

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO PARCO AGRI-NATURALISTICO-VOLTAICO  
DELL'ALTA MURGIA E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN  
LOCALITA' MASSERIA CAPUTI  
COMUNE DI MINERVINO MURGE (BAT)  
DENOMINAZIONE IMPIANTO - PVA005 MINERVINO - MASSERIA CAPUTI  
POTENZA NOMINALE 55 MW

## PROGETTO DEFINITIVO - SIA

### PROGETTAZIONE E SIA

**HOPE engineering**

ing. Fabio PACCAPELO

ing. Andrea ANGELINI

arch. Gaetano FORNARELLI

dott.ssa Anastasia AGNOLI

### INSERIMENTO PAESAGGISTICO

**Studio ALAMI**

Arch.Fabiano SPANO

Arch. Valentina Marta RUBRICHI

Arch. Susanna TUNDO

### AGRONOMIA E STUDI COLTURALI

dott.ssa Lucia PESOLA

### STUDI SPECIALISTICI E AMBIENTALI

MICROCLIMATICA  
dott.ssa Elisa GATTO

ARCHEOLOGIA  
dott.ssa Domenica CARRASSO

GEOLOGIA  
Apogeo Srl

ACUSTICA  
dott.ssa Sabrina SCARAMUZZI

FAUNISTICA  
dott. Fabio Mastropasqua

## R.2 RELAZIONI SPECIALISTICHE

### R.2.2 Relazione idrologica e idraulica

REV.	DATA	DESCRIZIONE
	02-24	prima emissione



## INDICE

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE	3
3	QUADRO NORMATIVO – PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	6
4	BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	9
5	ANALISI IDROLOGICA	13
5.1	DEFINIZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO	13
5.2	USO DEL SUOLO E CURVE NUMBER	15
5.3	STUDIO IDROLOGICO E PLUVIOMETRICO	16
5.4	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE	20
6	STUDIO IDRAULICO	21
6.1	TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO BIDIMENSIONALE	21
6.2	MODELLO IDRAULICO CON APPROCCIO A PARAMETRI DISTRIBUITI	23
6.3	INDIVIDUAZIONE AREE INONDABILI	24
6.4	GEOMETRIA DEL MODELLO MATEMATICO BIDIMENSIONALE	25
6.5	RISULTATI DELLA SIMULAZIONE 2D	26
7	RISOLUZIONE INTERFERENZE ELETTRICITÀ	31
8	CONCLUSIONI	36

## 1 PREMESSA

La presente relazione idrologico-idraulica ha la finalità di descrivere e valutare gli aspetti idrologici e idraulici relativi all'area interessata dal progetto del parco agri-naturalistico-voltaico dell'Alta Murgia e delle relative opere di connessione alla RTN, proposto dalla società San Giorgio Energia S.r.L., con sede in Milano, via Lanzone n31.

L'impianto agri-naturalistico-voltaico della potenza nominale pari a circa **55,08 MWp**, è collocato in un sito a destinazione agricola ricadente sul territorio comunale di Minervino Murge nella provincia di Barletta-Andria-Trani in Puglia. Il progetto definitivo comprende le opere necessarie alla connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale.

Il progetto prevede la realizzazione di un parco integrato di rinaturalizzazione, agricoltura e agrivoltaico.

Con il termine “**agrivoltaico**” si intende un sistema che coniuga la produzione agricola con la produzione di energia elettrica mediante impianto fotovoltaico, ospitando le due componenti nel medesimo terreno, senza consumo di suolo; pertanto, si tratta della convivenza, sul medesimo sito della conduzione delle colture agricole unitamente alla produzione di energia elettrica mediante l'installazione di pannelli fotovoltaici su apposite strutture di supporto, le caratteristiche di tali strutture dovranno essere compatibili con il regolare svolgimento dell'attività agricola e il transito dei mezzi agricoli necessari alla stessa.

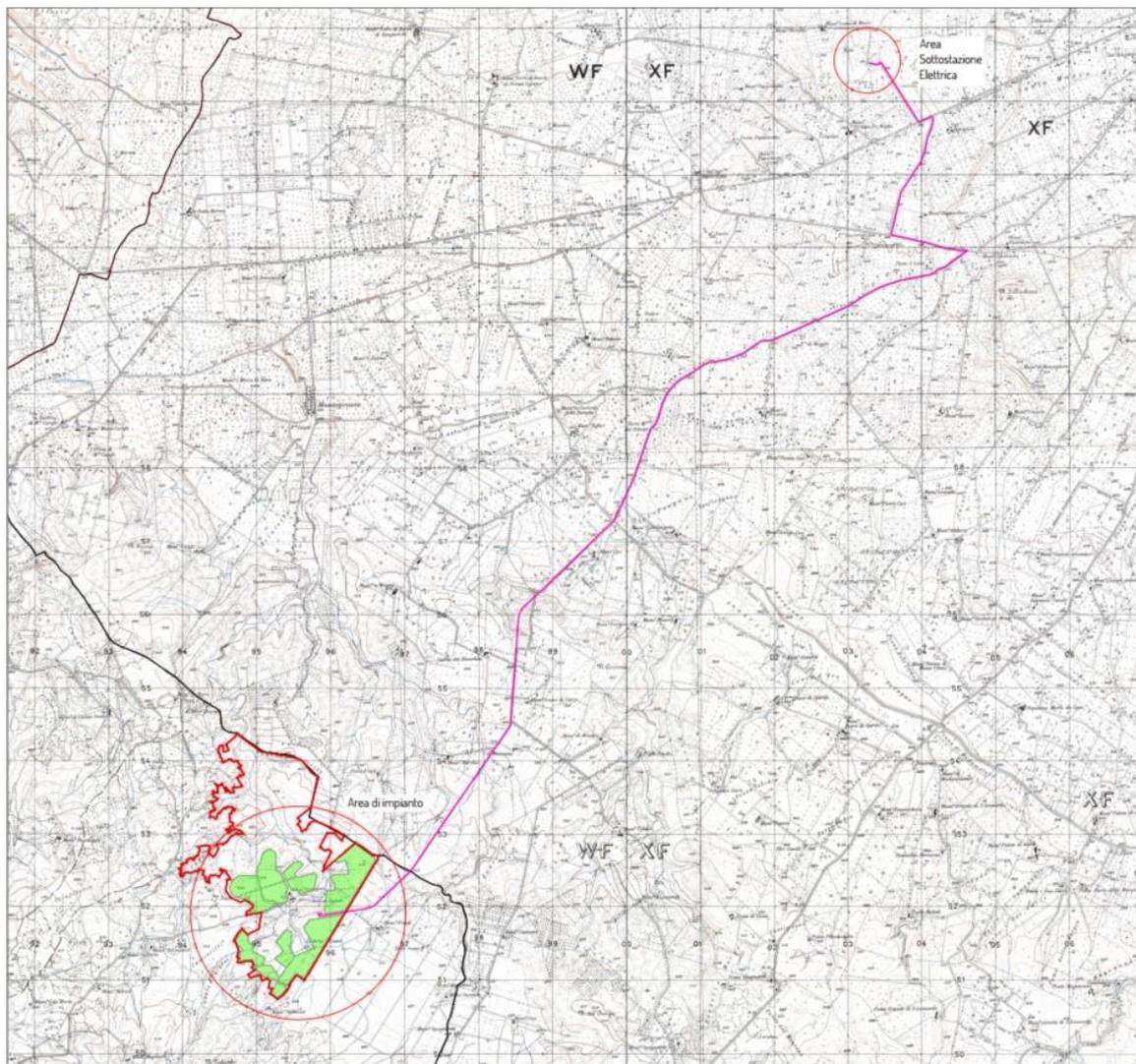
L'impianto è denominato “PVA005 – MINERVINO – MASSERIA CAPUTI” riprendendo il nome dal toponimo della zona oggetto di intervento.

Vengono di seguito sviluppati gli aspetti idrologici e idraulici dell'area oggetto di intervento allo scopo di definire le caratteristiche idrauliche relative allo stato di fatto e di verificare le condizioni idrauliche relative allo stato di progetto.

## 2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TERRITORIALE

L'impianto agrivoltaico è situato a Nord-Est del Comune di Minervino Murge, nella provincia di BAT, in località Masseria Caputi.

Il progetto "Parco Agri Naturalistico Voltaico" è collocato a una distanza minima di c.ca 5 km dal centro abitato più prossimo, Minervino Murge, e c.ca 25 km a sud del mar Adriatico. L'area di interesse è attraversata dalla SP 155 che collega Minervino Murge ad Andria e Corato.



*Localizzazione dell'intervento su cartografia IGM*

L'area ricade all'interno della figura territoriale dell'Altopiano murgiano, essenzialmente caratterizzata da fenomeni carsici di grande rilievo e variamente articolati ed una circolazione superficiale pressoché inesistente, totalmente convogliata nella falda freatica.

Nell'ambito di riferimento si assiste ad un graduale passaggio, dalla trama agraria della piana olivetata alle macchie di boschi di quercia e steppe cespugliate dell'altopiano. Nell'area di progetto la matrice ambientale prevalente è costituita da pascoli rocciosi e seminativi insediatisi sul substrato calcareo, il cosiddetto "paesaggio della pseudo steppa", aspro e brullo, dalla morfologia leggermente ondulata.

Caratteristica della figura appare l'estrema complessità dei segni antropici spesso in rapporto sistemico gli uni con gli altri ove un singolo manufatto risulta incomprensibile se studiato separatamente dal sistema complesso al quale appartiene, come ad esempio, gli *jazzi* e le masserie, le varie forme di utilizzo della pietra per gradi diversi di complessità e funzioni come *specchie*, muretti a secco, *casedde*.

La rete stradale principale si colloca lungo le lame principali seguendone l'orografia; la rete stradale minore (vicinali, comunali, carrarecce, mulattiere e sentieri) costeggia i *canali seminaturali* (ovvero, canali ove l'accumulo di humus rende o ha reso fertile la coltivazione cerealicola) e le lame; le strutture produttive (masserie, *jazzi* dell'altopiano) si posizionano in prossimità delle lame e dei canali seminaturali, ma sempre su aree calcaree o tufacee, non occupando così suolo fertile e aree coltivabili; l'integrazione pastorizia - agricoltura si esplica in un complesso sistema che ha tra lama cerealicola e area pascolativa uno snodo importante.

In questa struttura è possibile individuare alcune sfumature paesaggistiche caratterizzate da elementi ambientali di minore estensione (come piccoli boschi, sistemi rupicoli, pascoli arborati, zone umide ecc), che ne diversificano il paesaggio.

Attualmente l'equilibrio tra la valorizzazione agricola del territorio e la riproduzione della funzionalità ecologica risulta violentemente alterato dalle azioni di spietramento, le quali, senza ottenere risultati dal punto di vista dell'aumento della produttività dei suoli, e del miglioramento complessivo della redditività della produzione agricola, ha tuttavia profondamente impoverito la qualità ambientale della figura territoriale, alterandone le qualità percettive, sia dal punto di vista della continuità delle forme del suolo, sia dal punto di vista cromatico. Anche la fruibilità del territorio aperto è molto limitata.

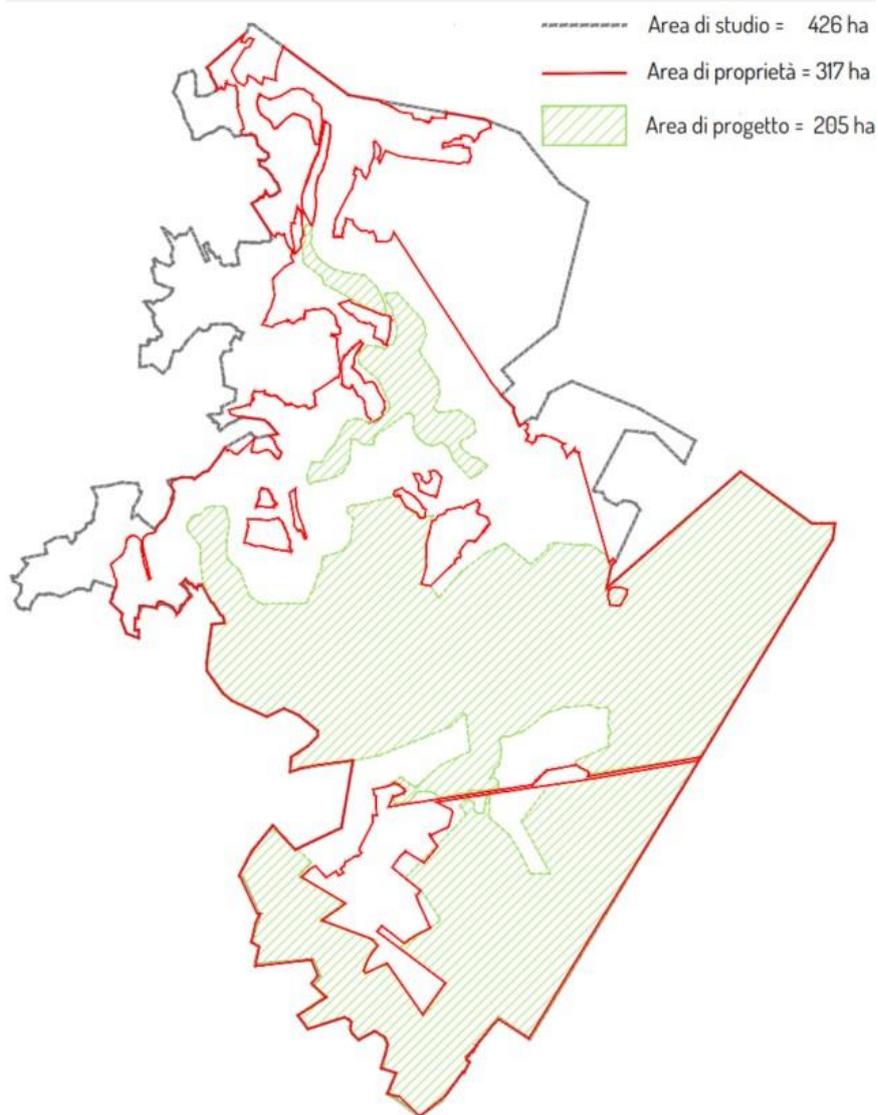
Le aree di installazione ricadono tra le aree nella disponibilità della San Giorgio Energia srl, in virtù di un contratto di concessione di diritto di superficie.

