



RELAZIONE IDROLOGICA - IDRAULICA

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO
DENOMINATO "PORTIERE STELLA", DI POTENZA GENERATA PARI A 27,0144 MWP
POZZIONATO A TERRA, SITO IN CONTRADA PORTIERE STELLA,
NEL COMUNE DI PATERNÒ (CT)**



Ing. Daniele Cianciolo

Ordine degli Ingegneri della provincia di Catania n. 5943

CHUB 2 s.r.l

Società proponente

Sommario

Indice delle Figure	3
Indice delle Tabelle.....	3
1 Introduzione	4
2 Inquadramento territoriale e geomorfologico	5
3 Documentazione vincolistica PAI.....	7
4 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	8
5 Analisi idrologica.....	9
5.1 METODO DI GUMBEL.....	10
5.2 METODO TCEV	10
6 Valutazione del principio di invarianza idraulica	17
6.1 MISURE IDRAULICHE DI MITIGAZIONE.....	20
6.2 REALIZZAZIONE DI TRINCEE DRENANTI SU FOSSI PERIMETRALI	21
7 Classificazione acque meteoriche (Art. 39 D.P. Prov. Bolzano del 21/01/2008 n.6).....	23
8 Interventi per il mantenimento della permeabilità del terreno.....	24
9 Conclusioni	25
Allegati.....	27

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1 - <i>Progetto su base ortofoto, in blu il lotto Est, in rosso il lotto Ovest</i>	4
Figura 2.1 - Ubicazione delle aree di progetto su stralcio della Tavoletta IGM, in scala 1:25.000.....	6
Figura 4.1 – Stralcio planimetrico da Geoportale Nazionale – Ministero dell’Ambiente	8
Figura 5.1 – <i>Sottozone pluviometriche omogenee: A (giallo), B (arancio), C (verde)</i>	12
Figura 5.2 – <i>Individuazione della sottozona di appartenenza (Sottozona C)</i>	14
Figura 5.3 – <i>Valori delle costanti a e n per le stazioni pluviografiche siciliane</i>	15
Figura 5.4 – <i>Curve di probabilità pluviometrica (Stazione di Paternò)</i>	16
Figura 6.1 - Sezione trasversale sistema fossi + trincee	21

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 6.I: Valori del coefficiente di deflusso. Allegato 1 della legge regionale 29 aprile 2015, n.11 (Disciplina organica in materia di difesa del suolo e di utilizzazione delle acque) del Friuli–Venezia Giulia.	17
Tabella 6.II: Condizioni ante-operam	18
Tabella 6.III: Condizioni post-operam.....	19
Tabella 6.IV: Calcolo volumi di laminazione – fonte DDG 102/2021 – Allegato 2	21
Tabella 6.V: Calcolo opere di compensazione idraulica per la laminazione dei volumi in eccesso .	22

1 INTRODUZIONE

Il presente studio è stato condotto su incarico ricevuto dalla società CHUB 2 s.r.l. al fine di definire la compatibilità idraulica per la realizzazione di un impianto agrovoltaico denominato “Portiere Stella” di potenza generata pari a 27,0144 MWp posizionato a terra, sito in contrada Portiere Stella nel Comune di Paternò (CT) (Fig. 1.1).

Al fine di mantenere l’equilibrio e l’assetto naturale del sistema idraulico e idrogeologico del contesto di riferimento e di impatto dell’intervento, si sono condotte le opportune verifiche e si sono prospettate azioni e interventi compatibili e sostenibili, improntate al principio dell’invarianza idraulica e idrogeologica dell’area di sito, con specifico riferimento al DPCM del 7 Marzo 2019 (Norme di attuazione del Piano di Gestione Rischio Alluvioni) ed in ottemperanza agli indirizzi applicativi di cui alla direttiva AdB prot. 6834 11/10/2019 e al successivo DDG n.102 DRU/AdB del 23/6/2021.



Figura 1.1 - Progetto su base ortofoto, in blu il lotto Est, in rosso il lotto Ovest.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOMORFOLOGICO

Il sito di progetto si colloca nel settore centro-orientale della Sicilia, all'interno del territorio comunale di Paternò (CT); è costituito da due lotti di terreno che si trovano fuori dal centro abitato, in una zona agricola, prevalentemente pianeggiante. Nello specifico il lotto Est e il Lotto Ovest distano rispettivamente circa 6 e 7 km dal centro abitato di Paternò (CT) e circa 16 km da Catania. Il sito è raggiungibile dalla SP24 provenendo dalla SS192; il lotto Est è attraversato dalla SP24 ed è posto, in linea d'aria, a circa 3 km Nord dalla A19, a poco più di 1 km a Sud dalla SP15, a più di 2 km a Est dal fiume Simeto, il lotto Ovest si trova, in linea d'aria, a circa 2 km a Nord dalla A 19, più di 2 km a Ovest dal fiume Simeto, a più di 1 km a Sud dalla SP102i e a circa 300 m a Ovest dalla SP102i.

Il lotto Est presenta una quota minima di 97 m s.l.m., una quota massima di 104 m s.l.m. e una quota media di 100,5 m s.l.m., il lotto Ovest presenta una quota minima di 90 m s.l.m., una quota massima di 115 m s.l.m., una quota media di 102,5 m s.l.m. e una quota media di 38 m s.l.m. e

Nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare rientra nella Tavoleta I-SE denominata "Paternò", in scala 1:25.000, del Foglio 269 (Fig. 2); nella Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000 rientrano nel Foglio 633060 "Sferro" e nel Foglio 633070 "Ponte la Barca".

Secondo il Nuovo Catasto Terreni (N.C.T.) del Comune di Paternò (CT) i lotti di terreno progettuali sono censiti nel Foglio 91, Particelle: 249. Foglio 92, Particelle: 105, 106, 107, 136, 251, 263, nel Foglio 99, particelle: 214, 516, 517, 518, 1169, 1170, 1171, 1172, 1173, 1174, 1175, 1176, 1177, 1178, 1179, 1181, 1208, nel Foglio 91, particelle 196, 198, 312, 375, 376, 466, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 959, 961, 971, 1005, 1006, 1009, 1010, 1163, 1279, 1280, 1282, 1283, 1284, 1285, 1287, 1289, 1290 e nel Foglio 92 particelle: 15, 21, 33, 79, 99.

Le Coordinate geografiche (WGS84), riferite ad un punto centrale sono:

- Lotto Est-Lat:37°30'35'' Long:14°51'21'';
- Lotto Ovest:37°30'46'' Long: 14°49'95''.

