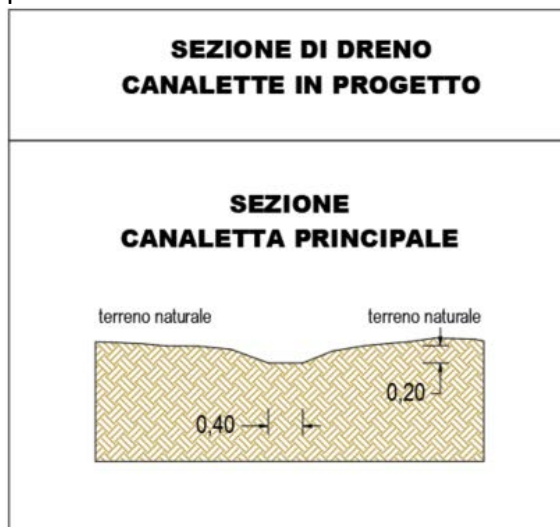


Figura 6-1: Sezioni di progetto canali di dreno


La sezione della canaletta è interessata dunque dalle acque superficiali convogliate dall'intero bacino afferente individuato della superficie complessiva di circa 1.50 ha e convoglia la portata confluyente definita dal tempo di pioggia corrispondente al tempo di accesso in rete e valutata in 20 min, definito in relazione al tempo di corrivazione del bacino, e dall'intensità di pioggia di progetto definita dagli studi idrologici sopra riportati in corrispondenza del tempo di ritorno $T_r=50$ anni e risultante pari a 41,6 mm/h.

In tali condizioni la portata di verifica risulta pari a 0.096 mc/s.

La verifica della canaletta è stata condotta in relazione a quattro diverse configurazioni di pendenza; in particolare nel caso in esame sono state condotte le verifiche per la pendenza pari a 12%; 8%; 4%; e 2%.

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

La disposizione planimetrica delle canalette è stata studiata in relazione alla loro funzione, ubicando le canalette ad interdistanza pressoché costante all'interno delle aree di installazione al fine di

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	23 of 45

scongiorare i fenomeni di ruscellamento incontrollato e nel contempo al fine di garantire la corretta confluenza delle acque verso le canalette principali ed i relativi corpi ricettori più a valle.

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

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

Si prevede di realizzare circa 6300 m di canaline di dreno, uniformemente distribuite su tutta l'area di posa dei pannelli a distanza di circa 60 metri l'una dall'altra.

Lungo le strade si prevede inoltre la realizzazione dei fossi di guardia a protezione del rilevato stradale. I fossi si svilupperanno per circa 4700 metri, andando a confluire nei recettori naturali.

I fossi di guardia avranno pendenze comprese tra il 10% e l'1%, con una profondità di 0,5 m e una larghezza di 0,5 m.

6.2 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.

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

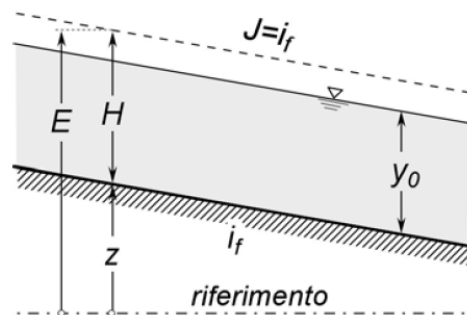



Figura 6-2: Riferimenti di calcolo del moto uniforme

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 k_S è il coefficiente di scabrezza secondo Strickler, A è l'area della sezione trasversale, R_H il raggio idraulico ($R_H=A/c$, essendo c il perimetro bagnato) e i_f la pendenza del fondo.

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

Il coefficiente k_S dovrebbe pertanto essere una "misura" della scabrezza di parete. In realtà nel coefficiente k_S sono normalmente inglobati gli effetti dissipativi di molti fenomeni non inquadrabili

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	24 of 45

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


La progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche si basa sulla caratterizzazione idrologica riportata nei precedenti paragrafi. In particolare sono state identificate l'intensità, la durata e la frequenza delle precipitazioni di breve durata e forte intensità (eventi critici), in riferimento al tempo di ritorno T previsto dalla normativa, pari a 10 anni.

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

6.3 RIEPILOGO DELLE SEZIONI VERIFICATE


Di seguito le caratteristiche dimensionali delle canalette e dei fossi di guardia considerata per la verifica:

Sezione in verifica	Sezione 1.1	Sezione 1.2	Sezione 1.3	Sezione 1.4
Profilo di progetto	Canaletta	Canaletta	Canaletta	Canaletta
Tratto	pendenza massima	pendenza media	pendenza lieve	pendenza minima
Tipo Sezione	Trapezia	Trapezia	Trapezia	Trapezia
Materiale	Terra	Terra	Terra	Terra
Caratteristiche Canale	Terra - naturali con grossi ciottoli o massi in alveo	Terra - naturali con grossi ciottoli o massi in alveo	Terra - naturali con grossi ciottoli o massi in alveo	Terra - naturali con grossi ciottoli o massi in alveo
Base [m]	0.400	0.400	0.400	0.400
Altezza [m]	0.200	0.200	0.200	0.200
Inclinazione Pareti [°]	30°	30°	30°	30°
Pendenza di progetto	12.00 %	8.00 %	4.00 %	2.00 %
Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler
Scabrezza (Consigliato 30)	30.00	30.00	30.00	30.00
Q Tr (2 anni) [mc/s]	0.045	0.045	0.045	0.045
Q Tr (5 anni) [mc/s]	0.061	0.061	0.061	0.061
Q Tr (10 anni) [mc/s]	0.071	0.085	0.085	0.085
Q Tr (25 anni) [mc/s]	0.085	0.096	0.096	0.096
Q Tr (50 anni) [mc/s]	0.096	0.096	0.096	0.096
Q Tr (100 anni) [mc/s]	0.107	0.107	0.107	0.107

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	25 of 45

Sezione in verifica	Sezione 2.1	Sezione 2.2	Sezione 2.3	Sezione 2.4
Profilo di progetto	Fosso di guardia strada	Fosso di guardia strada	Fosso di guardia strada	Fosso di guardia strada
Tratto	pendenza massima	pendenza media	pendenza lieve	pendenza minima
Tipo Sezione	Trapezia	Trapezia	Trapezia	Trapezia
Materiale	Terra	Terra	Terra	Terra
Caratteristiche Canale	Terra con erba	Terra con erba	Terra con erba	Terra con erba
Base [m]	0.500	0.500	0.500	0.500
Altezza [m]	0.500	0.300	0.300	0.300
Inclinazione Pareti [°]	30°	30°	30°	30°
Pendenza di progetto	12.00 %	8.00 %	4.00 %	2.00 %
Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler
Scabrezza (Consigliato 30)	40.00	40.00	40.00	40.00
Q1 [mc/s]	0.050	0.050	0.050	0.050
Q2 [mc/s]	0.100	0.100	0.100	0.100
Q3 [mc/s]	0.200	0.200	0.200	0.200
Q4 [mc/s]	0.300	0.300	0.300	0.300
Q5 [mc/s]	0.400	0.400	0.400	0.400
Q6 [mc/s]	0.500	0.500	0.500	0.500

