



REGIONE PUGLIA  
 PROVINCIA DI FOGGIA  
 COMUNI DI FOGGIA E MANFREDONIA



PROGETTO IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO DA REALIZZARE NEL COMUNE DI FOGGIA (FG) IN LOCALITA' "PEZZAGRANDE" AL FOGLIO N.161 P.LLA N. 2, E NEL COMUNE DI MANFREDONIA IN LOCALITA' "VACCHERECCIA DI GRECO" AL FOGLIO N. 129 ALLE P.LLE NN. 17, 142, 498, 500 E 512, E IN LOCALITA' "MACCHIAROTONDA" AL FOGLIO N. 131 P.LLE NN.13, 206 E 207, E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA REALIZZARE NEL COMUNE DI MANFREDONIA (FG) IN LOCALITA' "MACCHIAROTONDA" AL FOGLIO N. 128 ALLE P.LLE NN. 45, 79, 113 E 169 E AL FOGLIO N. 129 ALLE P.LLE NN. 481, 485 E 486, AVENTE UNA POTENZA PARI A **30.038,68 kWp**, DENOMINATO "**MARTILLO**"

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE IDRAULICA DEL PROGETTO DEFINITIVO



**IMPIANTO  
 AGRIVOLTAICO  
 AVANZATO**

**LAOR  
 (Land Area  
 Occupation Ratio)  
 13,96%**

LIV. PROG.	RIF. COD. PRATICA TERNA	CODICE ISTANZA AU	TAVOLA	DATA	SCALA
PD	202200828	GWWF184	A.5	20.10.2023	-

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

RICHIEDENTE E PRODUTTORE

ENTE

**FIVE-E**

RESPONSIBLE INVESTMENT

HF SOLAR II S.r.l. - Viale Francesco Scaduto n°2/D - 90144 Palermo (PA)

FIRMA RESPONSABILE

PROGETTAZIONE

**HORIZONFIRM**

Ing. D. Siracusa  
 Ing. A. Costantino  
 Ing. C. Chiaruzzi  
 Ing. G. Schillaci  
 Ing. G. Buffa  
 Ing. M.C. Musca

Arch. M. Gullo  
 Arch. A. Calandrino  
 Arch. S. Martorana  
 Arch. F. G. Mazzola  
 Arch. G. Vella  
 Dott. Agr. B. Miciluzzo

HORIZONFIRM S.r.l. - Viale Francesco Scaduto n°2/D - 90144 Palermo (PA)

PROFESSIONISTA INCARICATO

FIRMA DIGITALE PROFESSIONISTA

FIRMA OLOGRAFA E TIMBRO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>1</b>
1.1	Descrizione del progetto .....	2
<b>2</b>	<b>AREA DI INTERVENTO</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>IL CASO STUDIO</b> .....	<b>6</b>
3.1	Interferenze con reticolo idrografico da PGRA.....	6
3.2	Interferenze con perimetrazione PAI.....	7
<b>4</b>	<b>STUDIO IDROLOGICO/IDRAULICO</b> .....	<b>10</b>
4.1	Calcolo idrologico.....	10
4.2	Individuazione della sottozona omogenea di riferimento.....	11
4.2.1	Calcolo delle portate attese.....	15
4.3	Verifica idraulica.....	17
4.3.1	Gestione delle interferenze con il reticolo idrografico.....	18
4.3.2	Gestione delle interferenze con il PAI .....	20
<b>5</b>	<b>CONSIDERAZIONI FINALI</b> .....	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>ELENCO ALLEGATI</b> .....	<b>35</b>



## 1 PREMESSA

La presente relazione fa riferimento alla realizzazione, da parte della società HF SOLAR 11 S.r.l., di un impianto agrivoltaico di produzione di energia elettrica da fonte solare nei comuni di Foggia e Manfredonia in località "Pezzagrande - Vacchereccia di Greco - Macchiarotonda".

L'impianto in oggetto ricade nelle tipologie di impianto agrivoltaico che riqualifica il fondo agricolo esistente.

La Società HF SOLAR 11 S.r.l., propone l'inserimento, all'interno del progetto agrivoltaico, di una specie autoctona particolarmente presente all'interno del territorio oggetto di studio: l'ulivo.

La piantumazione è stata predisposta da progetto, oltre all'interno della fascia arborea perimetrale dei due lotti, anche nelle aree relitte contrattualizzate nei quali gravano vincoli di tipo paesaggistico.

L'impianto sarà collegato all'area individuata per la connessione alla RTN attraverso cavidotti interrati a 30 kV, ricadente in territorio comunale di Foggia e di Manfredonia che interesseranno principalmente la viabilità pubblica eccetto un tratto individuato all'interno del Foglio 129 del comune di Manfredonia che attraverserà terreni di privati sino alla SSE di Utenza.

Si riporta di seguito il layout dell'impianto (VEDI ALLEGATO1).



Figura 1: Layout proposta progettuale

## **1.1 Descrizione del progetto**

L'intero impianto è composto da moduli fotovoltaici bifacciali in silicio monocristallino da 710 Wp per un totale di 30.038,68 kWp.

L'impianto è stato suddiviso in 7 sottocampi; ognuno fa capo ad un gruppo di conversione e trasformazione, le cui caratteristiche saranno di seguito riportate.

L'energia prodotta, sarà immessa nella RTN a 150 kV.

I siti dove risiederà l'impianto agrivoltaico saranno raggiungibili attraverso la viabilità esistente che risulta essere sufficientemente ampia. Entrambi i lotti sono prospicienti a delle Strade Provinciali: il Plot 1 è prospiciente la SP n. 72 mentre il Plot 2 alla SP n. 78; le dorsali MT interrate, in uscita dalle rispettive Cabine di Raccolta, ripercorreranno queste arterie per poi proseguire nella medesima trincea sulla SP n. 70 in direzione dell'area individuata per la messa in opera della SSE di Utenza.

L'impianto sarà dotato di viabilità interna e perimetrale, degli accessi carrabili per l'utente, uno spazio carrabile per la fruizione delle cabine di raccolta, locali tecnici inverter multistringa e delle Cabine di Trasformazione, da recinzione perimetrale e da un sistema di videosorveglianza.

La viabilità perimetrale ed interna ha una larghezza di circa 4 m e saranno realizzate in battuto e materiale inerte di cava a diversa granulometria.

Gli accessi carrabili previsti, posti sulle S.P. n.72 e 78, saranno costituiti ciascuno da uno spiazzale in terreno battuto e materiale inerte da cava atto a favorire la visibilità e l'uscita in sicurezza dei mezzi; i cancelli di ingresso saranno di tipo scorrevole motorizzato e avranno una dimensione di circa 7 m e un'altezza pari a circa 2 m. Saranno previsti ulteriori ingressi pedonali tramite cancelli della dimensione di circa 0.9 m di larghezza e 2 m di altezza circa.

La recinzione perimetrale sarà di tipo metallica in grigliato a maglia rettangolare di ridotte dimensioni, e sarà disposta per una lunghezza totale tra i due lotti di circa 7400 m (Plot 1 circa 4200 m e Plot 2 circa 3200 m); gli elementi verranno fissati al terreno attraverso paletti metallici che la sosterranno. Alla base della recinzione saranno inoltre previsti dei passaggi che consentiranno alla piccola fauna locale di attraversare l'area evitando ogni tipo di barriera.

Inoltre, sarà prevista la realizzazione di una fascia arborea perimetrale realizzata attraverso la piantumazione di specie autoctone (ulivi), lungo i confini della zona di impianto, con l'obiettivo di limitare al minimo la visibilità dello stesso dai rilievi presenti nel territorio e favorendo così il suo inserimento nel contesto paesaggistico locale.

Il parco agrivoltaico, mediante cavidotti uscenti dai locali di Raccolta alla tensione di 30 kV, sarà collegato con la futura SSE di Utenza a 30 kV che ne innalzerà la tensione a 150 kV per la successiva connessione, tramite cavidotto interrato AT condiviso con altri produttori dimensionato in



*Studio di compatibilità idrologica-idraulica*

*Impianto agrivoltaico nei Comuni di Foggia e Manfredonia (FG) alle località "Pezzagrande - Vacchereccia di Greco - Macchiarotonda"  
nonché delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto*

*PROPONENTE: HF SOLAR 11 S.r.l.*

funzione della potenza da trasmettere, alla Stazione Elettrica di Trasformazione (SE) 380/150 kV della RTN di Manfredonia.

## **2 AREA DI INTERVENTO**

### **2.1 Norme tecniche di attuazione delle PAI dell'AdB Puglia**

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino della Puglia è stato approvato con Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Puglia N.39 del 30/11/2005. Le Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del PAI, in relazione alle condizioni idrauliche, alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione di presumibili effetti dannosi prodotti da interventi antropici, dettano norme per le aree di cui ai seguenti articoli:

- Art.6: Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali;
- Art.7: aree ad alta pericolosità idraulica;
- Art.8: aree a media pericolosità idraulica;
- Art.9: aree a bassa pericolosità idraulica;
- Art.10: fasce di pertinenza fluviale (metri 75 in destra e in sinistra idraulica così come definito dal comma 3).

Le aree a diversa pericolosità idraulica (A.P., M.P., B.P.) risultano arealmente individuate nelle "Carte delle aree soggette a rischio idrogeologico" allegate al PAI, mentre l'individuazione delle aree definite "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" (art. 6) e "Fasce di pertinenza fluviale" (art. 10) segue i criteri riportati rispettivamente negli artt. 6 e 10 delle NTA del PAI.

In merito alle aree "Alveo fluviale in modellamento attivo ed aree golenali" l'art. 6 definisce che quando il reticolo idrografico e l'alveo in modellamento attivo e le aree golenali non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato al PAI e le condizioni morfologiche non ne consentono la loro individuazione, le norme si applicano alla porzione di terreno a distanza planimetrica, sia in destra che in sinistra, dall'asse del corso d'acqua, non inferiore a 75 m;

Per quanto riguarda le "Fasce di pertinenza fluviale", l'art. 10 definisce che quando la fascia di pertinenza fluviale non è arealmente individuata nelle cartografie in allegato al PAI, le norme si applicano alla porzione di terreno, sia in destra che in sinistra, contermina all'area golenale, come individuata nell'art. 6, di ampiezza comunque non inferiore a 75 m.

Il reticolo idrografico e le relative fasce di pertinenza non sono arealmente individuate nella cartografia in allegato al PAI. Attualmente l'Autorità di Bacino della Puglia intende per "reticolo idrografico" tutto quanto rappresentato come tale su cartografia IGM in scala 1:25000.

Considerando la vetustà della cartografia IGM in ordine all'evoluzione sia morfologica dei siti, sia antropica che naturale, l'individuazione dei reticoli idrografici interessati dalle opere in progetto sono stati ottenuti considerando la cartografia IGM 1:25000 e successivamente, per definire l'andamento

planimetrico del reticolo idrografico, si è fatto riferimento alla carta idrogeomorfologica redatta dall'AdB della Puglia, alla cartografia CTR e ai dati Lidar forniti dal Ministero dell'Ambiente..

Di seguito vengono riportate le interferenze delle opere in progetto con le aree a pericolosità idraulica e con il reticolo idrografico rinvenuti dalla carta idrogeomorfologica.



### 3 IL CASO STUDIO

Nell'applicazione del metodo, si è provveduto ad effettuare una approfondita analisi del progetto individuando le interferenze dello stesso con il reticolo idrografico e la tipologia delle stesse, e le interferenze con la nuova perimetrazione del PAI.

#### 3.1 Interferenze con reticolo idrografico da PGRA

Nel dettaglio, come mostrato nell'immagine seguente dai punti in viola, è possibile individuare interferenze con il reticolo della carta idrogeomorfologica da PGRA (VEDI ALLEGATO 2).

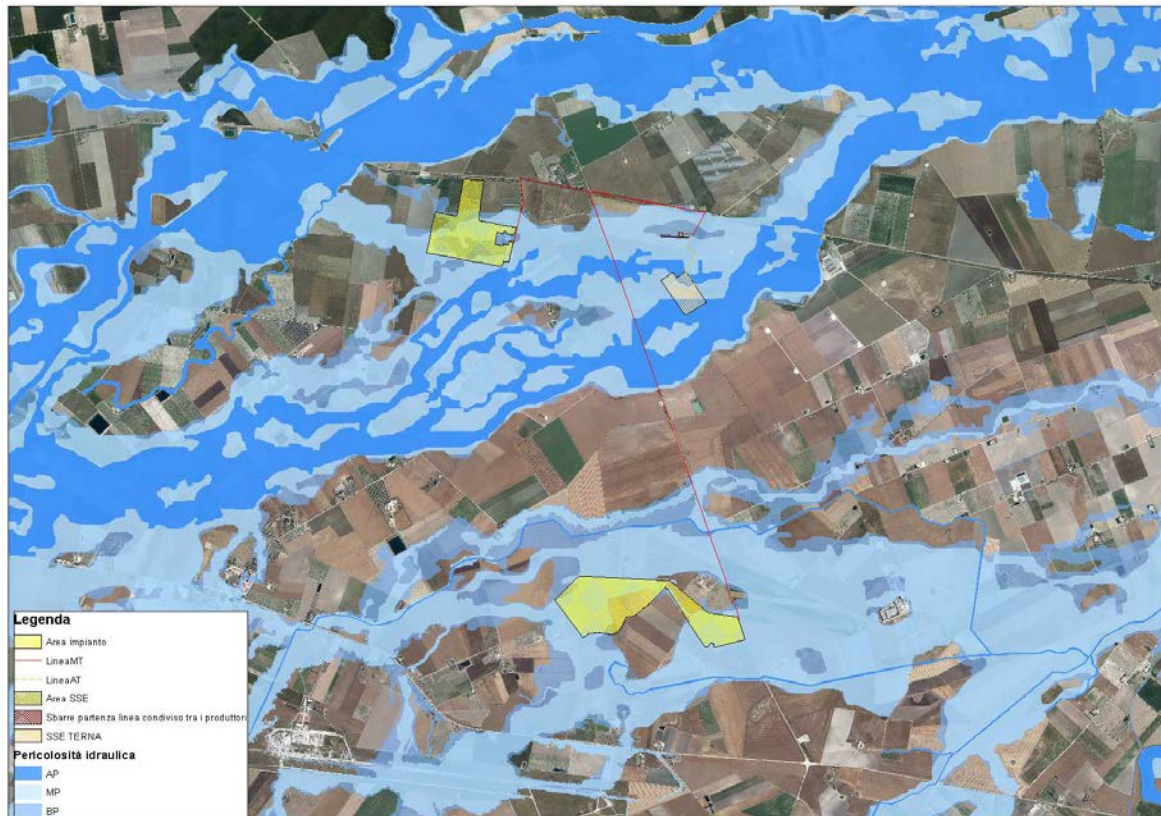


Figura 2: Individuazione interferenze con il reticolo della carta idrogeomorfologica da PGRA

L'interferenza si riconduce al percorso del cavidotto interrato di collegamento dell'impianto a sud alla stazione utente. Nel dettaglio, procedendo in direzione Sud-Nord, le interferenze si verificano dall'intersezione del percorso del cavidotto con il "Canale Carapelluzzo" e con due corsi d'acqua affluenti del "Canale Macchia Rotonda".

### **3.2 Interferenze con perimetrazione PAI**

Come si può evincere dall'immagine seguente, è possibile individuare interferenze con le aree perimetrate dal PAI come allagabili (VEDI ALLEGATO 3).



**Figura 3: Individuazione interferenze con PAI**

Le interferenze individuate si riconducono al percorso del cavidotto interrato MT di collegamento delle aree impianto alla Sotto Stazione Utente, alle aree di installazione dei moduli fotovoltaici e all'ubicazione della Sotto Stazione Elettrica d'Utenza.

Nello specifico, le aree di impianto ricadono in aree a Bassa e Media Pericolosità Idraulica come mostrato nelle seguenti immagini (ALLEGATO 4 - ALLEGATO 5 - ALLEGATO 6).



