

**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 25,3 MWp – 22,2 MVA**  
**Località "Tenuta Boccea"- Comune di Roma**

**RELAZIONE IDROLOGICA ED IDRAULICA**

**21-00016-IT-BOCCEA\_CV-R09**

**PROPONENTE:**

**TEP RENEWABLES (BOCCEA PV) S.R.L.**  
**Viale SHAKESPEARE, 71 – 00144 Roma**  
**P. IVA e C.F. 16376271009 – REA RM - 1653227**

**PROGETTISTI:**

**ING. MATTEO BERTONERI**  
**Iscritto all' Ordine degli Ingegneri della Provincia di Massa Carrara al n.669**

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

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

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	2 of 50

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>STATO DI FATTO.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>LOCALIZZAZIONE IMPIANTO.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DATI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>RILIEVO.....</b>	<b>6</b>
3.1.1	Rilievo Topografico.....	6
<b>3.2</b>	<b>NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>COMPATIBILITÀ CON LE NTA DEL PAI.....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO .....</b>	<b>10</b>
<b>6.1</b>	<b>ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE .....</b>	<b>10</b>
<b>6.2</b>	<b>BASE DATI UTILIZZATA .....</b>	<b>11</b>
<b>6.3</b>	<b>TCEV – PRECIPITAZIONI GIORNALIERE .....</b>	<b>11</b>
6.3.1	Piogge brevi.....	14
<b>6.4</b>	<b>LEGGI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICHE.....</b>	<b>14</b>
6.4.1	Piogge giornaliere.....	14
6.4.2	Piogge brevi.....	15
6.4.3	Metodo delle zone omogenee .....	15
<b>6.5</b>	<b>CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEL BACINO .....</b>	<b>19</b>
<b>6.6</b>	<b>METODO RAZIONALE .....</b>	<b>21</b>
<b>6.7</b>	<b>IL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO .....</b>	<b>21</b>
<b>6.8</b>	<b>IL COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE .....</b>	<b>25</b>
<b>6.9</b>	<b>MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI - STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST OPERAM .....</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI .....</b>	<b>26</b>
<b>7.1</b>	<b>ANALISI DEI CRITERI DI VERIFICA DEI SISTEMI DI DRENAGGIO.....</b>	<b>27</b>
<b>7.2</b>	<b>CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DELLE ACQUE DI COPERTURA .....</b>	<b>28</b>
<b>7.3</b>	<b>VERIFICA IDRAULICA IN MOTO UNIFORME DELLE SEZIONI .....</b>	<b>28</b>
<b>7.4</b>	<b>RIEPILOGO DELLE SEZIONI VERIFICATE.....</b>	<b>29</b>
<b>7.5</b>	<b>SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.1 .....</b>	<b>31</b>
<b>7.6</b>	<b>SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.2 .....</b>	<b>33</b>
<b>7.7</b>	<b>SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.3 .....</b>	<b>35</b>

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	3 of 50

<b>7.8</b>	<b>SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.4 .....</b>	<b>37</b>
<b>7.9</b>	<b>SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.1 .....</b>	<b>39</b>
<b>7.10</b>	<b>SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.2 .....</b>	<b>41</b>
<b>7.11</b>	<b>SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.3 .....</b>	<b>43</b>
<b>7.12</b>	<b>SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.4 .....</b>	<b>45</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>47</b>
<b>9</b>	<b>ALLEGATO 1 – SISTEMA DI DRENAGGIO – RETE DI DRENO.....</b>	<b>49</b>

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	4 of 50

## 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 Lazio oltre che alle risultanze dei rilievi topografici eseguiti in situ.

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

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

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

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

## 2 STATO DI FATTO

### 2.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

Il progetto in esame è ubicato nel territorio comunale di Roma (RM) nel quartiere Boccea a 8 km a Nord-Ovest dal Municipio XIV di Roma e a 15,5 km dal mare.

L’area deputata all’installazione dell’impianto fotovoltaico dista circa 5,5 km in linea d’aria dalla strada statale 493 la quale risulta raggiungibile attraverso Via di Santa Maria di Galeria. Questa area in oggetto risulta essere adatta allo scopo avendo una buona esposizione ed essendo facilmente raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	5 of 50

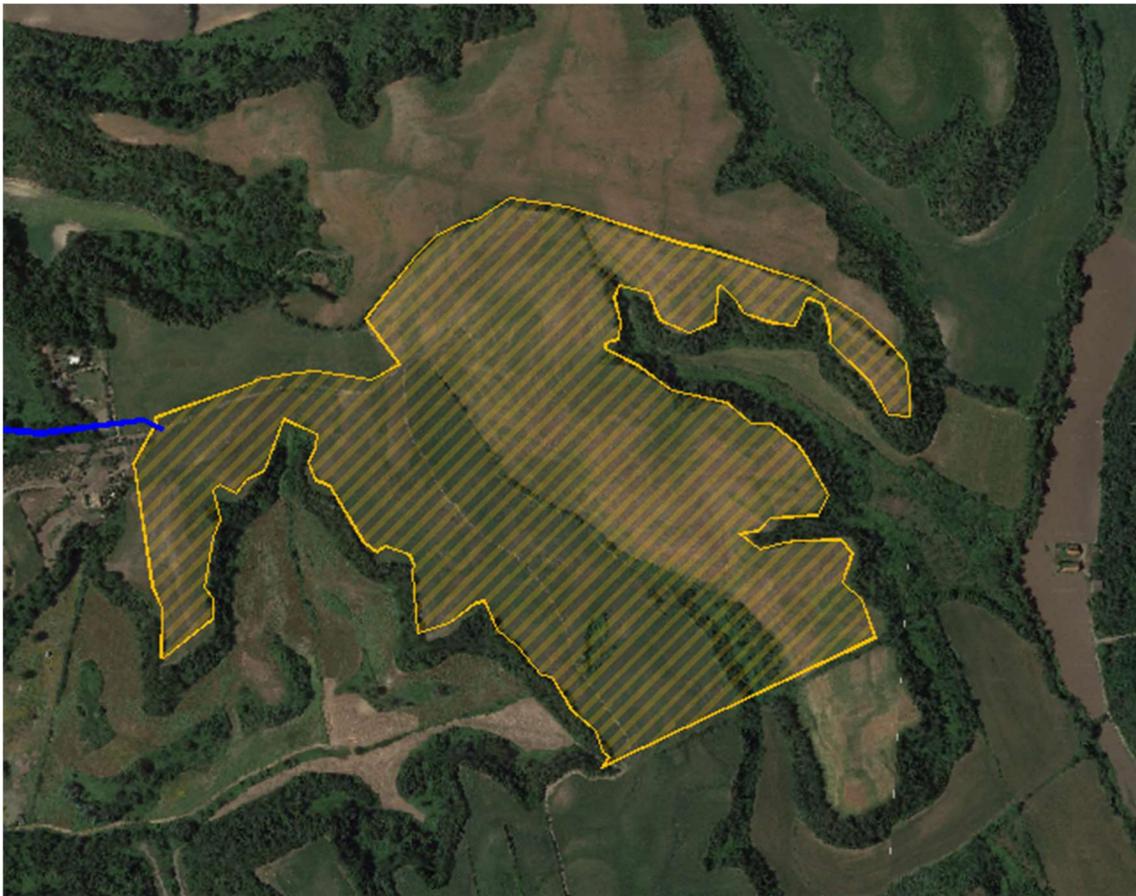


Figura 2-1: Area di impianto

L'area sede dell'impianto fotovoltaico, di potenza nominale di 25,3 MWp risulta essere pari ad oltre 45,4 ha di cui circa 35,5 ha utili per l'installazione del campo fotovoltaico, ove saranno installate altresì le Power Station (o cabine di campo) che avranno la funzione di elevare la tensione da bassa (BT) a media (MT). La connessione dell'impianto alla stazione di utenza, situata nei pressi della Cabina Primaria Primavalle, avverrà mediante cavo interrato MT che si estenderà per un percorso di circa 12 km, lungo la viabilità pubblica. L'allaccio alla Cabina Primaria Primavalle avverrà mediante cavo interrato AT a 150 kV.

Le coordinate del sito sono:

- 41° 58' N
- 12° 19' E

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

- SP493 che si estende a ca. 6 km a nord dell'impianto;
- Strada Via Santa Maria di Galeria che si estende a ca 1 km a ovest dell'impianto e si raccorda con SP493 a nord.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	6 of 50

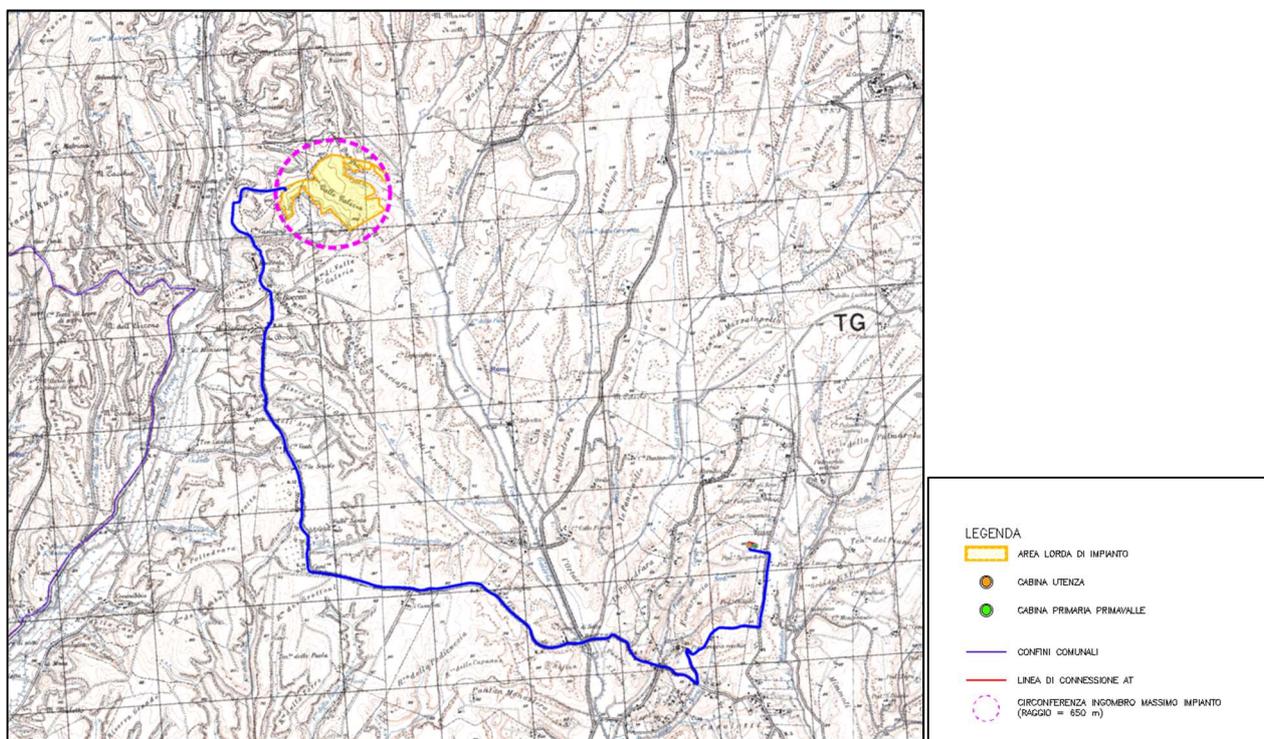


Figura 2-2: Localizzazione dell'area impianto e connessione

Le aree scelte per l'installazione dell'impianto Fotovoltaico sono interamente contenute all'interno di aree di proprietà privata; per tali aree TEP Renewables ha stipulato con i proprietari un contratto preliminare di diritto e servitù "Rif. 21-00016-IT-BOCCEA\_PG-R05\_Rev0\_Piano particellare e disponibilità".

L'area in cui sarà posizionata la cabina di utenza da cui partirà la connessione in AT verso la Cabina Primaria Primavalle sarà fruibile previo procedimento di concessione.

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

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

### 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 Lazio.

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

##### 3.1.1 Rilievo Topografico

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

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	7 of 50

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.

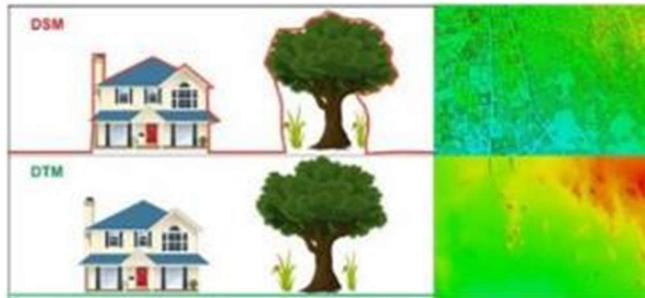


Figura 3-1 Tipologico esemplificativo raffigurante i prodotti fotogrammetrici

### 3.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO

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

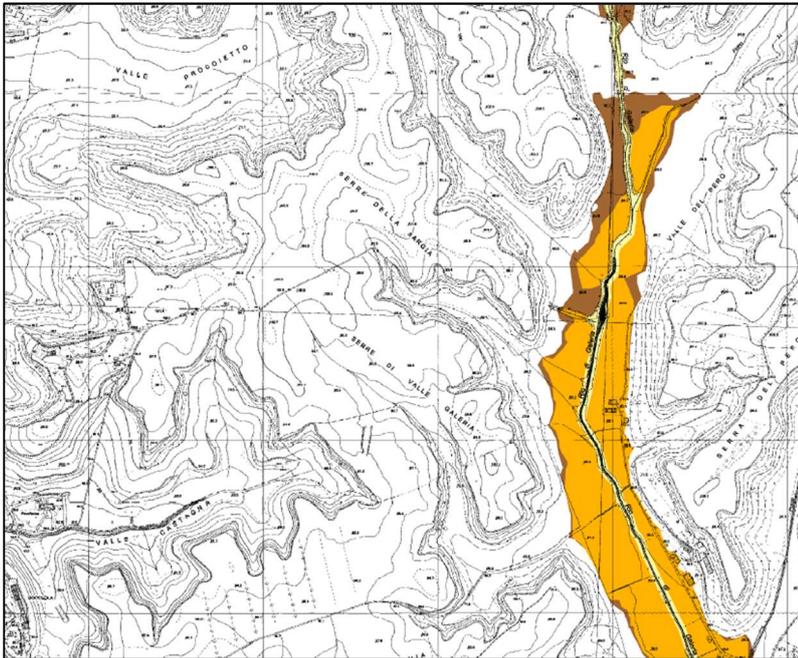
- D.Lgs 152/06 e smi;
- Direttiva Comunitaria 2007/60/CE – Valutazione e gestione del rischio di alluvioni/ D.Lgs. 49/2010;
- Regione Lazio – Geoportale Regione Lazio;
- Autorità di Bacino del Tevere - Caratterizzazione statistica delle piogge intense e delle portate di piena sul territorio del bacino del Tevere;
- Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale – Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Regione Lazio
- ANBI Lazio – Unione Regionale Consorzi Gestione e Tutela Del Territorio e Acque Irrigue
- GNDCI – Progetto VAPI sulla Valutazione delle Piene in Italia;
- Sistemi di fognatura - Manuale di progettazione - Hoeppli, CSDU;
- La sistemazione dei bacini idrografici, Vito Ferro, McGraw – Hill editore;
- Open Channel Hydraulics, Chow – McGraw – Hill editore;
- Spate Irrigation - FAO – HR Wallinford;
- Urban Drainage Design Manual” pubblicato da FHWA (Federal highway administration- US Department of transportation).

## 4 COMPATIBILITÀ CON LE NTA DEL PAI

Come si evince dalla cartografia del Piano di Bacino stralcio Assetto Idrogeologico (PAI), approvato dalla Autorità di Bacino del Fiume Tevere, Distretto Idrografico dell'Appennino Centrale, le aree agricole interessate dall'intervento non sono soggette né a vincolo per pericolosità idraulica, né a vincolo per pericolosità geomorfologica.

