



DICEMBRE 2023

GREEN FROGS CORREGGIO S.R.L.

IMPIANTO FOTOVOLTAICO

POTENZA NOMINALE 12,33 MWp

COMUNE DI CORREGGIO (RE)

**ISTANZA DI VERIFICA DI
ASSOGGETTABILITA' A VIA – L.R.
4/2018**

**RELAZIONE IDROLOGICA E
IDRAULICA**

Progettisti (o coordinamento)

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

Arch. Sara Zucca (coordinamento)

Codice elaborato

3162_5891_CO_VVIA_R05_Rev0_Relazione Idrologica e idraulica

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



Montana

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
3162_5891_CO_VVIA_R05_Rev0_Relazione Idrologica e idraulica.docx	12/2023	Prima emissione	P.Cassarini	S.Zucca	L.Conti

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Maria Conti	Direzione Tecnica	Ordine Ing. Pavia 1726
Riccardo Festante	Responsabile commerciale	
Corrado Pluchino	Responsabile Tecnico Operativo	Ord. Ing. Milano A27174
Sara Zucca	Architetto - Project Manager	
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	Ordine Ing. Milano A29719
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico	
Matthew Piscedda	Esperto in discipline elettriche	
Michele Dessì	Ingegnere Elettrico	
Lia Buvoli	Biologa	
Fabio Bonelli	Naturalista	
Andrea Mastio	Ingegnere Ambientale	
Damiano Collu	Ingegnere Ambientale	
Sergio Alifano	Architetto	
Stefano Adami	Ingegnere Ambientale	
Graziella Cusmano	Architetto	



Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Stefano Corrù	Ingegnere civile strutturista	
Matteo Zagarola	Archeologo	
Alessandro Casalicchio	Ingegnere idraulico	
Daniele Gerosa	Geologo	
Federico Miscali	Tecnico Competente in Acustica	Ord. Ing. Prov. CA n. 5061 - ENTECA n. 4017

INDICE

1. PREMESSA	6
1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO	7
2. DATI DI RIFERIMENTO	8
2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO.....	8
2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO	8
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	9
3.1 INQUADRAMENTO DEL SITO	9
3.1.1 <i>Inquadramento Territoriale</i>	9
3.1.2 <i>Inquadramento Catastale</i>	13
3.1.3 <i>Inquadramento normativo</i>	14
3.1.4 <i>Dati generali del progetto</i>	16
4. STATO DI PROGETTO	17
4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO	17
4.1.1 <i>Moduli fotovoltaici</i>	18
4.1.2 <i>Strutture di supporto moduli (tracker)</i>	19
4.1.3 Cavi di controllo e TLC	20
4.1.4 Rete di drenaggio interna	20
4.2 CONNESSIONE ALLA RTN	21
5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	23
5.1 MISURE DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ DEI BENI E DELLE STRUTTURE ESPOSTE.....	23
5.2 MISURE VOLTE AL RISPETTO DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA.....	23
6. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA LINEA DI CONNESSIONE, SEU/COLLEGAMENTO SE RTN	25
6.1 IDENTIFICAZIONE INTERFERENZE – IMPIANTO FOTOVOLTAICO	25
6.2 IDENTIFICAZIONE INTERFERENZE – CAVO DI CONNESSIONE.....	25
6.3 METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC	27
6.3.1 Analisi qualitativa	27
6.3.2 Analisi quantitativa	27
6.4 RISOLUZIONE INTERFERENZE CAVO DI CONNESSIONE	30
6.4.1 P01.....	30
6.4.2 P02.....	32
6.4.3 P03.....	34
6.4.4 P04.....	36
7. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO	39
7.1 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO	39
7.2 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE	40
7.3 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO	47
7.4 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA)	50
7.4.1 Valutazione post operam	50
7.5 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST-OPERAM ..	52
8. VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI	55
8.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL’AREA DI INTERVENTO	55



8.1.1 Punti di scarico dei canali di drenaggio	57
9. CONCLUSIONE	58

1. PREMESSA

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto solare fotovoltaico al suolo all'interno del territorio comunale di Correggio, in provincia di Reggio dell'Emilia (RE), di potenza nominale pari a 12,33 MW, su un'area catastale di circa 23,6 ettari.

La società proponente è la GREEN FROGS CORREGGIO s.r.l., con sede legale in via Fratelli Cairoli 2, 25122, Brescia (BS).

Il progetto risponde alla necessità di produrre energia rispettando, al contempo, l'esigenza, ormai da tempo sentita sia a livello nazionale sia internazionale, di una maggiore sostenibilità ambientale delle attività economiche. Nel caso specifico, si fa riferimento all'impiego privilegiato di risorse energetiche rinnovabili, ottenute mediante tecnologie produttive poco impattanti sull'ambiente, ovvero caratterizzate da emissioni contenute di inquinanti e calore.

Il D. Lgs. n. 199 dell'8 novembre 2021 "Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili", con l'obiettivo di accelerare il percorso di crescita sostenibile del Paese, reca le disposizioni in materia di energia da fonti rinnovabili, in coerenza con gli obiettivi europei di decarbonizzazione del sistema energetico al 2030 e di completa decarbonizzazione al 2050.

Al fine, pertanto, di permettere alle regioni e Province Autonome l'individuazione delle aree idonee all'installazione della potenza eolica e fotovoltaica indicata nel PNIEC, il D. Lgs. 199/2021 fornisce le modalità per minimizzare il relativo impatto ambientale e la massima porzione di suolo occupabile dai suddetti impianti per unità di superficie, nonché dagli impianti a fonti rinnovabili di produzione di energia elettrica già installati e le superfici tecnicamente disponibili.

L'area su cui si prevede di installare il fotovoltaico risponde ai requisiti di cui all'art. 20 "Disciplina per l'individuazione di superfici e aree idonee per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili", comma 8, lett. c-ter) punto 1, del summenzionato Decreto: trattasi infatti di area agricola, racchiusa in un perimetro i cui punti non distano più di 500 metri da zone a destinazione industriale, artigianale e commerciale. Inoltre, si evidenzia l'assenza di vincoli ai sensi della parte seconda del codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42.

I terreni non sono interessati da produzioni agricolo- alimentari di qualità (produzioni biologiche, produzioni D.O.P., I.G.P., S.T.G., D.O.C., D.O.C.G., produzioni tradizionali), ai sensi dei regg. (UE)848/2018, (UE)1151/2012, (UE)1308/2013.

Il progetto proposto ricade nella categoria di cui all'Allegato B della L.R. 4/2018 al punto B.2.8) "impianti industriali non termici per la produzione di energia, vapore e acqua calda di potenza complessiva superiore a 1 MW" e verrà pertanto sottoposto alla Verifica di Assoggettabilità a VIA, ai sensi dell'art. 5 della L.R. 4/2018, la quale recepisce le disposizioni del Testo Unico dell'Ambiente (punto 2 lettera b) dell'Allegato IV della parte seconda del D.Lgs. 152/2006.)

Il progetto verrà connesso alla rete MT (15 kV) di e-distribuzione secondo quanto previsto dal preventivo di connessione con codice di tracciabilità n. 380085917, attraverso la richiesta per lotto di impianti.

Il lotto sarà suddiviso in 2 impianti rispettivamente di potenza pari a 5255,32 kWp e 7077,42 kWp, pertanto è prevista la realizzazione di n. 2 cabine di consegna collegate in antenna da cabina primaria AT/MT CORREGGIO EST.

La proprietà presenterà a breve la domanda di Autorizzazione Unica per la realizzazione e l'esercizio dell'impianto fotovoltaico e delle opere connesse, ai sensi del D.Lgs. 387/2003 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità", al fine di mantenere la validità del preventivo di connessione che, ai sensi dell'art.9.3 dell'Allegato A della TICA (Deliberazione 23 luglio 2008 – ARG/elt

99/08 – Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica – Testo Integrato delle Connessioni Attive), prevede che entro 90 (novanta) giorni lavorativi, per connessioni in media tensione, dalla data di accettazione del preventivo per la connessione, il richiedente è tenuto a presentare la richiesta di avvio del procedimento autorizzativo unico comprensiva di tutta la documentazione necessaria, ivi compreso il progetto dell'impianto di rete per la connessione e degli eventuali interventi sulla rete esistente (ove previsti) validato dal gestore di rete.

1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO

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 dell'interferenza avvenga in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.

Lo studio idrologico e idraulico relativo al reticolo idrografico superficiale, ai principali solchi vallivi o aree depresse e alle aree allagabili è riferito alla perimetrazione della pericolosità idraulica riportata dal PAI dell'Autorità di Bacino del Po e dal PGRA.

Il progetto affronta lo studio idrologico idraulico delle aree scolanti interessate dalle opere del progetto fotovoltaico analizzando 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 gli eventi intensi al ricettore finale).

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

- Analisi delle piogge, eseguite sia utilizzando le indicazioni riportate sul progetto Valutazione Piene (VAPI) del Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche (GNDICI);
- 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;
- Identificazione della rete scolante esistente che sarà mantenuta nella fase post operam così come gli eventuali scarichi esistenti. Sono state valutati infittimenti locali della rete per migliorare quello esistente.

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

2. DATI DI RIFERIMENTO

2.1 RILIEVO TOPOGRAFICO

Per determinare la topografia delle aree interessate dall'opera in esame, attraverso la fonte ufficiale Regione Emilia Romagna è stato ottenuto il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 5x5 metri di tutta l'area di progetto.

2.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO

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

- D. Lgs. 152/06 e smi;
- Direttiva Comunitaria 2007/60/CE – Valutazione e Gestione del Rischio di Alluvioni/ D. Lgs. 49/2010;
- Direttiva – Testo Coordinato 2017 di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche
- DGR 1300 del 2016 di Regione Emilia-Romagna
- Annali Idrologici di Regione Emilia Romagna 1990-2021;
- Autorità di Bacino del Fiume Po – Piano di Bacino – Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) – Norme Tecniche di Attuazione – Relazione di Piano;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (mappe di allagamento e mappe dei tiranti);
- 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 DEL PROGETTO

3.1 INQUADRAMENTO DEL SITO

3.1.1 Inquadramento Territoriale

Il progetto in esame è ubicato nel comune di Correggio, in provincia di Reggio Emilia (RE), a circa 1,5 km dal centro abitato.

L'area di progetto si trova in agro comunale, a ridosso della zona industriale di Correggio, presenta un'estensione complessiva catastale pari a 23,6 ettari. L'immagine seguente mostra la localizzazione su base ortofoto delle opere di progetto:

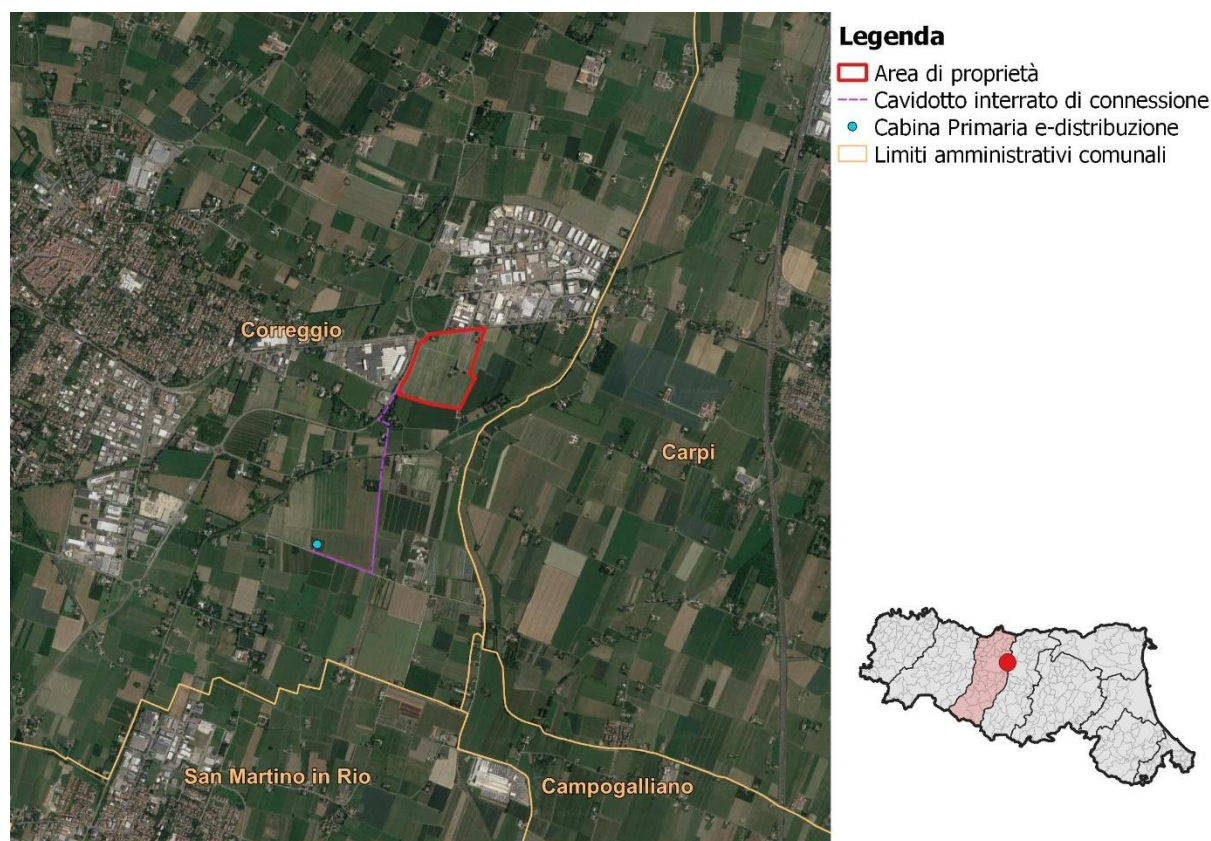


Figura 2.1: Localizzazione dell'impianto

La rete stradale, illustrata dalla figura successiva, che circonda l'area di progetto è costituita da:

- a nord, dalla via Carpi, anche SS468, strada su cui si attesta la zona industriale di Correggio e sulla quale si prevede l'accesso principale all'impianto fotovoltaico;
- a ovest la SS468, strada statale che collega Reggio Emilia con Mirabello, in provincia di Ferrara.

