

Comune di  
Cerignola



Provincia di  
Foggia

Regione Puglia



Comune di  
Trinitapoli



Provincia di  
Barletta Andria Trani

Committente:



MAIA SOL S.R.L.

VIA MERCATO 3/5 CAP 20121 MILANO (MI)

c.f. 12502470961



Titolo del Progetto:

## Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto agrifotovoltaico denominato "Demofonte"

Documento:	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	Codice Pratica:	<b>VIGVA99</b>	N° Tavola:	<b>C</b>
Elaborato:	<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	SCALA:	<b>N.D.</b>		
		FOGLIO:	<b>1 di 1</b>		
		FORMATO:	<b>A4</b>		

Nome file: **VIGVA99\_Relazione\_Idrologica\_e\_Idraulica\_C.pdf**

Progettazione:



**NEW DEVELOPMENTS S.r.l.**  
Piazza Europa, 14  
87100 Cosenza (CS)

Progettisti:



dott. ing. Emanuele Barbieri



dott. ing. Giovanni Guzzo Foliaro



dott. ing. Amedeo Costabile



dott. ing. Francesco Meringolo

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	20/06/2022	PRIMA EMISSIONE	New Dev.	CSC	CSC

## SOMMARIO

1. PREMESSA.....	2
2. AREA DI INTERVENTO .....	2
3. STATO DI FATTO .....	3
4. INTERVENTI IN PROGETTO .....	4
5. OBIETTIVI DELLO STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO.....	7
6. ANALISI IDROLOGICA.....	9
6.1. ANALISI PROBABILISTICA DELLE PIOGGE.....	9
6.1.1. IL PRIMO LIVELLO TCEV .....	11
6.1.2. IL TERZO LIVELLO DI REGIONALIZZAZIONE: IL VAPI PUGLIA.....	13
6.1.3. CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI RIFERIMENTO .....	15
6.1.4. CURVE DI PIOGGIA INFERIORI ALL'ORA.....	15
6.2. BACINO IDROGRAFICO DI RIFERIMENTO.....	16
6.2.1. ALTITUDINE MEDIA, MASSIMA E MINIMA DEI BACINI.....	17
6.2.2. PROFILO LONGITUDINALE CORSO D'ACQUA.....	18
6.2.1. CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE .....	18
6.2.2. AREE DI DRENAGGIO .....	18
6.3. STIMA DELLE PORTATE .....	19
6.3.1. COEFFICIENTE DI DEFLUSSO .....	19
6.3.2. RISULTATI.....	20
7. VERIFICHE IDRAULICHE.....	21
7.1. SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO .....	22
7.1.1. FOSSI DI GUARDIA .....	22
7.1.2. TOMBINI CIRCOLARI .....	22
7.2. RACCOLTA ACQUE SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE .....	23
8. RISULTATI E CONCLUSIONI .....	23

<b>Maia sol s.r.l.</b>	Progetto definitivo impianto agrivoltaico dotato di accumulo denominato "Demofonte"	 <b>NEWDEVELOPMENTS</b>
------------------------	---	---

## 1. PREMESSA

Il seguente studio idrologico e idraulico, incaricatomi dalla New Developments S.r.l., in qualità di gruppo di progettazione, è parte integrante del Progetto Definitivo inerente la realizzazione di un impianto fotovoltaico (denominato "Demofonte"), sito nei Comuni di Cerignola (FG) e Trinitapoli (BAT) e che la società **MAIA SOL s.r.l.** intende realizzare nella Regione Puglia. La potenza complessiva dell'impianto fotovoltaico, costituito da n. 89'908.00 moduli fotovoltaici aventi potenza nominale pari a 660 Wp cadauno ancorati su idonee strutture ad inseguimento solare, è quantificata in **42,51060 MWp**. L'intervento è finalizzato alla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile in accordo con la Strategia Energetica Nazionale (SEN) che pone un orizzonte di azioni da conseguire al 2030 mediante un percorso che è coerente anche con lo scenario a lungo termine del 2050 stabilito dalla Road Map Europea che prevede la riduzione di almeno l'80% delle emissioni rispetto al 1990. L'impianto fotovoltaico sarà connesso alla RTN in prossimità della futura stazione TERNA 150/380 kV da collegare in entra-esce alla linea 380 kV "Foggia – Palo del Colle" ubicata nel territorio comunale di Cerignola (FG). Il percorso di detto elettrodotto sviluppa una lunghezza complessiva di circa **9.23** km.

Nei paragrafi a seguire si riportano i risultati ottenuti dallo studio idrologico e idraulico redatto in fase di progettazione definitiva. Più in particolare, previo inquadramento dell'area oggetto di intervento, verranno mostrate le analisi idrologiche e le verifiche idrauliche che, a partire da un'analisi probabilistica delle precipitazioni, hanno consentito di stimare le portate di progetto ad assegnato tempo di ritorno e successivamente di rappresentare gli effetti dell'intervento sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata.

## 2. AREA DI INTERVENTO

Le aree occupate dall'impianto saranno dislocate all'interno delle particelle di terreno site in agro del territorio comunale di Cerignola (FG) e Trinitapoli (BAT). Esse sviluppano una superficie recintata complessiva di circa 51.83 Ha lordi e presentano struttura orografica regolare e del tutto pianeggiante.



Figura 2-1- Inquadramento area di intervento

Tav. C	Relazione idrologica e idraulica	2 di 24
--------	----------------------------------	---------

<b>Maia sol s.r.l.</b>	Progetto definitivo impianto agrivoltaico dotato di accumulo denominato "Demofonte"	
------------------------	---	---

In particolare nel territorio di Cerignola è ubicata la maggiore consistenza dell'impianto, tutto lo sviluppo dell'elettrodotto interrato di vettoriamento e la Sottostazione Elettrica di Trasformazione MT/AT, posta nelle immediate vicinanze della futura Stazione Elettrica 150/380 kV, di proprietà TERNA s.p.a.. Nel territorio di Trinitapoli è invece ubicata la restante porzione di impianto, a completamento del campo posto nei limiti comunali di Cerignola.

### 3. STATO DI FATTO

Il sito di intervento presenta una morfologia a carattere prevalentemente pianeggiante, costituita per lo più da un'alternanza di campi agricoli con pendenze non superiori al 1%. L'area oggetto di intervento risulta scarsamente antropizzata e ricade a circa 1.8 km più ad est del Fosso della Pila. Viste le blande pendenze, il tipo di deflusso superficiale, sui suoli ad alta permeabilità, è abbastanza lento.



Figura 3-1 – Viste dell'area di intervento

Da un punto di vista idraulico, non si evidenziano criticità, in quanto, all'interno dell'area, non sono stati rinvenuti fossi di scolo o elementi appartenenti al reticolo idrografico.



Figura 3-2 - Foto Aerea. Nell'area di intervento non sono stati rinvenuti fossi di scolo. È presente una vasca artificiale, ma da informazioni reperite durante i sopralluoghi effettuati in campo, la stessa viene alimentata periodicamente da autobotti.

Tav. C	Relazione idrologica e idraulica	3 di 24
--------	----------------------------------	---------

<b>Maia sol s.r.l.</b>	Progetto definitivo impianto agrivoltaico dotato di accumulo denominato "Demofonte"	
------------------------	---	---

Le aree di intervento ricadono nel territorio di competenza dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale <sup>1</sup>. L’eventuale interferenza con le aree a rischio idraulico è stata verificata previa consultazione del Web Gis della sede Puglia. Da quanto rappresentato in Figura 3-3, non sono state riscontrate né interferenze con il reticolo idrografico, né interferenze con aree a rischio idraulico.



Figura 3-3 – Sovrapposizione con aree PAI a rischio alluvione. In rosso la delimitazione dell’area di intervento

#### 4. INTERVENTI IN PROGETTO

La potenza nominale complessiva dell’Impianto fotovoltaico è pari a **42,51060 MWp**, generata in 7 campi fotovoltaici collegati tra loro tramite cavidotti interrati in alta tensione.