L'estensione complessiva dei terreni in disponibilità della San Giorgio Energia srl ed area di progetto è di circa 83,8 ha.

Le aree nella disponibilità della San Giorgio Energia sono per la maggior parte destinate a seminativo.

L'intervento è condotto su un'area di studio di 426 ha e un area di intervento di 317 ha, corrispondente all'area di proprietà dell'Azienda Agricola "Agri G. società semplice".

L'area di progetto è estesa per 193 ha.



*Localizzazione dell'intervento e tipologia di aree*

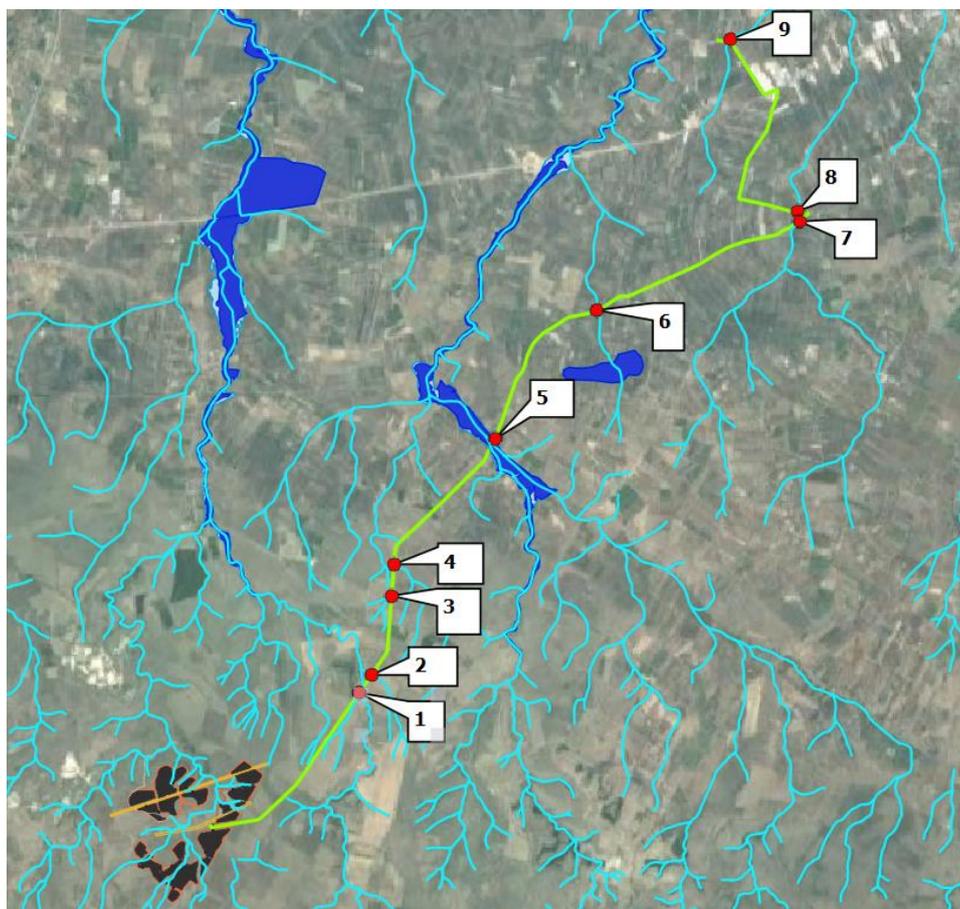
### 3 QUADRO NORMATIVO – PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Per quanto riguarda il Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.), le aree oggetto di intervento non sono interessate dalla presenza di aree perimetrate a pericolosità e a rischio idraulico ma sono interessate dalla presenza di alcuni reticoli idrografici, riportati anche nel PGRA Il ciclo (Piano di Gestione del Rischio Alluvione), come riportato nell'immagine seguente.



*Reticolo idrografico sull'area di intervento*

Il tracciato dell'elettrodotto di connessione invece, lungo il suo percorso, interferisce sia con aree ad Alta, Media e Bassa pericolosità idraulica che con i reticoli idrografici, in particolare come evidenziato nell'immagine seguente e come meglio argomentato nei paragrafi successivi il tracciato dell'elettrodotto interferisce con reticoli e aree perimetrate in **9** punti.



*Reticolo idrografico e aree a pericolosità idraulica lungo il tracciato dell'elettrodotto*

Nell'area del parco i reticoli idrografici che attraversano le aree oggetto di intervento risultano poco sviluppati verso monte, infatti la testa dei compluvi, ovvero il punto di inizio degli stessi, si colloca poco a monte delle aree di intervento. Tuttavia, data l'orografia del territorio i compluvi risultano alquanto ramificati.

Dal punto di vista normativo, la presenza di questi reticoli comporta l'osservanza degli articoli 6-10 delle NTA del PAI relativi rispettivamente a "Alveo fluviale in modellamento attivo e aree golenali" e "Disciplina delle fasce di pertinenza fluviale" secondo i quali:

*"per tutti gli interventi consentiti nelle aree di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata"*

Inoltre, la presenza dell'interferenza dell'elettrodotto con aree a pericolosità idraulica comporta altresì l'osservanza degli articoli 7-8 e 9 delle NTA del PAI, secondo i quali la realizzazione del cavidotto rientra tra gli interventi ammissibili per quanto riportato al comma 1 lettera d):

*"interventi di ampliamento e di ristrutturazione delle infrastrutture a rete pubbliche o di interesse pubblico esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture a rete pubbliche o di interesse pubblico, comprensive dei relativi manufatti di servizio, parimenti essenziali e non diversamente localizzabili, purché risultino coerenti con gli obiettivi del presente Piano e con la pianificazione degli interventi di*

*mitigazione. Il progetto preliminare di nuovi interventi infrastrutturali, che deve contenere tutti gli elementi atti a dimostrare il possesso delle caratteristiche sopra indicate anche nelle diverse soluzioni presentate, è sottoposto al parere vincolante dell'Autorità di Bacino”*

E al comma 2:

*“per tutti gli interventi consentiti nelle aree di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata”*

Nel caso specifico, nell'ambito della definizione delle aree dei campi su cui posizionare gli inseguitori fotovoltaici, si presterà particolare attenzione a non interferire con le linee di deflusso.

In primo luogo, si procederà a verificare, mediante l'utilizzo di opportuni modelli idraulici bidimensionali, che le direzioni dei deflussi idrici siano corrispondenti a quelle tracciate dai reticoli idrografici ufficiali e in caso contrario, saranno definiti gli andamenti reali dei deflussi nell'area di intervento e si procederà con il posizionamento degli inseguitori fotovoltaici sulla base dei deflussi reali.

Si provvede in questa sede alla redazione dello studio di compatibilità idrologica e idraulica, per valutare le condizioni idrauliche in prossimità delle aree oggetto di intervento.

## 4 BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La vasta estensione dell'intervento consente la realizzazione di un intervento strategico, di scala territoriale, per l'Alta Murgia.

L'intervento muove infatti dalla necessità di rinaturalizzazione e riconnessione ecologica di quest'area nodale del Parco dell'Alta Murgia e l'agrivoltaico è il sistema che permette di generare le economie necessarie ad operare un vasto intervento di rinaturalizzazione

La seconda componente rilevante dell'intervento è pertanto la rinaturalizzazione, che coinvolge una superficie di 29 ha . In quest'area verranno realizzate le seguenti Azioni di mitigazione, rinaturalizzazione e valorizzazione:

### AZIONI GRUPPO A

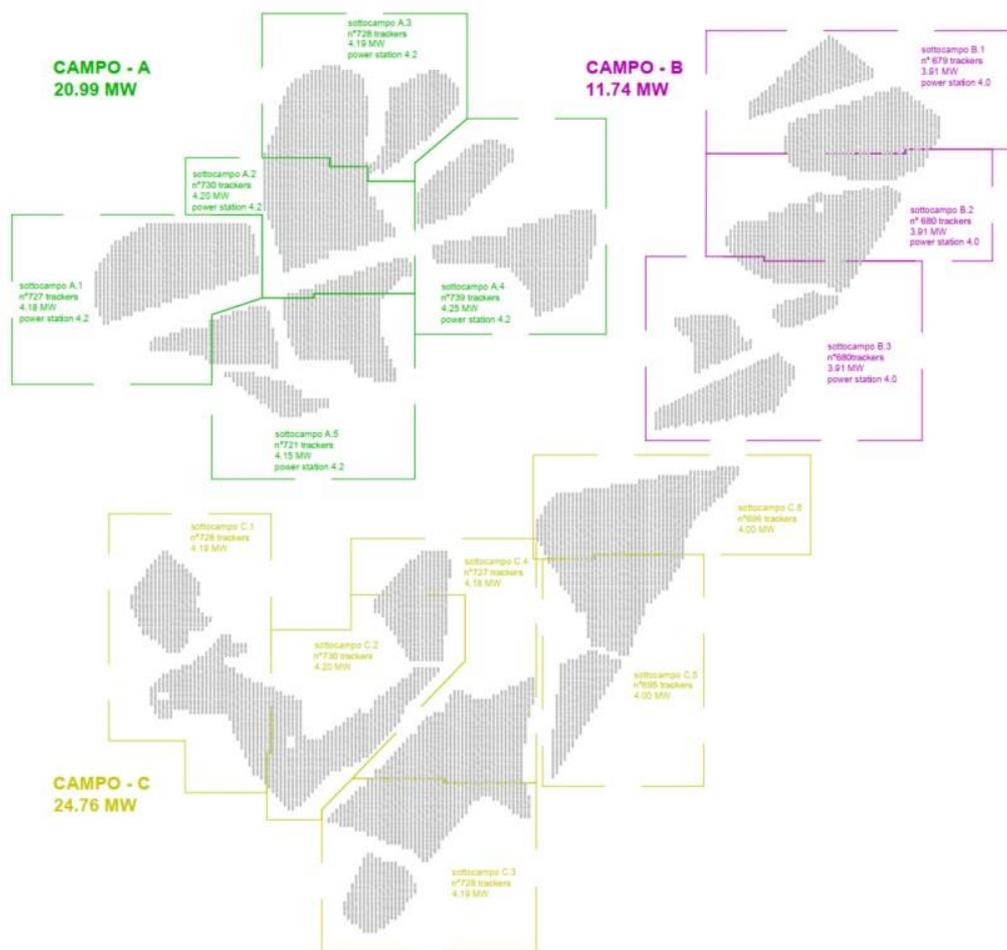
- A1 Mitigazione con filari di vegetazione arborea e arbustiva : 10 ha
- A.2 Rinaturalizzazione con vegetazione dei pascoli arborati : 6 ha
- A.3 Creazione di stagni temporanei e rinaturalizzazione dei compluvi: 7 ha
- A.4 Rinaturalizzazione con specie edibili e mellifere : 6 ha

### AZIONI GRUPPO B

- B.1 Riqualificazione e rifunionalizzazione di Masseria Caputi
- B.2 Itinerari per la fruizione
- B.3 Ripristino muretti a secco



*Vista – Stato dei luoghi attuale*



Schema suddivisione campi e sottocampi

DENOMINAZIONE CAMPI			
num Lotto	superficie catastale (ha)	superficie impianto (ha)	Potenza (mWp)
CAMPO A	69,23	31,25	20,41
CAMPO B	59,39	17,91	11,74
CAMPO C	64,37	34,64	22,93
	<b>192,99</b>	<b>83,80</b>	<b>55,08</b>

