



REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI CALTANISSETTA
COMUNE DI BUTERA

OGGETTO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO E DELLE OPERE E INFRASTRUTTURE CONNESSE, NEL COMUNE DI BUTERA (CL) DELLA POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 44,98 MW, DENOMINATO "BALLERINA".

PROGETTO DEFINITIVO

PROPONENTE



TITOLO

RELAZIONE IDRAULICO - IDROLOGICA
INVARIANZA IDRAULICA

PROGETTISTI

Ing. Ignazio Sciortino

Dott. Ing. Girolamo Gorgone



GEOLOGO

Dott. Geol. Ignazio Giuffrè

CODICE ELABORATO

ERIN-BU_R_02_A_G

SCALA

n° Rev.	DESCRIZIONE REVISIONE	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

Rif. PROGETTO

N. _____

NOME FILE DI STAMPA

SCALA DI STAMPA DA FILE

COMUNE DI BUTERA

- LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI CALTANISSETTA -

RELAZIONE IDRAULICO – IDROLOGICA INVARIANZA IDRAULICA

Progetto per la realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico e delle opere e infrastrutture connesse, della potenza in immissione pari a 44,98 MW, denominato Ballerina

Comm: Ing. Girolamo Gorgone
per conto di: Edison Rinnovabili S.p.a.
Data: Novembre 2023



Dott. Geol. Ignazio Giuffrè

Via Mazzini, 9 - 90018 Termini Imerese (PA) Tel. 338.4373063
P. IVA: 04698200823 EMail – ignazio.giuffre@gmail.com



COMUNE DI BUTERA

- LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI CALTANISSETTA -

RELAZIONE IDRAULICO – IDROLOGICA INVARIANZA IDRAULICA

Progetto definitivo

“Progetto per la realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico e delle opere e infrastrutture connesse, della potenza in immissione pari a 44,98 MW, denominato Ballerina”

Premessa

Il presente lavoro costituisce parte integrante di un progetto per la realizzazione di un impianto agro-fotovoltaico e delle opere e infrastrutture connesse, della potenza in immissione pari a 44,98 MW, denominato Ballerina, in agro di Butera.

Il lavoro è stato commissionato allo scrivente dall'Ing. *Girolamo Gorgone*, per conto di *Edison Rinnovabili S.p.a.*

Il presente elaborato è stato redatto per la valutazione dell'invarianza idraulica, in osservanza al D.D.G. 102 del 23/06/2021 del Dipartimento Regionale dell'Urbanistica e dell'Autorità di Bacino.

L'Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente, in rispetto di quanto previsto dalla *Direttiva Comunitaria 2007/60/CE* del 27/10/2007, relativa alla



valutazione ed alla gestione dei rischi alluvioni, ha predisposto un quadro di riferimento per la gestione dei fenomeni alluvionali, con la redazione del “*Piano di Gestione del Rischio Alluvioni*” (P.G.R.A.).

Il P.G.R.A. persegue l’obiettivo, così come previsto nell’art. 1 comma 1 della “*Direttiva 2007/60/CE*”, di ridurre le conseguenze negative per la salute umana, l’ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali derivanti dalle stesse alluvioni anche al fine dello sviluppo sostenibile della comunità.

Il P.G.R.A. è stato redatto ai sensi dell’*art. 7 del D. Lgs 49/2010* nell’ambito delle attività di pianificazione di cui agli artt. 65, 66, 67 e 68 del *D. Lgs. 152/2006*, e ss.mm.ii., ed è stato definitivamente approvato con *Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 07/03/2019* pubblicato sulla *G.U.R.I. n.198 del 24/08/2019*.

Successivamente, a seguito dell’istituzione dell’Autorità di Bacino Distretto Orografico della Sicilia, è stata emanata la Circolare *prot. n. 6834 del 11/10/2019 – Attuazione delle misure della Pianificazione distrettuale relativa all’applicazione dei principi di invarianza idraulica – indirizzi applicativi*, senza che siano stati però emanate direttive di indirizzo ne linee guida tecniche per la redazione dei suddetti studi di invarianza idraulica.

Di recente, con *Decreto 23 giugno 2021 - Principio di Invarianza idrologica ed idraulica – congiunto tra A.R.T.A. e Presidenza – Pubblicato sulla G.U.R.S. parte I n. 30 del 16/07/2021*, nell’*Allegato 2* sono stati emanati gli “*Indirizzi tecnici per la progettazione di misure di invarianza idraulica e idrologica*”.

A tal proposito è importante precisare il significato di alcune definizioni.

Per **invarianza idraulica** si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate o di nuova urbanizzazione nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all’urbanizzazione.

Il concetto di invarianza idraulica deve essere distinto dalla invarianza idrologica e Sistemi di Drenaggio Urbano Sostenibile (SUDS). Per **invarianza idrologica** si intende il principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono



maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione. Per **Sistemi di Drenaggio Urbano Sostenibile** si intende un sistema di gestione delle acque meteoriche urbane, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori mediante il controllo “alla sorgente” delle acque meteoriche, e a ridurre il degrado qualitativo delle acque.

Il lavoro è stato , quindi, articolato sviluppando il seguente schema:

1. inquadramento territoriale ed opere da realizzare;
2. inquadramento idrologico;
3. obiettivi;
4. studio idrologico;
5. computo volumi di compensazione per l'invarianza idraulica;
6. descrizione delle opere di laminazione;
7. piano di monitoraggio e manutenzione del sistema di gestione e drenaggio controllato delle acque di superficie funzionale all'invarianza idraulica;
 - 7.1. trincee drenanti;
 - 7.2. laghetto in terra per laminazione.
8. conclusioni.



1. Inquadramento dell'area

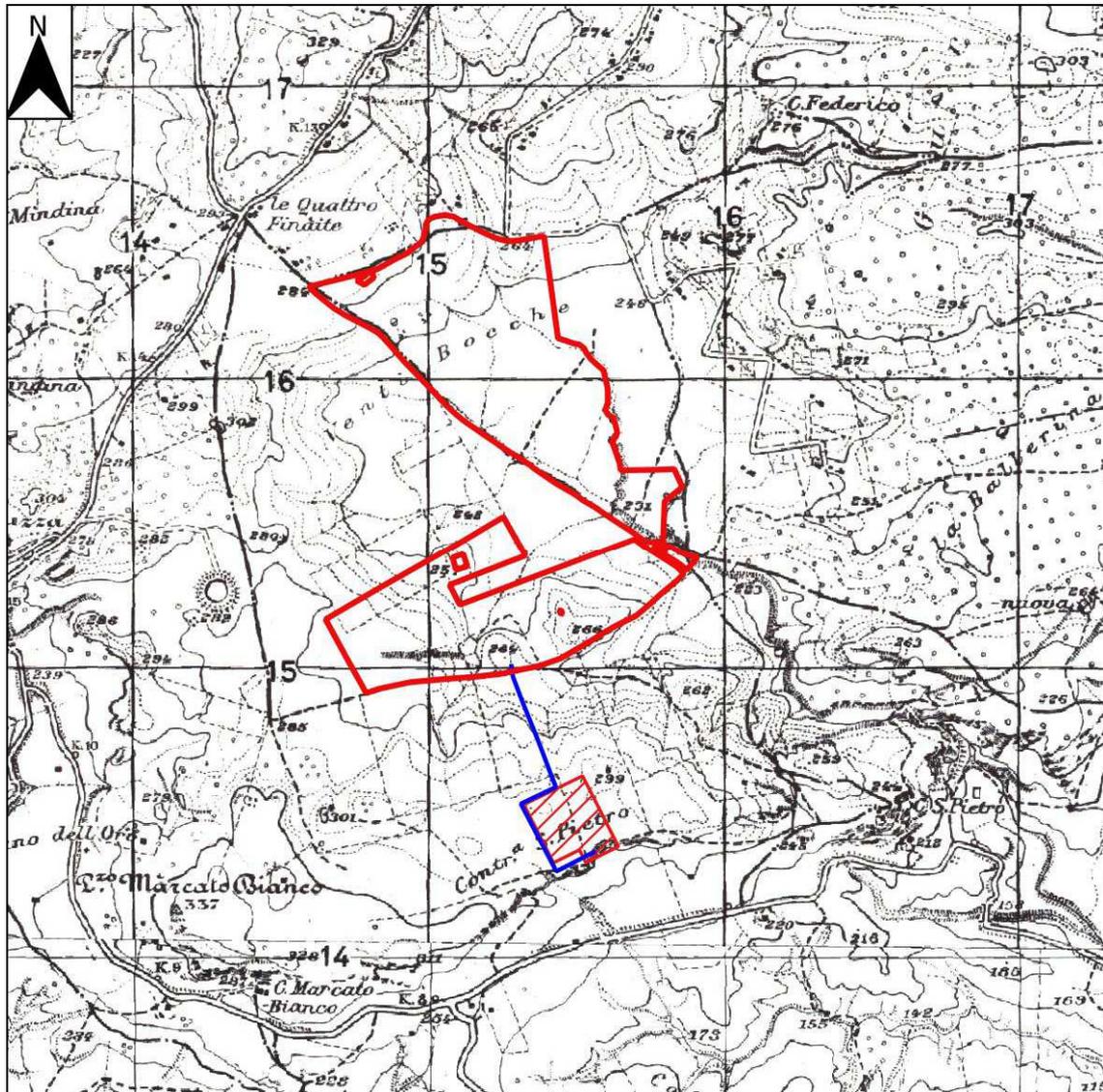
L'area oggetto del presente studio è localizzata nel settore sud orientale della Sicilia.