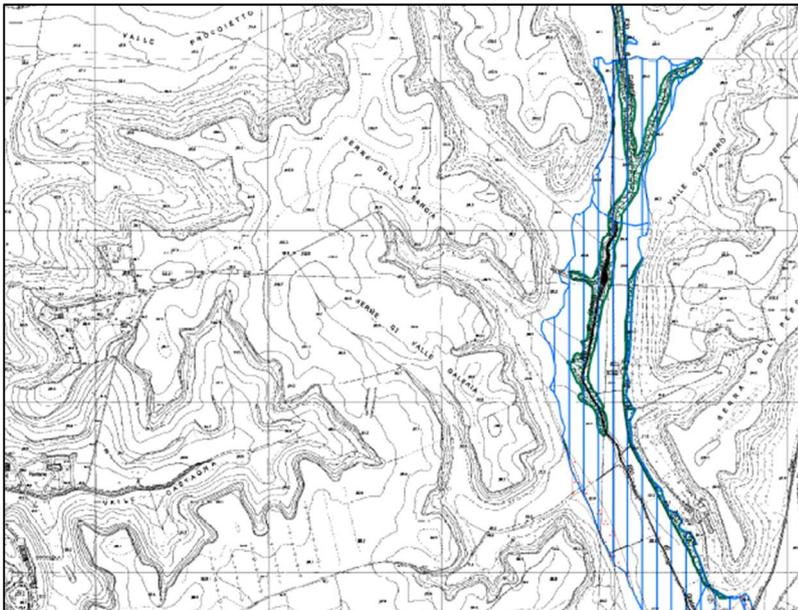
Tuttavia l'area in oggetto si trova in zona limitrofa a zone a rischio.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località "Tenuta Boccea" - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	<b>8 of 50</b>



Classi di pericolosità	
	P3 - elevata probabilità (alluvioni frequenti)
	P2 - media probabilità (alluvioni poco frequenti)
	P1 - bassa probabilità (alluvioni rare di estrema intensità)

Figura 4-1: Estratto Mappa della Pericolosità idraulica



Legenda	
<b>Danno potenziale molto elevato D4</b>	
Macro-categoria: Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse *	
Beni vincolati ai sensi del D.Lgs. 42/2004	
	Beni puntuali vincolati art. 128
	Beni areali vincolati art. 128
	Vincolo paesaggistico art. 136
	Aree di rispetto dei fiumi art. 142 lett. c
	Aree di rispetto delle montagne oltre i 1.200 metri s.l.m. art. 142 lett. d
	Aree boscate vincolate art. 142 lett. g
	Aree archeologiche art. 142 lett. m **
	Beni lineari di interesse archeologico art. 142 lett. m **
	Aggiornamento ed integrazione beni vincolati art. 136 **
** Approfondimento sui beni storico archeologici svolto per l'area metropolitana romana	
Aree protette ai sensi della L. 394/91 elenco ufficiale del MATTM	
	Parchi e aree protette
	Aree umide
Aree protette ai sensi del D. Lgs. 152/2006 allegato 9 alla parte III	
	Corsi d'acqua idonei alla vita dei pesci
	Aree Sensibili
	Zone vulnerabili ai nitrati
	Aree idonee alla Balneazione
	Zona di rispetto delle aree di captazione dell'acqua per uso umano
Siti Rete Natura 2000	
	Siti di importanza comunitaria (SIC)
	Zone a protezione speciale (ZPS)

Figura 4-2: Estratto Mappe del danno Potenziale - Vincoli e Aree Protette - Serie Db

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	9 of 50

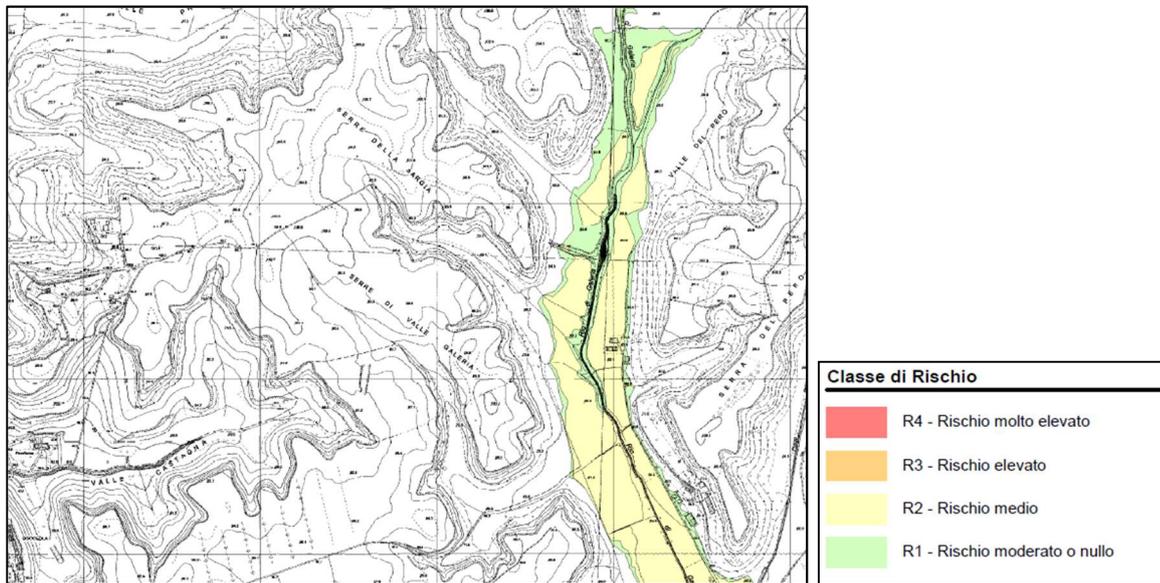


Figura 4-3: Estratto Mappe del Rischio Idraulico

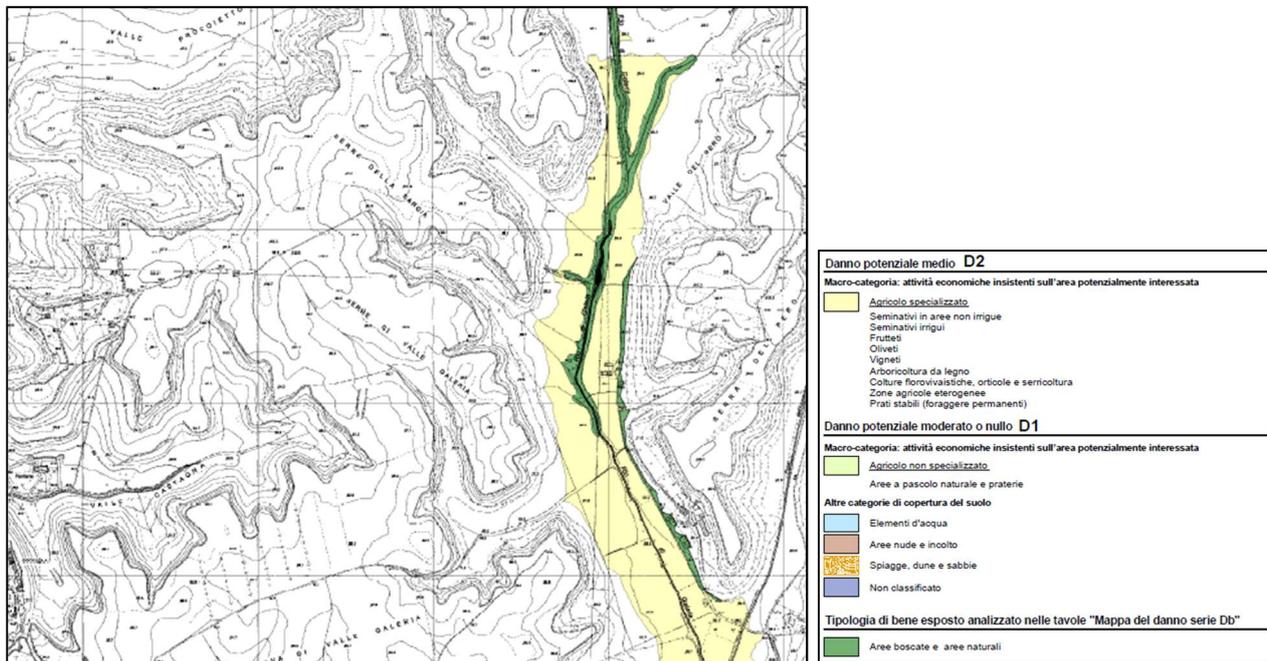


Figura 4-4: Estratto Mappe del Danno Potenziale - Beni esposti - Serie Da

## 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;



	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località "Tenuta Boccea" - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	11 of 50

per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche) con il modello probabilistico che adotta la distribuzione TCEV (Two Component Extreme Value).

L'adozione di tale metodo di indagine idrologica è stata ritenuta più appropriata per l'area in oggetto, in quanto garantisce risultati già ampiamente testati e quindi ritenuti sufficientemente cautelativi rispetto a quelli desumibili dai metodi tradizionali di elaborazione statistica.

Con il modello regionalizzato, in base alla scelta del tempo di ritorno che coincide con la scelta del "rischio idraulico", si ottengono le intensità di pioggia critiche.

## 6.2 BASE DATI UTILIZZATA

L'area interessata dallo studio riguarda i bacini di competenza dell'Ufficio di Roma del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN), ossia il bacino del Tevere e i bacini minori con foce nel tratto laziale del litorale Tirrenico, tra il fosso Tafone (incluso) e il fiume Garigliano (escluso).

Per tenere conto delle informazioni al contorno la regionalizzazione delle piogge è stata eseguita su un'area molto più ampia, che interessa un intero tratto dell'Italia Centrale, che si estende dal promontorio di Piombino alla foce del Garigliano sul Tirreno, e include i litorali marchigiano e abruzzese sull'Adriatico.

Su questo territorio sono state considerate 964 stazioni pluviometriche, di cui sono state raccolte le serie dei massimi annuali delle piogge giornaliere, la cui numerosità è indicata nella Tabella 6-1.

Tabella 6-1: Numerosità delle serie dei massimi annuali delle piogge giornaliere

Numerosità della serie	<20	20 / 29	≥30
Numero di stazioni	206	131	627

Tra queste, 309 serie sono attrezzate con strumento registratore: sono state raccolte le serie delle piogge di massima intensità e breve durata, la cui numerosità è indicata nella Tabella 6-2.

Tabella 6-2: Numerosità delle serie delle piogge di massima intensità e breve durata

Numerosità della serie	10 / 19	≥20
Numero di stazioni	86	223

Ai fini della regionalizzazione dei massimi annuali delle altezze di pioggia giornaliere sono state complessivamente utilizzate le serie di 628 stazioni pluviometriche, di cui 626 con numerosità di almeno 30 anni e 2 con numerosità compresa tra 30 e 20 anni, queste ultime selezionate per coprire zone che altrimenti sarebbero rimaste scoperte.

Ai fini della regionalizzazione delle piogge di massima intensità e breve durata sono state complessivamente utilizzate le serie di 309 stazioni pluviometrografiche, di cui 86 con numerosità compresa tra 10 e 19 anni.

## 6.3 TCEV – PRECIPITAZIONI GIORNALIERE

Per la distribuzione di probabilità delle massime altezze di pioggia giornaliere,  $h_d$ , è stata adottata la legge TCEV, espressa nella forma:

$$P(h_d) = e^{-\Lambda_I} e^{-\beta \frac{h_d}{\mu_{hd}}} - \Lambda^* \Lambda_I^{1/\Theta^*} e^{-\frac{\beta}{\Theta^*} \frac{h_d}{\mu_{hd}}}$$

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	12 of 50

dove  $\bar{h}_d$  è la media di  $h_d$ ,  $\varphi^*$  e  $\psi$  sono due parametri da cui dipende il coefficiente di asimmetria della distribuzione,  $\varphi_1$  è un parametro che insieme ai due precedenti determina il coefficiente di variazione, e  $\mathcal{R}$  è una funzione dei tre precedenti parametri.

Sostituendo nella formula precedente il *coefficiente di crescita*:

$$k = \frac{h_d}{\mu_{hd}}$$

si ottiene:

$$P(k) = e^{-\Lambda_1 e^{-\beta k} - \Lambda^* \Lambda_1^{1/\Theta^*} e^{-\frac{\beta}{\Theta^*} k}}$$

che in forma implicita fornisce la *curva di crescita*  $k(T)$  della variabile  $h_d$ , dove  $T$  è il tempo di ritorno di  $h_d$ :

$$T = \frac{1}{1 - P(k)}$$

La formula di  $P(k)$  non è esplicitabile in forma esatta, ma può essere invertita con la seguente espressione approssimata, valida per:

$$0,1 \leq \Lambda^* \leq 0,9$$

$$1,1 \leq \Theta^* \leq 10$$

Posto:

$$x = \ln\{-\ln[-P(k)]\}$$

$$x_0 = \frac{\Theta^*}{1 - \Theta^*} \ln \Lambda^*$$

$$A = 0,8288(\Theta^* - 0,4315)^{0,3456}$$

a) Per  $x \leq x_0$ :

$$k = \frac{x + A e^{-B_1(x - x_0)^{C_1}}}{\beta}$$

con:

$$B_1 = 1,345 \frac{\Theta^* - 1}{(\Theta^* - 1,092)^{0,9319}}$$

$$C_1 = 0,8118 + 0,2453 e^{-0,1731(\Theta^* - 1)}$$

b) Per  $x \geq x_0$ :

$$k = \frac{\Theta^*(x + \ln \Lambda^*) + A e^{-B_2(x - x_0)^{C_2}}}{\beta}$$

con:

$$B_2 = 0,6501(\Theta^* - 1) + 0,009705(\Theta^* - 1)^2$$

$$C_2 = 1 + 0,08680(\Theta^* - 1)^{0,5942}$$

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	13 of 50

Al primo e al secondo livello di regionalizzazione sono state identificate tre regioni omogenee, in cui l'ipotesi della costanza del coefficiente di variazione e del coefficiente di asimmetria può essere accettata, rappresentate nella Figura 6-2, indicate come:

- *zona A (Tirrenica)*, che interessa la fascia del litorale tirrenico e si protende all'interno lungo le valli dei principali corsi d'acqua;
- *zona B (Appenninica)*, che interessa l'ampia fascia dell'Appennino propriamente detto, con le propagini dei colli Albani, e i monti Lepini, Ausoni e Aurunci, nonché, separati da questa zona, i gruppi montuosi nell'entroterra tirrenico a nord-ovest del Tevere (i massicci dell'Amiata e del Cetona con i monti Vulsini; e i monti Cimini con i monti della Tolfa e i monti Sabatini);
- *zona C (Adriatica)*, che interessa una ristretta fascia del litorale adriatico e si protende con ristrette lingue lungo le valli dei corsi d'acqua.

L'area in progetto ricade all'interno della zona A – Tirrenica.

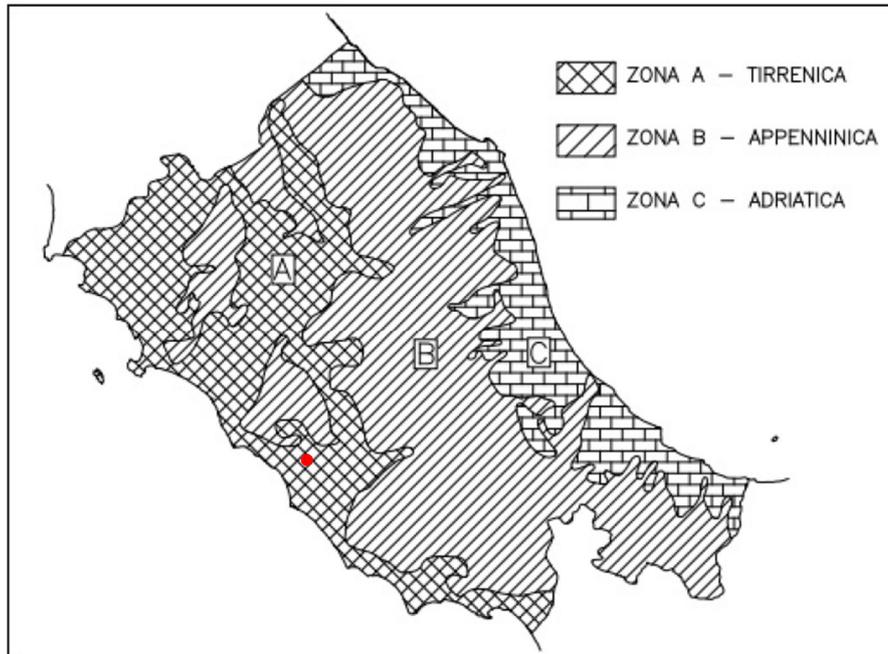


Figura 6-2: Mappa del territorio e suddivisione in sottozone omogenee

I parametri  $\zeta$  e  $\mathcal{U}$ , determinati al primo livello di regionalizzazione per le tre zone, sono indicati nella Tabella 6-3.