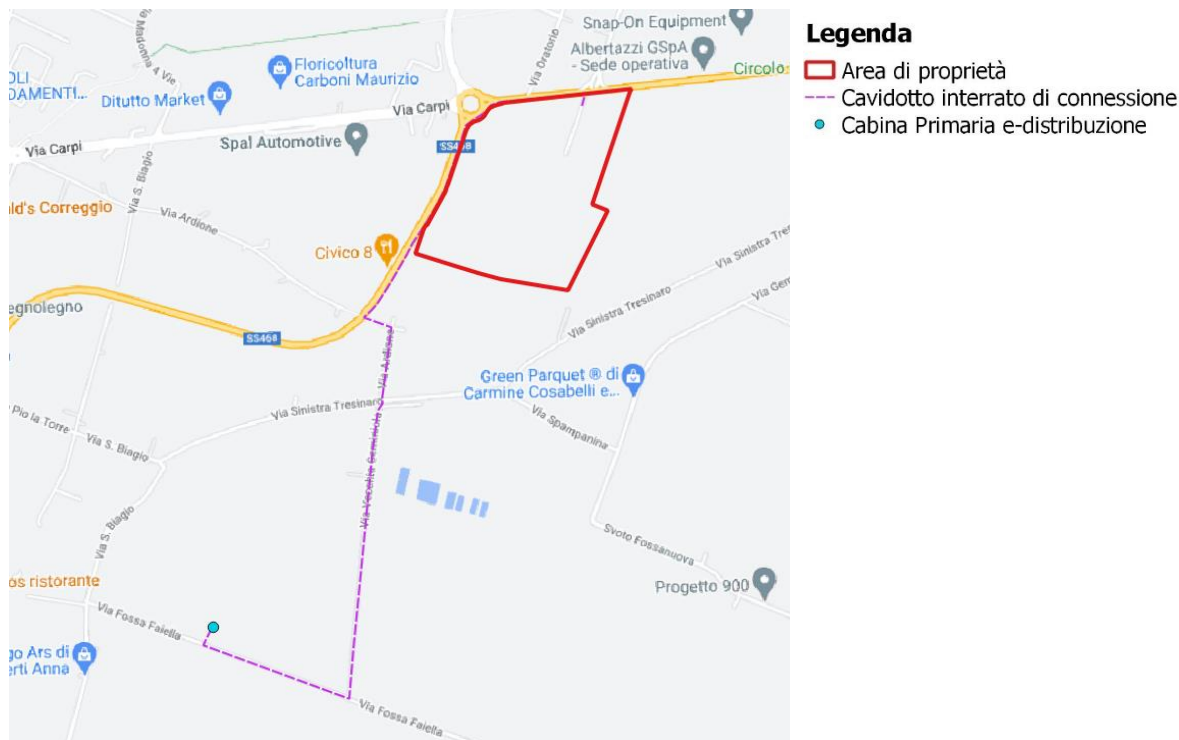


Figura 2.2: Principale viabilità della zona

Il cavidotto di connessione percorrerà la viabilità esistente collegando l'impianto alla Cabina primaria denominata CORREGGIO EST, sita in via Fossa Faiella, con un percorso lungo circa 2,7 km.

All'interno dell'area sono presenti alcuni fabbricati, che la proprietà intende acquisire. Il fotovoltaico si svilupperà intorno a questi ultimi garantendone le rispettive vie di accesso.

L'area risulta pianeggiante e attualmente impiegata per coltivazioni¹¹. Sono presenti delle alberature adiacenti ai fabbricati summenzionati, che verranno preservate in modo da limitare gli impatti dell'opera in progetto.

Di seguito si riportano alcune fotografie e i punti di presa prescelti.

¹¹ I terreni non sono interessati da produzioni agricolo- alimentari di qualità (produzioni biologiche, produzioni D.O.P., I.G.P., S.T.G., D.O.C., D.O.C.G., produzioni tradizionali), ai sensi dei regg. (UE)848/2018, (UE)1151/2012, (UE)1308/2013.

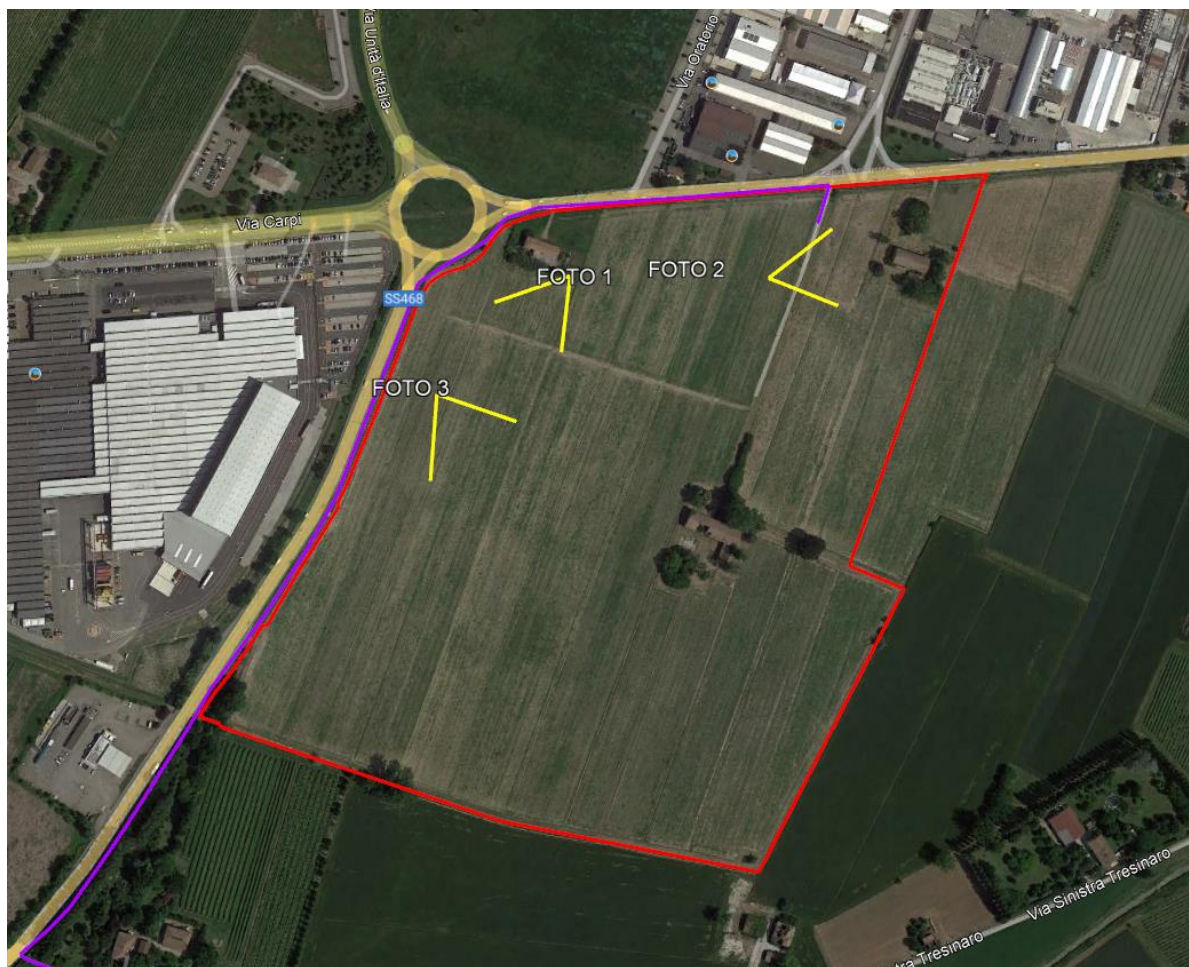


Figura 2.3: Punti di presa fotografica



Figura 2.4: Foto n.1



Figura 2.5: Foto n.2



Figura 2.6: Foto n.3

3.1.2 Inquadramento Catastale

Le aree oggetto di studio sono censite al catasto terreni del Comune di Correggio (RE). Si riporta di seguito l'elenco delle particelle contrattualizzate e l'inquadramento catastale del sito.

Tabella 2-1: Inquadramento catastale del sito

FOGLIO	PARTICELLE
57	276
58	1
	2
	29
	80
	165
	166
	167
	178
	276

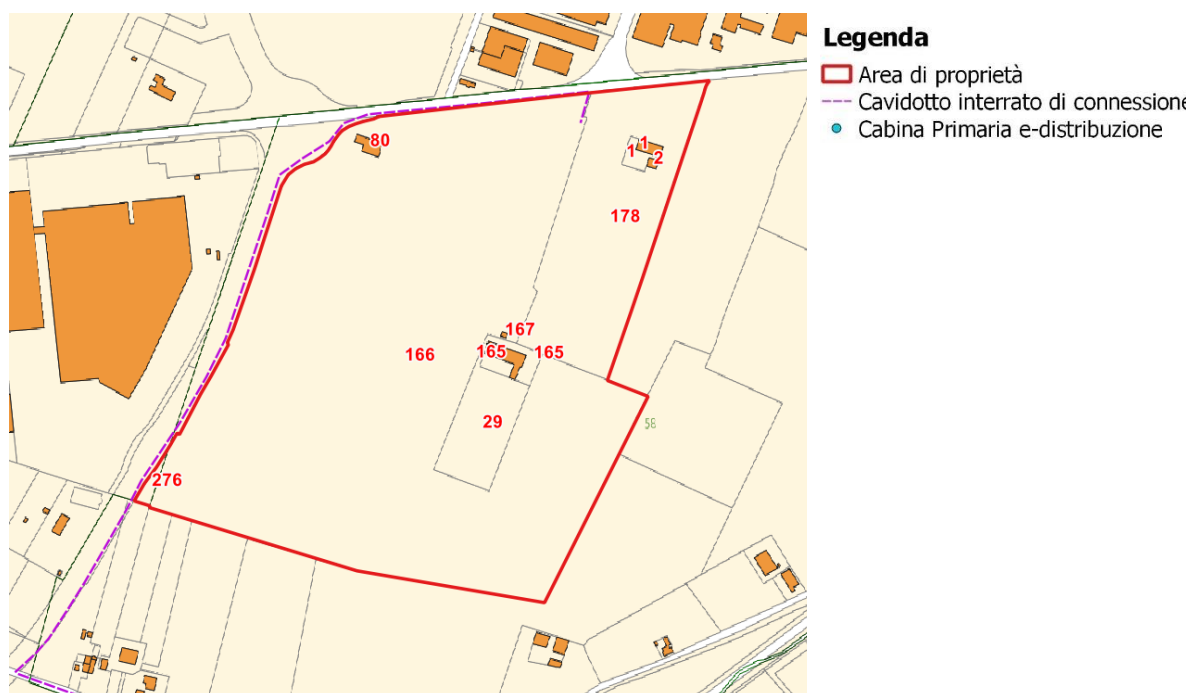


Figura 2.7: Inquadramento catastale

3.1.3 Inquadramento normativo

Il Decreto legislativo n. 199 dell'8 novembre 2021 dà attuazione alla Direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili ha l'obiettivo di accelerare il percorso di crescita sostenibile del Paese, recando disposizioni in materia di energia da fonti rinnovabili, in coerenza con gli obiettivi europei di decarbonizzazione del sistema energetico al 2030 e di completa decarbonizzazione al 2050. Il D.lgs. definisce gli strumenti, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari per il raggiungimento degli obiettivi di incremento della quota di energia da fonti rinnovabili al 2030, in attuazione della direttiva (Ue) 2018/2001 e nel rispetto dei criteri fissati dalla legge 22 aprile 2021, n. 53.

L'art. 20 "Disciplina per l'individuazione di superfici e aree idonee per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili", fornisce le indicazioni e disposizioni perché le Regioni si dotino quanto prima di un aggiornamento delle aree idonee/non idonee all'installazione degli impianti FER.

Si ribadisce inoltre che, in sede di individuazione delle superfici e delle aree idonee per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili, devono essere rispettati i principi della minimizzazione degli impatti sull'ambiente, sul territorio, sul patrimonio culturale e sul paesaggio, fermo restando il vincolo del raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione al 2030 e tenendo conto della sostenibilità dei costi correlati al raggiungimento di tale obiettivo.

Si riporta di seguito uno stralcio del comma 8, che elenca le aree da considerare come idonee:

*"8. Nelle more dell'individuazione delle aree idonee sulla base dei criteri e delle modalità stabiliti dai decreti di cui al comma 1, **sono considerate aree idonee**, ai fini di cui al comma 1 del presente articolo:*

[...]

*c-ter) **esclusivamente per gli impianti fotovoltaici**, anche con moduli a terra, e per gli impianti di produzione di biometano, in assenza di vincoli ai sensi della parte seconda del codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42:*

- 1) le aree classificate agricole, racchiuse in un perimetro i cui punti distino non più di 500 metri da zone a destinazione industriale, artigianale e commerciale, compresi i siti di interesse nazionale, nonché le cave e le miniere;*

[...]

L'area di progetto è classificata come agricola (tipo E.1 da PRG comunale). L'immagine seguente riporta la localizzazione dell'area rispetto alle zone urbanistiche di tipo industriale perimetrate dal Comune di Correggio.