In dettaglio ci troviamo su un'area, facente parte del territorio comunale di Butera e ricadente nella contrada denominata *Venti Bocche*.



Topograficamente, il sito rientra nella Tavoleta “*Monte dei Drasi*”, Foglio n° 272, Quadrante IV, Orientamento S. O., redatte dall'I.G.M.I. alla scala 1:25.000 e ricade nella Sezione 643010 della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000.

La superficie complessiva dell'Area disponibile per l'impianto è di circa 90,51 ettari, di cui soltanto una parte verrà effettivamente interessata dalla realizzazione del campo fotovoltaico.



Stralcio Tavoleta IGMI in scala 1:25.000 – Area impianto

L'area disponibile è adibita ad accogliere seminativo semplice, vigneto (da vino e da mensa) e oliveto. L'altimetria nel complesso varia da un minimo di 229 ed un massimo di 286 m s.l.m. All'interno dell'area non sono presenti singolarità morfologiche fuorché 2 modeste linee di impluvio che verranno tutelate ed escluse da ogni intervento.



Ortofoto in scala 1:10.000



L'impianto è raggiungibile da Caltanissetta attraverso la SS 640 dir Strada Statale Raccordo di Pietraperzia, successivamente imboccando la SS 626 all'uscita verso Mazzarino, la SP 47 all'uscita verso Licata percorrendola per circa 13,5 km si raggiunge la contrada *Venti Bocche*.



La tecnologia fotovoltaica consente la trasformazione dell'energia associata alla radiazione solare in energia elettrica sfruttando la capacità di alcuni materiali semiconduttori (tra cui il silicio) di liberare elettroni a seguito dell'energia ceduta agli stessi da una radiazione elettromagnetica. L'effetto fotovoltaico è alla base della produzione di energia nelle *celle* che compongono i moduli fotovoltaici, comunemente chiamati *pannelli solari*.

I moduli o pannelli fotovoltaici sono montati in serie (stringhe) su telai ad inseguimento solare monoassiale che si sviluppano lungo l'asse Nord-Sud e permettono la rotazione dei moduli intorno a tale asse al fine di massimizzare la radiazione solare



intercettata nel corso della giornata. I telai sono fissati al terreno per mezzo di pali infissi, evitando il ricorso a fondazioni in cemento armato.



In linea generale, un impianto fotovoltaico si compone di stringhe di moduli collegate tra loro. Gruppi di stringhe compongono i campi fotovoltaici in cui l'impianto è suddiviso, ciascuno afferente a una Power Station (o Cabina di campo). La power station ha il compito di innalzare la tensione della corrente convertendola da continua in alternata. Tutte le linee elettriche in uscita dalle power stations vengono convogliate alla cabina principale di impianto (o Cabina MTR - *Main Technical Room*) dalla quale parte la connessione alla rete elettrica nazionale.

L'impianto dispone anche di una Control room, locale adibito ad ufficio in cui sono collocati i terminali che consentono di monitorare il funzionamento di tutte le sue componenti.



All'impianto di produzione energetica è associato un programma agronomico che prevede la coltivazione di foraggere per raccolta e/o pascolamento diretto. Una fascia arborata correrà lungo il perimetro dell'impianto; la scelta delle specie e del sesto di impianto rifletterà la vocazione dello specifico tratto di fascia: produttiva e/o di miglioramento ambientale del sito. Le specie utilizzate saranno comunque tipiche del paesaggio agrario locale e della regione fitogeografica.

A seguire si riportano il layout generale di progetto e una tabella riassuntiva delle componenti principali dell'intervento.

Di seguito si riportano le principali caratteristiche dell'impianto.

IMPIANTO AGRIVOLTAICO

- N. 121.260 moduli fotovoltaici montati su strutture ad inseguimento solare monoassiale (trackers); il terreno tra e sotto i trackers mantiene la capacità produttiva;
- N. 18 cabine di campo o power stations;



- N. 2 cabine principali di impianto (Main Technical Room – MTR);
- N. 2 Control room per il personale con annesso magazzino;
- N. 3 magazzini dedicati all'attività agricola;
- N. 5 cisterne per irrigazione;
- Viabilità interna di servizio (strade bianche);
- Recinzione e sistemi di illuminazione di emergenza e di sorveglianza;
- Fascia alberata di mitigazione

OPERE DI CONNESSIONE

- Cavidotto interrato MT lungo viabilità esistente dall'impianto alla SSE Utente di Trasformazione;
- SSE Utente di Trasformazione 30/150 kV;
- Cavidotto interrato AT lungo viabilità esistente dalla SSE Utente di Trasformazione alla Stazione di ConneSSIONE;
- Collegamento in antenna a 150 kV con una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) 220/150/36 kV (sezione a 220 kV da realizzare già in classe di isolamento 380 kV) della RTN, da inserire in entra - esce su entrambe le terne della linea 220 kV RTN "Partanna – Partinico".



2. Inquadramento idrologico

L'area in esame si trova al limite ovest del bacino Torrente Rizzuto (074 PAI Sicilia) al confine con quello dell'Imera meridionale.

Il bacino del Torrente Rizzuto ha un'estensione di circa 107,18 Km² e si chiude nel Mare Mediterraneo in Contrada Macconi, nel territorio comunale di Butera (CL), con un fronte di un centinaio di metri in cui si imposta l'estuario del fiume. Il Torrente Rizzuto nasce ad una quota di circa 400 metri s.l.m. a ovest di Monte Favara, nei territori comunali di Butera e Mazzarino (CL). Lungo il suo percorso, lungo circa 19 chilometri, il Torrente Rizzuto riceve le acque di diversi affluenti tra i quali i più importanti sono:

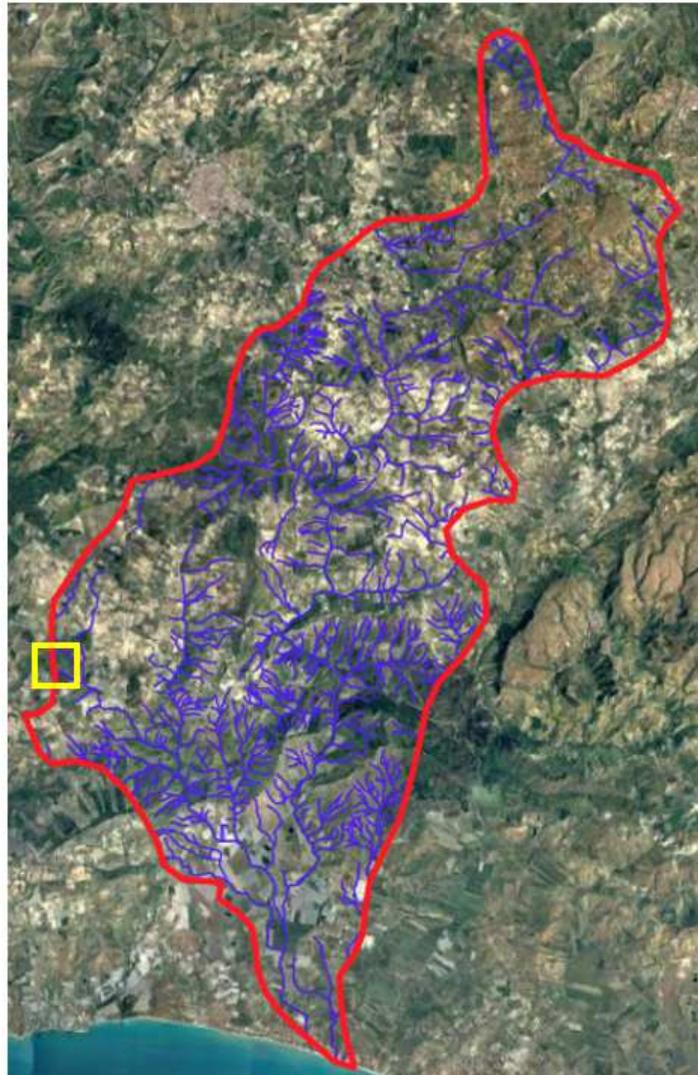
- il Rio di Castelluccio, in sinistra idraulica;
- il Rio del Millione, il Torrente Marchesa di San Pietro, in destra idraulica.

Il regime pluviometrico dell'area segue più o meno lo stesso andamento di quello termico, ovvero si rileva una zona meridionale, quella prossima alla costa, caratterizzata da una piovosità leggermente più bassa che nel resto dell'area in esame.

