Firmato digitalmente da eugenio bordonali C=IT

# REGIONE SICILIA

## PROVINCIA DI CATANIA
## COMUNE DI RAMACCA

PROGETTO:

*Impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare denominato "PESCE"*

## Progetto Definitivo

PROPONENTE:

**UKA SOLAR RAMACCA, SRL**
**Via Ombrone, 14**
**00198 ROMA**

ELABORATO:

RII – Relazione Idraulico – Idrologica invarianza Idraulica

PROGETTISTA:

BLC s.r.l.
Via Umberto Giordano, 152 - 90144 Palermo (PA)
P.IVA 07007040822

Ing. Eugenio Bordonali

Ing. Gabriella Lo Cascio

Scala:

-

Tavola:

*RII*

Data:

15 Febbraio 2023

| *Rev.* | *Data* | *Descrizione* |
|---|---|---|
| 00 | 15 Maggio 2023 | prima emissione |
| | | |
| | | |

# *COMUNE DI RAMACCA*

## *- CITTÀ METROPOLITANA DI CATANIA -*

**RELAZIONE IDRAULICO – IDROLOGICA INVARIANZA IDRAULICA**

**Progetto Definitivo**

*Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare denominato PESCE*

**Comm:** ***Studio BLC s.r.l.*** per conto di
***UKA Solar Ramacca s.r.l.***

**Data:** ***Maggio 2023***

**Il Geologo**
*(Dott. Ignazio Giuffrè)*


***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 RAMACCA

## - CITTÀ METROPOLITANA DI CATANIA -

**RELAZIONE IDRAULICO – IDROLOGICA INVARIANZA IDRAULICA**

**Progetto definitivo**

*"Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare denominato PESCE"*

**Premessa**

Il presente lavoro costituisce parte integrante di un progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico da 42,773 MWp ca. da realizzarsi nel territorio del comune di Ramacca denominato *"Pesce"* corredato di progetto agrovoltaico e delle relative opere di connessione alla rete elettrica nazionale.

Il lavoro è stato commissionato allo scrivente dallo studio *BLC s.r.l.*, per conto della *UKA Solar Ramacca 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, cosi 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. obbiettivi;
4. descrizione delle opere di progetto;
5. studio idrologico;
6. computo volumi di compensazione per l'invarianza idraulica;
7. descrizione delle opere di laminazione;
8. piano di monitoraggio e manutenzione;
9. conclusioni.

Si allega inoltre la scheda tecnica tipo, di una trincea drenante *"Gabbioder"* della ditta *Borghi Azio*, che verrà utilizzata per la captazione delle acqua nel sito in studio.

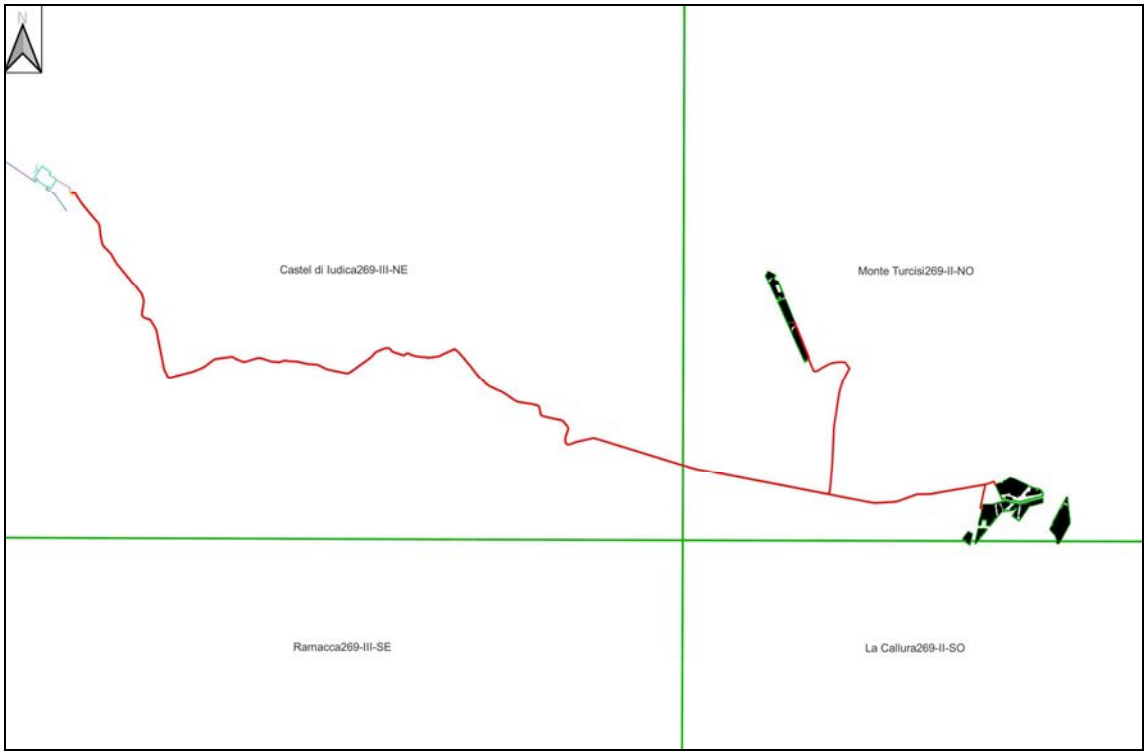
## 1. Inquadramento dell'area ed opere da realizzare

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 Ramacca e ricadente nelle contrade denominate *Pesce* (lotti B,C,D), *Ramione* (lotto A) ed *Albospino* (stazioni elettriche).

Topograficamente, il sito rientra nella Tavoletta *"Monte Turcisi"*, Foglio n° 269, Quadrante II, Orientamento N. O., redatte dall'I.G.M.I. alla scala 1:25.000 e la sottostazione nella Tavoletta *"Castel di Iudica"*, Foglio n° 269, Quadrante III, Orientamento N. E..

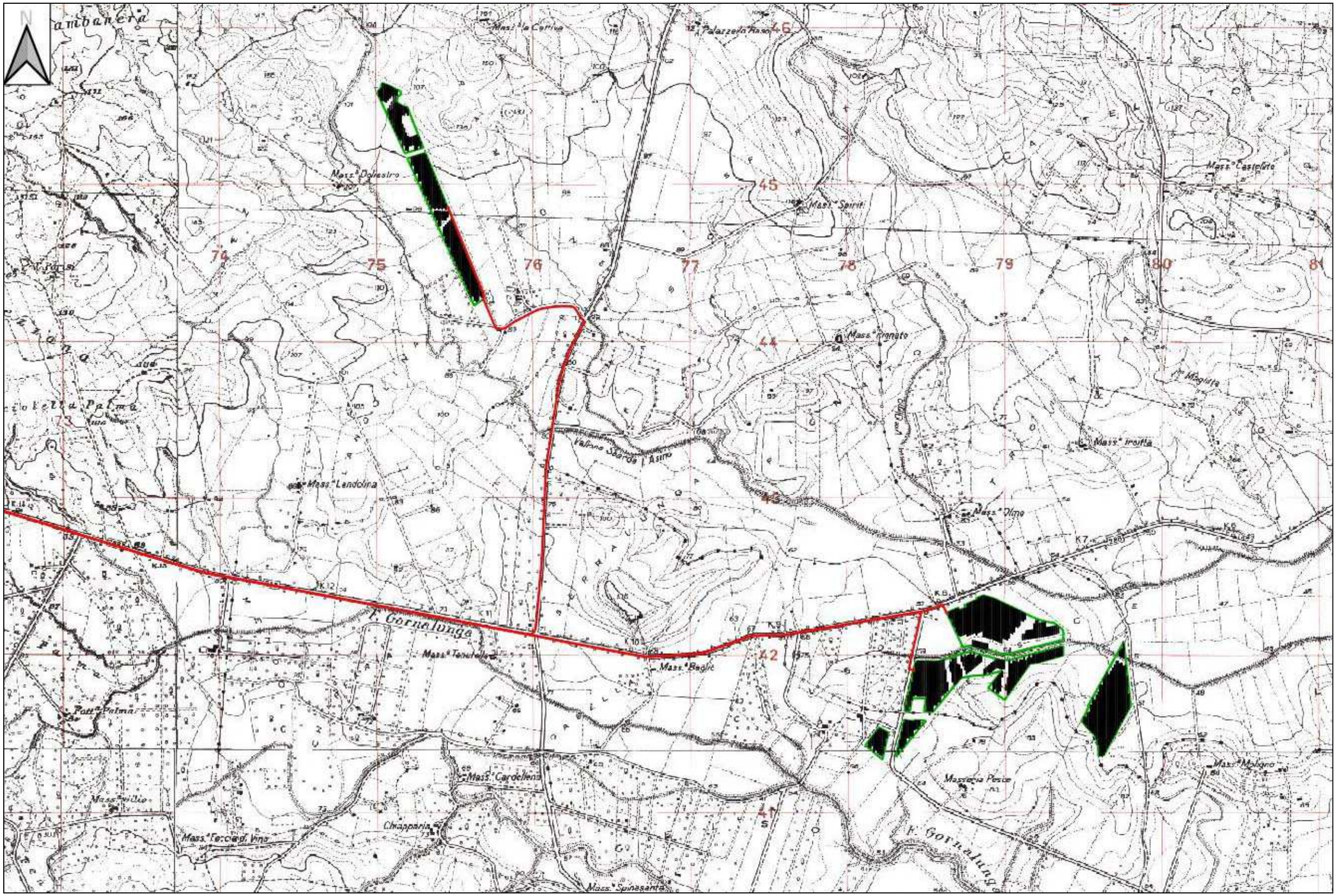
Inoltre ricade nelle Sezioni 632120, 632160, 633130 e 633140 della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000.



