



## RELAZIONE IDROLOGICA-IDRAULICA

**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO  
DENOMINATO "BERNARDELLO", DI POTENZA COMPLESSIVA PARI A  
26,17 MW, IN CONTRADA PALMERI,  
TRA I COMUNI DI RAMACCA E BELLAPASSO (CT)**



**MADA**  
ENGINEERING



**CHUB 1 s.r.l**

Società proponente



---

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL BACINO .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDRAULICO .....</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>ANALISI IDROLOGICA.....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>VALUTAZIONE DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA .....</b>	<b>18</b>
	8.1 MISURE IDRAULICHE DI MITIGAZIONE.....	22
	8.2 REALIZZAZIONE DI TRINCEE DRENANTI SU FOSSI PERIMETRALI .....	23
<b>7</b>	<b>INTERVENTI PER IL MANTENIMENTO DELLA PERMEABILITÀ DEL TERRENO .....</b>	<b>25</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>26</b>
	<b>ALLEGATI .....</b>	<b>28</b>



## 1 INTRODUZIONE

Il presente studio è redatto al fine di definire la compatibilità idraulica per la realizzazione di un impianto agrivoltaico di 26,17 MW denominato “BERNARDELLO” sito in C.da Palmeri, all’interno del Comune di Ramacca (CT).

La presente relazione riporta i risultati dell’analisi idrologica ed idraulica del bacino di pertinenza all’interno del quale ricade il lotto di interesse.

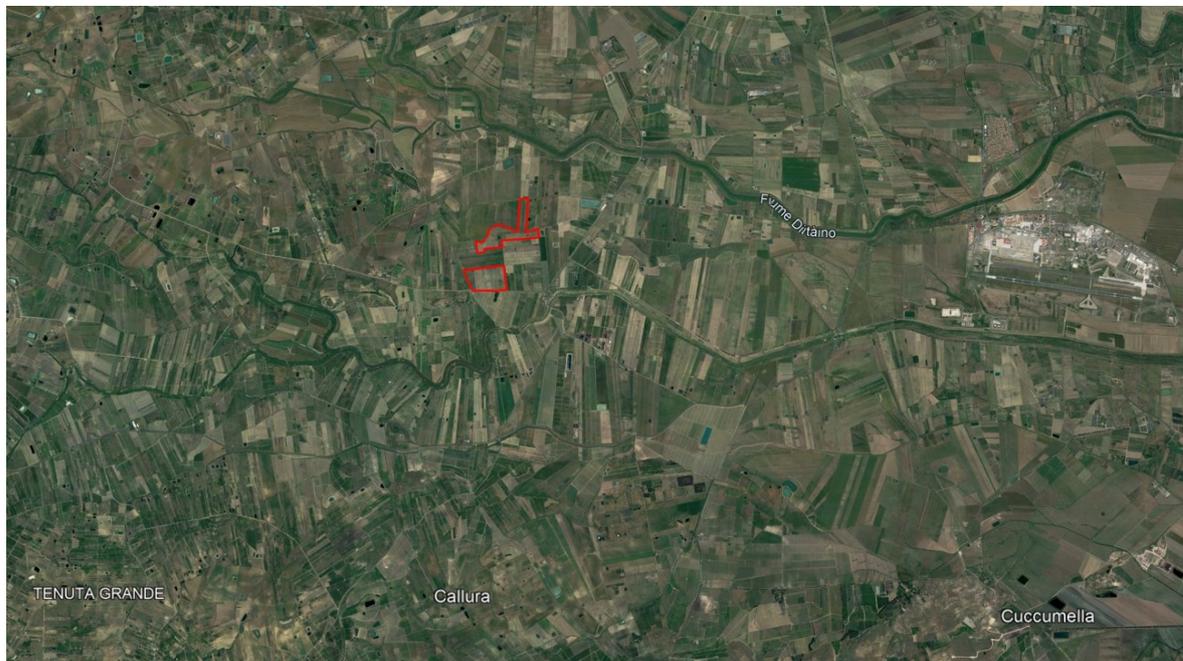
Al fine di mantenere l’equilibrio e l’assetto naturale del sistema idraulico e idrogeologico del contesto di riferimento e di impatto dell’intervento, si sono condotte le opportune verifiche e si sono prospettate azioni e interventi compatibili e sostenibili, improntate al principio dell’invarianza idraulica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

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area di interesse ricade in Provincia di Catania, tra i Comuni di Ramacca e Belpasso, fuori dal centro abitato, in una zona a vocazione agricola.

L'area proposta per la realizzazione del parco fotovoltaico, dista in linea d'aria più di 6,5 km a Ovest dall'aeroporto dell'Aeronautica Militare di Sigonella e a 10 km ad Est dal centro abitato di Ramacca.

L'area è individuabile dalle seguenti coordinate geografiche: Lat. 37°24'26" N; Long. 14°49'24" E.



**Figura 2.1 – Inquadramento territoriale**



### 3 CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE DEL BACINO

Il bacino di pertinenza dell'area ricade all'interno del grande "Bacino Idrografico del Fiume Simeto" censito dal PAI al numero 094.

Il bacino in oggetto fino alla sezione di chiusura individuata immediatamente a valle dell'impianto, presenta una superficie pari a 134 km<sup>2</sup>.

Le principali caratteristiche morfometriche del bacino idrografico e le valutazioni idrologiche ed idrauliche, sono di seguito riportate.

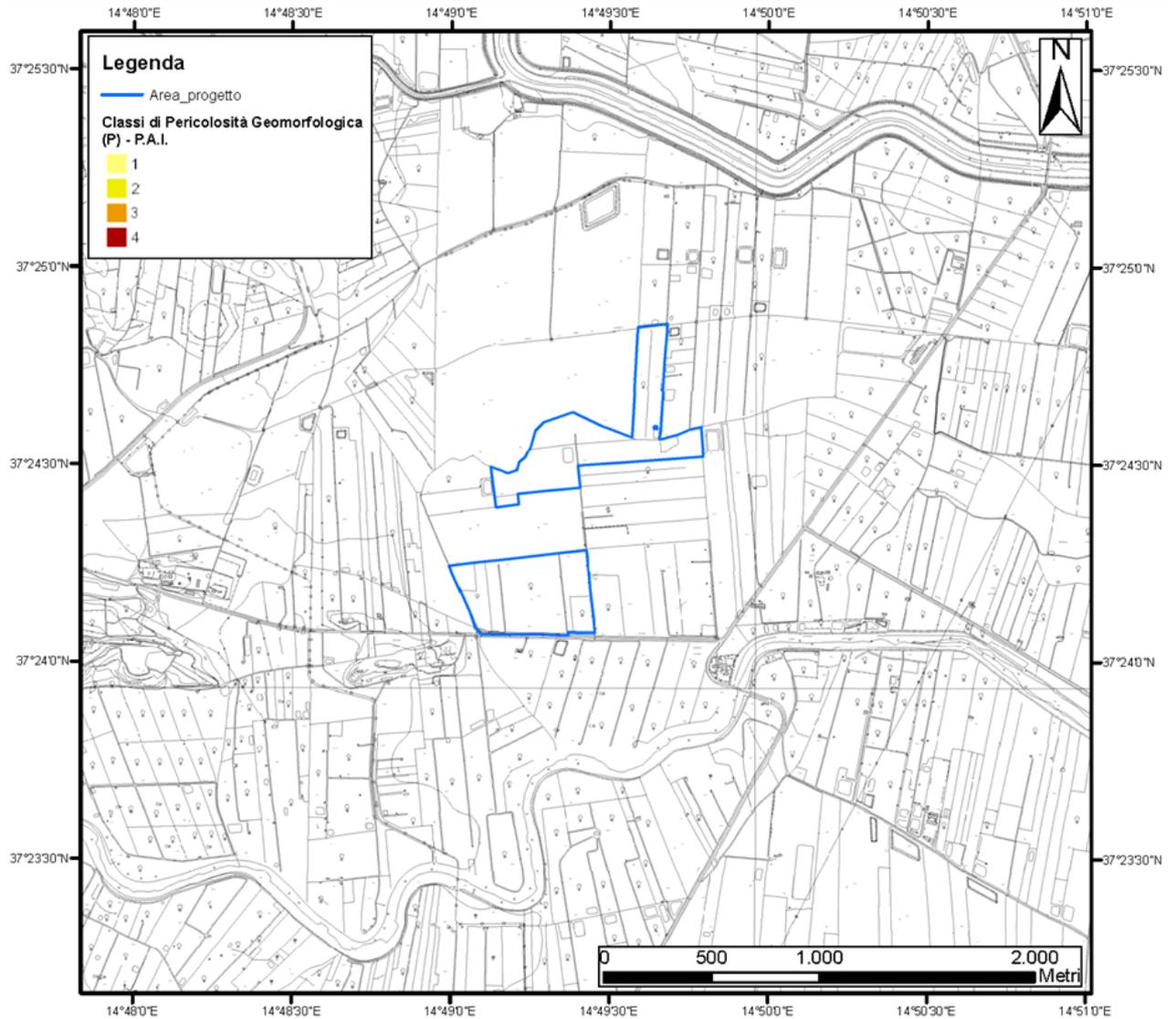
**Tabella 3.1 - Caratteristiche morfometriche del bacino**

Area (km <sup>2</sup> )	H <sub>med</sub> (m.s.l.m.)	H <sub>0</sub> (m.s.l.m.)	L asta principale (km)	i (%)
134	292	197	31	0.6