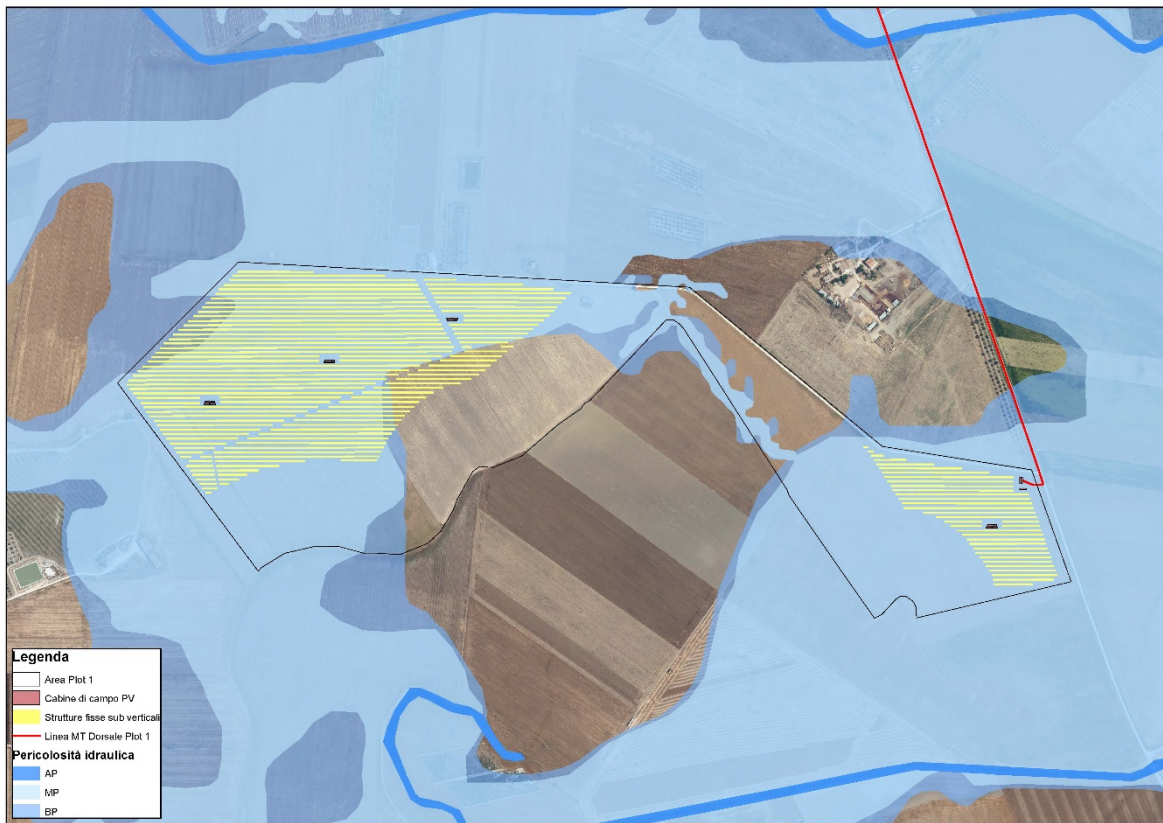


Figura 4: Individuazione interferenze con PAI area Plot 1

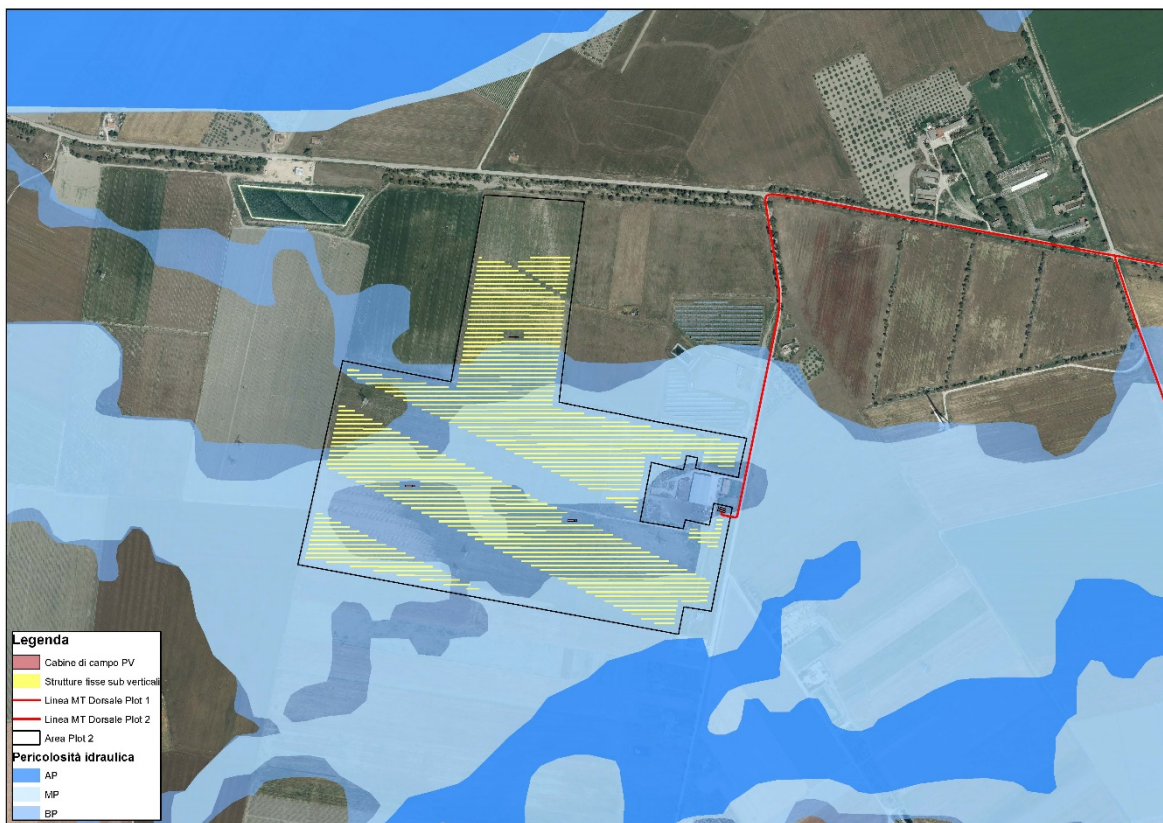


Figura 5: Individuazione interferenze con PAI area Plot 2



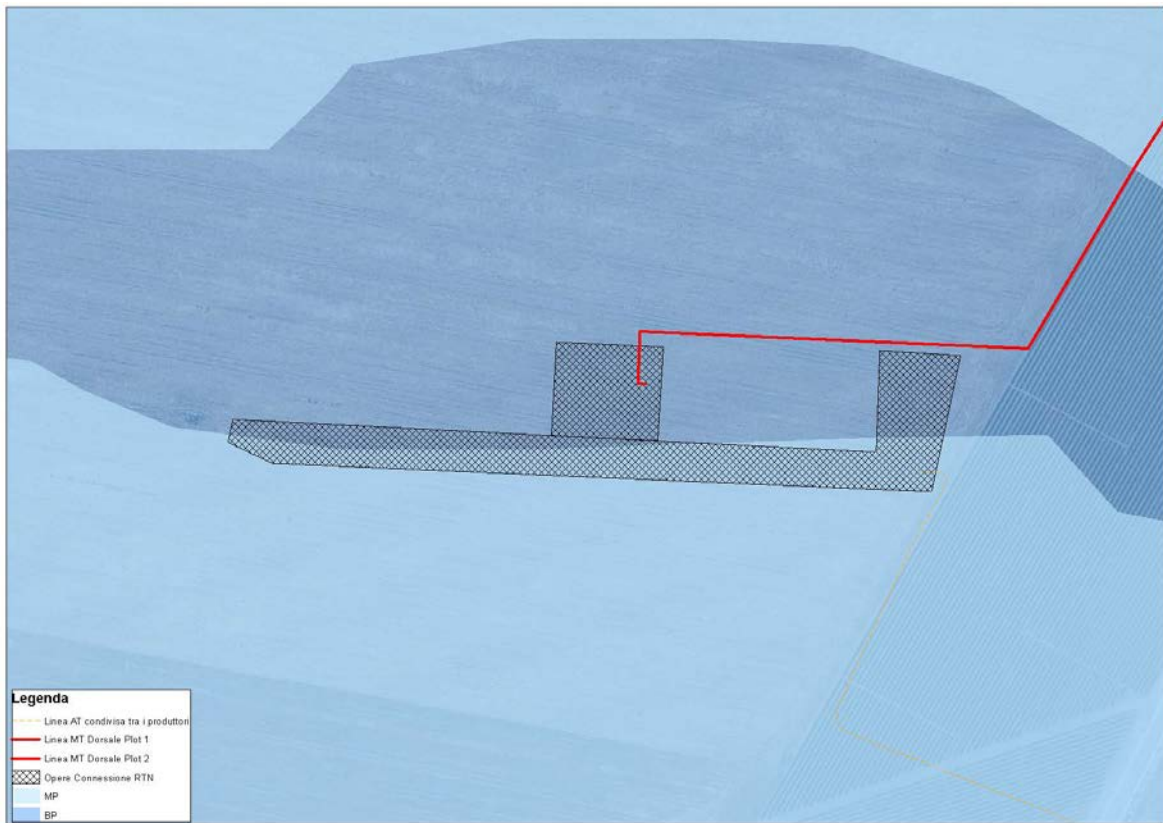


Figura 6: Individuazione interferenze con PAI area SSEU

## **4 STUDIO IDROLOGICO/IDRAULICO**

Lo studio, con riferimento all'area in oggetto, è stato condotto individuando le interferenze delle opere in progetto con il reticolo idrografico.

### **4.1 Calcolo idrologico**

Ai fini dello studio idrologico, le stime effettuate su tali precipitazioni sono relative ad un periodo di ritorno duecentennale e fanno riferimento ai risultati ottenuti nell'ambito del Progetto VAPI (Valutazione delle Piene) Puglia, redatto a cura del GNDCI (Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche).

In pratica, la dipendenza dal periodo di ritorno è assegnata mediante la distribuzione del fattore di crescita  $KT$ , mentre i coefficienti della legge intensità-durata sono caratteristici della specifica zona in cui si trova il bacino.

La distribuzione del fattore di crescita è alla base della metodologia adottata nel progetto VAPI, che fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione dei massimi annuali delle piogge e delle portate al colmo.

Facendo riferimento all'informazione idrologica disponibile sul territorio, in termini di densità spaziale di stazioni di misura e di numerosità campionaria delle serie storiche, le altezze di precipitazione giornaliere, rilevate alle stazioni pluviometriche, il VAPI ha individuato 6 sottozone omogenee dal punto di vista pluviometrico.



**Figura 7: Regione Puglia, zone omogenee dal punto di vista pluviometrico**

Per ogni zona omogenea le curve di possibilità pluviometrica rispondono alla equazioni di seguito riportate:

ZONE OMOGENEE	CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA
Zona 1	$x(t, z) = 28.8 \cdot t^{[(0.720+0.00503 \cdot z)/3.178]}$
Zona 2	$x(t) = 22.23 \cdot t^{0.247}$
Zona 3	$x(t, z) = 25.325 \cdot t^{[(0.0696+0.00531 \cdot z)/3.178]}$
Zona 4	$x(t) = 24.70 \cdot t^{0.256}$
Zona 5	$x(t, z) = 28.2 \cdot t^{[(0.0628+0.0002 \cdot z)/3.178]}$
Zona 6	$x(t, z) = 33.7 \cdot t^{[(0.488+0.002 \cdot z)/3.178]}$

Per quanto concerne il fattore di crescita, per assegnato tempo di ritorno, per la sottozona omogenee n. 1-2-3-4 si applica la formula:

$$Kt = 0.5648 + 0.415 \cdot \ln T$$

mentre per le sottozone omogenea n. 5-6 si ha la seguente formula:

$$Kt = 0.1599 + 0.5166 \cdot \ln T$$

#### 4.2 Individuazione della sottozona omogenea di riferimento

La proposta progettuale nella sua interezza, ricade nella sottozona omogenea "Zona 2", come riscontrabile dall'immagine seguente.



Figura 8: Individuazione Zona omogenea



Le equazioni che si applicano sono dunque:

- CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Zona 2  $x(t) = 22.23 \cdot t^{0.247}$

- FATTORE DI CRESCITA

Zona 2  $Kt = 0.5648 + 0.415 \cdot \ln T$

Applicando la relazione si procede con il calcolo delle piogge massime annuali  $x(t)$  di durata compresa tra 1 ora e 1 giorno:

t	h	t	h
ore	mm	ore	mm
1	22,23	13	41,89
2	26,38	14	42,66
3	29,16	15	43,39
4	31,31	16	44,09
5	33,08	17	44,76
6	34,61	18	45,39
7	35,95	19	46,00
8	37,15	20	46,59
9	38,25	21	47,15
10	39,26	22	47,70
11	40,19	23	48,23
12	41,07	24	48,74

Il fattore di crescita  $Kt$ , calcolato per tempi di ritorno  $T$  pari a 30, 200 e 500 anni assume i seguenti valori:

Tempo di ritorno	Fattore di Crescita
$T$	$Kt$
30	1.98
200	2.76
500	3.14

Applicando i valori ottenuti si ottiene:

<b>t</b>	<b>h</b>	<b>h·Kt; T=30</b>	<b>h·Kt; T=200</b>	<b>h·Kt; T=500</b>
<i>ore</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
1	22,23	43,93	61,43	69,89
2	26,38	52,14	72,91	82,94
3	29,16	57,63	80,59	91,68
4	31,31	61,87	86,52	98,43
5	33,08	65,38	91,42	104,00
6	34,61	68,39	95,64	108,79
7	35,95	71,04	99,35	113,02
8	37,15	73,43	102,68	116,81
9	38,25	75,59	105,71	120,25
10	39,26	77,59	108,50	123,42
11	40,19	79,44	111,08	126,37
12	41,07	81,16	113,49	129,11
13	41,89	82,78	115,76	131,69
14	42,66	84,31	117,90	134,12
15	43,39	85,76	119,92	136,43
16	44,09	87,14	121,85	138,62
17	44,76	88,45	123,69	140,71
18	45,39	89,71	125,45	142,71
19	46,00	90,92	127,14	144,63
20	46,59	92,08	128,76	146,47
21	47,15	93,19	130,32	148,25
22	47,70	94,27	131,82	149,96
23	48,23	95,31	133,28	151,62
24	48,74	96,32	134,69	153,22

Si ottengono le seguenti curve di possibilità pluviometrica:

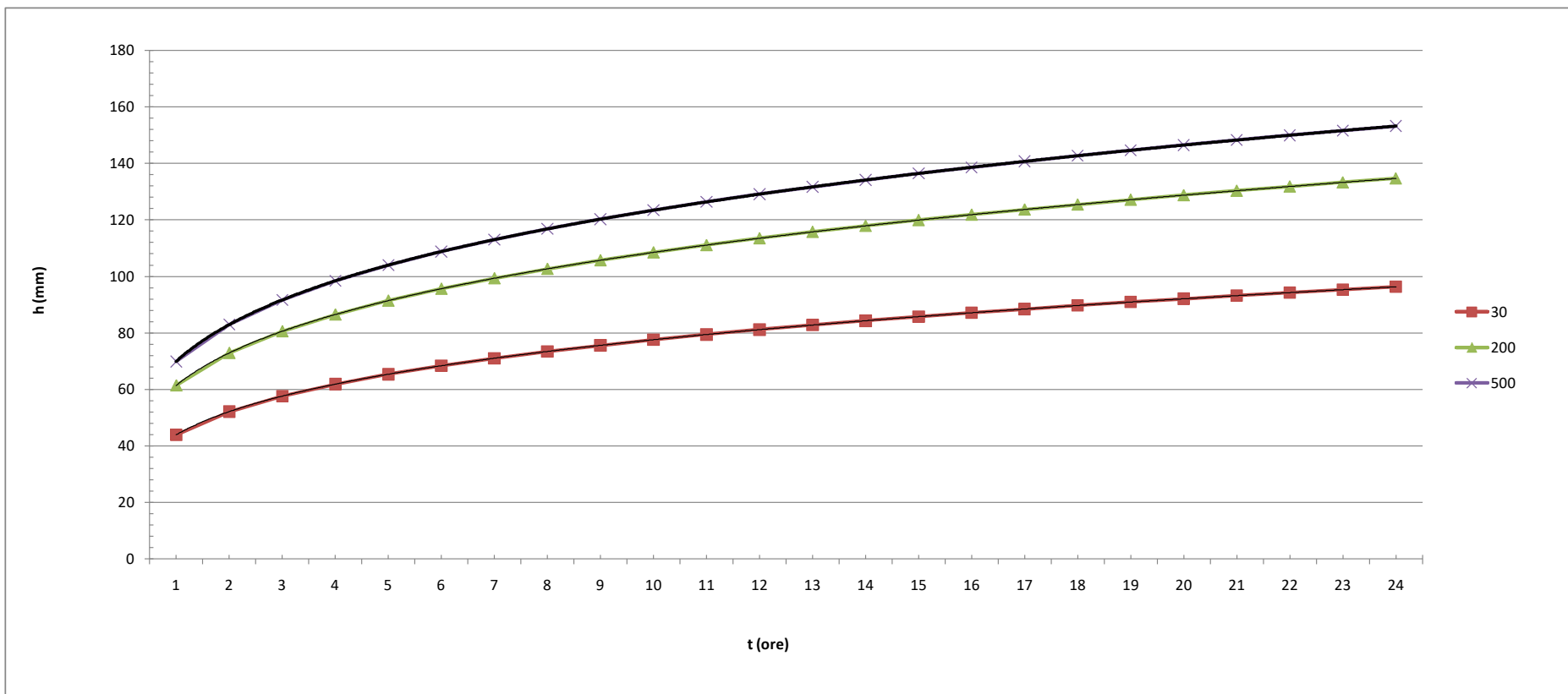


Figura 9: Curve di possibilità pluviometrica



#### **4.2.1 Calcolo delle portate attese**

Il calcolo delle portate di piena è stato effettuato utilizzando il modello di trasformazione afflussi-deflussi del metodo del Curve Number (CN), introdotto dal Soil Conservation Service (SCS). Si tratta di una procedura che consente la ricostruzione delle piene in bacini idrografici di superficie non superiore a 20 km<sup>2</sup>. Il metodo si fonda sull'ipotesi che sia valida la seguente relazione:

$$\frac{V}{P_n} = \frac{W}{S}$$

In cui V è il volume di deflusso, P<sub>n</sub> è la precipitazione netta, W è il volume immagazzinato dal suolo e S è il valore massimo del suddetto invaso.