I mesi più piovosi sono ovunque quelli invernali (dicembre e gennaio), con valori medi di piovosità di 65,2 mm, mentre quelli meno piovosi sono quelli estivi (giugno e luglio) con valori medi di piovosità di 4,5 mm.

L'anno più piovoso è stato il 1976 quando si è registrata una piovosità media annua per l'intera zona di 71,1 mm di pioggia. L'anno meno piovoso è stato il 1977 con una piovosità media annua per l'intera zona di 18,3 mm.

Concludendo, i dati pluviometrici esaminati individuano un clima di tipo temperato-mediterraneo, caratterizzato da precipitazioni concentrate nel semestre autunno-inverno e molto scarse nel semestre primavera-estate.



Bacino idrografico del Torrente Rizzuto con indicato il lotto in esame



3. Obiettivi

L'Ufficio della Presidenza della Regione Sicilia tramite l'Autorità di Bacino Distretto Idrografico della Sicilia – Servizio 1 – Tutela delle risorse idriche, con la *Circolare prot. n. 6834 del 11/10/2019 - Attuazione delle misure della Pianificazione distrettuale relativa all'applicazione dei principi di invarianza idraulica – indirizzi applicativi*, ed in ultimo con il Decreto 23 giugno 2021 - Principio di Invarianza idrologica ed idraulica, ha stabilito gli indirizzi tecnici per la progettazione di misure di invarianza idrologica ed idraulica.

Nel presente paragrafo, si riferiscono le scelte metodologiche e progettuali adottate per il dimensionamento dei dispositivi atti a garantire l'invarianza idraulica nella trasformazione edilizia in progetto.

Nello specifico, è stato limitato al massimo l'impermeabilizzazione del lotto di progetto attraverso l'inserimento di aree a verde pertinenziali ed aree ad elevata permeabilità per i percorsi stradali e altri accorgimenti che saranno definiti in seguito.

Secondo il principio di invarianza idraulica, le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali non devono risultare maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione. Nelle aree urbanizzate, infatti, l'incremento delle portate legate allo stesso inurbamento, la progressiva eliminazione delle aree di libera esondazione e la conseguente drastica delimitazione degli alvei hanno condotto situazioni di gravi criticità, con decisi incrementi delle frequenze di allagamento e dei conseguenti danni connessi alle cose e alle persone.

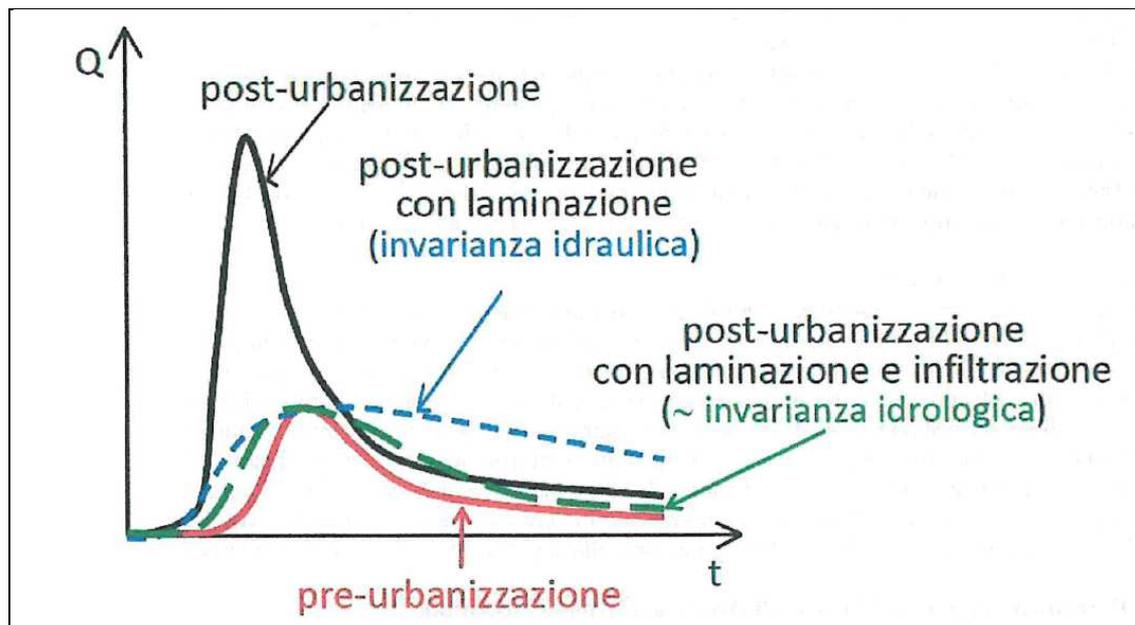
Tecnicamente l'invarianza idraulica si ottiene, prevalentemente, con la laminazione dei volumi di piena.

Con il fenomeno della laminazione, dunque, viene effettuato l'attenuazione del colmo della portata di un'onda di piena. Ciò viene effettuato con l'utilizzo di strutture di accumulo, la cui funzione principale è quella di provvedere alla detenzione dei volumi di piena e di rilasciarli in maniera controllata.

In Figura vengono mostrati gli effetti dell'urbanizzazione e della laminazione su un idrogramma.



In particolare, è evidente come l'urbanizzazione (a causa dell'impermeabilizzazione delle superfici) determini un'amplificazione del picco dell'idrogramma. Al contrario la laminazione crea un'attenuazione del picco dell'idrogramma, dal momento che il volume viene rilasciato su un intervallo di tempo maggiore.



Effetti dell'urbanizzazione e della laminazione su un idrogramma



4. Studio idrologico

L'area oggetto dello studio ha un'estensione superiore ai 10.000 m², per cui, come definito al punto A.2 del DDG 102/2021, è necessario effettuare uno studio idrologico di dettaglio a 30 anni di tempo di ritorno. In particolare, avendo un coefficiente di deflusso medio ponderale post intervento < 50% è possibile ricorrere ai metodi semplificati.

L'obiettivo dello studio idrologico è quello di stimare l'idrogramma di piena relativo ad una data sezione del corso d'acqua in esame e per fissato tempo di ritorno. In particolare, a causa della mancanza di portate (o altezze idrometriche) registrate, è stato utilizzato un metodo indiretto in cui il legame funzionale $Q = Q(T)$ è stato determinato a partire dall'informazione pluviometrica disponibile per il bacino interessato. L'utilizzo dei metodi indiretti richiede la definizione e la messa a punto di opportuni modelli matematici di tipo deterministico della trasformazione afflussi-deflussi, definiti come modelli di piena. Per il loro utilizzo, è necessario valutare tre elementi fondamentali:

- gli eventi meteorici, che rappresentano i dati di input e vengono dati mediante ietogrammi sintetici di progetto per fissato tempo di ritorno;
- la valutazione delle perdite idrologiche, al fine di calcolare le piogge nette che rappresentano l'aliquota di pioggia lorda che effettivamente determina deflusso;
- il meccanismo di trasferimento dei deflussi alla sezione di interesse con conseguente calcolo della portata di piena.

Nel caso in esame, verrà utilizzato un tempo di ritorno pari a 30 anni.

A causa del deficit di serie storiche di portate (o altezze idrometriche) nel sito in esame gli idrogrammi sono stati ricavati attraverso un metodo indiretto in cui il legame funzionale $Q = Q(T)$ è stato determinato a partire dall'informazione pluviometrica.

Innanzitutto, si è stimata la Curve di Probabilità Pluviometrica (CPP) mediante il metodo GEV (Generalized Extreme Value - Jenkinson, 1955). I relativi parametri per il bacino in esame sono stati ottenuti dallo studio di Forestieri et al. (2018) che fornisce a livello regionale, per 6 sottozone omogenee della Sicilia, i valori dei parametri (K_T , a_{24} ed n) che consentono di ottenere una stima dell'altezza di massima intensità $h_{d,T}$ per fissata durata d e fissato tempo di ritorno T attraverso la relazione di seguito riportata,