I moduli fotovoltaici impiegati sono del tipo poli-cristallino con potenza nominale di circa 660 Watt/cad. Detti moduli saranno disposti su sistemi di inseguimento solare monassiale di *rollio* del tipo *Tracker*. Queste strutture consentono la rotazione dei moduli fotovoltaici ad essi ancorati intorno ad un unico asse orizzontale permettendo l’inseguimento del sole nell’arco della giornata aumentando la produzione energetica dell’impianto fotovoltaico. Dette strutture saranno infisse nel terreno mediante apposita macchina battipalo o, nell’eventuale caso ritrovamenti puntuali di trovanti rocciosi, mediante macchina trivellatrice.

L’interdistanza tra le fila di tracker, per come indicato negli elaborati grafici di dettaglio, si attesta pari a **10 metri** minimo.

<sup>1</sup> L’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale, in base alle norme vigenti, ha fatto proprie le attività di pianificazione e programmazione a scala di Bacino e di Distretto idrografico svolte dalle ex Autorità di Bacino Nazionali, Regionali, Interregionali.

Tav. C	Relazione idrologica e idraulica	4 di 24
--------	----------------------------------	---------

<b>Maia sol s.r.l.</b>	Progetto definitivo impianto agrivoltaico dotato di accumulo denominato "Demofonte"	
------------------------	---	---

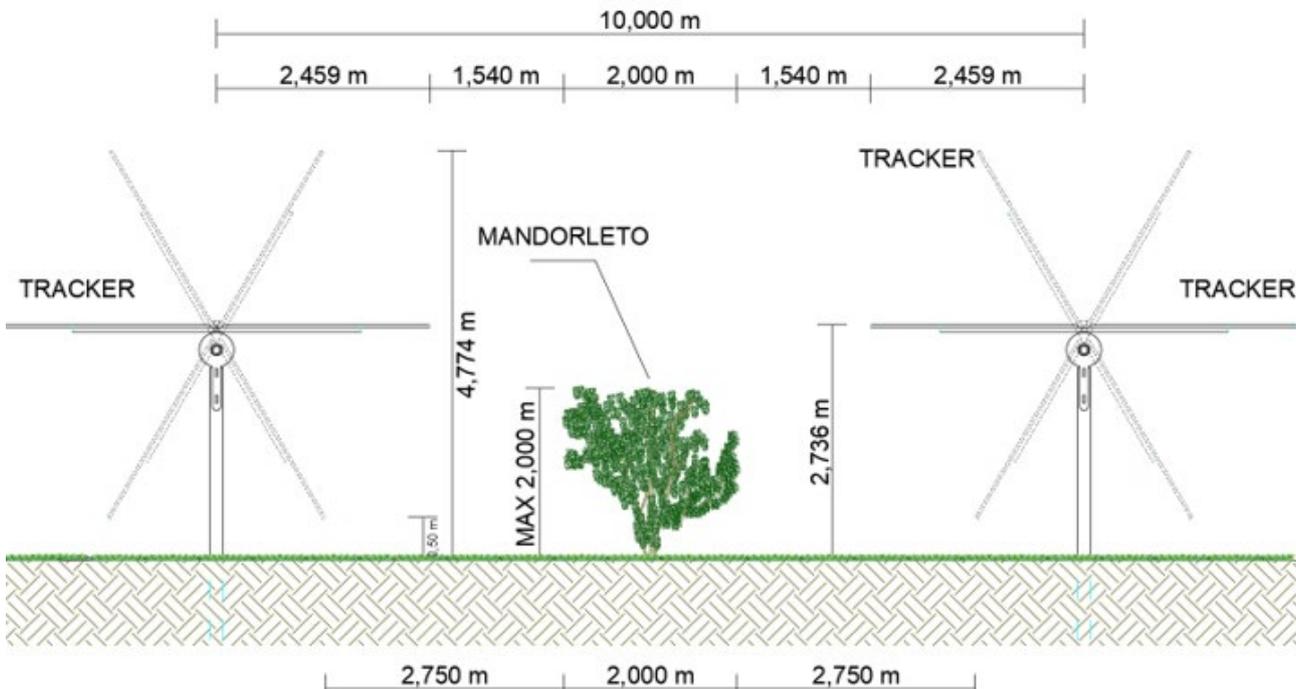


Figura 3-1 – sezione tipo impianto

È previsto l'impiego di un inverter per ogni stringa ed il collegamento di quest'ultime ai trasformatori/elevatori di campo. Ogni trasformatore di campo sarà ubicato in container prefabbricato e da quest'ultimo, mediante rete AT in cavidotto interrato, verrà garantito il vettoriamento dell'energia alla futura Stazione Elettrica di proprietà TERNA. Le tavole grafiche allegate al progetto elettrico mostrano i tipologici delle sezioni di elettrodotto interrato AT.

L'intera area impianto, dove saranno dislocati i moduli, inverter di stringa e trasformatori di campo, sarà idoneamente recintata verso l'esterno mediante rete a maglie metalliche ancorata al terreno con sistema antiscavalco realizzato con offendicola in rete metallica e idonei sottopassi faunistici per non ostacolare il transito della fauna locale. L'altezza massima fuori-terra della recinzione sarà di 220 cm.

I cancelli carrabili, anch'essi in materiale metallico, saranno realizzati secondo le indicazioni riportate nelle allegate tavole grafiche ed idoneamente ancorati a pilastri in acciaio.

La rete di alta tensione a 36 kV sarà composta da circuiti con posa completamente interrata. Il tracciato planimetrico della rete è mostrato nelle tavole di progetto precisando che nel caso di posa su strada esistente l'esatta posizione del cavidotto rispetto alla carreggiata sarà opportunamente definito in sede di sopralluogo con l'Ente gestore in funzione di tutte le esigenze dallo stesso richieste, pertanto il percorso su strada esistente indicato negli elaborati progettuali è da intendersi, relativamente alla posizione rispetto alla carreggiata, del tutto indicativo.

Tav. C	Relazione idrologica e idraulica	5 di 24
--------	----------------------------------	---------

<b>Maia sol s.r.l.</b>	Progetto definitivo impianto agrivoltaico dotato di accumulo denominato "Demofonte"	
------------------------	---	---

Detta rete a 36 kV sarà realizzata per mezzo di cavi unipolari del tipo ARP1H5E (o equivalente) con conduttore in alluminio.

Dove necessario si dovrà provvedere alla posa indiretta dei cavi in tubi, condotti o cavedi. Per i condotti e i cunicoli, essendo manufatti edili resistenti non è richiesta una profondità minima di posa né una protezione meccanica supplementare. Lo stesso dicasi per i tubi 450 o 750, mentre i tubi 250 devono essere posati almeno a 0,6 m con una protezione meccanica.

Nella stessa trincea verranno posati i cavi di energia, la fibra ottica necessaria per la comunicazione e la corda di terra.

I cavidotti interrati saranno dotati di pozzetti di ispezione dislocati lungo il percorso. Per i tratti su carreggiate stradali esistenti, ogni lavorazione sarà eseguita nel rispetto delle prescrizioni degli Enti proprietari e gestori del tratto di strada interessato e comunque sarà disposta un'opportuna segnalazione a mezzo nastro segnalatore all'interno dello scavo ed un'idonea segnalazione superficiale con appositi cippi segna cavo. Il percorso del cavidotto è stato scelto in modo da limitare al minimo l'impatto in quanto viene prevalentemente realizzato lungo la viabilità esistente, a bordo o lungo la strada ed utilizzando mezzi per la posa con limitate quantità di terreno da smaltire in quanto prevalentemente riutilizzabile per il rinterro. Tale percorso, come meglio rappresentato nelle allegate tavole grafiche, riguarda prevalentemente: il collegamento in Alta Tensione tra i campi fotovoltaici e tra questi e la futura Stazione Elettrica di Trasformazione di proprietà Terna s.p.a..

Per una dettagliata disamina delle argomentazioni si rimanda alla Relazione Descrittiva Opere Elettriche ed alle pertinenti tavole grafiche allegate al presente progetto definitivo.

