



NOVEMBRE 2021

**TS ENERGY 4 S.r.L.**

**IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO**

**COLLEGATO ALLA RTN**

**POTENZA NOMINALE 22 MW**

**COMUNE DI SAN SEVERO (FG)**

**Montagna**

## **PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO**

**Relazione idraulica**

**Progettisti (o coordinamento)**

Ing. Laura Maria Conti n. ordine Ing. Pavia 1726

**Codice elaborato**

*2748\_4499\_SSCAS\_PD\_R05\_Rev0\_Relazione-idraulica*



## Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2748_4499_SSCAS_PD_R05_Rev0_Relazione-idraulica	11/2021	Prima emissione	G.d.L.	FL	L. Conti

## Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Maria Conti	Direzione Tecnica	Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pavia al n. 1726
Corrado Pluchino	Project Manager	Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano n. A27174
Riccardo Festante	Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni	Tecnico competente in acustica ambientale n. 71
Daniele Crespi	Coordinamento SIA	
Francesca Jaspardo	Esperto Ambientale	
Elena Comi	Esperto Ambientale	Ordine Nazionale dei Biologi n. 60746
Marco Corrù	Architetto	
Lia Buvoli	Biologa	
Massimo Busnelli	Geologo	
Mauro Aires	Ingegnere strutturista	Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 9583J
Sergio Alifano	Architetto	
Andrea Fronteddu	Ingegnere Elettrico	Ordine degli Ingegneri di Cagliari n. 8788
Matteo Lana	Ingegnere Ambientale	
Vincenzo Gionti	Ingegnere Ambientale	
Lorenzo Griso	Geologo	
Nazzario d'Errico	Agronomo	Ordine professionale Degli Agronomi di Foggia n. 382

## Impianto Agrivoltaico Collegato alla RTN 22 MW

Relazione idraulica



Marianna Denora	Studio Previsionale Impatto Acustico	Ordine degli Architetti della Provincia di Bari, Sez. A n. 2521
Giovanni Cis	Progetto di Connessione	Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano n. 28287
Antonio Acito	Rilievo Topografico	
Antonio Bruscella	Archeologo	Elenco dei professionisti abilitati alla redazione del documento di valutazione archeologica n. 4124
Michele Pecorelli (Studio Geodue)	Geologo – Indagini Geotecniche Geodue	Ordine dei Geologi della Regione Puglia n. 327

### Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano

Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

[www.montanambiente.com](http://www.montanambiente.com)





**INDICE**

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>6</b>
<b>2. DATI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO.....</b>	<b>7</b>
2.1.1 Modello digitale del terreno Regione Puglia .....	7
2.1.2 Rilievo topografico .....	7
<b>2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO .....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 LOCALIZZAZIONE.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2 COPERTURA DEL SUOLO .....</b>	<b>8</b>
<b>3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>9</b>
3.3.1 Geologia .....	9
3.3.2 Caratterizzazione dei litotipi e assetto litostratigrafico .....	11
3.3.3 Aspetti geomorfologici .....	13
3.3.4 Inquadramento idrogeologico .....	14
<b>3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO.....</b>	<b>14</b>
3.4.1 Inquadramento idrologico, idraulico e geomorfologico .....	15
<b>3.5 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO E DELLA LINEA DI CONNESSIONE ...</b>	<b>17</b>
<b>4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>21</b>
4.1.1 Moduli fotovoltaici e strutture di supporto .....	22
4.1.2 Cabine di campo .....	22
4.1.3 Cavi di potenza e di controllo.....	23
4.1.4 Rete di drenaggio interna.....	23
<b>4.2 LINEA DI CONNESSIONE.....</b>	<b>24</b>
<b>5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO, LINEA DI CONNESSIONE, CABINA DI CONSEGNA/COLLEGAMENTO SE RTN .....</b>	<b>26</b>
<b>5.1 IDENTIFICAZIONE DELL'INTERFERENZA .....</b>	<b>26</b>
<b>5.2 METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC .....</b>	<b>27</b>
5.2.1 Analisi qualitativa .....	27
5.2.2 Analisi quantitativa .....	27
<b>5.3 NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>30</b>
5.3.1 L01 .....	30
<b>5.4 PERCORSO DI CONNESSIONE .....</b>	<b>31</b>
5.4.1 M01 .....	31
5.4.2 M02 .....	33
5.4.3 M03 .....	34
5.4.4 M04 .....	35
5.4.5 M05 .....	37
5.4.6 P02 .....	39
5.4.7 P03 .....	41
5.4.8 P04 .....	43
5.4.9 P05 .....	44



---

5.4.10	P06 .....	46
<b>6.</b>	<b>STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>49</b>
6.1	CONSIDERAZIONI CLIMATICHE .....	49
6.2	SCelta DEL TEMPO DI RITORNO .....	50
6.3	ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE.....	51
6.4	IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO .....	54
6.5	VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA) .....	55
6.5.1	Valutazione ante-operam.....	56
6.5.2	Valutazione post operam .....	57
6.6	MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST-OPERAM ..	58
<b>7.</b>	<b>VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI .....</b>	<b>61</b>
7.1	SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO .....	61
7.2	SISTEMA DI INFILTRAZIONE E LAMINAZIONE NELL'AREA DI INTERVENTO.....	63
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONE .....</b>	<b>65</b>

**ALLEGATO/APPENDICE**

ALLEGATO 01 Planimetria gestione acque meteoriche



## 1. PREMESSA

Il presente documento riporta lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto fotovoltaico, della linea di connessione e della cabina di consegna, analizzando le eventuali interferenze dei diversi componenti con le aree a pericolosità idraulica e identificando, nel caso, la migliore soluzione e tecnologia per la risoluzione delle stesse. In corrispondenza di canali irrigui/corsi d'acqua naturali si è inoltre valutato che il superamento delle interferenze avvenga in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.

Lo studio Idrologico e idraulico relativo al reticolo idrografico superficiale, ai principali solchi vallivi o aree depresse e alle aree allagabili è riferito alla perimetrazione della pericolosità idraulica riportata dalla nuova variante del PAI 2019 dall'AdB Puglia.

Il progetto affronta lo studio idrologico idraulico delle aree scolanti interessate dalle opere del progetto fotovoltaico con valutazioni in merito alle possibili variazioni ante-operam – post-operam, analizzando quindi il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione delle variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione delle variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

Tale studio è svolto secondo le Norme Tecniche di Attuazione del Piano d'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino della Puglia, ed è costituito da:

- analisi delle piogge, eseguita utilizzando le indicazioni riportate sul progetto Valutazione Piene (VAPI) del Gruppo Nazionali Difesa Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI);
- valutazione della durata dell'evento pluviometrico di progetto di durata pari al tempo critico del bacino idrografico oggetto di studio (tempo di corrivazione e ietogramma di progetto);
- determinazione delle portate di riferimento e dimensionamento del sistema di collettamento delle stesse.

Per maggiori approfondimenti relativi alla planimetria gestione acque meteoriche interne e degli interventi di regimazione idraulica delle aree di progetto nel nuovo impianto fotovoltaico si rimanda all' Allegato 01 del presente documento.

Per completezza e per facilitare la comprensione di alcuni aspetti, nel presente documento si riportano anche argomenti trattati nella relazione "2748\_4499\_SSCAS\_PD\_R06\_Rev0\_Relazione idrologica".



## **2. DATI DI RIFERIMENTO**

### **2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO**

La campagna investigativa topografica ha interessato tutta l'area di progetto in modo completo e dettagliato.

Dapprima sono stati ottenuti i modelli digitali del terreno e della superficie dalla Regione Puglia. In seguito a completamento dell'indagine e per verifica dei dati in possesso è stato condotto un rilievo topografico eseguito con GPS.

#### **2.1.1 Modello digitale del terreno Regione Puglia**

Attraverso la fonte ufficiale Regione Puglia è stato ottenuto il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 8x8 metri di tutta l'area di progetto.

#### **2.1.2 Rilievo topografico**

Nel mese di giugno 2021 è stato eseguito un rilievo topografico con GPS al fine di definire l'andamento plano-altimetrico del terreno e la presenza di interferenze nelle aree destinate alla realizzazione del nuovo impianto fotovoltaico.

### **2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO**

I seguenti documenti sono stato utilizzati come principali riferimenti per lo studio:

- D.Lgs 152/06 e smi;
- Direttiva Comunitaria 2007/60/CE – Valutazione e gestione del rischio di alluvioni/ D.Lgs. 49/2010;
- Regione Puglia - Servizio Protezione Civile - Centro Funzionale Regionale. Precipitazioni medie e di massima intensità registrate nella stazione pluviometrica locale 1921-2010;
- Autorità di Bacino della Puglia - Piano di Bacino - Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) – Norme Tecniche di Attuazione - Relazione di Piano;
- PGRA;
- Sistemi di fognatura - Manuale di progettazione - Hoepli, CSDU;
- La sistemazione dei bacini idrografici, Vito Ferro, McGraw – Hill editore;
- Open Channel Hydraulics, Chow – McGraw – Hill editore;
- Spate Irrigation - FAO – HR Wallinford;
- Urban Drainage Design Manual” pubblicato da FHWA (Federal highway administration-US Department of transportation).

### 3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

#### 3.1 LOCALIZZAZIONE

Il progetto dell'impianto fotovoltaico in esame è ubicato nel territorio comunale di San Severo (FG). L'area di progetto è situata circa 12 km a sud-est dell'abitato comunale di San Severo lungo il tratto di autostrada A14 compreso tra le strade provinciali SP22 e SP27, in località Camera.

L'area di intervento risulta essere pari a circa 30,39 ettari complessivi di cui 26,95 ha recintati. La strada comunale Amendola-Falciglia divide il sito in due sottoaree A+B rispettivamente di 11,04 ha catastali (8,4 ha cintati) per la sottozona A e 19,35 ha (18.55 ha cintati) per la sottozona B.



Figura 3.1: Inquadramento territoriale. In verde l'area del sito, in arancione il percorso di connessione alla RTN.

#### 3.2 COPERTURA DEL SUOLO

Nell'ambito dello studio idrologico e del calcolo è stata valutata sia la copertura del terreno sia l'uso del suolo dell'area di ubicazione delle opere dell'impianto fotovoltaico.

La zona nella quale verrà insediato il parco fotovoltaico è quella tipica del Tavoliere, caratterizzata da ampie aree pianeggianti ulteriormente modellate dall'azione antropica frutto dell'attività agricola. L'area presenta quasi esclusivamente terreni seminativi semplici irrigui e non irrigui come mostrato in Figura 3.2.



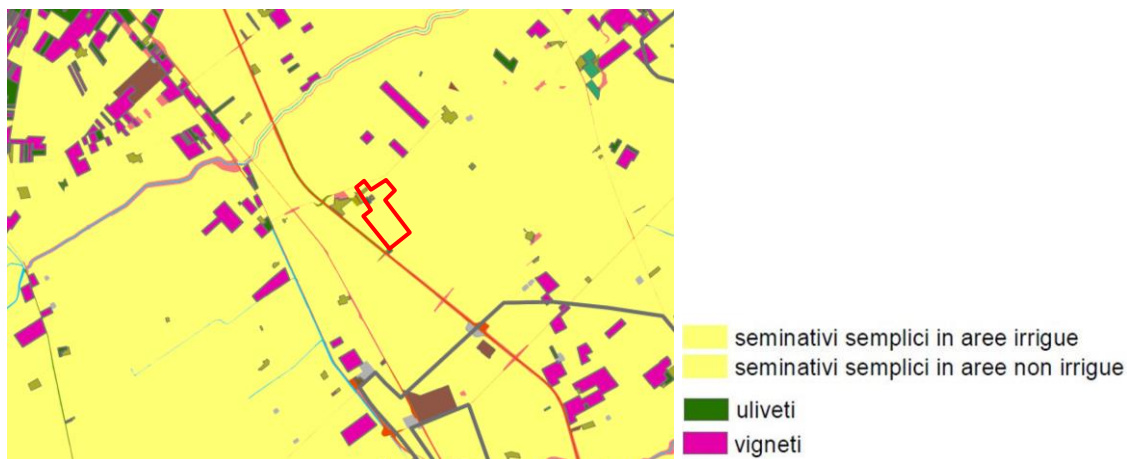


Figura 3.2: Stralcio carta uso del suolo (Allegati Relazione Candelaro AdBP). In rosso l'area di progetto.



Figura 3.3: Uso del suolo, stato di fatto. Fotografie sopralluogo giugno 2021.

### 3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

#### 3.3.1 Geologia

Da un punto di vista strettamente geologico gli affioramenti dell'area appartengono ad un grande complesso morfologico-strutturale, allungato per lo più in direzione appenninica (NO-SE), con carattere di bacino che ospita terreni prevalentemente clastici d'età plio-quadernaria ed è solcato dai torrenti e dai fiumi più importanti della Puglia nord-orientale. Dall'alto verso il basso stratigrafico, l'intera area è ricoperta sopra da depositi quaternari, in prevalenza di facies alluvionale. Tra questi

prevale argilla più o meno marnosa, di probabile origine lagunare, ricoperta a luoghi da lenti di conglomerati e da straterelli di calcare evaporitico (crosta). Al di sotto si rinviene in generale un deposito clastico sabbioso-ghiaioso a cui fa da basamento impermeabile il complesso delle argille azzurre pliocenico-calabriere che costituisce il ciclo sedimentario più recente delle argille subappennine.

Il substrato profondo è costituito da una potente successione calcareo-dolomitica su cui poggia l'argilla con ripetute e irregolari alternanze di livelli sabbiosi e ghiaiosi.

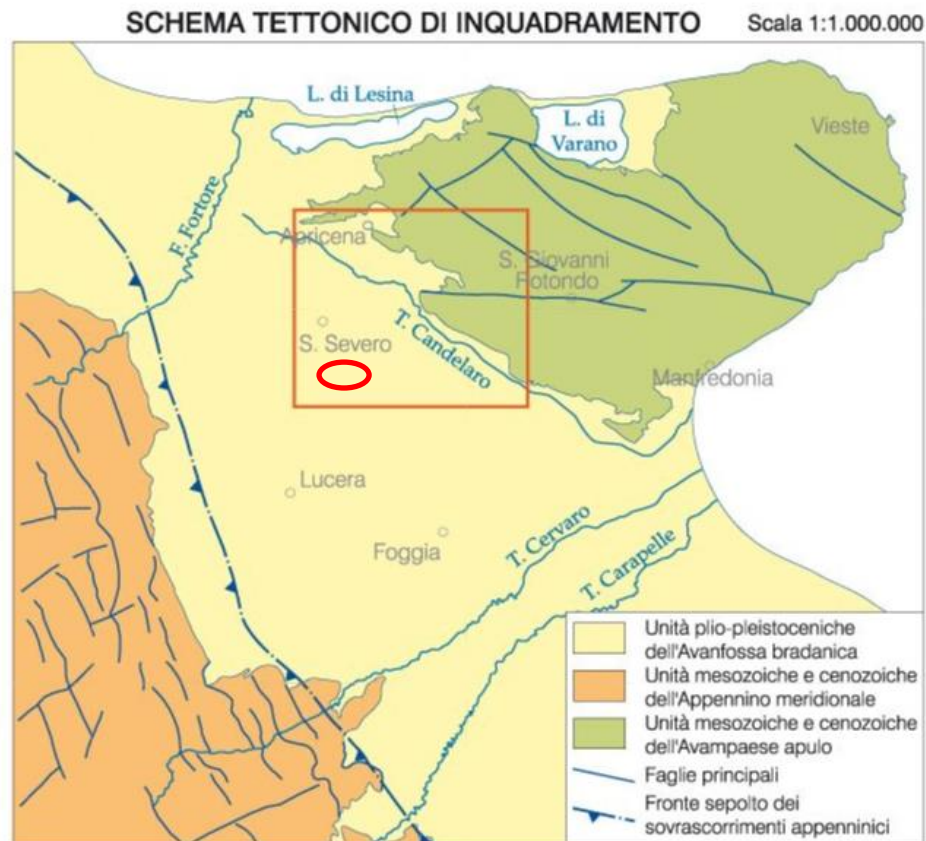


Figura 3.4: Schema geologico e strutturale dell'area del Tavoliere e del Subappennino Dauno – Area di cantiere nel cerchio rosso.

Il motivo geologico strutturale più evidente è rappresentato da linee tettoniche con direzione NNO-SSE e NE-SO e in tale direzione si sviluppano anche gli assi di ampie strutture plicative in un regime compressivo, individuatesi fin dal Miocene medio. Queste hanno determinato strutture geologiche complesse con rapporti di sovrapposizione e contatti (stratigrafici e/o tettonici) diversi e variabili da zona a zona. Le fasi tettoniche successive non hanno modificato sostanzialmente questi allineamenti strutturali anche se ne hanno accentuati gli effetti coinvolgendo le formazioni plioceniche, determinando sovrascorrimenti e faglie inverse e rendendo tettonici molti dei contatti tra le varie formazioni geologiche.

In base alle più recenti interpretazioni, il modello geodinamico di questa porzione di territorio può essere di contro schematizzato con la seguente evoluzione paleogeografico-strutturale:

- formazione della piattaforma carbonatica mesozoico-paleogenica (substrato profondo – Piattaforma Apula), caratterizzata da strutture horst e graben associate ad un regime distensivo;
- riattivazione della Piattaforma Apula in un regime compressivo con relativa individuazione dell'avanfossa a partire dal Miocene (Fossa Bradanica);

- riempimento di questo bacino subsidente durante il Plio-Pleistocene con la sedimentazione di depositi argillosi di mare profondo (Argille Azzurre);
- sollevamento regionale dovuto a sovrascorrimento NE vergenti, concomitante con oscillazioni glacio-eustatiche del livello del mare e conseguente importante fase di terrazzamento con depositi marini ed alluvionali nel Pleistocene-Olocene. La generale pendenza verso oriente rappresenta, probabilmente, l'originaria inclinazione della superficie di regressione del mare pleistocenico e dei depositi fluviali che su di essa si sono adagiati.

Entrando più nel dettaglio l'evoluzione strutturale generale, che caratterizza la zona del Preappennino Dauno, è sostanzialmente iniziata con la sedimentazione, nel Miocene, di una potente serie torbiditica (depositi accumulatisi in seguito a eventi gravitativi sui fondali marini) sopra il complesso basale carbonatico (substrato). Contemporaneamente alla trasgressione miocenica si determina un abbassamento dell'area con la formazione di un bacino di accumulo di depositi clastici provenienti, in prevalenza, da aree emerse limitrofe.

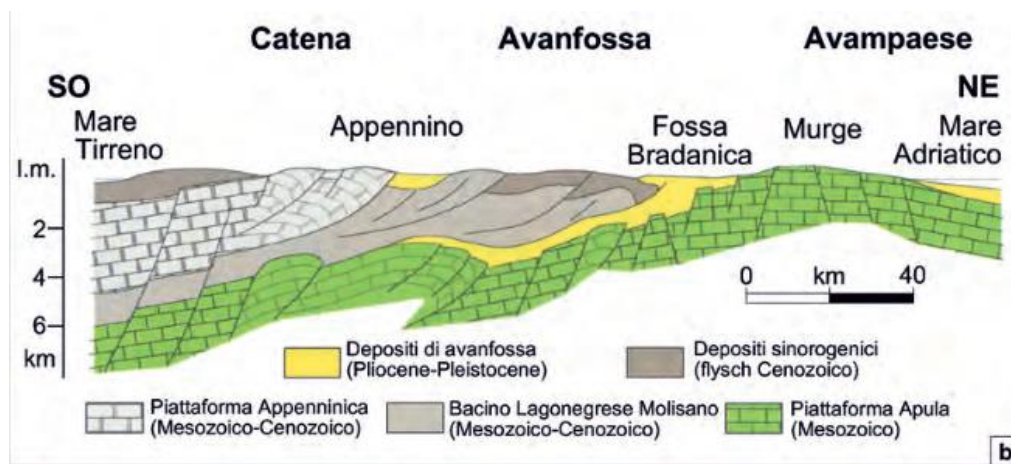


Figura 3.5: Sezione geologica schematica attraverso l'avanfossa appenninica.

Dal Pliocene inferiore si ha un progressivo approfondimento del bacino diventando di avanfossa in seguito al sovrascorrimento delle unità appenniniche più esterne su di esso. Le geometrie tra le unità nel bacino sono tali che i depositi prevalentemente argillosi, di ambiente marino vanno a sedimentarsi al di sopra di queste unità appenniniche sovrascorse (depositi di avanfossa – Argille Azzurre). Successivamente, nel Pliocene superiore-Olocene la regressione marina ha consentito la deposizione di materiale continentale clastico limoso – sabbioso e ghiaioso. Il sollevamento che ha causato la regressione è tuttora attivo con l'attivazione di dislocazioni tettoniche trasversali.

### 3.3.2 Caratterizzazione dei litotipi e assetto litostratigrafico

L'area in progetto ricade nel settore centrale dell'estesa piana del Tavoliere, caratterizzata da affioramenti di depositi continentali terrazzati, presenti alla quota di pochi metri al di sopra di quella degli alvei attuali e poggianti sulle formazioni argillose marine Plio-Pleistoceniche.

La formazione dei depositi continentali è legata all'ultima fase dell'evoluzione geodinamica della regione, caratterizzata dal progressivo sollevamento ed emersione di tutta l'area avvenuta a partire dal Pleistocene medio e tuttora in atto. Durante tale processo l'azione degli agenti esogeni, esercitata sulle terre già emerse, causava erosione con trasporto verso il mare in regressione dei prodotti erosi. Le concomitanti oscillazioni glacio-eustatiche del livello del mare hanno favorito la formazione dei depositi terrazzati.

I terreni alluvionali sono costituiti da limi sabbiosi talora argillosi con ghiaie e ciottoli poligenici ed eterometrici, talora addensati e debolmente cementati, in matrice sabbioso limosa di colore avana. Tali depositi contengono intercalazioni lentiformi di limi sabbiosi più o meno argillosi. Nella parte superficiale si rinvencono talvolta croste biancastre a lamine orizzontali, costituiti da limi sabbiosi di natura carbonatica contenenti talora elementi di ghiaia. La natura continentale del deposito alluvionale è evidenziata dalla morfologia dei ciottoli che si presentano generalmente sub-arrotondati, anche se non mancano talora quelli appiattiti ad indicare un parziale rimaneggiamento ad opera del moto ondoso del mare in regressione.

