



MAGGIO 2022

DEVELOPMENT 3 S.r.l.

IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO
COLLEGATO ALLA RTN
POTENZA NOMINALE 40,3 MW

COMUNE DI MANFREDONIA (FG)

Manfredonia

PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Relazione Idraulica

Progettista

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

Codice elaborato

2748_4894_MA_PD_R05_Rev0_Relazione idraulica



Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2748_4894_MA_PD_R05_Rev0_Relazione idraulica	06-2023	Prima emissione	G.d.L.	FL	L. Conti

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Maria Conti	Direzione Tecnica	Ordine Ing. Pavia 1726
Corrado Pluchino	Project Manager	Ord. Ing. Milano A27174
Riccardo Festante	Progettazione Elettrica, Rumore e Comunicazioni	Tecnico acustico/ambientale n. 71
Daniele Crespi	Coordinamento SIA	
Marco Corrù	Architetto	
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	
Francesca Jaspardo	Esperto Ambientale	
Mauro Aires	Ingegnere strutturista	Ordine Ing. Torino 9583J
Andrea Fronteddu	Ingegnere Elettrico	Ordine Ing. Cagliari. 8788
Matteo Lana	Ingegnere Ambientale	
Sergio Alifano	Architetto	
Paola Scaccabarozzi	Ingegnere Idraulico	
Sonia Morgese	Ingegnere Idraulico	
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	
Giovanni Cis	Ingegnere	

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



Impianto Agrivoltaico Collegato alla RTN 40,3 MW

Relazione idraulica



Marianna Denora	Architetto - Acustica	Ordine Architetti Bari, Sez. A n. 2521
Antonio Acito	Topografo	
Andrea Fanelli	Perito Elettrotecnico	

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





INDICE

1. PREMessa	6
2. DATI DI RIFERIMENTO	7
2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO	7
2.1.1 Modello digitale del terreno Regione Puglia	7
2.1.2 Rilievo topografico	7
2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO	7
3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	8
3.1 LOCALIZZAZIONE	8
3.2 COPERTURA DEL SUOLO	8
3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	9
3.3.1 Geologia	9
3.3.2 Caratterizzazione dei litotipi e assetto litostratigrafico	11
3.3.3 Aspetti geomorfologici	13
3.3.4 Inquadramento idrogeologico	14
3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO	15
3.4.1 Inquadramento idrologico, idraulico e geomorfologico	16
3.5 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO E DELLA LINEA DI CONNESSIONE ...	18
4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI	22
4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO	22
4.1.1 Moduli fotovoltaici e strutture di supporto	23
4.1.2 Cabine di campo	23
4.1.3 Cavi di potenza e di controllo	24
4.1.4 Rete di drenaggio interna	24
4.2 LINEA DI CONNESSIONE	25
5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO, LINEA DI CONNESSIONE, CABINA DI CONSEGNA/COLLEGAMENTO SE RTN	27
5.1 IDENTIFICAZIONE DELL'INTERFERENZA	27
5.2 METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC	28
5.2.1 Analisi qualitativa	28
5.2.2 Analisi quantitativa	29
5.3 NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO	31
5.4 PERCORSO DI CONNESSIONE	33
5.4.1 P01	33
5.4.2 P01.a	35
5.4.3 P02	37
5.4.4 P03	40
5.4.5 P04	41
5.4.6 P05	43
5.4.7 P06	45
5.4.8 P07	46
5.4.9 P08	49



6. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO	51
6.1 CONSIDERAZIONI CLIMATICHE	51
6.2 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO	52
6.3 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE.....	53
6.4 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO	56
6.5 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA)	58
6.5.1 Valutazione ante-operam	58
6.5.2 Valutazione post operam	60
6.6 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST-OPERAM ..	61
7. VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI	65
7.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL’AREA DI INTERVENTO	65
7.2 SISTEMA DI INFILTRAZIONE E LAMINAZIONE NELL’AREA DI INTERVENTO.....	66
8. CONCLUSIONE	69

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 dalla nuova variante del PAI 2019 dall'AdB Puglia.

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

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

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

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

Per completezza e per facilitare la comprensione di alcuni aspetti, nel presente documento si riportano anche argomenti trattati nella relazione "2748_4894_MA_PD_R06_Rev0_Relazione idrologica".



2. DATI DI RIFERIMENTO

2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO

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

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

2.1.1 *Modello digitale del terreno Regione Puglia*

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

2.1.2 *Rilievo topografico*

Nel mese di gennaio 2022 è stato eseguito un rilievo topografico con GPS al fine di definire l'andamento plano-altimetrico del terreno e la presenza di interferenze nelle aree destinate alla realizzazione del nuovo impianto fotovoltaico.

2.2 **NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO**

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

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

3. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

3.1 LOCALIZZAZIONE

Il progetto dell’impianto fotovoltaico in esame è ubicato nei territori comunali di Manfredonia (FG) e Foggia. L’area interessata comprende le particelle 131-132-133-134-141-142-143-144 del foglio 409 e le particelle 11-14-21-24 del foglio 422.

Il progetto comprende due siti, uno più a nord, che include le aree C1, C2, C3 e C4, ed uno più a sud, C5 e C6.

Il primo sito è collocato nel comune di Manfredonia, località Borgo Fonte Rosa al di sotto della Strada Provinciale 70. Occupa un’area di circa 27 ha ed ha un’altitudine di 17 m s.l.m.

Il secondo, collocato tra il comune di Manfredonia e il sud-est di Foggia, a circa 15 km dal centro della provincia, è compreso tra le strade E55 e SS544, ma facilmente raggiungibile tramite strade secondarie. Al di sopra si trova il centro CARA e in questa zona sono già presenti altri impianti fotovoltaici. L’area di intervento risulta essere pari a circa 31.5 ha ed ha un’elevazione media di 41 m s.l.m.m.

Entrambi i siti presentano un buon irraggiamento e sono facilmente raggiungibili ed accessibili tramite le vie di comunicazione esistenti.



Figura 3.1: Inquadramento territoriale. In blu il perimetro dei siti, in magenta il percorso di connessione alla RTN.

3.2 COPERTURA DEL SUOLO

I terreni rientranti nel presente progetto sono indicati, dall’autorità comunale, come verde agricolo.

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

L'area presenta quasi esclusivamente coltivazione a grano, in rotazione con ortaggi, con piccoli appezzamenti impiantati ad uliveto e mandorleto per uso famigliare. Non sono presenti aree industriali, produttive di altro genere.



- aree a pascolo naturale, praterie, incolti
- bacini con prevalente utilizzazione per scopi irrigui
- cespuglieti e arbusteti
- colture orticole in pieno campo in serra e sotto plastica in aree irrigue
- fiumi, torrenti e fossi
- insediamenti produttivi agricoli
- insediamento dei grandi impianti di servizi pubblici e privati
- insediamento in disuso
- insediamento industriale o artigianale con spazi annessi
- reti stradali e spazi accessori
- seminativi semplici in aree irrigue
- tessuto residenziale sparso
- uliveti
- vigneti

Figura 3.2: Stralcio carta uso del suolo. In magenta l'area di progetto.

3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

3.3.1 Geologia

La regione Puglia può essere suddivisa in tre grandi elementi geologici: Avampaese apulo (all'interno del quale si distinguono il Promontorio del Gargano, l'Altopiano delle Murge e le Serre Salentine), Fossa bradanica (differenziata geograficamente in Tavoliere delle Puglie, a nord, e Fossa Premurgiana, a sud) e catena sudappenninica (cui appartiene il Subappennino Dauno o Monti della Daunia). Il sito in esame si trova nell'area del Tavoliere.

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. Si tratta 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-pleioceniche (ciclo più antico), costituiscono i principali affioramenti argillosi.

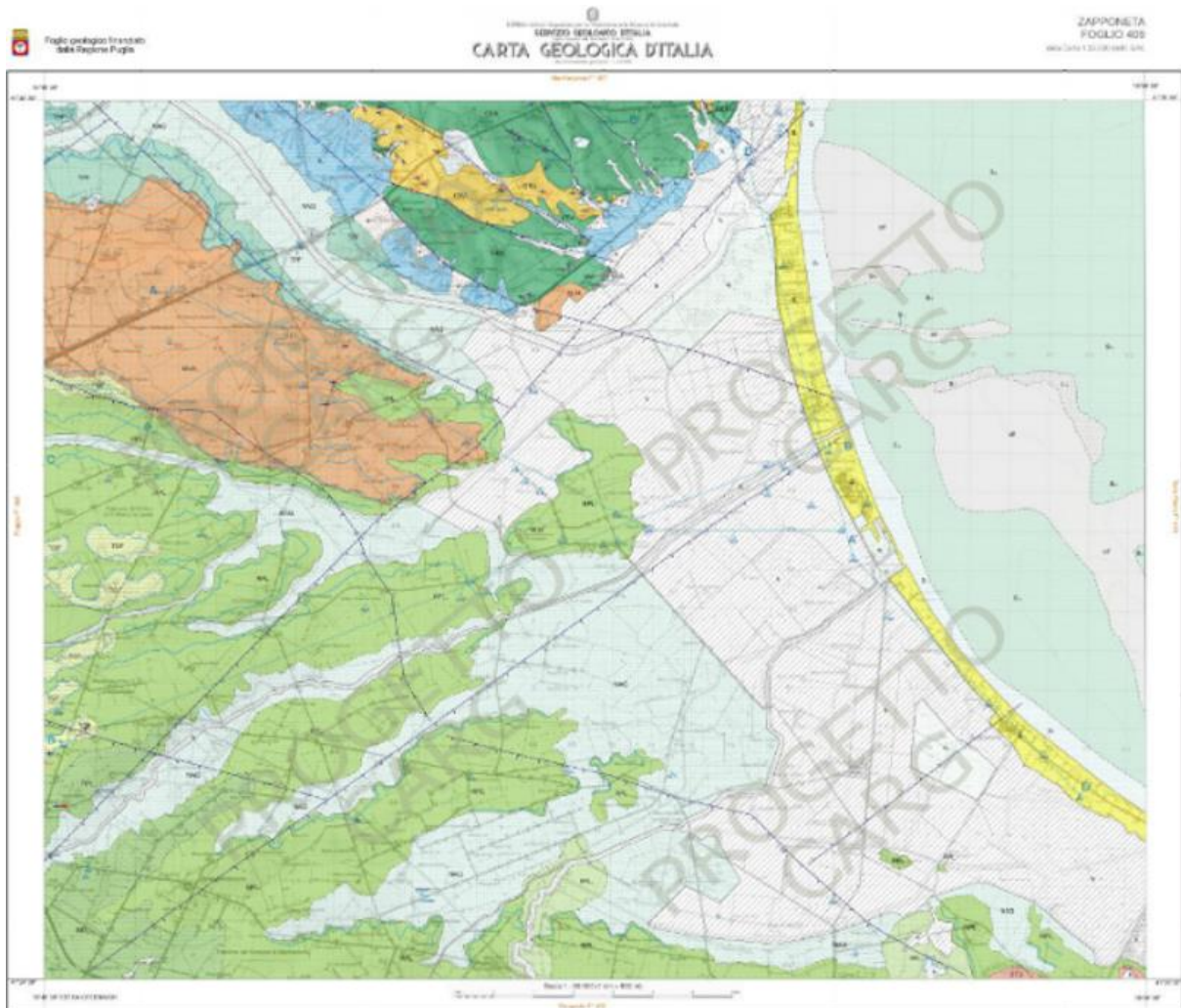
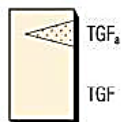


Figura 3.3: Carta Geologica d'Italia – Foglio 409 Zapponeta (in corso di pubblicazione) reperibile al sito https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/409_ZAPPONETA/Foglio.html).

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.



SINTEMA DI FOGGIA



Depositi alluvionali terrazzati del V ordine costituiti da silt argillosi sottilmente laminati con intercalazioni di sabbie siltose gradate e laminate (depositi di piana di inondazione). Nel sottosuolo a diverse profondità si rinvencono conglomerati poligenici ed eterometrici in corpi di spessore variabile da circa un metro a circa 5-6 m intercalati a silt argillosi nerastrati laminati che contengono a luoghi ciottoli isolati e gasteropodi continentali (TGF).

In corrispondenza dell'abitato di Foggia i conglomerati affiorano in una estesa area (TGF_a). Depositi di tracimazione e/o di piena calante e piane di esondazione. Poggia in erosione sulle argille subappennine e sui sistemi più antichi. Lo spessore complessivo dell'unità, ricavato dall'analisi di numerosi pozzi per la ricerca di acqua, varia da 10-15 m a 40 m.

PLEISTOCENE MEDIO? - PLEISTOCENE SUPERIORE

Figura 3.4: I distretti morfo-ambientali legati alla diversa struttura e costituzione litologica del sottosuolo

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione dedicata "2748_4894_MA_PD_R03_Rev0 Relazione geologica".

3.3.2 Caratterizzazione dei litotipi e assetto litostratigrafico

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

Questi depositi alluvionali, che nel foglio n. 409 "Zapponeta" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000 (Servizio Geologico d'Italia e Progetto CARG) vengono attribuiti al "Sintema dei Torrenti Carapelle e Cervaro", sono datati al Pleistocene superiore ed hanno uno spessore che varia da 10 -15 m a 40 m circa. Tale spessore è legato all'andamento del substrato sul quale si sono depositi ed all'azione erosiva superficiale.

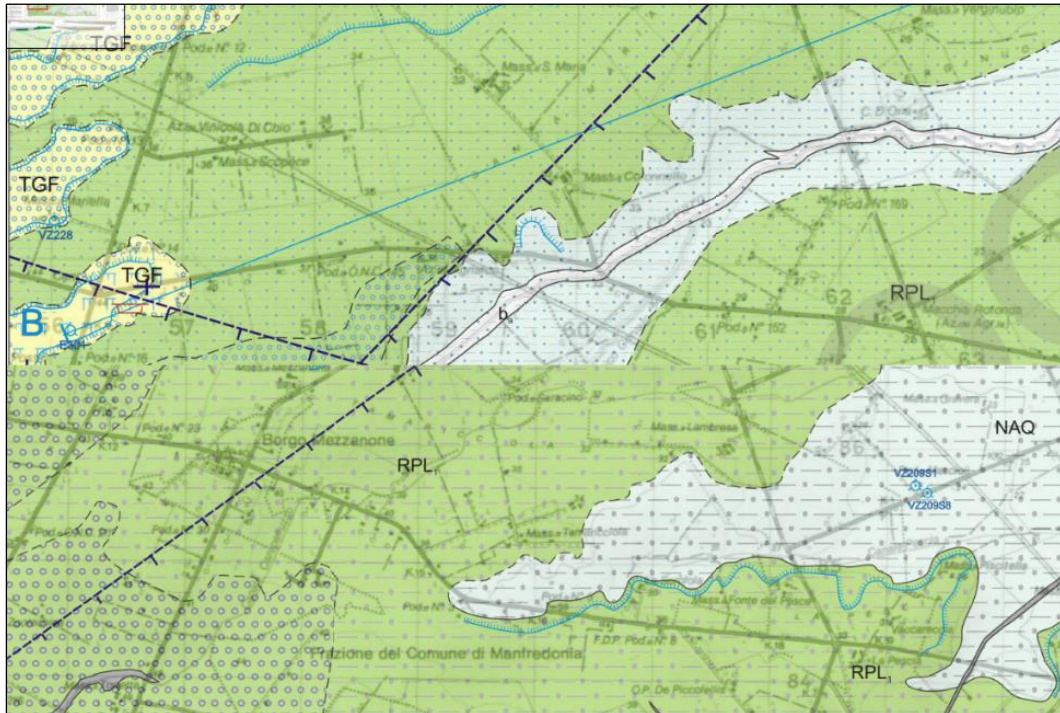


Figura 3.5: Estratto della Carta Geologica Foglio 409 Zapponeta - Nel riquadro l'area di insediamento dell'impianto fotovoltaico e della sottostazione elettrica.

Come già descritto, dal punto di vista geologico generale il sottosuolo in esame è parte integrante dei depositi alluvionali olocenici, poggianti sui sedimenti plio-pleistocenici, in prevalenza formati da sabbie e argille, che costituiscono i terreni affioranti alle pendici meridionali dei Monti della Daunia, ai margini sud occidentali del Tavoliere delle Puglie, nell'Appennino Meridionale. Il basamento è costituito da una potente serie di sedimenti carbonatici di età mesozoica, in prevalenza di piattaforma.

In ambito sufficientemente ampio, circoscritto al territorio in esame, la Carta Geologica d'Italia¹ evidenzia una potente successione terrigena di avanfossa, sormontata tettonicamente da lembi dell'Unità tettonica della Daunia. Questi ultimi sono a loro volta coperti da una successione terrigena di avanfossa di età più recente (Pliocene superiore – Pleistocene inferiore), che viene comunemente indicata come ciclo della Fossa Bradanica.

Nello specifico si rilevano 3 formazioni ascrivibili all'Unità Quaternarie del Tavoliere di Puglia, riferibili al Pleistocene medio-superiore-Olocene.

- Unità Quaternarie del Tavoliere di Puglia
 - Supersistema del Tavoliere di Puglia (TP)
 - Sintema dei Torrenti Carapelle e Cervaro
 1. PRL₁ – Subsintema dell'Incoronata

È rappresentato dai depositi alluvionali recenti e sub-attuali accumulati lungo gli alvei dei due principali corsi d'acqua della zona (T. Celone e T. Carapelle) e dei loro maggiori affluenti. Si estendono per aree pianeggianti e abbastanza vaste, che a luoghi mostrano un reticolo più o meno fitto di antichi canali naturali abbandonati; parte del corso dei torrenti principali è stato nello scorso secolo regimentato con la costruzione di numerosi canali artificiali, nonché canali di drenaggio perpendicolari

¹ Foglio 409 "Zapponeta" scala 1:50.000.