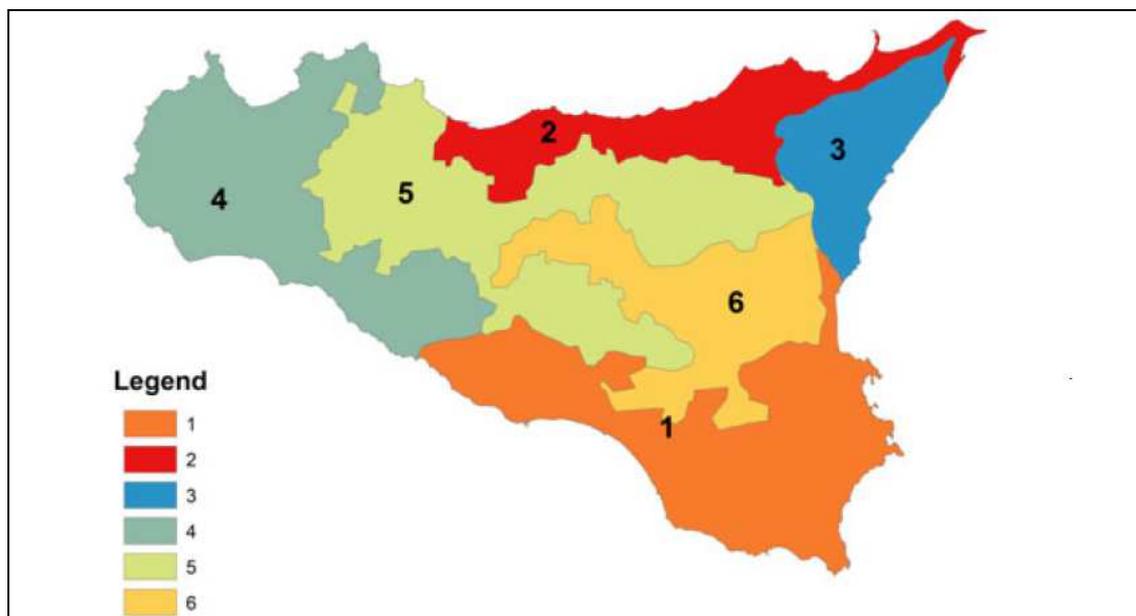


nell'ipotesi che le precipitazioni seguano la legge di invarianza di scala temporale e adottando la legge di distribuzione GEV:

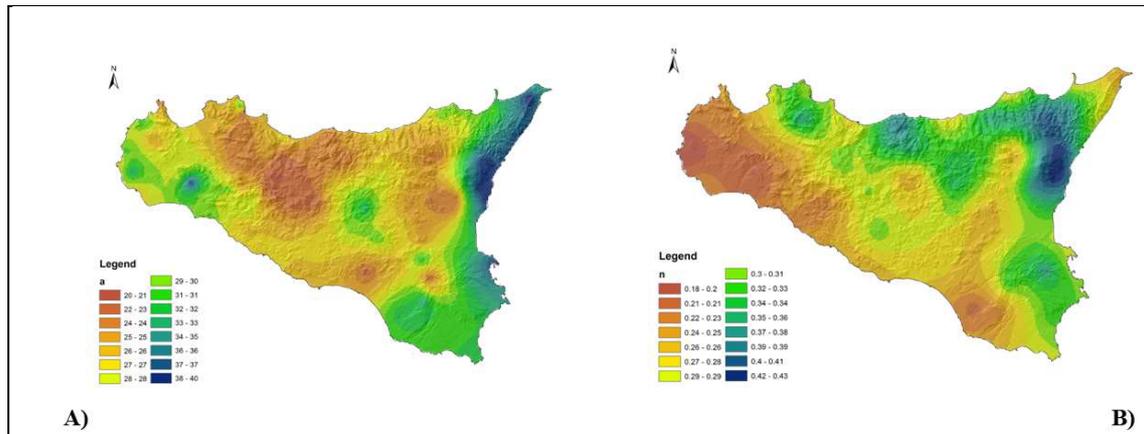
$$h_{d,T} = K_T a_{24} \left(\frac{d}{24} \right)^n$$

in cui:

- $K_T = a \ln(T) + b$: rappresenta il coefficiente di scala, detto anche coefficiente di crescita regionale. Questo dipende dal tempo di ritorno (T) e dalla zona omogenea di riferimento (a,b);
- d : rappresenta la durata dell'evento, espressa in ore, e posto pari al tempo di corrivazione;
- a_{24} e n : rappresentano due parametri sito-specifici. Per la Sicilia, questi sono stati forniti da Forestieri et al. (2016), mediante mappe in formato raster ottenute dall'interpolazione spaziale dei valori a_{24} ed n rilevati per i siti strumentati.



Zone omogenee Sicilia (primo livello di regionalizzazione)



Valori di a_{24} e n per la Sicilia (Secondo livello di regionalizzazione)

Secondo la regionalizzazione di Forestieri et al. (2016), l'area in studio ricade interamente nella Regione 1, per la quale sono stati identificati i parametri a, b, a_{24}, n riportati in Tabella 1. Si riportano le CPP ottenute per i tre diversi tempi di ritorno. Queste sono espresse mediante la classica legge di potenza (Tabella 2):

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

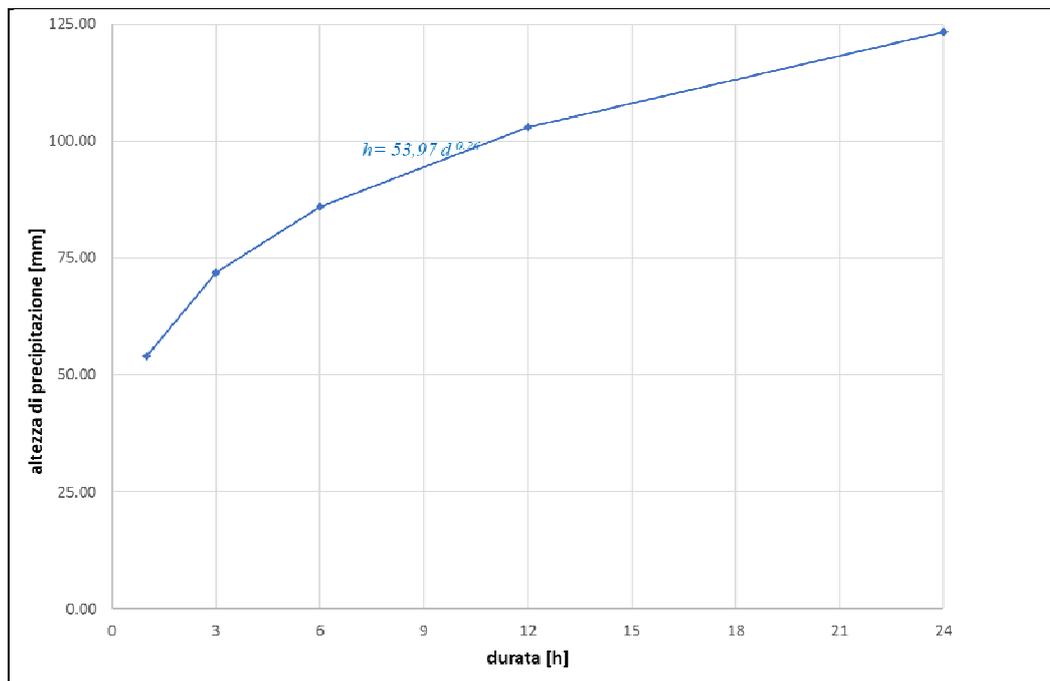
nella quale $a = \frac{K_T a_{24}}{24^n}$.

BUTERA zona 1				
Primo livello di regionalizzazione K_T [anni]			Secondo livello regionalizzazione	
a	b	K_{30}	a_{24}	n
0.5011	0.4545	2.16	25	0.26

Tabella 1 – Regionalizzazione per la determinazione della CPP

a	n
53.97	0,260

Tabella 2 - Parametri CPP



CPP per T=30 anni

Il progetto in esame è costituito da due lotti una nord di dimensioni 0.532 km² e uno a sud di dimensioni 0.367 km².



Lotti in esame



Per ciascuno lotto è stato necessario calcolare il tempo di corrivazione, ottenuto mediante la relazione di D'Asaro-Agnese, per ciascuna delle due aree di progetto.

$$t_c = 0.43 \frac{\sqrt{A}}{v}$$

In cui:

- A: rappresenta l'area di progetto;
- v: rappresenta la velocità della corrente supposta pari a 1 m/s.

Per il lotto di dimensioni maggiore il tempo di corrivazione è risultato di circa 19 minuti, mentre per quello di dimensione minore è risultato di circa 15 minuti.

Dal momento che i parametri della CPP sono costruiti considerando una durata minima dell'evento di pioggia pari ad 1 ora, e la durata dell'evento (posta pari al tempo di corrivazione) è inferiore all'ora è necessario correggere il valore dell'altezza di pioggia tramite la formula di Ferreri-Ferro:

$$h_{tc} = h_{60} d \left(\frac{t_c}{60} \right)^{0.368}$$

Dove:

- h_{60} rappresenta l'altezza di pioggia per una durata dell'evento pari ad 1 ora;
- t_c rappresenta il tempo di corrivazione espresso in minuti

Per il lotto di dimensioni maggiore il quantile 30-ennale è risultato di 35.22 mm, mentre per quello di dimensione minore è risultato di 32.90 mm.



5. Computo volumi di compensazione per l'invarianza idraulica

Il principio dell'invarianza idraulica, definisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio e/o invaso di un'area debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area. Di fatto, l'unico modo di garantire tale principio, è quello di prevedere volumi di stoccaggio temporaneo.

Pertanto, le acque meteoriche che cadono al suolo durante un evento di pioggia devono essere opportunamente raccolte e restituite al loro ciclo naturale, favorendone lo smaltimento in loco attraverso l'infiltrazione naturale nel terreno.