Questi depositi alluvionali, che nel foglio n° 396 “S. Severo” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000 (Servizio Geologico d’Italia e Progetto CARG) vengono attribuiti al “Sintema di Motta del Lupo”, sono datati Pleistocene Superiore ed hanno uno spessore massimo di 30 m circa. Tale spessore è legato all’andamento del substrato sul quale si sono depositi ed all’azione erosiva superficiale.



**SINTEMA DI MOTTA DEL LUPO**

Alternanze di silt brunastri ed argille verdastre. E' costituito, dal basso verso l'alto da: - argille e silt di colore verdastro a laminazione piano-parallela (8 m); - argille brune e verdi con rare lamine siltose (circa 22 m di spessore). E' interpretabile come un deposito di piana alluvionale; nella porzione inferiore dominano argille, sabbie e subordinatamente ghiaie di ambiente alluvionale con condizioni idrodinamiche anche di moderata energia; verso l'alto si rinvencono argille brune e verdi di ambienti alluvionali associati ad aree marginali di esondazione o paludose con acqua stagnante. In discordanza sulle seguenti unità: Calcarei di Monte Acuto, formazione di Masseria Belvedere, Calcarenite di Gravina, sintema di Cava Petrilli, sintema di Vigna Bocola, sintema di Masseria la Motticella e sintema di Foggia. Spessore di circa 30 m.

**PLEISTOCENE SUPERIORE**

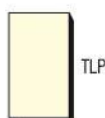


Figura 3.6: Estratto della Carta Geologica d’Italia in scala 1:50.000, Foglio 396 “S. Severo” - Nel riquadro l’area di insediamento dell’impianto fotovoltaico

Il substrato dei depositi continentali è rappresentato dalla formazione argilloso-marnosa sovraconsolidata, costituita dalle “argille grigio-azzurre subappennine” del Pleistocene inf. e dalle sottostanti argille Plioceniche, la cui potenza è dell’ordine di centinaia di metri.

Il passaggio fra i depositi alluvionali e la formazione argillosa plio-pleistocenica avviene gradatamente ed è segnato dalla presenza di sabbie limo-argillose giallastre marine di età post-calabriana, affioranti in aree abbastanza estese a N-E e a S-E di Foggia.

### 3.3.3 Aspetti geomorfologici

Dal punto di vista geomorfologico l'area in progetto appartiene al Tavoliere delle Puglie che è un'estesa pianura alluvionale e, con i suoi 3500 kmq d'estensione areale, è la seconda area di pianura dell'Italia peninsulare dopo la Pianura Padana. È limitata a Nord dalla valle del Fortore e a Sud dalla valle dell'Ofanto ed è solcata da numerosi corsi d'acqua a carattere torrentizio che, a dispetto del loro limitato bacino imbrifero, sono capaci di importanti esondazioni che producono, ormai quasi annualmente, danni ingenti ad agricoltura e vie di comunicazione.

Dal punto di vista morfologico è caratterizzato da strette colline di modesta elevazione e a tetto piatto cui si interpongono piccole valli solcate da numerosi corsi d'acqua a regime torrentizio (T. Cervaro, T. Carapelle, T. Vulgano, T. Salsola, T. Cacciafumo, Canale di Motta-Montecorvino, T. Triolo) che scorrono da Ovest verso Est, con tracciati paralleli.

In relazione ai sedimenti affioranti, in quest'area si possono distinguere forme di modellamento diverso procedendo da ovest verso est: un'area collinare, una zona a ripiani, una vasta piana alluvionale antica, una piana costiera ed una zona litorale.

I ripiani corrispondono a terrazzi marini che degradano verso l'Adriatico e sono delimitati ad est da poco elevate scarpate, corrispondenti a ripe di abrasione, che specialmente nella parte meridionale del Tavoliere risultano più erosi tanto da essere completamente circondati da depositi alluvionali. Questi ultimi, si raccordano più ad est con i sedimenti della piana costiera, sede in un passato storico di ambiente palustre di laguna, successivamente bonificato.

La zona nella quale verrà insediato il parco fotovoltaico è quella tipica del Tavoliere, caratterizzata da ampie aree pianeggianti ulteriormente modellate e regolarizzate dall'azione antropica frutto dell'attività agricola.

Sulla base dei rilievi topografici è stata analizzata la morfologia dell'area (asperità, pendenze, esposizioni).

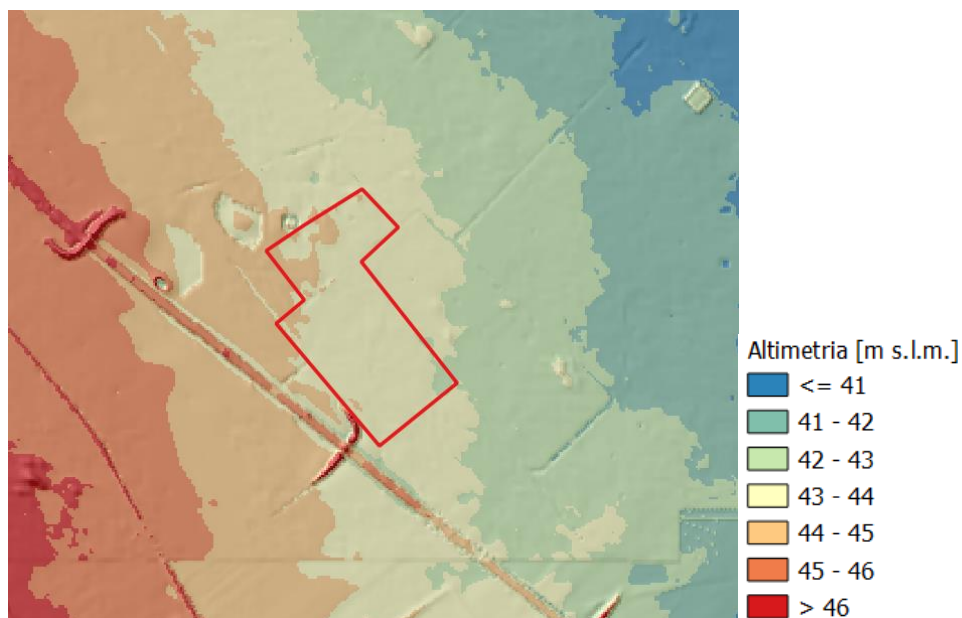


Figura 3.7: Andamento altimetrico, in rosso l'area di progetto.

Buona parte dell'area di progetto presenta pendenze basse (<10%), generalmente riferibili alle piane alluvionali generate dai corsi d'acqua che lo attraversano. Nello specifico il sito di intervento si inserisce nell'estesa valle del Torrente Candelaro e dei suoi tributari di destra che hanno generato ampi terrazzi in cui si inserisce l'area progettuale che presenta una pendenza media intorno al 1,4%.

### 3.3.4 Inquadramento idrogeologico

La carta delle isopieze (Figura 3.8) dell'ISPRA aggiornata al 2003, rileva che i massimi valori del gradiente idraulico si registrano nella parte più interna, corrispondente alla zona di maggiore ricarica dell'acquifero, mentre tendono a diminuire nella parte centrale verso il T. Carapelle e ancor più verso la costa adriatica.

In relazione all'area di progetto, la particolare morfologia assunta dalla superficie piezometrica permette, innanzitutto, di definire una direttrice di deflusso idrico preferenziale più marcata, con direzione pressoché parallela al torrente Carapelle.

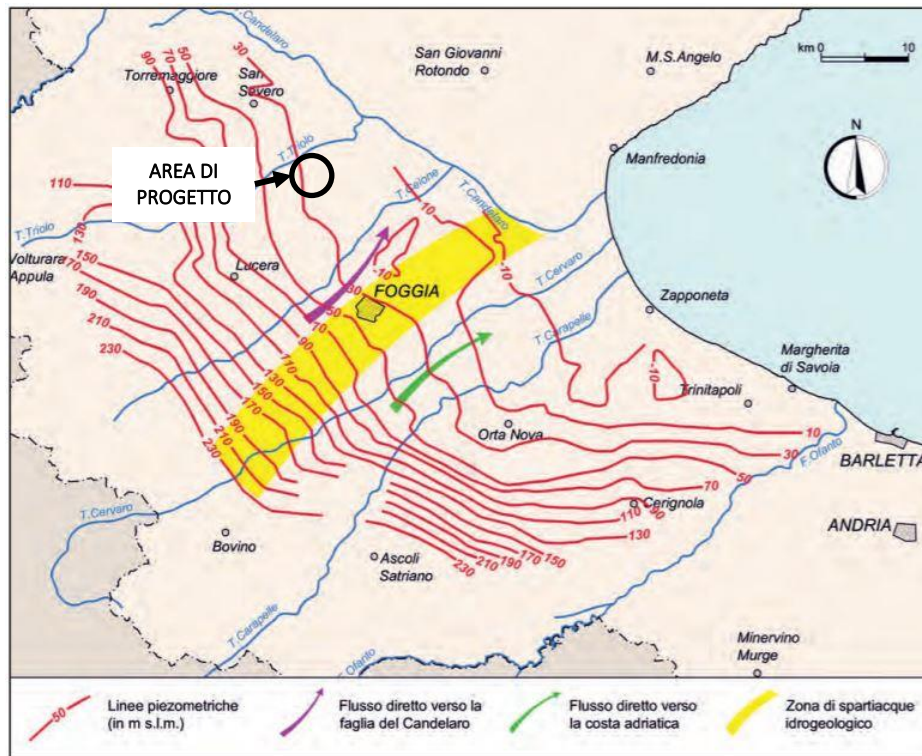


Figura 3.8: Isopieze della falda superficiale del Tavoliere relativa all'anno 2003 con indicazione delle zone ove è ubicato lo spartiacque idrogeologico (fonte ISPRA), insieme all'area di progetto.

Nell'area di studio il livello freaticum è posto ad almeno -30 m da piano campagna con oscillazioni annuali influenzate dalle precipitazioni locali contenute nel metro e dalle caratteristiche locali della stratigrafia.

## 3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO

La Puglia, presenta una situazione idrologico ambientale caratterizzata da scarsa disponibilità idrica superficiale avente distribuzione molto differenziata sul territorio. L'ambito territoriale di progetto risulta a carattere torrentizio e come gran parte del resto del territorio pugliese si caratterizza per un esteso sviluppo di solchi erosivi naturali in cui vengono convogliate le acque in occasione di eventi meteorici intensi, a volte compresi in ampie aree endoreiche aventi come recapito finale la falda circolante negli acquiferi carsici profondi.

Nello specifico l'area di interesse rientra nell'Idro-ecoregione 16 "BasilicataTavoliere", unità idrografica 3 "Tavoliere delle Puglie" ed è interessato dai bacini del Candelaro, del Cervaro e del

Carapelle, i quali sono da annoverare tra i maggiori corsi d'acqua, insieme al Fiume Ofanto, sia per estensione della rete fluviale che per significatività dei deflussi.

La figura che segue evidenzia i corsi idrici fluviali principali presenti nel territorio e considerati dal Piano di Gestione delle Acque.

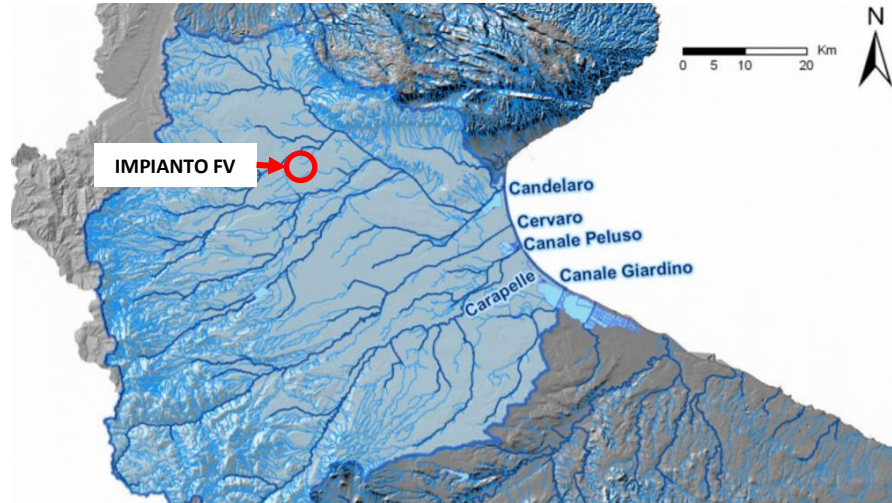


Figura 3.9: Corpi idrici superficiali (Relazione PGRA - AdB Puglia) ed ubicazione area di progetto.

Nel corso del passato si era sviluppata una rete di drenaggio antropica di bonifica/irrigazione intersecata con la rete idrografica naturale.

Negli ultimi decenni con il passaggio ad un'agricoltura di tipo intensivo l'approvvigionamento idrico per le campagne è avvenuto da pozzi con emungimento da falda e da reti di grande distribuzione di tipo consortile (Consorzio di Bonifica della Capitanata).

### 3.4.1 Inquadramento idrologico, idraulico e geomorfologico

L'area interessata dal progetto ricade all'interno del bacino del Torrente Candelaro (CAND\_01), come mostrato in Figura 3.10, nei pressi del Torrente Triolo.

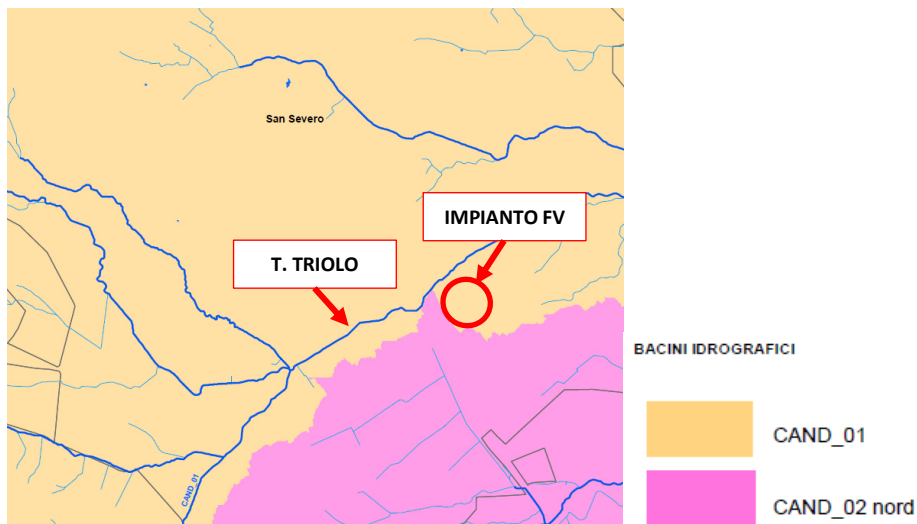


Figura 3.10: Stralcio carta dei corsi d'acqua ricadenti nel bacino del T. Candelaro. In evidenza l'area di progetto ed il T. Triolo.

Il torrente Candelaro si estende per una lunghezza di circa 67 km da nord ovest a sud est, ai piedi del Gargano e presenta un'andamento irregolare. Il suo bacino idrografico copre una superficie di 2000 kmq con un versante sinistro poco sviluppato al contrario del versante destro che è attraversato da numerosi affluenti come il T. Celone, il T. Sasola ed il T. Triolo.

L'affluente principale del Candelaro è il Torrente Triolo, che scorre in direzione sud-est, attraversando i territori comunali di Lucera, San Severo e Rignano Garganico. Il Torrente Triolo è alimentato dal deflusso di numerosi reticoli; quelli aventi un'area contribuente maggiore di 25 km<sup>2</sup> sono rappresentati dal Canale Venolo, il Canale Ferrante, il Canale S. Maria e infine il Canale Pontesano.

Si tratta di alvei prevalentemente canalizzati e morfologicamente incisi e vegetati che scorrono in maniera irregolare nella parte più a monte per poi defluire nella zona di valle in maniera regolare.

I suoli che ricadono all'interno del bacino del torrente Candelaro sono contraddistinti da un intenso sfruttamento agricolo, i terreni sono principalmente occupati da seminativi in aree irrigue.

La Figura 3.11 presenta uno stralcio della Carta idrogeomorfologica della Regione Puglia dove si mostra a scala di progetto la tipologia dei depositi e note di dettaglio in merito all'idrografia e alla morfologia.

La tipologia di depositi riconoscibili nell'area di interesse sono i depositi sciolti a prevalente componente sabbioso ghiaiosa.

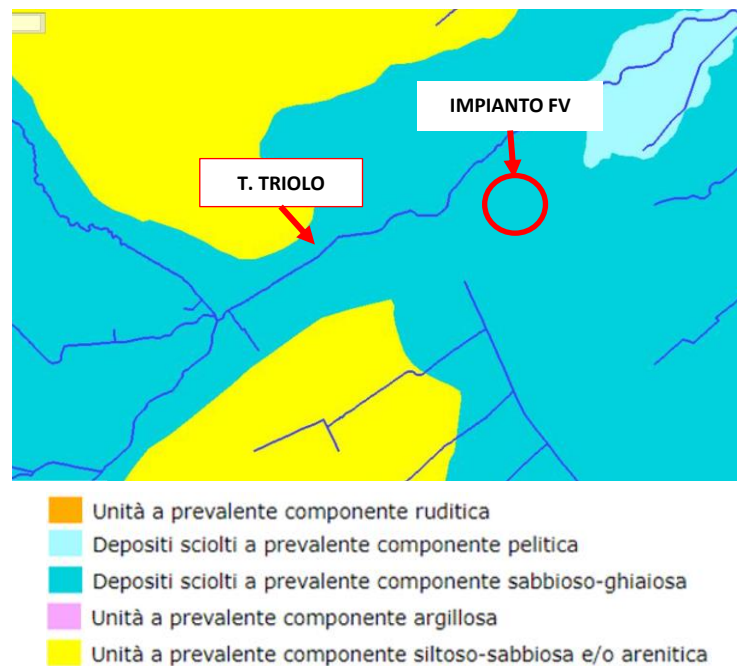


Figura 3.11: Stralcio carta idrogeomorfologica della Regione Puglia, in rosso l'impianto FV, in blu l'idrografia principale.





### **3.5 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO E DELLA LINEA DI CONNESSIONE**

Il comune di San Severo appartiene oggi al Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, la struttura operativa di livello territoriale di riferimento è l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia (AdB DAM Puglia).

Lo strumento vigente sul territorio è Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni - I ciclo (PGRA) approvato con Delibera del 3/3/2016 dal Comitato Istituzionale dell'autorità di Bacino del Liri-Garigliano integrato con i componenti designati dalle regioni ricadenti nel distretto.

Secondo quanto indica il PGRA, il territorio dell'unità regionale Puglia/Ofanto coinvolge territori interessati da eventi alluvionali contraddistinti da differenti meccanismi di formazione e propagazione dei deflussi di piena, motivo per cui, al fine di orientare meglio le scelte di piano è stato ulteriormente suddiviso in 6 Ambiti Territoriali Omogenei. San Severo ricade in quello definito "Fiumi Settentrionali", che è così descritto:

"L'ambito dei bacini fluviali con alimentazione appenninica è caratterizzato dalla presenza di reticoli idrografici ben sviluppati con corsi d'acqua che, nella maggior parte dei casi hanno origine dalle zone pedemontane dell'Appennino Dauno. Tali corsi d'acqua sottendono bacini di alimentazione di rilevante estensione, dell'ordine di alcune migliaia di kmq, che comprendono settori altimetrici di territorio che variano da quello montuoso a quello di pianura. Mentre nei tratti montani di questi corsi d'acqua i reticoli denotano un elevato livello di organizzazione gerarchica, nei tratti medio-vallivi le aste principali degli stessi diventano spesso le uniche aree fluviali appartenenti al bacino."

Importanti sono state le numerose opere di sistemazione idraulica e di bonifica che si sono succedute, a volte con effetti contrastanti, nei corsi d'acqua del Tavoliere. Dette opere hanno fatto sì che estesi tratti dei reticoli interessati presentino un elevato grado di artificialità, tanto nei tracciati quanto nella geometria delle sezioni, che in molti casi risultano arginate.

I corsi d'acqua principali sono il Candelaro, il Cervaro e il Carapelle (rif. Relazione PGRA). Quanto alle perimetrazioni di pericolosità idraulica e geomorfologica e di rischio, è opportuno fare riferimento alle mappe del PAI, il cui ultimo aggiornamento risale al 2019. Tali mappe, consultabili sul WebGis dell'AdB DAM Puglia, riportano infatti le modifiche approvate a seguito di approfondimenti conoscitivi nonché delle istruttorie svolte su richieste puntuali e successivo confronto con i soggetti e le amministrazioni comunali interessate. Di seguito si riporta uno stralcio della perimetrazione delle aree soggette a pericolosità idraulica secondo l'ultima Variante PAI approvata con il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 19 giugno 2019 - G.U. n. 194 del 20 Agosto 2019 per il sito di progetto.

Nell'area catastale disponibile risultano presenti le fasce di pericolosità idraulica alta, media e bassa, relative ad un'area depressa di drenaggio con alveo non definito, come indicato in Figura 3.12.

Tale vincolo è stato recepito nel progetto non considerando l'area classificata con pericolosità alta e media per l'installazione delle opere principali dell'impianto.

Il percorso di connessione attraversa molteplici fasce di pericolosità idraulica alta, media e bassa, principalmente riferite al Torrente Triolo, al Canale Ferrante ed al Canale Santa Maria (Figura 3.13Figura 3.14).

La stazione di trasformazione ricade all'interno della fascia di pericolosità idraulica bassa, secondo entrambe le mappe consultate.

Nelle aree a bassa probabilità idraulica sono consentiti tutti gli interventi e le attività possibili nelle aree ad alta e media probabilità di inondazione, senza l'obbligo di presentazione dello studio di compatibilità idraulica. Secondo le NTA *"l'edificabilità è subordinata alla condizione che i manufatti siano realizzati con accorgimenti atti a ridurre la vulnerabilità. La realizzazione dei manufatti deve inoltre risultare coerente con la pianificazione di Protezione Civile"* (Norme Tecniche di Attuazione PAI, art.11 Interventi consentiti nelle aree a bassa probabilità di inondazione (B.P.)).



Inoltre, è stata effettuata un'analisi del PGRA aggiornato al 30/03/2016 riguardo l'area di progetto e la linea di connessione. Per l'area interessata dal percorso di connessione è risultato che la mappatura delle fasce di pericolosità idraulica coincidono quasi del tutto con quelle riportate dal PAI. Mentre per quanto riguarda l'area catastale, questa non risulta mappata dal PGRA.