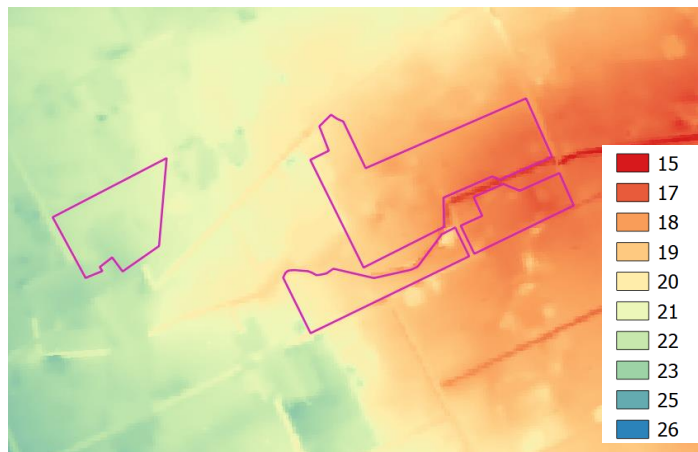
ai corsi attuali: queste opere avevano lo scopo di limitare i danni di non infrequenti eventi alluvionali estremi.

Nelle estese piane alluvionali i sedimenti, in prevalenza osservati attraverso stratigrafie di perforazioni effettuate per ricerche d'acqua, per scopi geognostici o di modestissime cave effimere per estrazione di inerti, sono rappresentate da ghiaie e sabbie nelle aree più a monte e da argille e limi in quelle più a valle (età Pleistocene sup- - Olocene).



Figura 3.6: Schema geologico e strutturale dell'area del Tavoliere e del Subappennino Dauno.

3.3.3 Aspetti geomorfologici



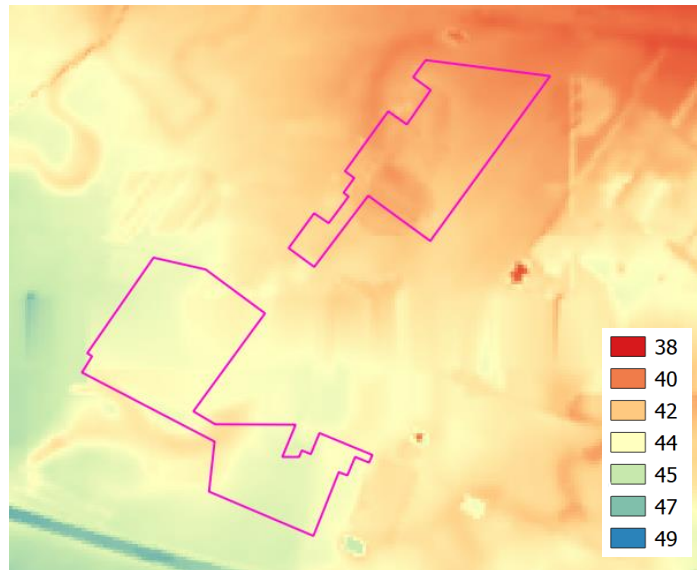


Figura 3.7: Andamento altimetrico [elevazione metri s.l.m.] in magenta l'area di progetto.

3.3.4 Inquadramento idrogeologico

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

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

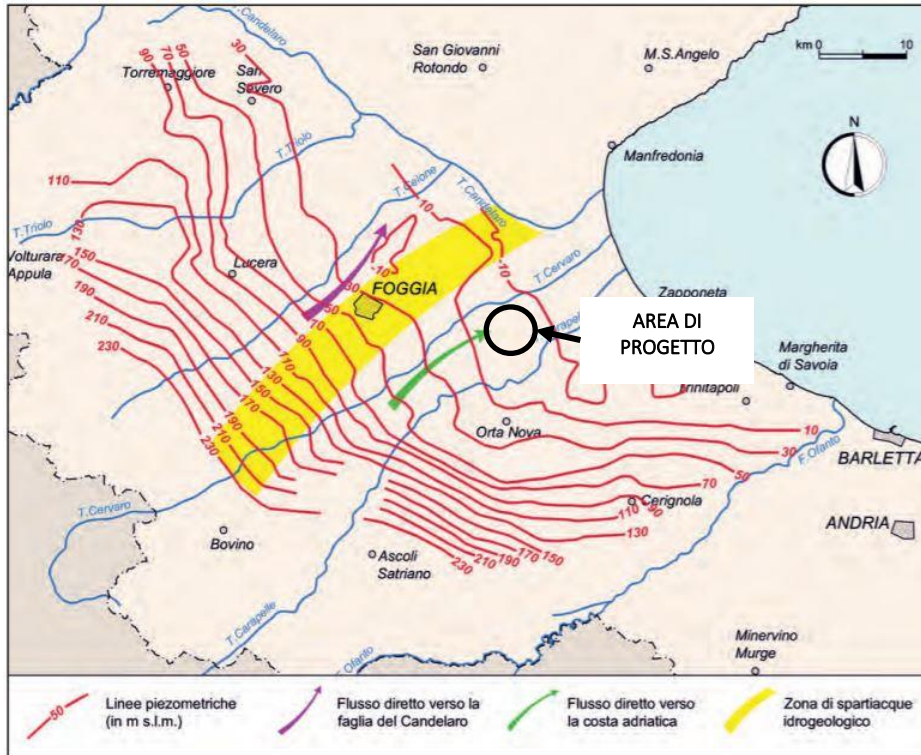


Figura 3.8: Isopieze della falda superficiale del Tavoliere relativa all'anno 2003 con indicazione delle zone ove è ubicato lo spartiacque idrogeologico (fonte ISPRA), insieme all'area di progetto.

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

3.4 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO

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

Nello specifico l'area di interesse rientra nell'Idro-ecoregione 16 "BasilicataTavoliere", unità idrografica 3 "Tavoliere delle Puglie" ed è interessato dal bacino del Carapelle, il quale rientra tra i maggiori corsi d'acqua, insieme al Fiume Ofanto, sia per estensione della rete fluviale che per significatività dei deflussi.

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

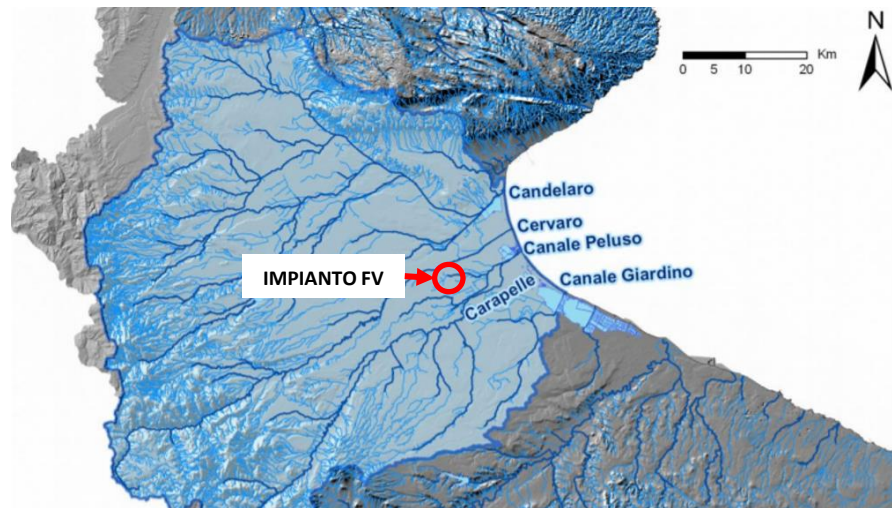


Figura 3.9: Corpi idrici superficiali (Relazione PGRA - AdB Puglia) ed ubicazione area di progetto.

Nel corso del passato si era sviluppata una rete di drenaggio antropica di bonifica/irrigazione intersecata con la rete idrografica naturale. Negli ultimi decenni con il passaggio ad un'agricoltura di tipo intensivo l'approvvigionamento idrico per le campagne è avvenuto da pozzi con emungimento da falda e da reti di grande distribuzione di tipo consortile (Consorzio di Bonifica della Capitanata).

3.4.1 Inquadramento idrologico, idraulico e geomorfologico

L'area interessata dal progetto ricade all'interno del bacino Carapelle e in stretta vicinanza col bacino del Cervaro. Barone si trova nei pressi del canale Macchia Rotonda, il Torrente Carapelluzzo e due affluenti del torrente Carapelle.

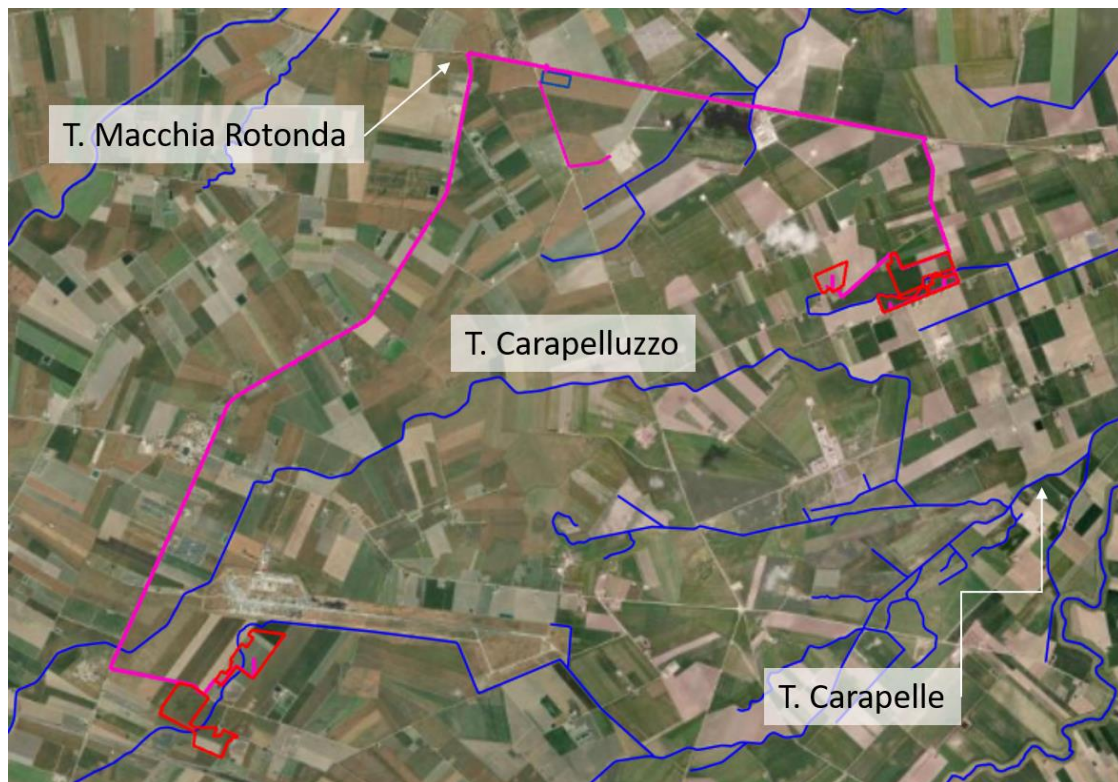


Figura 3.10: Stralcio carta dei corsi d'acqua ricadenti nel bacino Carapelle. In evidenza l'area di progetto ed i Torrenti Carapelluzzo, Macchia Rotonda e Carapelle.

I corsi d'acqua del Tavoliere meridionale hanno un andamento subparallelo con direzione da Sud-Ovest a Nord-Est e presentano un tracciato irregolare. Nella media e nella bassa valle l'Ofanto, il Carapelle ed il Cervaro assumono, per alcuni tratti, un andamento a meandri. Le portate medie dei torrenti che solcano il Tavoliere sono assai esigue. Il regime è fortemente irregolare, caratterizzato da magre estive e da piene autunnali-invernali, che in passato hanno dato luogo a rovinose inondazioni.

Il canale Carapelluzzo, lungo circa 32 500 metri, e il canale Macchia Rotonda, di 10 900 metri, sono due degli affluenti del canale Peluso. Il canale Peluso, lungo circa 15 630 metri, scorre quasi parallelamente al Torrente Carapelle per sfociare nel Mar Adriatico poco a nord rispetto alla foce del Carapelle.



Figura 3.11: Canale Carapelluzzo (foto prese da Relazione di compatibilità idraulica – Parco Eolico Borgo Mezzanone S.r.l)



Figura 3.12: Canale Peluso (foto presa da Relazione di compatibilità idraulica – Parco Eolico Borgo Mezzanone S.r.l)

La Figura 3.13 presenta uno stralcio della Carta idrogeomorfologica della Regione Puglia dove si mostra a scala di progetto la tipologia dei depositi e note di dettaglio in merito all'idrografia e alla morfologia.

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

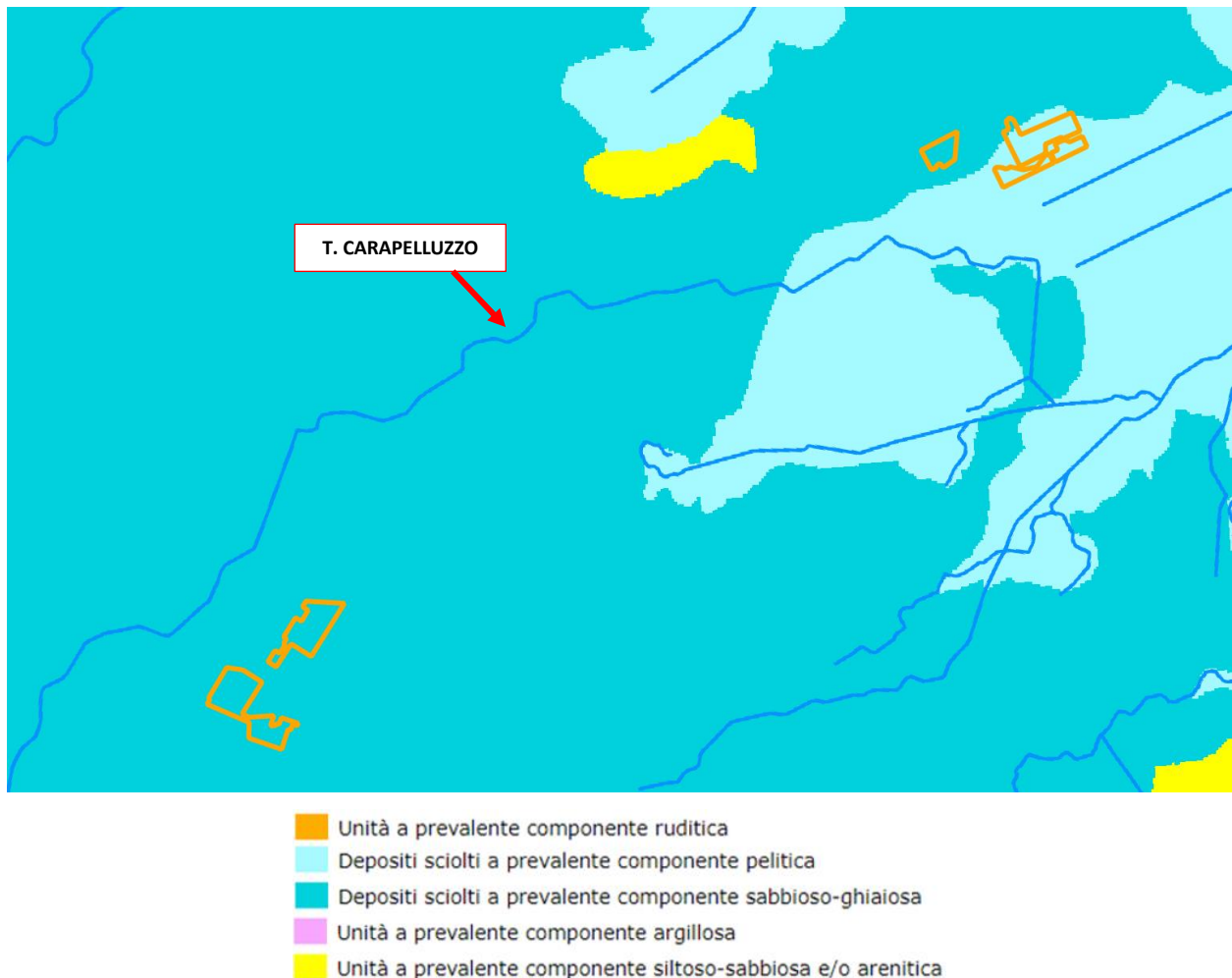


Figura 3.13: Stralcio carta idrogeomorfologica della Regione Puglia, in arancione le aree degli impianti FV, in blu l'idrografia principale.

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

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

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

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

"L'ambito dei bacini fluviali con alimentazione appenninica è caratterizzato dalla presenza di reticoli idrografici ben sviluppati con corsi d'acqua che, nella maggior parte dei casi hanno origine dalle zone pedemontane dell'Appennino Dauno. Tali corsi d'acqua sottendono bacini di alimentazione



di rilevante estensione, dell'ordine di alcune migliaia di kmq, che comprendono settori altimetrici di territorio che variano da quello montuoso a quello di pianura. Mentre nei tratti montani di questi corsi d'acqua i reticoli denotano un elevato livello di organizzazione gerarchica, nei tratti medio-vallivi le aste principali degli stessi diventano spesso le uniche aree fluviali appartenenti al bacino."

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

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

Nell'area catastale disponibile risultano presenti le fasce di pericolosità idraulica alta, media e bassa, relative ad un'area depressa di drenaggio con alveo non definito, come indicato in Figura 3.14.