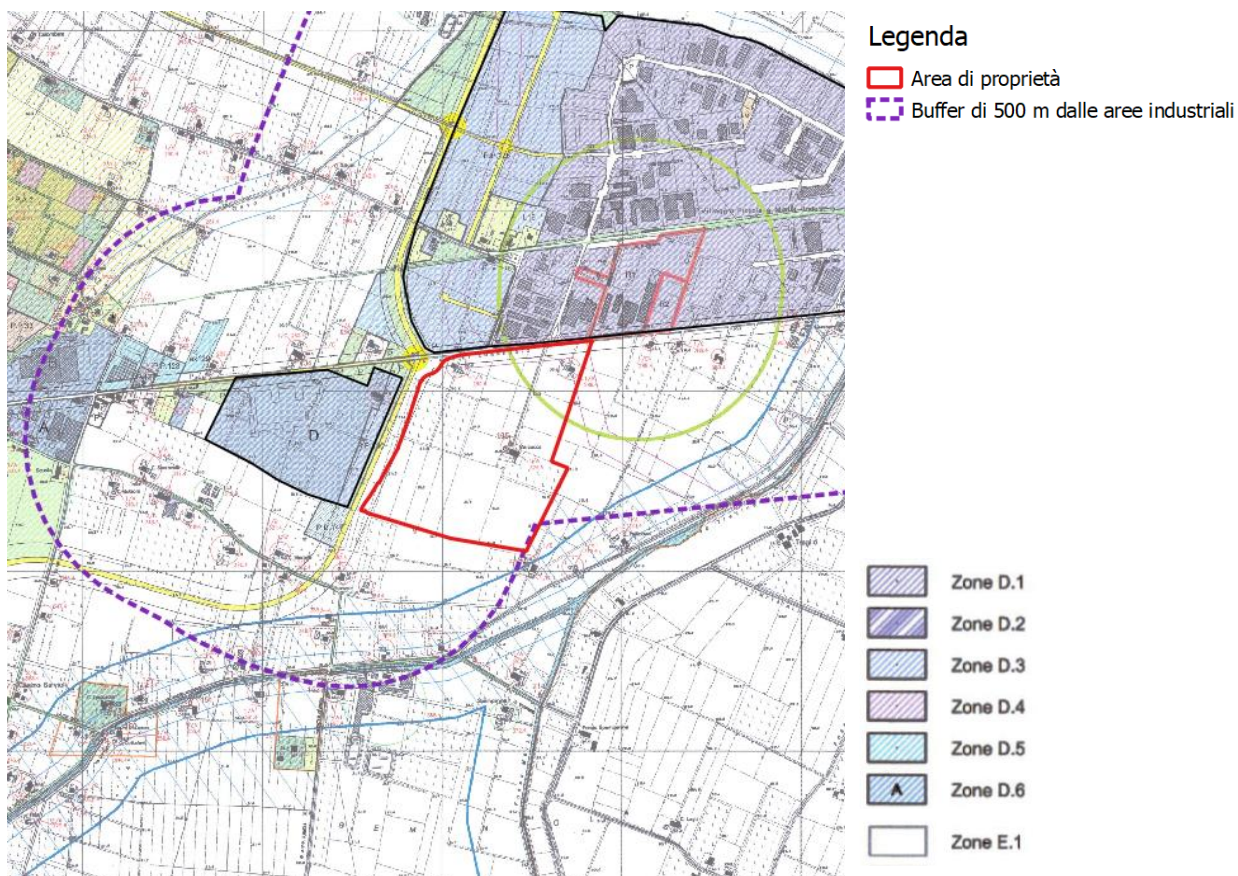


Figura 2.8: Stralcio tavola 2.4 PRG – Buffer dalle zone industriali

Per quanto sopra descritto, si ritengono le aree di interesse idonee all'installazione dell'impianto fotovoltaico, in quanto aree agricole distanti meno di 500 metri dal perimetro della zona industriale così come identificata e perimetrata dallo strumento urbanistico comunale vigente.

3.1.4 Dati generali del progetto

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto di progetto.

Tabella 2.2: Dati di progetto

PARAMETRO	DESCRIZIONE	
Richiedente	GREEN FROGS CORREGGIO s.r.l.	
Luogo di installazione:	Correggio (RE)	
Denominazione impianto:	Correggio	
Potenza di picco (MW _p):	12,33 MWp	
Informazioni generali del sito:	Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. La morfologia è regolare.	
Connessione:	Interfacciamento alla rete mediante soggetto privato nel rispetto delle norme CEI	
Tipo strutture di sostegno:	Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker infisse a terra su pali	
Inclinazione piano dei moduli (tilt):	+55°/-55°	
Pitch (m):	6	
Azimut di installazione:	0°	
Power station:	n. 8 power station	
Cabina di Consegna:	n. 2	
Rete di collegamento:	15 Kv	
Coordinate POD (punto di allaccio cavidotto MT):	Cabina 1.1	Cabina 1.2
	Altitudine media 29 m s.l.m. [WGS84/ UTM Zone 32N] X: 643727.66 m Y: 4958553.32 m	Altitudine media 29 m s.l.m. [WGS84/ UTM Zone 32N] X: 643720.59 m Y: 4958532.06 m

4. STATO DI PROGETTO

4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO

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

- scelta preliminare della tipologia impiantistica, ovvero impianto fotovoltaico a terra con strutture di tipo tracker con tecnologia a moduli BI-facciali;
- ottimizzazione dell'efficienza di captazione energetica realizzata mediante orientamento dinamico dei pannelli;
- disponibilità delle aree, morfologia ed accessibilità del sito acquisita sia mediante sopralluoghi che rilievo topografico di dettaglio.

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

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

L'impianto fotovoltaico con potenza nominale di picco pari a 12,33 MW è così costituito da:

- **n.2 cabine utente.** La cabina di tipo prefabbricato dovrà essere conforme alle specifiche ENEL DG2061. La struttura sarà di tipo monolitico e sarà suddivisa in vano Enel, per l'alloggiamento delle apparecchiature elettromeccaniche necessarie. Il manufatto dovrà inoltre essere corredato di una vasca di fondazione prefabbricata anch'essa di tipo monolitico, utilizzata per il passaggio dei cavi elettrici in entrata e di uscita, anch'essa conforme alle specifiche Enel DG 2061;
- **n.2 Cabine di Consegna.** La cabina di tipo prefabbricato dovrà essere conforme alle specifiche ENEL DG2092 ed.3. La struttura sarà di tipo monolitico e sarà suddivisa in vano Enel, per l'alloggiamento delle apparecchiature elettromeccaniche dell'Ente distributore e in vano misure, destinato all'installazione dei gruppi di misura e di controllo. Il manufatto dovrà inoltre essere corredato di una vasca di fondazione prefabbricata anch'essa di tipo monolitico, utilizzata per il passaggio dei cavi elettrici in entrata e di uscita, anch'essa conforme alle specifiche Enel DG 2061 ed.09. 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. 8 Power Station.** Le Power Station 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 media tensione; esse saranno collegate tra di loro in configurazione radiale e in posizione più possibile baricentrica rispetto ai sottocampi fotovoltaici in cui saranno convogliati i cavi provenienti dagli inverter di stringa che a loro volta raccoglieranno i cavi provenienti dai raggruppamenti delle stringhe dei moduli fotovoltaici collegati in serie;
- **n. 690 strutture di supporto moduli ad inseguimento solare (“tracker”),** di cui:

- n. 596 strutture con configurazione 28x1;
- n. 94 strutture con configurazione 14x1.
- **n. 18004 moduli fotovoltaici** che saranno installati sulle apposite strutture metalliche di sostegno tipo tracker fondate su pali infissi nel terreno;
- L'impianto è completato infine da:
 - tutte le infrastrutture tecniche necessarie alla conversione DC/AC della potenza generata dall'impianto e dalla sua consegna alla rete di distribuzione nazionale;
 - opere accessorie, quali: impianti di illuminazione, videosorveglianza, monitoraggio, cancelli e recinzioni.

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

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

Di seguito si riporta la descrizione dei principali componenti d'impianto; per dati di tecnici maggior dettaglio si rimanda alle relazioni e agli elaborati dedicati.

4.1.1 Moduli fotovoltaici

I moduli fotovoltaici utilizzati per la progettazione dell'impianto, saranno di prima scelta, del tipo silicio monocristallino a 132 celle, di tipologia bifacciale, indicativamente della potenza di 685 Wp, della marca **Trina Solar** dotati di scatola di giunzione (Junction Box) installata sul lato posteriore del modulo, con cavetti di connessione muniti di connettori ad innesto rapido, al fine di garantire la massima sicurezza per gli operatori e rapidità in fase di installazione.

I componenti elettrici e meccanici installati saranno conformi alle normative tecniche e tali da garantire le performance complessive d'impianto.

La tecnologia di moduli fotovoltaici utilizzata è progettata appositamente per impianti di grande taglia connessi alla rete elettrica ed è realizzata assemblando in sequenza diversi strati racchiusi da una cornice in alluminio anodizzato.

- vetro temperato con trattamento anti-riflesso;
- EVA (etilene vinil acetato) trasparente;
- celle FV in silicio monocristallino.

Di seguito si riporta la scheda tecnica del modulo fotovoltaico di progetto.

ELECTRICAL DATA (STC) TSM-XXXNEG21C.20 (XXX=665-685)

Peak Power Watts- P_{MAX} (Wp)*	665	670	675	680	685
Binning Tolerance- P_{MAX} (W)			0 ~ +5		
Maximum Power Voltage- V_{MP} (V)	39.0	39.2	39.4	39.6	39.8
Maximum Power Current- I_{MP} (A)	17.06	17.09	17.12	17.16	17.19
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	46.8	47.0	47.2	47.4	47.7
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	18.07	18.10	18.14	18.18	18.21
Module Efficiency η_m (%)	21.4	21.6	21.7	21.9	22.1

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5, *Measuring tolerance: $\pm 3\%$.

Electrical characteristics with different power bin (reference to 10% Irradiance ratio)

Total Equivalent power- P_{MAX} (Wp)	718	724	729	734	740
Maximum Power Voltage- V_{MP} (V)	39.0	39.2	39.4	39.6	39.8
Maximum Power Current- I_{MP} (A)	18.42	18.46	18.49	18.53	18.57
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	46.8	47.0	47.2	47.4	47.7
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	19.51	19.55	19.59	19.63	19.67
Irradiance ratio (rear/front)			10%		

Product Bifaciality 80 \pm 5%.

ELECTRICAL DATA (NOCT)

Maximum Power- P_{MAX} (Wp)	506	510	514	517	521
Maximum Power Voltage- V_{MP} (V)	36.6	36.8	37.0	37.2	37.3
Maximum Power Current- I_{MP} (A)	13.84	13.86	13.89	13.91	13.94
Open Circuit Voltage- V_{OC} (V)	44.4	44.5	44.7	44.9	45.2
Short Circuit Current- I_{SC} (A)	14.56	14.59	14.62	14.65	14.67

NOCT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
No. of cells	132 cells
Module Dimensions	2384 \times 1303 \times 35 mm (93.86 \times 51.30 \times 1.38 inches)
Weight	38.7 kg (85.3 lb)
Front Glass	2.0 mm (0.08 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant material	EVA/POE
Back Glass	2.0 mm (0.08 inches), Heat Strengthened Glass (White Grid Glass)
Frame	35mm (1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: 280/280 mm (11.02/11.02 inches) Length can be customized
Connector	Staubli MC4 EVO2 / TS4

TEMPERATURE RATINGS

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	43°C ($\pm 2^\circ$ C)
Temperature Coefficient of P_{MAX}	- 0.30%/°C
Temperature Coefficient of V_{OC}	- 0.25%/°C
Temperature Coefficient of I_{SC}	0.04%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	35A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
30 year Power Warranty
1% first year degradation
0.4% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 31 pieces
Modules per 40' container: 558 pieces

Figura 4.1: Scheda tecnica modulo fotovoltaico di progetto

Durante la fase esecutiva, sulla base della disponibilità a mercato dei componenti principali, la soluzione tecnologica fatta potrebbe variare per motivi non direttamente dipendenti dal Proponente.

4.1.2 Strutture di supporto moduli (tracker)

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

Le peculiarità delle strutture di sostegno sono:

- riduzione dei tempi di montaggio alla prima installazione;
- facilità di montaggio e smontaggio dei moduli fotovoltaici in caso di manutenzione;
- meccanizzazione della posa;
- ottimizzazione dei pesi;
- miglioramento della trasportabilità in sito;
- possibilità di utilizzo di bulloni antifurto.

Le caratteristiche generali della struttura sono:

- materiale: acciaio zincato a caldo;
- tipo di struttura: Tracker fissata su pali;
- inclinazione sull'orizzontale +55° -55°;
- Esposizione (azimut): 0°;
- Altezza min: 0,850 m (rispetto al piano di campagna);
- Altezza max: 2,935 m (rispetto al piano di campagna).

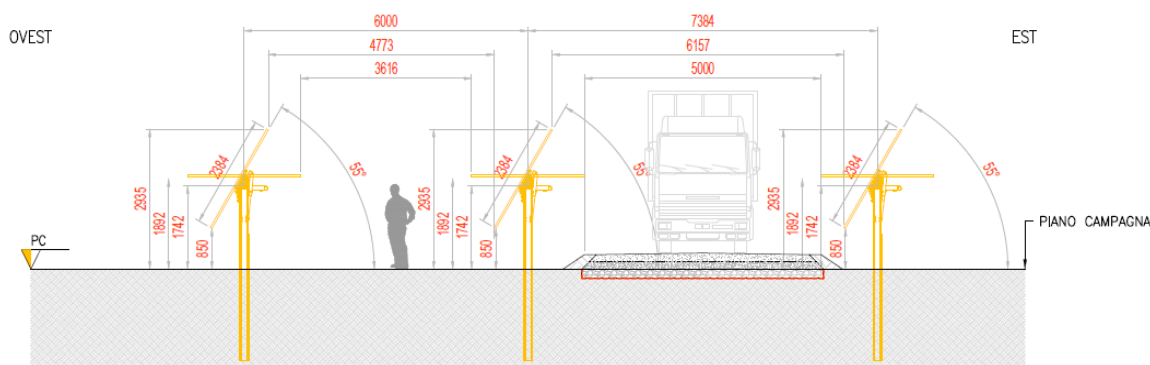


Figura 4.2: Particolare costruttivo strutture mobili (tracker)

In via preliminare, sono state previste due tipologie di portali costituiti da 12 e da 24 moduli, montati con una disposizione su una fila in posizione verticale (1p). Tale configurazione potrà variare in conseguenza della scelta definitiva del tipo di modulo fotovoltaico.

Saranno installate in totale:

- n. 596 strutture con configurazione 28x1;
- n. 94 strutture con configurazione 14x1.

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

Durante la fase esecutiva, sulla base della struttura tracker scelta saranno nuovamente definite le fondazioni e scelta la soluzione tecnologica di realizzazione più adatta. In ogni caso non supereranno i 3 m di infissione.