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

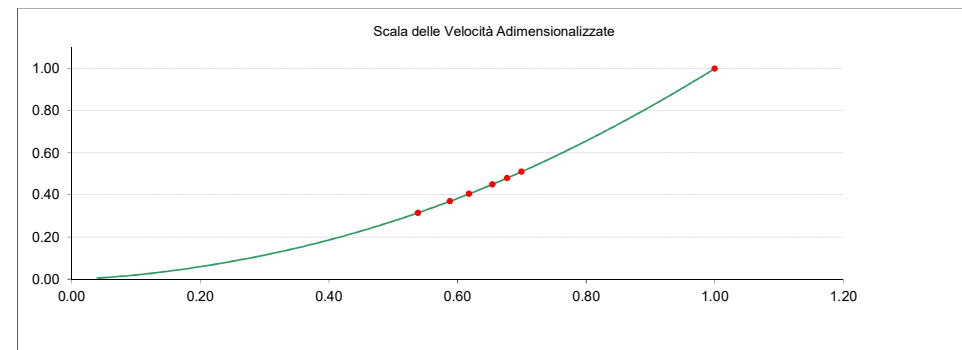
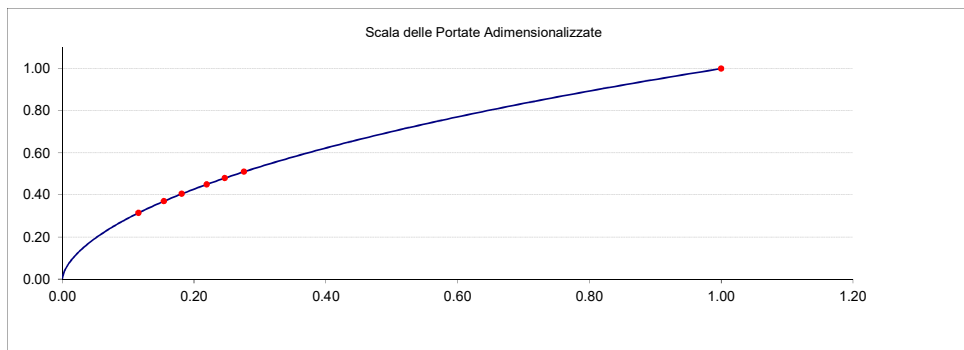
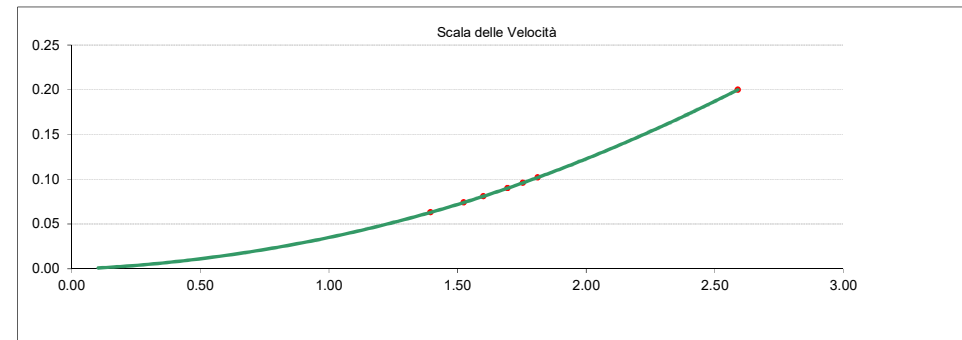
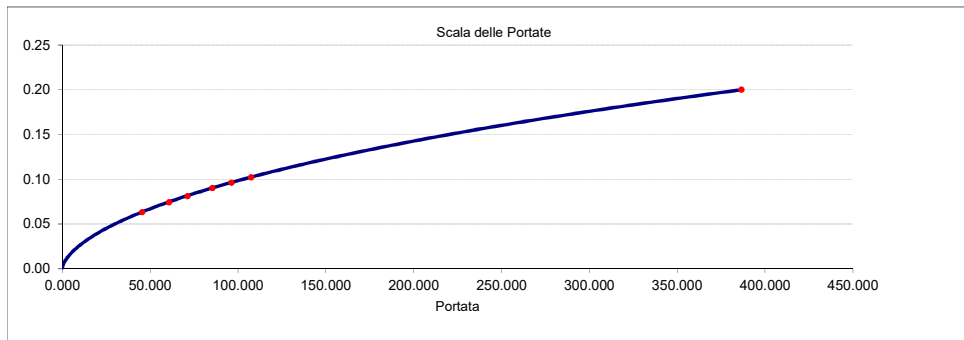
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	26 of 45


6.4 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.1

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

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione
Portata Massima	Qmax	386.608	Base	B	0.40	Trapezia
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	45.400	Altezza	H	0.20	Terra
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	60.700	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - naturali con grossi ciottoli o massi in alveo
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	71.400	Coefficiente di inclinazione	n	1.73	
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	85.400	Pendenza di progetto	i	12.00%	Note: Nessuna
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - Verifica	96.300	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler		
Portata di progetto Q6	Q Tr (100 anni)	107.500	Scabrezza (Consigliato 30)	ks	30.00	

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 45.40 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 60.70 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 71.40 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 85.40 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 96.30 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 107.50 [l/s])	Massima portata (Q= 386.61 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - Verifica	Q Tr (100 anni)	Qmax
Portata di verifica [l/s]	45.40	60.70	71.40	85.40	96.30	107.50	386.61
percentuale riempimento [%]	32%	37%	41%	45%	48%	51%	100%
Tirante idrico [m]	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10	0.20
Area Bagnata [mq]	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.15
Contorno Bagnato [m]	0.65	0.70	0.72	0.76	0.78	0.81	1.20
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.62	0.66	0.68	0.71	0.73	0.75	1.09
Raggio Idraulico [m]	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.12
c [-]	18.16	18.56	18.79	19.06	19.23	19.39	21.20
Velocità del flusso [m/s]	1.40	1.52	1.60	1.69	1.75	1.81	2.59
V/Vr [%]	0.54	0.59	0.62	0.65	0.68	0.70	1.00
Q/Qr [%]	0.12	0.15	0.18	0.22	0.25	0.28	1.00



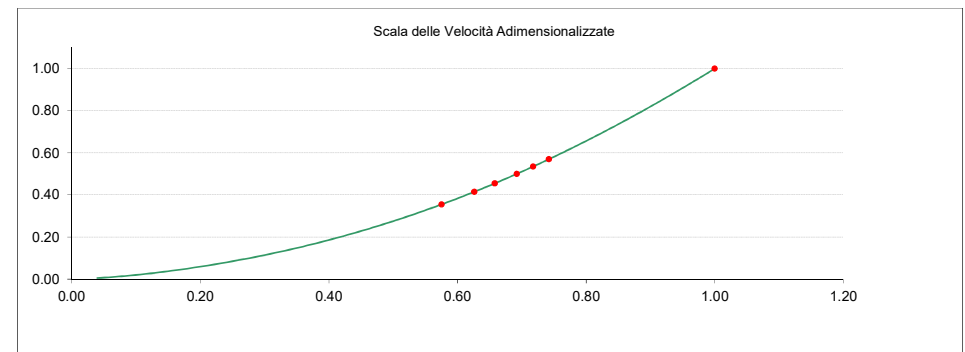
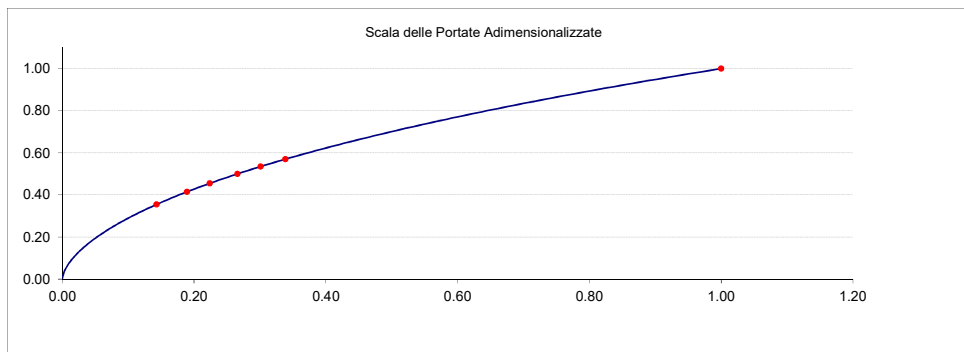
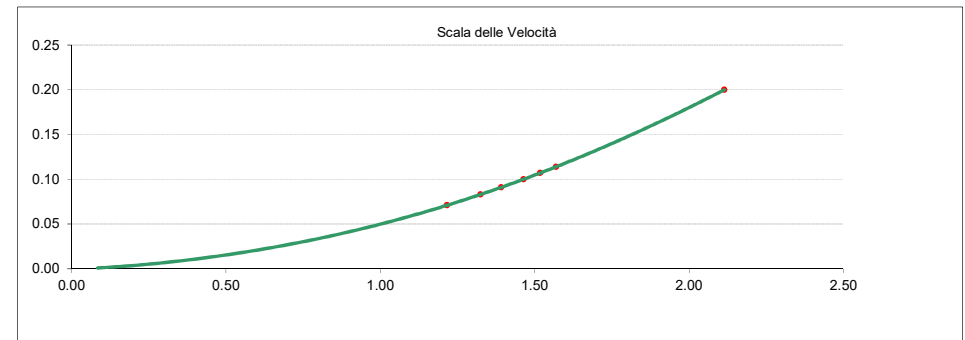
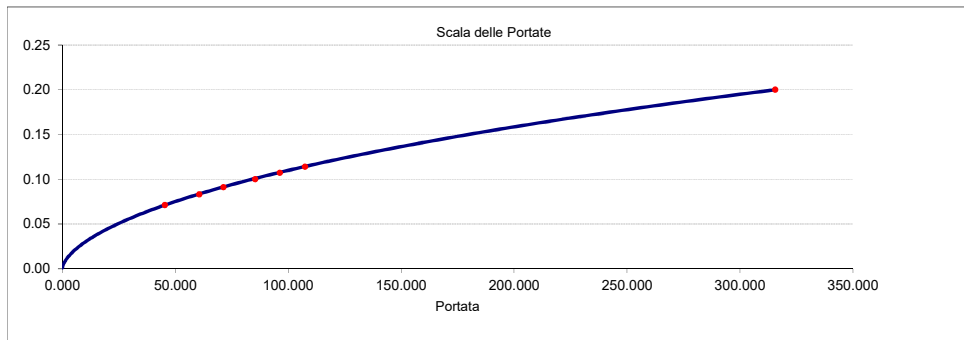
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	28 of 45