Il progetto è stato sviluppato nell'ottica di minimizzare l'invarianza delle componenti idrologiche - idrauliche, nello specifico, ad esempio la viabilità interna sarà costruita con materiale permeabile in modo da diminuire il naturale deflusso delle acque ed evitare l'effetto barriera

Il volume di laminazione verrà ottenuto mediante il metodo semplificato delle piogge, così come descritto nel punto A.4 del D.D.G. del 23/06/2021.

In particolare, il metodo proposto si prefigge la stima del volume d'invaso necessario per garantire l'invarianza idraulica ricalcando il procedimento esposto nel testo *"Sistemi di fognatura. Manuale di progettazione"* (CSDU – HOEPLI, Milano, 1997).

La procedura si basa sulla sola curva di possibilità pluviometrica, sulle caratteristiche di permeabilità della superficie tributaria e sulla portata massima, supposta costante, che si vuole avere allo scarico del sistema.

La risposta idrologica del sistema è quindi estremamente semplificata trascurando tutti i processi di trasformazione afflussi-deflussi (Routing): permane unicamente la determinazione della precipitazione efficace (separazione dei deflussi) ottenuta con il metodo del coefficiente di afflusso.

Tale ipotesi semplicistica implica che le portate in ingresso al sistema di invaso siano sovrastimate e di conseguenza, nel caso si riesca a garantire la costanza della portata massima allo scarico, anche i volumi di laminazione risulteranno sovrastimanti e cautelativi. Per contro, l'ipotesi di portata costante risulta accettabile solo per piccole luci di scarico.



Si presenta ora il metodo e le sue equazioni applicati al caso che si intenda utilizzare la formulazione classica (italiana) a due parametri (a, n) della curva di possibilità pluviometrica:

$$h = a * t^n$$

dove h è l'altezza di pioggia (mm) corrispondente a un evento di durata t.

Da queste posizioni deriva che il volume di pioggia entrante nel sistema di invaso in conseguenza ad un evento pluviometrico di durata t si può esprimere:

$$V_n = S * \varphi * h(t) = S\varphi a t^n$$

Dove φ è il coefficiente di afflusso e S la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso.

Il volume in uscita dal sistema nello stesso intervallo t di tempo sarà invece:

$$V_{OUT} = Q_{IMP} * t = u_{IMP} * t$$

dove Q_{IMP} e u_{IMP} sono rispettivamente la portata e il coefficiente udometrico imposti allo scarico.

Il volume invasato al tempo t sarà allora dato dalla differenza dei volumi in ingresso e in uscita dal sistema:

$$V = V_{IN} - V_{OUT} = S * \varphi * a * t^n - Q_{IMP} * t$$

Si tratta ora di trovare la durata di pioggia t_{cr} che massimizza il volume invasato V_{max} derivando l'espressione precedente. Analiticamente la condizione di massimo è così espressa:

$$t_{cr} = \left(\frac{Q_{IMP}}{S * \varphi * a * n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

e quindi il volume da assegnare al sistema di invaso sarà:

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

In cui:

- S è la superficie drenante espressa in [ha];
- a: rappresenta il quantile di pioggia t-ennale per un evento con durata pari al tempo di corrivazione, espresso in [mm]. È ottenuto correggendo la CPP



mediante la relazione di Ferreri-Ferro dal momento che il tempo di corrivazione è inferiore all'ora;

- n: è l'esponente della CPP;
- Q_{IMP} è la portata limite ammessa allo scarico espressa in [l/s]. Valore corrispondente ad un coefficiente udometrico pari a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata dall'intervento di urbanizzazione;
- ϕ : è il coefficiente di deflusso, posto pari a 0.30, così come indicazioni nell'allegato A della DGRV 2948 e nel documento "*criteri e procedure per il rilascio di concessioni, autorizzazioni, pareri, relativi ad interventi interferenti con le opere consorziali, trasformazioni urbanistiche, e sistemazioni idraulico-agrarie*", approvato con Delibera CdA n. 84/C-12 del 27 agosto 2012; aggiornato con Delibera CdA n. 013/C-16 del 25 gennaio 2016;
- V_{MAX} : è il volume di laminazione espresso in [m³], se il primo membro viene moltiplicato per 10 e il secondo membro viene moltiplicato per 3.6.

In Tabella si riportano il valore di laminazione minimi ottenuti per i lotti di progetto, risultati, rispettivamente, 2600 m³ e 1600 m³.

	S [ha]	Φ [-]	a [mm]	n	Q_{imp} [l/s]	V [m ³]
LOTTO 1	53.20	0,3	35.22	0.26	1064	2536.88
LOTTO 2	36.70	0,3	32.90	0.26	734	1595.74

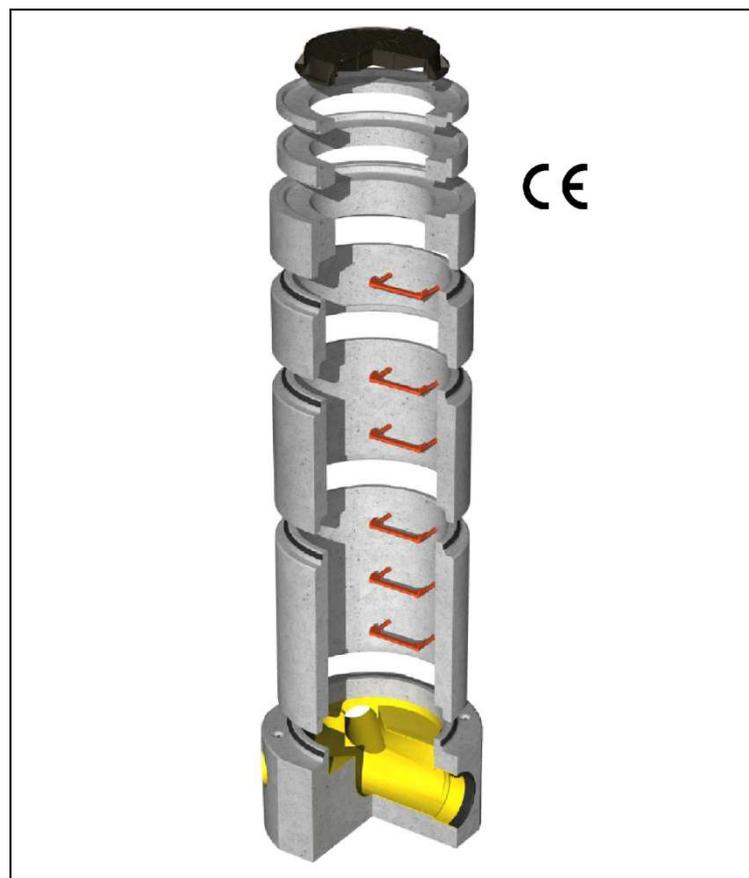
Tabella 3 - Volume di laminazione



6. Descrizione delle opere di laminazione

Tutte le acqua superficiali di ogni singolo sottobacino, verranno captate con delle trincee drenanti prefabbricate poste sulle linee preferenziali di deflusso ad una profondità di 0.80 m dal piano campagna.

Le acqua captate dalle trincee, verranno raccolte in un pozzetto prefabbricato modulare a pianta circolare (ϕ 800 mm), dotato, all'estremità superiore di un "troppopieno". Per gravità, con un tubo ϕ 315 mm, le acqua raccolte verranno condotte, per gravità, verso dei laghetti di laminazione in terra battuta, realizzati nei punti più a valle di ciascuna sottoarea.



Pozzetto prefabbricato modulare a pianta circolare (ϕ 800 mm)

In dettaglio:



- nella sottozona 1 (a nord) verranno inserite 4 vasche (di uguali dimensioni) con volume di almeno 650 m³ ciascuna, garantendo un volume complessivo di laminazione non inferiore a 2600 m³;
- nella sottozona 2 (a sud) verranno inserite 6 vasche (di uguali dimensioni) con volume di almeno 270 m³ ciascuna, garantendo un volume complessivo di laminazione non inferiore a 1620 m³;

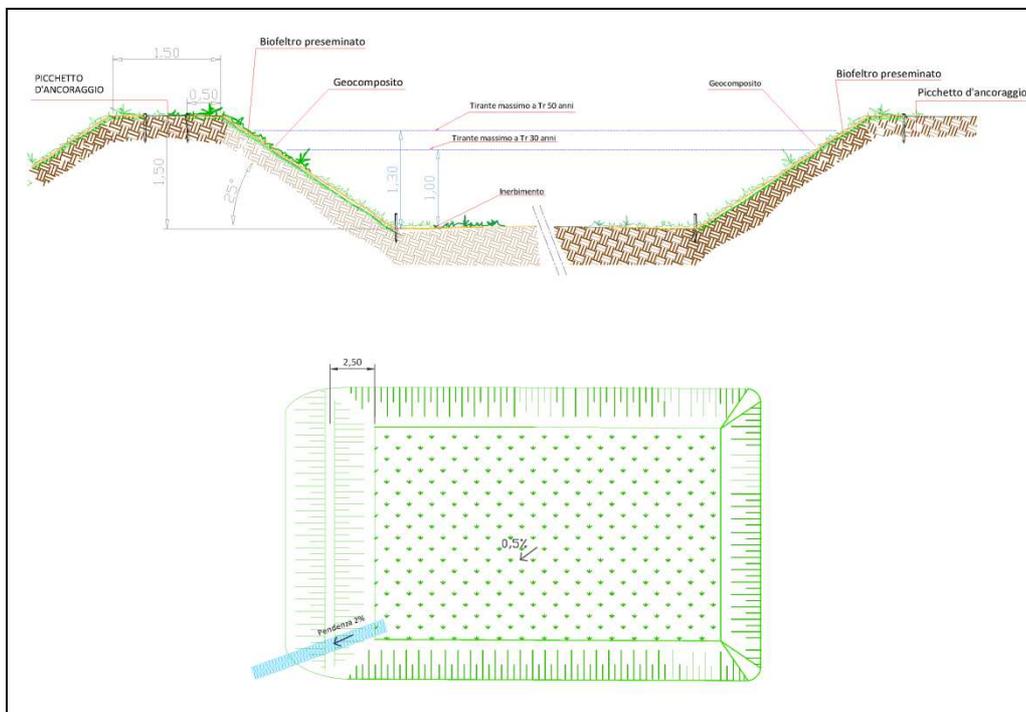
Il volume complessivo laminato sarà non minore di 4220 m³, il numero e il volume di ciascuna laghetto è riportato in tabella.