4.1.3 Cavi di controllo e TLC

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

Sarà realizzata una rete di drenaggio in corrispondenza dei principali solchi di drenaggio naturali esistenti. La rete drenaggio in progetto sarà costituita da fossi di forma trapezoidale scavate nel terreno naturale e non rivestiti. Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'Ingegneria naturalistica.

Lo scopo delle canalette è quello di consentire il drenaggio dei deflussi al netto delle infiltrazioni nel sottosuolo. Le acque meteoriche ricadenti su ogni settore, per la parte eccedente rispetto alla naturale

infiltrazione del suolo, verranno infatti intercettate dalle canalette drenanti realizzate lungo i lati morfologicamente più depressi.

4.2 CONNESSIONE ALLA RTN

L'impianto sarà connesso in parallelo alla rete di trasmissione nazionale e saranno rispettate le seguenti condizioni (CEI 0-16):

- il parallelo non deve causare perturbazioni alla continuità e qualità del servizio della rete pubblica per preservare il livello del servizio per gli altri utenti connessi;
- l'impianto di produzione non deve connettersi o la connessione in regime di parallelo deve interrompersi immediatamente ed automaticamente in assenza di alimentazione della rete di distribuzione o qualora i valori di tensione e frequenza della rete stessa non siano entro i valori consentiti;
- l'impianto di produzione non deve connettersi o la connessione in regime di parallelo deve interrompersi immediatamente ed automaticamente se il valore di squilibrio della potenza generata da impianti trifase realizzati con generatori monofase non sia compreso entro il valor massimo consentito per gli allacciamenti monofase.

Ciò al fine di evitare che (CEI 0-16):

- in caso di mancanza di tensione in rete, l'utente attivo connesso possa alimentare la rete stessa;
- in caso di guasto sulle linee elettriche, la rete stessa possa essere alimentata dall'impianto fotovoltaico ad essa connesso,
- in caso di richiusura automatica o manuale di interruttori della rete di distribuzione, il generatore fotovoltaico possa trovarsi in discordanza di fase con la tensione di rete, con possibile danneggiamento del generatore stesso.

L'impianto sarà inoltre provvisto dei sistemi di regolazione e controllo necessari per il rispetto dei parametri elettrici secondo quanto previsto nel regolamento di esercizio, da sottoscrivere con il gestore della rete alla messa in esercizio dell'impianto.

Nelle cabine di consegna e di utenza saranno presenti tutti gli elementi di protezione, sezionamento e misura per la corretta connessione dell'impianto alla RTN; nelle stesse saranno localizzati i punti di misura fiscale principale e bidirezionale e le protezioni generale DG e di interfaccia DI richieste dalla norma CEI 0-16 e dal codice di rete e-distribuzione.

Come descritto in precedenza, la richiesta di connessione effettuata per lotto di impianti di potenza totale pari a 12.332,74 kW, prevede la seguente configurazione:

- Impianto 1 di potenza pari a 5255,32 kWp
- Impianto 2 di potenza pari a 7077,42 kWp

Di seguito una tabella riepilogativa degli impianti sopra descritti, si rimanda 3162_5891_CO_VVIA_T11_Rev0_Schema elettrico unifilare per un maggior dettaglio.

Tabella 4.1: Configurazioni impianti

CONFIGURAZIONE	IMPIANTO 1	IMPIANTO 2	LOTTO DI IMPIANTI “CORREGGIO”
POTENZA MODULO (Wp)	685,00	685,00	685,00
NUMERO DI STRINGHE	274	369	643
NUMERO DI MODULI PER STRINGA	28	28	28

CONFIGURAZIONE	IMPIANTO 1	IMPIANTO 2	LOTTO DI IMPIANTI “CORREGGIO”
NUMERO DI MODULI	7672	10332	18004
NUMERO STRUTTURE	34 (TIPO 1x14) - 257 (TIPO 1x28)	60 (TIPO 1x14) - 339 (TIPO 1x28)	94 (TIPO 1x12) - 596 (TIPO 1x24)
NUMERO CABINE POWER STATION	3	5	8
POTENZA TRAFO POWER STATION (kVA)	1600,00	1600,00	1600,00
POTENZA INVERTER POWER STATION (kW)	1403,00	1403,00	1403,00
POTENZA DC TOTALE (kWp)	5.255,32	7.077,42	12.332,74
POTENZA AC TOTALE (kW)	4.209,00	7.015,00	11.224,00
RAPPORTO DC/AC MEDIO TOTALE	1,24	1,01	1,10

Di seguito il percorso di connessione in cavidotto MT tra l’impianto e la cabina primaria AT/MT CORREGGIO EST. Il percorso risulta con lunghezza pari a circa 2,7 km.

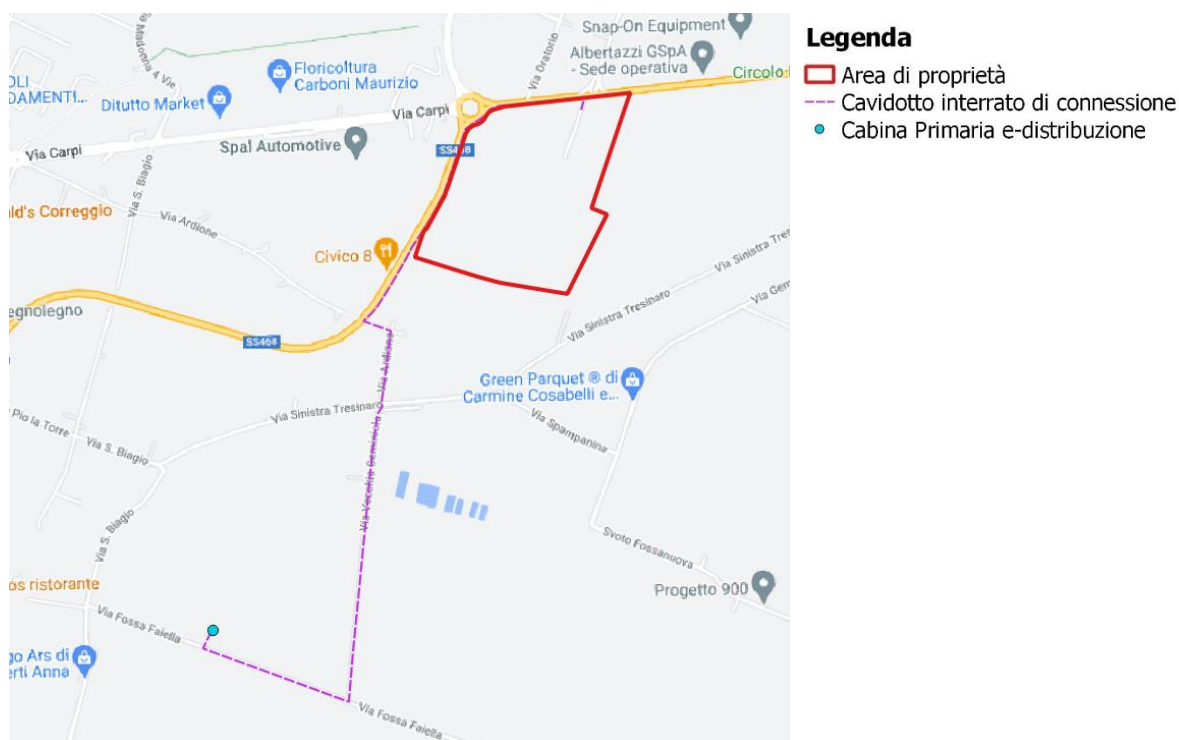


Figura 4.3: Inquadramento linea di connessione e cabina primaria

5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Il nuovo impianto fotovoltaico, come precedentemente mostrato, risulta classificato come area a pericolosità idraulica:

- rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Pianura (RSP) con scenario di esondazione poco frequente (P2), per i quali il PGRA non ha mappato i tiranti attesi. La direttiva/Testo coordinato 2017 di Regione Emilia Romagna di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche prevede, relativamente a questo livello di pericolosità, in assenza di specifici approfondimenti conoscitivi, che il tirante idrico di riferimento sia fissato convenzionalmente a 0.2 metri;

La DGR 1300/2016 impone l'impiego di:

- misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana;
- misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzata a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio;

I paragrafi seguenti riportano le misure proposte sia per la riduzione della vulnerabilità delle strutture esposte sia per il rispetto dell'invarianza idraulica.

5.1 MISURE DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ DEI BENI E DELLE STRUTTURE ESPOSTE

Il rischio viene definito dal prodotto tra:

- la pericolosità, ovvero la probabilità di accadimento dell'evento estremo;
- l'esposizione, ovvero la quantificazione dei beni potenzialmente interessati dall'evento estremo
- la vulnerabilità, ovvero la percentuale di danno atteso in funzione dei tiranti idrici raggiunti

$$R = P E V$$

Al fine di consentire al team di progettazione la corretta valutazione degli interventi di prevenzione e/o protezione, in mancanza di studi locali e modelli idraulici, è stato assunto quale riferimento per la pericolosità quanto riportato dalla Direttiva/Testo Coordinato del 2017 di Regione Emilia Romagna recante le norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche.

Il team di progettazione ha valutato l'implementazione delle seguenti soluzioni di prevenzione:

- Tutte le opere ritenute sensibili all'allagamento afferenti sia ai moduli fotovoltaici sia con relative strutture di supporto e sia a cabine di campo o PowerStation dovranno essere posizionate ad almeno 50 cm più un franco di sicurezza dal piano campagna dello stato di fatto;
- Tutta la viabilità interna al sito sarà realizzata in rilevato di almeno 50 cm più franco di sicurezza dal piano campagna dello stato di fatto ed il pacchetto stradale verrà inoltre previsto in materiali drenanti.

5.2 MISURE VOLTE AL RISPETTO DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA

Il DGR 1300/2016 di Regione Emilia Romagna impone, per le aree interessate da esondazione del reticolo secondario di pianura il rispetto dell'invarianza idraulica.

Il rispetto dell'invarianza idraulica in Emilia Romagna viene regolamentata dalla Direttiva/Testo Coordinato del 2017 recante le norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche e idrauliche.

La misura del volume unitario minimo d'invaso da prescrivere in aree sottoposte a una quota di trasformazione I (% dell'area che viene trasformata) e in cui viene lasciata inalterata una quota P (tale che I+P=100%) ed è data dal valore convenzionale di:

$$w = w^0 \left(\frac{\varphi}{\varphi^0} \right)^{\frac{1}{1-n}} - 15 I - W^0 P$$

Dove:

w^0 volume di invaso unitario standard convenzionalmente posto pari a 50 mc/ha

φ coefficiente di deflusso dopo la trasformazione

φ^0 coefficiente di deflusso prima della trasformazione

n esponente delle curve di possibilità pluviometrica per durata inferiore ad un'ora posto pari a 0.48

Il sito sarà mantenuto così com'è con la medesima rete e i medesimi scarichi, inoltre è prevista la modifica di uso del suolo che non avrà più un uso agricolo ma avrà una copertura da prato che aumenterà le capacità di evapotraspirazione ed infiltrazione del territorio.

La porzione di territorio che subisce la trasformazione più rilevante sono le aree occupate dai Cabinati.

Il tipico cabinato inserito all'interno del layout di progetto presenta le seguenti caratteristiche:

- Coefficiente di deflusso dopo la trasformazione tipico di una superficie impermeabile: $\varphi = 0.9$;
- Coefficiente di deflusso prima della trasformazione tipico di una superficie agricola e con pendenze inferiori al 10%: $\varphi = 0.5$;
- Percentuale dell'area trasformata: $I = 100 \%$;
- Percentuale dell'area non trasformata: $P = 0 \%$;
- Superficie d'Intervento: $A = 20 mq$

Risulta di conseguenza un volume di invaso necessario per la laminazione ed il rispetto dell'invarianza idraulica per il singolo cabinato.

$$W = 0.8 m^3$$

Dato l'esiguo volume in questione si prevede la realizzazione di un ribassamento del piano campagna attorno al cabinato tale da garantire la laminazione.

6. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA LINEA DI CONNESSIONE, SEU/COLLEGAMENTO SE RTN

Il paragrafo individua i possibili punti/tratti di interferenza tra le opere in progetto e aree a pericolosità idraulica.

Per la classificazione delle aree si è fatto riferimento al PAI e PGRA, definendo il grado di pericolosità idraulica. La presenza di eventuali rigagnoli è stata confermata dalla visione di ortofoto e fotografie eseguite in sopralluogo.

6.1 IDENTIFICAZIONE INTERFERENZE – IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Nell'area catastale disponibile per l'impianto fotovoltaico non risultano presenti le fasce di pericolosità idraulica media e bassa, secondo l'ultimo aggiornamento del PAI, come mostrato nella successiva figura.

Non ci sono inoltre interferenze con i corpi idrici individuati dalla carta idrogeomorfologica.

Si conclude quindi che l'area interessata dalla realizzazione dell'impianto fotovoltaico è idraulicamente compatibile.

6.2 IDENTIFICAZIONE INTERFERENZE – CAVO DI CONNESSIONE

Il tracciato del cavo di connessione interferisce in 4 punti con il reticolo idrografico e in nessun punto con le fasce allagabili secondo le mappe PAI e PGRA.

Le soluzioni adottate sono “cavo interrato” o “trenchless”, ovvero una tipologia di interramento del cavo che non prevede il tradizionale scavo a cielo aperto. Tra le tipologie di *trenchless* vi sono: TOC, microtunnel, spingitubo, ecc.

Per le interferenze con i corsi d'acqua si prevede l'impiego di una soluzione di tipo TOC, mentre per le aree allagabili si ritiene sufficiente interrare il cavo ad una profondità prevista dalle normative CEI, considerando che la strada sterrata compattata, debolmente permeabile, garantirà protezione dall'erosione al cavo di connessione in caso di allagamento.

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

Nei casi in cui non fosse necessaria la tecnologia TOC e la profondità di interro da normativa risultasse più restrittiva rispetto a quella dei calcoli idraulici, si potrà adottare la soluzione di interramento.