6.5 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.2

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

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	315.664	Base	B	0.40	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	45.400	Altezza	H	0.20	Terra	
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	60.700	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - naturali con grossi ciottoli o massi in alveo	
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	71.400	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	85.400	Pendenza di progetto	i	8.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - Verifica	96.300	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q Tr (100 anni)	107.500	Scabrezza (Consigliato 30)	ks	30.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 45.40 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 60.70 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 71.40 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 85.40 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 96.30 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 107.50 [l/s])	Massima portata (Q= 315.66 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - Verifica	Q Tr (100 anni)	Qmax
Portata di verifica [l/s]	45.40	60.70	71.40	85.40	96.30	107.50	315.66
percentuale riempimento [%]	36%	42%	46%	50%	54%	57%	100%
Tirante idrico [m]	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.11	0.20
Area Bagnata [mq]	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.15
Contorno Bagnato [m]	0.68	0.73	0.76	0.80	0.83	0.86	1.20
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.65	0.69	0.72	0.75	0.77	0.79	1.09
Raggio Idraulico [m]	0.05	0.06	0.07	0.07	0.08	0.08	0.12
c [-]	18.46	18.86	19.09	19.33	19.51	19.67	21.20
Velocità del flusso [m/s]	1.22	1.32	1.39	1.46	1.52	1.57	2.11
V/Vr [%]	0.58	0.63	0.66	0.69	0.72	0.74	1.00
Q/Qr [%]	0.14	0.19	0.22	0.27	0.30	0.34	1.00



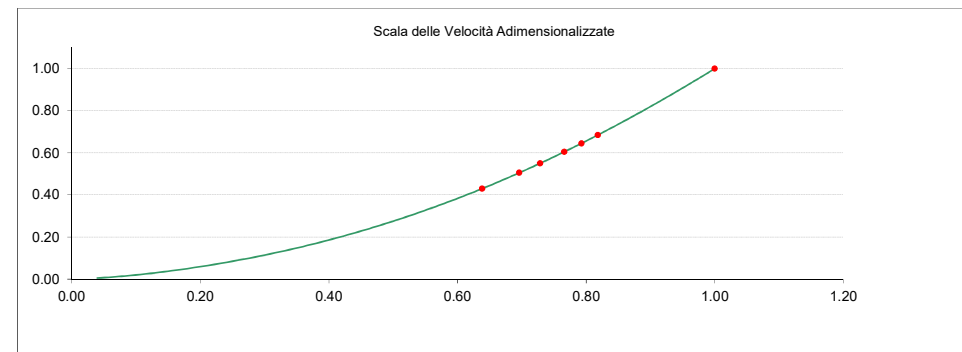
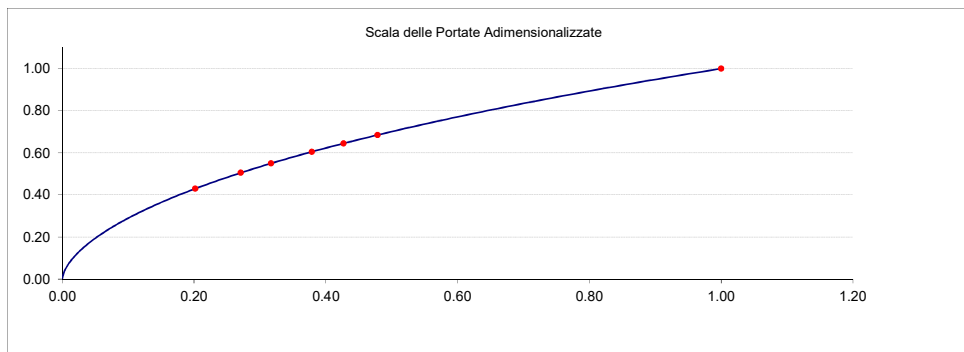
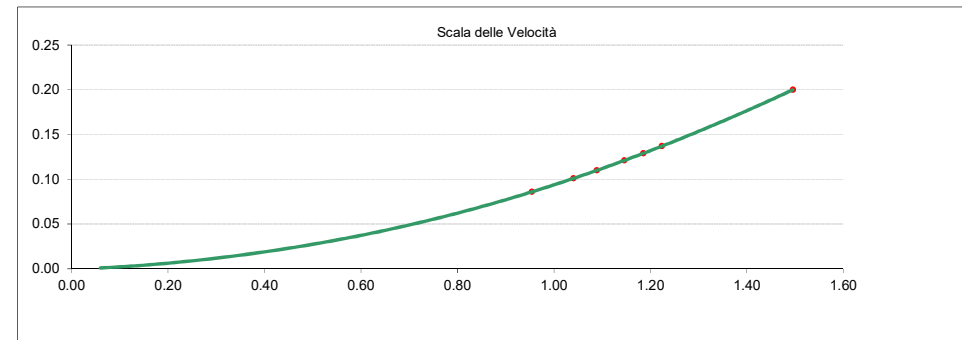
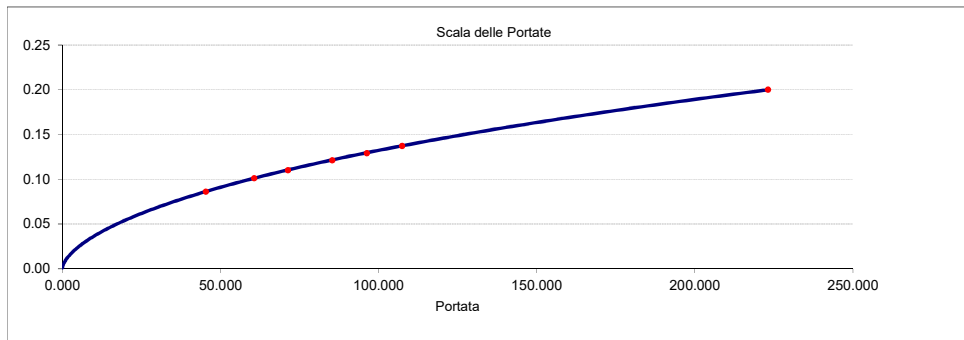
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	30 of 45