Eventuali interferenze presenti con corsi irrigui minori saranno superate mediante TOC (trivellazione orizzontale controllata). Si rimanda al paragrafo 5 per lo studio di compatibilità idraulica dell'impianto fotovoltaico e della linea di connessione.

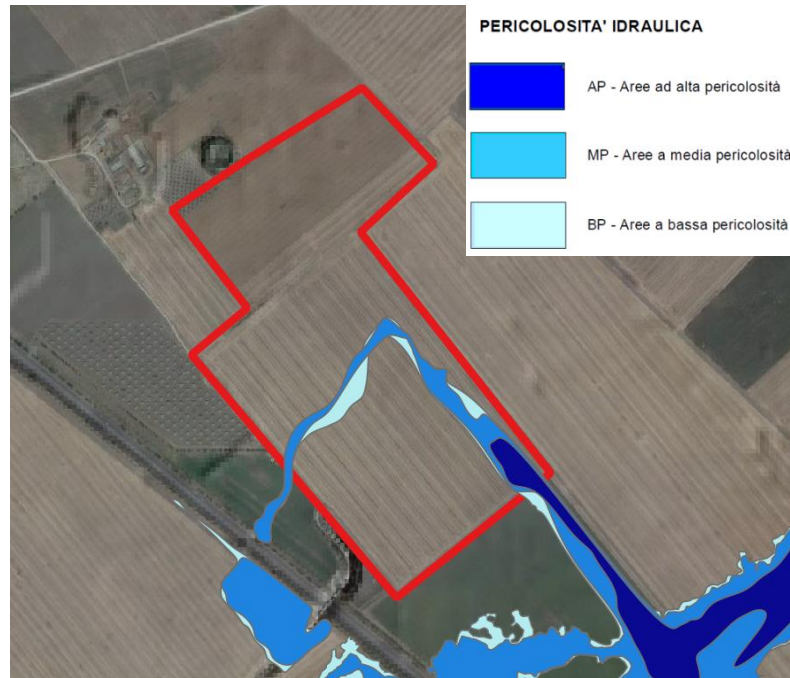


Figura 3.12: Stralcio assetto idrogeologico (PAI) - assetto idraulico territorio ex Autorità di bacino della Puglia pubblicato sulla gazzetta ufficiale del G.U. n. 194 del 20/08/2019. In rosso il sito di progetto.

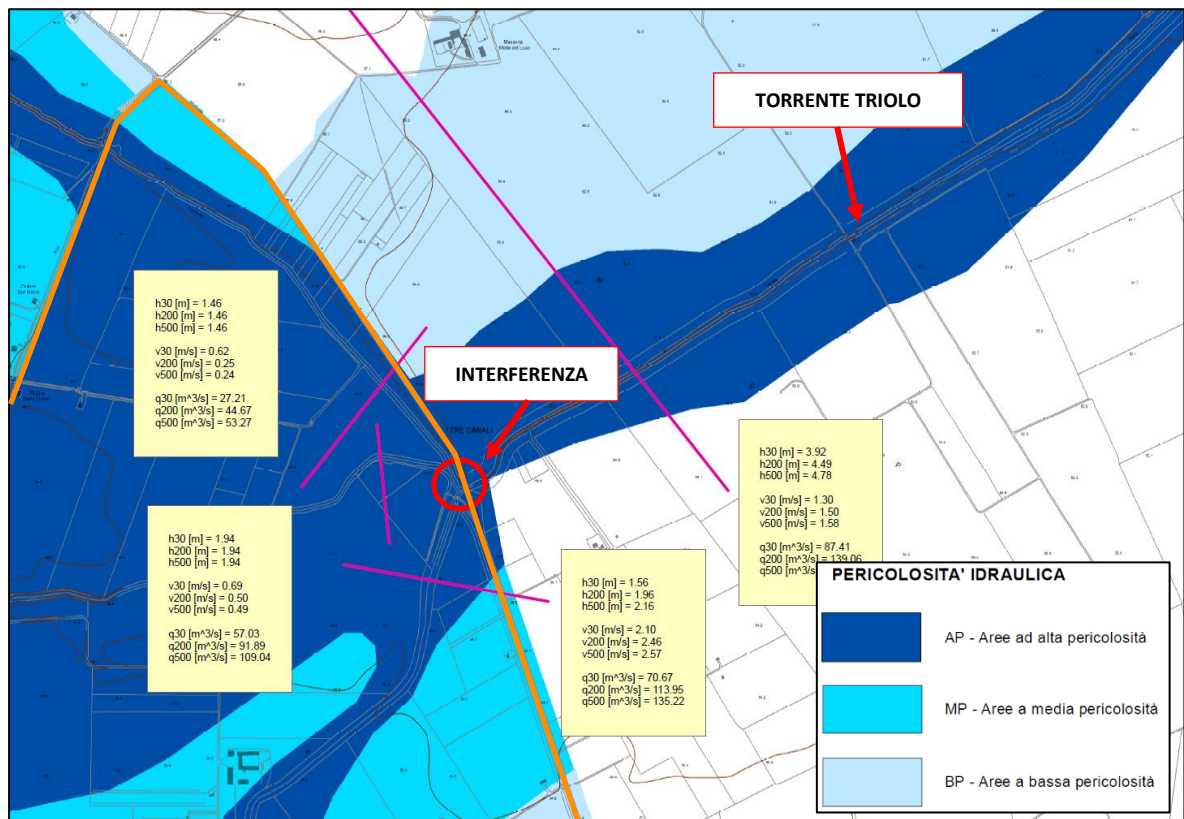


Figura 3.13: Stralcio carta di pericolosità idraulica nr. 075 "San Severo" del PGRA aggiornata al 30/03/2016. In arancione il percorso di connessione.

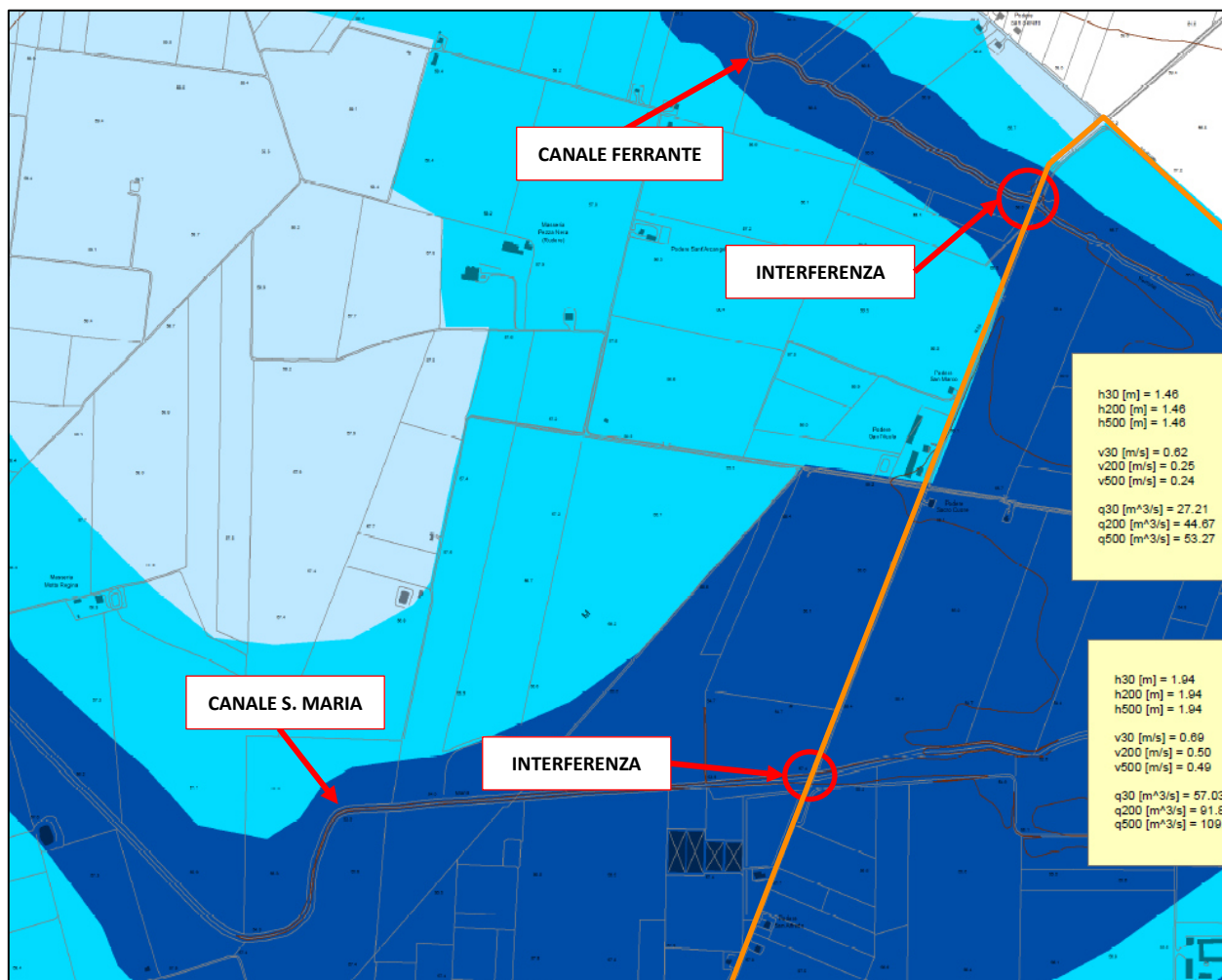


Figura 3.14: Stralcio carta di pericolosità idraulica nr. 075 "San Severo" del PGRA aggiornata al 30/06/2016. In arancione il percorso di connessione.



## 4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI

### 4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

I criteri con cui è stata realizzata la progettazione definitiva dell'impianto fotovoltaico fanno riferimento sostanzialmente a:

- rispetto del PAI sulla base dell'ultimo aggiornamento 11/2019 nella predisposizione del layout;
- scelta preliminare della tipologia impiantistica, ovvero impianto fotovoltaico a terra tipo tracker con tecnologia moduli bifacciali;
- ottimizzazione dell'efficienza di captazione energetica realizzata mediante orientamento dinamico dei pannelli;
- disponibilità delle aree, morfologia ed accessibilità del sito acquisita sia mediante sopralluoghi che rilievo topografico di dettaglio.

Oltre a queste assunzioni preliminari si è proceduto tenendo conto di:

- rispetto delle leggi e delle normative di buona tecnica vigenti;
- soddisfazione dei requisiti di performance di impianto;
- conseguimento delle massime economie di gestione e di manutenzione degli impianti progettati;
- ottimizzazione del rapporto costi/benefici;
- impiego di materiali componenti di elevata qualità, efficienza, lunga durata e facilmente reperibili sul mercato;
- riduzione delle perdite energetiche connesse al funzionamento dell'impianto, al fine di massimizzare la quantità di energia elettrica immessa in rete.

La proponente ha richiesto la soluzione tecnica minima generale (STMG) di connessione a Terna S.p.A. nel mese di aprile 2019. Tale soluzione emessa da Terna con Prot. TERNA/P20190030798-24/04/2019 è stata accettata dalla proponente e prevede la connessione dell'impianto alla RTN nella SE San Severo a 150 kV.

L'impianto fotovoltaico con potenza nominale di picco pari a 22 MW è così costituito da:

- n.1 cabina di Utenza. Il collegamento alla RTN necessita della realizzazione di una stazione MT/AT di utenza che serve ad elevare la tensione di impianto di 30 kV al livello di 150 kV, per il successivo collegamento alla stazione di rete 150 kV di "San Severo";
- n.1 cabina principale MT di connessione. Nella stessa area all'interno della cabina sarà presente il quadro QMT1 contenente i dispositivi generali DG di interfaccia DDI e gli apparati SCADA e telecontrollo;
- n. 6 Power Station (PS). Le Power Station o cabine di campo avranno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica da corrente continua a corrente alternata ed elevare la tensione da bassa a media tensione; esse saranno collegate tra di loro in configurazione radiale e in posizione più possibile baricentrica rispetto ai sottocampi fotovoltaici in cui saranno convogliati i cavi provenienti dalle String Box che a loro volta raccoglieranno i cavi provenienti dai raggruppamenti delle stringhe dei moduli fotovoltaici collegati in serie;
- i moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno tipo tracker fondate su pali infissi nel terreno;

L'impianto è completato da:

- tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di distribuzione nazionale;
- opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, monitoraggio, cancelli e recinzioni.

L'impianto dovrà essere in grado di alimentare dalla rete tutti i carichi rilevanti (ad esempio: quadri di alimentazione, illuminazione).

Inoltre, in mancanza di alimentazione dalla rete, tutti i carichi di emergenza verranno alimentati da un generatore temporaneo di emergenza, che si ipotizza possa essere rappresentato da un generatore diesel.

Di seguito si riporta la descrizione dei principali componenti d'impianto; per dati di tecnici maggior dettaglio si rimanda all'elaborato di progetto specifico.

#### 4.1.1 Moduli fotovoltaici e strutture di supporto

I moduli fotovoltaici utilizzati per la progettazione dell'impianto, saranno di prima scelta, del tipo silicio monocristallino a 144 celle, indicativamente della potenza di 545 W<sub>p</sub>, dotati di scatola di giunzione (Junction Box) installata sul lato posteriore del modulo, con cavetti di connessione muniti di connettori ad innesto rapido, al fine di garantire la massima sicurezza per gli operatori e rapidità in fase di installazione.

Il progetto prevede l'impiego di una struttura metallica di tipo tracker con fondazione su pali infissi nel terreno ed in grado di esporre il piano ad un angolo di tilt pari a +55° -55°.

- Altezza min: 0,85 m (rispetto al piano di campagna);
- Altezza max: 4,878 m (rispetto al piano di campagna).

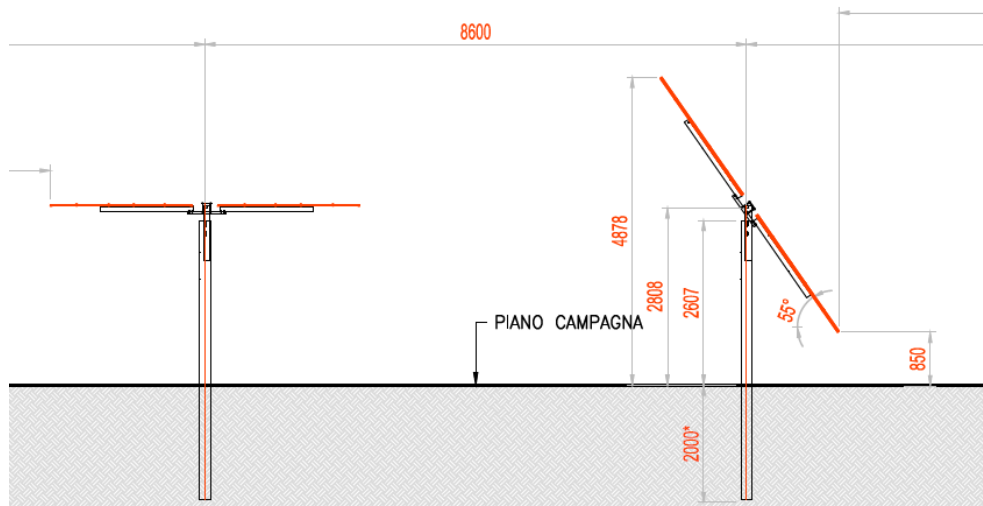


Figura 4.1: Particolare strutture di sostegno moduli, sezione trasversale.

#### 4.1.2 Cabine di campo

Le Power Station (o cabine di campo) hanno la duplice funzione di convertire l'energia elettrica dal campo fotovoltaico da corrente continua (CC) a corrente alternata (CA) e di elevare la tensione da bassa (BT) a media tensione (MT).

Le cabine saranno costituite da elementi prefabbricati suddivisi in più scomparti e saranno progettate per garantire la massima robustezza meccanica e durabilità. Le pareti e il tetto saranno tali da garantire



impermeabilità all'acqua e il corretto isolamento termico. Il locale avrà le dimensioni indicative riportate in e sarà posato su un basamento in calcestruzzo di adeguate dimensioni.

Per ognuna delle cabine è indicativamente prevista la realizzazione di un impianto di ventilazione naturale che utilizzerà un sistema di griglie posizionate nelle pareti in due differenti livelli e un impianto di condizionamento e/o di ventilazione forzata adeguato allo smaltimento dei carichi termici introdotti nel locale dalle apparecchiature che entrerà in funzione nel periodo di massima temperatura estiva.

#### **4.1.3 Cavi di potenza e di controllo**

Le linee elettriche prevedono conduttori di tipo idoneo per le tre sezioni d'impianto (continua, alternata bassa tensione, alternata media tensione) in rame e in alluminio. Il dimensionamento del conduttore è a norma CEI e la scelta del tipo di cavi è armonizzata anche con la normativa internazionale. L'esperienza costruttiva ha consentito l'individuazione di tipologie di cavi (formazione, guaina, protezione ecc.) che garantiscono una durata di esercizio ben oltre la vita dell'impianto anche in condizioni di posa sollecitata.

Sia per le connessioni dei dispositivi di monitoraggio che di security verranno utilizzati prevalentemente due tipologie di cavo:

- Cavi in rame multipolari twistati e non;
- Cavi in fibra ottica.

I primi verranno utilizzati per consentire la comunicazione su brevi distanze data la loro versatilità, mentre la fibra verrà utilizzata per superare il limite fisico della distanza di trasmissione dei cavi in rame, quindi comunicazione su grandi distanze, e nel caso in cui sia necessaria una elevata banda passante come nel caso dell'invio di dati.

#### **4.1.4 Rete di drenaggio interna**

La sostenibilità e l'attenzione alle acque non ha riguardato solo la progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche ma è risalita a monte integrandosi nello stato di fatto minimizzando le interferenze con l'idrografia esistente e l'utilizzo delle tradizionali opere dell'ingegneria civile (infrastrutture grigie) a favore delle infrastrutture verdi che mitigano gli impatti biofisici dovuti all'urbanizzazione riducendo il rischio idrogeologico, creando benefici ecosistemici e promuovendo gli obiettivi della politica comunitaria.

La progettazione della rete di drenaggio è stata costruita sulla base dell'individuazione delle principali informazioni morfologiche e idrologiche a scala di bacino, come pendenze e isoipse, delimitazione del bacino idrografico, rete principale e secondaria. Una volta definiti i principali solchi di drenaggio naturali esistenti allo stato attuale, identificati sulla base della simulazione del modello digitale del terreno, è stata dimensionata la rete di drenaggio di progetto principalmente lungo tali solchi naturali.

Tale scelta consente di evitare di modificare la rete naturale, permettendo ai deflussi superficiali di seguire i percorsi naturali, senza interferenze dovute alla costruzione della viabilità, alla disposizione dei tracker e delle altre opere di progetto.

In merito alla messa in sicurezza dalla pericolosità idraulica dell'area, sulla stessa base concettuale si sono progettate le protezioni del sito dal potenziale allagamento; la realizzazione di arginature di basso impatto ha lo scopo di direzionare le acque senza incidere sull'impatto dei recettori idrici.

La preparazione del sito inoltre non prevede opere su larga scala di scotico, ma solo il taglio vegetazione ove essa impedisca la regolare esecuzione delle attività di costruzione e operatività. La viabilità di cantiere è assunta in materiale drenante. Non è prevista l'impermeabilizzazione di alcuna area se non trascurabilmente (cabine di campo). Tutto ciò contribuisce alla riduzione dell'impatto delle opere complessive.

A favore di sicurezza è stata comunque valutata la condizione di infiltrazione ante-operam/post operam e possibili impatti negativi. Oltre al potenziale impatto negativo stimato il progetto prevede anche opere compensative che avranno effetti positivi durante la fase di esercizio.

Inoltre, in contrapposizione al classico approccio di drenaggio delle acque meteoriche, in cui il principale obiettivo è l'allontanamento delle acque dal sito, nel presente progetto si sono utilizzate tecniche di progettazione a basso impatto, che prevedono sistemi distribuiti di infiltrazione e laminazione delle acque, in somiglianza alle dinamiche naturali del reticolo di drenaggio. A tal proposito, il progetto ha previsto la realizzazione di fossi di scolo realizzati con ingegneria naturalistica e bacini di laminazione e infiltrazione localizzate (10x20 m). Il carico idrico sul ricettore è stato ridotto andando a decentrare i flussi di acqua meteorica in più diramazioni, permettendo l'infiltrazione in punti dislocati, sfruttando i bacini che si rinverdiranno spontaneamente.

Fin dalla fase di cantiere, saranno realizzati i drenaggi di progetto, evitando quindi anche durante la fase di costruzione possibili ostruzioni o modifiche dei drenaggi naturali. La viabilità di cantiere sarà in materiale drenante.

L'attività di preparazione dell'area descritta sarà, in termini idrologici, paragonabile alla preparazione del terreno presemina.

In tali condizioni il recettore continuerà a ricevere le acque che riceve allo stato di fatto con un impatto idrologico e idraulico minimo.

Oltre al potenziale impatto stimato il progetto prevede anche opere compensative che avranno effetti positivi durante la fase di esercizio.

Per un approfondimento in merito alle opere di mitigazione e compensazione previste si rimanda allo Studio di Impatto Ambientale. Tutte queste opere mitigative e compensative concorreranno al miglioramento della copertura del suolo, alla permeabilità dell'area ed alla regimazione delle acque oggi in parte assente.

## 4.2 LINEA DI CONNESSIONE

Di seguito il percorso di connessione in cavidotto tra l'impianto fotovoltaico e la sottostazione di trasformazione della RTN 380/150 kV denominata "San Severo". Il collegamento avverrà mediante un tratto di cavo interrato in MT fino alla cabina di elevazione MT/AT, posta nelle immediate vicinanze della SSE, per poi proseguire in cavo AT fino al punto di allaccio finale.



Figura 4.2: Elementi principali della linea di connessione.





In dettaglio il tracciato di connessione MT che consiste in un tratto di lunghezza di circa 12.5 km che, dopo aver lasciato l'area d'impianto raggiunge la stazione RTN di Terna. Si rimanda al progetto di connessione per i contenuti di dettaglio.

In corrispondenza dell'attraversamento di interferenze (tubazioni profonde, corsi d'acqua naturali/antropici, opere ferroviarie, ecc.) queste saranno superate mediante adozione della soluzione tecnologica consistente nella TOC. Il paragrafo 5 ha inoltre valutato che il superamento delle interferenze avvenga in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.



