

# **COMUNE DI MAZZARINO**

**- PROVINCIA REGIONALE DI CALTANISSETTA -**

**RELAZIONE IDRAULICO – IDROLOGICA INVARIANZA IDRAULICA**

**Progetto Definitivo**

*Progetto per la realizzazione di impianto agro - fotovoltaico, denominato “Zigolo HV”, sito  
Contrada Piano Lago*

**Ditta: HORIZONFIRM S.r.l.**

**Data: Maggio 2024**



**Dott. Geol. Ignazio Giuffrè**

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



# COMUNE DI MAZZARINO

- PROVINCIA REGIONALE DI CALTANISSETTA -

## RELAZIONE IDRAULICO – IDROLOGICA INVARIANZA IDRAULICA

### Progetto definitivo

*“Progetto per la realizzazione di impianto agro - fotovoltaico, denominato “Zigolo HV”, sito Contrada Piano Lago”*

#### **Premessa**

Il presente lavoro costituisce parte integrante di un progetto per la realizzazione di un impianto agro - fotovoltaico, sito nel territorio comunale di Mazzarino in contrada *Piano Lago*, su quattro lotti di terreno distinti catastalmente come segue:

- **Plot 1:** Foglio 190 p.lle 10, 12, 70, 71, 80, 83, 103, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 122, 151, 154, 181, 185, 186, 188, 187, 190, 191, 192, 193(N.C.T.) e Foglio 190 p.lle 194, 213 (N.C.F.);
- **Plot 2:** Foglio 191 p.lle 6, 7, 8, 9 13, 14, 15, 16, 35, 36, 37, 38; Foglio 192 p.la 34 (N.C.T.);



- **Plot. 3:** Foglio 193 p.lle 3, 4, 116, 120, 126, 134, 144, 154, 156, 164, 172; Foglio 194 p.lle 4, 39, 46, 52, 53, 55, 56, 54, 88 (N.C.T.);
- **Plot. 4:** Foglio 195 p.lle 8, 9, 10, 28, 12, 30, 31; Foglio 196 p.lle 4, 21, 20, 17, 22, 11 (N.C.T.).

Le annesse opere di connessione a 36kV ricadono nei comuni di Mazzarino, Gela e Butera (CL).

Il presente lavoro è stato redatto, per conto della ditta: *HorizonFirm S.r.l.*

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. conclusioni.



## 1. Inquadramento dell'area ed opere da realizzare

L'area oggetto del presente studio è localizzata nel settore centro meridionale della Sicilia.

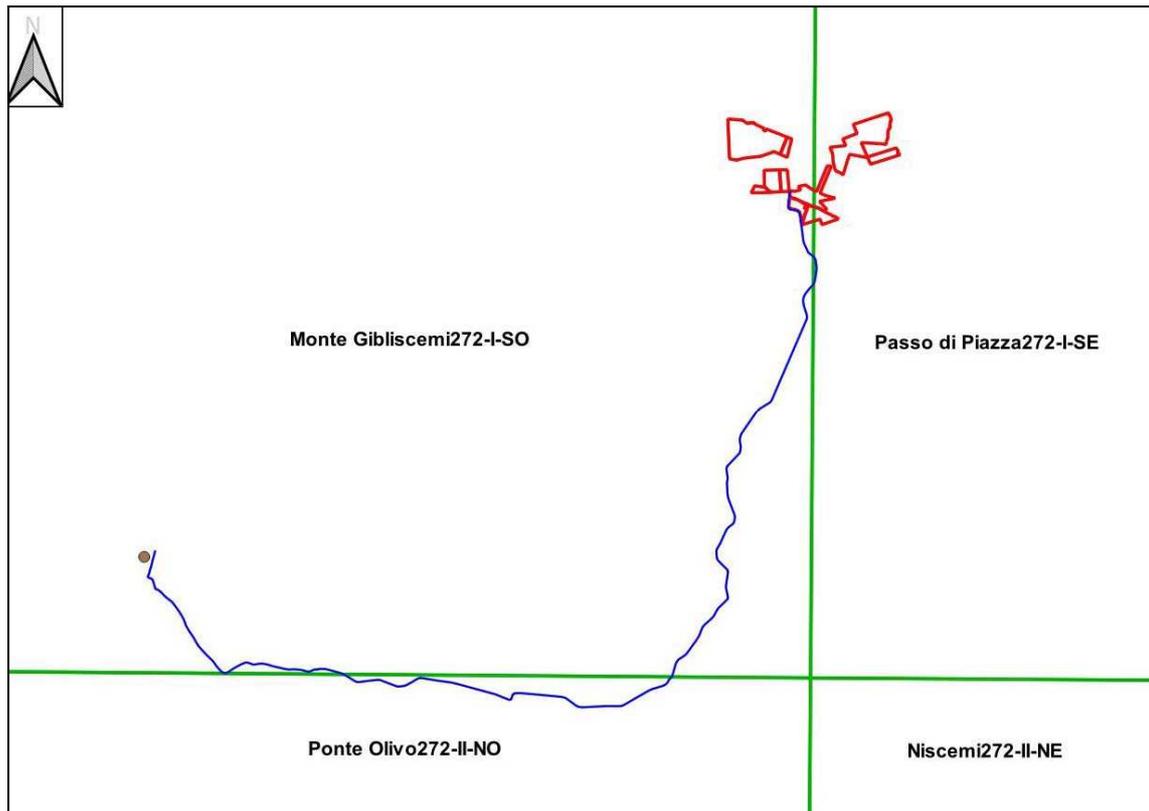
In dettaglio ci troviamo su un'area, facente parte del territorio comunale di Mazzarino e ricadente nella contrada denominata *Piano Longo*.



Topograficamente, il sito rientra a cavallo tra le Tavole redatte dall'I.G.M.I. alla scala 1:25.000 “*Monte Gibiliscemi*”, Foglio n° 272, Quadrante I, Orientamento S. O. e “*Passo di Piazza*”, Foglio n° 272, Quadrante I, Orientamento S. E., mentre il cavidotto interessa anche la Tavole “*Ponte Olivo*”, Foglio n° 272, Quadrante II, Orientamento N. O..



Inoltre l'impianto ricade nelle Sezioni 639130 e 638160 della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000 e la SSE ricade nella Sezione 643030 della Carta Tecnica Regionale.