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

Il percorso di connessione attraversa molteplici fasce di pericolosità idraulica alta, media e bassa, principalmente riferite al Canale Carapelluzzo e al canale Macchia Rotonda. (Figura 3.14).

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

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

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

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

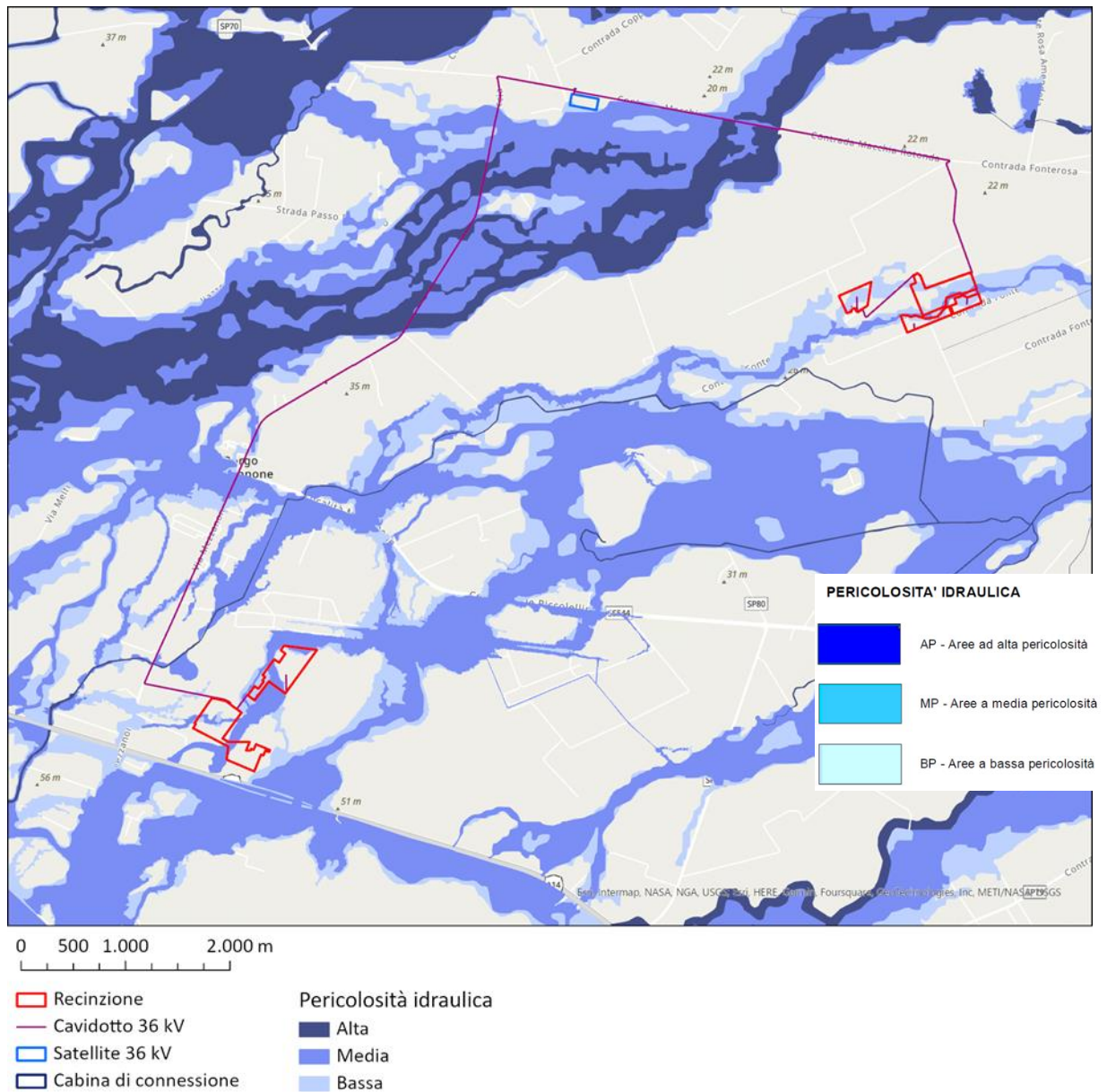


Figura 3.14: Stralcio assetto idrogeologico (PAI) - assetto idraulico territorio ex Autorità di bacino della Puglia pubblicato sulla gazzetta ufficiale del G.U. n. 194 del 20/08/2019. In giallo i siti di progetto e in rosso la linea di connessione.

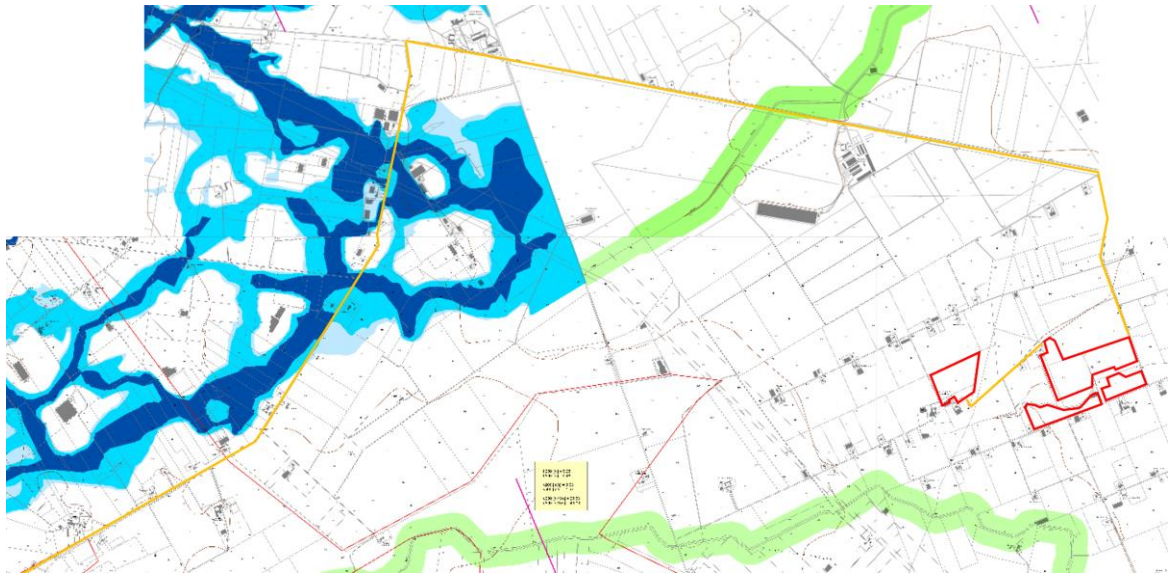


Figura 3.15: Stralcio carta di pericolosità idraulica n. 136 “Manfredonia”, 135 e 147 “Foggia” del PGRA aggiornata al 30/03/2016. Area di impianto C1, C2, C3 e C4, in arancione la linea di connessione.



Figura 3.16: Stralcio carta di pericolosità idraulica n. 136 “Manfredonia”, 135 e 147 “Foggia” del PGRA aggiornata al 30/03/2016. Area di impianto C5 e C6, in arancione la linea di connessione.



4. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTI

4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

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

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

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

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

La proponente ha richiesto la soluzione tecnica minima generale (STMG) di connessione a Terna S.p.A., tale soluzione emessa da Terna con Prot. TERNA/P202100009-10/06/2021 è stata accettata dalla proponente e prevede la connessione dell'impianto alla RTN nella SE 380/150 Manfredonia.

L'impianto fotovoltaico con potenza nominale di picco pari a 42 MW è così costituito da:

- n.2 cabine di smistamento a livello di tensione 36 kV. In queste cabine confluiranno tutti i cavi (con isolamento fino a 42 kV) provenienti dalle diverse cabine di campo (Power Station): dalle cabine di smistamento partiranno le linee di connessione verso le cabine di sezionamento distribuite lungo il percorso di connessione verso la stazione elettrica Terna "SST Manfredonia". Nella stessa area all'interno delle cabine sarà presente il quadro QMT contenente i dispositivi generali DG di interfaccia DDI e gli apparati SCADA e telecontrollo;
- n. 12 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 tensione a livello di tensione 36 kV; 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;



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

4.1.3 Cavi di potenza e di controllo

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

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

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

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

4.1.4 Rete di drenaggio interna

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

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

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

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

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

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



Inoltre, in contrapposizione al classico approccio di drenaggio delle acque meteoriche, in cui il principale obiettivo è l'allontanamento delle acque dal sito, nel presente progetto si sono utilizzate tecniche di progettazione a basso impatto, che prevedono sistemi distribuiti di infiltrazione e laminazione delle acque, in somiglianza alle dinamiche naturali del reticolo di drenaggio. A tal proposito, il progetto ha previsto la realizzazione di fossi di scolo realizzati con ingegneria naturalistica e bacini di laminazione e infiltrazione localizzate (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 MT tra l'impianto fotovoltaico e la stazione TERNA esistente, posta a sud della SP70, in località Macchia Rotonda. Il cavidotto tra gli impianti e la stazione è lungo circa 14,5 km, mentre le parti di linea di connessione congiungenti elementi della stessa area impianti misurano complessivamente 1015 m. 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.



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

5.1 IDENTIFICAZIONE DELL'INTERFERENZA

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

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

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

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

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P01	Area allagabile	Bassa	Cavo interrato
P01a	Area allagabile	Media-bassa	Cavo interrato
P02	Torrente Carapelluzzo	Alta	TOC
P03	Area allagabile	Media	Cavo interrato
P04	Area allagabile	Media	Cavo interrato
P05	Area allagabile	Media	Cavo interrato
P06	Area allagabile	Alta, Media	Cavo interrato
P07	Torrente Macchia Rotonda	Alta, Media	TOC
P08	Area allagabile	Bassa	Cavo interrato

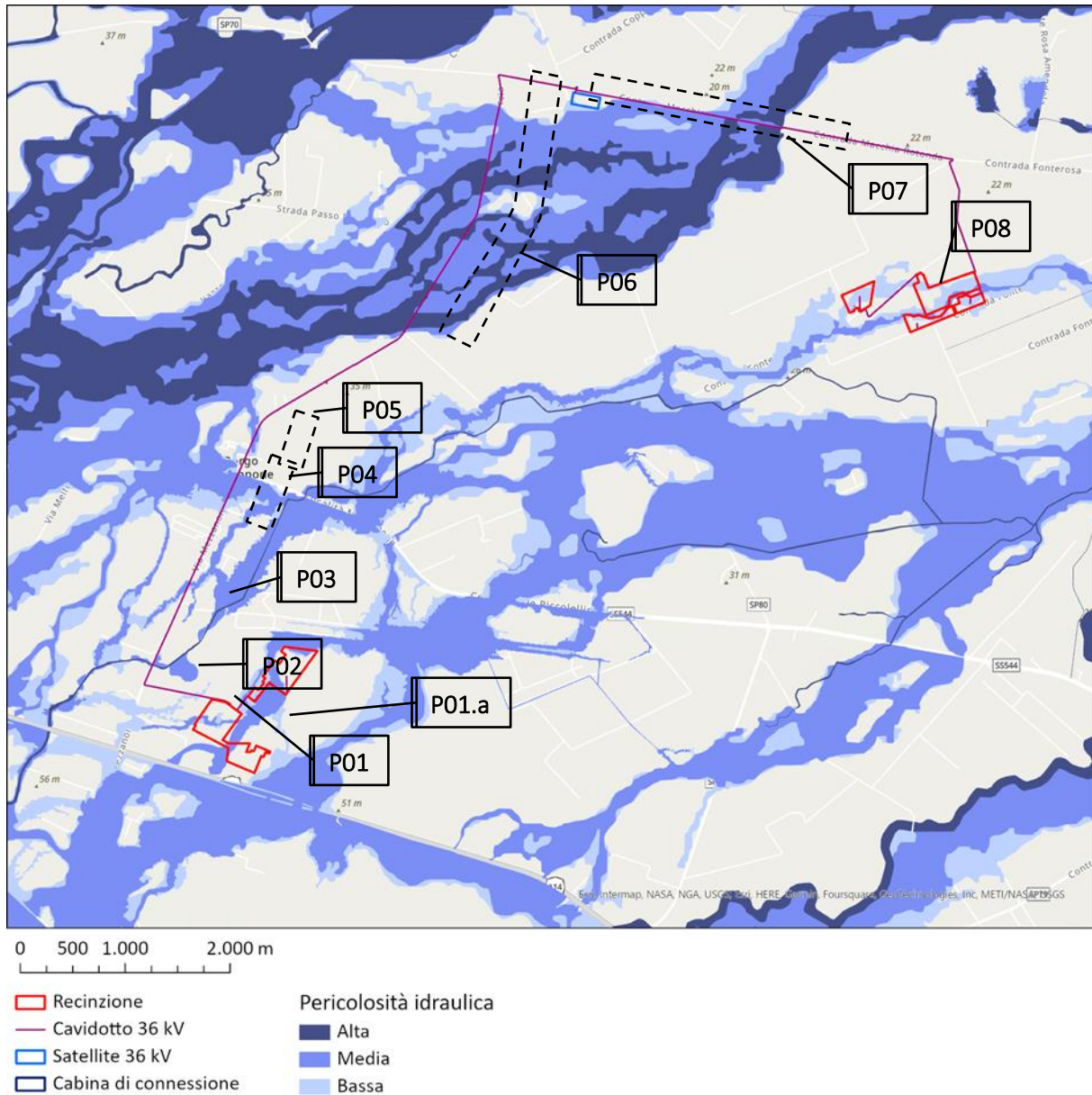


Figura 5.1: Aree di progetto e interferenze con mappa PAI di pericolosità moderata, media e alta.

5.2 METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC

5.2.1 Analisi qualitativa

In seguito all'identificazione dei punti di interferenza, per gli attraversamenti di corsi d'acqua naturali/antropici è stata effettuata un'analisi qualitativa di stabilità dei tratti di interesse. L'analisi è stata condotta sulla base delle indicazioni HEC-20 - Stream Stability at Highway Structures – FHWA ed ha interessato i punti identificati come P02 e P07.

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

Gli indicatori di stabilità considerati sono stati:

1. Caratteristiche e attività del bacino e delle golene: è stato valutato il grado di interferenze dovuto all'esercizio di attività come pascoli, allevamenti, costruzioni, infrastrutture, ecc.



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

5.2.2 Analisi quantitativa

L'analisi quantitativa è stata effettuata in corrispondenza delle interferenze P02 e P07.

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.

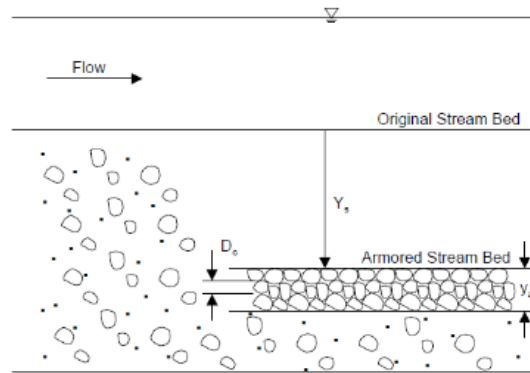


Figura 5.2: Dinamica erosione a lungo termine per corazzamento (fonte FHWA).

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

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

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

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

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

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

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

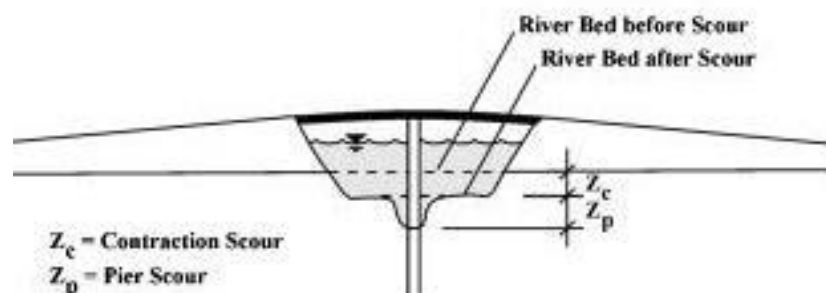


Figura 5.3: Erosioni assunte in corrispondenza di un ponte di attraversamento stradale (fonte FHWA).

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.

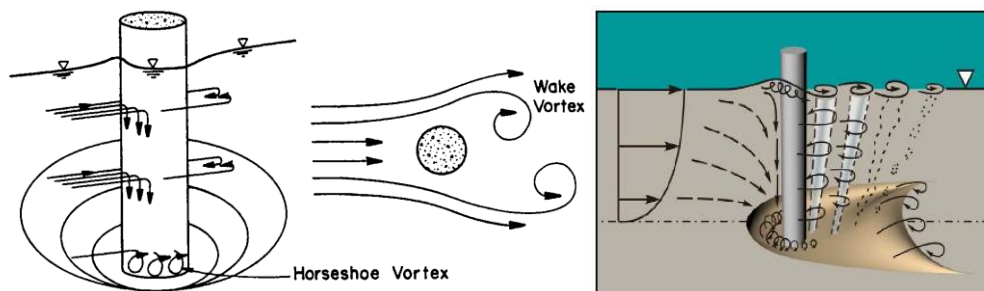


Figura 5.4: Dinamica di erosione in corrispondenza di pile strette (fonte FHWA).