La precipitazione netta si ottiene sottraendo alla precipitazione totale P le perdite iniziali I<sub>a</sub>, che sono correlate all'invaso massimo del suolo dalla seguente relazione:

$$I_a = 0.2S$$

In definitiva, il volume d'invaso V può essere ottenuto come:

$$V = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Con S così ricavato

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Il parametro CN è denominato Curve Number, indica l'attitudine del bacino a produrre deflusso e si stima sulla base delle caratteristiche idrologiche dei suoli e di copertura vegetale. La stima del CN si effettua determinando il gruppo idrologico di appartenenza e, all'interno di ciascun gruppo, valutando la copertura d'uso del suolo; alle sottoclassi così determinate viene associato un valore di CN.

Il parametro CN, che assume valori tra 100 e 0, rappresenta l'attitudine del bacino considerato a produrre deflusso e si stima sulla base di valori tabellati.

Tale parametro è funzione della natura del suolo, del tipo di copertura vegetale e delle condizioni di umidità del suolo antecedenti la precipitazione.

I valori del CN, quindi, rappresentano la capacità di risposta, in termini di infiltrazione e ruscellamento, a fronte di un evento di pioggia, del bacino analizzato. Le caratteristiche geolitologiche sono state determinate facendo riferimento alla carta dei suoli redatta dall'IRSA CNR in scala 1:100.000, ed è stato possibile caratterizzare i suoli dal punto di vista della permeabilità secondo la classificazione SCS.

<b>GRUPPO A</b>	Suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde, con scarsissimo limo ed argilla e ghiaie profonde, molto permeabili. Capacità di infiltrazione in condizioni di saturazione molto elevata.
<b>GRUPPO B</b>	Suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A. Elevate capacità di infiltrazione anche in condizioni di saturazione.
<b>GRUPPO C</b>	Suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali. Scarsa capacità di infiltrazione e saturazione.
<b>GRUPPO D</b>	Potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressochè impermeabili in vicinanza della superficie. Scarsissima capacità di infiltrazione a saturazione.

Nell'ambito delle differenti classi di permeabilità così individuate, attraverso un calcolo ponderale basato sui dati acquisiti dalla carta dell'uso del suolo, si distinguono e si individuano le classi di CN per ogni sottobacino analizzato.

Per il calcolo della portata al colmo di piena si considera un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata  $t_a$  (tempo di accumulo) e una durata pari  $2.67t_a$ .

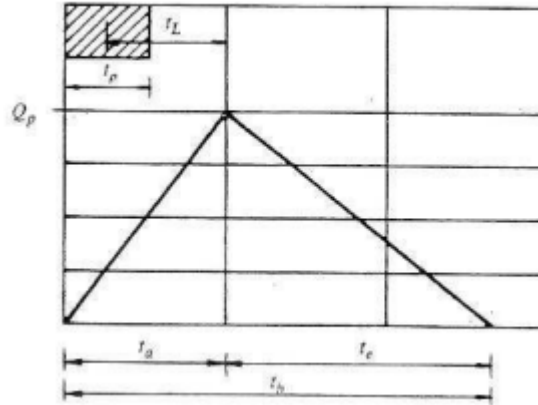


Figura 10: Idrogramma triangolare utilizzato per il calcolo delle portate al colmo con il metodo SCS

Poiché è stato stabilito sperimentalmente che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico che è pari al 37,5 % del volume totale  $V$  di deflusso, ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena e quindi:

$$t_b = 2,67 \cdot t_a$$

Con tali relazioni, ed esprimendo il volume di deflusso  $V$  in mm, il tempo  $t_a$  in ore, l'area del bacino  $A$  in  $\text{km}^2$ , si calcola la portata al colmo di piena:

$$Q_p = 0.208 \frac{VA}{t_a}$$

Dove:

$$t_a = 0.5t_p + t_r$$

Dove  $t_r$  rappresenta il tempo di ritardo e viene valutato in funzione della lunghezza dell'asta, della pendenza media e del coefficiente di assorbimento.

### **4.3 Verifica idraulica**

Determinato il valore di portata per un tempo di ritorno T pari a 200 anni, è possibile procedere con la verifica idraulica attraverso l'ausilio del software HEC-RAS della U.S. Army Corps of Engineers grazie al quale è possibile effettuare la simulazione idrodinamica in moto permanente.

HEC-RAS è il sistema d'analisi dei fiumi dell'Hydrologic Center (HEC), del Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America, analizza le reti di canali naturali ed artificiali, calcolando i profili del pelo libero basandosi su di un'analisi a moto permanente e/o moto vario monodimensionale.

La simulazione viene condotta riportando, nel software suddetto, le sezioni rappresentative del bacino investigato. Tali sezioni vengono inserite partendo da valle e procedendo verso monte numerandole in senso crescente.

Inserendo nel software i valori di portata calcolato è possibile, impostando le condizioni di moto permanente monodimensionale, procedere alla verifica idraulica.

La stessa è stata condotta impostando le condizioni di "Normal Depth" sia a monte che a valle del tratto considerato; per quanto concerne il coefficiente di Manning, si è assunto il valore **0.035** sia per le aree golenali, sia per il canale principale.

Nel caso studio, tuttavia, data le caratteristiche dell'area di intervento, non si procede all'applicazione del metodo descritto ma alla gestione dell'interferenze attraverso soluzioni tecniche progettuali e valutazioni relative all'orografia del territorio.

### **4.3.1 Gestione delle interferenze con il reticolo idrografico**

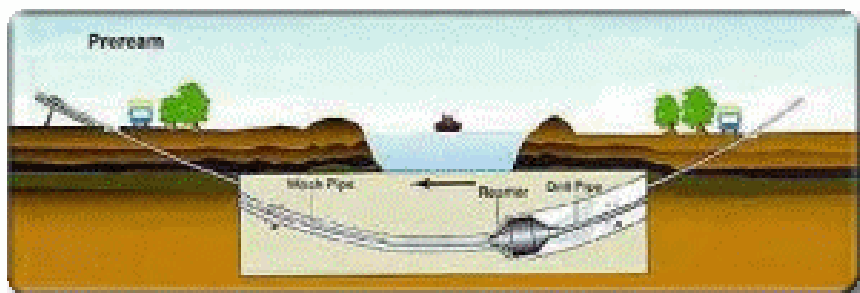
#### **4.3.1.1 Percorso del cavidotto**

La metodologia di gestione dell'interferenza con il reticolo idrografico verrà scelta in funzione della tipologia dell'interferenza stessa che verrà riscontrata.

Per ciò che concerne il percorso del cavidotto, esso corre parallelamente l'andamento della strada esistente e la sua posa, in corrispondenza del ciglio della strada, non determinerà alcuna alterazione all'attuale configurazione del sito.

Ciò presupposto, in corrispondenza delle interferenze individuate verranno adottate le seguenti modalità:

- **Attraversamento e parallelismo con corsi d'acqua episodici e canali di bonifica:** data la natura degli stessi, la risoluzione delle interferenze relative all'attraversamento, da parte del cavidotto interrato, di corsi d'acqua episodici **avrà luogo attraverso la posa del cavidotto interrato in trincea, ponendo la stessa ad una profondità di 2 metri**. Inoltre, al fine di preservare l'opera e di evitarne dunque il danneggiamento, si provvederà alla **posa del cavidotto realizzando un bauletto protettivo in calcestruzzo**, da realizzarsi in corrispondenza dei corsi d'acqua episodici che determinano l'interferenza. Al termine della posa verrà ripristinato lo stato dei luoghi ante opera.
- **Attraversamento corsi d'acqua non episodici:** per le intersezioni che si determinano tra il cavidotto interrato e i corsi d'acqua non episodici, **la gestione delle interferenze avrà luogo adottando la tecnica della Trivellazione Orizzontale Controllata** come approccio cautelativo.



Com'è noto, la perforazione orizzontale controllata è una tecnologia che permette l'installazione di cavi e condotte nel sottosuolo senza dover ricorrere ai tradizionali sistemi di scavo a cielo aperto.

Tale tecnica prevede una perforazione eseguita mediante una portasonda teleguidata ancorata a delle aste metalliche. L'avanzamento avviene per la spinta esercitata a forti

pressioni di acqua o miscele di acqua e polimeri totalmente biodegradabili; per effetto della spinta il terreno è compresso lungo le pareti del foro. L'acqua è utilizzata anche per raffreddare l'utensile. Questo sistema non comporta alcuno scavo preliminare, ma richiede solo di effettuare eventualmente delle buche di partenza e di arrivo; non comporta quindi, di demolire prima e di ripristinare poi le eventuali sovrastrutture esistenti.

Le fasi principali del processo della TOC sono le seguenti:

- delimitazione delle aree di cantiere;
- realizzazione del foro pilota;
- alesatura del foro pilota e contemporanea posa dell'infrastruttura (tubazione).

Da una postazione di partenza in cui viene posizionata l'unità di perforazione, attraverso un piccolo scavo di invito viene trivellato un foro pilota di piccolo diametro, lungo il profilo di progetto che prevede il passaggio lungo il tratto indicato raggiungendo la superficie al lato opposto dell'unità di perforazione. Il controllo della posizione della testa di perforazione, giuntata alla macchina attraverso aste metalliche che permettono piccole curvature, è assicurato da un sistema di sensori posti sulla testa stessa.

Una volta eseguito il foro pilota viene collegato alle aste un alesatore di diametro leggermente superiore al diametro della tubazione che deve essere trascinato all'interno del foro definitivo. Tale operazione viene effettuata servendosi della rotazione delle aste sull'alesatore, e della forza di tiro della macchina per trascinare all'interno del foro un tubo generalmente in PE di idoneo spessore. Le operazioni di trivellazione e di tiro sono agevolate dall'uso di fanghi o miscele acqua-polimeri totalmente biodegradabili, utilizzati attraverso pompe e contenitori appositi che ne impediscono la dispersione nell'ambiente.

Con tale sistema è possibile installare condutture al di sotto di grandi vie, di corsi d'acqua, canali marittimi, vie di comunicazione quali autostrade e ferrovie (sia in senso longitudinale che trasversale), edifici industriali, abitazioni, parchi naturali etc.

Tale soluzione, dunque, fissata una profondità di posa in opera del cavidotto interrato pari a 2,00 m, misurata rispetto alla quota del fondo dell'alveo del corso d'acqua, è tale da **non determinare alcun tipo di interferenza con il reticolo idrografico**, né da un punto di vista idraulico, né da un punto di vista di alterazioni del livello qualitativo delle acque.

I punti di ingresso e di uscita della TOC, sono stati individuati all'esterno della fascia di rispetto del corpo idrico, ad una distanza di 5 metri a monte e 5 metri a valle.



- **Attraversamento corsi d'acqua con l'ausilio di infrastrutture esistenti:** indipendentemente dalla natura del corso d'acqua, essendo il cavidotto posto, il più possibile, in fregio alla viabilità esistente, **qualora le caratteristiche delle opere dell'arte ne possano garantire l'utilizzo, è possibile prevedere l'utilizzo di ponti, ponticelli, attraversamenti stradali, per la posa del cavidotto.** In particolare, si provvederà a garantire il passaggio del cavidotto in canaline staffate ai viadotti esistenti, senza alterare la viabilità esistente. Laddove possibile, il superamento dell'interferenza avverrà attraverso l'ancoraggio ad infrastrutture esistenti (tombini e ponti).

### **4.3.2 Gestione delle interferenze con il PAI**

#### **4.3.2.1 Percorso del cavidotto**

Per la gestione di tali interferenze è possibile ricondursi alle medesime modalità descritte nel paragrafo precedente di gestione delle interferenze con il reticolo idrografico **4.3.2.1 Percorso del cavidotto.**

#### **4.3.2.2 Posizionamento moduli fotovoltaici**

Il posizionamento dei moduli fotovoltaici, per tipologia di installazione e scelte progettuali, è tale da garantire la realizzazione dell'opera garantendo le condizioni di sicurezza.

Le strutture di sostegno dei moduli saranno di tipologia fissa sub verticale, costituite da tubolari metallici in acciaio zincato a caldo opportunamente dimensionati e poste orizzontalmente assecondando la giacitura del terreno lungo la direzione EST-OVEST. Tali strutture, considerando un'inclinazione dei pannelli di 30° rispetto all'orizzontale della struttura (60° rispetto alla verticale), **avranno un'altezza minima da terra di circa 1,30 m sul Plot 2 e di 2,10 m sul Plot 1** (questo dovuto alle diverse coltivazioni previste) e un'altezza massima di circa 2,85 m sul Plot 2 e di circa 3,65 m sul Plot 1.

Con tali considerazioni tecniche, si procede alla valutazione dell'altezza minima da garantire per assicurare le condizioni di sicurezza idraulica in corrispondenza delle aree classificate a basso e medio rischio.

Considerando la mancata disponibilità di informazioni in riferimento all'altezza del tirante idraulico nelle aree classificate dal PAI come a pericolosità (Bassa, Media o Alta), così come l'irreperibilità di sezioni di controllo prossime al sito oggetto di studio, si è provveduto a stimare tale altezza attraverso alcune considerazioni in merito alle perimetrazioni delle aree individuate dal PAI.

Si è provveduto ad analizzare il modello digitale del terreno e ad individuare la quota di riferimento tra le aree non classificate e quelle individuate dal PAI.

Si procede ad individuare tale vale considerando l'orografia dell'area interessata e analizzando le quote di riferimento che delimitano le aree classificate dal PAI.

L'analisi viene condotta utilizzando i dati LIDAR e procedendo ad individuare sezioni rappresentative.

Dallo studio emerge, così come facilmente ipotizzabile, che le aree classificate dal PAI come a Bassa o Media pericolosità, siano caratterizzate da una quota inferiore rispetto a quelle non classificate.

