



SETTEMBRE 2021

**DEVELOPMENT 2 S.r.L.**  
**IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO**  
**COLLEGATO ALLA RTN**

**POTENZA NOMINALE 17,44 MW**

**COMUNE DI ASCOLI SATRIANO (FG)**

**Montagna**

**PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO**  
**AGRIVOLTAICO**

**Relazione idrologica**

**Progettisti (o coordinamento)**

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

**Codice elaborato**

2748\_4469\_AS\_PD\_R06\_Rev0\_Relazione Idrologica

**Memorandum delle revisioni**

<b>Cod. Documento</b>	<b>Data</b>	<b>Tipo revisione</b>	<b>Redatto</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>
2748_4469_AS_PD_R06_Rev0_Relazione Idrologica	09/2021	Prima emissione	G.d.L.	FL	L. Conti

**Gruppo di lavoro**

<b>Nome e cognome</b>	<b>Ruolo nel gruppo di lavoro</b>	<b>N° ordine</b>
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	
Marco Corrù	Architetto	
Francesca Jaspardo	Esperto Ambientale	
Massimo Busnelli	Geologo	
Mauro Aires	Ingegnere strutturista	Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 9583J
Elena Comi	Biologo	Ordine Nazionale dei Biologi n. 60746
Sara Zucca	Architetto	
Andrea Fronteddu	Ingegnere Elettrico	Ordine degli Ingegneri di Cagliari n. 8788
Matteo Lana	Ingegnere Ambientale	
Vincenzo Gionti	Ingegnere	
Sergio Alifano	Architetto	

**Montana S.p.A.**

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano  
C. F. e P. IVA 10414270156 - Cap. Soc. 600.000,00 €  
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

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



## Impianto Agrivoltaico Collegato alla RTN 17,44 MW

### Relazione idrologica



Lorenzo Griso	Geologo	
Nazzario D'Errico	Agronomo	Ordine professionale Degli Agronomi di Foggia n. 382
Marianna Denora	Studio Previsionale Impatto Acustico	Ordine degli Architetti della Provincia di Bari, Sez. A n. 2521
Giovanni CIS	Progetto di Connessioni	Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano n. 28287
Antonio Bruscella	Archeologo	Elenco dei professionisti abilitati alla redazione del documento di valutazione archeologica n. 4124

#### Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano  
C. F. e P. IVA 10414270156 - Cap. Soc. 600.000,00 €  
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

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



**INDICE**

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>2. DATI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO.....</b>	<b>6</b>
2.1.1 Modello digitale del terreno Regione Puglia .....	6
<b>2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 LOCALIZZAZIONE.....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 COPERTURA DEL SUOLO .....</b>	<b>7</b>
<b>3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>8</b>
3.3.1 Geologia .....	8
3.3.2 Caratterizzazione dei litotipi e assetto litostratigrafico .....	10
3.3.3 Aspetti geomorfologici .....	11
3.3.4 Inquadramento idrogeologico .....	12
<b>3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO.....</b>	<b>13</b>
3.4.1 Inquadramento idrologico, idraulico e geomorfologico .....	14
<b>3.5 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO E DELLA LINEA DI CONNESSIONE ...</b>	<b>15</b>
<b>4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE .....</b>	<b>17</b>
<b>4.2 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI PRINCIPALI DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>17</b>
4.2.1 Moduli fotovoltaici e strutture di supporto .....	18
4.2.2 Cabine di campo .....	19
4.2.3 Cavi di potenza e di controllo.....	19
4.2.4 Rete di drenaggio interna.....	19
<b>4.3 LINEA DI CONNESSIONE.....</b>	<b>20</b>
<b>4.4 CONNESSIONE ALLA SE RTN .....</b>	<b>21</b>
<b>5. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>22</b>
<b>5.1 CONSIDERAZIONI CLIMATICHE .....</b>	<b>22</b>
<b>5.2 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO .....</b>	<b>23</b>
<b>5.3 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE.....</b>	<b>24</b>
<b>5.4 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO .....</b>	<b>28</b>
<b>5.5 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA) .....</b>	<b>29</b>
5.5.1 Valutazione ante-operam.....	29
5.5.2 Valutazione post operam .....	31
<b>5.6 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST-OPERAM ..</b>	<b>32</b>



## **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 ricevitore 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.

Per maggiori approfondimenti relativi alla sezione idraulica si rimanda alla relazione: 2748\_4469\_AS\_PD\_R05\_Rev0\_Relazione idraulica.



## **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.

#### **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.

### **2.2 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 nei territori comunali di Ascoli Satriano (FG), ed è situata circa 12 km a sud est del centro abitato. Nello specifico l'area è compresa tra le strade provinciali SP89 e SP82.



Figura 3.1: Inquadramento territoriale. In rosso il perimetro del sito, in verde 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 delle Puglie, caratterizzata da ampie aree pianeggianti ulteriormente modellate dall'azione antropica frutto dell'attività agricola. L'area di progetto presenta terreni seminativi semplici irrigui e non irrigui come mostrato in

Figura 3.2.

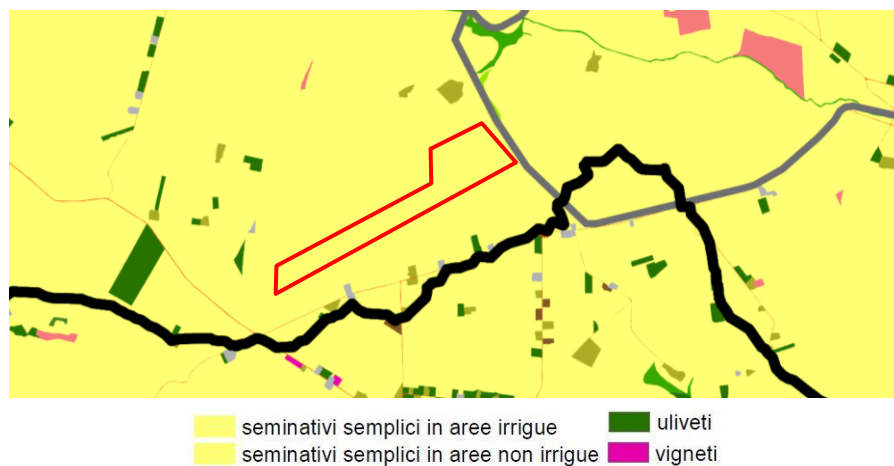




Figura 3.2: Stralcio carta uso del suolo, Allegati Relazione Ofanto AdBP, in rosso l'area di progetto.



Figura 3.3: Uso del suolo, stato di fatto. Fotografie sopralluogo gennaio 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'altro verso il basso stratigrafico, l'intera area è ricoperta sopra da depositi quadernari, 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.