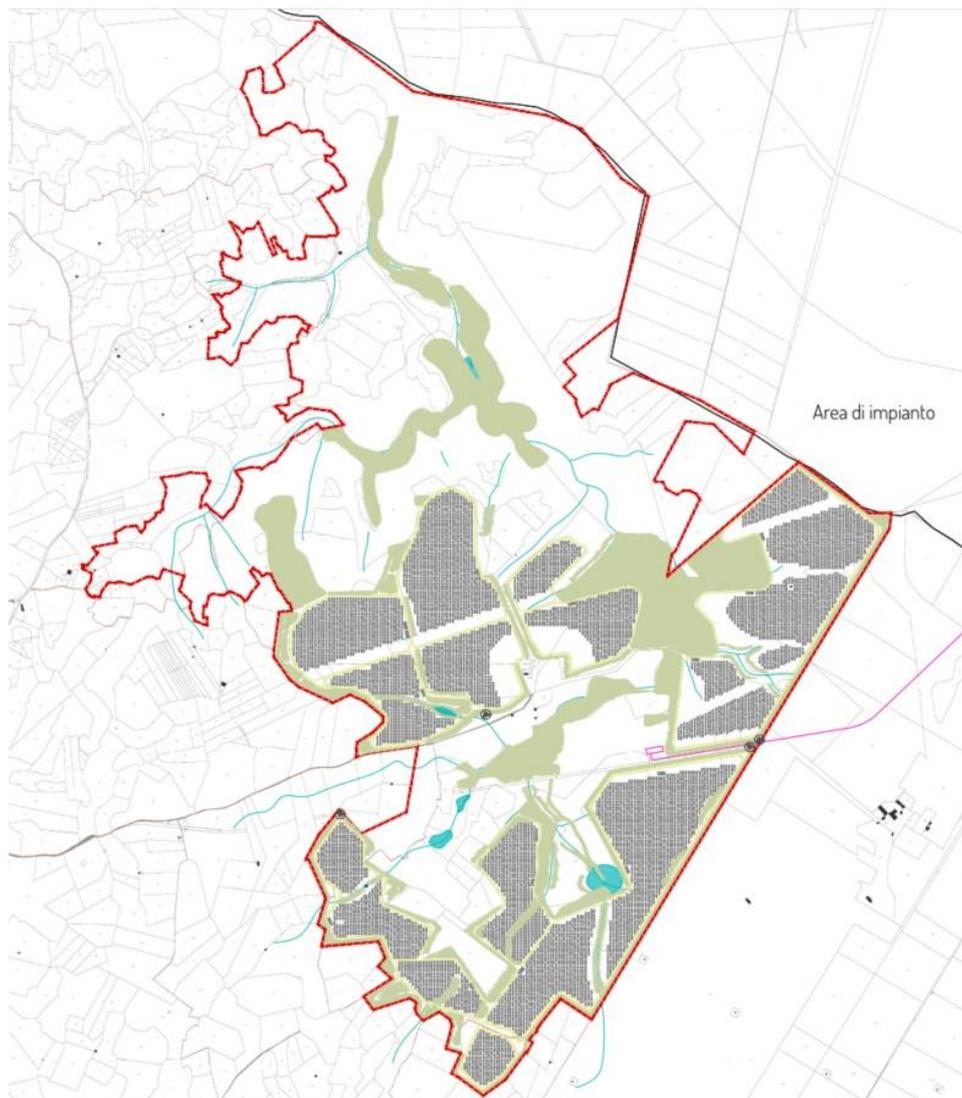
Tabella delle superfici occupate

L'intera area nella disponibilità del Proponente è stata suddivisa in 3 Campi per lo più coincidenti con le campagne di installazione, denominati "Campo A-B-C".

A loro volta tali Campi sono stati divisi in 14 Sottocampi

Per quel che riguarda l'**inquadramento catastale**, l'area di sedime dell'impianto è la risultante dell'aggregazione di più particelle, tutte in disponibilità della San Giorgio Energia srl, l'inquadramento cartografico sui fogli di mappa catastali delle aree occupate dall'impianto evidenzia come l'intera superficie e le aree destinate a rinaturalizzazione, interessino particelle catastali afferenti a 3 fogli di mappa catastali, appartenenti al Comune di Minervino Murge.

In via prevalente l'area corrisponde al foglio catastale 56, e in parte minore ai fogli 67 e 86.



*Inquadramento delle aree di impianto su fogli di mappa catastali*

Riguardo alla **componente fotovoltaica**, questa sarà nel complesso suddivisa in 3 campi, per lo più coincidenti con le campagne di installazione e denominati lotti.

I **moduli** che si prevede di installare saranno del tipo bifacciale prodotti dalla Huasun, modello Himalaia G12 DS715, da 132 Celle, con potenza del singolo modulo pari a 720 W. I moduli previsti hanno dimensione di 2384x1303 mm.

Con l'obiettivo di combinare nel giusto modo la produzione agricola e la produzione di energia, per l'impianto agrivoltaico Masseria Caputi si è scelto di utilizzare un particolare modello di inseguitore solare monoassiale, prodotto dalla SolarGik – Solaredge.

L'impianto a tracker monoassiali è composto da Tracker di altezza 3,35 m, fino al mozzo di rotazione.

I pannelli hanno una rotazione massima di 60°. Nella condizione di rotazione massima l'altezza netta libera sotto pannello è di 2,1 m. Il sistema rientra pertanto nella definizione di "agrivoltaico avanzato" ai sensi delle linee guida MASE del giugno 2022.

Ogni tracker prevede l'installazione di n° 8 pannelli, in formato landscape, per una potenza totale di 5,76 kWp.

L'interasse tra le file di tracker è di 9 metri.

La tipologia di tracker selezionati è idonea all'installazione anche con forti pendenze, parti al 30 % , adattandosi perfettamente alla curvatura del suolo.

Tale tecnologia permette pertanto l'installazione del parco agrivoltaico senza effettuare opere di movimento terra per livellamento, rendendo pertanto l'installazione perfettamente compatibile con lo stato dei luoghi.

Le **cabine di campo, anche denominate Power Skids**, raccoglieranno l'energia prodotta in ogni sottocampo, convogliandola attraverso cavidotti MT opportunamente dimensionati, fino al punto di raccolta e poi alla rete.

I **Power Skids** selezionati sono prodotti dalla SMA, i modelli della linea MV Power Station saranno individuati in base alle potenze del sottocampo che vanno a servire e saranno del modello SMA SC 4000 UP. Ogni singolo Power Skids è un elemento prefabbricato delle dimensioni di 6x2.9x2.4 metri che contiene al suo interno l'inverter, il trasformatore i quadri di campo e tutte le componenti del BoS (Balance of System) necessarie per la trasformazione e l'innalzamento della corrente continua, in una configurazione ready to use.

Si rimanda alle relazioni specialistiche e agli elaborati grafici del progetto definitivo per gli approfondimenti necessari.

## 5 ANALISI IDROLOGICA

Prima di procedere con l'impostazione del modello idraulico bidimensionale che ci consentirà di verificare le condizioni di deflusso idrico in corrispondenza delle aree oggetto di intervento, si effettuerà uno studio idrologico per definire le caratteristiche morfometriche del bacino di riferimento, i tempi caratteristici e le curve di possibilità pluviometrica che ci consentiranno di definire lo ietogramma di pioggia che sarà il dato di input del modello bidimensionale.

Data l'estensione dell'area da analizzare e la presenza di diversi reticoli idrografici ramificati, si è optato per l'impostazione di un modello idraulico bidimensionale a parametri distribuiti, ovvero nel quale il dato di input è la pioggia sul bacino idrografico oggetto di studio, al fine di comprendere le reali linee dei deflussi sul terreno e poter verificare se le stesse coincidono con il reticolo idrografico.

Di seguito, pertanto, si procederà in primo luogo con l'analisi idrologica, ovvero:

- definizione del bacino idrografico;
- calcolo delle curve di pioggia per i tempi di ritorno 30, 200 e 500 anni;
- calcolo del tempo di corrivazione del bacino, per la valutazione dell'altezza di pioggia massima per il tempo di ritorno 200 anni.

### 5.1 DEFINIZIONE DEL BACINO IDROGRAFICO

Lo studio idrologico parte dall'analisi della morfologia dei luoghi e degli elementi idrologici riconoscibili sul territorio o riportati sui documenti ufficiali nell'area di intervento e nei dintorni della stessa.

Nel caso in questione l'area di intervento è collocata in un'area esterna al centro abitato di Minervino Murge circa 5.00 km a Nord est dello stesso, a cavallo della Strada Provinciale n.155.

Nell'area di intervento, così come nei dintorni di essa, dal punto di vista morfologico è riconoscibile un sistema di reticoli idrografici e compluvi alquanto ramificato che convoglia le acque di deflusso in direzione da Sud a Nord.

Questi reticoli idrografici, procedendo verso valle, confluiscono in un'asta principale che a sua volta confluisce nel Fiume Ofanto quasi in prossimità della foce.

Le curve di livello nell'area di interesse risultano molto ravvicinate, ciò indica la presenza di dislivelli di quota importanti, si passa infatti dai 585.00 m s.l.m. di Monte Palumbo fino ai circa 370.00 m s.l.m. relativi alla sezione di chiusura del bacino idrografico considerato, circa 2.00 km a valle della SP155.

Nella definizione del bacino idrografico e del dominio di calcolo da porre alla base delle simulazioni idrauliche, per andare a vantaggio di sicurezza si è optato per la delimitazione di un bacino più ampio comprendente in destra anche due reticoli idrografici "interrotti" posti poco a monte dell'area di intervento, per verificare se i deflussi idrici degli stessi si interrompono o proseguono verso valle interessando l'area di intervento, e comprendente in sinistra anche il reticolo confluyente nell'asta principale poco a valle dell'area di intervento.



*Bacino idrografico con curve di livello*

Il bacino idrografico individuato si sviluppa a partire da quota 585.00 m s.l.m. relativa alla cima del Monte Palumbo e si sviluppa verso est, comprendendo due piccoli reticoli il cui tracciato si interrompe poco a monte della SP155, e verso ovest dove attraversa le aree denominate Goglia e Stefanicchio per poi proseguire verso valle comprendendo l'affluente in sinistra rispetto al reticolo idrografico di interesse.

Superato l'asse stradale della SP155 il bacino idrografico si restringe, laddove i due reticoli principali confluiscono in un'asta unica e raggiunge la sezione di chiusura a quota 365.00 m s.l.m., con uno sviluppo complessivo di 13.420 kmq.

In merito alle aree interessate dagli interventi, da monte verso valle, si evidenzia quanto segue:

- l'area su cui è prevista l'installazione del Campo C, a monte della SP155, è attraversata da 3 reticoli idrografici;

- l'area su cui è prevista l'installazione del Campo B, a valle della SP155 in destra, è attraversata da 3 reticoli idrografici di testa;
- l'area su cui è prevista l'installazione del Campo A, a valle della SP155 in sinistra, è attraversata da 3 reticoli idrografici di testa.

Dopo aver individuato il bacino idrografico di riferimento si è proceduto con le analisi morfologiche sulla base del DTM fornito dalla Regione Puglia sull'area di riferimento con risoluzione pari a 8x8m.

Le principali caratteristiche morfometriche sono riportate nella seguente tabella:

Superficie del bacino (kmq)	Pendenza media (%)	Altitudine massima (mt.)	Altitudine minima (mt.)	Altitudine media (mt.)	Lunghezza principale (km)
13.420	1	580.00	365.00	472.50	5.20

## 5.2 USO DEL SUOLO E CURVE NUMBER

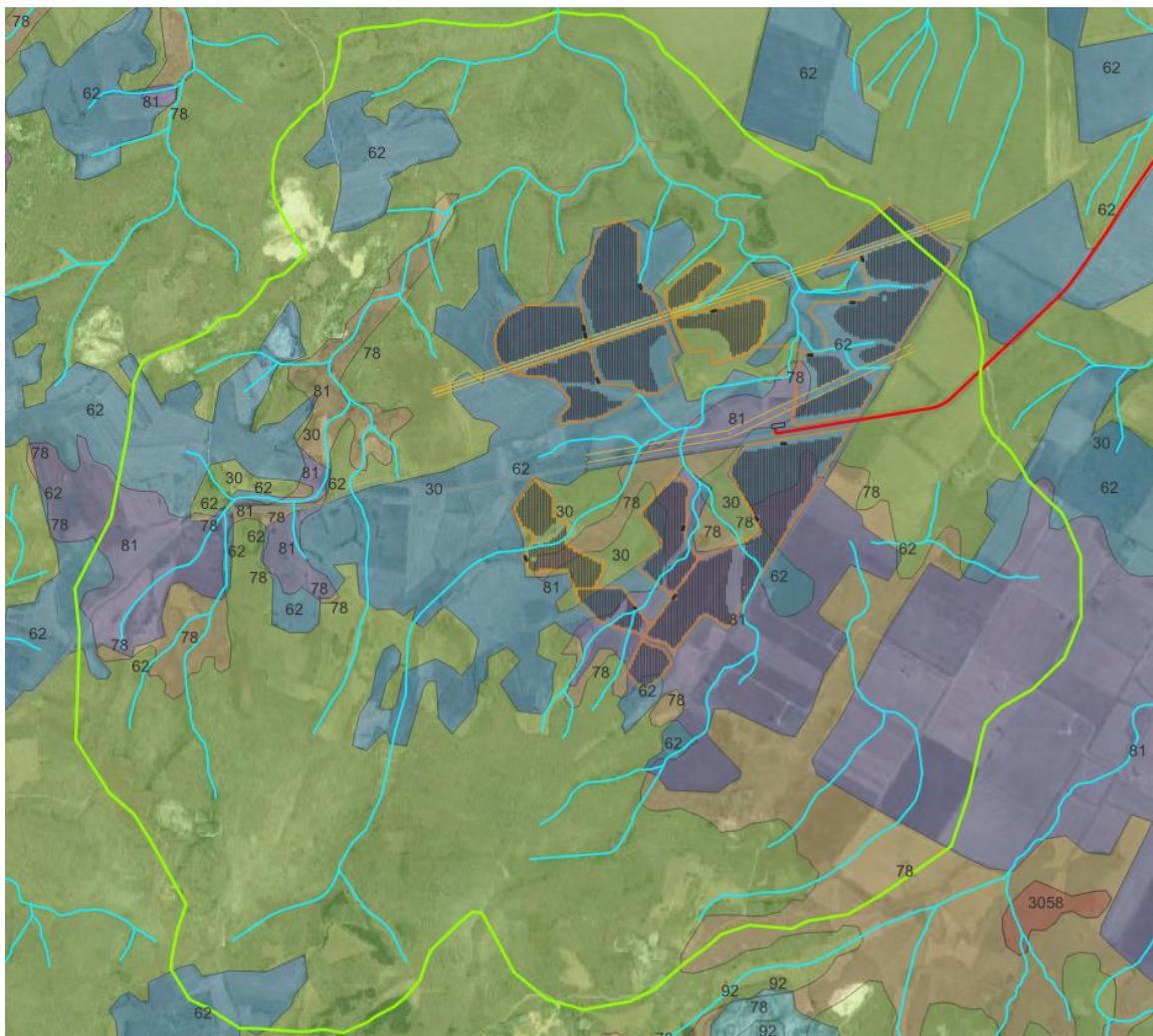
Per quanto concerne le caratteristiche litologiche l'area del bacino idrografico di riferimento è caratterizzata da alcune porzioni di suolo ricadenti nel gruppo "D" e alcune ricadenti nel gruppo "A" secondo la classificazione del SCS – Soil conservation system.