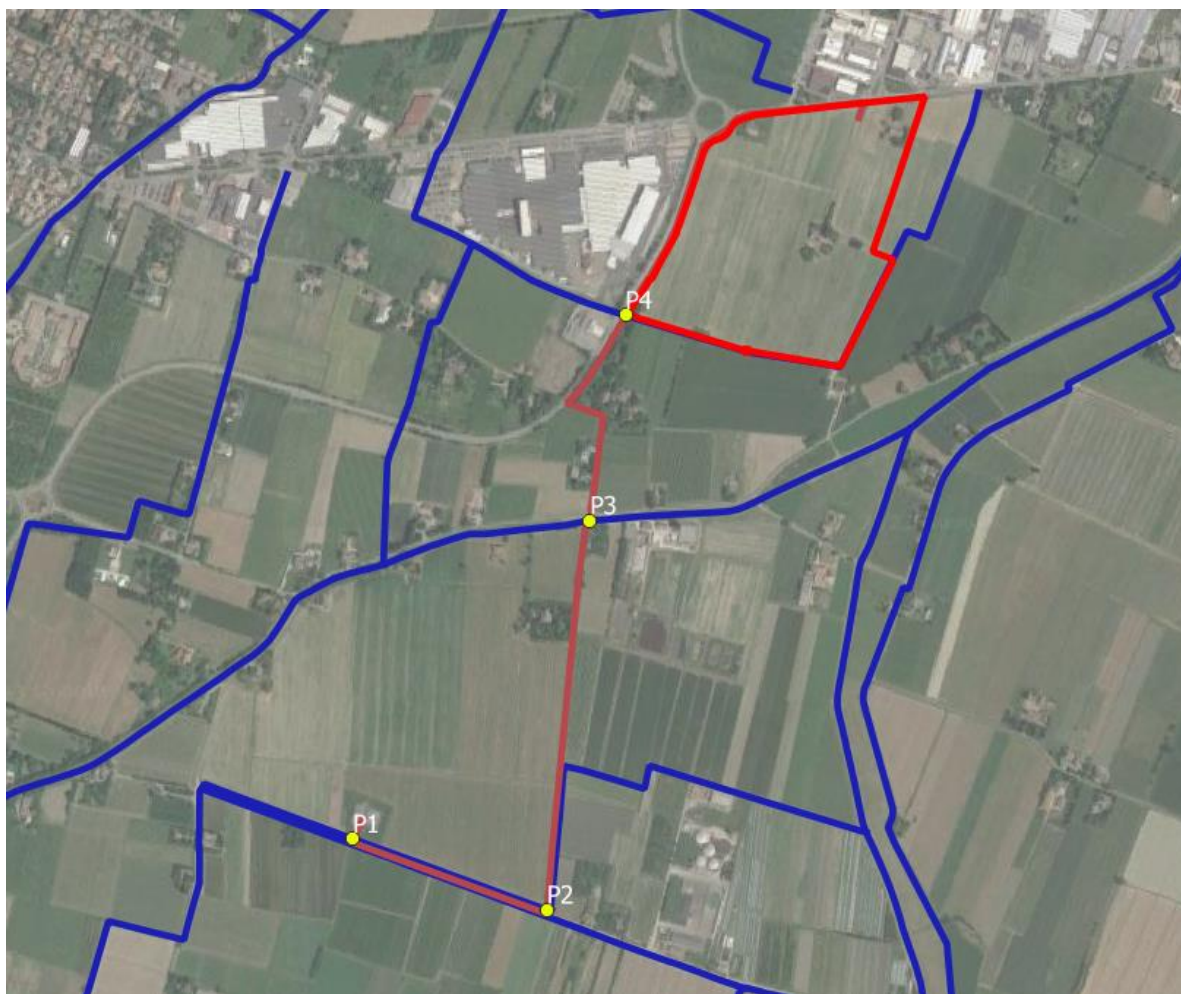


Figura 6.1: Identificazione punti di interferenza col tracciato del cavo di connessione

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 6.3 riporta la metodologia di analisi qualitativa e quantitativa per la definizione della minima profondità di posa.

Tabella 6.1: Interferenze con il percorso di connessione.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P01	Canale S. Biagio	Alta	TOC
P02	Canale S. Biagio	Alta	TOC
P03	Cavo Tresinaro	Alta	TOC
P04	Condotto Giuliani	Alta	TOC

6.3 METODOLOGIA DI VERIFICA PROFONDITÀ DI SICUREZZA POSA TOC

6.3.1 Analisi qualitativa

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

Per ognuno è stato assegnato un valore numerico totale derivante dall'analisi qualitativa 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.

6.3.2 Analisi quantitativa

L'analisi quantitativa è stata effettuata in corrispondenza delle interferenze Puntuali.

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.

6.3.2.1 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.

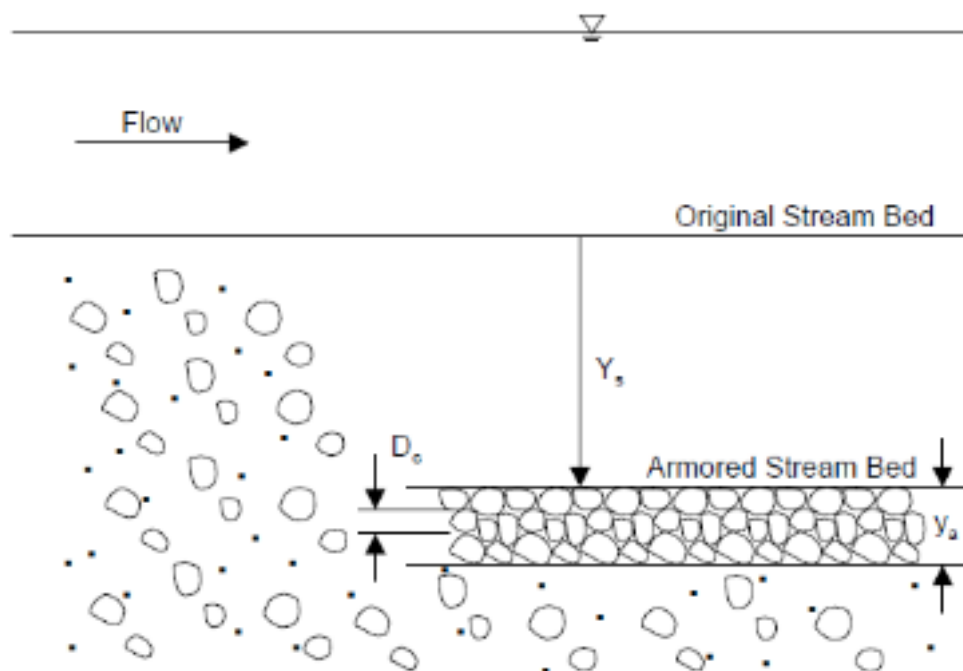


Figura 6.2: Dinamica erosione a lungo termine per corazzamento (fonte FHWA).

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):

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

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

6.3.2.2 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.

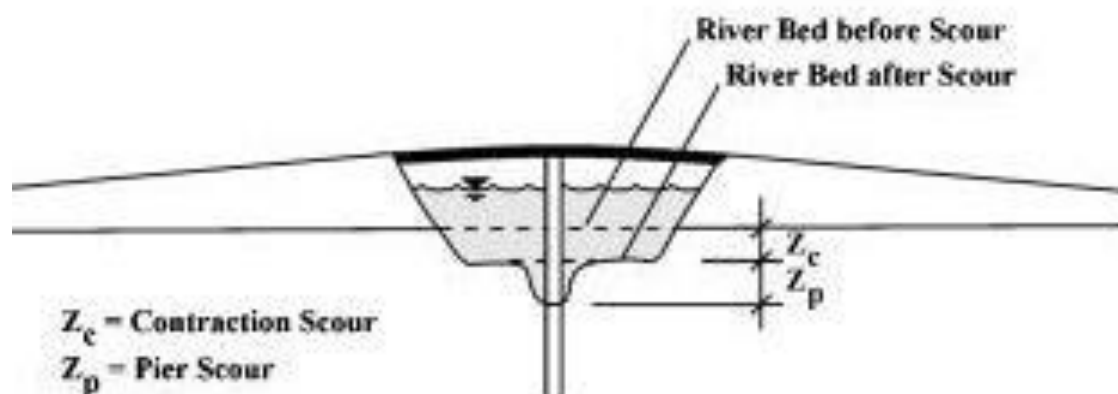


Figura 6.3: Erosioni assunte in corrispondenza di un ponte di attraversamento stradale (fonte FHWA).

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.

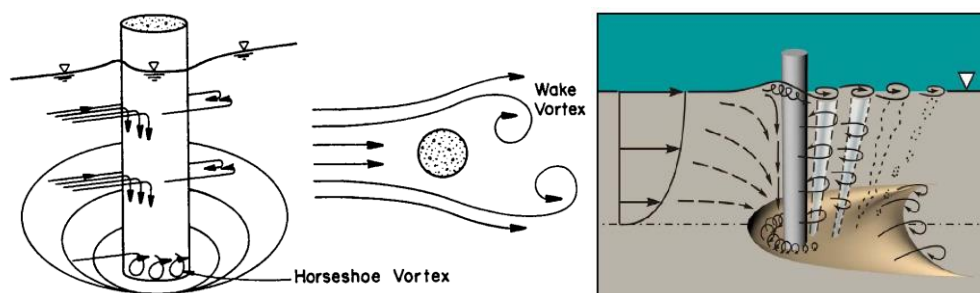


Figura 6.4: Dinamica di erosione in corrispondenza di pile strette (fonte FWHA).

6.4 RISOLUZIONE INTERFERENZE CAVO 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. Trattandosi di interferenze con corsi irrigui notevoli è necessario l'impiego di TOC per il superamento di tali discontinuità.

Lungo il percorso di connessione alla cabina di trasformazione sono state individuate 4 interferenze puntuali con corsi idrici.

6.4.1 P01

6.4.1.1 Identificazione

L'interferenza P01 interessa il canale S.Biagio. Il cavo verrà interrato al di sotto dell'alveo del fiume usando la tecnologia TOC.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e in azzurro il reticolo.

Tabella 6.2: Riepilogo interferenza P01.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P01	Canale S. Biagio	Alta	TOC

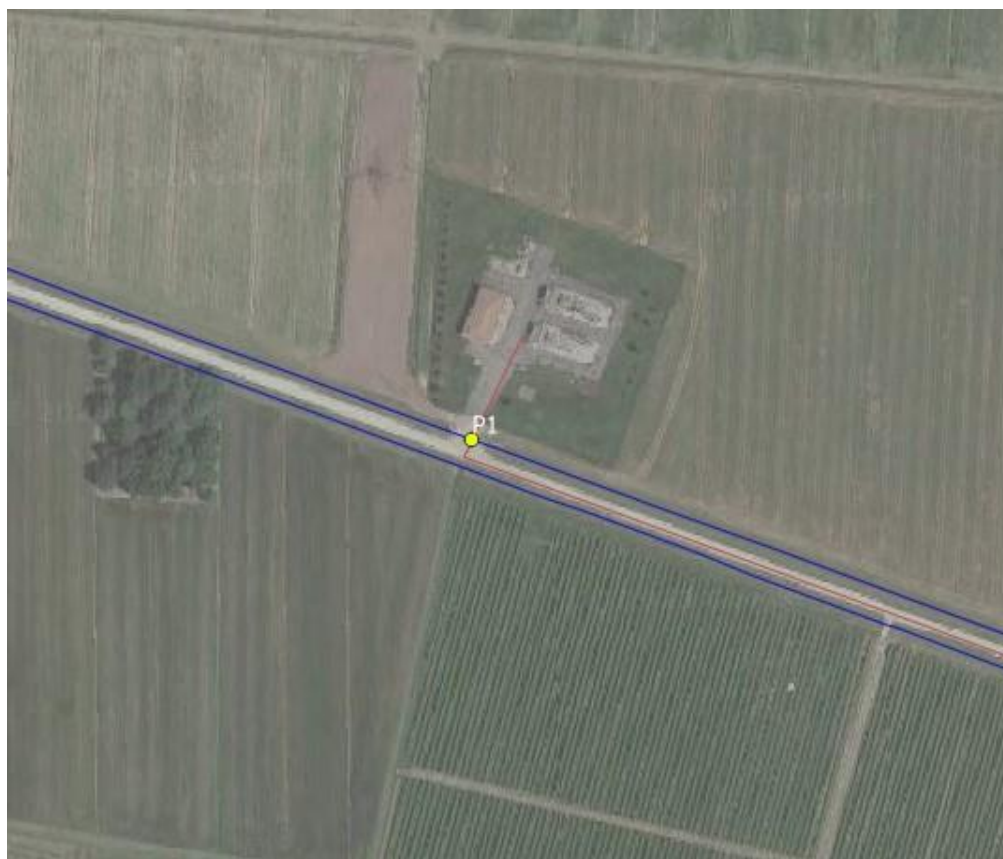


Figura 6.5: Interferenza P01.

6.4.1.2 Osservazioni

La sezione dell'alveo è stabile, con sponde rinverdite. Secondo la mappa di uso del suolo, le aree interessate dal passaggio del cavidotto sono indicate come irrigue di seminativi semplici e, limitatamente alle aree dell'alveo, come fiumi, torrenti, fossi.

6.4.1.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.3.1, al tratto in oggetto rientra nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

6.4.1.4 Verifica di compatibilità idraulica

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

Data la ridotta dimensione dell'elemento idrico, in accordo col gestore, può anche essere considerato altro metodo *trenchless*, purché eseguibile in condizioni di sicurezza e purché vengano soddisfatti i requisiti di profondità d'interramento.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari **3 metri**.

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

6.4.2 P02

6.4.2.1 Identificazione

L'interferenza P02 interessa il canale S.Biagio. Il cavo verrà interrato al di sotto dell'alveo del fiume usando la tecnologia TOC.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e in azzurro il reticolo.

Tabella 6.3: Riepilogo interferenza P02.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P02	Canale S.Biagio	Alta	TOC



Figura 6.6: Interferenza P02.

6.4.2.2 Osservazioni

La sezione dell'alveo è stabile, con sponde rinverdite. Secondo la mappa di uso del suolo, le aree interessate dal passaggio del cavidotto sono indicate come irrigue di seminativi semplici e, limitatamente alle aree dell'alveo, come fiumi, torrenti, fossi.