Tabella 6-3: Parametri del primo livello di regionalizzazione

Regione	$\zeta^*$	$\mathcal{U}$
A	0,174	3,490
B	0,762	1,241
C	0,795	2,402

Il parametro  $\zeta_1$ , determinato al secondo livello di regionalizzazione per le tre zone, e la corrispondente funzione  $\mathcal{R}$  sono indicati nella Tabella 6-4.

Tabella 6-4: Parametri al secondo livello di regionalizzazione

Regione	$\zeta_1$	$\mathcal{R}$
A	29,31	4,480

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	14 of 50

B	22,02	4,359
C	27,81	5,031

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della espressione di  $P(k)$  per cui, fissato un valore  $T$  del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita  $K_T$ . Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile. Si riportano di seguito, nella Tabella 6-5, i valori di  $K_T$  ottenuti numericamente dalla espressione di  $P(k)$  per alcuni valori del periodo di ritorno.

Tabella 6-5: Valori teorici del coefficiente probabilistico di crescita  $K_T$  per le piogge giornaliere, per alcuni valori

<b>T (anni)</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>
$K_T$ (SZOA)	0.89	1.22	1.49	1.84	1.97	2.29	2.45	2.98	3.52	4.23	4.77
$K_T$ (SZOB)	0.96	1.25	1.45	1.64	1.70	1.83	1.89	2.07	2.26	2.51	2.70
$K_T$ (SZOC)	0.90	1.29	1.59	1.90	2.01	2.22	2.32	2.64	2.96	3.38	3.70

Nelle pratiche approssimazioni, è possibile anche fare riferimento alla seguente espressione semplificata:

$$K_T = \left( \frac{\theta_* \text{Ln } \Lambda_*}{\eta} + \frac{\text{Ln } \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta_*}{\eta} \text{Ln } T$$

che, dati i valori assunti dai parametri della distribuzione TCEV nell'area esaminata, diventa:

$$\text{(SZOA)} \quad K_T = -0.6086 + 0.779 \text{Ln } T$$

$$\text{(SZOB)} \quad K_T = 0.6419 + 0.289 \text{Ln } T$$

$$\text{(SZOC)} \quad K_T = 0.5296 + 0.459 \text{Ln } T$$

Per valori del periodo di ritorno superiori a 10 anni, l'errore nell'uso di queste ultime in luogo della  $P(k)$  è sempre inferiore al 10 %.

### 6.3.1 Piogge brevi

Considerata la relativa limitatezza dei dati pluviografici rispetto alla quantità di dati pluviometrici, è stato elaborato un modello probabilistico, relativo alle piogge brevi che impiega l'informazione regionale stabilita per i massimi annuali delle piogge giornaliere.

Per impiegare l'informazione regionale, si è assunta l'ipotesi che la curva di crescita, stabilita per i massimi delle piogge giornaliere, sia valida anche per rappresentare la distribuzione di probabilità dei coefficienti probabilistici di crescita dei massimi annuali delle piogge di durata inferiore.

## 6.4 LEGGI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICHE

### 6.4.1 Piogge giornaliere

Al terzo livello di regionalizzazione sono state individuate delle *zone omogenee* in cui è accettabile l'ipotesi che la media del massimo annuale dell'altezza giornaliera  $\mu_{hd}$ , che prende il nome di *pioggia indice*, dipenda linearmente dalla sola quota  $z$  della stazione:

$$m[h_g] = C Z + D$$

I parametri della formula precedente non assumono unico valore per l'intera regione esaminata: è stato invece possibile identificare delle Aree Pluviometriche Omogenee (APO), in ognuna delle quali se ne può ottenere una stima univoca.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	15 of 50

Sono state individuate 78 APO, in parte rappresentate nella Figura 6-3, in cui i parametri della regressione assumono i valori indicati nella Tabella 6-6.

L'area oggetto di intervento ricade nell'Area A10.

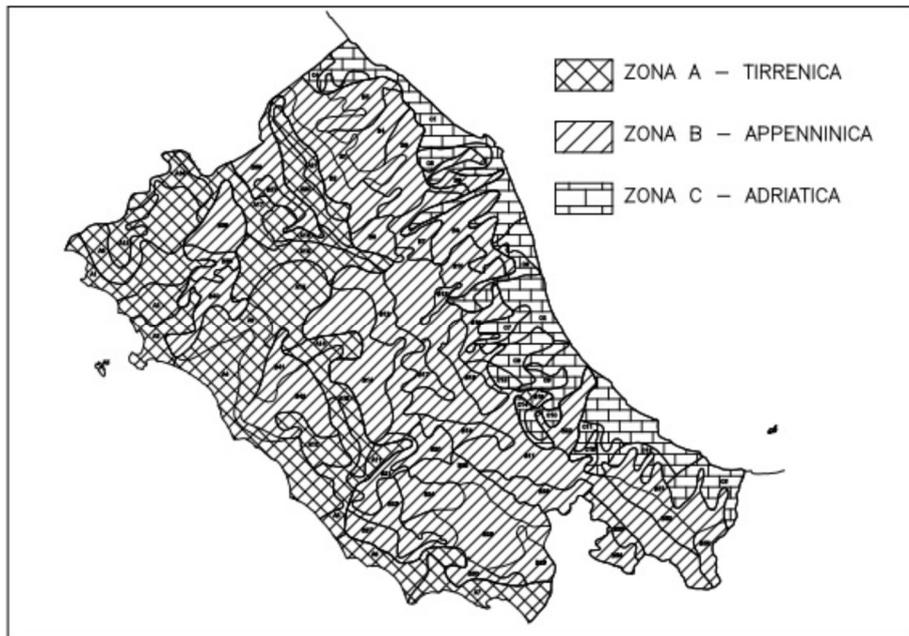


Figura 6-3: APO (Aree Pluviometriche Omogenee) del III livello di regionalizzazione

#### 6.4.2 Piogge brevi

Il terzo livello di regionalizzazione per le piogge di massima intensità e breve durata è stato svolto seguendo due procedure alternative, illustrate nei paragrafi successivi.

#### 6.4.3 Metodo delle zone omogenee

Per ottenere le leggi di probabilità pluviometrica, l'elaborazione effettuata è stata rivolta a stabilire una relazione durata-intensità-frequenza, attraverso una legge del tipo:

$$i_t(T) = \frac{a(T)}{(b+t)^m}$$

dove:

- $b$  è un parametro di trasformazione della scala temporale, indipendente sia dalla durata  $t$ , sia dal tempo di ritorno,
- $m$  è un parametro adimensionale compreso tra 0 e 1, indipendente sia dalla durata, sia dal tempo di ritorno,
- $a(T)$  è un parametro dipendente dal tempo di ritorno, ma indipendente dalla durata.

La (formula precedente può essere messa nella forma:

$$i_t(T) = i_0(T) \left( \frac{b}{b+t} \right)^m$$

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	16 of 50

dove  $i_0(T)$  è l'intensità istantanea con tempo di ritorno  $T$ . La *pioggia indice* è data dalla media di  $i_t$ , che risulta:

$$\mu_{it} = \mu_{i0} \left( \frac{b}{b+t} \right)^m$$

dove  $\int_{i0}$  è la media dell'intensità istantanea.

Il *coefficiente di crescita* da introdurre nella formula è quindi:

$$k = \frac{i_t}{\mu_{i0}} \left( \frac{b+t}{b} \right)^m$$

L'esponente  $m$  e il parametro di deformazione temporale  $b$  sono stati assunti indipendenti dal tempo di ritorno  $T$ , in modo da imporre il parallelismo sul piano logaritmico delle leggi IDF relative a diversi tempi di ritorno. Per ricavare tali parametri sono state fatte le seguenti ipotesi:

A. su tutto il territorio considerato:

- l'intensità media di 24 ore  $\int_{i24}$  è proporzionale all'intensità media giornaliera  $\mu_{id}$ :

$$\mu_{i24} = \delta \cdot \mu_{id}$$

dove il coefficiente di proporzionalità è assunto costante su tutto il territorio considerato, con valore  $\delta = 1,15$

- il rapporto tra l'intensità media della pioggia di 5' e quella della pioggia oraria è costante su tutta l'area esaminata, assunto pari al valore ottenuto dallo studio delle piogge intense della stazione pluviometrica di Roma (Macao):

○

$$r = \frac{\mu_{i5'}}{\mu_{i1}} = \left( \frac{b+1}{b+0,0833} \right)^m = 3,36$$

da cui si ricava per ciascuna zona omogenea il coefficiente di trasformazione temporale:

$$b = \frac{1 - 0,0833r^{1/m}}{r^{1/m} - 1}$$

B. sulle zone omogenee identificate per i massimi giornalieri dell'anno:

- l'intensità istantanea media  $\mu_{i0}$  è dipendente dalla quota  $z$  della stazione pluviometrica secondo la relazione:

Tabella 6-6: Terzo livello di regionalizzazione: parametri della regressione della media

Sottozona	N	c (mm/m)	d (mm)	Sottozona	N	c (mm/m)	D (mm)
A1	10	0.01892	55.64	B19	6	0.01418	36.02
A2	8	0.02785	59.22	B20	5	0.01098	57.23
A3	9	0.02738	64.43	B21	6	0.15691	16.83
A4	13	0.03390	67.67	B22	7	0.01890	76.65
A5	7	0.03031	60.09	B23	5	0.04972	60.54
A6	8	0.13518	66.15	B24	7	0.07960	30.38
A7	7	0.03582	67.72	B25	10	0.02089	64.28
A8	16	0.01680	62.79	B26	9	0.13532	-48.29
A9	7	0.02671	61.61	B27	5	0.05786	67.35
A10	5	0.06301	67.83	B28	12	0.03599	63.48
A11	3	0.07624	41.70	B29	5	0.03152	87.30

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località "Tenuta Boccea" - Comune di Roma (Rm)</b>		<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>		<b>Sheet</b>	17 of 50

A12	6	0.01510	72.77	B30	4	0.05066	68.93
A13	9	0.02714	50.42	B31	11	0.00116	60.07
A14	4	0.02517	62.33	B32	7	0.04004	27.64
A15	4	0.03647	68.78	B33	6	0.01264	54.93
A16	4	0.02592	52.00	B34	4	0.25615	-85.09
A17	7	0.10165	15.14	B35	5	0.07432	15.64
A18	11	0.02208	58.80	B36	7	0.05270	40.46
A19	5	0.03408	41.11	B37	2	0.03513	33.42
A20	7	0.03637	49.62	B38	10	0.01874	40.79
A21	4	0.02854	43.38	B39	4	0.04514	38.13
B1	13	0.03028	43.52	B40	8	0.04250	58.21
B2	5	0.02250	42.59	B41	4	0.08894	34.37
B3	11	0.03478	49.18	B42	9	0.02237	71.20
B4	10	0.02747	62.61	C1	19	0.00482	57.46
B5	13	0.03136	53.96	C2	34	0.02822	64.04
B6	6	0.03764	44.54	C3	8	0.05900	42.12
B7	9	0.01863	49.36	C4	5	0.06381	49.63
B8	4	0.02219	50.91	C5	6	0.01574	61.16
B9	16	0.04546	46.32	C6	5	0.01374	58.39
B10	9	0.04145	37.12	C7	5	0.00985	62.40
B11	44	0.02300	35.60	C8	7	0.07690	50.19
B12	13	0.04292	45.49	C9	6	0.02767	51.23
B13	2	0.01793	20.47	C10	7	0.11377	38.98
B14	13	0.05343	55.04	C11	5	0.02573	57.44
B15	6	0.00153	69.69	C12	4	0.02395	44.17
B16	12	0.02565	22.88	C13	3	0.04634	-5.21
B17	5	0.00722	64.41	C14	4	0.03330	32.01
B18	3	0.00128	62.43	C15	4	0.00655	57.57

Tabella 6-7: Regionalizzazione delle piogge intense: parametri regionali delle relazioni IDF

Sottozona	b (h)	m	mi0/mi24	sottozona	b (h)	m	mi0/mi24
A1	0.1660	0.7810	4.890	B19	0.1135	0.6951	4.148
A2	0.1528	0.7597	4.683	B20	0.1170	0.7010	4.190
A3	0.1454	0.7478	4.574	B21	0.1585	0.7690	4.772
A4	0.1705	0.7881	4.962	B22	0.1101	0.6895	4.108
A5	0.1621	0.7748	4.828	B23	0.1398	0.7387	4.494
A6	0.1137	0.6955	4.150	B24	0.1040	0.6792	4.038
A7	0.1054	0.6816	4.054	B25	0.0986	0.6700	3.980
A8	0.1323	0.7263	4.389	B26	0.0908	0.6565	3.902
A9	0.1502	0.7555	4.645	B27	0.1366	0.7335	4.449
A10	0.1415	0.7415	4.518	B28	0.1168	0.7007	4.188
A11	0.1744	0.7943	5.026	B29	0.0895	0.6542	3.889
A12	0.1251	0.7145	4.293	B30	0.1222	0.7097	4.256
A13	0.1484	0.7526	4.618	B31	0.0902	0.6555	3.896
A14	0.1521	0.7586	4.673	B32	0.1071	0.6844	4.073
A15	0.1326	0.7269	4.393	B33	0.0806	0.6389	3.813
A16	0.1427	0.7434	4.535	B34	0.0940	0.6620	3.933
A17	0.1728	0.7917	5.000	B35	0.0977	0.6684	3.971
A18	0.1498	0.7549	4.639	B36	0.1434	0.7446	4.545
A19	0.1729	0.7919	5.002	B37	0.1141	0.6962	4.156
A20	0.1456	0.7482	4.577	B38	0.1670	0.7826	4.906
A21	0.1437	0.7450	4.549	B39	0.0971	0.6674	3.965
B1	0.1168	0.7006	4.188	B40	0.1136	0.6953	4.149
B2	0.1603	0.7718	4.799	B41	0.1673	0.7830	4.911
B3	0.1252	0.7146	4.294	B42	0.1279	0.7190	4.329
B4	0.1015	0.6748	4.010	C1	0.1408	0.7403	4.508
B5	0.1302	0.7230	4.361	C2	0.1107	0.6905	4.115
B6	0.1354	0.7314	4.431	C3	0.1156	0.6986	4.173
B7	0.1275	0.7185	4.325	C4	0.1123	0.6932	4.134
B8	0.1768	0.7981	5.066	C5	0.1281	0.7195	4.333
B9	0.1455	0.7479	4.575	C6	0.0957	0.6650	3.950
B10	0.1136	0.6953	4.149	C7	0.1129	0.6942	4.141
B11	0.1035	0.6782	4.032	C8	0.1001	0.6725	3.996

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località "Tenuta Boccea" - Comune di Roma (Rm)</b>		<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>		<b>Sheet</b>	18 of 50

B12	0.1097	0.6887	4.102		C9	0.1076	0.6852	4.079
B13	0.0685	0.6173	3.730		C10	0.1034	0.6781	4.031
B14	0.1380	0.7357	4.468		C11	0.1101	0.6895	4.108
B15	0.1048	0.6804	4.047		C12	0.1100	0.6894	4.107
B16	0.1051	0.6811	4.051		C13	0.0821	0.6414	3.825
B17	0.0889	0.6532	3.884		C14	0.0897	0.6547	3.892
B18	0.1167	0.7005	4.187		C15	0.0863	0.6488	3.861

Si ricavano dunque le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) o Curve di Possibilità Pluviometrica per l'area in progetto.