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Nell'area in analisi sono presenti sia aree a scarsa potenzialità di deflusso, ovvero in grado di assorbire più facilmente la pioggia, che aree a potenzialità di deflusso molto alta, collocate prevalentemente lungo i compluvi, caratterizzate da scarsa capacità di assorbimento delle piogge.

Di seguito si riporta uno stralcio della sovrapposizione della carta riportante l'uso del suolo e la tabella con i valori del CN associati all'uso del suolo sul dominio di calcolo e che sarà utilizzato nell'ambito della modellazione bidimensionale.

Dall'analisi effettuata è stato ricavato il valore medio del CN II pari a 50, tuttavia a vantaggio di sicurezza nelle modellazioni sarà utilizzato un valore pari a **80.00**, leggermente più elevato anche rispetto al CN III pari a 70.



*Distribuzione dei valori del CN sul bacino in studio*

### 5.3 STUDIO IDROLOGICO E PLUVIOMETRICO

L'analisi idrologica ha come obiettivo quello di valutare le portate di piena e i relativi volumi che, per prefissati tempi di ritorno, interessano il bacino idrografico e che verranno utilizzati come dato di input nel modello di calcolo idraulico che sarà descritto nel paragrafo successivo.

Il progetto Va.Pi del Gruppo Nazionale di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche fornisce le caratteristiche dell'evento pluviometrico responsabile nella formazione delle piene naturali. Infatti, per tutto il territorio della Puglia è stata effettuata un'analisi delle piogge massime annuali di durata compresa tra 1 ora e 1 giorno con un modello statistico che fa riferimento alla legge di distribuzione TCEV (legge di distribuzione di probabilità del valore estremo a doppia componente) che combina le due popolazioni distinte degli eventi massimi ordinari e degli eventi massimi straordinari.

Dal punto di vista dell'approccio pluviometrico, il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia è stato suddiviso in 6 aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è stata calcolata la relativa Curva di Possibilità Pluviometrica.

Tuttavia, nel caso in questione, dovendo definire lo ietogramma di pioggia da inserire nel modello bidimensionale a parametri distribuiti, si è optato per la definizione delle curve di possibilità pluviometriche elaborate con l'analisi statistica di Gumbel nell'ambito dei dati derivanti dalla stazione di misura di "Minervino Murge" che presenta un'elevata quantità misurazioni.

Nell'individuazione delle caratteristiche pluviometriche dell'evento di progetto riveste particolare importanza la scelta della durata dell'evento, che di norma si assume pari al tempo critico di risposta del bacino oggetto di studio, generalmente coincidente con il tempo di corrivazione, ma risulta anche fondamentale la quantificazione del volume di pioggia netta ovvero l'aliquota di precipitazione che non viene persa (assorbita dal terreno, trattenuta dalla vegetazione o evaporata) e che dà origine al deflusso idrico superficiale.

Per conoscere le caratteristiche di deflusso per il bacino di studio, in assenza di misure dirette, occorre utilizzare un modello di trasformazione afflussi-deflussi che permette di valutare la risposta dei bacini ad un determinato evento di pioggia.

Lo studio idrologico, oggetto del presente paragrafo, si articola secondo le seguenti fasi:

- Analisi Pluviometrica;
- Applicazione del modello di trasformazione afflussi-deflussi SCS-CN per il calcolo delle caratteristiche della piena.

Dal momento che si intende effettuare una verifica idraulica in moto vario a parametri distribuiti occorre conoscere lo ietogramma da applicare come dato di input nel modello stesso.

**Analisi pluviometrica:** Per i dati pluviometrici, come accennato in precedenza, si è fatto riferimento alla stazione pluviometrica di Minervino Murge, provvista di una serie cronologica di dati riferiti a ben 55 anni di osservazione (nell'arco degli anni dal 1960 al 2020).

Il dato fondamentale da cui partire nell'elaborazione statistica è costituito dalle altezze di precipitazioni, che si devono riferire ad un intervallo di tempo la cui scelta è funzione dell'ampiezza dell'area interessata dal bacino di raccolta e delle sue caratteristiche di impermeabilità.

Infatti, la durata della pioggia più pericolosa cresce all'aumentare della superficie del bacino imbrifero ed al diminuire del coefficiente di deflusso.

Nel caso di reti di piccoli bacini endoreici le superfici di deflusso sono relativamente piccole, nell'ordine di pochi kmq, ed i valori medi dei coefficienti di deflusso sono piuttosto elevati (nell'ordine di 0,45-0,50), per cui la durata della pioggia più pericolosa è normalmente prossima all'ora.

Di conseguenza, nell'elaborazione delle curve di possibilità pluviometrica occorre fare riferimento ai dati relativi alle piogge di minore durata, utilizzando quelle che negli annali sono individuate come massimi annuali delle "precipitazioni orarie di durata 1÷24 ore" e "precipitazioni di notevole intensità e breve durata".

Sulla base di questi dati si è quindi proceduto alle elaborazioni statistiche che consentono la definizione, per ogni tempo di ritorno, di due curve di possibilità pluviometrica, una riferita all'intervallo di tempo 0min - 1 ora e l'altra all'intervallo di tempo 1ora – 24 ore

Queste elaborazioni richiedono comunque dati omogenei, ossia altezze di precipitazione tutte riferite alla stessa durata.

Mentre le "precipitazioni orarie di durata 1÷24 ore" sono riportate negli annali con riferimento a durate fisse di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, le "precipitazioni di notevole intensità e breve durata" sono riportate con durate

fisse di 5, 15 e 30 minuti solo per gli anni successivi al 1993, negli anni precedenti sono riportate con durate che variano di anno in anno.

Al fine di omogeneizzare i dati relativi alle "precipitazioni di notevole intensità e breve durata", a durate fisse di 5, 10, 15 e 30 minuti, si utilizzano due metodi:

- "altezze ragguagliate". Supponendo l'intensità di pioggia costante per tutta la durata  $T$  della pioggia stessa, l'altezza di pioggia ragguagliata  $h_t$ , relativa alla durata generica  $t$ , si ricava dalla relazione:

$$h_t = h_T \times \frac{t}{T}$$

per durate  $t > T$  si assume l'altezza  $h_T$ , se questa risulta maggiore di quella ragguagliata alla pioggia di durata  $T' > T$ .

- "metodo di Bell" che, per piogge di durata inferiore ai 60 min, utilizza la relazione:

$$h_t = (0,54 \times t^{0,25} - 0,50) \times h_{t60}$$

questa formula consente di calcolare le altezze di pioggia di durata inferiore ai 60 min a partire dal valore  $h_{t60}$  corrispondente alla pioggia di durata un'ora.

Utilizzando entrambi i metodi (il primo per  $t < T$  ed il secondo per  $T < t < 60 \text{ min}$ ) si sono ricavate per ciascun anno le precipitazioni relative alle durate di 5, 10, 15 e 30 minuti.

I dati delle altezze di pioggia sono stati, poi, elaborati accettando l'ipotesi che i massimi  $h$  delle diverse durate siano interpretati dalla distribuzione probabilistica di Gumbel

Con riferimento a tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni si sono quindi ricavati i valori corrispondenti a ciascuna durata, utilizzando la relazione:

$$h = u - \frac{1}{a} \times \ln \left[ \ln \left( \frac{Tr - 1}{Tr} \right) \right]$$

dove:

$$u = m(h) - \frac{0,5771}{a}$$

$$a = \frac{1,283}{s(h)}$$

$$m(h) = \sum_i \frac{h_i}{N}$$

$$s(h) = \sqrt{\sum_i \frac{[h_i - m(h)]^2}{N - 1}}$$

Per verificare che la distribuzione di probabilità prescelta rappresenti idoneamente il campione di dati si è utilizzato il metodo del  $\chi^2$  di Pearson che, suddiviso il campione in  $k$  classi, considera la grandezza statistica:

$$\chi^2 = \sum \frac{(N_i - N p_i)^2}{N p_i}$$

che esprime il divario fra l'osservazione e la teoria, dove  $N_i$  rappresenta la frequenza dei valori empirici ed  $N_{pi}$  il numero dei valori della stessa grandezza che scaturiscono dall'ipotesi teorica di distribuzione.

Confrontando tale grandezza con quella ( $\chi^2$ ), che è funzione del grado di libertà ( $f=9$ ) del sistema e dal livello di significatività prescelto (0,05), si può concludere circa l'adattabilità dei dati empirici dell'ipotesi di Gumbel.

Se  $\chi^2 = 0$ , le frequenze osservate coincidono esattamente con quelle teoriche.

Più grande è il valore di  $\chi^2$ , maggiore è la discrepanza tra le frequenze osservate e quelle teoriche.

Per la stazione pluviometrica di Minervino, il test del  $\chi^2$  di Pearson mostra una buona adattabilità dei dati di osservazione alla legge di Gumbel.

Per ciascun tempo di ritorno la determinazione del legame funzionale fra le altezze di pioggia  $h$  e le durate  $T$  si ottiene con l'espressione monomia di Massari:

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

Per poter conoscere la generica curva di possibilità climatica riferita ad un determinato tempo di ritorno si deve stimare il valore numerico di  $a$  e  $n$ .

Tale stima è determinabile con il metodo dei minimi quadrati, ricorrendo all'espressione lineare che si ottiene estraendo il logaritmo dell'espressione di Massari:

$$\log(h) = \log(a) + n \times \log(t)$$

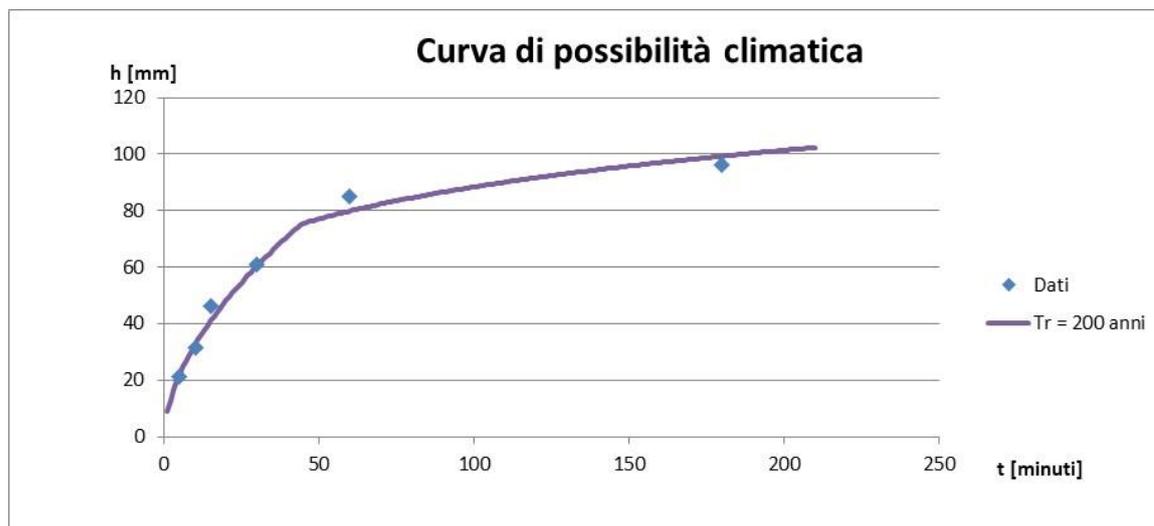
La regolarizzazione dei dati compresi in ciascun intervallo con il metodo dei minimi quadrati è stata ottenuta risolvendo il sistema:

$$\begin{aligned} n \sum (\log(t))^2 + \log(a) \times \sum (\log(t)) &= \sum (\log(t) \times \log(h)) \\ n \sum (\log(t)) + m \times \log(a) &= \sum (\log(h)) \end{aligned}$$

dove  $m$  è il numero delle durate prese in esame ed  $a$  e  $n$  sono rispettivamente il coefficiente e l'esponente delle curve di possibilità pluviometrica.