L'immagine seguente propone l'andamento di una sezione individuata all'interno dell'area di impianto e che interseca aree classificate con aree non considerate a pericolosità dal PAI.

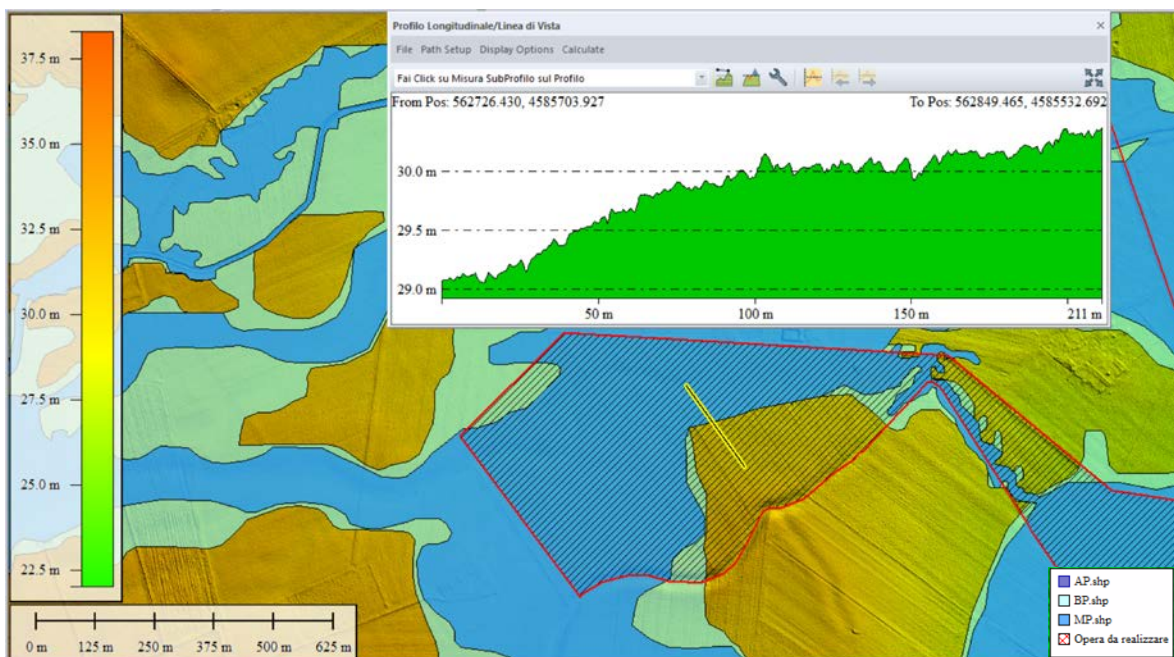


Figura 11: Sezione n.1 PLOT 1

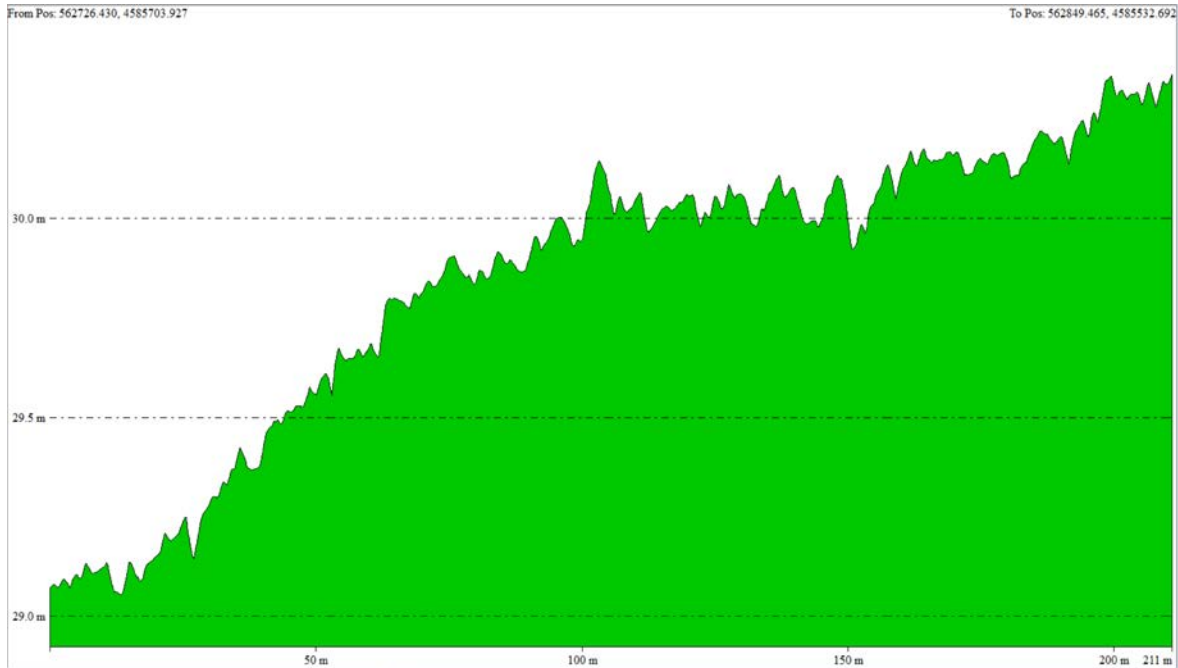


Figura 12: Profilo longitudinale sezione n.1 PLOT 1

Dalla sezione effettuata si procede all'individuazione della quota relativo al punto corrispondente all'inizio dell'area classificata dal PAI e alla quota del punto più con maggiore quota riscontrato all'esterno delle aree classificate.

I valori rilevati sono:

Quota punto di delimitazione area MP: **29.29 m**

Quota punto con altezza maggiore in area non classificata: **30.43 m**

Differenza tra le quote: **1.14 m**

Da tale considerazione si evidenzia come una differenza di quota pari a poco più di un metro contribuisca ad attribuire all'area condizioni di pericolosità o meno.

Si procede in modo simile con altre sezioni rappresentative:

*Studio di compatibilità idrologica-idraulica  
 Impianto agrivoltaico nei Comuni di Foggia e Manfredonia (FG) alle località "Pezzagrande - Vacchereccia di Greco - Macchiarotonda"  
 nonché delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto  
 PROPONENTE: HF SOLAR 11 S.r.l.*

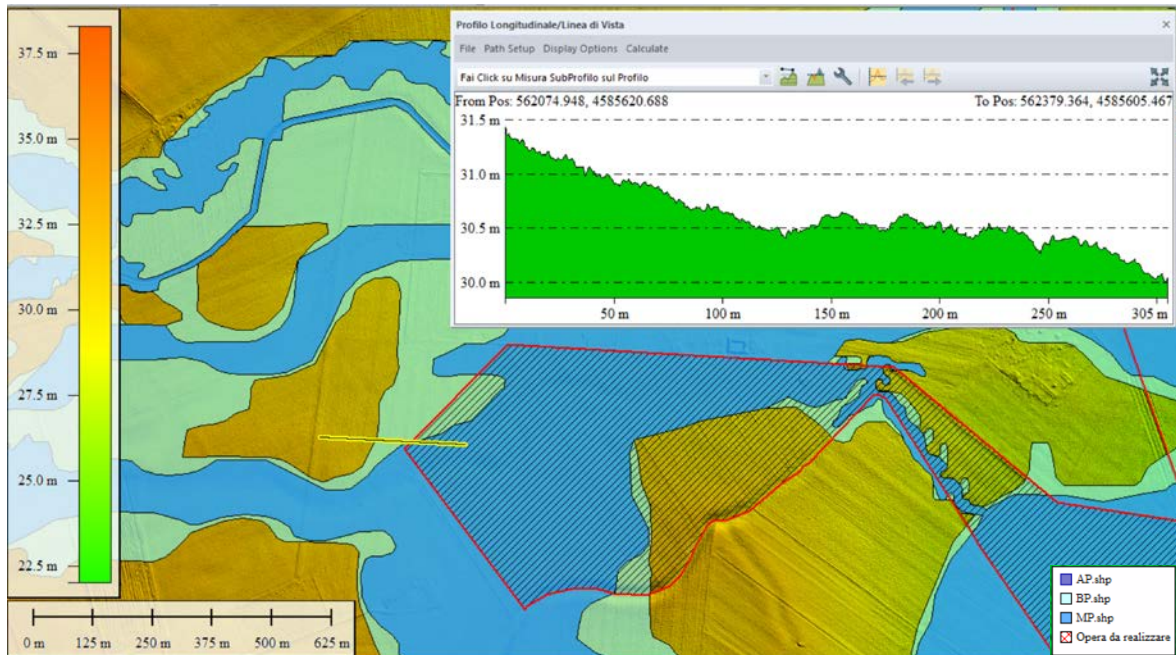


Figura 13: Sezione n.2 PLOT 1

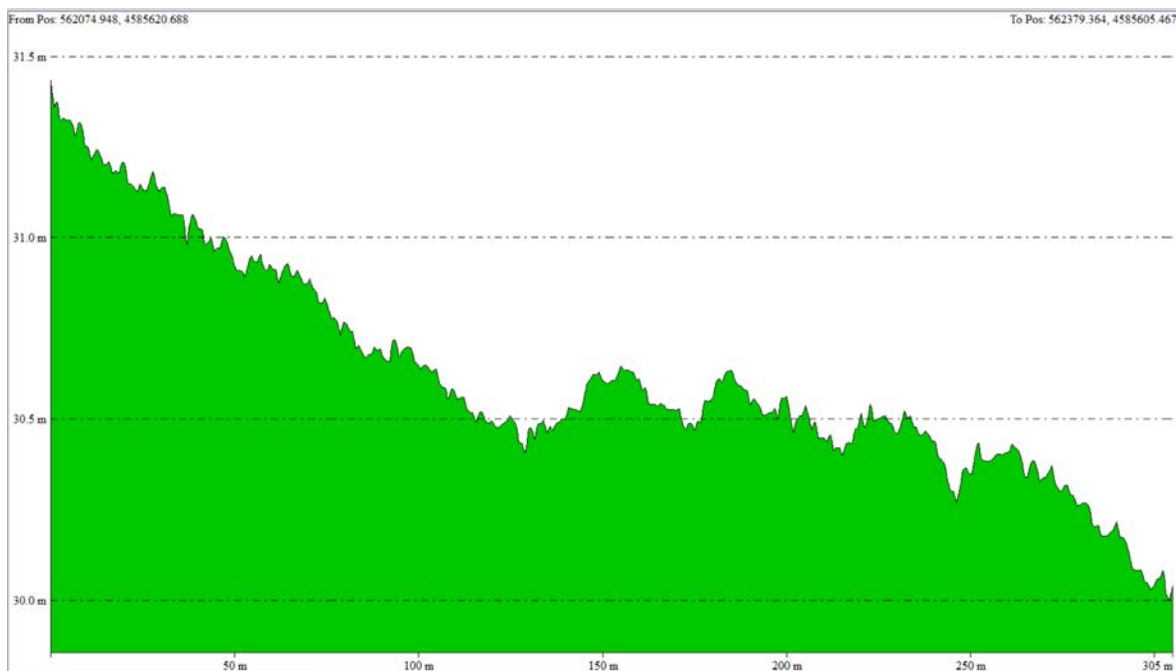


Figura 14: Profilo longitudinale sezione n.2 PLOT 1

Dalla sezione effettuata si procede all'individuazione della quota relativo al punto corrispondente all'inizio dell'area classificata dal PAI e alla quota del punto più con maggiore quota riscontrato all'esterno delle aree classificate.

I valori rilevati sono:

Quota punto di delimitazione area MP: **30,47 m**

Quota punto con altezza maggiore in area non classificata: **31,37 m**



Differenza tra le quote: 0.90 m

Da tale considerazione si evidenzia come una differenza di quota pari a poco meno di un metro contribuisca ad attribuire all'area condizioni di pericolosità o meno.

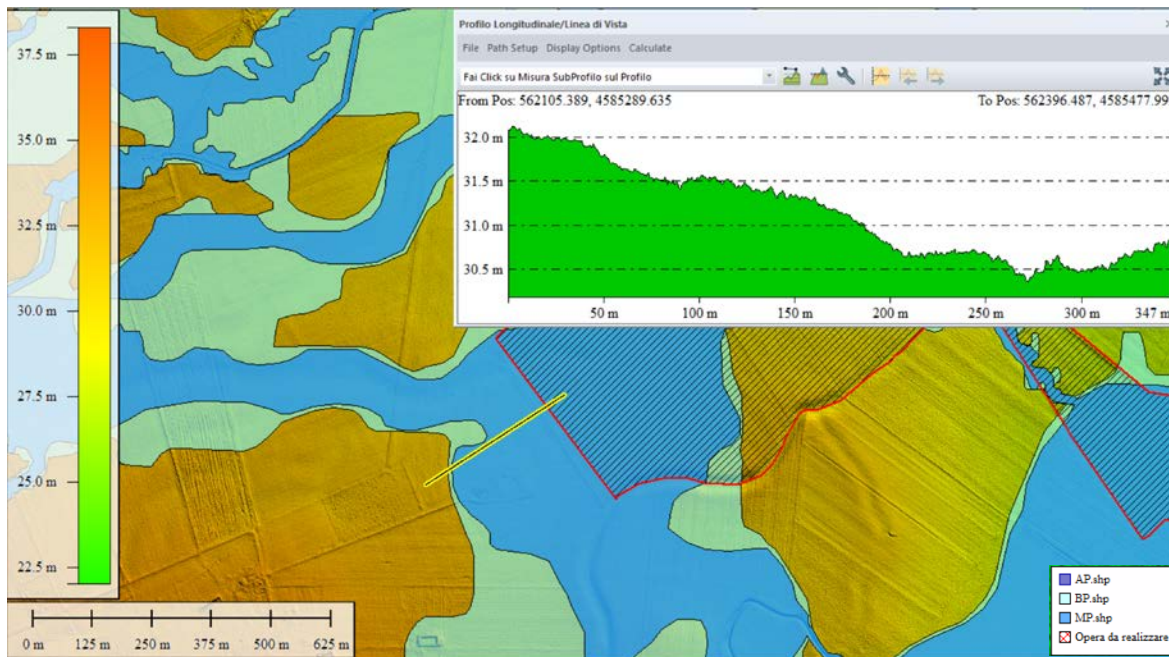


Figura 15: Sezione n.3 PLOT 1

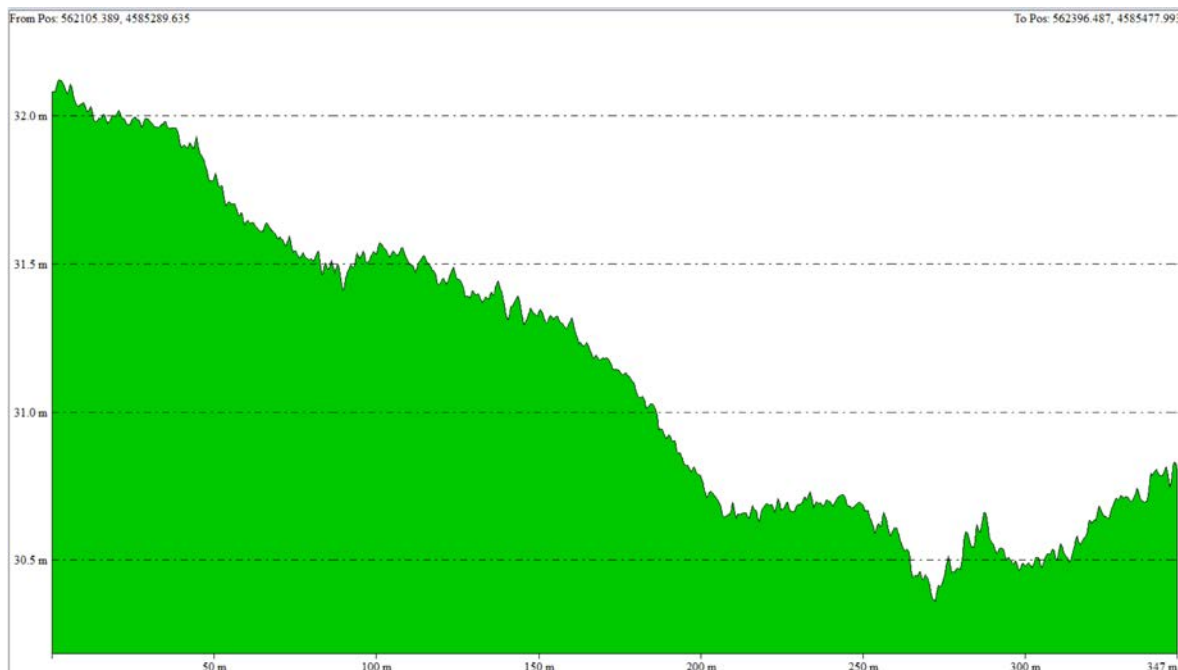


Figura 16: Profilo longitudinale sezione n.3 PLOT 1

Dalla sezione effettuata si procede all'individuazione della quota relativo al punto corrispondente all'inizio dell'area classificata dal PAI e alla quota del punto più con maggiore quota riscontrato all'esterno delle aree classificate.