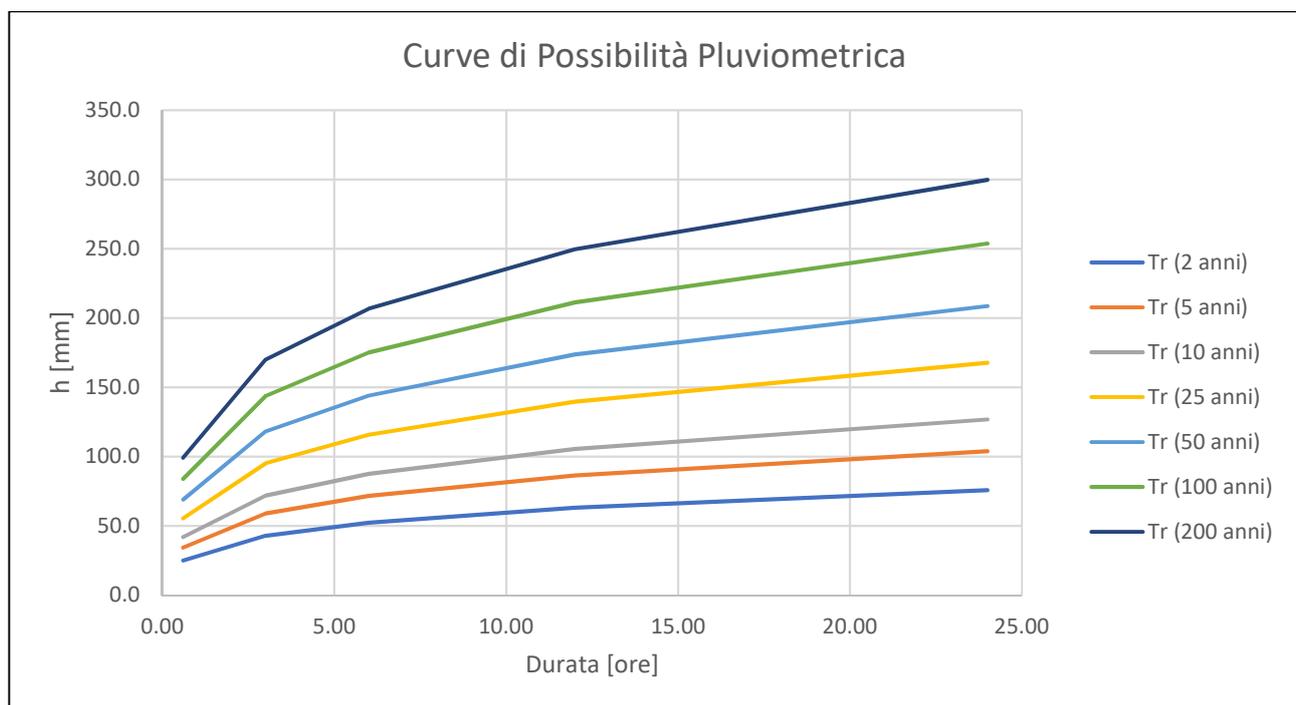


Figura 6-4: Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per il sito in esame.

Tabella 6-8: Altezza di precipitazione [mm] per le diverse durate per i diversi tempi di ritorno.

H (d,Tr) [mm]		d (ore)				
		1.00	3.00	6.00	12.00	24.00
Tr (anni)	2	30.3	43.0	52.3	63.1	75.8
Tr (anni)	5	41.6	58.9	71.7	86.5	103.9
Tr (anni)	10	50.8	71.9	87.5	105.6	126.9
Tr (anni)	25	67.2	95.1	115.7	139.6	167.8
Tr (anni)	50	83.5	118.3	143.9	173.7	208.6
Tr (anni)	100	101.6	143.9	175.1	211.2	253.8
Tr (anni)	200	120.0	170.0	206.8	249.5	299.8

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

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	19 of 50

## 6.5 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEL BACINO

La zona di intervento è localizzata nel comune di Roma, in località Boccea.

L'area di intervento si presenta come un paesaggio collinare a vocazione agricola, caratterizzata da colline con quote massime di poco superiori ai 100 m s.l.m.

Tra le colline si dispiegano una serie di valli, le quali determinano le confluenze per le acque meteoriche delle acque della zona.

Tutta l'area è interessata da una rete di scorrimento superficiale, denominati fossi i quali confluiscono in are

L'area di progetto comprende in parte la Valle Galeria, nella quale si origina un torrente che scarica nell'omonimo Fosso il quale scorre a est dell'impianto e che raccoglie in via definitiva quasi tutte le acque meteoriche dell'area in progetto. A sud ovest dell'impianto si trova invece la Valle Castagna, all'interno della quale si genera il fosso omonimo, il quale si riversa nel fiume Arone 1,5 km più a valle.

L'area di progetto si estende per 34,4 ettari e non interessa in maniera diretta alcun corso idrico. Non è possibile definire un'unica sezione di chiusura che comprenda l'intera area di progetto e che possa essere considerata rappresentativa ai fini della determinazione delle grandezze necessarie per il dimensionamento della rete di dreno del parco fotovoltaico.

Dall'analisi del rilievo di dettaglio e della cartografia a disposizione è stato possibile definire tre sottobacini idrologici i quali drenano su corsi d'acqua distinti, sebbene due dei corsi d'acqua interessati si immettano entrambi nel Rio Galeria a est.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	20 of 50

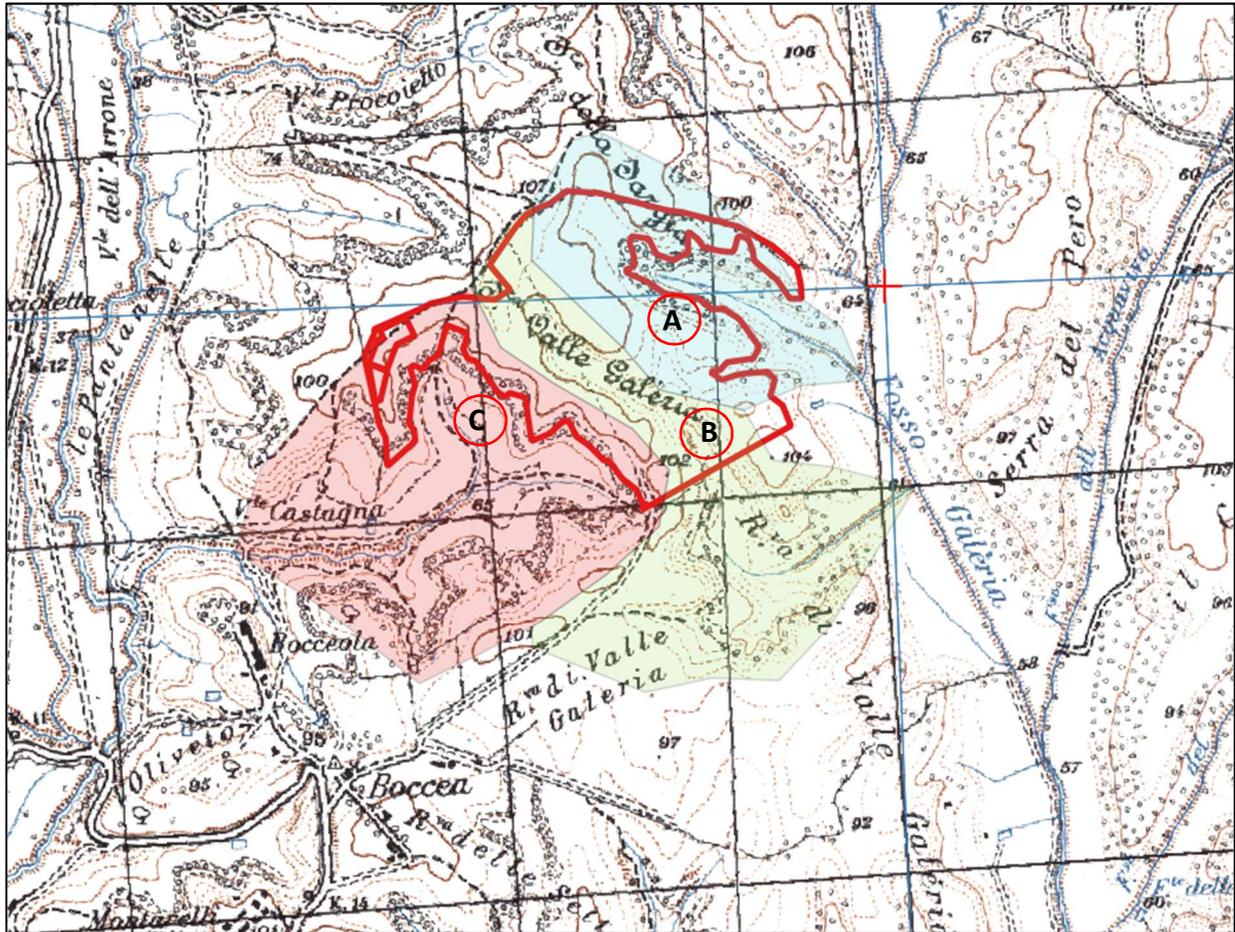


Figura 6-5: Individuazione dei bacini di dreno:

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

Tabella 6-9: Dati bacini idrologici

Bacino	Superficie	Lunghezza asta principale	Pendenza asta principale	Quota massima	Altitudine media	Quota della sezione di chiusura
	<b>S</b>	<b>L</b>	<b>J</b>	<b>Hx</b>	<b>Hm</b>	<b>Hb</b>
	[kmq]	[km]	[m/m]	[m slm]	[m slm]	[m slm]
A	0,34	1,03	0,0402	105,5	85,7	64
B	0,52	1,62	0,0275	105,5	83,2	61
C	0,67	1,27	0,0441	91	63,1	35

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  $V = 1 \text{ m/s}$ ).

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località "Tenuta Boccea" - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	21 of 50

Per il progetto in questione, valutata la ridotta dimensione delle aree in oggetto tutte le formule forniscono valori nettamente contrastanti che vanno da un minimo di 0,24 ore ad un massimo di 1,22 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 una precipitazione di progetto di 0,6 ore. Dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica, per un tempo di ritorno di 50 anni e per una durata di precipitazione pari al tempo di corrivazione otteniamo un'altezza di precipitazione di 69,0 mm, corrispondente ad una intensità di 115,0 mm/h.

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

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

## 6.6 METODO RAZIONALE

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

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

nella quale:

- $\Phi$  rappresenta l'aliquota di precipitazione che, in occasione della piena, scorre in superficie
- ARF (Areal Reduction Factor - Coefficiente di Riduzione Areale) esprime il rapporto tra l'altezza di pioggia media su tutto il bacino e l'altezza di pioggia in un punto al suo interno, valutati a parità di durata e di tempo di ritorno
- 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.

## 6.7 IL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

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

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

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

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	22 of 50

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

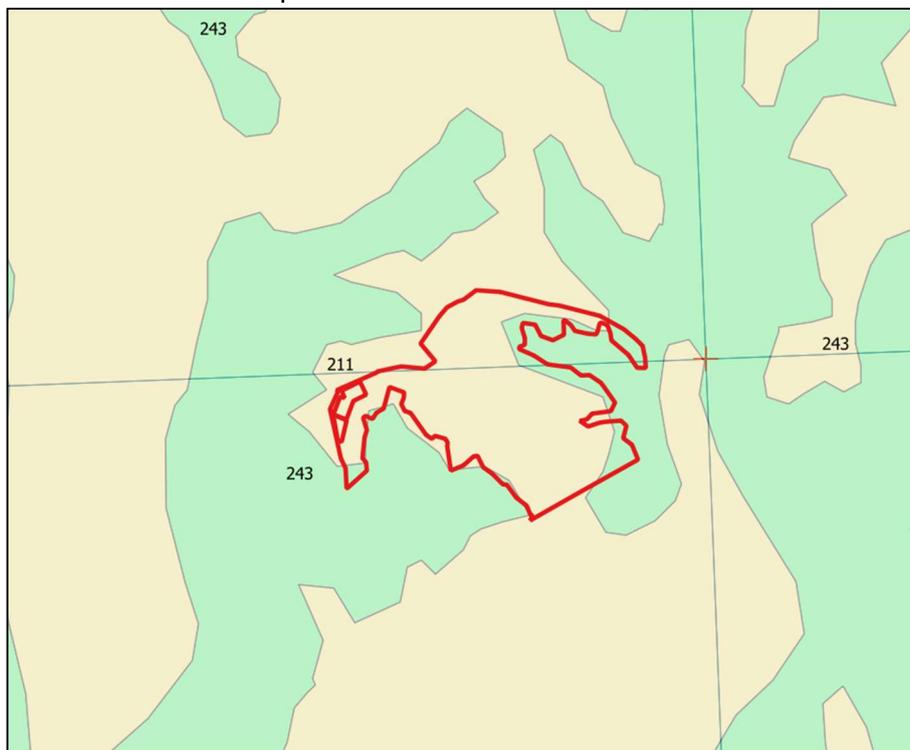


Figura 6-6: Estratto Carta dell'uso del suolo della Regione Lazio (Corine Land Cover, 2008), per l'area in progetto.

Tabella 6-10: Classi uso del suolo Corine Land Cover 2008

Classi di uso del suolo della Corine Land Cover 2008		CNII			
		A	B	C	D
211	seminativi in aree non irrigue	61	73	81	84
243	Aree prev. occup. da colture agrarie, con spazi nat.	64	73	79	82

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

Per l'area in progetto è stato assunto un CN pari a 77, valore medio tra le tipologie idrologiche del terreno B e C. Il tipo idrologico B è relativo a suoli con infiltrazione moderata, tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, quali limi sabbiosi. Il tipo idrologico C è relativo a suoli con infiltrazione lenta, tessitura fine, come le argilli limose con deboli strati di limo sabbioso.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	23 of 50

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 88.

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

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

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

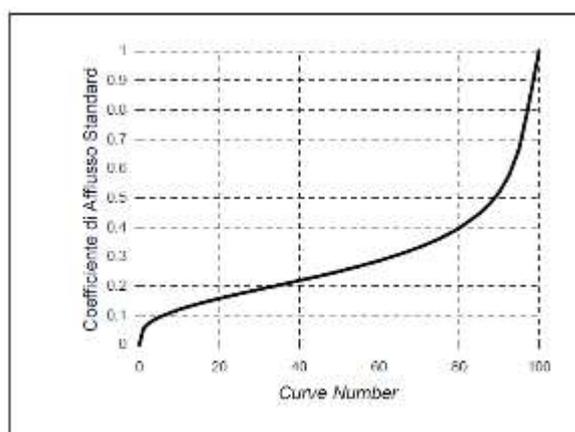


Figura 6-7: Correlazione da letteratura SCS-CN vs. Coefficiente di afflusso/Deflusso

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro  $\phi$  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 mezzeria della struttura sarà di circa 2,5 m (rispetto al piano di campagna). I tracker non avranno una configurazione fissa ma oscilleranno durante le fasi del giorno. Il tracker si posizionerà stabilmente con un tilt prossimo a zero solo in condizioni di messa in sicurezza in occasione di velocità del vento superiore alla soglia limite.

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

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

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

Tale valutazione è stata condotta sulla base di precedenti studi internazionali (rif. "Hydrologic response of solar farm", Cook, Lauren, Richard - 2013 –American Society of Civil Engineers)

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	24 of 50

improntati su un modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico tipo di impianto come costituito da un'area di installazione pannelli ed una di interfila.