5.3 NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Nell'area catastale disponibile per l'impianto fotovoltaico risultano presenti fasce di pericolosità idraulica media e bassa, secondo l'ultimo aggiornamento del PAI, come mostrato in

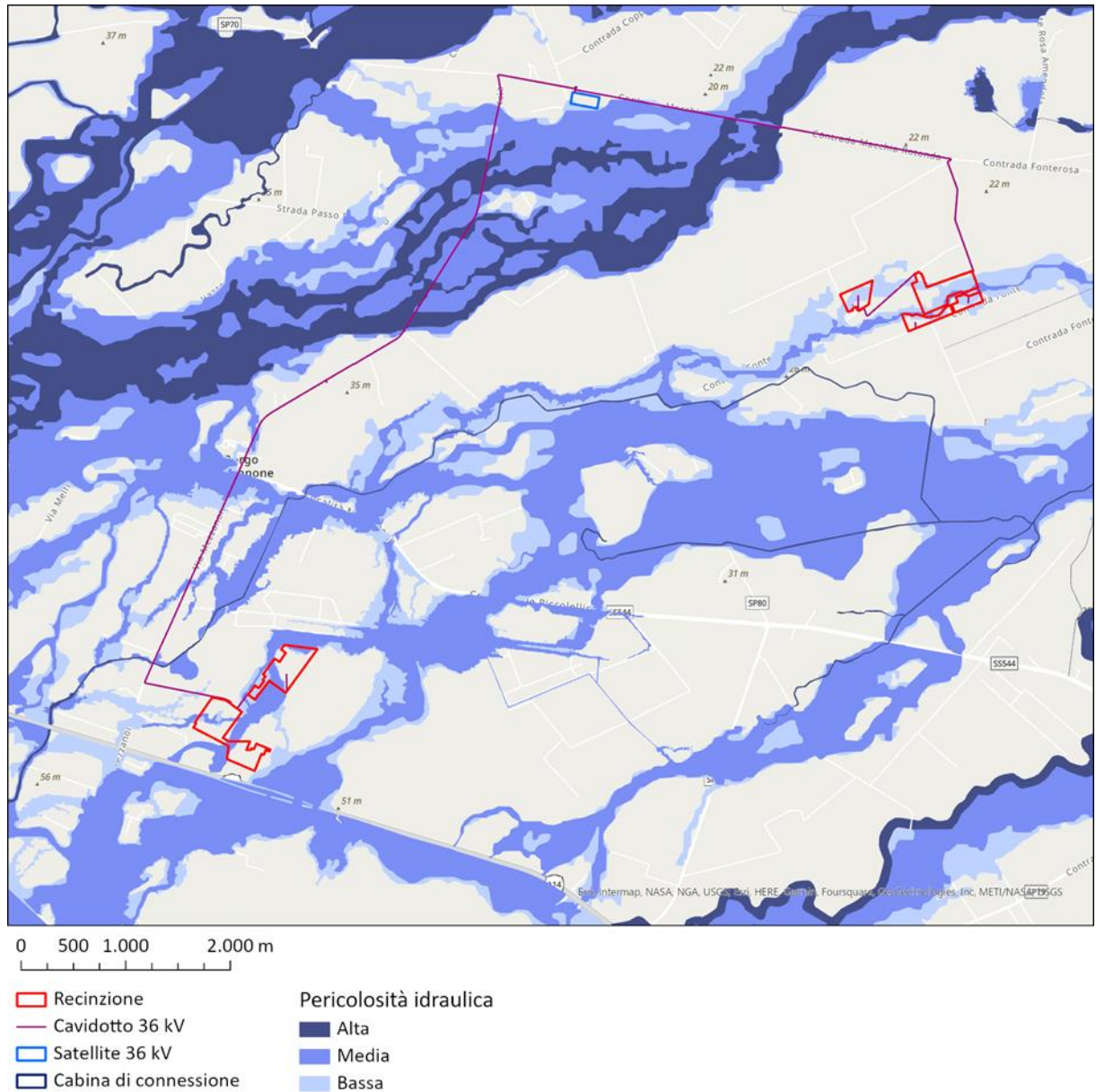


Figura 5.1 Figura 3.14. Sulla base dell'analisi del PGRA, aggiornato al 30/03/2016, l'area di progetto risulta mappata diversamente rispetto al PAI. Quest'ultimo Piano segnala estensioni maggiori delle mappe di pericolosità, rispetto alle aree individuate dal PGRA.

Come introdotto nel paragrafo 3.5, le aree di pericolosità che interferiscono con l'area catastale, sono quelle riferite al Canale Carapelluzzo e Torrente Macchia Rotonda.

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 5.5).



Figura 5.5: Perimetrazione sito e aree interessate dalle fasce di pericolosità media del PAI (in azzurro).

5.4 PERCORSO DI CONNESSIONE

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

Lungo il percorso di connessione alla cabina di trasformazione sono state individuate 8 interferenze con fasce di pericolosità idraulica, di seguito lo studio di ognuna.

5.4.1 P01

5.4.1.1 Identificazione

L'interferenza è situata lungo una strada secondaria. La fascia di pericolosità idraulica alta bassa si riscontra nel PAI 2019. Nel PGRA 2016 l'interferenza non risulta mappata.

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

Tabella 5-2: Riepilogo interferenza P01.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P01	Area allagabile	Bassa	Cavo interrato



Figura 5.6: Ubicazione interferenza P01, in rosso il percorso di connessione.



Figura 5.7: Stralcio del PAI con fasce di pericolosità idraulica bassa.

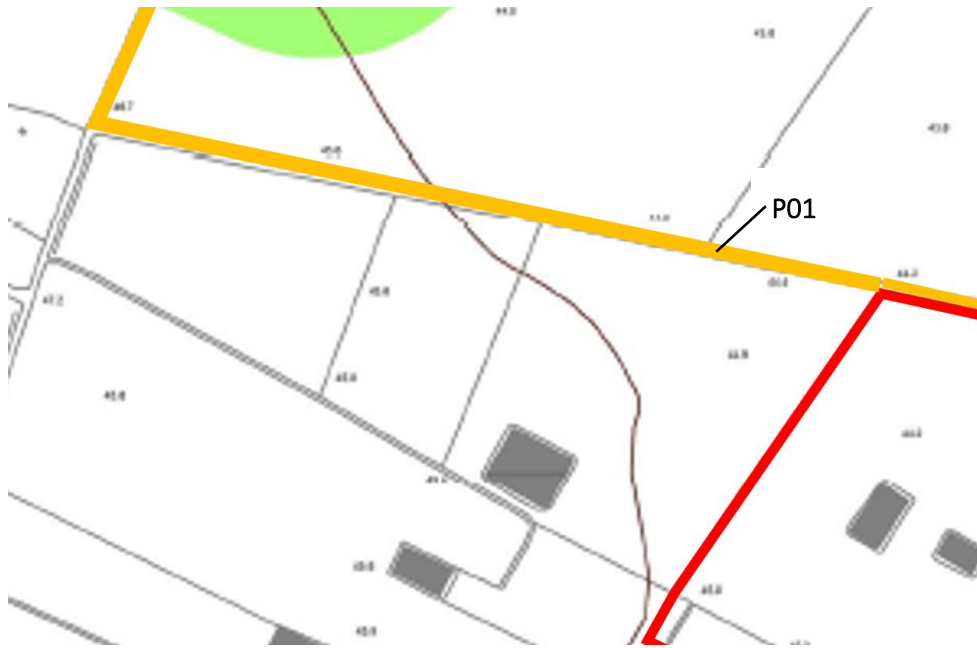


Figura 5.8: Stralcio PGRA, in arancione la linea di connessione.

5.4.1.2 Osservazioni

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

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

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

5.4.1.3 Verifica di compatibilità idraulica

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

A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione. Si ritiene quindi superata l'interferenza P01 ed idraulicamente compatibile.

5.4.2 P01.a

5.4.2.1 Identificazione

Fra due aree dell'impianto C5 e C6, vi è un cavo di connessione. Questo cavo collega l'area dell'impianto C5 a C6, a partire da quest'ultimo impianto parte nuovamente la linea di connessione collegata direttamente alla stazione Terna. In Figura 5.6 e Figura 5.7 si mostra uno schema della linea di connessione tra le sotto-aree di Barone e, l'interferenza con la mappa PAI.

L'interferenza è situata lungo una strada secondaria. La fascia di pericolosità idraulica alta bassa si riscontra nel PAI 2019. Nel PGRA 2016 l'interferenza non risulta mappata.

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

Tabella 5-3: Riepilogo interferenza P01.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P01.a	Area allagabile	Media-bassa	Cavo interrato

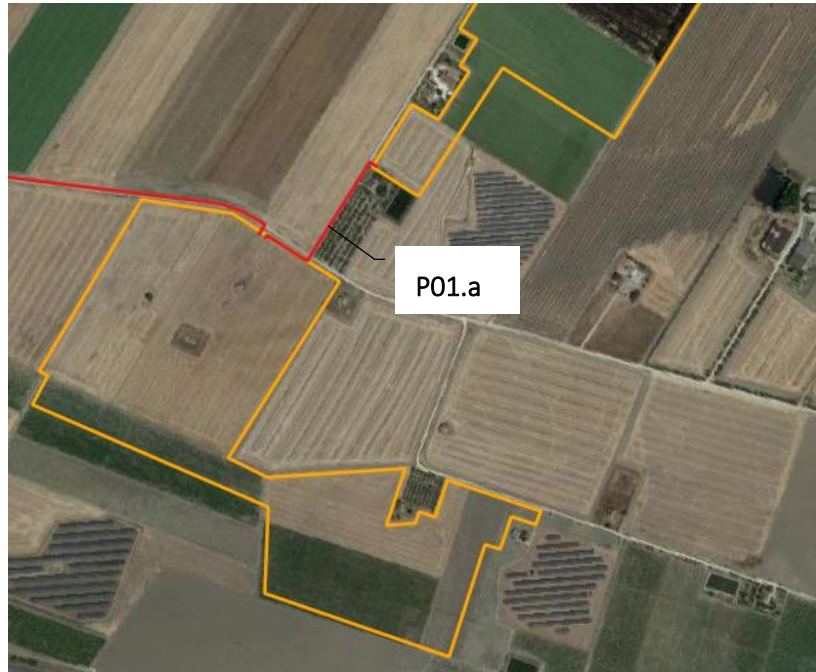


Figura 5.9: Ubicazione interferenza P01, in rosso il percorso di connessione.



Figura 5.10: Stralcio del PAI con fasce di pericolosità idraulica bassa e media. In rosso il cavo di connessione, in arancione l'area dell'impianto.

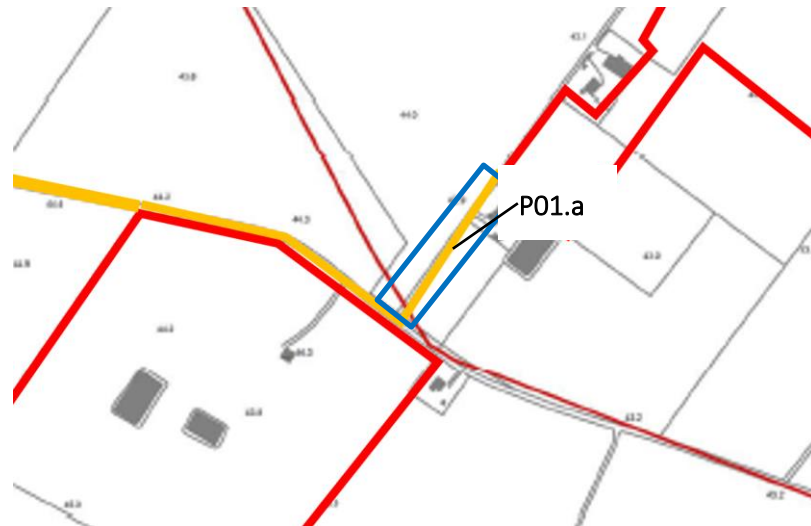


Figura 5.11: Stralcio PGRA, in arancione la linea i connessione.

5.4.2.2 Osservazioni

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

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

5.4.2.3 Verifica di compatibilità idraulica

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

A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione. Si ritiene quindi superata l'interferenza P01.a ed idraulicamente compatibile.

5.4.3 P02

5.4.3.1 Identificazione

L'interferenza è situata lungo una strada ortogonale all'autostrada A14, situata a sud di essa, e si aggancia a Via Macchia Rotonda a Nord. Le fasce di pericolosità idraulica alta, media e bassa si riscontrano nel PAI 2019.

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

Tabella 5-4: Riepilogo interferenza P02.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P02	Canale Carapelluzzo	Alta	TOC



Figura 5.12: Ubicazione interferenza P02, in rosso il percorso di connessione.



Figura 5.13: Stralcio del PAI con fasce di pericolosità idraulica alta, media e bassa.

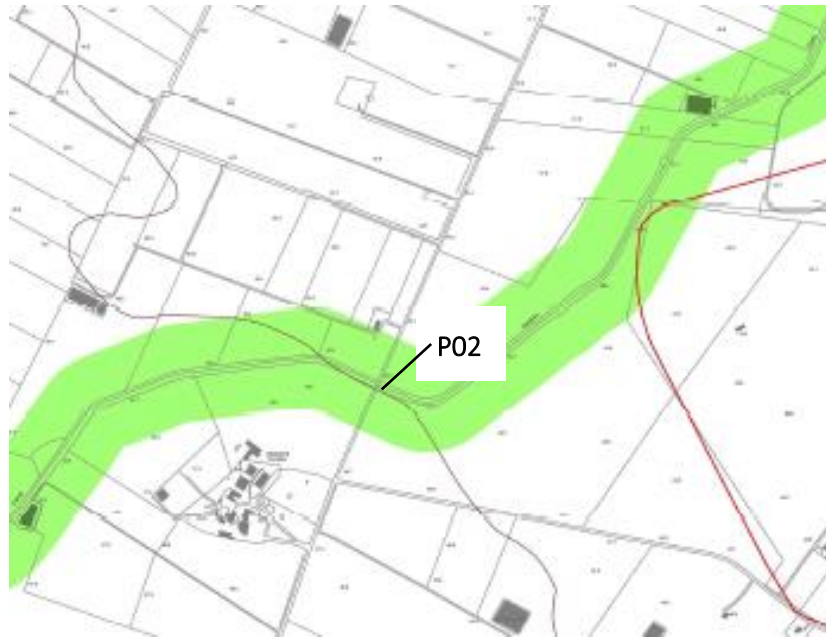


Figura 5.14: Stralcio del PGRA (tavola 135). Identificazione della Fascia Fluviale, in verde, attorno al Torrente Carapelluzzo. Non compaiono fasce di Pericolosità idraulica.

5.4.3.2 Osservazioni

L'interferenza è legata al canale Carapelluzzo, le cui sezioni sono regolari. Il letto e le sponde risultano poco rinverdite, con modesta presenza di vegetazione erbacea.

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

5.4.3.3 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 69 rientrando così nella categoria "buono". Il tratto risulta quindi caratterizzato da una buona stabilità.

5.4.3.4 Verifica di compatibilità idraulica

La posa del cavo verrà eseguita mediante perforazione TOC per l'attraversamento P02. Il PAI mostra l'area di fasciatura di pericolosità idraulica e la TOC avrà inizio e fine all'esterno dell'area di media pericolosità così come prescritto dall'AdB. La lunghezza di tale attraversamento sarà pari a circa 5 metri, ovvero la misura corrispondente alla larghezza della fascia associata al livello di alta e media pericolosità idraulica.

Sulla base dell'analisi quantitativa (HEC 18-FHWA) è stata ottenuta l'erosione totale attesa. La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a 2,5 metri.

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

5.4.4 P03

5.4.4.1 Identificazione

L'interferenza è situata poco più a nord rispetto all'interferenza P02. Le fasce di pericolosità idraulica media e bassa si riscontrano nel PAI 2019. Nel PGRA 2016 l'interferenza non risulta interessata da fasce di pericolosità idraulica.

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

Tabella 5-5: Riepilogo interferenza P03.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P03	Area allagabile	Media	Cavo interrato



Figura 5.15: Ubicazione interferenza P03, in rosso il percorso di connessione.

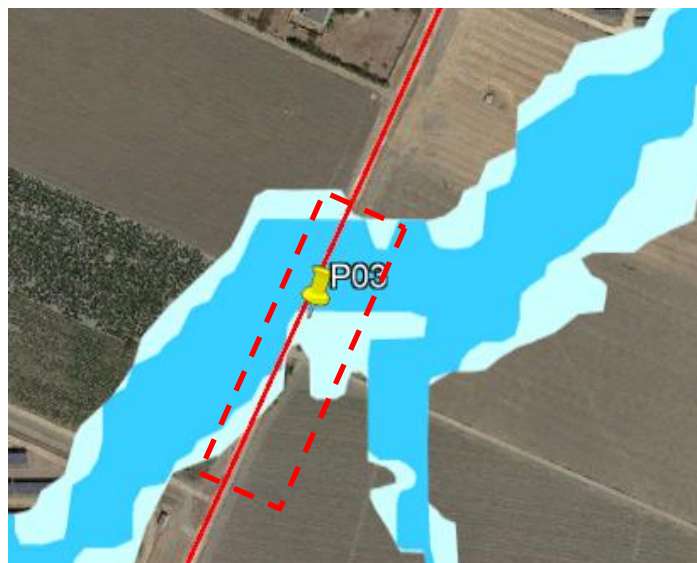


Figura 5.16: stralcio del PAI, con le fasce di pericolosità media e bassa. In rosso tratteggiato il tratto in esame.

5.4.4.2 Osservazioni

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

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

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

5.4.4.3 Verifica di compatibilità idraulica

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

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

5.4.5 P04

5.4.5.1 Identificazione

L'interferenza è situata in via Macchia Rotonda all'incrocio con Viale dello Sport, nei pressi della località Borgo Mezzanone. Le fasce di pericolosità idraulica media e bassa si riscontrano nel PAI 2019. Nel PGRA 2016 l'interferenza non risulta interessata da fasce di pericolosità idraulica.