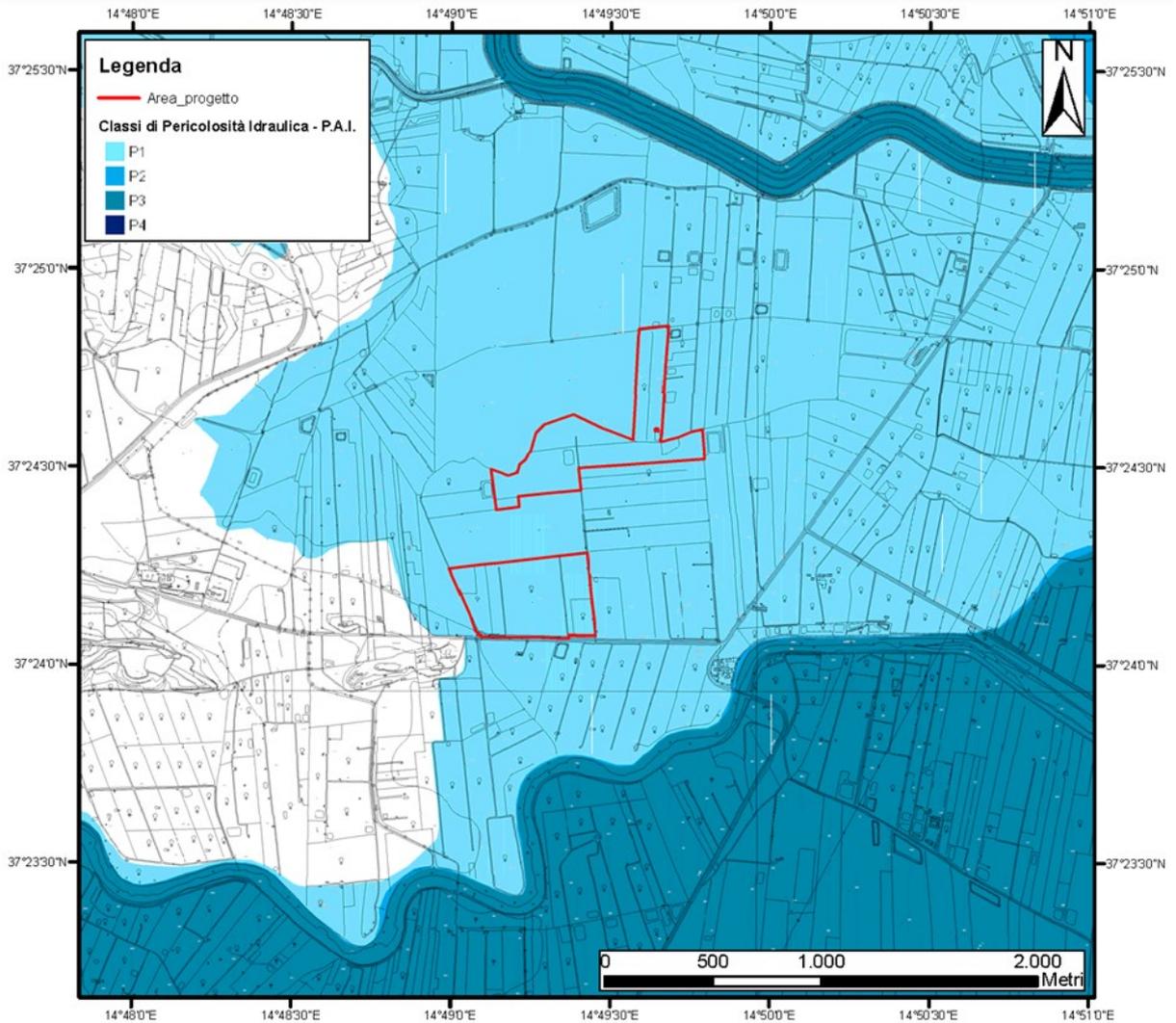
### 4 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDRAULICO

Si sono analizzate le cartografie relative al Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) al fine di evidenziare eventuali livelli di pericolosità e rischio geomorfologico e idraulico in corrispondenza dell'area di impianto.

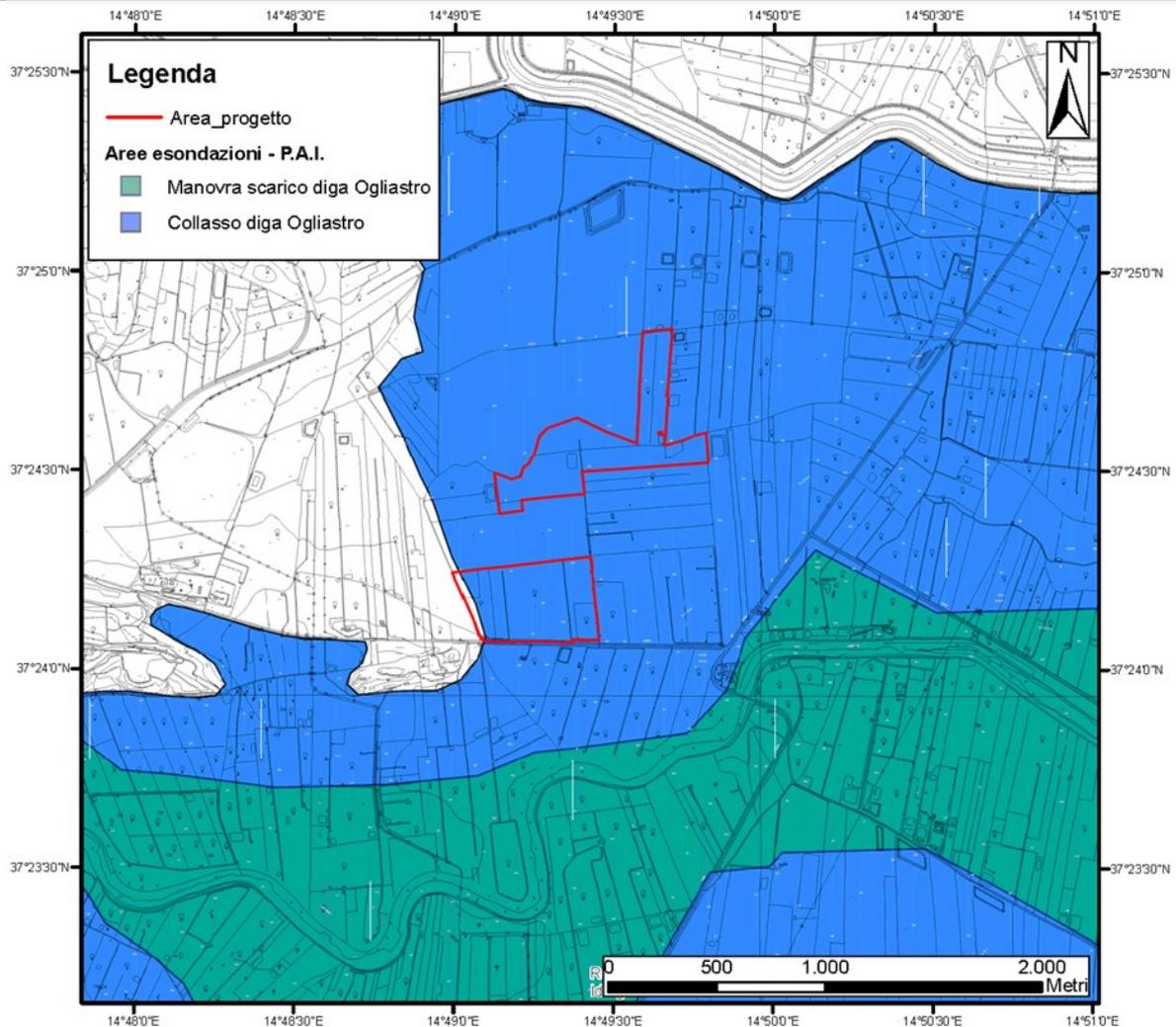
Di seguito si riportano degli stralci planimetrici delle suddette carte, con la delimitazione del sito in esame all'interno di esse, al fine di individuare eventuali sovrapposizioni con zone soggette a pericolosità o a rischio idraulico.



**Figura 4.1 – Pericolosità Geomorfologica da P.A.I per le zone oggetto di intervento.**



**Figura 4.2 – Pericolosità Idraulica da P.A.I per le zone oggetto di intervento.**



**Figura 4.3 – Area di esondazione diga Ogliastro da P.A.I per le zone oggetto di intervento.**

Dalla verifica cartografica si determina, pertanto, la sussistenza di zone soggette a pericolosità idraulica di livello P1, P2 e P3.

Si fa presente, però, che tutto il layout di impianto è soggetto al solo livello di pericolosità P1



## 5 ANALISI IDROLOGICA

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

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

Per quanto riguarda i dati degli eventi estremi, si è deciso di adottare le serie dei massimi annuali di durata fissata (1, 3, 6, 12 e 24 ore) della stazione di Piazza Armerina (la più vicina all'area oggetto di studio), attualmente disponibili, non continuativamente, per il periodo 1928-2015 reperibili nella Parte I – tabella III degli Annali Idrologici dell'Osservatorio delle Acque dell'Agenzia Regionale per i Rifiuti e le Acque.

