



DICEMBRE 2023

**GREEN FROGS PARMA S.R.L.**

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

**POTENZA NOMINALE 16,21 MWp**

**COMUNI DI MONTECHIARUGOLO E  
TRAVERSETOLO (PR)**

**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\_5916\_PA\_VVIA\_R05\_Rev1\_Relazione Idrologica e  
idraulica.docx

Monte  
chiara  
n  
a

## Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
3162_5916_PA_VVIA_R05_Rev1_Relazione Idrologica e idraulica.docx	12/2023	Prima emissione	A. Casalicchio	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	

### Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano

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

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

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

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



Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
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

**Montana S.p.A.**

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano

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

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

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

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



## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO.....</b>	<b>6</b>
<b>2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 INQUADRAMENTO DEL SITO .....</b>	<b>7</b>
<i>2.1.1 Inquadramento Territoriale .....</i>	<i>7</i>
<i>2.1.2 Inquadramento Catastale.....</i>	<i>11</i>
<i>2.1.3 Inquadramento normativo .....</i>	<i>13</i>
<i>2.1.4 Dati generali del progetto .....</i>	<i>15</i>
<b>3. STATO DI FATTO .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 DATI AMBIENTALI E CLIMATICI DEL SITO .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 TOPOGRAFIA .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>16</b>
<b>3.4 COPERTURA DEL SUOLO .....</b>	<b>17</b>
<b>3.5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....</b>	<b>18</b>
<b>3.6 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO.....</b>	<b>19</b>
<b>3.7 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL’AREA DI PROGETTO .....</b>	<b>20</b>
3.7.1 Piano Assetto Idrologico (PAI) .....	20
3.7.2 Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) .....	21
3.7.3 Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo secondario di pianura (RSP) .....	22
3.7.4 Conclusioni .....	24
<b>4. STATO DI PROGETTO.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1 IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>25</b>
<i>4.1.1 Moduli fotovoltaici .....</i>	<i>26</i>
4.1.1 Cavi di controllo e TLC .....	27
4.1.2 Rete di drenaggio interna.....	27
<b>5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>29</b>
<b>5.1 MISURE DI RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ DEI BENI E DELLE STRUTTURE ESPOSTE.....</b>	<b>29</b>
<b>5.2 MISURE VOLTE AL RISPETTO DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA.....</b>	<b>29</b>
<b>6. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>31</b>
<b>7. SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO .....</b>	<b>32</b>
<b>8. ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI INTENSE.....</b>	<b>33</b>
<b>8.1 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO .....</b>	<b>40</b>
<b>8.2 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA) .....</b>	<b>42</b>
8.2.1 Valutazione post operam .....	43
<b>8.3 MODELLO DI TRASFORMAZIONE AFFLUSSI/DEFLUSSI – STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO ANTE-OPERAM E POST-OPERAM ..</b>	<b>44</b>
<b>9. VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI .....</b>	<b>47</b>
<b>10. SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL’AREA DI INTERVENTO.....</b>	<b>48</b>
<b>10.1 PUNTI DI SCARICO DEI CANALI DI DRENAGGIO.....</b>	<b>49</b>
<b>11. CONCLUSIONE .....</b>	<b>51</b>

## 1. PREMESSA

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto solare fotovoltaico al suolo all'interno dei territori comunali di Montechiarugolo e Traversetolo, in provincia di Parma (PR), di potenza nominale pari a 16,21 MW, su un'area recintata di circa 18 ettari.

La società proponente è la GREEN FROGS PARMA 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.

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 fino alla cabina primaria denominata CP Montechiarugolo a circa 5 km dall'impianto in progetto. Attualmente si è in attesa di ricevere la STMG da parte dell'ente gestore; pertanto, il proponente provvederà a completare l'istanza con la documentazione relativa alle opere di connessione, anche in previsione della presentazione della domanda di Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs. 387/2003. Si rimanda al documento 3162\_5916\_PA\_VVIA\_D00\_Rev0\_TICA che riporta la richiesta di connessione per lotto di impianti e la lettera Enel di procedura di coordinamento ricevuta. Si evidenzia che la richiesta di connessione è stata effettuata per una potenza totale di 18.604,6 kW. Tuttavia, il layout sviluppato, a valle dell'analisi vincolistica e secondo i criteri di progettazione impiegati, ha raggiunto una potenza pari a 16.208,64 kW, comportando pertanto la necessità di modifica del preventivo di connessione. Tale modifica di adeguamento verrà richiesta dal proponente a valle della ricezione della soluzione di connessione.

La richiesta è stata effettuata per lotto di impianti di produzione, e in particolare il lotto totale di 16.208,64 kW sarà suddiviso in 2 impianti, ciascuno di potenza pari a 8104,32 kWp, con la realizzazione di n. 2 cabine di consegna.

## **1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO**

Il presente documento riporta lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto fotovoltaico, 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 (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;
- 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 alla tavola 3162\_5916\_PA\_VVIA\_T15\_Rev1\_Regimazione acque meteoriche.

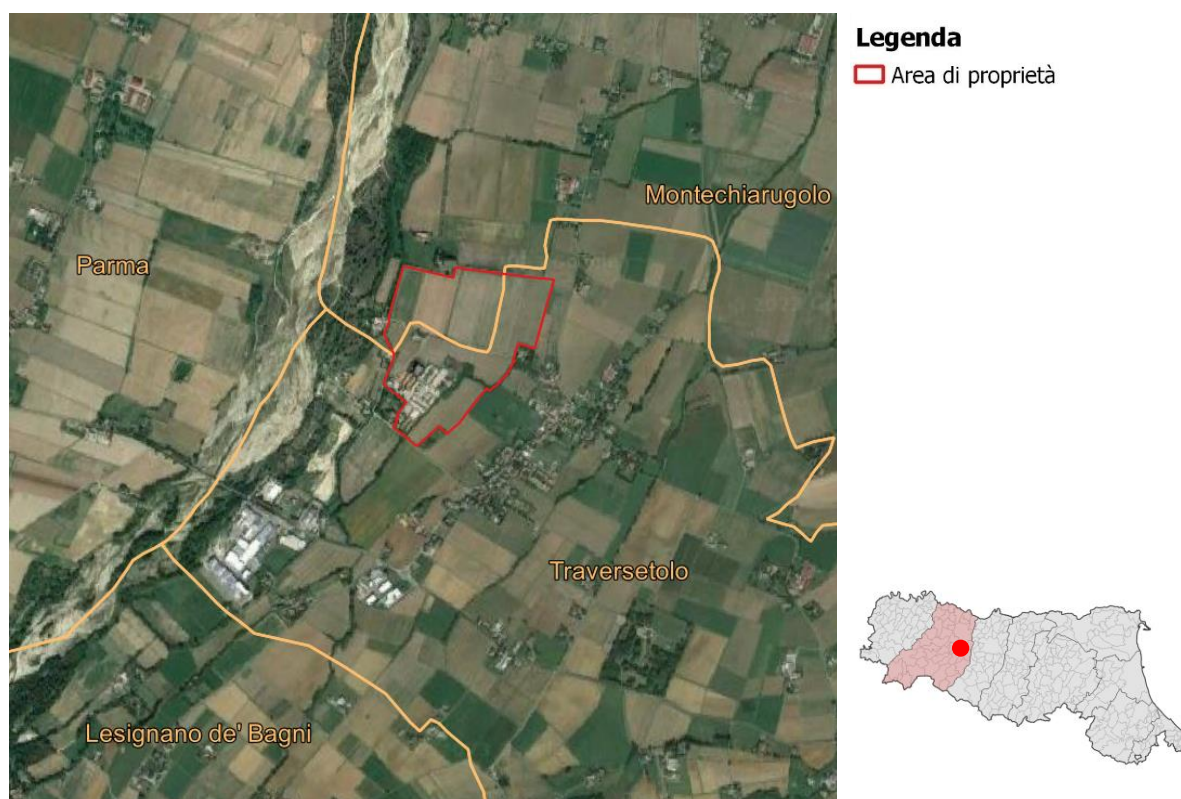
## 2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

### 2.1 INQUADRAMENTO DEL SITO

#### 2.1.1 Inquadramento Territoriale

Il progetto in esame è ubicato nei comuni di Traversetolo e Montechiarugolo, in provincia di Parma (PR), a circa 5 km in direzione sud-ovest dal centro abitato di Montechiarugolo e circa 4,5 km in direzione nord-est da Traversetolo.

L'area di progetto si trova in agro comunale, a ridosso della Azienda agricola denominata “Drugolo”, presenta un'estensione complessiva catastale pari a 42,84 ettari, dei quali circa 18 recintati per ospitare il fotovoltaico. 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:

- a nord, dalla Strada dei Mulini, una strada locale extraurbana;
- a ovest dalla via Stradazza e più distante, la SP16;
- a sud dalla via del Parma.

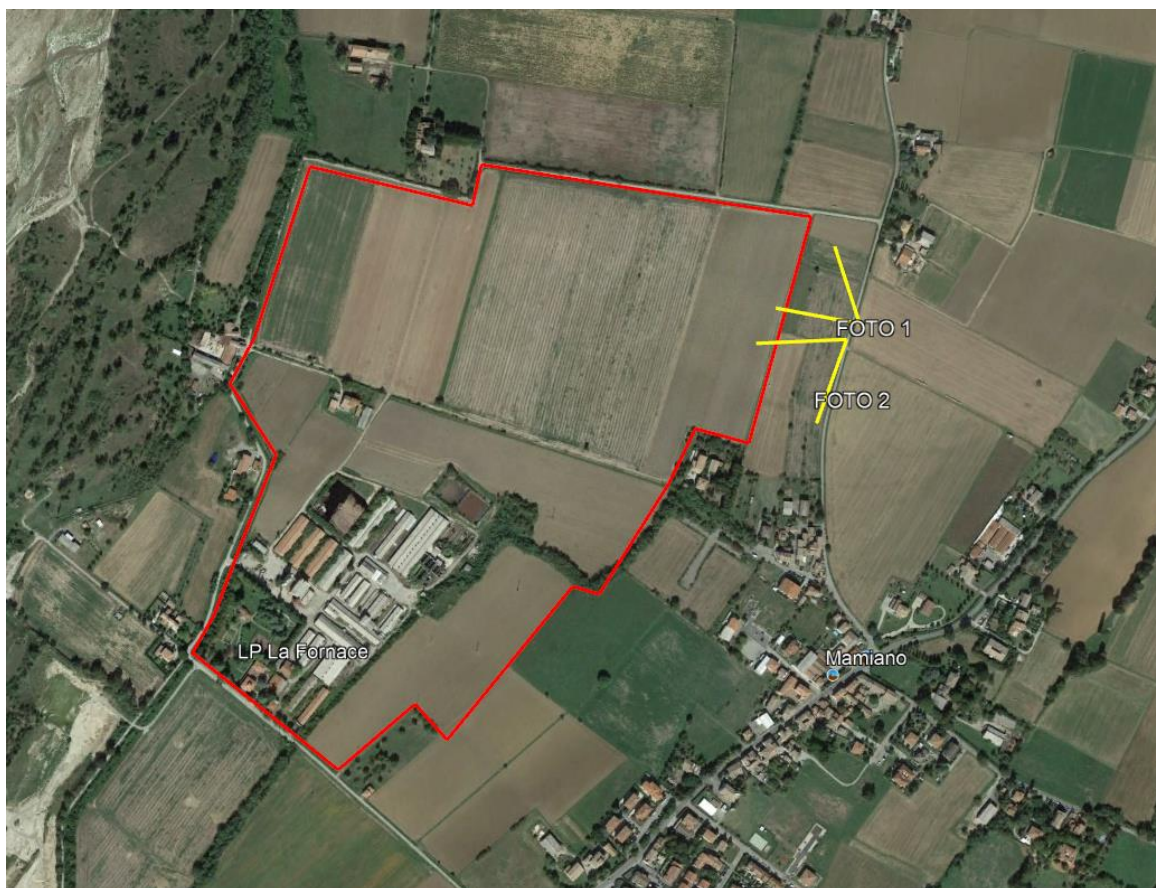


*Figura 2.2: Principale viabilità della zona*

All'interno dell'area sono presenti dei fabbricati, appartenenti all'ex allevamento “La Fornace” di proprietà dell'Azienda Agricola Drugolo.

L'area imputata per la realizzazione del fotovoltaico risulta pianeggiante e attualmente impiegata per coltivazioni<sup>1</sup>. Di seguito si riportano alcune fotografie del territorio di riferimento.

<sup>1</sup> 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: Indicazione punti di presa fotografica*



*Figura 2.4: Foto n.1*



*Figura 2.5: Foto n.2*



*Figura 2.6: Panoramica del territorio di riferimento*

### 2.1.2 Inquadramento Catastale

Le aree oggetto di studio sono censite al catasto terreni dei comuni di Traversetolo e Montechiarugolo (PR). Si riporta di seguito l'elenco delle particelle contrattualizzate e l'inquadramento catastale del sito.

*Tabella 2.1: Inquadramento catastale del sito*

COMUNE	FOGLIO	PARTICELLE
Montechiarugolo	43	8
Montechiarugolo	43	5
Montechiarugolo	43	28
Montechiarugolo	43	7
Montechiarugolo	43	38
Traversetolo	2	82
Traversetolo	2	146
Traversetolo	2	87
Traversetolo	2	64
Traversetolo	2	150
Traversetolo	2	61
Traversetolo	2	45
Traversetolo	2	95
Traversetolo	2	287
Traversetolo	2	284
Traversetolo	2	96
Traversetolo	2	5
Traversetolo	2	97
Traversetolo	2	42
Traversetolo	2	94

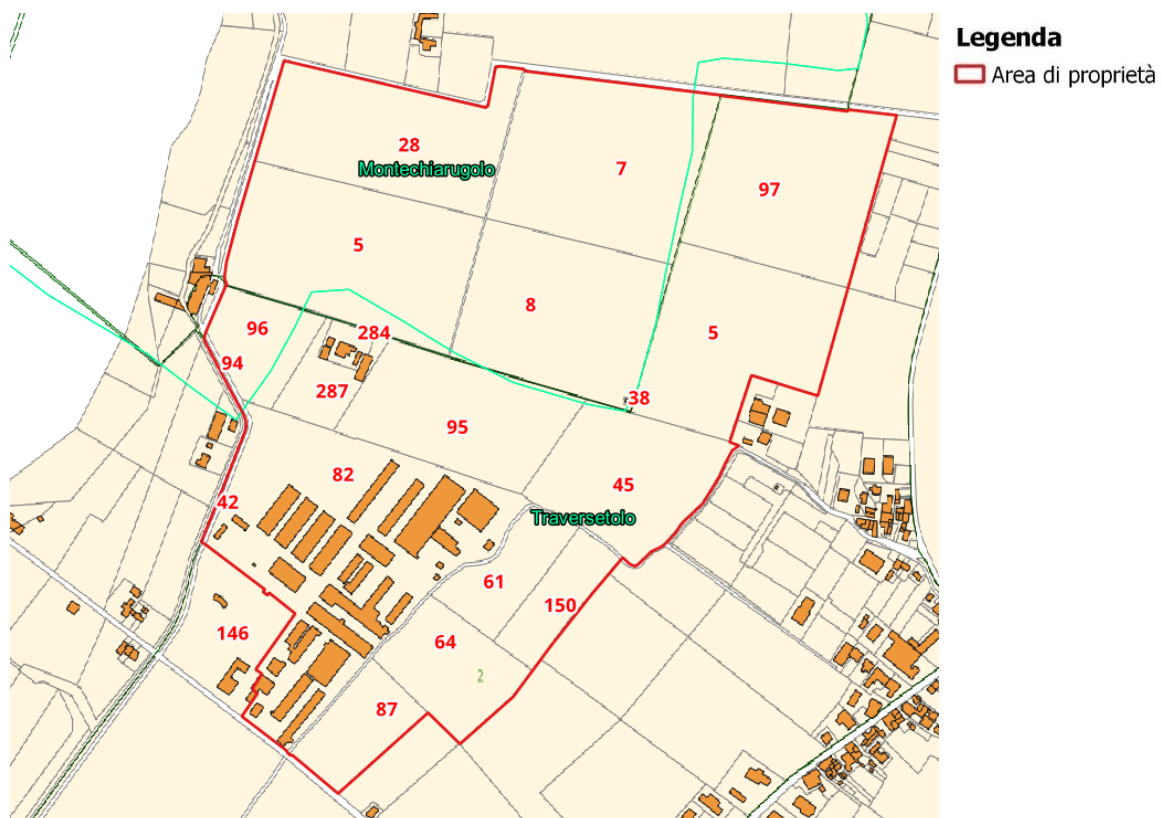


Figura 2.7: Inquadramento catastale

### 2.1.3 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 proprietà ricade nei comuni di Traversetolo e Montechiarugolo (PR). Dall'analisi della cartografia comunale (cui si rimanda nella trattazione specifica nel cap. 3.7) risulta quanto segue:

- la superficie di proprietà ricadente nel comune di Montechiarugolo è classificata come area agricola (art. 42 “ad alta vocazione agricola” – PUG approvato con D.G.C. n. 26 del 29/3/2022);
- la superficie di proprietà ricadente nel comune di Traversetolo è classificata in parte come area agricola (art. 9.5 “ad alta vocazione agricola” NTA del PSC approvato con D.C.C. n. 32 del 31/03/2011 e “Variante 2018” approvata con D.C.C. n. 59 del 21/12/2018), in parte come ambiti di riqualificazione e trasformazione funzionale, quale zona urbanistica industriale, produttiva e commerciale. (art. 7.3 NTA PSC approvato con D.C.C. n. 32 del 31/03/2011 e “Variante 2018” approvata con D.C.C. n. 59 del 21/12/2018).

Le immagini seguenti mostrano gli stralci della cartografia comunale.

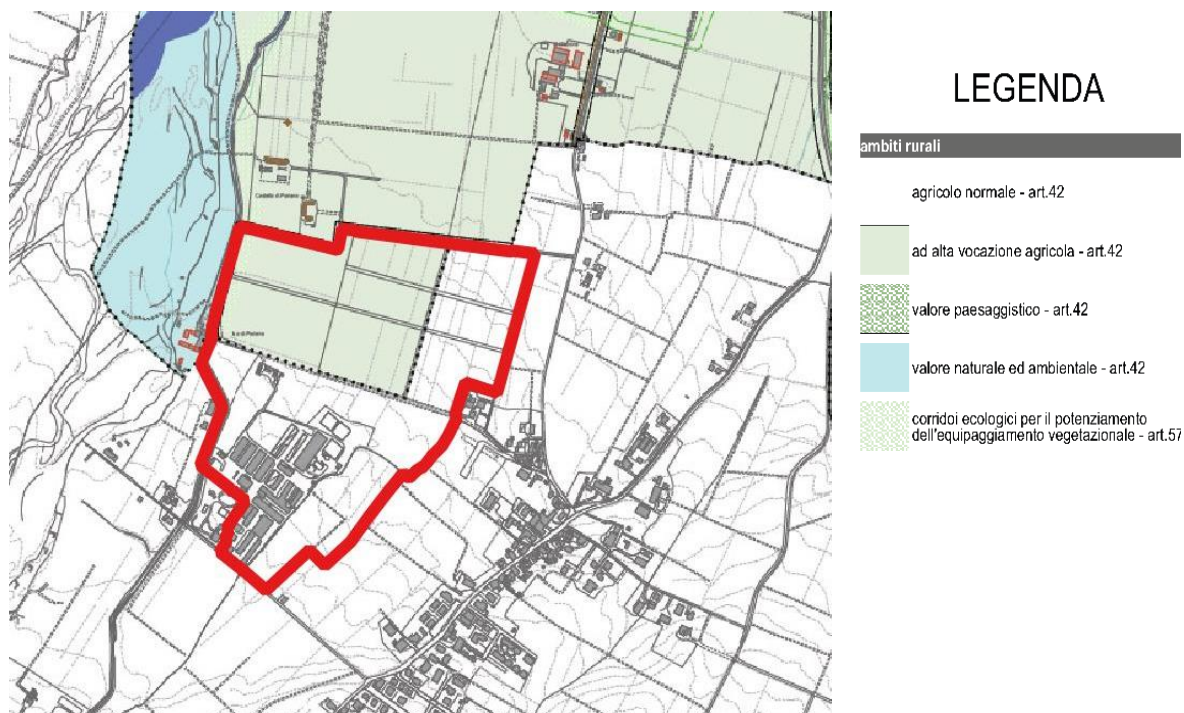


Figura 2.8. Stralcio Tavola 4 (PUG Montechiarugolo)

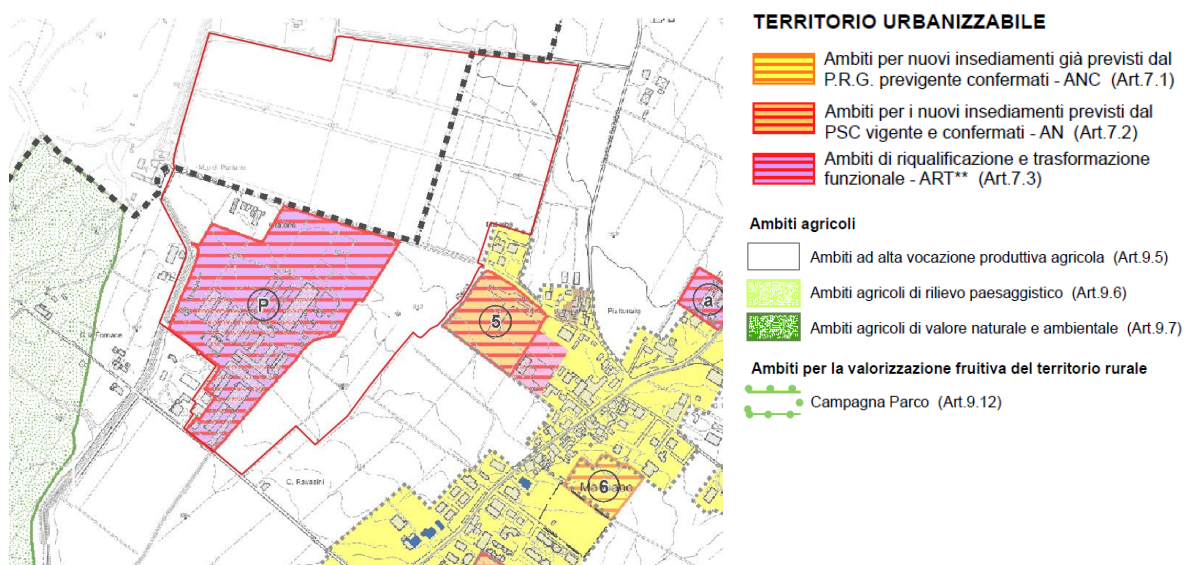


Figura 2.9. Stralcio T02 - Carta degli ambiti e delle trasformazioni territoriali (PSC Traversetolo)

Per l'area identificata come ART\*\*P "Azienda agricola Drugolo", il PSC prevede attraverso l'attuazione del Piano Operativo Comunale POC (Variante specifica al POC 2019) la conversione di tale area in "Ambiti specializzati per attività produttive", corrispondenti alle aree a destinazione industriale, artigianale e commerciale.

Per quanto sopra descritto, le aree summenzionate, ricadenti in area agricola, sono idonee all'installazione dell'impianto fotovoltaico, in quanto aree agricole distanti meno di 500 metri dal perimetro della zona industriale, artigianale e produttiva presente.

#### 2.1.4 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*

PARMETRO	DESCRIZIONE	
Richiedente	GREEN FROGS PARMA s.r.l.	
Luogo di installazione:	Traversetolo e Montechiarugolo (PR)	
Denominazione impianto:	Parma	
Potenza di picco (MW <sub>p</sub> ):	16,21 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 piuttosto 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):	4,8	
Azimut di installazione:	0°	
Power station:	n. 10 power station	
Cabina di Consegna:	n. 2 cabine	
Rete di collegamento:	15 kV	
Coordinate POD (punto di allaccio cavidotto MT):	Cabina 1.1	Cabina 1.2
	Altitudine media 152 m s.l.m. [WGS84/ UTM Zone 32N] X: 605898.78 m Y: 4948545.75 m	Altitudine media 152 m s.l.m. [WGS84/ UTM Zone 32N] X: 605917.15 m Y: 4948541.16 m

### 3. STATO DI FATTO

#### 3.1 DATI AMBIENTALI E CLIMATICI DEL SITO

Il clima della regione Emilia-Romagna varia notevolmente in relazione alla posizione geografica, dagli Appennini fino alla costa adriatica. Il territorio di Traversetolo e Montechiarugolo appartiene alla parte centrale della pianura padana ed è caratterizzata da un clima di tipo semi-continentale, con inverni freddi e umidi ed estati calde e afose.

Dal mare Adriatico all'entroterra padano il clima dell'Emilia-Romagna è estremamente variegato, ed è tendenzialmente di tipo temperato subcontinentale, con estati calde e umide e inverni freddi e rigidi, tendente al sublitoraneo solo lungo la fascia costiera.

L'Adriatico, essendo un mare poco profondo e piuttosto ristretto non influenza significativamente le condizioni termiche della regione ad eccezione della ristretta fascia di costiera romagnola.

L'escursione termica fra estate, che può essere molto calda e afosa, e l'inverno in genere freddo e prolungato è molto significativa. Autunno molto umido, nebbioso e fresco e primavera miti caratterizzano le stagioni intermedie.

Le precipitazioni in pianura non sono particolarmente abbondanti, in genere in media da 650 a 800 mm/anno. Aumentano rapidamente verso la fascia collinare e poi montana, fino a diventare davvero notevoli nell'alto Appennino, dove facilmente si superano i 1500 mm fino ai 2000 mm nelle zone prossime al crinale dell'Appennino Emiliano centro-occidentale.

#### 3.2 TOPOGRAFIA

Per determinare la topografia delle aree interessate dall'opera in esame è stata svolta una campagna investigativa topografica e fotogrammetrica, con acquisizione di dati di rilievo e fotografie tramite l'utilizzo di un drone che ha interessato tutta l'area di progetto in modo completo e dettagliato.

A seguito del confronto tra i dati acquisiti dalla campagna investigativa e i dati digitali del terreno reperibili online è stato ottenuto il modello DTM dell'area di progetto.

#### 3.3 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).

### 3.4 COPERTURA DEL SUOLO

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

La zona nella quale verrà insediato il parco fotovoltaico è caratterizzata da ampie aree pianeggianti ulteriormente modellate dall'azione antropica frutto dell'attività agricola



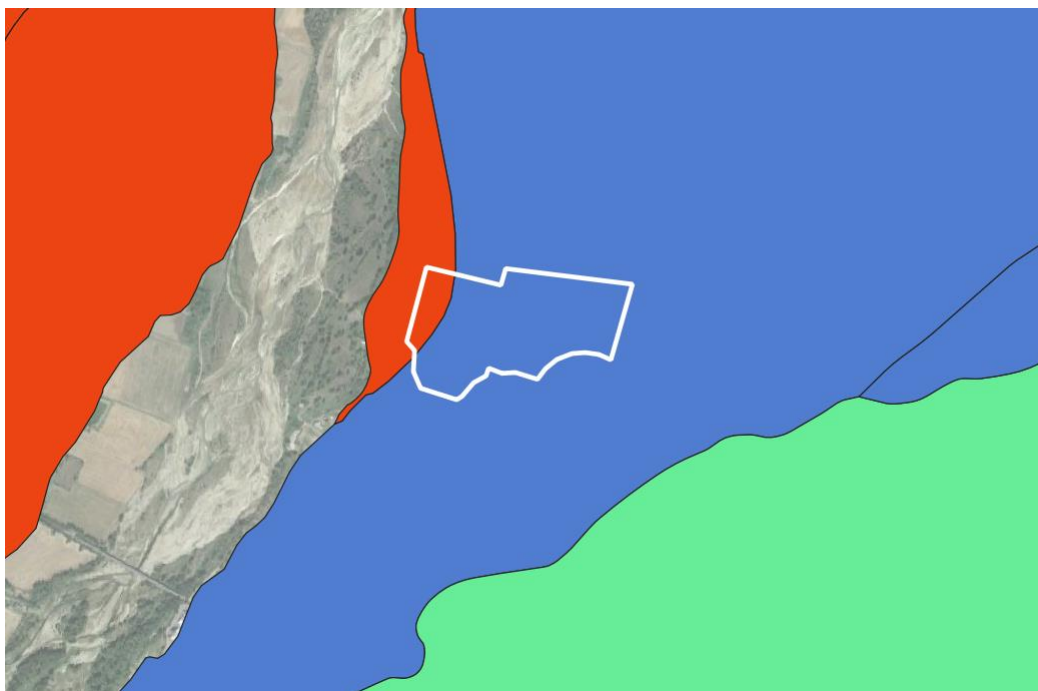
Figura 3.1: Stralcio carta uso del suolo (fonte: geoportale Regione Emilia Romagna).

### 3.5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Le presenti informazioni sono state estrapolate dallo studio della componente geologica del piano comunale PSC.

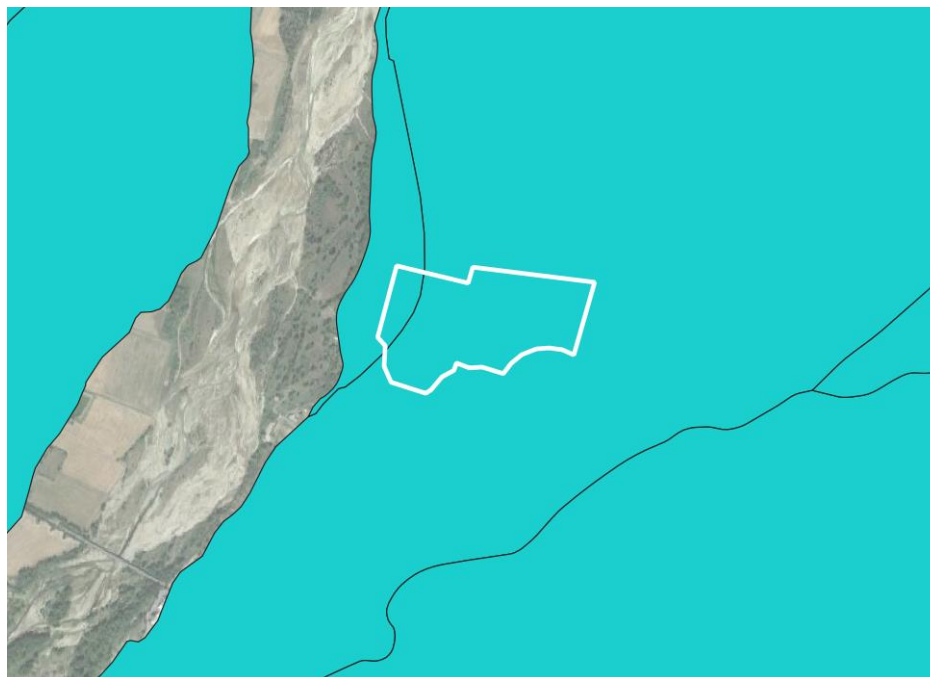
L'area dell'impianto di Parma si sviluppa su depositi limosi e ghiaiosi della Piana Deltizia del fiume Po.

Dalla consultazione della Carta regionale Ambienti deposizioni e litologie, il sito risulta essere per la maggior parte su un deposito di piana alluvionale.



*Figura 3.2: Tessitura dei suoli, Fonte: Ambienti deposizioni e litologie – Regione Emilia Romagna. In bianco la recinzione in progetto, in rosso il deposito di ghiaia, in blu il deposito di limo*

Il sito ricade interamente all'interno di un ambiente geomorfologico di tipo piana alluvionale.



*Figura 3.3: Ambiti geomorfologici, Fonte: Ambienti deposizioni e litologie – Regione Emilia Romagna.  
In bianco la recinzione in progetto, in celeste la piana alluvionale .*

### **3.6 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO**

I fiumi principali che attraversano la regione sono il Po, il Reno, e il Panaro. Il fiume Po è il più lungo d'Italia e attraversa l'Emilia-Romagna da ovest a est, segnando il confine con la Lombardia. Il fiume Reno scorre principalmente nella parte settentrionale della regione, mentre il Panaro attraversa l'area centrale.

Il delta del Po, situato nella parte orientale della regione, è una delle caratteristiche più rilevanti dal punto di vista idrografico. Questa vasta area è costituita da una rete di rami fluviali, canali e zone umide, creando un ambiente unico in termini di flora e fauna.

La presenza di queste risorse idriche ha storicamente influenzato la geografia, l'agricoltura e la cultura dell'Emilia-Romagna. Il Po, in particolare, ha avuto un ruolo significativo nella storia della regione, facilitando il commercio e la navigazione.

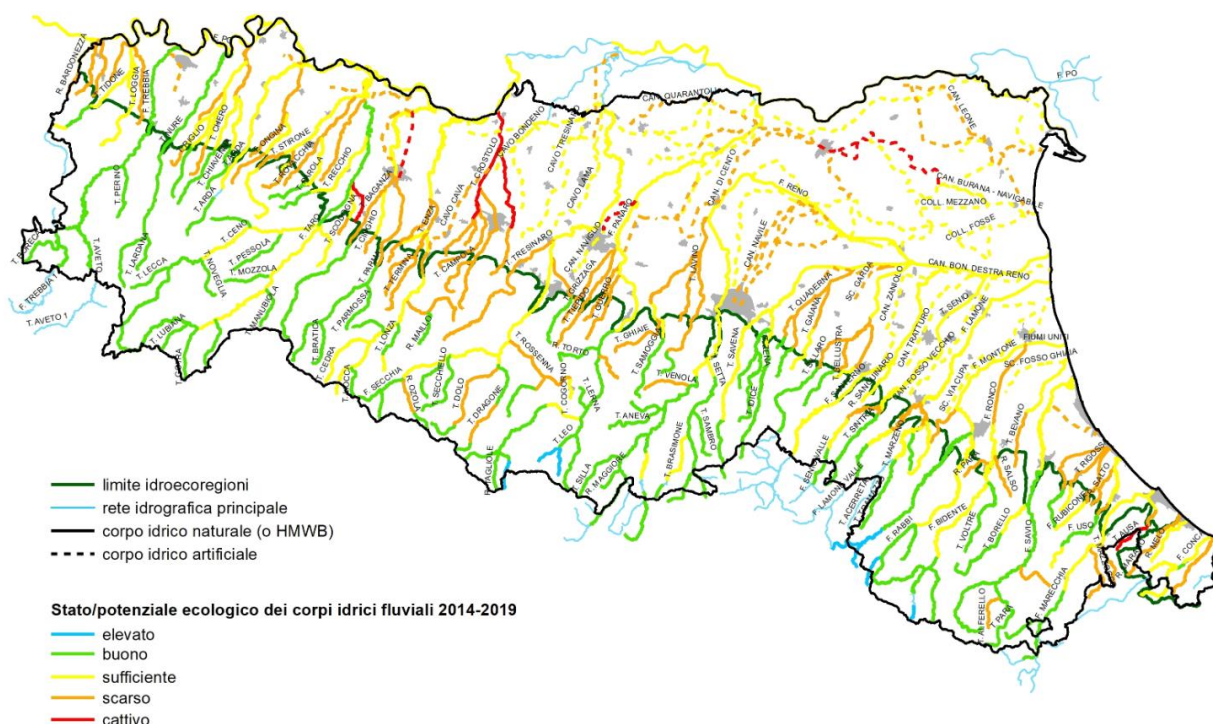


Figura 3.4: Corpi idrici superficiali Emilia Romagna

### 3.7 INQUADRAMENTO DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO DELL'AREA DI PROGETTO

I comuni di Argenta e Portomaggiore appartengono al Distretto Idrografico del fiume Po, la struttura operativa di livello territoriale di riferimento è l'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po.

#### 3.7.1 Piano Assetto Idrologico (PAI)

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI), approvato con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 24 maggio 2001, ha la finalità di ridurre il rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti.

- La delimitazione delle fasce fluviali (Fascia A, Fascia B e Fascia C) dell'asta del Po e dei suoi principali affluenti.
- La delimitazione e classificazione, in base alla pericolosità delle aree in dissesto per frana, valanga, esondazione torrentizia e conoide che caratterizzano la parte montana del territorio regionale.
- La perimetrazione e la zonizzazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato in ambiente collinare e montano e sul reticolo idrografico principale e secondario delle aree di pianura.
- Le norme alle quali le sopracitate aree a pericolosità di alluvioni sono assoggettate.

L'intero sito rientra all'interno di alcuna fascia della delimitazione C delle fasce fluviali dell'asta del fiume Po.

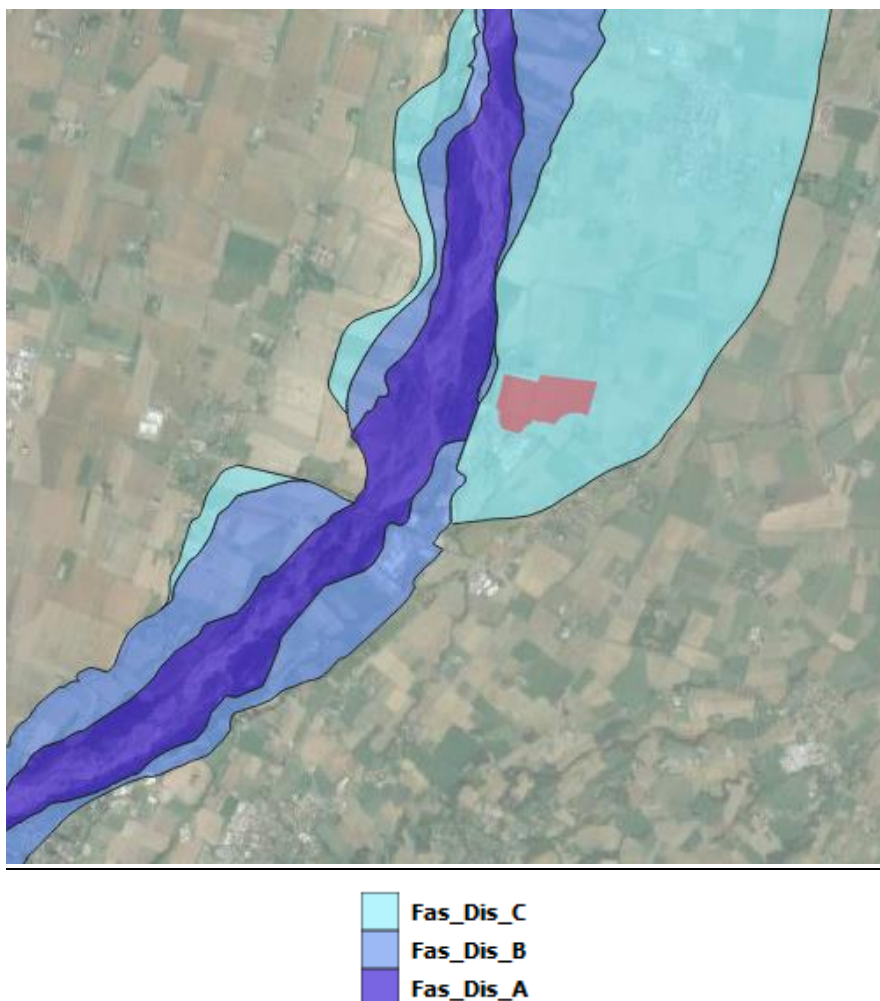


Figura 3.5: stralcio assetto idrologico (PAI)

### 3.7.2 Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA)

Lo strumento vigente sul territorio è il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni – II ciclo (PGRA) approvato con delibera del 16/12/2021 dalla Conferenza operativa dell’Autorità di Bacino Distrettuale. Successivamente il data 20 Dicembre 2021 la Conferenza Istituzionale permanente dell’Autorità di Bacino del Po ha adottato all’unanimità ai sensi degli art. 65 e 66 del D. Lgs. 152/2006 il primo aggiornamento del PGRA con Deliberazione n. 5/2021.

Il PGRA è stato quindi pubblicato il 22 dicembre 2021, nel rispetto delle scadenze fissate dalla Direttiva 2007/60/CE.

Le disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione del rischio di alluvioni nel settore urbanistico contenute nel DGR 1300 del 2016 di Regione Emilia-Romagna integra il quadro conoscitivo del PAI e del PAI Delta con gli elaborati cartografici rappresentati dalle Mappe della pericolosità e del rischio alluvione, predisposte ai sensi dell’art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e del D. Lgs. 49/2010, articolate per la Regione Emilia-Romagna, per i seguenti ambiti territoriali:

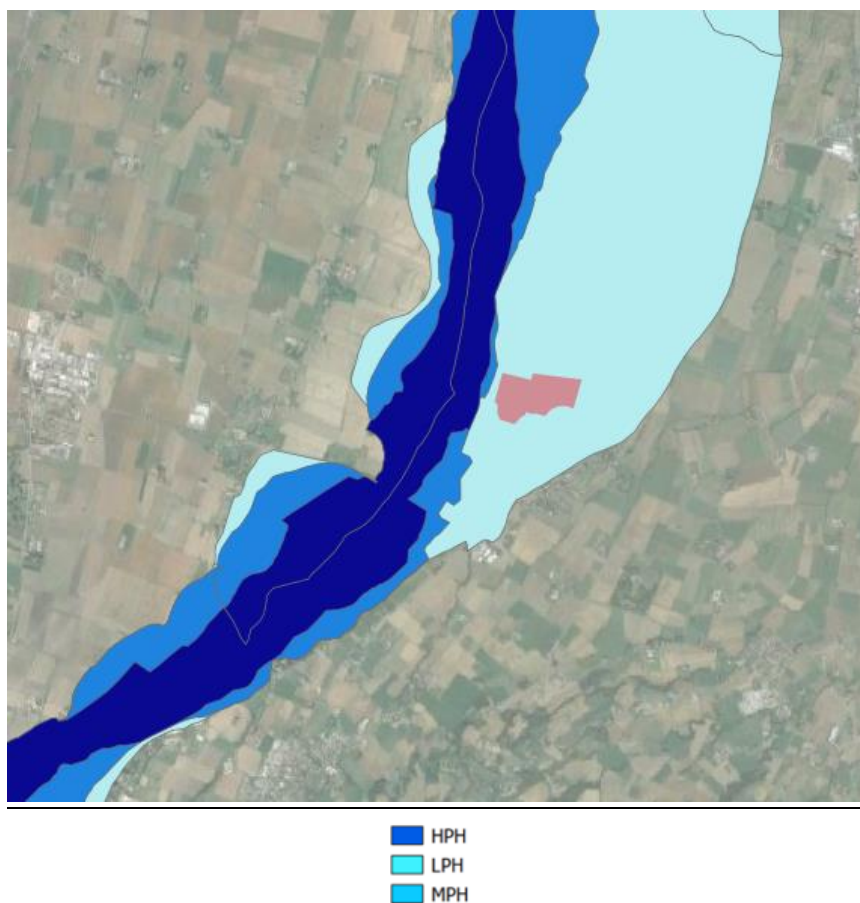
- reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP);
- reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
- reticolo secondario di pianura (RSP);

- aree costiere marine (ACM).

Per i quali ambiti sono stati individuati i seguenti scenari di pericolosità:

- aree interessate da alluvione rara (P1);
- aree interessate da alluvione poco frequente (P2);
- aree interessate da alluvione frequente (P3).

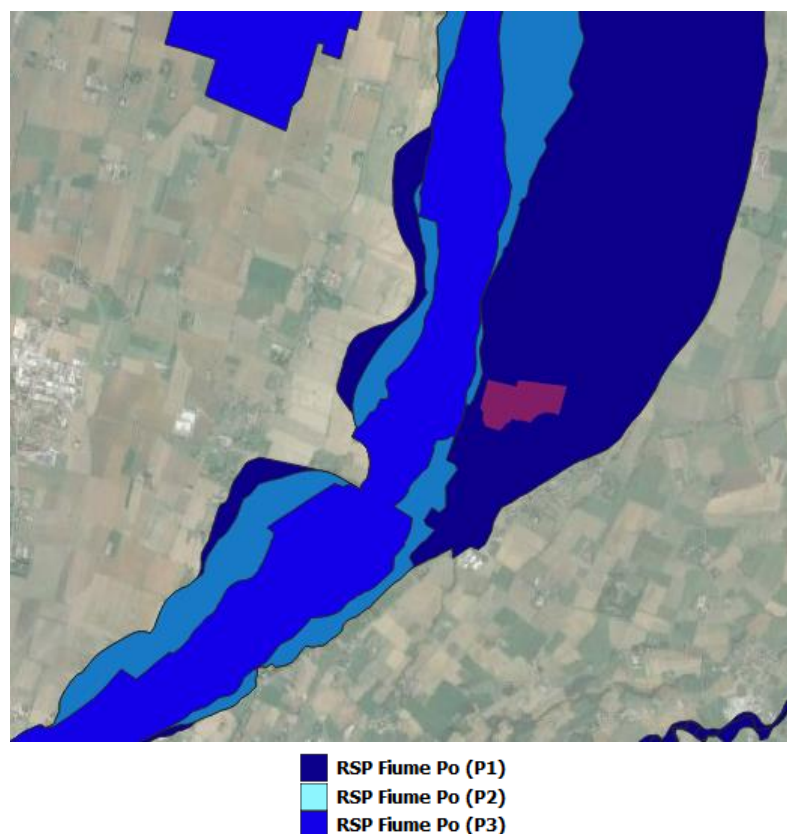
Nell'area di progetto risulta presente la fascia di pericolosità LPH con tempo di ritorno di 500 anni.



*Figura 3.6: stralcio PGRA 2021 – Estensione dell'area allagabile associata a tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni.*

### **3.7.3 Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo secondario di pianura (RSP)**

Il sito e la sottostazione risultano ricadere all'interno dalle aree interessate da esondazioni rare nell'ambito di reticolo secondario di pianura (RSP) del fiume Po.



*Figura 3.7: PGRA – Reticolo secondario di Pianura*

Ai sensi del DGR 1300/2016 di Regione Emilia Romagna il Reticolo secondario di pianura (RSP) è costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui nella medio - bassa pianura padana. La perimetrazione delle aree potenzialmente allagabili è stata effettuata con riferimento agli scenari di alluvione frequente (P3) e poco frequente (P2) e raro (P1) previsti dalla Direttiva. Il metodo di individuazione delle aree soggette ad alluvioni è stato di tipo prevalentemente storico - inventariale e si è basato sugli effetti di eventi avvenuti generalmente negli ultimi 20-30 anni in quanto ritenuti maggiormente rappresentativi delle condizioni di pericolosità connesse con l'attuale assetto del reticolo di bonifica e del territorio.

Le alluvioni dovute ad esondazione del reticolo artificiale di bonifica, seppure caratterizzate da alta frequenza, presentano tiranti e velocità esigui che danno origine a condizioni di rischio medio (R2) e moderato/nullo (R1) e in casi limitati, prevalentemente situati in zone urbanizzate e insediate interessate da alluvioni frequenti, a condizioni di rischio elevato (R3). La mitigazione delle condizioni di rischio per il patrimonio edilizio esistente si fonda su azioni di protezione civile ed eventualmente di autoprotezione e di protezione passiva. Per quanto riguarda gli interventi edilizi nel seguito dettagliati si fa riferimento alle disposizioni specifiche sotto riportate. In relazione alle caratteristiche di pericolosità e rischio descritte nel paragrafo precedente, nelle aree perimetrate a pericolosità P3 e P2 dell'ambito Reticolo Secondario di Pianura, laddove negli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica non siano già vigenti norme equivalenti, si deve garantire l'applicazione:

- Di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte, anche ai fini della tutela della vita umana;
- Di 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.

### **3.7.4 Conclusioni**

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

- Perimetrazione C del PAI;
- Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Principale di Pianura (RP) del PGRA: fascia di pericolosità LPH con tempo di ritorno di 500 anni
- rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Pianura (RSP) con scenario di esondazione rara (P1).

## 4. STATO DI PROGETTO

I seguenti Paragrafi riportano una sintesi dei componenti principali di progetto, per la descrizione dettagliata si rimanda alla relazione tecnica generale *3162\_5916\_PA\_VVIA\_R02\_Rev1\_Relazione tecnica generale*.

### 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 16,21 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. 10 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. 1157 strutture di supporto moduli ad inseguimento solare ("tracker"),** di cui:

- n. 987 strutture con configurazione 24x1;
- n. 170 strutture con configurazione 12x1.
- i moduli fotovoltaici saranno installati su apposite strutture metalliche di sostegno tipo tracker fondate su pali infissi nel terreno;

L'impianto è completato da:

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

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

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

Di seguito si riporta la descrizione dei principali componenti d'impianto; per dati di tecnici maggior dettaglio si rimanda 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 156 (2x78) celle, di tipologia bifacciale, indicativamente della potenza di 630 Wp, della marca **Jinko 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.

SPECIFICATIONS										
Module Type	JKM615N-78HL4-BDV		JKM620N-78HL4-BDV		JKM625N-78HL4-BDV		JKM630N-78HL4-BDV		JKM635N-78HL4-BDV	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	615Wp	463Wp	620Wp	467Wp	625Wp	471Wp	630Wp	475Wp	635Wp	479Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	47.20V	44.39V	47.37V	44.54V	47.54V	44.69V	47.70V	44.83V	47.86V	44.98V
Maximum Power Current (Imp)	13.03A	10.44A	13.09A	10.49A	13.15A	10.54A	13.21A	10.59A	13.27A	10.64A
Open-circuit Voltage (Voc)	56.69V	42.72V	56.82V	42.82V	56.95V	42.92V	57.08V	43.02V	57.21V	43.11V
Short-circuit Current (Isc)	13.68A	10.31A	13.74A	10.35A	13.80A	10.40A	13.86A	10.44A	13.92A	10.49A
Module Efficiency STC (%)	22.00%		22.18%		22.36%		22.54%		22.72%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~-+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.25%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.045%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	80±5%									

*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.

#### 4.1.1 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.

#### 4.1.2 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.

## **5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO**

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

Perimetrazione C del PAI;

- Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Principale di Pianura (RP) del PGRA: fascia di pericolosità LPH con tempo di ritorno di 500 anni
- rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Pianura (RSP) con scenario di esondazione rara (P1).

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

$\varphi$  coefficiente di deflusso dopo la trasformazione

$\varphi^0$  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:  $A = 40 mq$

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

$$W = 1.2 m^3$$

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 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. 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.

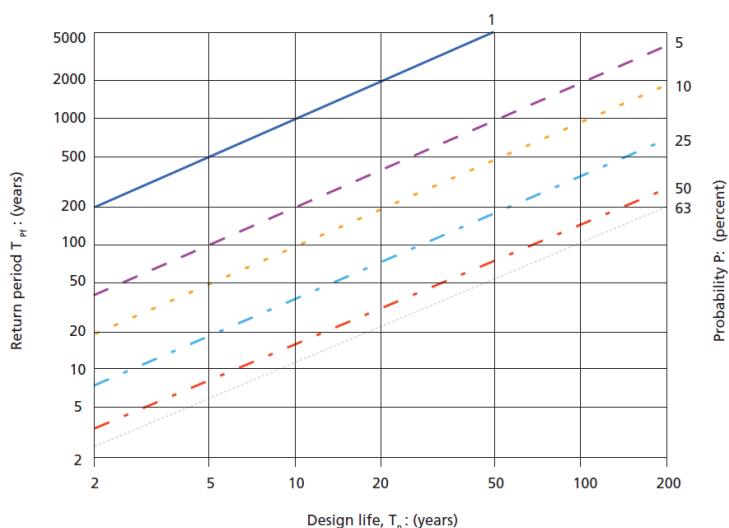


Figura 7.1: Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in  $N$  anni.

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.

## 8. 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 misura sita nel comune di Termina, distante 500 metri dall'impianto in progetto.

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

*Tabella 8.1. Dati annali Idrologici Emilia Romagna*

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	30.8	57.6	57.8	58	69.2
2008	19.2	24.2	35.6	54.4	79
2009	26.8	27.4	27.4	42.8	54
2010	16.2	22.4	31.6	44.8	57.6
2011	38.4	40.2	40.2	44.2	49.8
2012	15.6	22.4	29.8	54.8	72.2
2013	20	28.6	49.6	53.2	53.8
2014	23.2	32.2	37	46.8	66
2015	16.4	28	29.4	53.4	61.6
2016	21.4	27.4	38.2	47.6	61.6
2017	18.6	27.4	33.2	44	53.4
2018	15.8	27.4	28.2	40.4	45.2
2019	57.6	75.8	84.2	90	110.2
2020	29.2	60.8	62	65	83.2
2021	38.2	42	52.6	56.6	56.6
2022	26.6	36.8	42.8	45.8	58

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  $\sigma$  è la varianza del campione,  $\mu$  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  $\alpha$  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).

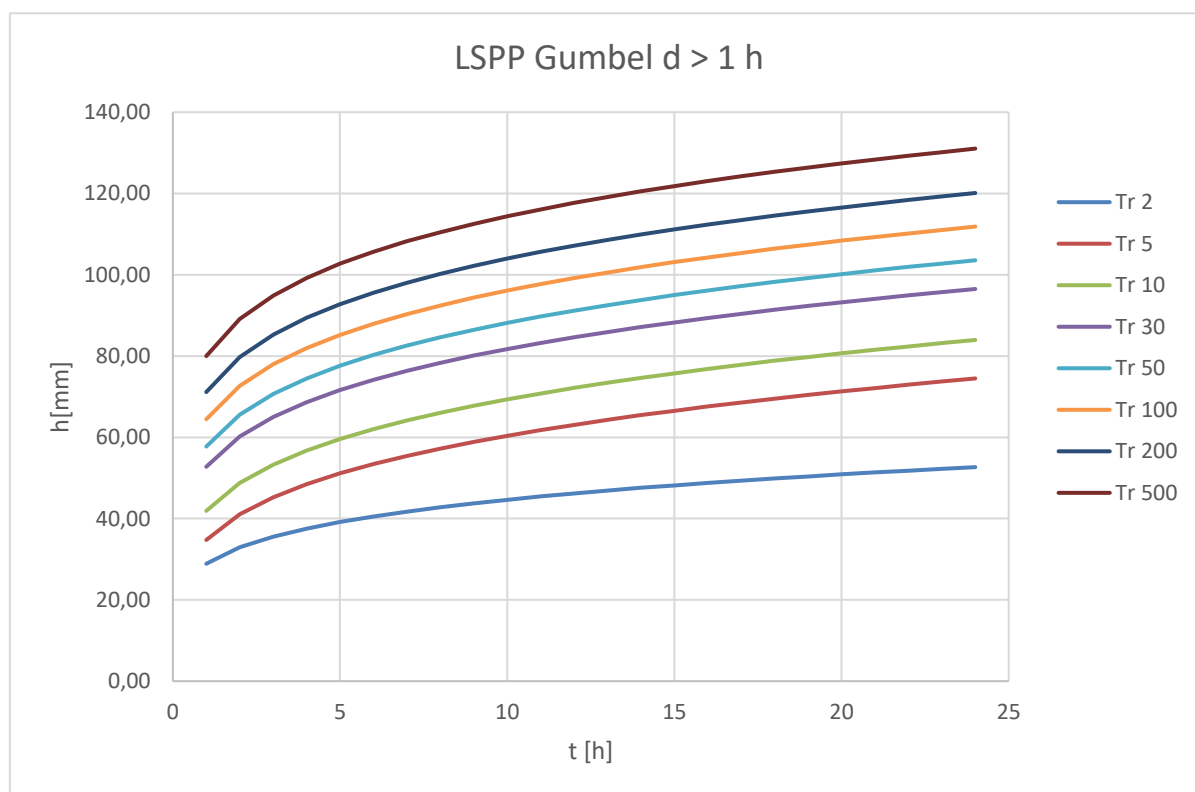


Figura 8.1: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata > 1h

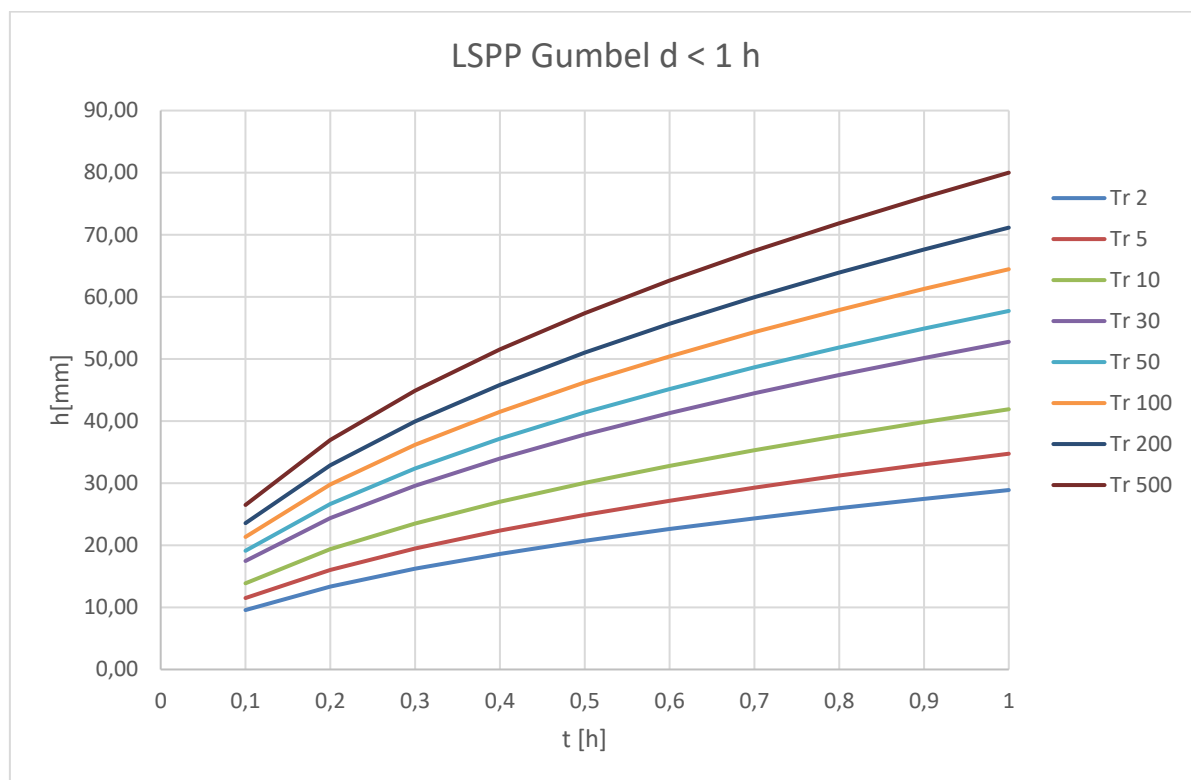


Figura 8.2: Curve di possibilità pluviometrica per eventi di durata  $< 1$ h.

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.

Tabella 8.2. Valori di altezza di precipitazione [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	34.74	41.90	52.76	57.73	64.45	71.15	80.00
2	32.93	41.03	48.76	60.19	65.58	72.69	79.76	89.09
3	35.55	45.22	53.28	65.01	70.66	77.98	85.27	94.88
4	37.54	48.45	56.74	68.66	74.49	81.97	89.41	99.22
5	39.15	51.12	59.58	71.63	77.61	85.21	92.76	102.72
6	40.53	53.41	62.00	74.16	80.26	87.95	95.59	105.67
7	41.72	55.42	64.13	76.36	82.57	90.33	98.05	108.23
8	42.79	57.22	66.03	78.32	84.62	92.45	100.23	110.49
9	43.75	58.86	67.75	80.10	86.47	94.36	102.20	112.53

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
10	44.63	60.37	69.33	81.72	88.17	96.10	103.9 9	114.39
11	45.44	61.77	70.79	83.21	89.73	97.70	105.6 3	116.10
12	46.20	63.07	72.15	84.60	91.17	99.19	107.1 6	117.68
13	46.90	64.29	73.42	85.89	92.52	100.58	108.5 8	119.15
14	47.56	65.45	74.62	87.11	93.79	101.88	109.9 1	120.53
15	48.18	66.54	75.76	88.26	94.99	103.10	111.1 7	121.83
16	48.78	67.58	76.83	89.35	96.13	104.26	112.3 6	123.05
17	49.34	68.57	77.86	90.38	97.20	105.37	113.4 9	124.22
18	49.87	69.52	78.84	91.37	98.23	106.42	114.5 6	125.32
19	50.39	70.43	79.78	92.31	99.21	107.42	115.5 9	126.38
20	50.88	71.30	80.68	93.22	100.15	108.38	116.5 7	127.39
21	51.35	72.14	81.54	94.09	101.05	109.30	117.5 1	128.36
22	51.80	72.95	82.38	94.92	101.92	110.19	118.4 1	129.29
23	52.24	73.73	83.18	95.73	102.76	111.04	119.2 9	130.19
24	52.66	74.49	83.96	96.50	103.57	111.86	120.1 3	131.05

- 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.

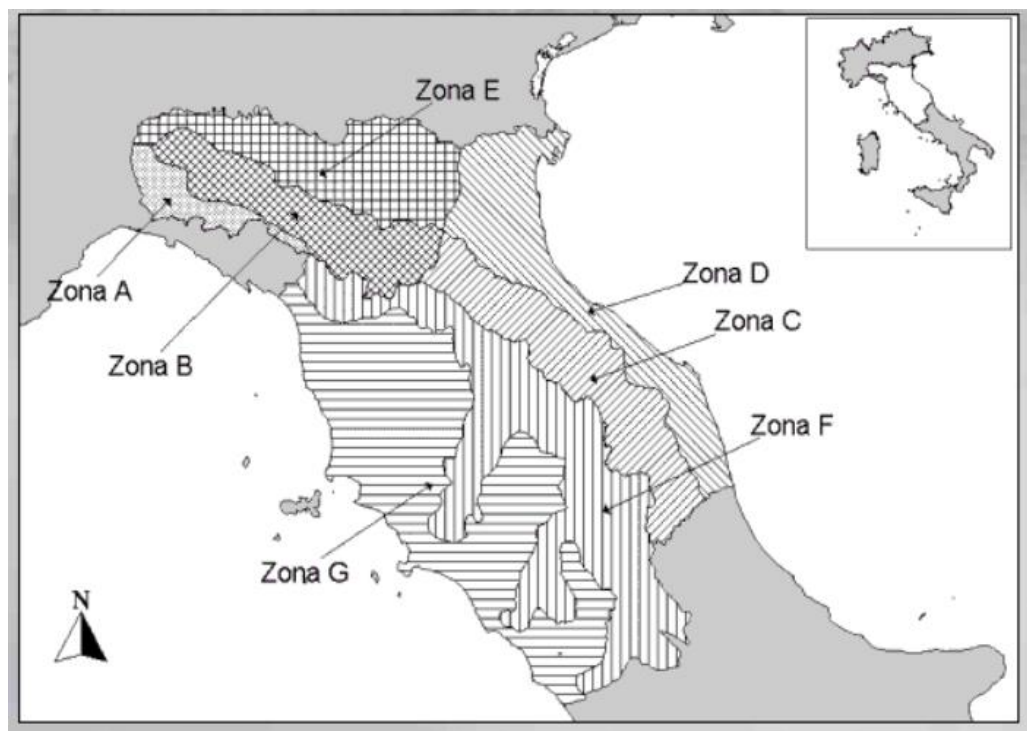


Figura 8.3: Zone Omogenee del metodo VAPI

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:

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

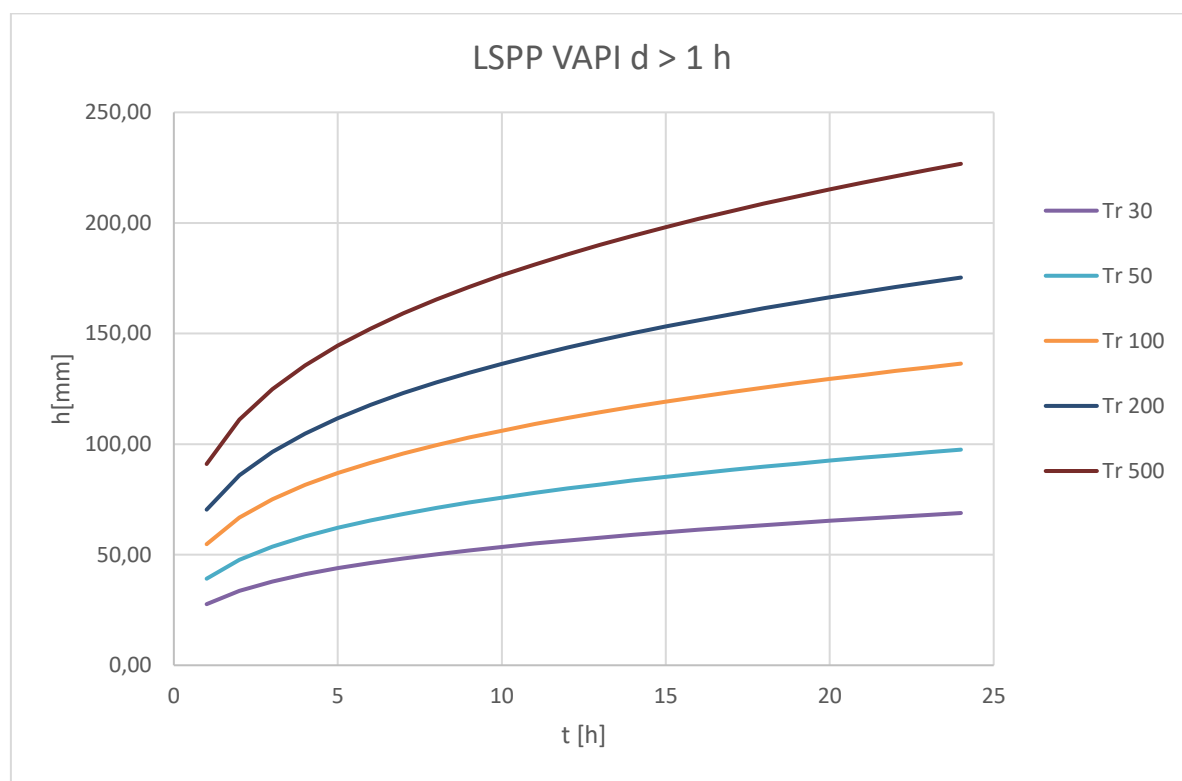
Assumendo i seguenti parametri:

$\Lambda^*$	$\theta$	$\Lambda_1$	$\eta$
0.044	3.6	30.45	4.135

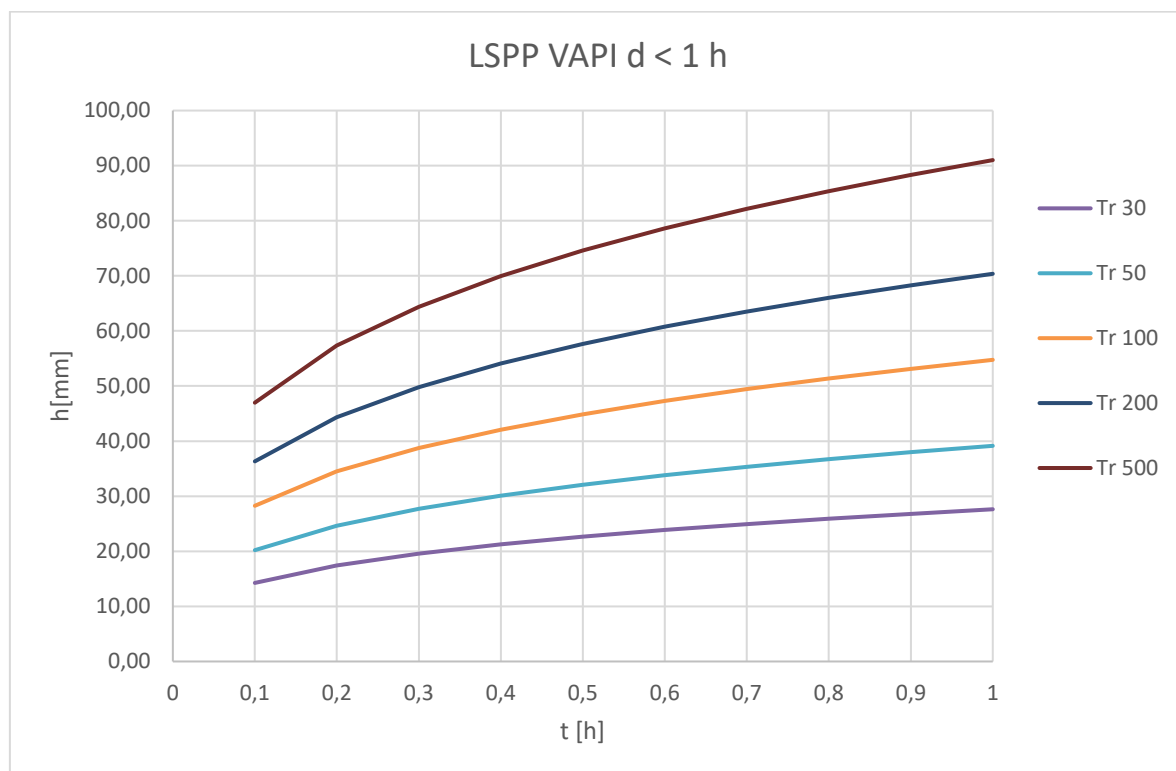
E riportando poi i risultati alla scala locale utilizzando la procedura proposta dalla "Sintesi del Rapporto Regionale per i compartimenti di Bologna, Pisa, Roma e Zona Emiliana del Bacino del Po".

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 8.4: LSPP con metodo VAPI per durate sopra l'ora*



*Figura 8.5: 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.

*Tabella 8.3. Valori altezza di precipitazione [mm]*

DURATE EVENTO CRITICO [H]	T 30 ANNI	T 50 ANNI	T 100 ANNI	T 200 ANNI	T 500 ANNI
1	27.63	39.14	54.75	70.37	91.01
2	33.72	47.76	66.81	85.87	111.06
3	37.88	53.66	75.07	96.47	124.77
4	41.14	58.28	81.53	104.78	135.52
5	43.87	62.14	86.93	111.72	144.49
6	46.23	65.48	91.60	117.73	152.26
7	48.32	68.44	95.75	123.06	159.15
8	50.21	71.12	99.49	127.87	165.38
9	51.94	73.57	102.92	132.27	171.07

DURATE EVENTO CRITICO [H]	T 30 ANNI	T 50 ANNI	T 100 ANNI	T 200 ANNI	T 500 ANNI
10	53.53	75.83	106.08	136.33	176.32
11	55.02	77.93	109.02	140.11	181.22
12	56.41	79.90	111.78	143.66	185.80
13	57.72	81.76	114.38	147.00	190.12
14	58.96	83.52	116.84	150.16	194.21
15	60.14	85.19	119.18	153.17	198.10
16	61.27	86.79	121.41	156.03	201.81
17	62.35	88.31	123.54	158.78	205.35
18	63.38	89.77	125.59	161.40	208.75
19	64.37	91.18	127.55	163.93	212.02
20	65.32	92.53	129.45	166.36	215.16
21	66.25	93.84	131.27	168.71	218.20
22	67.14	95.10	133.04	170.98	221.13
23	68.00	96.32	134.75	173.18	223.98
24	68.84	97.50	136.41	175.31	226.73

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

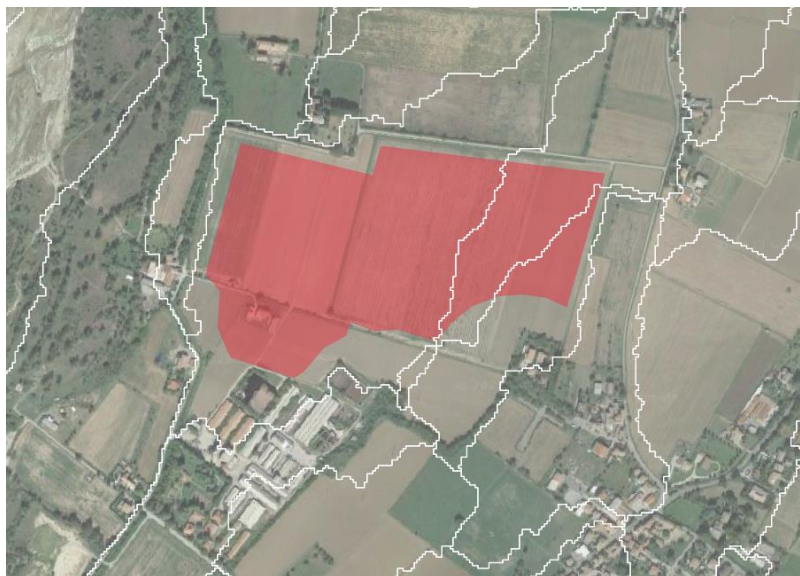
## 8.1 IDENTIFICAZIONE DEI BACINI SCOLANTI DI PROGETTO

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).

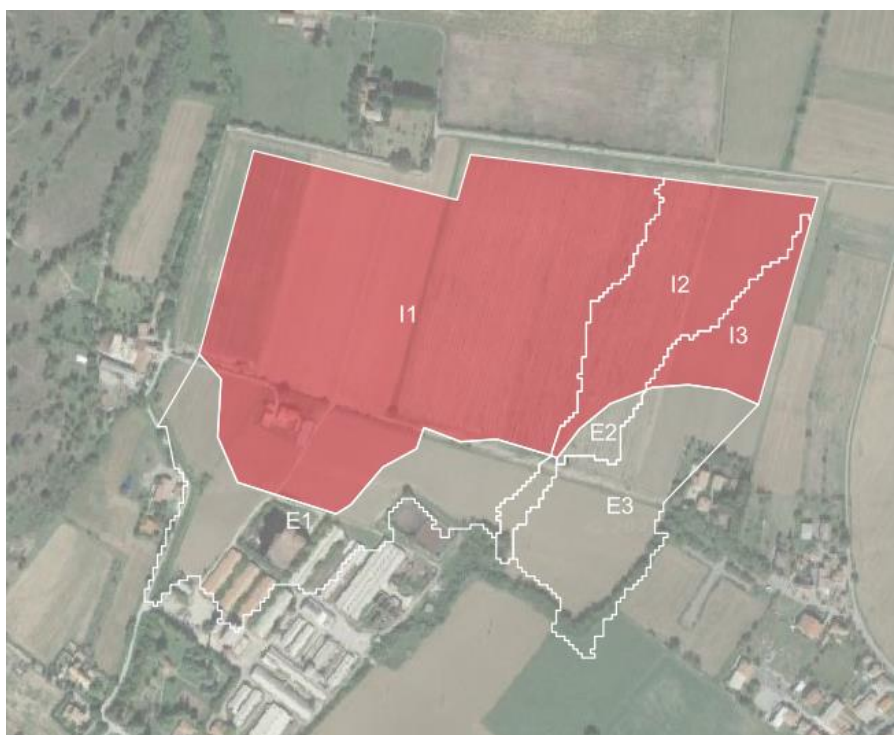
La simulazione è stata condotta mediante algoritmi TauDEM (Terrain Analysis Using Digital Elevation Models – Utah State University) e successivamente rielaborata in ambiente GIS.