6.4.2.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.3.1, al tratto in oggetto rientra nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

6.4.2.4 Verifica di compatibilità idraulica

La tecnologia da adottare per la posa del cavo in P02 è di tipo **TOC**, al fine di non compromettere la stabilità dell'alveo.

Data la ridotta dimensione dell'elemento idrico, in accordo col gestore, può anche essere considerato altro metodo *trenchless*, purché eseguibile in condizioni di sicurezza e purché vengano soddisfatti i requisiti di profondità d'interramento.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **1.5 metri**.

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

6.4.3 P03

6.4.3.1 Identificazione

L'interferenza P03 interessa il Cavo Tresinaro. Il cavo verrà interrato al di sotto dell'alveo del fiume usando la tecnologia TOC.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e in azzurro il reticolo.

Tabella 6.4: Riepilogo interferenza P03.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P03	Cavo Tresinaro	Alta	TOC



Figura 6.7: Interferenza P03.

6.4.3.2 Osservazioni

La sezione dell'alveo è stabile, con sponde rinverdite. Il passaggio del canale avviene al di sotto del manto stradale. Secondo la mappa di uso del suolo, le aree interessate dal passaggio del cavidotto sono indicate come irrigue di seminativi semplici.

6.4.3.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.3.1, al tratto in oggetto rientra nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

6.4.3.4 Verifica di compatibilità idraulica

La tecnologia da adottare per la posa del cavo in P03 è di tipo **TOC**, al fine di non compromettere la stabilità dell'alveo.

Data la ridotta dimensione dell'elemento idrico, in accordo col gestore, può anche essere considerato altro metodo *trenchless*, purché eseguibile in condizioni di sicurezza e purché vengano soddisfatti i requisiti di profondità d'interramento.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, sarà al minimo pari a **3 metri**.

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

6.4.4 P04

6.4.4.1 Identificazione

Le interferenze P04 interessano il condotto Giuliani, a tergo della recinzione di progetto. Il cavo verrà interrato al di sotto dell'alveo del fiume usando la tecnologia TOC.

Di seguito uno stralcio dell'ubicazione su ortofoto, dove è evidenziato in verde il tracciato di connessione e in azzurro il reticolo.

Tabella 6.5: Riepilogo interferenza P04.

ID	INTERFERENZA	PERICOLOSITÀ	RISOLUZIONE
P04	Condotto Giuliani	Alta	TOC



Figura 6.8: Interferenza P04

6.4.4.2 Osservazioni

La sezione dell'alveo è stabile, con sponde rinverdite e vegetate. Il passaggio del canale avviene al di sotto del manto stradale. Secondo la mappa di uso del suolo, le aree interessate dal passaggio del cavidotto sono indicate come aree a pascolo naturale, praterie o terreni incolti.

6.4.4.3 Analisi qualitativa stabilità

Secondo il metodo HEC-20 di Stream Stability at Highway Structures proposto da FHWA, come descritto nel paragrafo 6.3.1, al tratto in oggetto rientra nella categoria “buono”. Il tratto risulta quindi caratterizzato da una **buona stabilità**.

6.4.4.4 Verifica di compatibilità idraulica

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

Data la ridotta dimensione dell'elemento idrico, in accordo col gestore, può anche essere considerato altro metodo *trenchless*, purché eseguibile in condizioni di sicurezza e purché vengano soddisfatti i requisiti di profondità d'interramento.

La profondità di posa, tra cielo tubazione dal punto più depresso della sezione idraulica attraversata, in considerazione della rilevanza e della natura del corso d'acqua in questione, sarà al minimo pari a **2 metri**.

Si ritiene che, a tale profondità, gli attraversamenti avvengano in condizioni di sicurezza idraulica nella vita di progetto attesa.

7. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il presente paragrafo ha lo scopo di stimare il picco di portata che sarà scaricata nel reticolo idrografico a causa delle precipitazioni di breve durata e forte intensità.

Di seguito si riportano le basi per il sistema di drenaggi superficiale dell'area d'intervento. Lo studio idrologico – idraulico è stato articolato secondo i seguenti punti:

- Scelta del tempo di ritorno;
- Identificazione delle aree scolanti e del coefficiente di deflusso ottenuto mediante una media ponderata;
- Determinazione delle Linee Segnalatrici di Possibilità pluviometrica (LSPP) per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 30, 50, 100 e 200 anni.

7.1 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.

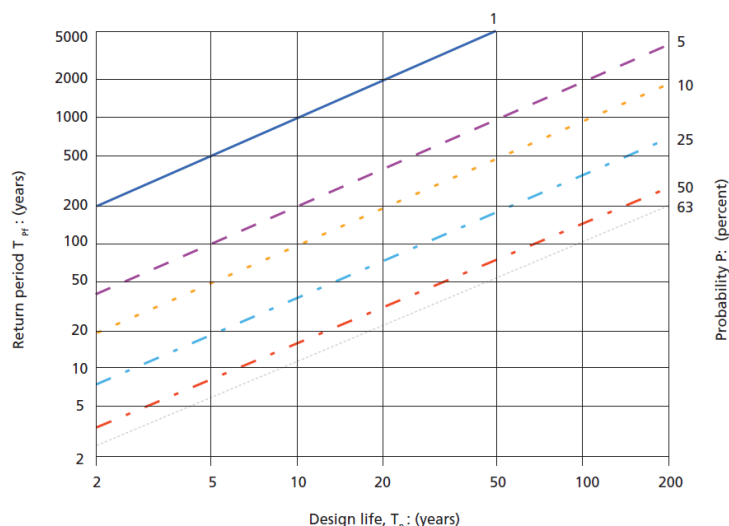


Figura 7.1: Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in N anni.

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.

7.2 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE

L'obiettivo di questa analisi è la determinazione delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) in forma esponenziale monomia relative al territorio in questione:

$$h [T] = a[T] d^n$$

Dove:

- T è il tempo di ritorno considerato espresso in anni
- d è la durata dell'evento meteorico espressa in ore
- a ed n sono due parametri caratteristici della curva

L'analisi probabilistica delle precipitazioni è stata condotta utilizzando come base di dati i valori estratti dalla tabella III della parte I degli Annali Idrologici di Regione Emilia Romagna. Tale tabulato riporta i massimi valori relativi alle precipitazioni di forte intensità e breve durata (1, 3, 6, 12 e 24 ore).

I valori assunti sono quelli relativi alla più vicina stazione di misura pluviometrica dotata di un campione almeno trentennale di misurazione sita nel comune di Correggio.

Viene di seguito riportata una tabella riassuntiva del campione di dati:

ANNO	H PER DURATA 1 ORA [MM]	H PER DURATA 3 ORE [MM]	H PER DURATA 6 ORE [MM]	H PER DURATA 12 ORE [MM]	H PER DURATA 24 ORE [MM]
2007	24.4	26.4	38	43	61.6
2008	27.6	30.8	30.8	46	55.6
2009	46.8	52	52	52	52
2010	18.4	22.2	27	31.2	42.4
2011	49	56.4	58	58	58.4
2012	13.8	20.4	28.2	46.4	48.2
2013	42.4	43.4	43.6	44.6	45.8
2014	53.2	76.4	86.4	101.2	103.8
2015	20.8	27.2	30.6	34.8	41
2016	24.5	29.1	31.9	40.2	48.2
2017	28.2	31	33.2	45.6	55.4
2018	34.2	43.4	45.2	45.4	58.8
2019	27.4	41.2	42.4	69.2	71
2020	37.6	46	46.4	46.4	53.2
2021	32.6	42	42.4	42.4	43.8
2022	20.2	20.4	24.6	44	56.8

A partire dai dati sopra riportati le LSPP sono state calcolate seguendo due differenti approcci:

- Il primo approccio consiste nell'ipotizzare che la distribuzione statistica per eventi estremi delle massime altezze di precipitazione per ciascuna delle durate segua una distribuzione di Gumbel.

$$\frac{1}{1-T} = \exp\left(-e^{\frac{x-\beta}{\alpha}}\right)$$

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}\sigma}{\pi}$$

$$\beta = \mu - n_e \alpha$$

Dove σ è la varianza del campione, μ è la media campionaria e n_e è la costante di Eulero.

Non avendo dati campionari per eventi di durata inferiore all'ora è stato assunto per questa casistica il medesimo parametro α della LSPP calcolata per eventi meteorici di durata superiore all'ora ed è stato assunto come parametro n della LSPP un valore pari a 0.48 (come suggerito dalla Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche di Regione Emilia Romagna).

Di seguito si riportano le Curve di Possibilità Pluviometrica distinte per eventi pluviali di durata superiore o inferiore ad un'ora e per diversi tempi di ritorno (2, 5, 10, 30, 50, 100 e 200 anni).

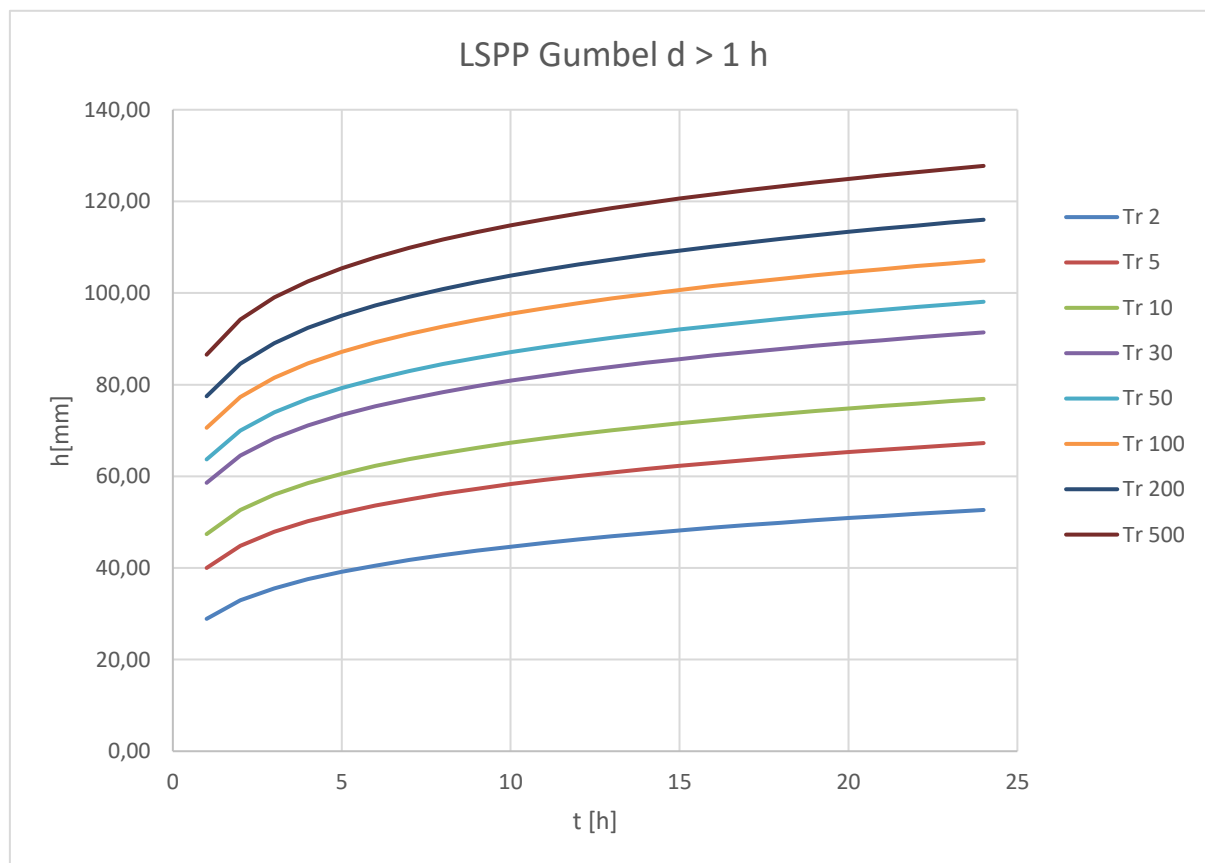


Figura 7.2: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata > 1h

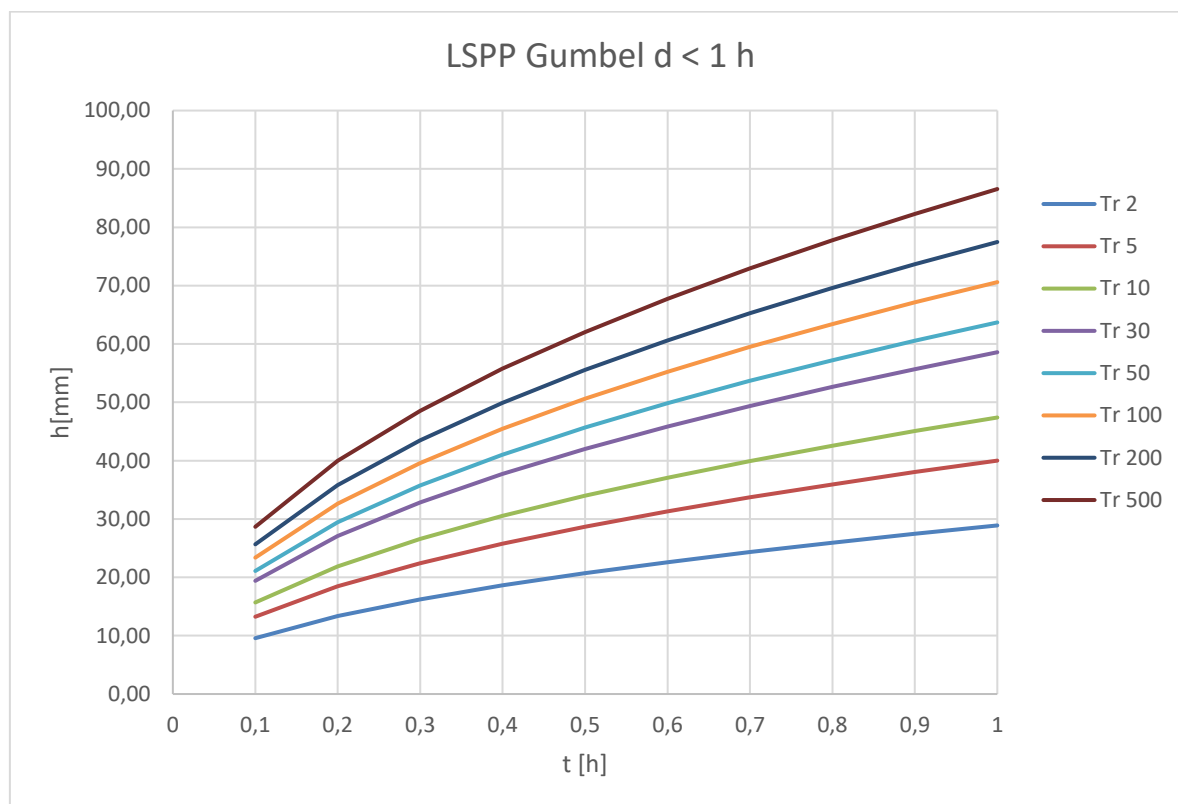


Figura 7.3: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata < 1 h.