Con riferimento ai tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, si sono così ottenuti i valori di  $a$  ed  $n$  relativi alle curve di pioggia di durata 5min-1h e 1h-24h:

Tr	5 min – 1h		1h – 24 h	
	a	n	a	n
30 anni	65.41	0.565	58.60	0.21
200 anni	89.48	0.565	79.88	0.198
500 anni	101.04	0.565	90.10	0.194



Curva di possibilità pluviometrica (Tr200anni)

#### 5.4 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Una volta valutata la curva di possibilità pluviometrica occorre valutare lo ietogramma di pioggia ovvero il valore dell'altezza di pioggia massima per il tempo di ritorno a 200 anni. Per fare ciò occorre porre la durata di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino in questione.

Il *tempo di corrivazione*, che è un parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Il tempo di corrivazione di un bacino è generalmente definito come il tempo necessario alla goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino per raggiungere la sezione di chiusura dello stesso.

Le relazioni frequentemente utilizzate per il calcolo di tale grandezza sono: Tournon, Puglisi, Pezzoli, Kerby, Kirpich e Ventura. Applicando tali formule empiriche ed effettuando una media dei valori ottenuti, si è valutato per il caso in questione un tempo di corrivazione pari a 1.88 ore.

Tale valore del tempo di corrivazione consente di ottenere un valore dell'altezza di pioggia a 200 anni pari a:

$$H_{200\text{anni}} = 90.52 \text{ mm}$$

METODO SCS-CN	
TL = Tempo di ritardo (ore)	1.13
Tc = Tempo di corrivazione (ore)	1.88
Tp=durata di pioggia (ore)	1.88
Tb= Durata dell'evento di piena (ore)	10.00
P200 = Precipitazione [mm]	90.52

## 6 STUDIO IDRAULICO

Definite le componenti idrologiche, lo studio idraulico riguarderà l'impostazione di un modello bidimensionale su base DTM al quale sarà applicato come dato di input la pioggia con tempo di ritorno a 200 anni al fine di verificare le reali condizioni di deflusso idrico in corrispondenza dell'area oggetto di intervento, e confrontarle con le linee di deflusso idrico riportate sulla carta idrogeomorfologica e di conseguenza valutare il corretto posizionamento delle opere di progetto al di fuori delle aree interessate dai deflussi.

A seguito di tali verifiche si potrà verificare se le opere di progetto risultano posizionate correttamente ovvero se le stesse risultano in condizioni di sicurezza idraulica.

### 6.1 TEORIA DEL MODELLO IDRAULICO BIDIMENSIONALE

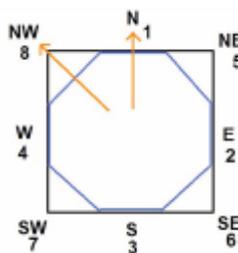
L'analisi idraulica per l'individuazione delle aree inondabili è stata condotta in regime di moto vario e con un modello di calcolo bidimensionale. Il software Flo-2D è accreditato presso la FEMA e la Corps Engineers come modello di calcolo affidabile per lo studio dei fiumi e dei fenomeni di inondazione ed è in grado anche di schematizzare i fenomeni idrologici (precipitazione e infiltrazione del terreno) e la presenza di opere infrastrutturali (canali, strade, edifici, tombini, casse di espansione, etc).

Dal punto di vista fisico-matematico il software di calcolo Flo-2D si basa su modello alle differenze finite basato sulla conservazione dei volumi e risolve le equazioni di De Saint Venant:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \text{equazione di continuità}$$

$$\frac{\partial y}{\partial x} + \frac{U}{g} \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} = i_f - J \quad \text{equazione dinamica}$$

nelle otto potenziali direzioni di deflusso su una griglia di elementi quadrati secondo il seguente schema. Dove i termini corrispondono a: Q portata, A area, U velocità, y tirante idrico, il gradiente idraulico e J cadente idraulica



L'equazione di continuità esprime il bilancio della massa entrante e uscente da una generica cella mentre l'equazione del moto esprime, per la medesima cella, l'equilibrio energetico. Il programma GDS genera una griglia a maglia quadrata ed associa ad ogni cella un valore di elevazione, interpolando i dati del DTM, e un valore di scabrezza di Manning. La progressione dell'onda di piena nel dominio di calcolo è controllata dalla topografia e dalla scabrezza superficiale. L'algoritmo risolve le equazioni del moto e della conservazione dei volumi, una alla volta, nelle otto possibili direzioni di deflusso e tra due elementi della griglia ad ogni step temporale calcola i parametri idraulici: pendenza, tirante idrico, velocità del flusso e portata.



direzioni di flusso), i valori medi delle velocità del flusso sugli elementi della griglia. Il calcolo delle velocità per le singole direzioni è essenzialmente monodimensionale, e viene risolto indipendentemente dagli altri sette.

L'equazione di continuità e quella del moto espresse in forma differenziale, sono risolte dal Flo2D con uno schema numerico centrale alle differenze finite. Questo algoritmo esplicito risolve l'equazione del moto in funzione della velocità di flusso attraverso il confine di un elemento di griglia, un elemento per volta. La stabilità di questo schema numerico è basata su uno specifico criterio di controllo della dimensione della variabile computazionale tempo.

La simulazione è condotta inizialmente sulla griglia, e in un secondo momento viene determinato il deflusso nel canale. Successivamente, se sono state introdotte nella geometria di base anche le strade, viene calcolato lo scarico stradale e per ultimo il deflusso dell'acqua nelle 8-direzioni.

Il controllo dei risultati di una simulazione parte dalla verifica della conservazione del volume di tutto il modello restituita tra gli output del software. Verificandone la correttezza, si ha una garanzia sulla stabilità del modello e sulla sua accuratezza. Il volume di afflusso, quello di efflusso, il cambio nell'acqua immagazzinata, e quella persa per infiltrazione ed evaporazione vengono sommate alla fine di ogni timestep. La differenza tra il volume totale di afflusso e la somma tra deflusso, immagazzinamento e perdite, rappresenta la conservazione del volume.

## 6.2 MODELLO IDRAULICO CON APPROCCIO A PARAMETRI DISTRIBUITI

Generalmente nel modello idrologico di trasformazione afflussi-deflussi il bacino idrografico viene considerato come un sistema soggetto ad ingresso variabile nel tempo e nello spazio dell'intensità di pioggia (input), la cui uscita è rappresentata dall'andamento della portata nel tempo (output) defluente attraverso la sezione di chiusura. La risposta del sistema dipende dalla variabilità spaziale e temporale sia delle caratteristiche dell'evento pluviometrico, che di quelle geopedologiche e morfologiche del bacino idrografico.

Poiché non è possibile una conoscenza completa di tutti i processi che influenzano la risposta idrologica del bacino, nel modello idrologico la complessità del sistema reale viene semplificata, esaltando le grandezze fondamentali e trascurando gli elementi ritenuti secondari.

Nel modello idrologico fisicamente basato a parametri distribuiti la complessità del sistema viene rappresentata attraverso tutti i fenomeni fisici coinvolti. Oltre a rappresentare la relazione input- output, sono riprodotte le relazioni interne fra le variabili idrologiche.

Adottando la schematizzazione spaziale a griglia (raster), è possibile infatti attribuire ad ogni cella le informazioni relative a morfologia del bacino, sviluppo del reticolo idrografico, caratteristiche idrogeologiche del suolo, (anche eventualmente carico inquinante immesso), afflusso meteorico, ecc. che vengono utilizzate nelle varie equazioni di bilancio e di trasferimento.

Il modello restituisce una descrizione dei processi funzionanti in un sistema idrologico in maniera puntuale, mediante la ricerca della soluzione delle equazioni differenziali, esprimenti i bilanci di massa, di quantità di moto e, quando necessario, di energia, che governano i processi medesimi.

Nonostante le ipotesi semplificative necessarie a risolvere le equazioni che governano i vari processi, tali modelli richiedono una cospicua mole di dati e notevoli tempi di calcolo.

Per il bacino idrografico oggetto di studio le variabili che concorrono alla definizione del problema sono:

- pioggia lorda (determinata dall'equazione della curva di possibilità pluviometrica di progetto);

- durata della precipitazione;
- perdita iniziale (relativa all'intercettazione e evapotraspirazione =  $I_a$ );
- coefficiente di immagazzinamento del suolo (S);
- perdita di infiltrazione.

I primi due parametri sono riconducibili allo ietogramma di progetto, mentre gli ultimi 3 sono deducibili dal coefficiente CN(II).

I parametri di input sono inseriti in ogni cella del bacino tributario in funzione della distribuzione spaziale (CN) e temporale (ietogramma di progetto).

Il dato di output per ogni cella risulta essere il deflusso superficiale, che viene elaborato nel suo insieme nel modello idraulico su dominio bidimensionale in funzione delle equazioni di moto ed energia che regolamentano il suo trasferimento in funzione delle condizioni morfologiche del percorso.

### 6.3 INDIVIDUAZIONE AREE INONDABILI

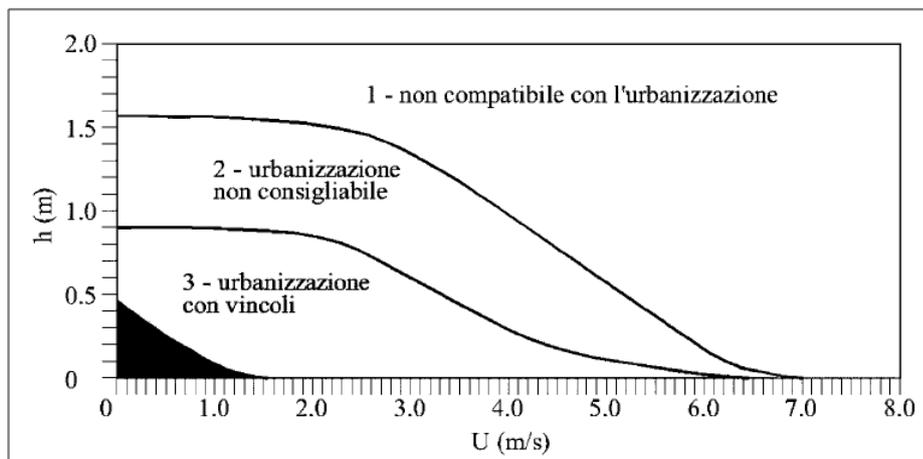
L'indicazione di allagamento di una superficie non rappresenta di per sé un fattore di pericolosità; d'altronde, particolari condizioni di allagamento, possono generare condizioni di pericolo per persone e/o cose presenti nelle aree in cui esse si verificano.

Oltre al tirante idrico, i fattori che influiscono sul livello di pericolosità sono la velocità di scorrimento idrico e la persistenza del fenomeno. A tal proposito, l'Autorità di Bacino del Tevere propone una serie di approcci per la delimitazione delle fasce fluviali, definendo tre differenti tipologie di inondazione:

- Aree di inondazione diretta, in immediata comunicazione con il corso d'acqua, dove l'inondazione è rapida e le velocità di deflusso sono relativamente elevate;
- Aree di inondazione indiretta, inondate solo attraverso passaggi ristretti che limitano drasticamente la rapidità di allagamento;
- Aree di inondazione marginale, in cui la velocità e l'altezza idrica sono talmente basse da non causare seri pericoli alle persone.

Per la determinazione delle aree marginali, l'AdB del Fiume Tevere ha fatto riferimento al diagramma seguente, diagramma velocità- tirante, in cui tramite curve a uguale spinta totale sono determinate combinazioni di diversa pericolosità.

Vengono così definite aree "marginali", quelle ricadenti nella porzione scura del grafico seguente



fonte: A.B. Tevere, 2002

In definitiva viene messo in evidenza il fatto che le condizioni di rischio non dipendono solo dalla presenza/assenza d'acqua e dall'entità del tirante idrico ma anche dal fattore velocità di scorrimento (valutata localmente) che gioca un ruolo nell'attribuzione del livello di danno effettivo.