ID Vasche	Volume di invaso [m ³]
1	650.00
2	650.00
3	650.00
4	650.00
5	270.00
6	270.00
7	270.00
8	270.00
9	270.00
10	270.00

Volume di laminazione



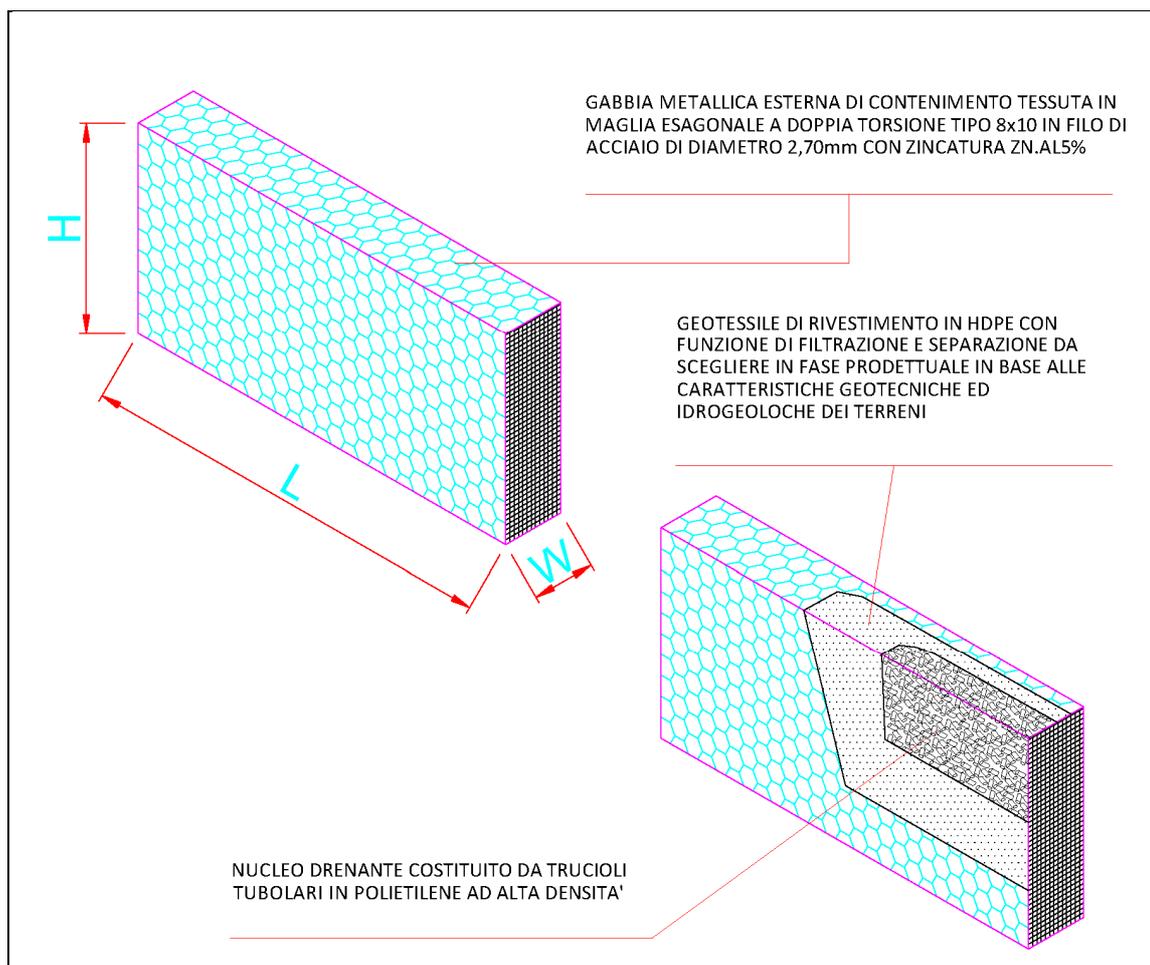
Layout impianto di laminazione



Tipico laghetto in terra per laminazione



Il pannello drenante è costituito da uno scatolare esterno in rete metallica a doppia torsione rivestito con geotessile ritentore e separatore. Il nucleo drenante è costituito da “ciottoli” di polistirolo non riciclato, imputrescibile, insolubile e chimicamente inerte alle acque. Il pannello presenta al proprio interno, preassemblato, un tubo microforato con diametro pari a 160 mm.



Tipico caratteristiche del pannello drenante

I principali vantaggi nell'utilizzo di una trincea drenante prefabbricata rispetto le classiche trincee drenanti sono:

- riduzione dei volumi di scavo: i pannelli drenanti prefabbricati si assemblano a bordo scavo e vengono successivamente calati nella trincea dall'esterno. Pertanto le operazioni che portano le maestranze in scavo possono considerarsi



praticamente nulle; non essendoci quindi la necessità di lavorare con le maestranze dentro lo scavo, gli stessi possono essere ridotti al minimo, in funzione delle condizioni di stabilità dei terreni stessi. tale situazione si riflette su una minore quantità di terreno che dovrà essere movimentata sia in fase di scavo che in fase di riporto. Si può stimare una riduzione dei volumi variabile da circa il 50% a circa i 2/3 di materiali inerti e terrigeni trasportati o movimentati;

- maggiore velocità di posa: i pannelli drenanti prefabbricati possono essere posati, nella maggior parte delle condizioni di terreno e di scavo, alla medesima velocità di avanzamento dell'escavatore nell'apertura della trincea. Dall'esperienza maturata nei 15 anni di utilizzo di tale tecnologia si può affermare che la produttività media anche in condizioni logistiche difficili si attesta circa dai 50 ai 150 metri al giorno (in funzione della stabilità dello scavo e della profondità dello stesso).
- gestione di cantiere: i materiali preassemblati consentono di avere aree di cantiere pulite e sgombrare da grandi quantità di inerti, questo consente di fare a meno di aree di stoccaggio, carico e scarico materiali inerti e terrigeni.
- effetti sulla viabilità di cantiere e del suo intorno: avendo l'opportunità di evitare frequenti passaggi di camion per gli approvvigionamenti si può ovviare ad un gran numero di disagi a carico della viabilità e della popolazione locale. Gli effetti immediati sono la riduzione del traffico pesante sulle strade, l'assenza di strade sporche, fangose e sdruciolevoli in caso di pioggia e polverose col secco e la riduzione degli ammaloramenti del manto stradale dati da passaggi frequenti di camion a pieno carico.
- Ottimizzazione del volume drenante: La necessità di realizzare degli scavi in sicurezza per costruire una trincea tradizionale (si lavora sempre con maestranze all'interno dello scavo) implica un utilizzo consistente e spropositato in termini di volumi di materiale drenante (pietrame). Spesso quindi si realizzano dei drenaggi con una volumetria di pietrame fortemente ingiustificata e sovradimensionata rispetto all'effettiva quantità di portata idraulica da smaltire. Una ricerca sperimentale quinquennale condotta tra 2009 e 2014 - effettuata in



collaborazione con l'Università di Bologna e la Regione Emilia Romagna - ha evidenziato la piena compatibilità in termini di portata idraulica tra una trincea tradizionale ed una trincea prefabbricata con sistema Gabbiodren (trincea tradizionale 1,70 mc/ml mentre trincea Gabbiodren 0,30 mc/ml), a parità di condizioni idrogeologiche e geomorfologiche. Ciò consente di affermare che la realizzazione di una trincea Gabbiodren consente di ridurre la quantità di materiale drenante a parità di Efficienza idraulica.

L'acqua stoccata nei laghetti in terra per la laminazione, verranno smaltite, entro le 48 ore successive all'evento di pioggia, all'interno del reticolo idrografico esistente, con pompe di sollevamento e a portata minima, tale da non interferire con il drenaggio esistente.