Nella tabella seguente si riportano inoltre per diverse durate (1 - 24 h) e tempi di ritorno (2, 5, 10, 30, 50, 100, 200 e 500 anni) i valori di altezza di precipitazione espressi in mm.

DURATE EVENTO CRITICO [H]	T 2 ANNI	T 5 ANNI	T 10 ANNI	T 30 ANNI	T 50 ANNI	T 100 ANNI	T 200 ANNI	T 500 ANNI
1	28.89	40.00	47.39	58.58	63.69	70.59	77.47	86.55
2	32.93	44.80	52.67	64.55	69.98	77.31	84.60	94.22
3	35.55	47.87	56.02	68.32	73.95	81.53	89.07	99.02
4	37.54	50.18	58.53	71.13	76.89	84.66	92.38	102.57
5	39.15	52.04	60.55	73.38	79.26	87.17	95.04	105.41
6	40.53	53.62	62.26	75.28	81.25	89.28	97.27	107.79
7	41.72	54.98	63.74	76.92	82.97	91.10	99.19	109.85
8	42.79	56.20	65.05	78.38	84.49	92.71	100.88	111.66
9	43.75	57.29	66.22	79.68	85.85	94.16	102.41	113.28
10	44.63	58.29	67.30	80.86	87.09	95.46	103.78	114.75
11	45.44	59.20	68.28	81.95	88.23	96.67	105.05	116.10
12	46.20	60.05	69.19	82.95	89.28	97.77	106.22	117.35

DURATE EVENTO CRITICO [H]	T 2 ANNI	T 5 ANNI	T 10 ANNI	T 30 ANNI	T 50 ANNI	T 100 ANNI	T 200 ANNI	T 500 ANNI
13	46.90	60.84	70.04	83.89	90.25	98.81	107.30	118.50
14	47.56	61.58	70.83	84.76	91.17	99.77	108.32	119.58
15	48.18	62.28	71.58	85.59	92.02	100.68	109.27	120.60
16	48.78	62.94	72.29	86.36	92.83	101.53	110.17	121.55
17	49.34	63.57	72.96	87.10	93.60	102.34	111.02	122.46
18	49.87	64.16	73.60	87.80	94.33	103.11	111.83	123.32
19	50.39	64.73	74.21	88.47	95.03	103.85	112.60	124.14
20	50.88	65.28	74.79	89.10	95.69	104.55	113.34	124.92
21	51.35	65.80	75.35	89.71	96.33	105.22	114.04	125.67
22	51.80	66.30	75.88	90.30	96.94	105.86	114.72	126.39
23	52.24	66.79	76.40	90.86	97.53	106.48	115.36	127.08
24	52.66	67.25	76.89	91.41	98.09	107.08	115.99	127.74

- Il secondo approccio consiste nell'ipotizzare che la distribuzione statistica per eventi estremi delle massime altezze di precipitazione segua la distribuzione probabilistica proposta dal progetto VAPI. Il progetto VAPI è basato sul metodo della portata indice e consente il calcolo del fattore di crescita su scala regionale.

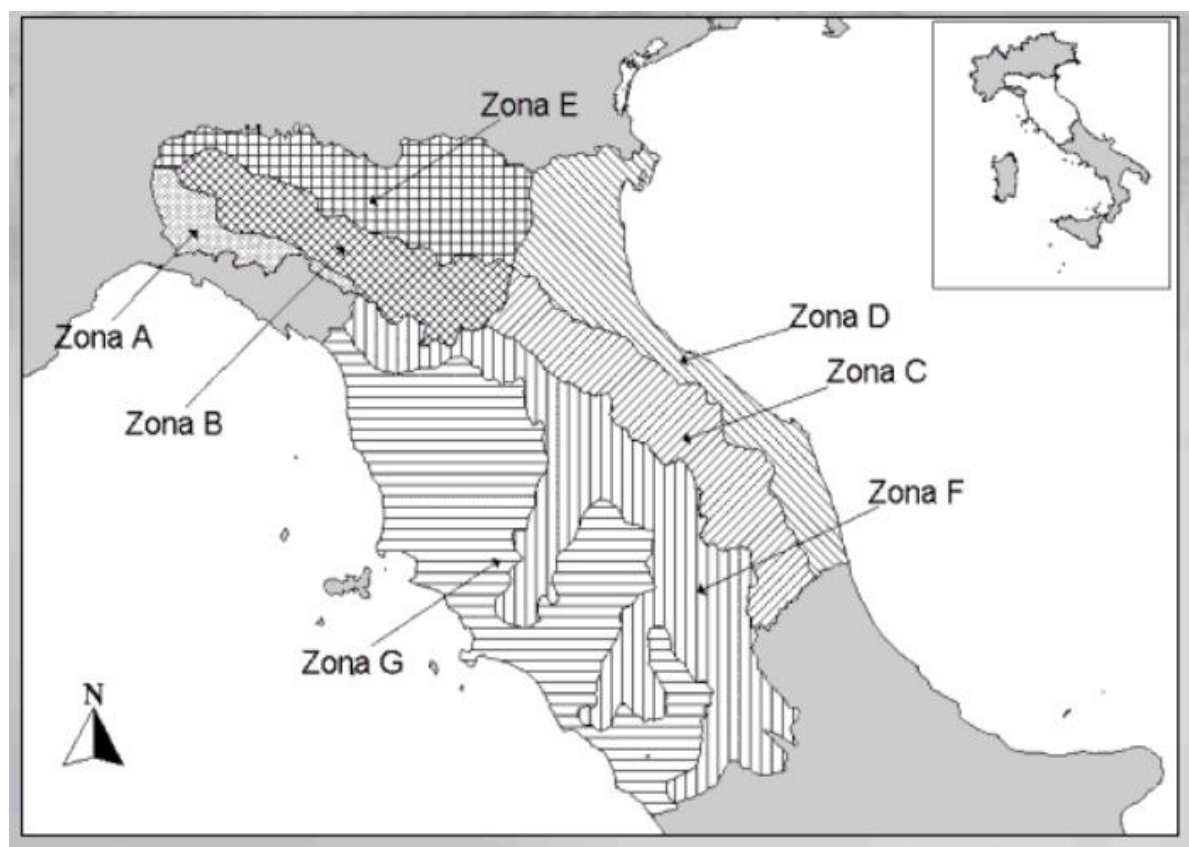


Figura 7.4: Zone Omogenee del metodo VAPI

Il sito risulta inserito all'interno della Sottozona omogenea E.

Per tale zona omogenea la distribuzione di probabilità proposta dal Gruppo Nazionale Per la Difesa dalla Catastrofi Idrogeologiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche per le precipitazioni di forte intensità e breve durata è la TCEV (Two Component Extreme Value) a quattro parametri avente formulazione del fattore di crescita espressa come:

$$K_T = \left(\frac{\theta * \text{Ln } \Lambda^*}{\eta} + \frac{\text{Ln } \Lambda_1}{\eta} \right) + \frac{\theta *}{\eta} \text{Ln } T$$

Assumendo i seguenti parametri:

Λ^*	θ	Λ_1	η
0.044	3.6	30.45	4.135

E riportando poi i risultati alla scala locale utilizzando la procedura proposta dalla “Sintesi del Rapporto Regionale per i compartimenti di Bologna, Pisa, Roma e Zona Emiliana del Bacino del Po”.

Non avendo dati campionari per eventi di durata inferiore all'ora è stato assunto per questa casistica il medesimo parametro n della LSPP calcolata per eventi meteorici di durata superiore all'ora ed è stato assunto come parametro n della LSPP un valore pari a 0.48 (come suggerito dalla Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche di Regione Emilia Romagna).

Di seguito si riportano le Curve di Possibilità Pluviometrica distinte per eventi pluviali di durata superiore o inferiore ad un'ora e per diversi tempi di ritorno (2, 5, 10, 30, 50, 100 e 200 anni).

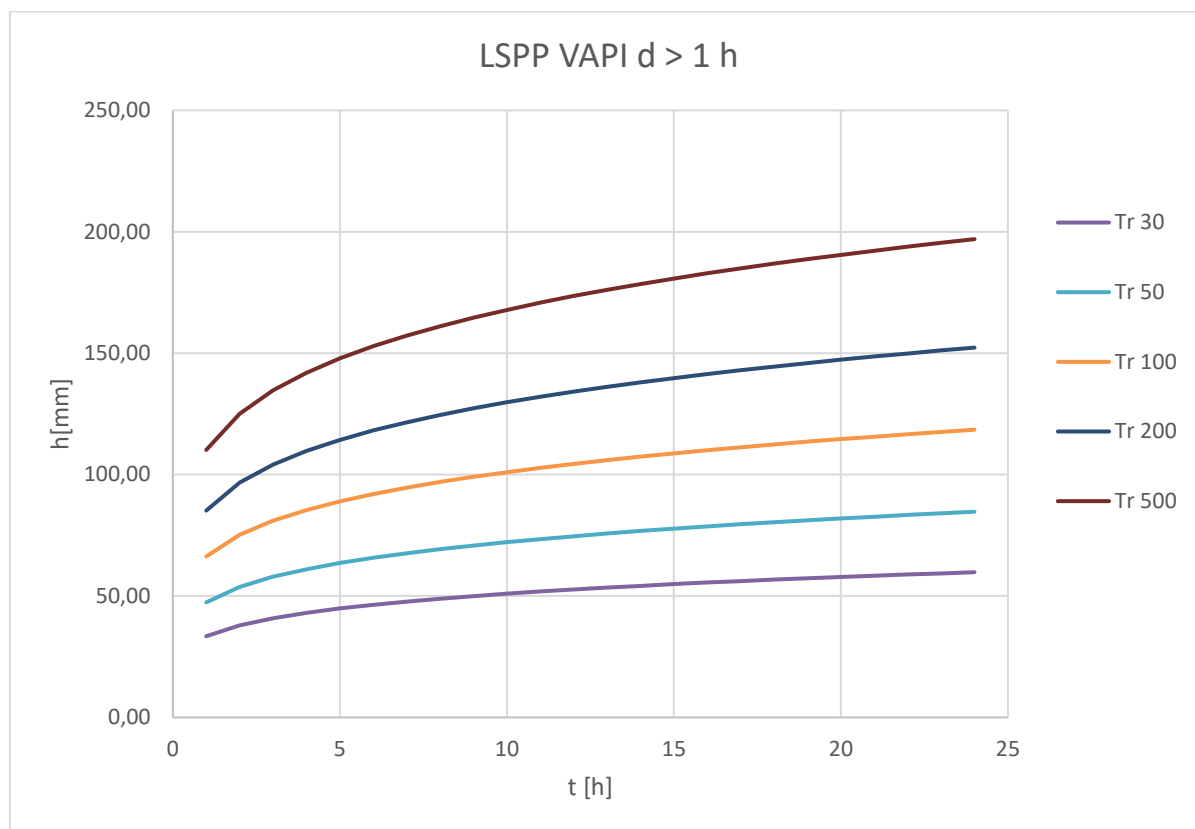


Figura 7.5: LSPP con metodo VAPI per durate sopra l'ora

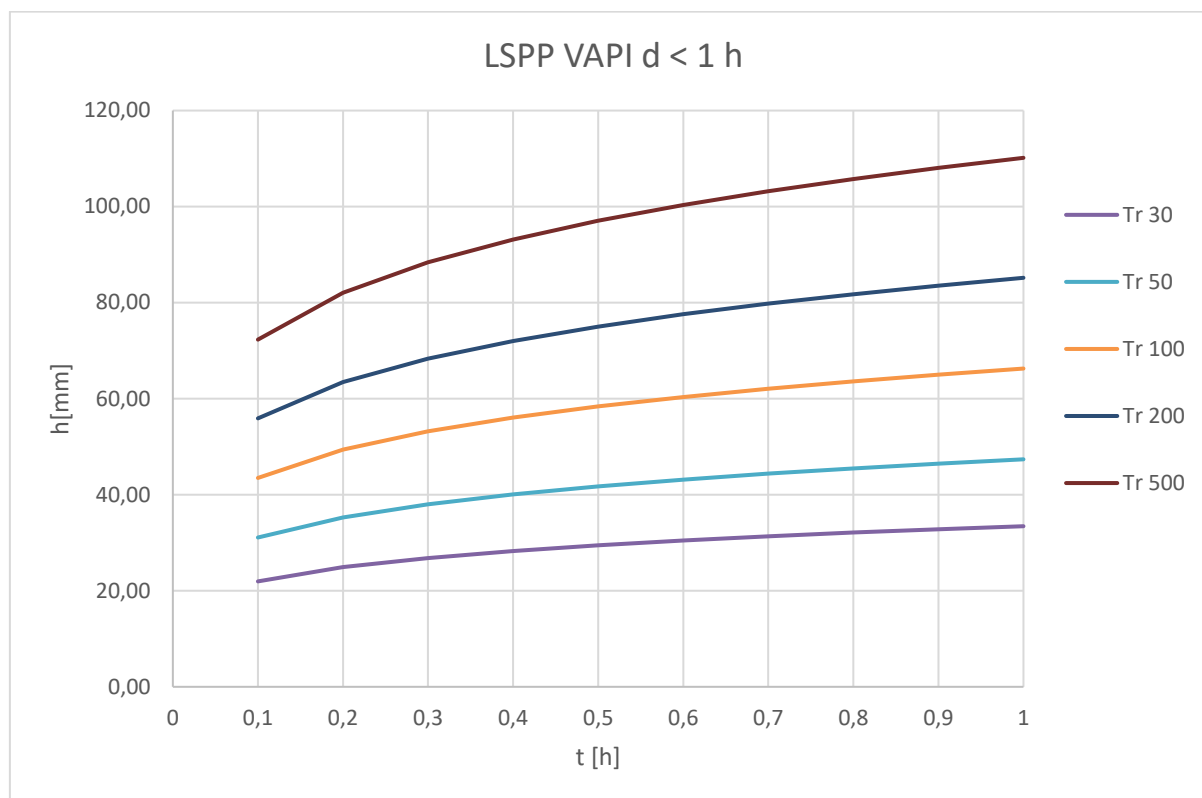


Figura 7.6: LSPP con metodo VAPI per durate sotto l'ora

Nella tabella seguente si riportano inoltre per diverse durate (1 - 24 h) e tempi di ritorno (30, 50, 100, 200 e 500 anni) i valori di altezza di precipitazione espressi in mm.