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

Tabella 5-6: Riepilogo interferenza P04.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P04	Area allagabile	Media	Cavo interrato



Figura 5.17: Ubicazione interferenza P04, in rosso il percorso di connessione.

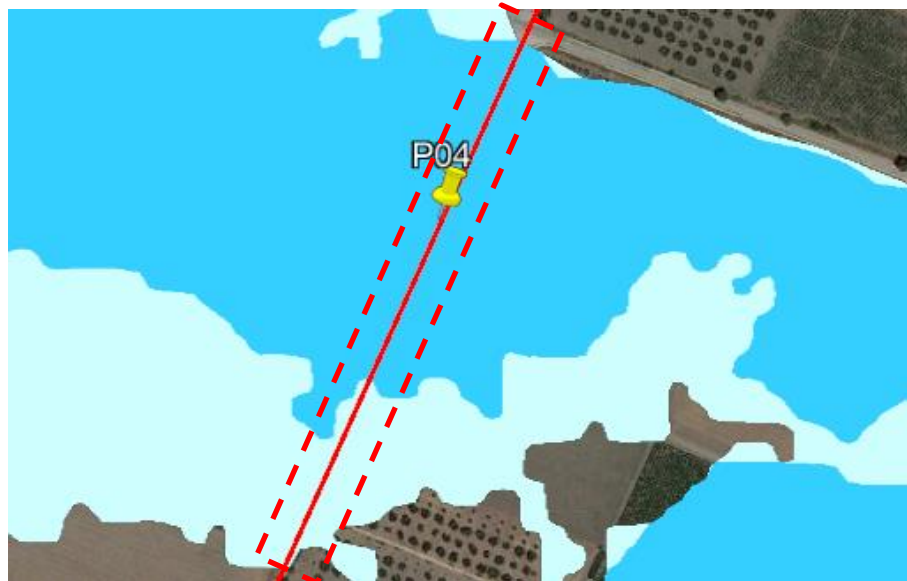


Figura 5.18: Stralcio del PAI, con le fasce di pericolosità media e bassa. In rosso tratteggiato il tratto in esame.

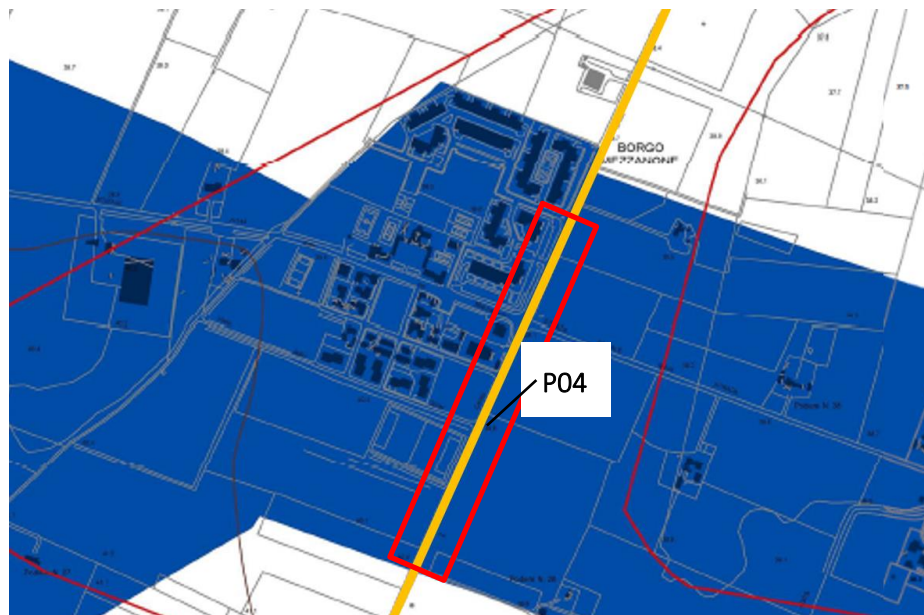


Figura 5.19: Stralcio PGRA, in arancione la linea di connessione.

5.4.5.2 Osservazioni

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

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

Dalla visione delle immagini ortografiche, dal 2002 al 2019, si nota un crescente consumo del suolo, in particolare in un sentiero a destra di P04, probabilmente dovuta ad attività agricole.

5.4.5.3 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato sotto la strada in asfalto, per l'intera estensione dell'area allagabile. Pertanto, nell'eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall'erosione.

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

Si ritiene quindi superata l'interferenza P04 ed idraulicamente compatibile.

5.4.6 P05

5.4.6.1 Identificazione

L'interferenza è situata a nord della strada statale SS544, in Via Macchia Rotonda, nella località Borgo Mezzanone.

Le fasce di pericolosità idraulica bassa e media si riscontrano nel PAI.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto e stralcio di PAI.

Tabella 5-7: Riepilogo interferenza P05.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P05	Area allagabile	Media	Cavo interrato



Figura 5.20: Ubicazione interferenza P05, in rosso il percorso di connessione.

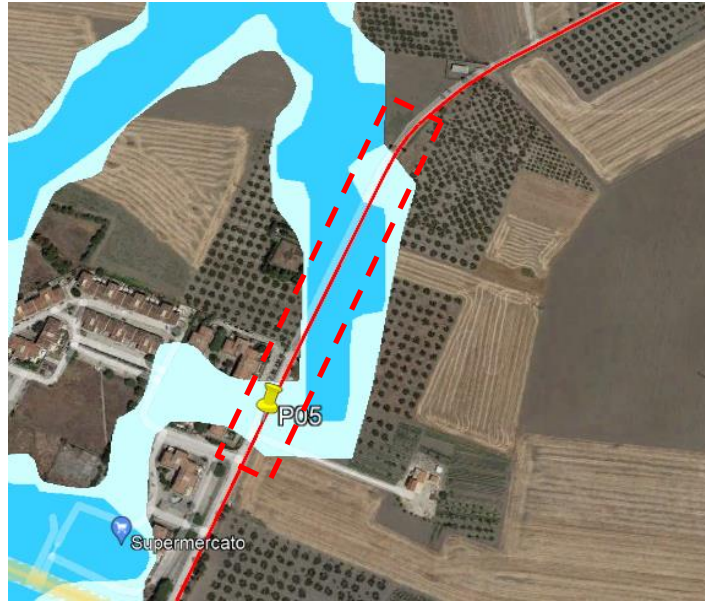


Figura 5.21: stralcio del PAI con fasce di pericolosità media e bassa.

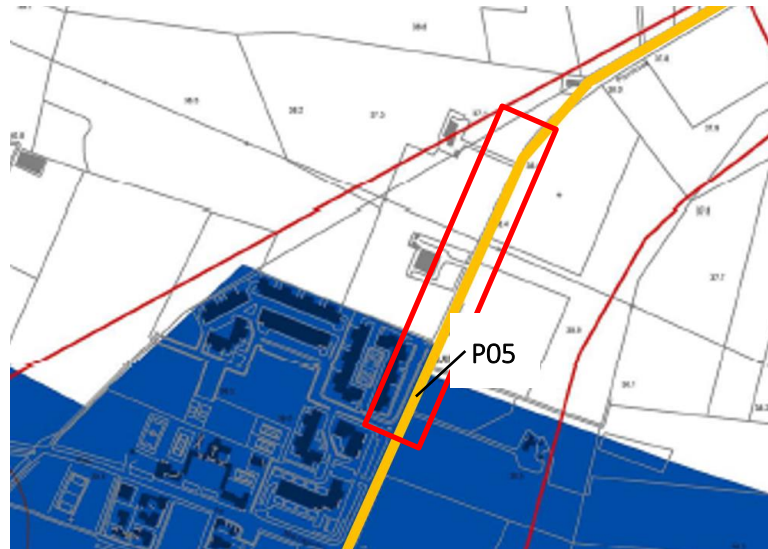


Figura 5.22: Stralcio PGRA, in arancione la linea di connessione.

5.4.6.2 Osservazioni

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

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

Dalle ortofoto storiche non ci sono evidenti segni di erosione.

5.4.6.3 Verifica di compatibilità idraulica

Il cavo di connessione sarà interrato sotto la strada in asfalto, per l'intera estensione dell'area allagabile. Pertanto, nell'eventualità di allagamento, il cavo sarà protetto dall'erosione.

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

Si ritiene quindi superata l'interferenza P05 ed idraulicamente compatibile.

5.4.7 P06

5.4.7.1 Identificazione

Il punto in esame identifica il tratto di connessione, lungo circa 2,6 km, che corre lungo la Via Macchia Rotonda, a sud della Strada Provinciale 70 (SP70). Le tre diverse fasce di pericolosità idraulica si riscontrano nelle carte sia del PAI sia del PGRA.

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

Tabella 5-8: Riepilogo interferenza P06.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P06	Area allagabile	Alta	Cavo interrato



Figura 5.23: Ubicazione interferenza P06, in arancione il percorso di connessione.

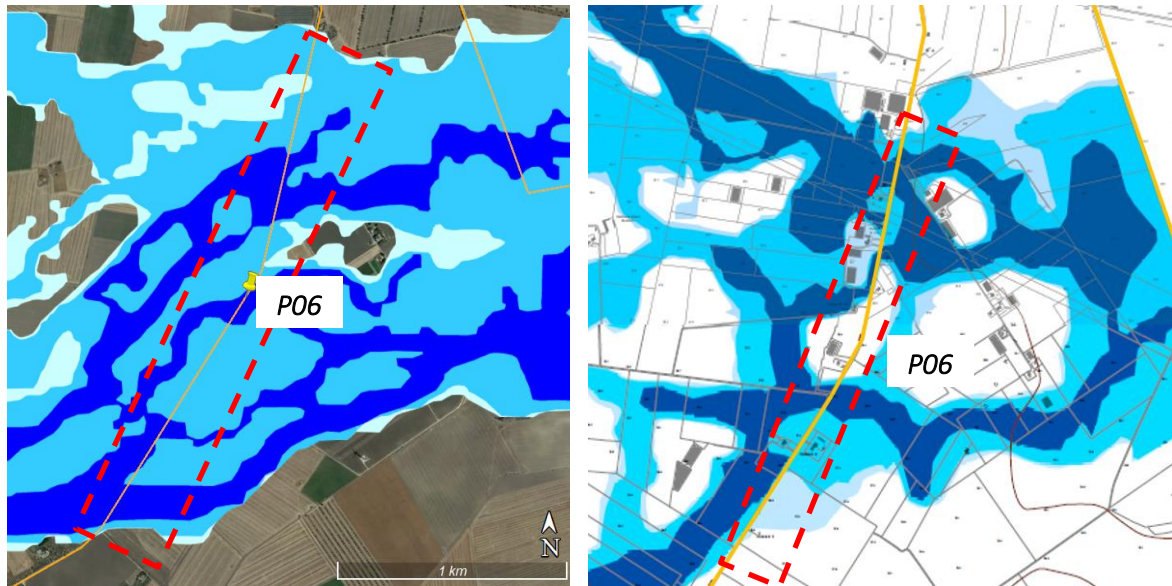


Figura 5.175.24: A sinistra stralcio del PAI a destra del PGRA (foglio n.125 “Manfredonia”), con le fasce di pericolosità idraulica. In arancione il percorso di connessione, nel riquadro rosso tratteggiato il tratto in esame.

5.4.7.2 Osservazioni

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

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

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

5.4.7.3 Verifica di compatibilità idraulica

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

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

Si ritiene quindi superata l’interferenza P06 ed idraulicamente compatibile.

5.4.8 P07

5.4.8.1 Identificazione

L’interferenza è situata lungo la strada Provinciale SP70, in prossimità dell’incrocio con Via del Mare, Manfredonia.

Le fasce di pericolosità idraulica alta, media e bassa si riscontrano nel PAI. Nel PGRA, invece, è rappresentata solo una fascia fluviale lungo il canale interferente in questione, ma ad esso non è associata alcuna pericolosità.

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

Tabella 5-9: Riepilogo interferenza P07.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P07	Canale Macchia Rotonda	Alta	TOC

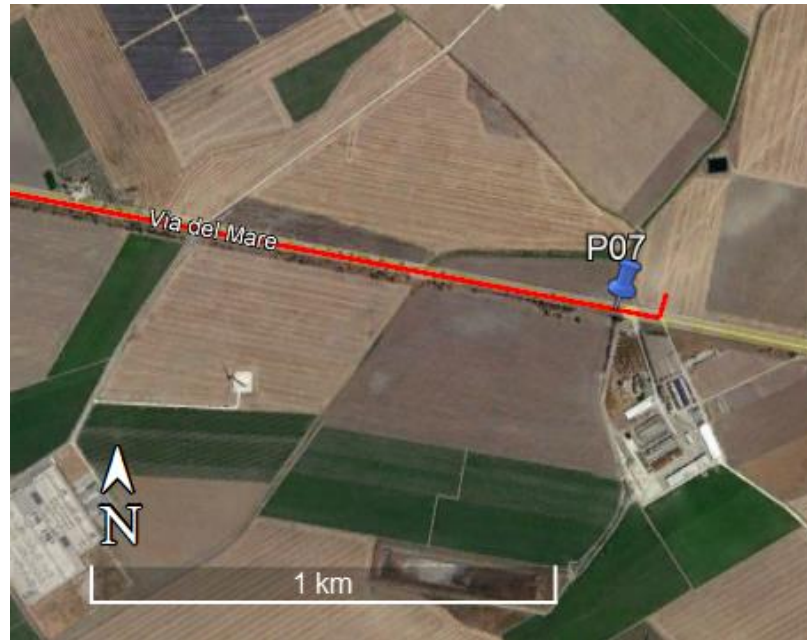


Figura 5.25: Ubicazione interferenza P07, in rosso il percorso di connessione.

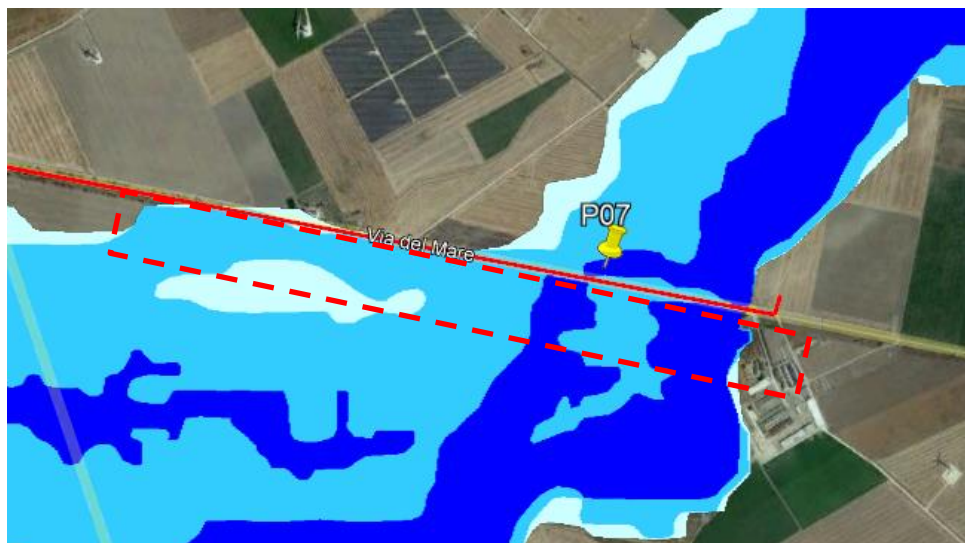


Figura 5.26: Stralcio del PAI. Nel riquadro tratteggiato il tratto di interesse.



Figura 5.27: Interferenza P07. Ferrante sovrappasso con SP20. Vista verso monte. Immagine estrapolata da Google Earth.

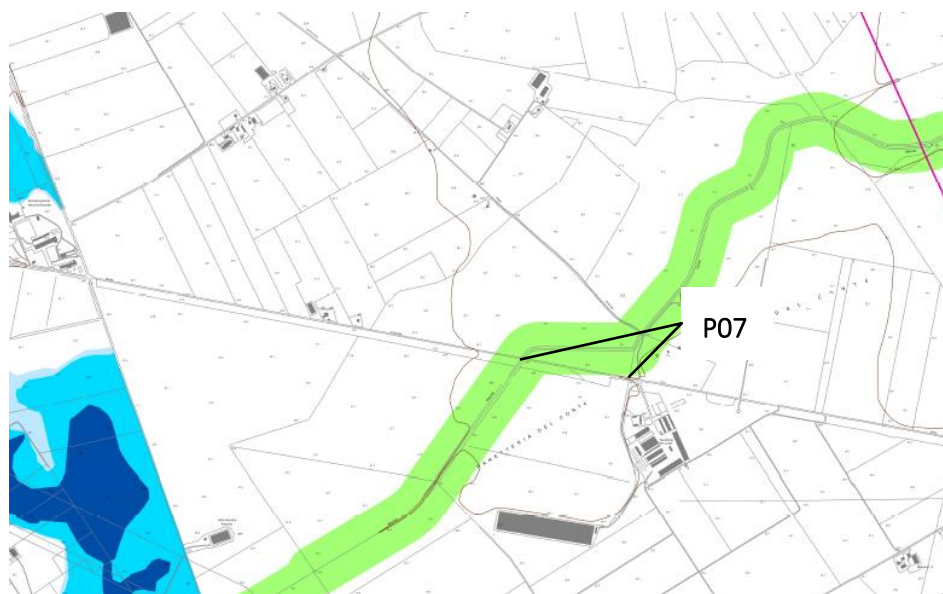


Figura 5.28: Stralcio del PGRA (tavola 136). Identificazione della Fascia Fluviale, in verde, attorno al Torrente Macchia Rotonda. Non compaiono fasce di Pericolosità idraulica.