I valori rilevati sono:

Quota punto a quota più bassa all'interno area di impianto: **30,49 m**

Quota punto con altezza maggiore in area non classificata: **32,12 m**

Differenza tra le quote: **1,63 m**

Da tale considerazione si evidenzia come una differenza di quota pari a poco più di un 1.60 metri contribuisca ad attribuire all'area condizioni di pericolosità o meno.

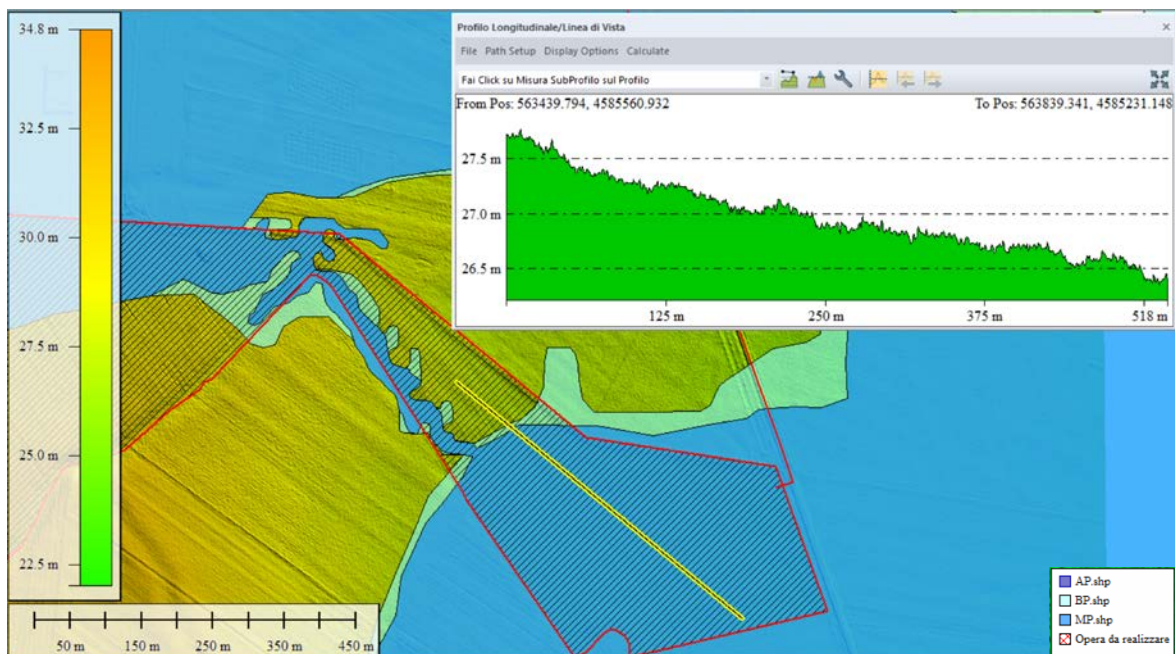


Figura 17: Sezione n.4 PLOT 1



*Studio di compatibilità idrologica-idraulica  
Impianto agrivoltaico nei Comuni di Foggia e Manfredonia (FG) alle località "Pezzagrande - Vacchereccia di Greco - Macchiarotonda"  
nonché delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto  
PROPONENTE: HF SOLAR 11 S.r.l.*

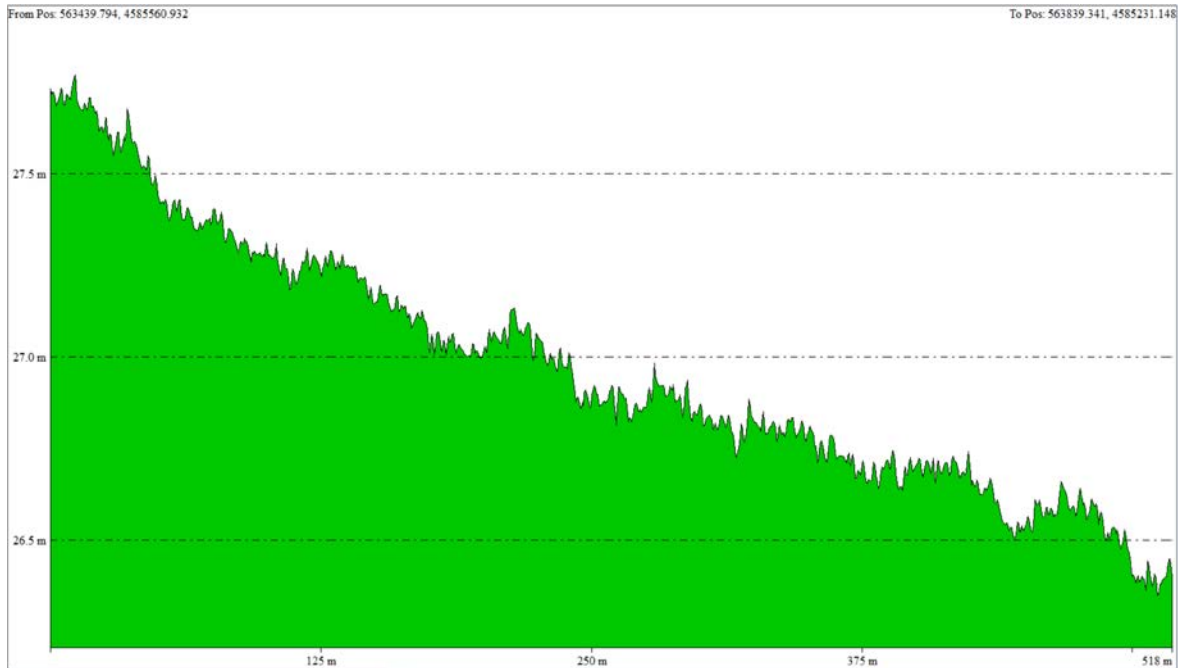


Figura 18: Profilo longitudinale sezione n.4 PLOT 1

I valori rilevati sono:

Quota punto a quota più bassa all'interno area di impianto: **26,35 m**

Quota punto con altezza maggiore in area non classificata: **27,76 m**

Differenza tra le quote: **1,41 m**

Da tale considerazione si evidenzia come una differenza di quota pari a poco più di un 1.40 metri contribuisca ad attribuire all'area condizioni di pericolosità o meno.

Studio di compatibilità idrologica-idraulica  
Impianto agrivoltaico nei Comuni di Foggia e Manfredonia (FG) alle località "Pezzagrande - Vacchereccia di Greco - Macchiarotonda"  
nonché delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto  
PROPONENTE: HF SOLAR 11 S.r.l.

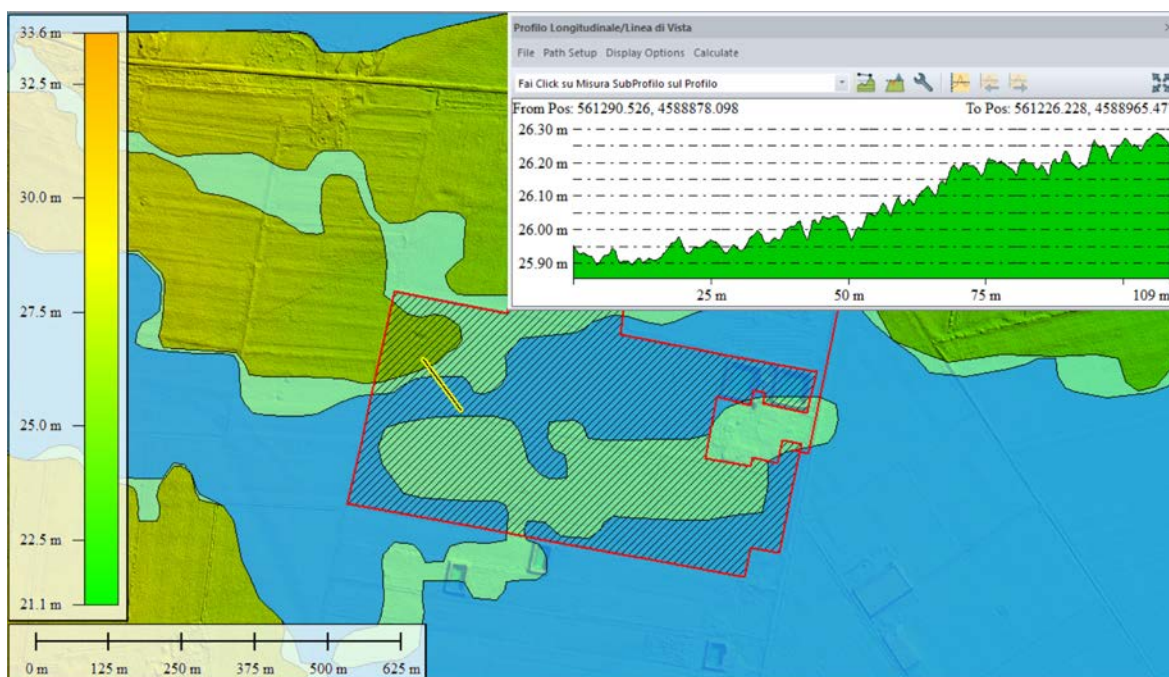


Figura 19: Sezione n.5 PLOT 2

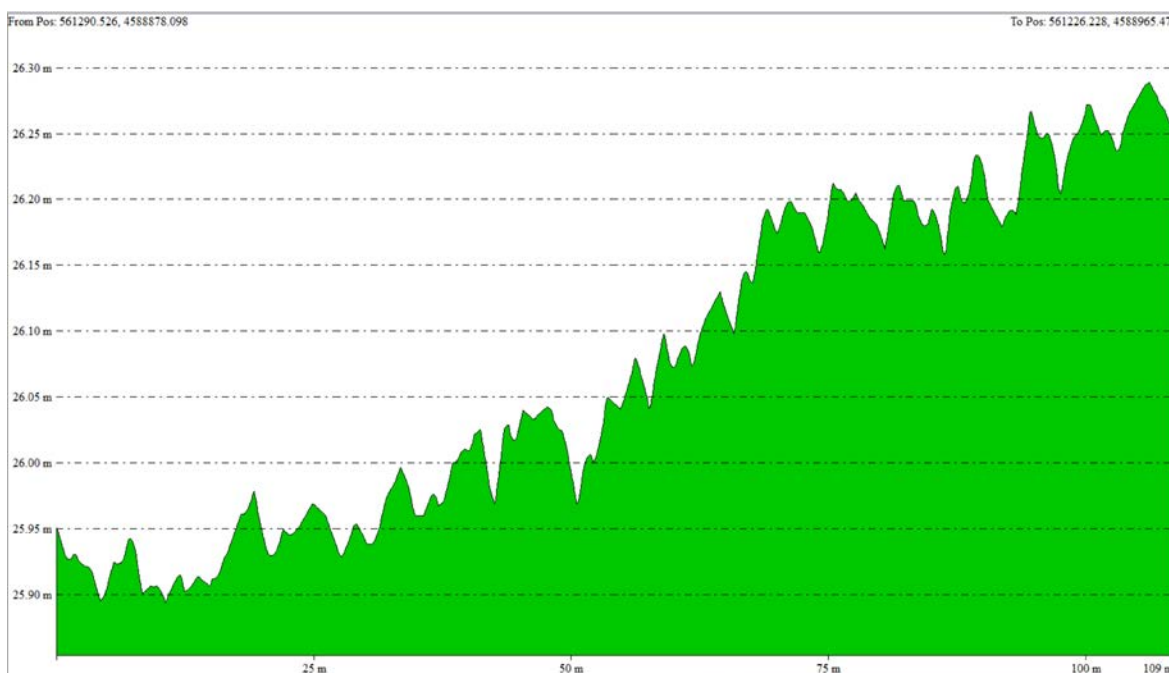


Figura 20: Profilo longitudinale sezione n.5 PLOT 2

I valori rilevati sono:

Quota punto a quota più bassa all'interno area di impianto: 25,89 m

Quota punto con altezza maggiore in area non classificata: 26,29 m

Differenza tra le quote: 0,40 m

Da tale considerazione si evidenzia come una differenza di quota pari 0.40 metri contribuisca ad attribuire all'area condizioni di pericolosità o meno.

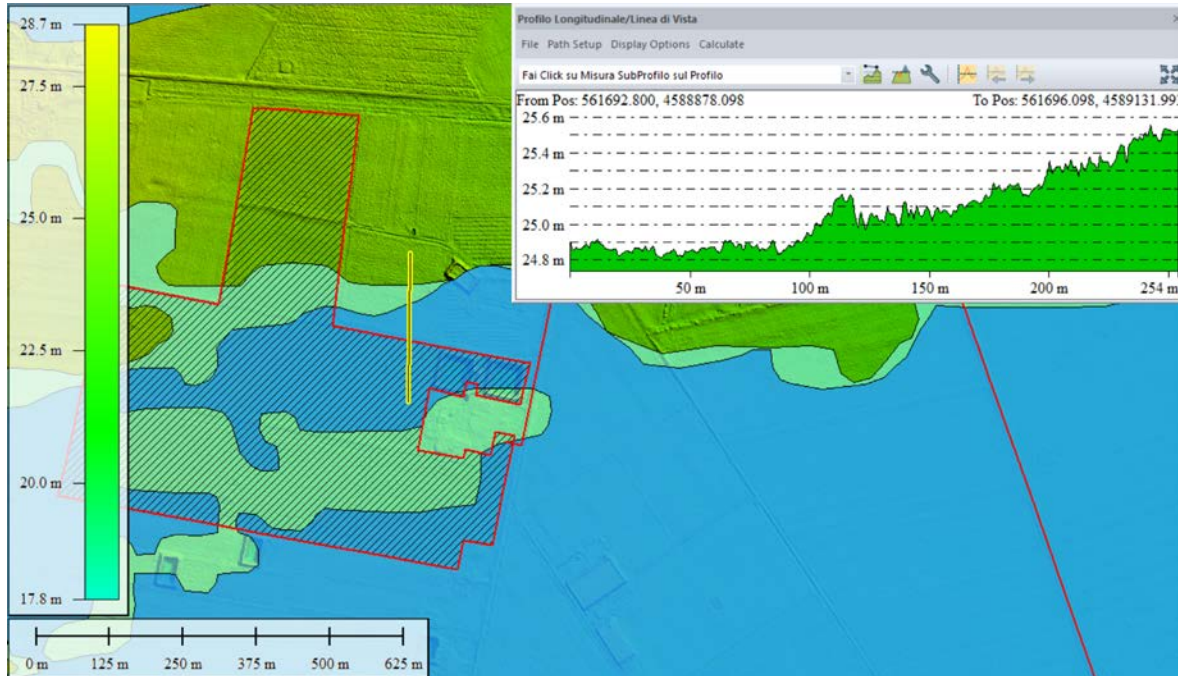


Figura 21: Sezione n.6 PLOT 2

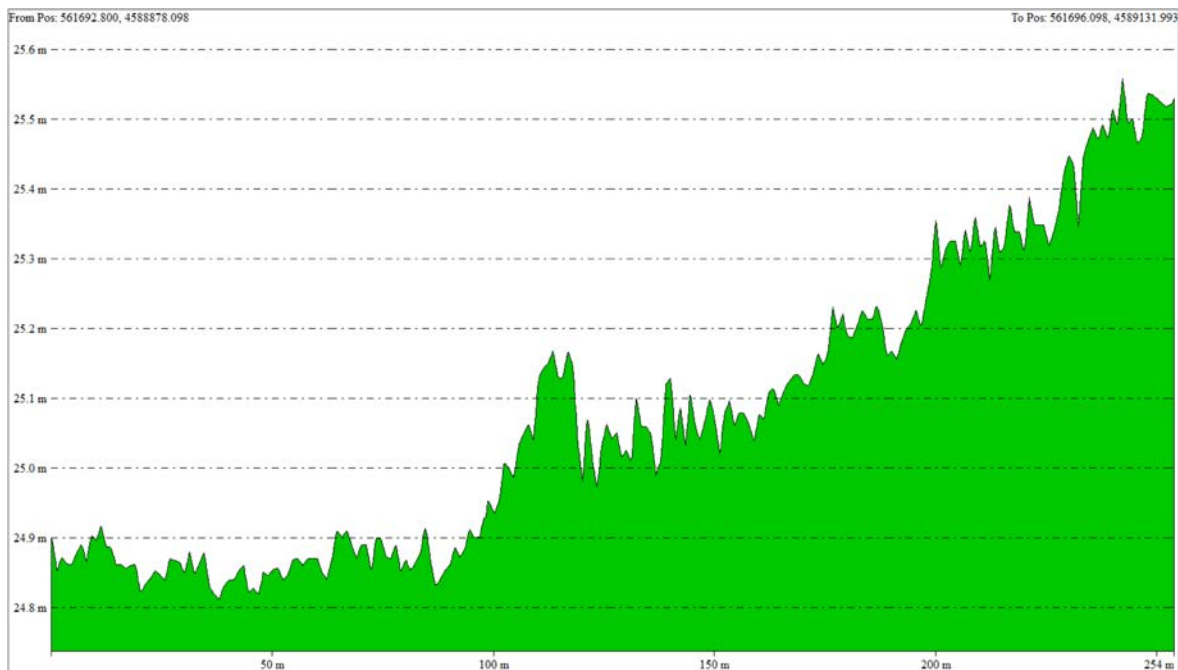


Figura 22: Profilo longitudinale sezione n.6 PLOT 2

I valori rilevati sono:

Quota punto a quota più bassa all'interno area di impianto: 24,81 m

Quota punto con altezza maggiore in area non classificata: 25,55 m

Differenza tra le quote: 0,74 m

*Studio di compatibilità idrologica-idraulica  
Impianto agrivoltaico nei Comuni di Foggia e Manfredonia (FG) alle località "Pezzagrande - Vacchereccia di Greco - Macchiarotonda"  
nonché delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto  
PROPONENTE: HF SOLAR 11 S.r.l.*

Da tale considerazione si evidenzia come una differenza di quota pari a circa 0.80 metri contribuisca ad attribuire all'area condizioni di pericolosità o meno.

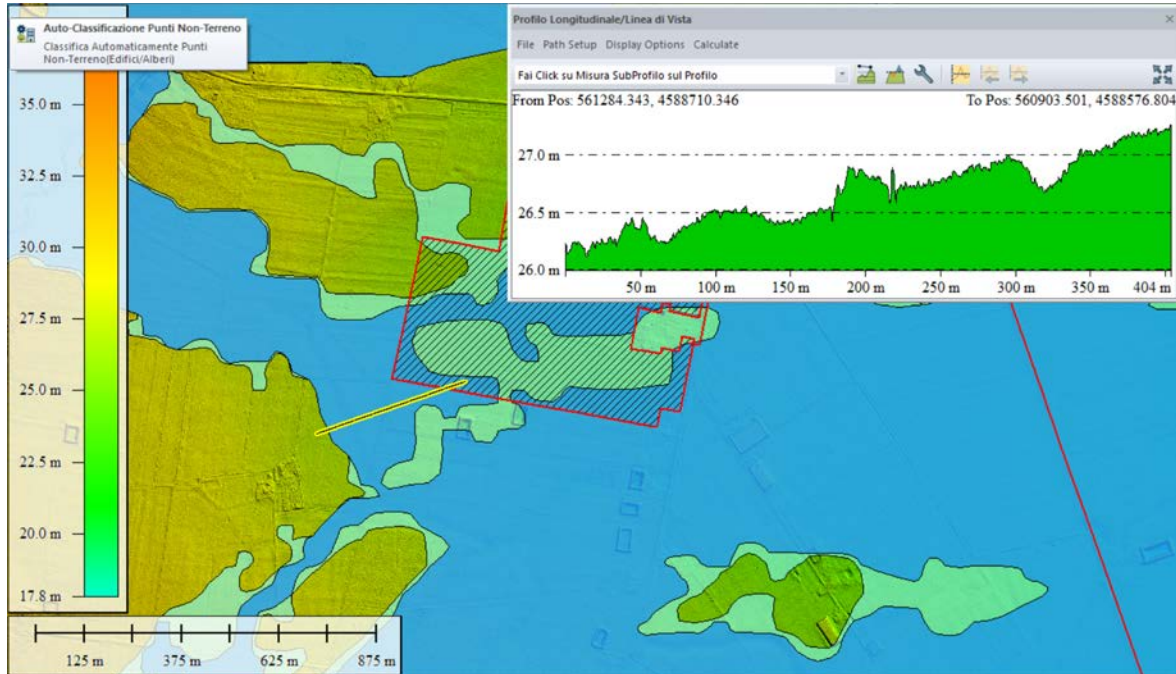


Figura 23: Sezione n.7 PLOT 2

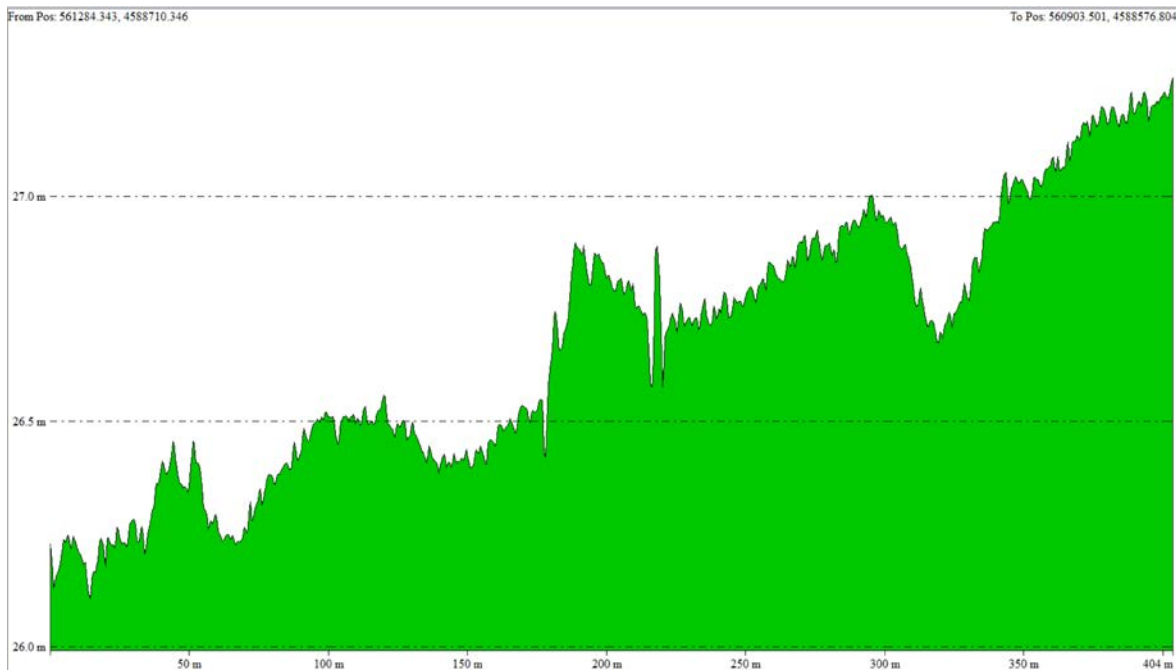


Figura 24: Profilo longitudinale sezione n.7 PLOT 2

I valori rilevati sono:

Quota punto a quota più bassa all'interno area di impianto: 26,11 m

Quota punto con altezza maggiore in area non classificata: 27,23 m

Differenza tra le quote: 1,12 m



Da tale considerazione si evidenzia come una differenza di quota pari a poco più di 1.10 metri contribuisca ad attribuire all'area condizioni di pericolosità o meno.

Considerando la classificazione del PAI e analizzando l'area di ubicazione dei moduli fotovoltaici, emerge come la differenza di quota maggiore tra le aree classificate e quelle non classificate è pari a:

- PLOT 1: 1,63 metri
- PLOT 2: 1,12 metri

Considerando che le altezze minime da terra dei moduli fotovoltaici, saranno pari a circa 1,30 m sul Plot 2 e di 2,10 m sul Plot 1, si osserva che le altezze minime previste da progetto siano **siano tali da garantire le condizioni di sicurezza idraulica** dei moduli fotovoltaici in corrispondenza delle aree classificate come a Bassa e Media pericolosità.

#### **4.3.2.3 Area Sotto Stazione Utente**

In modo del tutto simile al paragrafo precedente, viene analizzata la gestione delle interferenze dell'area della Sotto Stazione Utente con le aree a pericolosità.

Si è provveduto ad analizzare il modello digitale del terreno e ad individuare la quota di riferimento tra le aree non classificate e quelle individuate dal PAI.

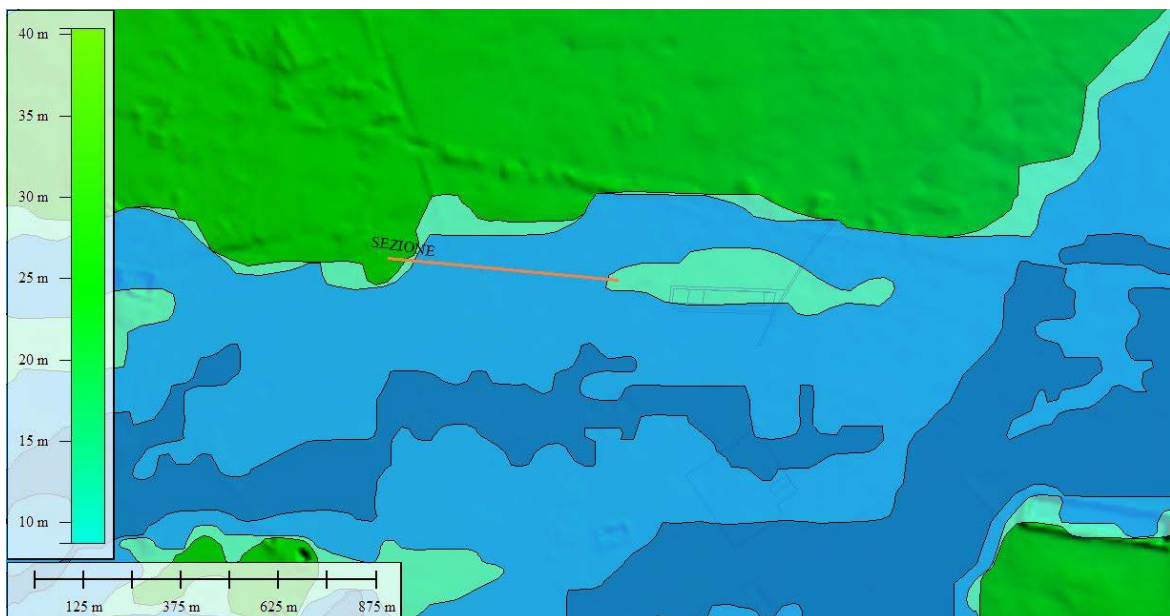


Figura 25: Tracciato sezione su DEM con perimetrazione PAI

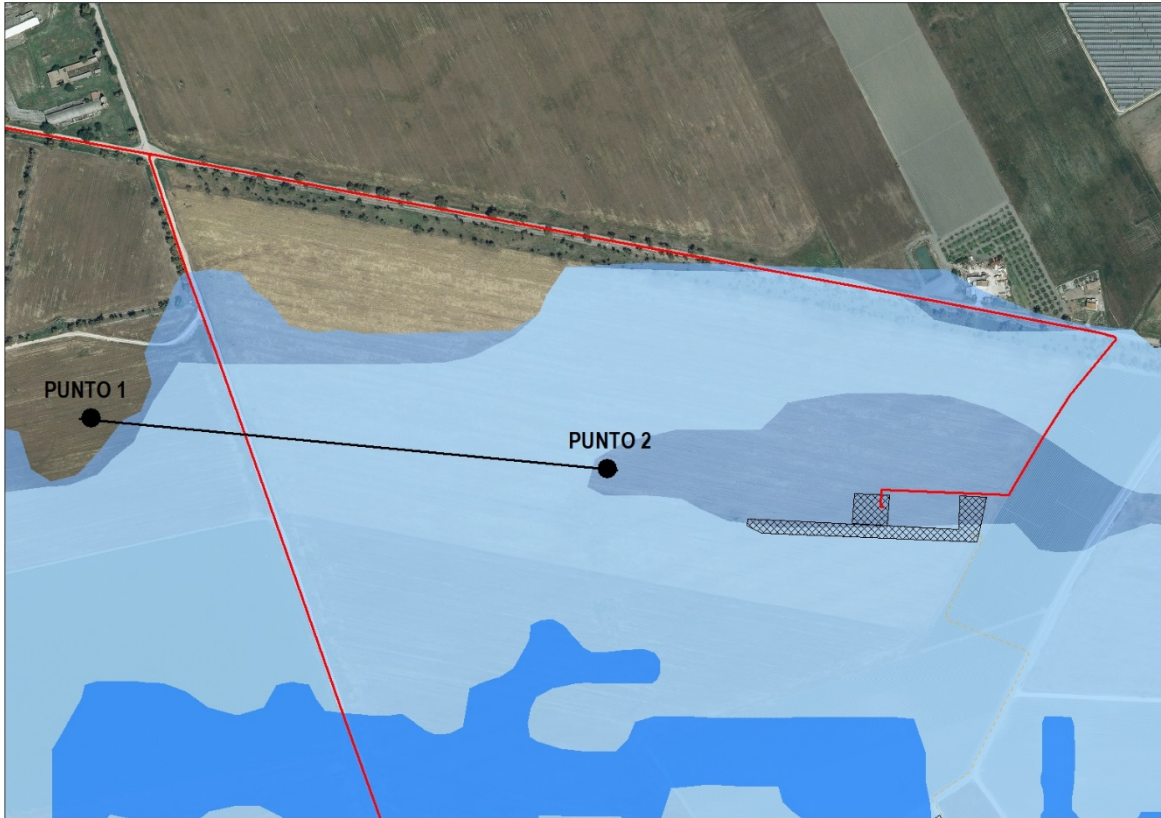


Figura 26: Tracciato sezione su ortofoto con perimetrazione PAI

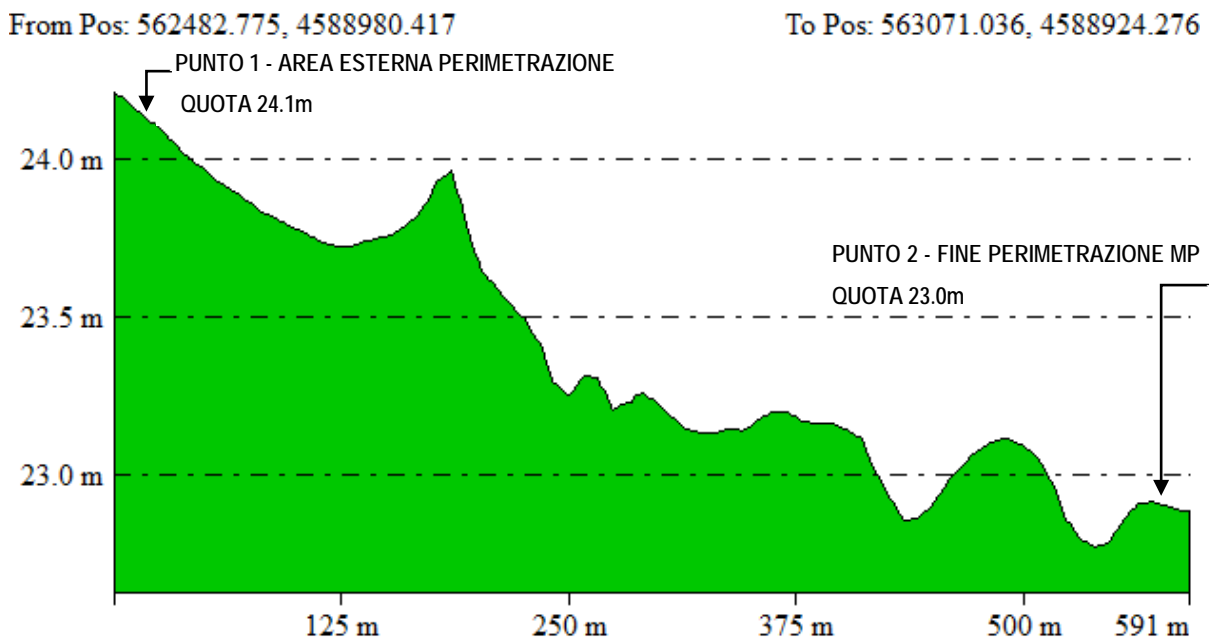


Figura 27: Sezione

Dall'analisi della sezione, si rileva una differenza altimetrica tra il punto esterno alle aree delimitate dal PAI come pericolose e il punto ricadente in tali aree; tale differenza è quantificabile in poco più di



un metro, è dunque lecito ipotizzare che il tirante idraulico nelle aree classificate come pericolose e prossime all'area di ubicazione della SSE sia pari a tale valore, cioè a 1,1 m.