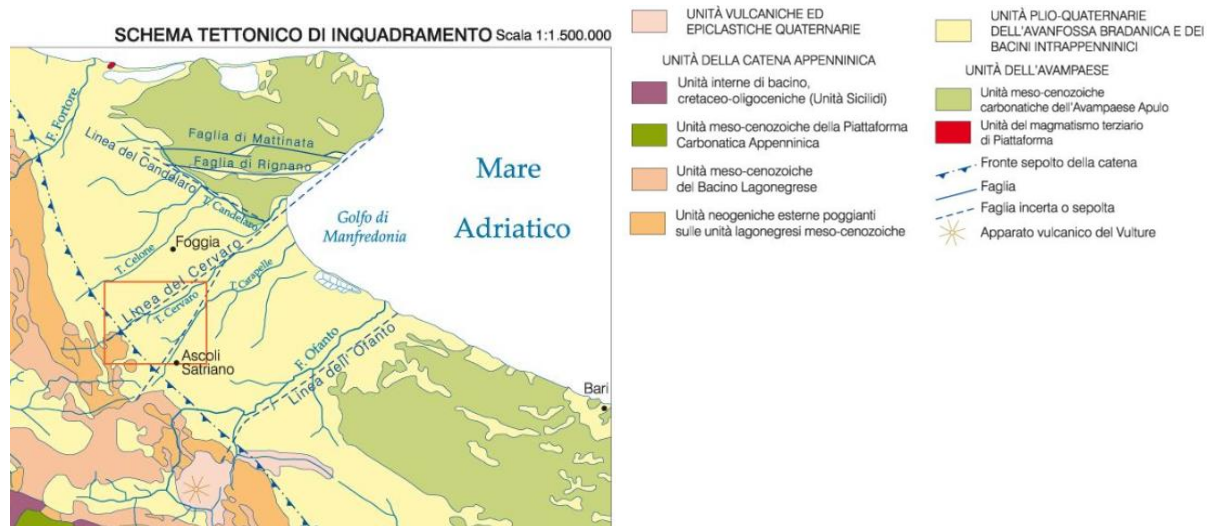


Figura 3.4: Schema geologico e strutturale dell'area del Tavoliere e del Subappennino Dauno

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.

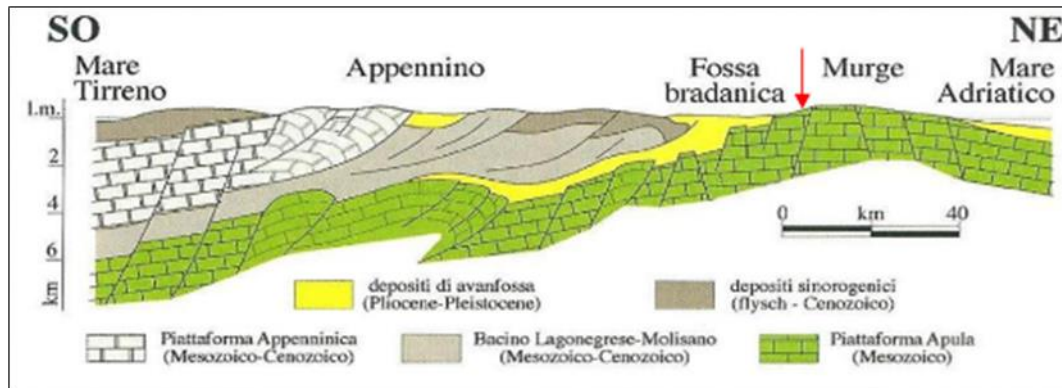


Figura 3.5: Sezione geologica schematica attraverso l'avanfossa appenninica.

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 esame, ricadente nel foglio "Cerignola" a scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia, è occupata dalla potente serie dei sedimenti plio-quadernari che si sono depositati durante il ciclo trasgressivo-regressivo che ha portato al riempimento dell'avanfossa appenninica. I terreni affioranti nell'area possono essere considerati appartenenti a depositi continentali di tipo alluvionale (recenti) databili all'Olocene. I depositi alluvionali recenti giacciono sulla formazione delle Argille Subappenniniche che segnano il riempimento Pliopleistocenico dell'avanfossa.

Con riferimento alla letteratura ufficiale le formazioni affioranti nell'area di interesse, dalle più antiche a quelle più recenti, sono le Sabbie e sabbie argillose (PQs) e i Conglomerati e ghiaie sabbioso-limose (Qc1).

Le Sabbie e Sabbie argillose poggiano, in continuità di sedimentazione, sopra le Argille subappenniniche (PQa). Esse si presentano a volte con livelli arenacei giallastri e lenti ciottolose. Sono costituite da sabbie più o meno argillose di colore giallastro, a volte fittamente stratificate, in cui la componente argillosa diminuisce progressivamente verso l'alto. Lo spessore massimo della formazione risulta di circa 50 - 60m.

Con lieve discordanza angolare sulle sottostanti Sabbie, affiorano dei Conglomerati e Ghiaie sabbioso-limose (Qc1), regressivi e ad assetto suborizzontale. Gli elementi costitutivi di tali depositi conglomeratici ghiaiosi, a grado di cementazione variabile, sono rappresentati da ciottoli arenitici e/o di calcari detritici, derivanti dai flysch della vicina catena appenninica. Le dimensioni medie dei ciottoli rientrano nel range  $3 \div 10$  cm di diametro. Nel complesso, questi sedimenti, depositatisi in ambiente di mare scarsamente profondo, possono essere interpretati come accumuli deltizi formati durante fasi pluviali in cui le capacità di trasporto dei corsi d'acqua ed i processi di denudamento delle rocce affioranti sarebbero stati piuttosto intensi. Lo spessore di questi sedimenti è valutabile in alcune decine di metri e la datazione è da attribuire al Pleistocene.

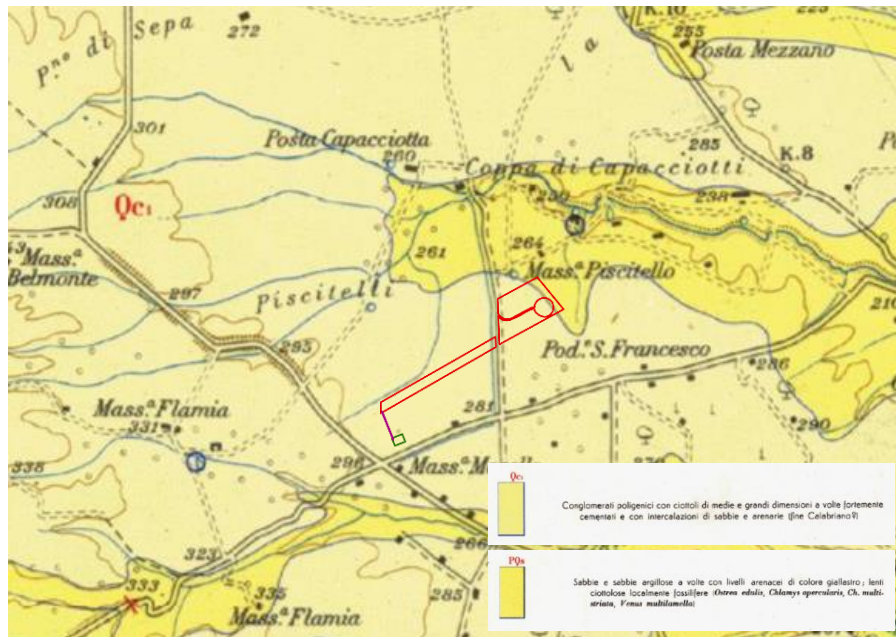


Figura 3.6: Estratto della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, "Cerignola" - Nei riquadri le aree di insediamento dell'impianto fotovoltaico.