3 DOCUMENTAZIONE VINCOLISTICA PAI

Sulla base della documentazione P.A.I. – Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (Piano Territoriale di Settore, strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d’uso riguardanti la difesa del rischio idrogeologico; redatto ai sensi dell’art. 17 della L.183/89, dell’art. 1 del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell’art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L.365/2000), il settore di territorio comunale di Paternò (CT) ove si colloca il sito di progetto, rientra nel Bacino Idrografico del Fiume Simeto (094); da consultazione di tale documentazione è possibile osservare che in questo territorio sono stati censiti diversi dissesti, quasi tutti classificati come attivi, diffusi prevalentemente ad Ovest dell’abitato, in prossimità e lungo l’alveo del Fiume Simeto. I dissesti più comuni sono classificabili come forme calanchive diffuse laddove affiorano litotipi argillosi, fenomeni da crollo/ribaltamento soprattutto lungo le scarpate laviche e in numero minore, vi sono dissesti in continua evoluzione dovuti ad erosione accelerata e a colamenti lenti laddove affiorano i terreni argillosi.

Dalla consultazione dei database e delle carte tematiche P.A.I.-Sicilia, i lotti di progetto non rientrano in zone classificate a Pericolosità e Rischio Geomorfologico dal P.A.I. in quanto

in corrispondenza di tali aree, non sono stati censiti dissesti di alcuna natura.

Dal punto di vista idraulico, nel territorio comunale di Paternò, sono state censite diverse aree classificate a Pericolosità idrogeologica per fenomeni di esondazione, legati sia alla presenza del Fiume Simeto e sia, in parte, anche a serbatoi artificiali, come ad esempio la traversa di Ponte Barca; sulla base degli studi e delle carte redatte per il P.A.I, le aree di progetto non ricadono all’interno di zone classificate a Pericolosità e Rischio Idraulico.

4 IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

I terreni oggetto di studio ricadono all'interno del Bacino del Fiume Simeto che si estende dal margine del versante sud-occidentale dell'edificio vulcanico del Monte Etna sino alla zona della Piana di Catania; qui le condizioni di permeabilità sono molto diverse, in relazione ai termini litostratigrafici e strutturali delle varie unità. Il settore NE del bacino del fiume Simeto, corrisponde alla zona vulcanica dell'Etna, caratterizzato da terreni permeabili che permettono l'infiltrazione delle acque in profondità, con la formazione di acquiferi sotterranei; la presenza di lave, però, non consente il ruscellamento delle acque e quindi non è presente un reticolo idrografico ben definito.

Nel settore meridionale del territorio, invece, l'idrografia è particolarmente evidente ed ospita il corso del Fiume Simeto, la terminazione del suo affluente Dittaino e diversi tributari minori; il loro regime dipende sia dalle litologie presenti, sia dal clima prettamente mediterraneo, caratterizzato da estati siccitose e inverni piovosi.

I corsi d'acqua con direzione prevalentemente da ovest verso est confluiscono verso la "Piana di Catania", dove i terreni a media permeabilità condizionano sia il ruscellamento che l'infiltrazione efficace.

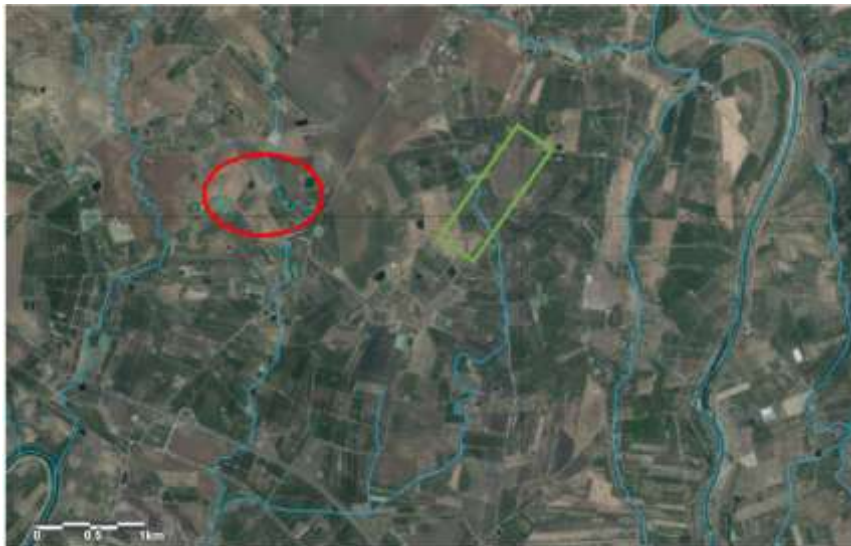


Figura 4.1 – Stralcio planimetrico da Geoportale Nazionale – Ministero dell'Ambiente

5 ANALISI IDROLOGICA

Per la valutazione dei deflussi sulla superficie di scolo in esame è necessario preliminarmente effettuare uno studio degli eventi meteorici caratterizzati da prefissati tempi di ritorno e durata.

I risultati dello studio vengono usualmente sintetizzati nelle curve di probabilità pluviometrica, le quali sono caratterizzate da un valore di probabilità o tempo di ritorno (di seguito indicato con il simbolo T_r ed espresso in anni) e che rappresentano le massime altezze di pioggia (h) espresse in [mm] in funzione della durata dell'evento meteorico (t) espresso in [ore]; proprio per questo motivo esse vengono talvolta riferite come curve altezze-durata-probabilità.

In particolare l'analisi delle piogge ha lo scopo di identificare le curve di possibilità pluviometrica nella consueta forma monomia:

$$h = a t^n$$

A tale scopo, in questo progetto, si fa riferimento alla metodologia suggerita dal CNR-GNDICI a seguito degli studi svolti nel progetto VA.PI. (Valutazione delle Piene) riportati nella pubblicazione: “La valutazione delle piene in Sicilia”.

Il progetto VA.PI. esegue l'analisi delle serie storiche delle piogge registrate in tutte le stazioni di misura della regione Sicilia e fornisce delle tavole che permettono di calcolare agevolmente le curve di possibilità climatica.

L'analisi delle piogge presuppone la scelta di una funzione di probabilità che rappresenti la distribuzione tipica della variabile aleatoria in oggetto: la precipitazione massima annua h per eventi di una certa durata t .

La letteratura tecnica classica consiglia di utilizzare allo scopo la funzione doppio esponenziale o “di Gumbel” mentre il VA.PI. sceglie una funzione più complessa chiamata TCEV (Two Component Extreme Value).

Essa consiste sostanzialmente nella somma di due distribuzioni di Gumbel, conseguenza dell'assunzione concettuale secondo cui i valori estremi di una grandezza idrologica provengono da due diverse popolazioni: una degli eventi normali e un'altra degli eventi eccezionali (outliers), legati a differenti fenomeni meteorologici.

5.1 METODO DI GUMBEL

La variabile casuale h_t , massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata oraria viene descritta, nel metodo di Gumbel, dalla funzione di probabilità doppio esponenziale avente la seguente forma:

$$F(h_t) = e^{-e^{-\alpha(h_t-\varepsilon)}}$$

I parametri α ed ε possono essere stimati, sulla base dei campioni a disposizione, sia attraverso il metodo dei momenti sia attraverso il metodo della massima verosimiglianza.