DURATE EVENTO CRITICO [H]	T 30 ANNI	T 50 ANNI	T 100 ANNI	T 200 ANNI	T 500 ANNI
0.5	33.44	47.37	66.27	85.17	110.16
1	37.96	53.77	75.23	96.68	125.04
2	40.88	57.91	81.02	104.12	134.66
3	43.09	61.04	85.39	109.75	141.94
4	44.89	63.58	88.95	114.32	147.85
5	46.41	65.74	91.96	118.19	152.86
6	47.74	67.62	94.59	121.57	157.23
7	48.92	69.29	96.93	124.58	161.12
8	49.98	70.80	99.04	127.29	164.63
9	50.95	72.17	100.97	129.76	167.83
10	51.85	73.44	102.74	132.05	170.78

DURATE EVENTO CRITICO [H]	T 30 ANNI	T 50 ANNI	T 100 ANNI	T 200 ANNI	T 500 ANNI
11	52.68	74.62	104.39	134.16	173.52
12	53.46	75.72	105.93	136.14	176.08
13	54.19	76.75	107.38	138.00	178.48
14	54.87	77.73	108.74	139.75	180.75
15	55.53	78.65	110.03	141.41	182.89
16	56.15	79.53	111.26	142.99	184.93
17	56.74	80.36	112.43	144.49	186.87
18	57.30	81.16	113.54	145.92	188.73
19	57.84	81.93	114.61	147.30	190.51
20	58.36	82.66	115.64	148.62	192.21
21	58.86	83.37	116.63	149.89	193.86
22	59.34	84.05	117.58	151.11	195.44
23	59.80	84.70	118.50	152.29	196.97
24	33.44	47.37	66.27	85.17	110.16

Poiché per 30 anni, tempo di ritorno in progetto, i valori calcolati tramite il primo metodo risultano maggiormente cautelativi saranno utilizzati nelle elaborazioni successive.

7.3 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO

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

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

La simulazione è stata condotta mediante algoritmi TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models – Utah State University) e successivamente rielaborata in ambiente GIS.

E' stata compiuta una preliminare analisi dei bacini scolanti all'interno del dominio di interesse, di seguito sono riportati i bacini individuabili all'interno dell'area di impianto.

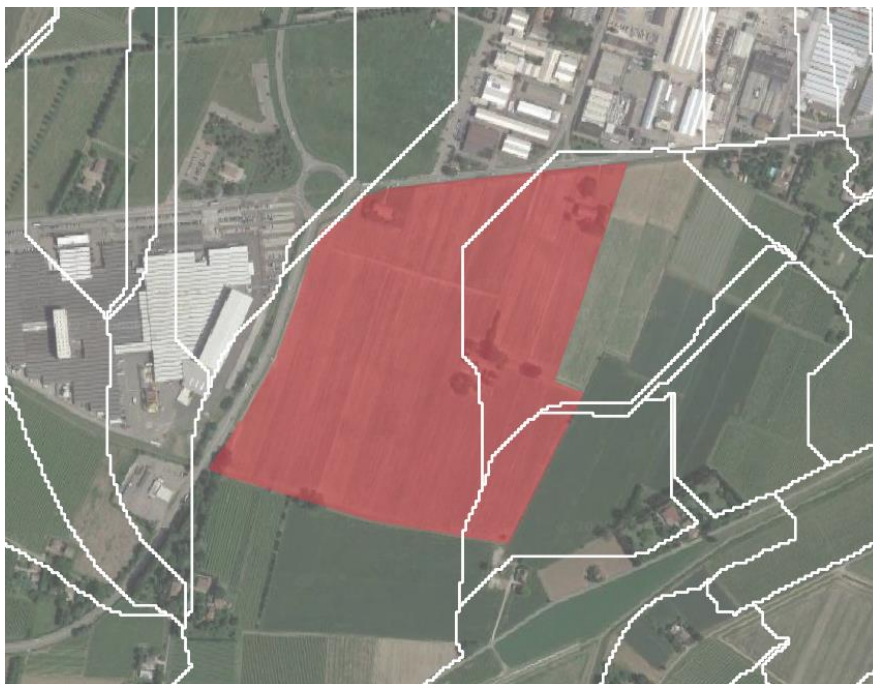


Figura 7.7: Delimitazione bacini scolanti

A seguito di una analisi dettagliata dei canali e fossi esistenti, ottenuti mediante indicazioni presenti nel PGRA e nel CTR, si è constatata la presenza una rete di fossi che allo stato di fatto smaltiscono tutti i macrobacini esterni al dominio di interesse.

Nell'immagine seguente i fossi esistenti nell'intorno dell'area di impianto:

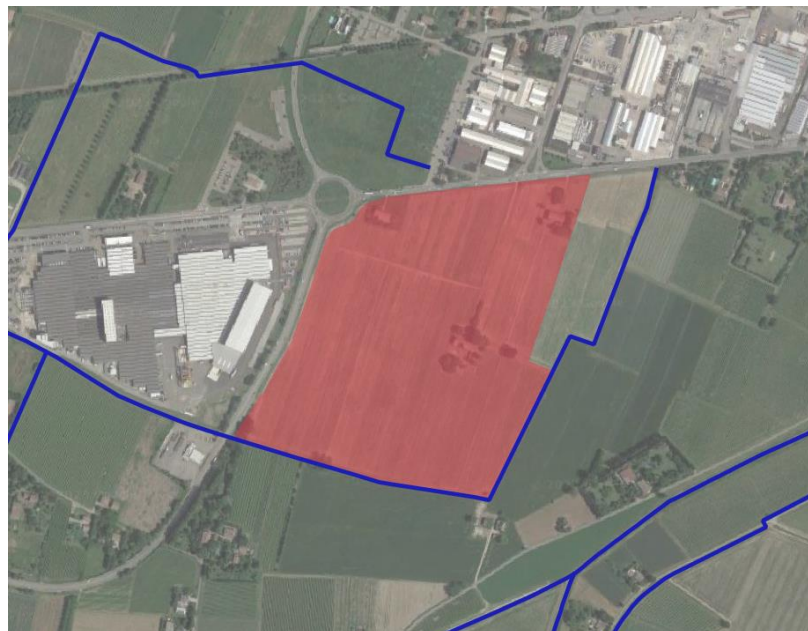


Figura 7.8: Delimitazione area di impianto in rosso e fossi esistenti in blu

A fronte di questa valutazione sono stati esclusi tutti i bacini drenati allo stato di fatto dai fossi esistenti. Nell'immagine seguente i bacini in progetto con relativa denominazione.



Figura 7.9: Delimitazione bacini scolanti e codifica. In bianco la delimitazione dei bacini, in blu la rete di canali esistente

La Tabella 7.1 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 7.1: Bacini scolanti distinti in base alle aree di drenaggio interne ed esterne.

BACINI DI DRENAGGIO INTERNI		BACINI DI DRENAGGIO ESTERNO	
ID Bacino	Area[mq]	ID Bacino	Area[mq]
I1	153'718	E1	19'161
I2	15'780		
I3	67'211		

7.4 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):

$$\varphi = \frac{P_{netta}}{P}$$

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.

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

Come suggerito dalla tabella 12 della Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche di seguito riportata:

		Tipo di suolo		
		Terreno leggero	Terreno di medio impasto	Terreno compatto
Vegetazione e pendenza				
Boschi	< 10 %	0,13	0,18	0,25
	> 10 %	0,16	0,21	0,36
Pascoli	< 10 %	0,16	0,16	0,22
	> 10 %	0,22	0,42	0,62
Culture agrarie	< 10 %	0,40	0,60	0,70
	> 10 %	0,52	0,72	0,82

Figura 7.10: Coefficienti di afflusso suggeriti dalla Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche e idrauliche

Viene quindi cautelativamente assunto, date le condizioni di bassa pendenza del territorio considerato, ed il suo uso del suolo prevalente afferente alle Colture agrarie è stato assunto un valore di coefficiente di afflusso costante pari a:

$$\varphi = 0.5$$

7.4.1 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 9,6 metri. L'altezza in mezzera della struttura sarà di circa 2,77 m (rispetto al piano di campagna). I tracker non avranno una configurazione fissa ma oscilleranno

durante le fasi del giorno. Il tracker si posizionerà stabilmente con un tilt prossimo a zero solo in condizioni di messa in sicurezza in occasione di velocità del vento superiore alla soglia limite.

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

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

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

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

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

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



Figura 7.11: 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 7.2: Aree scolanti e caratteristiche di infiltrazione negli scenari ante-operam/post-operam.

AREA [HA]	AREA MODULI [MQ]	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
23.65	55 704	0.24	2.79	0.12	0.50	0.56

Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolate le portate al colmo durante l’evento intenso di progetto negli scenari ante-operam e post-operam, valutando inoltre la capacità idraulica dei canali esistenti e in progetto. L’impermeabilità del sito, post operam, aumenta del **12%**.

7.5 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) [m³/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.

Come mostrato in Tabella 7.3, lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso pari a direttamente proporzionale all’incremento del 12% 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 7.3: Determinazione delle portate di progetto nello scenario ante- e post- operam per i bacini interni ed esterni

BACINO	I1	I2	I3
S [ha]	15.37	1.58	6.72
Lasta [m]	470	125	220
t _c [h]	0.35	0.27	0.29
h(60) [mm]	59	59	59
h(t) [mm]	46	44	44
Intensità [mm/h]	132	159	151
Coeff. deflusso ante-operam	0.50	0.50	0.50
Coeff. deflusso post-operam	0.56	0.56	0.56
Portata al colmo ante-operam Q _{cr} [mc/s]	2.81	0.35	1.41
Portata al colmo post-operam Q _{cr} [mc/s]	3.14	0.39	1.58

BACINO	E1
S [ha]	1.92
Lasta [m]	600
t _c [h]	0.38
h(60) [mm]	59
h(t) [mm]	47
Intensità [mm/h]	124
Coeff. deflusso ante-operam	0.50
Coeff. deflusso post-operam	0.56
Portata al colmo ante-operam Q _{cr} [mc/s]	0.33
Portata al colmo post-operam Q _{cr} [mc/s]	0.37

8. VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI

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

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

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

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

Il presente progetto ha mirato all'utilizzo di:

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

8.1 SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Attraverso l'analisi TauDEM rielaborata in ambiente GIS (come descritto nel paragrafo 7.3) 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.

In questo progetto vi sono due principali tipologie di canalette: canali principali, lungo il perimetro delle sotto-aree, e canali secondari, interni al layout paralleli ai tracker. Le canalette saranno realizzate in scavo con una sezione trapezia di larghezza e profondità variabile in funzione della portata di progetto e sponde inclinate di 26° .

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

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

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

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

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

L’ubicazione planimetrica delle canalizzazioni è illustrata nella tavola 3162_5891_CO_VVIA_T15_Rev0 Regimazione acque meteoriche.

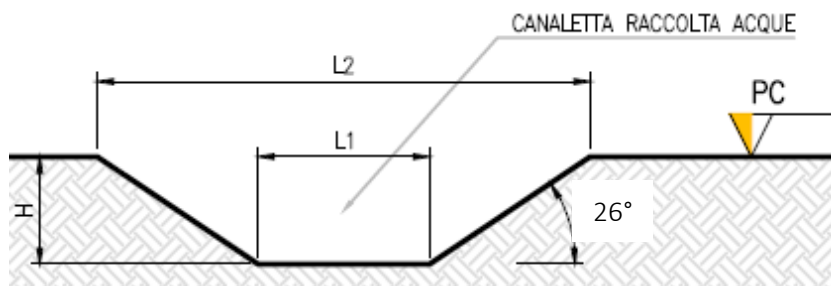


Figura 8.1: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo.

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.

8.1.1 Punti di scarico dei canali di drenaggio

Le canalette scaricheranno all'esterno della recinzione verso la rete idrografica naturale. Allo scarico sarà presente una fondazione di tipo riprap al fine di dissipare l'energia e ridurre i problemi di erosione. Gli scarichi sono stati pensati come in funzione dei drenaggi naturali.

9. 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). 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 **12%**.

La porzione di territorio occupata dai cabinati subisce la trasformazione più rilevante in termini di uso del suolo. Al fine di rispettare l'invarianza idraulica risulta necessario un volume di laminazione; per il singolo cabinato tale volume di invaso è stato calcolato pari a **0,8 m³**. Dato l'esiguo volume in questione si prevede la realizzazione di un ribassamento del piano campagna attorno al cabinato tale da garantire la laminazione delle acque meteoriche.

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 (si veda la tavola 3162_5891_CO_VVIA_T15_Rev0_Regimazione acque meteoriche); questi ultimi sono stati identificati sulla base di una simulazione del modello digitale del terreno con estrazione dei sottobacini idrografici e della rete idrografica primaria e secondaria esistente. Tali scelte consentono di evitare di modificare la rete naturale, senza interferenze nella costruzione della viabilità, nella disposizione dei tracker e delle altre opere di progetto. Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'ingegneria naturalistica. 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.