La viabilità interna al parco fotovoltaico è progettata per garantire il transito di automezzi sia in fase di costruzione che di esercizio dell'impianto. Le nuove strade, realizzate in misto granulometrico stabilizzato al fine di escludere impermeabilizzazione delle aree e quindi garantire la permeabilità della sede stradale, avranno le larghezze della carreggiata carrabile minima di 3,00 m con livelletta che segue il naturale andamento del terreno senza quindi generare scarpate di scavo o rilevato. Il pacchetto stradale dei nuovi tratti di viabilità sarà composto da uno strato di idoneo spaccato granulometrico proveniente da rocce o ghiaia, posato con idoneo spessore, mediamente pari a 30 cm, realizzato mediante spaccato 0/50 idoneamente compattato, previa preparazione del sottofondo mediante rullatura e compattazione dello strato di coltre naturale. È prevista inoltre la sistemazione di altri tratti di viabilità in terra battuta.

All'interno dei campi è inoltre prevista l'impiego di n. 3 stazioni meteorologiche assemblate e configurate specificatamente per il monitoraggio dell'efficienza energetica degli impianti fotovoltaici aventi i requisiti previsti dalle normative di settore (IEC9060, WMO, CEI 82-5 e IEC60904) e dotate di sistemi operativi e web-

Tav. C	Relazione idrologica e idraulica	6 di 24
--------	----------------------------------	---------

server integrati.

**5. OBIETTIVI DELLO STUDIO IDROLOGICO ED IDRAULICO**

Seppur non sono presenti aree a pericolosità idraulica e nell'area di intervento non sono stati riscontrati elementi del reticolo idrografico, si procederà ad uno studio di idrologico di dettaglio, atto a dimostrare gli effetti dell'intervento sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata. Più in particolare sarà effettuato un confronto tra i regimi di portata nella situazione pre e post intervento.

Per quanto riguarda invece il tratto di cavidotto interrato di AT, che permetterà la connessione alla RTN e che lungo il percorso interferisce in più punti con il reticolo esistente e con tombini idraulici di attraversamento, il tracciato è stato studiato in modo da sfruttare quanto più possibile percorsi di viabilità esistente nella maggiore consistenza e comunque interni o prossimi alle sedi di pertinenza della viabilità esistente. Ciò al fine di escludere l'introduzione di elettrodotti all'interno di aree private a vocazione agricola.

		
		<p>n. 1</p> <p><b>Tombino di attraversamento idraulico</b></p>
		<p>n. 2</p> <p><b>Ponte</b></p>



Figura 4-1- Interferenza cavidotto e reticolo idraulico

Considerato che detto cavidotto sarà posato a profondità di circa 1.00 m rispetto al piano campagna, tale elemento non interferirà direttamente con il libero deflusso delle acque del reticolo esistente.

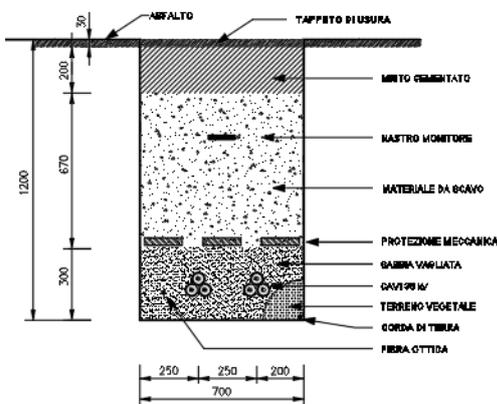


Figura 5-2- Sezione tipo cavidotto su strada

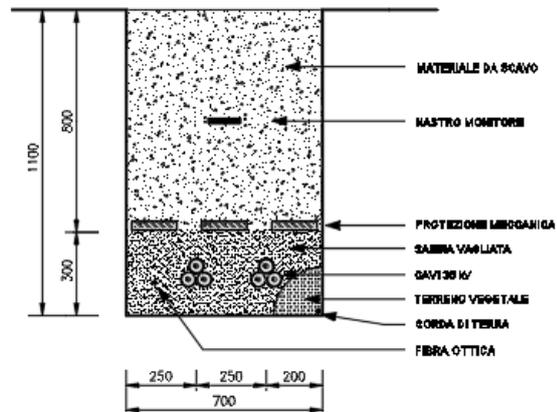


Figura 5-3- Sezione tipo cavidotto su terreno

Più in particolare, per quasi la totalità dello sviluppo, il cavidotto sarà messo in opera con sezione tipo su strada, essendo lo stesso posato sulla viabilità secondaria comunale. In corrispondenza degli attraversamenti esistenti, il cavidotto MT sarà ancorato/staffato alle strutture, in modo da non interferire con il libero deflusso delle acque.

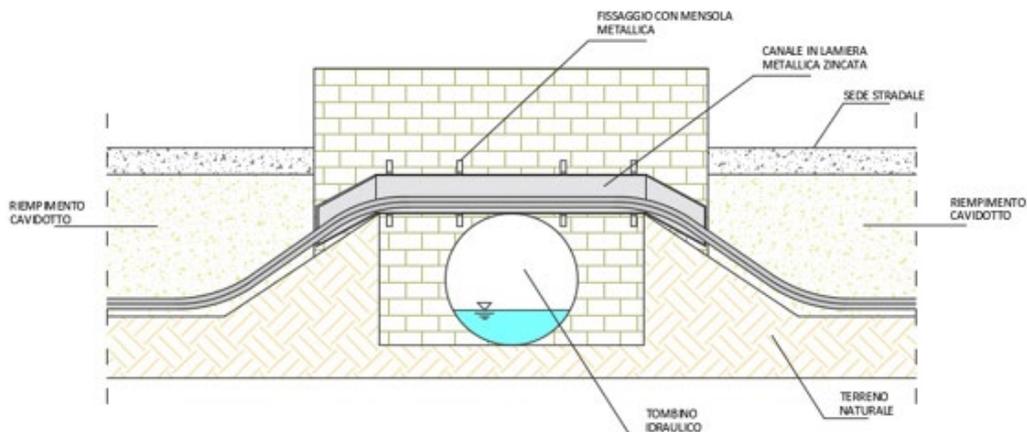


Figura 5-4- Sezione tipo di attraversamento mediante staffatura

<b>Maia sol s.r.l.</b>	Progetto definitivo impianto agrivoltaico dotato di accumulo denominato "Demofonte"	
------------------------	---	---

In alternativa è possibile ricorrere alla tecnologia di trivellazione orizzontale controllata (TOC) che risulta spesso la soluzione più efficace per l'installazione di sotto-servizi limitando al minimo le zone di lavoro ed eliminando completamente la vista del canale metallico. Con questa tecnica è possibile eseguire l'attraversamento anche sotto il fosso naturale (immediatamente dopo lo sbocco) senza interessare la struttura del tombino idraulico.

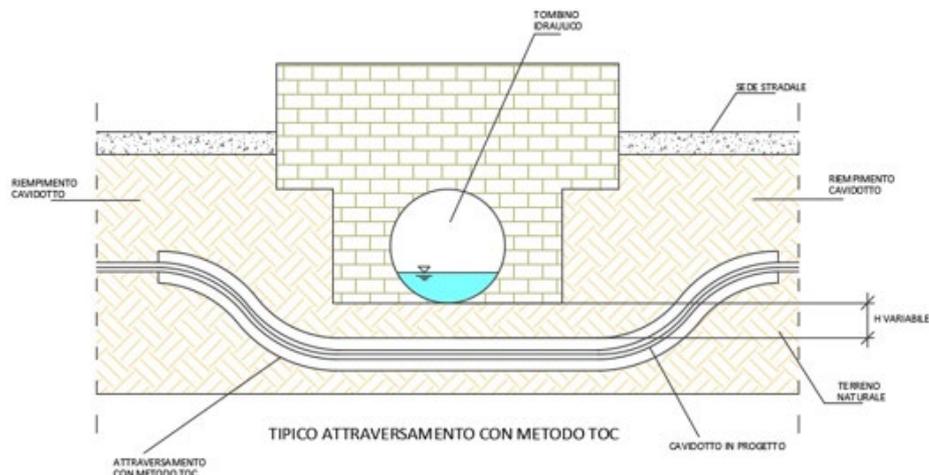


Figura 5-5- Sezione tipo di attraversamento mediante TOC

Per la definizione delle fasi operative e ad integrazione delle analisi idrologiche ed idrauliche effettuate nel seguente studio, si procederà, nei livelli successivi di progettazione, ad effettuare un'analisi idraulica di maggior dettaglio dell'area, mirata a ottimizzare la gestione del cantiere e, qualora necessario, definire eventuali misure e/o opere di mitigazione temporanee per la sicurezza degli addetti e dei mezzi impiegati nelle lavorazioni.