5.2 METODO TCEV

La funzione di probabilità per la variabile casuale h_t , massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata oraria proposta dal metodo TCEV ha la seguente forma:

$$F(h_t) = e^{-\Lambda_1 e^{\frac{h_t}{\Theta_1}} - \Lambda_2 e^{\frac{h_t}{\Theta_2}}}$$

e dipende dunque da quattro parametri che sono rispettivamente:

$$\Lambda_1, \Lambda_2, \Theta_1 \text{ e } \Theta_2.$$

Tuttavia ponendo:

$$\theta^* = \frac{\Theta_2}{\Theta_1} \quad D^* = \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1 \theta^{*\Theta_1}}$$

Essa diviene:

$$F(h_t) = e^{-\Lambda_1 e^{\frac{h_t}{\Theta_1}} - \Lambda_1 \Lambda_2^{\theta^*} e^{-\frac{h_t}{\Theta_1 \theta^*}}}$$

Ed i parametri da stimare sono D^* , θ^* , Λ_1 e Θ_1

Si osserva che la media della distribuzione può essere così calcolata:

$$\mu_k = \left[\ln \Lambda_1 + 0.5772 - \sum_{j=1}^k \frac{(-1)^j \Lambda_1^j}{j!} \Gamma\left(\frac{j}{\Theta^*}\right) \right] \Theta_1 - \eta \cdot \Theta_1$$

Dove η dipende dai primi tre parametri.

Se si indica con k il rapporto adimensionale tra la variabile aleatoria h_t e la sua media ($k = \frac{h_t}{\mu_{h_t}}$)

Allora l'espressione della funzione di probabilità diviene:

$$F(k) = e^{-\Lambda_1 e^{-\frac{k}{\Theta^*}} - \Lambda_1 \Lambda_1^j \frac{k^j}{\Theta^*}}$$

Ed i parametri da determinare sono Λ^* , Θ^* , Λ_1 e μ_{h_t}

Rispetto al metodo di Gumbel, dunque, raddoppiano i parametri da identificare. La loro stima sulla base di una sola serie storica risulta spesso inattendibile per il ridotto numero di campioni a disposizione.

Per contro la funzione si presta ad essere specificata nei suoi parametri a diversi livelli di omogeneità regionale utilizzando contemporaneamente più serie storiche.

Il VAPI ha analizzato i dati della rete pluviografica siciliana gestita dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN) di Palermo. Essa risulta composta da 172 stazioni di misura con almeno 10 anni di osservazione, con una densità media di una stazione per 150 km².

Ciò ha permesso di stimare i parametri secondo vari livelli di regionalizzazione. I parametri Λ^* e Θ^* da cui dipende il coefficiente di simmetria della curva possono essere ritenuti costanti su tutta la Sicilia (regione omogenea), mentre il parametro Λ_1 è stato stimato costante entro tre zone omogenee che corrispondono sommariamente ai tre “corni” della Sicilia.



Figura 5.1 – Sottozone pluviometriche omogenee: A (giallo), B (arancio), C (verde)

Per piogge di durata giornaliera i valori calcolati dal VAPI sono:

Sottozona	Λ^*	Θ_*	Λ_1	$\eta(\Lambda^*, \Theta^*, \Lambda_1)$
A	0.455	2.632	12	4.001
B			16	4.288
C			23	4.651

Per piogge di durata oraria, invece, si osserva che i parametri hanno una certa dipendenza dalla durata stessa secondo le seguenti leggi:

Sottozona	Λ^*	Θ_*	Λ_1	$\eta(\Lambda^*, \Theta^*, \Lambda_1)$
A	$0.175 t^{0.301}$	$1.95+0.0284 t$	$14.55 t^{0.2419}$	Da calcolare per ogni caso.
B			$12.40 t^{0.1802}$	
C			$11.96 t^{0.0960}$	

L'ultimo parametro che definisce compiutamente la funzione di probabilità TCEV è μ_{ht} . Esso può essere stimato come media aritmetica della serie storica di pari durata t della stazione di misura più vicina. Tuttavia il VA.PI. fornisce una tavola della Sicilia con le linee di iso- μ_{h1} ossia dei valori medi per piogge della durata di un'ora.

Per le altre durate il valore medio è direttamente calcolato tramite la relazione:

$$\mu_{h_t} = \mu_{h_1} t^n$$

che segue dall'aver applicato l'operatore di media alla formula dell'equazione di possibilità pluviometrica.

Anche i valori di n sono forniti dal VA.PI. secondo una apposita tavola, per tutto il territorio siciliano.

Una volta nota la distribuzione di probabilità della variabile aleatoria ht (ovvero k) il problema tipico è quello di conoscere il valore della variabile, assegnato il tempo di ritorno (Tr) dell'evento.

Il tempo di ritorno Tr è legato alla probabilità cumulata di non superamento secondo la relazione:

$$Tr = \frac{1}{1 - F(k)}$$

tuttavia non è possibile esplicitare analiticamente k , se non in forma approssimata.

Il VAPI, tenuto conto della dipendenza dei parametri da t , suggerisce le seguenti approssimazioni per $k(Tr)$:

Zona	$K_T(t, Tr)$ per piogge orarie
A	$0.5391 - 0.001635 \cdot t + (0.0002212 \cdot t^2 + 0.00117 \cdot t + 0.9966) \cdot \log(Tr)$
B	$0.5135 - 0.002264 \cdot t + (0.0000198 \cdot t^2 + 0.00329 \cdot t + 1.0508) \cdot \log(Tr)$
C	$0.5015 - 0.003516 \cdot t + (0.0003720 \cdot t^2 + 0.00102 \cdot t + 1.0101) \cdot \log(Tr)$

$k(T_r)$ è spesso indicato come K_T e viene chiamato fattore di crescita perché esprime il rapporto tra un valore indice della variabile precipitazione, in questo caso la media, ed il valore effettivo crescente con il tempo di ritorno.

Le espressioni per $K_T(t, T_r)$ valgono solo per $t > 1$ ora.

Osservando che il bacino interessato dal progetto appartiene alla sottozona omogenea C, si possono definire le curve di possibilità pluviometrica secondo le seguenti leggi.

Per ognuna delle sottozone di cui alla figura precedente è stata individuata una legge, detta curva di crescita, che fornisce la variabile adimensionale $X = X_T(t)$.