5.4.8.2 Osservazioni

L'interferenza è legata al canale irriguo passante, per il punto P07, sotto la strada provinciale SP70.

5.4.8.3 Analisi qualitativa stabilità

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

5.4.8.4 Verifica di compatibilità idraulica

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

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

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

5.4.9 P08

5.4.9.1 Identificazione

Questa è l'unica interferenza situata lungo il cavo di connessione collegato all'impianto in all'impianto Barone più settentrionale. Tale interferenza è situata lungo una strada secondaria, congiungente due aree dell'impianto C1-C2. La fascia di pericolosità idraulica bassa si riscontra nel PAI 2019. Nel PGRA 2016 l'interferenza non risulta mappata.

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

Tabella 5-10: Riepilogo interferenza P08.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P08	Area allagabile	Bassa	Cavo interrato

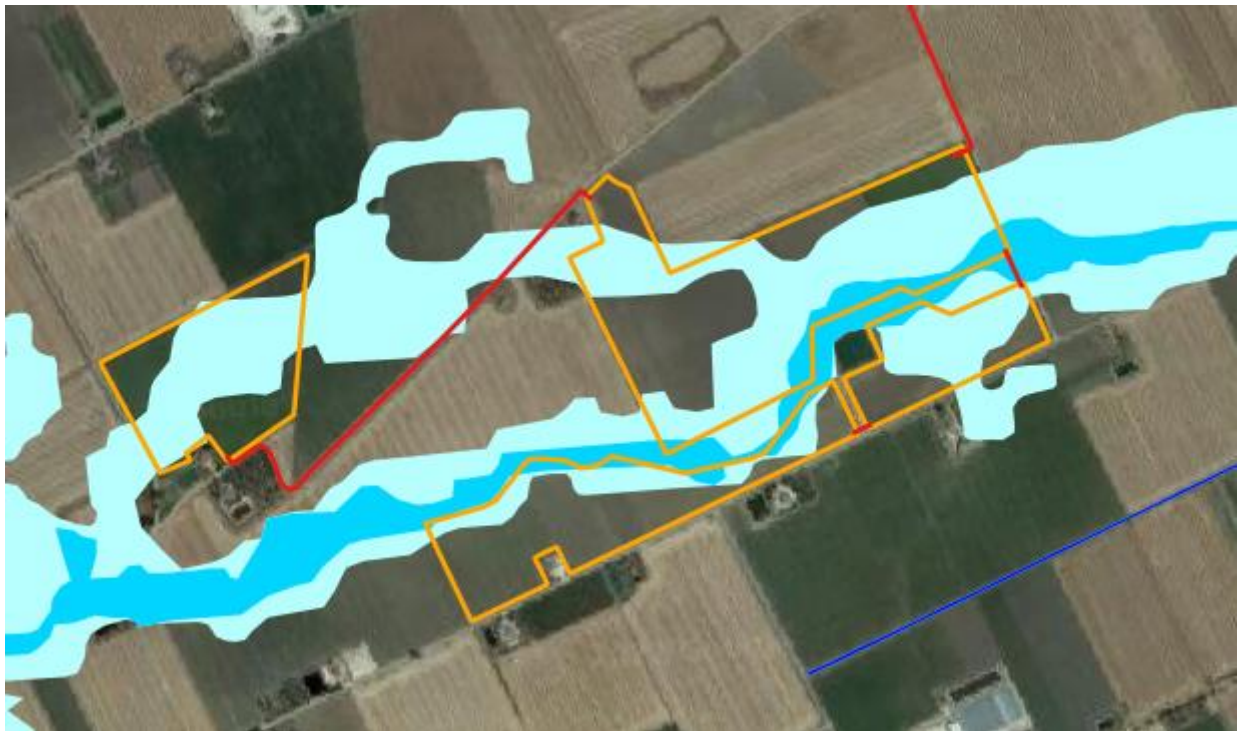


Figura 5.29: Stralcio del PAI con fasce di pericolosità idraulica bassa.

5.4.9.2 Osservazioni

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

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



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

5.4.9.3 Verifica di compatibilità idraulica

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

A tal proposito, si ritiene sufficiente la posa del cavo interrato come da normativa in merito ai cavi di media tensione. Si ritiene quindi superata l'interferenza P01 ed idraulicamente compatibile.



6. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

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

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

- Identificazione delle aree scolanti e del coefficiente di deflusso ottenuto mediante una media ponderata;
- Determinazione delle Linee Segnaletiche di Possibilità Pluviometriche (LSPP) per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 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.

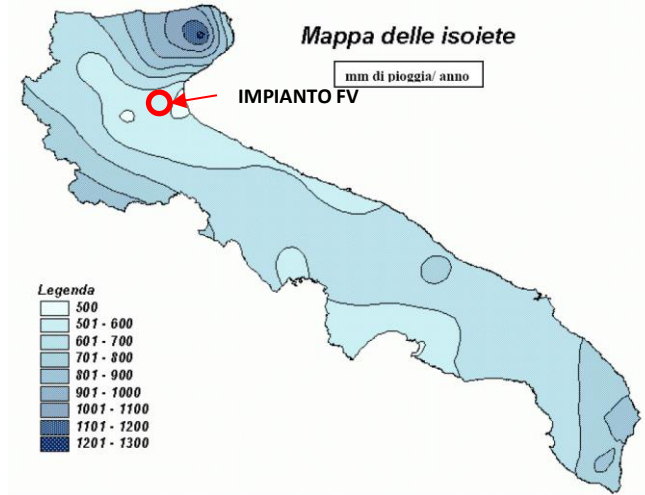


Figura 6.1: Mappa delle isoiete della Regione Puglia.

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.

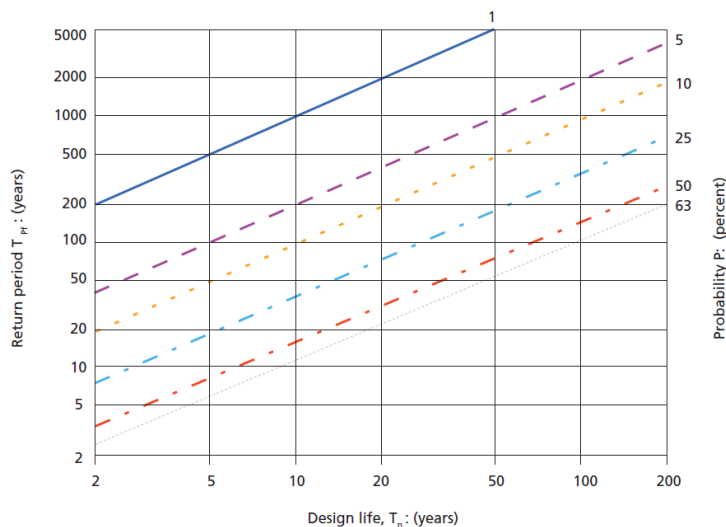


Figura 6.2: Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in N anni.



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 meridionale, vedasi Figura 6.3, da cui risulta la seguente equazione determinante la CPP:

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

Dove:

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

T_c = durata dell'evento pluviale (ore).

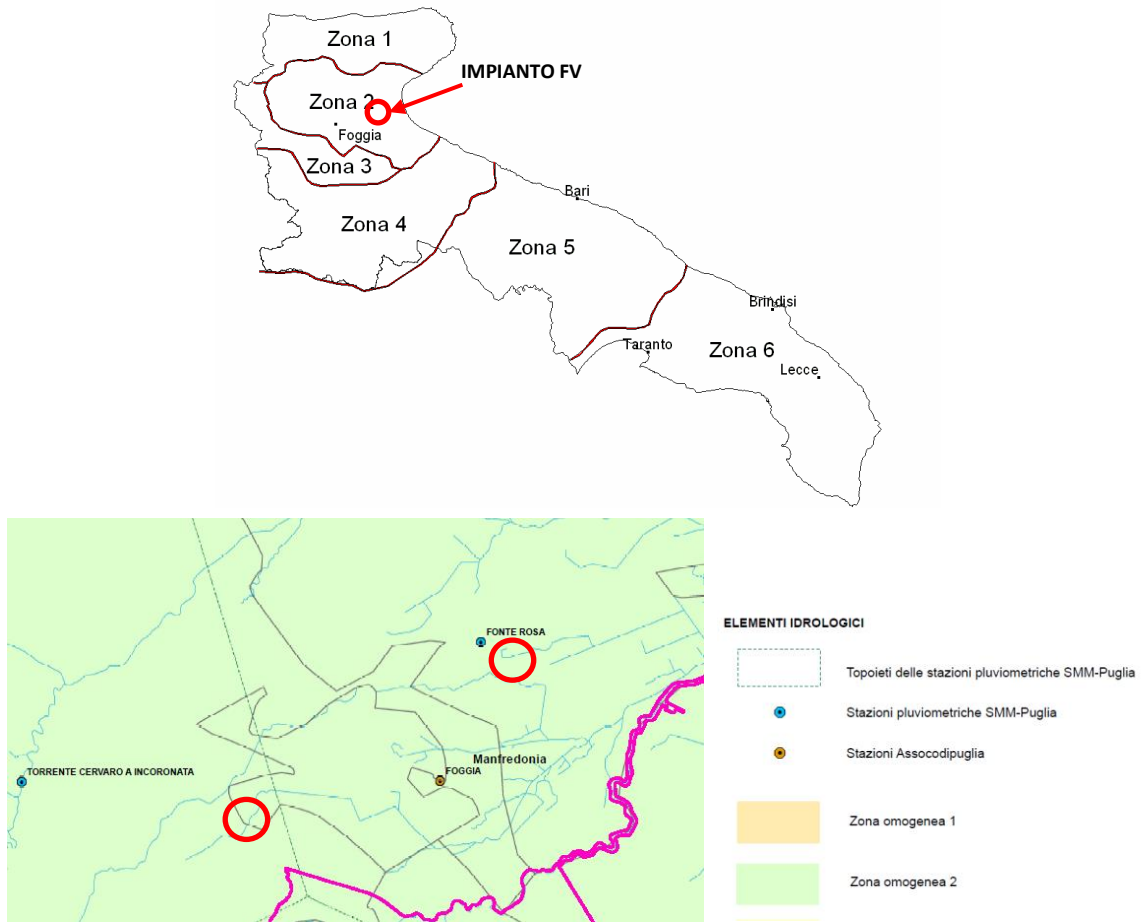


Figura 6.3: Sottostazioni pluviometriche omogenee (Zona 2) e aree di progetto (rosso).

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

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

Dove:

- $h_{60,T}$ = Altezza di precipitazione (mm) con durata pari a 60 min e fissato T;
- s = coefficiente dipendente dalla regione in esame, per la Puglia assunto pari a 0,227.

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

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

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

dove T è il Tempo di Ritorno di progetto considerato.

Nel caso in cui si debba condurre uno studio idrologico in un'area estesa, la precipitazione deve essere ragguagliata alla superficie del bacino idrografico considerato per tener conto del fatto che la precipitazione, calcolata come descritto in precedenza, è un valore puntuale e quindi va



opportunamente ridotta di un valore (Fattore di Riduzione Areale) che dipende dall'estensione dell'area studiata e dalla durata dell'evento. Per quanto concerne il Fattore di Riduzione Areale K_A :

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

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

Di seguito si riportano le Curve di Possibilità pluviometrica distinte per eventi pluviali di durata superiore o inferiore ad 1h e per diversi tempi di ritorno (2, 5, 10, 30, 50 e 100 anni).

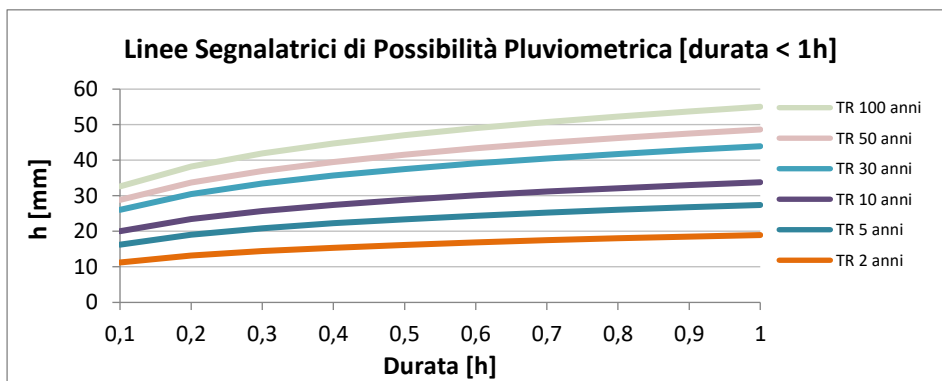
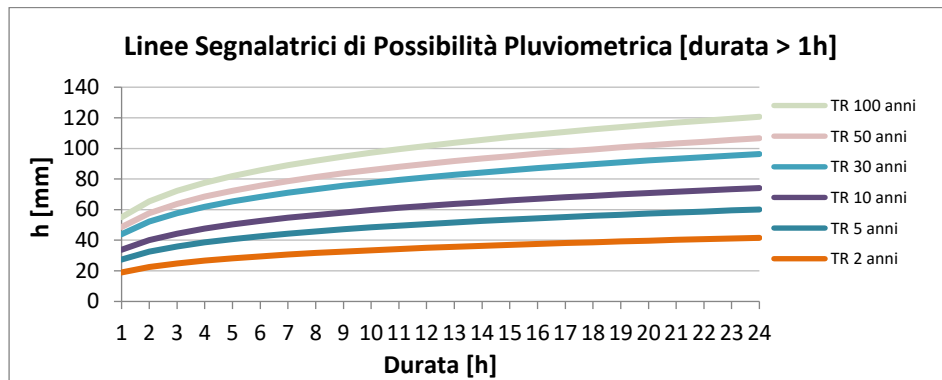


Figura 6.4: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata $> 1h$ e $< 1h$.

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 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.

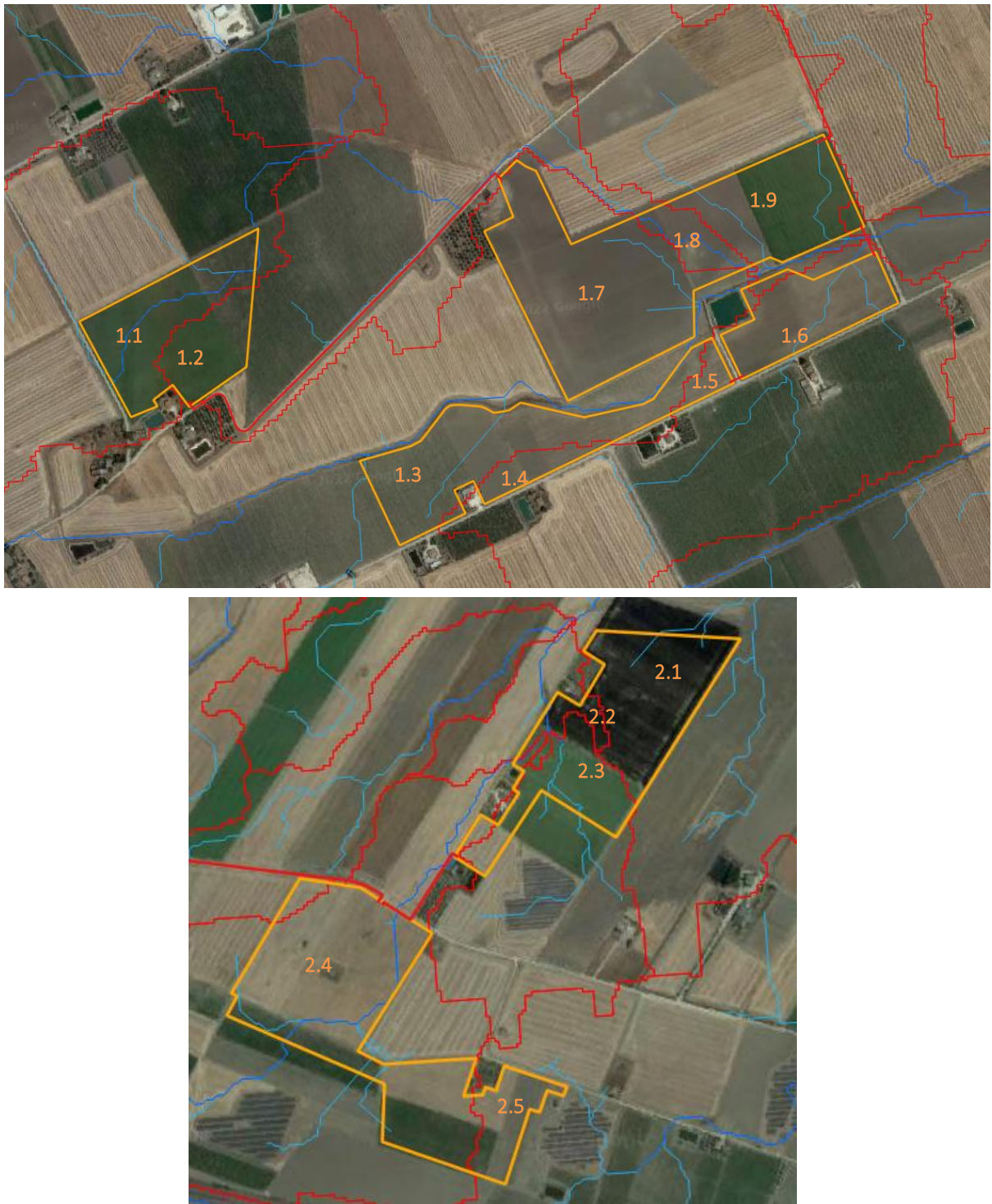


Figura 6.5: Delimitazione bacini scolanti e codifica (arancio), reticolo di drenaggio esterno ed interno alle sezioni di progetto (blu) e limiti bacini idrografici (rosso).