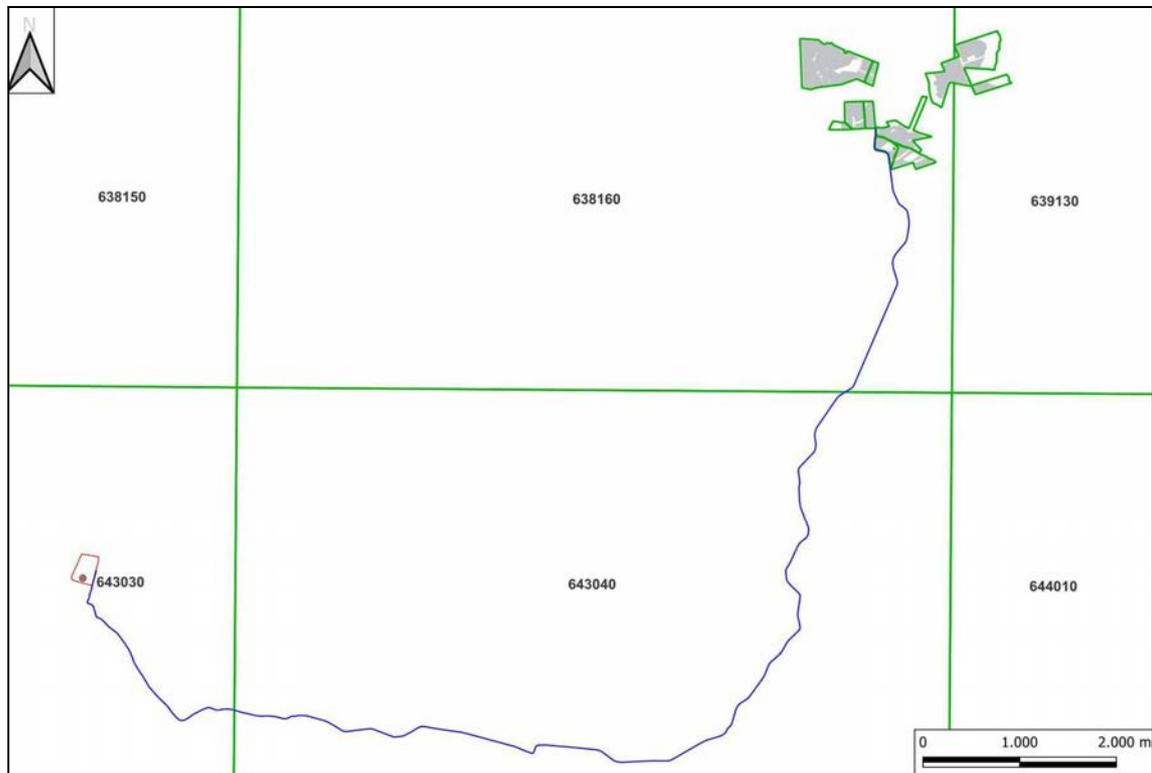


*Quadro unione tavolette in scala 1:25.000*

Le annesse opere di connessione a 36kV ricadono nei comuni di Mazzarino, Gela e Butera (CL).

Il sito d'impianto è posto ad un'altitudine media di 310 m s l m, costituito da quattro plot dalla forma poligonale irregolare, ad oggi adibiti prevalentemente a carciofeti o colture cerealicole.

L'area è facilmente raggiungibile tramite viabilità pubblica e pertanto non è necessario realizzare opere di viabilità d'accesso. L'accesso principale avviene dalla Strada Provinciale 96 raggiungibile dalla Strada Statale 117 bis e dalla Strada Provinciale 13.



*Quadro unione CTR in scala 1:10.000*

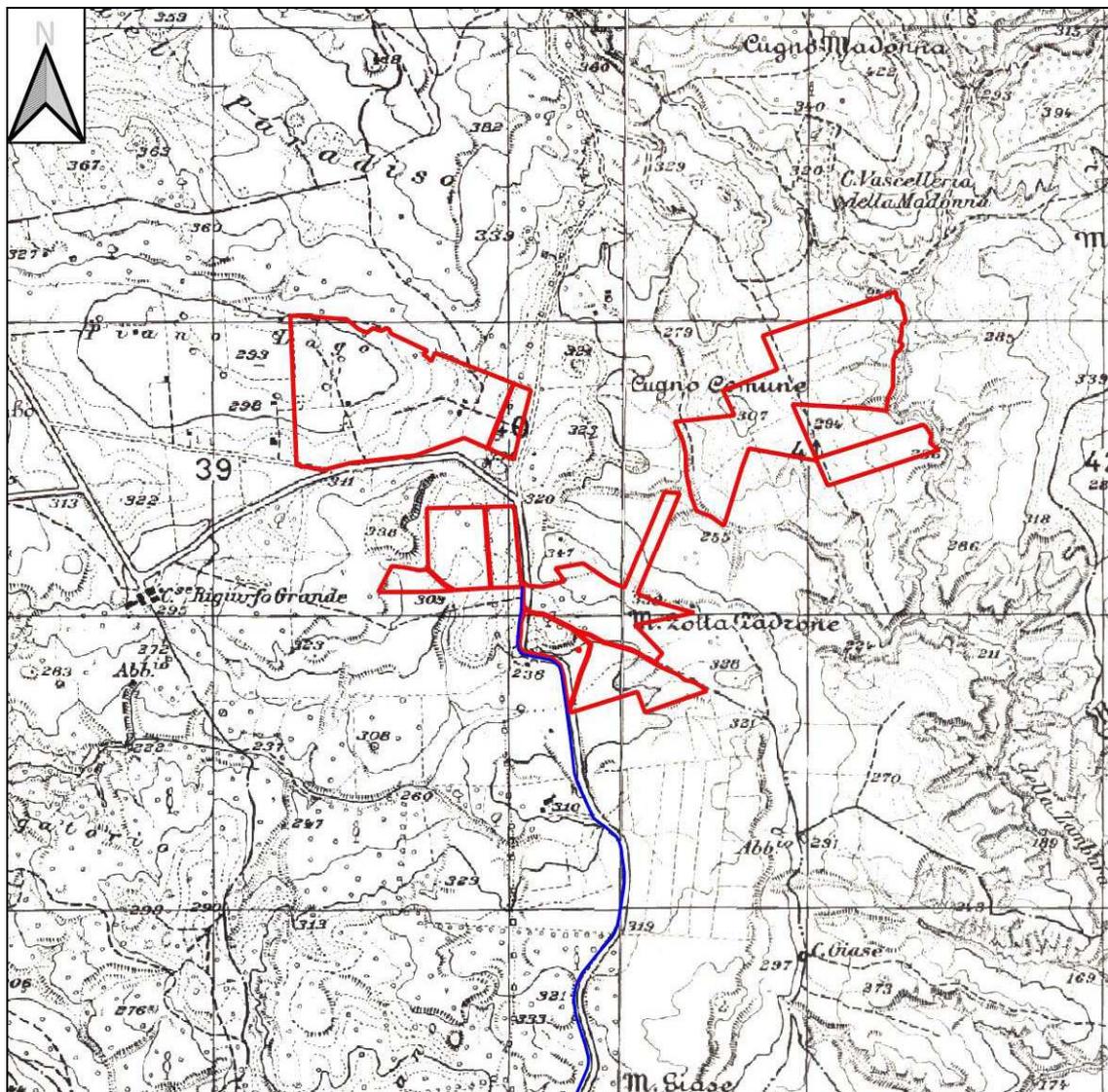
L'estensione complessiva del terreno è di circa 87 ha, di questi circa 74 ha costituiscono la superficie del sistema agrivoltaico ( $S_{tot}$ ) mentre la superficie totale dell'ingombro dell'impianto agrivoltaico ( $S_{pv}$ ) risulta pari a circa 13,3 ha. Di conseguenza il LAOR (*Land Area Occupation Ratio*), definito dalle linee guida ministeriali come il rapporto  $S_{pv}/S_{tot}$ , è pari al 20 %.

Nel complesso, l'assetto morfologico dell'area di impianto e del territorio circostante si presenta abbastanza uniforme, prevalentemente caratterizzato da lievi pendii ad eccezione di due aree interne ai plot 3 e 4, con pendenze maggiormente accentuate nelle quali non vengono inserite strutture di captazione solare.