**Tabella 6.1 – Altezze di pioggia massime annuali relative alla stazione di Piazza Armerina**

STAZIONE PLUVIOMETRICA			PIAZZA ARMERINA		
ANNI DI OSSERVAZIONE			55		
	INTERVALLO DI ORE				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
ANNO	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1928	35.0	35.2	41.2	52.2	77.4
1929	30.0	41.8	41.8	48.6	77.4
1930	56.8	59.6	59.8	59.8	59.8
1931	13.6	40.6	65.0	83.0	127.4
1932	34.2	36.0	36.6	53.0	74.6
1933	13.0	35.6	53.0	80.0	117.0
1934	32.0	35.0	51.6	64.4	78.6
1935	41.6	43.8	54.4	87.0	113.0



STAZIONE PLUVIOMETRICA			PIAZZA ARMERINA		
ANNI DI OSSERVAZIONE			55		
	INTERVALLO DI ORE				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
ANNO	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1937	42.0	67.0	67.2	67.2	67.2
1942	16.0	25.4	40.2	58.4	91.0
1944	35.8	38.8	60.0	103.0	154.2
1956	11.4	16.0	22.6	23.6	28.6
1960	16.6	22.4	30.4	46.8	50.0
1961	19.8	22.0	23.0	32.2	45.2
1962	12.6	34.0	52.4	57.8	65.4
1963	25.4	30.2	34.2	47.8	61.8
1964	41.0	78.4	89.6	156.6	177.8
1965	32.6	48.4	81.6	86.6	98.8
1966	37.8	66.2	102.0	123.0	138.4



STAZIONE PLUVIOMETRICA			PIAZZA ARMERINA		
ANNI DI OSSERVAZIONE			55		
	INTERVALLO DI ORE				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
ANNO	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1967	14.4	19.6	30.6	40.6	74.2
1968	15.2	31.0	50.2	72.4	104.4
1969	15.0	26.4	35.2	44.0	46.6
1970	30.2	30.8	39.8	45.6	47.8
1971	29.2	64.6	71.0	71.2	75.0
1972	16.8	30.8	31.6	50.0	53.0
1973	20.0	42.6	70.6	94.2	160.2
1974	24.0	33.6	45.0	48.8	51.0
1975	17.6	30.2	36.4	41.0	50.4
1976	23.2	25.6	29.0	57.4	80.4
1978	60.0	77.2	83.8	85.4	91.0
1980	40.0	47.8	47.8	48.8	59.2
1981	26.2	33.0	34.0	34.0	34.2
1983	28.2	30.2	41.0	46.6	69.0
1984	31.0	57.0	63.4	74.6	95.8
1985	14.2	25.4	37.0	68.0	115.2
1986	24.6	32.2	35.0	35.2	35.4
1987	18.0	30.4	30.4	31.4	37.0
1988	18.0	35.0	56.0	79.8	90.8



STAZIONE PLUVIOMETRICA			PIAZZA ARMERINA		
ANNI DI OSSERVAZIONE			55		
	INTERVALLO DI ORE				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
ANNO	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1989	36.0	36.4	36.4	36.4	36.6
1991	93.0	106.0	109.2	195.6	225.4
1993	21.0	37.0	37.4	37.6	44.0
1997	35.2	55.0	55.0	55.0	81.0
1998	36.0	36.0	38.2	39.0	57.0
1999	28.4	30.6	52.4	77.4	119.0
2000	39.4	40.6	52.6	52.6	61.4
2001	35.2	38.4	38.4	38.4	38.4
2002	30.6	36.2	36.2	36.2	36.4
2004	40.0	62.0	75.2	80.6	84.4
2006	12.8	30.6	48.4	66.6	113.6
2007	13.0	26.4	52.2	85.0	117.0
2008	40.6	64.6	78.0	78.0	79.6
2011	25.4	36.0	57.0	90.4	98.2
2013	26.4	29.0	41.8	49.8	52.8
2014	26.0	40.0	59.6	79.6	88.8
2015	41.0	46.4	55.8	68.2	104.0

Per ogni serie di dati, i valori sono disposti in ordine crescente ed è calcolata, per ognuno di essi, la frequenza cumulata di Weibull:



$$F_i = \frac{i}{N+1}$$

dove  $i$  è il numero d'ordine del dato ed  $N$  è il numero di dati.

I valori sono riportati nella seguente tabella:

**Tabella 6.2 – Altezze di pioggia massime annuali ordinate - Stazione di Piazza Armerina**

STAZIONE PLUVIOMETRICA				PIAZZA ARMERINA		
ANNI DI OSSERVAZIONE				55		
	INTERVALLO DI ORE					
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	
$i$	$h$ (mm)	$h$ (mm)	$h$ (mm)	$h$ (mm)	$h$ (mm)	$F_i$
1	11.4	16.0	22.6	23.6	28.6	0.0179
2	12.6	19.6	23.0	31.4	34.2	0.0357
3	12.8	22.0	29.0	32.2	35.4	0.0536
4	13.0	22.4	30.4	34.0	36.4	0.0714
5	13.0	25.4	30.4	35.2	36.6	0.0893
6	13.6	25.4	30.6	36.2	37.0	0.1071
7	14.2	25.6	31.6	36.4	38.4	0.1250
8	14.4	26.4	34.0	37.6	44.0	0.1429
9	15.0	26.4	34.2	38.4	45.2	0.1607
10	15.2	29.0	35.0	39.0	46.6	0.1786
11	16.0	30.2	35.2	40.6	47.8	0.1964
12	16.6	30.2	36.2	41.0	50.0	0.2143



STAZIONE PLUVIOMETRICA				PIAZZA ARMERINA		
ANNI DI OSSERVAZIONE				55		
	INTERVALLO DI ORE					Fi
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	
i	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	
13	16.8	30.2	36.4	44.0	50.4	0.2321
14	17.6	30.4	36.4	45.6	51.0	0.2500
15	18.0	30.6	36.6	46.6	52.8	0.2679
16	18.0	30.6	37.0	46.8	53.0	0.2857
17	19.8	30.8	37.4	47.8	57.0	0.3036
18	20.0	30.8	38.2	48.6	59.2	0.3214
19	21.0	31.0	38.4	48.8	59.8	0.3393
20	23.2	32.2	39.8	48.8	61.4	0.3571
21	24.0	33.0	40.2	49.8	61.8	0.3750
22	24.6	33.6	41.0	50.0	65.4	0.3929
23	25.4	34.0	41.2	52.2	67.2	0.4107
24	25.4	35.0	41.8	52.6	69.0	0.4286
25	26.0	35.0	41.8	53.0	74.2	0.4464
26	26.2	35.2	45.0	55.0	74.6	0.4643
27	26.4	35.6	47.8	57.4	75.0	0.4821
28	28.2	36.0	48.4	57.8	77.4	0.5000
29	28.4	36.0	50.2	58.4	77.4	0.5179
30	29.2	36.0	51.6	59.8	78.6	0.5357
31	30.0	36.2	52.2	64.4	79.6	0.5536



STAZIONE PLUVIOMETRICA				PIAZZA ARMERINA		
ANNI DI OSSERVAZIONE				55		
	INTERVALLO DI ORE					Fi
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	
i	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	
32	30.2	36.4	52.4	66.6	80.4	0.5714
33	30.6	37.0	52.4	67.2	81.0	0.5893
34	31.0	38.4	52.6	68.0	84.4	0.6071
35	32.0	38.8	53.0	68.2	88.8	0.6250
36	32.6	40.0	54.4	71.2	90.8	0.6429
37	34.2	40.6	55.0	72.4	91.0	0.6607
38	35.0	40.6	55.8	74.6	91.0	0.6786
39	35.2	41.8	56.0	77.4	95.8	0.6964
40	35.2	42.6	57.0	78.0	98.2	0.7143
41	35.8	43.8	59.6	79.6	98.8	0.7321
42	36.0	46.4	59.8	79.8	104.0	0.7500
43	36.0	47.8	60.0	80.0	104.4	0.7679
44	37.8	48.4	63.4	80.6	113.0	0.7857
45	39.4	55.0	65.0	83.0	113.6	0.8036
46	40.0	57.0	67.2	85.0	115.2	0.8214
47	40.0	59.6	70.6	85.4	117.0	0.8393
48	40.6	62.0	71.0	86.6	117.0	0.8571
49	41.0	64.6	75.2	87.0	119.0	0.8750
50	41.0	64.6	78.0	90.4	127.4	0.8929



STAZIONE PLUVIOMETRICA				PIAZZA ARMERINA		
ANNI DI OSSERVAZIONE				55		
	INTERVALLO DI ORE					Fi
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	
i	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	
51	41.6	66.2	81.6	94.2	138.4	0.9107
52	42.0	67.0	83.8	103.0	154.2	0.9286
53	56.8	77.2	89.6	123.0	160.2	0.9464
54	60.0	78.4	102.0	156.6	177.8	0.9643
55	93.0	106.0	109.2	195.6	225.4	0.9821

Per determinare le curve di probabilità pluviometrica bisogna anzitutto adattare una distribuzione di probabilità alle serie dei dati delle piogge intense. Tra le diverse distribuzioni si è scelta la funzione densità di probabilità di Gumbel che, come è noto, ben si adatta agli eventi estremi. Essa, in formule, è espressa come di seguito riportato:

$$P = e^{-e^{-\alpha(h-u)}}$$

I parametri  $u$  ed  $\alpha$  sono determinati a partire dai momenti del campione di dati analizzati. In particolare essi sono legati alla media ed allo scarto quadratico medio del campione dalle seguenti relazioni:

$$\alpha = 1.283/\sigma \quad u = \mu - 0.450\sigma$$

I valori dei parametri delle 5 distribuzioni di Gumbel associate alle serie del campione sono riportati nella seguente tabella:



**Tabella 6.3 – Valori di media, scarto quadratico medio e parametri  $u$  e  $\alpha$ , relativi alla serie di dati a disposizione, per le differenti durate di osservazione.**

	INTERVALLO DI ORE				
	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
$\mu$ (h)	28.96	40.56	50.88	64.84	82.03
$\sigma$ (h)	14.23	16.85	19.04	30.36	39.40
$\alpha$ (h)	0.090	0.076	0.067	0.042	0.033
$u$ (h)	22.56	32.98	42.31	51.18	64.30

A partire dalle 5 distribuzioni di probabilità determinate, è possibile trovare, per fissata probabilità di non superamento  $P$  o per fissato tempo di ritorno  $T_R$ , i valori di precipitazione  $h$  corrispondenti alle 5 differenti durate utilizzando la relazione:

$$h = u - \frac{\ln [-\ln (P)]}{\alpha}$$

Ai fini della presente analisi si sono fissati differenti tempi di ritorno ( $T_R = 2, 5, 10, 20, 50, 100$  e  $300$  anni) rispetto ai quali calcolare le precipitazioni corrispondenti ad una durata di  $1, 3, 6, 12$  e  $24$  ore.