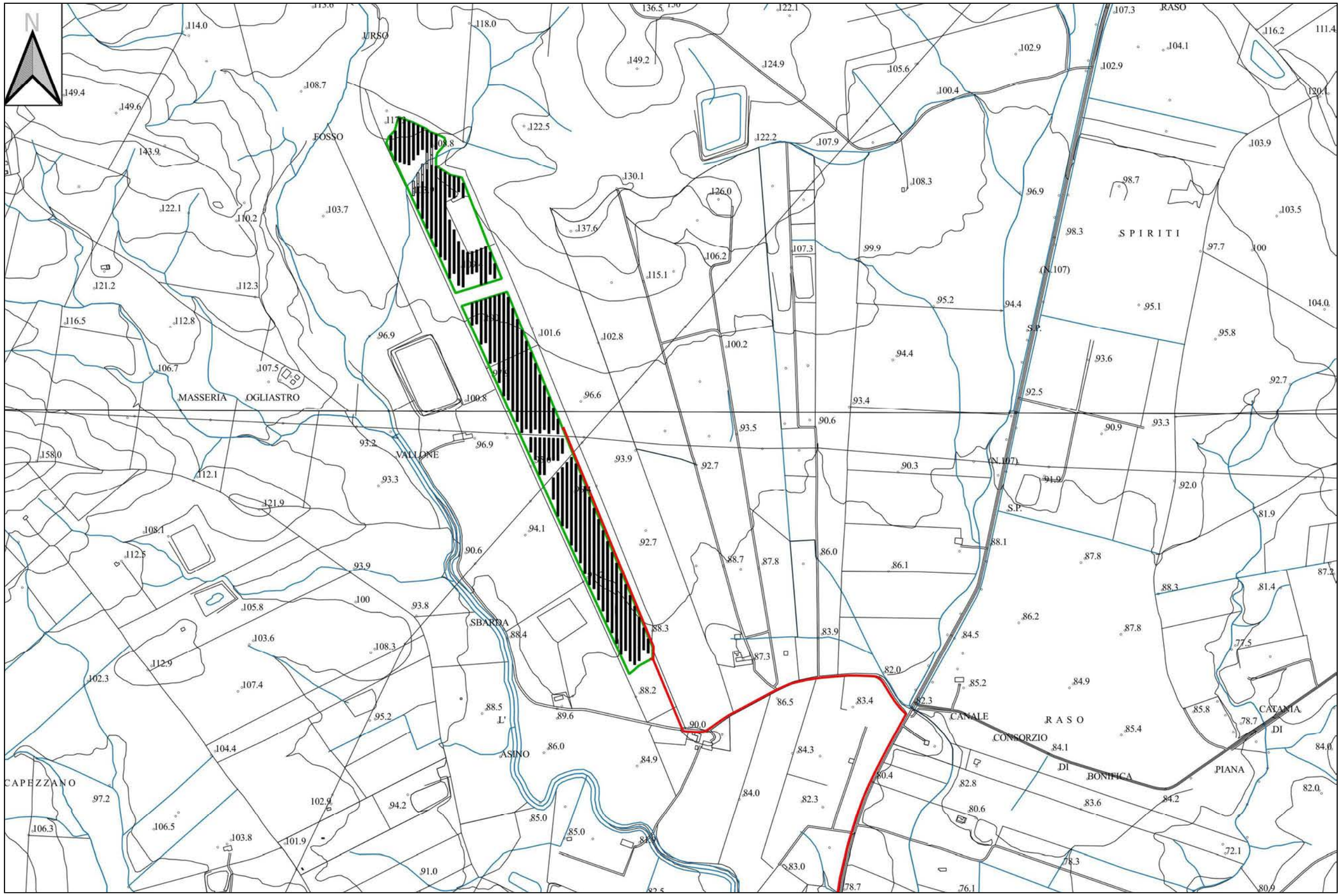

***Quadro d'unione delle tavolette IGMI 1:25.000 con ubicazione dell'impianto***

Il sito è identificato al catasto del comune di Ramacca, con le particelle sotto elencate:

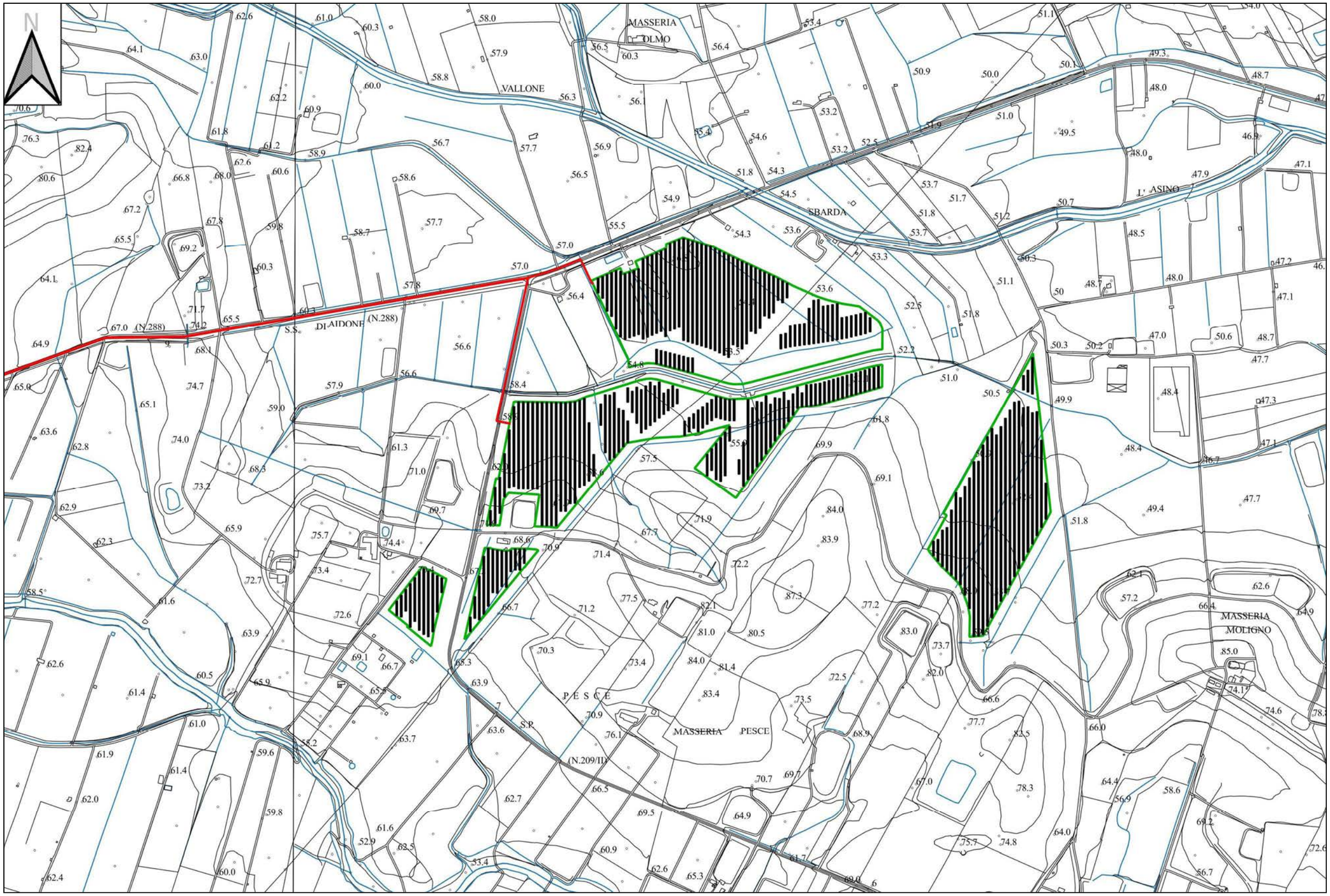
| F. | P.lla | F. | P.lla |
|---|---|---|---|
| 111 | 100 | 93 | 22 |
| | 415 | | 121 |
| | 236 | | 5 |
| | 237 | | 57 |
| | 262 | | 85 |
| | 263 | | 86 |
| | 387 | | 270 |
| | 82 | | 29 |
| | 35 | | 52 |
| | 272 | | 53 |
| | 75 | | 80 |
| | 213 | | |
| | 214 | | |




*Stralcio tavoletta I.G.M.I. in scala 1:25.000*




*Stralcio aerofotogrammetrico in scala 1:10.000 dell'area Nord dell' impianto*




*Stralcio aerofotogrammetrico in scala 1:10.000 dell'area Sud dell' impianto*

*Ortofoto in scala 1:10.000 dell'area Nord dell' impianto*

*Ortofoto in scala 1:10.000 dell'area Sud dell' impianto*

*Ortofoto in scala 1:10.000 dell'area SSE dell' impianto*

L'impianto è distinto nei seguenti lotti tutti ricadenti all'interno del territorio comunale di Ramacca:

| lotto | sub-lotto | potenza [MW] |
|---|---|---|
| A | A.1 | 3.172 |
| | A.2 | 7.784 |
| B | B | 1.187 |
| C | C.1 | 10.022 |
| | C.2 | 10.606 |
| | C.3 | 1.168 |
| D | D | 8.835 |
| **Totale** | | **42.773** |

L'area dell'impianto fotovoltaico (strutture sostegno pannelli, viabilità, cabine, fascia tagliafuoco etc.) è pari a: 68.6 ha ca. entro cui ricadono:

- area per le colture/allevamenti di cui alla Relazione Progetto Agrovoltaico: 56.4 ha ca. tra i filari di pannelli;
- area coperta da laghetti artificiali preesistenti: 0.9 ha ca. (non pannellata);
- fascia tagliafuoco: 5.6 ha ca. (non pannellata);
- area fasce di 10 m contermini agli impluvi e canali preesistenti: 3.3 ha ca. (non pannellata).

Pertanto si prevede di lasciare incolte soltanto le aree strettamente non coltivabili in corrispondenza della viabilità e delle cabine di impianto, per un totale pari a 2.4 ha ca.

La committenza si impegna inoltre a realizzare su aree al di fuori dei 68.6 ha ca. d'impianto e comunque nella propria disponibilità, ulteriori aree a verde per: 25.9 ha ca. di cui:

- area fascia arborata di 10 m. di separazione e protezione dell'impianto fotovoltaico: 13.4 ha ca.;
- area coperta da laghetti artificiali preesistenti: 0.3 ha ca. (non pannellata);

- aree esterne: 12.2 ha ca. entro cui ricadono le colture/allevamenti di cui alla Relazione Progetto Agrovoltaico.