## 6. ANALISI IDROLOGICA

Considerata l'ubicazione degli interventi, si procederà a definire la pluviometria dell'area, da usare successivamente come base per i dimensionamenti e le verifiche idrauliche. La verifica di compatibilità idraulica è stata infatti effettuata previa analisi idrologica della zona oggetto di intervento, definendo i valori di portata attraverso metodi di stima indiretta che, a partire dalla definizione delle curve di possibilità pluviometrica (CPP), esprimenti la relazione fra le altezze di precipitazione  $h$  e la loro durata  $t$ , e alla caratterizzazione dei bacini, hanno consentito la stima delle portate di progetto ad assegnato tempo di ritorno. Nei paragrafi a seguire verranno descritte nel dettaglio le varie fasi dello studio idrologico.

### 6.1. ANALISI PROBABILISTICA DELLE PIOGGE

Lo studio probabilistico delle piogge, necessario per la definizione delle Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP), è stato effettuato sull'analisi delle curve di frequenza cumulata (CDF), costruite per le serie storiche

Tav. C	Relazione idrologica e idraulica	9 di 24
--------	----------------------------------	---------

Maia sol s.r.l.	Progetto definitivo impianto agrivoltaico dotato di accumulo denominato "Demofonte"	
-----------------	---	---

dei massimi annuali delle piogge di durata 1,3,6,12,24. Come modello è stato applicato il modello probabilistico TCEV (Two Component Extreme Value), la cui funzione di probabilità è del tipo

$$F_X(x) = \exp\{-\Lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \Lambda_2 \exp(-x/\theta_2)\} \quad x \geq 0$$

in cui è possibile distinguere una componente base (pedice 1), relativa agli eventi normali e più frequenti, ed una componente straordinaria (pedice 2), relativa ad eventi più gravosi e rari. La legge risulta essere funzione di 4 parametri  $\Lambda_1, \theta_1, \Lambda_2, \theta_2$ , esprimenti il numero medio di eventi indipendenti superiori ad una soglia delle due popolazioni ( $\Lambda_1$  e  $\Lambda_2$ ) e il loro valore medio ( $\theta_1$  e  $\theta_2$ ).

Ponendo

$$\theta_* = \theta_2/\theta_1 \text{ e } \Lambda_* = \Lambda_2/\Lambda_1^{\theta_*}$$

la funzione di probabilità diventa

$$F_X(x) = \exp\{-\Lambda_1 \exp(-x/\theta_1) - \Lambda_* \Lambda_1^{\theta_*} \exp[-x/(\theta_* \theta_1)]\} \quad x \geq 0$$

e il valore della variabile casuale  $x$ , corrispondente al periodo di ritorno  $T$ , dipendente dai 4 parametri

$$\Lambda_* \theta_* \Lambda_1 \theta_1$$

la cui stima può essere effettuata con il metodo della massima verosimiglianza o dei momenti.

Più in particolare è stato adottato il metodo indice che, in luogo della variabile casuale  $x_T$  adoperava la variabile adimensionale  $x'_T = x_T / \mu$ , dove  $\mu$  (fattore indice) viene assunto pari al valore medio. Con tale approccio la stima di  $x$  si ottiene con due passi distinti:

- 1) Stima del fattore di crescita  $x'_T$  relativo al tempo di ritorno  $T$ , per cui è necessario conoscere i parametri  $\Lambda_* \theta_* \Lambda_1 \theta_1$ ;
- 2) Stima del valore indice  $\mu$ , direttamente dai dati campionari o da regressioni empiriche locali.

Per ridurre l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche disponibili, si utilizzano delle tecniche di analisi regionale che si basano sull'individuazione di vaste aree, indicate come zone o sottozone omogenee, all'interno delle quali è possibile assumere la costanza di alcuni parametri.

Tav. C	Relazione idrologica e idraulica	10 di 24
--------	----------------------------------	----------

- Al 1° livello di regionalizzazione, i parametri  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  del modello assumono un valore costante all'interno di ampie zone omogenee.
- Al 2° livello di regionalizzazione, oltre alle zone omogenee vengono identificate anche delle sottozone omogenee, per cui oltre ai valori costanti di  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  si può ritenere costante anche il parametro di scala  $\Lambda_1$ .
- Al 3° livello di regionalizzazione si persegue in modo regionale anche alla stima del 4° parametro, che, in dipendenza dal metodo che si vuole adottare, può essere  $\theta_1$  o  $\mu$ , quest'ultimo definito valore indice e rappresentante un valore caratteristico della distribuzione.

Le analisi idrologiche presentate all'interno del seguente studio, verranno condotte adoperando sia il primo che il terzo livello di regionalizzazione.

#### 6.1.1. IL PRIMO LIVELLO TCEV

Come già anticipato, le curve di possibilità (o di probabilità) pluviometrica (CPP) esprimono la relazione fra le altezze massime annuali di precipitazione  $h$  e la loro durata  $t$ , per un assegnato valore del periodo di ritorno  $T$ . Utilizzando le serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore sono state definite le curve di possibilità pluviometrica per periodi di ritorno di 10,30, 50, 100, 200 e 500 anni, usando il modello probabilistico TCEV al primo livello di regionalizzazione. Tali CPP, sono descritte da una legge di potenza monomia del tipo:

$$h_{t,T} = a t^n$$

dove  $h$  è l'altezza di pioggia, espressa in mm,  $t$  indica la durata della precipitazione espressa in ore ed infine  $a$  e  $n$  sono dei parametri dipendenti dal periodo di ritorno  $T$ .

Il modello TCEV di I livello è stato applicato sul campione di dati pluviometrici della stazione denominata Masseria Santa Chiara, dalla quale sono state prese 47 misurazioni dal 1960 al 2013.

<b>47 [Misurazioni]</b>	<b>1 ORA</b>	<b>3 ORE</b>	<b>6 ORE</b>	<b>12 ORE</b>	<b>24 ORE</b>
<b>ANNO</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>mm</b>
1960	17.6	23	30.4	38.4	50.6
1962	65	76	37.8	103.8	107
1965	34.2	37.2	41.2	41.4	47.6
1966	11.4	18.2	20	23.2	29.6

1967	14.2	18.6	29.2	35.6	43
1971	28	37.6	56.2	61.8	61.8
1973	14.8	17.2	22	23.4	45.8
1974	44.4	47.6	52	54.2	54.8
1975	13.6	18.8	20.8	32.4	48.2
1976	21.2	26.6	31	52	74.8
1977	26.6	28.4	19.9	30.2	34.2
1978	16	19.2	28.6	33.8	33.8
1979	21	24.6	25.4	28.2	48.4
1980	51	76.2	76.2	76.2	76.2
1981	14	14.4	15.6	21.6	27.2
1982	20.4	21.2	22	23.6	25.8
1983	18.6	33.6	35	40	52.6
1984	20.6	28.6	37.6	43.4	43.8
1985	13	13.8	22.2	32.8	40.6
1986	18	20.4	24.2	33.6	41
1987	12.8	16.2	21.4	39.8	56
1988	>>	>>	44.8	52.4	61.4
1989	11.2	21.8	28.4	29.6	30
1990	39.4	40.2	40.2	53.8	64
1991	14.6	25.6	36.2	38	38
1992	12.8	23	30.4	44.6	47.2
1993	14.6	15.4	17.4	33.8	40.6
1994	19.6	20.4	23.6	>>	35.2
1995	14	15.4	21.4	22	25.8
1996	16.4	18.6	27.8	31.4	33.8
1997	21.8	36	42.6	43.6	46.6
1998	19	19.2	22.6	33.8	42
1999	16.2	20.6	20.6	20.6	28.8
2000	19.2	19.2	24.2	37.2	41.8
2001	13.2	20.8	33.8	49.4	51.2
2002	50.2	51.6	51.6	51.8	54.8
2003	27.6	33.8	35.2	51.2	55.8
2004	18	27.6	36.6	36.6	60.6
2005	27.6	27.8	28.6	28.6	44.8
2006	18.2	22.8	37.6	71.6	96.8
2007	9.6	19.8	23.4	27.4	43.2
2008	12.4	17.4	19	27.8	40.4
2009	21.8	36.2	65.6	105.4	120