Le distribuzioni di altezze in funzione della durata di pioggia sono state infine regolarizzate attraverso curve interpolanti di equazione:

$$h = a \cdot t^n$$

La stima dei parametri  $a$  e  $n$  è determinabile con il metodo dei minimi quadrati, da cui fissato un tempo di ritorno è possibile calcolare i termini della retta ( $\log a, n$ ) mediante le seguenti espressioni:

$$n = \frac{N \sum_{m=1}^N (\log t \cdot \log h) - \sum_{m=1}^N (\log t) \cdot \sum_{m=1}^N (\log h)}{N \sum_{m=1}^N (\log t)^2 - (\sum_{m=1}^N \log t)^2}$$

$$\log a = \frac{\sum_{m=1}^N (\log h) \cdot \sum_{m=1}^N (\log t)^2 - \sum_{m=1}^N (\log t) \cdot \sum_{m=1}^N (\log t) \cdot (\log h)}{N \sum_{m=1}^N (\log t)^2 - (\sum_{m=1}^N \log t)^2}$$



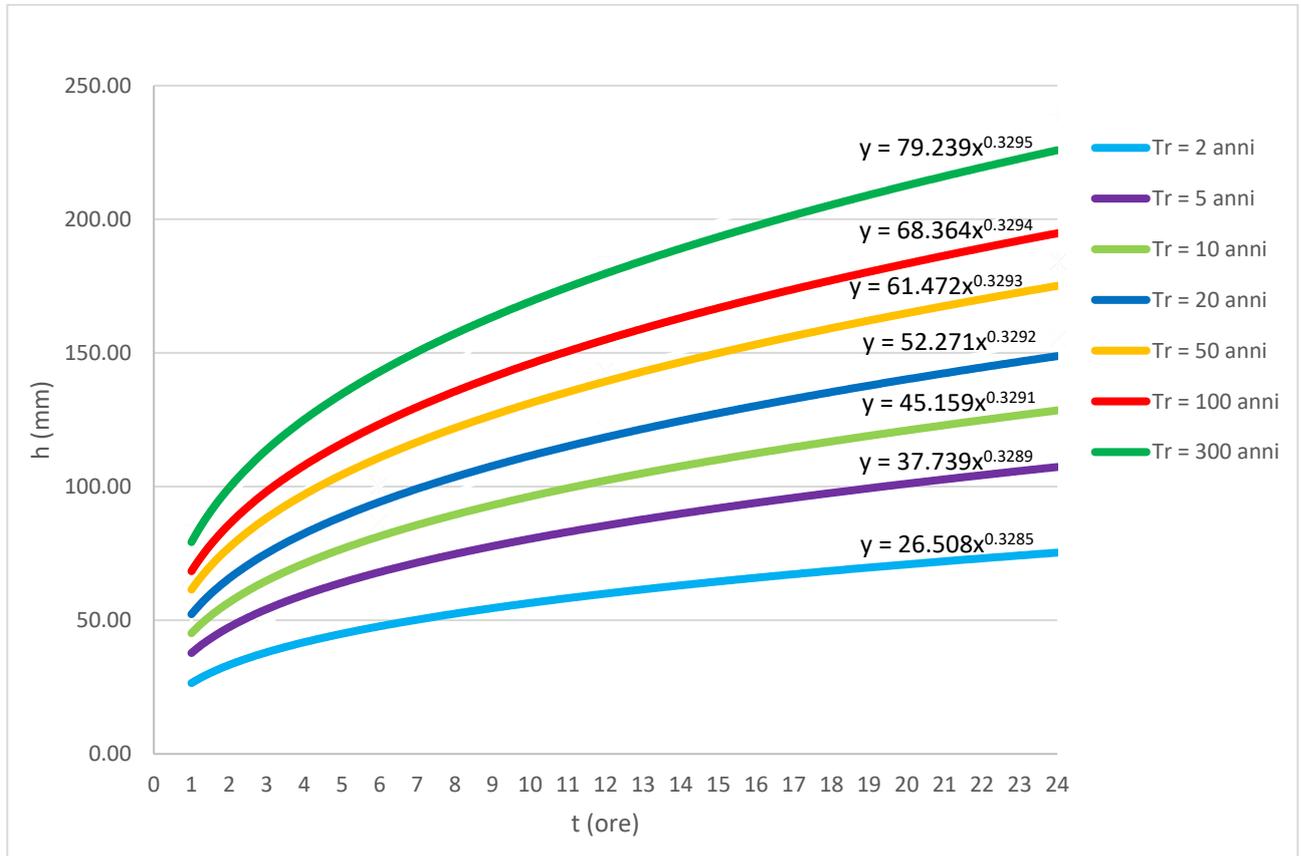
Sono state così ottenute le curve di probabilità pluviometrica che esprimono il legame tra altezza di pioggia  $h$  (mm) e durata  $t$  (ore) per fissato tempo di ritorno  $T_R$  (anni).

I risultati ottenuti sono riportati nella seguente tabella:

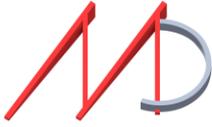
**Tabella 6.4 – Curve di probabilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno.**

<b>Tr (anni)</b>	<b>Curva di probabilità pluviometrica</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
2	$h=26,508 t^{0,3285}$	0,9991
5	$h=37,739 t^{0,3289}$	0,9887
10	$h=45,159 t^{0,3291}$	0,9824
20	$h=52,271 t^{0,3292}$	0,9764
50	$h=61,472 t^{0,3293}$	0,9696
100	$h=68,364 t^{0,3294}$	0,9650
300	$h=79,239 t^{0,3295}$	0,9590

Nella figura successiva vengono rappresentate le suddette curve di probabilità pluviometrica.



**Figura 6.1 – Curve di probabilità pluviometrica (Stazione di Piazza Armerina)**



## 6 VALUTAZIONE DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA

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

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

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

- Incolto e uso agricolo  $\varphi = 0$

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



**Tabella 10.I – Valori del coefficiente di deflusso. Allegato 1 della legge regionale 29 aprile 2015, n.11 (Disciplina organica in materia di difesa del suolo e di utilizzazione delle acque) del Friuli–Venezia Giulia.**

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

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

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

Dove  $\varphi_i$  sono i coefficienti di deflusso delle aree elementari omogenee  $A_i$ .

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

Con riferimento alla Tabella 10.I, come detto si è attribuito a queste aree un coefficiente di deflusso pari a 0 corrispondente al valore cautelativo tabellato per terreno incolto e uso agricolo.

Le informazioni appena illustrate relative all'area di progetto nella condizione *ante operam* vengono sintetizzate in Tabella 10.II.



**Tabella 10.II – Condizioni ante-operam**

Utilizzo suolo Ante-Operam			
	Area (ha)	Coeff. Deflusso $\phi$	Note
Area di intervento	46,450	0,00	Valore incolto e uso agricolo riportato in Allegato 2 del DDG 102 del 23/06/2021
		$\phi$	
	<b>Media ponderata</b>	<b>0,00</b>	

In condizioni *post operam*, invece, si avrà una **variazione dell'uso del suolo** del lotto per effetto della realizzazione dell'impianto in progetto. In particolare, le superfici avranno la destinazione d'uso riportata in Tabella 10.III, in accordo a quanto indicato negli elaborati progettuali. Per ciascuna di queste superfici, **facendo riferimento alla Tabella 10.I**, si è individuato il pertinente coefficiente di deflusso.



**Tabella 10.III – Condizioni post-operam**

<b>Utilizzo suolo Post-Operam</b>			
	<b>Area [ha]</b>	<b>Coeff. Deflusso <math>\phi</math></b>	<b>Note</b>
Area totale	46,450		Area totale
Proiezione strutture (al netto di pali)	12,965	0,40	Valore riportato in Normativa cautelativamente aumentato
Proiezione strutture sottocampo 5 (al netto di pali)	1,039	0,40	Valore riportato in Normativa cautelativamente aumentato
Pali	0,047	1,00	Superficie perfettamente impermeabile
Pali sottocampo 5	0,004	1,00	Superficie perfettamente impermeabile
Cabinati + piazzole	0,425	1,00	Superficie perfettamente impermeabile
Fascia di mitigazione	4,657	0,30	Valore medio superfici giardini
Viabilità interna	2,799	0,60	Valore cautelativo superfici inghiaiate
Prato	18,585	0,30	Valore cautelativamente aumentato superfici giardini
Coltivazione aromatiche	1,363	0,40	Valore medio terreni coltivati
Aree libere (bacini, canali e fasce di rispetto, aree non utilizzate)	4,569	0,10	Valore ante operam cautelativamente aumentato
	<b>Totale <math>\phi</math></b>		
<b>Media ponderata</b>	<b>0,339</b>		



Si evidenzia, dunque, che la realizzazione dell'impianto comporta un aumento del coefficiente di deflusso che passa da un valore di 0 che compete alle condizioni ante operam, ad un valore medio totale di 0,339 riferito alle condizioni post-operam.