### 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: DTM e area di progetto evidenziata in rosso.

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 Fiume Ofanto e dei suoi tributari di sinistra che hanno generato ampi terrazzi in cui si inserisce l'area progettuale che presenta una pendenza media intorno al 2%.

### 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 lungo il percorso del fiume Ofanto 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 fiume Ofanto.

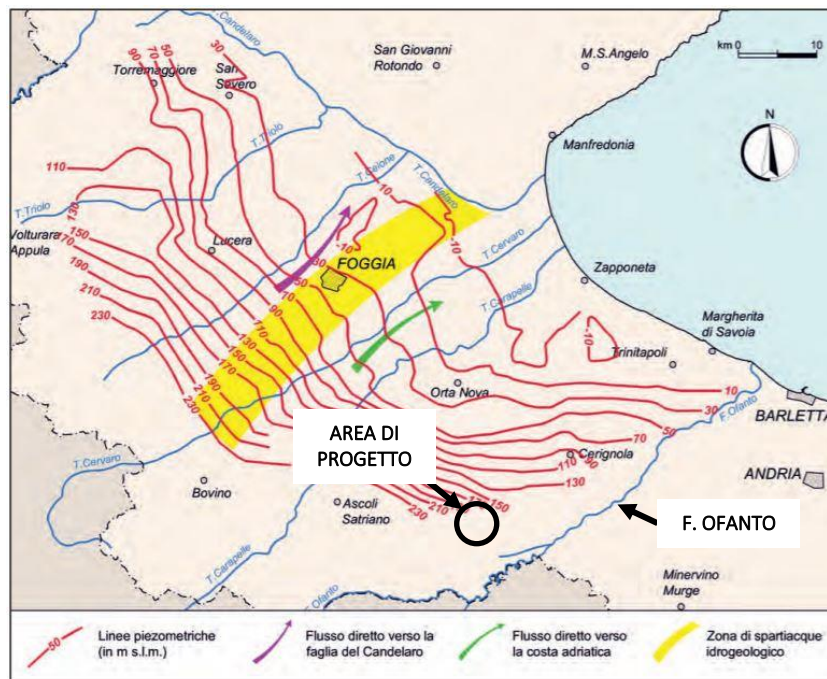


Figura 3.8: Isopieze della falda superficiale del Tavoliere relativa all'anno 2003 con indicazione delle zone ove è ubicato lo spartiacque idrogeologico (fonte ISPRA), insieme all'area di progetto.



Nell'area di studio, i depositi quaternari in facies alluvionale e lacustre descritti nel capitolo precedente vanno a costituire un potenziale acquifero proso superficiale il cui limite inferiore è rappresentato dalla formazione impermeabile argillosa di base. La potenza dell'acquifero, costituito da materiale clastico fine e grossolano, risulta variabile da pochi metri a 30-40 m.

Tale falda superficiale ha potenzialità estremamente variabili da zona a zona, anche in base alle modalità del ravvenamento che avviene prevalentemente dove sono presenti in affioramento materiali sabbioso-ghiaiosi.

I carichi piezometrici raggiungono valori di 200 ÷ 300 m s.l.m. nelle zone più interne, per poi ridursi a pochi metri spostandosi verso la costa. Quindi a circa 30-50 metri dal piano campagna dell'area di intervento.

Va segnalato che, a seguito dei naturali processi di alimentazione e deflusso, nonché in relazione a massicci emungimenti uso irriguo, la superficie piezometrica subisce sensibili escursioni nell'arco dell'anno, raggiungendo oscillazioni stagionali dell'ordine anche della decina di metri.

### 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 17 "Puglia-Gargano", 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 tutti i corsi idrici fluviali presenti nel territorio e considerati dal Piano di Gestione delle Acque.

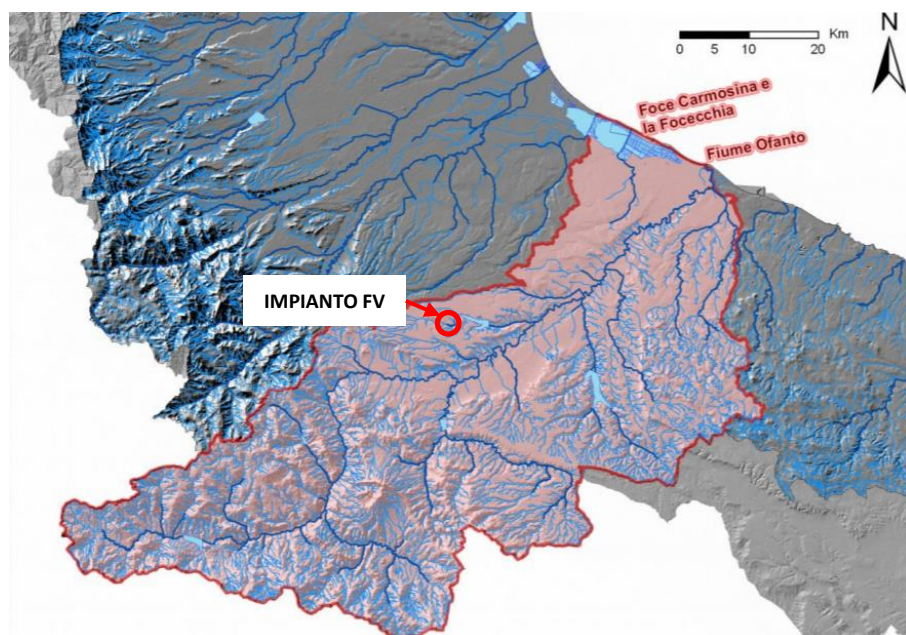


Figura 3.9: Corpi idrici superficiali (Relazione PGRA - AdB Puglia) ed ubicazione area di progetto.

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 fiume Ofanto, come mostrato in Figura 3.9 Figura 3.10 e Figura 3.10, il quale risulta non rivestito e vegetato con tracciato a tratti meandrico da Sud Ovest verso Nord Est.

Il fiume Ofanto sgorga dall'Altopiano Irpino (715 m) e scorre per circa 180 km prima di sfociare nel Mare Adriatico tra i comuni di Barletta e Margherita di Savoia (BT). Il bacino dell'Ofanto, chiuso a mare, si estende per circa 3060 km<sup>2</sup>, interessando il territorio di tre regioni (Campania, Basilicata e Puglia) e comprendendo settori altimetrici di territorio che variano da quello montuoso a quello di pianura (*Relazione Ofanto – 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 - AdBP*).

Tale torrente mostra un andamento delle portate irregolare, da cluse decine fino a diverse centinaia di metri cubi al secondo alla foce. Il torrente e la sua fascia fluviale risultano stabili nell'ultimo ventennio.