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

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

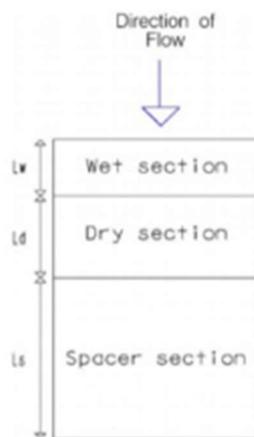


Figura 6-8: modulo tipo descrivente il modello concettuale idrologico dell'installazione di strutture fotovoltaiche a tracker su pari infissi comprendente l'area pannelli (in rosso) e l'area di interfila (Fonte: Hydrologic response of solar farm Cook 2013 American

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

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

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

Tabella 6-11: Valutazione coefficiente di deflusso ante operam/post operam

STATO DI FATTO	AREA (ha)	AREA MODULI (m <sup>2</sup> )	PERCENTUALE MODULI SU AREA NETTA INSTALLAZIONE E PANNELLI	AREA DRY STIMATA DURANTE TILT PARLATO	PERCENTUALE AREA AVENTE EFFETTO POTENZIALE	COEFFICIENTE DI DEFUSSO ANTE OPERAM ASSUNTO	COEFFICIENTE DI DEFUSSO POST OPERAM STIMATO
coltivato	45.92	123575	27%	6.2	13%	<b>0,50</b>	<b>0,56</b>

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

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	25 of 50

## 6.8 IL COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE

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

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

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

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

## 6.9 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 46 ha, che possono essere divisi tra i tre bacini imbriferi sui quali drenano le precipitazioni, come mostrato sopra. Sono state dunque condotte due serie di calcoli sulle portate al colmo, considerando uno stato ante operam con un coefficiente di drenaggio pari 0.5 e uno post operam con un coefficiente di drenaggio di 0,56.

Considerando il bacino B, ed un tempo di corrivazione di 0,3 h per le sole aree di progetto otteniamo:

Tabella 6-12: Riepilogo valutazione stato post operam.

DESCRIZIONE	TR 50 anni
<b>Area totale S (ha)</b>	45.92
<b>Area bacino S (ha)</b>	11.90
<b>Coeff. Riduzione areale</b>	1.00
<b>Altezza precipitazione h(t) (mm)</b>	34.5
<b>Intensità (mm/h)</b>	115.0
<b>coefficiente di deflusso Ante Operam</b>	0.50
<b>coefficiente di deflusso Post Operam</b>	0.56
<b>Portata al colmo ante-operam Qcr (m<sup>3</sup>/s)</b>	1.73
<b>Portata al colmo post-operam senza opere di infiltrazione Qcr (m<sup>3</sup>/s)</b>	1.94

Lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso pari a circa il 12% principalmente dovuto all'incremento del coefficiente di deflusso nello scenario più critico di terreno saturo e posizione dei tracker orizzontale.

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

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

Tenuto inoltre conto che i deflussi analizzati sono riferiti ad un tempo di riorno di ritorno di 25 anni, si ritiene che le modifiche apportate non producano effetti significativi ai fini del deflusso superficiale e dell'idrografia dell'area in progetto.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	26 of 50

## 7 VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI

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

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

A tal fine si prevede l'utilizzo di:

- canalette in terra

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

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

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

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

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

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

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

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località "Tenuta Boccea" - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	27 of 50

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

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 a valle dell'impianto.

Ai fini della verifica del funzionamento idraulico delle canalette principali è stato assunto un unico scenario che simula la situazione tipica invernale per la quale è stata assunta la portata derivante dall'apporto della pioggia riferita al sub-bacino di studio e la portata derivante dall'apporto della pioggia sull'area scolante della canaletta principale individuata come quella veicolante la maggiore portata dell'intero impianto. Analogamente, la verifica delle canalette secondarie è stata condotta applicando la pioggia di progetto alla maggiore superficie afferente la canaletta secondaria, ottenendo così per entrambe le tipologie di canaletta 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 6% per la rete Principale, e lo 1% ed il 4% per la rete secondaria. Si riporta di seguito una rappresentazione schematica delle canalizzazioni primarie e secondarie:

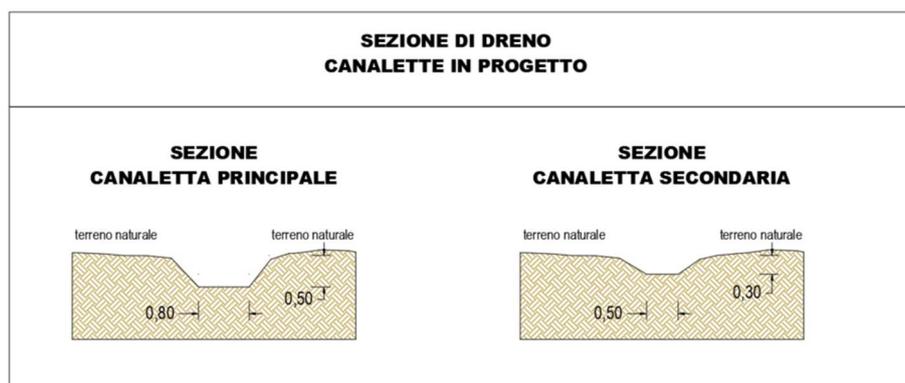


Figura 7-1: Sezioni di progetto canali di dreno

La sezione della canaletta primaria è interessata dunque dalle acque superficiali convogliate dall'intero bacino afferente individuato della superficie complessiva di circa 11.90 ha e convoglia la portata confluyente definita dal tempo di pioggia di progetto pari a 20 min, definito in relazione al tempo di corrivazione del bacino, e dall'intensità di pioggia di progetto ricavata dagli studi idrologici sopra riportati in corrispondenza del tempo di ritorno  $T_r=50$  anni e risultante pari a 115,0 mm/h.

In tali condizioni la portata di verifica risulta pari a 1.94 mc/s.

La verifica della canaletta è stata condotta in relazione a quattro diverse configurazioni di pendenza; in particolare nel caso in esame sono state condotte le verifiche per la pendenza pari a 6%; 4%; 3%; e 2%, rappresentando così tutte le condizioni di moto previste nel comparto.

Analogamente a quanto verificato per le canalette primarie, le canalette secondarie sono state verificate nelle medesime condizioni di intensità e durata della pioggia di progetto, considerando un bacino afferente della superficie di 1.1 ha per una portata complessiva di progetto pari a 0,178 mc/s.

Anche in questo caso le verifiche sono state condotte per le pendenze maggiormente rappresentative delle condizioni reali di posa delle canalette, pari a 4.0%; 3.0%; 2.0% e 1.0%.

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	28 of 50

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

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

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

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

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

## 7.3 VERIFICA IDRAULICA IN MOTO UNIFORME DELLE SEZIONI

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

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

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

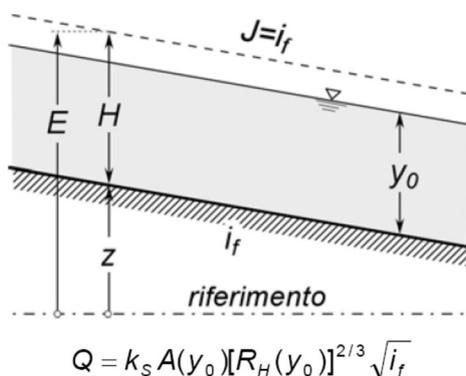


Figura 7-2: Riferimenti di calcolo del moto uniforme

Nel caso di sezione compatta, il legame tra la velocità (o la portata) e l’altezza d’acqua può essere espresso da una qualsiasi formula di moto uniforme. Qui, in particolare, si farà riferimento alla richiamata formula di Gauckler-Strickler in cui  $k_S$  è il coefficiente di scabrezza secondo Strickler,  $A$  è

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	29 of 50

l'area della sezione trasversale,  $RH$  il raggio idraulico ( $RH=A/c$ , essendo  $c$  il perimetro bagnato) e if 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  $keq$  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).

#### 7.4 RIEPILOGO DELLE SEZIONI VERIFICATE

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

*Tabella 7-1: Riepilogo sezioni primarie verificate*

Sezione in verifica	Sezione 1.1	Sezione 1.2	Sezione 1.3	Sezione 1.4
<b>Profilo di progetto</b>	Canaletta Primaria	Canaletta Primaria	Canaletta Primaria	Canaletta Primaria
<b>Tratto</b>	pendenza massima	pendenza media	pendenza lieve	pendenza minima
<b>Tipo Sezione</b>	Trapezia	Trapezia	Trapezia	Trapezia
<b>Materiale</b>	Terra	Terra	Terra	Terra
<b>Caratteristiche Canale</b>	Terra - con erba			
<b>Base [m]</b>	0.800	0.800	0.800	0.800
<b>Altezza [m]</b>	0.500	0.500	0.500	0.500
<b>Inclinazione Pareti [°]</b>	30°	30°	30°	30°
<b>Pendenza di progetto</b>	6.00 %	4.00 %	3.00 %	2.00 %
<b>Parametro di Scabrezza</b>	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler
<b>Scabrezza (Consigliato 40)</b>	40.00	40.00	40.00	40.00
<b>Q Tr (2 anni) [mc/s]</b>	0.70	0.70	0.70	0.70
<b>Q Tr (5 anni) [mc/s]</b>	0.96	0.96	0.96	0.96
<b>Q Tr (10 anni) [mc/s]</b>	1.18	1.18	1.18	1.18
<b>Q Tr (25 anni) [mc/s]</b>	1.56	1.56	1.56	1.56
<b>Q Tr (50 anni) [mc/s]</b>	1.94	1.94	1.94	1.94

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	30 of 50

<b>Q 6 [mc/s]</b>	2.00	2.00	2.00	2.00
-------------------	------	------	------	------

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

*Tabella 7-2: Riepilogo sezioni secondarie verificate*

Sezione in verifica	Sezione 2.1	Sezione 2.2	Sezione 2.3	Sezione 2.4
<b>Profilo di progetto</b>	Canaletta Secondaria	Canaletta Secondaria	Canaletta Secondaria	Canaletta Secondaria
<b>Tratto</b>	pendenza massima	pendenza media	pendenza minima	pendenza minima
<b>Tipo Sezione</b>	Trapezia	Trapezia	Trapezia	Trapezia
<b>Materiale</b>	Terra	Terra	Terra	Terra
<b>Caratteristiche Canale</b>	Terra - con erba			
<b>Base [m]</b>	0.500	0.500	0.500	0.500
<b>Altezza [m]</b>	0.300	0.300	0.300	0.300
<b>Inclinazione Pareti [°]</b>	30°	30°	30°	30°
<b>Pendenza di progetto</b>	4.00 %	2.00 %	1.00 %	0.50 %
<b>Parametro di Scabrezza</b>	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler
<b>Scabrezza (Consigliato 40)</b>	40.00	40.00	40.00	40.00
<b>Q Tr (2 anni) [mc/s]</b>	0.07	0.07	0.07	0.07
<b>Q Tr (5 anni) [mc/s]</b>	0.09	0.09	0.09	0.09
<b>Q Tr (10 anni) [mc/s]</b>	0.11	0.11	0.11	0.11
<b>Q Tr (25 anni) [mc/s]</b>	0.14	0.14	0.14	0.14
<b>Q Tr (50 anni) [mc/s]</b>	0.18	0.18	0.18	0.18
<b>Q 6 [mc/s]</b>	0.25	0.25	0.25	0.25

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

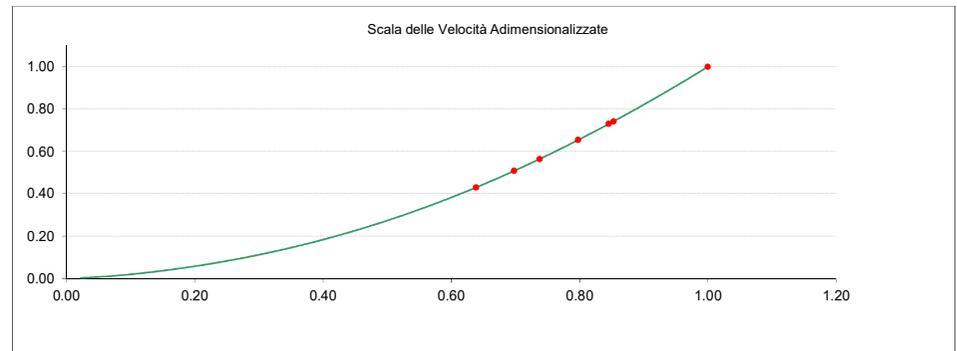
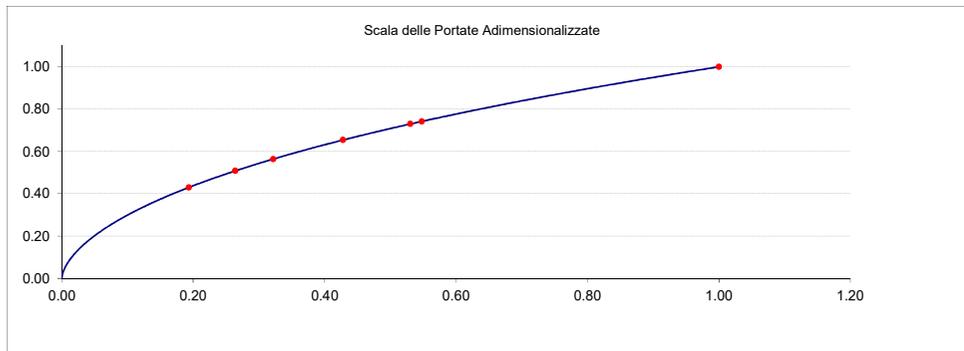
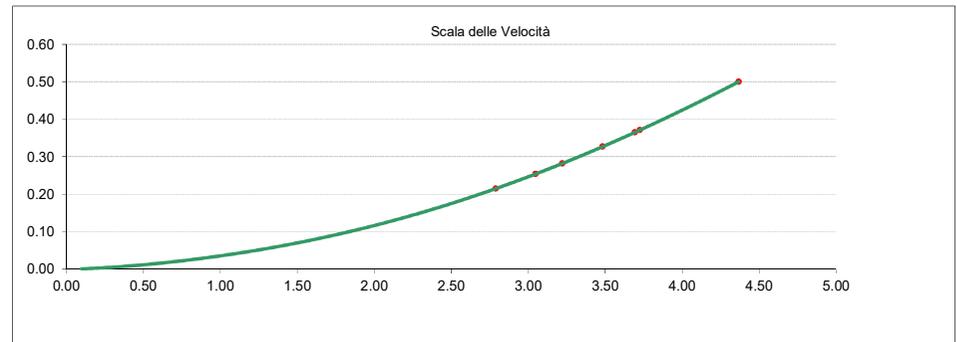
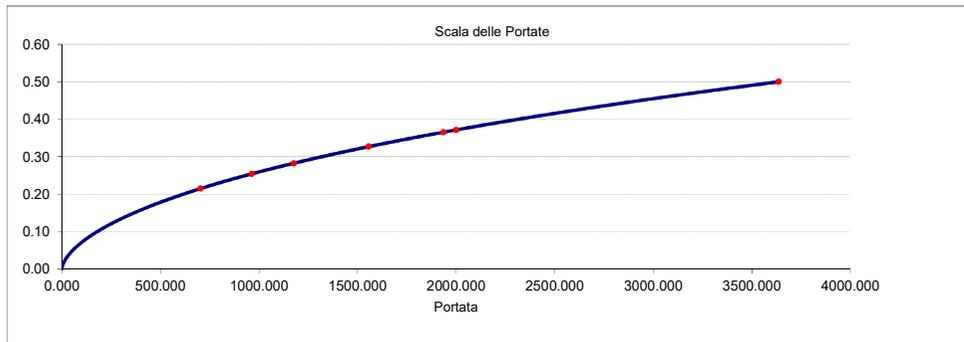
	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	31 of 50

## 7.5 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.1

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

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	3637.332	Base	B	0.80	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	703.200	Altezza	H	0.50	Terra	
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	963.900	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba	
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	1177.300	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	1556.600	Pendenza di progetto	i	6.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - verifica	1935.800	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q 6	2000.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 703.20 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 963.90 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 1177.30 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 1556.60 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 1935.80 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 2000.00 [l/s])	Massima portata (Q= 3637.33 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - verifica	Q 6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	703.20	963.90	1177.30	1556.60	1935.80	2000.00	3637.33
percentuale riempimento [%]	43%	51%	56%	65%	73%	74%	100%
Tirante idrico [m]	0.22	0.25	0.28	0.33	0.37	0.37	0.50
Area Bagnata [mq]	0.25	0.31	0.36	0.45	0.52	0.54	0.83
Contorno Bagnato [m]	1.66	1.82	1.93	2.11	2.26	2.28	2.80
Lunghezza Pelo Libero [m]	1.54	1.68	1.78	1.93	2.06	2.09	2.53
Raggio Idraulico [m]	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.23	0.30
c [-]	29.22	29.87	30.29	30.89	31.34	31.41	32.68
Velocità del flusso [m/s]	2.79	3.05	3.22	3.48	3.69	3.72	4.37
V/Vr [%]	0.64	0.70	0.74	0.80	0.85	0.85	1.00
Q/Qr [%]	0.19	0.26	0.32	0.43	0.53	0.55	1.00