## 8.1 MISURE IDRAULICHE DI MITIGAZIONE

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

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

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

dove:

- $V_{max}$  è il volume di invaso necessario per non superare la portata limite allo scarico;
- $S$  è la superficie scolante a monte dell'invaso di laminazione (si considera cautelativamente una superficie impermeabile pari al 40%);
- $\varphi$  è coefficiente di deflusso medio ponderale dell'area drenante;
- $a$  ed  $n$  sono i parametri delle curve di possibilità pluviometrica;
- $Q_{IMP}$  è la portata limite ammessa allo scarico (in  $m^3/s$ ) corrispondente ad un coefficiente udometrico pari a 20 l/s per ettaro di superficie impermeabilizzata dall'intervento di urbanizzazione.

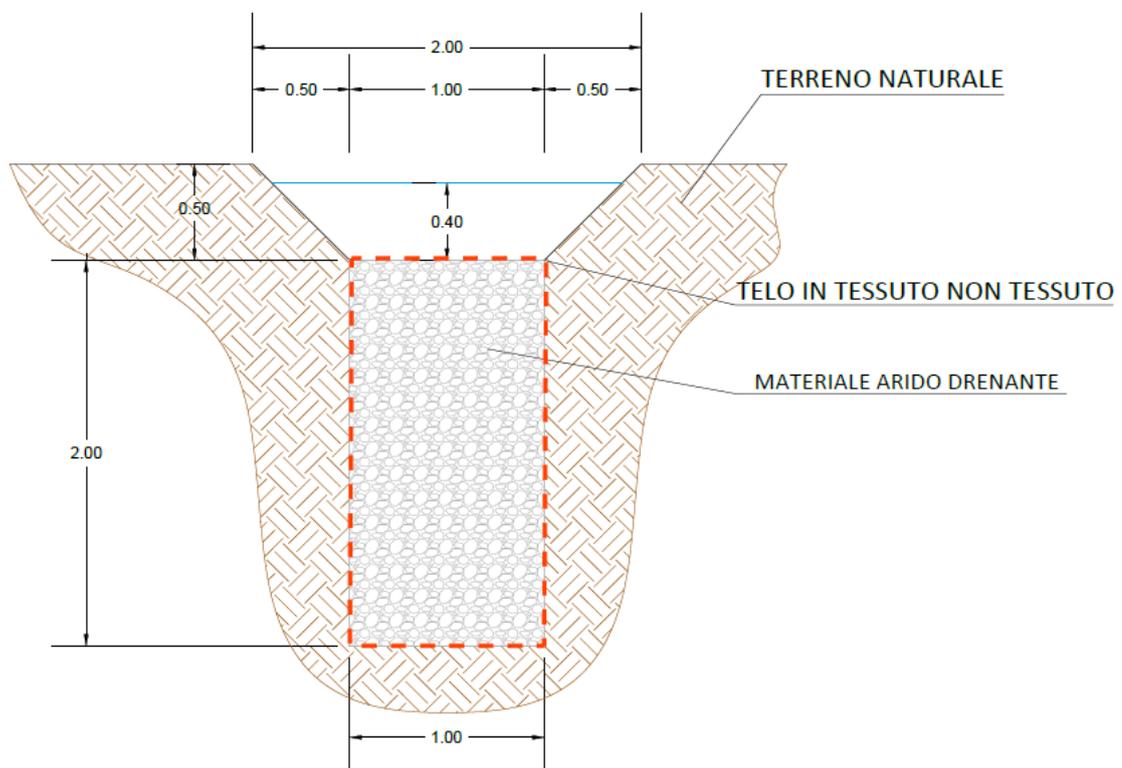
Dalle elaborazioni, si ottengono i seguenti valori:

**Tabella 10.1.1 – Calcolo volumi di laminazione – fonte DDG 102/2021 – Allegato 2**

ID AREA	Superficie (ha)	$\varphi$	a	n	$Q_{IMP}$ ( $m^3/s$ )	$V_{MAX}$ ( $m^3$ )
BERNARDELLO	46,450	0,339	61,472	0,3293	0,4645	<b>3186,80</b>

## 8.2 REALIZZAZIONE DI TRINCEE DRENANTI SU FOSSI PERIMETRALI

Al fine di assicurare l'invarianza idrologica e idraulica del sito in oggetto, si prevede la **realizzazione di fossi perimetrali con inserimento di trincee drenanti al loro interno** mediante l'approfondimento dello scavo fino a 2.00 m al di sotto della base minore della sezione trapezoidale del fosso, con successivo riempimento in materiale arido drenante e rivestimento con telo in tessuto non tessuto in modo da evitare il progressivo interrimento della frazione fine all'interno della trincea.



**Figura 10.2.1 – Sezione trasversale sistema fossi + trincee**

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



**Tabella 10.2.II** – Calcolo opere di compensazione idraulica per la laminazione dei volumi in eccesso

ID Area	Area fosso (m <sup>2</sup> )	Area trincea (m <sup>2</sup> )	Area effettiva trincea (m <sup>2</sup> )	Area tot. (m <sup>2</sup> )	Lungh. fossi + trincee per compensazione (m)	Lungh. Fossi + trincee in progetto (m)
Bernardello	0,56	2	0,8	1,36	2344	2813

$$\text{Vol. di progetto} = 2813 \times 1.36 = 3825,68 \text{ m}^3$$

**Vol. progetto > Vol. da laminare (DDG 102/2021)**

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

**Per mezzo di tale soluzione, pertanto, risultato rispettato il principio di invarianza idrologica e idraulica del sito, in accordo al DPCM del 07/03/2019 e al DDG n.102 DRU/AdB del 23/06/2021.**

L'intervento in ogni caso non comporterà modifiche alla morfologia: saranno mantenute le attuali pendenze del sito. Saranno svolte inoltre delle operazioni di manutenzione periodica in modo da garantire all'intero sistema la corretta funzionalità ed evitare fenomeni di interrimento nel tempo.



---

## 7 INTERVENTI PER IL MANTENIMENTO DELLA PERMEABILITÀ DEL TERRENO

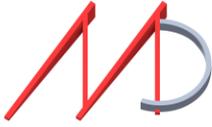
Al fine di agevolare il drenaggio e l'aerazione del terreno oltre che accrescere la capacità di ritenzione idrica del suolo, dopo la messa in opera dell'impianto fotovoltaico, verranno eseguite tra i filari dei moduli, le seguenti attività:

- Aratura del terreno;
- Rippatura di affinamento;

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

Si prevedono inoltre due sfalci all'anno.

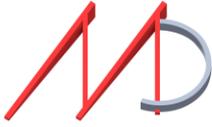
Tutte le lavorazioni indicate verranno realizzate con macchina cingolata e non gommata, questo per ridurre fenomeni di costipazione del terreno.



## 8 CONCLUSIONI

Alla luce delle verifiche di sussistenza di zone soggette a pericolosità ed a rischio idraulico in corrispondenza del sito oggetto di studio ed in seguito al calcolo idrologico e alla simulazione idraulica, è possibile concludere che:

- L'impatto delle opere da realizzare sull'attuale assetto idraulico nelle zone limitrofe a monte e a valle non determina una variazione delle attuali condizioni del rischio d'inondazione.
- Il raffronto tra le condizioni ante e post-operam evidenzia come la realizzazione dell'impianto comporti un aumento del coefficiente di deflusso medio del sito di progetto che, nello specifico, passa dal valore ante operam pari a 0 (valore cautelativo tabellato dal DDG 102/2021 per terreno incolto o ad uso agricolo) al valore di 0,339 riferito alle condizioni post-operam.
- Si prevede, pertanto, l'inserimento di opere di compensazione costituite nello specifico da trincee drenanti posizionate su fossi perimetrali, in modo da captare efficientemente le acque di ruscellamento superficiale.
- Le opere di compensazione, così calcolate, costituiscono un sistema chiuso che di fatto non sovraccarica idraulicamente il corpo idrico recettore, consentono di stoccare i volumi in eccesso derivanti dalla realizzazione delle opere e di far infiltrare per gravità le acque negli strati più profondi del terreno, garantendo l'invarianza idraulica dell'intero sistema progettuale.
- Le sopracitate opere di mitigazione e compensazione idraulica hanno quindi la funzione di laminare le portate eccedenti ed escludere la velocizzazione dello smaltimento delle acque fuori dal perimetro progettuale. Ai fini dell'invarianza idraulica ed alla scelta degli interventi di mitigazione idraulica ci si è attenuti alle linee guida del DPCM del 07/03/2019 ed in particolare al D.D.G. DRU e AdB n. 102/2021 con particolare riferimento a quanto indicato nell'allegato 2.
- Si prevede, di effettuare delle operazioni di manutenzione sia sulle opere idrauliche di progetto che sugli attuali recapiti finali mediante sfalcio di erbacce e ripristino della piena funzionalità idraulica, al fine di garantire un corretto drenaggio dei volumi ed evitare ostruzioni al libero deflusso delle acque. Per mantenere una buona permeabilità del terreno, si prevede inoltre, con cadenza annuale, di eseguire la rippatura con ripuntatore, ad una profondità di 40-50 cm.



- La Ditta, infine, si rende disponibile ad effettuare in fase di esercizio opere idrauliche integrative non previste in questa fase, qualora le condizioni idrogeologiche, nell'ambito dell'area di progetto e immediatamente a valle di essa, lo richiedessero.

Alla luce delle analisi effettuate, si può infine affermare che il sito non presenta particolari problematiche per la realizzazione delle tipologie di opere in progetto.