Dal punto di vista litologico, considerando l'intero bacino chiuso a mare, si osserva che l'unica unità litologica che supera il 10% del bacino è costituita da sabbie arenarie, ghiaie e conglomerati, calcareniti, silt e argille di ambiente di transizione e/o continentale. Si tratta di una unità estremamente eterogenea con porosità primaria che varia da bassa a elevata. Altre unità litologiche prevalenti risultano presenti intorno al 7%.

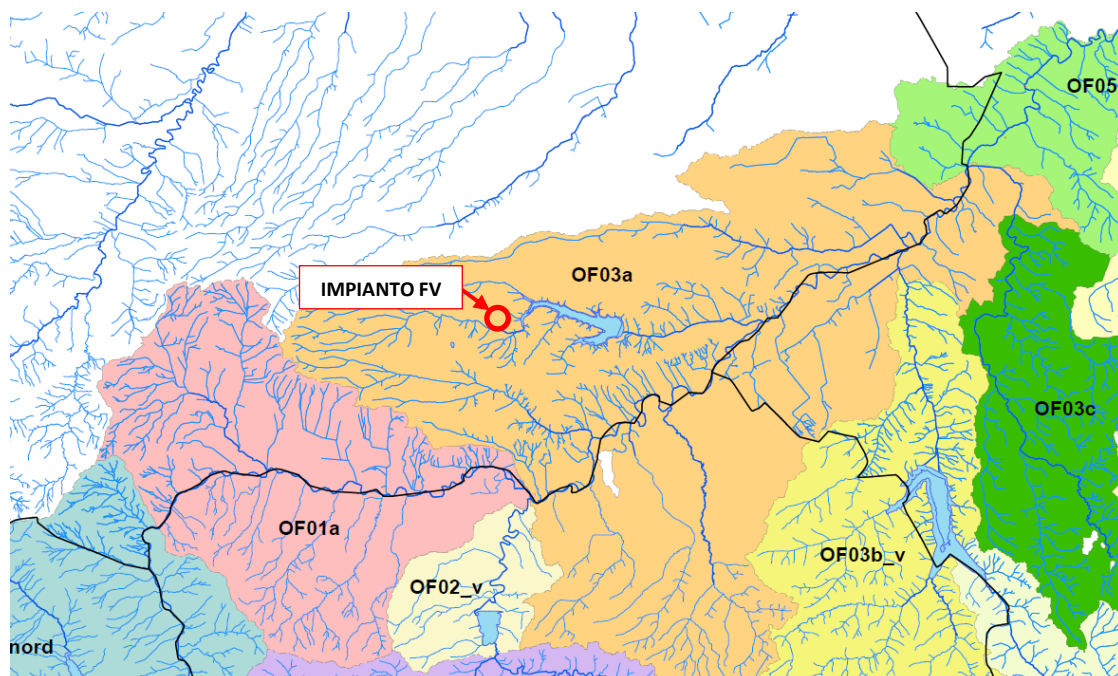


Figura 3.10: Stralcio carta dei corsi d'acqua ricadenti nel bacino del fiume Ofanto con area contributiva uguale o maggiore di 25 kmq (Relazione Ofanto, allegato 2.1). La sigla OF03a identifica una sezione dell'Ofanto.

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

Una sola tipologia di depositi è riconoscibile nell'area di interesse (progetto fotovoltaico, linea di connessione, cabina di consegna): unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica.

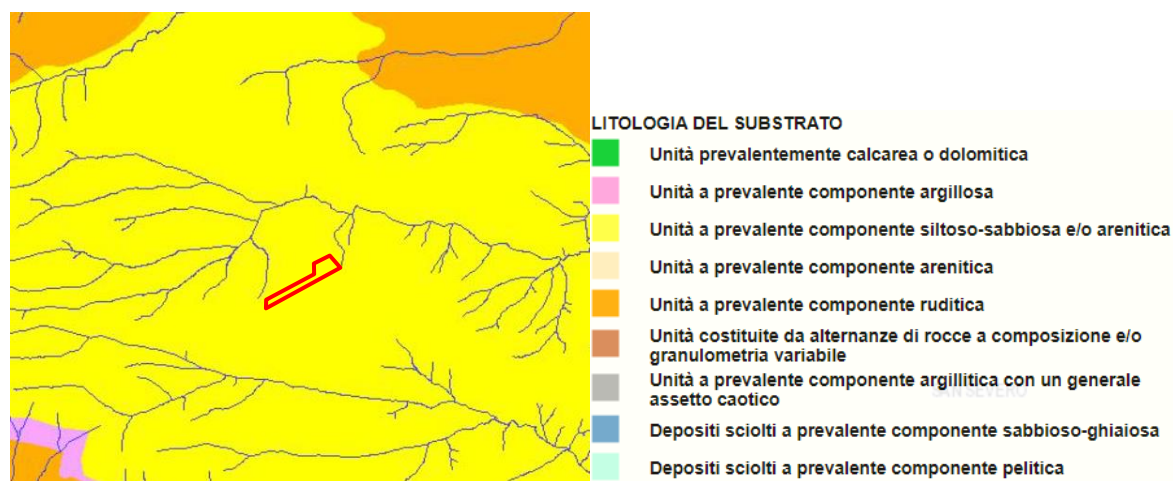


Figura 3.11: Stralcio carta idrogeomorfologica della Regione Puglia, in rosso l'area di progetto.

In riferimento all'uso del suolo del bacino del fiume Ofanto, si ritrovano principalmente terreni seminativi non irrigui nella parte montana e di media valle, mentre verso la foce è caratterizzato da uliveti e vigneti.

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

I comuni di Ascoli Satriano appartengono 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. L'area di progetto ricade in quello definito "Ofanto", che è così descritto:

"L'Ofanto è il più importante fiume della Puglia, oltre che il fiume più lungo fra quelli che sfociano nell'Adriatico a sud del Reno ed in assoluto il secondo del Mezzogiorno d'Italia dopo il Volturno. Il reticolo idrografico è molto più esteso ed articolato sul versante destro rispetto a quello sinistro dove tra i maggiori affluenti si annoverano il Torrente Osento, il Torrente Rio Salso ed il Torrente Marana Capaciotti. Sul versante destro i torrenti più significativi sono il Torrente Ficocchia, la Fiumara di Atella, la Fiumara Arcidiaconata, la Fiumara di Venosa, il Torrente Olivento e il Torrente Locone."



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.

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 non risulta presente alcuna fascia di pericolosità idraulica come dimostrato nella Figura 3.12.

Per quanto riguarda le linee di connessione e la cabina di consegna, queste non risultano ricadere in aree a pericolosità idraulica, sulla base delle mappe di rischio del PAI.

Inoltre, è stata effettuata un'analisi del PGRA aggiornato dal 30/03/2016 riguardo l'area di progetto e la linea di connessione. Entrambe le aree non risultano mappate.

Eventuali interferenze presenti con corsi irrigui minori saranno superate mediante TOC (trivellazione orizzontale controllata).



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 l'area di progetto.



## 4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI

### 4.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE

Il progetto sarà eseguito in regime “agrivoltaico” che produce energia elettrica “zero emission” da fonti rinnovabili attraverso un sistema integrato con l’attività agricola.

L’impianto fotovoltaico ha una potenza nominale di picco pari a 17,44 MW.

L’area di progetto risulta distinta in 2 sezioni interessando complessivamente circa 29 ha.

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 settembre 2018. Tale soluzione emessa da Terna con Prot. TERNA/P20180016951-25/09/2018 è stata accettata dalla proponente e prevede la connessione dell’impianto alla RTN nella SE denominata “Valle” a 150 kV.

### 4.2 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI PRINCIPALI DELL’IMPIANTO FOTOVOLTAICO

L’impianto fotovoltaico con potenza nominale di picco pari a 17,44 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 “Stornara”;
- 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. 5 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 o trivellati 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.

#### 4.2.1 Moduli fotovoltaici e strutture di supporto

I moduli fotovoltaici utilizzati per la progettazione dell'impianto, saranno di prima scelta, del tipo silicio monocristallino a 120 celle, indicativamente della potenza di 600 Wp, 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 parti a +55° -55°.

- Altezza min: 0,85 m (rispetto al piano campagna);
- Altezza max: 4,765 m (rispetto al piano campagna).

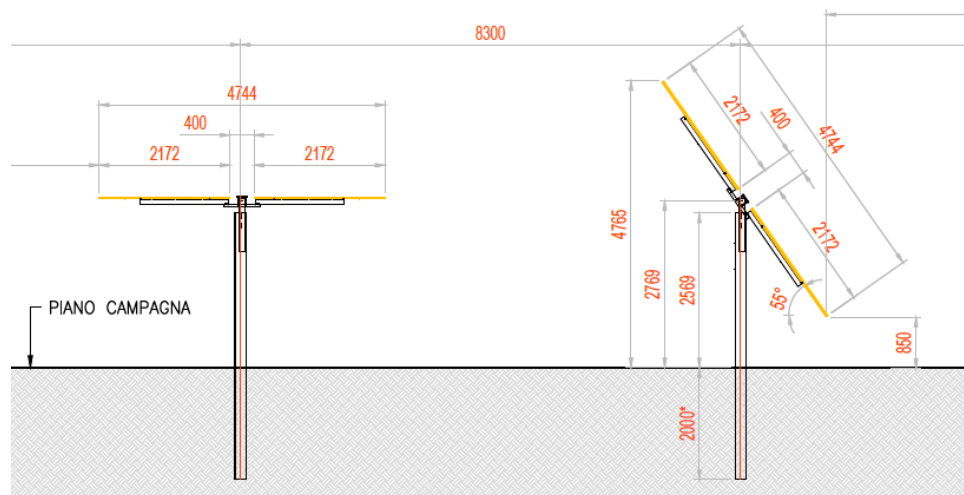


Figura 4.1: Particolare strutture di sostegno moduli.

In via preliminare sono previste due tipologie di portali: uno costituito da 30 moduli e uno costituito da 15 moduli, montati con una disposizione su due file in posizione verticale. Tale configurazione potrà variare in conseguenza della scelta del tipo di modulo fotovoltaico.



I materiali delle singole parti saranno armonizzati tra loro per quanto riguarda la stabilità, la resistenza alla corrosione e la durata nel tempo.

#### **4.2.2 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.

#### **4.2.3 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.

#### **4.2.4 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.

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.

### 4.3 LINEA DI CONNESSIONE

Di seguito il percorso di connessione in cavidotto tra l'impianto fotovoltaico e la sottostazione di trasformazione della RTN 150 kV denominata "Valle". Il collegamento avverrà mediante una linea di connessione interrata in MT fino alla cabina di trasformazione SEU e mediante una linea di connessione interrata in AT dalla SEU fino alla sottostazione SE RTN 150 kV.



Figura 4.2: Area di progetto (rosso), percorso di connessione (giallo) e cabina di trasformazione (blu).





In dettaglio il tracciato di connessione MT che consiste in un tratto di lunghezza di circa 250 m 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.

Il collegamento alla stazione RTN di Terna permetterà di convogliare l'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico alla rete ad alta tensione, 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.

#### **4.4 CONNESSIONE ALLA SE RTN**

L'impianto fotovoltaico sarà connesso in antenna a 150 kV alla sottostazione di trasformazione della RTN 150 kV denominata "Valle" sempre nel comune di Ascoli Satriano, mediante una linea di connessione interrata in AT. Il cavidotto partirà dalla cabina di trasformazione esterna al parco. Tale cabina sarà in condivisione con altri parchi fotovoltaici.

Nella cabina di consegna saranno presenti tutti gli elementi di protezione, sezionamento e misura per la corretta connessione dell'impianto alla RTN; nella stessa è localizzato il punto di misura fiscale principale e bidirezionale e le protezioni generale DG e di interfaccia DI richieste dalla norma CEI 0-16 e dal codice di rete TERNA.



## 5. 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.

### 5.1 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.

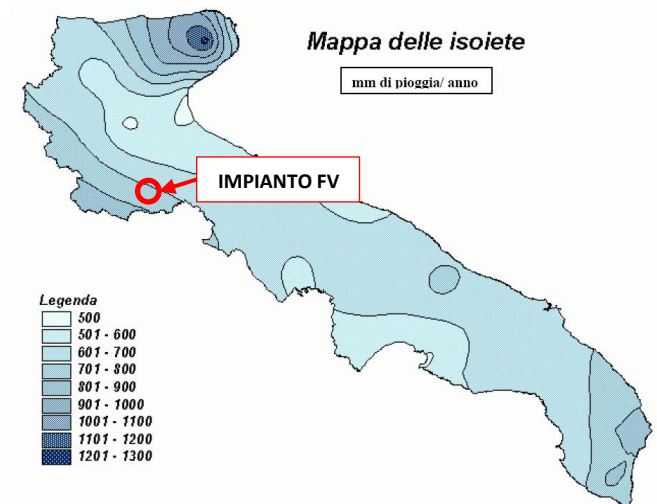


Figura 5.1: Mappa delle isoiete della Regione Puglia.

## 5.2 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.

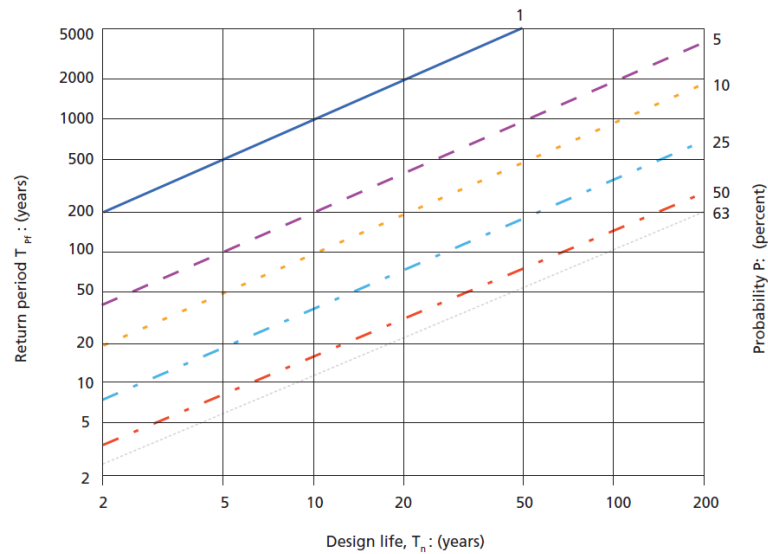


Figura 5.2: Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in N anni.

La durata della vita utile dell’impianto fotovoltaico in oggetto è assunta pari a 25 anni.

Il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione di progetto è stato assunto pari a 25 anni.

### 5.3 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 25 anni, pertanto il tempo di ritorno per il calcolo della precipitazione è stato assunto pari a 25 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 6 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 4 della Puglia meridionale, vedasi Figura 5.3, da cui risulta la seguente equazione determinante la CPP:

$$h(t) = 24,70 t^{0.256} \quad (2)$$

Dove:

$h(t)$  = Altezza della pioggia [mm] per fissata durata  $t$ ;

$t$  = durata dell'evento pluviale [ore].

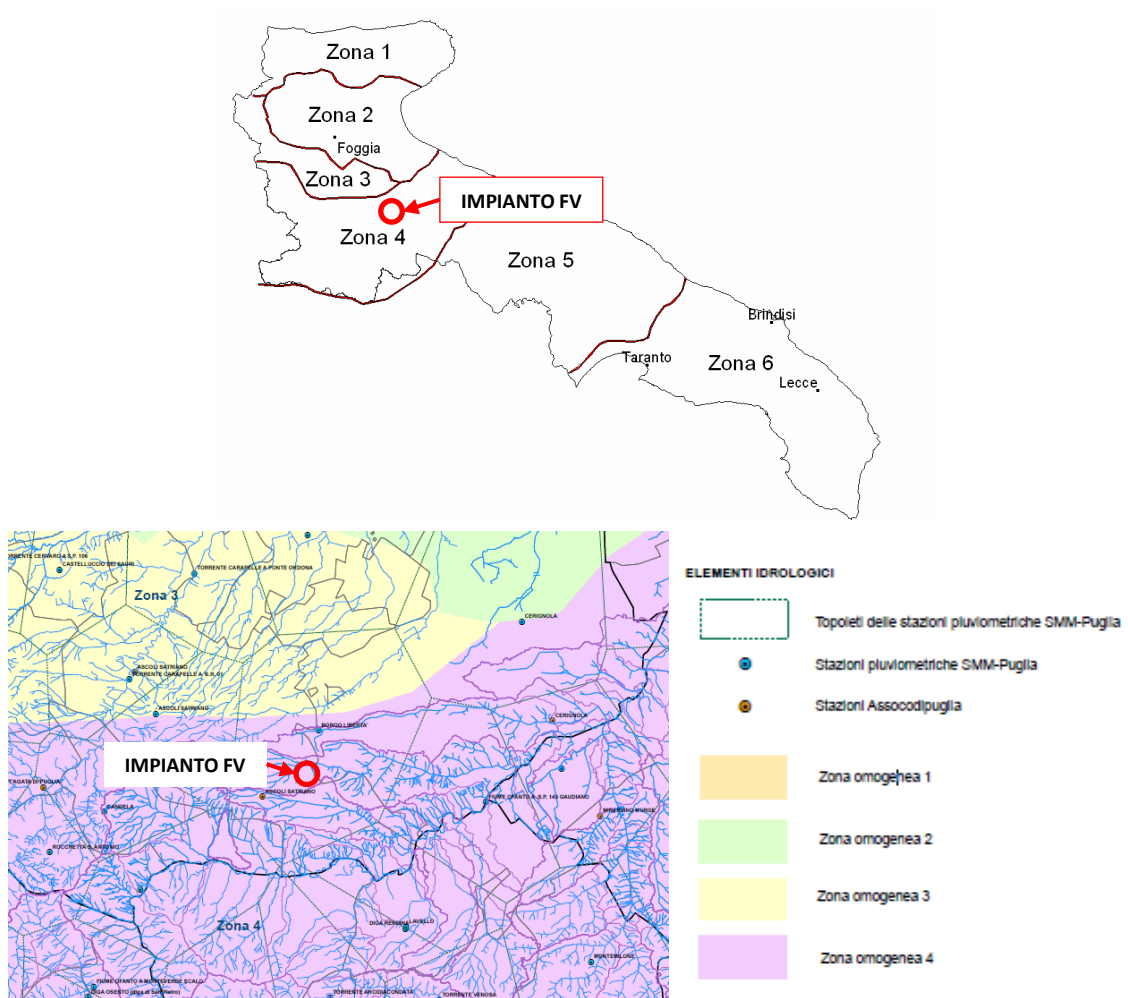


Figura 5.3: Sottostazioni pluviometriche omogenee (Zona 3) e area di progetto (rosso).

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).

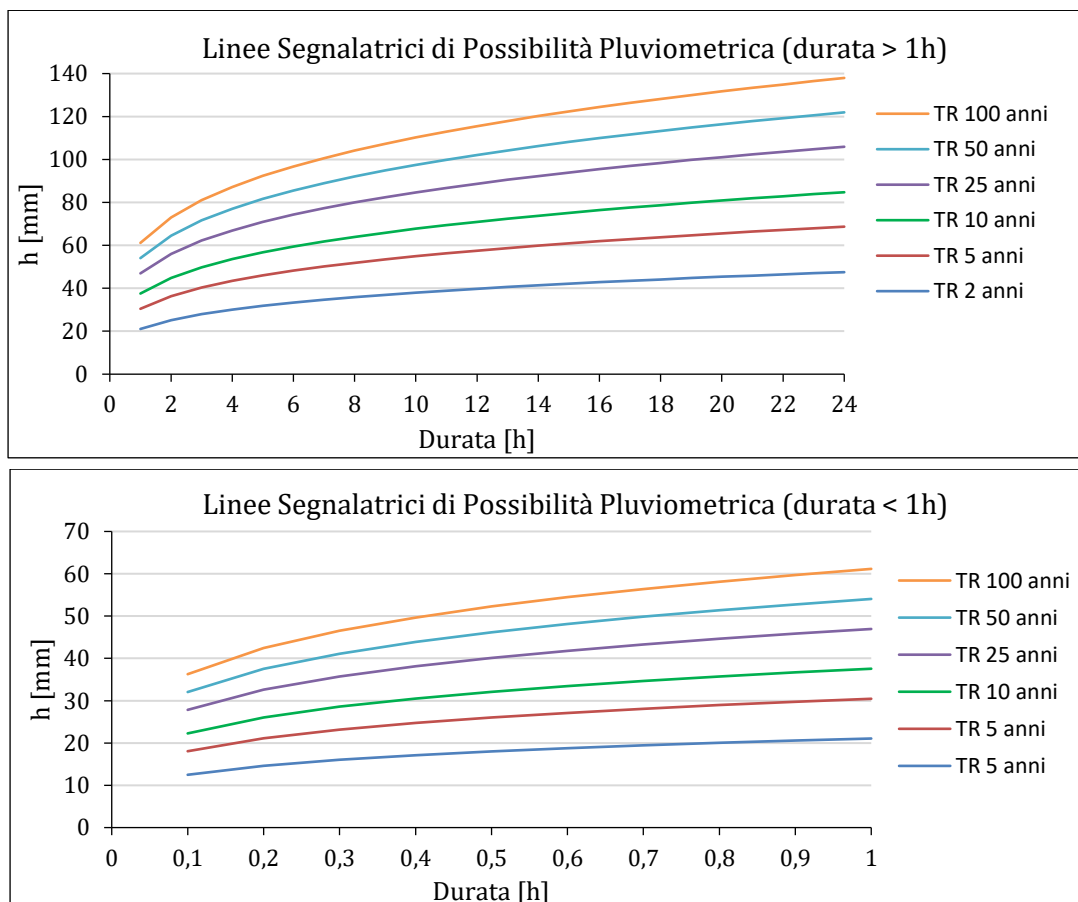


Figura 5.4: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata > 1h e < 1h.



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 5.1: 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	17,99	26,02	32,09	40,11	46,18	52,25
1	21,1	30,4	37,6	46,9	54,1	61,2
2	25,1	36,4	44,8	56,1	64,5	73,0
3	27,9	40,3	49,7	62,2	71,6	81,0
4	30,0	43,4	53,6	66,9	77,1	87,2
5	31,8	46,0	56,7	70,9	81,6	92,3
6	33,3	48,2	59,4	74,3	85,5	96,7
7	34,7	50,1	61,8	77,3	89,0	100,6
8	35,9	51,9	63,9	79,9	92,0	104,1
9	37,0	53,4	65,9	82,4	94,9	107,3
10	38,0	54,9	67,7	84,6	97,5	110,3
11	38,9	56,3	69,4	86,7	99,9	113,0
12	39,8	57,5	70,9	88,7	102,1	115,5
13	40,6	58,7	72,4	90,5	104,2	117,9
14	41,4	59,8	73,8	92,3	106,2	120,2
15	42,1	60,9	75,1	93,9	108,1	122,3
16	42,8	61,9	76,4	95,5	109,9	124,4
17	43,5	62,9	77,6	97,0	111,6	126,3
18	44,1	63,8	78,7	98,4	113,3	128,2
19	44,7	64,7	79,8	99,8	114,9	130,0
20	45,3	65,6	80,9	101,1	116,4	131,7
21	45,9	66,4	81,9	102,3	117,8	133,3
22	46,5	67,2	82,9	103,6	119,3	134,9
23	47,0	67,9	83,8	104,8	120,6	136,5
24	47,5	68,7	84,7	105,9	121,9	138,0

## 5.4 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).

La simulazione basata sul modello digitale de terreno 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.

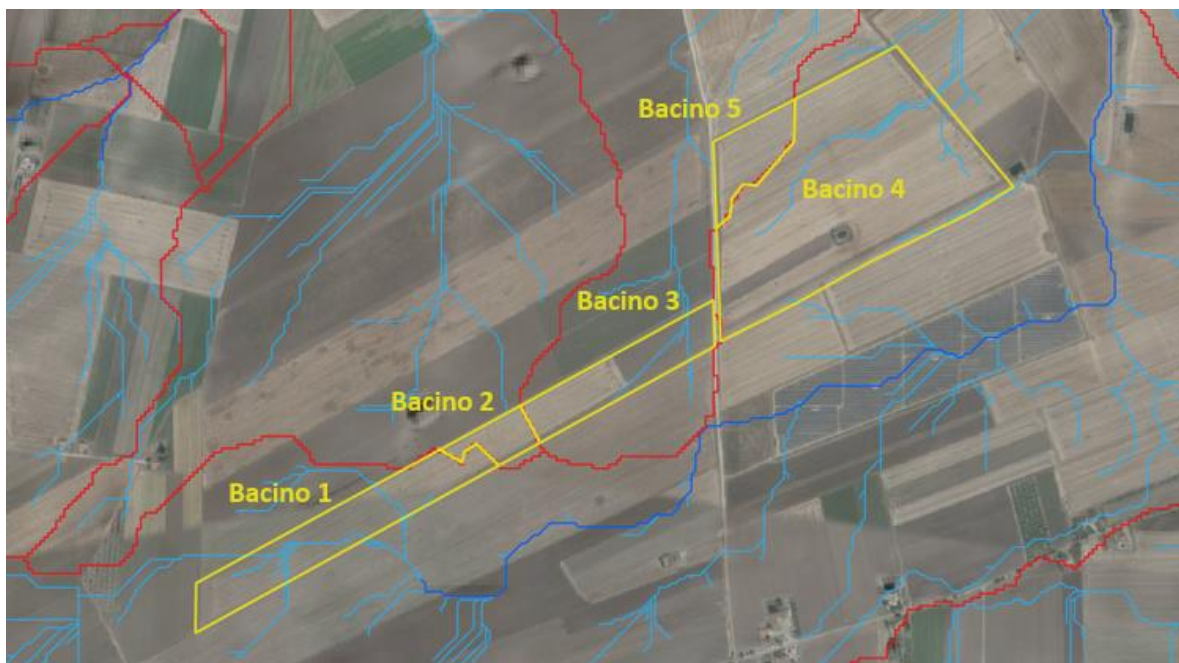


Figura 5.5: Delimitazione bacini scolanti e codifica (giallo), reticolo di drenaggio esterno ed interno alle sezioni di progetto (blu) e limiti bacini idrografici (rosso).

Tutti i bacini identificati risultano essere interessati dall'installazione dei pannelli. La Tabella 5.2 seguente riporta i bacini scolanti individuati e relative superfici, evidenziando quelli che presentano aree di alimentazione esterne all'area di progetto (Bacino 1). 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 5.2: Bacini scolanti distinti in base alle aree di drenaggio, interne oppure esterne all'area di progetto (rispettive superfici).

BACINI DI DRENAGGIO INTERNI		BACINI DI DRENAGGIO CON ALIMENTAZIONE ESTERNA	
ID Bacino	Area [mq]	ID Bacino	Area [mq]
Bacino 2	10.332	Bacino 1	49.976
Bacino 3	31.853		
Bacino 4	162.382		
Bacino 5	19.505		

## 5.5 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.

### 5.5.1 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 da calcareniti argillose, dunque si tratta di un terreno è principalmente sabbioso, pertanto secondo l'analisi dell'Autorità di Bacino della Puglia aggiornata al 2013 riguardo la stima del Curve Number (CN) e della capacità di assorbimento delle diverse unità geolitologiche della regione (metodo SCS-CN), il terreno in esame ricade nella categoria di permeabilità di tipo B. In riferimento a tali considerazioni, valutando la tipologia di uso del suolo, il valore del CN è stato assunto pari a 76 (Relazione Ofanto, allegato 3.3.1, tabelle 5 e 7).



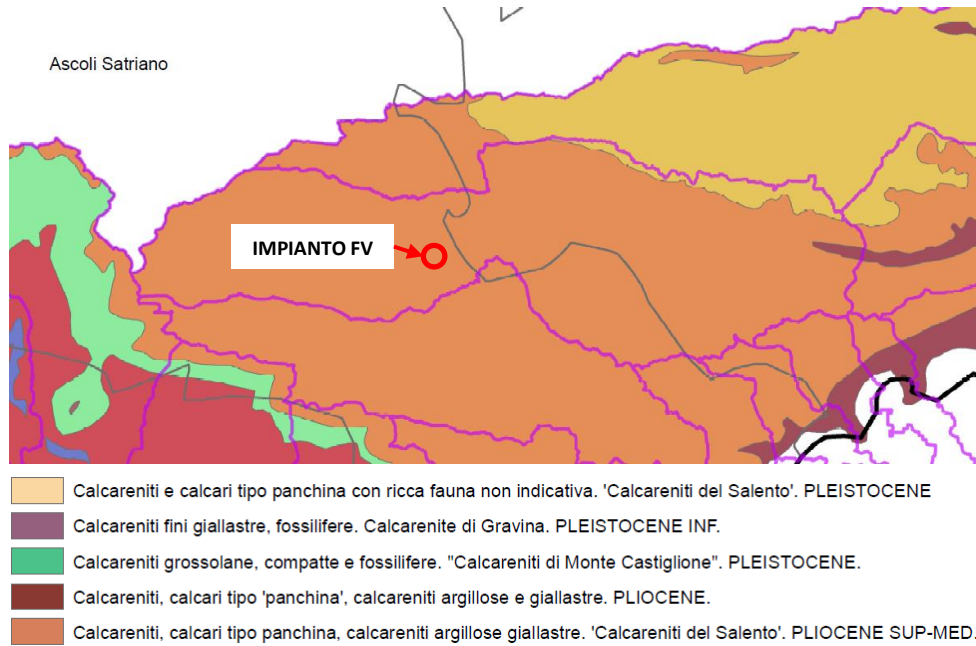


Figura 5.6: Stralcio carta geolitologica (Fonte: AdBP Carapelle - Allegato 1.2.1).

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.

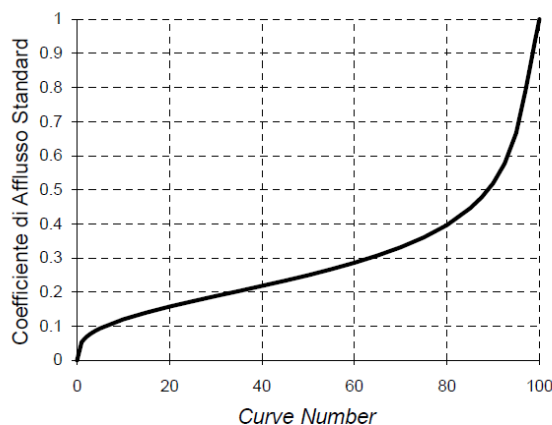


Figura 5.7: Correlazione da letteratura SCS-CN vs. coeff. afflusso/deflusso.

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro  $\phi$  è stato quindi assunto pari a 0,47.

### 5.5.2 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 8,3 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 5.8: 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 5.3: 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	25,0	8,2	0,33	4,10	0,16	0,47	0,56

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.

## 5.6 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:

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

Dove:

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

$\phi$  = 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.

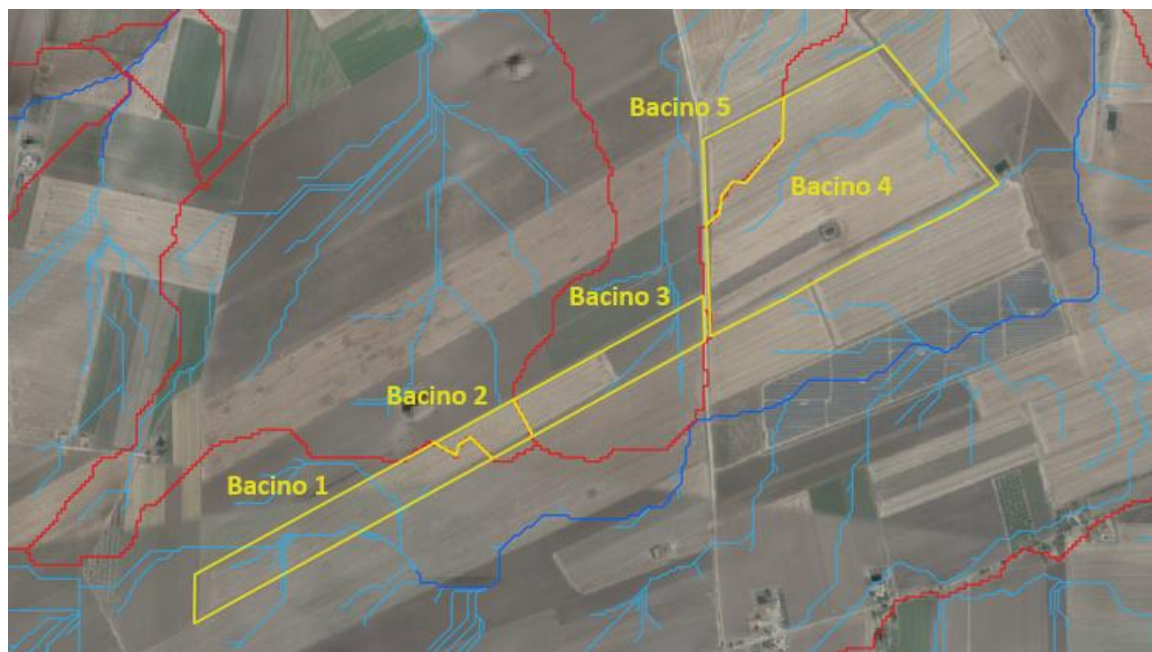


Figura 5.9: Delimitazione aree di impianto e rete di drenaggio naturale interna.

Tabella 5.4: Determinazione delle portate di progetto nello scenario ante- e post- operam.

BACINO	BACINO 1	BACINO 2	BACINO 3	BACINO 4	BACINO 5
S [mq]	49.976	10.332	31.853	162.382	19.505
S [ha]	5,00	1,03	3,19	16,24	1,95
S [kmq]	0,05	0,01	0,03	0,16	0,02
L <sub>asta</sub> [m]	283	35	220	490	162
t <sub>c</sub> [h]	0,31	0,26	0,29	0,35	0,28
Kt [-]	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
h(60) [mm]	46,9	46,9	46,9	46,9	46,9
h(t) [mm]	35,9	34,5	35,5	36,9	35,2
Intensità [mm/h]	117	134	121	106	125
Coeff. deflusso ante-operam	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Coeff. deflusso post-operam	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Portata al colmo ante-operam Q <sub>cr</sub> [mc/s]	<b>0,76</b>	<b>0,18</b>	<b>0,50</b>	<b>2,25</b>	<b>0,32</b>
Portata al colmo post-operam Q <sub>cr</sub> [mc/s]	0,91	0,21	0,60	2,67	0,38



Lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso pari a circa il 19% principalmente dovuto all'incremento di 0,19 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.