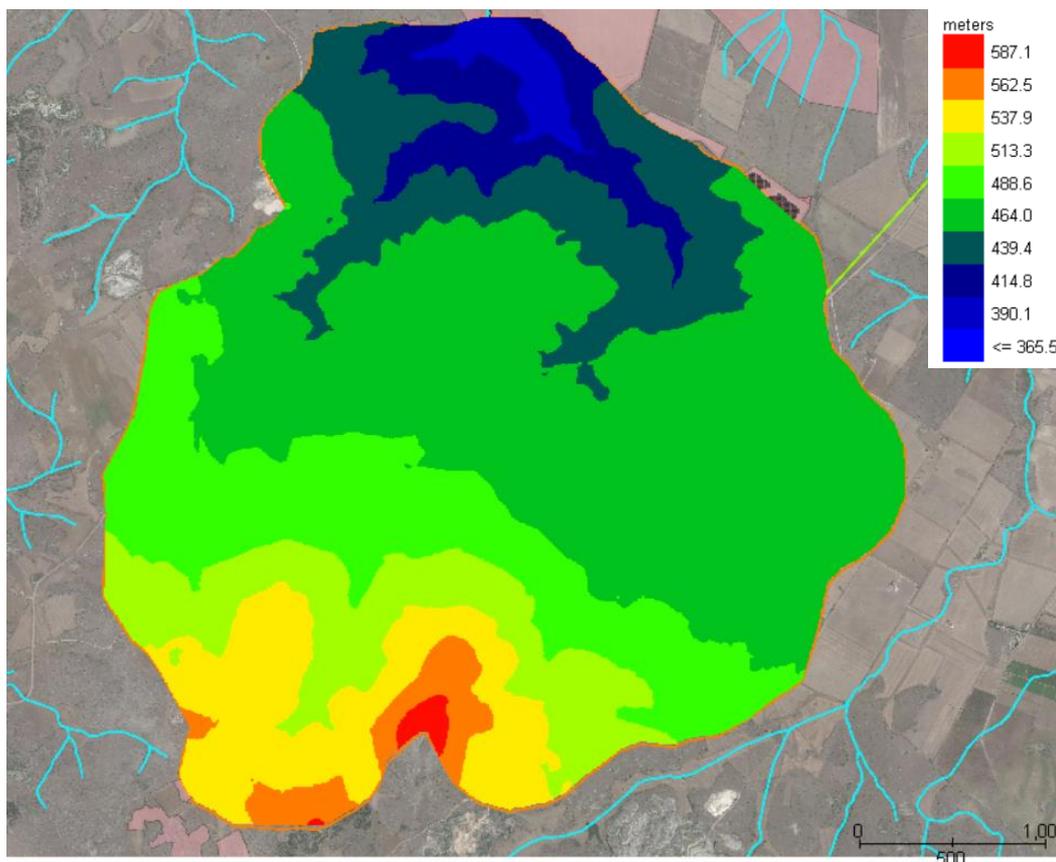
Nel presente studio, secondo una prassi condivisa con l'AdB Puglia, si è preferito escludere dalla pericolosità idraulica le aree marginali ottenute adottando dei valori soglia di tirante e velocità secondo la seguente relazione matematica:

$$h + 0.38 v > 0.2$$

## 6.4 GEOMETRIA DEL MODELLO MATEMATICO BIDIMENSIONALE

La ricostruzione della geometria del modello bidimensionale ha riguardato un dominio di calcolo avente estensione pari al bacino idrografico definito per l'area interessata dagli interventi di progetto.

La geometria è stata ricostruita dal punto di vista altimetrico sulla base del DTM con precisione del dato 8mx8m generando una griglia di calcolo con cella 5mx5m.



*Modello digitale del terreno sul dominio di studio*

La scabrezza nell'intero dominio è stata assunta pari 0.04 di Manning.

Nell'impostazione del modello di calcolo sono state inserite in diverse celle lungo la sezione di chiusura del bacino idrografico la funzione di uscita di flusso dal sistema (*outflow element*) per consentire il deflusso al di fuori del dominio computazionale.

Come dato di input nel modello elaborato è stato inserito lo ietogramma di pioggia a 200 e su tutte le celle del modello è stato assegnato il valore dell'infiltrazione considerando il CN III calcolato precedentemente e pari a 80.

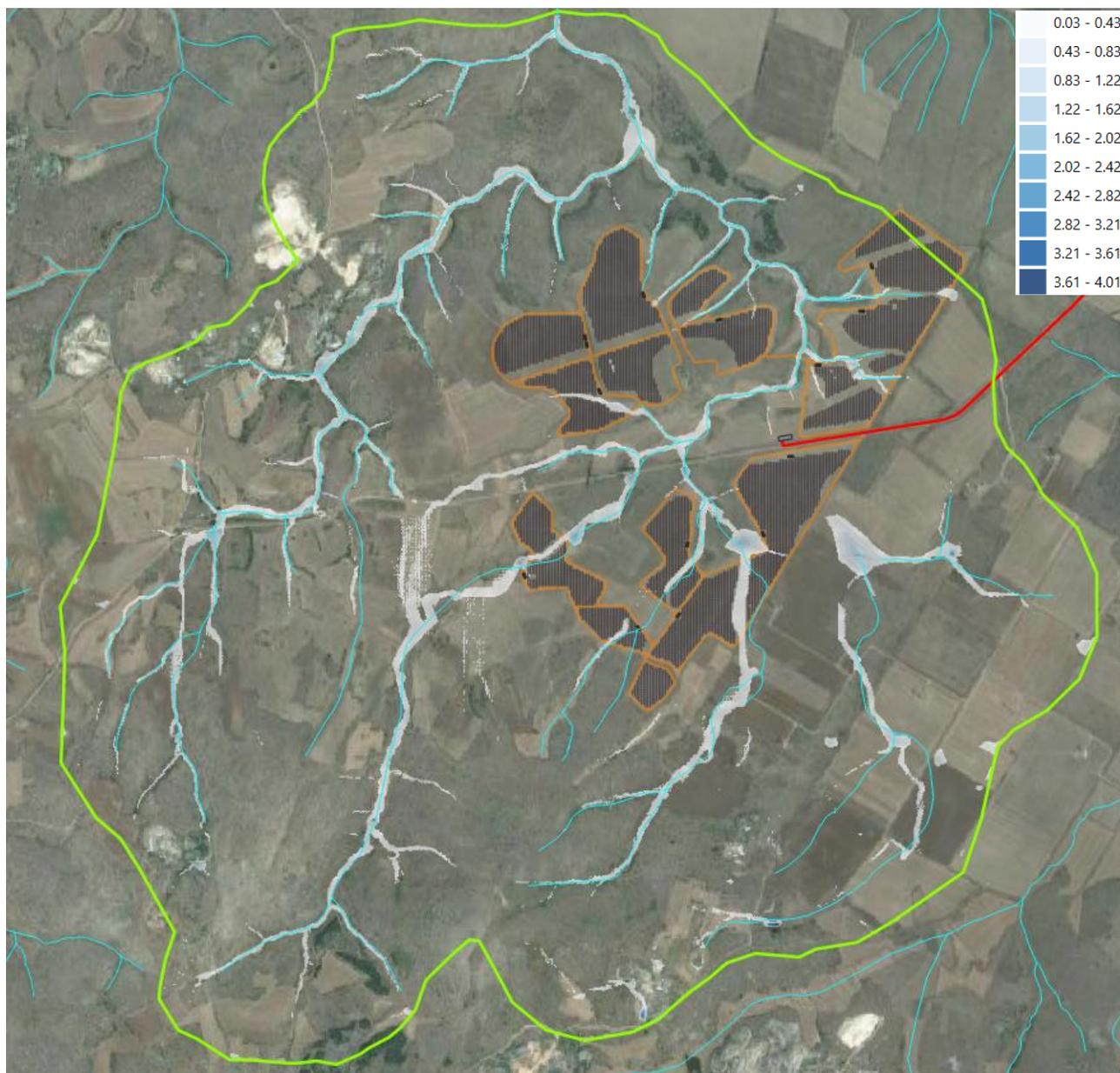
La durata della simulazione è stata assunta pari a 10 ore al fine consentire l'esaurimento della piena, ottenendo così la conservazione dei volumi.

## 6.5 RISULTATI DELLA SIMULAZIONE 2D

I risultati della simulazione eseguita per il tempo di ritorno pari a 200 anni, riportati di seguito in alcuni stralci, dopo aver filtrato i risultati in base all'equazione di vulnerabilità riportata in precedenza, mostrano le modalità con cui i deflussi idrici derivanti dalla pioggia interessano l'area oggetto di intervento e i dintorni della stessa.

Nel complesso, sul dominio analizzato, le linee di deflusso della pioggia risultano coincidenti con i reticoli idrografici riportati sulla Carta Idrogeomorfologica, e i tiranti idrici che si verificano non sono molto elevati, in prossimità delle aree di intervento raggiungono al massimo 40-50 cm.

Di seguito uno stralcio planimetrico con i tiranti idrici risultanti dalla modellazione eseguita.



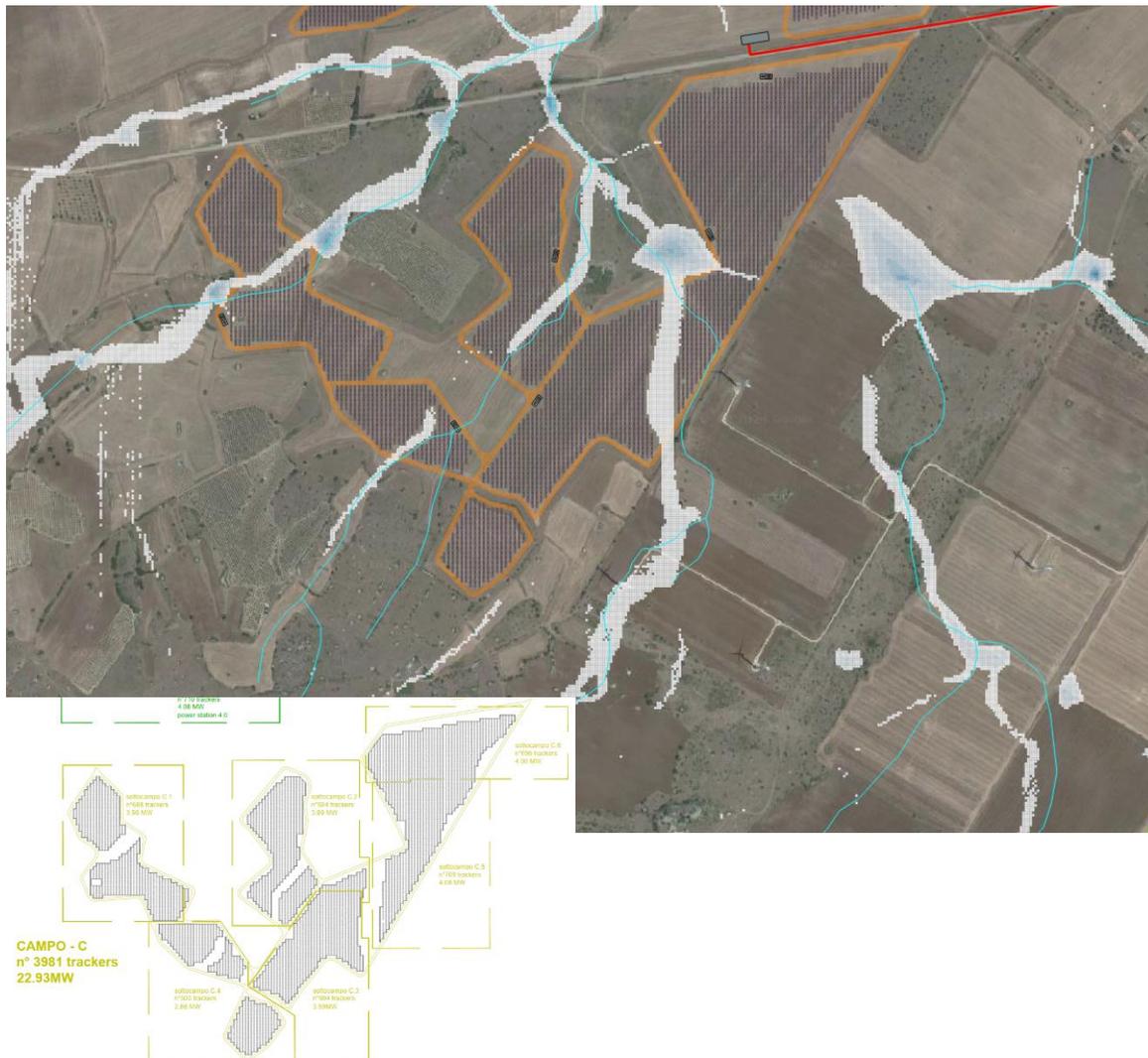
*Risultati della simulazione - Tiranti idrici (Tr 200 anni)*

Osservando le aree più nel dettaglio, partendo dall'area in cui è prevista l'installazione del campo C, collocata a monte delle SP155, in quest'area sono presenti tre reticoli riportati sulla carta idrogeomorfologica.

Per quel che riguarda il primo reticolo, a sinistra, in prossimità del sottocampo C1, il reale andamento dei deflussi si discosta leggermente da quello del reticolo ufficiale, i deflussi infatti seguono un percorso spostato a sinistra rispetto a quello ufficiale e occupando una fascia di allagamento di circa 20-25 m con tiranti massimi pari a circa 40 cm.

Il secondo reticolo, collocato tra i sottocampi C2 e C4 segue pressappoco l'andamento del compluvio del reticolo ufficiale, con andamento discontinuo, i deflussi raggiungono al massimo tiranti di 20 cm.

Infine, il terzo reticolo, a destra, collocato tra i sottocampi C3 e C5, segue un andamento diverso da quello del reticolo ufficiale, in particolare i deflussi invece di deviare verso destra, proseguono dritto interessando l'area di intervento con una fascia ampia circa 50 m.