ISO 9001  
BUREAU VERITAS  
Certification



## ALLEGATI

**MADA ENGINEERING S.R.L.**

SERVIZI DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

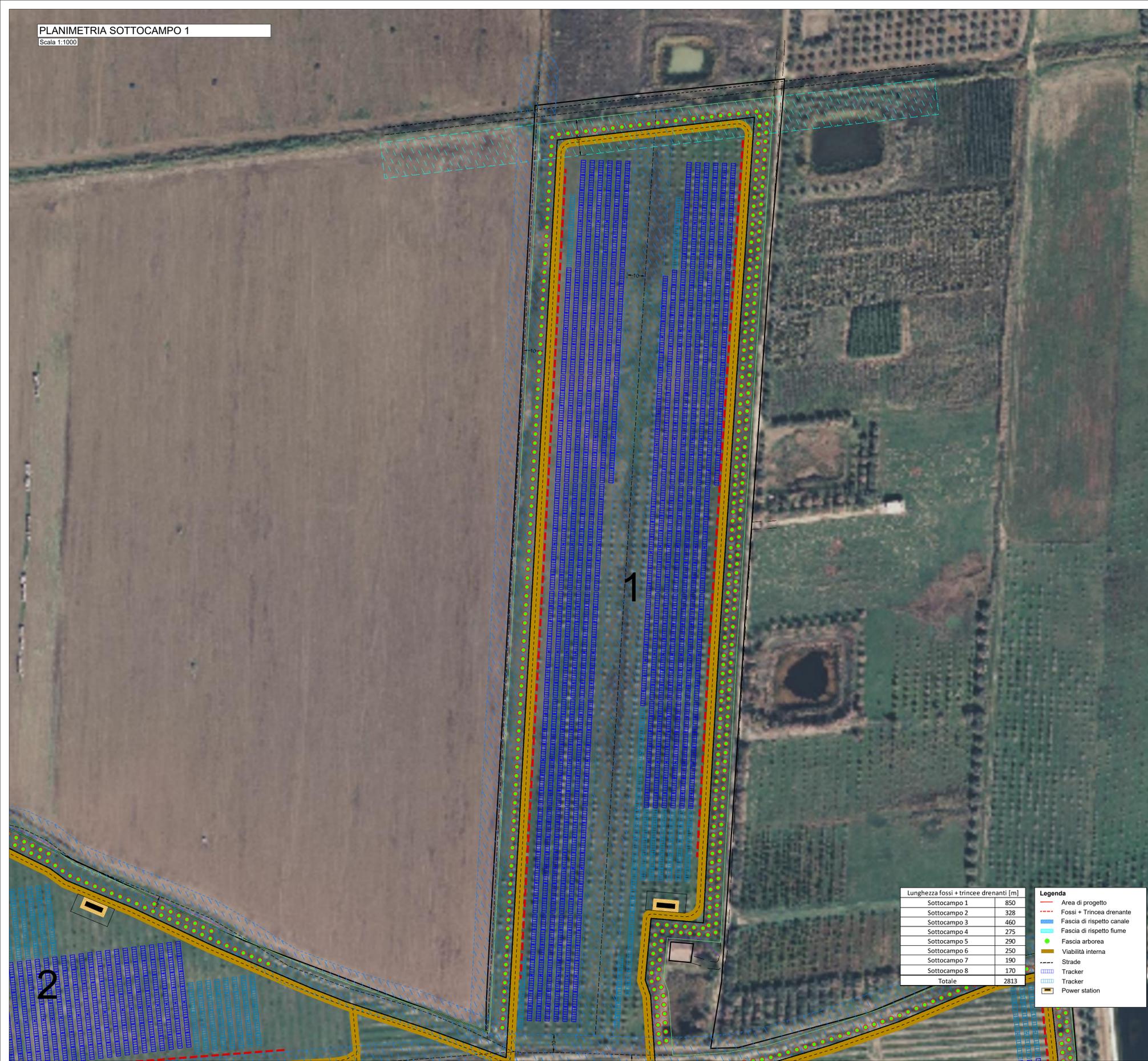
Piazza Santa Maria di Gesù n.16, 95123 – Catania, Tel. +39 0958252700/1, email. [info@madaingegneria.it](mailto:info@madaingegneria.it), pec:  
[madaingegneria@legalmail.it](mailto:madaingegneria@legalmail.it)

[www.madaingegneria.it](http://www.madaingegneria.it), P.IVA: 05069820875

Pag. 28  
di 34

PLANIMETRIA SOTTOCAMPO 1

Scala 1:1000

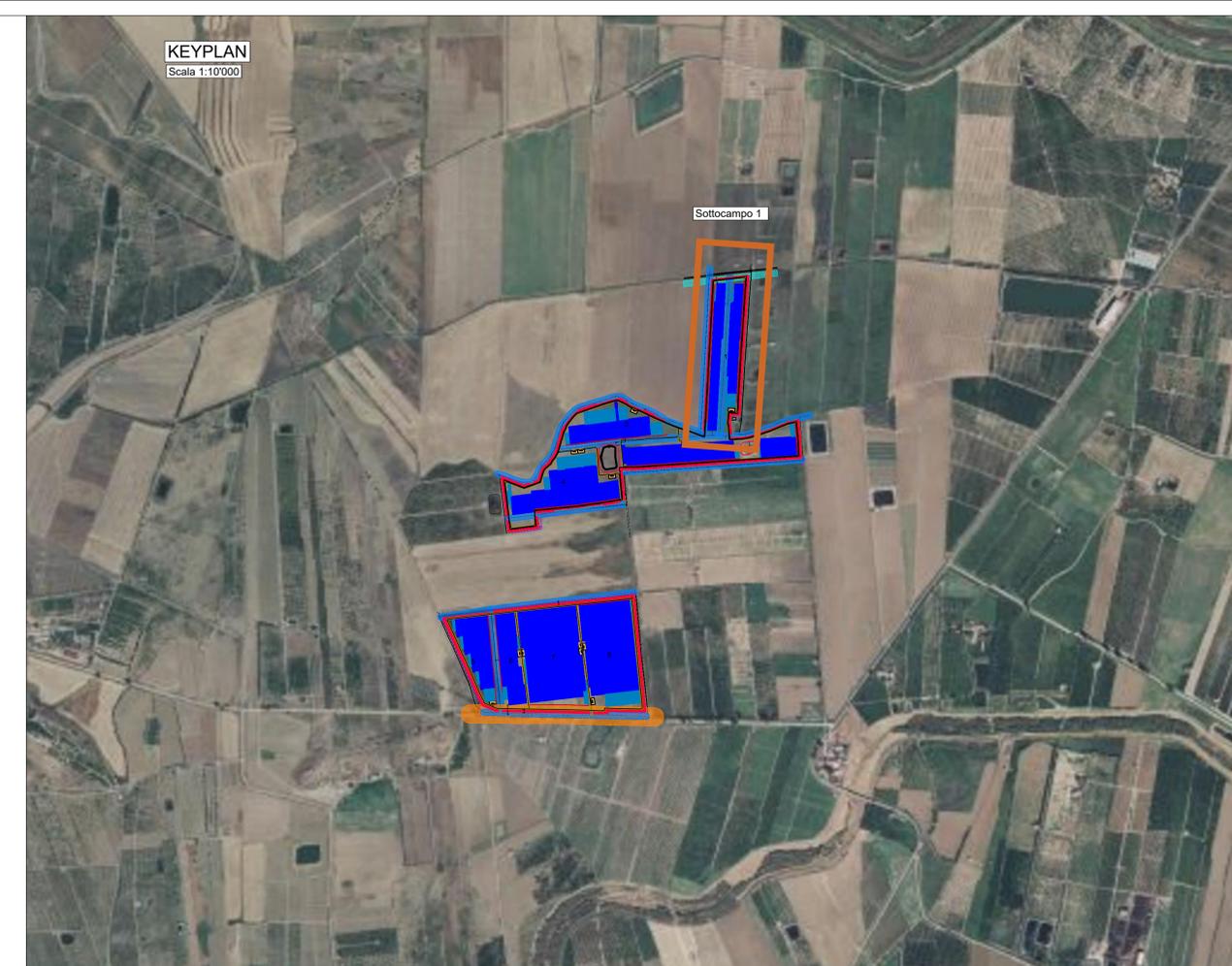


Lunghezza fossi + trincee drenanti [m]	
Sottocampo 1	850
Sottocampo 2	328
Sottocampo 3	460
Sottocampo 4	275
Sottocampo 5	290
Sottocampo 6	250
Sottocampo 7	190
Sottocampo 8	170
<b>Totale</b>	<b>2813</b>

Legenda	
	Area di progetto
	Fossi + Trincea drenante
	Fascia di rispetto canale
	Fascia di rispetto fiume
	Fascia arborea
	Viabilità interna
	Strade
	Tracker
	Tracker
	Power station