6.6 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.3

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

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	223.208	Base	B	0.40	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	45.400	Altezza	H	0.20	Terra	
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	60.700	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - naturali con grossi ciottoli o massi in alveo	
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	71.400	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	85.400	Pendenza di progetto	i	4.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - Verifica	96.300	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q Tr (100 anni)	107.500	Scabrezza (Consigliato 30)	ks	30.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 45.40 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 60.70 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 71.40 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 85.40 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 96.30 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 107.50 [l/s])	Massima portata (Q= 223.21 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - Verifica	Q Tr (100 anni)	Qmax
Portata di verifica [l/s]	45.40	60.70	71.40	85.40	96.30	107.50	223.21
percentuale riempimento [%]	43%	51%	55%	61%	65%	69%	100%
Tirante idrico [m]	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.20
Area Bagnata [mq]	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.15
Contorno Bagnato [m]	0.74	0.80	0.84	0.88	0.92	0.95	1.20
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.70	0.75	0.78	0.82	0.85	0.87	1.09
Raggio Idraulico [m]	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.12
c [-]	18.95	19.36	19.58	19.83	20.00	20.16	21.20
Velocità del flusso [m/s]	0.95	1.04	1.09	1.15	1.19	1.22	1.50
V/Vr [%]	0.64	0.70	0.73	0.77	0.79	0.82	1.00
Q/Qr [%]	0.20	0.27	0.32	0.38	0.43	0.48	1.00



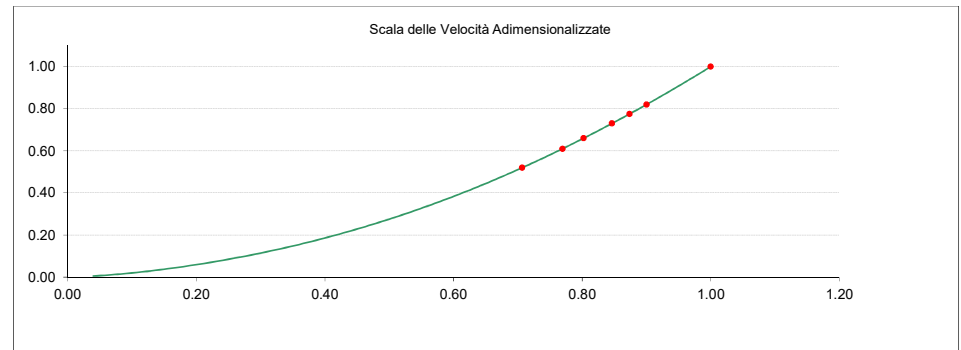
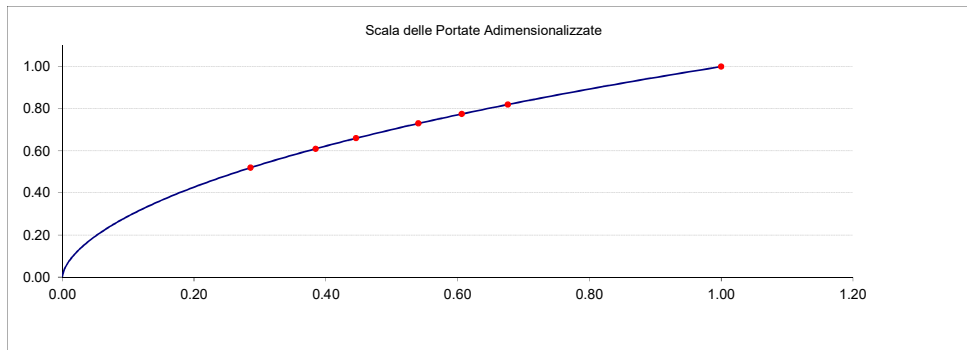
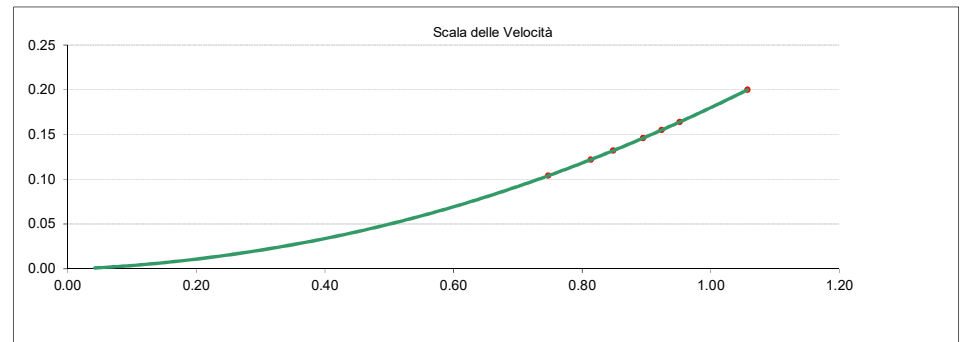
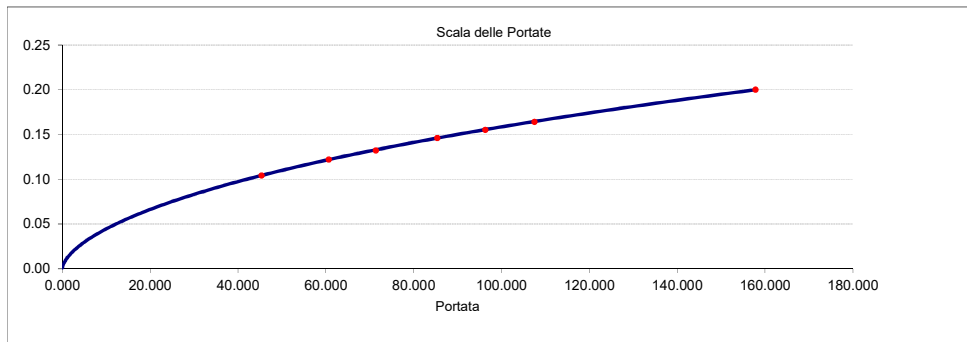
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	32 of 45


6.7 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.4

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

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	157.832	Base	B	0.40	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	45.400	Altezza	H	0.20	Terra	
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	60.700	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - naturali con grossi ciottoli o massi in alveo	
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	71.400	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	85.400	Pendenza di progetto	i	2.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - Verifica	96.300	Parametro di Scabrezza	Gaukler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q Tr (100 anni)	107.500	Scabrezza (Consigliato 30)	ks	30.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 45.40 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 60.70 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 71.40 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 85.40 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 96.30 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 107.50 [l/s])	Massima portata (Q= 157.83 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - Verifica	Q Tr (100 anni)	Qmax
Portata di verifica [l/s]	45.40	60.70	71.40	85.40	96.30	107.50	157.83
percentuale riempimento [%]	52%	61%	66%	73%	78%	82%	100%
Tirante idrico [m]	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.16	0.20
Area Bagnata [mq]	0.06	0.07	0.08	0.10	0.10	0.11	0.15
Contorno Bagnato [m]	0.82	0.89	0.93	0.98	1.02	1.06	1.20
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.76	0.82	0.86	0.91	0.94	0.97	1.09
Raggio Idraulico [m]	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10	0.11	0.12
c [-]	19.44	19.85	20.06	20.33	20.49	20.65	21.20
Velocità del flusso [m/s]	0.75	0.81	0.85	0.89	0.92	0.95	1.06
V/Vr [%]	0.71	0.77	0.80	0.85	0.87	0.90	1.00
Q/Qr [%]	0.29	0.38	0.45	0.54	0.61	0.68	1.00