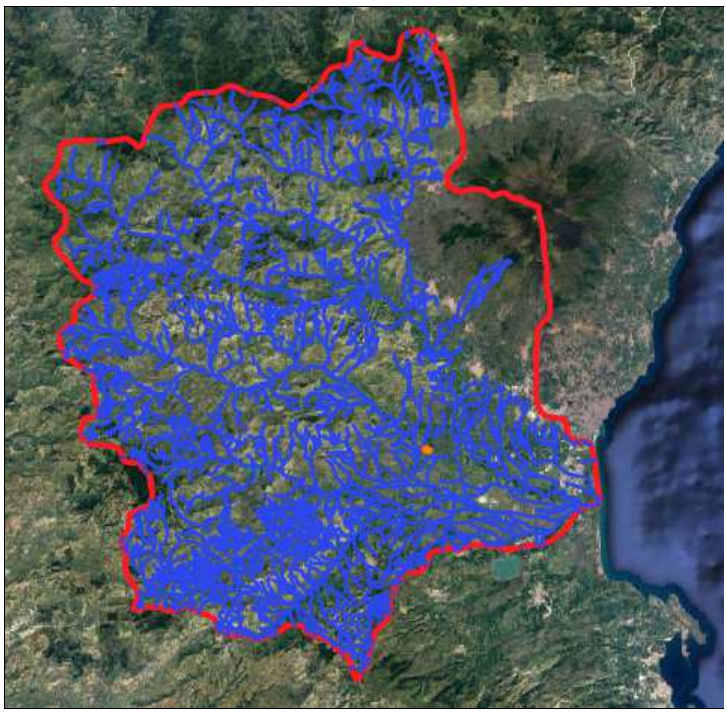
Le opere di rete per la connessione, funzionali alla connessione di una pluralità di iniziative di produzione, sono state oggetto di apposito tavolo tecnico presso il gestore di rete. Nell'ambito di tale tavolo, altro operatore (ITS MEDORA S.R.L. titolare della procedura n° 1235 di VIA-Verifica di Assoggettabilità presso il portale di Valutazioni Ambientali della Regione Sicilia), nella qualità di capofila per la progettazione delle opere di rete, ha provveduto alla progettazione della nuova stazione elettrica di consegna 380/150/36 kV e dei relativi raccordi alla linea RTN a 380 kV "Chiaramonte Gulfi-Ciminna". La stazione è stata prevista in c.da Albospino nel comune di Ramacca (CT) ad una altitudine di 230 m s.l.m. ca..

Si prevede di realizzare una stazione elettrica di utenza a 36 kV nei pressi della Stazione RTN al fine di alloggiare le apparecchiature elettromeccaniche di controllo e regolazione.

## 2. Inquadramento idrologico

Da un punto di vista idrografico l'area in esame si ritrova all'interno della parte valliva del bacino del Simeto. Tale bacino si estende su una superficie di circa 4030 $km^2$ e procedendo da monte verso valle si ritrovano i seguenti sottobacini:

- Alto e medio Simeto, i quali comprendono comprende il versante meridionale dei Nebrodi e le pendici occidentali dell'Etna. Il reticolo idrografico è caratterizzato dalla presenza di numerosi affluenti in sponda destra dell'asta principale del Simeto (che prende tale nome dalla confluenza tra il T.te Saracena e il T.te Cutò) e dalla mancanza di una vera e propria rete idrografica principale sulle formazioni vulcaniche molto permeabili dell'Etna;
- Il Bacino del Salso, la quale comprende la parte più occidentale del versante meridionale dei Nebrodi e presenta una rete idrografica molto ramificata a monte (T.te di Sperlinga, T.te di Cerami, T.te Mande), un tronco centrale (a valle del serbatoio Pozzillo) che scorre nella vallata con andamento Ovest-Est e una parte finale che, dopo aver raccolto le acque del F. di Sotto Troina, sbocca nel Simeto;
- Il Bacino del Dittaino è compreso tra il bacino del Salso a Nord e quello del Gornalunga a Sud e presenta una rete idrografica ramificata nella parte montana e con un andamento a meandri nella parte centrale e valliva. L'asta principale si sviluppa complessiva mente per circa 93 km;
- Il Bacino del Gornalunga ha origine dai Monti Erei e oltre al corso d'acqua principale, sul quale è stato realizzato il serbatoio Don Sturzo (o Ogliastro), comprende il bacino del suo principale affluente di destra, il F. Monaci, costituito da numerosi affluenti (F.so Acquabianca, F.so Pietrarossa, F. Caltagirone, ecc).
- Il Bacino del Basso Simeto, si estende dalla confluenza del Salso alla foce; esso comprende il tronco vallivo del Simeto il quale, attraversando la Piana di Catania,riceve le acque del Dittaino e successivamente quelle del Gornalunga.



***Inquadramento area di intervento (punto rosso) all'interno del bacino del Simeto***

La caratterizzazione di massima del regime pluviometrico dell'area ricadente nel bacino del Fiume Simeto è stata condotta in termini di precipitazioni medie mensili.

I valori medi massimi si riscontrano in massima parte nel mese di dicembre ed in misura progressivamente minore nei mesi di gennaio, di novembre e di ottobre. I valori medi minimi si riscontrano, in tutte le stazioni, nel mese di luglio o nel mese di agosto.

In febbraio la distribuzione degli afflussi si mantiene pressoché costante, con una riduzione omogenea di qualche decina di mm rispetto a quelli riscontrati in gennaio. Nel mese di marzo non si registrano variazioni, se non nella zona centrale, caratterizzata da un leggero aumento dei valori di precipitazione. La distribuzione ed il valore degli afflussi si discostano poco nei mesi di giugno ed agosto: si nota che solo la fascia settentrionale presenta valori superiori ai 20 mm di pioggia mentre nella restante parte del territorio essi rimangono compresi tra questo limite e circa 10 mm; solo nella zona costiera, alcuni valori superano i 10 mm.

Nel mese di luglio si registrano, omogeneamente distribuiti, valori di precipitazione inferiori a quelli dei mesi precedenti. In settembre si constata un aumento

generale degli afflussi, più accentuato, come già detto, nei mesi di ottobre e novembre che interessa in particolare, il settore settentrionale e nord-orientale del territorio.

L'andamento annuo delle precipitazioni medie è tipico del clima mediterraneo con una percentuale delle piogge variabile tra il 64 e il 78%, concentrata nel semestre autunno-inverno.

L'aridità risulta elevata, con un indice di De Martonne intorno a 14.

## 3. Obbiettivi

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.

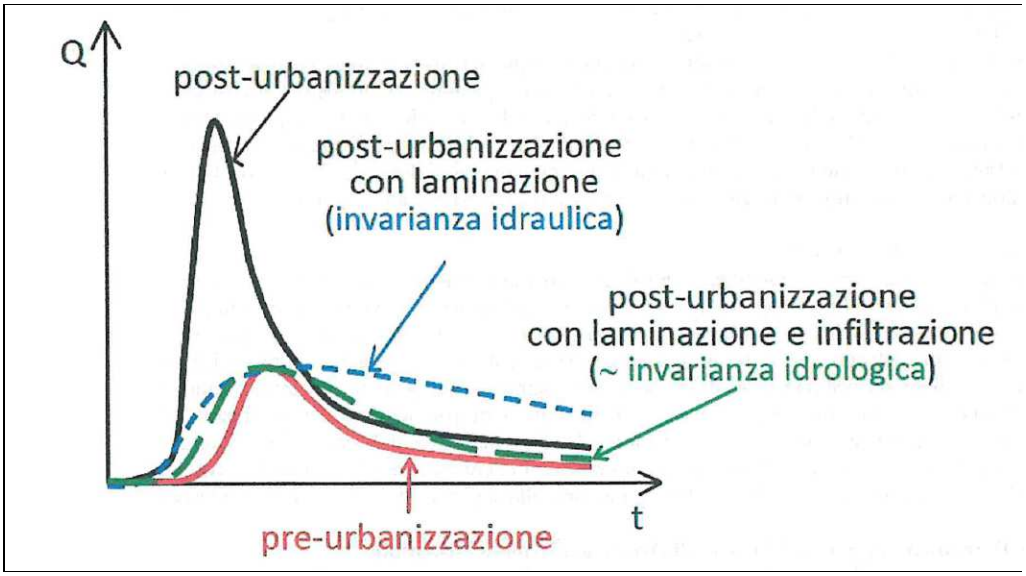
Secondo il principio di invarianza idraulica, le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali non devono risultare maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione. Nelle aree urbanizzate, infatti, l'incremento delle portate legate allo stesso 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.