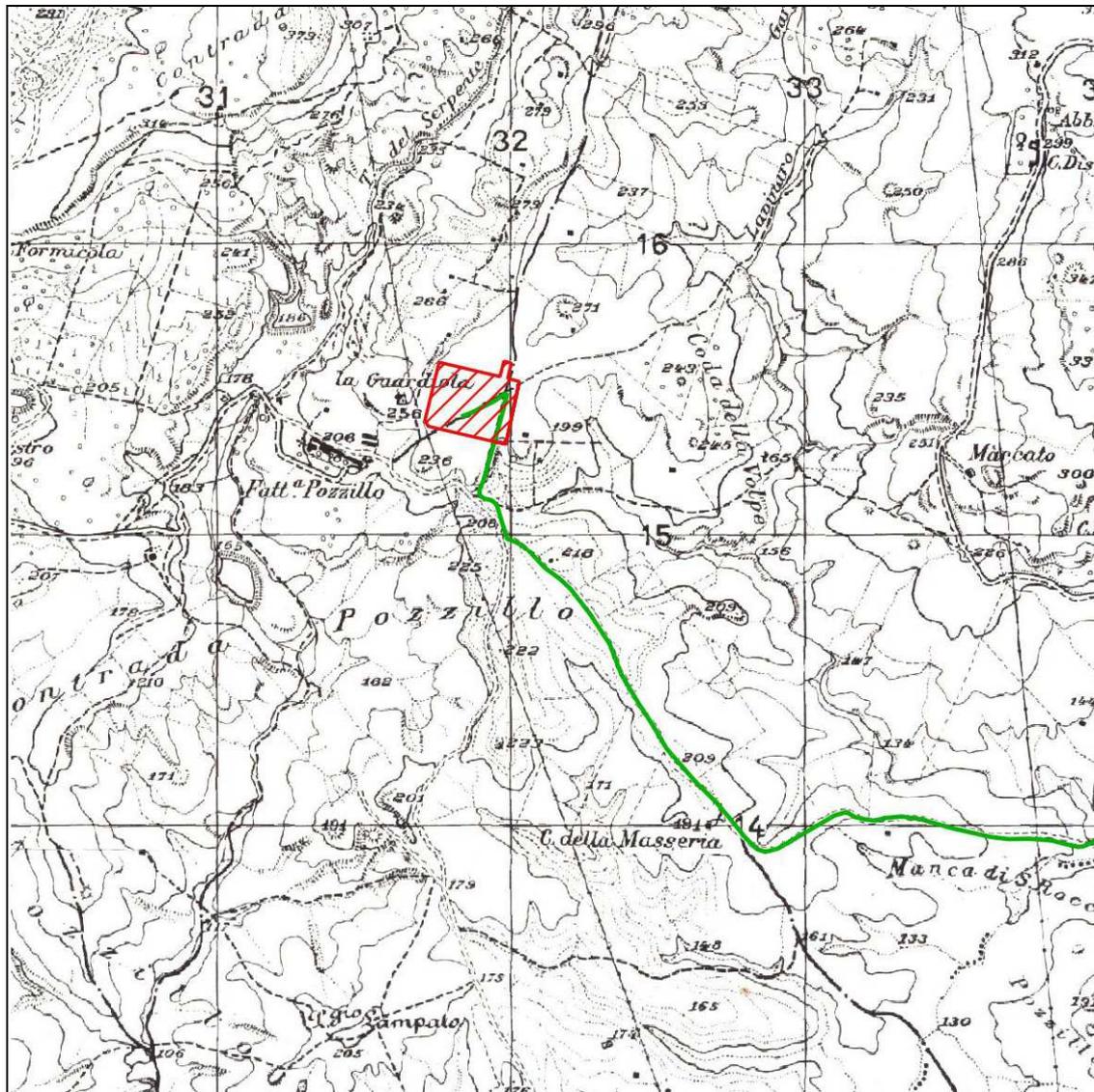
Ai sensi del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale vigente l'area d'impianto risulta priva di qualsiasi vincolo paesaggistico, ambientale o storico. Dall'analisi della Carta delle Componenti del Paesaggio si evince che il percorso della Strada Provinciale 96, che delimita a est i Plot 1 e 2 e ad ovest il Plot 3, coincide con quello di una regia



trazzera. Dalla Carta dei Beni Paesaggistici, invece Il Plot 4 risulta vincolato lungo il confine orientale dalla fascia di rispetto dei fiumi di 150 m(art. 142, lett. c, D.l gs 42/2004), in corrispondenza del Vallone della Zambara. Tuttavia, questa porzione vincolata, di circa 7,5 ettari, è stata esclusa dalle aree utili ai fini dell'installazione delle opere dell'impianto di utenza e verrà piuttosto utilizzata per la coltivazione agricola da integrare con il fotovoltaico, così come l'area sulla quale insistono le strutture fotovoltaiche stesse.



Stralcio topografico in scala 1:25.000 – Area impianto



*Stralcio topografico in scala 1:25.000 – Area SSE*

L'impianto progettato si avvale di strutture fotovoltaiche sub verticali fisse disposte secondo un orientamento est-ovest e con una distanza tra le file di circa 5 m; dette strutture di sostegno ai moduli fotovoltaici, che avranno un'inclinazione di  $55^\circ$  rispetto all'orizzontale, saranno caratterizzate da un'altezza minima tale da consentire la continuità delle attività agricole o zootecniche anche sotto ai moduli fotovoltaici,



variabile a seconda del Plot considerato e della corrispondente soluzione agrivoltaica prevista:

- all'interno dei Plot 1 e 4 saranno inserite strutture aventi altezza minima dei moduli fotovoltaici di 1,30 m poiché in essi sono previste attività di zootecnia ed in questo modo verrà consentito il passaggio con continuità dei capi di bestiame;
- nei Plot 2 e 3 i moduli avranno altezza minima da terra di circa 2,10m per consentire, invece, l'utilizzo di macchinari funzionali alla coltivazione.



Ciascun Plot sarà delimitato da una fascia arborea schermante, ampia 10 m, costituita da alberi di ulivo, avente la funzione di mitigare la vista dell'impianto dall'esterno. A protezione dell'impianto verrà inoltre apposta una recinzione fissata a dei paletti in acciaio infissi al terreno, lungo la quale verranno predisposte apposite aperture per consentire alla fauna strisciante di passare liberamente. I cancelli di ingresso saranno



di tipo scorrevole motorizzato e avranno una dimensione di circa 7 m e un'altezza pari a circa 2 m. Saranno previsti ulteriori ingressi pedonali tramite cancelli della dimensione di circa 0,9 m di larghezza e 2 m di altezza circa.



Il generatore denominato “Zigolo HV”, il cui numero di rintracciabilità è 202203183, ha una potenza nominale totale pari a 53.343,36 kWp, e sulla base di tale potenza è stato dimensionato tutto il sistema.

L'impianto in oggetto, allo stato attuale, prevede l'impiego di moduli fotovoltaici con moduli da 720 Wp bifacciali ed inverter centralizzati. Il dimensionamento ha tenuto conto della superficie utile, della distanza tra le file di moduli allo scopo di evitare fenomeni di ombreggiamento reciproco e allo stesso tempo di non interferire col vigneto sottostante, e degli spazi utili per l'installazione delle Power Station oltre che agli edifici di consegna e ricezione e dei relativi edifici tecnici.



All'interno dell'area d'impianto sono previste n.10 locali di Conversione e Trasformazione prefabbricati (Power Station) ognuna delle quali sarà correlata con una cabina per i servizi ausiliari.



Saranno inoltre presenti n. 7 Locali tecnici e n. 3 Cabine di Raccolta per le interconnessioni e n. 1 Cabina di Raccolta, contenente un trasformatore, per il collegamento alla rete.

Tutte le cabine saranno poste su fondazioni prefabbricate.

In riferimento ai movimenti di terra si eseguiranno solamente scavi a sezione obbligata per l'alloggiamento dei cavidotti alla profondità di circa 1,50 me scavi in cui inserire le fondazioni prefabbricate dei locali tecnici di supporto all'impianto. Gran parte della terra verrà riutilizzata per rinterro e ricolmo degli scavi, parte del materiale verrà



utilizzato per ripianamenti che saranno comunque limitati e tali da non alterare l'orografia attuale dello stato dei luoghi di progetto.