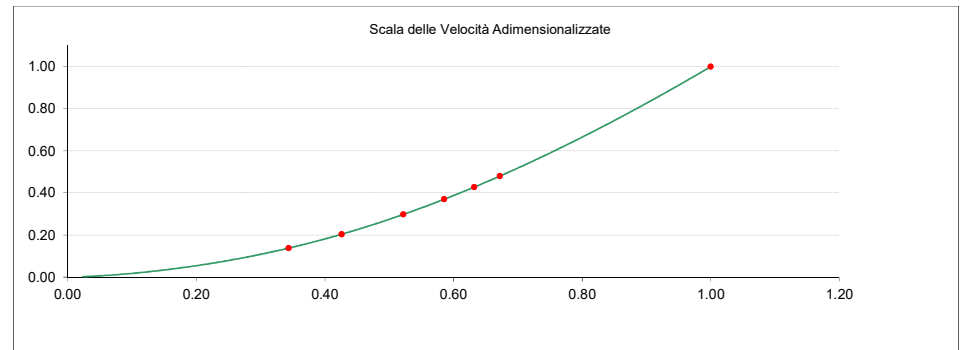
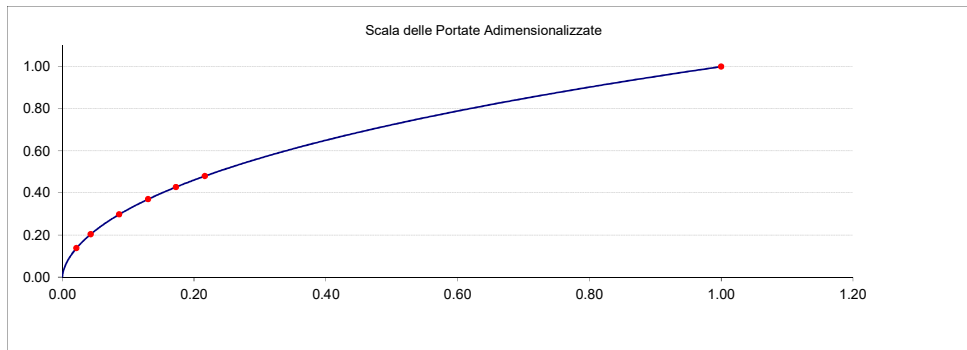
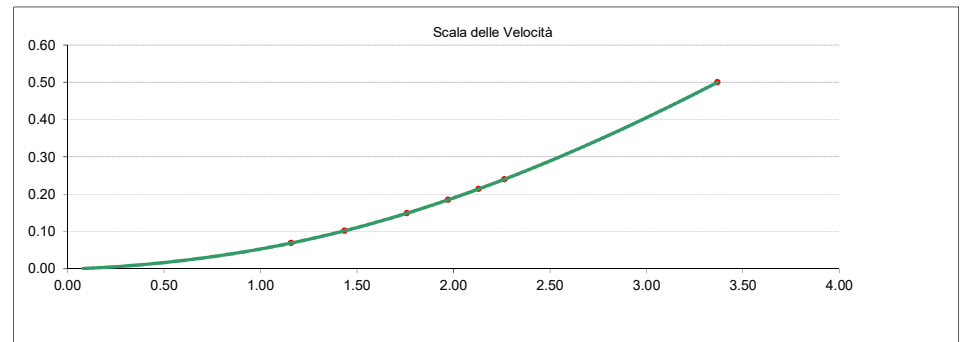
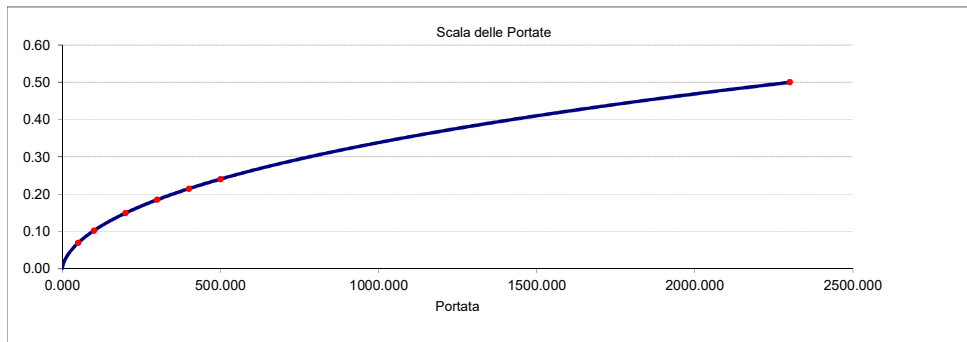
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA <i>Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)</i>	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	34 of 45


6.8 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.1

Verifica delle sezioni idrauliche: Sezione 2.1 - Fosso di guardia strada - -

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	2300.619	Base	B	0.50	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q1	50.000	Altezza	H	0.50	Terra	
Portata di progetto Q2	Q2	100.000	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba	
Portata di progetto Q3	Q3	200.000	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q4	300.000	Pendenza di progetto	i	4.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q5	400.000	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q6	500.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 50.00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 100.00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 200.00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 300.00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 400.00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 500.00 [l/s])	Massima portata (Q= 2300.62 [l/s])
ID Portata	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	2300.62
percentuale riempimento [%]	14%	20%	30%	37%	43%	48%	100%
Tirante idrico [m]	0.07	0.10	0.15	0.19	0.21	0.24	0.50
Area Bagnata [mq]	0.04	0.07	0.11	0.15	0.19	0.22	0.68
Contorno Bagnato [m]	0.78	0.91	1.10	1.24	1.36	1.46	2.50
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.74	0.85	1.02	1.14	1.24	1.33	2.23
Raggio Idraulico [m]	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.15	0.27
c [-]	24.67	26.03	27.39	28.19	28.73	29.17	32.22
Velocità del flusso [m/s]	1.16	1.44	1.76	1.97	2.13	2.26	3.37
V/Vr [%]	0.34	0.43	0.52	0.59	0.63	0.67	1.00
Q/Qr [%]	0.02	0.04	0.09	0.13	0.17	0.22	1.00