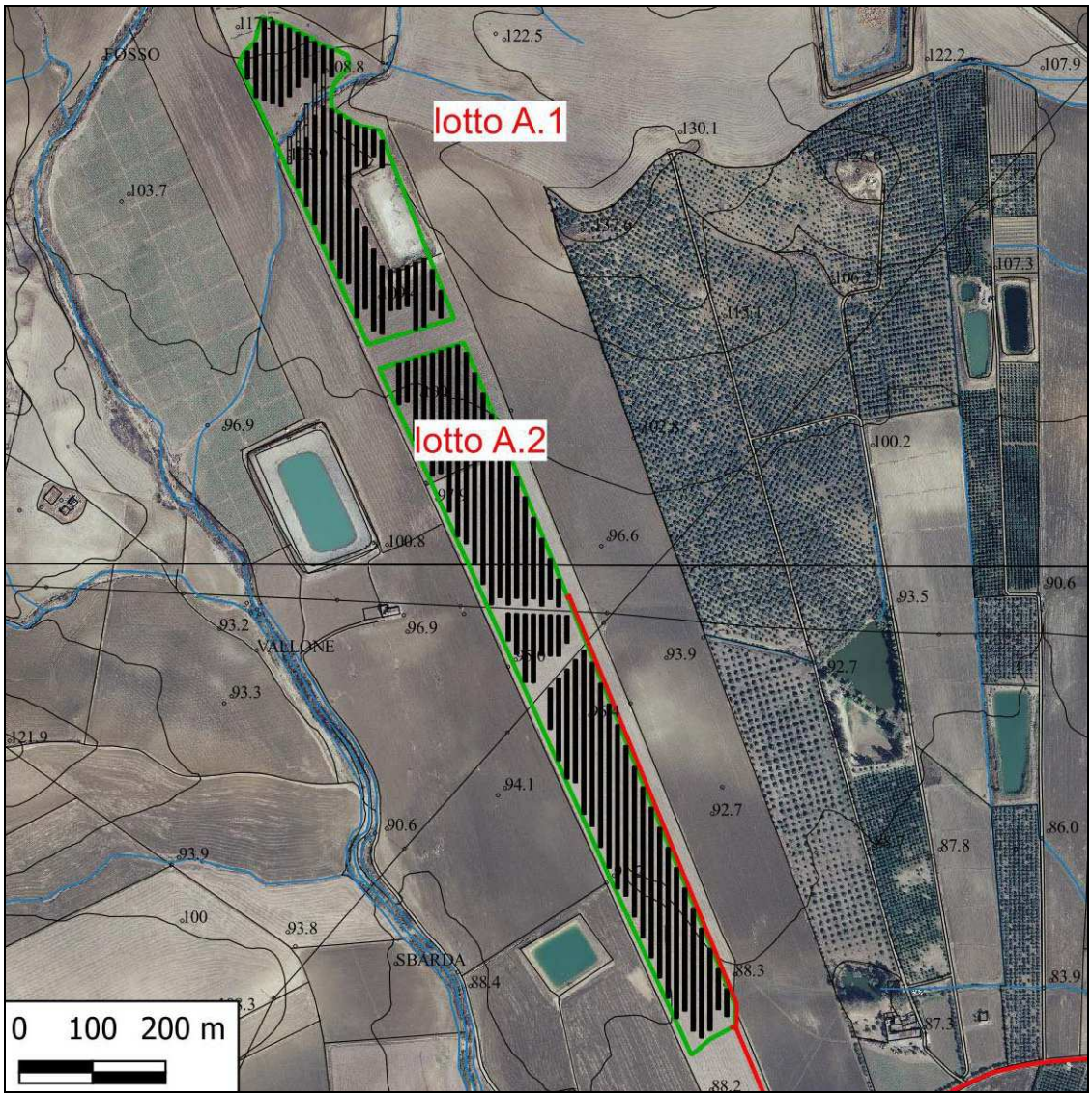

***Effetti dell'urbanizzazione e della laminazione su un idrogramma***

## 4. Descrizione delle opere di progetto

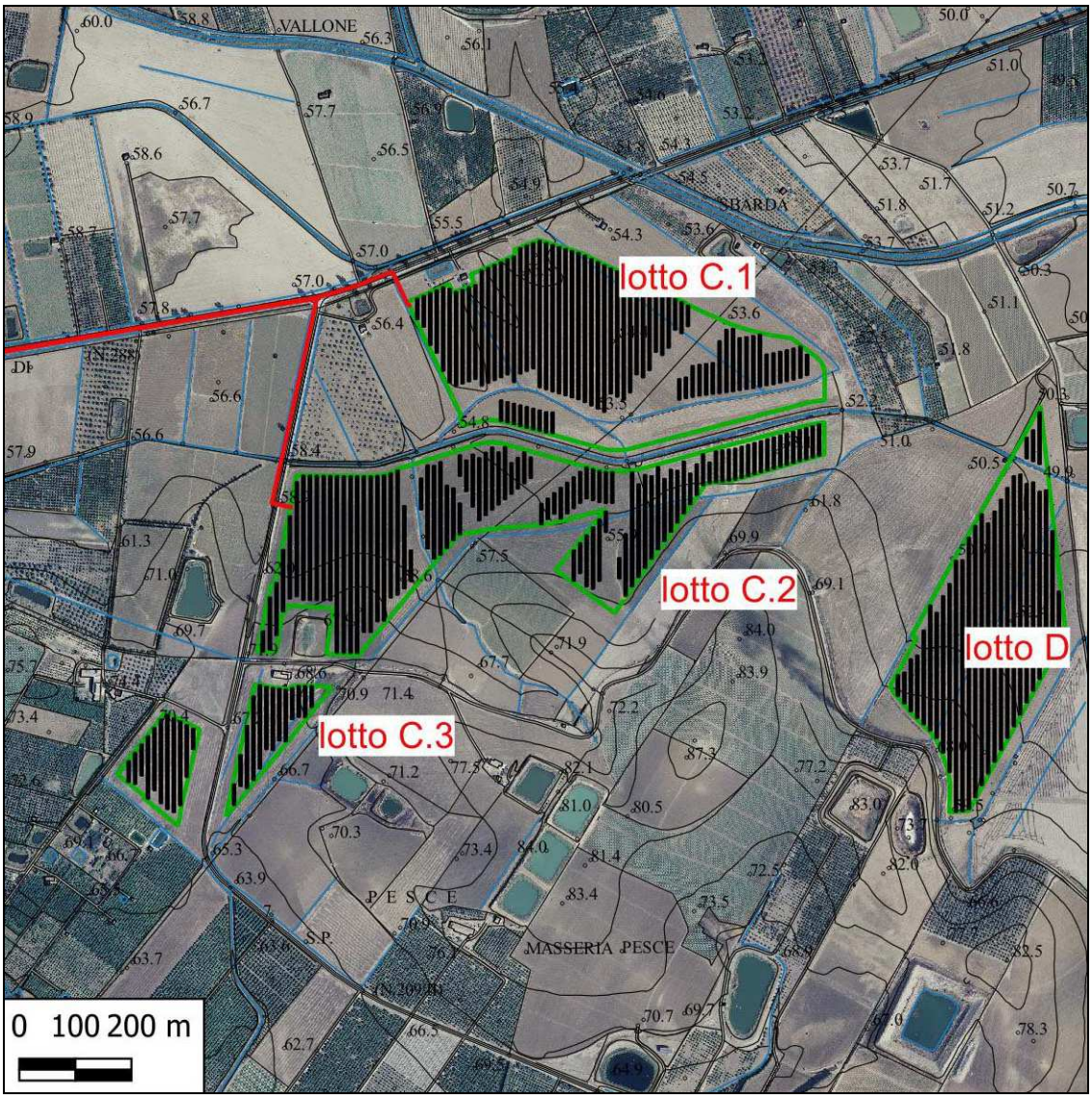
Il progetto di parco fotovoltaico prevede 2 lotti distinti, di forma ed estensioni diverse, che insistono in zona agricola, per un'area totale di circa 54.7 ha di terreno. I lotti sono così suddivisi:

- Il lotto A ha un'estensione complessiva di circa 7.24 ha, suddivisi in due sottocampi da 6.11 ha (sottozona A.1) e 1.13 ha (sottozona A.2);
- Il lotto B2 ha un'estensione di circa 1.85 ha;
- Il lotto C ha un'estensione di circa 37,64 ha, così suddivisi, 17,89 ha (sottozona C.1), 17.76 ha (sottozona C.2), 1.99 ha (sottozona C.3);
- Il lotto D1 ha un'estensione di circa 11.68 ha (sottozona D.1);

Nella figura seguente si riporta la disposizione planimetrica dell'impianto.




*Layout impianto Lotto NORD*




*Layout impianto Lotto SUD*

## 5. 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.

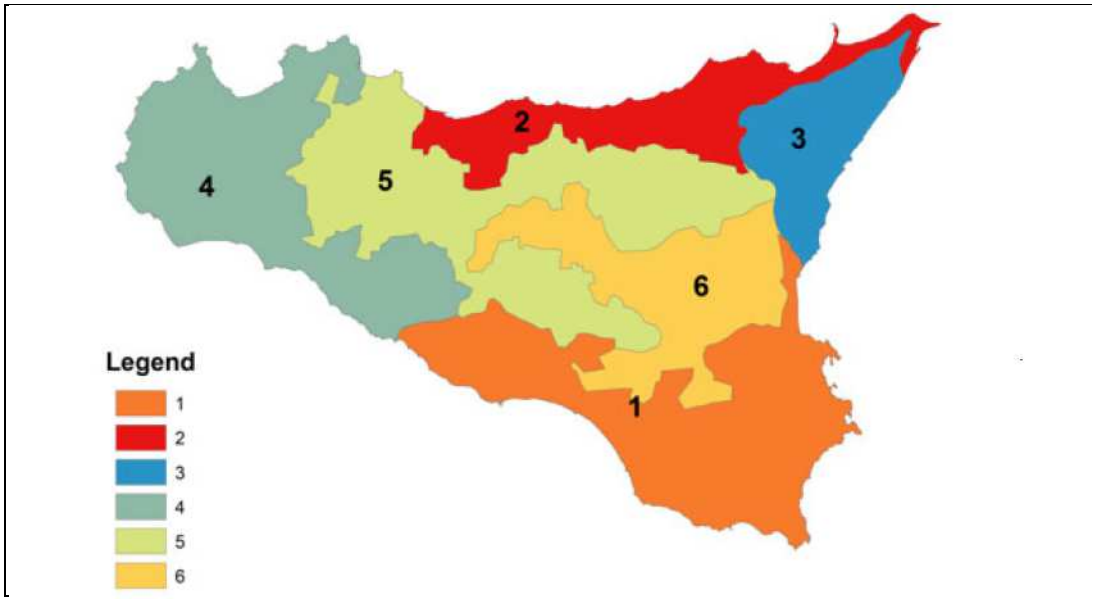
A causa del deficit di serie storiche di portate (o altezze idrometriche) nel sito in esame gli idrogrammi sono stati ricavati attraverso un metodo indiretto in cui il legame funzionale Q = Q (T) è stato determinato a partire dall'informazione pluviometrica.

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:

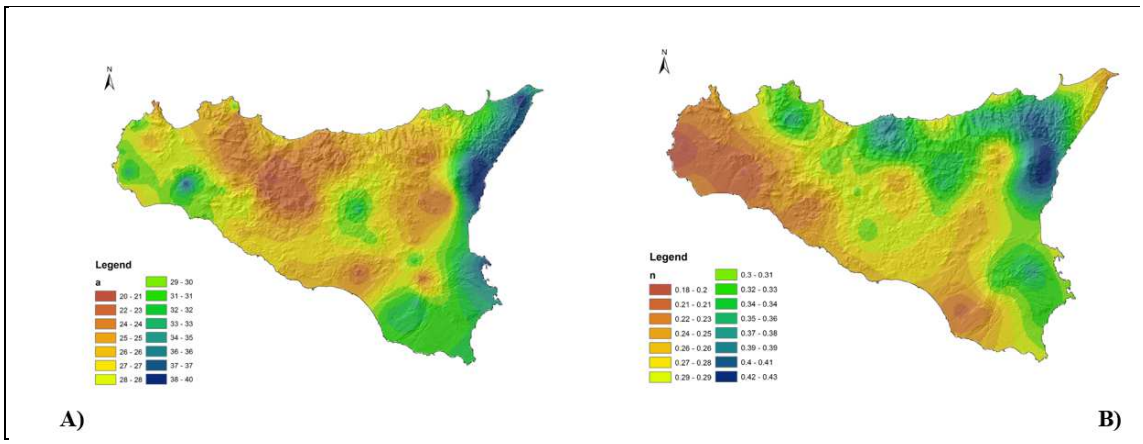
$$h_{d,T} = K_T a_{24} \left(\frac{d}{24}\right)^n$$

in cui:

- $K_T = aln(T) + b$: 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. In Figura 4 si riportano le CPP ottenute per i tre diversi tempi di ritorno. Queste sono espresse mediante la classica legge di potenza (Tabella 2):