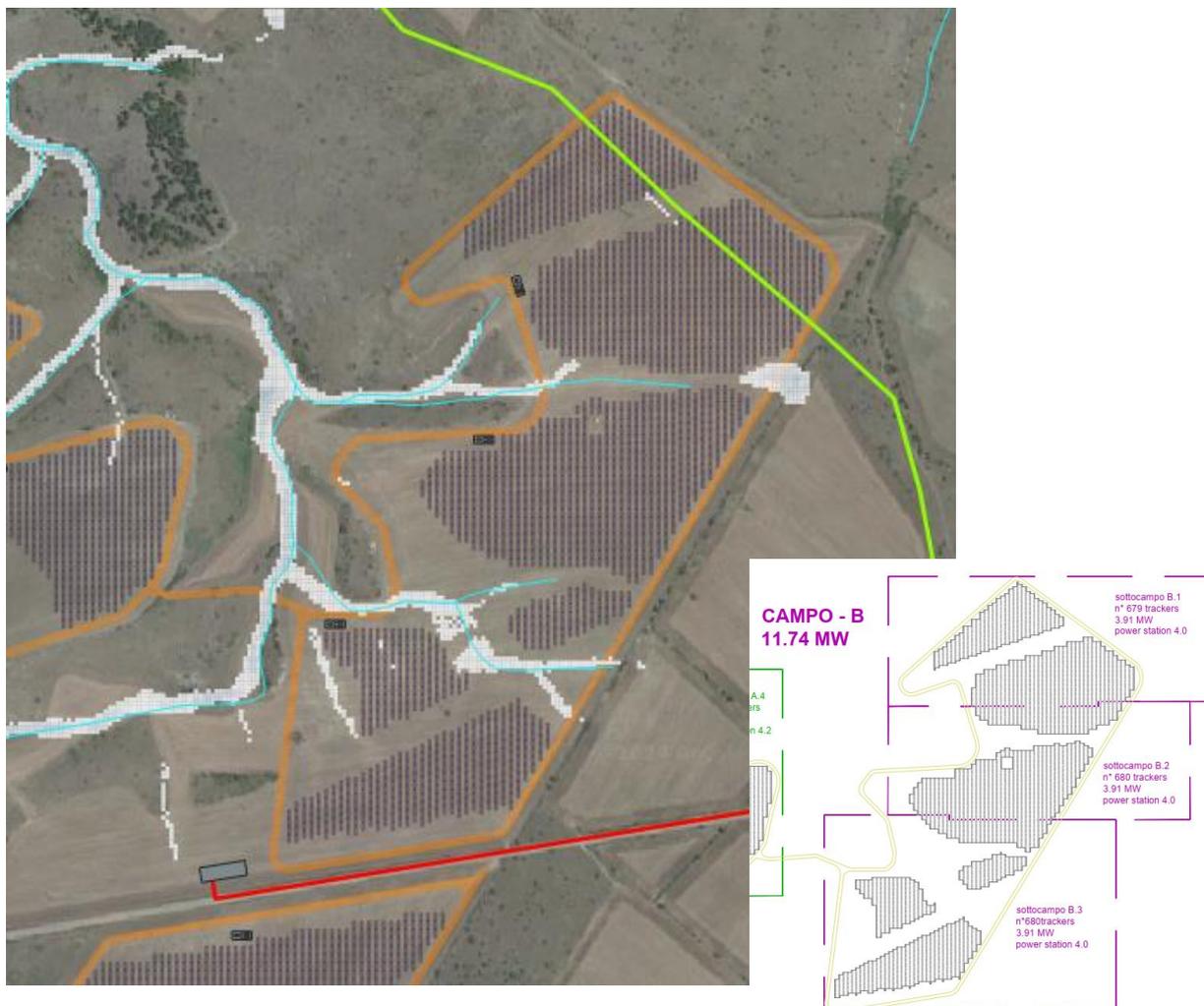


*Planimetria di dettaglio tiranti idrici (Tr 200 anni) Campo C*

L'area in cui è prevista l'installazione del campo B, collocata a valle della SP155 in destra, presenta tre reticoli riportati sulla carta idrogeomorfologica.

Per quel che riguarda i primi due reticoli tra loro confluenti, in prossimità del sottocampo B3, i deflussi idrici seguono l'andamento del reticolo ufficiale occupando una fascia dell'ampiezza massima di circa 50 m con tiranti massimi di circa 20 cm.

Il terzo reticolo collocato in prossimità del sottocampo B2, presenta dei deflussi idrici che si attivano un po' più a valle del percorso indicato sul reticolo ufficiale, con tianti molto limitati, dell'ordine dei 10 cm e occupando una fascia di circa 10 m.

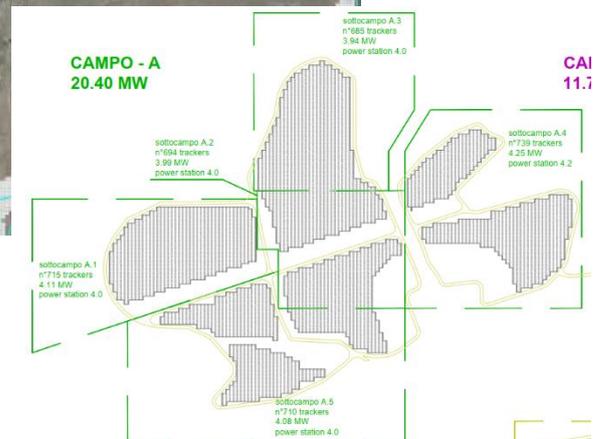


*Planimetria di dettaglio tiranti idrici (Tr 200 anni) Campo B*

Infine, l'area in cui è prevista l'installazione del campo A, collocata a valle della SP155 a sinistra, presenta 3 reticoli ufficiali riportati sulla Carta Idrogeomorfologica.

Per tutti e tre i reticoli oggetto di analisi, i deflussi idrici seguono il tracciato dei reticoli ufficiali occupando una fascia ampia al massimo 10 m e con tiranti idrici al massimo pari a 10-20 cm.

Il modello idraulico, tuttavia, in corrispondenza del sottocampo A.5 ha messo in evidenza la presenza di un reticolo che in realtà si attiva prima della testa del reticolo indicata sulla cartografia ufficiale, con tiranti idrici che raggiungono i 60-70 cm e una fascia di occupazione ampia fino a 30 m.



*Planimetria di dettaglio tiranti idrici (Tr 200 anni) Campo A*

Riassumendo, sulla base delle verifiche idrauliche effettuate, la posizione degli inseguitori fotovoltaici risulta sempre esterna alle aree di deflusso individuate, gli stessi pertanto si trovano in condizioni di sicurezza idraulica.

## 7 RISOLUZIONE INTERFERENZE ELETTRODOTTO

In merito al tracciato dell'elettrodotto di connessione, come accennato in precedenza, lungo il suo percorso interferisce sia con aree ad Alta, Media e Bassa pericolosità idraulica che con i reticoli idrografici, in particolare il tracciato dell'elettrodotto, che si sviluppa su strade esistenti, presenta 9 interferenze idrauliche.

Dai sopralluoghi effettuati e da ricerche cartografiche più approfondite, in corrispondenza di alcune di queste interferenze è stata riscontrata la presenza di tombini di attraversamento idraulico, in corrispondenza di altre invece non risulta presente alcun tombino, i deflussi idrici pertanto allo stato attuale interessano le strade esistenti.

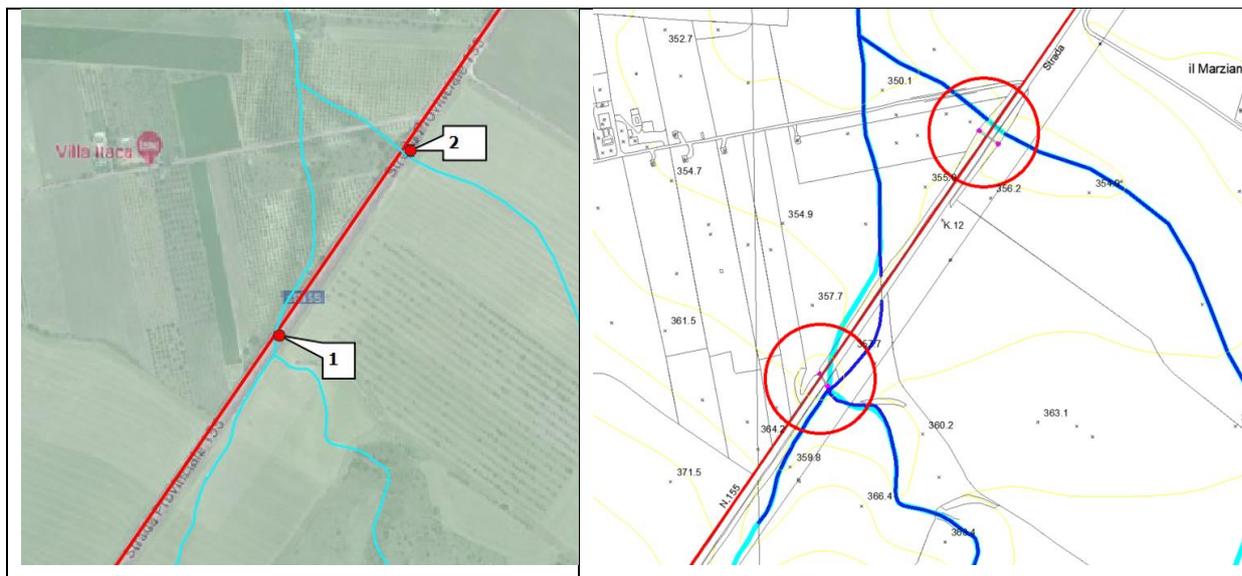
Per ciascuna interferenza tra l'elettrodotto e il reticolo idrografico si procederà con la definizione di una soluzione progettuale che sia coerente con le NTA del PAI:

- **Interferenza 1:** collocata lungo la SP155, circa 3.0 km a valle dell'area dell'impianto, nei pressi di Villa Itaca, in corrispondenza dell'interferenza con il reticolo idrografico è presente un tombino idraulico, presumibilmente di dimensioni 1.4 m.

Data la presenza del tombino, al fine di non interferire con lo stato dei luoghi e lasciare inalterato il regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata si procederà con la posa in opera dell'elettrodotto mediante TOC di adeguata lunghezza su strada.

- **Interferenza 2:** collocata lungo la SP155, circa 3.3 km a valle dell'area dell'impianto, nei pressi di Villa Itaca, in corrispondenza dell'interferenza con il reticolo idrografico è presente un tombino idraulico, presumibilmente di dimensioni 1.5 m.

Data la presenza del tombino, al fine di non interferire con lo stato dei luoghi e lasciare inalterato il regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata, anche in questo caso come per l'interferenza 1, si procederà con la posa in opera dell'elettrodotto mediante TOC di adeguata lunghezza su strada.



Elettrodotto – interferenze 1 e 2

- **Interferenza 3:** collocata lungo la SP155, circa 4.6 km a valle dell'area dell'impianto, nell'area compresa tra Masseria Lama di Corvo e Casone dei Bianchini, in corrispondenza dell'interferenza con il reticolo idrografico non è presente alcun tombino idraulico.

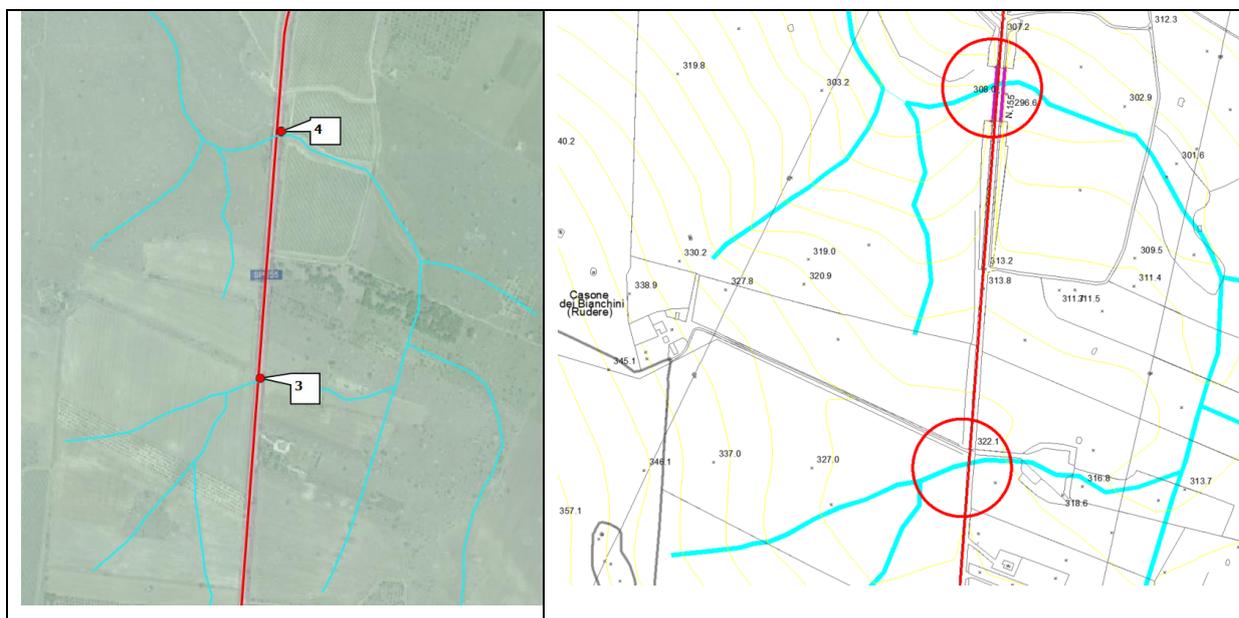
In questo caso, vista l'assenza del tombino, si procederà con la posa in opera dell'elettrodotto mediante scavo a cielo aperto e ripristino dello stato dei luoghi, al fine di lasciare inalterato il regime idraulico a monte e a valle dell'area di interesse.