Nel caso in esame, il bacino ricade nella sottozona C, per la quale la legge della curva di crescita assume la seguente forma:

$$X_T(t) = 0.5015 - 0.003516 t + (0.0003720 t^2 + 0.00102 t + 1.0101) \log T \quad T \geq 10 \text{ anni}$$

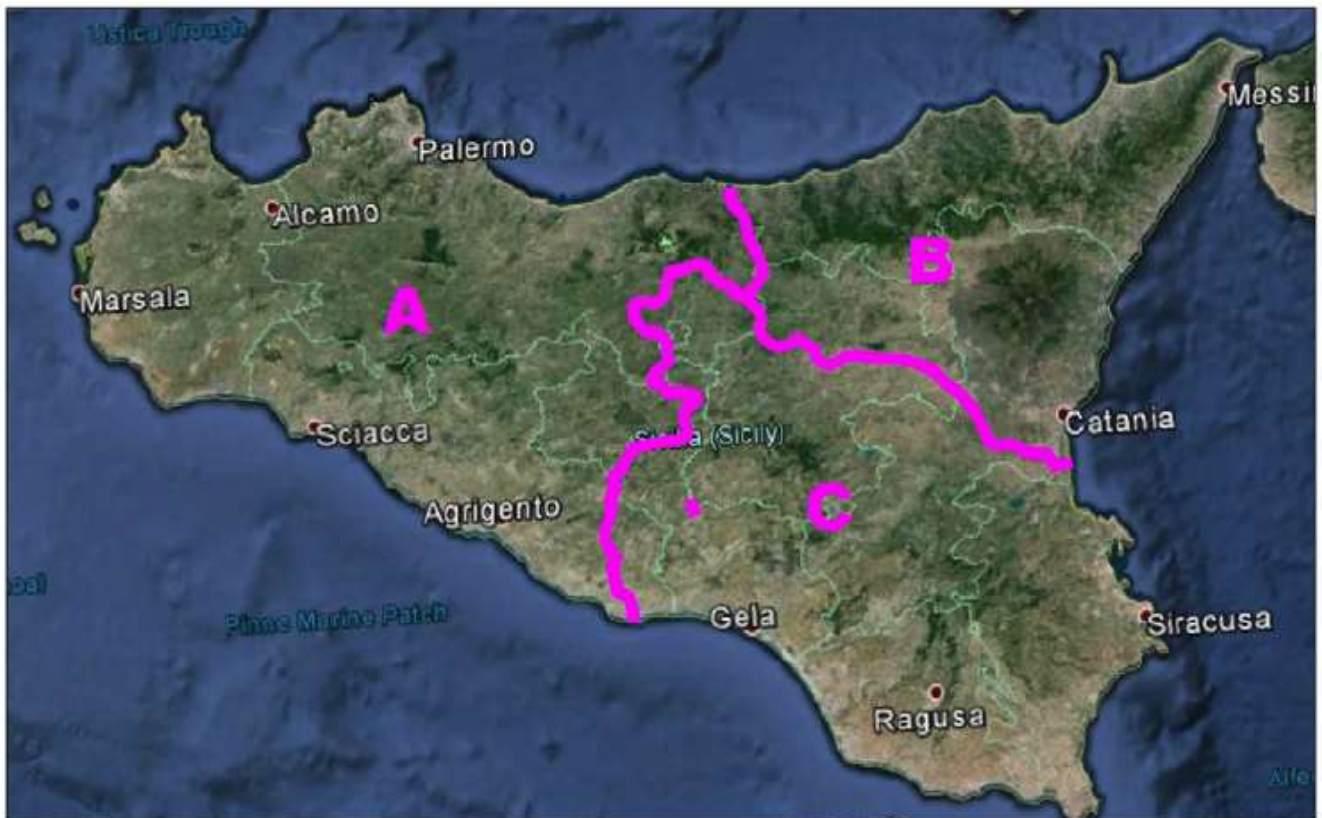


Figura 5.2 – Individuazione della sottozona di appartenenza (Sottozona C)

Per passare dalla relazione di cui sopra alla curva di probabilità pluviometrica $h = h(t)$ in forma completa, si applica la seguente relazione:

$$h = h(t) = X_T(t) \cdot a \cdot t^n \quad (\text{mm})$$

Cod.	Stazione	Bacino di appartenenza	a	n
119	Vittoria	Ippari	29,9	0,2345
120	Ragusa	Irrinio	26,0	0,3213
121	Modica	Scicli	25,2	0,3232
122	Castelluccio	Tellaro	38,7	0,2956
123	Noto	Noto	32,5	0,3423
124	Melilli	Anapo	30,8	0,3305
125	Palazzolo Acreide	Anapo	27,6	0,3567
126	Presa S. Nicola	Anapo	29,7	0,4174
127	Siracusa	Anapo	32,3	0,2909
128	Augusta	Anapo	36,9	0,2975
129	Carientini	Lentini	27,2	0,4573
130	Lentini città	Lentini	32,4	0,3698
131	Lentini bonifica	Lentini	38,3	0,3644
132	Maniaci	Simeto	17,6	0,2845
133	Buffali	Simeto	27,1	0,3123
134	Cesarò	Simeto	27,3	0,2578
135	Troina	Simeto	25,9	0,3697
136	Ancipa	Simeto	27,3	0,3390
137	Maletto	Simeto	25,6	0,2288
138	Bronte	Simeto	22,1	0,2777
139	Borgonuovo	Simeto	24,4	0,2854
140	Nicosia	Simeto	28,0	0,3676
141	Capizzi	Simeto	33,2	0,2511
142	Cerami	Simeto	28,2	0,2699
143	Salamone	Simeto	25,0	0,2680
144	Gagliano Castelferrato	Simeto	22,4	0,3448
145	Agira	Simeto	24,8	0,3448

Cod.	Stazione	Bacino di appartenenza	a	n
146	Ragalna	Simeto	22,0	0,3930
147	Centuripe	Simeto	20,8	0,4075
148	Adrano	Simeto	27,2	0,2734
149	Paternò	Simeto	25,3	0,2975
150	Simeto	Simeto	32,7	0,3312
151	Leonforte	Simeto	31,1	0,2990
152	Valguarnera	Simeto	25,9	0,4093
153	Torricchia	Simeto	19,7	0,2941
154	Raddusa	Simeto	24,8	0,2522
155	Caltagirone	Simeto	25,0	0,2679
156	Mineo	Simeto	30,2	0,3149
157	Ramacca	Simeto	31,0	0,2769
158	Zafferana Etnea	Simeto	37,4	0,4879
159	Linguaglossa	Simeto	35,1	0,4473
160	Viagrande	Simeto	39,1	0,3516
161	Piedimonte Etneo	Simeto	35,8	0,3554
162	Acireale	Simeto	41,5	0,3455
163	Catania (G. Civile)	Simeto	32,3	0,3266
164	Catania Osservatorio	Simeto	43,3	0,3536
165	Randazzo	Simeto	27,6	0,3752
166	Francavilla di Sicilia	Alcantara	41,0	0,4229
167	Alcantara	Alcantara	33,0	0,3216
168	Taormina	Alcantara	40,9	0,2990
169	Camaro	Fiumedinisi	38,5	0,3030
170	Messina	Fiumedinisi	33,8	0,2598
171	Ganzirri	Fiumedinisi	34,4	0,2121
172	Aliterne	Fiumedinisi	32,7	0,2764

Figura 5.3 – Valori delle costanti a e n per le stazioni pluviografiche siciliane

Per l'area in esame, si prende in considerazione come stazione più vicina quella di Paternò.

Si individuano quindi i seguenti valori di a ed n:

- **a = 25.3**
- **n = 0.2975**

Il grafico di seguito riporta l'andamento delle curve di probabilità pluviometrica.

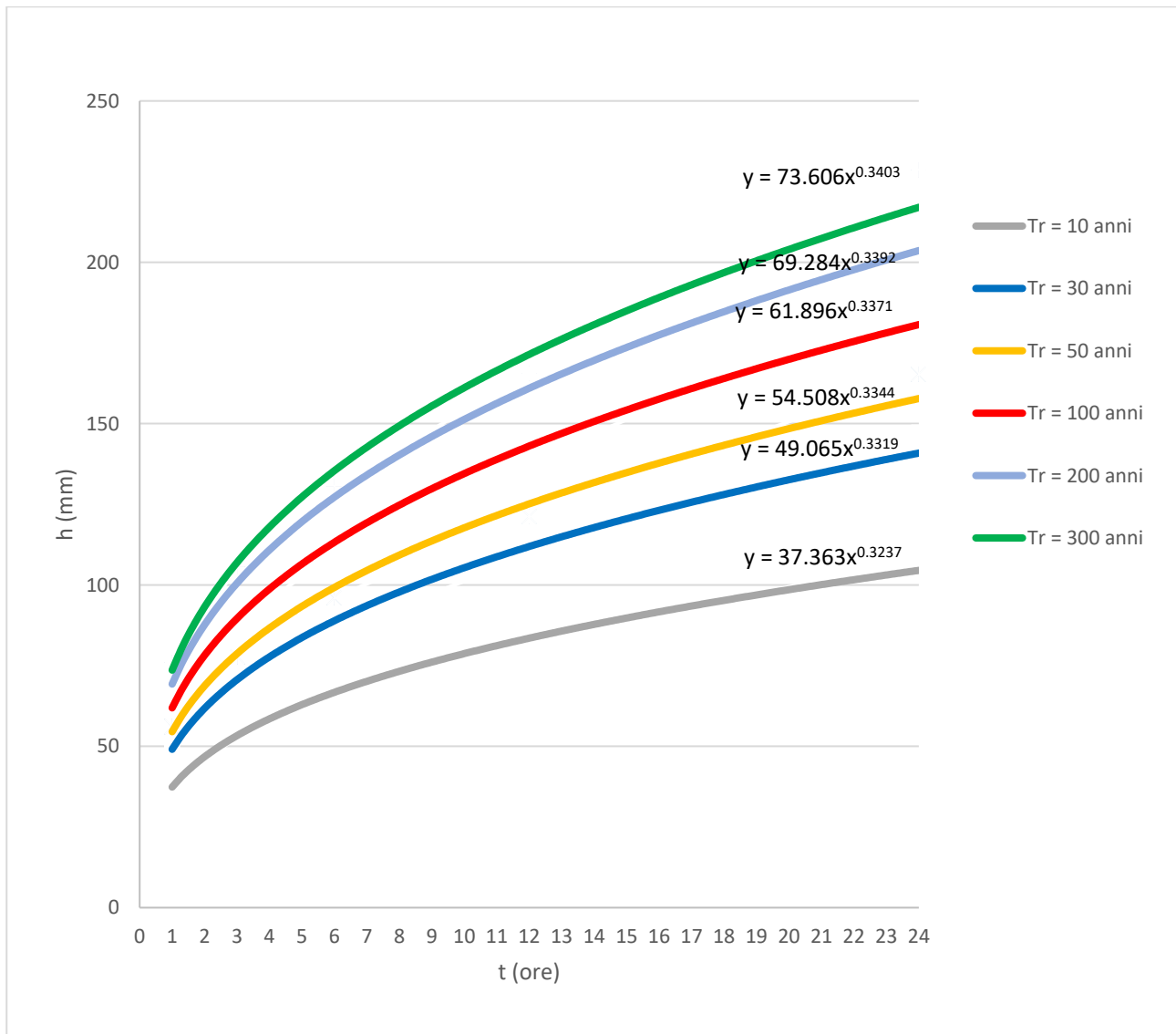


Figura 5.4 – Curve di probabilità pluviometrica (Stazione di Paternò)

6 VALUTAZIONE DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA

Nel presente capitolo si effettua un'analisi di raffronto con stimato valore del coefficiente di deflusso sia nella fase dello stato di fatto, che nella previsione progettuale futura.

Nello specifico si è fatto riferimento al Decreto della Regione Sicilia, D.D.G. n.102 del 23/06/2021 – Allegato 2 – Indirizzi tecnici per la progettazione di misure di invarianza idraulica e idrologica.

In via cautelativa, per lo stato ante operam, si prende in considerazione il seguente coefficiente di deflusso ϕ , riportato nel suddetto DDG:

- Incolto e uso agricolo $\phi = 0$

Invece, per il calcolo dei diversi coefficienti di deflusso post operam, si è utilizzata da letteratura la tabella di seguito riportata.

Tabella 6.I: Valori del coefficiente di deflusso. Allegato 1 della legge regionale 29 aprile 2015, n.11 (Disciplina organica in materia di difesa del suolo e di utilizzazione delle acque) del Friuli-Venezia Giulia.

Uso del suolo	ϕ
Tetti a falde	0.90-1.00
Tetti metallici	0.90-1.00
Tetti a tegole	0.80-0.90
Tetti piani con rivestimento in cls	0.70-0.80
Tetti piani ricoperti di terra	0.30-0.40
Coperture piane con ghiaietto	0.80-0.90
Coperture piane seminate ad erba	0.20-0.30
Rivestimenti bituminosi	0.90-1.00
Pavimentazioni asfaltate	0.80-0.90
Pavimentazioni con asfalto poroso	0.40-0.50
Massicciata in strade ordinarie	0.40-0.80
Pavimentazioni di pietra o mattonelle	0.80-0.90
Lastricature miste, clinker, piastrelle	0.70-0.80
Lastricature medio-grandi con fughe aperte	0.60-0.70
Strade e marciapiedi	0.80-0.90
Superfici semi-permeabili	0.60-0.70
Strade in terra	0.40-0.60
Rivestimenti drenanti, superfici a ghiaietto	0.40-0.50
Viali e superfici inghiaiate	0.20-0.60
Zone con ghiaia non compressa	0.10-0.30
Superfici boscate	0.10-0.30
Superfici di giardini e cimiteri	0.10-0.30
Prati di campi sportivi	0.10-0.20
Terreni coltivati	0.20-0.60
Terreni incolti, sterrati non compatti	0.20-0.30
Prati, pascoli	0.10-0.50

Il coefficiente di deflusso dell'intera area di interesse è stato calcolato come media pesata dei coefficienti di deflusso delle aree omogenee costituenti il bacino analizzato:

$$\varphi = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i A_i}{A_{tot}}$$

Dove φ_i sono i coefficienti di deflusso delle aree elementari omogenee A_i .