## 5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO, LINEA DI CONNESSIONE, CABINA DI CONSEGNA/COLLEGAMENTO SE RTN

### 5.1 IDENTIFICAZIONE DELL'INTERFERENZA

Il paragrafo 3.5 individua i possibili punti/tratti di interferenza tra le opere in progetto e aree a pericolosità idraulica. Per la classificazione delle aree si è fatto riferimento al PAI variante 2019 e al PGRA 2016, definendo il grado di pericolosità idraulica. L'area di progetto risulta interessata dalle fasce di pericolosità media e bassa, tale vincolo è stato recepito nel progetto non considerando l'area classificata con pericolosità media per l'installazione delle opere principali dell'impianto. Inoltre, un'attenta analisi del percorso di connessione ha rilevato alcune interferenze con canali di bonifica.

Oltre alla documentazione reperibile in letteratura, è stato analizzato lo stato di fatto riscontrato in sede di sopralluogo.

La tabella di seguito riporta un riepilogo per i vari punti analizzati lungo il percorso di connessione, indicando il livello di pericolosità individuato e la tecnologia prevista per la risoluzione dell'interferenza ove presente. Il paragrafo 5.2 riporta la metodologia di analisi qualitativa e quantitativa per la definizione della minima profondità di posa.

Tabella 5.1: Interferenze con il percorso di connessione.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
L01	Area allagabile	Media	Cavo interrato
M01	Area allagabile	Alta	Cavo interrato
M02	Area allagabile	Media	Cavo interrato
M03	Area allagabile	Alta	Cavo interrato
M04	Area allagabile	Bassa	Cavo interrato
M05	Torrente Triolo	Alta	TOC
P02	Canale Ferrante	Alta	TOC
P03	Area allagabile-Tombinatura	Alta	TOC
P04	Area allagabile	Media, Alta	Cavo interrato
P05	Canale S. Maria	Alta	TOC
P06	Area allagabile	Bassa, Media, Alta	Cavo interrato



## 5.2 METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC

### 5.2.1 Analisi qualitativa

In seguito all'identificazione dei punti di interferenza, per gli attraversamenti di corsi d'acqua naturali/antropici è stata effettuata un'analisi qualitativa di stabilità dei tratti di interesse. L'analisi è stata condotta sulla base delle indicazioni HEC-20 - Stream Stability at Highway Structures – FHWA ed ha interessato i punti identificati come M05, P02, P03, P05.

Per ognuno è stato assegnato un valore numerico totale derivante dall'analisi qualitativa multicriteria al quale corrisponde una categoria di stabilità dell'alveo: eccellente, buono, moderato, cattivo stato.

Gli indicatori di stabilità considerati sono stati:

1. Caratteristiche e attività del bacino e delle golene: è stato valutato il grado di interferenze dovuto all'esercizio di attività come pascoli, allevamenti, costruzioni, infrastrutture, ecc.
2. Periodicità caratteristica: periodicità e frequenza del flusso (effimero, regolare, flash flood, ecc) e clima (umido, semiarido, arido);
3. Classificazione geomorfologica del canale;
4. Presenza e tipologia di aree golenali. Grado di confinamento, quindi se il canale è delimitato da argini, infrastrutture;
5. Materiale di fondo e granulometria tipologica;
6. Presenza delle barre e caratteristiche dell'asta (pendenza longitudinale, il rapporto tra larghezza/altezza della sezione di interesse);
7. Potenziali ostruzioni;
8. Caratteristiche dello stato delle golene e delle sponde;
9. Pendenza media delle sponde;
10. Grado di protezione delle sponde sulla base della copertura vegetale o di opere di ingegneria;
11. Valutazione del livello di frastagliamento della sponda;
12. Segni di cedimenti delle golene ed eventuali evidenze di trasporto di materiale;
13. Allineamento di eventuali ponti e pile rispetto al flusso.

### 5.2.2 Analisi quantitativa

L'analisi quantitativa è stata effettuata in corrispondenza delle interferenze M05, P02, P05.

L'analisi quantitativa ha seguito la metodologia HEC18 "Evaluating Scour at Bridges" FHWA-HIF-12-003 basata sulle portate caratteristiche idrologiche/idrauliche, le caratteristiche geometriche e granulometriche del corso d'acqua.

La granulometria assunta è quella caratteristica dello strato risultante dal modello geotecnico consistente al di sotto dei 3 metri da piano campagna in ciottoli di matrice sabbiosa-limosa.

Considerata la stabilità geomorfologica complessiva non è stata considerata la migrazione dell'alveo. A favore di sicurezza non sono stati considerati fenomeni di deposizione ma solo di erosione.

L'erosione totale potenziale è stata valutata come somma:

- a. Erosione a lungo termine;
- b. Erosione in corrispondenza di contrazioni;
- c. Erosioni locali in corrispondenza di pile di ponti.

#### 5.2.2.1 Erosione a lungo termine

Il calcolo dell'erosione a lungo termine è stato condotto nell'ipotesi di formazione di uno strato di corazzamento "armoring". L'erosione graduale dello strato attivo di fondo con il dilavamento dei sedimenti crea uno strato di corazzamento assunto quale condizione di stabilità.

Tale stabilità è mantenuta sino a nuovo evento che supera quello alla base del calcolo.

Non essendo possibile stabilire allo stato attuale se tale corazzamento sia avvenuto o in divenire, a favore di sicurezza il valore di escavazione calcolato è stato sommato interamente con le altre erosioni.

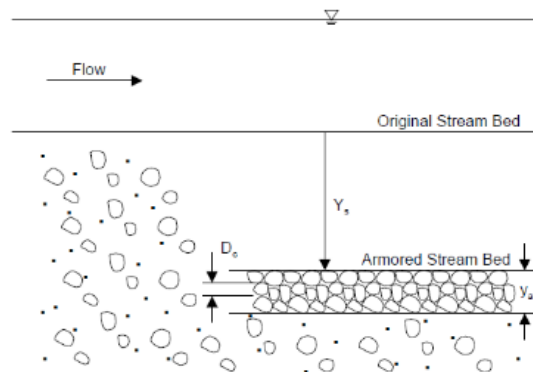


Figura 5.1: Dinamica erosione a lungo termine per corazzamento (fonte FHWA).

La portata utilizzata per il calcolo dell'erosione a lungo termine è stata la portata formativa/dominante definita come quel valore teorico di portata che ha maggiori effetti sulla forma e sulle dimensioni dell'alveo.

Esistono tre possibili approcci per determinare tale portata "teorica" (Biedenharn et al., 2001):

- a. Portata ad alveo pieno (bankfull discharge);
- b. Portata con tempo di ritorno compreso tra 1 e 3 anni (il valore della portata con tempo di ritorno di 1.5 anni è quello più comunemente usato);
- c. Portata efficace (effective discharge), intesa come portata che trasporta più sedimenti in un intervallo temporale sufficientemente ampio.

Nel presente calcolo è stata assunta la portata con metodo b.

#### 5.2.2.2 Erosione da contrazione e da pile in corrispondenza di ponti stradali

L'erosione dovuta alla presenza di un ponte di attraversamento stradale è calcolata come somma dell'erosione dovuta alla contrazione della vena più quella dovuta alla presenza di pile in alveo.

La portata alla base del calcolo a favore di sicurezza è quella con tempo di ritorno 200 anni riportata dallo "Studio per la definizione delle opere necessarie alla messa in sicurezza del reticolo idraulico pugliese, con particolare riferimento alle aree del Gargano, delle coste joniche e salentine della Regione Puglia" nelle sezioni.

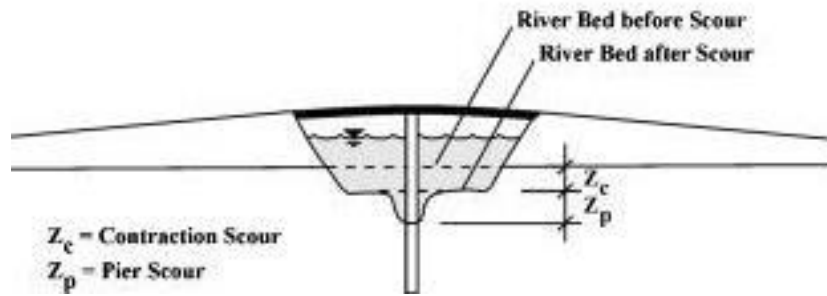


Figura 5.2: Erosioni assunte in corrispondenza di un ponte di attraversamento stradale (fonte FHWA).

### ContraZIONE

L'erosione da contrazione e da pile è diversa dal degrado a lungo termine, in quanto la contrazione si verifica in prossimità di restringimenti naturali o antropici quali ponti. Questa può essere ciclica e/o correlata al passaggio di una piena.

L'erosione dello strato attivo è tipicamente ciclica; ad esempio, durante la fase ascendente di evento di piena può creare erosioni che si riempiono poi nella fase discendente.

La natura ciclica incrementa la difficoltà nel determinare la profondità di escavazione dopo un'alluvione. A favore di sicurezza nel calcolo è assunta l'erosione totale calcolata quindi nel punto più critico della piena.

La contrazione del flusso può mediamente essere causata sia da una diminuzione naturale dell'area di flusso del torrente sia da restringimenti antropici.

Assumendo la possibilità di rimozione dello strato di corazzamento in occasione di eventi di piena la formulazione adottata per il calcolo ha previsto la condizione di Live Bed cioè di trasporto solido in atto e non di acqua limpida come indicato da linea guida FHWA.

### Pile e spalle

Il meccanismo di base che causa l'erosione localizzata delle pile è rappresentato dalle correnti non lineari create dall'interazione tra flusso di monte e pila.

Il vortice a ferro di cavallo creato è il risultato dell'accumulo di acqua sulla superficie a monte dell'ostruzione con prima importante escavazione e della successiva accelerazione del flusso con creazioni di vortici a frequenza oscillatoria. L'azione di tali vortici rimuove il materiale del letto intorno alla base della pila.

Il tasso di trasporto dei sedimenti a valle del ponte è superiore al tasso di trasporto alla pila e, di conseguenza, si sviluppa un'erosione. Con l'aumento della profondità dell'escavazione, la forza del vortice a ferro di cavallo si riduce, riducendo così il tasso di trasporto dalla regione di base.

Ristabilito l'equilibrio tra l'afflusso e il deflusso del materiale del letto si crea una stabilità di fondo.

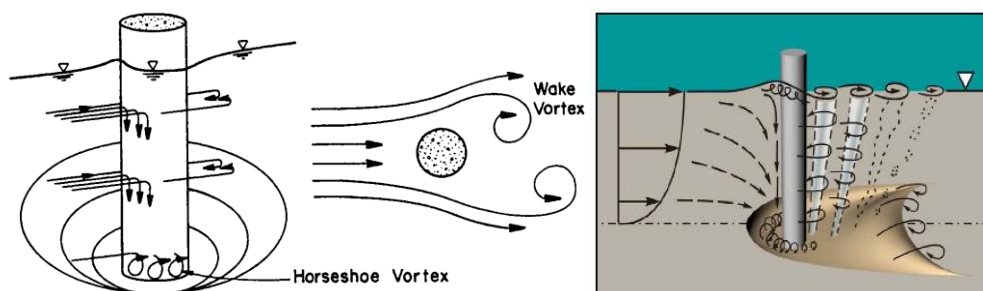


Figura 5.3: Dinamica di erosione in corrispondenza di pile strette (fonte FWHA).

### 5.3 NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Nell'area catastale disponibile per l'impianto fotovoltaico risultano presenti fasce di pericolosità idraulica media e bassa, secondo l'ultimo aggiornamento del PAI, come mostrato in Figura 3.12. Sulla base dell'analisi del PGRA, aggiornato al 30/03/2016, l'area di progetto risulta mappata esattamente come nel PAI e quindi interessata dalle stesse fasce di pericolosità.

Come introdotto nel paragrafo 3.5, le aree di pericolosità che interferiscono con l'area catastale, sono quelle riferite al Canale Ferrante.

Tale vincolo è stato recepito nel progetto non considerando le aree classificate con pericolosità idraulica media per l'installazione delle opere principali dell'impianto (Figura 5.4).



Figura 5.4: Perimetrazione sito e aree interessate dalle fasce di pericolosità media e alta del PAI/PGRA.

#### 5.3.1 L01

##### Identificazione

Come detto nel precedente capitolo 3.5 l'area di progetto è percorsa internamente dalle fasce di media e alta pericolosità idraulica del PAI (Figura 5.4), sono presenti cavi di connessione interni all'impianto.

Le fasce di pericolosità idraulica alta e media si riscontrano nel PAI 2019 ma non nel PGRA 2016, dove l'area catastale non risulta mappata.

Tabella 5.2: Riepilogo interferenza L01.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
L01	Area Allagabile	Media	Cavo interrato



### Osservazioni

Sulla base del sopralluogo effettuato a giugno 2021, il canale non presenta alveo ben definito e risulta non rivestito, senza presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva tipica dei drenaggi naturali.

In seguito a rilievo e sopralluogo dell'area, non sono stati riscontrati segni di erosione o di alveo, così come da osservazione di ortofoto storiche (nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019).

### Verifica di compatibilità idraulica

I cavi di connessione saranno interrati al di sotto del campo, che è soggetto al solo allagamento e non a forti correnti. In questo modo il cavo sarà protetto poiché non si instaureranno erosioni significative. L'impianto prevedrà inoltre la sistemazione idraulica dell'area con miglioramento del drenaggio esistente. A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa dei cavi interrati come da normativa in merito alla posa dei cavi di media tensione.

Si ritiene quindi superata l'interferenza L01 ed idraulicamente compatibile.

## **5.4 PERCORSO DI CONNESSIONE**

Per quanto riguarda la linea di connessione MT, questa risulta ricadere in aree a pericolosità idraulica, sulla base delle mappe di rischio consultate. Eventuali interferenze presenti con corsi irrigui minori saranno superate mediante TOC. Mentre la cabina di trasformazione risulta interessata dalla fascia di bassa pericolosità idraulica.

Lungo il percorso di connessione alla cabina di trasformazione sono state individuate 11 interferenze con fasce di pericolosità idraulica, di seguito lo studio di ognuna.

### **5.4.1 M01**

#### **5.4.1.1 Identificazione**

L'interferenza è situata lungo la strada comunale compresa tra la strada statale 16 Adriatica (SS16) e l'autostrada A14, nei pressi del Consorzio di Bonifica Distributore 6A. Le fasce di pericolosità idraulica alta, media e bassa si riscontrano nel PAI 2019. Nel PGRA 2016 l'interferenza non risulta mappata.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in arancione il tracciato di connessione e stralcio del PAI.

*Tabella 5.3: Riepilogo interferenza M01.*

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
M01	Area allagabile	Alta	Cavo interrato

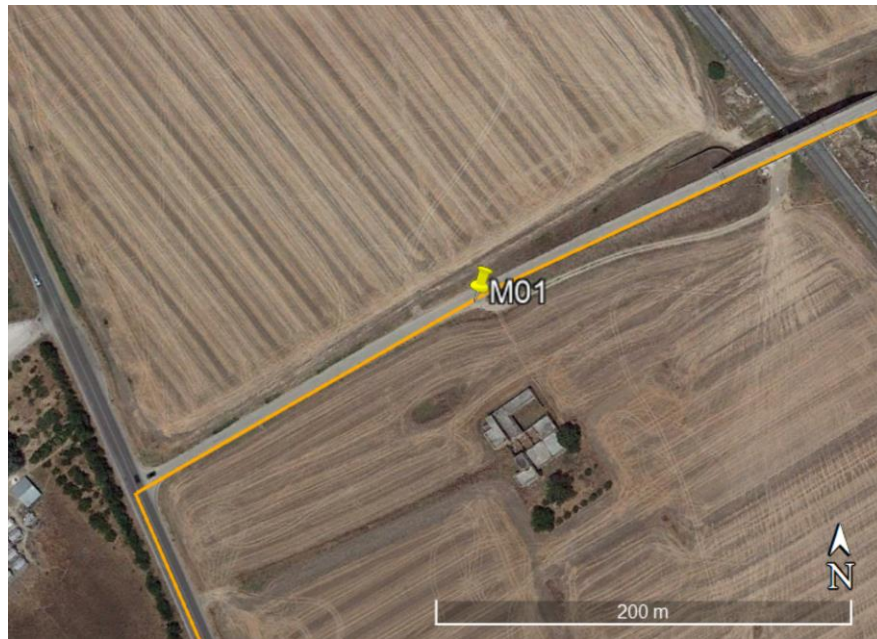


Figura 5.5: Ubicazione interferenza M01, in arancione il percorso di connessione.

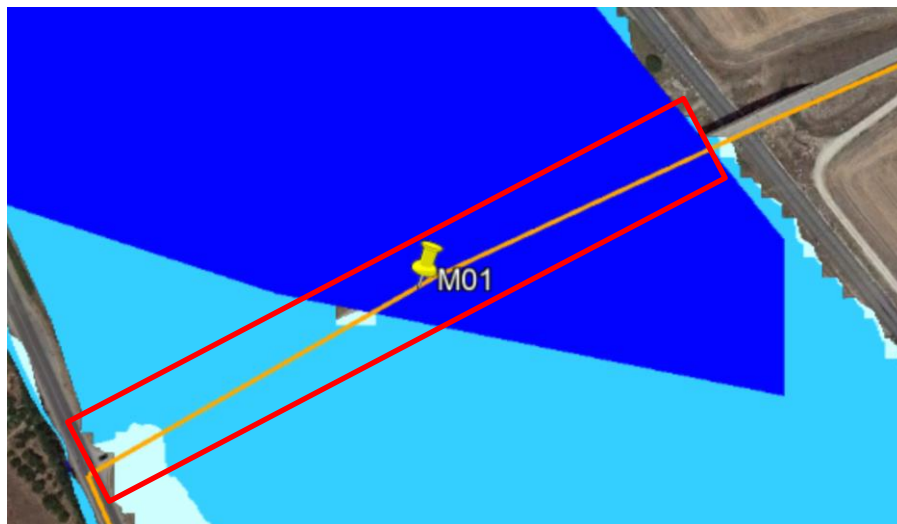


Figura 5.6: Stralcio del PAI con fasce di pericolosità idraulica alta, media e bassa.

#### 5.4.1.2 Osservazioni

L'area in oggetto è adibita ad attività di tipo prevalentemente agricolo ed è classificata con pericolosità idraulica alta, media e bassa, secondo quanto riportato dal PAI.

La linea di connessione percorrerà l'intera area al di sotto del manto stradale asfaltato.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

#### 5.4.1.3 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato sotto il manto stradale, che risulta asfaltato, per l'intera estensione dell'area allagabile. Pertanto, nell'eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall'erosione.

A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione. Si ritiene quindi superata l'interferenza M01 ed idraulicamente compatibile.



## 5.4.2 M02

### 5.4.2.1 Identificazione

L'interferenza è situata lungo la strada secondaria compresa tra la strada provinciale SP13 e la strada statale 16 Adriatica (SS16), nei pressi del Consorzio di Bonifica Distributore 6A. Le fasce di pericolosità idraulica media e bassa si riscontrano nel PAI 2019. Nel PGRA 2016 l'interferenza non risulta mappata. Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in arancione il tracciato di connessione e stralcio del PAI.

Tabella 5.4: Riepilogo interferenza M02.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
M02	Area allagabile	Media	Cavo interrato

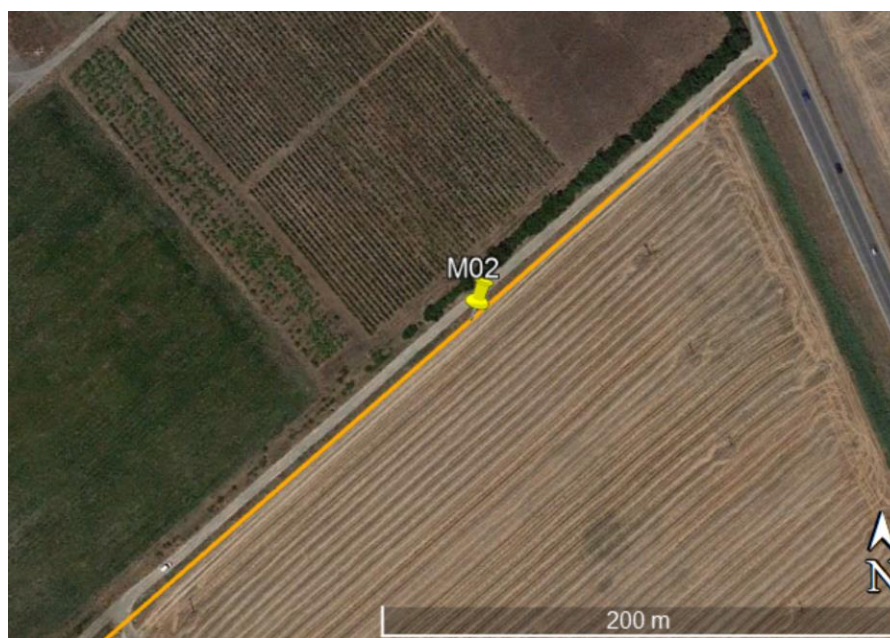


Figura 5.7: Ubicazione interferenza M02, in arancione il percorso di connessione.



Figura 5.8: Stralcio del PAI con fasce di pericolosità idraulica alta, media e bassa. In rosso il tratto in esame.

### 5.4.2.2 Osservazioni

L'area in oggetto è adibita ad attività di tipo prevalentemente agricolo ed è classificata con pericolosità idraulica media e bassa, secondo quanto riportato dal PAI.

La linea di connessione percorrerà l'intera area al di sotto del manto stradale asfaltato.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

### 5.4.2.3 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato sotto il manto stradale, che risulta asfaltato, per l'intera estensione dell'area allagabile. Pertanto, nell'eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall'erosione.

A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione. Si ritiene quindi superata l'interferenza M02 ed idraulicamente compatibile.

## 5.4.3 M03

### 5.4.3.1 Identificazione

L'interferenza è situata lungo la strada secondaria compresa tra la strada provinciale SP13 e la strada statale 16 Adriatica (SS16), nei pressi del Podere Torretta Perastri. Le fasce di pericolosità idraulica alta, media e bassa si riscontrano nel PAI 2019. Nel PGRA 2016 l'interferenza non risulta interessata da fasce di pericolosità idraulica.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in arancione il tracciato di connessione e stralci del PAI e del PGRA.

Tabella 5.5: Riepilogo interferenza M03.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
M03	Area allagabile	Alta	Cavo interrato

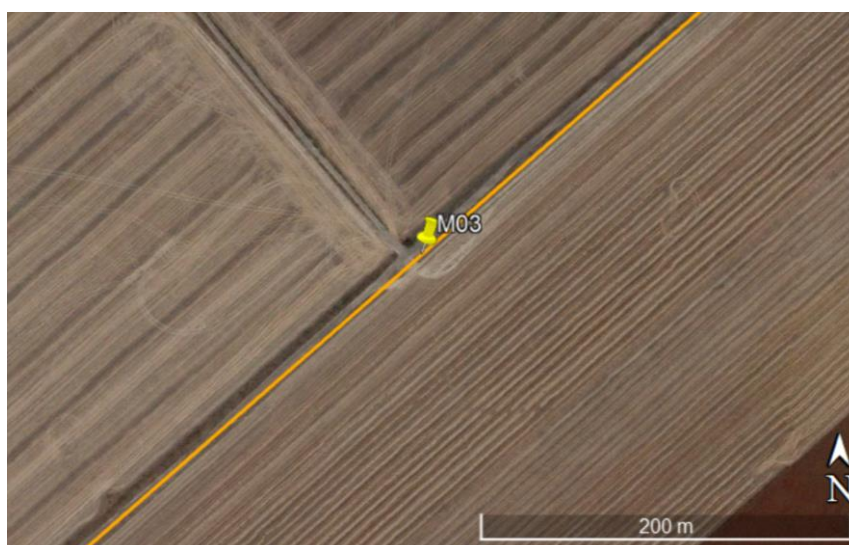


Figura 5.9: Ubicazione interferenza M03, in arancione il percorso di connessione.

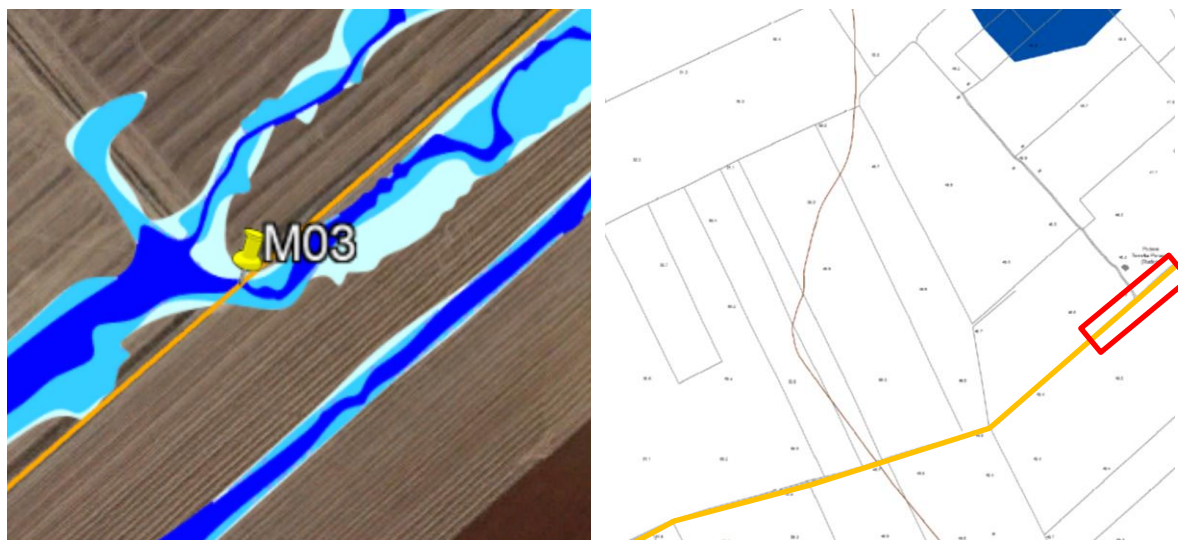


Figura 5.10: A sinistra stralcio del PAI, con le fasce di pericolosità alta, media e bassa. A destra stralcio del PGRA (foglio n.075 “San Severo”). In rosso il tratto in esame.

#### 5.4.3.2 Osservazioni

L’area in oggetto è adibita ad attività di tipo prevalentemente agricolo ed è classificata con pericolosità idraulica media e bassa, secondo quanto riportato dal PAI.

La linea di connessione percorrerà l’intera area al di sotto del manto stradale asfaltato.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

#### 5.4.3.3 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato sotto la strada, che non risulta asfaltata ma ben consolidata, per l’intera estensione dell’area allagabile. Pertanto, nell’eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall’erosione.

A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione. Si ritiene quindi superata l’interferenza M03 ed idraulicamente compatibile.

### 5.4.4 M04

#### 5.4.4.1 Identificazione

L’interferenza è situata lungo la strada secondaria compresa tra la strada provinciale SP13 e la strada statale 16 Adriatica (SS16), nei pressi del Podere Torretta Perastri. Le fasce di pericolosità idraulica alta, media e bassa si riscontrano nel PAI 2019. Nel PGRA 2016 l’interferenza non risulta interessata da fasce di pericolosità idraulica.

Di seguito uno stralcio dell’ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in arancione il tracciato di connessione e stralci del PAI e del PGRA.

Tabella 5.6: Riepilogo interferenza M04.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
M04	Area allagabile	Alta	Cavo interrato

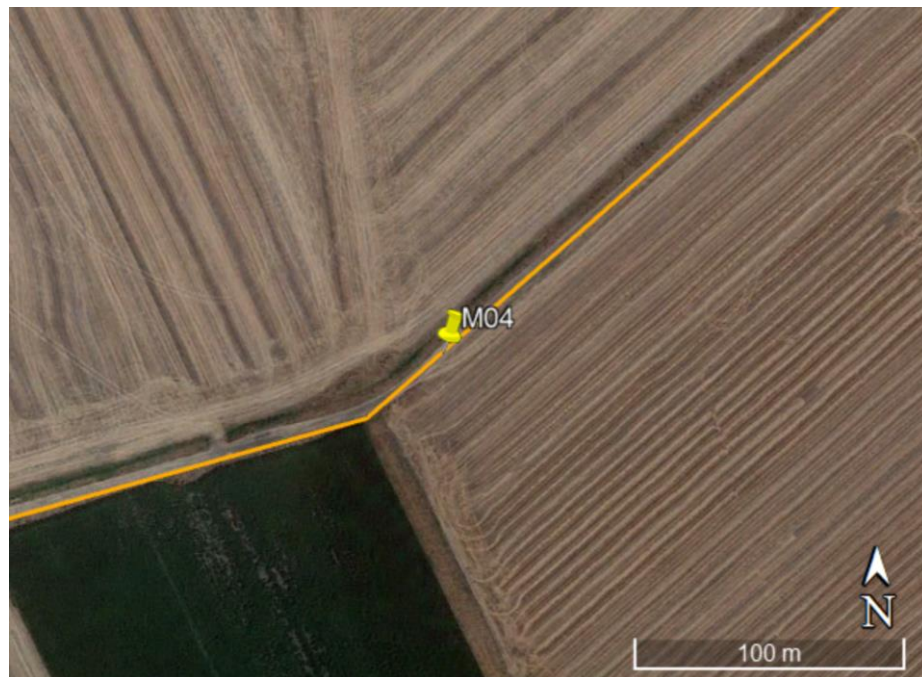


Figura 5.11: Ubicazione interferenza M04, in arancione il percorso di connessione.

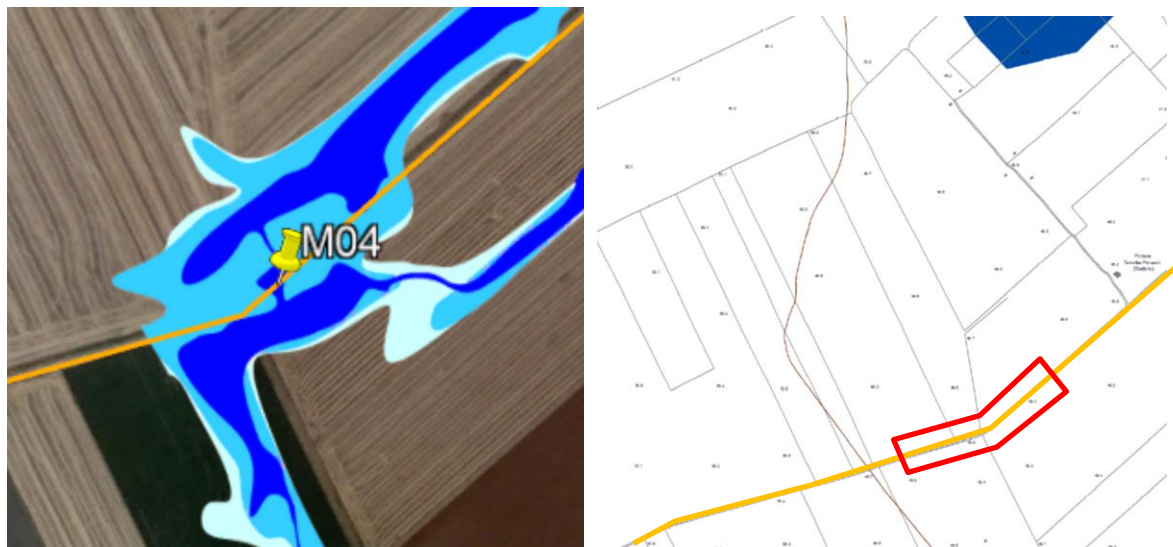


Figura 5.12: A sinistra stralcio del PAI, con le fasce di pericolosità alta, media e bassa. A destra stralcio del PGRA (foglio n.075 "San Severo"). In rosso il tratto in esame.

#### 5.4.4.2 Osservazioni

L'area in oggetto è adibita ad attività di tipo prevalentemente agricolo ed è classificata con pericolosità idraulica media e bassa, secondo quanto riportato dal PAI.

La linea di connessione percorrerà l'intera area al di sotto del manto stradale asfaltato.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

**5.4.4.3 Verifica di compatibilità idraulica**

Il cavo di connessione sarà interrato sotto la strada, che non risulta asfaltata ma ben consolidata, per l'intera estensione dell'area allagabile. Pertanto, nell'eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall'erosione.

A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione.

Si ritiene quindi superata l'interferenza M04 ed idraulicamente compatibile.

**5.4.5 M05**

**5.4.5.1 Identificazione**

L'interferenza è situata lungo la strada provinciale SP13, in corrispondenza dell'attraversamento della confluenza dei tre canali: Ferrante, Santa Maria e Triolo.

La fascia di pericolosità idraulica alta si riscontra sia nel PAI sia nel PGRA allo stesso modo.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in arancione il tracciato di connessione, stralci PAI e PGRA e una sezione del torrente Triolo.

*Tabella 5.7: Riepilogo interferenza M05.*

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
M05	Torrente Triolo	Alta	TOC



*Figura 5.13: Ubicazione interferenza M05, in arancione il percorso di connessione.*

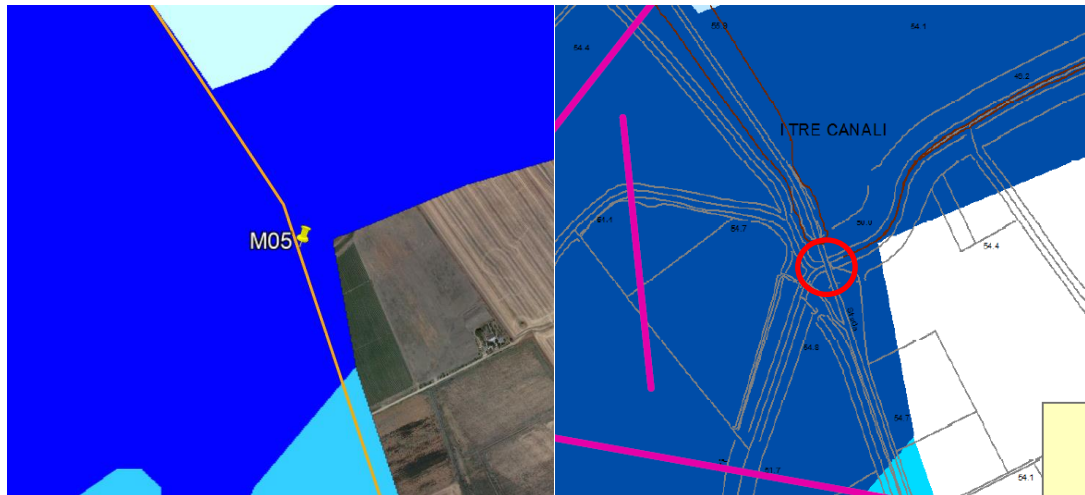


Figura 5.14: A sinistra stralcio del PAI e a destra stralcio del PGRA (foglio n.075 "San Severo"), in blu la fascia di pericolosità alta.



Figura 5.15: Sezione T. Triolo, interferenza M05. Vista verso valle.

#### 5.4.5.2 Osservazioni

L'interferenza è legata al Torrente Triolo, affluente in destra idraulica del Torrente Candelaro. Le sezioni risultano regolari si evidenzia la presenza di arginatura dell'asta fluviale. Il letto e le sponde risultano rinverdite, con presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva.

Le fasce di pericolosità interessano il tratto stradale SP13 per una lunghezza pari a 2,1 km.

#### 5.4.5.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.2, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 54 rientrando così nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

#### 5.4.5.4 Verifica di compatibilità idraulica

La posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC per l'attraversamento M05.

Sulla base dell'analisi quantitativa (HEC 18-FHWA) è stata ottenuta l'erosione totale attesa. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a 3 metri.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

Per il tratto stradale non direttamente interessato dall'alveo del torrente Triolo, ma comunque interessato dalle fasce di pericolosità idraulica, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione.

## 5.4.6 P02

### 5.4.6.1 Identificazione

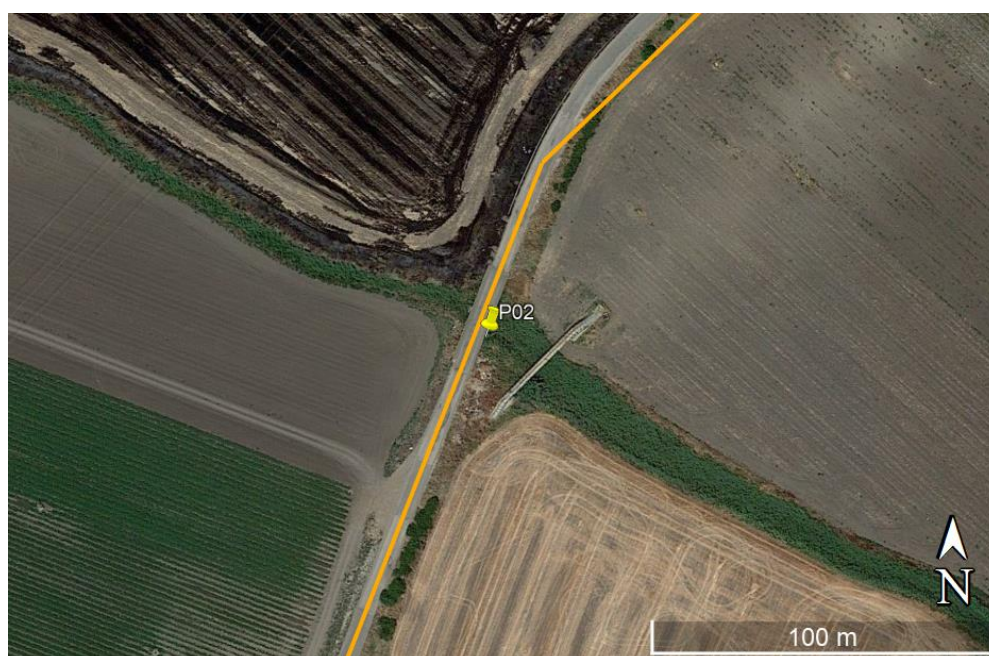
L'interferenza è situata lungo la strada Provinciale SP20, in prossimità dell'incrocio con la strada provinciale SP13.

La fascia di pericolosità idraulica alta si riscontra sia nel PAI sia nel PGRA allo stesso modo.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in arancione il tracciato di connessione, stralci PAI e PGRA e una sezione del torrente Ferrante.

*Tabella 5.8: Riepilogo interferenza P02.*

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P02	Canale Ferrante	Alta	TOC



*Figura 5.16: Ubicazione interferenza P02, in arancione il percorso di connessione.*

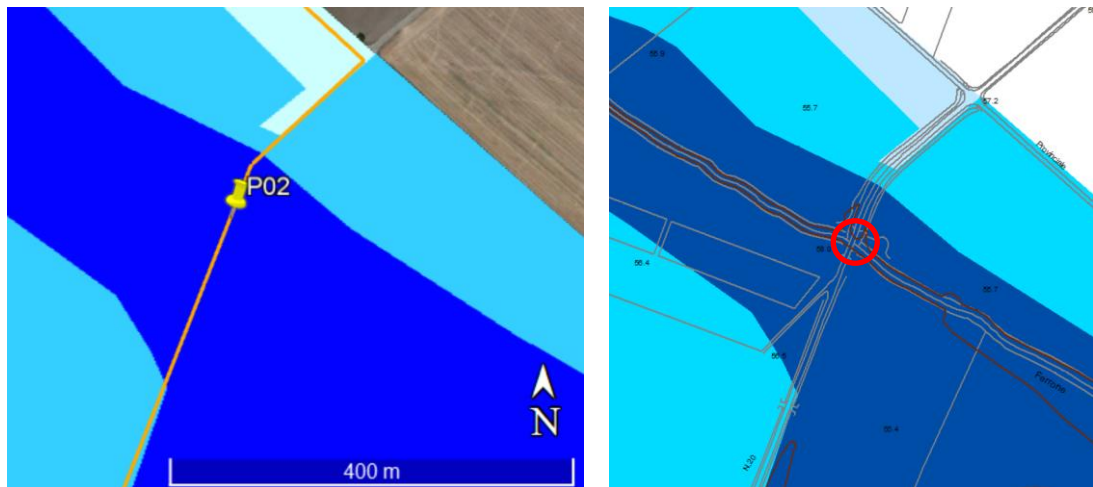


Figura 5.17: A sinistra stralcio del PAI e a destra stralcio del PGRA (foglio n.075 "San Severo"), in blu la fascia di pericolosità alta.



Figura 5.18: Interferenza P02, sezione C. Ferrante sovrappasso con SP20. Vista verso monte.

### 5.4.6.2 Osservazioni

L'interferenza è legata al Canale Ferrante, affluente in sinistra idraulica del Torrente Triolo. Le sezioni risultano regolari si evidenzia la presenza di arginatura dell'asta fluviale. Il letto e le sponde risultano rinverdite, con presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva.

### 5.4.6.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.2, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 69 rientrando così nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

### 5.4.6.4 Verifica di compatibilità idraulica

La posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC per l'attraversamento P02.



Sulla base dell'analisi quantitativa (HEC 18-FHWA) è stata ottenuta l'erosione totale attesa. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a 2,3 metri.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

### 5.4.7 P03

#### 5.4.7.1 Identificazione

L'interferenza è situata lungo la strada provinciale SP20, tra Podere San Nicola e Podere Sacro Cuore, dove è presente una tombinatura. La fascia di pericolosità idraulica alta si riscontra in entrambe le carte, PAI e PGRA.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in arancione il tracciato di connessione, stralci PAI e PGRA.

*Tabella 5.9: Riepilogo interferenza P03.*

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P03	Area allagabile-Tombinatura	Alta	TOC



*Figura 5.19: Ubicazione interferenza P03, in arancione il percorso di connessione.*

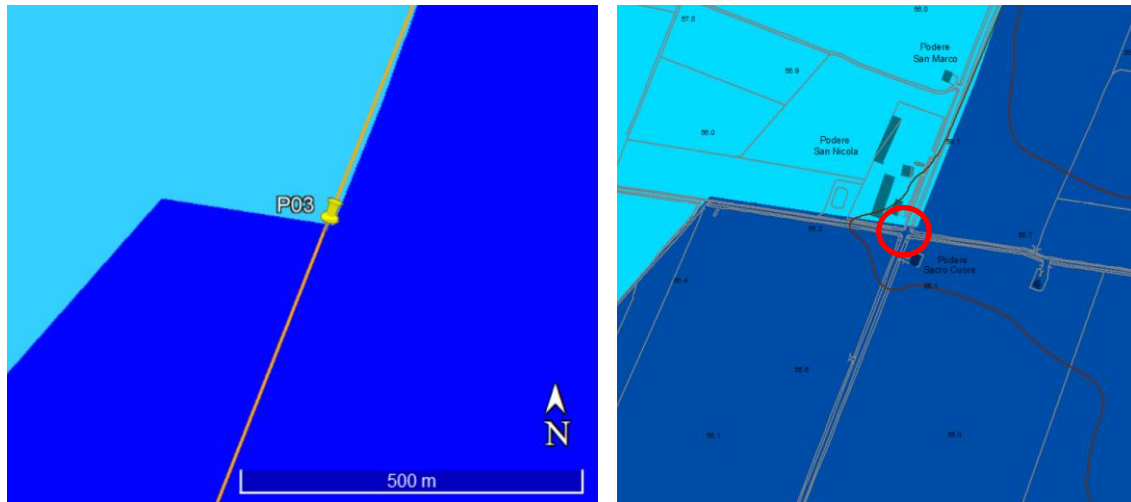


Figura 5.20: A sinistra stralcio del PAI e a destra stralcio del PGRA (foglio n.075 "San Severo"), in blu la fascia di pericolosità alta.



Figura 5.21: Interferenza P03, tombinatura sovrappasso con SP20.

### 5.4.7.2 Osservazioni

L'area in oggetto è adibita ad attività di tipo prevalentemente agricolo ed è classificata con pericolosità idraulica alta secondo il PAI ed il PGRA. È presente una tombinatura al di sotto della strada, che l'attraversa perpendicolarmente.

La linea di connessione percorrerà l'intera area al di sotto del manto stradale asfaltato e al di sotto della tombinatura.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

### 5.4.7.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.2, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 82 rientrando così nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

#### 5.4.7.4 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato sotto il manto stradale, che risulta asfaltato, per l'intera estensione dell'area allagabile. Pertanto, nell'eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall'erosione. Inoltre, verrà posizionato al di sotto di 1,5 metri rispetto al fondo della tombinatura, mediante TOC.

Si ritiene quindi superata l'interferenza P03 ed idraulicamente compatibile.

#### 5.4.8 P04

##### 5.4.8.1 Identificazione

Il punto in esame identifica il tratto di connessione, lungo circa 2 km, che corre lungo la strada provinciale SP20. Si riscontra nel PAI 2019 e nel PGRA 2016 la presenza della fascia di bassa pericolosità idraulica, come indicato nella Figura 5.23.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, su PAI e PGRA, dove è possibile vedere in arancione il tracciato di connessione.

Tabella 5.10: Riepilogo interferenza P04.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P04	Area allagabile	Media/Alta	Cavo interrato



Figura 5.22: Ubicazione interferenza P04, in arancione il percorso di connessione.

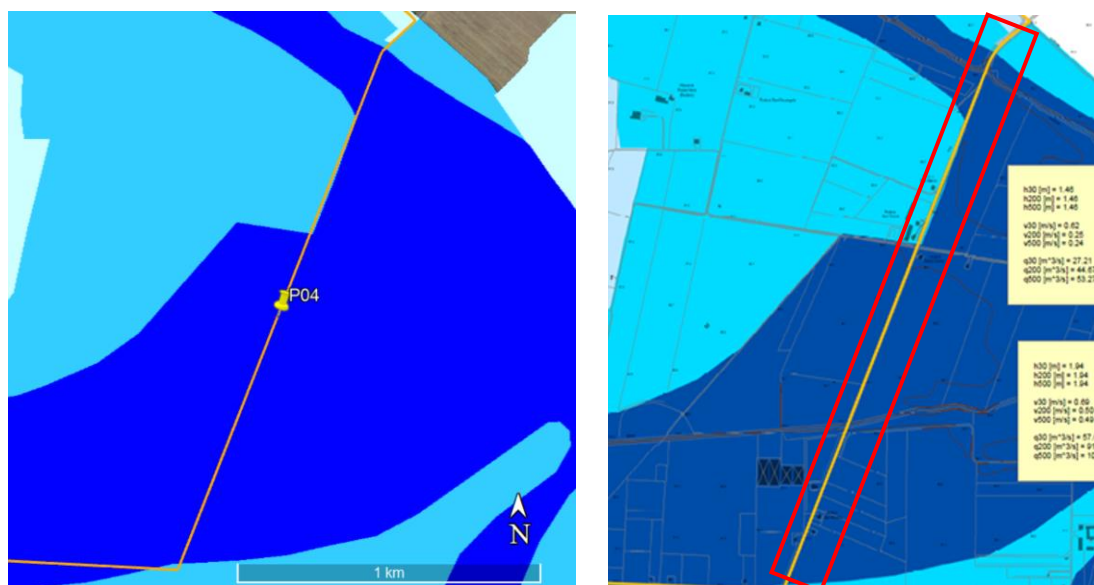


Figura 5.23: A sinistra stralcio del PAI a destra del PGRA (foglio n.075 “San Svero”), con le fasce di pericolosità idraulica media e alta. In arancione il percorso di connessione in esame.

#### 5.4.8.2 Osservazioni

L’area in oggetto è adibita ad attività di tipo prevalentemente agricolo ed è classificata con pericolosità idraulica media e alta.

La linea di connessione percorrerà l’intera area al di sotto del manto stradale asfaltato.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

#### 5.4.8.3 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato sotto il manto stradale (ad eccezione del punto di interferenza P03), che risulta asfaltato, per l’intera estensione dell’area allagabile. Pertanto, nell’eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall’erosione.

A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione. Si ritiene quindi superata l’interferenza P04 ed idraulicamente compatibile.

### 5.4.9 P05

#### 5.4.9.1 Identificazione

L’interferenza è situata lungo la strada Provinciale SP20, nei pressi del Podere San Alfredo.

La fascia di pericolosità idraulica alta si riscontra sia nel PAI sia nel PGRA allo stesso modo.

Di seguito uno stralcio dell’ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in arancione il tracciato di connessione, stralci PAI e PGRA e una sezione del torrente Ferrante.

Tabella 5.11: Riepilogo interferenza P05.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P05	Canale S. Maria	Alta	TOC



Figura 5.24: Ubicazione interferenza P05, in arancione il percorso di connessione.

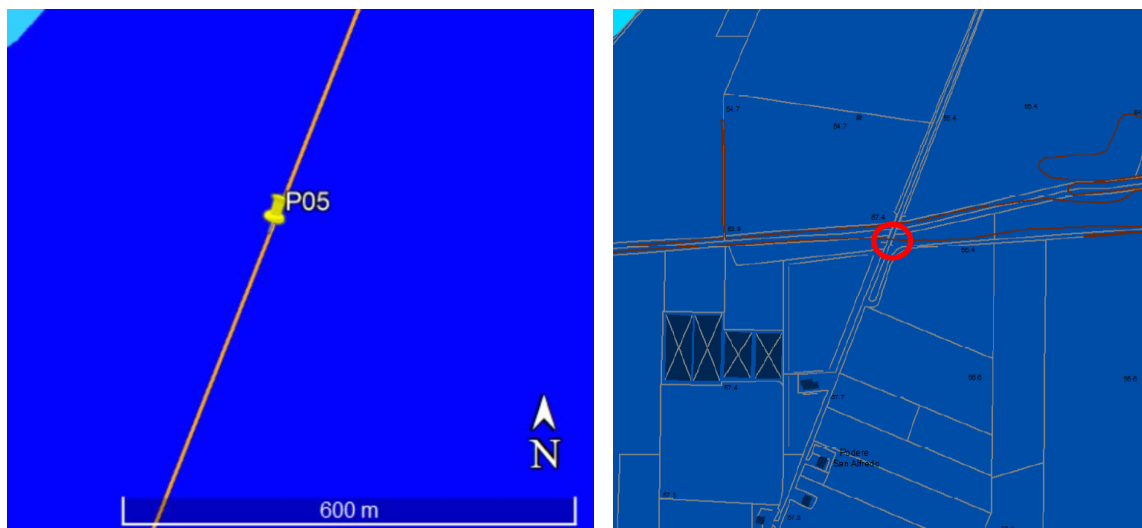


Figura 5.25: A sinistra stralcio del PAI e a destra stralcio del PGRA (foglio n.075 "San Severo"), in blu la fascia di pericolosità alta.



Figura 5.26: Interferenza P05, sezione C. S. Maria sovrappasso con SP20. Vista verso valle.

#### 5.4.9.2 Osservazioni

L'interferenza è legata al Canale Santa Maria, affluente in sinistra idraulica del Torrente Triolo. Le sezioni risultano regolari si evidenzia la presenza di arginatura dell'asta fluviale. Il letto e le sponde risultano rinverdite, con presenza di vegetazione erbacea ed arbustiva.

#### 5.4.9.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.2, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di 73 rientrando così nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

#### 5.4.9.4 Verifica di compatibilità idraulica

La posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC per l'attraversamento P05.

Sulla base dell'analisi quantitativa (HEC 18-FHWA) è stata ottenuta l'erosione totale attesa. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a 2,3 metri.

Si ritiene che a tale profondità l'attraversamento avvenga in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

### 5.4.10 P06

#### 5.4.10.1 Identificazione

Il punto in esame identifica il tratto di connessione, lungo circa 1,7 km, che corre lungo la strada vicinale che si immette sulla strada provinciale SP20. Si riscontra nel PAI 2019 e nel PGRA 2016 la presenza di tutte e tre le fasce di pericolosità idraulica, come indicato nella Figura 5.28.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, su PAI e PGRA, dove è possibile vedere in arancione il tracciato di connessione.

Tabella 5.12: Riepilogo interferenza P06.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P06	Area allagabile	Bassa, Media, Alta	Cavo interrato

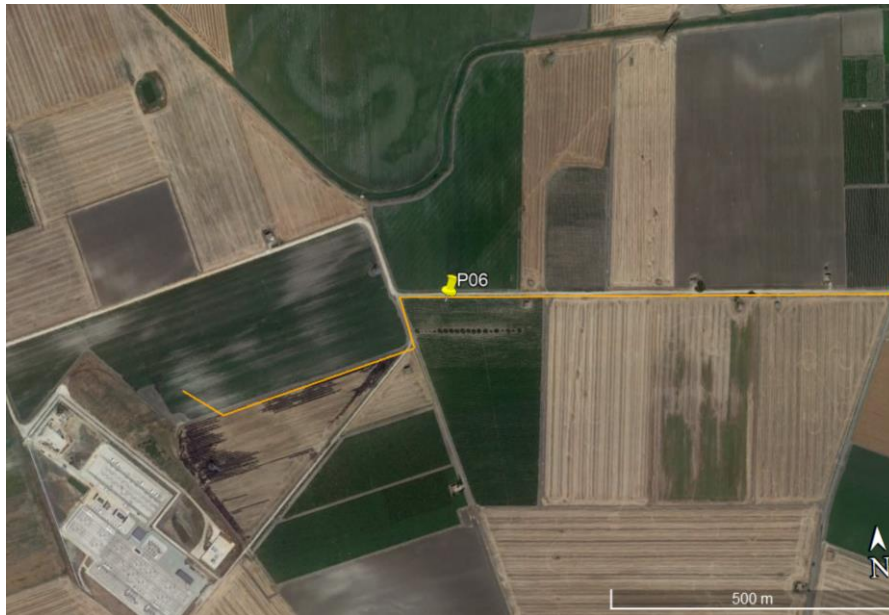


Figura 5.27: Ubicazione interferenza P06, in arancione il percorso di connessione.



Figura 5.28: A in alto stralcio del PAI, in basso stralcio del PGRA (foglio n.075 "San Svero"), con le fasce di pericolosità idraulica bassa, media e alta. In arancione il percorso di connessione in esame.



#### *5.4.10.2 Osservazioni*

L'area in oggetto è adibita ad attività di tipo prevalentemente agricolo ed è classificata con pericolosità idraulica media e alta.

La linea di connessione percorrerà l'intera area al di sotto della strada sterrata.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, non si evidenziano particolari segni di erosione.

#### *5.4.10.3 Verifica di compatibilità idraulica*

Il cavo di connessione sarà interrato sotto il manto stradale, che non risulta asfaltato ma ben consolidato, per l'intera estensione dell'area allagabile. Pertanto, nell'eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall'erosione.

A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione. Si ritiene quindi superata l'interferenza P06 ed idraulicamente compatibile.





## 6. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

In questo paragrafo si riportano le basi per il dimensionamento del sistema di drenaggio superficiale dell'area di intervento.

Lo studio idrologico-idraulico è stato articolato secondo i seguenti punti:

- Identificazione delle aree scolanti e del coefficiente di deflusso ottenuto mediante una media ponderata;
- Determinazione delle Linee Segnaletiche di Possibilità Pluviometriche (LSPP) per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anni;
- Costruzione dello ietogramma di progetto avente una durata superiore al tempo di corrivazione del bacino sotteso dall'invaso;
- Stima del processo di infiltrazione e determinazione dello ietogramma netto di progetto;
- Modello di trasformazione afflussi-deflussi - stima delle portate di progetto ante-operam e post operam.

### 6.1 CONSIDERAZIONI CLIMATICHE

All'interno della Relazione di piano del PAI è descritto come la regione Puglia sia "caratterizzata da un clima tipicamente mediterraneo, con inverno mite e poco piovoso e stagione estiva calda e secca.

I mesi estivi sono caratterizzati da siccità dovuta alle masse d'aria calda e secca tropicale che dominano sul bacino del Mediterraneo. I mesi invernali e autunnali presentano frequente nuvolosità e piogge relativamente abbondanti, recate in genere da venti sciroccali, avvicendate con periodi sereni e piuttosto freddi provocati da venti settentrionali e di Nord Est.

I giorni piovosi sono scarsi: il loro numero è compreso tra 60 e 80. Annualmente la regione riceve in media poco più di 600 mm di pioggia; la maggiore piovosità si osserva sul Gargano con 1.100-1.200 mm totali annui, interessato da piogge di tipo orografico a cui si aggiungono quelle d'origine frontale legate al ciclo genesi del Mediterraneo orientale.

La minore piovosità si osserva sul Tavoliere, con valori totali annui al di sotto dei 450 mm ed in una ristretta fascia costiera intorno a Taranto. Nel Subappennino Dauno si avvicina a 900 mm annui e la maggior parte delle aree pianeggianti ha meno di 700 mm annui. In tutta la regione, le precipitazioni si concentrano per oltre il 60% nei mesi autunno-invernali, con massimi nel Salento dove raggiungono l'80%. Il ciclo annuo mostra un solo massimo di piovosità ben distinto in novembre o in dicembre, mentre il minimo quasi sempre ricade in luglio per tutta la regione.

La stagione estiva è caratterizzata da una generale aridità su tutto il territorio: infatti, ad eccezione del Gargano e del Subappennino dove si hanno precipitazioni di poco superiori a 50 mm, i valori sono inferiori a 30 mm; in alcuni anni i mesi estivi sono stati del tutto privi di pioggia. Succede, tuttavia, che non siano infrequenti i brevi ed intensi rovesci estivi con punte 30-50 mm in pochi minuti. Elevata è, infine, la variabilità inter-annuale delle piogge: si può passare in una qualunque stazione dai 300 mm di un anno ai 900-1.000 mm dell'anno seguente, come è accaduto a Bari nel 1913 (371 mm) e nel 1915 (1.095 mm)." (Fonte Autorità di Bacino della Puglia - Dicembre 2004 – RELAZIONE DI PIANO)

Dal sito della Protezione Civile, <http://www.protezionecivile.puglia.it>, è possibile scaricare i dati di interesse meteorologico e idrologico. Il dataset fornito è articolato in 127 record, uno per stazione di monitoraggio presente sul territorio pugliese.

Il regime pluviometrico regionale evidenzia che quello della Puglia centrale, dopo quello del Tavoliere di Foggia, risulta il clima più arido; dai 450 mm annui di acqua intorno a Taranto si arriva fino ai 600-700 mm nella parte più alta della Murgia, per poi riscendere a circa 550 mm intorno a Bari. Caratteristica per la Puglia è la distribuzione non ideale delle piogge che prevalentemente avvengono nel semestre settembre-marzo, creando spesso situazioni di intensa e prolungata siccità nel restante periodo dell'anno. Frequente, anche se in modo irregolare, soprattutto nel periodo estivo, è il

fenomeno della grandine che risulta molto dannoso per il mondo agricolo e forestale, in particolare sulle fasce costiere.

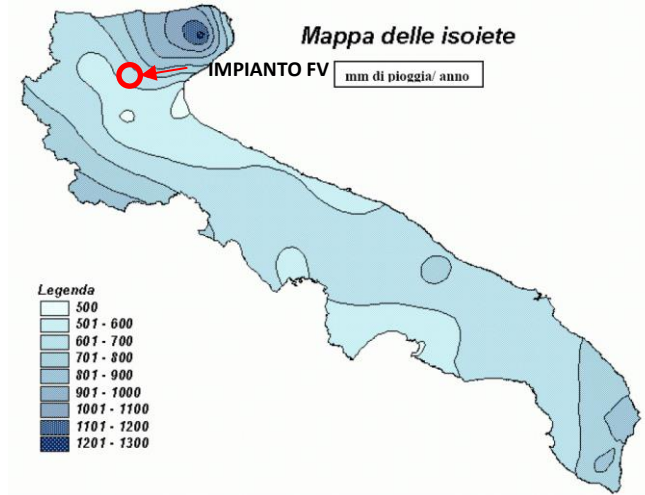


Figura 6.1: Mappa delle isoiete della Regione Puglia.

## 6.2 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

L’evento di pioggia di progetto alla base dei calcoli idrologici e della simulazione/dimensionamento idraulico è scelto in base al concetto di tempo di ritorno.

Il periodo di ritorno di un evento, definito anche come “tempo di ritorno”, è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta.

Oltre al concetto di tempo di ritorno vi è poi la probabilità che un evento con tempo di ritorno T si realizzi in N anni:

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N \quad (1)$$

Il grafico riportato di seguito esprime il rischio di superare l'evento con tempo di ritorno T durante N anni.

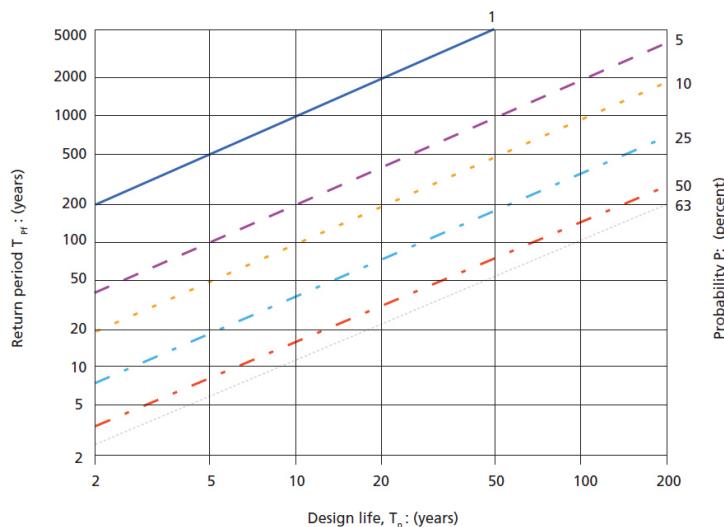


Figura 6.2: Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in N anni.



La durata della vita utile dell'impianto fotovoltaico in oggetto è assunta pari a 30 anni.

Il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione di progetto è stato assunto pari a 30 anni.

### 6.3 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE

Per l'applicazione del metodo dell'invaso lineare, impiegato nella stima delle portate meteoriche superficiali è stato necessario determinare la curva di possibilità climatica caratteristica dell'area oggetto di intervento.

Il tempo di ritorno da assegnare alla curva di possibilità climatica è stato fatto variare da un minimo di 2 anni ad un massimo di 100 anni.

Nel caso in esame la durata del campo fotovoltaico è assunta pari a 30 anni, pertanto il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione è stato assunto pari a 30 anni.

Secondo quanto previsto dalla "Relazione di Piano (dic. 2004) – AdB" lo studio idrologico a livello di bacino per la determinazione delle portate attese con diversi tempi di ritorno è da condurre in conformità a quanto previsto dal progetto Valutazione Piene (VaPi) del Gruppo Nazionali di Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCl) e deve in ogni caso tener conto dei dati raccolti dagli Uffici periferici dell'ex Servizio Mareografico e Idrografico Nazionale e da eventuali elaborazioni dei dati prodotti dagli stessi Uffici.

L'analisi pluviometrica è stata svolta sulla base dell'Analisi regionale delle piogge massime annuali di durata compresa tra 1 ora e 24 ore. Il modello statistico utilizzato fa riferimento alla distribuzione TCEV (Rossi et al. 1984) con regionalizzazione di tipo gerarchico (Fiorentino et al. 1987) in cui per l'individuazione delle regioni omogenee di primo e secondo livello è stato fatto ricorso a generazioni sintetiche Montecarlo in grado di riprodurre la struttura correlativa delle serie osservate (Gabriele e Liritano, 1994).

Il territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia dal punto di vista dell'approccio pluviometrico, sulla base dei risultati ottenuti è stato pertanto suddiviso in sei aree pluviometriche omogenee, per ognuna delle quali è possibile calcolare la Curva di Possibilità Pluviometrica.

L'area in cui ricade l'intervento in oggetto è nella sottozona omogenea 2 della Puglia meridionale, vedasi Figura 6.3, da cui risulta la seguente equazione determinante la CPP:

$$h(t,z) = 22,23 T_c^{0,247} \quad (2)$$

Dove:

$h(t,z)$  = Altezza della pioggia (mm) per fissata durata  $t$  e quota  $z$ ;

$T_c$  = durata dell'evento pluviale (ore).

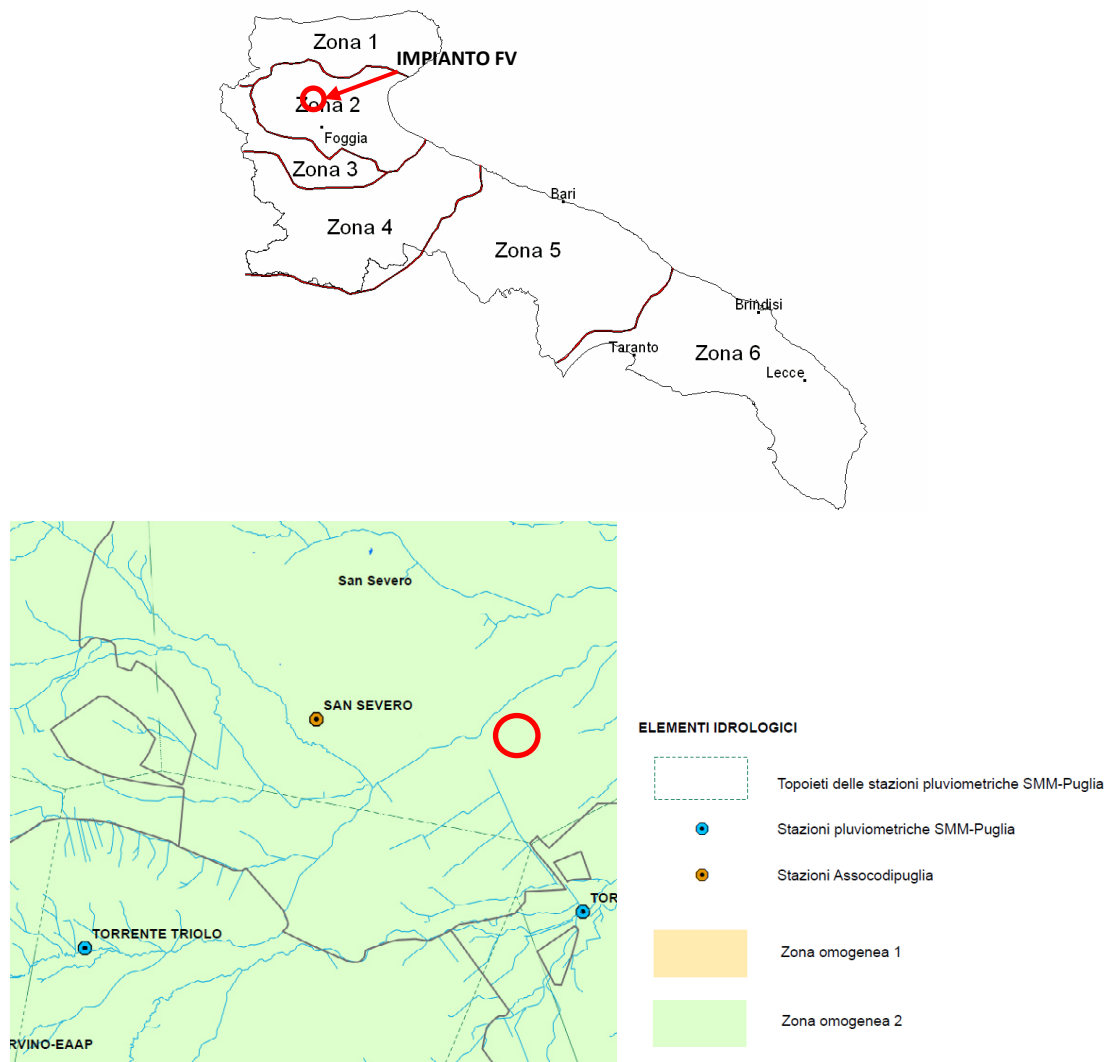


Figura 6.3: Sottostazioni pluviometriche omogenee (Zona 2) e area di progetto (rosso).

La Curva di Possibilità pluviometrica permette di stimare le altezze di precipitazione relative ad eventi pluviali con durate superiori ad 1h, in quanto i parametri di tale equazione vengono ottenuti mediante l'analisi di eventi pluviometrici di lunga durata ( $t > 60$  minuti). Nel caso di eventi brevi ( $t < 60$  minuti) è possibile stimare le altezze di precipitazione mediante la legge di Bell:

$$\frac{h_{t,T}}{h_{60,T}} = \left(\frac{t}{60}\right)^s \quad (3)$$

Dove:

$h_{60,T}$  = Altezza di precipitazione (mm) con durata pari a 60 min e fissato T;

$s$  = coefficiente dipendente dalla regione in esame, per la Puglia assunto pari a 0,227.

A tali altezze di precipitazione vanno applicati inoltre coefficienti moltiplicativi relativamente al Fattore di Crescita  $K_T$  (funzione del tempo di ritorno dell'evento di progetto, espresso in anni), ed al Fattore di Riduzione Areale  $K_A$  (funzione della superficie del bacino espressa in kmq, e della durata dell'evento di progetto espressa in ore).

Per le zone 1-2-3-4 (Puglia Settentrionale):



$$K_T = 0,5648 + 0,415 \ln T \quad (4)$$

dove T è il Tempo di Ritorno di progetto considerato.

Nel caso in cui si debba condurre uno studio idrologico in un'area estesa, la precipitazione deve essere raggugliata alla superficie del bacino idrografico considerato per tener conto del fatto che la precipitazione, calcolata come descritto in precedenza, è un valore puntuale e quindi va opportunamente ridotta di un valore (Fattore di Riduzione Areale) che dipende dall'estensione dell'area studiata e dalla durata dell'evento. Per quanto concerne il Fattore di Riduzione Areale  $K_A$ :

$$K_A = 1 - (1 - e^{-0.0021A}) \cdot e^{-0.53d^{0.25}} \quad (5)$$

Tale fattore di correzione è stato trascurato nel contesto di progetto in quanto i bacini idrografici di riferimento risultano di estensione limitata.

Di seguito si riportano le Curve di Possibilità pluviometrica distinte per eventi pluviali di durata superiore o inferiore ad 1h e per diversi tempi di ritorno (2, 5, 10, 25, 50 e 100 anni).

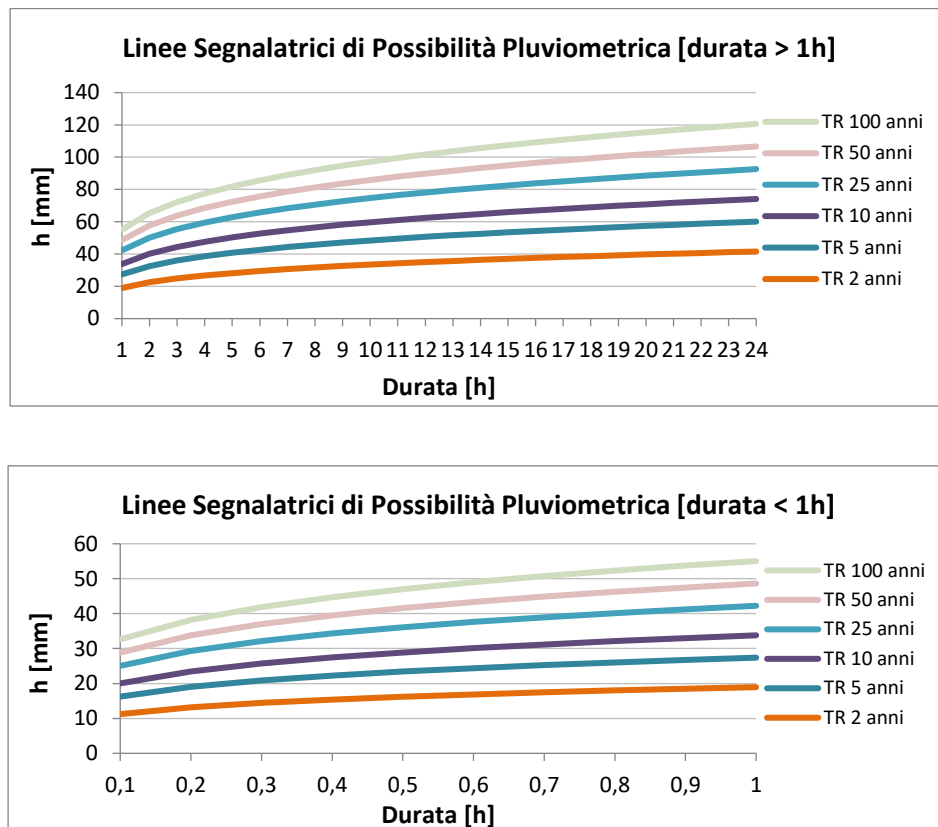


Figura 6.4: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata > 1h e < 1h.

Nella tabella seguente si riportano inoltre, per diverse durate (0,5 -24 h) e tempi di ritorno (2, 5, 10, 25, 50 e 100 anni), i valori delle altezze di precipitazione  $h_T(t)$  espresse in mm.



Tabella 6.1: Altezza di pioggia per le diverse durate per i diversi tempi di ritorno.

Durata evento critico [h]	ALTEZZA PIOGGIA CRITICA AL VARIARE DEL TEMPO DI RITORNO E DELLA DURATA H [mm]					
	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 25 anni	TR 50 anni	TR 100 anni
0,5	16	23	29	36	42	47
1	19	27	34	42	49	55
2	22	33	40	50	58	65
3	25	36	44	55	64	72
4	27	39	48	60	69	78
5	28	41	50	63	72	82
6	29	43	53	66	76	86
7	31	44	55	68	79	89
8	32	46	56	71	81	92
9	33	47	58	73	84	95
10	33	48	60	75	86	97
11	34	50	61	76	88	100
12	35	51	62	78	90	102
13	36	52	64	80	92	104
14	36	53	65	81	93	106
15	37	53	66	82	95	107
16	38	54	67	84	96	109
17	38	55	68	85	98	111
18	39	56	69	86	99	112
19	39	57	70	87	101	114
20	40	57	71	89	102	115
21	40	58	72	90	103	117
22	41	59	73	91	104	118
23	41	59	73	92	106	119
24	42	60	74	93	107	121

#### 6.4 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO

Nel presente paragrafo sono state identificate le singole aree scolanti e le principali caratteristiche sulla base del quale calcolare le portate idrologiche di riferimento.

Al fine di non modificare la rete naturale allo stato attuale e definire un sistema di drenaggio interno al sito con il minor impatto è stata eseguita una simulazione del modello digitale del terreno disponibile con lo scopo di identificare le principali informazioni morfologiche e idrologiche a scala di bacino nello stato di fatto (pendenze e isoipse, delimitazione del bacino idrografico, rete principale e secondaria).

Il modello digitale del terreno utilizzato per la modellazione è stato ottenuto mediante rilievo fotogrammetrico di dettaglio come descritto al paragrafo 2.1. La simulazione è stata condotta mediante algoritmi TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models – Utah State University) e successivamente rielaborata in ambiente GIS.

Le opere in progetto insisteranno sui bacini scolanti identificati nella figura seguente.

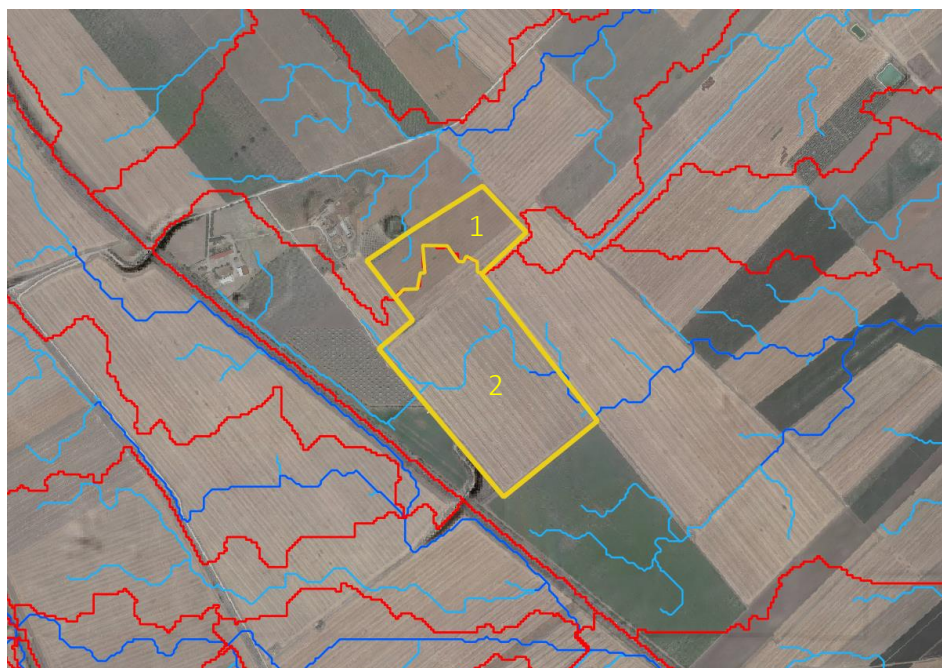


Figura 6.5: Delimitazione bacini scolanti e codifica (giallo), reticolo di drenaggio esterno ed interno alle sezioni di progetto (blu) e limiti bacini idrografici (rosso).

I bacini 1 e 2 risultano interessati dall’installazione dei pannelli. La Tabella 6.2 seguente riporta i bacini scolanti individuati e relative superfici, evidenziando quelli che presentano aree di alimentazione esterne all’area di progetto (Bacino 2). Tale differenziazione viene effettuata al fine di indicare i bacini per cui il dimensionamento delle opere di scolo è stato realizzato sulla base delle aree effettive di alimentazione.

La rete estratta attraverso la simulazione, descritta in precedenza, è stata quindi sovrapposta con le aree di progetto e sulla base dei risultati è stato definito il sistema interno di gestione delle acque meteoriche e i punti di affluenza.

Lo stato di progetto presenterà quindi una rete di drenaggio con percorsi e punti di affluenza ai canali perimetrali compatibili con lo stato di fatto.

La rete interna a tali siti sarà principalmente costituita da canalette in terra a cielo aperto.

Tabella 6.2: Bacini scolanti distinti in base alle aree di drenaggio interne.

BACINI DI DRENAGGIO INTERNI		BACINI DI DRENAGGIO CON ALIMENTAZIONE ESTERNA	
ID Bacino	Area[mq]	ID Bacino	Area [mq]
Bacino 1	61.411	Bacino 2	231.289

## 6.5 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA)

La determinazione della pioggia efficace ovvero della porzione di volume della precipitazione che contribuisce effettivamente alla formazione dell’onda di piena è stata eseguita applicando il “metodo percentuale”  $\phi$ .

Questo metodo ipotizza che le perdite costituiscano una percentuale costante della quantità di pioggia durante l'evento.

Si considera il coefficiente di deflusso  $\phi$ , caratteristico dell'evento nella sua totalità, come rapporto tra il volume di precipitazione netta ( $P_{netta}$ ) ed il volume di precipitazione totale ( $P$ ):

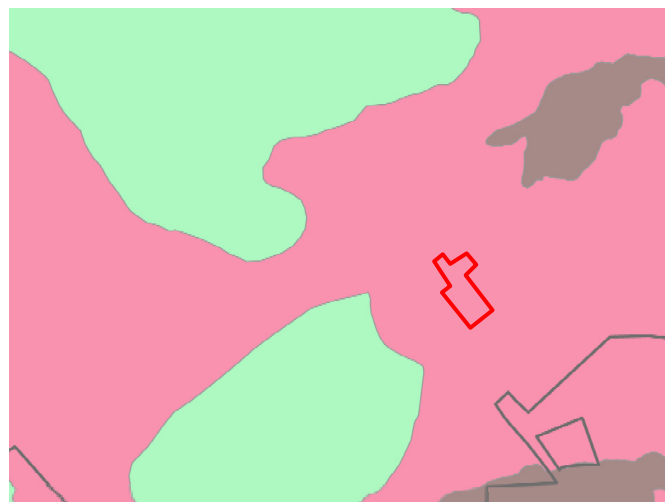
$$\phi = \frac{P_{netta}}{P} \quad (6)$$

Al fine di ottenere lo ietogramma di pioggia netta, la pioggia sintetica "di progetto" viene moltiplicata per il parametro  $\phi$ , ammettendosi così che i fenomeni di infiltrazione e perdita idrica siano costanti durante tutta la durata dell'evento piovoso.

### 6.5.1 Valutazione ante-operam

Le aree allo stato ante-operam non risultano impermeabilizzate e sono prevalentemente coltivate. Come descritto in precedenza, l'area di progetto si sviluppa su aree seminative di tipo semplice.

Il terreno, come riportato nella figura seguente, risulta costituito principalmente da sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale. Per questo motivo il terreno, secondo il metodo SCS-NC, ricade nella categoria suolo di tipo B. In riferimento a tali considerazioni, il valore del Curve Number è stato assunto pari a 76.



- Sabbie e arenarie, ghiaie e conglomerati, calcareniti, silt e argille di ambiente di transizione e/o continental
- Sabbie e ghiaie (depositi di fondovalle). Pleistocene sup.-Olocene
- Sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale (depositi continentali terrazzati). Pleistocene sup. - Olocene

Figura 6.6: Stralcio carta geolitologica (Fonte: AdBP Candelaro - Allegato 1.2.1).

In rosso l'area di progetto.

Si assume che il valore di CN possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibimento all'atto della piena. Lo stato di imbibimento viene espresso, in modo quali-quantitativo, in base ad un indice di pioggia, ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena.

A seconda di tale valore, vengono identificate le tre classi AMC I, II e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito.

Nell'ipotesi di ACM III il CN corrispondente risulta pari a 88.



Nella figura di seguito si riporta il grafico di correlazione CN-SCS/coefficiente di deflusso.

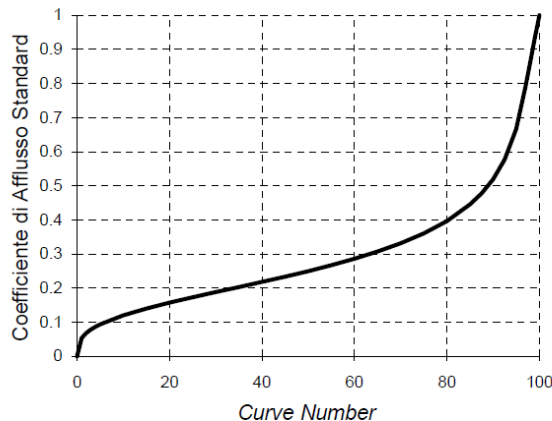


Figura 6.7: Correlazione da letteratura SCS-CN vs. coeff. afflusso/deflusso.

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro  $\phi$  è stato quindi assunto pari a 0,48.

### 6.5.2 Valutazione post operam

In merito alle aree prevalentemente permeabili è stato valutato l’impatto dell’installazione di strutture tracker.

L’interasse fra le strutture sarà di circa 8,6 metri. L’altezza in mezzera della struttura sarà di circa 2,8 m (rispetto al piano di campagna). I tracker non avranno una configurazione fissa ma oscilleranno durante le fasi del giorno. Il tracker si posizionerà stabilmente con un tilt prossimo a zero solo in condizioni di messa in sicurezza in occasione di velocità del vento superiore alla soglia limite.

Si ritiene che durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto, la capacità di infiltrazione, così come le caratteristiche di permeabilità del terreno, delle aree di intervento non siano modificate dall’installazione delle strutture tracker.

Analogamente si può affermare delle platee di appoggio delle cabine elettriche che avranno un’area trascurabile rispetto all’intera estensione delle aree.

Ciononostante, volendo cautelativamente ipotizzare una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, si è valutata arealmente l’incidenza e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle eventuali acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili.

Tale valutazione è stata condotta sulla base di precedenti studi internazionali (rif. “Hydrologic response of solar farm”, Cook, Lauren, Richard - 2013 –American Society of Civil Engineers) improntati su un modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico tipo di impianto come costituito da un’area di installazione pannelli ed una di interfila.

L’area di interfila presenta una capacità di infiltrazione non influenzata.

Il modello schematizza l’area interessata dalla struttura come composta al 50% da una sezione “Wet” con capacità di infiltrazione non influenzata e collegata alla precedente area di interfila e una sezione “dry” che si assume a favore di sicurezza come non soggetta ad infiltrazione diretta e quindi con coefficiente di deflusso pari a 1. Lo schema è visibile nella figura seguente.



Figura 6.8: Modulo tipo, descrivente il modello concettuale idrologico dell'installazione di strutture fotovoltaiche a tracker su pali infissi comprendente l'area pannelli (in rosso) e l'area di interfila (Fonte: Hydrologic response of solar farm Cook 2013 American Society of Civil Engineers).

Come descritto la proiezione del tracker a terra non risulterà fissa in quanto la struttura varierà il tilt durante le fasi della giornata. Volendo comunque assumere la condizione più sfavorevole di evento intenso di progetto in occasione di tilt della struttura pari a zero si ottiene un'area dry pari al 50% dell'area utile di installazione pannelli.

Nel calcolo della pioggia netta è stato quindi calcolato il coefficiente di deflusso medio ponderale sulla base delle precedenti assunzioni.

Tabella 6.3: Aree scolanti e caratteristiche di infiltrazione negli scenari ante-operam/post-operam.

STATO DI FATTO	AREA [ha]	AREA MODULI [ha]	PERCENTUALE MODULI SU AREA NETTA INSTALLAZIONE PANNELLI	AREA DRY STIMATA DURANTE TILT PARI A 0° [ha]	PERCENTUALE AREA AVENTE EFFETTO POTENZIALMENTE DRY	COEFF. DEFLUSSO ANTE-OPERAM ASSUNTO	COEFF. DEFLUSSO POST-OPERAM STIMATO
Coltivato	26.96	103 250	0.38	5.16	0.19	0.48	0.58

Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolate le portate al colmo durante l'evento intenso di progetto negli scenari ante-operam e post-operam, valutando inoltre la capacità idraulica dei canali esistenti e in progetto.

## 6.6 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST-OPERAM

Per calcolare le portate di scolo dai bacini imbriferi costituiti dai singoli settori in cui è prevista la posa delle strutture fotovoltaiche, si è determinato per ognuno di essi l'evento critico, cioè l'evento meteorico che produce la massima portata al colmo (portata critica). A tal fine si è adottato il modello cinematico (o della corrivazione).

Ipotizzando che la precipitazione sia a intensità costante e che la curva tempi aree del bacino sia lineare, la durata critica coincide con il tempo di corrivazione del bacino e la portata critica (portata di progetto) è data dall'espressione:

$$Q_p = \varphi \cdot \frac{i(T_0, t_c) \cdot A}{360} \quad (7)$$

Dove:

$Q_p$  = portata critica (netta) [m<sup>3</sup>/s];

$\varphi$  = coefficiente di deflusso, mediante il quale si tiene conto delle perdite per infiltrazione e detenzione superficiale [adimensionale];

$i(T_0, t_c)$  = intensità media della precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione del bacino ( $t_c$  - min) ed avente un tempo di ritorno ( $T$  - anni) [mm/h];

$A$  = superficie del bacino [ha].

Il valore del tempo di corrivazione è stato calcolato come somma del tempo di entrata in rete più il tempo di rete. I bacini scolanti sono riportati nella figura seguente.

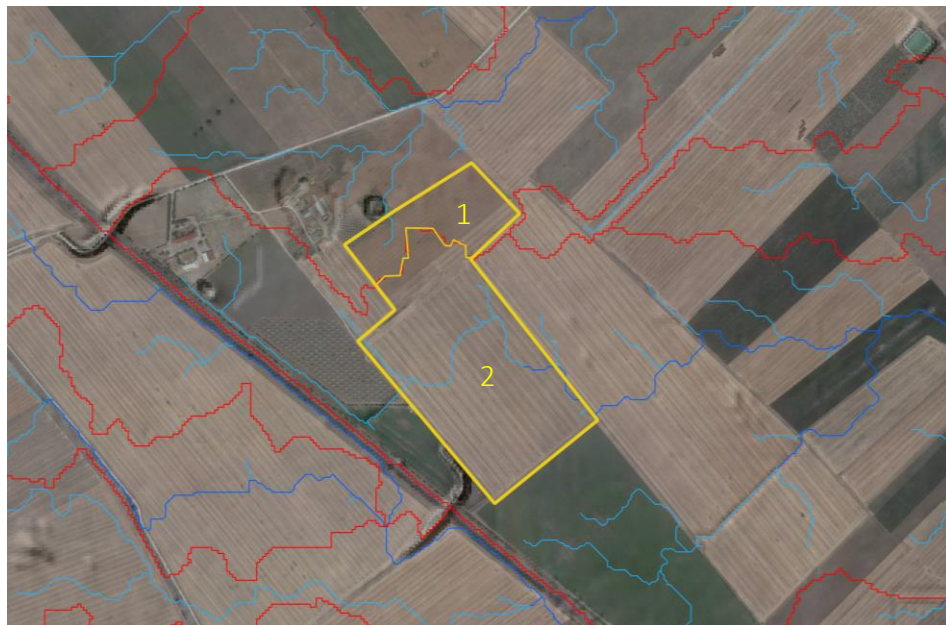


Figura 6.9: Delimitazione recinzione di impianto (giallo), rete di drenaggio naturale interna (blu) e spartiacque (rosso).

Come mostrato in Tabella 6.4, lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso pari a direttamente proporzionale all'incremento del 21% del coefficiente di deflusso nello scenario più critico di terreno saturo e posizione dei tracker orizzontale.

Dal confronto ante-operam/post operam emerge che l'aumento delle portate al colmo sarà compatibile con la rete di drenaggio esistente e con le portate attualmente scolanti. Questo effetto è ottenuto inserendo le vasche di infiltrazione e laminazione, che mitigano i picchi di deflusso.