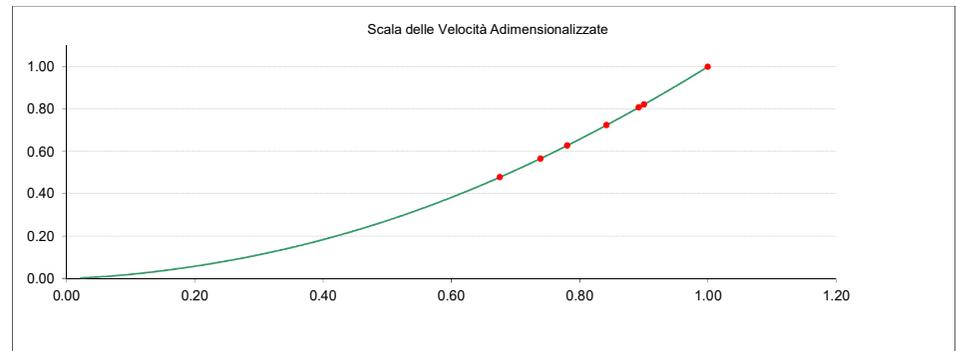
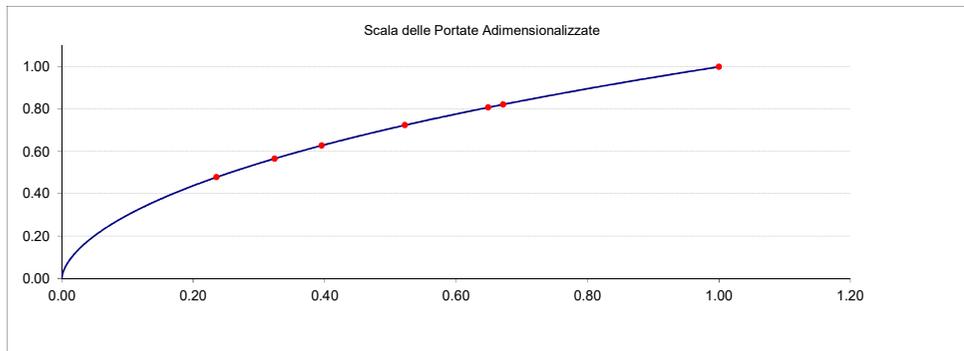
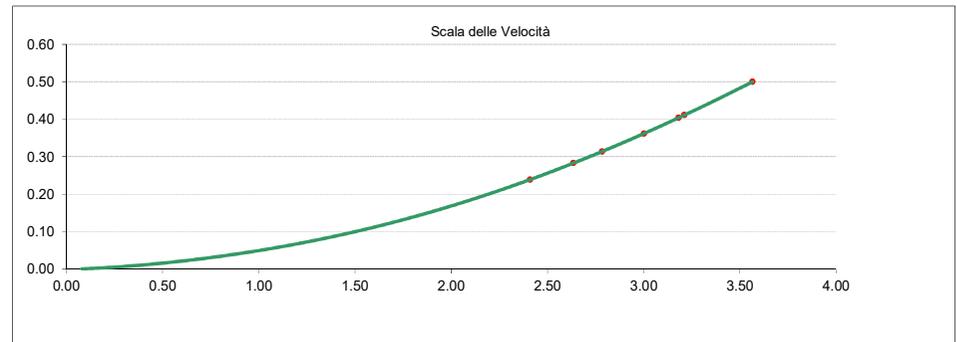
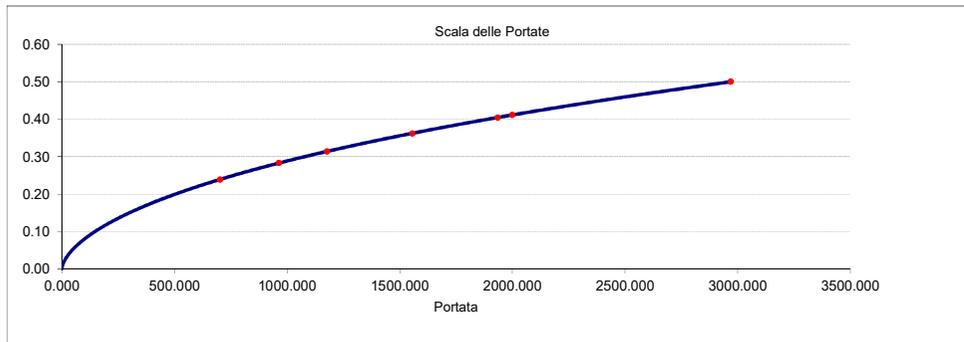
	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	33 of 50

## 7.6 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.2

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

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione
Portata Massima	Qmax	2969.869	Base	B	0.80	Trapezia
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	703.200	Altezza	H	0.50	Terra
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	963.900	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	1177.300	Coefficiente di inclinazione	n	1.73	
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	1556.600	Pendenza di progetto	i	4.00%	Note: Nessuna
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - verifica	1935.800	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler		
Portata di progetto Q6	Q 6	2000.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00	

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 703.20 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 963.90 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 1177.30 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 1556.60 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 1935.80 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 2000.00 [l/s])	Massima portata (Q= 2969.87 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - verifica	Q 6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	703.20	963.90	1177.30	1556.60	1935.80	2000.00	2969.87
percentuale riempimento [%]	48%	57%	63%	72%	81%	82%	100%
Tirante idrico [m]	0.24	0.28	0.31	0.36	0.40	0.41	0.50
Area Bagnata [mq]	0.29	0.37	0.42	0.52	0.61	0.62	0.83
Contorno Bagnato [m]	1.76	1.93	2.06	2.25	2.42	2.44	2.80
Lunghezza Pelo Libero [m]	1.63	1.78	1.89	2.05	2.20	2.22	2.53
Raggio Idraulico [m]	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25	0.25	0.30
c [-]	29.63	30.30	30.72	31.31	31.76	31.84	32.68
Velocità del flusso [m/s]	2.41	2.63	2.78	3.00	3.18	3.21	3.57
V/Vr [%]	0.68	0.74	0.78	0.84	0.89	0.90	1.00
Q/Qr [%]	0.24	0.32	0.40	0.52	0.65	0.67	1.00



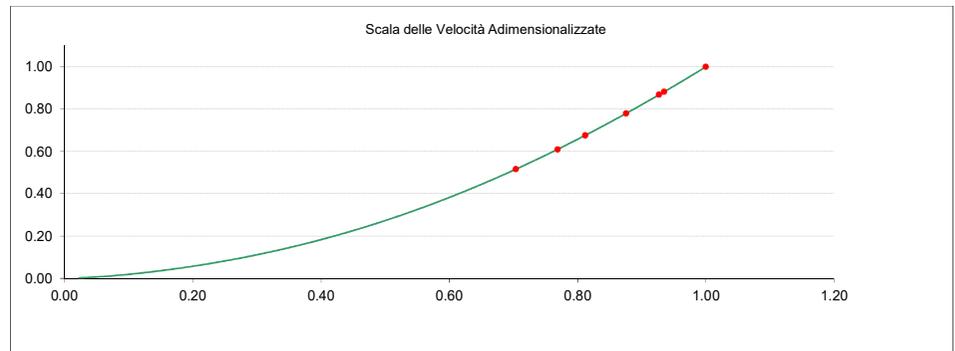
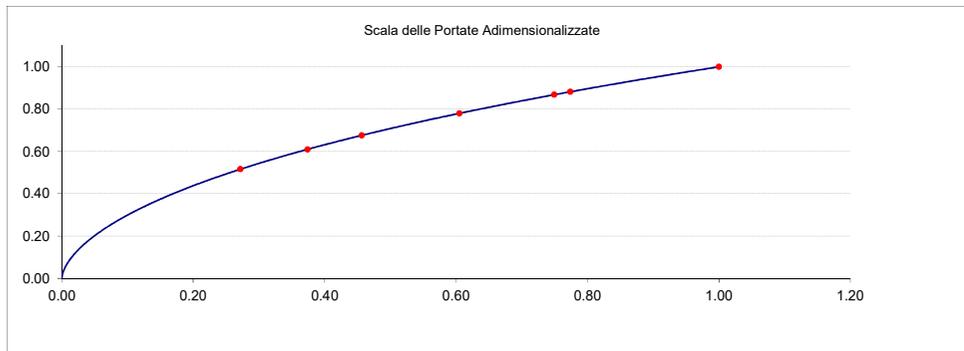
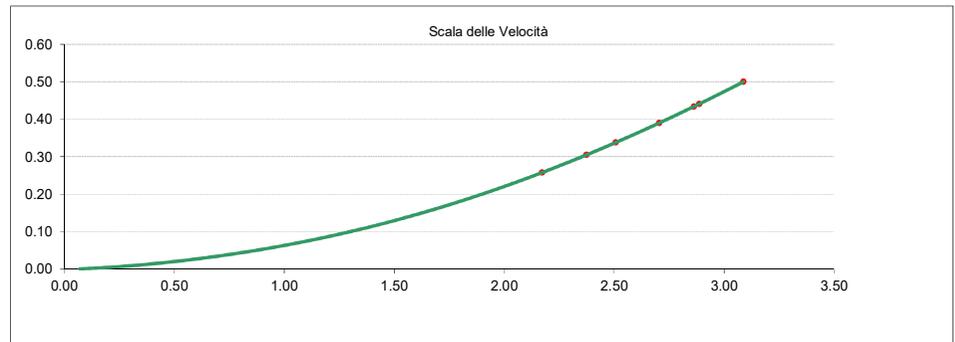
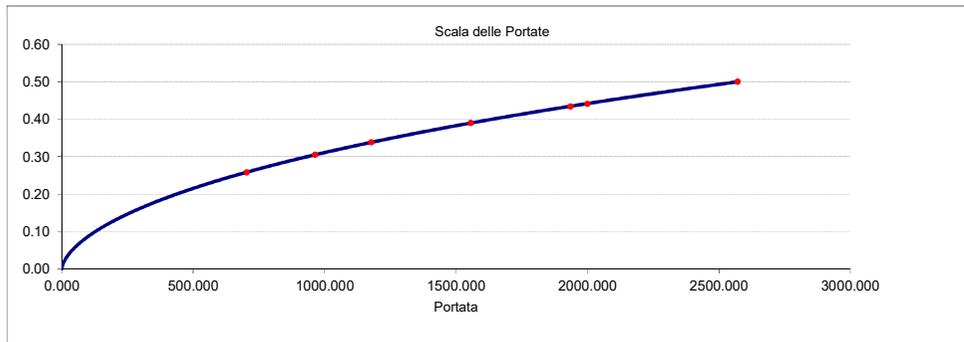
	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	35 of 50

## 7.7 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.3

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

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione
Portata Massima	Qmax	2571.982	Base	B	0.80	Trapezia
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	703.200	Altezza	H	0.50	Terra
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	963.900	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	1177.300	Coefficiente di inclinazione	n	1.73	
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	1556.600	Pendenza di progetto	i	3.00%	Note: Nessuna
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - verifica	1935.800	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler		
Portata di progetto Q6	Q 6	2000.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00	

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 703.20 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 963.90 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 1177.30 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 1556.60 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 1935.80 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 2000.00 [l/s])	Massima portata (Q= 2571.98 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - verifica	Q 6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	703.20	963.90	1177.30	1556.60	1935.80	2000.00	2571.98
percentuale riempimento [%]	52%	61%	68%	78%	87%	88%	100%
Tirante idrico [m]	0.26	0.31	0.34	0.39	0.43	0.44	0.50
Area Bagnata [mq]	0.32	0.41	0.47	0.58	0.67	0.69	0.83
Contorno Bagnato [m]	1.83	2.02	2.15	2.36	2.54	2.56	2.80
Lunghezza Pelo Libero [m]	1.69	1.86	1.97	2.15	2.30	2.33	2.53
Raggio Idraulico [m]	0.18	0.20	0.22	0.24	0.27	0.27	0.30
c [-]	29.93	30.60	31.02	31.62	32.07	32.14	32.68
Velocità del flusso [m/s]	2.17	2.37	2.51	2.70	2.86	2.89	3.09
V/Vr [%]	0.70	0.77	0.81	0.88	0.93	0.94	1.00
Q/Qr [%]	0.27	0.37	0.46	0.60	0.75	0.77	1.00



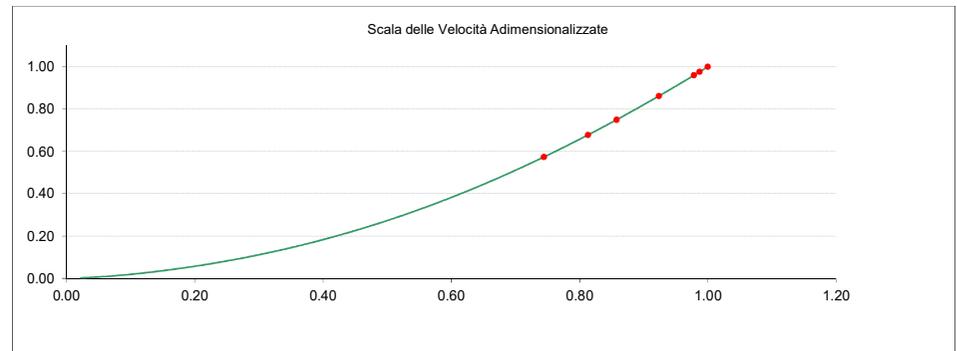
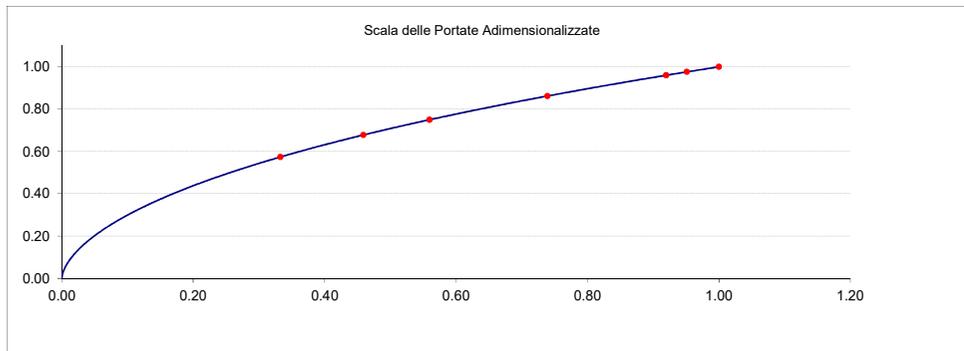
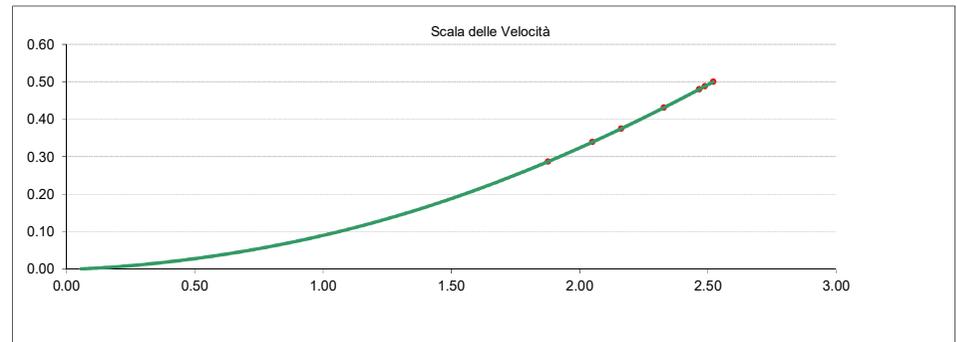
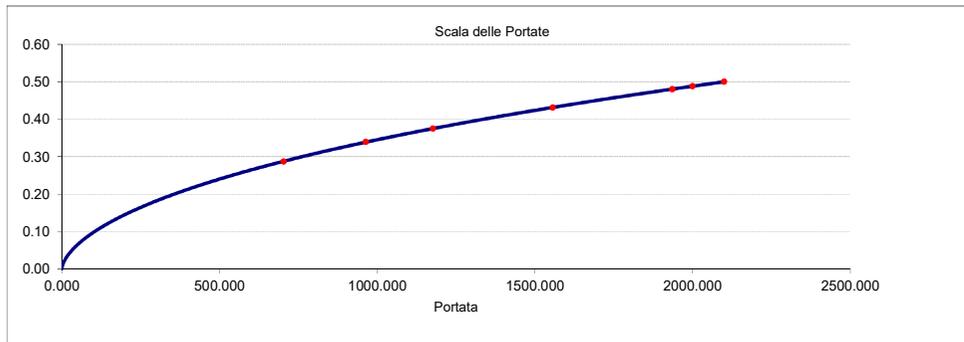
	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	37 of 50