La valutazione del coefficiente di deflusso si è svolta per le condizioni *ante e post operam*.

Con riferimento alla Tabella 6.I, come detto si è attribuito a queste aree un coefficiente di deflusso pari a 0 corrispondente al valore cautelativo tabellato per terreno incolto e uso agricolo.

Le informazioni appena illustrate relative all'area di progetto nella condizione *ante operam* vengono sintetizzate in Tabella 6.II.

Tabella 6.II: Condizioni ante-operam

Utilizzo suolo Ante-Operam			
	Area Totale [ha]	Coeff. Deflusso φ	Note
Area di intervento	89.10	0	Valore incolto e uso agricolo riportato in Allegato 2 del DDG 102 del 23/06/2021
Media ponderata		Totale φ	
		0.00	

In condizioni post operam, invece, si avrà una variazione dell'uso del suolo del lotto per effetto della realizzazione dell'impianto in progetto. In particolare, le superfici avranno la destinazione d'uso riportata in Tabella 6.III, in accordo a quanto indicato negli elaborati progettuali. Per ciascuna di queste superfici, facendo riferimento alla Tabella 6.I, si è individuato il pertinente coefficiente di deflusso.

Tabella 6.III: Condizioni post-operam

Utilizzo suolo Post-Operam			
	Area [ha]	Coeff. Deflusso ϕ	Note
Area totale	89.10		Area totale
Proiezione strutture trackers	13.21	0.30	Valore riportato in Normativa* cautelativamente aumentato
Pali strutture FV	0.05	1.00	Superficie perfettamente impermeabile
Cabine	0.23	1.00	Superficie perfettamente impermeabile
Fascia di mitigazione	6.53	0.30	Valore medio superfici giardini
Viabilità	3.82	0.70	Valore cautelativo superfici inghiaiate
Prato	31.82	0.30	Valore medio superfici giardini
Agrumi	19.05	0.30	Valore cautelativo superfici boscate
Grano mantenuto	7.91	0.30	Valore medio superfici coltivate
Ulivo mantenuto	0.35	0.30	Valore medio superfici giardini
Peri	5.33	0.30	Valore medio superfici giardini
Aromatiche	2.53	0.30	Valore medio superfici coltivate
Aree libere da interventi (laghi, fiumi con fasce di rispetto...)	9.75	0.10	Valore ante operam cautelativamente aumentato
		Totale ϕ	
Media ponderata		0.336	

* Si è fatto riferimento al seguente documento del Consorzio di Bonifica del Veneto Orientale: “*Criteri e procedure per il rilascio di concessioni, autorizzazioni, pareri, relativi ad interventi interferenti con le opere consorziali, trasformazioni urbanistiche, e sistemazioni idraulico-agrarie*” che suggerisce di adottare per impianti fotovoltaici su terreno senza pavimentazioni un coefficiente di deflusso pari a 0,30.

Si evidenzia, dunque, che la realizzazione dell’impianto comporta un aumento del coefficiente di deflusso che passa da un valore di 0 che compete alle condizioni ante operam, ad un valore medio totale di 0,336 riferito alle condizioni post-operam.

6.1 MISURE IDRAULICHE DI MITIGAZIONE

Si prevede la realizzazione di opere di compensazione che abbiano sia la funzione di favorire l’infiltrazione nel terreno, che di accumulare temporaneamente i volumi di pioggia, offrendo un effetto di laminazione delle portate eccedenti, in modo da garantire l’invarianza idraulica.

Per il calcolo dei volumi minimi da laminare si fa riferimento alla formula riportata nel *DDG 102 del 23/06/2021 – Allegato 2*, adottando nello specifico il metodo semplificato delle piogge secondo cui il volume di laminazione è espresso dalla seguente relazione:

$$V_{max} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{n}{n-1}} - Q_{IMP} \cdot \left(\frac{Q_{IMP}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

dove:

- V_{max} è il volume di invaso necessario per non superare la portata limite allo scarico;
- S è la superficie scolante a monte dell’invaso di laminazione;
- φ è il coefficiente di deflusso medio ponderale dell’area drenante;
- a ed n sono i parametri delle curve di possibilità pluviometrica riferiti ad un tempo di ritorno di 30 anni, come indicato nel DDG 102/2021;
- Q_{IMP} è la portata limite ammessa allo scarico (in m³/s) corrispondente ad un coefficiente udometrico pari a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata dall’intervento di urbanizzazione.

Dalle elaborazioni, si ottengono i seguenti valori:

Tabella 6.IV: Calcolo volumi di laminazione – fonte DDG 102/2021 – Allegato 2

ID AREA	Superficie (ha)	ϕ	a	n	Q_{IMP} (m ³ /s)	V_{MAX} (m ³)
CHUB 2	89.10	0,336	49,065	0,332	1.782	3119.63

6.2 REALIZZAZIONE DI TRINCEE DRENANTI SU FOSSI PERIMETRALI

Al fine di assicurare l’invarianza idrologica e idraulica del sito in oggetto, si prevede la **realizzazione di fossi perimetrali con inserimento di trincee drenanti** al loro interno mediante l’approfondimento dello scavo fino a 1.00 m al di sotto della base minore della sezione trapezoidale del fosso, con successivo riempimento in materiale arido drenante e rivestimento con telo in tessuto non tessuto in modo da evitare il progressivo interrimento della frazione fine all’interno della trincea.