2010	13.4	23.4	30.2	45.8	61
2011	32	49	49	79	84.4
2012	44.2	44.2	44.6	44.6	48
2013	29	29	41.4	73.4	96.2

Applicando il I Livello di regionalizzazione sono stati ottenuti i seguenti risultati della CPP

T [anni]	10		30		50		100		200		500	
t [h]	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
	<b>32.07</b>	<b>0.275</b>	<b>41.88</b>	<b>0.272</b>	<b>46.52</b>	<b>0.271</b>	<b>52.83</b>	<b>0.269</b>	<b>59.13</b>	<b>0.268</b>	<b>67.54</b>	<b>0.267</b>
1	32.07		41.88		46.52		52.83		59.13		67.54	
3	43.38		56.47		62.65		70.99		79.37		90.56	
6	52.49		68.18		75.60		85.55		95.58		108.98	
12	63.51		82.33		91.22		103.08		115.09		131.13	
24	76.85		99.41		110.07		124.21		138.58		157.79	

Tabella 1 – Calcolo CPP I Livello di regionalizzazione

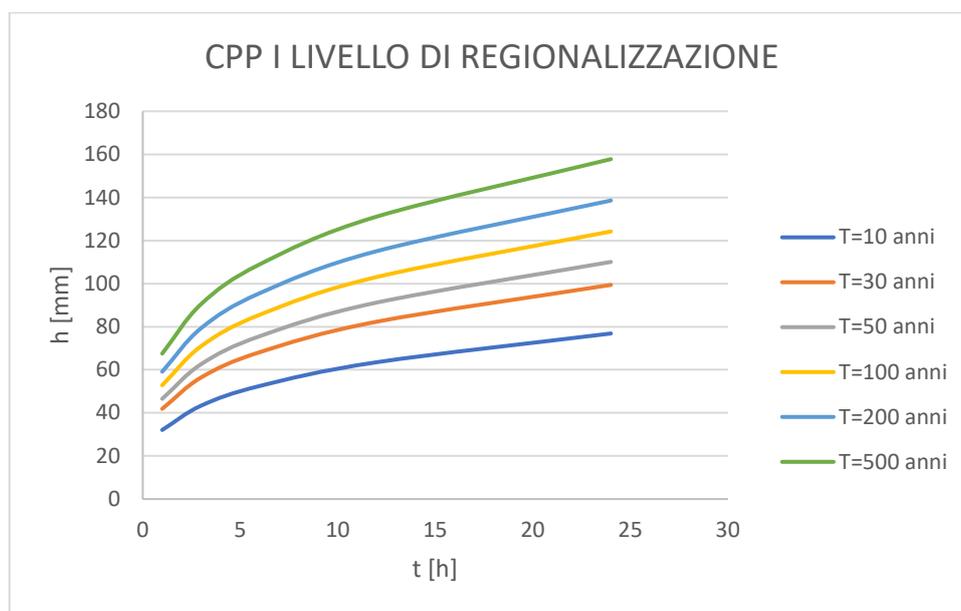


Figura 5-1 - CPP I Livello di regionalizzazione

### 6.1.2. IL TERZO LIVELLO DI REGIONALIZZAZIONE: IL VAPI PUGLIA

La stima al terzo livello di regionalizzazione è stata effettuata considerando il rapporto VAPI Puglia (l'area di intervento ricade nel territorio di competenza dell'ex AdB Int. Puglia). Nel rapporto VAPI Puglia, il territorio

di competenza dell'ex Autorità di Bacino Interregionale (soppressa con D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.)<sup>2</sup>, da un punto di vista dell'approccio pluviometrico, è diviso in 6 aree Pluviometriche Omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la curva di possibilità pluviometrica sulla base delle seguenti equazioni:

- Zona 1:  $x(t,z) = 26.8 t^{[(0.720+0.00503 z)/3.178]}$
- Zona 2:  $x(t) = 22.23 t^{0.247}$
- Zona 3:  $x(t,z) = 25.325 t^{[(0.0696+0.00531 z)/3.178]}$
- Zona 4:  $x(t) = 24.70 t^{0.256}$
- Zona 5:  $x(t,z) = 28.2 t^{[(0.628+0.0002 z)/3.178]}$
- Zona 6:  $x(t,z) = 33.7 t^{[(0.488+0.0022 z)/3.178]}$



Figura 5-2 - Suddivisione in aree pluviometriche omogenee

Ai valori ottenuti, vanno applicati i seguenti fattori:

- Fattore di crescita  $K_T$ , funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto che nelle zone 1-2-3-4 può essere calcolato dalla seguente relazione:

$$K_T = 0.5648 + 0.415 \ln(T)$$

		Tempo di Ritorno (anni)											
		2	5	10	20	25	30	40	50	100	200	500	1000
Tabella	$K_T$	0.91	1.26	1.53	1.81	1.9		2.1	2.19	2.48	2.77	3.15	3.43
Formula	$K_T$	0.85	1.23	1.52	1.81	1.90	1.98	2.10	2.19	2.48	2.76	3.14	3.43

- Fattore di riduzione Areale  $K_A$ , funzione della superficie di bacino e della durata dell'evento di progetto e definito dalla seguente relazione

$$K_A = 1 - (1 - e^{-(0.0021A)}) e^{-(0.53d^{-0.25})}$$

L'area oggetto di intervento ricade all'interno della zona pluviometrica 2. I risultati ottenuti sono stati i seguenti:

T [anni]	2	5	10	20	25	40	50	100	200	500	1000
t [h]	h[mm]										
1	18.90	28.01	34.01	40.24	42.24	46.68	48.68	55.13	61.58	70.02	76.25

<sup>2</sup> Con D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. sono state sopresse le Autorità di Bacino di cui alla ex L.183/89 e istituite, in ciascun distretto idrografico, le Autorità di Bacino Distrettuali.

3	24.79	36.74	44.61	52.78	55.40	61.24	63.86	72.32	80.77	91.85	100.02
6	29.41	43.60	52.95	62.64	65.75	72.67	75.79	85.82	95.86	109.01	118.70
12	34.91	51.74	62.83	74.33	78.03	86.24	89.94	101.85	113.76	129.36	140.86
24	41.43	61.41	74.57	88.21	92.60	102.35	106.73	120.87	135.00	153.52	167.17

Tabella 2 - Altezze di pioggia calcolate con metodo VAPI Puglia

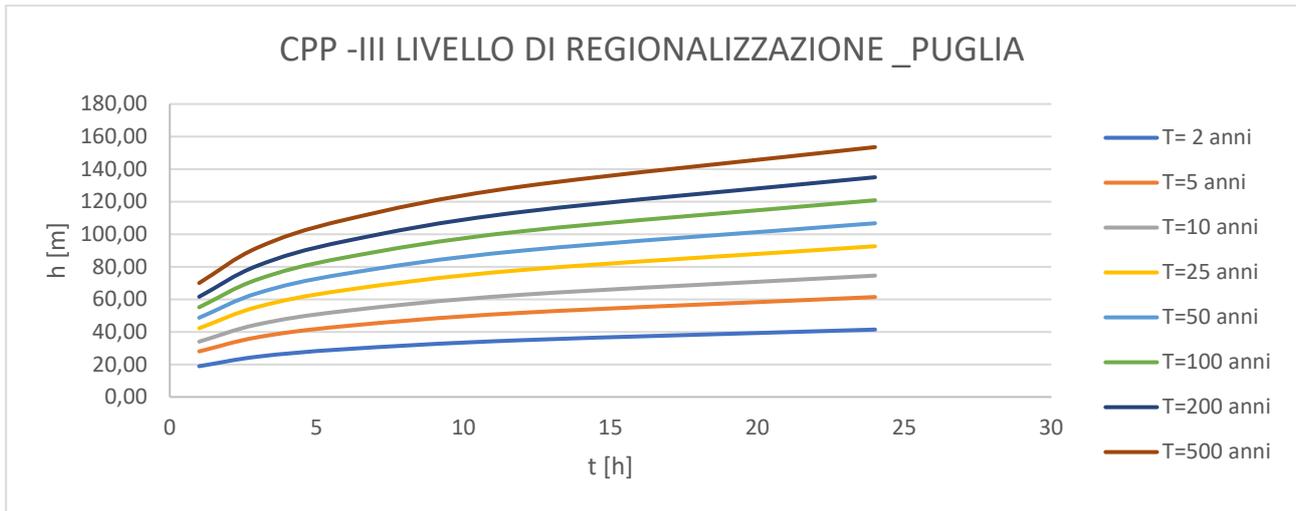


Figura 5-3 - CPP III Livello di Regionalizzazione \_Puglia

### 6.1.3. CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI RIFERIMENTO

Per la stima delle portate si prenderanno come riferimento le CPP relative al I livello di regionalizzazione.

### 6.1.4. CURVE DI PIOGGIA INFERIORI ALL'ORA

La definizione delle curve di possibilità pluviometrica, per gli eventi di durata inferiori all'ora, è stata effettuata mediante l'applicazione della formula di Bell (1969)

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0.54 * d^{0.25} - 0.50$$

dove

d è la durata dell'evento espressa in min;

T è il tempo di ritorno in anni;

$h_{60T}$  è l'altezza di pioggia per un evento di pioggia di durata 60 min e tempo di ritorno T.

Facendo riferimento ai tempi di ritorno 30,100, 200 e 500 anni sono stati ottenuti i seguenti risultati

d [min]	$h_{d.30}$ [mm]	$h_{d.100}$ [mm]	$h_{d.200}$ [mm]	$h_{d.500}$ [mm]
5	12.88	16.24	18.18	20.77

10	19.28	24.32	27.22	31.09
15	23.57	29.73	33.27	38.01
20	26.89	33.91	37.96	43.36
30	31.99	40.35	45.16	51.59
60	42.00	52.98	59.30	67.74

Tabella 3 – Altezze di pioggia per eventi inferiori all'ora

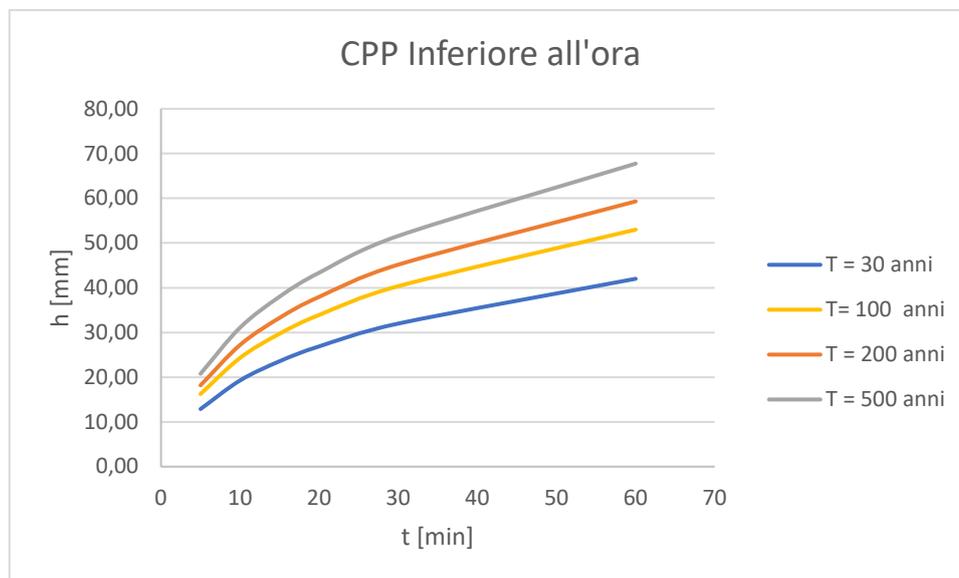


Figura 5-4 - CPP Inferiori all'ora

T	a	n
30	6.33	0.47
100	7.99	0.47
200	8.94	0.47
500	10.21	0.47

Tabella 4 – CPP per eventi inferiori all'ora

## 6.2. BACINO IDROGRAFICO DI RIFERIMENTO

Come bacino idrografico di riferimento è stato considerato la porzione di bacino del Fosso della Pila, all'interno del quale sono state individuate 7 aree di drenaggio delimitanti l'area oggetto di intervento.

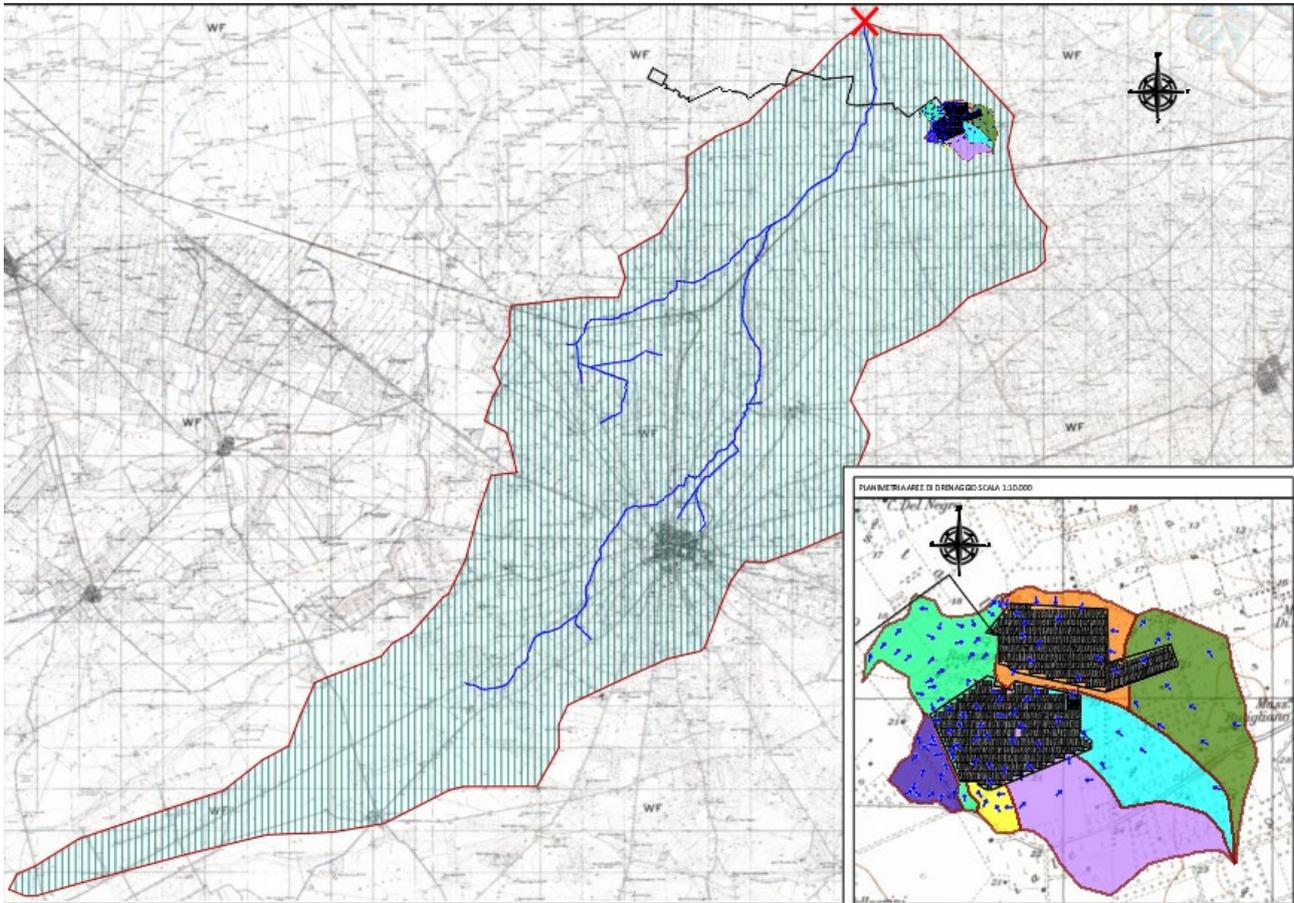


Figura 5-5 - Bacino idrografico di riferimento

Si riportano di seguito le caratteristiche piano altimetriche individuate:

**6.2.1. ALTITUDINE MEDIA, MASSIMA E MINIMA DEI BACINI**

Per poter meglio definirne l'idrologia dell'area, mediante applicativo GIS, si è proceduto al calcolo dell'altitudine media, massima e minima del bacino. I risultati ottenuti sono stati i seguenti:

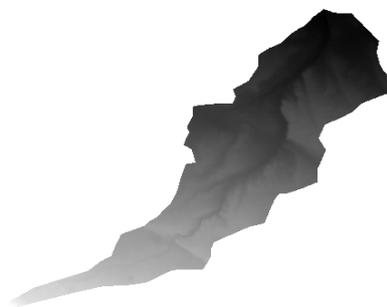


Figura 5-6 – Modellazione GIS del Bacino

BACINO	A [mq]	A [Kmq]	L <sub>asta</sub> [m]	H <sub>max</sub> [m.s.l.m]	H <sub>min</sub> [m.s.l.m]	H <sub>med</sub> [m.s.l.m]
Tav. C	Relazione idrologica e idraulica					17 di 24

<b>Maia sol s.r.l.</b>	Progetto definitivo impianto agrivoltaico dotato di accumulo denominato "Demofonte"	
------------------------	---	--

Fosso della Pila	148662668.34	148.66	21834.98	252.3	8.39	94.6
------------------	--------------	--------	----------	-------	------	------

Tabella 5- Calcolo della quota media del Bacino del Fosso della Pila

## 6.2.2. PROFILO LONGITUDINALE CORSO D'ACQUA

Il profilo longitudinale del corso d'acqua principale è stato ottenuto suddividendo quest'ultimo in una serie di tratti di lunghezza  $L_j$  con pendenza  $i_j$  praticamente uniforme. L'andamento delle pendenze dell'asta principale (e in particolare la pendenza media) è stata definita mediante la formula di Taylor-Schwartz.

$$i_m = \frac{L^2}{\left(\sum i \frac{L_j}{\sqrt{i_j}}\right)^2}$$

L'asta oggetto di studio è stata suddivisa in 3 tratti . I risultati ottenuti sono stati i seguenti

Pendenza corso d'acqua Fosso della Pila					
H [m.s.l.m]	H [m.s.l.m]	L [m]	$\Delta H$ [m]	$i_j$	$L/i^{0.5}$
153	100	5970.84	53	0.009	63374.60
100	50	7375.93	50	0.007	89586.01
50	8.39	8488.21	41.61	0.005	121234.25
		21834.98			274194.85

Tabella 6 - Calcolo pendenza asta fluviale del fosso della Pila

Considerando la formula di Taylor-Schwartz è stato ottenuto una pendenza dell'asta pari a 0.006.

### 6.2.1. CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Per procedere al calcolo della portata di piena ad assegnato tempo di ritorno è necessario valutare il tempo di corrivazione, inteso come il tempo impiegato da una goccia di acqua, caduta nel punto più sfavorito, per raggiungere la sezione di chiusura. Considerate le dimensioni della superficie del bacino, la stima di tale parametro è stata effettuata facendo riferimento alla formula empirica di Giandotti

$$t_c = \frac{4 * \sqrt{A} + 1.5 * L_p}{0.8 * \sqrt{H_m - H_{min}}}$$

in cui  $t_c$  è misurato in ore,  $A$  è l'area del bacino in kmq,  $L_p$  (lunghezza dell'asta principale) in km,  $H_m$  è la quota media del bacino (m . s.l.m.),  $H_{min}$  è la quota della sezione di chiusura (m .s.l.m).

Considerati i parametri precedentemente ottenuti è stato stimato un valore di  $t_c$  pari a 10.92 h.

### 6.2.2. AREE DI DRENAGGIO

All'interno dello studio idrologico sono state inoltre considerate ulteriori 7 aree di drenaggio, per le quali si riporta di seguito la superficie ( $A$ ).

<b>Maia sol s.r.l.</b>	Progetto definitivo impianto agrivoltaico dotato di accumulo denominato "Demofonte"	
------------------------	---	---

Bacino	1	2	3	4	5	6	7
Area[kmq]	0.28	0.29	0.31	0.45	0.10	0.08	0.36

Tabella 7 – Aree di drenaggio

### 6.3. STIMA DELLE PORTATE

La stima delle portate, ad assegnato tempo di ritorno, è stata effettuata mediante la formula razionale, il cui approccio si basa sull'utilizzo della curva di possibilità pluviometrica e sull'ipotesi che a parità di tempo di ritorno, la portata al colmo maggiore è prodotta dall'evento la cui durata è identica al tempo di corrivazione:

$$Q = \frac{\Phi i_c A}{3.6}$$

in cui

- $\Phi$  è il coefficiente di deflusso, indicante il rapporto tra i deflussi e gli afflussi [ad]
- $i_c$  è l'intensità di pioggia di un evento avente durata  $d = t_c$  [mm/ora]
- $A$  è la superficie del bacino (o area scolante) [Km<sup>2</sup>]
- $Q$  è la portata al colmo di piena che defluisce alla sezione di chiusura in corrispondenza di un evento di durata  $t_c$  e tempo di ritorno  $T$  [m<sup>3</sup>/s].

#### 6.3.1. COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Considerato lo stato di fatto dei luoghi, descritto nel paragrafo 3 e il futuro assetto di progetto, il calcolo del coefficiente di deflusso è stato effettuato in funzione anche dell'aliquota di superficie impermeabile presente nei bacini oggetto di studio ( $A_{imp}$ ) e assumendo come valore quello medio ponderato sull'area:

$$\varphi = \frac{(\varphi_{perm} \times A_{perm}) + (\varphi_{imp} * A_{imp})}{A_{tot}}$$

Dove

$A_{perm}$  è l'aliquota di area permeabile per la quale è stata assunto un coefficiente  $\varphi_{perm}$  pari 0.50;

$A_{imper}$  è l'aliquota di area impermeabile per la quale è stata assunto un coefficiente  $\varphi_{imper}$  pari 0.85;

Il calcolo è stato effettuato sia per la fase ante intervento che post intervento, nella quale è stata considerato

cautelativamente<sup>3</sup> un contributo di area impermeabile pari alle aree recintate di impianto, ottenendo i seguenti valori tabellari:

STATO DI FATTO				
BACINO	A perm[Kmq]	A imp[Kmq]	A [Kmq]	$\phi$
Fosso della Pila	146.85	1.81	148.66	0.55
STATO DI PROGETTO				
BACINO	A perm[Kmq]	A imp[Kmq]	A [Kmq]	$\phi$
Fosso della Pila	146.31	2.32	148.66	0.55

Tabella 8- Calcolo coefficiente di deflusso

Tipo di suolo	Copertura del Bacino		
	Coltivi	Pascoli	Boschi
Suoli molto permeabili sabbiosi o ghiaiosi	0,20	0,15	0,10
Suoli mediamente permeabili (senza strati di argilla). Terreni di medio impasto o simili.	0,40	0,35	0,30
Suoli poco permeabili. Suoli fortemente argillosi o simili, strati di argilla vicino alla superficie. Suoli poco profondi sopra roccia impermeabile.	0,50	0,45	0,40

Tabella 9 - Coefficienti di deflusso da letteratura

Come mostrato in tabella 8, da confronto tra stato di fatto e di progetto, il contributo di afflusso nel bacino Fosso della Pila, dovuto per la presenza dell'impianto, risulta essere trascurabile. Nei calcoli verrà dunque assunto un valore pari a 0.55.

### 6.3.2. RISULTATI

Si riportano di seguito i risultati ottenuti dall'applicazione della formula razionale:

Calcolo Portate [T= 30 anni]							
BACINO	A [kmq]	tc [h]	$\phi$	a	n	i [mm/h]	Q [mc/s]
Fosso della Pila	148.66	10.92	0.55	41.88	0.27	7.35	166.88

Tabella 10 - Stima delle portate per tempo di ritorno T=30 anni

Calcolo Portate [T= 100 anni]							
BACINO	A [kmq]	tc [h]	$\phi$	a	n	i [mm/h]	Q [mc/s]
Fosso della Pila	148.66	10.92	0.55	52.83	0.27	9.20	209.01

Tabella 11- Stima delle portate per tempo di ritorno T=100 anni

<sup>3</sup> I pannelli, essendo sollevati dal piano campagna, non comporteranno una modifica dell'uso del suolo, in quanto risultano ancorati su sistemi di inseguimento solare monoassiale di rollio del tipo Tracker infissi puntualmente a terra. Durante la manifestazione di un evento meteorico, le acque, in caduta sull'area del parco fotovoltaico, defluiranno sulla superficie del generico pannello e raggiungeranno il terreno.

Calcolo Portate [T= 200 anni]							
BACINO	A [kmq]	tc [h]	$\phi$	a	n	i [mm/h]	Q [mc/s]
Fosso della Pila	148.66	10.92	0.55	59.13	0.27	10.28	233.38

Tabella 12- Stima delle portate per tempo di ritorno T=200 anni

Calcolo Portate [T= 500 anni]							
BACINO	A [kmq]	tc [h]	$\phi$	a	n	i [mm/h]	Q [mc/s]
Fosso della Pila	148.66	10.92	0.55	67.54	0.27	11.71	265.94

Tabella 13 - Stima delle portate per tempo di ritorno T=500 anni

e dei coefficienti udometrici, espressi in mc/s/kmq:

T [anni]	U [ mc/s/kmq] per $\phi=0.55$
30	1.12
100	1.41
200	1.57
500	1.79

Tabella 14- Stima dei coefficienti udometrici

Considerati i coefficienti di cui alla tabella 14, all'interno delle aree di drenaggio, è possibile associare il seguente contributo di portata, al variare del tempo di ritorno:

Bacino	Q(T= 30 anni) [mc/s]	Q(T= 100 anni) [mc/s]	Q(T= 200 anni) [mc/s]	Q(T= 500 anni) [mc/s]
1	0.32	0.40	0.45	0.51
2	0.32	0.41	0.45	0.52
3	0.35	0.44	0.49	0.56
4	0.50	0.63	0.70	0.80
5	0.11	0.14	0.16	0.18
6	0.09	0.12	0.13	0.15
7	0.41	0.51	0.57	0.65

Tabella 15 - Contributi di portata nelle aree di drenaggio; i risultati sono espressi in mc/s

## 7. VERIFICHE IDRAULICHE

Come da inquadramento territoriale e anche rilevato in fase di sopralluogo in sito, nelle aree oggetto di intervento non vi sono né elementi del reticolo idrografico e né fossi minori di scolo, appartenenti alle reti di drenaggio realizzate a scopo agricolo. Nei paragrafi a seguire si riportano i metodi di dimensionamento e verifica che, in fase di progettazione esecutiva, saranno adottati per l'eventuale realizzazione di tombini e fossi di guardia, ritenuti necessari a valle di un rilievo di maggior dettaglio dello stato dei luoghi.

<b>Maia sol s.r.l.</b>	Progetto definitivo impianto agrivoltaico dotato di accumulo denominato "Demofonte"	
------------------------	---	---

## 7.1. SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

Il tempo di ritorno adottati saranno i seguenti:

- 30 Anni, per i fossi di guardia minori;
- 100 Anni e 200 anni, per i tombini di attraversamento;

### 7.1.1. FOSSI DI GUARDIA

L'eventuale dimensionamento dei fossi di guardia sarà effettuato mediante la formula di Gauckler – Strickler

$$Q = K * A * R^{\frac{2}{3}} * i^{0.5}$$

Dove

K è un coefficiente di scabrezza, assunto pari a 30 per i fossi in terra  $[m^{\frac{1}{3}}/s]$  ;

A è l'aria della sezione idraulica  $[m^2]$ ;

i è la pendenza del canale;

R è il raggio idraulico  $[m]$ ;

In fase di dimensionamento sarà verificato che le portate, all'interno dei canali, siano contenute all'interno della sezione idraulica.

### 7.1.2. TOMBINI CIRCOLARI

Il dimensionamento dei tombini circolari dovrà invece essere effettuato sulla base di due verifiche:

- 1) Alla sezione di imbocco mediante la seguente legge di portata:

$$Q = CA\sqrt{2gD}$$

con la quale è possibile definire un deflusso a superficie libera all'interno del manufatto e dove compare il coefficiente C, che tiene conto del tipo di sagomatura all'imbocco. In fase di progettazione sarà usato un coefficiente C pari a 0.57, vista la possibilità di poter definire una tipologia di raccordo (canale-tombino) ottimale. La verifica sarà effettuata su un valore ridotto della capacità totale e cioè verificando che la portata in ingresso sia non maggiore di 0.8 Q.

- 2) Lungo lo sviluppo longitudinale del manufatto, mediante la formula di moto uniforme di Gauckler Strickler per sezioni circolari.

Tav. C	Relazione idrologica e idraulica	22 di 24
--------	----------------------------------	----------

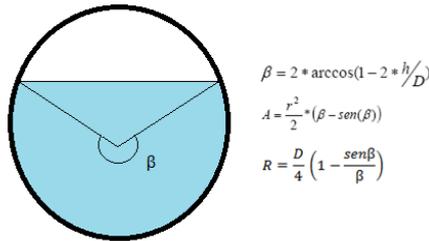
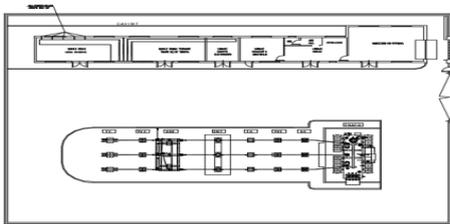


Figura 6-1 - Scala di deflusso circolare

I diametri delle tubazioni saranno definiti in modo da non avere un deflusso in pressione, con grado di riempimento preferibilmente non maggiore del 70% e comunque mai superiore al 75%.

## 7.2. RACCOLTA ACQUE SOTTOSTAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE



Il drenaggio delle acque meteoriche all'interno dell'area della sottostazione elettrica avverrà mediante un sistema di caditoie puntuali e tubazioni in PEAD (o PVC) che, captato i deflussi meteorici li convoglierà successivamente nel recettore finale esistente.

Figura 6-2 - Pianta sottostazione elettrica

## 8. RISULTATI E CONCLUSIONI

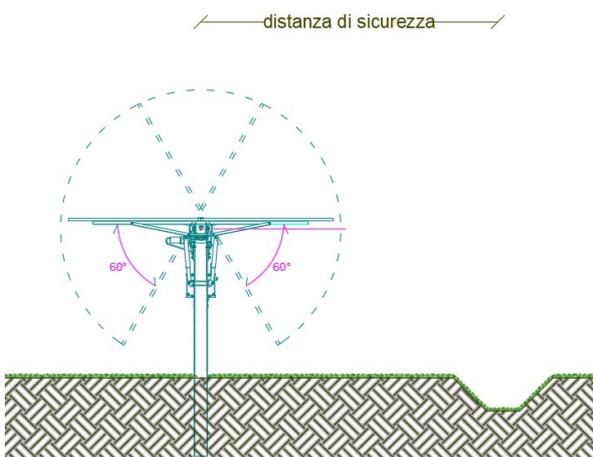


Figura 7-1- Ipotesi di eventuale inserimento fosso nell'area parco

Come meglio specificato nei paragrafi precedenti, all'interno dell'area di intervento non sono presenti fossi o elementi idraulici da assoggettare a verifica. Per quanto riguarda gli effetti sull'assetto idrologico ed idraulico esistente, il contributo di afflusso sul bacino principale, definito in funzione delle ipotesi (cautelative) assunte nella fase di post intervento, risulta influire poco sull'attuale regime idrologico del bacino del Fosso della Pila. Nel futuro assetto di progetto, l'installazione dell'impianto non comporterà una modifica dell'uso del suolo, in quanto, i pannelli risultano ancorati su sistemi di inseguimento solare

monoassiale di rollio del tipo Tracker, infissi puntualmente a terra. Durante la manifestazione di un evento meteorico, le acque, in caduta sull'area del parco fotovoltaico, defluiranno sulla superficie del generico pannello e raggiungeranno il terreno. Qualora risultasse necessario procedere alla realizzazione di fossi nelle

<b>Maia sol s.r.l.</b>	Progetto definitivo impianto agrivoltaico dotato di accumulo denominato "Demofonte"	
------------------------	---	---

aree del parco, gli stessi saranno inseriti a debita distanza dai punti di infissione dei pannelli, come mostrato nella Figura 7-1.