## 7.8 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	2100.015	Base	B	0.80	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	703.200	Altezza	H	0.50	Terra	
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	963.900	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba	
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	1177.300	Corfficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	1556.600	Pendenza di progetto	i	2.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - verifica	1935.800	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q 6	2000.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 703.20 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 963.90 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 1177.30 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 1556.60 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 1935.80 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 2000.00 [l/s])	Massima portata (Q= 2100.01 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - verifica	Q 6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	703.20	963.90	1177.30	1556.60	1935.80	2000.00	2100.01
percentuale riempimento [%]	57%	68%	75%	86%	96%	98%	100%
Tirante idrico [m]	0.29	0.34	0.38	0.43	0.48	0.49	0.50
Area Bagnata [mq]	0.37	0.47	0.54	0.67	0.78	0.80	0.83
Contorno Bagnato [m]	1.95	2.16	2.30	2.52	2.72	2.75	2.80
Lunghezza Pelo Libero [m]	1.79	1.97	2.10	2.29	2.46	2.49	2.53
Raggio Idraulico [m]	0.19	0.22	0.24	0.26	0.29	0.29	0.30
c [-]	30.36	31.03	31.45	32.04	32.50	32.58	32.68
Velocità del flusso [m/s]	1.88	2.05	2.16	2.33	2.47	2.49	2.52
V/Vr [%]	0.74	0.81	0.86	0.92	0.98	0.99	1.00
Q/Qr [%]	0.33	0.46	0.56	0.74	0.92	0.95	1.00



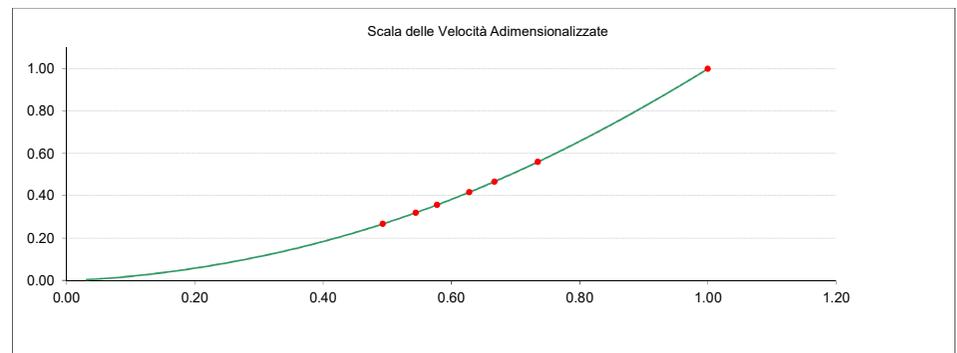
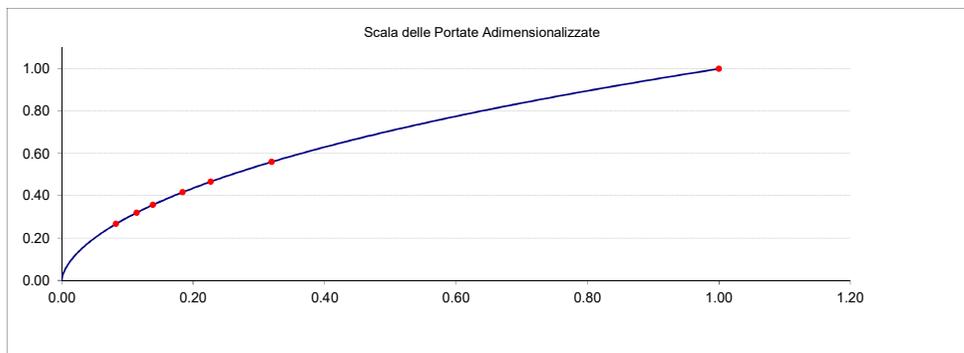
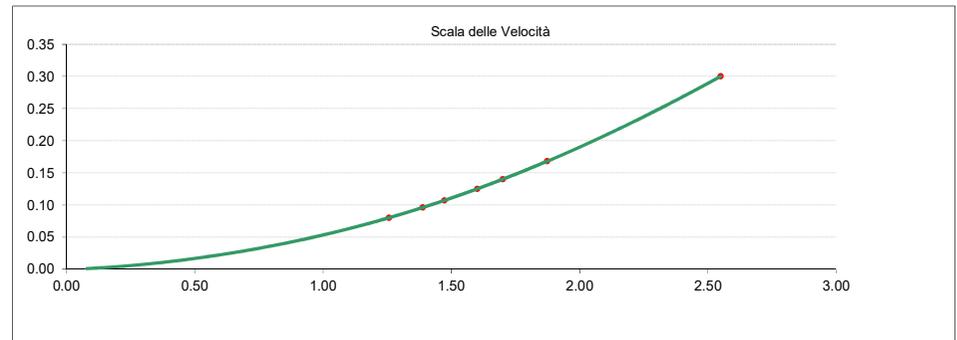
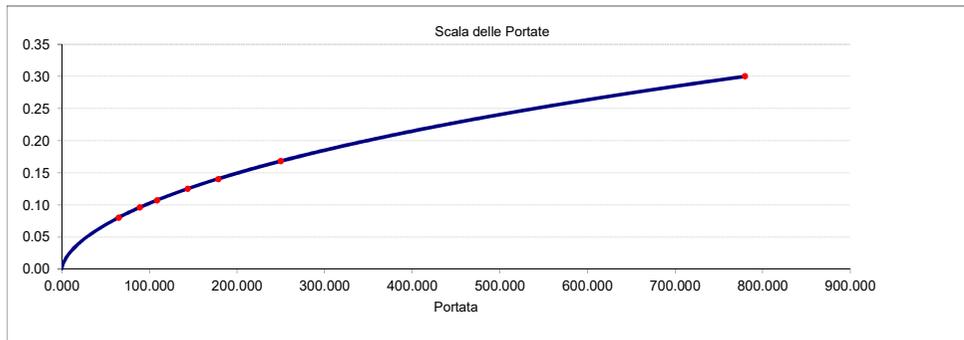
	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	39 of 50

## 7.9 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.1

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

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	779.926	Base	B	0.50	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	65.000	Altezza	H	0.30	Terra	
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	89.100	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba	
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	108.800	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	143.900	Pendenza di progetto	i	4.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - verifica	178.900	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q 6	250.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 65.00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 89.10 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 108.80 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 143.90 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 178.90 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 250.00 [l/s])	Massima portata (Q= 779.93 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - verifica	Q 6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	65.00	89.10	108.80	143.90	178.90	250.00	779.93
percentuale riempimento [%]	27%	32%	36%	42%	47%	56%	100%
Tirante idrico [m]	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.17	0.30
Area Bagnata [mq]	0.05	0.06	0.07	0.09	0.10	0.13	0.31
Contorno Bagnato [m]	0.82	0.88	0.93	1.00	1.06	1.17	1.70
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.78	0.83	0.87	0.93	0.98	1.08	1.54
Raggio Idraulico [m]	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.18
c [-]	25.18	25.82	26.20	26.76	27.16	27.83	30.05
Velocità del flusso [m/s]	1.26	1.39	1.47	1.60	1.70	1.87	2.55
V/Vr [%]	0.49	0.54	0.58	0.63	0.67	0.74	1.00
Q/Qr [%]	0.08	0.11	0.14	0.18	0.23	0.32	1.00



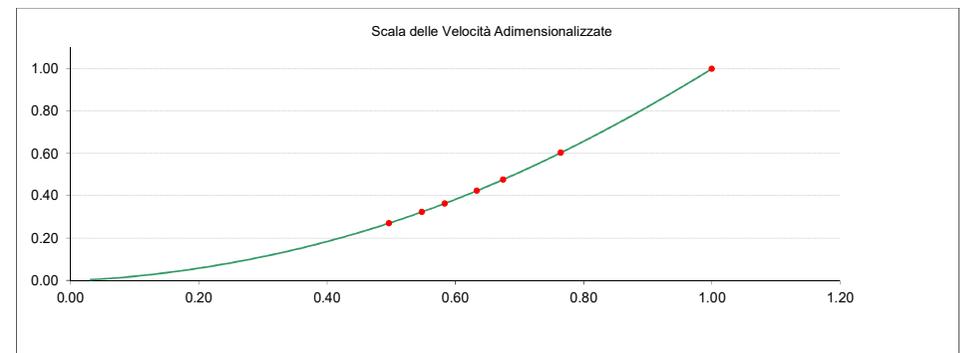
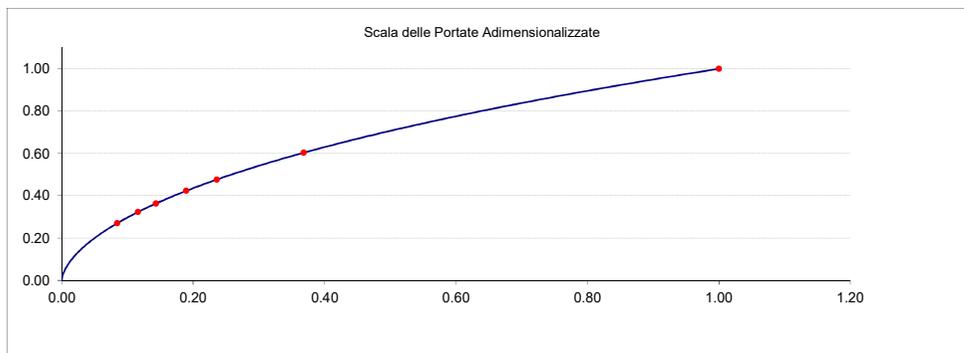
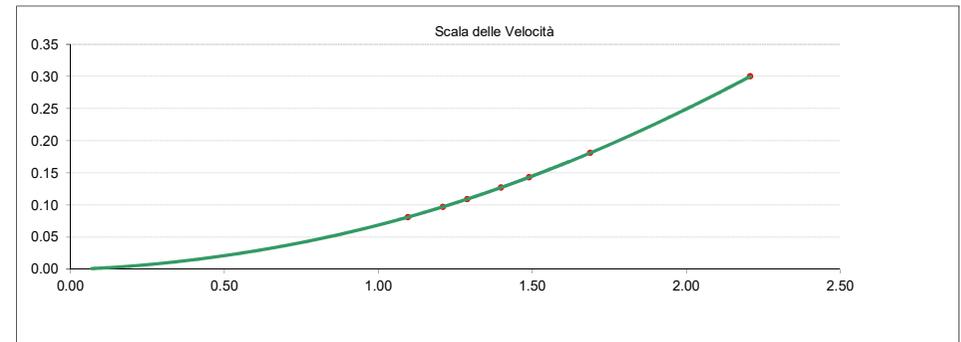
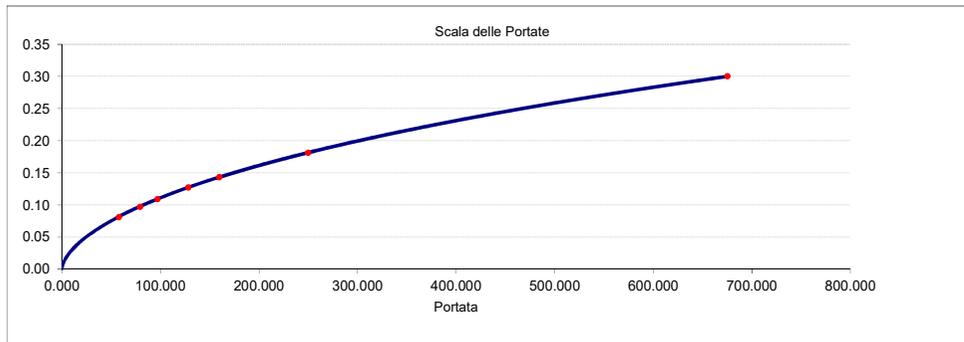
	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	41 of 50

## 7.10 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.2

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

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	675.436	Base	B	0.50	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	58.100	Altezza	H	0.30	Terra	
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	79.600	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba	
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	97.200	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	128.500	Pendenza di progetto	i	3.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - verifica	159.800	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q 6	250.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 58.10 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 79.60 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 97.20 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 128.50 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 159.80 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 250.00 [l/s])	Massima portata (Q= 675.44 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - verifica	Q 6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	58.10	79.60	97.20	128.50	159.80	250.00	675.44
percentuale riempimento [%]	27%	32%	36%	42%	48%	60%	100%
Tirante idrico [m]	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.18	0.30
Area Bagnata [mq]	0.05	0.06	0.08	0.09	0.11	0.15	0.31
Contorno Bagnato [m]	0.82	0.89	0.94	1.01	1.07	1.22	1.70
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.78	0.84	0.88	0.94	1.00	1.13	1.54
Raggio Idraulico [m]	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.18
c [-]	25.23	25.86	26.27	26.81	27.24	28.10	30.05
Velocità del flusso [m/s]	1.10	1.21	1.29	1.40	1.49	1.69	2.21
V/Vr [%]	0.50	0.55	0.58	0.63	0.67	0.76	1.00
Q/Qr [%]	0.08	0.12	0.14	0.19	0.24	0.37	1.00