Adottando tale valore come riferimento per il tirante idraulico, si ritiene che vengano garantite le condizioni di sicurezza idraulica della SSE, realizzandola su un terrapieno di altezza pari al valore individuato, ossia  $h=1,1\text{m}$ . Le medesime condizioni di sicurezza, saranno adottate anche per la strada di accesso alla SSE.

Individuata la soluzione tecnica finalizzata al soddisfacimento delle condizioni di sicurezza idraulica, occorre procedere all'individuazione di soluzioni tecniche che garantiscano l'invarianza idraulica dell'area.

La prima analisi si riconduce nella valutazione dei volumi di acqua interessati dalla sopraelevazione della SSE e della relativa strada di accesso.

La superficie occupata dalla SSE è stimata in circa  $8000\text{ m}^2$ , quella della strada in circa  $7000\text{ m}^2$ , considerando l'altezza di  $h=1,1\text{m}$ , si avranno rispettivamente i seguenti volumi in gioco:

$$V_{\text{SSE}}=8.800\text{ m}^3 \quad V_{\text{STR}}=7.365\text{ m}^3.$$

Per garantire l'invarianza idraulica, sono previste due soluzioni differenti, una dedicata alla gestione dei volumi relativi alla sopraelevazione della SSE e l'altra alla gestione della strada.

Per la gestione dei volumi di acqua relativi alla SSE, si individua, come soluzione, la realizzazione di fossi di guardia da ubicare lungo l'intero perimetro delle opere da realizzarsi.

Considerando un perimetro totale pari a circa  $1835\text{ m}$ , e considerando che tale fosso di guardia dovrà gestire i volumi relativi alla SSE ( $V_{\text{SSE}}=8.800\text{ m}^3$ ), la sezione da garantire del fosso di guardia dovrà essere pari o maggiore a  $4,8\text{ m}^2$ .

Per garantire la gestione dei volumi correlati alla sopraelevazione della strada di accesso, invece, si provvederà a realizzare la stessa in geotessuto e posta su un vespaio di pietrame informe al di sotto della strada.

Tale soluzione sarà in grado da un lato di evitare il dilavamento del materiale costituente la strada di accesso durante gli eventi piovosi e, dall'altra, a garantire allo stesso tempo un elevato grado di permeabilità. In tal modo le acque di pioggia, in parte si infiltreranno nello spessore della pavimentazione prima e del vespaio dopo, per poi disperdersi nel sottosuolo, e in parte saranno convogliate nei fossi di guardia, per poi dispersi per infiltrazione nella parte di vespaio sottostante e nel sottosuolo.

Tali accorgimenti costruttivi sono stati individuati per garantire la sussistenza del principio dell'invarianza idraulica ovvero la presenza delle stesse condizioni di permeabilità dello stato attuale.

Si illustra di seguito una sezione rappresentativa riportante sia i fossi di guardia sia il vespaio in pietrame.

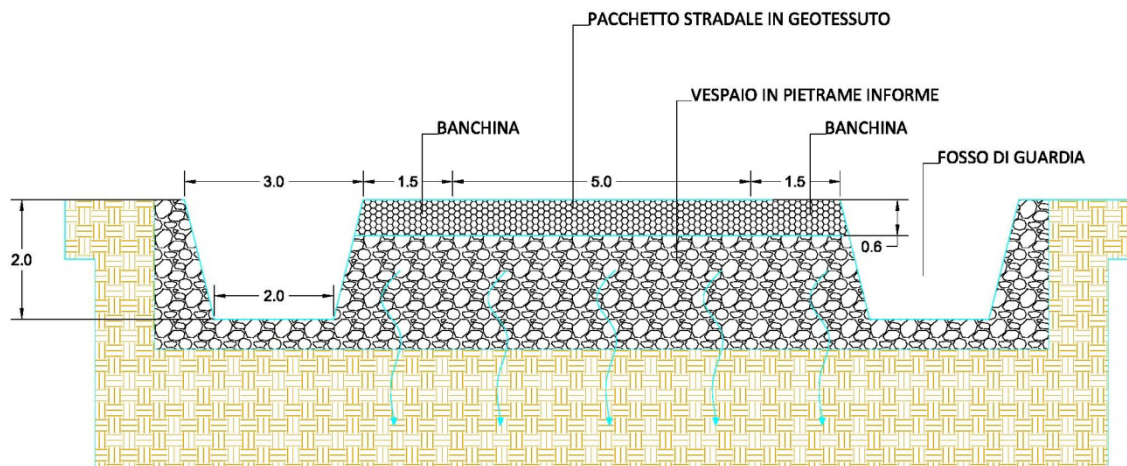


Figura 28: Sezione tipo

Si ritiene che le soluzioni così individuate e le quote riportate, siano tali da garantire la durabilità delle opere proposte ricadenti nelle aree definite a pericolosità Media e Bassa dalla perimetrazione PAI.

## 5 CONSIDERAZIONI FINALI

La presente relazione fa riferimento alla realizzazione, da parte della società HF SOLAR 11 S.r.l., di un impianto agrivoltaico di produzione di energia elettrica da fonte solare nei comuni di Foggia e Manfredonia in località "Pezzagrande - Vacchereccia di Greco - Macchiarotonda".

Le interferenze riscontrate sono state suddivise e classificate in riferimento sia a quelle riscontrate con il reticolo idrografico, sia a quelle correlate con la perimetrazione PAI.

Dall'analisi delle interferenze, dalle scelte dei progettisti e dalle verifiche condotte, si è evidenziata la sussistenza delle condizioni di sicurezza idraulica.

**L'opera nel suo complesso si ritiene in sicurezza idraulica.**

Foggia, ottobre 2023



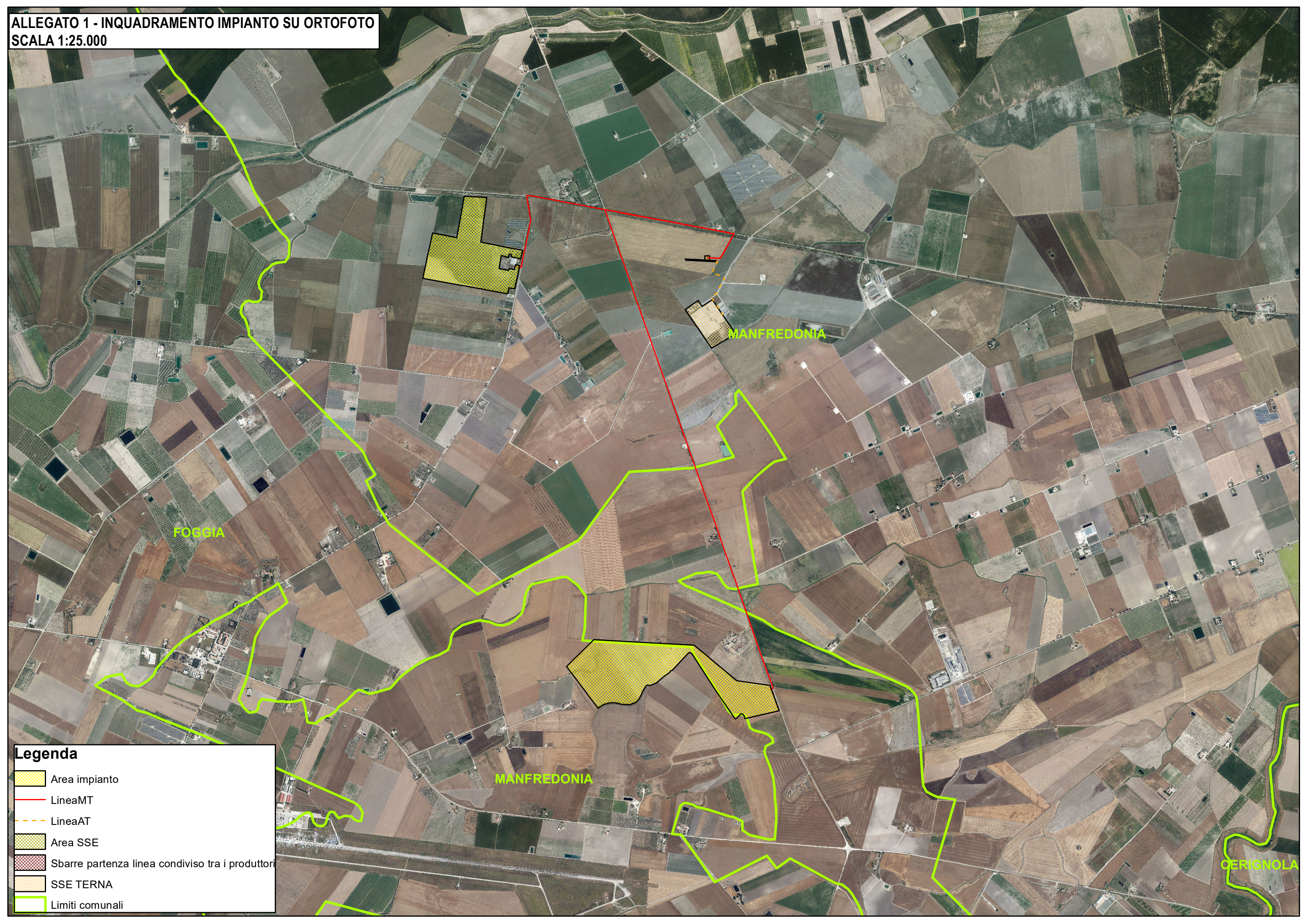
Il tecnico

Ing. Antonella Laura Giordano








## **6 ELENCO ALLEGATI**

- ALLEGATO 1 - INQUADRAMENTO IMPIANTO SU ORTOFOTO – SCALA 1:25.000
- ALLEGATO 2 - INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO DA PGRA – SCALA 1:25.000
- ALLEGATO 3 - INTERFERENZE CON PERIMETRAZIONE PAI – SCALA 1:25.000
- ALLEGATO 4- INTERFERENZE CON PERIMETRAZIONE PAI AREA PLOT 1 – SCALA 1:5.000
- ALLEGATO 5 - NTERFERENZE CON PERIMETRAZIONE PAI AREA PLOT 2 – SCALA 1:5.000
- ALLEGATO 6- NTERFERENZE CON PERIMETRAZIONE PAI AREA SOTTO STAZIONE UTENTE – SCALA 1:1.000



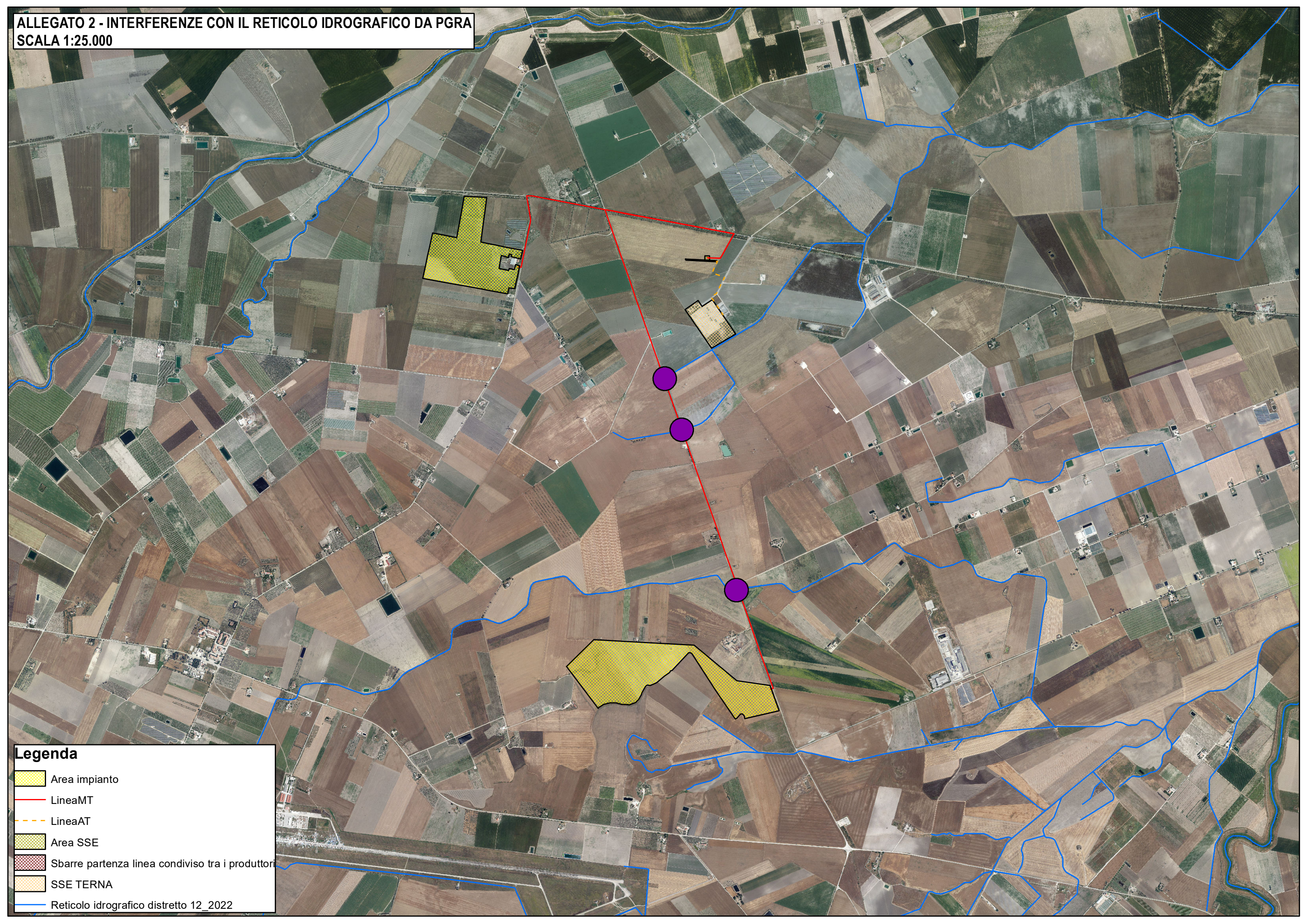


**Legenda**








-  Area impianto
-  Linea MT
-  Linea AT
-  Area SSE
-  Sbarre partenza linea condiviso tra i produttori
-  SSE TERNA
-  Limiti comunali