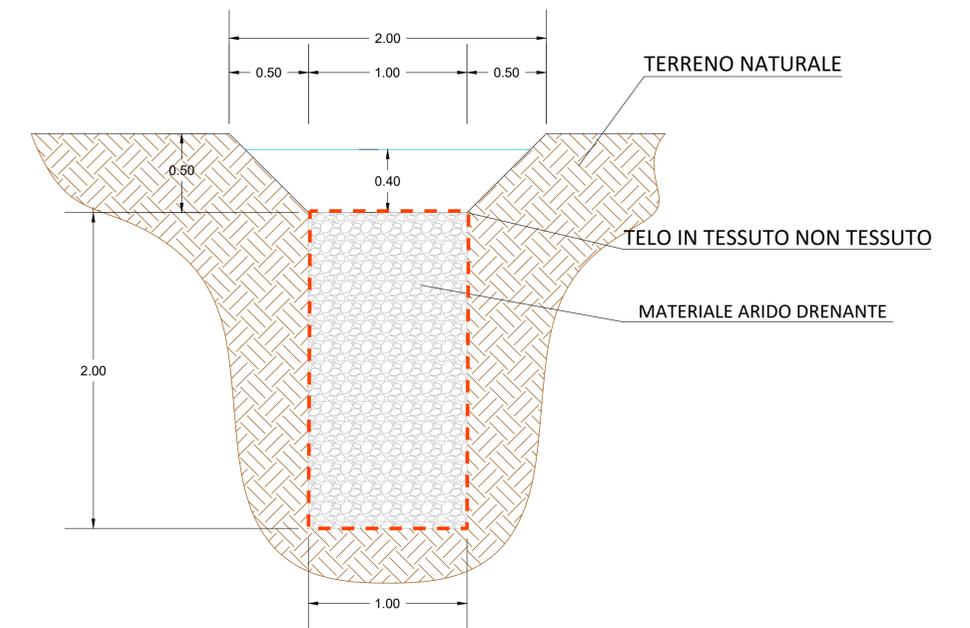
KEYPLAN

Scala 1:10'000

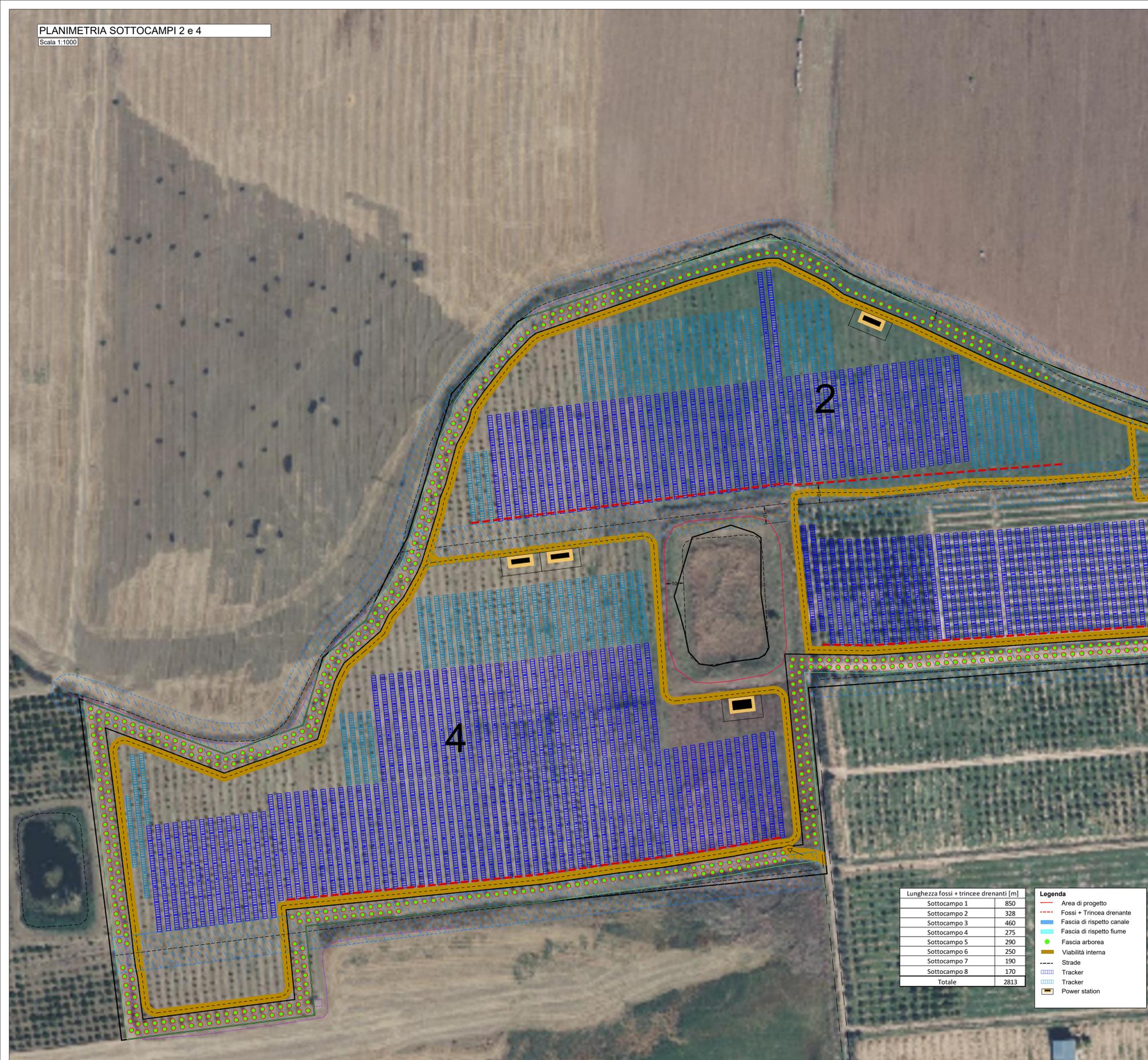


SEZIONE TRASVERSALE FOSSO + TRINCEA

Scala 1:20

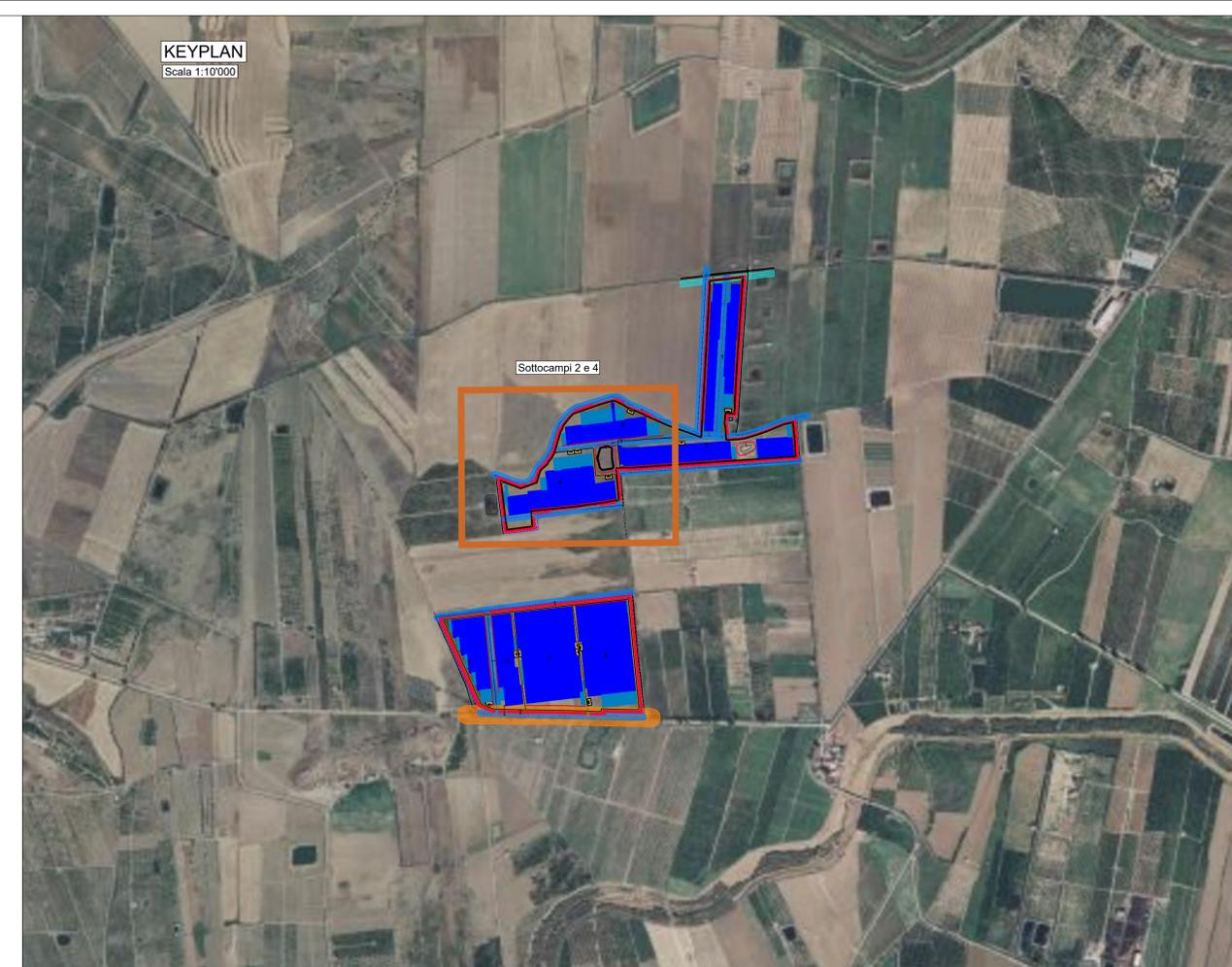


2

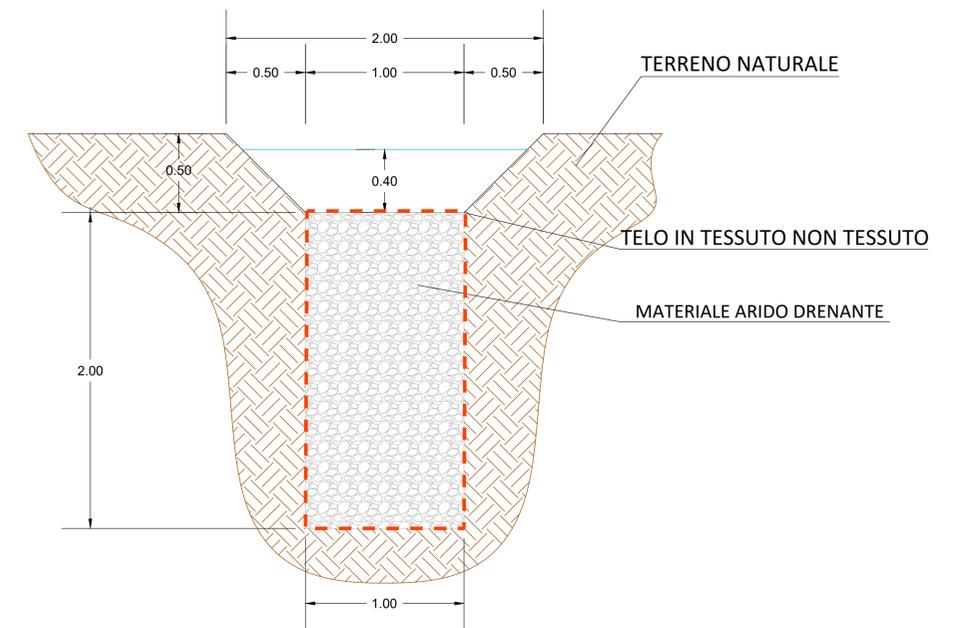


Lunghezza fossi + trincee drenanti [m]	
Sottocampo 1	850
Sottocampo 2	328
Sottocampo 3	460
Sottocampo 4	275
Sottocampo 5	290
Sottocampo 6	250
Sottocampo 7	190
Sottocampo 8	170
<b>Totale</b>	<b>2813</b>