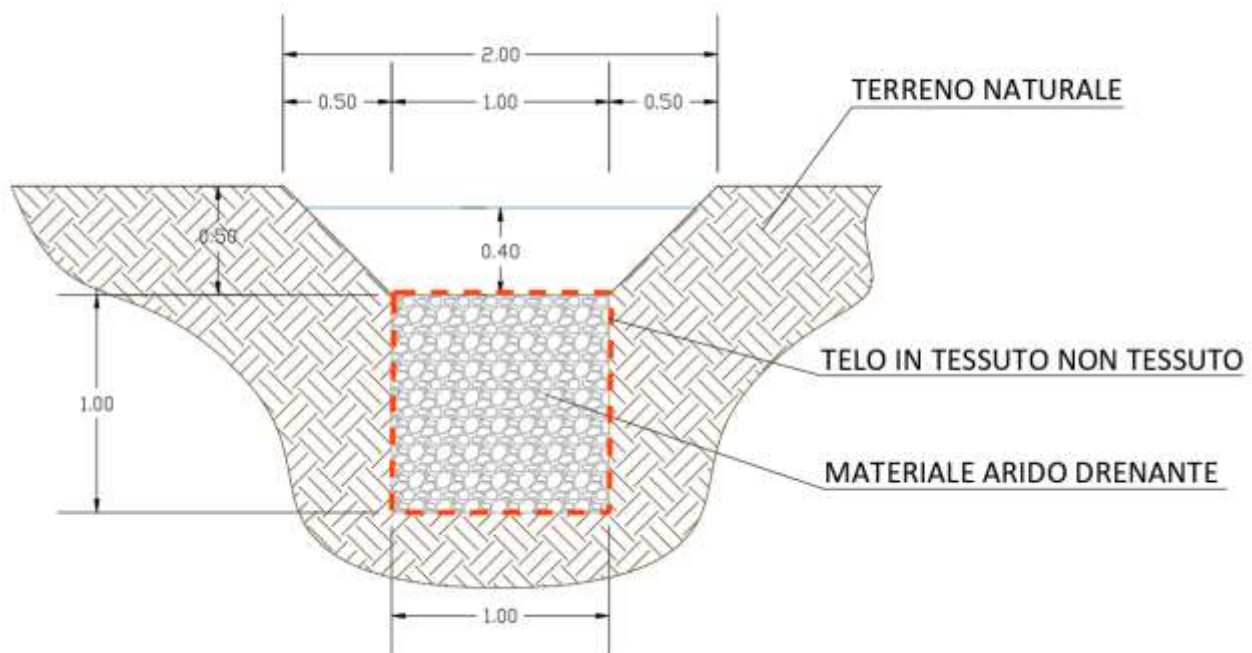


Figura 6.1 - Sezione trasversale sistema fossi + trincee

Per il calcolo del volume di invaso si fa riferimento ad un’altezza idrica massima all’interno del fosso pari a 40cm consentendo un franco di sicurezza del 20%.

Tabella 6.V: Calcolo opere di compensazione idraulica per la laminazione dei volumi in eccesso

H fosso [h]	H fosso riempimento 80% [h]	Area utile fosso [m ²]	Area utile trincea drenante (indice dei vuoti) [m ²]	Area utile sistema fossi + trincee [m ²]	Lunghezza min. sistema fossi + trincee per compensazione [m]	Lunghezza sistema fossi + trincee da progetto [m]
0.5	0.4	0.55	0.40	0.95	3283.82	3300

$$\text{Vol. di progetto} = 3300 \times 0.95 = 2850,00 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. calcolo laminazione} = 3119,263 \text{ m}^3$$

Vol. progetto > Vol. calcolo laminazione (DDG 102/2021)

Tale soluzione, consente di aumentare la capacità drenante del suolo garantendo l'infiltrazione delle acque nel terreno oltre che assicurare un effetto di laminazione dovuto ad un rilascio graduale per gravità delle portate accumulate, sfruttando la naturale pendenza del terreno. Inoltre tale soluzione costituisce un sistema chiuso, pertanto i volumi accumulati verranno rilasciati gradualmente per infiltrazione dopo l'evento di piena, scongiurando sovraccarichi al corpo idrico ricettore.

L'intervento così progettato, non comporterà modifiche alla morfologia. Saranno mantenute le attuali pendenze del sito e saranno svolte delle operazioni di manutenzione periodica in modo da garantire all'intero sistema la corretta funzionalità, evitando fenomeni di interrimento nel tempo.

Per mezzo di tali soluzioni di accumulo e lenta infiltrazione delle acque di ruscellamento superficiale (trincee drenanti e bacino di laminazione), risultato rispettato il principio di invarianza idrologica e idraulica del sito, in accordo al DPCM del 07/03/2019 e al DDG n.102 DRU/AdB del 23/06/2021.

7 CLASSIFICAZIONE ACQUE METEORICHE (Art. 39 D.P. Prov. Bolzano del 21/01/2008 n.6)

Le acque meteoriche sono classificate ai sensi dell'art. 39 del Capo IV del Decreto del Presidente della Provincia Autonoma di Bolzano N. 6 del 21 gennaio 2008, secondo le seguenti quattro categorie, in rapporto al grado di inquinamento, dipendente dalla loro provenienza:

1. **"acque meteoriche non inquinate"**, sono quelle derivanti dalle seguenti superfici:
 1. tetti in zone residenziali e miste;
 2. piste pedonali e ciclabili;
 3. impianti sportivi e di ricreazione;
 4. cortili in zone residenziali con traffico motorizzato molto limitato;
 5. strade in zone residenziali con traffico giornaliero medio (TGM), inferiore a 500 autoveicoli al giorno;
 6. parcheggi in zone residenziali a bassa densità abitativa, costituite prevalentemente da case singole, case a schiera, ecc.;
2. **"acque meteoriche moderatamente inquinate"**, sono quelle derivanti dalle seguenti superfici:
 1. tetti in zone industriali;
 2. superfici impermeabilizzate di cortili ed aree di transito in zone miste, zone produttive e zone industriali;
 3. strade con traffico giornaliero medio (TGM) fino a 5.000 autoveicoli al giorno, escluse quelle in zone residenziali con traffico inferiore a 500 autoveicoli al giorno;
 4. parcheggi a frequenza di utilizzo da bassa a moderata, come quelli di condomini, di edifici adibiti ad uffici, di stabilimenti dell'artigianato e dell'industria, di piccole attività commerciali, nonché piazzali di mercati, parcheggi ad uso stagionale, ecc.;
 5. cortili di aziende agricole e di aziende zootecniche;
3. **"acque meteoriche inquinate"**, sono quelle derivanti dalle seguenti superfici:
 1. strade con oltre 5.000 autoveicoli al giorno (TGM);
 2. parcheggi con elevata frequenza di utilizzo, come quelli di esercizi commerciali medi e grandi, quelli nelle zone centrali dei centri abitati, ecc.;
 3. gallerie stradali con lunghezza superiore a 300 m;
4. **"acque meteoriche sistematicamente inquinate"**, sono quelle derivanti dalle seguenti superfici con elevato pericolo d'inquinamento:
 1. aree di travaso di sostanze inquinanti;
 2. piazzali di lavaggio;
 3. aree per la manutenzione di veicoli;
 4. piazzali e zone di transito in caso di depuratori, discariche, impianti di cernita/trattamento/riciclaggio rifiuti, sui quali si svolgono attività inquinanti;
 5. zone di carico/scarico di attività produttive dei settori industria chimica, trattamento e rivestimento metalli;

6. depositi di rottami;
7. altre aree sulle quali si svolgono attività produttive inquinanti.

In relazione a quanto sopra riportato, si vuole sottolineare che le acque meteoriche che si accumulano all'interno dell'area in cui è previsto l'intervento possono essere correttamente classificate come "acque meteoriche non inquinate". Questa classificazione è giustificata dal fatto che tali acque piovane si depositano su un suolo destinato esclusivamente a scopi agricoli. Inoltre, anche nel caso del ruscellamento delle acque meteoriche sulla superficie occupata dai pannelli dei tracker, tale fenomeno non costituisce una fonte di inquinamento. Questo perché i pannelli stessi possono essere assimilati a tetti o coperture di residenze con una densità abitativa estremamente bassa.