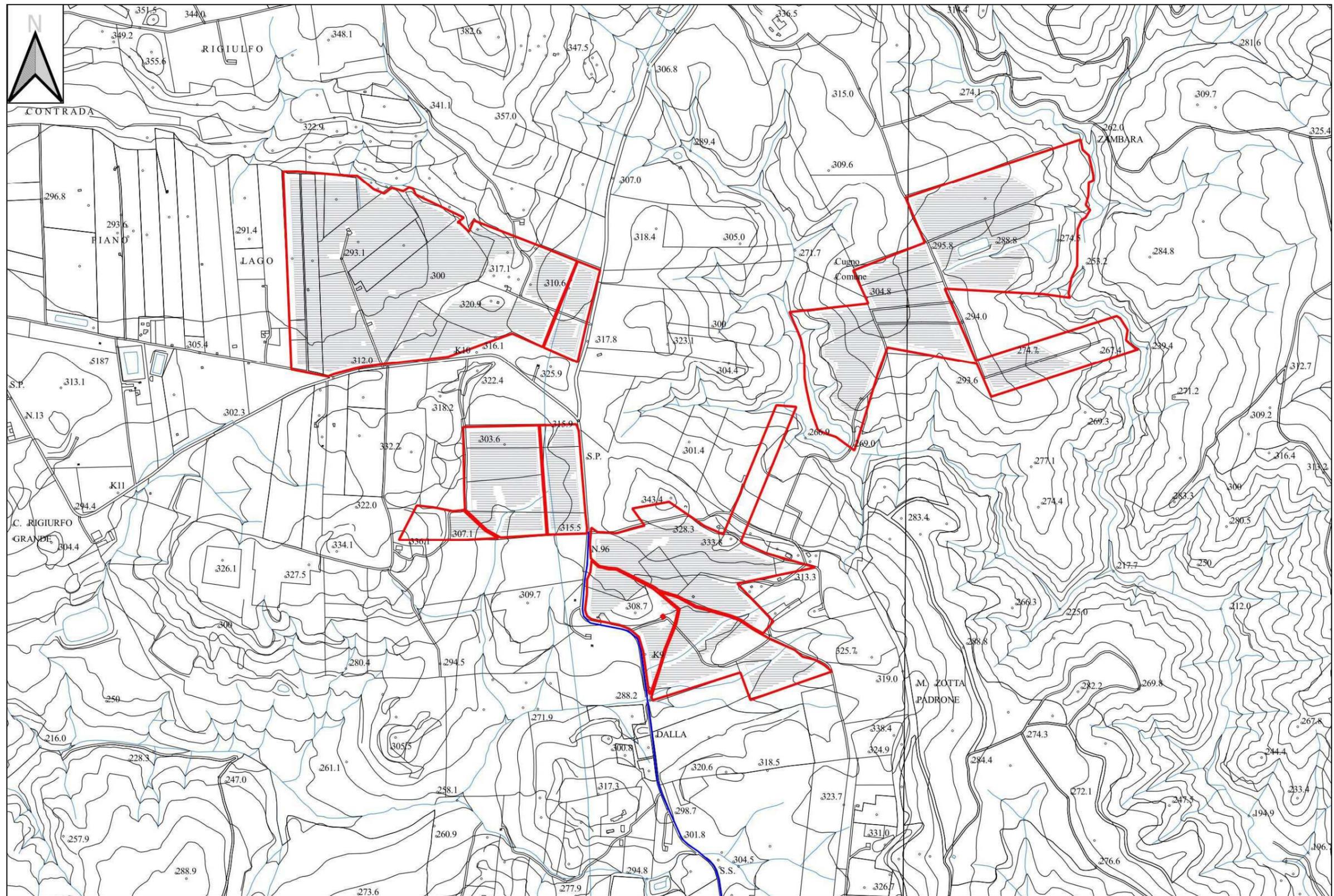
Per mantenere la vocazione agricola si è deciso di usare un design dell'impianto in linea con gli approcci emergenti ed innovativi nel settore fotovoltaico creando un importante approccio di integrazione agricola, che riguarderà da un lato la continuità dell'attività agricola ad oggi avviata e dall'altro l'inserimento di colture differenti, che si allacciano alla tradizione siciliana. Tali misure nello specifico riguardano:

- l'inserimento di prato foraggero, all'interno dei Plot 1 e 4, e il pascolamento di ovini per una gestione agricola integrata;
- il mantenimento del carciofeto in corrispondenza del Plot 2, come coltura poliennale con durata di circa 5-6 anni, che verrà alternata alla coltivazione di leguminose;



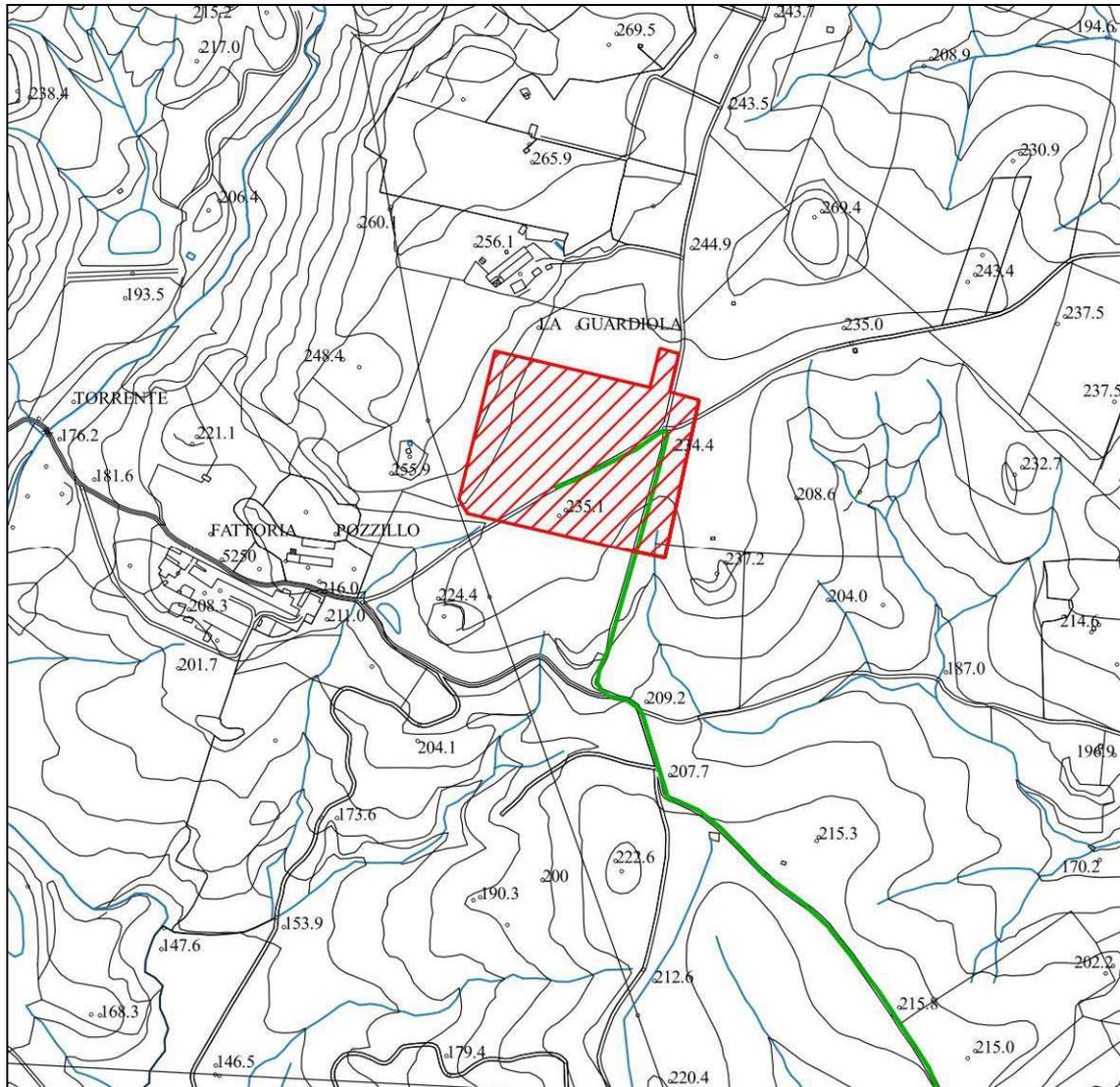
- la coltivazione di leguminose nel Plot 3, come coltura poliennale con durata di circa 5-6 anni che verrà alternata alla coltivazione di carciofi;
- la coltivazione di leguminose nelle aree relitte ai fini dell'impianto, in corrispondenza dei Plot 2 e 3;
- la coltivazione sperimentale, in termini commerciali, dello zigolo dolcenergli ettari relitti del Plot 4.

Le installazioni potranno produrre un vantaggio produttivo, specialmente negli ambienti a clima mediterraneo e con ridotte disponibilità irrigue, grazie al miglioramento dell'umidità del suolo connessa alle fasce d'ombra e alla riduzione del fabbisogno idrico delle vegetazioni. La maggior diversificazione di condizioni edafiche, termiche e luminose consentirebbe inoltre di aumentare la biodiversità e di offrire condizioni di maggior comfort e riparo per il bestiame al pascolo.