Per i dettagli si rimanda alle tavole di progetto allegate.



- LEGENDA**
- ▼ Ingresso di impianto
 - Trincee
 - Scarico trincea
 - Pozzetto di ispezione
 - Laghetto di laminazione
 - Scarico Vasche
 - Impluvi esistenti

- NOTE**
- 1 Vol 650m approfondimento 1.3m
 - 2 Vol 650m approfondimento 1.3m
 - 3 Vol 650m approfondimento 1.3m
 - 4 Vol 250m approfondimento 1.3m
 - 5 Vol 250m approfondimento 1.3m
 - 6 Vol 250m approfondimento 1.3m
 - 7 Vol 250m approfondimento 1.3m
 - 8 Vol 250m approfondimento 1.3m
 - 9 Vol 250m approfondimento 1.3m
 - 10 Vol 250m approfondimento 1.3m

REGIONE SICILIA
PROVINCIA DI CALTANISSETTA
COMUNE DI BUTERA

OGGETTO
 PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO E DELLE OPERE E INFRASTRUTTURE CONNESSE, NEL COMUNE DI BUTERA (CL) DELLA POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 44.98 MW, DENOMINATO "BALLERINA".

PROPONENTE
EDISON
 Edison Rinnovabili S.p.A.

PROGETTISTI
 Ing. Ignazio Sorrentino
 Dott. Ing. Girolamo Gorgone

TITOLO
 PLANIMETRIA OPERE DI REGIMAZIONE IDRALUICA SU CTR

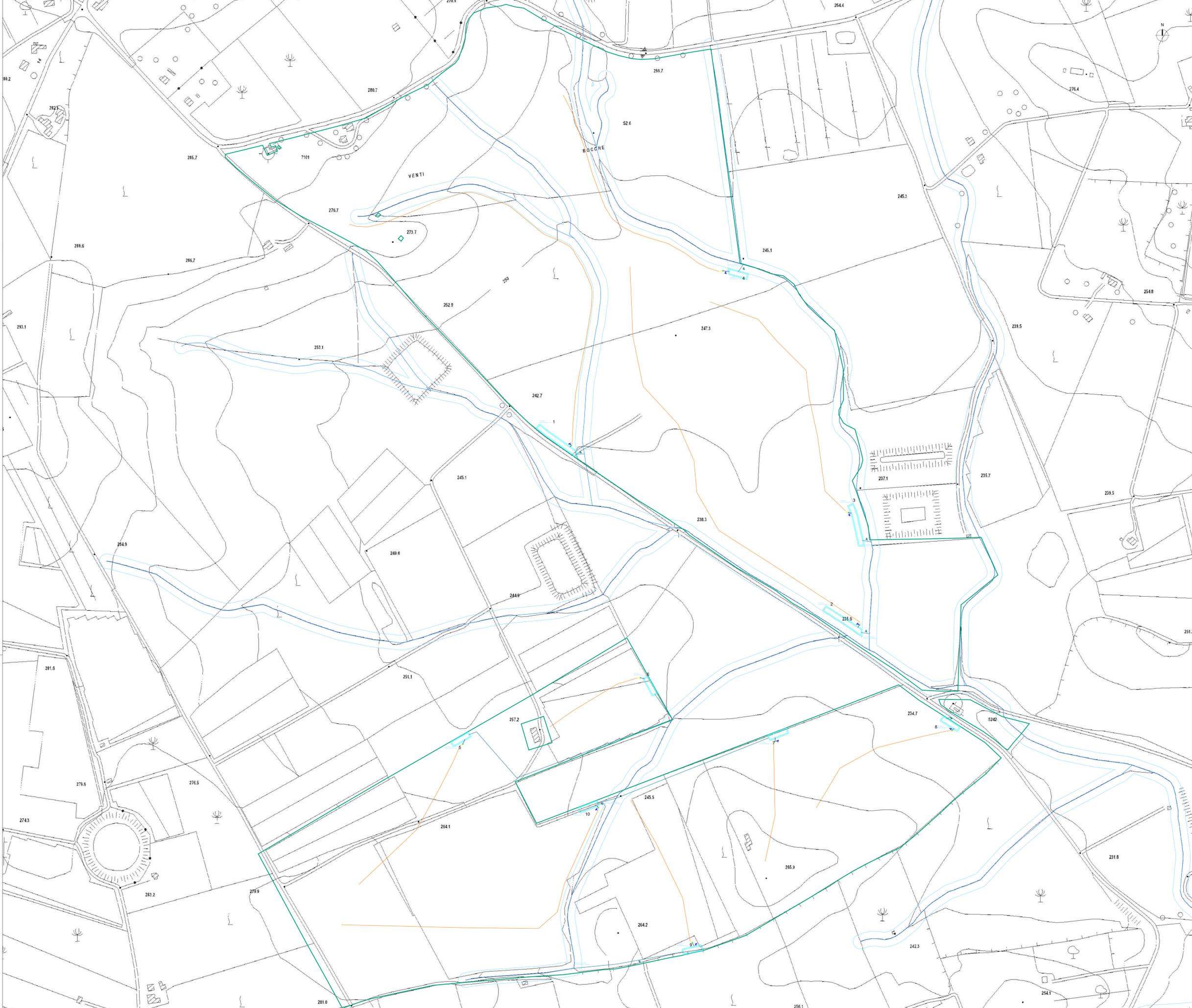
CODICE ELABORATO
 ERIN-BU_T_02_A_G

SCALA: 1:2000

N°	DISCIPLINA	REVISIONE	DATA	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO

RI. PROGETTO
 N. _____

NOI FILE DI STAMPA
 SCALA DI STAMPA DA FILE





7. Piano di monitoraggio e manutenzione del sistema di gestione e drenaggio controllato delle acque di superficie funzionale all'invarianza idraulica

Nel presente paragrafo viene esplicitato il piano di monitoraggio e manutenzione del sistema di gestione e drenaggio controllato delle acque di superficie, funzionale all'invarianza idraulica del progetto fotovoltaico in oggetto.

Tale piano è volto alla definizione delle azioni da implementare al fine di garantire il corretto funzionamento ed il relativo controllo del sistema di drenaggio / laminazione / scarico sopraesposto.

Si prevede la realizzazione di eventuali opere integrative per l'equilibrio e l'invarianza idraulica la cui necessità si evidenzia a mezzo del presente monitoraggio in fase di esercizio.

Di seguito si riportano gli specifici piani di monitoraggio e manutenzione delle trincee drenanti e delle vasche di laminazione

7.1 Trincee drenanti

Il tubo drenante in polietilene (PE) a doppia parete (costituita da due tubolari coestrusi in polietilene liscio quello interno e corrugato quello esterno) viene avvolto con un rivestimento costituito da un filtro in fibra sintetica stabilmente saldato ad ultrasuoni. Tale filtro imputrescibile e ad alta capacità drenante (realizzato con geotessile del tipo tessuto non tessuto) permette di trattenere le impurità che, con il tempo, andrebbero ad intasare ed ostruire le fessurazioni presenti sui tubolari interni.

Questa tipologia di tubo drenante è particolarmente indicata per il drenaggio sub-orizzontale dei terreni.

MODALITÀ D'USO CORRETTO

I tubi in materiale plastico devono rispondere alle norme specifiche per il tipo di materiale utilizzato per la loro realizzazione.

Lo stoccaggio alla luce solare diretta per lunghi periodi unitamente ad alte temperature potrebbe causare deformazioni con effetti sulle giunzioni.

Per eliminare questo rischio sono raccomandate le seguenti precauzioni

- limitare l'altezza delle pile di tubi;



- proteggere le pile di tubi dalla luce solare diretta e continua e sistemare per permettere il libero passaggio dell'aria attorno ai tubi;
- conservare i raccordi in scatole o sacchi fatti in modo tale da permettere il passaggio dell'aria.

Eseguire le operazioni di saldatura in un luogo pulito, protetto dal gelo e con alta umidità usando l'equipaggiamento di saldatura.

REQUISITI E PRESTAZIONI

- **Attitudine al controllo della tenuta**

Classe di Requisiti: Funzionalità tecnologica Classe di Esigenza: Funzionalità

Le tubazioni devono essere in grado di garantire in ogni momento la tenuta e la pressione richiesti dall'impianto.

Prestazioni: La prova deve essere effettuata su tubi in rotoli e su un tratto di tubo in opera comprendente almeno un giunto. Gli elementi su cui si verifica la tenuta devono essere portati sotto pressione interna per mezzo di acqua.

Livello minimo della prestazione: Il valore della pressione da mantenere è di 0,05 MPa per il tipo 303, di 1,5 volte il valore normale della pressione per il tipo 312 e di 1,5 la pressione per i tipi P, Q e R, e deve essere raggiunto entro 30 s e mantenuto per circa 2 minuti. Al termine della prova non devono manifestarsi perdite, deformazioni o altri eventuali irregolarità.