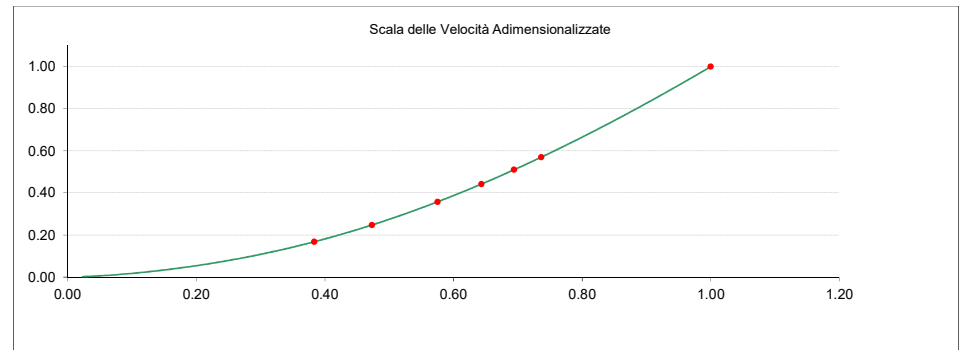
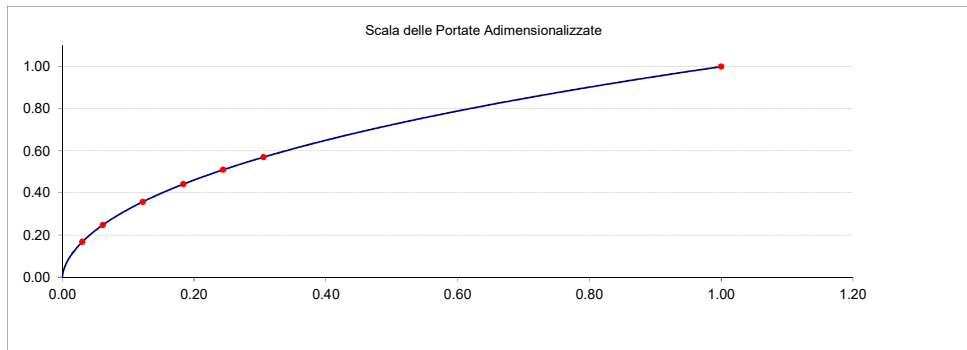
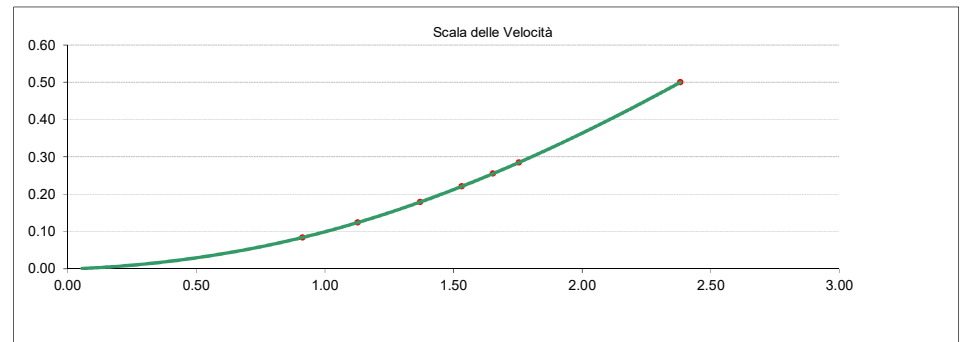
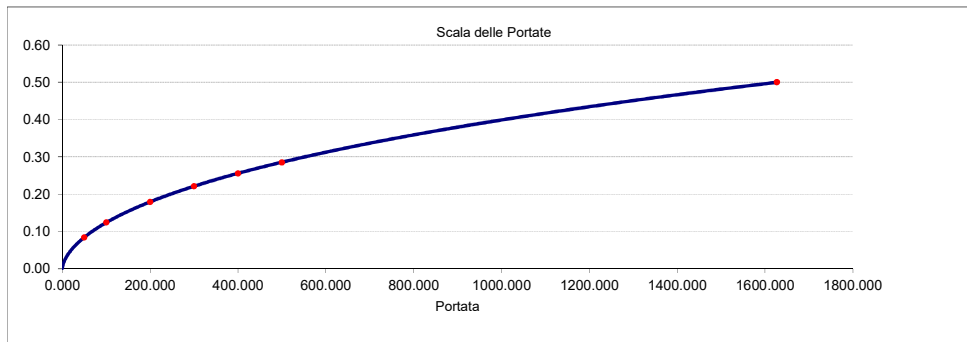
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	36 of 45


6.9 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.2

Verifica delle sezioni idrauliche: Sezione 2.2 - Fosso di guardia strada - -

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	1626.783	Base	B	0.50	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q1	50.000	Altezza	H	0.50	Terra	
Portata di progetto Q2	Q2	100.000	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba	
Portata di progetto Q3	Q3	200.000	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q4	300.000	Pendenza di progetto	i	2.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q5	400.000	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q6	500.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 50.00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 100.00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 200.00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 300.00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 400.00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 500.00 [l/s])	Massima portata (Q= 1626.78 [l/s])
ID Portata	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	1626.78
percentuale riempimento [%]	17%	25%	36%	44%	51%	57%	100%
Tirante idrico [m]	0.08	0.12	0.18	0.22	0.26	0.29	0.50
Area Bagnata [mq]	0.05	0.09	0.14	0.20	0.24	0.28	0.68
Contorno Bagnato [m]	0.84	1.00	1.22	1.38	1.52	1.64	2.50
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.79	0.93	1.12	1.27	1.38	1.49	2.23
Raggio Idraulico [m]	0.06	0.09	0.12	0.14	0.16	0.17	0.27
c [-]	25.35	26.73	28.06	28.86	29.41	29.85	32.22
Velocità del flusso [m/s]	0.91	1.13	1.37	1.53	1.65	1.75	2.38
V/Vr [%]	0.38	0.47	0.58	0.64	0.69	0.74	1.00
Q/Qr [%]	0.03	0.06	0.12	0.18	0.24	0.31	1.00



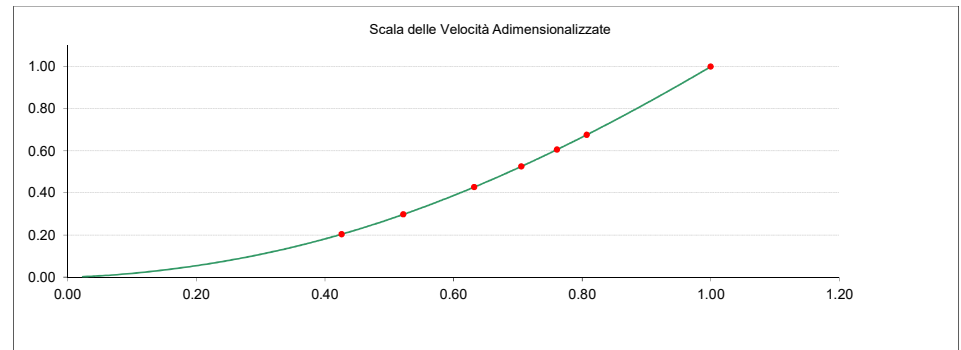
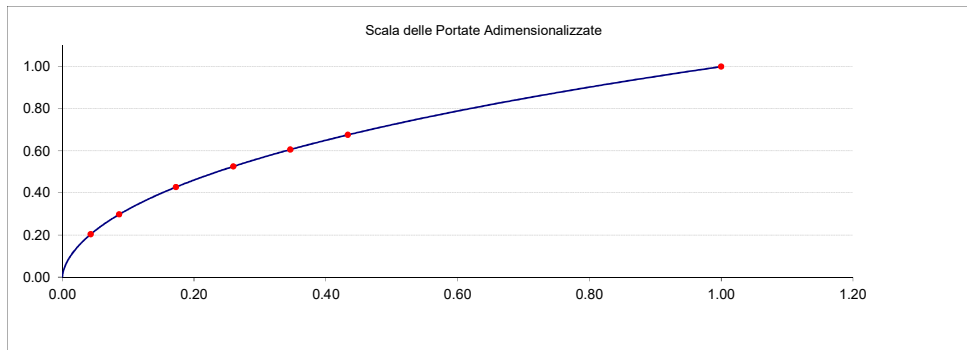
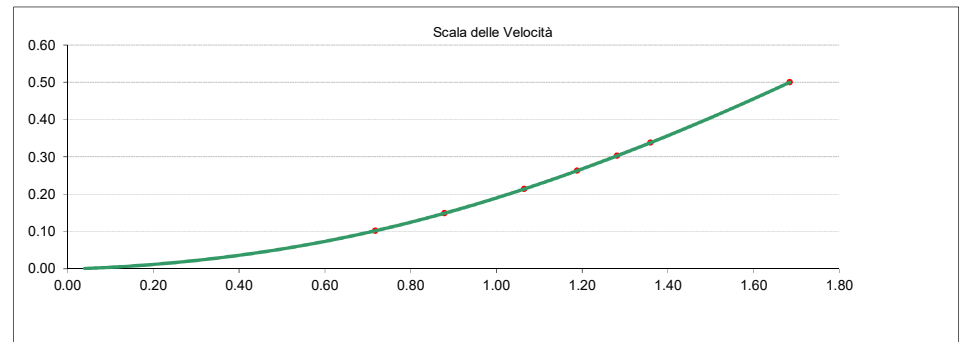
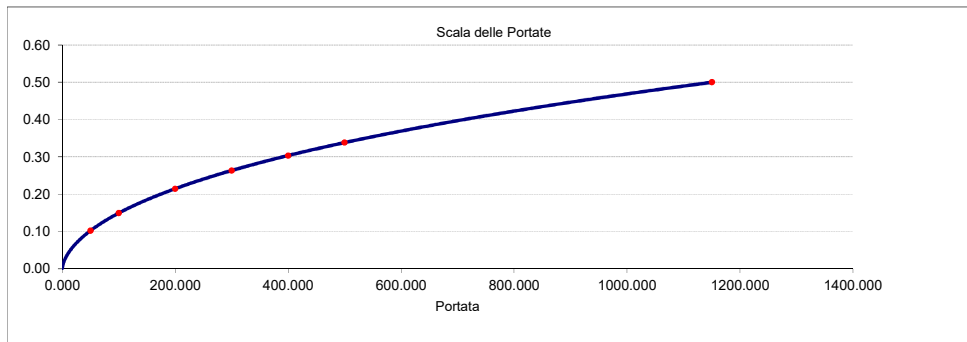
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	38 of 45