- **Interferenza 4:** collocata lungo la SP155, circa 5.2 km a valle dell'area dell'impianto, nei pressi di Casone dei Bianchini, in corrispondenza dell'interferenza con il reticolo idrografico è presente un ponte, il cui impalcato ha una luce libera complessiva pari a circa 60 m, con due pile centrali. Il dislivello complessivo tra la quota stradale e lo scorrimento del reticolo idrografico è pari a circa 12m.

Data la presenza di questo ampio attraversamento, al fine di non interferire con lo stato dei luoghi e lasciare inalterato il regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata, si procederà con la posa in opera dell'elettrodotto mediante TOC di lunghezza almeno pari a 310.00 m.

In particolare, per la realizzazione di questo tratto di elettrodotto si procederà con una leggera deviazione del suo tracciato rispetto alla sede stradale. In corrispondenza dell'inizio della rampa del ponte il tracciato dell'elettrodotto si sposterà verso destra dove è presente una stradina di campagna, in corrispondenza della quale sarà realizzato il primo pozzetto per la realizzazione della toc. Analogamente a valle, alla fine della rampa del ponte, il tracciato si sposterà verso destra dove in corrispondenza della stradina di campagna sarà realizzato il secondo pozzetto per la realizzazione della TOC.

In tal modo, durante la realizzazione della TOC, al di fuori della sede stradale della SP155, parallelamente ad essa, non si interferirà con il traffico veicolare e lo stesso elettrodotto, posto in opera mediante toc non altererà il regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata.



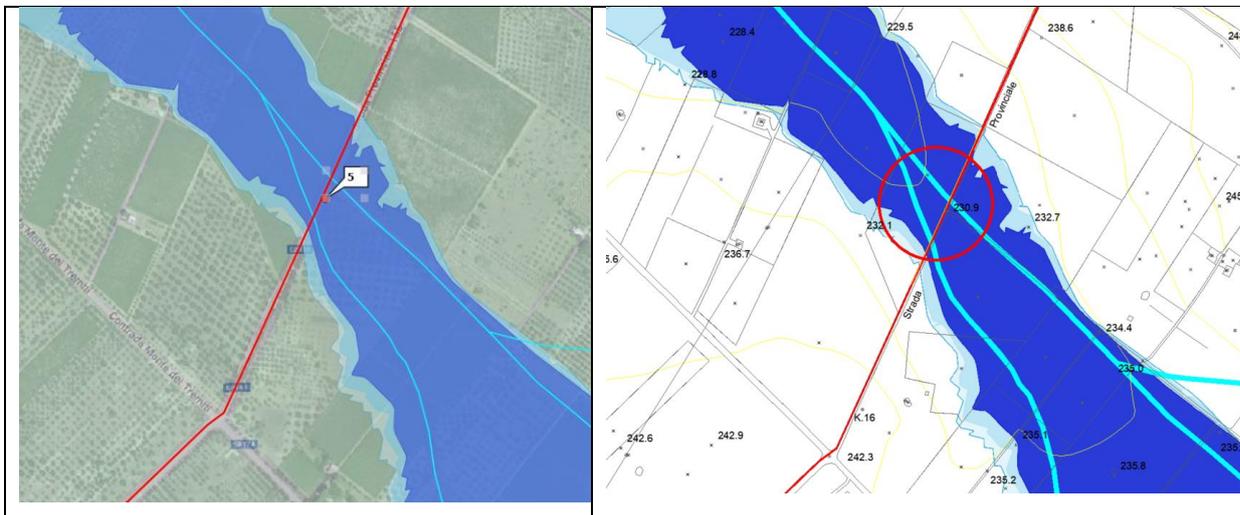
Elettrodotto – interferenze 3 e 4

- **Interferenza 5:** collocata lungo la SP155, a circa 7.6 km di distanza dall'area dell'impianto, nei pressi dell'area denominata Sperlonga, poco oltre l'incrocio con la SP174.

Sono presenti due interferenze con il reticolo idrografico, in corrispondenza delle quali non è presente alcun tombino, e vi è la presenza di aree perimetrare ad Alta, Media e Bassa pericolosità idraulica dal PAI.

In questo caso, anche in assenza di tombini di attraversamento, data la presenza delle aree a pericolosità idraulica, e al fine di non interferire con lo stato dei luoghi e lasciare inalterato il regime idraulico a monte

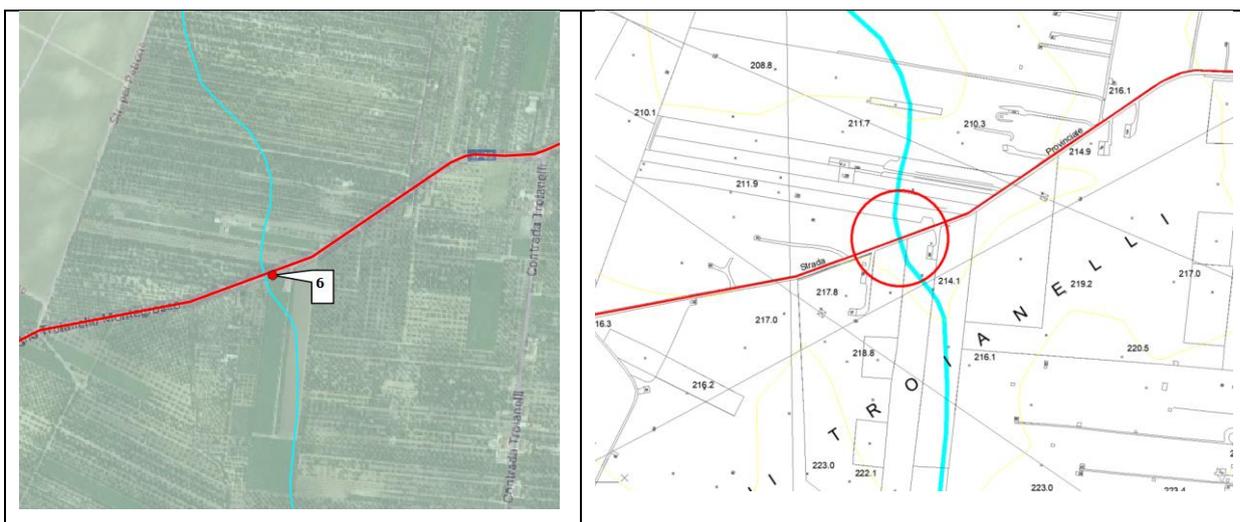
e a valle dell'area interessata, si procederà con la posa in opera dell'elettrodotto mediante TOC di adeguata lunghezza su strada. In particolare, la lunghezza della TOC dovrà essere tale che i pozzetti per la realizzazione della stessa siano esterni all'area a bassa pericolosità idraulica, che in corrispondenza della strada presenta un'ampiezza pari a 170 m.



*Elettrodotto – interferenza 5*

- **Interferenza 6:** collocata lungo la SP43, a circa 10.2 km di distanza dall'area dell'impianto, in prossimità dell'area denominata Troianelli, in corrispondenza dell'interferenza con il reticolo idrografico non è presente alcun tombino idraulico.

In questo caso, vista l'assenza del tombino, si procederà con la posa in opera dell'elettrodotto mediante scavo a cielo aperto e ripristino dello stato dei luoghi, al fine di lasciare inalterato il regime idraulico a monte e a valle dell'area di interesse.



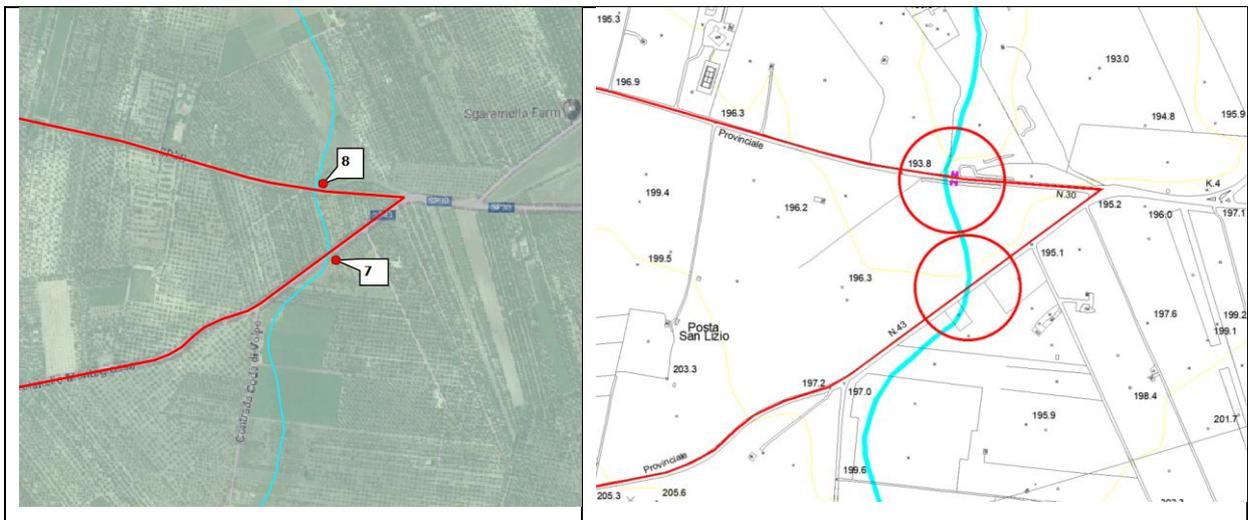
*Elettrodotto – interferenza 6*

- **Interferenza 7:** collocata lungo la SP43, a circa 13.5 km di distanza dall'area dell'impianto, in prossimità dell'area denominata Posta San Lizio, in corrispondenza dell'interferenza con il reticolo idrografico non è presente alcun tombino idraulico.

In questo caso, vista l'assenza del tombino, si procederà con la posa in opera dell'elettrodotto mediante scavo a cielo aperto e ripristino dello stato dei luoghi, al fine di lasciare inalterato il regime idraulico a monte e a valle dell'area di interesse.

- **Interferenza 8:** collocata lungo la SP30, circa 13.8 km a valle dell'area dell'impianto, nei pressi di Posta San Lizio, in corrispondenza dell'interferenza con il reticolo idrografico è presente un tombino idraulico, presumibilmente costituito da due tubazioni circolari del DN1000.

Data la presenza del tombino, al fine di non interferire con lo stato dei luoghi e lasciare inalterato il regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata si procederà con la posa in opera dell'elettrodotto mediante TOC di adeguata lunghezza su strada.



*Elettrodotto – interferenze 7 e 8*

- **Interferenza 9:** collocata lungo Contrada Torre Pellegrino, circa 17.6 km a valle dell'area dell'impianto, nei pressi dell'area denominata Pellegrina, in corrispondenza dell'interferenza con il reticolo idrografico è presente un tombino idraulico.

Data la presenza del tombino, al fine di non interferire con lo stato dei luoghi e lasciare inalterato il regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata si procederà con la posa in opera dell'elettrodotto mediante TOC di adeguata lunghezza su strada.



*Elettrodotto – interferenze 9*

Riassumendo, sulla base della tipologia di ciascuna interferenza è stata scelta e adottata una modalità di risoluzione coerente con le NTA del PAI e cioè finalizzata a garantire che il regime idraulico delle aree a monte e a valle delle aree di intervento resti invariato. Di seguito si riporta uno schema riassuntivo di quanto specificato nel presente paragrafo:

INTERFERENZA		POSIZIONE		PRESENZA TOMBINO	MODALITA' RISOLUZIONE
N°	VINCOLO PAI	STRADA	DISTANZA DALL'IMPIANTO		
1	reticolo	SP155	3.00	SI	TOC
2	reticolo	SP155	3.30	SI	TOC
3	reticolo	SP155	4.60	NO	scavo e ripristino
4	reticolo	SP155	5.20	SI (PONTE)	TOC (lunghezza min 310 m)
5	reticoli-area AP, MP e BP	SP155	7.60	NO	TOC (lunghezza min 170 m)
6	reticolo	SP 43	10.20	NO	scavo e ripristino
7	reticolo	SP 43	13.50	NO	scavo e ripristino
8	reticolo	SP 30	13.80	SI	TOC
9	reticolo	Contr. Torre Pellegrino	17.60	SI	TOC

## 8 CONCLUSIONI

Concludendo, dalle verifiche idrauliche risulta quanto segue:

- per quel che riguarda l'area in cui si prevede la realizzazione dell'impianto, la stessa risulta in condizioni di **sicurezza idraulica** poiché a seguito delle verifiche idrauliche eseguite, le aree sulle quali si prevede il posizionamento degli inseguitori fotovoltaici non risultano interessate dai deflussi idrici;
- per quel che riguarda l'elettrodotto di collegamento, per la sua realizzazione in corrispondenza delle interferenze individuate si procederà come già specificato in precedenza e riassunto di seguito:
  - o per le interferenze in cui è stata rilevata la presenza di tombini idraulici o di aree a pericolosità idraulica si prevede la posa in opera del cavidotto adottando tecnologie no-dig, ovvero senza scavo, mediante TOC, al fine di non alterare in nessun modo lo stato dei luoghi durante la realizzazione degli interventi di progetto;
  - o per le interferenze in cui non sono presenti tombini idraulici si prevede la posa mediante scavo a cielo aperto e ripristino dello stato dei luoghi, per lasciare invariato il regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata.