



SETTEMBRE 2022

## FLYNIS PV 20 SRL

IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO

COLLEGATO ALLA RTN

POTENZA NOMINALE 55 MW

LOCALITÀ POSTA D'INNANZI

COMUNE DI SAN MARCO IN LAMIS (FG) E SAN GIOVANNI ROTONDO (FG)

Montagna

## PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Relazione idrologica e idraulica

### Progettista

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

### Codice elaborato

2748\_5013\_SL\_VIA\_R06\_Rev0\_Relazione idrologica e idraulica



## Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2748_5013_SL_VIA_R06_Rev0_Relazione idrologica e idraulica	09-2022	Prima emissione	SMo	CP	L. Conti

## Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Maria Conti	Direzione Tecnica	Ordine Ing. Pavia 1726
Corrado Pluchino	Project Manager	Ordine Ing. Milano A27174
Riccardo Festante	Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni	Tecnico acustico/ambientale n. 71
Daniele Crespi	Coordinamento SIA	
Giulia Peirano	Architetto	Ordine Arch. Milano n. 20208
Francesca Jasparro	Esperto Ambientale	
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	Ordine Ing. Milano A29719
Mauro Aires	Ingegnere strutturista	Ordine Ing. Torino 9583J
Matteo Lana	Ingegnere Ambientale	
Marco Corrà	Architetto	
Sergio Alifano	Architetto	
Paola Scaccabarozzi	Ingegnere Idraulico	
Sonia Morgese	Ingegnere Idraulico	
Michela Zurlo	Ingegnere Civile	
Matthew Piscedda	Perito Elettrotecnico	
Matteo Cuda	Naturalista	
Andrea Fanelli	Perito Elettrotecnico	
Michele Pecorelli (Studio Geodue)	Geologo - Indagini Geotecniche Geodue	Ordine Geologi Puglia n. 327
Nazzario D'Errico	Agronomo	Ordine Agronomi di Foggia n. 382
Antonio Bruscella	Archeologo	

**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 | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

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





Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Marianna Denora	Architetto - Acustica	Ordine Architetti Bari, Sez. A n. 2521
Giovanni Cis	Progetto di Connessione	Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano n. 28287
Antonio Acito	Progetto di Connessione /Rilievo Topografico	

**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 | Siracusa

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>9</b>
<b>3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>10</b>
3.3.1 Inquadramento morfologico .....	10
3.3.2 Lineamenti geologici .....	12
3.3.3 Inquadramento idrogeologico .....	13
<b>3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO.....</b>	<b>14</b>
3.4.1 Inquadramento idrologico, idraulico e geomorfologico .....	17
<b>3.5 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO E DELLA LINEA DI CONNESSIONE ...</b>	<b>19</b>
3.5.1 Piano Assetto Idrologico (PAI) .....	19
3.5.2 Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) .....	22
3.5.3 DBPRIOR10K .....	24
3.5.4 IGM .....	25
<b>4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>26</b>
4.1.1 Moduli fotovoltaici e strutture di supporto .....	27
4.1.2 Cabine di campo .....	27
4.1.3 Cavi di potenza e di controllo.....	28
4.1.4 Rete di drenaggio interna.....	28
<b>4.2 LINEA DI CONNESSIONE.....</b>	<b>29</b>
<b>5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO, LINEA DI CONNESSIONE, CABINA DI CONSEGNA/COLLEGAMENTO SE RTN .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1 IDENTIFICAZIONE DELL'INTERFERENZA .....</b>	<b>31</b>
<b>5.2 METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC .....</b>	<b>32</b>
5.2.1 Analisi qualitativa .....	32
5.2.2 Analisi quantitativa .....	33
<b>5.3 LAYOUT DI PROGETTO .....</b>	<b>35</b>
<b>5.4 PERCORSO DI CONNESSIONE .....</b>	<b>36</b>
5.4.1 P01 .....	36
<b>6. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>40</b>
<b>6.1 CONSIDERAZIONI CLIMATICHE .....</b>	<b>40</b>
<b>6.2 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO .....</b>	<b>41</b>
<b>6.3 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE.....</b>	<b>42</b>
<b>6.4 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO .....</b>	<b>45</b>





<b>6.5 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA) .....</b>	<b>47</b>
6.5.1 Valutazione ante-operam .....	48
6.5.2 Valutazione post operam .....	48
<b>6.6 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST-OPERAM ..</b>	<b>50</b>
<b>7. VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI .....</b>	<b>55</b>
<b>7.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO .....</b>	<b>55</b>
7.1.1 Punti di scarico dei canali di drenaggio .....	58
<b>7.2 SISTEMA DI INFILTRAZIONE E LAMINAZIONE NELL'AREA DI INTERVENTO.....</b>	<b>59</b>
<b>8. CONCLUSIONE .....</b>	<b>61</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 e della linea di connessione 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 dal PAI dell'Autorità di Bacino Regionale/Interregionale Puglia/Ofanto e dal PGRA del Distretto dell'Appennino Meridionale (AdB DAM). Per l'individuazione di elementi idrici nei pressi dell'area di progetto, sono stati anche consultati la cartografia base dell'Istituto Geografico Militare scala 1:25.000, il progetto DBPRIOR10K e le immagini ed ortofoto ricavate da Google Earth o da rilievo.

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 Puglia/Ofanto, ed è costituito da:

- analisi delle piogge, eseguita utilizzando le indicazioni riportate sul progetto Valutazione Piene (VAPI) del Gruppo Nazionali Difesa Catastrofi Idrogeologiche (GNDCl);
- 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.



## **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.

#### **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 del layout di progetto.

#### **2.1.2 Rilievo topografico**

Nella primavera 2022 è stato eseguito un rilievo topografico 3D al fine di definire l'andamento planimetrico 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;
- Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Appennino Meridionale;
- 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 in esame è ubicato nel territorio comunale di San Marco in Lamis e di San Giovanni Rotondo, Provincia di Foggia. L'area di progetto è divisa in 11 siti, C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10 e C11. Le 11 aree risultano situate a Nord della frazione Villaggio Amendola, a circa 15 km a sud est del centro abitato di San Marco in Lamis, a 15 km a sud ovest del centro abitato di San Giovanni Rotondo e a circa 16 km a nord-est del centro abitato di Foggia. Gli 11 siti ricadono in un'area racchiusa ed est dalla Strada Provinciale n.60 (SP60), a nord dal Torrente Celone e dal torrente Candelaro, mentre a ovest dalla Strada Provinciale n.26 (SP26) e a sud dalla Strada Statale n.89 Garganica (SS89).

I siti C1, C5, C6 e C11 sono collocati a ovest della Strada Provinciale n.74 (SP74), mentre i restanti siti sono collocati ad est della suddetta strada. Inoltre i siti C9 e C10 risultano divisi dal dall'area di progetto dalla Strada Provinciale n.25, a circa 200 metri a sud ovest dai due siti.

Nello specifico i siti sono così identificati:

- Area C1: a sud ovest dell'incrocio tra la SP47 e la strada Contrada Petrullo, a pochi metri a ovest della Masseria Schiena. Estensione catastale pari a circa 8,76 ettari (7,45 ha cintati);
- Area C2+C3: ad est della SP74, nel tratto compreso tra la SP25 e la SS89, in prossimità della Masseria Siena. Estensione catastale pari a circa 25,61 ettari (C2 con 16,71 E C3 con 2,4 ha cintati);
- Area C4: lungo lato est della SP74 e ad ovest della Masseria Cascavilla, estensione catastale pari a circa 2,73 ettari (1,07 ha cintati); estensione area recintata pari a circa 1,6 ettari;
- Area C5: a circa 300 metri a nord est della Masseria Scarano, ad est del sito C6. Estensione catastale pari a circa 5,37 ettari (4,34 ha cintati);
- Area C6: lungo lato ovest della SP74, a sud del sito C1 e nelle prossimità della Masseria Chiancata. Estensione catastale pari a circa 8,49 ettari (7,24 ha cintati);
- Area C7: lungo lato est della SP74, a sud del sito C4 e ad ovest del sito C6. Estensione catastale pari a circa 10 ettari (8,95 ha cintati);
- Area C8: adiacente a C7, a sud est della suddetta, estensione catastale pari a circa 3,78 ettari (3,24 ha cintati);
- Area C9: a circa 190 metri a nord est della SP25, nel tratto compreso tra la SP74 e la SS89, e a circa 900 metri a sud ovest del Torrente Candelaro. Estensione catastale pari a circa 17,86 ettari (6,43 ha cintati);
- Area C10: a circa 170 metri a nord della Masseria Flamma e a circa a50 metri a sud est del sito C9. Estensione catastale pari a circa 5,27 ettari (3,22 ha cintati);
- Area C11: a circa 540 metri a sud della strada Contrada Petrullo, ad ovest di un canale irriguo/scolo e a circa 830 metri a ovest del sito C1. Estensione catastale pari a circa 6,2 ettari (5,47 ha cintati);

L'area di intervento complessivamente risulta essere pari a circa 94 ettari complessivi di cui 67,1 ha recintati.



Figura 3.1: Inquadramento territoriale. In rosso le aree del sito, in blu, verde e rosso i percorsi dei cavi MT di connessione diretti alla Cabina di trasformazione (celeste) e in magenta il cavo AT.

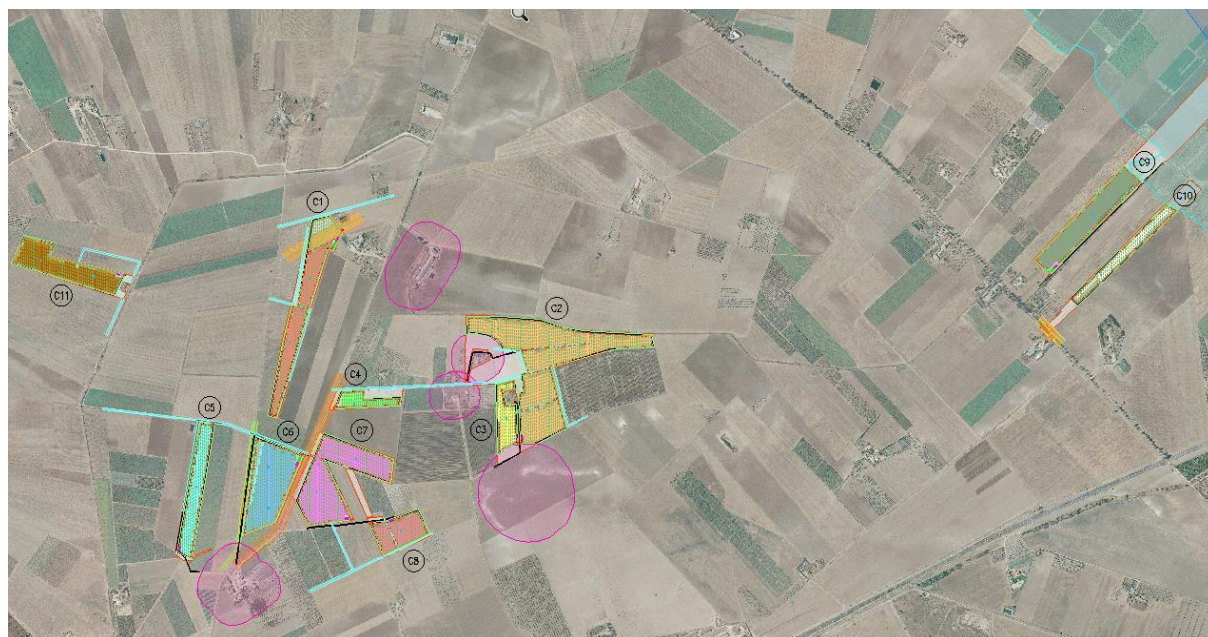


Figura 3.2: Inquadramento layout di impianto.

### 3.2 COPERTURA DEL SUOLO

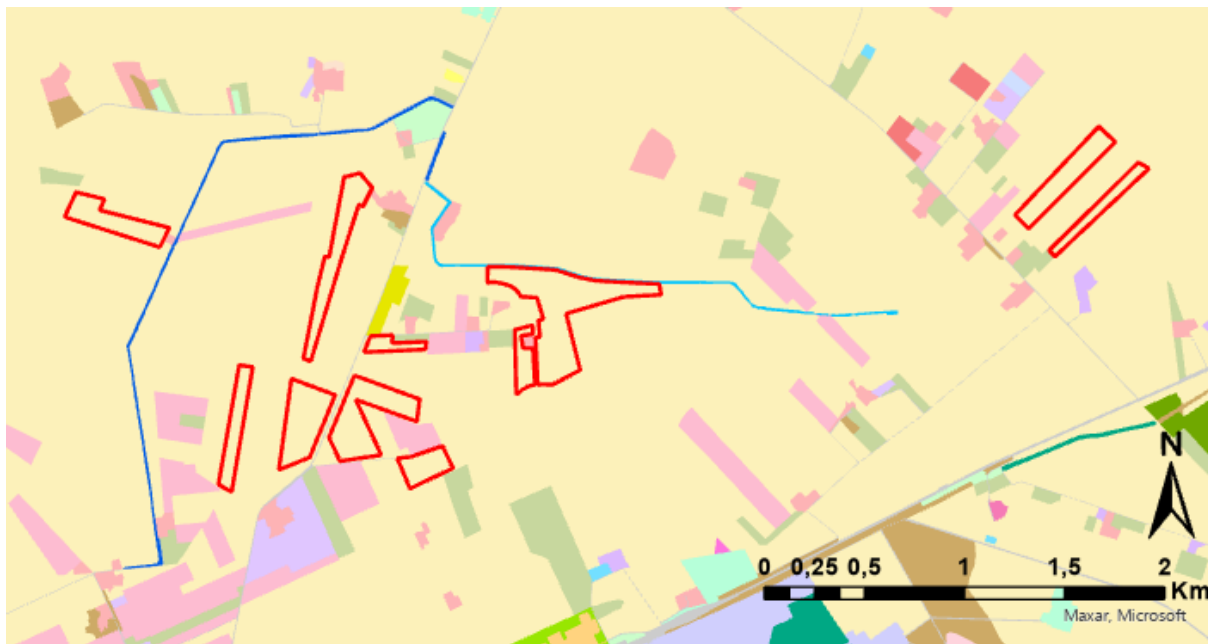
I terreni rientranti nel presente progetto sono indicati, dall'autorità regionale, come seminativi semplici in aree irrigue.

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





L'area è scarsamente antropizzata, sono presenti vigneti, uliveti e altri insediamenti produttivi agricoli. Si segnala la presenza di fiumi, torrenti, fossi, canali e idrovie nei pressi dell'area d'impianto.



**Legenda**

Area di progetto

**Uso del suolo**

- aree a pascolo naturale, praterie, incolti
- aree verdi urbane
- bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui
- boschi di conifere
- canali e idrovie
- cespuglieti e arbusteti
- colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue
- colture temporanee associate a colture permanenti
- fiumi, torrenti e fossi
- frutteti e frutti minori
- insediamenti produttivi agricoli
- insediamento commerciale

- insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati
- insediamento in disuso
- insediamento industriale o artigianale con spazi annessi
- prati alberati, pascoli alberati
- reti stradali e spazi accessori
- seminativi semplici in aree irrigue
- seminativi semplici in aree non irrigue
- sistemi colturali e particellari complessi
- suoli rimaneggiati e artefatti
- tessuto residenziale discontinuo
- tessuto residenziale rado e nucleiforme
- tessuto residenziale sparso
- uliveti
- vigneti

Figura 3.3: Stralcio carta uso del suolo (fonte: geoportale Regione Puglia).

**3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO**

**3.3.1 Inquadramento morfologico**

Il territorio in cui ricade la proposta progettuale si sviluppa lungo l'asse principale del Tavoliere delle Puglie a circa 20 Km dal litorale adriatico e comprende, a Nord, parte della media valle del Torrente Celone e a Sud la parte media dei Torrenti Cervaro e Carapelle, i cui terreni, sia sotto il punto di vista geologico che morfologico, costituiscono una unità omogenea.

La morfologia del territorio comunale è tipica della Pianura di Capitanata, ad assetto sub-orizzontale, che è l'espressione attuale dello smantellamento delle falde tettoniche dell'Appennino Dauno e della sedimentazione nell'Avanfossa Bradanica avvenuta dapprima in ambiente marino (quindi con grandi



continuazioni orizzontali dei terreni) poi in condizioni d'emersione totale con la deposizione di terreni a continuità orizzontale locale.

La totalità del territorio comunale presenta pendenze molto basse (<3%), generalmente riferibili alle piane alluvionali generate dai corsi d'acqua che lo attraversano. Nello specifico, il sito di intervento è parte integrante dell'estesa valle del Torrente Cervaro e dei suoi tributari di sinistra che hanno generato l'estesa pianura in cui si inserisce l'area progettuale. Qui le pendenze sono piuttosto contenute, mediamente < 1°, solo localmente possono raggiungere punte di 2÷3°.

L'assetto morfologico generale è caratterizzato principalmente dalla presenza di affioramenti di natura sedimentaria di origine marina e continentale, depositatisi in ambienti diversi e riflette, in gran parte, le particolari condizioni geologiche della zona.

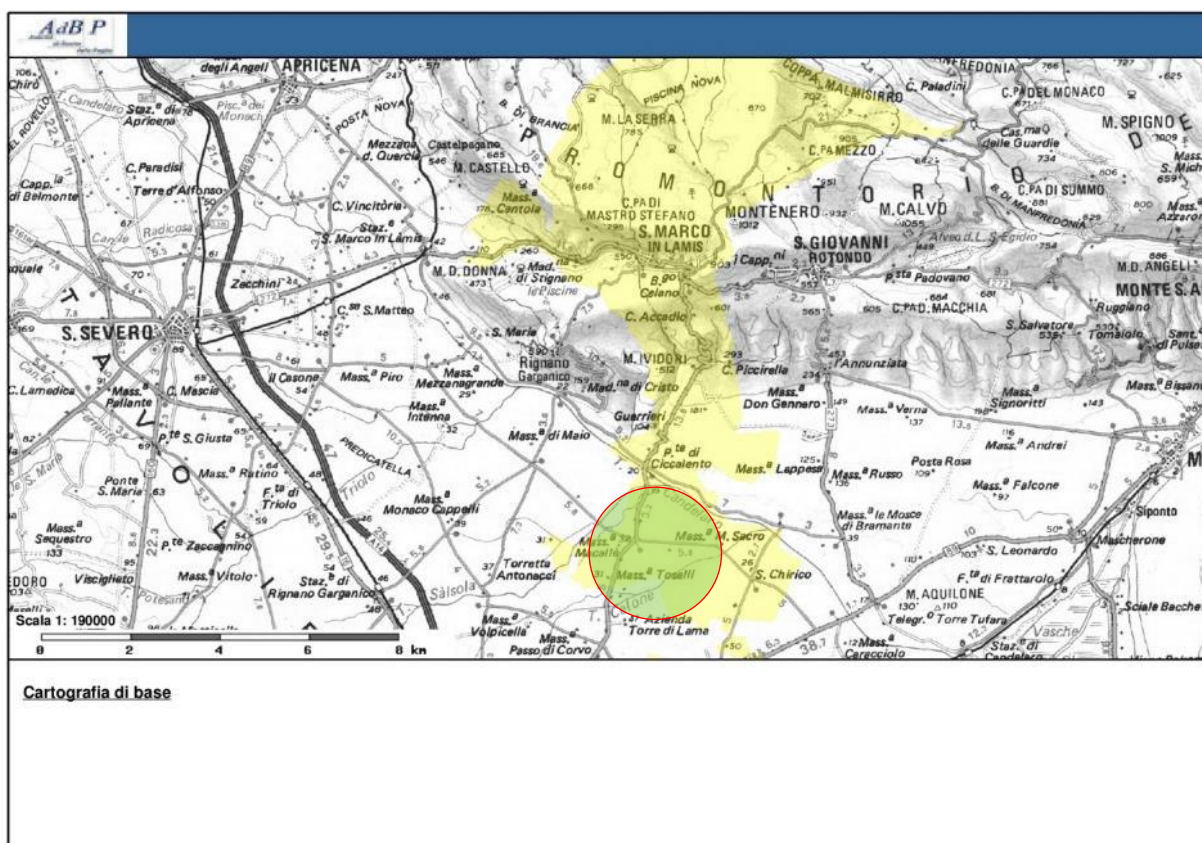


Figura 3.4: Inquadramento territoriale.

L'andamento della superficie topografica è pertanto interrotto dalle incisioni vallive, allungate generalmente in direzione SO-NE, che solcano la pianura, drenando le acque superficiali provenienti dal Subappennino. L'azione erosiva piuttosto spinta di tali corsi d'acqua ha portato ad un profondo smembramento dei terrazzi marini, di cui ne restano solo testimoni isolati di piccole dimensioni situati per lo più verso il margine occidentale, in corrispondenza delle quote più elevate del medio Tavoliere.

Come si nota in Figura 3.5, le aree di progetto più ad ovest si trovano ad altitudini comprese tra i 35 e i 50 metri s.l.m., mentre le aree più ad est (sottoaree C9 e C10) si collocano ad altitudini ridotte, attorno ai 10 metri s.l.m. Le pendenze sono rivolte principalmente da sud-ovest a nord-est, verso il torrente Candelaro.

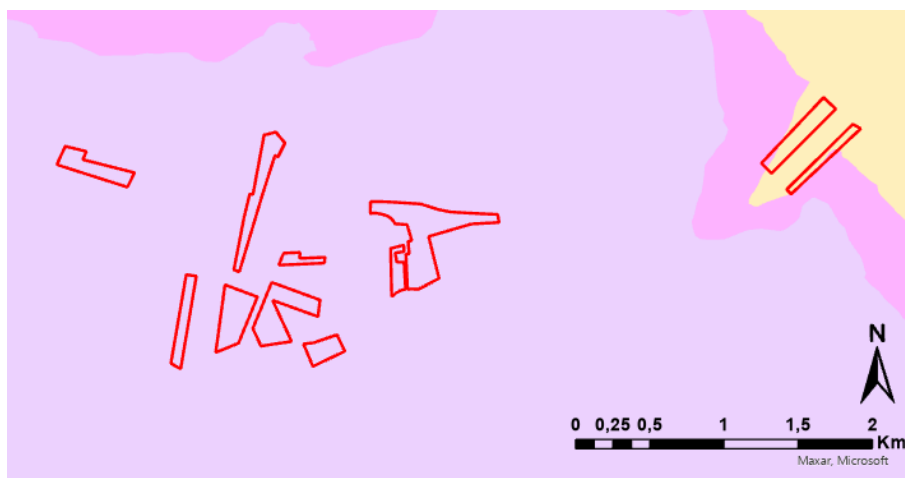
La Figura 3.6 presenta uno stralcio della Carta idrogeomorfologica della Regione Puglia, dove si mostra a scala di progetto la tipologia dei depositi e note di dettaglio in merito all'idrografia e alla morfologia. Le sottoaree da C1 a C8 e C11 sono a componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica, mentre le sottoaree C9-C10 sono caratterizzate da depositi di componente pelitica o sabbiosa-ghiaiosa.



**Legenda**

- Area di progetto
- DTM [m s.l.m.]
- 56,87
- 4,65

Figura 3.5: Andamento altimetrico secondo il DTM Puglia. In rosso le aree di progetto.



**Legenda**

- Area di progetto
- Litologia
- Depositi sciolti a prevalente componente pelitica
- Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa
- Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica

Figura 3.6: Stralcio carta idrogeomorfologica (litologia) della regione Puglia.

### 3.3.2 Lineamenti geologici

La situazione geomorfologica, stratigrafico-strutturale, idrogeologica e tettonica dei terreni presenti nell'area è stata ricostruita partendo dai dati contenuti nel foglio 164 "Foggia" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000 redatta dal Servizio Geologico di Stato, (1967) e dal foglio 408 Foggia, in scala 1:50.000 della Carta Geologica (progetto CARG, 2011), oltre alle molteplici pubblicazioni, strumenti di



pianificazione territoriale ed urbanistica vigenti, unitamente ai dati del sottosuolo derivanti da indagini pregresse e da specifici sopralluoghi in campagna.

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. Trattasi di un esteso bassopiano morfologico cui si fa corrispondere la colmata del "bacino" e l'area di raccordo tra la prosecuzione verso sud della stessa colmata (Fossa Bradanica) e quella verso nord (Fossa Adriatica). L'intera area è ricoperta 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 dell'argilla si rinviene in generale un deposito clastico sabbioso-ghiaioso cui fa da basamento impermeabile il complesso delle argille azzurre pliocenico-calabriere che costituisce il ciclo sedimentario più recente delle argille subappennine. Queste, che sono trasgressive sulle argille azzurre infra medio-plioceniche (ciclo più antico), costituiscono i principali affioramenti argillosi.

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. Al di sopra di tali depositi argillosi, plio-pleistocenici, sono presenti depositi marini ed alluvioni terrazzate del 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. L'area non presenta segni di dissesto in atto o potenziali.

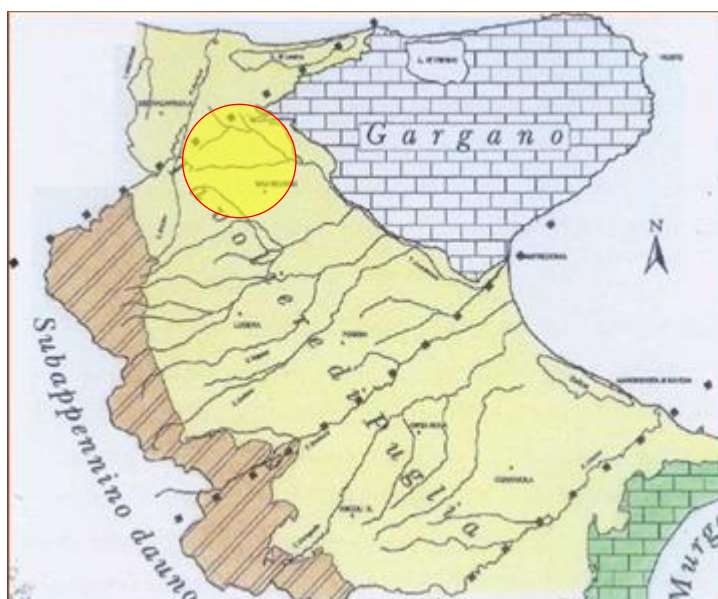


Figura 3.7: Distretti morfoambientali legati alla diversa struttura e costituzione litologica del sottosuolo.

### 3.3.3 Inquadramento idrogeologico

Una verifica eseguita sulla carta delle isopieze, relativa alla campagna di misura 2002, 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 e ancor più verso il Torrente Candelaro. La particolare morfologia assunta dalla superficie piezometrica permette, innanzitutto, di definire una direttrice di deflusso idrico preferenziale più marcata, osservabile verso il Torrente Candelaro che funge da asse drenante.

Come già ampiamente verificato nei paragrafi precedenti, la superficie piezometrica, è stata verificata direttamente misurandone il livello nei diversi pozzi presenti nell'intero comprensorio ed è stata determinata a profondità comprese tra -10 e -15 metri dal piano di campagna, con oscillazioni annuali influenzate dalle precipitazioni locali contenute nel metro.

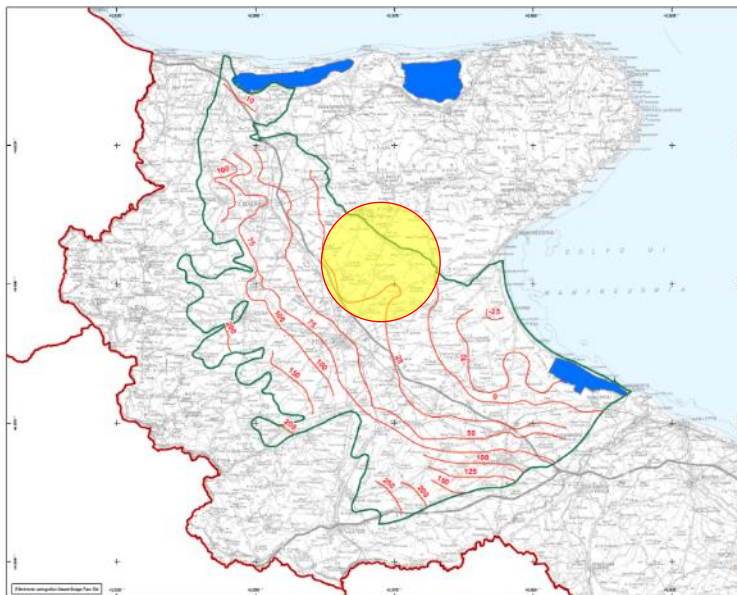


Figura 3.8: Estratto della Tavola 6.3.1 del PTA Puglia. Distribuzione media dei carichi piezometrici dell'acquifero poroso del Tavoliere.

Tenuto conto che le opere progettate interferiscono solo con i primi metri della successione stratigrafica, in quanto sia le strutture di sostegno dei singoli pannelli che Sottostazione Elettrica saranno fondate a profondità non superiori a -3,50 metri dal p.c, si può concludere che non c'è nessuna interferenza tra le stesse opere fondali e la superficie piezometrica della falda superficiale.

### 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 interessata dal bacino del Candelaro, il quale rientra tra i maggiori corsi d'acqua, insieme al Fiume Ofanto, sia per estensione della rete fluviale che per significatività dei deflussi. In Figura 3.10 si evidenziano i corsi idrici fluviali principali nel territorio e considerati dal Piano di Gestione delle Acque.

Il basso Tavoliere è percorso dal Cervaro, dal Carapelle e da una serie di canali minori che sfociano, quando non si impantanano, nel mare Adriatico. Tale reticolo idrografico minore è costituito da corsi d'acqua che scorrono secondo una direzione ortogonale alla linea di costa sino all'altezza di Cerignola, dove subiscono una rotazione verso Nord legata probabilmente a recenti fasi di sollevamento differenziale. In definitiva si tratta di incisioni povere d'acqua, poco approfondite, che hanno esercitato



una debole attività erosiva. Generalmente le prime precipitazioni intense autunnali non determinano deflussi idrici di interesse, tant'è che l'alveo resta asciutto a volte fino a dicembre. Soltanto quando i terreni affioranti nel bacino imbrifero risultano saturati dalle precipitazioni liquide e solide stagionali, allora improvvisamente si formano onde di piena caratterizzate da portate e coefficienti di deflusso elevati e di durata contenuta.

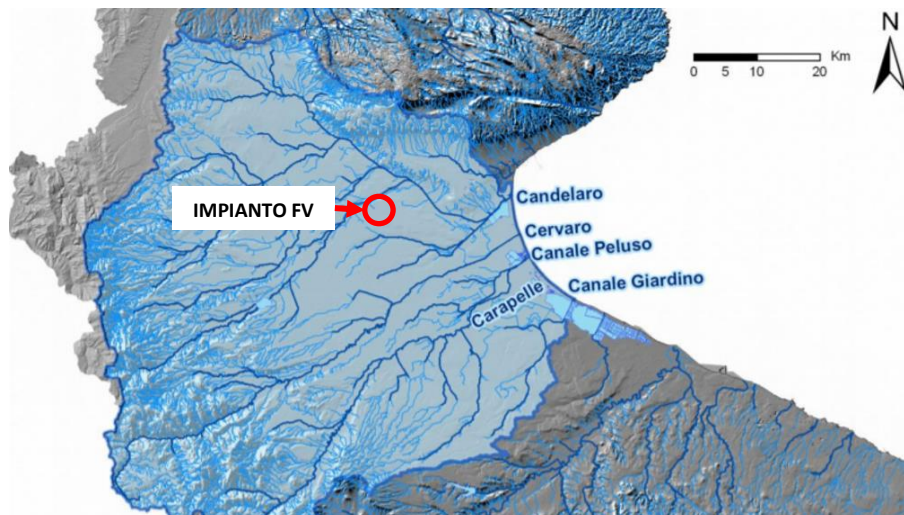


Figura 3.9: Corpi idrici superficiali (Relazione PGRA - AdB Puglia) ed ubicazione area di progetto.



Figura 3.10: Suddivisione del territorio regionale e inquadramento area di progetto.

Il bacino in analisi è riconosciuto dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ADM) e interessa le Regioni Puglia e minima parte di Campania e Basilicata. L'Unità di Gestione (Unit of Management – UoM) del bacino è denominata ITR161I020.





Figura 3.11: Caratteristiche fisiografiche, reticolo idrografico e limiti della UoM ITR161I020 – Regionale Puglia e Interregionale Ofanto.

Il territorio della UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto si estende per circa 20.000 km<sup>2</sup> sviluppandosi prevalentemente in Puglia e in minima percentuale nelle regioni Basilicata (7%) e Campania (4%). Il territorio di competenza coinvolge aree interessate da eventi alluvionali contraddistinti da differenti meccanismi di formazione e propagazione dei deflussi di piena. Il territorio è suddivisibile nei seguenti ambiti territoriali omogenei:

- Gargano;
- Fiumi Settentrionali (**Candelaro**, Cervaro e Carapelle);
- Ofanto;
- Bari e Brindisi;
- Arco Ionico;
- Salento.

L'ambito territoriale dei Fiumi Settentrionali è caratterizzato dalla presenza di corsi d'acqua che sottendono bacini di alimentazione di rilevante estensione, dell'ordine di alcune migliaia di km<sup>2</sup>, che comprendono settori altimetrici di territorio che variano da quello montuoso a quello di pianura. I corsi d'acqua principali sono rappresentati dal Candelaro, Cervaro e Carapelle.

Il torrente Candelaro è un fiume della provincia di Foggia, lungo circa 70 km, utilizzato per l'irrigazione dei campi. A causa dell'utilizzo dell'acqua del fiume per scopi irrigui, le portate hanno subito nel corso degli anni una diminuzione repentina. Tra gli affluenti vi sono il canale Radicosa, il torrente Triolo, il torrente Salsola e il torrente Celone.

I Fiumi Settentrionali sottendono bacini di elevata estensione che comprendono settori altimetrici del territorio che variano da quello montano a quello di pianura. Le aree del Tavoliere, ove le pendenze si riducono notevolmente, sono quelle maggiormente interessate dai fenomeni di allagamento legati principalmente al sormonto delle strutture arginali lungo i principali corsi d'acqua

sino alla foce, all'insufficienza degli attraversamenti idraulici, le cui luci possono risultare ostruite da vegetazione o materiale trasportato dalla corrente e all'insufficienza delle sezioni al contenimento delle portate idrologiche.

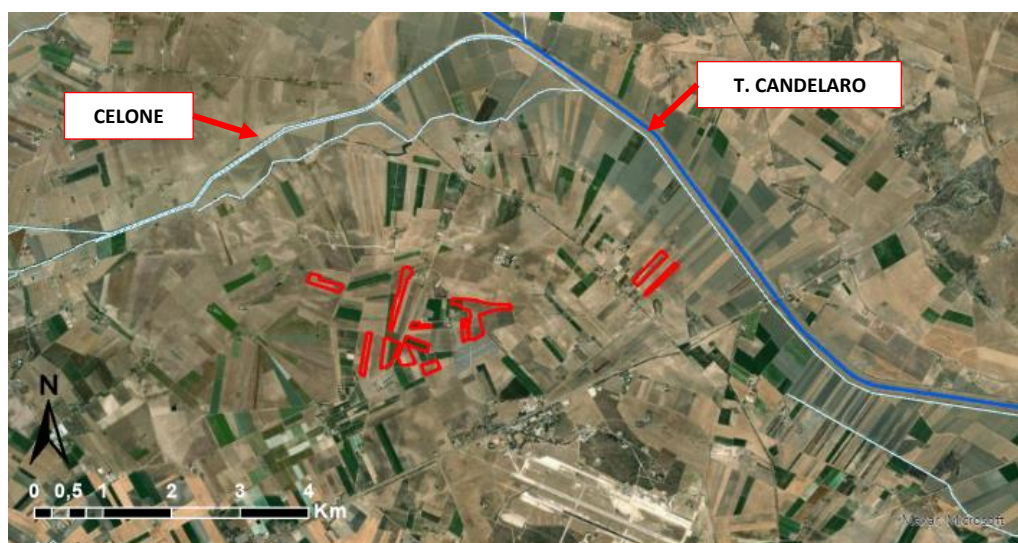
### 3.4.1 Inquadramento idrologico, idraulico e geomorfologico

Il territorio della Regione Puglia presenta un assetto idrogeomorfologico fortemente eterogeneo, caratterizzato dalla presenza di pochi corsi d'acqua a carattere perenne o effimero e di numerosi solchi erosivi di origine fluvio-carsica ('lame' e 'gravine') o reticoli di drenaggio di difficile individuazione che, solo in seguito ad eventi pluviometrici eccezionalmente intensi, danno origine ad un deflusso superficiale concentrato il cui recapito finale può essere nel mare per i bacini esoreici o in depressioni carsiche.

Nella zona pedegarganica e del Tavoliere, differentemente dal resto della Puglia, la minore permeabilità dei suoli consente la formazione dei principali corsi d'acqua non episodici ovvero quelli relativi ai bacini dei torrenti Candelaro, Carapelle e Cervaro.

L'area interessata dal progetto ricade all'interno del bacino regionale del Candelaro, nell'ambito dei Fiumi Settentrionali del bacino Puglia/Ofanto. Non vi sono interferenze del layout di impianto col reticolo idrografico. Le aree di impianto più settentrionali si trovano a stretta vicinanza con alcuni affluenti del Torrente Candelaro.

I corsi d'acqua del Tavoliere meridionale hanno un andamento subparallelo con direzione da Sud-Ovest a Nord-Est e presentano un tracciato irregolare.



#### Legenda

- Area di progetto
- Elementi idrici**
- Torrente Candelaro
- Reticolo Idrografico (DBPRIOR10K)

Figura 3.12: Stralcio carta dei corsi d'acqua ricadenti nel bacino Candelaro nei pressi dell'area di impianto.



*Figura 3.13: Immagini da sopralluogo (stato di fatto) effettuato nel mese di marzo 2022.*



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

Il comune di San Marco di Lamis (FG) appartiene al Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale (DAM), l'unità di gestione son odel Bacino Regionale Puglia e Interregionale è l'ITR161I020.

Con D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. sono state soppresse le Autorità di Bacino di cui alla ex L.183/89 e istituite, in ciascun distretto idrografico, le Autorità di Bacino Distrettuali. Ai sensi dell'art. 64, comma 1, del suddetto D.lgs. 152/2006, come modificato dall'art. 51, comma 5 della Legge 221/2015, il territorio nazionale è stato ripartito in 7 distretti idrografici tra i quali quello dell'Appennino Meridionale, comprendente i bacini idrografici nazionali Liri-Garigliano e Volturno, i bacini interregionali Sele, Sinni e Noce, Bradano, Saccione, Fortore e Biferno, Ofanto, Lao, Trigno ed i bacini regionali della Campania, della **Puglia**, della Basilicata, della Calabria, del Molise.

Le Autorità di Bacino Distrettuali, dalla data di entrata in vigore del D.M. n. 294/2016, a seguito della soppressione delle Autorità di Bacino Nazionali, Interregionali e Regionali, esercitano le funzioni e i compiti in materia di difesa del suolo, tutela delle acque e gestione delle risorse idriche previsti in capo alle stesse dalla normativa vigente nonché ogni altra funzione attribuita dalla legge o dai regolamenti. Con il DPCM del 4 aprile 2018 (pubblicato su G.U. n. 135 del 13/06/2018) - emanato ai sensi dell'art. 63, c. 4 del decreto legislativo n. 152/2006 - è stata infine data definitiva operatività al processo di riordino delle funzioni in materia di difesa del suolo e di tutela delle acque avviato con Legge 221/2015 e con D.M. 294/2016.

L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, in base alle norme vigenti, ha fatto proprie le attività di pianificazione e programmazione a scala di Bacino e di Distretto idrografico relative alla difesa, tutela, uso e gestione sostenibile delle risorse suolo e acqua, alla salvaguardia degli aspetti ambientali svolte dalle ex Autorità di Bacino Nazionali, Regionali, Interregionali in base al disposto della ex legge 183/89 e concorre, pertanto, alla difesa, alla tutela e al risanamento del suolo e del sottosuolo, alla tutela quali-quantitativa della risorsa idrica, alla mitigazione del rischio idrogeologico, alla lotta alla desertificazione, alla tutela della fascia costiera ed al risanamento del litorale (in riferimento agli articoli 53, 54 e 65 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.).

La pianificazione di bacino fino ad oggi svolta dalle ex Autorità di Bacino ripresa ed integrata dall'Autorità di Distretto, costituisce riferimento per la programmazione di azioni condivise e partecipate in ambito di governo del territorio a scala di bacino e di distretto idrografico.

#### **3.5.1 Piano Assetto Idrologico (PAI)**

Il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia (PAI) è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Il PAI costituisce Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dall'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Il PAI trova applicazione nei territori su cui ha competenza l'Autorità di Bacino della Puglia, definiti secondo le indicazioni contenute nella Legge 183/89 e nelle delibere del Consiglio regionale n. 109 del 18 dicembre 1991 e n. 110 del 18 dicembre 1991 in cui si stabilisce apposita intesa con le Regioni Basilicata e Campania per il governo sul bacino idrografico interregionale del fiume Ofanto e dalla Legge





Regionale n. 12 del 20/04/2001 riguardante l'intesa raggiunta tra le Regioni Abruzzo, Campania, Molise e Puglia per l'istituzione dell'Autorità di Bacino dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore.

L'assetto idrogeologico comprende:

- a) l'assetto idraulico riguardante le **aree a pericolosità e a rischio idraulico**;
- b) l'assetto dei versanti riguardante le aree a pericolosità e a rischio di frana.

#### 3.5.1.1 Classi di Pericolosità idraulica

Il PAI individua e perimetra a scala di bacino le aree inondabili per eventi con tempo di ritorno assegnato e le classifica in base al livello di pericolosità idraulica.

Si individuano le seguenti tre classi di aree a diversa pericolosità idraulica:

1) per le aree studiate su base idraulica:

- a) **Aree a pericolosità idraulica alta (AP)**: aree inondabili per tempo di ritorno minore o uguale a 30 anni;
- b) **Aree a pericolosità idraulica moderata (MP)**: aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 30 e minore o uguale a 200 anni;
- c) **Aree a pericolosità idraulica bassa (BP)**: aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 200 e minore o uguale a 500 anni.

L'elenco degli interventi consentiti in corrispondenza delle aree di pericolosità idraulica si riporta negli artt. 7,8 e 9 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI Regione Puglia.

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.)).




Parte dell'area di progetto ricade nella fascia di pericolosità idraulica bassa. Tale vincolo è stato recepito nel progetto non considerando l'area classificata con pericolosità media per l'installazione delle opere principali dell'impianto.

Il cavo di connessione non interferisce col Piano Assetto Idrogeologico di Pericolosità idraulica.





**Legenda**

-  Area di progetto
-  SE utente San Marco
-  Cavidotti

PAI Puglia\Ofanto - ITR1611020

-  AP
-  MP
-  BP

Figura 3.14: stralcio assetto idrologico (PAI) Puglia/Ofanto UoM ITR1611020



### 3.5.2 Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)

Il Piano di Gestione del rischio alluvioni (PGRA) è lo strumento di riferimento nella pianificazione in ambito distrettuale della strategia per la gestione del rischio da alluvioni. In considerazione dell'art.7 co.6 lett. a) e b) del D.Lgs. 49/2010, gli Enti territorialmente interessati sono tenuti a conformarsi alle disposizioni del PGRA rispettandone le prescrizioni nel settore urbanistico, ai sensi dei commi 4 e 6 dell'articolo 65 del decreto legislativo n. 152 del 2006 e predisponendo o adeguando, nella loro veste di organi di protezione civile, per quanto di competenza, i piani urgenti di emergenza di cui all'articolo 67, comma 5, del decreto legislativo n. 152 del 2006, facendo salvi i piani urgenti di emergenza già predisposti ai sensi dell'articolo 1, comma 4, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, convertito, con modificazioni, dalla legge 3 agosto 1998, n. 267. Si specifica, inoltre, che dalla data di pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale e sul Bollettini Regionali, negli ambiti perimetrati dalle mappe del PGRA e non ricompresi nei P AI, vigono misure di salvaguardia, le quali decadono con l'adozione del Decreto Segretariale di aggiornamento dei relativi PAI e, comunque, non oltre novanta giorni dalla data di pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale e sui Bollettini Ufficiali delle Regioni della delibera di adozione di tali misure di salvaguardia da parte della Conferenza Istituzionale permanente.

La perimetrazione delle aree allagabili rispetto tre diversi livelli di pericolosità è disponibile sul geoportale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.

#### 3.5.2.1 Definizione degli scenari di probabilità nel Distretto

La definizione degli scenari di probabilità nel Distretto dell'Appennino Meridionale partendo dalle indicazioni fornite dal D.Lgs. 49/2010 tiene conto innanzitutto dell'origine dell'alluvione (fluviale, pluviale, marina da elevato trasporto solido). Per le alluvioni di origine fluviale i tempi di ritorno utilizzati nelle modellazioni sono i seguenti:




- a) **Aree ad alta pericolosità (HPH):** aree inondabili per tempo di ritorno minore o uguale a 30 anni;
- b) **Aree a media pericolosità (MPH):** aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore o uguale a 200 anni;
- c) **Aree a bassa pericolosità (LPH):** aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 200 anni e minore o uguale a 500 anni.

Parte dell'area di progetto ricade nella fascia di pericolosità idraulica bassa. Tale vincolo è stato recepito nel progetto non considerando l'area classificata con pericolosità media per l'installazione delle opere principali dell'impianto.

Il cavo di connessione non interferisce con il PGRA, nelle aree a pericolosità idraulica alta, media e bassa.



**Legenda**

-  Area di progetto
-  SE utente San Marco
-  Cavidotti

PGRA Distretto Appennino Meridionale - ITF2018

-  HPH
-  MPH
-  LPH

Figura 3.15: stralcio PGRA 2021 – Estensione dell'area allagabile associata a tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

### 3.5.3 DBPRIOR10K

Il progetto “Strati Prioritari di Interesse Nazionale” (DBPrior10k), è stato realizzato nell’ambito dell’Intesa Stato-Regioni-Enti Locali sui Sistemi Informativi Geografici (IntesaGIS) a partire dal settembre 2003, ed è stato consegnato dal Centro Interregionale, che ne ha svolto la direzione lavori nel giugno 2005. Esso rappresenta la copertura della viabilità stradale e ferroviaria, dell’**idrografia** e dei limiti amministrativi, in scala 1:10.000, del territorio Nazionale. Tramite il progetto DBPRIOR10K è disponibile il reticolo idrografico dei bacini facenti parte di tale progetto, tra i quali il Fortore.

Il tracciato del cavo di connessione non interferisce col reticolo idrografico.



#### Legenda

- Area di progetto
- SE utente San Marco
- Cavidotti

#### Elementi idrici

- Torrente Candelaro
- Reticolo Idrografico (DBPRIOR10K)

Figura 3.16: Reticolo idrografico del bacino del Candelaro secondo il progetto DBPRIOR10K.



### 3.5.4 IGM

L'Istituto geografico militare (IGM) ha il compito di fornire supporto geo-topo-cartografico alle Unità e ai Comandi dell'Esercito italiano. L'istituto svolge le funzioni di ente cartografico dello Stato ai sensi della Legge n. 68 in data 2 febbraio 1960 ed opera alle dipendenze del Comando Militare della Capitale.

Il Geoportale Nazionale fornisce un servizio di consultazione delle cartografie in formato WMS (Web Map Service) contenenti specifiche informazioni territoriali. Un Servizio di Consultazione consente "di eseguire almeno le seguenti operazioni: visualizzazione, navigazione, variazione della scala di visualizzazione (zoom in e zoom out), variazione della porzione di territorio inquadrata (pan), sovrapposizione dei set di dati territoriali consultabili e visualizzazione delle informazioni contenute nelle legende e qualsivoglia contenuto pertinente dei metadati" (Direttiva 2007/2/CE).

In particolar modo, è stata consultata la cartografia di base a scala 1:25.000 dell'IGM per il recepimento di informazioni territoriali e l'identificazione di nuove interferenze.

In aggiunta è stata osservata anche l'ortofoto per validare l'effettiva interferenza con un elemento idrico mappato dall'IGM.

Il tracciato del cavo di connessione interferisce con un elemento idrico della carta catastale dell'IGM.

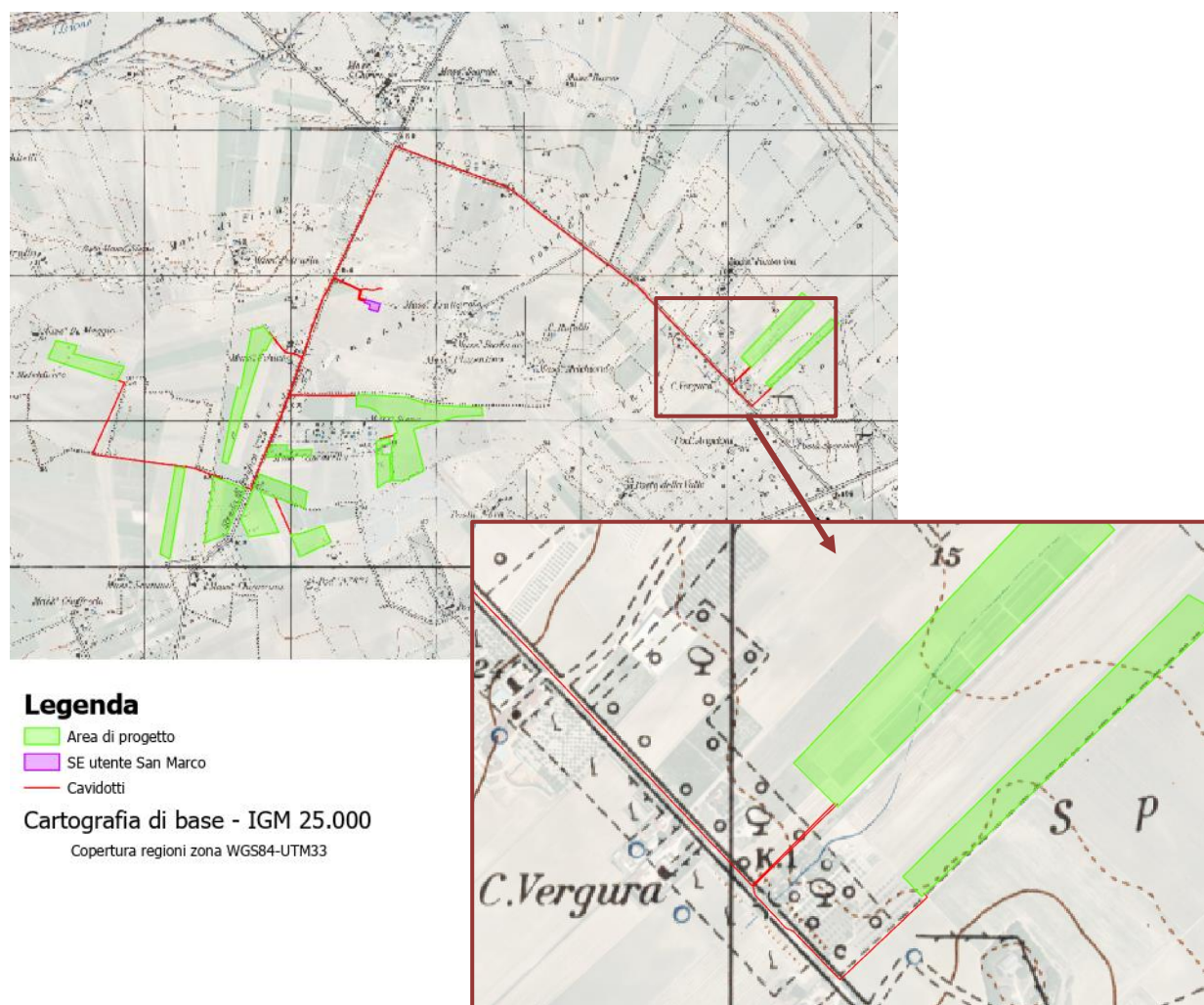


Figura 3.17: Cartografia di base scala 1:25.000 dell'IGM.



## **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 BI-facciali;
- 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., tale soluzione emessa da Terna con codice pratica 202102053 è stata accettata dalla proponente e prevede la connessione dell'impianto in antenna sulla Stazione Elettrica (SE) di Smistamento a 150 kV della RTN denominata "Innanzi".

L'impianto fotovoltaico con potenza nominale di picco pari a 55 MW è così costituito da:

- n.1 Sottostazione Elettrica di Utenza (SEU). 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 denominata "Innanzi";
- n.3 cabine di smistamento 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. 18 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 es: 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 132 celle, indicativamente della potenza di 670 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: 0,65 m (rispetto al piano di campagna);
- Altezza max: 4,926 m (rispetto al piano di campagna).

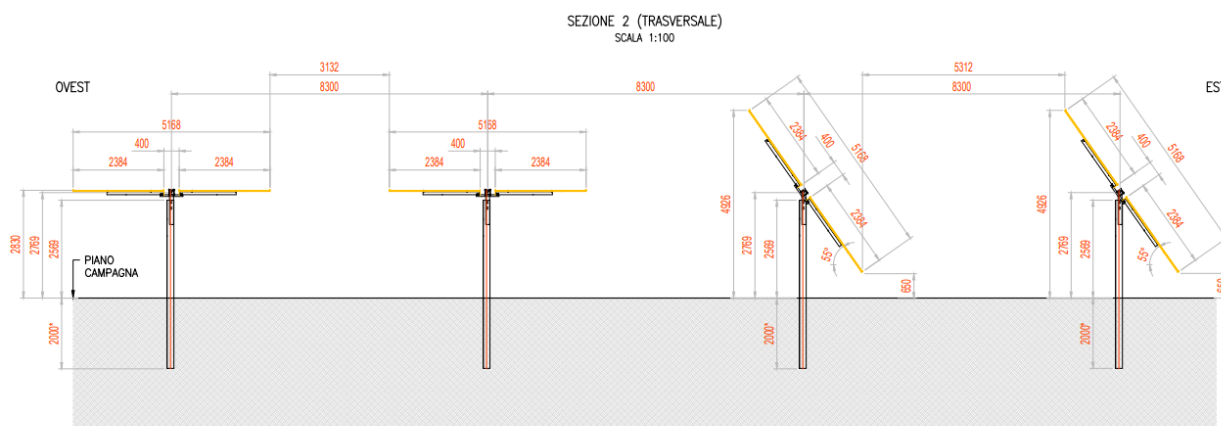


Figura 4.1: Particolare strutture di sostegno moduli, sezione trasversale.

#### 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 elevarne il livello di 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 nell'elaborato grafico dedicato 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, dei filari alberati e delle altre opere di progetto.

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 (5x5 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 30 kW tra l'impianto fotovoltaico, la cabina di trasformazione MT/AT, il tracciato di connessione in cavidotto ad alta tensione e la stazione TERNA esistente, posta circa 300 metri ad est della SP74 e circa 820 metri a sud della SP25.

In totale, le 11 aree di layout sono collegate alla cabina di trasformazione tramite tre cavidotti 30 kW, lunghi complessivamente circa 12,2 km. Il cavo delle aree C9 e C10 misura circa 5 km, le aree C1-C4 circa 3,2 km e le restanti circa 4 km. Il cavo AT, che si allaccerà alla stazione TERNA esistente, misura circa 392 metri.

Si rimanda al progetto di connessione per i contenuti di dettaglio.

Secondo la normativa vigente, i cavidotti a media tensione, devono avere un interrimento di 1,10-1,40 metri al di sotto del piano campagna.

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.



Figura 4.2: Elementi principali della linea di connessione. In rosso, verde e blu i cavi di media tensione e in magenta il cavo di alta tensione congiungente la cabina di trasformazione MT/AT (ciano) alla stazione TERNA esistente (visibile in ortofoto).

## 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 e PGRA, definendo il grado di pericolosità idraulica. In aggiunta è stato consultato il reticolo idrografico del bacino Candelaro tracciato dal progetto DBPRIOR10K e la carta catastale scala 1:25.000 dell'IGM per valutare l'interferenza con corsi e canali minori. La presenza di eventuali rigagnoli è stata confermata dalla visione di ortofoto e fotografie eseguite in fase di sopralluogo.

Il tracciato del cavo di connessione interferisce con un elemento idrico segnalato dalla carta catastale, affluente del Torrente Candelaro, C. Vergura.

Le soluzioni adottabili sono "cavo interrato" o "trenchless", ovvero una tipologia di interramento del cavo che non prevede il tradizionale scavo a cielo aperto. Tra le tipologie di *trenchless* vi sono: TOC, microtunnel, spingitubo, ecc. Per l'interferenza con il canale in questione, si prevede l'impiego di una soluzione di tipo TOC.

Il cavo ad alta tensione sarà posizionato ai sensi della normativa vigente. Nel corso della relazione, è stata verificata la profondità di rinterro tale per cui l'opera in progetto risulta non interferente con la dinamica fluviale.

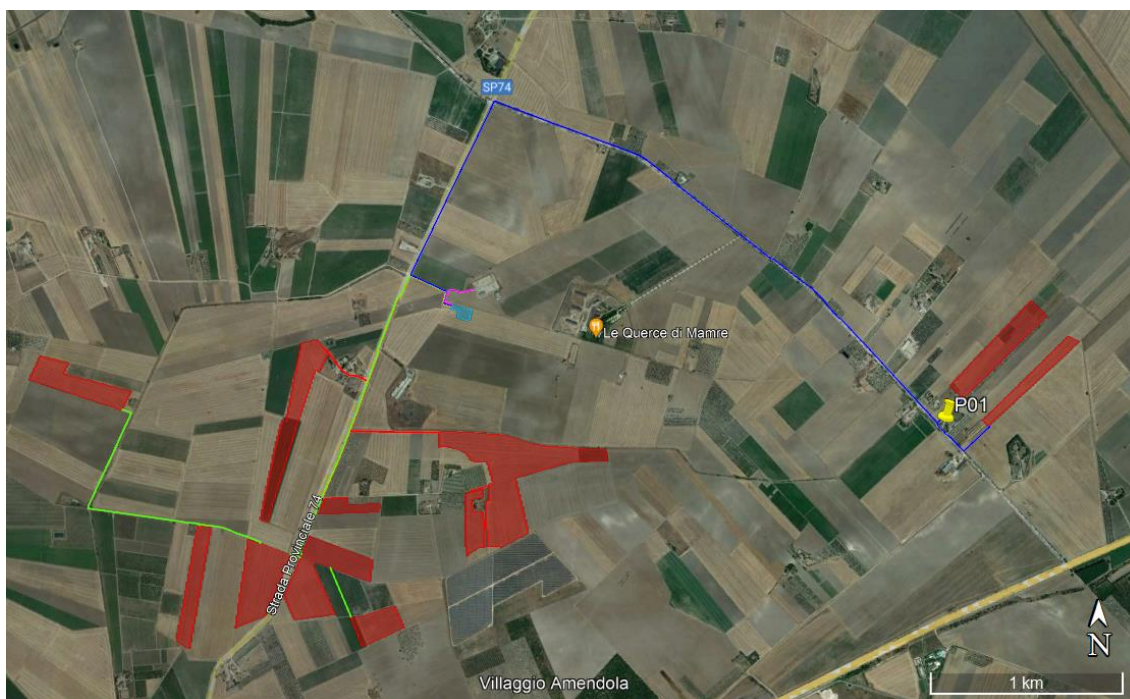


Figura 5.1: Identificazione punto di interferenza col tracciato del cavo di connessione.





Figura 5.2: Stralcio piano assetto Idrologico (PAI) del bacino Candelaro. Parte del layout di impianto (sotto-aree C9 e C10) rientra nella fascia di pericolosità idraulica media e bassa.

L’interferenza con l’elemento idrico richiede una verifica di compatibilità idraulica per il superamento della stessa. Tale verifica sarà trattata al capitolo 5.4.

Tabella 5-1: Interferenze con il percorso di connessione.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P01	Canale Vergura	Alta	TOC

## 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.

Per ognuno è stato assegnato un valore numerico totale derivante dall’analisi qualitativa multicriteriale 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 P01, P02, P03 e P04.

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.

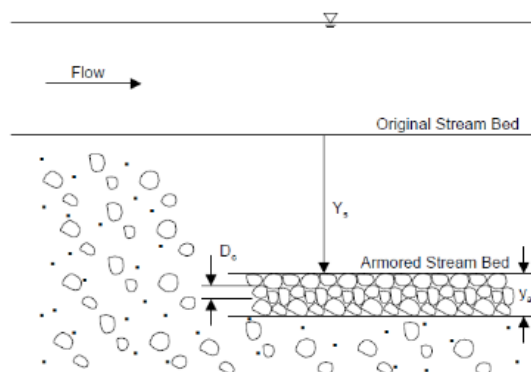


Figura 5.3: Dinamica erosione a lungo termine per corazzamento (fonte FHWA).

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):

- Portata ad alveo pieno (bankfull discharge);
- 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);
- 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.

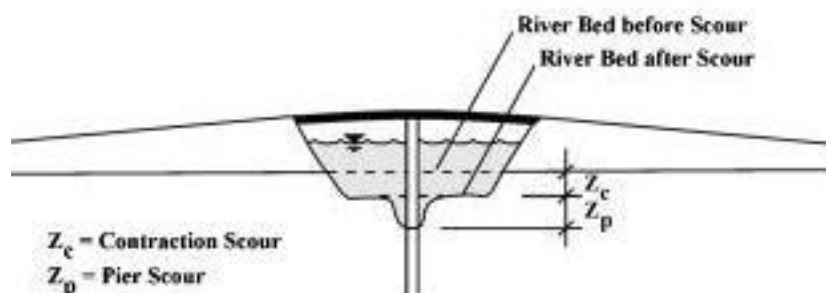


Figura 5.4: Erosioni assunte in corrispondenza di un ponte di attraversamento stradale (fonte FHWA).

#### 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.

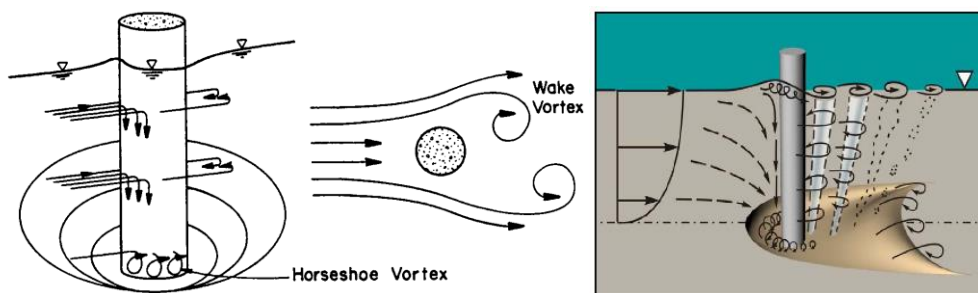


Figura 5.5: Dinamica di erosione in corrispondenza di pile strette (fonte FWHA).

**5.3 LAYOUT DI PROGETTO**

Nei limiti dell'area catastale disponibile per l'impianto fotovoltaico ricadono fasce di pericolosità idraulica media, secondo l'ultimo aggiornamento del PAI, come mostrato in Figura 5.2. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** Le sotto-aree di progetto interessate sono C9 e C10.

Come introdotto nel paragrafo 3.5, le aree di pericolosità che interferiscono con l'area catastale, sono quelle riferite alle aree allagabili del Torrente Candelaro secondo il PAI.

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 5.6).

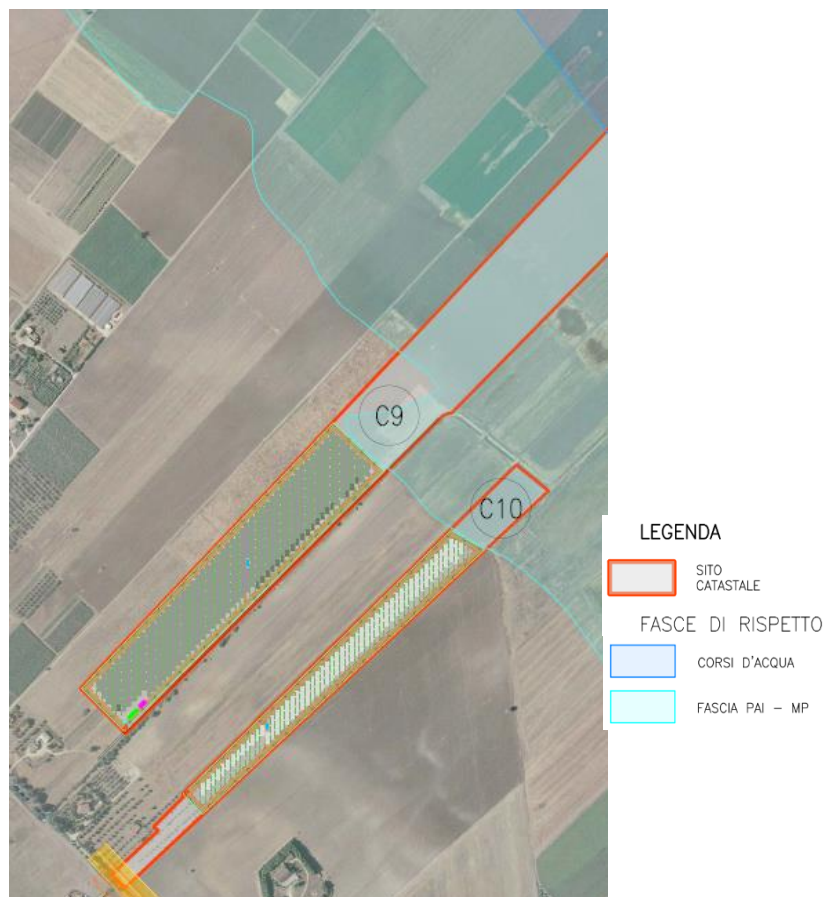


Figura 5.6: Perimetrazione sito, aree interessate dalle fasce di rispetto del vincolo idrografico, idrogeologico ed ulteriori elementi idraulici.

## 5.4 PERCORSO DI CONNESSIONE

Per quanto riguarda la linea di connessione 30 kW, questa risulta non ricadere in aree a pericolosità idraulica, sulla base delle mappe di rischio consultate.

Lungo il percorso di connessione alla cabina di trasformazione è stata individuata 1 interferenza con un elemento idrico. Si tratta del Canale Vergura, affluente del Torrente Candelaro. La presenza del fiume è stata riscontrata a seguito della consultazione della carta catastale dell'IGM scala 1:25.000 e dalla carta idrogeomorfologica (Figura 5.7) e confermata dalle ortofoto.

### 5.4.1 P01

#### 5.4.1.1 Identificazione

L'interferenza è situata lungo la Strada Provinciale SP25, nel comune di San Marco in Lamis. Il cavo verrà interrato al di sotto dell'alveo del fiume usando la tecnologia TOC.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in blu il tracciato di connessione, e uno stralcio della Carta idrogeomorfologica regione Puglia, la quale riporta, tra i tanti elementi, i corsi d'acqua superficiali e rispettive forme di modellamento.



Tabella 5-2: Riepilogo interferenza P01.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P01	Canale Vergura	Alta	TOC

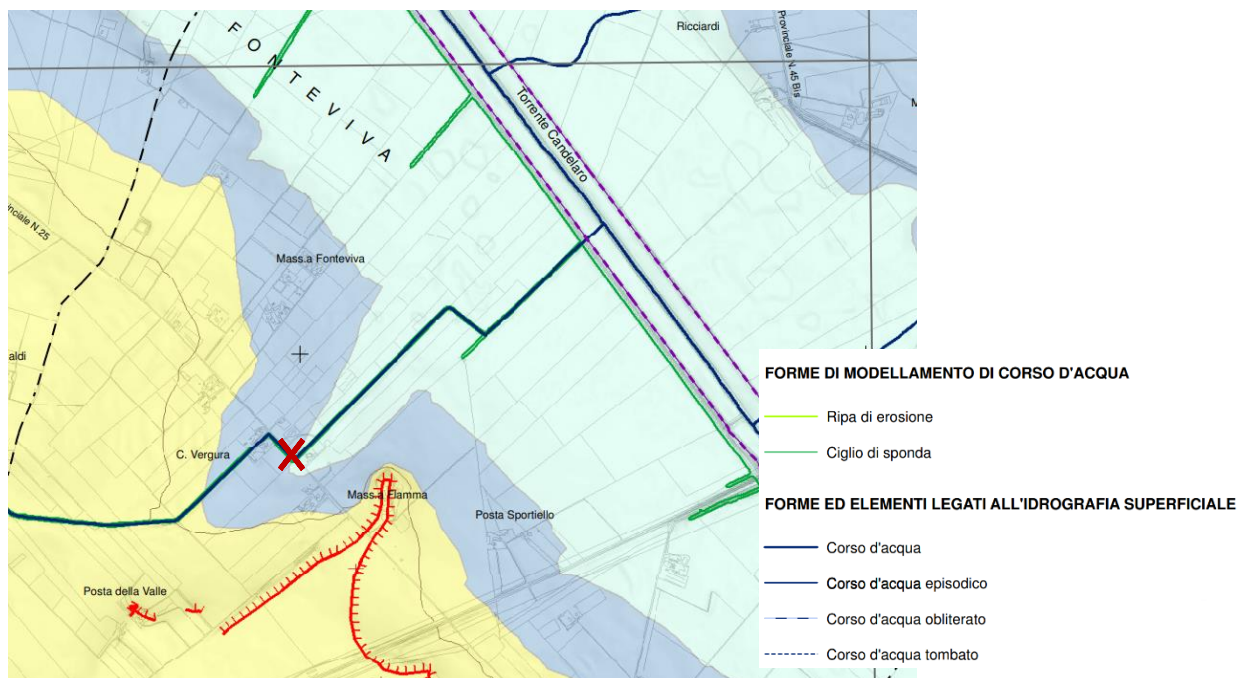


Figura 5.7: Stralcio Carta idrogeomorfologica regione Puglia – foglio 409 AdBP. (Il segno X indica la posizione dell'interferenza).



Figura 5.8: Ortofoto interferenza P01.



*Figura 5.9: Interferenza P01 – sezione di valle dal ponte.*



*Figura 5.10: interferenza P01 - sezione di monte dal ponte.*

#### *5.4.1.2 Osservazioni*

L'interferenza è legata ad un affluente del Torrente Candelaro, denominato Canale Vergura. La sezione dell'alveo del canale artificiale è stabile, grazie agli interventi antropici di modellamento fluviale. Le sponde della sezione trapezia risultano poco rinverdite. Il passaggio del canale avviene al di sotto del manto stradale, tramite un ponte.

Dalla visione delle ortofoto storiche, nel periodo compreso tra il 2002 e il 2019, si evidenziano segni di erosione oltre gli argini del rigagnolo, soprattutto a monte dell'ingresso al ponte del rigagnolo.

#### *5.4.1.3 Analisi qualitativa stabilità*

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 5.2.1, al tratto in oggetto è possibile assegnare un valore di **55** rientrando così nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.



#### *5.4.1.4 Verifica di compatibilità idraulica*

La tecnologia da adottare per la posa del cavo in P01 è di tipo **TOC**, al fine di non compromettere la stabilità dell'alveo.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **1,5 metri**.

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



## 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, 30, 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.

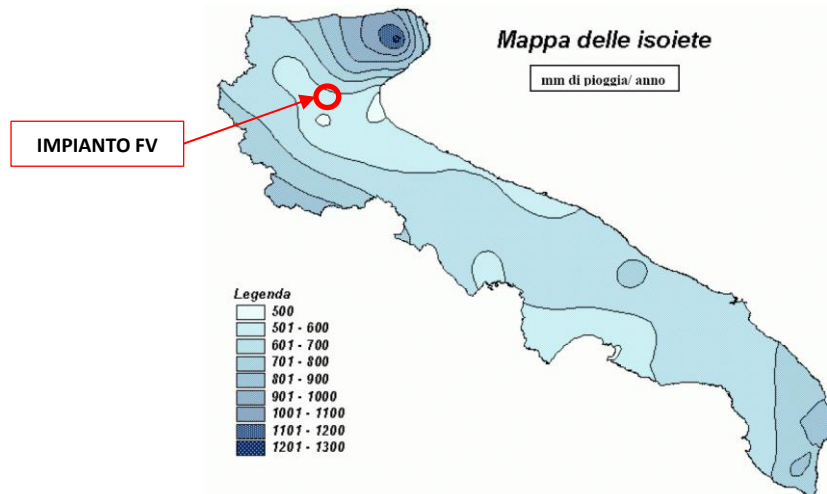


Figura 6.1: Mappa delle isoiete della Regione Puglia.

## 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.



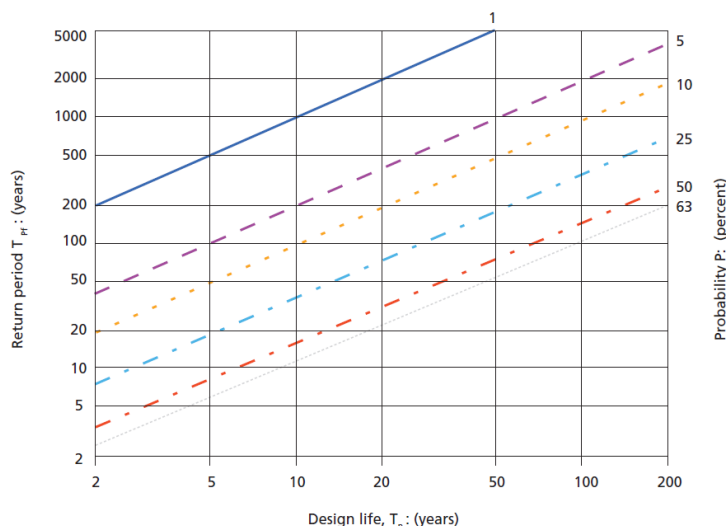


Figura 6.2: Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in N anni.

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 (GNDCI) 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, vedasi Figura 6.3, da cui risulta la seguente equazione determinante la CPP:

$$h(t) = 22,23 T_C^{0.247} \quad (2)$$

Dove:

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

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

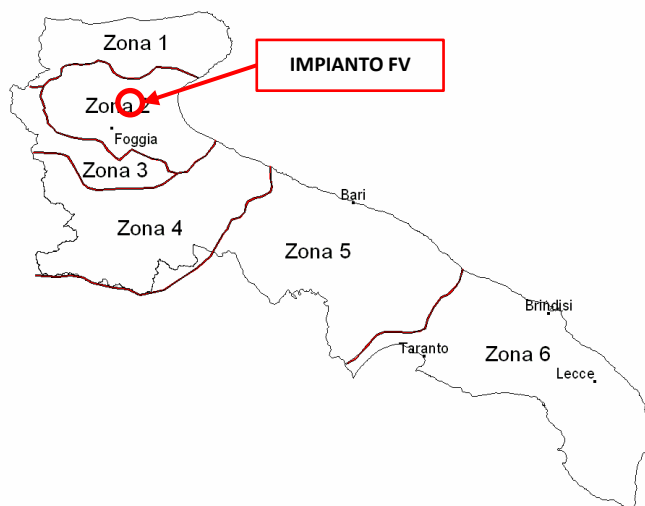


Figura 6.3: Sottostazioni pluviometriche omogenee (Zona 2) e aree di progetto (rosso).

La Curva di Possibilità pluviometrica permette di stimare le altezze di precipitazione relative ad eventi pluviali con durate superiori ad 1 h, 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  $K_A$ :

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

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, 30, 50 e 100 anni).

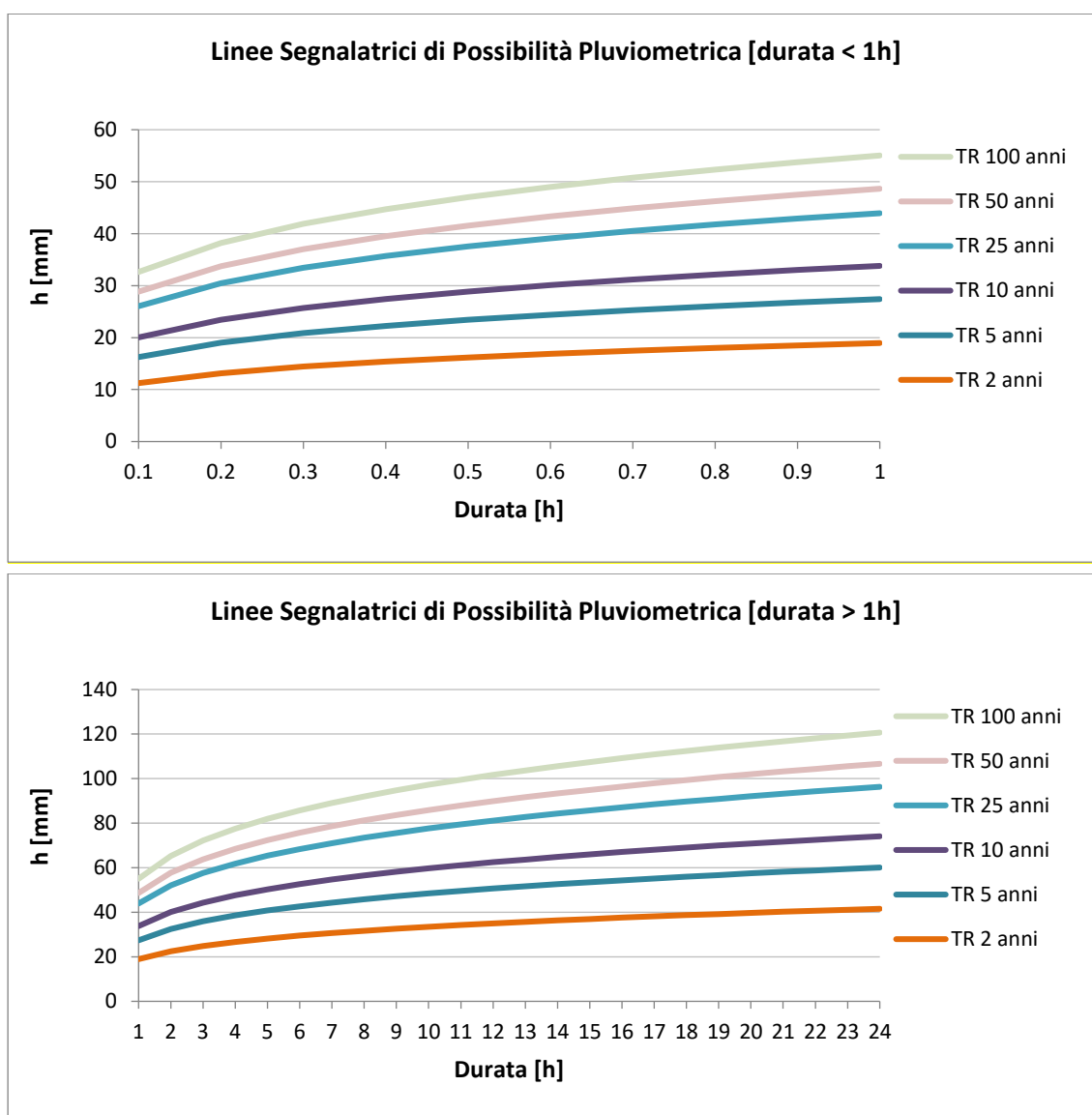


Figura 6.4: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata > 1h e < 1h.

Nella tabella seguente si riportano inoltre, per diverse durate (0,5 -24 h) e tempi di ritorno (2, 5, 10, 30, 50 e 100 anni), i valori delle altezze di precipitazione  $h_T(t)$  espresse in mm.



Tabella 6-1: Altezza di pioggia [mm] 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 30 anni	TR 50 anni	TR 100 anni
0,5	16	23	29	38	42	47
1	19	27	34	44	49	55
2	22	33	40	52	58	65
3	25	36	44	58	64	72
4	27	39	48	62	69	78
5	28	41	50	65	72	82
6	29	43	53	68	76	86
7	31	44	55	71	79	89
8	32	46	56	73	81	92
9	33	47	58	76	84	95
10	33	48	60	78	86	97
11	34	50	61	79	88	100
12	35	51	62	81	90	102
13	36	52	64	83	92	104
14	36	53	65	84	93	106
15	37	53	66	86	95	107
16	38	54	67	87	96	109
17	38	55	68	88	98	111
18	39	56	69	90	99	112
19	39	57	70	91	101	114
20	40	57	71	92	102	115
21	40	58	72	93	103	117
22	41	59	73	94	104	118
23	41	59	73	95	106	119
24	42	60	74	96	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

I bacini in Figura 6.5 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. 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 ed esterne.

BACINI DI DRENAGGIO INTERNI		BACINI DI DRENAGGIO ESTERNO	
ID Bacino	Area[mq]	ID Bacino	Area[mq]
1.1	27.579	1.2	7.758
1.3	8.877	1.4	20.856
1.5	9.402	2.1	16.419
2.2	69.189	3.2	8.473
2.3	25.983	4.1	7.693
2.4	8.701	5.2	11.906
2.5	39.112	6	72.436
2.6	7.737	8.1	23.763
3.1	15.591	8.2	8.634
4.2	8.796	9	64.453
5.1	31.446		
7.1	53.730		
7.2	5.845		
7.3	29.895		
10.1	13.257		
10.2	18.977		
11.1	11.873		
11.2	42.777		

## 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, in aree non irrigue.

Il terreno risulta costituito principalmente da sabbie e ghiaie di componente argillosa e ruditica. 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 75.

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 87.

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

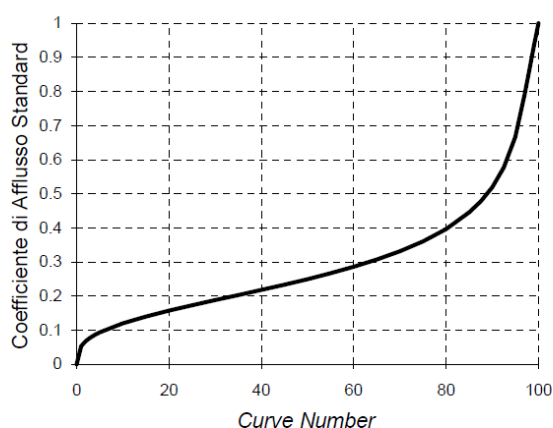


Figura 6.6: Correlazione da letteratura SCS-CN vs. coeff. afflusso/deflusso.

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

### 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 8,3 metri. L’altezza in mezzzeria della struttura sarà di circa 2,77 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 6.7: 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 ISTALLAZIONE 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
Prevalentemente permeabile con antropizzazioni	67,10	25,52	0,38	12,75	0,19	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. L'impermeabilità del sito, post operam, aumenta del **21%**.

## 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:

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

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.

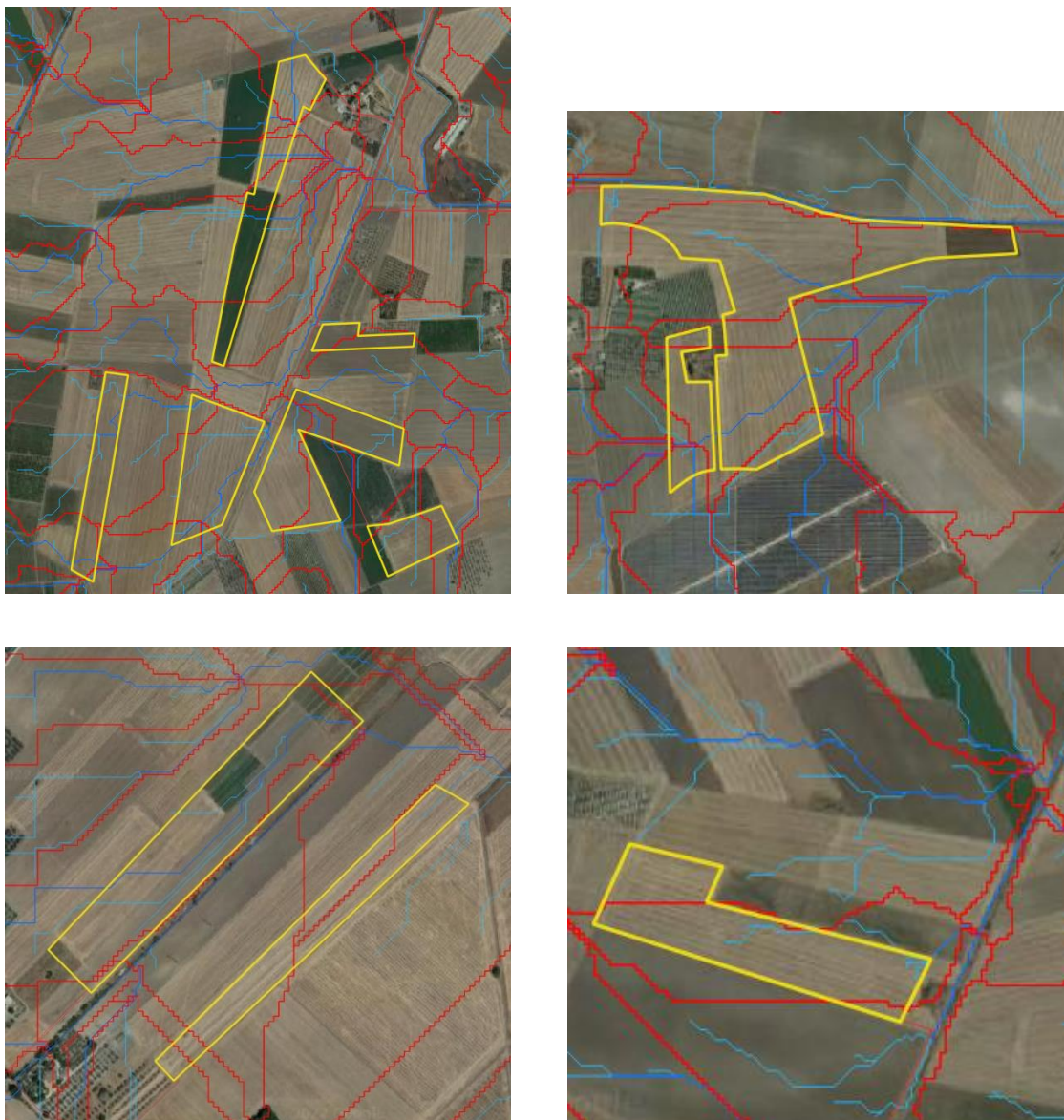


Figura 6.8: Delimitazione recinzione di impianto con displuviali interni (giallo), rete di drenaggio naturale interna (blu e azzurro) e spartiacque (rosso).

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	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2.1	2.2	2.3	2.4
S [ha]	2,76	0,78	0,89	2,09	0,94	1,64	6,92	2,60	0,87
L <sub>asta</sub> [m]	203	80	62	85	62	102	281	68	150
t <sub>c</sub> [h]	0,29	0,27	0,26	0,27	0,26	0,27	0,31	0,26	0,28
Kt [-]	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
h(60) [mm]	44	44	44	44	44	44	44	44	44
h(t) [mm]	33	33	32	33	32	33	34	32	33
Intensità [mm/h]	113	122	123	122	123	120	109	123	117
Coeff. deflusso ante-operam	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Coeff. deflusso post-operam	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
Portata al colmo ante-operam Q <sub>cr</sub> [mc/s]	0,41	0,12	0,14	0,33	0,15	0,26	0,98	0,42	0,13
Portata al colmo post-operam Q <sub>cr</sub> [mc/s]	0,50	0,15	0,17	0,40	0,18	0,31	1,19	0,51	0,16



BACINO	2.5	2.6	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2	6
S [ha]	3,91	0,77	1,56	0,85	0,77	0,88	3,14	1,19	7,24
Lasta [m]	210	197	46	61	63	42	425	81	324
t <sub>c</sub> [h]	0,29	0,29	0,26	0,26	0,26	0,26	0,34	0,27	0,32
Kt [-]	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98	1,98
h(60) [mm]	44	44	44	44	44	44	44	44	44
h(t) [mm]	33	33	32	32	32	32	34	33	34
Intensità [mm/h]	113	114	125	123	123	125	101	122	106
Coeff. deflusso ante-operam	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Coeff. deflusso post-operam	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Portata al colmo ante-operam Q <sub>cr</sub> [mc/s]	0,58	0,12	0,25	0,14	0,12	0,14	0,42	0,19	1,01
Portata al colmo post-operam Q <sub>cr</sub> [mc/s]	0,70	0,14	0,31	0,17	0,15	0,17	0,50	0,23	1,22



BACINO	7.1	7.2	7.3	8.1	8.2	9	10.1	10.2	11.1	11.2
S [ha]	5,37	0,58	2,99	2,38	0,86	6,43	1,33	1,90	1,19	4,28
L <sub>asta</sub> [m]	380	118	156	141	125	670	348	256	99	273
t <sub>c</sub> [h]	0,33	0,28	0,28	0,28	0,28	0,39	0,32	0,30	0,27	0,31
K <sub>t</sub> [-]	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98
h(60) [mm]	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
h(t) [mm]	34	33	33	33	33	36	34	34	33	34
Intensità [mm/h]	103	119	116	117	119	90	105	110	120	109
Coeff. deflusso ante-operam	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Coeff. deflusso post-operam	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Portata al colmo ante-operam Q <sub>cr</sub> [mc/s]	<b>0,73</b>	<b>0,09</b>	<b>0,46</b>	<b>0,37</b>	<b>0,13</b>	<b>0,76</b>	<b>0,18</b>	<b>0,27</b>	<b>0,19</b>	<b>0,61</b>
Portata al colmo post-operam Q <sub>cr</sub> [mc/s]	<b>0,88</b>	<b>0,11</b>	<b>0,55</b>	<b>0,44</b>	<b>0,16</b>	<b>0,92</b>	<b>0,22</b>	<b>0,33</b>	<b>0,23</b>	<b>0,74</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;
- Arginelli in terra di riporto;
- 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 indentificato 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 [ $m^3/s$ ];
- $A$ : area della sezione bagnata [ $m^2$ ];
- $R$ : raggio idraulico [m] (rapporto tra  $A$  e il corrispondente perimetro bagnato della sezione);
- $i$ : pendenza dell'alveo [m/m];
- $n$ : coefficiente di conduttanza idraulica di Manning.

In questo progetto vi sono due principali tipologie di canalette: canali principali, lungo il perimetro delle sotto-aree, e canali secondari, interni al layout paralleli ai tracker. 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 presenza di filari di uliveti, sarà necessario utilizzare uno scavo meno profondo e più largo. La larghezza deve essere almeno di 3.5 metri per consentire il passaggio delle macchine agricole per la raccolta e potatura delle olive.

In fase progettuale sarà valutata la possibilità di inserire dei salti di fondo con materiale da riporto lungo le canalette. Tali elementi consentiranno la dissipazione di energia, dunque il rallentamento delle velocità nel caso in cui il flusso d'acqua lungo le canalette più estese raggiungesse velocità elevate. Questa soluzione è difficilmente applicabile nel caso in cui il canale fungesse anche da strada per i veicoli agro-meccanici.

Lungo i lati più esposti al deflusso delle acque meteoriche superficiali, si prevede l'impiego di arginelli di dimensioni ridotte in terre da riporto. L'argine, generalmente di sezione trapezia, come la canaletta controlla il flusso in ingresso, e inoltre, non essendo soggetto a rischio ostruzione da materiale detritico, offre una protezione più durevole negli anni.

All'interno delle aree catastali, tra i diversi vincoli, si incontrano i vincoli dovuti alla presenza della rete irrigua consortile. La normativa vigente impone una fascia di rispetto di 3,75 metri per le condotte di diametro fino a 275 mm rispetto all'asse delle condotte di irrigazione. All'interno di tale fascia non sono consentiti scavi e movimenti di terra. Sia fatto presente che le canalette interne secondarie di sotto-campo avranno una profondità di scavo ridotta, di circa 20 cm, aventi la funzione di indirizzare le acque verso le canalette perimetrali per il loro collettamento e scarico. Per questo motivo, si ammette la realizzazione di canalette anche entro le zone di rispetto della rete irrigua consortile, purché di profondità ridotta.

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.

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



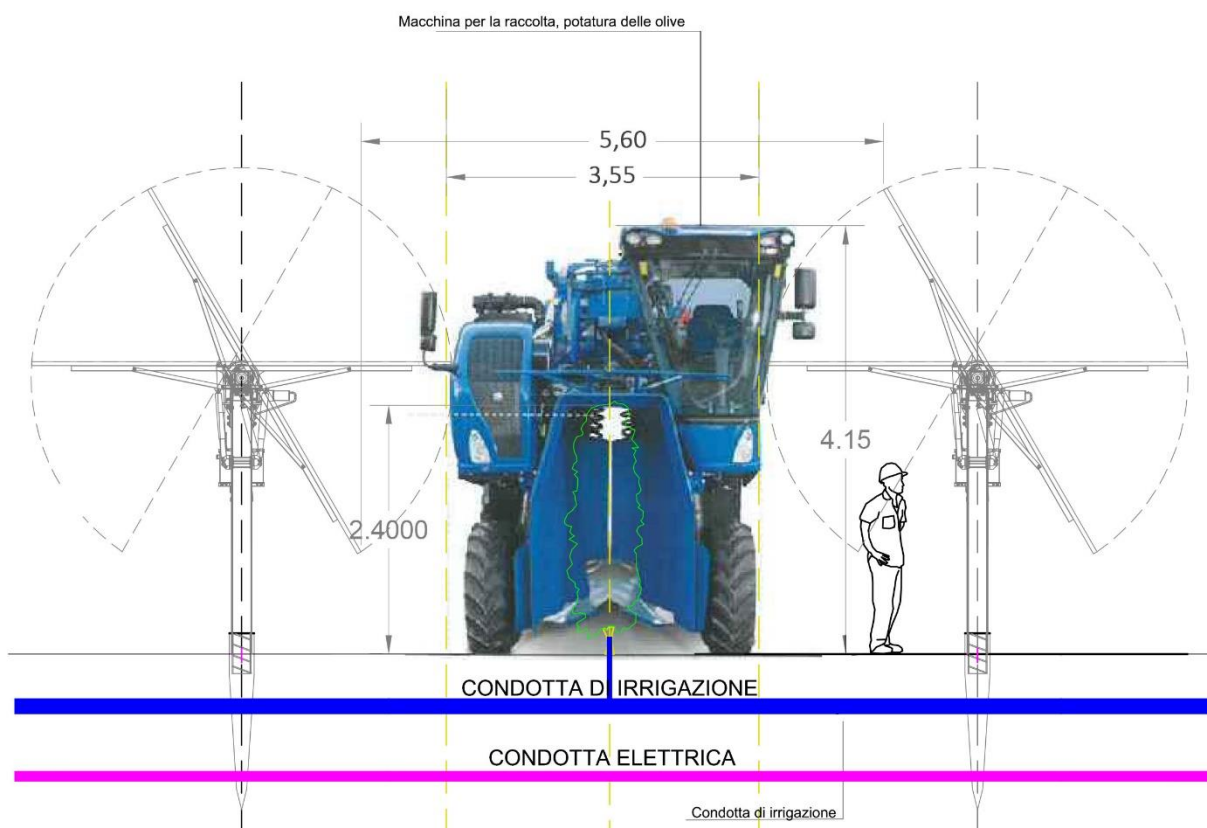


Figura 7.1: Rappresentazione grafica passaggio macchina agricola in un parco agrivoltaico.

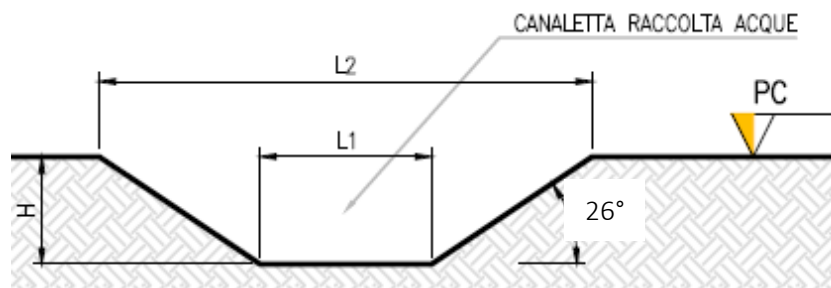


Figura 7.2: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo.

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.

Tale canale sarà realizzato in scavo con una sezione triangolare, scavata nel terreno e rinverdità 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 0) per meglio mitigare gli effetti dell'aumento del picco di deflusso meteorico.



### **7.1.1 Punti di scarico dei canali di drenaggio**

Le canalette scaricheranno all'esterno della recinzione verso la rete idrografica naturale. Allo scarico sarà presente una fondazione di tipo riprap al fine di dissipare l'energia e ridurre i problemi di erosione. Gli scarichi sono stati pensati come in funzione dei drenaggi naturali. In fase esecutiva verranno realizzati in conformità con le pratiche agricole del sito.

## 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.

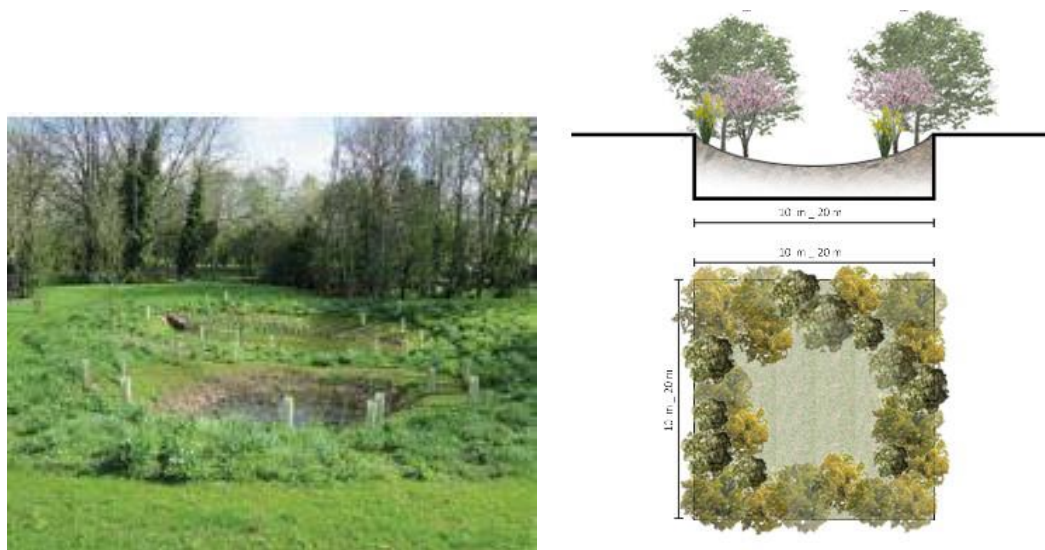


Figura 7.3: Immagini esemplificative di bacini di infiltrazione.

Sono state previste vasche di laminazione di tipologia  $5 \times 5 \text{ m}^2$ , tutti con profondità dello strato drenante fino a circa **1,2 m**.

Considerando le caratteristiche litologiche di cui al paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, si è proceduto alla verifica della capacità di assorbimento del terreno assumendo un valore di permeabilità cautelativo pari a  $5E-04 \text{ m/s}$ .

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, il **bacino con dimensioni 5mX5m di superficie 25 mq** è in grado di smaltire circa **1,25 l/s per metro lineare**.

Considerando un'estensione di **5 m**, si conclude che ognuna di queste opere è in grado di disperdere per infiltrazione circa **6,25 l/s**.

Tale valore sarà riconsiderato alla luce delle indagini in sito di permeabilità.

Tabella 7.1: Dimensionamento degli elementi drenanti – vasche 5mx5m.

DETERMINAZIONE DELLA PORTATA INFILTRANTE			
<b>Determinazione portata critica</b>			
$k_{sat}$	5E-04	[m/s]	Permeabilità del mezzo saturo in situ
$D_h$	1,2	[m]	Tirante idrico strato drenante
$B_T$	5	[m]	Larghezza
<b>Calcoli preliminari</b>			
$k_{insat}$	2,5E-04	[m/s]	Permeabilità del mezzo insaturo
$A_{f,m\ linear}$	5	[m <sup>2</sup> /m]	Superficie drenante da m lineare del bacino
$Q_{F,T}$	1,25	[l/s/m]	Portata drenata da m lineare 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.

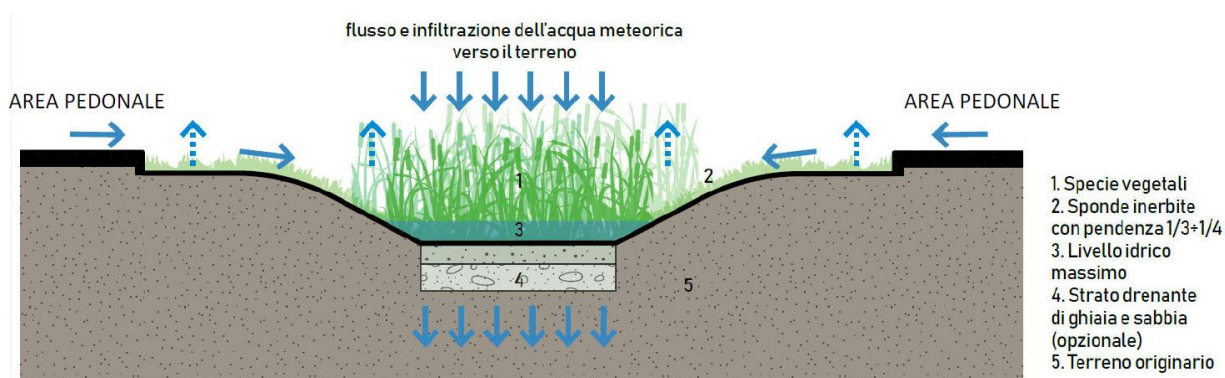


Figura 7.3: Schema tipologico di bacino di bio-ritenzione



## 8. CONCLUSIONE

Lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto agrivoltaico, 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 in 29 vasche di laminazione e infiltrazione rinverdite, con superficie pari a circa 625 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.

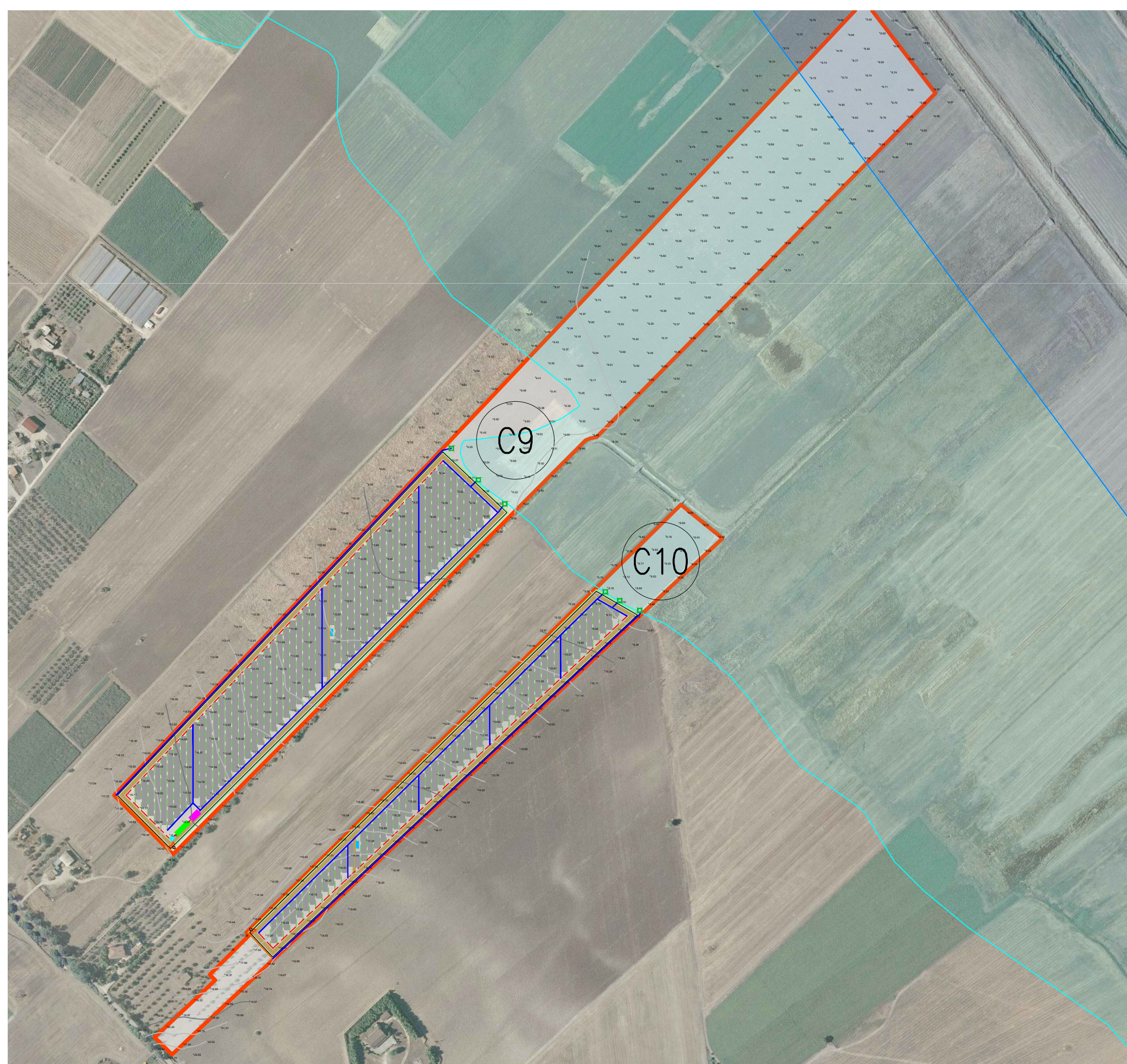
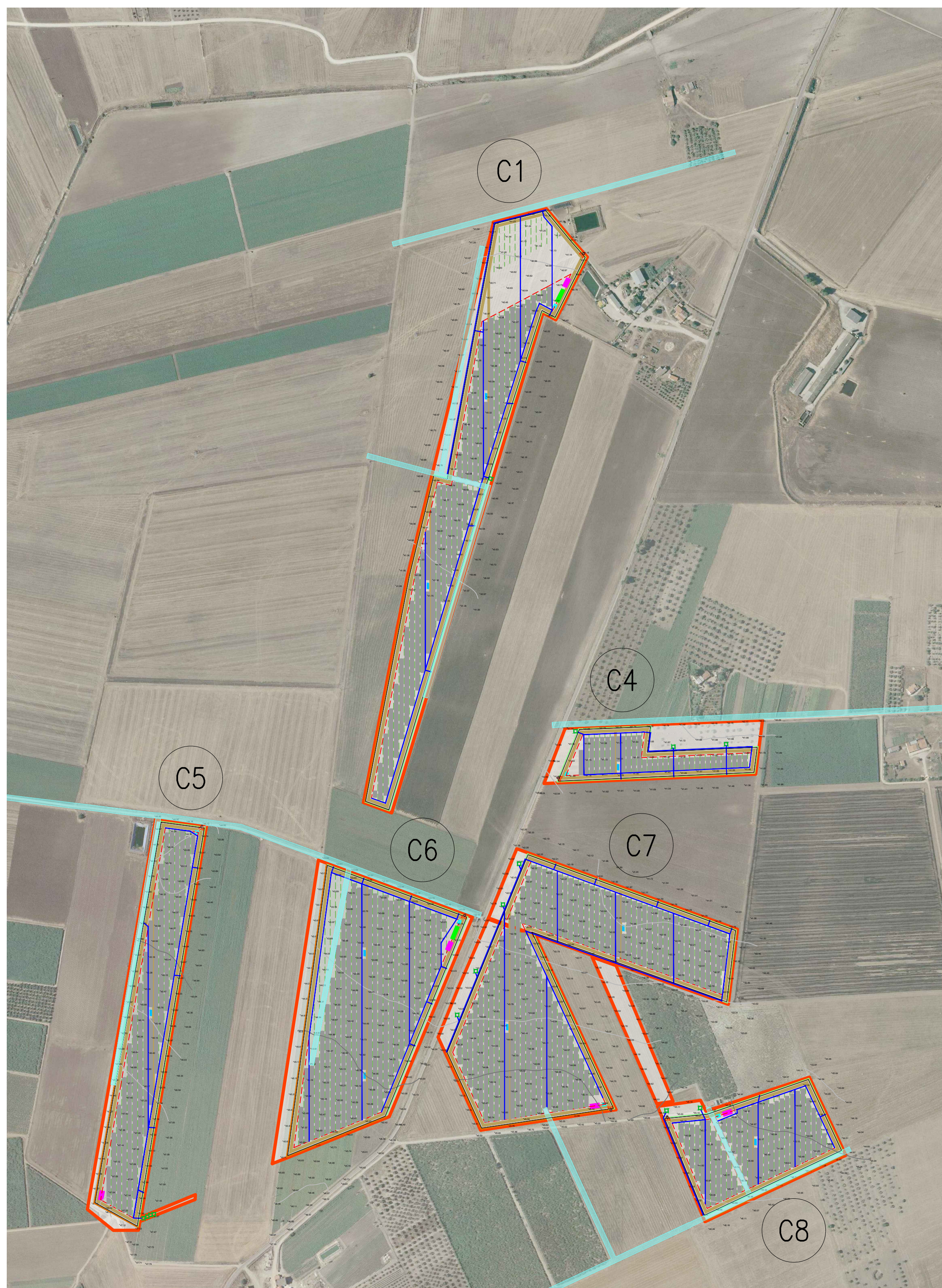
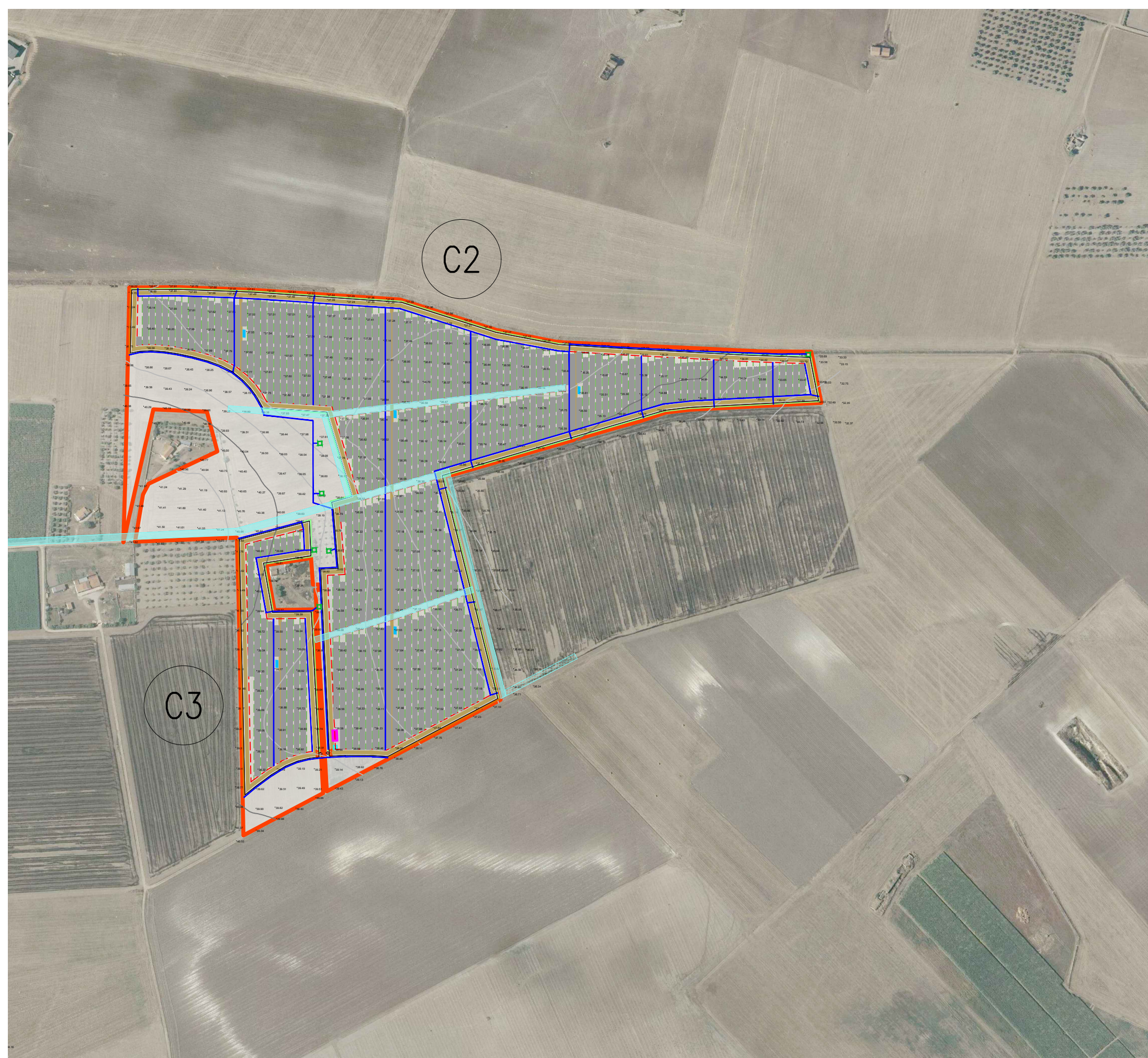
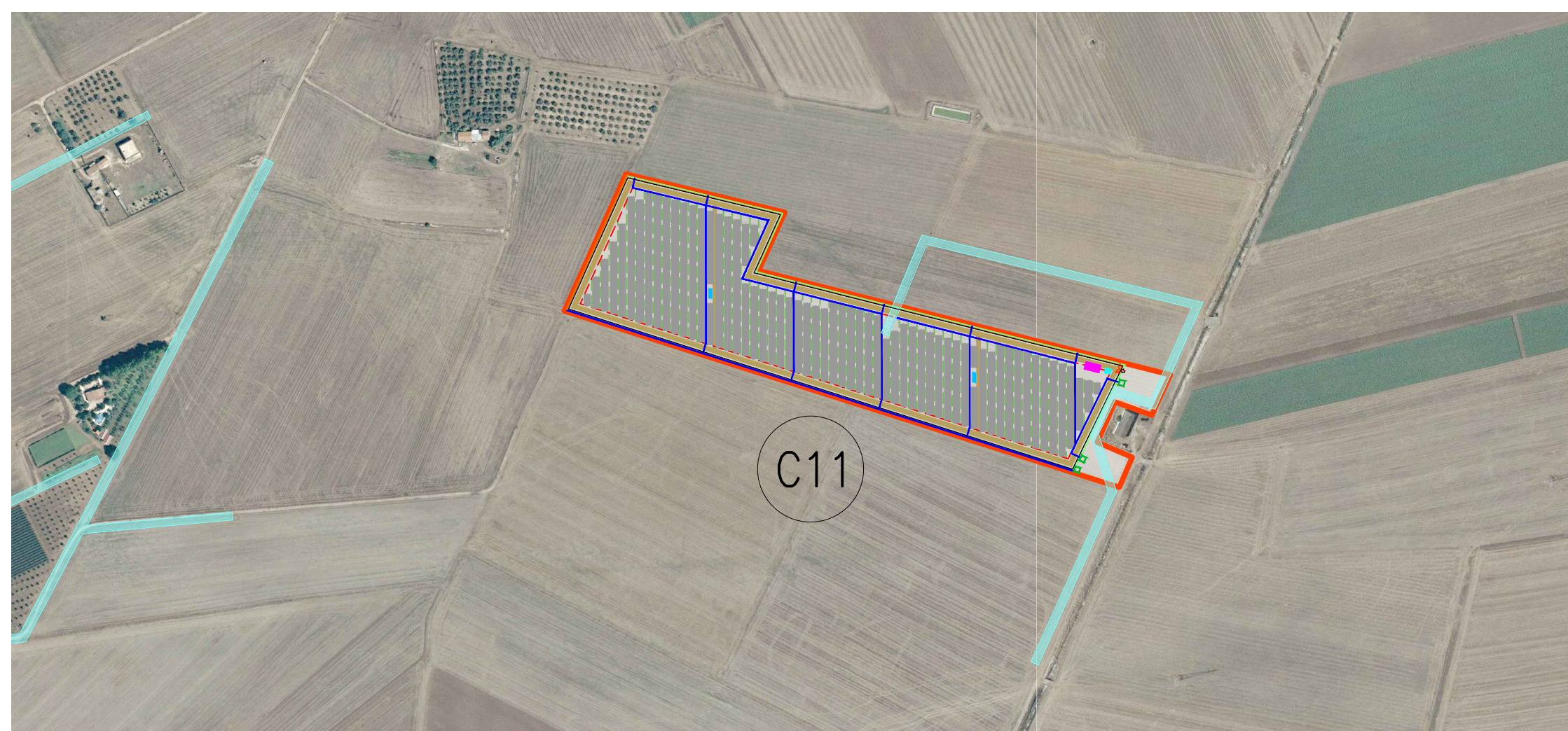
La preparazione del sito inoltre non prevede opere su larga scala di scotico, ma solo il taglio vegetazione ove essa impedisca la regolare esecuzione delle attività di costruzione e operatività. La viabilità di cantiere è assunta in materiale drenante.





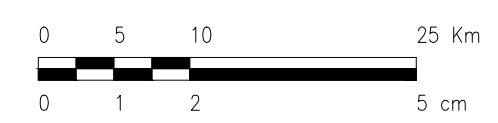
In merito all'uso del suolo post-operam per le aree interne alla recinzione dell'impianto (nelle interfila dei moduli fotovoltaici) è prevista la possibilità che agricoltori locali possano avviare una produzione olivicola superintensiva.





INQUADRAMENTO TERRITORIALE

SCALA 1:500000 - 1 cm = 5 Km



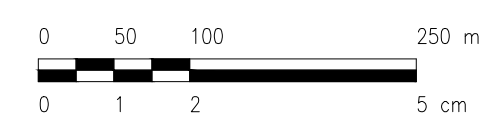
LEGENDA

- SITO
- LINEA DI CONNESSIONE
- PUNTO DI CONNESSIONE

LEGENDA

- SITO CATASTALE
- ACCESSO AREA IMPIANTO
- FASCE DI RISPETTO
- CORSI D'ACQUA
- FASCIA PAI - MP
- RISPETTO RETE IRRIGUA CONSORTILE
- RETE DI DRENAGGIO
- ARGINELLO IN TERRENO DA RIPORTO
- VASCA DI LAMINAZIONE 5X5
- RECINZIONE IN PROGETTO
- TRACKER (28 MODULI)
- TRACKER (14 MODULI)
- VIABILITA PERIMETRALE (LARGHEZZA 4 m)
- VIABILITA INTERNA (LARGHEZZA 3.5 m)
- FILARI COLTIVAZIONE INTENSIVA INTERNO RECINZIONE
- DTM REGIONE PUGLIA
- CURVE DI LIVELLO - EQUIDISTANZA 5 m
- DTM REGIONE PUGLIA
- CURVE DI LIVELLO - EQUIDISTANZA 1 m

SCALA 1:5000 - 1 cm = 50 m



0					
REV.	DESCRIZIONE	DIS.	RF	LC	GR/2022
		DESCR.	CONTROL.	APPROV.	DATA

**Montana**

MontanaSpA  
Via Carlo Farini 6/5  
00144 Roma  
Tel: +39 06 5410273  
Fax: +39 06 5410280  
www.montanaspa.com  
Ces. Sic. 01/03/00/04

Committente		FLYNIS PV 20 SRL VIA STATUTO 10 20121 MILANO (MI)	
Progettati		ING. LAURA CONTI Iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pavia al n. 1726	
Oggetto		IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTICO COLLEGATO ALLA RTN POTENZA NOMINALE 54,5 MW COMUNE DI SAN MARCO IN LAMIS, SAN GIOVANNI ROTONDO (FG) PROGETTO DEFINITIVO	
Tavola		REGIMAZIONE ACQUE METEORICHE SUPERFICIALI	N. Tav. <b>All. 01</b>
No. Riv.		ALLEGATO_01_GESTIONE ACQUE METEORICHE SUPERFICIALI_SL	
E' VIETATA LA RIPRODUZIONE DI QUESTO DOCUMENTO SENZA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA MONTANA SPA		Scala 1:5000	