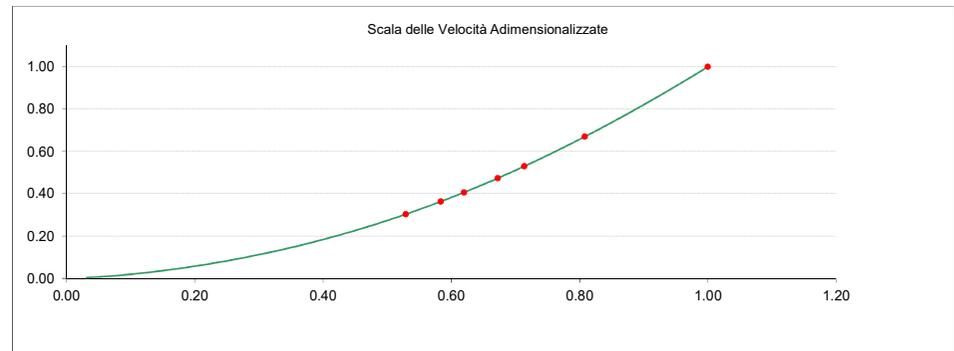
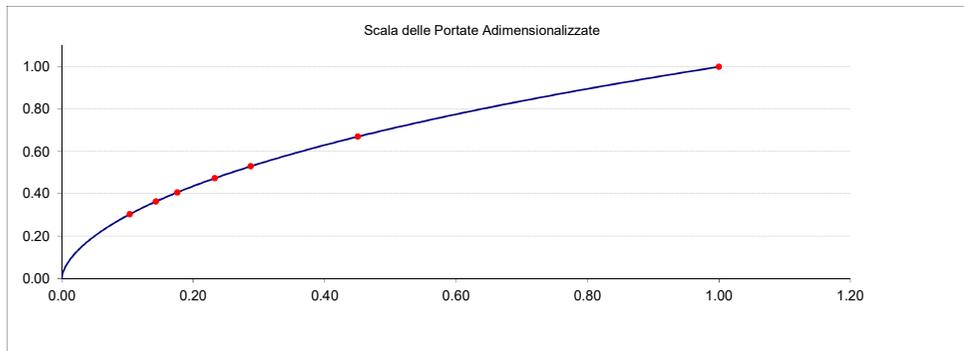
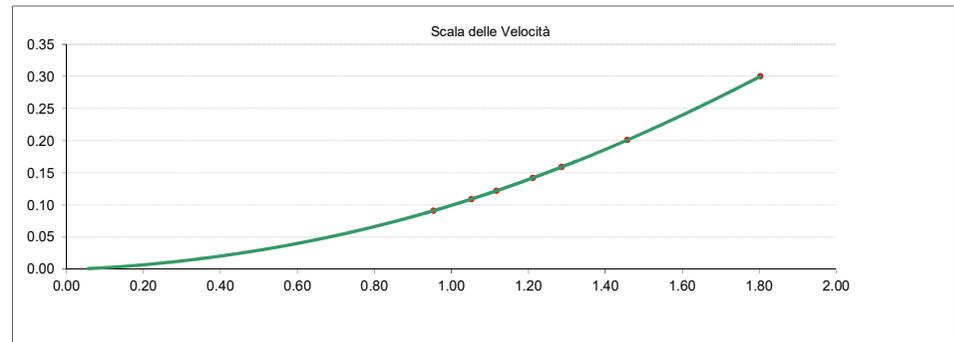
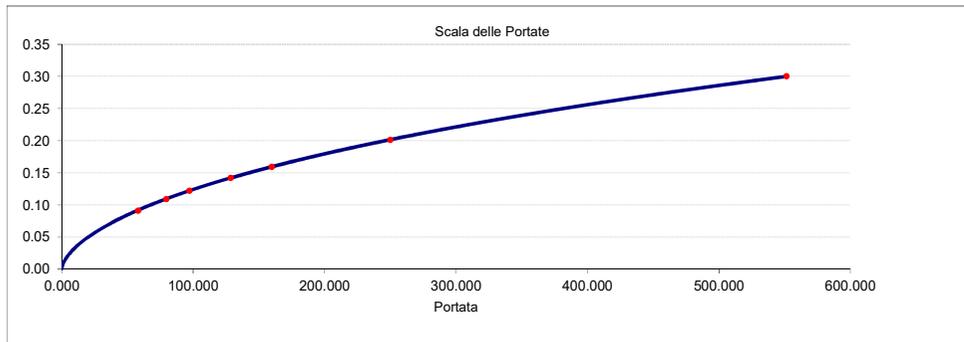
	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	43 of 50

### 7.11 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.3

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

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	551.491	Base	B	0.50	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	58.100	Altezza	H	0.30	Terra	
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	79.600	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba	
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	97.200	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	128.500	Pendenza di progetto	i	2.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - verifica	159.800	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q 6	250.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 58.10 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 79.60 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 97.20 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 128.50 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 159.80 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 250.00 [l/s])	Massima portata (Q= 551.49 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - verifica	Q 6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	58.10	79.60	97.20	128.50	159.80	250.00	551.49
percentuale riempimento [%]	30%	36%	41%	47%	53%	67%	100%
Tirante idrico [m]	0.09	0.11	0.12	0.14	0.16	0.20	0.30
Area Bagnata [mq]	0.06	0.08	0.09	0.11	0.12	0.17	0.31
Contorno Bagnato [m]	0.86	0.94	0.99	1.07	1.14	1.30	1.70
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.82	0.88	0.92	0.99	1.05	1.20	1.54
Raggio Idraulico [m]	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.18
c [-]	25.63	26.27	26.67	27.21	27.63	28.50	30.05
Velocità del flusso [m/s]	0.95	1.05	1.12	1.21	1.29	1.46	1.80
V/Vr [%]	0.53	0.58	0.62	0.67	0.71	0.81	1.00
Q/Qr [%]	0.10	0.14	0.18	0.23	0.29	0.45	1.00



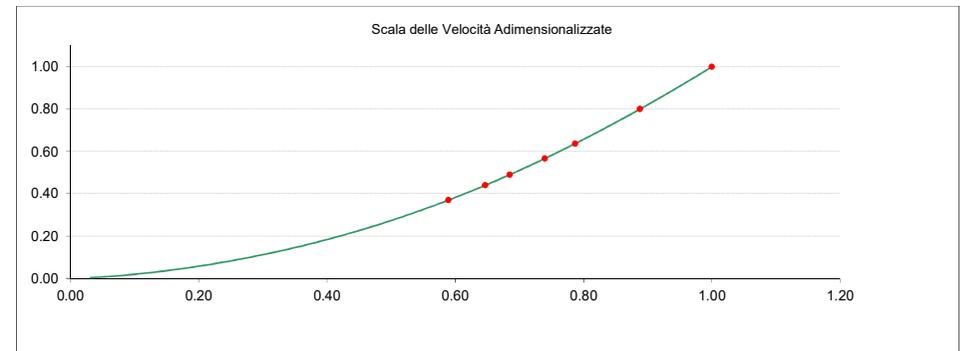
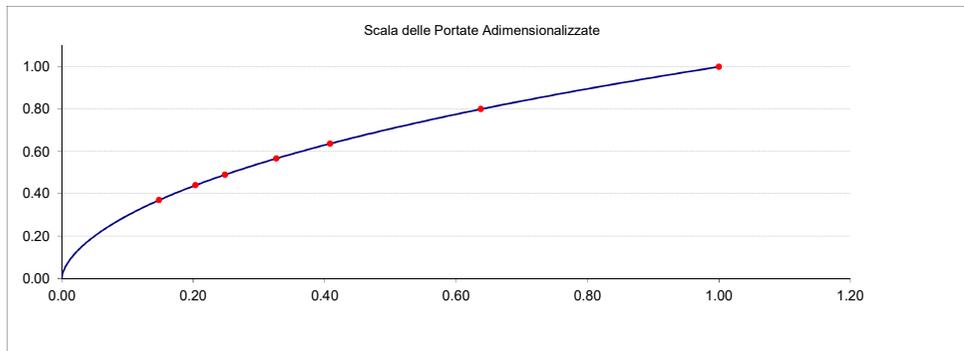
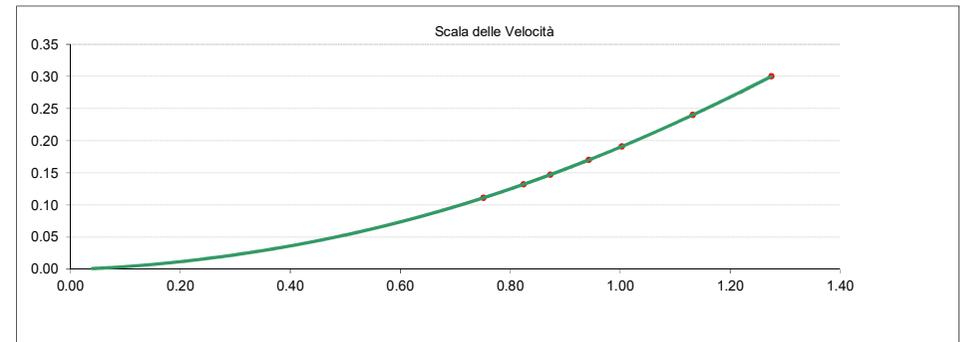
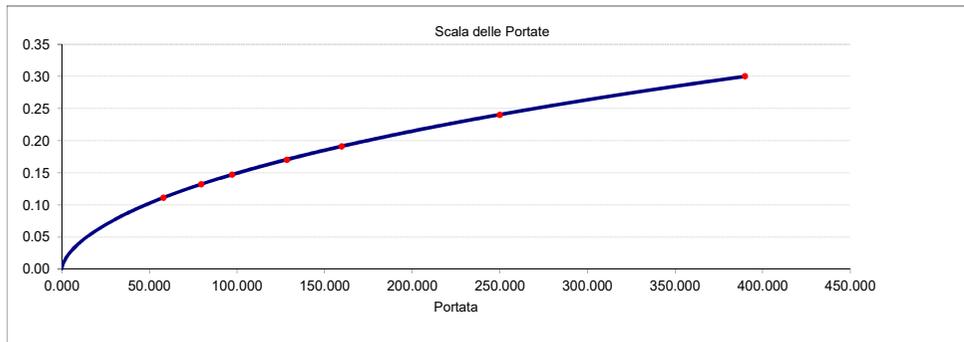
	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	45 of 50

#### 7.12 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 2.4

Verifica delle sezioni idrauliche: Sezione 2.4 - Canaletta secondaria - -

Portate di calcolo [l/s]			Riepilogo dati sezione			Tipo sezione	
Portata Massima	Qmax	389.963	Base	B	0.50	Trapezia	
Portata di progetto Q1	Q Tr (2 anni)	58.100	Altezza	H	0.30	Terra	
Portata di progetto Q2	Q Tr (5 anni)	79.600	Inclinazione Pareti	a	30.00	Terra - con erba	
Portata di progetto Q3	Q Tr (10 anni)	97.200	Coefficiente di inclinazione	n	1.73		
Portata di progetto Q4	Q Tr (25 anni)	128.500	Pendenza di progetto	i	1.00%	Note: Nessuna	
Portata di progetto Q5	Q Tr (50 anni) - verifica	159.800	Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler			
Portata di progetto Q6	Q 6	250.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks	40.00		

Portate Verificate	Portata di progetto Q1 (Q= 58.10 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 79.60 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 97.20 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 128.50 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 159.80 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 250.00 [l/s])	Massima portata (Q= 389.96 [l/s])
ID Portata	Q Tr (2 anni)	Q Tr (5 anni)	Q Tr (10 anni)	Q Tr (25 anni)	Q Tr (50 anni) - verifica	Q 6	Qmax
Portata di verifica [l/s]	58.10	79.60	97.20	128.50	159.80	250.00	389.96
percentuale riempimento [%]	37%	44%	49%	57%	64%	80%	100%
Tirante idrico [m]	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.24	0.30
Area Bagnata [mq]	0.08	0.10	0.11	0.14	0.16	0.22	0.31
Contorno Bagnato [m]	0.94	1.03	1.09	1.18	1.26	1.46	1.70
Lunghezza Pelo Libero [m]	0.88	0.96	1.01	1.09	1.16	1.33	1.54
Raggio Idraulico [m]	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.15	0.18
c [-]	26.33	26.95	27.34	27.87	28.30	29.17	30.05
Velocità del flusso [m/s]	0.75	0.82	0.87	0.94	1.00	1.13	1.27
V/Vr [%]	0.59	0.65	0.68	0.74	0.79	0.89	1.00
Q/Qr [%]	0.15	0.20	0.25	0.33	0.41	0.64	1.00



	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	47 of 50

## 8 CONCLUSIONI

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

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

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

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

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

Nelle aree interessate dal progetto, durante la fase post-operam nello scenario più cautelativo, si registrerebbe un incremento dei deflussi totali di circa il 12%.

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

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	48 of 50

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.

Tutto ciò contribuisce alla riduzione dell’impatto delle opere.

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

In merito all’uso del suolo post-operam per le aree interne alla recinzione dell’impianto (nelle interfila dei moduli fotovoltaici) è prevista la possibilità che agricoltori locali possano seminare foraggi da destinate all’alimentazione del bestiame.

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.

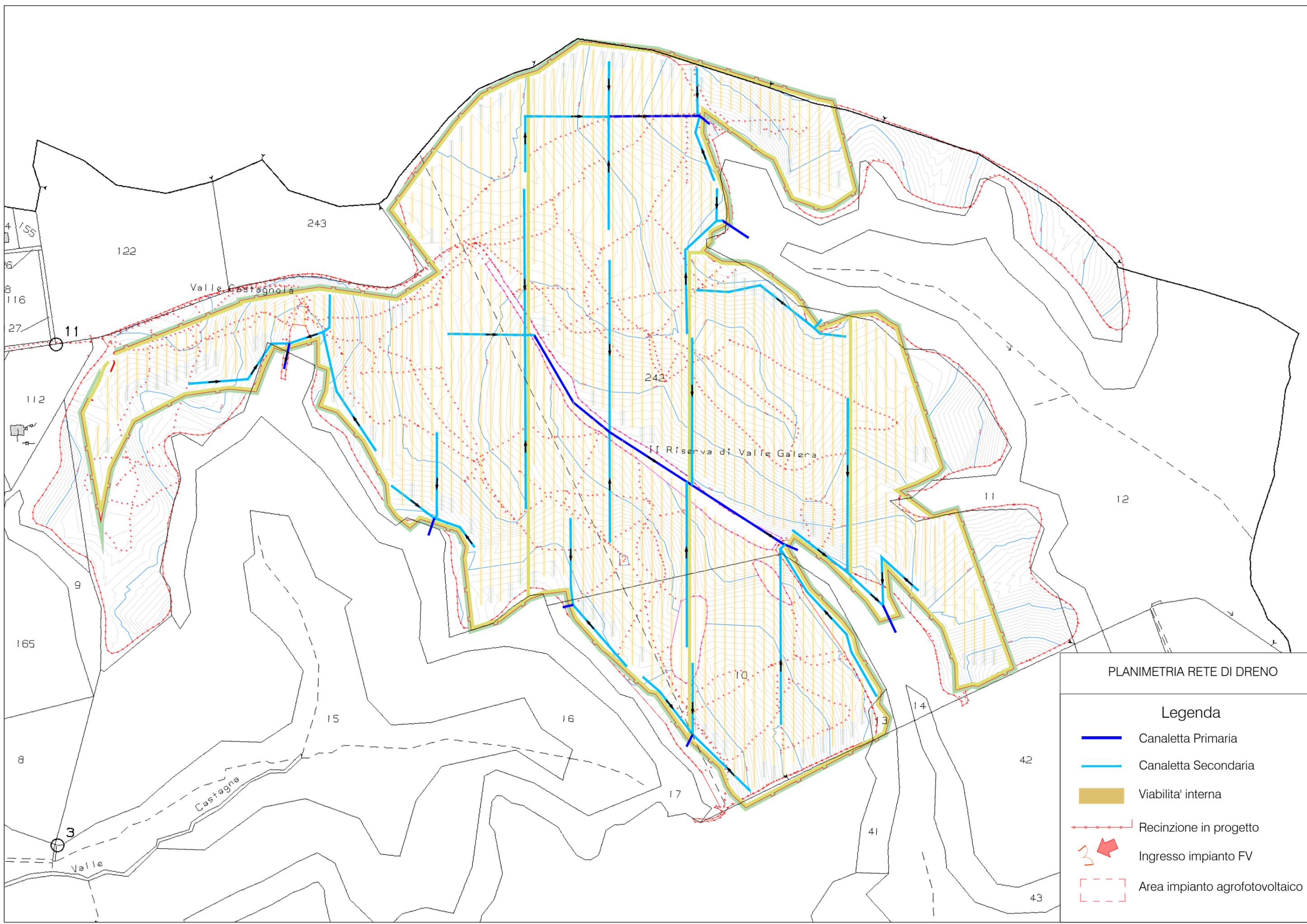
Numerosi sono i vantaggi dell’inerbimento permanente:

- 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 O<sub>2</sub> e immagazzinando carbonio atmosferico;
- Miglioramento l’impatto paesaggistico e la gestione è in genere poco onerosa.

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

	<b>IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN</b> <b>POTENZA NOMINALE 25,3 MWp – 22,2 MVA</b> <b>Località “Tenuta Boccea” - Comune di Roma (Rm)</b>	<b>Rev.</b>	<b>0</b>
	<b>21-00016-IT-BOCCEA_CV-R09</b> <b>Relazione idrologica ed idraulica</b>	<b>Sheet</b>	49 of 50

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



PLANIMETRIA RETE DI DRENO

Legenda

- Canaletta Primaria
- Canaletta Secondaria
- Viabilita' interna
- - - Recinzione in progetto
- ➔ Ingresso impianto FV
- [ - - - ] Area impianto agrofotovoltaico