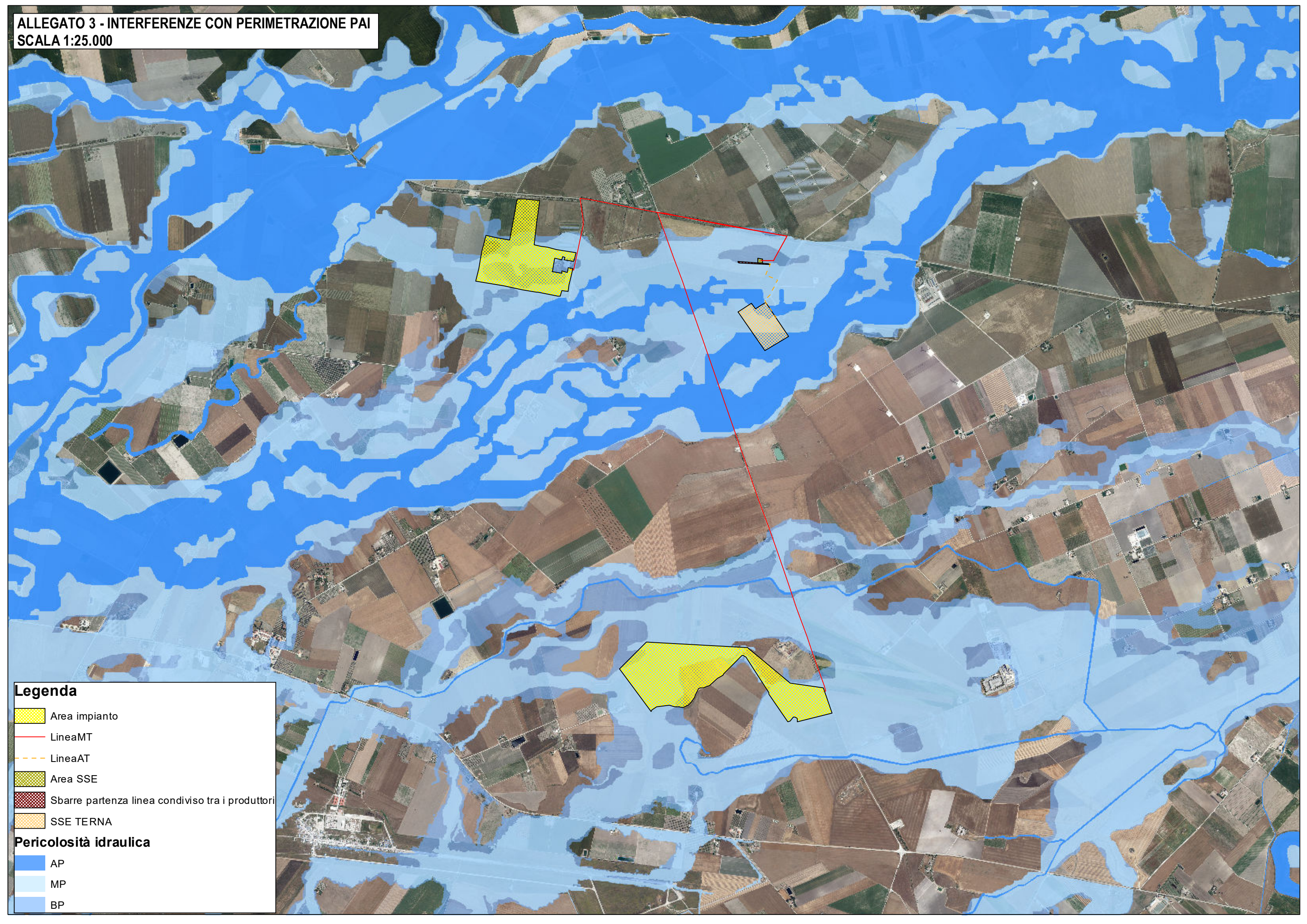
**ALLEGATO 2 - INTERFERENZE CON IL RETICOLO IDROGRAFICO DA PGRA**  
**SCALA 1:25.000**









**Legenda**

-  Area impianto
-  LineaMT
-  LineaAT
-  Area SSE
-  Sbarre partenza linea condiviso tra i produttori
-  SSE TERNA
-  Reticolo idrografico distretto 12\_2022








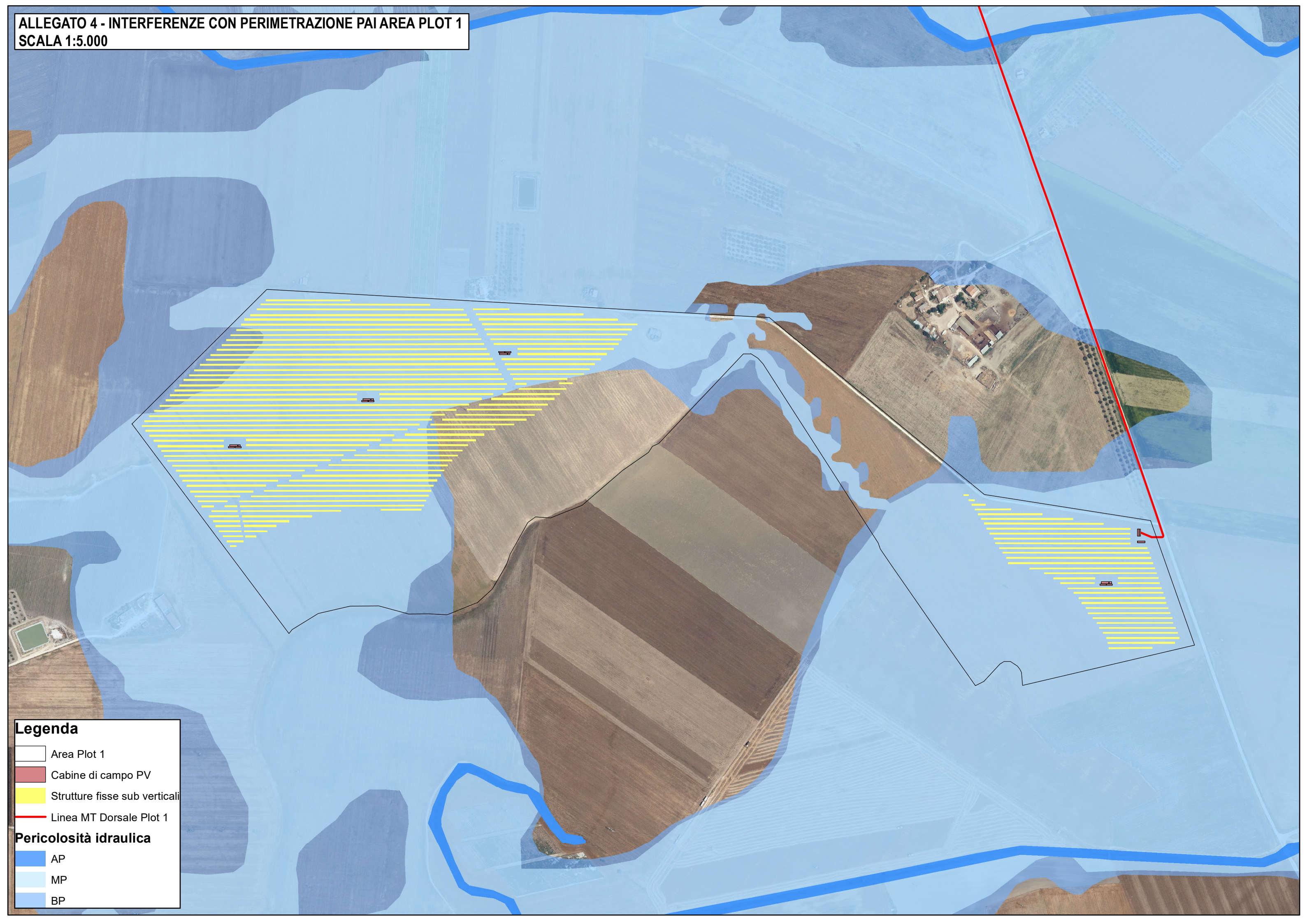
**Legenda**

-  Area impianto
-  LineaMT
-  LineaAT
-  Area SSE
-  Sbarre partenza linea condiviso tra i produttori
-  SSE TERNA

**Pericolosità idraulica**

-  AP
-  MP
-  BP





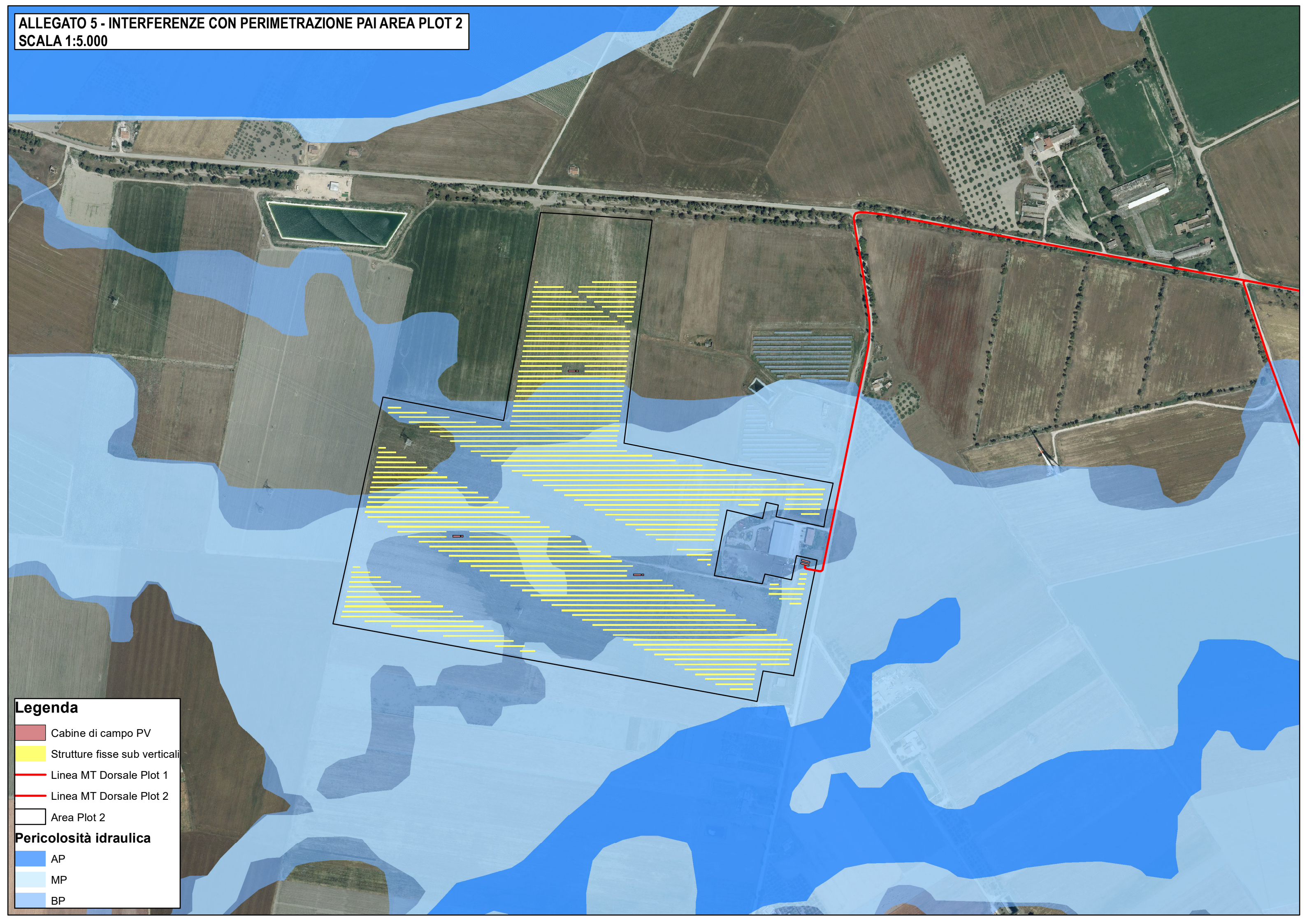
**Legenda**

- Area Plot 1
- Cabine di campo PV
- Strutture fisse sub verticali
- Linea MT Dorsale Plot 1

**Pericolosità idraulica**

- AP
- MP
- BP





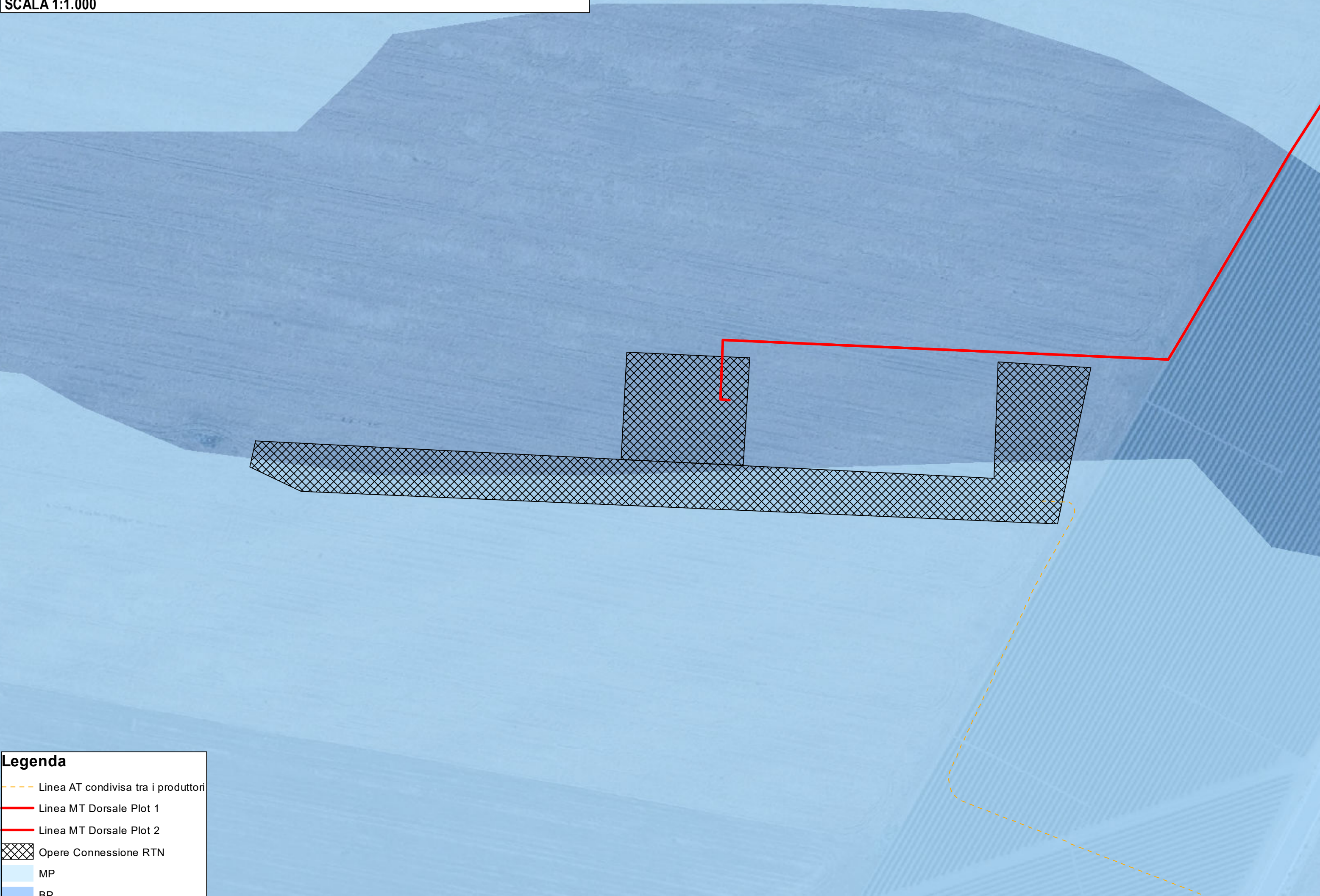
**Legenda**

- Cabine di campo PV
- Strutture fisse sub verticali
- Linea MT Dorsale Plot 1
- Linea MT Dorsale Plot 2
- Area Plot 2

**Pericolosità idraulica**

- AP
- MP
- BP





**Legenda**

- Linea AT condivisa tra i produttori
- Linea MT Dorsale Plot 1
- Linea MT Dorsale Plot 2
- Opere Connessione RTN
- MP
- BP