6.10 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.3

Verifica delle sezioni idrauliche: Sezione 2.3 - Fosso di guardia strada - -

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	1150.309	Base	B	0.50	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q1	50.000	Altezza	H	0.50	Terra	
Portata di progetto Q2	Q2	100.000	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba	
Portata di progetto Q3	Q3	200.000	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q4	300.000	Pendenza di progetto	i	1.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q5	400.000	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q6	500.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 50.00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 100.00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 200.00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 300.00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 400.00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 500.00 [l/s])	Massima portata (Q= 1150.31 [l/s])
ID Portata	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	1150.31
percentuale riempimento [%]	20%	30%	43%	53%	61%	68%	100%
Tirante idrico [m]	0.10	0.15	0.21	0.26	0.30	0.34	0.50
Area Bagnata [mq]	0.07	0.11	0.19	0.25	0.31	0.37	0.68
Contorno Bagnato [m]	0.91	1.10	1.36	1.55	1.71	1.85	2.50
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.85	1.02	1.24	1.41	1.55	1.67	2.23
Raggio Idraulico [m]	0.08	0.10	0.14	0.16	0.18	0.20	0.27
c [-]	26.03	27.39	28.73	29.53	30.09	30.54	32.22
Velocità del flusso [m/s]	0.72	0.88	1.07	1.19	1.28	1.36	1.68
V/Vr [%]	0.43	0.52	0.63	0.71	0.76	0.81	1.00
Q/Qr [%]	0.04	0.09	0.17	0.26	0.35	0.43	1.00



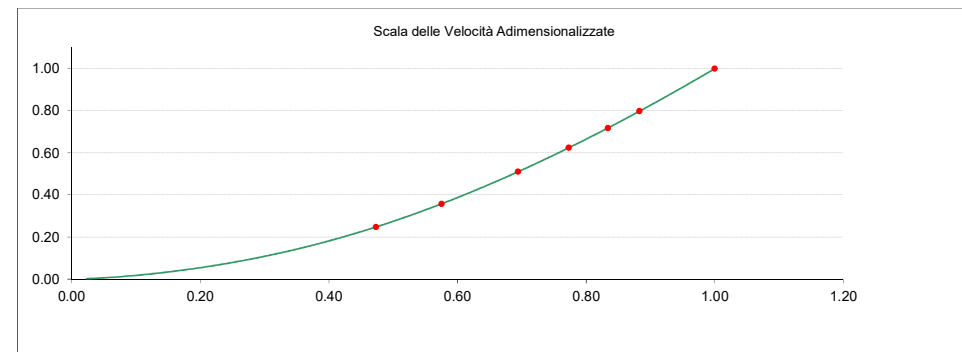
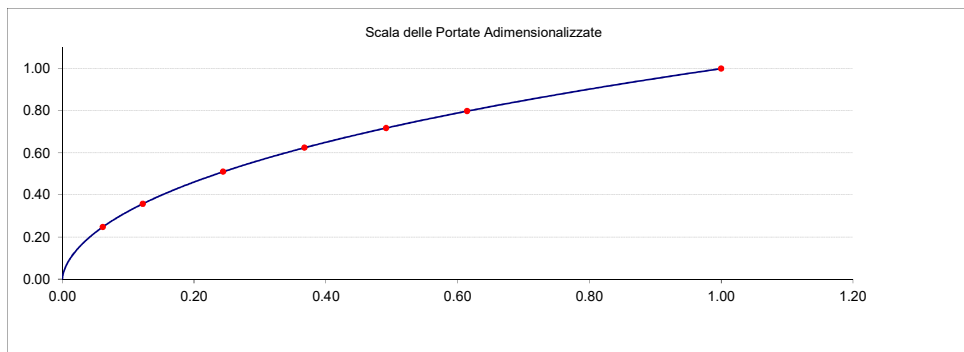
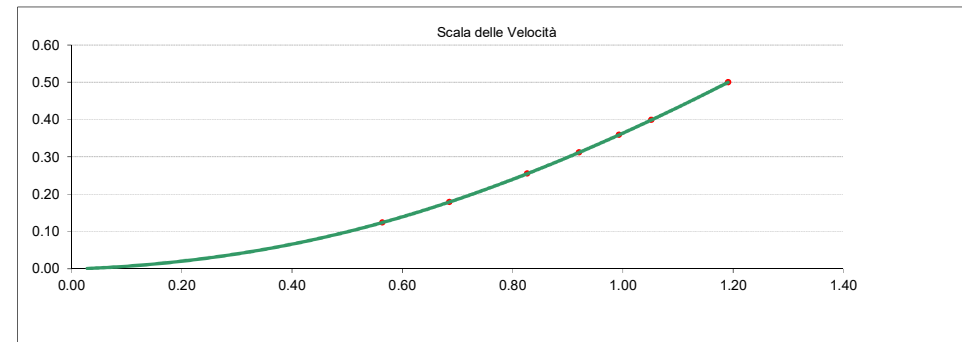
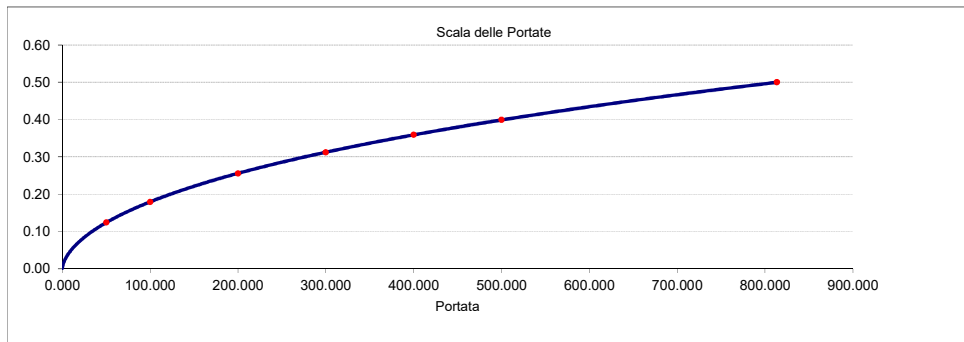
	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA <i>Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)</i>	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	40 of 45