È 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 8.6: Delimitazione bacini scolanti*

Nell'immagine seguente i bacini in progetto con relativa denominazione.



*Figura 8.7: Delimitazione bacini scolanti e codifica*

La Tabella 8.4 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 8.4: 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	154'384	E1	50'606
I2	36'764	E2	6'765
I3	13'845	E3	37'692

## 8.2 VALUTAZIONE DELLA PIOGGIA EFFICACE (NETTA)

La determinazione della pioggia efficace, ovvero della porzione di volume della precipitazione che contribuisce effettivamente alla formazione dell'onda di piena è stata eseguita applicando il "metodo percentuale"  $\Phi$ .

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

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

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

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

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				
<b>Boschi</b>	< 10 %	0,13	0,18	0,25
	> 10 %	0,16	0,21	0,36
<b>Pascoli</b>	< 10 %	0,16	0,16	0,22
	> 10 %	0,22	0,42	0,62
<b>Colture agrarie</b>	< 10 %	0,40	0,60	0,70
	> 10 %	0,52	0,72	0,82

Figura 8.8: 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:

$$\varphi = 0.5$$

### 8.2.1 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 8.9: 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 8.5: Aree scolanti e caratteristiche di infiltrazione negli scenari ante-operam/post-operam.*

AREA [HA]	AREA MODULI [MQ]	PERCENTUALE MODULI SU AREA NETTA ISTALLAZIONE PANNELLI	AREA DRY STIMATA DURANTE TILT PARI A 0° [HA]	PERCENTUALE AREA AVENTE EFFETTO POTENZIALMENTE DRY	COEFF. DEFLUSSO ANTE- OPERAM ASSUNTO	COEFF. DEFLUSSO POST- OPERAM STIMATO
20.49	79 602	0.39	3.98	0.19	0.50	0.60

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 **19%**.

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

$A$  = superficie del bacino [ha].

Il valore del tempo di corrivazione è stato calcolato come somma del tempo di entrata in rete più il tempo di rete.

Come mostrato in Tabella 8.6, lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso pari a direttamente proporzionale all'incremento del **19%** del coefficiente di deflusso nello scenario più critico di terreno saturo e posizione dei tracker orizzontale.

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

*Tabella 8.6: Determinazione delle portate di progetto nello scenario ante- e post- operam per i bacini interni ed esterni*

BACINO	I1	I2	I3
S [ha]	15.44	3.68	1.38
L <sub>asta</sub> [m]	380	270	115
t <sub>c</sub> [h]	0.33	0.30	0.27
h(60) [mm]	53	53	53
h(t) [mm]	41	40	39
Intensità [mm/h]	124	133	144
Coeff. deflusso ante-operam	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>
Coeff. deflusso post-operam	0.60	0.60	0.60
Portata al colmo ante-operam Q <sub>cr</sub> [mc/s]	<b>2.66</b>	<b>0.68</b>	<b>0.28</b>
Portata al colmo post-operam Q <sub>cr</sub> [mc/s]	<b>3.17</b>	<b>0.81</b>	<b>0.33</b>

BACINO	E1	E2	E3
S [ha]	5.06	0.68	3.77
L <sub>asta</sub> [m]	140	130	240
t <sub>c</sub> [h]	0.28	0.28	0.30
h(60) [mm]	53	53	53

h(t) [mm]	40	39	40
Intensità [mm/h]	141	143	135
Coeff. deflusso ante-operam	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>
Coeff. deflusso post-operam	0.60	0.60	0.60
Portata al colmo ante-operam Qcr [mc/s]	<b>0.99</b>	<b>0.13</b>	<b>0.70</b>
Portata al colmo post-operam Qcr [mc/s]	<b>1.18</b>	<b>0.16</b>	<b>0.84</b>

## **9. 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.

## 10. SISTEMA DI DRENAGGIO SUPERFICIALE DELL'AREA DI INTERVENTO

Attraverso l'analisi TauDEM rielaborata in ambiente GIS (come descritto nel paragrafo 8.1) è stato indentificato un reticolo idrografico principale caratterizzato da corsi preferenziali che non presentano un alveo ben definito, ma possono raggiungere portate significative in seguito ad eventi di pioggia intensi non ordinari.

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

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

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

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

Di seguito alcuni esempi:

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

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

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

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

Dove:

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

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

In 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.

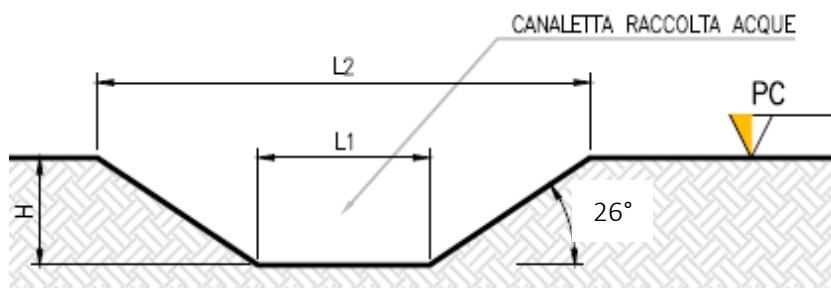
Lungo i lati più esposti al deflusso delle acque meteoriche superficiali, si prevede l'impiego di arginelli di dimensioni ridotte in terre da riporto. L'argine, generalmente di sezione trapezia, come la canaletta controlla il flusso in ingresso, e inoltre, non essendo soggetto a rischio ostruzione da 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 nel 3162\_5916\_PA\_VVIA\_T15\_Rev1  
\_Regimazione acque meteoriche\_



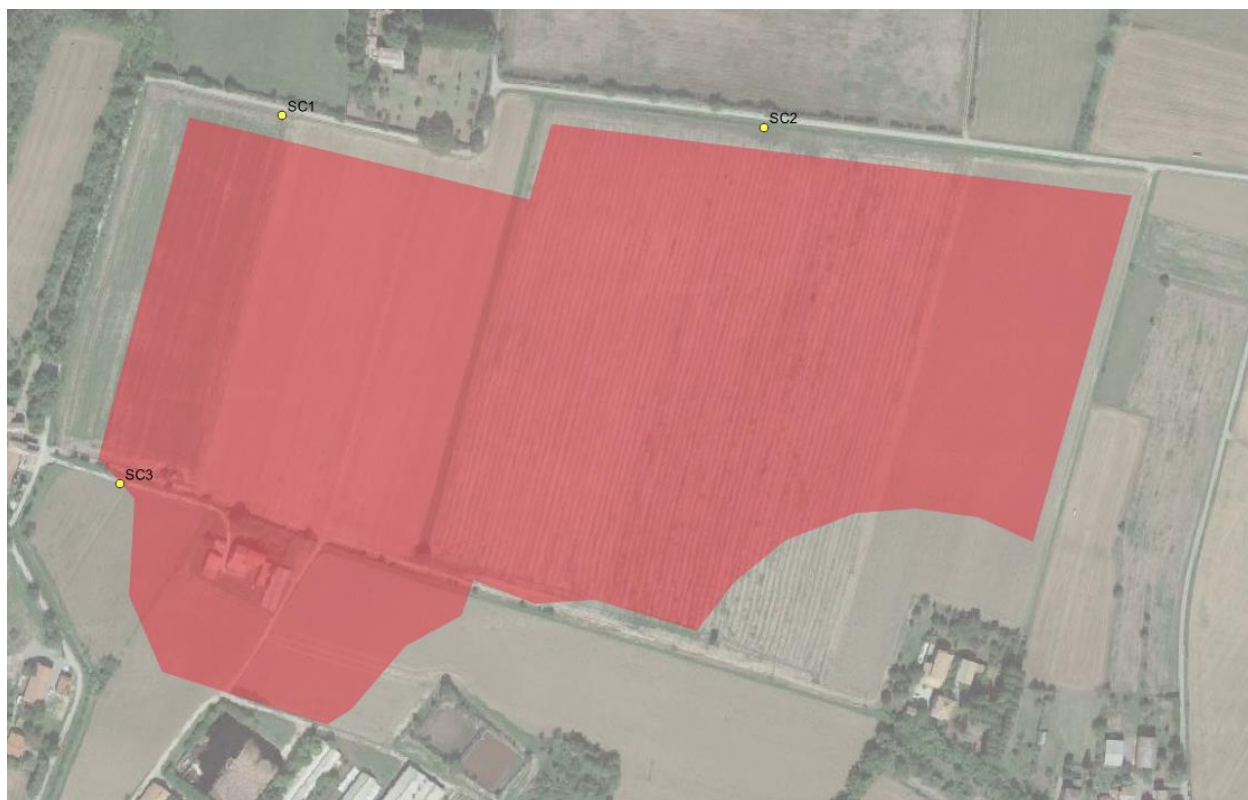
*Figura 10.1: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo.*

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.

## **10.1 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. Di seguito il posizionamento planimetrico degli scarichi.



*Figura 10.2: Sezione tipologica canaletta di drenaggio realizzata in scavo.*

Nella seguente tabella un riassunto sistematico della posizione degli scarichi con relative coordinate Nord, est in coordinate WGS84 Fuso 32N.

*Tabella 10.1: Posizione degli scarichi dei canali di drenaggio*

SCARICO	POSIZIONE	COORDINATA NORD	COORDINATA EST
SC1	Fosso esistente che corre parallelo alla Strada dei Mulini	605951.250	4948554.035
SC2	Fosso esistente che corre parallelo alla Strada dei Mulini	606287.057	4948545.854
SC3	Fosso esistente che corre parallelo alla Strada dei Mulini	605838.081	4948297.699

## 11. 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 **19%**.

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 **1.2 m<sup>3</sup>**. 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 (*3162\_5916\_PA\_VVIA\_T15\_Rev1\_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.