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.

BACINI DI DRENAGGIO INTERNI		BACINI DI DRENAGGIO CON ALIMENTAZIONE ESTERNA	
ID Bacino	Area[mq]	ID Bacino	Area [mq]
1.2	18 737	1.1	34 213
1.3	49 537	1.6	30 015
1.4	7 464	1.8	10 680
1.5	4 966	1.9	37 545
1.7	74 641	2.3	46 320
2.1	68 866	2.4	156 042
2.2	14 285		
2.5	270 171		

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" ϕ .

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

Si considera il coefficiente di deflusso ϕ , 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 ϕ , ammettendosi così che i fenomeni di infiltrazione e perdita idrica siano costanti durante tutta la durata dell'evento piovoso.

6.5.1 Valutazione ante-operam

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

Il terreno, come riportato nella figura seguente, risulta costituito principalmente da sabbie e ghiaie di ambiente alluvionale. Per questo motivo il terreno, secondo il metodo SCS-NC, ricade nella categoria

suolo di tipo B. In riferimento a tali considerazioni, il valore del Curve Number è stato assunto pari a 76.

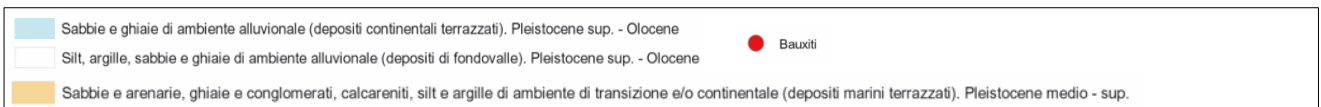
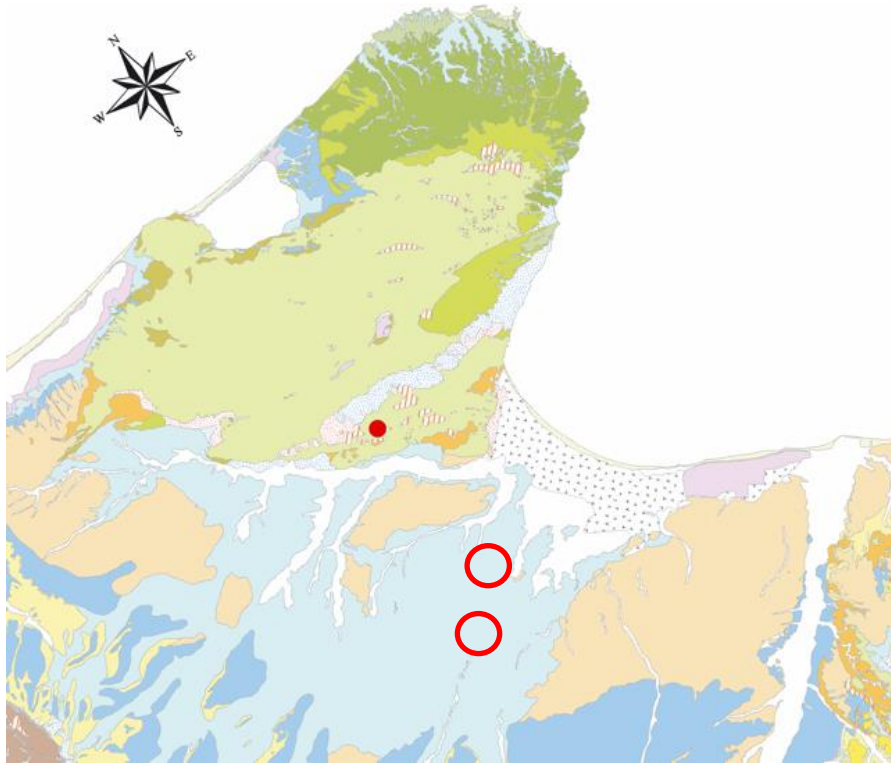


Figura 6.6: Stralcio carta geo-litologica della Puglia (prodotto della convenzione fra Autorità di Bacino della Puglia e Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università di Bari del 6 Aprile 2009).

In rosso l'area di progetto.

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

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

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

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

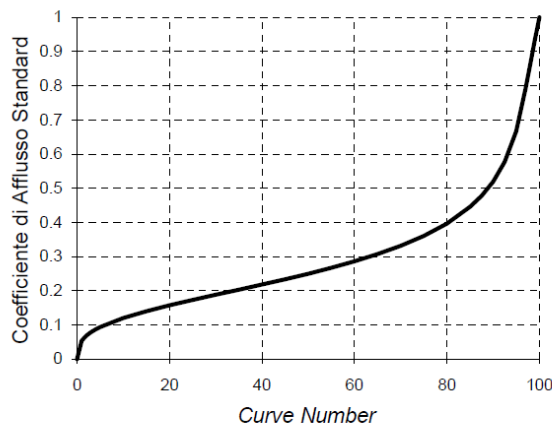


Figura 6.7: Correlazione da letteratura SCS-CN vs. coeff. afflusso/deflusso.

In virtù delle proprietà del terreno esistente, il parametro ϕ è stato quindi assunto pari a 0,5.

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

Tabella 6-3: Aree scolanti e caratteristiche di infiltrazione negli scenari ante-operam/post-operam.

STATO DI FATTO	AREA [ha]	AREA MODULI [ha]	PERCENTUALE MODULI SU AREA NETTA INSTALLAZIONE PANNELLI	AREA DRY STIMATA DURANTE TILT PARI A 0° [ha]	PERCENTUALE AREA AVENTE EFFETTO POTENZIALMENTE DRY	COEFF. DEFLUSSO ANTE-OPERAM ASSUNTO	COEFF. DEFLUSSO POST-OPERAM STIMATO
Prevalentemente permeabile con antropizzazioni	56.06	19.09	0.34	9.50	0.17	0.50	0.58

Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolate le portate al colmo durante l’evento intenso di progetto negli scenari ante-operam e post-operam, valutando inoltre la capacità idraulica dei canali esistenti e in progetto. L’impermeabilità del sito, post operam, aumenta del 17%.

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

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

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

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

Dove:

Q_p = portata critica (netta) [m^3/s];

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

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

A = superficie del bacino [ha].

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

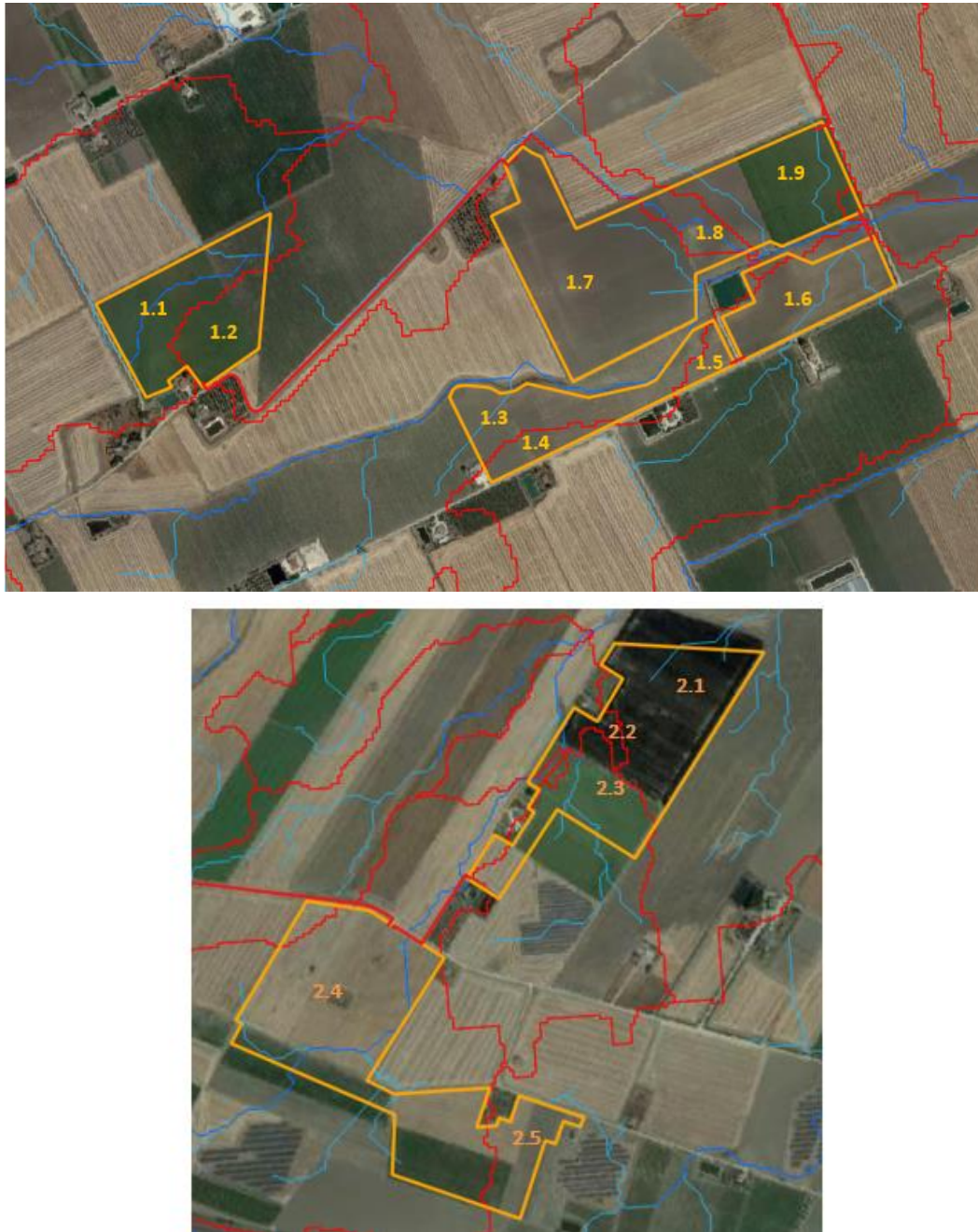


Figura 6.9: Delimitazione recinzione di impianto (arancio), rete di drenaggio naturale interna (blu) e spartiacque (rosso).



Come mostrato in Tabella 6-4 e Tabella 6-5, lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso pari a direttamente proporzionale all'incremento del 17% 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 – aree C1, C2, C3, C4

BACINO 1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
S [ha]	3.42	1.87	2.82	0.75	0.50	3.00	7.46	1.07	3.75
L _{asta} [m]	324	157	113	178	60	178	422	212	176
t _c [h]	0.31	0.28	0.27	0.29	0.26	0.29	0.33	0.29	0.28
K _t [-]	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]	34	33	33	33	32	33	34	33	33
Intensità [mm/h]	107	117	120	116	124	116	103	114	116
Coeff. deflusso ante-operam	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Coeff. deflusso post-operam	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
Portata al colmo ante-operam Q _{cr} [mc/s]	0.51	0.30	0.47	0.12	0.09	0.48	1.06	0.17	0.60
Portata al colmo post-operam Q _{cr} [mc/s]	0.60	0.36	0.55	0.14	0.10	0.56	1.24	0.20	0.71



Tabella 6-5: Determinazione delle portate di progetto nello scenario ante- e post- operam – aree C5, C6

BACINO 2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
S [ha]	6.89	1.43	4.63	15.60	27.02
L _{asta} [m]	270	165	200	706	156
t _c [h]	0.31	0.28	0.29	0.39	0.28
Kt [-]	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98
h(60) [mm]	44	44	44	44	44
h(t) [mm]	34	33	33	35	33
Intensità [mm/h]	109	117	114	91	117
Coeff. deflusso ante-operam	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Coeff. deflusso post-operam	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
Portata al colmo ante-operam Q _{cr} [mc/s]	1.05	0.23	0.74	1.97	4.40
Portata al colmo post-operam Q _{cr} [mc/s]	1.22	0.27	0.86	2.31	5.14



7. VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI

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

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

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

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

Il presente progetto ha mirato all'utilizzo di:

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

7.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO

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

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

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

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

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

Di seguito alcuni esempi:

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

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

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

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

Dove:

- Q : portata di riferimento [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.

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° .

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

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

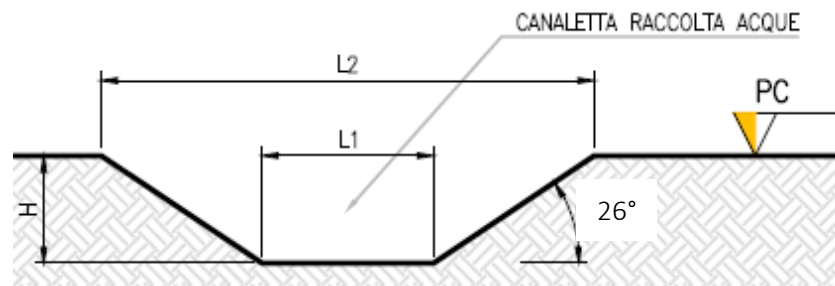


Figura 7.1: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo.

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

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

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

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

7.2 SISTEMA DI INFILTRAZIONE E LAMINAZIONE NELL'AREA DI INTERVENTO

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

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

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

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

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

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

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

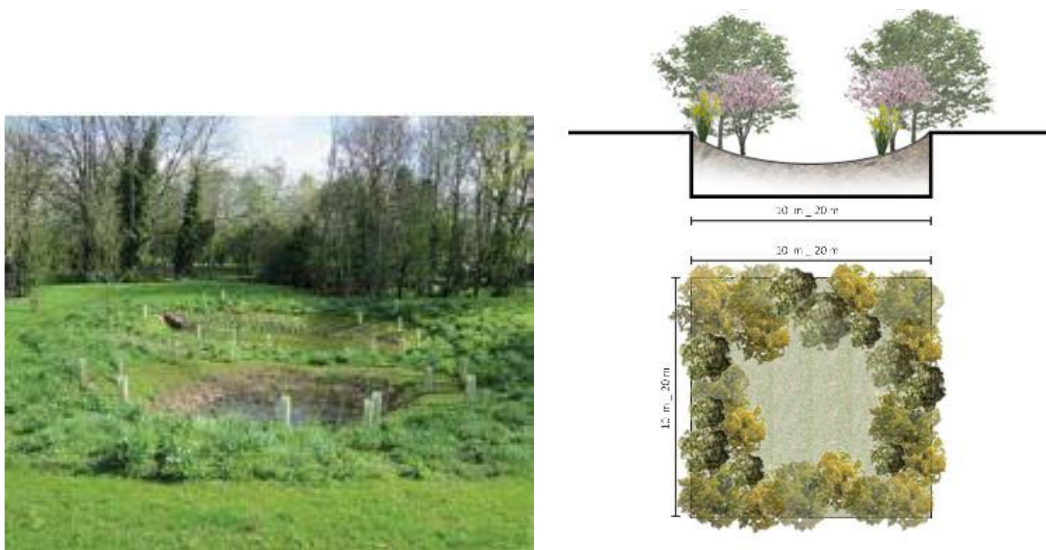


Figura 7.3: Immagini esemplificative di bacini di infiltrazione.

Sono state previste vasche di laminazione di tipologia 5x5 m, tutti con profondità dello strato drenante fino a circa 1,2 m.

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

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

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

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

Dove:

- Q_f : portata di infiltrazione [m³/s];
- k : coefficiente di permeabilità [m/s];
- J : cadente piezometrica [m/m];
- A : superficie netta d'infiltrazione [m²].



Al fine di tener conto che gli strati di terreno in questione si trovano spesso in condizioni insature, è opportuno ridurre del 50% il valore della permeabilità che compare nella legge di Darcy [Sieker, 1984]. Come è possibile osservare dai risultati riportati nella Tabella 7-1, la vasca con dimensioni 5X5m di superficie 25 mq è in grado di smaltire circa 1.25 l/s.

Tabella 7-1: Dimensionamento degli elementi drenanti – vasche 5X5 m.

DETERMINAZIONE DELLA PORTATA INFILTRANTE			
Determinazione portata critica			
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
Calcoli preliminari			
k_{insat}	2,5E-04	[m/s]	Permeabilità del mezzo insaturo
$A_{f,m \text{ lineare}}$	5	[m ²]	Superficie drenante m lineare del bacino
$Q_{F,T}$	1,25	[l/s]	Portata drenata del bacino

L'ubicazione planimetrica delle vasche di laminazione e infiltrazione è illustrata nell'Allegato 01. Le vasche sono state dimensionate per eventi con tempo di ritorno tra 2 e 5 anni.



8. CONCLUSIONE

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

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

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

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

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

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

Nelle aree interessate dal progetto, durante la fase post-operam, nello scenario più cautelativo, si registrerebbe un incremento dei deflussi totali di circa il 17%.

Tale incremento è mitigato grazie all'adozione di sistemi di drenaggio sostenibili in 23 vasche di laminazione e infiltrazione rinverdite, con superficie pari a circa 600 mq, portando quindi ad uno scenario post-operam maggiormente confrontabile con quello ante-operam.