6.11 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.4

Verifica delle sezioni idrauliche: Sezione 2.4 - Fosso di guardia strada - -

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	813.391	Base	B	0.50	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q1	50.000	Altezza	H	0.50	Terra	
Portata di progetto Q2	Q2	100.000	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba	
Portata di progetto Q3	Q3	200.000	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q4	300.000	Pendenza di progetto	i	0.50%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q5	400.000	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q6	500.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 50.00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 100.00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 200.00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 300.00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 400.00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 500.00 [l/s])	Massima portata (Q= 813.39 [l/s])
ID Portata	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	50.00	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	813.39
percentuale riempimento [%]	25%	36%	51%	62%	72%	80%	100%
Tirante idrico [m]	0.12	0.18	0.26	0.31	0.36	0.40	0.50
Area Bagnata [mq]	0.09	0.14	0.24	0.32	0.40	0.48	0.68
Contorno Bagnato [m]	1.00	1.22	1.52	1.75	1.94	2.10	2.50
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.93	1.12	1.38	1.58	1.74	1.88	2.23
Raggio Idraulico [m]	0.09	0.12	0.16	0.19	0.21	0.23	0.27
c [-]	26.73	28.06	29.41	30.21	30.79	31.24	32.22
Velocità del flusso [m/s]	0.56	0.69	0.83	0.92	0.99	1.05	1.19
V/Vr [%]	0.47	0.58	0.69	0.77	0.83	0.88	1.00
Q/Qr [%]	0.06	0.12	0.24	0.37	0.49	0.61	1.00



	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	42 of 45

7 CONCLUSIONI

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

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

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

In merito allo stato post operam è stato valutato l'impatto dell'installazione di strutture tracker monoassiale di progetto. Vista l'interdistanza esistente tra le strutture 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 di tracker. Analogamente si può affermare delle platee di appoggio delle cabine che avranno un'area trascurabile rispetto all'intera estensione delle aree.


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

Nelle aree interessate dal progetto, durante la fase post-operam nello scenario più cautelativo, si registrerebbe un incremento dei deflussi totali di circa il 10%.

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

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

Tale scelta consente di evitare di modificare la rete naturale, permettendo ai deflussi superficiali di seguire i percorsi naturali, senza interferenze dovute alla costruzione della viabilità, alla disposizione

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	43 of 45

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

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

Tutto ciò contribuisce alla riduzione dell'impatto delle opere.

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

In merito all'uso del suolo post-operam per le aree interne alla recinzione dell'impianto (nelle interfila dei moduli fotovoltaici) è prevista l'utilizzo come pascolo o seminativo.

Inoltre, per l'area interna alla recinzione dove non sarà possibile il proseguo dell'attività agricola si prevede, di conservare e ove necessario integrare l'inerbimento a prato permanente.


La manutenzione dell'inerbimento verrà effettuata con sfalcio periodico e rilascio in loco del materiale sfalcato. Tale pratica, oltre a ridurre al minimo il rischio di lisciviazione dell'azoto ed erosione, contribuisce al mantenimento della fertilità con apporti continui di sostanza organica al terreno.

Il tappeto erboso che si intende realizzare sarà un prato essenzialmente rustico con la finalità principale di preservare le caratteristiche agronomiche del suolo e la sua fertilità.

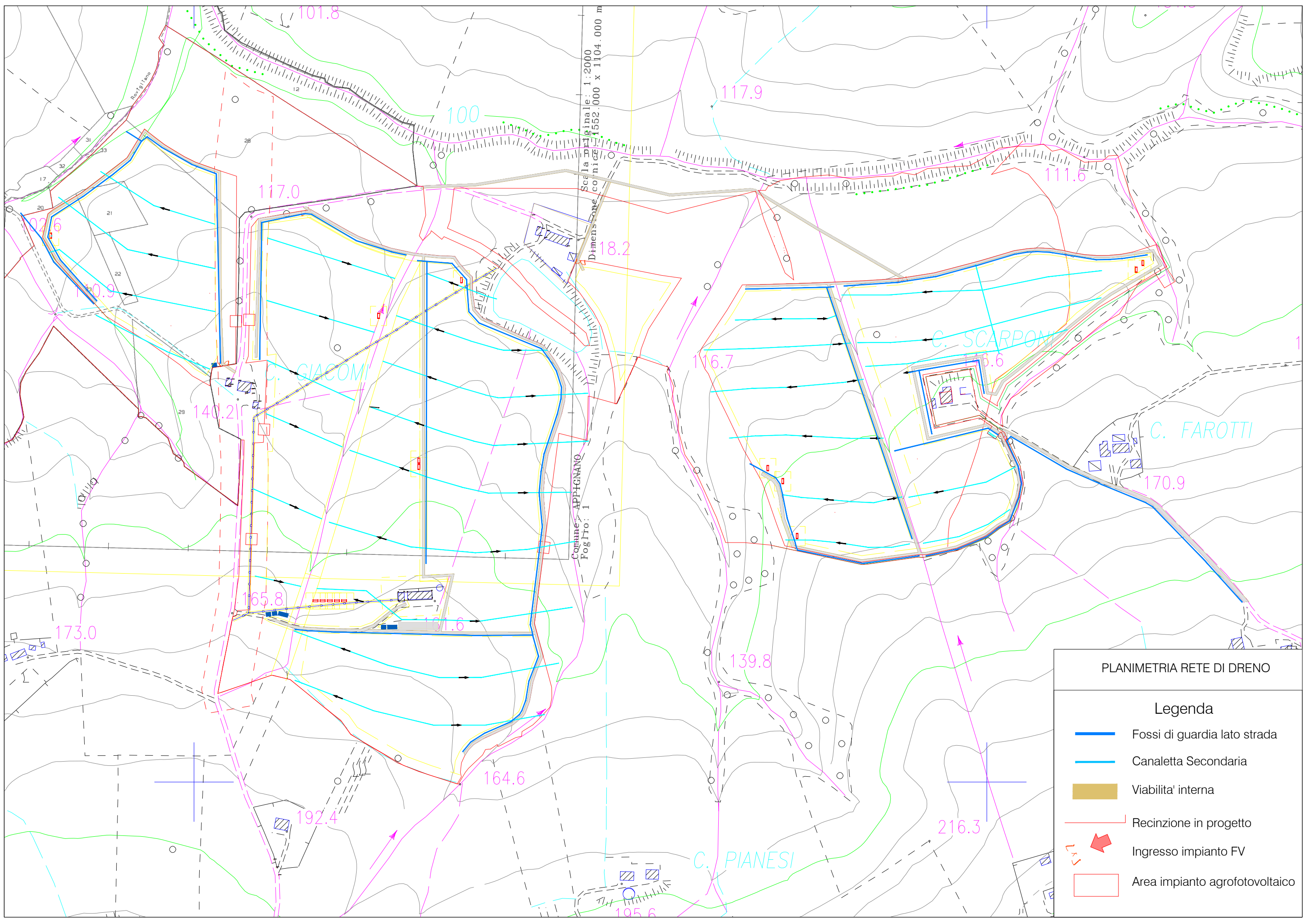
Numerosi sono i vantaggi dell'inerbimento permanente:

- Limitazione fortemente l'erosione del suolo provocata dalle acque e dal vento;
- importante funzione di depurazione delle acque;
- Riduzione le perdite di elementi nutritivi per lisciviazione grazie all'assorbimento da parte delle piante erbacee;
- Miglioramento la fertilità del suolo, attraverso l'aumento di sostanza organica;
- Produzione O₂ e immagazzinando carbonio atmosferico;
- Miglioramento l'impatto paesaggistico e la gestione è in genere poco onerosa.

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

	IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA (AGRIVOLTAICO) COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 28,48 MWp – AC 24,96 MVA Località C. Giacconi – Comune di Appignano (MC)	Rev.	0
	21-00005-IT-APPIGNANO_CV-R05 RELAZIONE IDRAULICA	Sheet	44 of 45

8 ALLEGATO 1 – SISTEMA DRENAGGIO – IMPIANTO



PLANIMETRIA RETE DI DRENO

Legenda

- Fossi di guardia lato strada
- Canaletta Secondaria
- Viabilita' interna
- Recinzione in progetto
- ↙ Ingresso impianto FV
- Area impianto agrofotovoltaico