- Legenda**
- Area di progetto
  - - - Fossi + Trincea drenante
  - ▨ Fascia di rispetto canale
  - ▨ Fascia di rispetto fiume
  - Fascia arborea
  - Viabilità interna
  - - - Strade
  - ▨ Tracker
  - ▨ Tracker
  - ▭ Power station

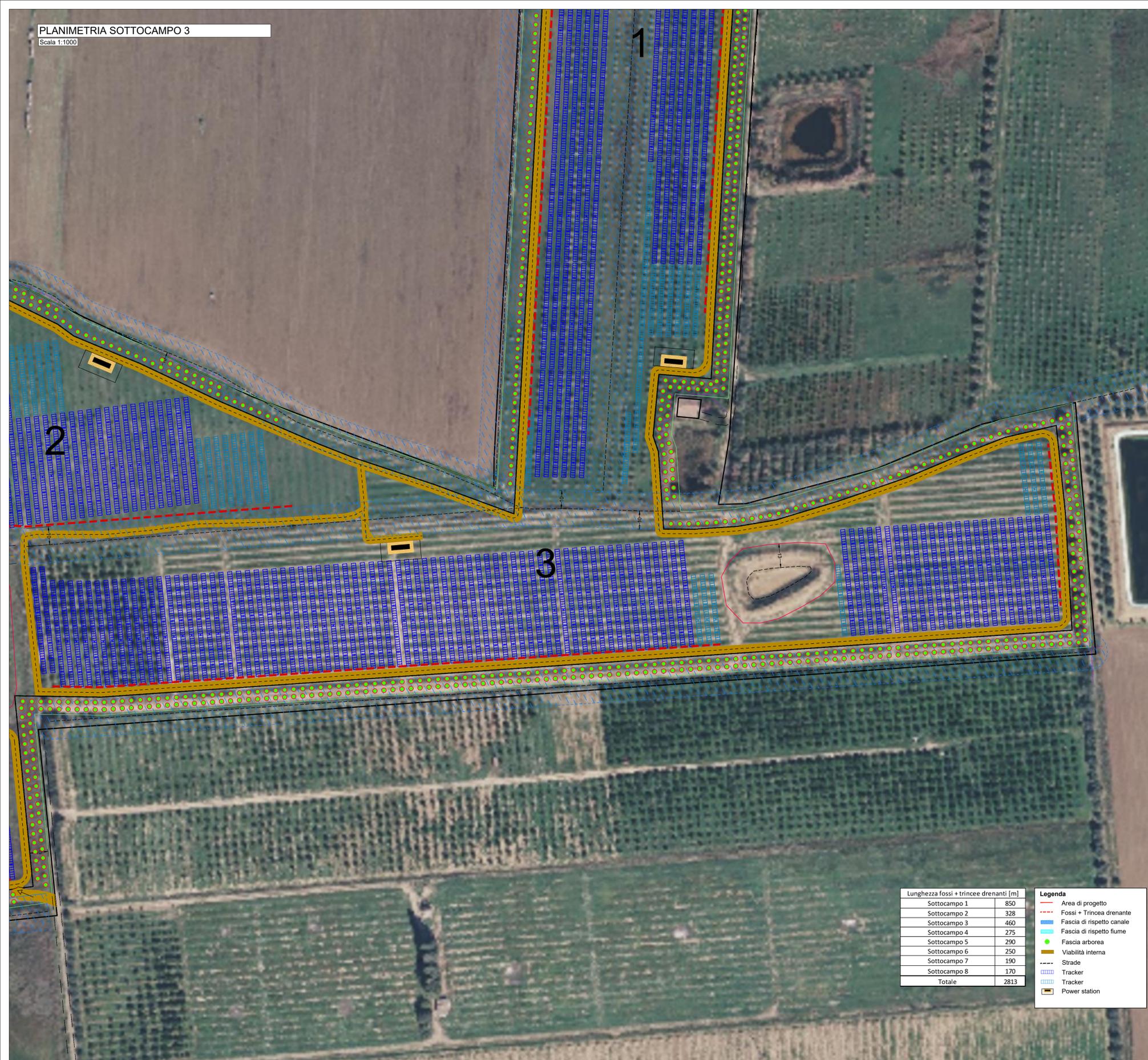


SEZIONE TRASVERSALE FOSSO + TRINCEA  
Scala 1:20



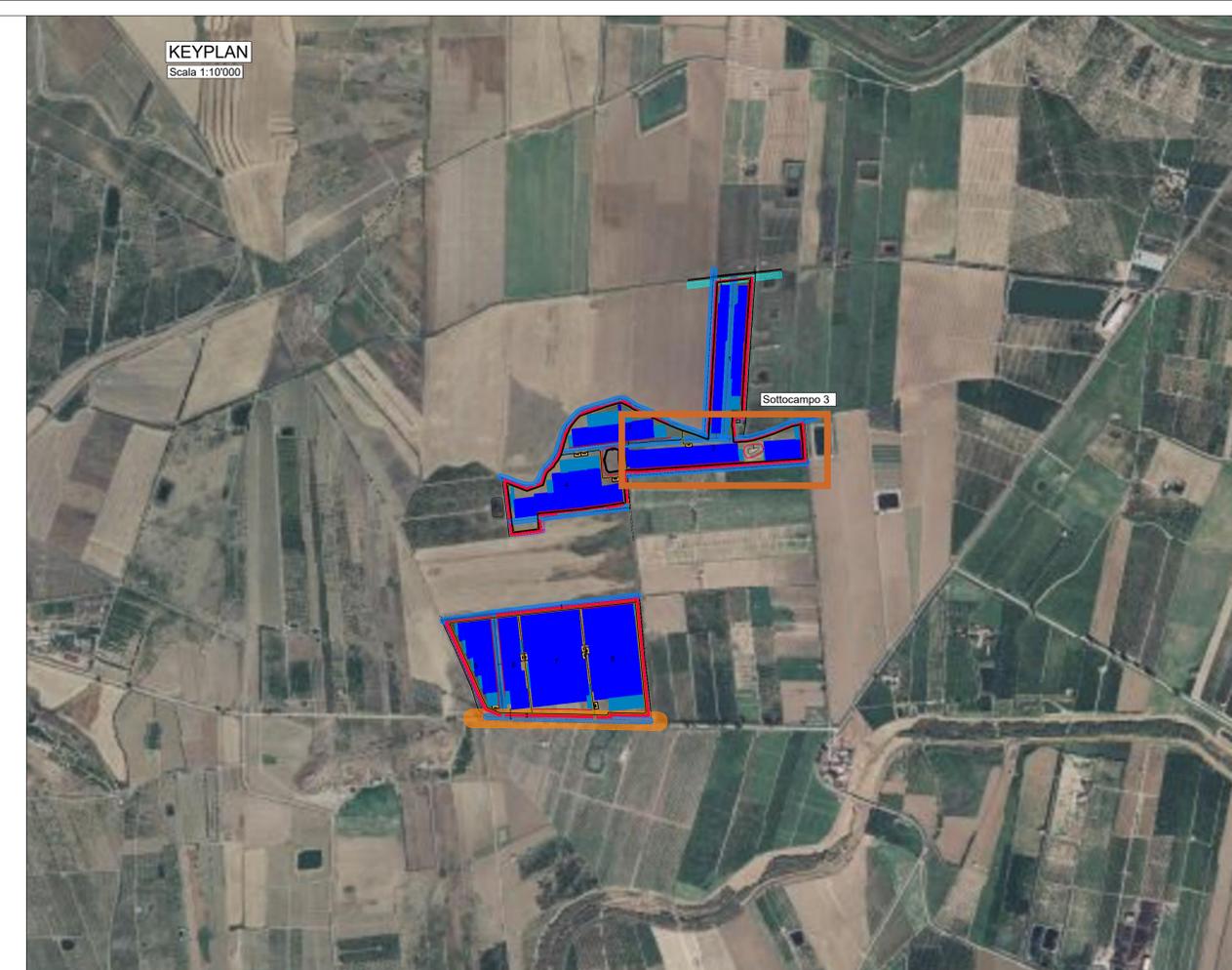
PLANIMETRIA SOTTOCAMPO 3

Scala 1:1000



KEYPLAN

Scala 1:10'000



SEZIONE TRASVERSALE FOSSO + TRINCEA

Scala 1:20