- **Regolarità delle finiture**

Classe di Requisiti: Visivi Classe di Esigenza: Aspetto

Le tubazioni in polietilene devono essere realizzate con materiali privi di impurità.

Prestazioni: Le superfici interne ed esterne dei tubi e dei raccordi devono essere lisce, pulite ed esenti da cavità, bolle, impurità, porosità e qualsiasi altro difetto superficiale. Le estremità dei tubi e dei raccordi devono essere tagliate nettamente, perpendicolarmente all'asse.



Livello minimo della prestazione: Le misurazioni dei parametri caratteristici delle tubazioni devono essere effettuate con strumenti di precisione in grado di garantire una precisione di:

- 5 mm per la misura della lunghezza;
- 0,05 per la misura dei diametri;
- 0,01 per la misura degli spessori.

- **Allungamento alla trazione**

Classe di Requisiti: Controllabilità tecnologica Classe di Esigenza: Controllabilità

Il materiale utilizzato per la realizzazione del filtro deve possedere caratteristiche di resistenza alla trazione.

Prestazioni: Il rivestimento del tubo drenante deve garantire idonea resistenza all'azione di sollecitazioni meccaniche in modo da garantirne durata e funzionalità nel tempo. Pertanto gli elementi devono essere sottoposti a prove di verifica sull'allungamento a trazione, longitudinale e trasversale.

Livello minimo della prestazione: I risultati della prova all'allungamento a trazione devono rispettare i valori minimi indicati dalla norma UNI di settore con classe di resistenza non inferiore a SN3 (pari a 3 kN/m^2).

ANOMALIE RISCONTRABILI

- Accumulo di grasso che si deposita sulle pareti dei condotti.
- Anomalie filtri. Difetti di tenuta dei filtri in geotessile per cui si verificano malfunzionamenti.
- Difetti ai raccordi o alle connessioni. Perdite del fluido in prossimità di raccordi dovute a errori o sconnessioni delle giunzioni.
- Erosione del suolo all'esterno dei tubi che è solitamente causata dall'infiltrazione di terra.
- Incrostazioni. Accumulo di depositi minerali sulle pareti dei condotti.



- Odori sgradevoli. Setteicità delle acque di scarico che può produrre odori sgradevoli accompagnati da gas letali o esplosivi e aggressioni chimiche rischiose per la salute delle persone.
- Penetrazione di radici. Penetrazione all'interno dei condotti di radici vegetali che provocano intasamento del sistema.
- Sedimentazione. Accumulo di depositi minerali sul fondo dei condotti che può causare l'ostruzione delle condotte.
- Difetti di stabilità. Perdita delle caratteristiche di stabilità dell'elemento con conseguenti possibili pericoli per gli utenti.

CONTROLLI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

- **Controllo della manovrabilità organi di comando**

Cadenza: ogni 12 mesi Tipologia: Controllo

Effettuare una manovra di tutti gli organi di intercettazione e controllo per evitare che si blocchino.

- Requisiti da verificare: 1) (Attitudine al) controllo della tenuta.
- Anomalie riscontrabili: 1) Difetti ai raccordi o alle connessioni.
- Ditte specializzate: Idraulico.

- **Controllo generale**

Cadenza: ogni 12 mesi Tipologia: Controllo a vista

Verificare lo stato degli eventuali dilatatori e giunti elastici, la tenuta delle congiunzioni a flangia, la stabilità dei sostegni e degli eventuali giunti fissi. Verificare inoltre l'assenza di odori sgradevoli e di inflessioni nelle tubazioni.

- Requisiti da verificare: 1) (Attitudine al) controllo della tenuta; 2) Regolarità delle finiture.
- Anomalie riscontrabili: 1) Difetti ai raccordi o alle connessioni; 2) Odori sgradevoli.
- Ditte specializzate: Idraulico.



- **Controllo tenuta**

Cadenza: ogni 12 mesi Tipologia: Controllo a vista

Verificare l'integrità delle tubazioni con particolare attenzione ai raccordi tra tronchi di tubo.

- Requisiti da verificare: 1) (Attitudine al) controllo della tenuta.
- Anomalie riscontrabili: 1) Difetti ai raccordi o alle connessioni; 2) Accumulo di grasso; 3) Incrostazioni.
- Ditte specializzate: Idraulico.

- **Controllo stabilità (CAM)**

Cadenza: ogni 3 mesi Tipologia: Ispezione a vista

Controllare la stabilità dell'elemento e che il materiale utilizzato sia idoneo alla funzione garantendo la sicurezza dei fruitori.

- Requisiti da verificare: 1) Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità; 2) Recupero ed uso razionale delle acque meteoriche.
- Anomalie riscontrabili: 1) Difetti di stabilità.
- Ditte specializzate: Specializzati vari.

MANUTENZIONI ESEGUIBILI DA PERSONALE SPECIALIZZATO

- **Pulizia**

Cadenza: ogni 6 mesi

7.2 Laghetto in terra per laminazione

Vengono di seguito definiti gli interventi di manutenzione ordinaria e di manutenzione programmata da eseguire sulle opere con le relative tempistiche e con l'indicazione delle manutenzioni eseguibili dall'utente e di quelle che devono essere eseguite da personale specializzato. In particolare per quanto riguarda gli impianti tecnologici e le loro parti, le indicazioni necessarie per la loro corretta manutenzione, le tempistiche e le indicazioni sui centri di assistenza e di servizio, saranno individuabili nei manuali di uso e manutenzione forniti dai costruttori delle singole apparecchiature e strumenti.



A questo proposito si forniscono, le indicazioni dei tempi minimi entro cui vanno effettuati i controlli e le operazioni di manutenzione:

- Controllo del funzionamento degli scarichi: 6 mesi;
- Controllo dello stato e del funzionamento della strumentazione: 6 mesi;
- Taglio di erba e cespugli (non solo sullo sbarramento ma anche lungo i canali di presa e adduzione e in prossimità degli scarichi): almeno tre sfalci all'anno;
- Controllo del funzionamento delle canne di drenaggio per gli sbarramenti in muratura: 1 all'anno;
- Controllo dello stato di conservazione di camminamenti o passerelle: 1 all'anno;
- Pulizia delle griglie di eventuali bocche di presa: 1 all'anno;
- Controllo del funzionamento delle paratoie: 2 all'anno;
- Controllo dei paramenti delle dighe in calcestruzzo: 1 all'anno



8. Conclusioni

Nel presente elaborato, in ottemperanza a quanto disposto dalla Circolare prot. n. 6834 del 1/10/2019 – Attuazione delle misure della Pianificazione distrettuale relativa all'applicazione dei principi di invarianza idraulica – indirizzi applicativi, nonché in rispetto di quanto disposto di recente, con Decreto 23 giugno 2021 - Principio di Invarianza idrologica ed idraulica – congiunto tra A.R.T.A. e Presidenza – Pubblicato sulla G.U.R.S. parte I n. 30 del 16/07/2021, è stata eseguito uno studio specialistico riguardo l'invarianza idraulica.

Il principio dell'invarianza idraulica, definisce che la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio e/o invaso di un'area debba essere costante prima e dopo la trasformazione dell'uso del suolo in quell'area. Di fatto, l'unico modo di garantire tale principio, è quello di prevedere volumi di stoccaggio temporaneo.

Pertanto, le acque meteoriche che cadono al suolo durante un evento di pioggia devono essere opportunamente raccolte e restituite al loro ciclo naturale, favorendone lo smaltimento in loco attraverso l'infiltrazione naturale nel terreno.

Il progetto è stato sviluppato nell'ottica di minimizzare l'invarianza delle componenti idrologiche - idrauliche, in particolare si riportano i principali accorgimenti:

- gli impianti verranno installati sul terreno in assenza di pavimentazione, ragione per cui, al di fuori delle aree di impronta dei pilastri di sostegno, non si genera variazione della permeabilità del suolo;
- l'installazione inoltre non prevede il ricorso ad opere in calcestruzzo come plinti o travi di fondazione che potrebbero impermeabilizzare porzioni ulteriori di suolo;
- i trackers, ruotando, comportano una distribuzione delle acque meteoriche che intercettano su una superficie che varia con il grado di rotazione, attenuando i fenomeni di erosione localizzata.

Dai calcoli svolti i volumi da laminare sono non minore di 4220 m³.



- nella sottozona 1 (a nord) verranno realizzate 4 vasche in terra (di uguali Si è previsto quindi di realizzare, laghetti in terra per la laminazione delle acque, così come indicato negli elaborati di progetto.

Il recapito ai laghetti in terra per la laminazione avverrà, mediante l'utilizzo di trincee drenanti prefabbricate poste sulle linee preferenziali di deflusso ad una profondità di 0.80 m dal piano campagna.

Le acqua stoccate nei laghetti di laminazione verranno smaltite, entro le 48 ore successive all'evento di pioggia, all'interno del reticolo idrografico esistente, con pompe di sollevamento e a portata minima, tale da non interferire con il drenaggio esistente.

Per un dettaglio maggiore dell'impianto si rimanda alle tavole di progetto.

Termini Imerese, Novembre 2023