Tabella 6.4: Determinazione delle portate di progetto nello scenario ante- e post- operam.

BACINO	1	2
S [ha]	6,14	23,13
Lasta [m]	184	670
$t_c$ [h]	0,29	0,38
Kt [-]	1,98	1,98
h(60) [mm]	44	44
h(t) [mm]	33	35
Intensità [mm/h]	115	82
Coeff. deflusso ante-operam	0,48	0,48
Coeff. deflusso post-operam	0,58	0,58
Portata al colmo ante-operam Qcr [mc/s]	<b>0,94</b>	<b>2,85</b>
Portata al colmo post-operam Qcr [mc/s]	<b>1,13</b>	<b>3,44</b>



## 7. VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI

Le opere di mitigazione si inseriscono nel progetto più articolato del sistema di regimazione idraulica del sito di intervento.

In particolare, in contrapposizione al classico approccio di drenaggio delle acque meteoriche, in cui il principale obiettivo è l'allontanamento delle acque dal sito, nel presente progetto si sono utilizzate tecniche di progettazione a basso impatto.

La scelta dei sistemi di drenaggio sostenibili porterà al raggiungimento di più obiettivi:

- Diminuzione del carico di acque meteoriche smaltite nei vari corsi idrici, per lo smaltimento tramite infiltrazione;
- Realizzazione di infrastrutture verdi a vantaggio di quelle grigie;
- Rallentamento e riduzione del picco di piena durante piogge intense;
- Realizzazione di interventi che favoriscano i fenomeni di infiltrazione e ritenzione e gli indiretti processi di bioremediation;
- Contrastare i processi di erosione.

Il presente progetto ha mirato all'utilizzo di:

- Fossi di scolo in terra;
- Protezione rete idrografica principale;
- Vasche di detenzione e infiltrazione.

### 7.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Attraverso l'analisi TauDEM rielaborata in ambiente GIS (come descritto nel paragrafo 6.4) è stato identificato un reticolo idrografico principale caratterizzato da corsi preferenziali che non presentano un alveo ben definito, ma possono raggiungere portate significative in seguito ad eventi di pioggia intensi non ordinari.

Alcuni di questi ricadono all'interno dell'area di progetto, di conseguenza la loro pericolosità è stata studiata.

Il progetto ha previsto una sistemazione del drenaggio oggi assente al fine di indirizzare e distribuire le portate, costituita da canalette di forma trapezia scavate nel terreno naturale e rinverdite.

Tra i vantaggi idraulici essi immagazzinano e convogliano le acque scolanti meteoriche favorendo la riduzione dei picchi di deflusso, l'infiltrazione e il rallentamento dei flussi, a seconda della pendenza. Tali opere sono state e sono tuttora largamente in uso nelle aree rurali.

Durante l'avvento dei sistemi di gestione sostenibile questa categoria è stata rielaborata progettualmente creando nuove funzioni quali detenzione, infiltrazione, bioremediation ed ecologica.

Di seguito alcuni esempi:

- Può essere promossa la sedimentazione mediante l'uso di una fitta vegetazione, solitamente piante erbacee, che garantisce basse velocità di flusso per intrappolare gli inquinanti particellari e indiretti effetti di fitodepurativi;
- È possibile installare dighe o berme lungo il fosso per favorire ulteriormente lo stoccaggio, il rallentamento, la sedimentazione e l'infiltrazione;
- Mediante la formazione di sottofondo in materiale drenante è possibile incrementare l'infiltrazione creando opere miste con trincee drenanti;
- Utilizzo in commistione con bacini di detenzione come ingresso o uscita.

Nel presente paragrafo sono dettagliate le verifiche idrauliche di moto uniforme per il dimensionamento dei canali e delle canalette di drenaggio dei diversi settori dell'impianto;

La capacità di convogliamento della sezione idraulica è stata calcolata attraverso una verifica idraulica in regime di moto uniforme, secondo la normale prassi progettuale, utilizzando la nota formula di Chezy con il coefficiente di scabrezza di Manning (parametro che si usa nello studio dei flussi dei canali e che varia rispetto alla natura della superficie di riferimento):

$$Q = \frac{A \cdot R^{2/3} i^{1/2}}{n} \quad (8)$$

Dove:

- $Q$ : portata di riferimento [ $\text{m}^3/\text{s}$ ];
- $A$ : area della sezione bagnata [ $\text{m}^2$ ];
- $R$ : raggio idraulico [ $\text{m}$ ] (rapporto tra  $A$  e il corrispondente perimetro bagnato della sezione);
- $i$ : pendenza dell'alveo [ $\text{m}/\text{m}$ ];
- $n$ : coefficiente di conduttanza idraulica di Manning.

Le canalette saranno realizzate in scavo con una sezione trapezia di larghezza e profondità variabile in funzione della portata di progetto e sponde inclinate di  $26^\circ$ .

In corrispondenza delle intersezioni con la viabilità si sono previsti dei tratti interrati composti da scatolati in c.a. carrabili o da tubazioni in HDPE carrabili.

Lo scopo delle canalette e dei condotti interrati è quello di permettere il deflusso dell'intera portata di progetto, relativa a un Tempo di Ritorno di 30 anni.

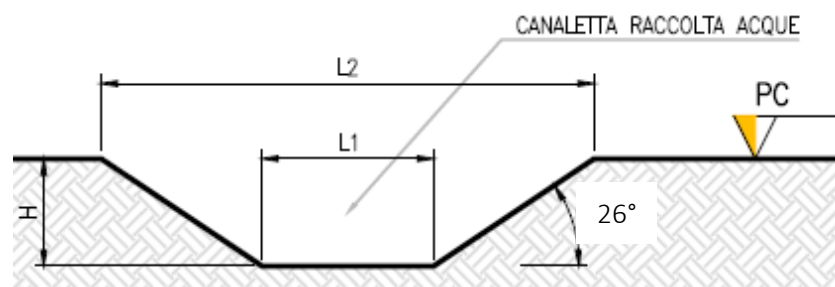


Figura 7.1: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo.

Gli scarichi della rete di drenaggio senza modifiche tra ante-operam e post-operam convergeranno ai ricettori esistenti.

Il progetto ha inoltre previsto la definizione di una via preferenziale per le acque scolanti nell'area catastale. Il tracciato segue le fasce di pericolosità idraulica alta e media riportate dal PAI.

Tale canale sarà realizzato in scavo con una sezione triangolare, scavata nel terreno e rinverdata naturalmente, di larghezza complessiva pari a circa 10 m e una pendenza tale che consenta il passaggio di macchinari agricoli. Il percorso preferenziale sarà intervallato da delle vasche di infiltrazione e laminazione (paragrafo 7.2) per meglio mitigare gli effetti dell'aumento del picco di deflusso meteorico. Entra

L'ubicazione planimetrica delle canalizzazioni è illustrata nell'Allegato 01.

## 7.2 SISTEMA DI INFILTRAZIONE E LAMINAZIONE NELL'AREA DI INTERVENTO

La tipologia dell'opera di infiltrazione è stata quella di "vasca di laminazione e di infiltrazione".

Le vasche di infiltrazione consistono in aree rinverdate e depresse con tiranti idrici episodici massimi di 1,2 m.

Le opere a verde di questo tipo di vasche prevedranno riuso del terreno in sito e crescita spontanea mantenuta di essenze vegetali.

Questa tipologia di sistemi di drenaggio sostenibile (SuDS) sono generalmente realizzati con forme differenti in funzione dell'estensione del bacino afferente e degli aspetti paesaggistico/architettonici.

Oltre ai vantaggi in materia idraulica già descritti precedentemente, la scelta di inserimento di queste vasche consentirà:

- Incremento biodiversità e dell'habitat con creazione di isole di rifugio per la fauna;
- Discrete rese di bioremediation soprattutto dovute a meccanismi di filtrazione e adsorbimento;
- Ridotta necessità di manutenzione.

Di seguito si riportano alcune immagini esemplificative dell'opera in oggetto.

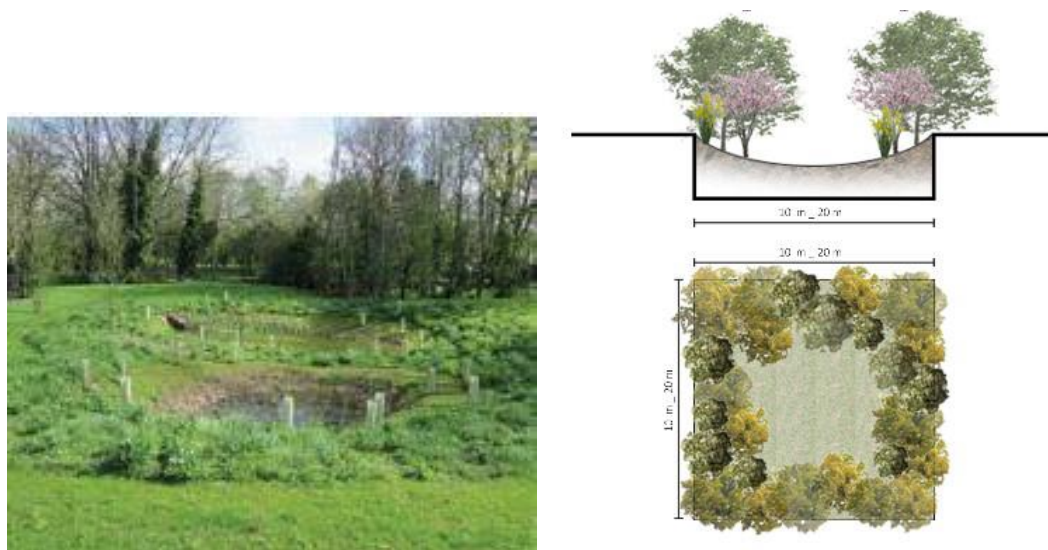


Figura 7.3: Immagini esemplificative di bacini di infiltrazione.

Sono state previste vasche di laminazione di tipologia 10x20 m, tutti con profondità dello strato drenante fino a circa 1,2 m.

Considerando le caratteristiche litologiche di cui al paragrafo 3.3.2, si è proceduto alla verifica della capacità di assorbimento del terreno assumendo un valore di permeabilità cautelativo pari a 1E-04 m/s.

Gli esatti valori di permeabilità del substrato e la soggiacenza della falda andranno in ogni caso verificati in sede esecutiva. Si consiglia in ogni caso di verificare, in fase esecutiva, la presenza del livello superficiale arenaceo che possa compromettere il corretto funzionamento dell'opera disperdente.

Il dimensionamento è stato condotto secondo le linee progettuali de "Sistemi di Fognatura Manuale di Progettazione – HOEPLI" sulla base della legge di Darcy.

$$Q_f = k * J * A \quad (9)$$

Dove:



- $Q_f$ : portata di infiltrazione [ $m^3/s$ ];
- $k$ : coefficiente di permeabilità [ $m/s$ ];
- $J$ : cadente piezometrica [ $m/m$ ];
- $A$ : superficie netta d'infiltrazione [ $m^2$ ].

Al fine di tener conto che gli strati di terreno in questione si trovano spesso in condizioni insature, è opportuno ridurre del 50% il valore della permeabilità che compare nella legge di Darcy [Sieker, 1984].

Come è possibile osservare dai risultati riportati nella Tabella 7.1, la vasca con dimensioni 10x20 m di superficie 200 mq è in grado di smaltire circa 24 l/s.

*Tabella 7.1: Dimensionamento degli elementi drenanti – vasche 10x20 m.*

DETERMINAZIONE DELLA PORTATA INFILTRANTE			
<b>Determinazione portata critica</b>			
$k_{sat}$	2E-04	[m/s]	Permeabilità del mezzo saturo in situ
$D_h$	1,2	[m]	Tirante idrico strato drenante
$B_T$	10	[m]	Larghezza
<b>Calcoli preliminari</b>			
$k_{insat}$	1E-04	[m/s]	Permeabilità del mezzo insaturo
$A_{f,m \text{ lineare}}$	200,0	[ $m^2$ ]	Superficie drenante m lineare del bacino
$Q_{F,T}$	24,0	[l/s]	Portata drenata del bacino

L'ubicazione planimetrica delle vasche di laminazione e infiltrazione è illustrata nell'Allegato 01.

Le vasche sono state dimensionate per eventi con tempo di ritorno tra 2 e 5 anni.





## 8. CONCLUSIONE

Lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto fotovoltaico, della linea di connessione e della cabina di consegna ha analizzato le interferenze con le aree a pericolosità idraulica e ha quindi identificato la migliore soluzione e tecnologia per la risoluzione delle stesse.

Si evidenzia che l'approccio utilizzato nello studio ha posto grande attenzione non solo alla mera progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche, ma soprattutto all'integrazione delle opere con lo stato di fatto. Si sono quindi minimizzate le interferenze con l'idrografia esistente, sostituendo l'utilizzo delle tradizionali opere dell'ingegneria civile (infrastrutture grigie) con le infrastrutture verdi, che mitigano gli impatti biofisici delle opere in progetto, riducendo il potenziale rischio idrogeologico, creando benefici ecosistemici e promuovendo gli obiettivi della politica comunitaria.

Questo studio ha messo a confronto lo scenario ante-operam e quello post-operam, analizzando il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico (valutazione variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche) e da un punto di vista idraulico (valutazione variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

In merito allo stato post-operam, si è valutato l'impatto dell'installazione delle strutture tracker monoassiali.

Vista l'interdistanza esistente tra le strutture, l'altezza da piano campagna e la mobilità che varierà la copertura su suolo (rendendo quindi non permanente la schermatura), durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto non sono previste variazioni critiche della capacità di infiltrazione, così come delle caratteristiche di permeabilità del terreno nelle aree interessate dall'installazione di tracker. Analogamente le platee di appoggio delle cabine avranno un'area trascurabile rispetto all'intera estensione delle aree.

Ciononostante, volendo cautelativamente ipotizzare una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, si è valutata arealmente l'incidenza nell'ipotesi di fissità orizzontale dei tracker e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle eventuali acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili. Tale valutazione è stata condotta sulla base di precedenti studi internazionali (rif. "Hydrologic response of solar farm", Cook, Lauren, Richard - 2013 - American Society of Civil Engineers) improntati su un modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico tipo di impianto come costituito da un'area di installazione pannelli ed una di interfila.

Nelle aree interessate dal progetto, durante la fase post-operam, nello scenario più cautelativo, si registrerebbe un incremento dei deflussi totali di circa il 21%.

Tale incremento è mitigato grazie all'adozione di sistemi di drenaggio sostenibili, consistenti in delle acque meteoriche e in 7 vasche di laminazione e infiltrazione rinverdite, con superficie pari a minimo 200 mq, portando quindi ad uno scenario post-operam maggiormente confrontabile con quello ante-operam.

Nel confronto tra la rete di drenaggio naturale dello stato di fatto e di progetto si segnala che si è prevista una rete costituita da fossi in terra non rivestiti, realizzati in corrispondenza degli impluvi naturali esistenti (v. Allegato 01); questi ultimi sono stati identificati sulla base di una simulazione del modello digitale del terreno con estrazione dei sottobacini idrografici e della rete idrografica primaria e secondaria esistente.

Tali scelte consentono di evitare di modificare la rete naturale, senza interferenze nella costruzione della viabilità, nella disposizione dei tracker e delle altre opere di progetto. Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'ingegneria naturalistica. Per alleggerire dal carico idrico la rete come descritto precedentemente sono inserite vasche diffuse di laminazione e infiltrazione.

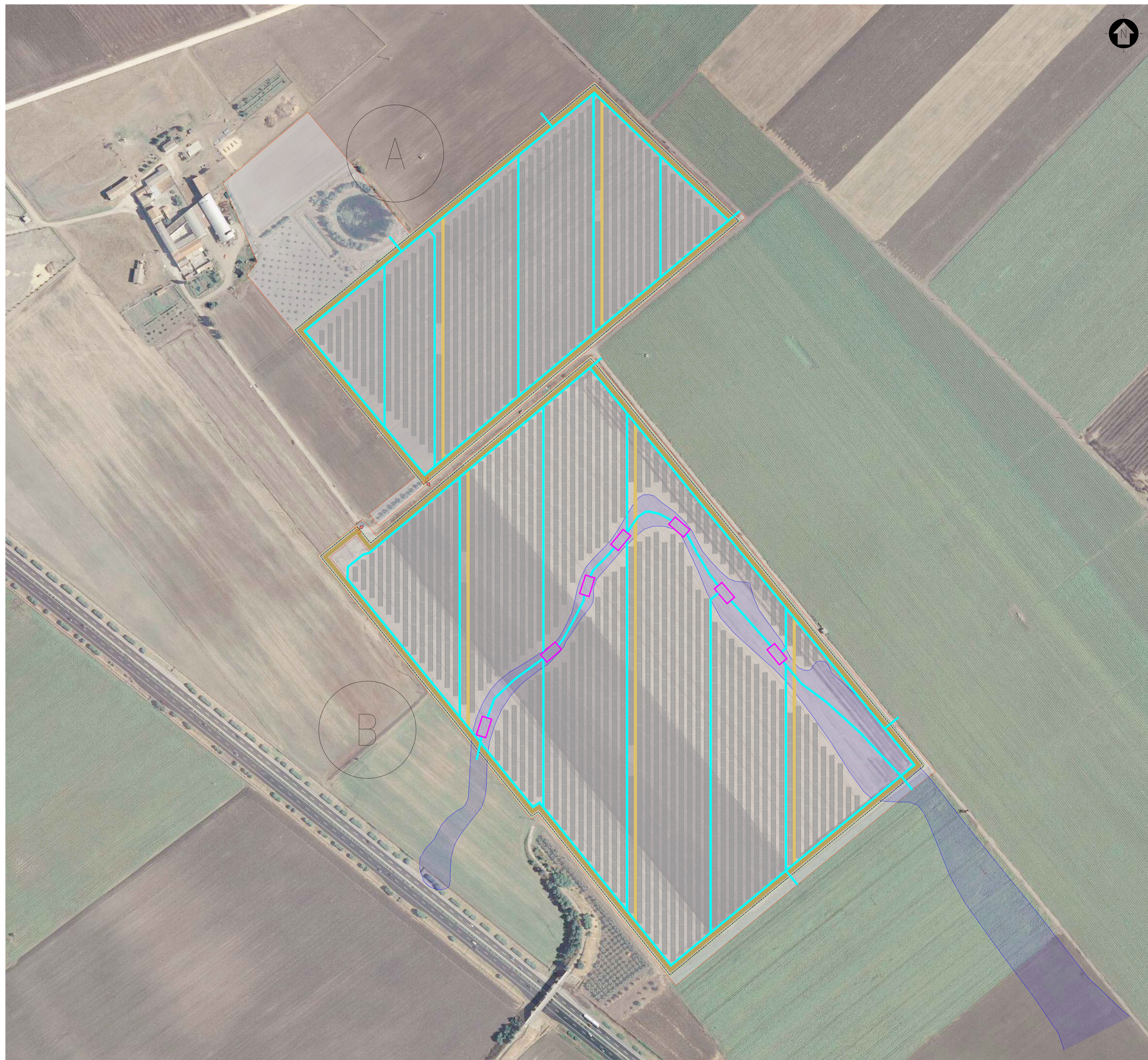


La preparazione del sito inoltre non prevede opere su larga scala di scotico, ma solo il taglio vegetazione ove essa impedisca la regolare esecuzione delle attività di costruzione e operatività. La viabilità di cantiere è assunta in materiale drenante.

In merito all'uso del suolo post-operam per le aree interne alla recinzione dell'impianto (nelle interfila dei moduli fotovoltaici) è prevista la possibilità che agricoltori locali possano avviare una produzione olivicola superintensiva.

Inoltre, per l'area interna alla recinzione dove non sarà possibile il proseguo dell'attività agricola si prevede, di conservare e ove necessario integrare l'inerbimento a prato permanente, che porterà numerosi vantaggi:

- Limitare fortemente l'erosione del suolo provocata dalle acque e dal vento;
- Importante funzione di depurazione delle acque;
- Riduzione delle perdite di elementi nutritivi per lisciviazione grazie all'assorbimento da parte delle piante erbacee;
- Miglioramento della fertilità del suolo, attraverso l'aumento di sostanza organica;
- Produzione di O<sub>2</sub> e immagazzinando di carbonio atmosferico;
- Miglioramento dell'impatto paesaggistico con una gestione generalmente poco onerosa.



LEGENDA

- SITO CATASTALE
- ACCESSO AREA IMPIANTO
- RECINZIONE IN PROGETTO
- FASCIA DI RISPETTO INSTALLAZIONE IMPIANTO
- TRACKER (26 MODULI)
- VIABILITÀ PERIMETRALE (LARGHEZZA 4 m)
- VIABILITÀ INTERNA (LARGHEZZA 3.5 m)
- FASCIA DI MITICAZIONE/COMPENSAZIONE ESTERNO RECINZIONE (LARGHEZZA 2 m)

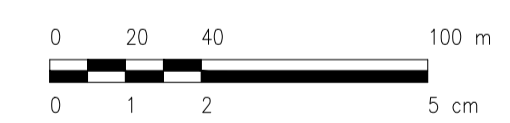
REGIMAZIONE IDRAULICA

- RETE DI DRENAGGIO
- BACINO DI INFILTRAZIONE
- FASCIA PAI - MP

FASCIE DI RISPETTO

- FASCIA PAI - MP

SCALA 1:2000 - 1 cm = 20 m



REV.	DESCRIZIONE	DISSEG.	CONTROL.	APPROV.	DATA
0	-				07/2021

	Montana SpA Via Carlo Azeglio Fumagalli, 6 20143 Milano Milano (sede certificata ISO)   Brescia   Palermo   Cagliari   Roma	Tel. +39.02.54118173 Fax +39.02.54129860 www.montanaspa.com	P.IVA 10414270156 Cap. Soc. 600.000,00 €	
---	--	---	---	---

<b>Committente</b>	TS ENERGY 4 SRL VIA REINELLA SNC - 71017 TORREMAGGIORE (FG)
<b>Progettisti</b>	ING. LAURA CONTI Iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pavia al n. 1726
<b>Oggetto</b>	IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 22 MW COMUNE DI SAN SEVERO PROGETTO DEFINITIVO
<b>Tavola</b>	GESTIONE ACQUE METEORICHE INTERNE
<b>N. Rev.</b>	ALLEGATO_01 GESTIONE ACQUE METEORICHE INTERNE
<b>N. Tav.</b>	
<b>Scala</b> 1:2000	