



PROVINCIA DI AGRIGENTO
COMUNE DI NARO



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.
COMUNE DI NARO (AG)
Località Testasecca



REGIONE SICILIA

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, e di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo**

PROGETTO DEFINITIVO

PROCEDURA DI AUTORIZZAZIONE UNICA REGIONALE di cui all'art. 12 del D.lgs 387/2003 - Linee Guida Decr. MISE 10/09/2010
PROCEDURA DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE PRESSO IL MITÈ
ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. 152/2006 ricompreso nell'art. 31, comma 6 del D.Lgs. 77/21.

ELABORATO: Relazione di calcolo delle opere idrauliche	codice identificativo	rev
	PD-A.6.2	0
	denominazione elaborato	PD-A.6.2

scala

PROGETTAZIONE DELLE OPERE

Progettista incaricato



SUNNERG Development s.r.l.
Ing. Massimiliano ceconi
SUNNERG DEVELOPMENT s.r.l.
Via San Pietro all'Orto, 10 - 20121 (MI)
P.IVA 11085630967
PEC sunnergdevelopment@legalmail.it

Amministratore Unico

Consulenza Geologica



GEOINGEGNERIA S.E.T. srls
Via Marconi n.127
91014 Castellammare del Golfo (TP)
P.IVA 0280600812
Dott. Geol. Antonino Cacioppo

Consulenza Progettazione civile e inserimento ambientale

Ing. Vincenzo Agosta




Consulenza Agronomica


Dott. Agr. Mazzara Vito



Consulenza Progettazione elettrica

A176 LAB
Think different project

A176LAB srl
Via Dante Alighieri n.97
91011 Alcamo (TP)
P.IVA 02812750814
Ing. Giovanni Gabellone




COMMITTENTE



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.
Piazza Cavour, 1 - 20129 Milano
P.IVA: 11813950968, REA MI - 2626137
PEC: smartenergyit2109srl@legalmail.it


firma/timbro committente

Nome file/documento:						COD.DOCUMENTO FOGLIO
0	29/11/2022	PRIMA EMISSIONE	V. AGOSTA	G. GABELLONE	G. GABELLONE	1 DI 1
REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	APPROVATO	AUTORIZZATO	

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.06.2	Relazione di calcolo delle opere idrauliche	1

INDICE

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	4
3. IDROLOGIA	6
4. CRITERI DI SCELTA DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI	13
5. VERIFICA IDRAULICA DELLE OPERE D'ARTE.....	15
5.1 VERIFICA DEI CANALI A CIELO APERTO	15

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.06.2	Relazione di calcolo delle opere idrauliche	2

1. PREMESSA

La società SMARTENERGYIT2109 S.R.L. ha avviato un progetto per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile del tipo fotovoltaico, su un sito ricadente nel territorio del Comune di Naro (AG), nonché delle relative opere di connessione alla rete di media tensione, ricadenti nei comuni di Naro (AG) e Canicattì (AG).

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico a terra su strutture ad inseguimento monoassiale (trackers), articolato in due lotti di terreno limitrofi, per una potenza complessiva di 11,67 MW, suddiviso in più campi collegati fra loro attraverso una rete di distribuzione interna in media tensione.

Presso l'impianto verranno realizzate le cabine di campo e la cabina principale di impianto, dalla quale si dipartono le linee di collegamento di media tensione interrate verso il punto di consegna, ubicato al margine dell'area di impianto, sulla strada Vicinale Carbuscia Cataliello, nei pressi dell'ingresso principale.


L'iniziativa si inserisce nel quadro istituzionale identificato dall'art.12 del D.Lgs. n. 387 del 29 dicembre 2003 che da direttive per la promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità. L'iniziativa si inquadra pertanto nel piano di realizzazione di impianti per la produzione di energia fotovoltaica che la società intende realizzare nella Regione Sicilia per contribuire al soddisfacimento delle esigenze di energia pulita e sviluppo sostenibile sancite dal Protocollo Internazionale di Kyoto del 1997 e dal Libro Bianco italiano scaturito dalla Conferenza Nazionale Energia e Ambiente del 1998, e rientra pienamente nelle linee di sviluppo nazionali previste dalla Strategia Elettrica Nazionale 2030 (SEN 2030), fra i cui obiettivi è previsto il raggiungimento entro il 2030 del 28% di rinnovabili sui consumi complessivi, ed in particolare il passaggio delle rinnovabili elettriche al 55% al 2030 rispetto al 33,5% del 2015.

Le fonti energetiche rinnovabili possono, inoltre, contribuire a migliorare il tenore di vita e il reddito nelle regioni meno favorite, periferiche insulari, favorendo lo sviluppo interno, contribuendo alla creazione di posti di lavoro locali permanenti, con l'obiettivo di conseguire una maggiore coesione economica e sociale.

In tale contesto nazionale ed internazionale lo sfruttamento dell'energia del sole costituisce una valida risposta alle esigenze economiche ed ambientali sopra esposte.

L'energia fotovoltaica presenta molteplici aspetti favorevoli:

1. *il sole è una risorsa gratuita ed inesauribile,*
2. *non comporta emissioni inquinanti, per cui risponde all'esigenza di rispettare gli impegni internazionali ed evitare le sanzioni relative;*

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.06.2	Relazione di calcolo delle opere idrauliche	3

3. *permette una diversificazione delle fonti energetiche e riduzione del deficit elettrico;*
4. *consente la delocalizzazione della produzione di energia elettrica.*

In questa ottica ed in ragione delle motivazioni sopra esposte si colloca e trova giustificazione il progetto dell'impianto fotovoltaico, oggetto della presente relazione.

La tipologia di opera prevista rientra nella categoria "impianti industriali non termici per la produzione di energia, vapore ed acqua calda" citata nell'All. IV lettera c) del D.Lgs 152/2006 aggiornato con il recente D.Lgs 4/2008 vigente dal 13 febbraio 2008

L'impianto fotovoltaico insiste sul territorio del Comune di Naro (AG), in località Testasecca.

Il nuovo impianto fotovoltaico insisterà su un lotto di terreni dell'estensione complessiva di 23,26 ettari, di cui circa 14,90 interessati dall'impianto. Anche le realizzande opere di connessione alla rete elettrica del distributore ricadono in parte nel territorio dello stesso Comune di Naro ed in parte nel territorio del Comune di Canicattì.


L'impianto sarà realizzato con tracker monoassiali, che consentono di massimizzare la produzione di energia fotovoltaica inseguendo la radiazione solare durante le ore del giorno. I trackers saranno posti su file parallele con asse Nord-Sud.

Lo studio del rilievo topografico ha messo in evidenza che la porzione dell'impianto posta a Nord presenta le maggiori pendenze, con una quota massima di 329 m ed una quota minima di 284 m. Il dislivello massimo calcolato è pari a 45 m, a cui corrisponde una pendenza del terreno in situ pari all'8%.

L'area posta a Sud è, per contro, quella che presenta le minori pendenze. È stata, infatti, misurata una quota massima di 332,50 m ed una quota minima di 306 m, a cui corrisponde un dislivello di 26,50 m, su un tratto di 581 m. La pendenza in questo caso è pari allo 4,56 %.

Nella presente relazione, coerentemente alle previsioni dell'art. 23 del D. Lgs. 50/2016, verranno descritti gli interventi per il drenaggio, la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche dalle superfici interne all'impianto fotovoltaico. Inoltre, verranno esposti le metodologie di calcolo ed i risultati del dimensionamento delle opere previste in progetto.

L'obiettivo alla base dello studio, da cui scaturiscono le scelte progettuali, è quello di convogliare le acque piovane che ruscellano all'interno del parco in uno o più punti di recapito finale, rispettando il deflusso naturale delle acque, senza alterare la morfologia del terreno ed evitando zone in cui si possa verificare un ristagno di acqua.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.06.2	Relazione di calcolo delle opere idrauliche	4

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Come evidenziato nello studio idrologico ed idraulico, l'area in studio si trova all'interno del vasto bacino idrografico nella zona più meridionale del Fiume Imera (Cod. PAI 072). In Figura 2.1 si evidenzia l'area in studio, il bacino idrografico e le stazioni Pluviometriche prossime al bacino, quelle di Ravanusa e Sommatino.

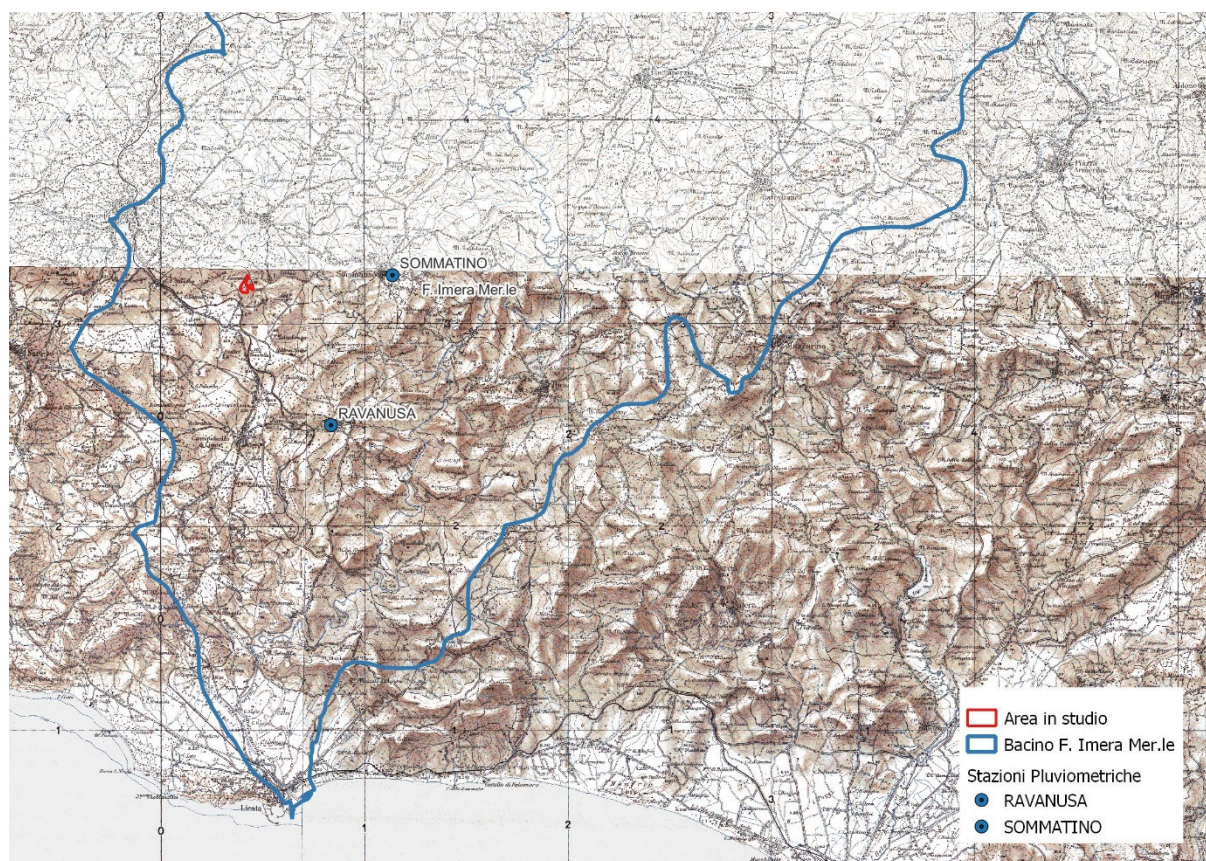



Figura 2.1 – Bacino idrografico nella zona meridionale del Fiume Imera

Il nuovo impianto fotovoltaico insisterà su un lotto di terreni dell'estensione complessiva di 23,26 ettari, di cui circa 14,90 interessati dall'impianto.


L'assetto idrogeologico dell'area oggetto di studio è il risultato dell'interazione delle caratteristiche idrodinamiche delle litologie affioranti ed in sottosuolo e della situazione geologica e/o tettonica. In base a tali considerazioni si può distinguere il complesso idrogeologico affiorante, caratterizzato da termini litologici simili aventi una comprovata unità spaziale e giaciturale, un tipo di permeabilità prevalente comune ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto (Civita, 1973). È pertanto stata individuata l'unità litostratigrafica presente in base alle caratteristiche idrogeologiche.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.06.2	Relazione di calcolo delle opere idrauliche	5

I terreni affioranti rientrano nel complesso dei depositi limo-argillosi. Essi presentano una permeabilità variabile in base alle componenti considerate, anche se globalmente questo complesso rappresenta una formazione idrogeologica con permeabilità relativamente bassa. La variabilità in termini di permeabilità è legata alla presenza di porzioni maggiormente sabbiose o limo-sabbiose con permeabilità bassa e alla presenza di unità prettamente argillose o argilloso-marnose con permeabilità da molto bassa a impermeabile. La circolazione idrica sotterranea risulta piuttosto limitata, a causa dell'assetto geologico-stratigrafico e delle suddette condizioni di permeabilità.

Tali caratteri si riflettono sulle specifiche dei luoghi interessati, caratterizzati dalla numerosa presenza di numerosi laghetti e specchi d'acqua per la raccolta idrica, i quali risultano di facile realizzazione considerando la scarsa conducibilità idrica dei terreni che caratterizzano l'intorno. I valori del coefficiente di permeabilità k risultano compresi tra: $10^{-7} < k < 10^{-5}$ cm/s.

Le indagini condotte non hanno evidenziato la presenza di falda superficiale all'interno del complesso del corpo idrogeologico precedentemente descritto, tale da interferire con le opere in oggetto.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.06.2	Relazione di calcolo delle opere idrauliche	6

3. IDROLOGIA

Al fine di valutare la portata di massima piena per dato tempo di ritorno, sono state considerate tre diverse sezioni di chiusura poste vicino al confine dell'area di calcolo.

La valutazione della portata massima di piena permette di risalire alle quantità di acqua che le opere idrauliche devono smaltire e, di conseguenza, effettuare il loro dimensionamento.

Trattandosi di bacini di modesta estensione, la risposta idrologica è condizionata da brevi tempi di corrivazione e, pertanto, le precipitazioni rilevanti sono quelle d'intensità elevata e breve durata.

La maggior parte dei metodi che l'idrologia propone per ricostruire eventi di piena sono metodi indiretti, ossia metodi che stimano l'idrogramma di piena utilizzando un modello di trasformazione piogge-portate che prevede, come input, la definizione di un particolare evento di pioggia.

In particolare, volendo stimare eventi di piena di dato tempo di ritorno, bisogna prima ricostruire l'evento di pioggia di pari tempo di ritorno (assumendo come vera l'ipotesi che un evento di pioggia di tempo di ritorno T genera un evento di piena con la stessa probabilità di non superamento).

Le portate di massima piena sono state valutate, attraverso modelli matematici, a partire dall'afflusso meteorico nei sottobacini e alla successiva trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi.

Gli afflussi meteorici sono stati valutati con la metodologia TCEV, ottenendo la curva di probabilità pluviometrica di seguito riportata:

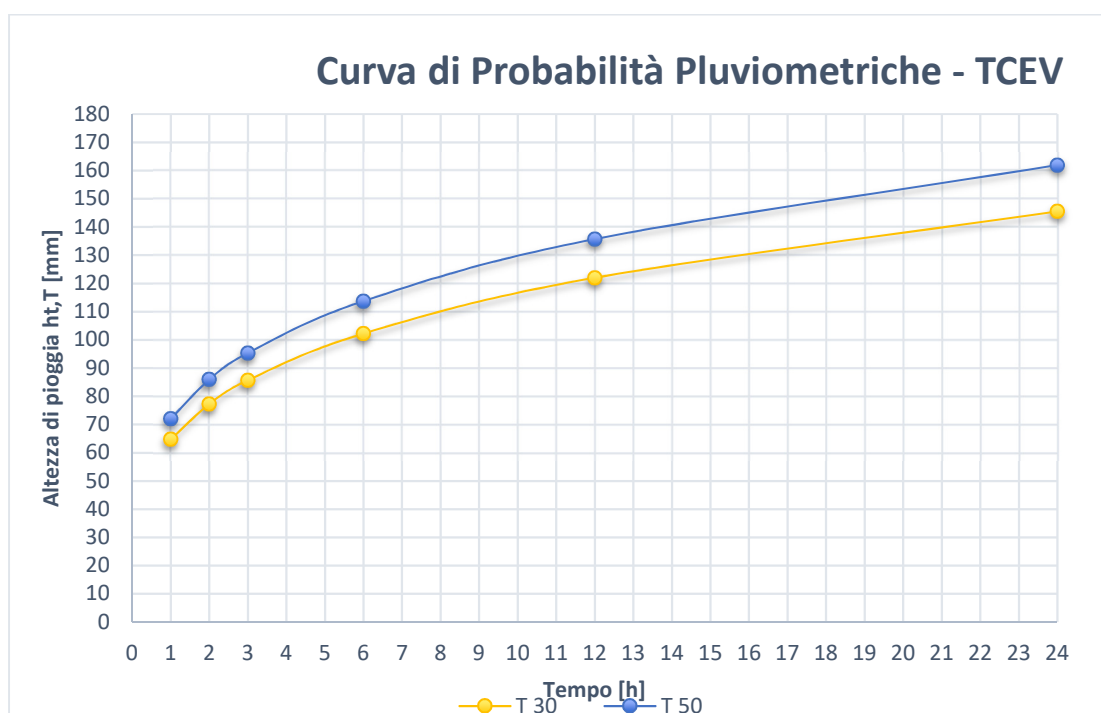

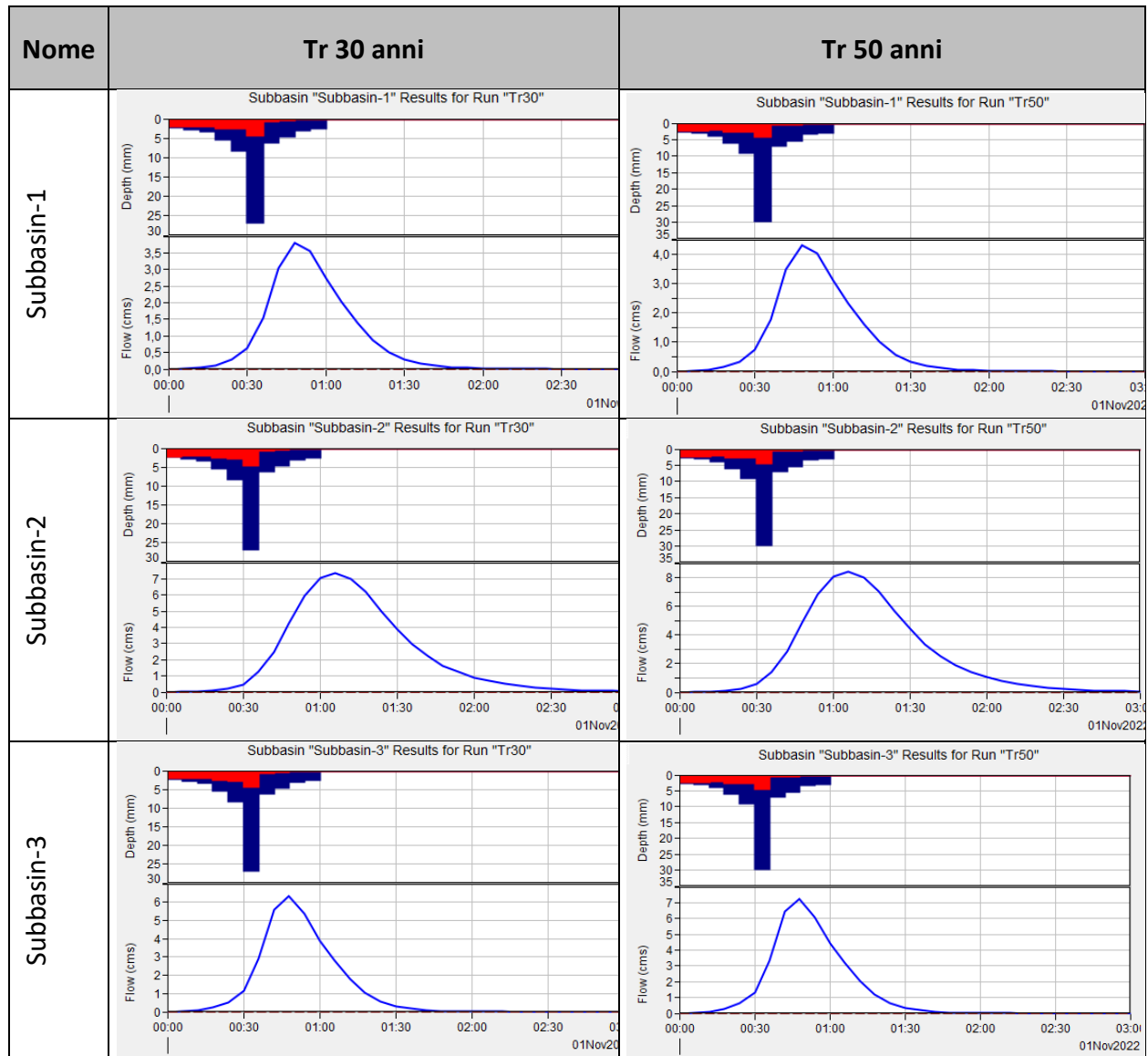





Figura 3.1- Curve di probabilità pluviometriche-TCEV

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.06.2	Relazione di calcolo delle opere idrauliche	7

Con il Metodo dell'Idrogramma Unitario di piena del Soil Conservation Service si è potuto trasformare gli afflussi in deflussi, ottenendo i risultati riportati di seguito:



-  *Precipitazioni (precipitation)*
-  *Infiltrazione (precipitation loss)*
-  *Deflusso (outflow)*



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo

CODICE DOCUMENTO

TITOLO ELABORATO


PAGINA

PD-A.06.2

Relazione di calcolo delle opere idrauliche

8

time	Tr30						Tr50					
	subbasin 1		subbasin 2		subbasin 3		subbasin 1		subbasin 2		subbasin 3	
	Precip [mm]	Total Flow [m ³ /s]	Precip [mm]	Total Flow [m ³ /s]	Precip [mm]	Total Flow [m ³ /s]	Precip [mm]	Total Flow [m ³ /s]	Precip [mm]	Total Flow [m ³ /s]	Precip [mm]	Total Flow [m ³ /s]
00:00		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0
00:06	2.29	0.0	2.29	0.0	2.29	0.0	2.55	0.0	2.55	0.0	2.55	0.0
00:12	2.68	0.0	2.68	0.0	2.68	0.1	2.98	0.0	2.98	0.0	2.98	0.1
00:18	3.29	0.1	3.29	0.1	3.29	0.2	3.66	0.1	3.66	0.1	3.66	0.3
00:24	5.38	0.3	5.38	0.2	5.38	0.5	5.99	0.3	5.99	0.2	5.99	0.6
00:30	8.21	0.6	8.21	0.5	8.21	1.1	9.13	0.7	9.13	0.6	9.13	1.3
00:36	26.72	1.5	26.72	1.2	26.72	2.9	29.73	1.8	29.73	1.4	29.73	3.3
00:42	6.14	3.0	6.14	2.5	6.14	5.6	6.83	3.5	6.83	2.9	6.83	6.4
00:48	4.66	3.8	4.66	4.2	4.66	6.4	5.18	4.3	5.18	4.9	5.18	7.3
00:54	2.94	3.5	2.94	6.0	2.94	5.4	3.27	4.0	3.27	6.9	3.27	6.1
01:00	2.47	2.7	2.47	7.0	2.47	3.9	2.74	3.1	2.74	8.1	2.74	4.4
01:06	0.00	2.0	0.00	7.4	0.00	2.8	0.00	2.3	0.00	8.4	0.00	3.2
01:12	0.00	1.4	0.00	7.0	0.00	1.8	0.00	1.6	0.00	8.0	0.00	2.0
01:18	0.00	0.9	0.00	6.2	0.00	1.0	0.00	1.0	0.00	7.1	0.00	1.2
01:24	0.00	0.5	0.00	5.0	0.00	0.6	0.00	0.6	0.00	5.7	0.00	0.6
01:30	0.00	0.3	0.00	3.9	0.00	0.3	0.00	0.3	0.00	4.4	0.00	0.3
01:36	0.00	0.2	0.00	3.0	0.00	0.2	0.00	0.2	0.00	3.4	0.00	0.2
01:42	0.00	0.1	0.00	2.2	0.00	0.1	0.00	0.1	0.00	2.5	0.00	0.1
01:48	0.00	0.1	0.00	1.6	0.00	0.0	0.00	0.1	0.00	1.9	0.00	0.0
01:54	0.00	0.0	0.00	1.2	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	1.4	0.00	0.0
02:00	0.00	0.0	0.00	0.9	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	1.0	0.00	0.0
02:06	0.00	0.0	0.00	0.7	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.8	0.00	0.0
02:12	0.00	0.0	0.00	0.5	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.6	0.00	0.0
02:18	0.00	0.0	0.00	0.4	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.4	0.00	0.0
02:24	0.00	0.0	0.00	0.3	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.3	0.00	0.0
02:30	0.00	0.0	0.00	0.2	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.2	0.00	0.0
02:36	0.00	0.0	0.00	0.2	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.2	0.00	0.0
02:42	0.00	0.0	0.00	0.1	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.1	0.00	0.0
02:48	0.00	0.0	0.00	0.1	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.1	0.00	0.0
02:54	0.00	0.0	0.00	0.1	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.1	0.00	0.0
03:00	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.1	0.00	0.0
03:06	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
03:12	2.29	0.0	2.29	0.0	2.29	0.0	2.55	0.0	2.55	0.0	2.55	0.0
03:18	2.68	0.0	2.68	0.0	2.68	0.1	2.98	0.0	2.98	0.0	2.98	0.1
03:24	3.29	0.1	3.29	0.1	3.29	0.2	3.66	0.1	3.66	0.1	3.66	0.3
03:30	5.38	0.3	5.38	0.2	5.38	0.5	5.99	0.3	5.99	0.2	5.99	0.6
03:36	8.21	0.6	8.21	0.5	8.21	1.1	9.13	0.7	9.13	0.6	9.13	1.3
03:42	26.72	1.5	26.72	1.2	26.72	2.9	29.73	1.8	29.73	1.4	29.73	3.3
03:48	6.14	3.0	6.14	2.5	6.14	5.6	6.83	3.5	6.83	2.9	6.83	6.4
03:54	4.66	3.8	4.66	4.2	4.66	6.4	5.18	4.3	5.18	4.9	5.18	7.3
04:00	2.94	3.5	2.94	6.0	2.94	5.4	3.27	4.0	3.27	6.9	3.27	6.1

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.06.2	Relazione di calcolo delle opere idrauliche	9

Nella tabella vengono indicate le portate di massima piena per un evento della durata di 4 ore, superiore al tempo di corrivazione del bacino, valutato al massimo in 0,84 ore.

Vale la pena ricordare che il tempo di corrivazione t_c è definito come “il tempo richiesto ad una singola particella d’acqua per raggiungere, dal punto più distante, la sezione di chiusura del bacino”. Sostanzialmente esso indica l’istante nel quale tutto il bacino sotteso dalla sezione di riferimento contribuirà contemporaneamente alla formazione del deflusso; se infatti la durata della pioggia t risulta inferiore a t_c le porzioni più distanti del bacino alla fine della precipitazione (istante t) non avranno ancora contribuito al deflusso nella sezione di chiusura e quando questo avverrà le zone più vicine alla sezione di chiusura avranno già smesso di contribuire.

Di conseguenza, più piccolo sarà il bacino minore sarà il valore del tempo di corrivazione.

Per quanto sopra detto, la pioggia di durata pari al tempo di corrivazione è, quindi, quella critica.

Tale pioggia i_c , avendo la durata minima capace di determinare il contributo di tutta la superficie, è anche la più intensa. L’intensità della pioggia critica sarà, dunque:


$$i_T = \frac{h_c}{t_c}$$

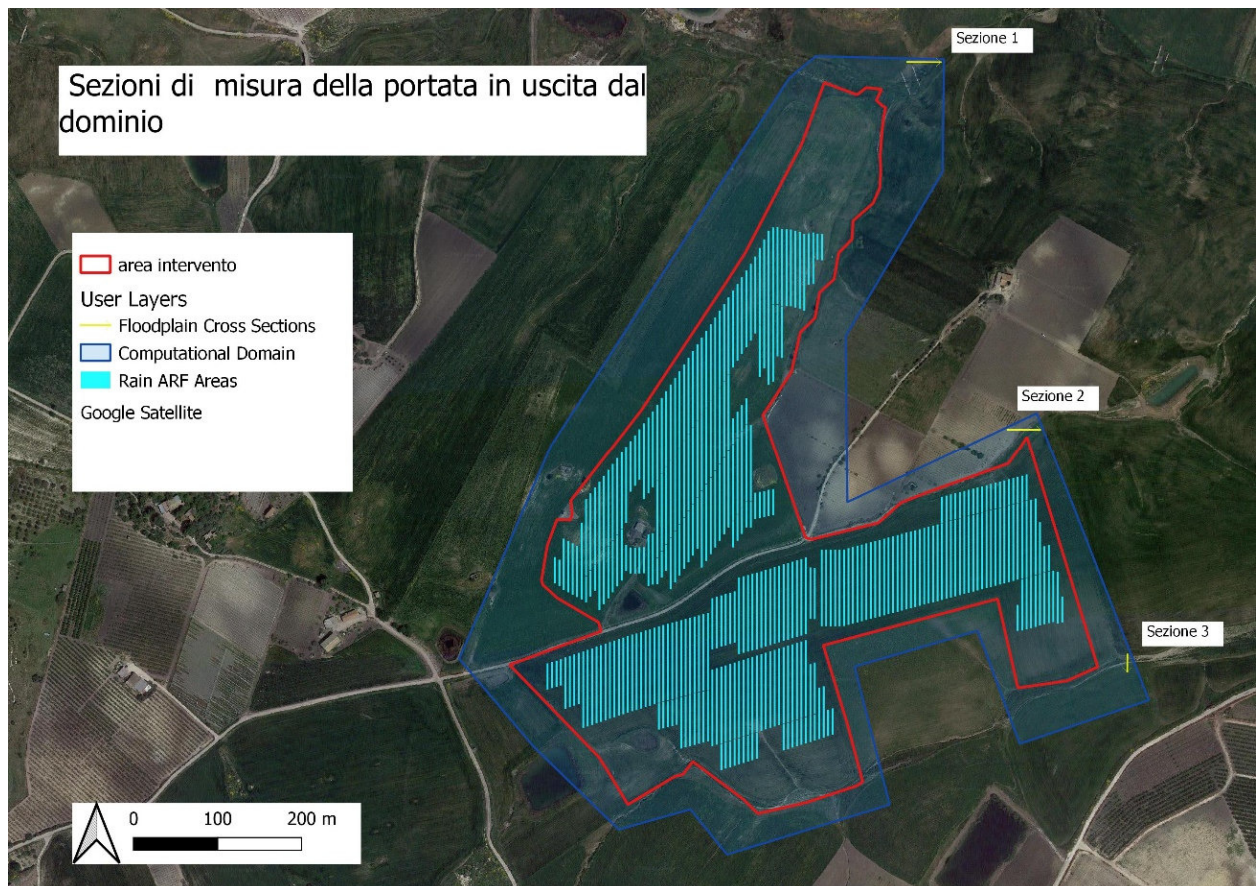
dove h_c è l’altezza di pioggia dedotta dalla curva di probabilità pluviometrica per dato tempo di ritorno T proprio in corrispondenza alla durata t_c .

Minori saranno le dimensioni del bacino, minore sarà il tempo di corrivazione e, per contro, maggiore sarà il valore di i_T .

Per poter dimensionare le opere idrauliche, si rende necessario determinare per ognuno dei tre sottobacini il valore massimo di portata.

Schematizzando all’interno del software di modellazione FLO-2D le sezioni di misura vicino al confine dell’area di calcolo è stato possibile calcolare le portate in uscita da quelle sezioni per i tre scenari analizzati.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.06.2	Relazione di calcolo delle opere idrauliche	10



I risultati sono riportati nella tabella seguente:



SMARTENERGYIT2109 S.R.L.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac)
DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo

CODICE DOCUMENTO

TITOLO ELABORATO


PAGINA

PD-A.06.2

Relazione di calcolo delle opere idrauliche


11

Scenario 0 T= 50 Anni				Scenario 1 T= 50 Anni				Scenario 2 T= 50 Anni			
Tempo [ore]	Portata [m3/s]			Tempo [ore]	Portata [m3/s]			Tempo [ore]	Portata [m3/s]		
	Sezione 1	Sezione 2	Sezione 3		Sezione 1	Sezione 2	Sezione 3		Sezione 1	Sezione 2	Sezione 3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.1	0	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0	
0.2	0	0	0	0.2	0	0	0	0.2	0	0	
0.3	0.06	0.01	0.05	0.3	0.07	0.03	0.06	0.3	0.06	0.01	0.05
0.4	0.24	0.07	0.27	0.4	0.79	0.29	0.46	0.4	0.23	0.06	0.26
0.5	1.8	0.51	0.79	0.5	3.25	1.62	1.03	0.5	1.51	0.4	0.77
0.6	9.14	5.98	3.19	0.6	11.32	10.3	3.58	0.6	8.02	5.02	3.12
0.7	14.86	13.2	2.67	0.7	16.72	16.45	2.86	0.7	13.84	12.4	2.63
0.8	8.32	8.03	1.2	0.8	8.45	8.66	1.24	0.8	8.05	8.58	1.18
0.9	5.37	5.36	0.81	0.9	5.38	5.64	0.84	0.9	5.22	5.6	0.81
1	3.81	3.99	0.59	1	3.86	4.22	0.61	1	3.69	4.07	0.59
1.1	2.63	2.87	0.39	1.1	2.7	2.96	0.4	1.1	2.66	2.9	0.39
1.2	1.55	1.87	0.18	1.2	1.58	1.91	0.19	1.2	1.62	1.84	0.18
1.3	0.87	1.27	0.1	1.3	0.88	1.27	0.11	1.3	0.91	1.26	0.1
1.4	0.53	0.87	0.06	1.4	0.53	0.88	0.06	1.4	0.55	0.85	0.06
1.5	0.37	0.6	0.03	1.5	0.37	0.61	0.03	1.5	0.38	0.61	0.03
1.6	0.27	0.44	0.02	1.6	0.27	0.44	0.02	1.6	0.27	0.44	0.02
1.7	0.2	0.34	0.01	1.7	0.2	0.34	0.01	1.7	0.21	0.34	0.01
1.8	0.18	0.28	0	1.8	0.17	0.28	0	1.8	0.17	0.28	0
1.9	0.14	0.22	0	1.9	0.15	0.23	0	1.9	0.15	0.22	0
2	0.12	0.19	0	2	0.12	0.19	0	2	0.12	0.19	0
2.1	0.1	0.17	0	2.1	0.1	0.17	0	2.1	0.1	0.17	0
2.2	0.09	0.14	0	2.2	0.09	0.14	0	2.2	0.09	0.14	0
2.3	0.08	0.12	0	2.3	0.08	0.12	0	2.3	0.08	0.12	0
2.4	0.06	0.1	0	2.4	0.06	0.1	0	2.4	0.06	0.1	0
2.5	0.05	0.09	0	2.5	0.05	0.09	0	2.5	0.05	0.09	0
2.6	0.05	0.08	0	2.6	0.05	0.08	0	2.6	0.05	0.08	0
2.7	0.04	0.07	0	2.7	0.04	0.07	0	2.7	0.04	0.07	0
2.8	0.03	0.06	0	2.8	0.03	0.06	0	2.8	0.03	0.06	0
2.9	0.03	0.05	0	2.9	0.03	0.05	0	2.9	0.03	0.05	0
3	0.02	0.04	0	3	0.03	0.04	0	3	0.03	0.04	0
3.1	0.02	0.04	0	3.1	0.02	0.04	0	3.1	0.02	0.04	0
3.2	0.02	0.03	0	3.2	0.02	0.03	0	3.2	0.02	0.03	0
3.3	0.02	0.03	0	3.3	0.02	0.03	0	3.3	0.02	0.03	0
3.4	0.01	0.03	0	3.4	0.01	0.03	0	3.4	0.01	0.03	0
3.5	0.01	0.02	0	3.5	0.01	0.02	0	3.5	0.01	0.02	0
3.6	0.01	0.02	0	3.6	0.01	0.02	0	3.6	0.01	0.02	0
3.7	0.01	0.02	0	3.7	0.01	0.02	0	3.7	0.01	0.02	0
3.8	0.01	0.02	0	3.8	0.01	0.02	0	3.8	0.01	0.02	0
3.9	0.01	0.01	0	3.9	0.01	0.01	0	3.9	0.01	0.01	0
4	0.01	0.01	0	4	0.01	0.01	0	4	0.01	0.01	0
4.1	0.01	0.01	0	4.1	0.01	0.01	0	4.1	0.01	0.01	0
4.2	0.01	0.01	0	4.2	0.01	0.01	0	4.2	0.01	0.01	0
4.3	0.01	0.01	0	4.3	0.01	0.01	0	4.3	0.01	0.01	0
4.4	0.01	0.01	0	4.4	0.01	0.01	0	4.4	0.01	0.01	0
4.5	0	0.01	0	4.5	0	0.01	0	4.5	0	0.01	0
4.6	0	0.01	0	4.6	0	0.01	0	4.6	0	0.01	0
4.7	0	0.01	0	4.7	0	0.01	0	4.7	0	0.01	0
4.8	0	0.01	0	4.8	0	0.01	0	4.8	0	0.01	0
4.9	0	0.01	0	4.9	0	0.01	0	4.9	0	0.01	0
5	0	0.01	0	5	0	0.01	0	5	0	0.01	0
5.1	0	0.01	0	5.1	0	0.01	0	5.1	0	0.01	0
5.2	0	0.01	0	5.2	0	0.01	0	5.2	0	0.01	0
5.3	0	0.01	0	5.3	0	0.01	0	5.3	0	0.01	0
5.4	0	0.01	0	5.4	0	0.01	0	5.4	0	0.01	0
5.5	0	0	0	5.5	0	0	0	5.5	0	0	0
5.6	0	0	0	5.6	0	0	0	5.6	0	0	0
5.7	0	0	0	5.7	0	0	0	5.7	0	0	0
5.8	0	0	0	5.8	0	0	0	5.8	0	0	0
5.9	0	0	0	5.9	0	0	0	5.9	0	0	0
6	0	0	0	6	0	0	0	6	0	0	0

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.06.2	Relazione di calcolo delle opere idrauliche	12

I valori massimi di portata estrapolati dalla precedente tabella per tempo di ritorno $T = 50$ anni sono:

Sezione	$Q_T [m^3/sec]$
S1	13.840
S2	12.400
S3	3.120

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
PD-A.06.2	Relazione di calcolo delle opere idrauliche	13	

4. CRITERI DI SCELTA DELLE SOLUZIONI PROGETTUALI

La durabilità dell'area su cui sorgerà l'impianto e dell'impianto stesso dal punto di vista strutturale è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

Come già detto in premessa, l'obiettivo alla base dello studio, da cui scaturiscono le scelte progettuali, è quello di convogliare le acque piovane che ruscellano all'interno del parco in uno o più punti di recapito finale, rispettando il deflusso naturale delle acque, senza alterare la morfologia del terreno ed evitando zone in cui si possa verificare un ristagno di acqua. Le scelte progettuali, inoltre, sono state condotte tenendo conto dell'uso agricolo che si farà dei terreni all'interno del parco fotovoltaico, e quindi dell'inserimento di colture e della movimentazione di mezzi agricoli.

Il tracciato delle opere di regimazione è stato definito a partire dal rilievo topografico dell'area e dalla progettazione del layout dell'impianto fotovoltaico, individuando le vie preferenziali di deflusso, gli eventuali impluvi (ed i solchi di erosione) interferenti con le opere in progetto nonché le caratteristiche plano-altimetriche delle diverse aree di impianto.

Le opere in progetto sono tali da interferire il meno possibile con il naturale deflusso delle acque e con precedenti interventi di canalizzazione delle acque piovane. Per tale motivo, si è cercato di usare i punti di raccolta e scarico esistenti senza crearne di nuovi e mettendo ordine nel sistema di collettamento e scarico. Inoltre, le opere previste sono quasi sempre delle opere idrauliche a cielo aperto, con limitata profondità, e solo in casi particolari si è ricorso a tubazioni interrato.


Al fine di poter procedere alle più consone scelte progettuali, si è cercato di soddisfare i seguenti punti:

- Individuazione del bacino scolante nelle diverse aree dell'impianto;
- Valutazione delle portate massime convogliate nelle diverse aree, partendo dallo studio idrologico allegato;
- Verifica e progettazione delle opere idrauliche.

Le tipologie di intervento previste in progetto sono:

- Realizzazione di cunette a sezione trapezia in terra;
- Realizzazione di fossi di guardia a sezione trapezia in terra;
- Realizzazione di attraversamenti stradali con tubazione interrata in PEAD.

Come si evince, la maggior parte delle opere previste è in terra e non prevede messa in opera di conglomerati cementizi o tubazioni rigide, se non in alcuni brevi tratti. Tale scelta è stata fatta per una

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.06.2	Relazione di calcolo delle opere idrauliche	14

migliore gestione delle intersezioni tra i diversi manufatti nei punti in cui si vogliono raccogliere le acque.


La porzione dell'impianto posta a Nord presenta le maggiori pendenze, con una quota massima di 329 m ed una quota minima di 284 m. Il dislivello massimo calcolato è pari a 45 m, a cui corrisponde una pendenza del terreno in situ pari all'8%. In tale area è plausibile ritenere che le acque meteoriche scorrono sul terreno seguendo la pendenza naturale del terreno senza provocare fenomeni di ristagno. Per tale motivo, si prevedono unicamente delle cunette Tipo C1 poste lateralmente al tracciato stradale interno, al fine di evitare che l'acqua ruscellante possa asportare il materiale con cui sono realizzate le strade interne al parco. Nello stesso tempo, le cunette saranno poste in modo tale da convogliare le acque verso un unico punto di raccolta.

Laddove si è reso necessario attraversare la sede stradale per convogliare l'acqua raccolta all'esterno dell'impianto, si è previsto un pozzetto di raccolta da cui parte una tubazione interrata in PEAD.

L'area posta a Sud è, per contro, quella che presenta le minori pendenze. È stata, infatti, misurata una quota massima di 332,50 m ed una quota minima di 306 m, a cui corrisponde un dislivello di 26,50 m, su un tratto di 581 m. La pendenza massima calcolata è, quindi, pari allo 4,56 %.

Dal rilievo topografico si evince, inoltre, la presenza di aree con bassissima pendenza, o addirittura semi-pianeggiante. È plausibile ritenere che in tale area di possano verificare fenomeni di ristagno di acqua piovana. Per tale motivo sono stati previsti, oltre alle cunette Tipo C1 poste lateralmente al tracciato stradale interno, dei fossi di guardia Tipo F1 aventi la funzione di regimentare l'acqua, raccogliarla e convogliarla esternamente all'impianto dove sono presenti degli impluvi naturali. Parallelamente alla strada interpodereale di accesso all'impianto è previsto un ulteriore fosso di guardia Tipo F2 in grado di raccogliere l'acqua ed incanalarla verso l'impluvio naturale evitando che finisca sul tracciato stradale.

Viste le pendenze naturali del terreno, che sono al minimo pari al 4%, si conserverà tale valore di pendenza nella esecuzione delle cunette e dei fossi di guardia.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
PD-A.06.2	Relazione di calcolo delle opere idrauliche	15	

5. VERIFICA IDRAULICA DELLE OPERE D'ARTE

5.1 VERIFICA DEI CANALI A CIELO APERTO

Il progetto prevede la realizzazione di fossi di guardia e cunette di dimensioni diverse: quelli con sezione maggiore saranno posti prevalentemente lungo il perimetro esterno dell'impianto, in quanto aventi la funzione di captare le acque che scorrono sul terreno e convogliarle verso il più vicino corpo idrico recettore, mentre quelli con sezione minore saranno posti all'interno dell'impianto, in prossimità dei trackers, per meglio convogliare le acque verso un canale di maggiori dimensioni.

Poiché le acque che scorrono in essi saranno a pelo libero, il dimensionamento di tali opere verrà condotto facendo riferimento alla formula di Chezy:

$$Q = \chi * A * \sqrt{R * i}$$

dove:

- Q è la portata che defluisce attraverso il fosso di guardia;
- χ è il coefficiente di scabrezza di Chezy;
- A è l'area della sezione bagnata;
- R è il raggio idraulico, dato dal rapporto tra la sezione bagnata ed il perimetro bagnato;
- i è la pendenza del canale.


Per il valore del coefficiente χ , nell'ipotesi di moto puramente turbolento, si è scelto di usare la formula di Gauckler-Strickler:

$$\chi = k_s R^{1/6}$$

in cui k_s è l'indice di scabrezza di Gauckler-Strickler che si assume pari a $37 \text{ m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}$ (corrispondente a canali in terra con erba corta e pochi cespugli).

Per quanto riguarda la pendenza del canale, al fine di non modificare l'orografia del terreno e limitare anche le attività di scavo, come detto in precedenza, si pone pari al 4%, coincidente con la pendenza naturale del terreno.

Si considera un fosso di guardia realizzato in terra, avente larghezza alla base pari a 60 cm e sponde inclinate di 70° rispetto all'orizzontale.

 SMARTENERGYIT2109 S.R.L.	PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE DI DISTRIBUZIONE MT, sito in Comune di Naro (AG), località Testasecca, di potenza nominale di picco DC pari a 11,67 MWp (potenza in immissione pari a 9,50 MWac) DENOMINAZIONE IMPIANTO - AFV_Cummo		
	CODICE DOCUMENTO	TITOLO ELABORATO	PAGINA
	PD-A.06.2	Relazione di calcolo delle opere idrauliche	16

h [m]	A [m ²]	P [m]	R [m]	ks	Φ [m ^{1/3} s ⁻¹]	i [%]	Q [m ³ /sec]
0.1	0.064	0.813	0.078	37	24.200	0.04	0.086
0.2	0.135	1.026	0.131	37	26.375	0.04	0.257
0.3	0.213	1.239	0.172	37	27.587	0.04	0.487
0.4	0.298	1.451	0.205	37	28.423	0.04	0.769
0.5	0.391	1.664	0.235	37	29.065	0.04	1.102
0.6	0.491	1.877	0.262	37	29.590	0.04	1.486
0.7	0.598	2.090	0.286	37	30.038	0.04	1.923
0.8	0.713	2.303	0.310	37	30.433	0.04	2.415
0.9	0.835	2.516	0.332	37	30.787	0.04	2.961
1.0	0.964	2.728	0.353	37	31.110	0.04	3.565
1.1	1.100	2.941	0.374	37	31.408	0.04	4.228
1.2	1.244	3.154	0.394	37	31.686	0.04	4.952

Dei valori massimi di portata nelle sezioni di chiusura, si trascura al momento il valore in S1 (come detto in precedenza, per le elevate pendenze non si prevedono opere di canalizzazione delle acque) e il valore di S3, piccolo e riferito solo ad una porzione dell'impianto a Sud. Relativamente al valore nella sezione S2, esso fa riferimento ad un bacino più grande della porzione di impianto a Sud, ma a vantaggio di sicurezza si considererà il valore intero. Considerando, quindi, tre fossi di guardia Tipo F1 all'interno dell'area a Sud, ciascuno di essi dovrà smaltire mediamente una portata pari a $12,40/3 = 4,13 \text{ m}^3/\text{sec}$. Come si evince dalla tabella sovrariportata, la verifica della sezione è positiva con un tirante idrico pari a 1,10 m.

In ogni caso si prevede un franco di 10 cm, pervenendo così alla profondità totale del canale.

La scelta progettuale delle sezioni dei fossi di guardia è stata, inoltre, fatta in modo tale da garantire la sicurezza degli operai durante l'esecuzione dei lavori. Infatti, mantenendo la profondità dei fossi la più uguale a 1,50 m, si rispettano i dettami del D. Lgs. 81/08, il quale considera i lavoratori esposti al **“rischio di seppellimento o di sprofondamento per profondità superiore a 1,50 m o di caduta dall'alto da altezza superiore a 2 m, se particolarmente aggravati dalla natura dell'attività o dei procedimenti attuati oppure dalle condizioni ambientali del posto di lavoro o dell'opera”**.