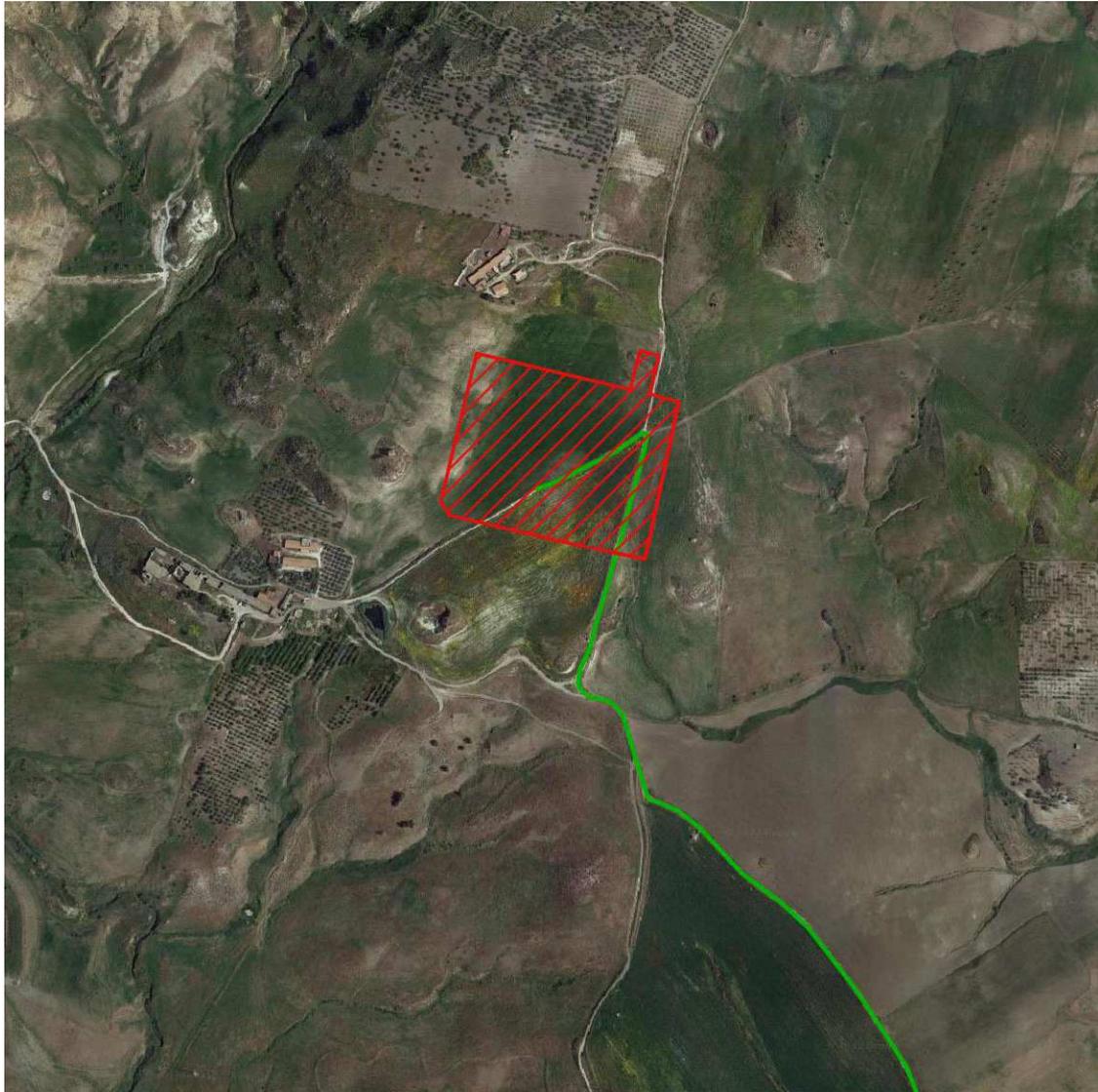


Stralcio CTR in scala 1:10.000 – Area impianto





*Stralcio CTR in scala 1:10.000 – SSE*



*Ortofoto in scala 1:10.000 – SSE*



## **2. inquadramento idrologico**

L'area territoriale si trova tra il bacino del Fiume Gela e il bacino del Torrente Comunelli è localizzata a sud-ovest dei Monti Erei; questi ultimi, che dalla Catena delle Madonie scendono verso SSE fino all'altopiano Ibleo, costituiscono lo spartiacque naturale della Sicilia centro-meridionale tra i bacini idrografici i cui corsi d'acqua hanno foce nel Mare Ionio e quelli che sboccano nel Mar Mediterraneo - Canale di Sicilia.

Nello specifico, la suddetta area territoriale rappresenta la porzione più orientale dei bacini oggetto del presente piano ed occupa una superficie complessiva di 88,74 Km<sup>2</sup>.

L'area in esame ha una forma triangolare con la base in corrispondenza della costa meridionale; i bacini idrografici con i quali confina sono, procedendo in senso orario, i seguenti:

- Bacino del Fiume Gela (nel settore orientale);
- Bacino del Torrente Comunelli (nel settore occidentale).

Tale zona è per lo più drenata da brevi incisioni torrentizie che quasi tutto l'anno sono in regime di magra. Ciò dipende principalmente dalle condizioni climatiche, caratterizzate da brevi periodi piovosi e da lunghi periodi di siccità che determinano nell'area una generale caratterizzazione stagionale dei deflussi superficiali.

Occorre comunque ricordare che la densità di un reticolo idrografico è condizionata dalla natura dei terreni affioranti, risultando tanto più elevata quanto meno permeabili sono questi ultimi e quindi maggiormente diffuso è il ruscellamento superficiale.

Il reticolo idrografico superficiale, data la natura dei terreni affioranti (per lo più caratterizzati da permeabilità primaria per porosità) e per le caratteristiche climatiche della zona, risulta complessivamente assai poco sviluppato; esso inoltre denota una modesta capacità filtrante dei terreni affioranti e quindi una discreta capacità di smaltimento delle acque di ruscellamento superficiale.

Più specificatamente, essendo la capacità filtrante dei terreni funzione della granulometria e della eterogeneità dei singoli granuli, nei depositi terrosi che affiorano



estesamente nella pianura alluvionale di Gela si assiste ad una variabilità sia verticale che orizzontale della permeabilità in funzione della prevalenza o meno della frazione pelitica.

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



### **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.

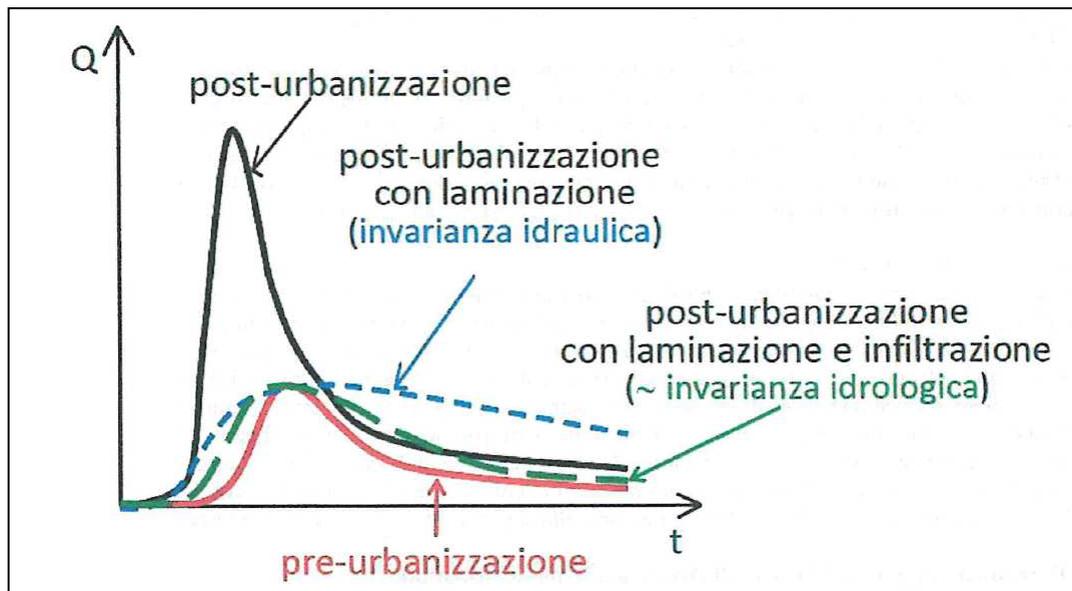
Tecnicamente l'invarianza idraulica si ottiene, prevalentemente, con la laminazione dei volumi di piena.

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.

Nella figura sotto rappresentata 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'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.

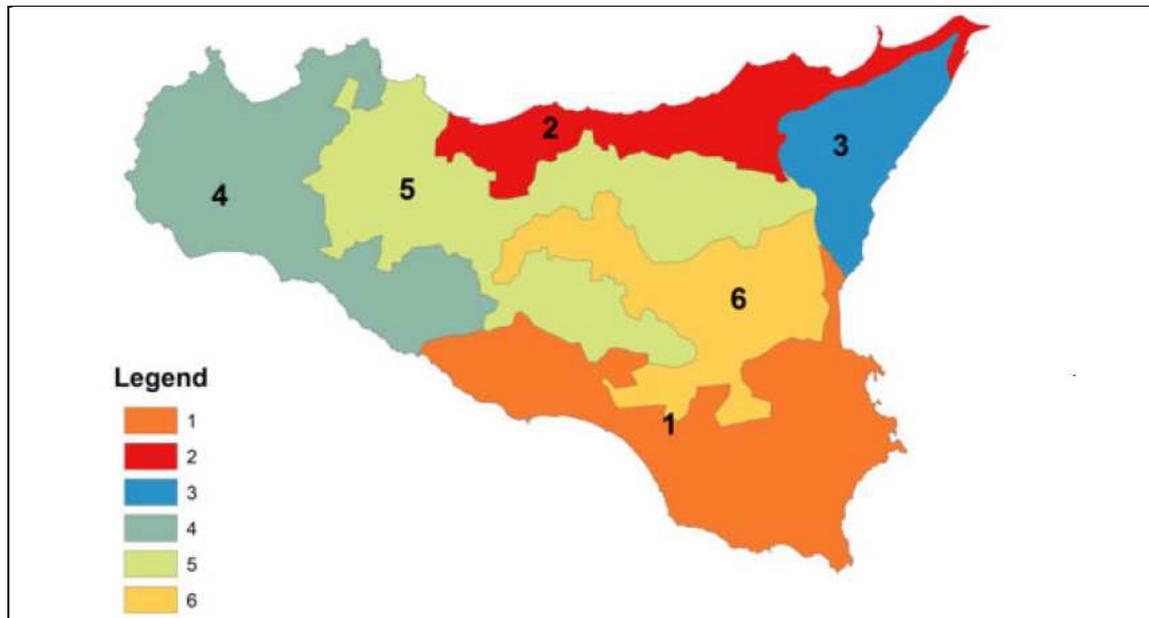
A causa del deficit di serie storiche di portate (o altezze idrometriche) nel sito in esame gli idrogrammi sono stati ricavati attraverso un metodo indiretto in cui il legame funzionale  $Q = Q(T)$  è stato determinato a partire dall'informazione pluviometrica.

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:

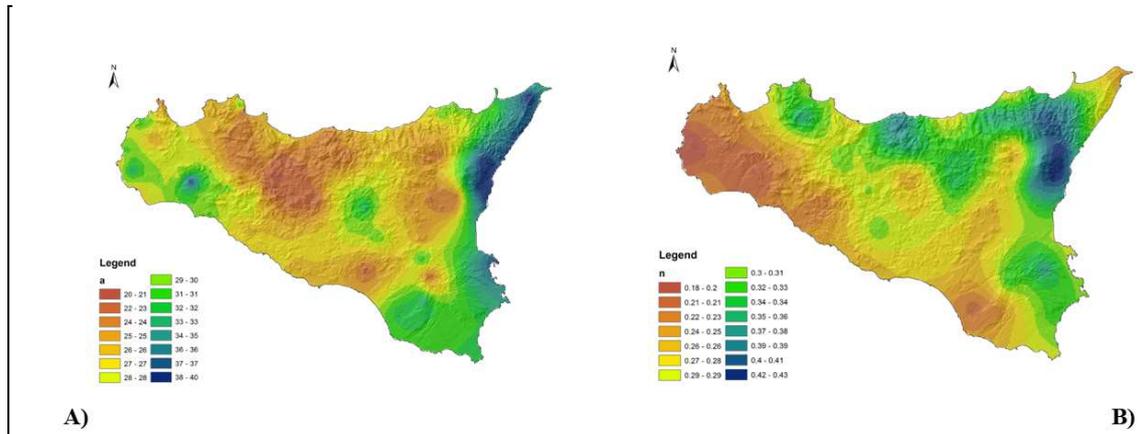
$$h_{d,T} = K_T a_{24} \left( \frac{d}{24} \right)^n$$

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 6, per la quale sono stati identificati i parametri  $a, b, a_{24}, n$  riportati in Tabella. In Figura si riportano le CPP ottenute per i tre diversi tempi di ritorno. Queste sono espresse mediante la classica legge di potenza:

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

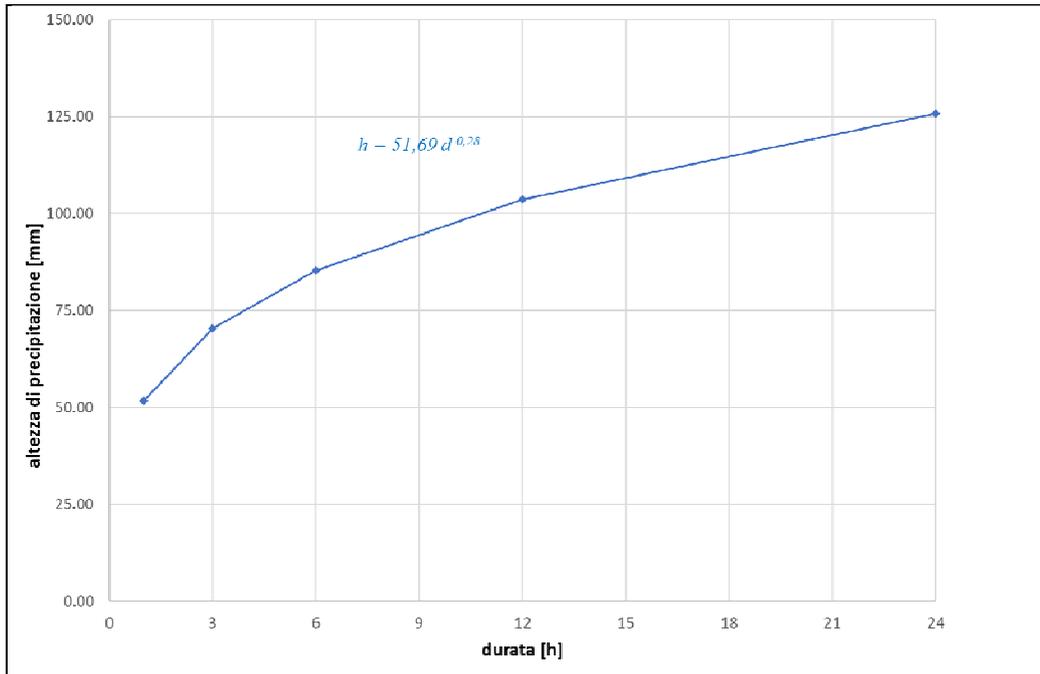
nella quale  $a = \frac{K_T a_{24}}{24^n}$ .

MAZZARINO zona 6				
Primo livello di regionalizzazione $K_T$ [anni]			Secondo livello regionalizzazione	
a	b	$K_{30}$	$a_{24}$	n
0,4013	0,6233	1,99	26	0,28

Tabella 1 – Regionalizzazione per la determinazione della CPP

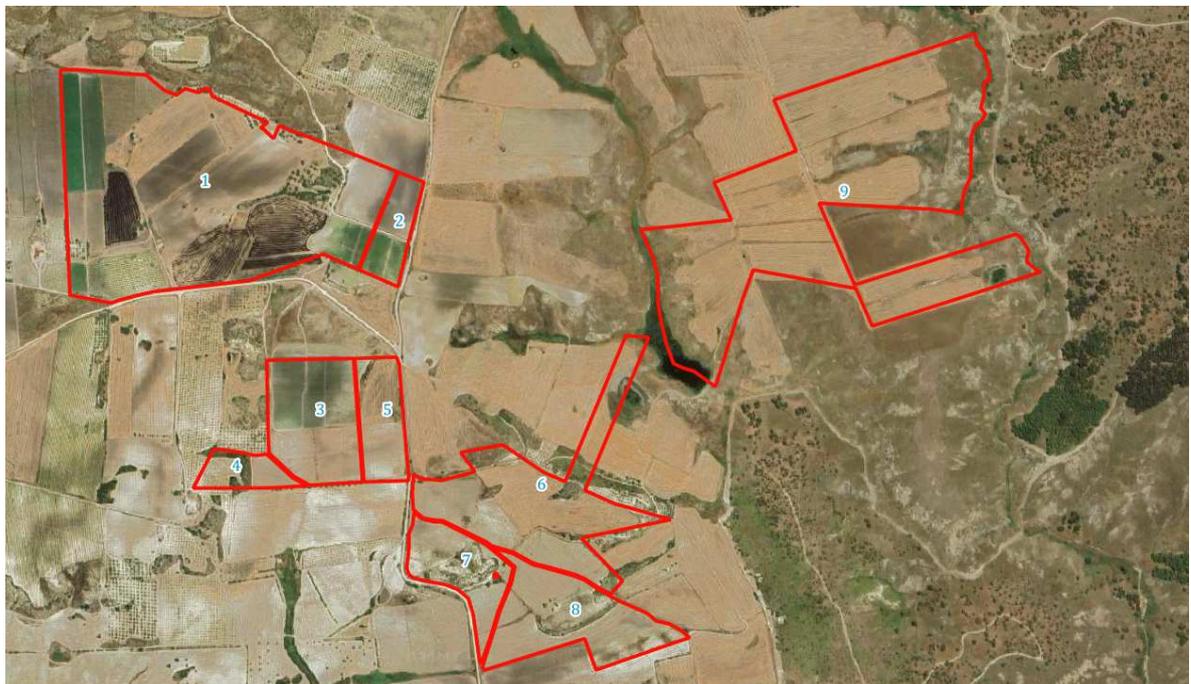
Parametri CPP	
a	n
51,69	0,280

Tabella 2 - Parametri CPP



*CPP per T = 30 anni*

Il progetto in esame è costituito da 9 lotti, le cui caratteristiche sono sottorappresentate.



*Lotti in esame*



ID lotto	Area [kmq]
1	0.274
2	0.018
3	0.054
4	0.015
5	0.028
6	0.1
7	0.034
8	0.051
9	0.283

*Tabella 3 - Caratteristiche geometriche dei 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.

Si riportano in Tabella i tempi di corrivazione ottenuti, pari a circa 4 minuti per entrambi i sottocampi.

ID lotto	Area [kmq]	t <sub>c</sub> [h]
1	0.274	0.24
2	0.018	0.09
3	0.054	0.10
4	0.015	0.11
5	0.028	0.08
6	0.1	0.06
7	0.034	0.07
8	0.051	0.10
9	0.283	0.16

*Tabella 4 - Tempi di corrivazione*

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

Si riportano i quantili 30-ennali corretti per i lotti di progetto.

ID lotto	Quantili corretti
1	29.86
2	18.09
3	22.15
4	17.50
5	19.63
6	24.81
7	20.34
8	21.92
9	30.04

*Tabella 5 - Quantili 30-ennali corretti*



## **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  $\varphi$  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;
- $\phi$ : 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 [m<sup>3</sup>], 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.

ID	S [ha]	$\Phi$ [-]	a [mm]	n	$Q_{imp}$ [l/s]	V [m <sup>3</sup> ]
1	27.40	0.30	29.86	0.28	548.00	984.42
2	1.80	0.30	18.09	0.28	36.00	32.25
3	5.40	0.30	22.15	0.28	108.00	128.10
4	1.50	0.30	17.50	0.28	30.00	25.65
5	2.80	0.30	19.63	0.28	56.00	56.16
6	10.00	0.30	24.81	0.28	200.00	277.69
7	3.40	0.30	20.34	0.28	68.00	71.66
8	5.10	0.30	21.92	0.28	102.00	119.23
9	28.30	0.30	30.04	0.28	566.00	1025.19

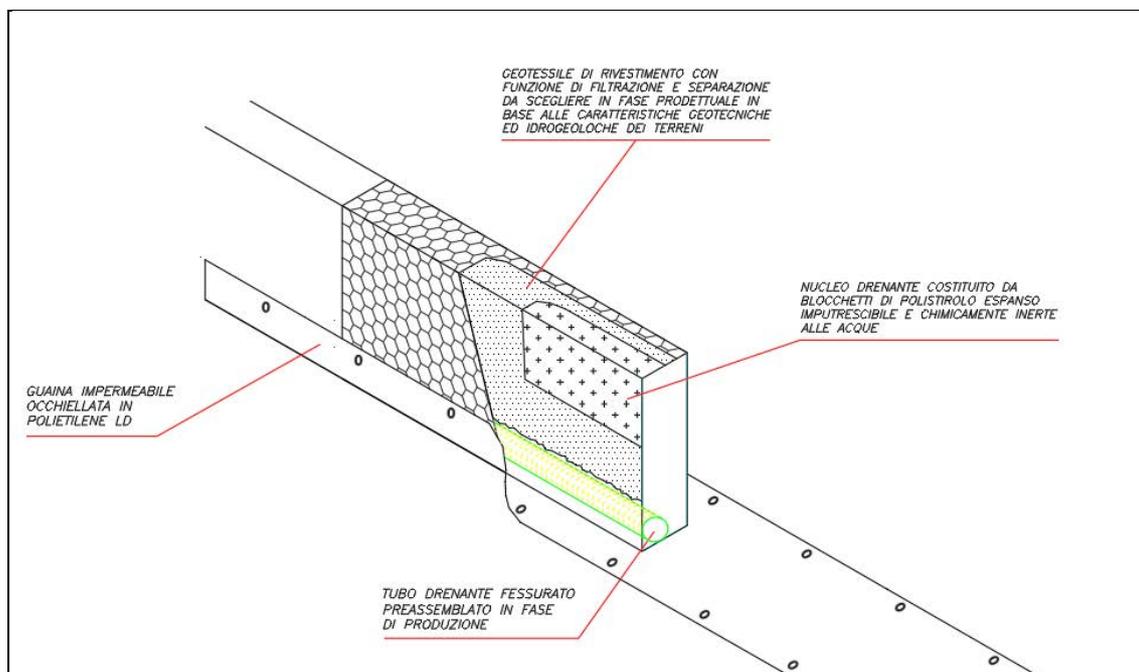
Tabella 6 – Volumi di laminazione

## 6. Descrizione delle opere di laminazione

Nei punti più a valle di ciascuna sottoarea verranno disposte delle vasche di laminazione, con le capacità di invaso minime indicate in Tabella.

Lotto	Area [ha]	Volume di invaso minimo [m <sup>3</sup> ]	Volume di invaso effettivo [m <sup>3</sup> ]	Caratteristiche vasche
1	27.40	984.42	1020.00	6 vasche da 170 m <sup>3</sup>
2	1.80	32.25	40.00	2 vasche da 20
3	5.40	128.10	150.00	3 vasche da 50
4	1.50	25.65	30.00	1 vasca da 30
5	2.80	56.16	60.00	2 vasche da 30
6	10.00	277.69	300.00	5 vasche da 60
7	3.40	71.66	90.00	3 vasche da 30
8	5.10	119.23	60.00	2 vasche da 60
9	28.30	1025.19	1050.00	7 vasche da 150 m <sup>3</sup>

Il recapito alle vasche di laminazione verrà realizzato mediante l'utilizzo di trincee drenanti prefabbricate poste sulle linee preferenziali di deflusso ad una profondità di 0.80 m dal piano campagna.



*Caratteristiche del pannello drenante prefabbricato*

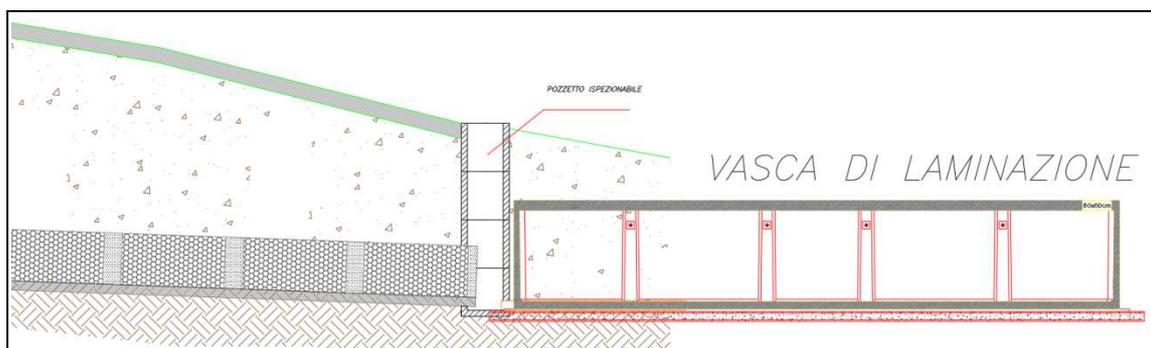


I principali vantaggi nell'utilizzo di una trincea drenante prefabbricata rispetto le classiche trincee drenanti sono:

- 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 sgombrere 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.

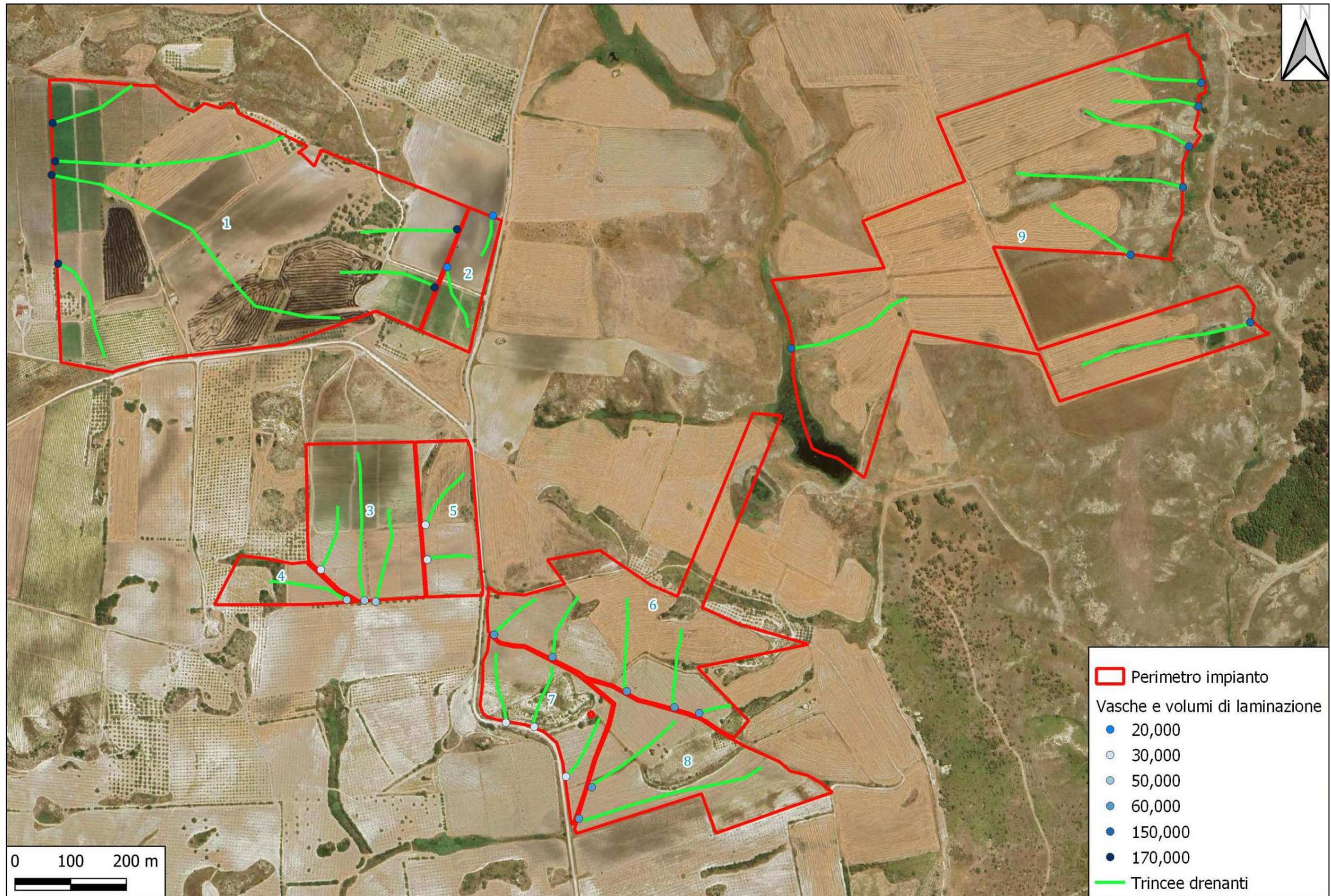
- Ottimizzazione del volume drenante: La necessità di realizzare degli scavi in sicurezza per costruire una trincea tradizionale (si lavora sempre con maestranze all'interno dello scavo) implica un utilizzo consistente e spropositato in termini di volumi di materiale drenante (pietrame). Spesso quindi 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 1,70mc/ml mentre trincea Gabbiodren 0,30mc/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 nelle vasche di laminazione verrà smaltita, entro le 48 ore successive all'evento di pioggia, all'interno dell'impluvio naturale posto al confine di valle dell'impianto da realizzare, con pompe di sollevamento a portata minima, tale da non interferire con il drenaggio esistente.



*Sezione tipologica sistema di laminazione*

In Figura si riportano la planimetria delle opere di laminazione.



Ortofoto opere di laminazione con indicato le trincee drenanti (verde) e le vasche di laminazione (in azzurro)



## **7. 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.

In Tabella si riportano il valore di laminazione minimi ottenuti per i lotti di progetto.



ID	S [ha]	$\Phi$ [-]	a [mm]	n	Q <sub>imp</sub> [l/s]	V [m <sup>3</sup> ]
1	27.40	0.30	29.86	0.28	548.00	984.42
2	1.80	0.30	18.09	0.28	36.00	32.25
3	5.40	0.30	22.15	0.28	108.00	128.10
4	1.50	0.30	17.50	0.28	30.00	25.65
5	2.80	0.30	19.63	0.28	56.00	56.16
6	10.00	0.30	24.81	0.28	200.00	277.69
7	3.40	0.30	20.34	0.28	68.00	71.66
8	5.10	0.30	21.92	0.28	102.00	119.23
9	28.30	0.30	30.04	0.28	566.00	1025.19

*Volumi di laminazione*

Si è previsto quindi di installare una batteria di vasche di laminazione nel punto indicato in planimetria.

Il recapito alle vasche di 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.

L'acqua stoccata nelle vasche di laminazione verrà smaltita, entro le 48 ore successive all'evento di pioggia, all'interno dell'impluvio naturale posto al confine di valle dell'impianto da realizzare, con pompe di sollevamento a portata minima, tale da non interferire con il drenaggio esistente.

Termini Imerese, Maggio 2024