8 INTERVENTI PER IL MANTENIMENTO DELLA PERMEABILITÀ DEL TERRENO

Al fine di agevolare il drenaggio e l'aerazione del terreno oltre che accrescere la capacità di ritenzione idrica del suolo, dopo la messa in opera dell'impianto fotovoltaico, verranno eseguite tra i filari dei moduli, le seguenti attività:

- Aratura del terreno;
- Rippatura di affinamento;

Per mantenere una buona permeabilità del terreno, si prevede con cadenza annuale, indicativamente nel mese di Settembre, di eseguire la rippatura con ripuntatore, ad una profondità di 40-50 cm.

Tutte le lavorazioni indicate verranno realizzate con macchina cingolata e non gommata, questo per ridurre fenomeni di costipazione del terreno.

Si prevedono, infine, delle operazioni periodiche di manutenzione mirate alla rimozione di sedimenti accumulatisi all'interno del bacino di laminazione, al fine di prevenire possibili fenomeni di interrimento del fondale e garantire un funzionamento ottimale del sistema nel tempo.

9 CONCLUSIONI

Alla luce delle verifiche di non sussistenza di zone soggette a pericolosità ed a rischio idraulico in corrispondenza del sito oggetto di studio ed in seguito ai calcoli idrologici ed idraulici, è possibile concludere quanto segue:

Il raffronto tra le condizioni ante e post-operam evidenzia come la realizzazione dell'impianto comporti un aumento del coefficiente di deflusso medio del sito di progetto che, nello specifico, passa dal valore ante-operam pari a 0 (valore cautelativo tabellato dal DDG 102/2021 per terreno incolto o ad uso agricolo) al valore di 0,336 riferito alle condizioni post-operam.

Si prevede, pertanto, l'inserimento di opere di compensazione costituite nello specifico da trincee drenanti su fossi di guardia e da un bacino di laminazione con funzione anche di riuso per fini irrigui; tali sistemi, opportunamente ubicati planimetricamente, consentono di captare efficacemente le acque di ruscellamento superficiale.

Le opere di compensazione, così calcolate, costituiscono un sistema chiuso che di fatto non sovraccarica idraulicamente il corpo idrico recettore, consentendo di stoccare i volumi in eccesso derivanti dalla realizzazione delle opere e di far infiltrare per gravità le acque negli strati più profondi del terreno, garantendo l'invarianza idraulica dell'intero sistema progettuale.

Le sopracitate opere di mitigazione e compensazione idraulica hanno quindi la funzione di laminare le portate eccedenti ed escludere la velocizzazione dello smaltimento delle acque fuori dal perimetro progettuale. Ai fini dell'invarianza idraulica ed alla scelta degli interventi di mitigazione idraulica ci si è attenuti alle linee guida del DPCM del 07/03/2019 ed in particolare al D.D.G. DRU e AdB n. 102/2021 con particolare riferimento a quanto indicato nell'allegato 2.

Inoltre, nel layout di progetto si è tenuto conto di tutti gli impluvi, le canalizzazioni e le condotte presenti all'interno dell'area di progetto mediante la predisposizione di fasce di rispetto di 10 metri per lato.

Si prevedono, infine, delle operazioni di manutenzione sia sulle opere idrauliche di progetto che sugli impluvi esistenti mediante sfalcio di erbacce e ripristino della piena funzionalità idraulica, al fine di garantire un corretto drenaggio dei volumi ed evitare ostruzioni al libero deflusso delle acque. Per mantenere una buona permeabilità del terreno, si prevede inoltre, con cadenza annuale, di eseguire la rippatura con ripuntatore, ad una profondità di 40-50 cm.

Si prevedono, inoltre, delle operazioni periodiche di manutenzione mirate alla rimozione di sedimenti accumulatisi all'interno del bacino di laminazione, al fine di prevenire possibili fenomeni di interrimento del fondale e garantire un funzionamento ottimale del sistema nel tempo.

Si è operata infine, la classificazione delle acque meteoriche ai sensi dell'art. 39 del Capo IV del Decreto del Presidente della Provincia Autonoma di Bolzano N. 6 del 21 gennaio 2008. Le acque meteoriche che si accumulano all'interno dell'area in cui è previsto l'intervento possono essere correttamente classificate come "acque meteoriche non inquinate". Questa classificazione è giustificata dal fatto che tali acque piovane si depositano su un suolo destinato esclusivamente a scopi agricoli. Inoltre, anche nel caso del ruscellamento delle acque meteoriche sulla superficie occupata dai pannelli dei tracker, tale fenomeno non costituisce una fonte di inquinamento. Questo perché i pannelli stessi possono essere assimilati a tetti o coperture di residenze con una densità abitativa estremamente bassa.

Alla luce delle analisi effettuate, si può infine affermare che il sito risulta idraulicamente compatibile per la realizzazione delle opere in progetto.

Catania 19/02/2024

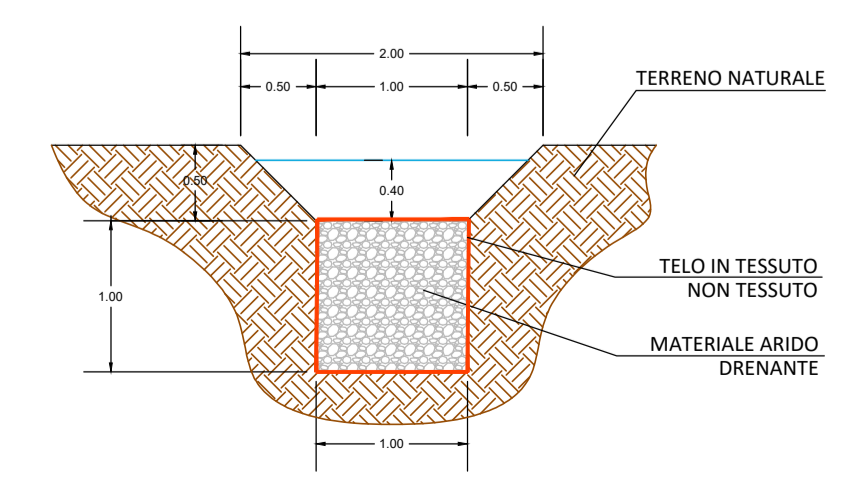
ALLEGATI

LEGENDA

- AREA TOTALE
- FOSSI SU TRINCEE DRENANTI
- TRACKERS FOTOVOLTAICI
- FASCIA DI MITIGAZIONE PERIMETRALE
- IMPLUVI CABALLETTE E LAGHETTI
- CONDOTTE CONSORZIO BONIFICA



SEZIONE TRASVERSALE
SISTEMA FOSSO DI GUARDIA
CON TRINCEA DRENANTE
Scala 1:50



LEGENDA

- AREA TOTALE
- FOSSI SU TRINCEE DRENANTI
- TRACKERS FOTOVOLTAICI
- FASCIA DI MITIGAZIONE PERIMETRALE
- IMPLUVI CABALLETTE E LAGHETTI
- CONDOTTE CONSORZIO BONIFICA



SEZIONE TRASVERSALE
SISTEMA FOSSO DI GUARDIA
CON TRINCEA DRENANTE
Scala 1:50