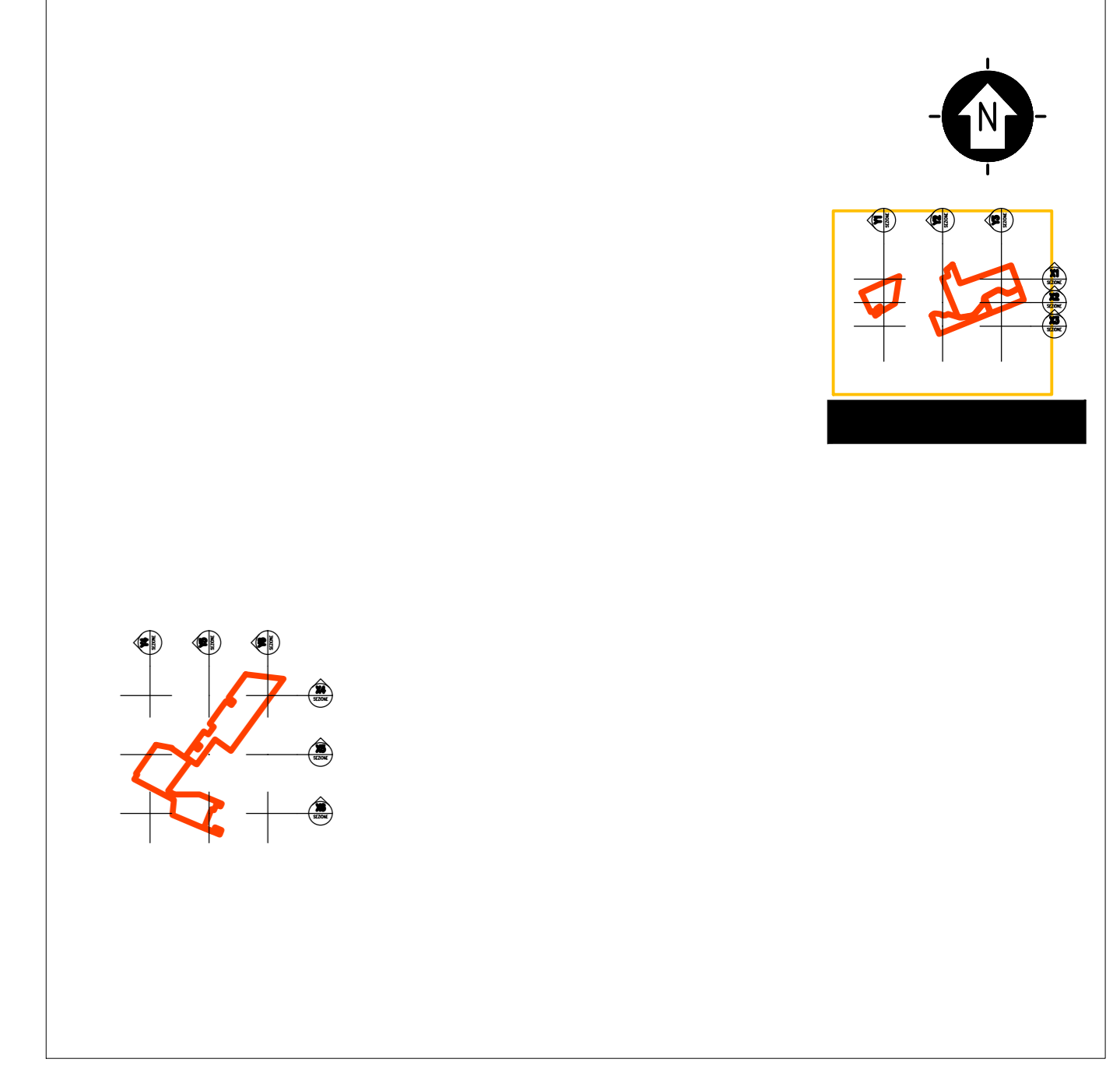
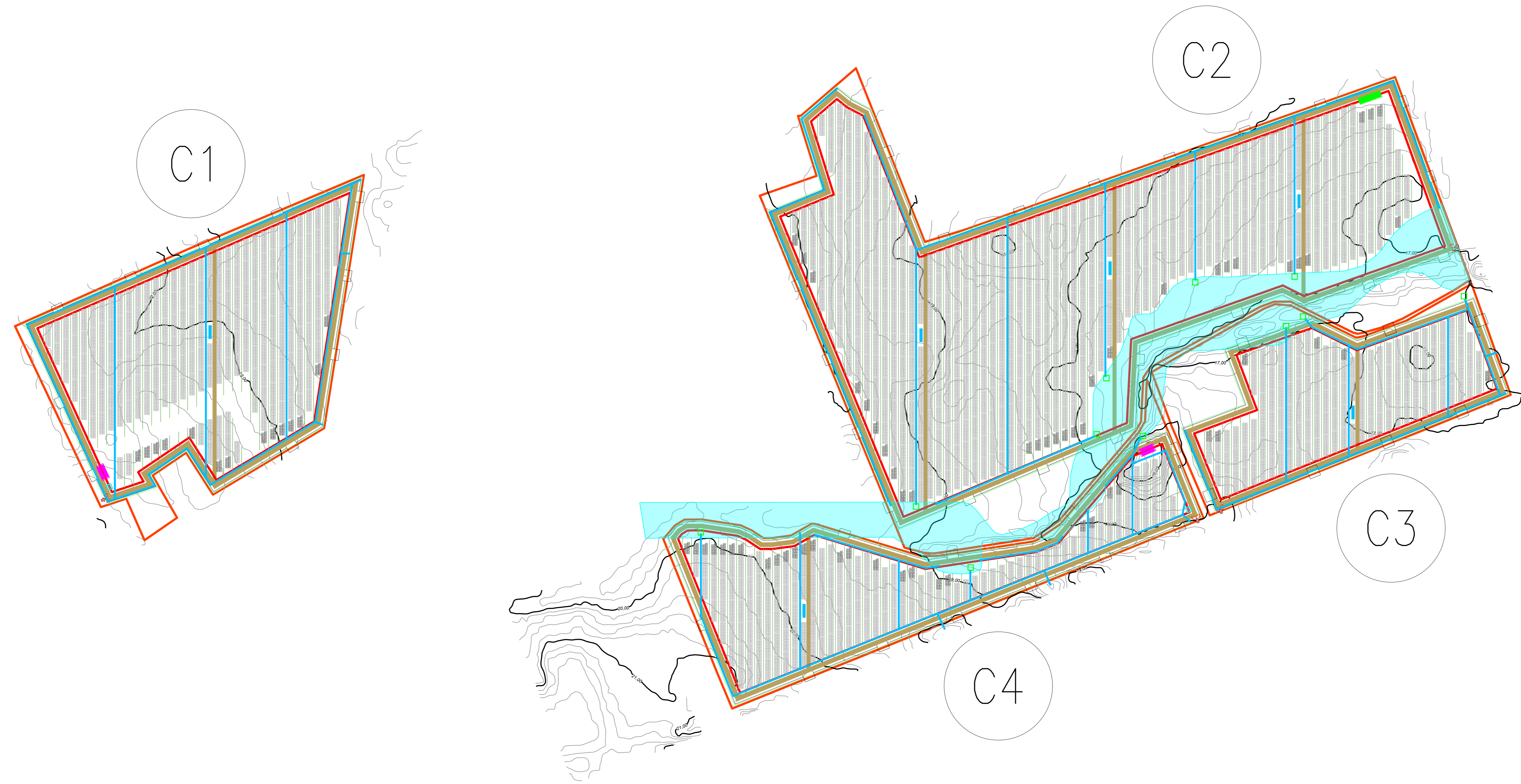
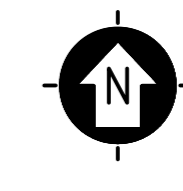
Nel confronto tra la rete di drenaggio naturale dello stato di fatto e di progetto si segnala che si è prevista una rete costituita da fossi in terra non rivestiti, realizzati in corrispondenza degli impluvi naturali esistenti (v. Allegato 01); questi ultimi sono stati identificati sulla base di una 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 rientrano 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.



KPLAN
 SCALA 1:50000 - 1 cm = 500 m
 0 500 100 2500 m
 0 1 2 5 cm

LEGENDA
 SITO CATASTALE

LEGENDA

- SITO CATASTALE
- REGIMAZIONE IDRAULICA
 - RETE DI DRENAGGIO
 - VASCA DI LAMINAZIONE SX/S
- FASCE DI RISPETTO
 - FASCE PA - NP
- ACCESSO AREA IMPIANTO
- RECINZIONE IN PROGETTO
 - FASCE DI RISPETTO INSTALLAZIONE IMPIANTO
 - TRACKER (30 MODULI)
 - TRACKER (15 MODULI)
- VIALETTA PERIMETRALE (LARGHEZZA 4 m)
- VIALETTA INTERNA (LARGHEZZA 3,5 m)
- FASCE DI MITIGAZIONE/COMPENSAZIONE ESTERNO RECINZIONE (LARGHEZZA 2 m)
- FILARI COLTIVAZIONE INTENSIVA INTERNO RECINZIONE
- CABINATI
 - CABINA ELETTRICA DI SMISTAMENTO 36 kV
 - CABINA ELETTRICA DI CAMPO DI TRASFORMAZIONE
 - LOCALE GUARDIANA E CONTROLLO ACCESSI
 - MAGAZZINO

SCALA 1:2000 - 1 cm = 20 m
 0 20 40 100 m
 0 1 2 5 cm

REV.	DESCRIZIONE	DIS.	CP	LC	05/2023
0					

Montana Montana S.p.A. Via Carlo Magno, 5 28100 Pavia

Montana Montana S.p.A. Via Carlo Magno, 5 28100 Pavia

Comprovato: **DEVELOPMENT 3 S.R.L.**
 VICOLO GUMER 3 - 39100 BOLZANO (BZ)

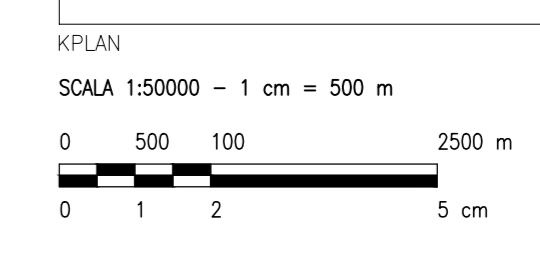
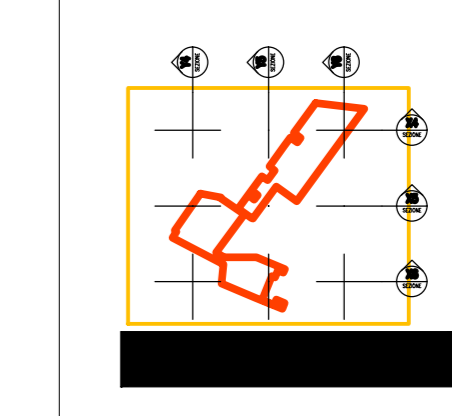
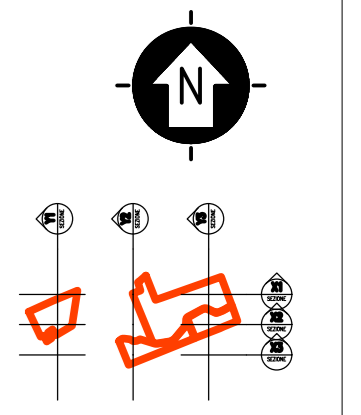
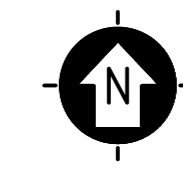
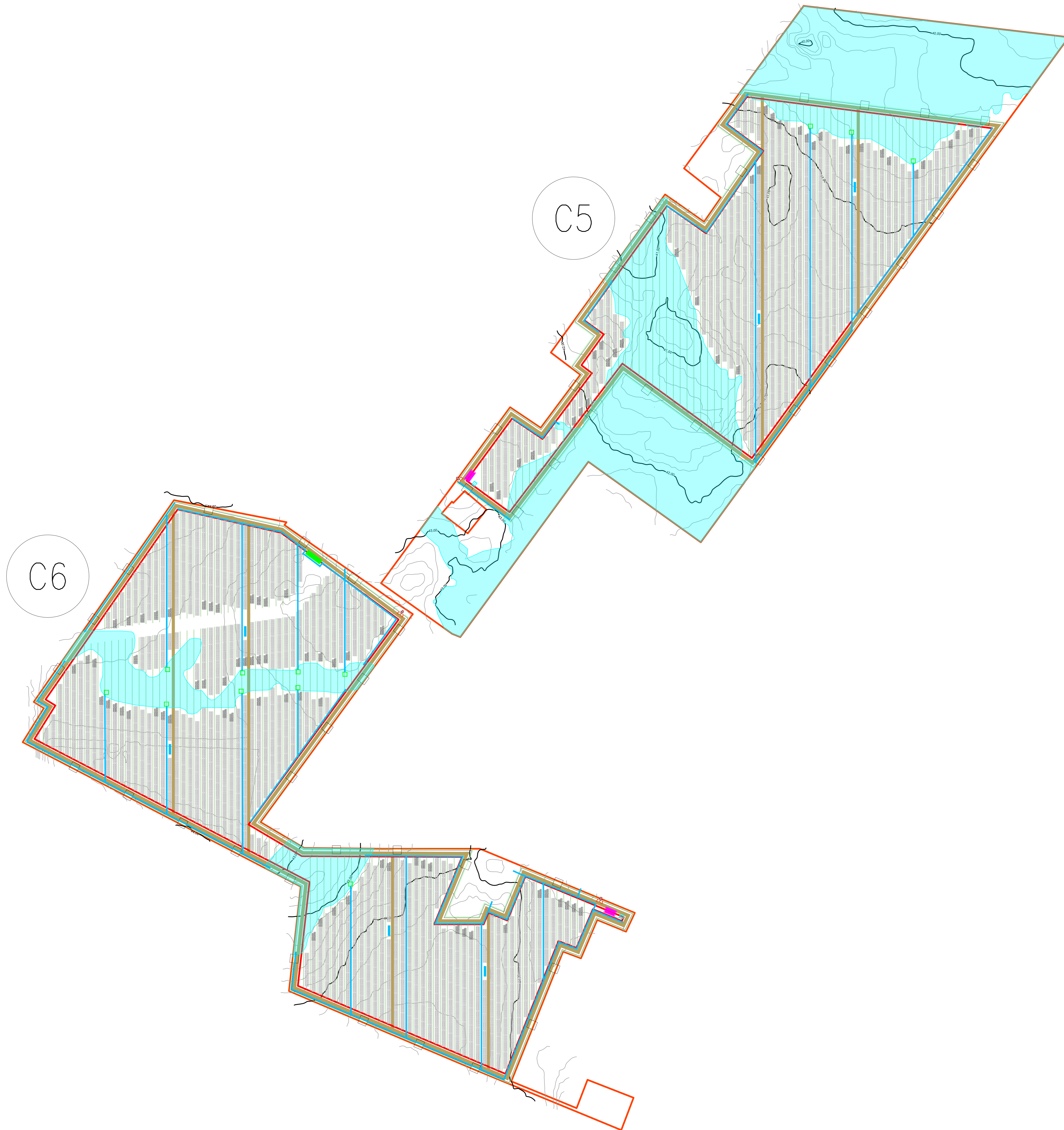
Progettato: **ING. LAURA CONTI**
 iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pavia al n. 1126

Oggetto: **IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN**
 POTENZA NOMINALE 40,50 MW
 COMUNE DI FOGGIA, COMUNE DI MANFREDONIA
 PROGETTO DEFINITIVO

Scala: **1:2000**

ALLEGATO 01_Gestione acque meteoriche

E' METATA LA RIPRODUZIONE DI QUESTO DOCUMENTO SENZA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA MONTANA SPA



LEGENDA
 SITO CATASTALE

LEGENDA

SITO CATASTALE

REGIMAZIONE IDRAULICA

- RETE DI DRENAGGIO
- VASCA DI LAMINAZIONE SX5

FASCE DI RISPETTO

- FASCE PA - MP

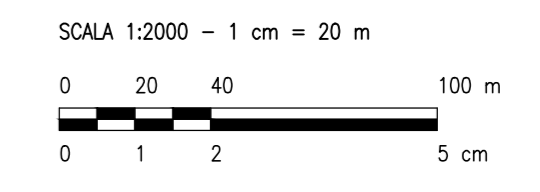
ACCESSO AREA IMPIANTO

RECINZIONE IN PROGETTO

- FASCE DI RISPETTO
- INSTALLAZIONE IMPIANTO
- TRACKER (30 MODULI)
- TRACKER (15 MODULI)
- VIALETTA PERIMETRALE (LARGHEZZA 4 m)
- VIALETTA INTERNA (LARGHEZZA 3,5 m)
- FASCE DI MITIGAZIONE/COMPENSAZIONE ESTERNO RECINZIONE (LARGHEZZA 2 m)
- FILARI COLTIVAZIONE INTENSIVA INTERNO RECINZIONE

CABINATI

- CABINA ELETTRICA DI SMISTAMENTO 36 kV
- CABINA ELETTRICA DI CAMPO DI TRASFORMAZIONE
- LOCALE GUARDIANA E CONTROLLO ACCESSI
- MAGAZZINO



REV.	DESCRIZIONE	DIS.	CP	LC	DATA
0					05/2023

Montana

Montana S.p.A.
 Via Carlo Farini, 6
 28100 Biella
 Montana (solo certificate ISO) | Biella | Pinerolo | Cagliari | Roma

Tel. +39032419111
 Fax +39032429900
 www.montanaitalia.com

PIA 041620208
 CIG 041.8020224-4
 80100110011001

CONVEGNO: DEVELOPMENT 3 S.R.L.
 VICOLO GUMER 3 - 39100
 BOLZANO (BZ)

PROGETTA: ING. LAURA CONTI
 iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pavia al n. 1178

OGGETTO: IMPIANTO INTEGRATO AGRIVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN
 POTENZA NOMINALE 40,50 MW
 COMUNE DI FOGGIA, COMUNE DI MANFREDONIA
 PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO: Planimetria gestione acque meteoriche - AREA SUD

N. Tav: 1/2000

IN. N. ALLEGATO 01_Gestione acque meteoriche

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE DI QUESTO DOCUMENTO SENZA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE SCRITTA DELLA MONTANA SPA