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

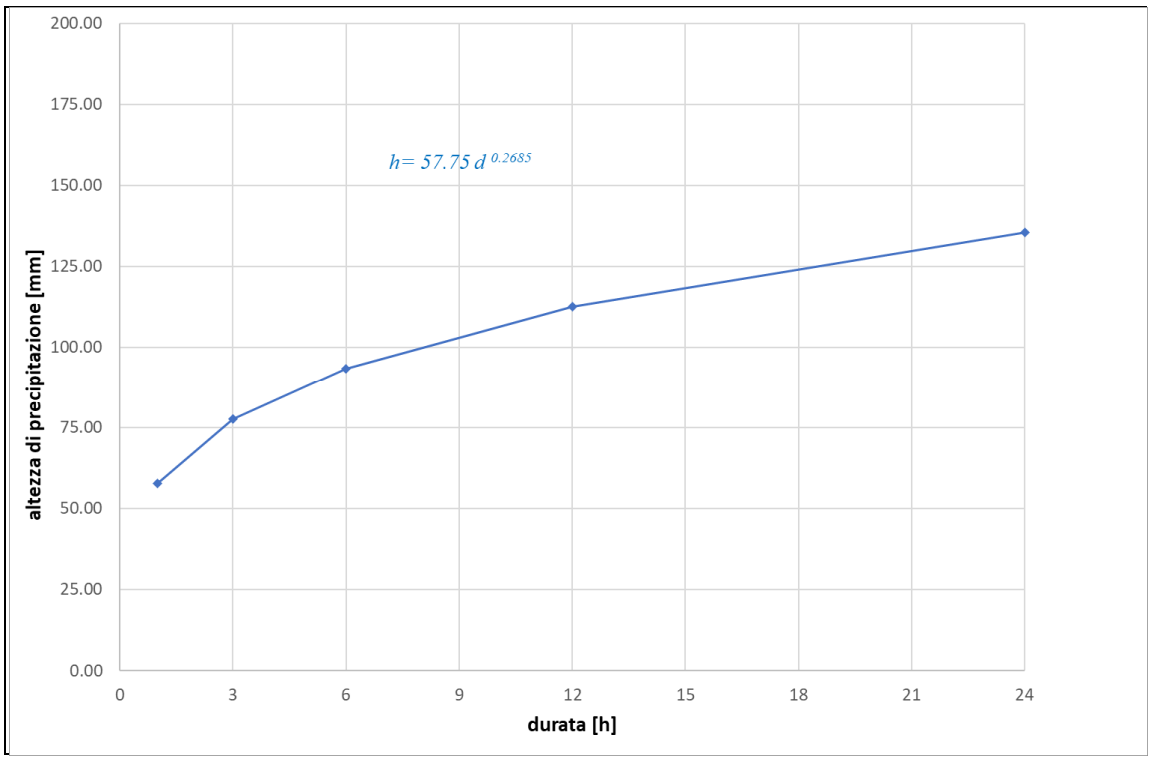
nella quale $a = \frac{K_T a_{24}}{24^n}$.

| Ramacca zona 6 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Primo livello di regionalizzazione $K_T$ [anni]** | | | **Secondo livello regionalizzazione** | |
| **a** | **b** | **$K_{30}$** | **$a_{24}$** | **n** |
| 0.5011 | 0.4545 | 2.16 | 26.75 | 0.2685 |

***Tabella 1 – Regionalizzazione per la determinazione della CPP***

| Parametri CPP | |
|---|---|
| **a** | **n** |
| **57.75** | **0.269** |

***Tabella 2 - Parametri CPP***




***CPP per T=30 anni***

Successivamente 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.

| Sottoarea | Tempo di corrivazione [h] | Tempo di corrivazione [min] |
|---|---|---|
| A1 | 0.04 | 2.40 |
| A2 | 0.11 | 6.60 |
| B2 | 0.06 | 3.60 |
| C1 | 0.18 | 10.80 |
| C2 | 0.18 | 10.80 |
| C3 | 0.06 | 3.60 |
| D1 | 0.14 | 8.40 |

***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 ottenuti mediante la correzione della relazione di Ferreri-Ferro.

| Sottoarea | Quantili 30-ennali corretti [mm] |
|---|---|
| A1 | 18.31 |
| A2 | 25.46 |
| B2 | 20.40 |
| C1 | 31.17 |
| C2 | 31.17 |
| C3 | 20.8 |
| D1 | 28.47 |

***Quantili 30-ennali corretti con la formula di Ferreri - Ferro***

## 6. 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 Vmax 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 minimi dei volumi di laminazione ottenuti.

| Sottozona | S [ha] | Φ [-] | a [mm] | n | Qimp [l/s] | V [m$^3$] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 1.13 | 0.3 | 18.31 | 0.29 | 20 | 18 |
| A2 | 6.11 | 0.3 | 25.46 | 0.29 | 120 | 167 |
| B2 | 1.85 | 0.3 | 20.40 | 0.29 | 36 | 37 |
| C1 | 17.89 | 0.3 | 31.17 | 0.29 | 360 | 666 |
| C2 | 17.76 | 0.3 | 31.17 | 0.29 | 360 | 666 |
| C3 | 1.99 | 0.3 | 20.8 | 0.29 | 40 | 42 |
| D1 | 11.68 | 0.3 | 28.47 | 0.29 | 220 | 358 |

***Volume di laminazione***

## 7. Descrizione delle opere di laminazione

Nei punti più a valle di ciascuna sottoarea, verranno disposte dei laghetti in terra per la laminazione.

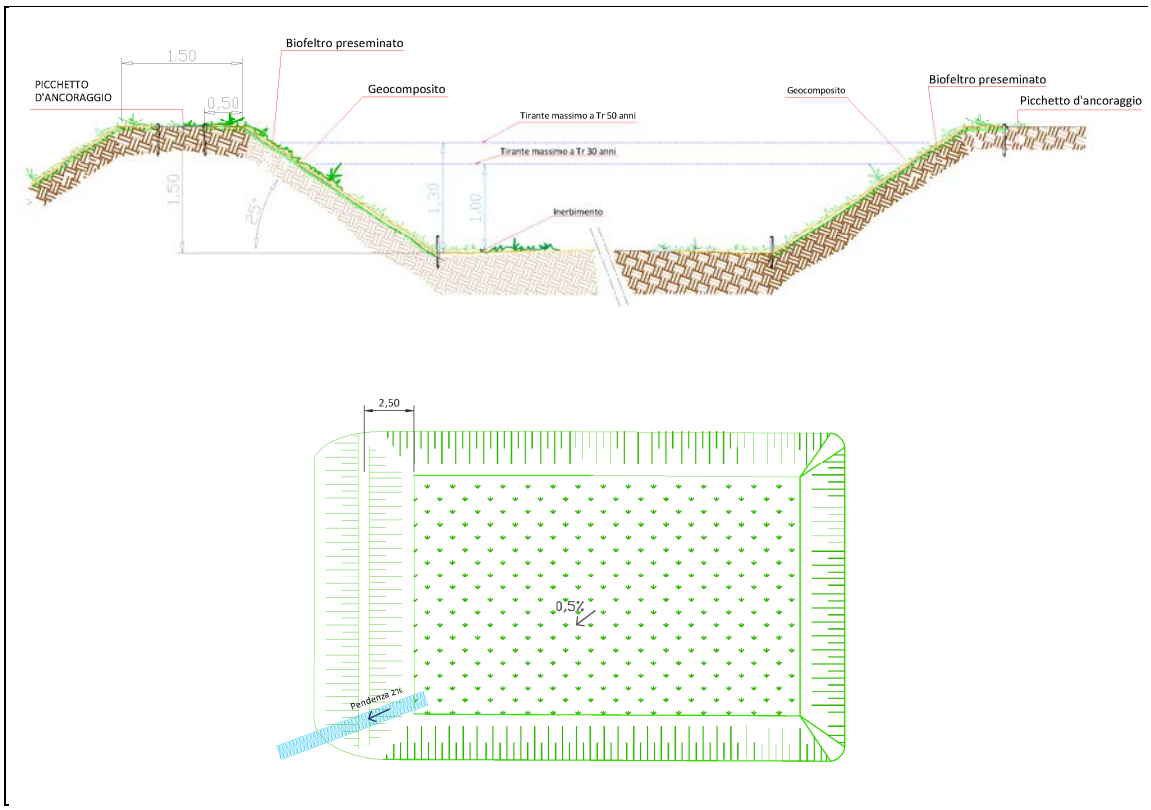
Il numero e il volume di ciascuna laghetto è riportato in tabella.

| Sottozona | V [$m^3$] | Numero laghetti | V laghetti [$m^3$] |
|---|---|---|---|
| A1 | 18 | 2 | 9 |
| A2 | 167 | 1 | 167 |
| B2 | 37 | 1 | 37 |
| C1 | 666 | 3 | 222 |
| C2 | 666 | 1 | 60 |
| | | 1 | 32 |
| | | 1 | 22 |
| | | 1 | 245 |
| | | 1 | 189 |
| | | 1 | 28 |
| | | 1 | 65 |
| | | 1 | 25 |
| C3 | 42 | 1 | 42 |
| D1 | 358 | 1 | 150 |
| | | 1 | 150 |
| | | 1 | 58 |

***Vasche di laminazione per ciascuna sottozona***

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.

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 laghetto in terra per laminazione*

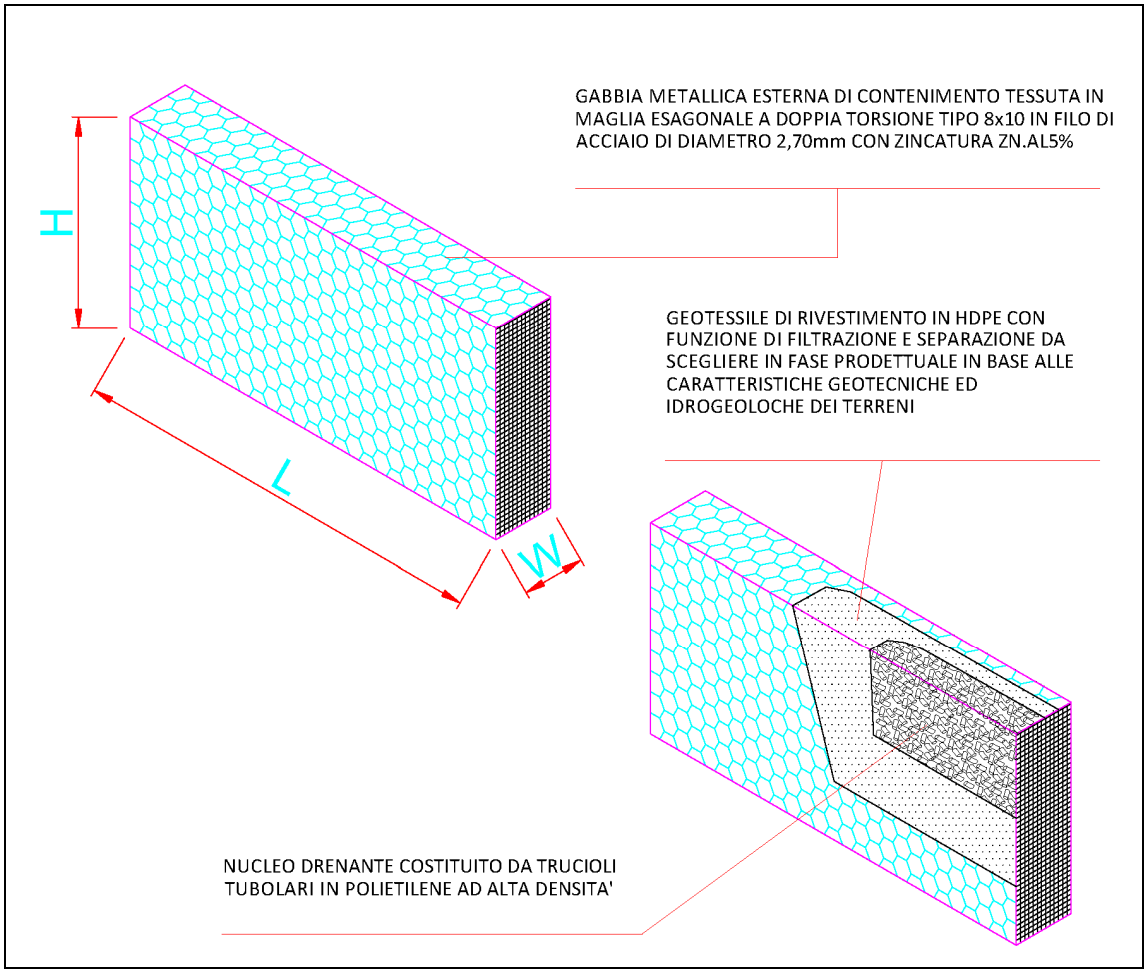
I principali vantaggi nell'utilizzo di una trincea drenante prefabbricata rispetto le classiche trincee drenanti sono:

- 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 sgombere 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 sdrucciolevoli 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.

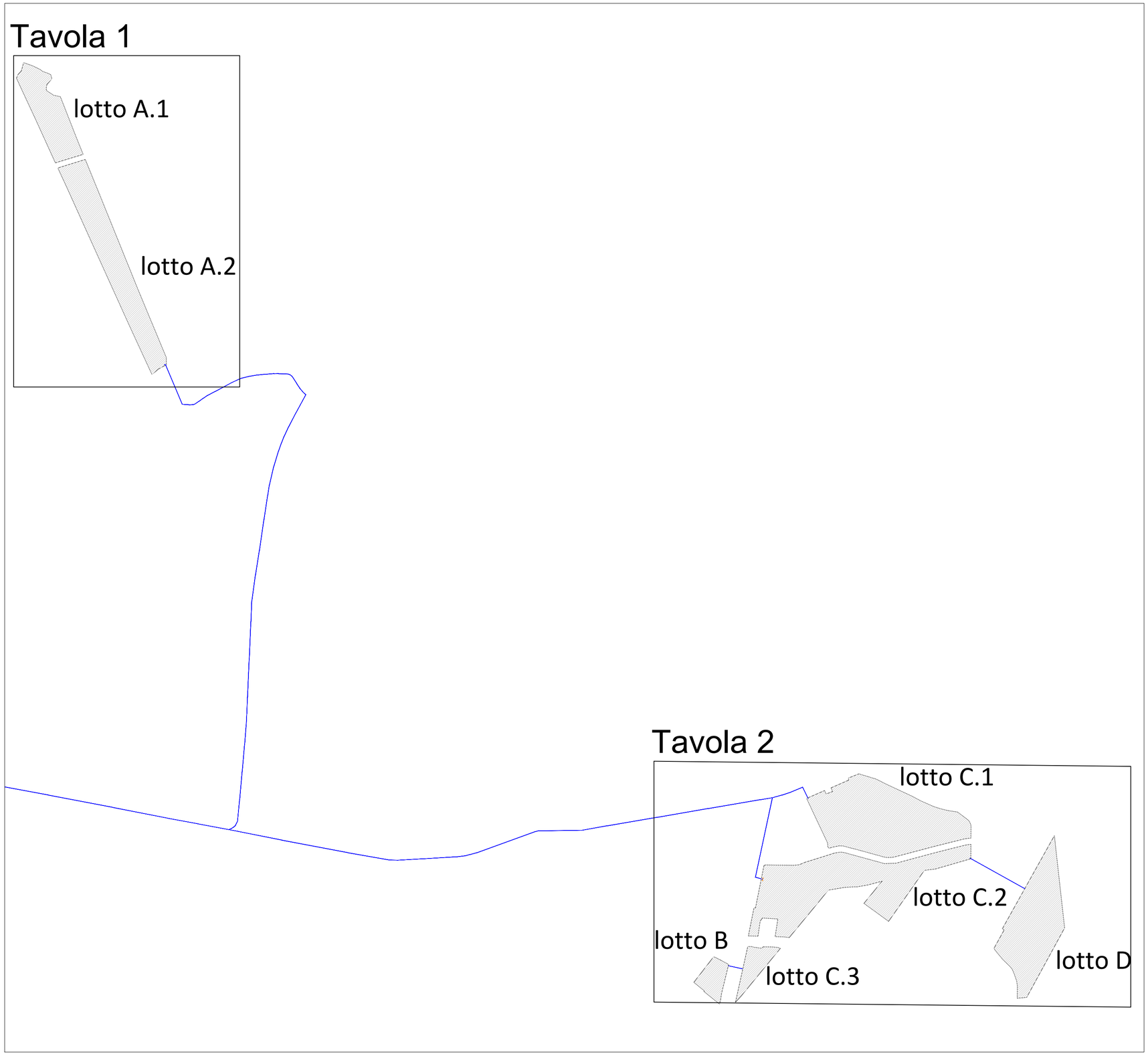
L'acqua stoccate nei laghetti in terra per la laminazione, verranno smaltite, entro le 48 ore successive all'evento di pioggia, all'interno del reticolo idrografico esistente, con pompe di sollevamento e a portata minima, tale da non interferire con il drenaggio esistente.




***Tipico caratteristiche del pannello drenante***

Per i dettagli si rimanda alle tavole di progetto allegate.

# Quadro di unione




## LEGENDA impianto fotovoltaico

- Area di progetto
- Recinzione impianto fotovoltaico
- Viabilità interna di progetto
- Inverter - Ingecon SUN 3825TL C 645 - 3,575 kVA
- Area fascia arborata di 10 m. di separazione e protezione
- Area fasce di 10 m contermini agli impluvi

## LEGENDA opere di laminazione

- Impluvi esistenti
- Trincee drenanti
- Canalette
- Tubazione di scarico delle trincee (in PVC DN 315mm)
- Tubazione di carico del laghetto (in PVC DN 315mm)
- Tubazione di scarico del laghetto (in PVC DN 125mm)
- Pozzetto di ispezione
- Laghetto in terra per laminazione

Volumi di laminazione

| Sottozona | S [ha] | Φ [-] | a [mm] | n | Qimp [l/s] | V [$m^3$] | Superficie [$m^2$] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 1.13 | 0.3 | 18.31 | 0.29 | 20 | 18 | 61.168,40 |
| A2 | 6.11 | 0.3 | 25.46 | 0.29 | 120 | 167 | 113.412,71 |
| B2 | 1.85 | 0.3 | 20.40 | 0.29 | 36 | 37 | 18.477,72 |
| C1 | 17.89 | 0.3 | 31.17 | 0.29 | 360 | 666 | 179.011,75 |
| C2 | 17.76 | 0.3 | 31.17 | 0.29 | 360 | 666 | 168.848,93 |
| C3 | 1.99 | 0.3 | 20.8 | 0.29 | 40 | 42 | 19.903,34 |
| D1 | 11.68 | 0.3 | 28.47 | 0.29 | 220 | 358 | 119.088,40 |
| | | | | | | **1954** | **679.911,25** |

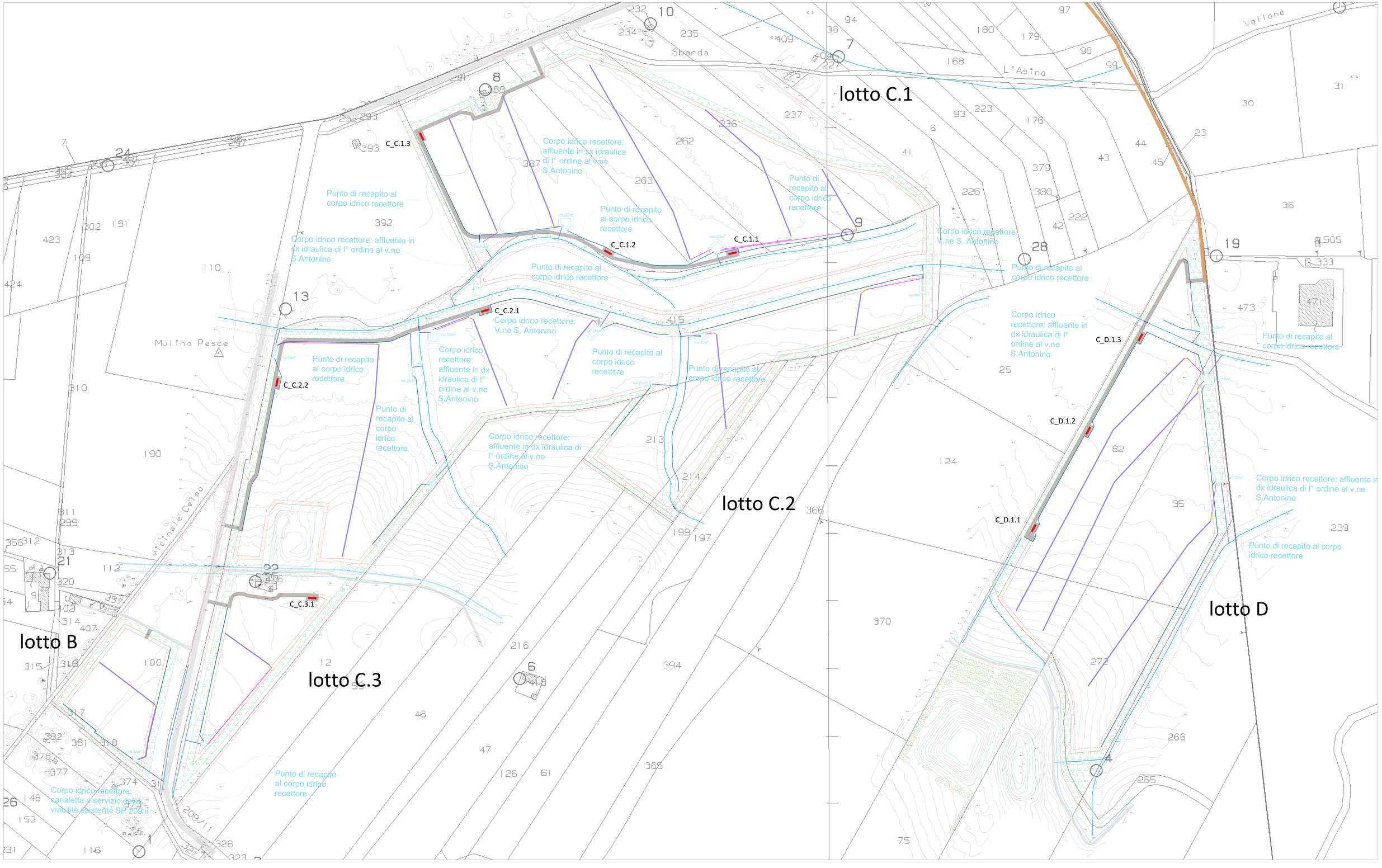
*Tabella 1 - Volume di laminazione*

# Tavola 1

Lotto A1- A2 scala 1:500

# Tavola 2

Lotto B - C1- C2- C3 - D scala 1:500



## 8. 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 evidenzi a mezzo del presente monitoraggio in fase di esercizio.

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

### 8.1 Trincee drenati

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$^2$).

<u>*ANOMALIE RISCONTRABILI*</u>

- 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. Setticità 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 pu ò 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 stabilit à 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

## 9. 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 riscorso 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 pari a circa 185 metri cubi per l'area di 7.24 ha (Lotto NORD - A) e circa 1769 metri cubi per l'area di 51,17 ha (Lotto SUD – B2, C1, C2, C3, D1).

Si è previsto quindi di realizzare, laghetti in terra per la laminazione delle acque, così come indicato negli alaborati 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 del'impianto si rimanda alle tavole di progetto.

Termini Imerese, Maggio 2023

Il Geologo
*(Dott. Ignazio Giuffrè)*

BORGHI AZIO® S.r.l.

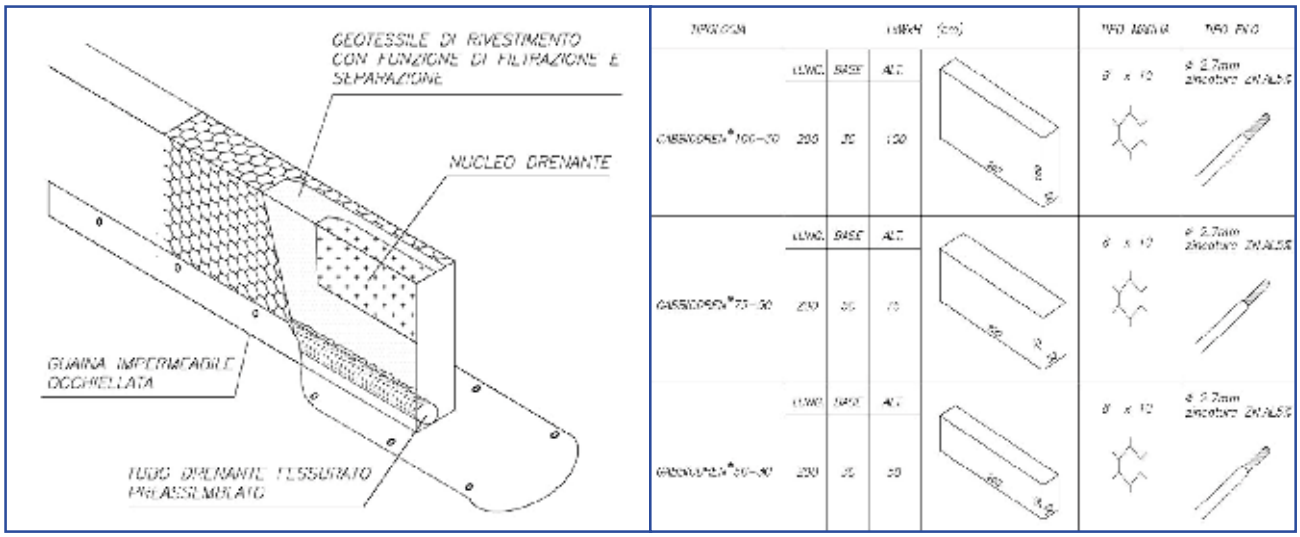
GABBIONI, RETI, DRENAGGI E GEOCOMPOSITI PER LA GEOTECNICA E L'INGEGNERIA NATURALISTICA

# GABBIODREN®

# Caratteristiche e principio di funzionamento

## Caratteristiche

Il sistema GABBIODREN® consente la realizzazione di trincee drenanti a gravità mediante l'utilizzo di pannelli prefabbricati di forma prismatica. Il pannello drenante è costituito da uno scatolare in rete metallica a doppia torsione in maglia esagonale tipo 8x10 con filo di diametro 2,70mm zincato a caldo con rivestimento Zinco-Alluminio 5%. Lo scatolare metallico è rivestito internamente con un geotessile di filtrazione e separazione che viene progettato in base alle specifiche caratteristiche granulometriche del terreno da drenare. Il nucleo drenante poroso è costituito da "ciottoli" di polistirolo non riciclato, imputrescibile, insolubile e chimicamente inerte alle acque.
Il sistema GABBIODREN® rappresenta in molte situazioni di utilizzo la più sicura, veloce ed economica alternativa al classico sistema di drenaggio basato sull'utilizzo di materiali inerti abbinati a tubi dreno e geotessuto.




## Funzionamento

L'inserimento nel terreno di una trincea drenante permette di realizzare una linea a forte permeabilità data dalla differenza di pressione esistente tra quella presente all'interno del corpo del dreno (pressione atmosferica) e la sovrappressione dell'acqua che si trova all'interno dei pori del terreno stesso.
In virtù della differenza di permeabilità che si verifica all'interfaccia tra trincea drenante e mezzo geologico in posto, si innesca un moto di filtrazione che porta all'abbattimento della falda freatica ed alla diminuzione del tenore di acqua nel terreno. Il relativo abbattimento delle pressioni interstiziali (pressioni neutre **u**) porta ad un miglioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni.
In sostanza si introduce un aumento delle caratteristiche di resistenza del terreno, come espresso dalla nota relazione di Coulomb-Terzaghi che esprime la resistenza al taglio disponibile nel terreno ($\tau$) in relazione alla tensione normale efficace ($\sigma'$):

$$\tau = C' + \sigma' \, tg \, \phi' \qquad \text{con } \sigma' = (\sigma - u)$$

# Campi di impiego

## DRENAGGI IN FRANA

Il sistema GABBIODREN® nasce come alternativa all'utilizzo di trincee drenanti a gravità tradizionali (realizzate con inerti, tessuto nontessuto e tubo dreno) nel consolidamento dei versanti attivamente o potenzialmente interessati da movimenti gravitativi e frane.

## DRENAGGI PER IL CONSOLIDAMENTO E LA PROTEZIONE DI STRADE

## DRENAGGI IN EDILIZIA

Il GABBIODREN® è largamente impiegato per la risoluzione di problemi legati ad oscillazioni della falda e infiltrazioni di acqua negli interrati. L'utilizzo in contesto residenziale assicura lo stoccaggio rapido e ordinato dei materiali, la massima pulizia nella zona dei lavori, massima velocità realizzativa, minimo uso di mezzi con riduzione di ingombri, rumori e disagi.

## DRENAGGI IN VIGNETI ED AREE AGRICOLE

Il GABBIODREN® trova largo impiego in agricoltura dove si è rivelato particolarmente efficace nei vigneti e nei frutteti. Consente infatti di mantenere stabili e drenati i terreni, assicurando lo smaltimento e la raccolta delle acque meteoriche. Concorre efficacemente nel mantenere il suolo in condizioni ottimali al transito dei mezzi agricoli.

# Nuovo Gabbiodren®T con tubo dreno preassemblato

La nuova tecnologia Gabbiodren®T è stata studiata e sviluppata in affiancamento alla tecnica ormai classica del Gabbiodren®.
Questo nuovo sistema consente di estendere ulteriormente le potenzialità applicative del Sistema Gabbiodren® attraverso l'aumento della capacità di deflusso idrico in termini di quantità e velocità di smaltimento delle acque.
L'introduzione del tubo alla base del pannello in fase di produzione consente un efficace raccolta e smaltimento delle acque verso i recapiti intermedi e di valle, ad esempio pozzetti di raccordi e ispezione, fossi e canali.
La nuova tecnologia Gabbiodren®T trova applicazione dei sistemi di drenaggio complessi realizzati attraverso l'impianto di un sistema a "lisca di pesce". In questo caso esiste un collettore centrale di drenaggio che funge anche da linea principale di smaltimento delle acque raccolte attraverso una serie di bracci drenanti "secondari" che confluiscono nel collettore. In questi casi il pannello drenante preassemblato con il tubo consente un aumento della capacità di smaltimento della linea centrale, in tal modo il collettore non si trova sovraccaricato idraulicamente dai singoli contributi delle trincee afferenti.

Un altro caso tipico di applicazione della tecnica è nelle linee drenanti sub-parallele alle isoipse. In questi drenaggi longitudinali per linee parallele definiti "a pettine" si realizzano linee drenanti singole con estensioni che possono arrivare a lunghezze di parecchie centinaia di metri.

Le singole linee di drenaggio pertanto presentano bassi gradienti con conseguenti possibili difficoltà di smaltimento verso il recapito.

L'introduzione del pannello preassemblato con tubo fessurato mantiene lungo la linea di drenaggio una forte capacità di smaltimento delle portate evitando sovraccarichi idraulici dei pannelli prossimali ai recapiti di valle.

La tecnica classica prevede l'aumento della sezione drenante da monte verso valle con conseguente aumento di risorse economiche; l'utilizzo della tecnologia Gabbiodren®T consente di ottenere i medesimi risultati in maniera economicamente vantaggiosa.

# Vantaggi rispetto ai sistemi tradizionali

I vantaggi derivanti dall'utilizzo del pannello drenante prefabbricato GABBIODREN® in alternativa al sistema classico (ghiaia + tubo + geotessuto) sono:

- **maggiore sicurezza**: i pannelli drenanti GABBIODREN® si assemblano a bordo scavo e vengono successivamente calati nella trincea dall'esterno. Gli operatori non devono pertanto entrare in scavo per lavorazioni inerenti l'innesto tra i tubi o la sistemazione del tessuto

- **grande facilità di movimentazione**: ogni pannello GABBIODREN® da 2x1x0,30 metri pesa circa 16 kg. e pertanto può essere movimentato anche manualmente in linea con la norma vigente. La leggerezza dei materiali, permette di trasportarli sull'area di cantiere fino a bordo scavo anche manualmente

- **gestione di cantiere**: i materiali preassemblati consentono di avere aree di cantiere pulite e sgombere da grandi quantità di inerti e frequenti passaggi di camion per gli approvvigionamenti. La riduzione dei volumi da trasportare può essere fondamentale nella logistica di alcuni cantieri di difficile accesso. Con l'utilizzo del pannello drenante GABBIODREN® si riducono di circa 2/3 i volumi di materiali trasportati su strada

- **alleggerimento del versante**: la riduzione dei volumi e dei pesi consente di ridurre i carichi transitanti su aree fragili e instabili inoltre si realizza un alleggerimento dei versanti in dissesto, infatti 0,60 mc di GABBIODREN® pesano circa 16 kg contro i circa 1000 kg dell'inerte tradizionale per una pari volumetria

- **maggiore velocità di posa**: i pannelli drenanti GABBIODREN® possono essere posati, nella maggior parte delle condizioni di terreno e di scavo, alla medesima velocità di avanzamento dell'escavatore nell'apertura della trincea

- **versatilità e modularità** del sistema GABBIODREN®: grazie a tali caratteristiche e' possibile la realizzazione di trincee con camini drenanti ad interassi variabili e studiati in fase progettuale o stabiliti in cantiere a scavo aperto. Ciò comporta molti vantaggi in termini economici, operativi e geotecnici. Si possono in tal modo ridurre i costi di una sezione drenante completa; si possono velocemente realizzare camini in sostituzione di quelli in inerte problematici da approntare; si possono alloggiare i camini nei punti più idonei (falde sospese, emergenze idriche, etc.); si accelera la stabilizzazione del flusso e si abbreviano i percorsi di filtrazione con evidenti e positivi effetti geotecnici

- **flessibilità e continuità** del sistema: la grande flessibilità del sistema permette di realizzare linee drenanti con angoli anche molto stretti mantenendo la continuità del drenaggio in caso di notevoli dislocazioni dei terreni provocati da riaggiustamenti di corpi gravitativi o eventi sismici

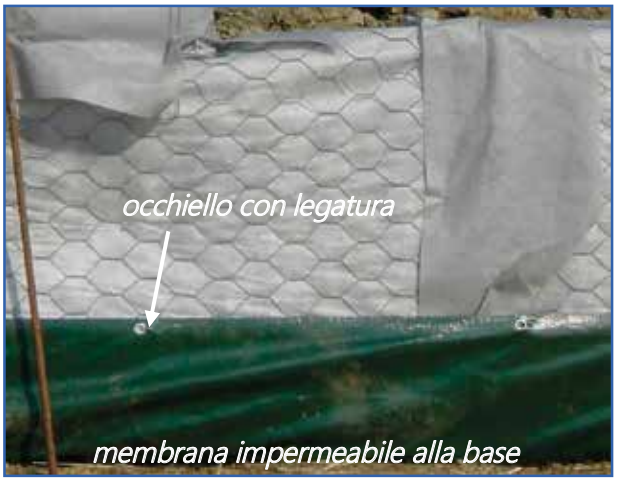
- l'introduzione del **nuovo Sistema GABBIODREN® T**, preassemblato **con tubo dreno** alla base del pannello, consente l'aumento della capacità di smaltimento idraulico della trincea e permette elevate portate anche in presenza di bassi gradienti (drenaggi sub paralleli alle isoipse); con questo pannello inoltre è possibile ovviare, in modo semplice ed efficace, al sovraccarico idraulico delle trincee da monte verso valle per effetto di rami drenanti secondari che si innestano nella linea centrale provvista di tubo

# Fasi esecutive di posa e suggerimenti tecnici

Il GABBIODREN® viene fornito dalla fabbrica confezionato in speciali pacchi contenenti fino a sette elementi di dimensioni 2x1x0,30 m (e fino a 14 nel caso di pannello 2x0,50x0,30 m).
Dopo avere aperto il pacco contenente gli elementi GABBIODREN® è necessario allineare i pannelli dal lato di base avendo cioè cura di mantenere la fascetta di risvolto in alto.

La fascetta di risvolto in geotessile ha la funzione di impedire che durante le fasi di posa in opera della linea drenante possa interporsi del terreno tra i pannelli. La fascetta dovrà infatti proteggere da infiltrazioni di terreno la parte superiore e i due fianchi laterali della linea di giunzione tra due pannelli contigui.

Il montaggio della linea avviene unendo i pannelli e legandoli mediante filo metallico. Le legature devono unire due pannelli in almeno 8-10 punti con giunzioni sicure e stabili a vantaggio della continuità della linea drenante. Si procede in modo tale da formare una linea composta da quanti più pannelli possibile in relazione alla risposta delle pareti di scavo. Se il terreno di fondo scavo non fornisce le necessarie garanzie di impermeabilità, a causa di fratturazioni o permeabilità, si utilizzerà la guaina impermeabile occhiellata al di sotto dei pannelli. La guaina viene legata alla maglia metallica con filo di ferro attraverso gli occhielli.



Terminate le operazioni di assemblaggio e legatura del sistema GABBIODREN® si procede calando la pannellata mediante macchine operatrici o con l'ausilio di corde.
Per garantire la giunzione tra più file di pannelli, una già posata in trincea e l'altra a bordo scavo, si procede come illustrato di seguito. Prima di calare in scavo una fila di pannelli applicare all'ultimo elemento (dal lato da giuntare) una fune sufficientemente lunga da utilizzare per sollevare successivamente il lembo. Si utilizza poi la fune per estrarre la parte terminale della linea sollevandola fuori dallo scavo. Si giuntano nuovamente pannelli e si cala nello scavo. Queste semplici operazioni vengono interamente svolte fuori scavo e non comportano rischi per gli operatori

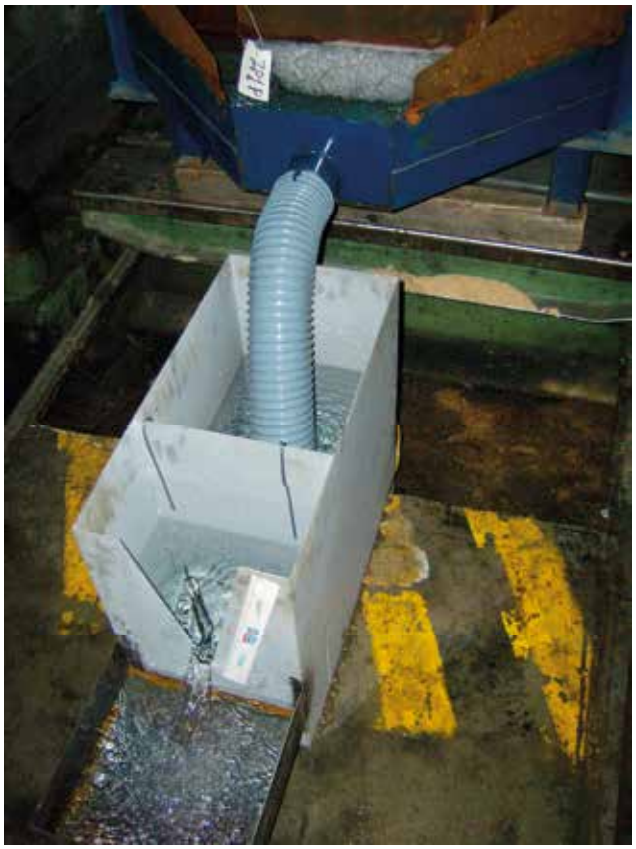
## Utilizzo dei camini drenanti

La configurazione con camini drenanti ha l'effetto geotecnico di accelerare i tempi di stabilizzazione del flusso, diminuendo il percorso di filtrazione che le particelle d'acqua devono affrontare dal piano campagna fino al dreno. Si riducono pertanto i tempi di consolidazione del corpo geologico oggetto di intervento. I camini drenanti consentono di potenziare il drenaggio in corrispondenza di eterogeneità litologiche che possono essere un mezzo preferenziale di circolazione idrica nel terreno. Quando la trincea GABBIODREN® viene utilizzata con la configurazione a camini drenanti è necessario legare il pannello 'camino' in posizione verticale o orizzontale, in relazione alle scelte progettuali e alla profondità dello scavo.

# Caratteristiche prestazionali e Certificazioni

Il sistema GABBIODREN® è caratterizzato tecnicamente mediante rigorosi test prestazionali sul comportamento a schiacciamento in condizioni di reale utilizzo, in termini di portate idrauliche transitanti, in termini di controlli dell'intasamento dei tessuti nel tempo e in termini di comparazione prestazionali nei confronti dei drenaggi tradizionali. Tutte le certificazioni sono prodotte da enti terzi e laboratori certificati (Polo Idraulico ENEL; Università di Parma - Dipartimento Ingegneria Civile), le ricerche sono svolte in collaborazione con i principali Dipartimenti di Ingegneria dei Materiali e Geotecnica.
Di seguito viene riportato uno stralcio dei risultati delle prove di caratterizzazione idraulica e tecnico-funzionale del pannello svolte presso i Laboratori del Polo Idraulico e Strutturale ENEL secondo la norma NORMA EN ISO 12958 MODIFICATA. Le prove sono finalizzate alla valutazione delle caratteristiche di portata e trasmissività idraulica in condizioni di crescente carico statico (da 2 a 200 kPa) ed al variare del gradiente idraulico. Tali prove hanno permesso di caratterizzare la trincea prefabbricata al fine di stabilirne il comportamento e il limite applicativo in condizioni di esercizio.

| Carico statico applicato σ (kPa) | Gradiente idraulico i | Portata Q (l/sec) | Portata oraria (litri) |
|---|---|---|---|
| 20 | 0,1 | 2,25 | 8100 |
| | 0,4 | 6,35 | 22860 |
| 100 | 0,1 | 0,35 | 1260 |
| | 0,4 | 1,41 | 5076 |



La Borghi Azio® SRL fornisce ai progettisti interessati supporto tecnico in fase progettuale.

010001016

BORGHI AZIO® S.r.l.

GABBIONI, RETI, DRENAGGI E GEOCOMPOSITI PER LA GEOTECNICA E L'INGEGNERIA NATURALISTICA

Borghi Azio S.r.l.
Via Papa Giovanni XXIII, 15 - San Polo d'Enza (RE) - ITALY
Tel. 0522.873193 - Fax 0522.873267
info@borghiazio.com
www.borghiazio.com