

## IMPIANTO FOTOVOLTAICO EG DAFNE E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 34 MWp - COMUNE DI COPPARO (FE)

### Proponente

#### EG DAFNE S.R.L.

VIA DEI PELLEGRINI, 22 - 20122 MILANO (MI) P.IVA: 12084690960 PEC: egdafne@pec.it

### Progettazione

#### META STUDIO S.R.L.

VIA SETTEMBRINI, 1 - 65123 PESCARA (PE) P.IVA: 02164240687 PEC: metastudiosrl@pec.it TEL: +39/0854315000



### Coordinamento e Responsabile della Progettazione

#### ING. DOMENICO MEMME

VIA L. SETTEMBRINI, 1 - 65123 PESCARA (PE) PEC: metastudiosrl@pec.it MAIL: d.memme@studiomemme.it  
TEL: +39/0854315000 DIRECT: +39/3356390349

### Collaboratori

#### ING. LUIGI NARDELLA

Progettazione Generale e Strutturale

#### ING. MAURIZIO ELISIO

Progettazione Ambientale e Paesaggistica

#### DOTT. FIORAVENTE VERI

Progettazione Elettrica

### Titolo Elaborato

## RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA E IDROGEOLOGICA

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILENAME	FORMATO	DATA	SCALA
Progetto Definitivo	DOC_REL_23	Nome file	A4	21.02.24	-

### Revisioni

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
-----------	------	-------------	----------	------------	-----------



Regione EMILIA ROMAGNA  
Provincia di FERRARA  
Comune di COPPARO





# RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA E IDROGEOLOGICA





## 1 Sommario

<b>1. DATI DI RIFERIMENTO</b> .....	5
1.1 Rilievo Topografico .....	5
1.2 Normativa e fonti di riferimento .....	5
<b>2. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO</b> .....	5
2.1 Localizzazione .....	5
2.2 Copertura del suolo .....	7
2.3 Inquadramento topografico .....	9
2.4 Idrografia del territorio .....	10
2.5 Inquadramento della pericolosità e del rischio idraulico dell'area di progetto .....	12
3.5.1 Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (PAI) .....	12
3.5.2 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) .....	13
3.5.2.1 Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Principale di Pianura (RP) .....	13
3.5.2.2 Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Pianura (RSP) .....	17
3.5.3 Conclusioni .....	18
<b>3. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI</b> .....	19
<b>4. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b> .....	20
4.1 Misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture esposte .....	20
4.2 Misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica .....	21
5.2.1 Direttiva Idraulica Autorità di Bacino per Invarianza 2016/4 .....	21
5.2.2 Procedure di calcolo dei volumi di invarianza idraulica – Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara .....	24
5.2.3 Interventi di invarianza idraulica .....	25
<b>5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA LINEA DI CONNESSIONE</b> .....	31
5.1 Identificazione dell'interferenza .....	31
5.2 Risoluzione delle interferenze .....	34
<b>6. CONFORMITA' DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO ALLE VIGENTI NORME IN MATERIA DI POLIZIA IDRAULICA</b> .....	36
<b>7. STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b> .....	38
7.1 Scelta del tempo di Ritorno .....	38
7.2 Analisi Probabilistica delle Precipitazioni intense .....	39
7.3 Identificazione dei bacini scolanti di progetto .....	44
7.4 Valutazione della Pioggia Efficace (netta) .....	47
7.5 Modello di trasformazione afflussi/deflussi – stima delle portate di progetto .....	48



## PREMESSA

Il presente documento riporta lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto fotovoltaico e della linea di connessione analizzando le eventuali interferenze dei diversi componenti con le aree a pericolosità idraulica e identificando, nel caso, la migliore soluzione e tecnologia per la risoluzione delle stesse. In corrispondenza di canali irrigui/corsi d'acqua naturali si è inoltre valutato che il superamento 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 degli eventuali scarichi esistenti, che saranno mantenuti nella fase post operam. Sono state valutati infittimenti locali della rete per migliorare quello esistente.

## **1. DATI DI RIFERIMENTO**

### **1.1 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.

### **1.2 Normativa e fonti di riferimento**

I seguenti documenti sono stati 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;
- DRG 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).
- Procedure di calcolo dei volumi di accumulo per l'applicazione del principio di invarianza idraulica – 04/12/2009, Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara
- Direttiva Idraulica Autorità di Bacino per Invarianza 2016/4

## **2. DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO**

### **2.1 Localizzazione**

Il progetto dell'impianto fotovoltaico in esame è ubicato nel territorio comunale di Copparo (FE). L'area di progetto è divisa in 5 sottocampi denominati A, B, C, D ed E.



Figura 1 - Inquadramento territoriale. In rosso il perimetro del sito

Nella seguente tabella il riepilogo delle superfici di ogni campo in progetto

Tabella 1: Aree campi in progetto

<b>Campo</b>	<b>Superficie [mq]</b>
A	73 300
B	74 530
C	81 962
D	34 290
E	191 910

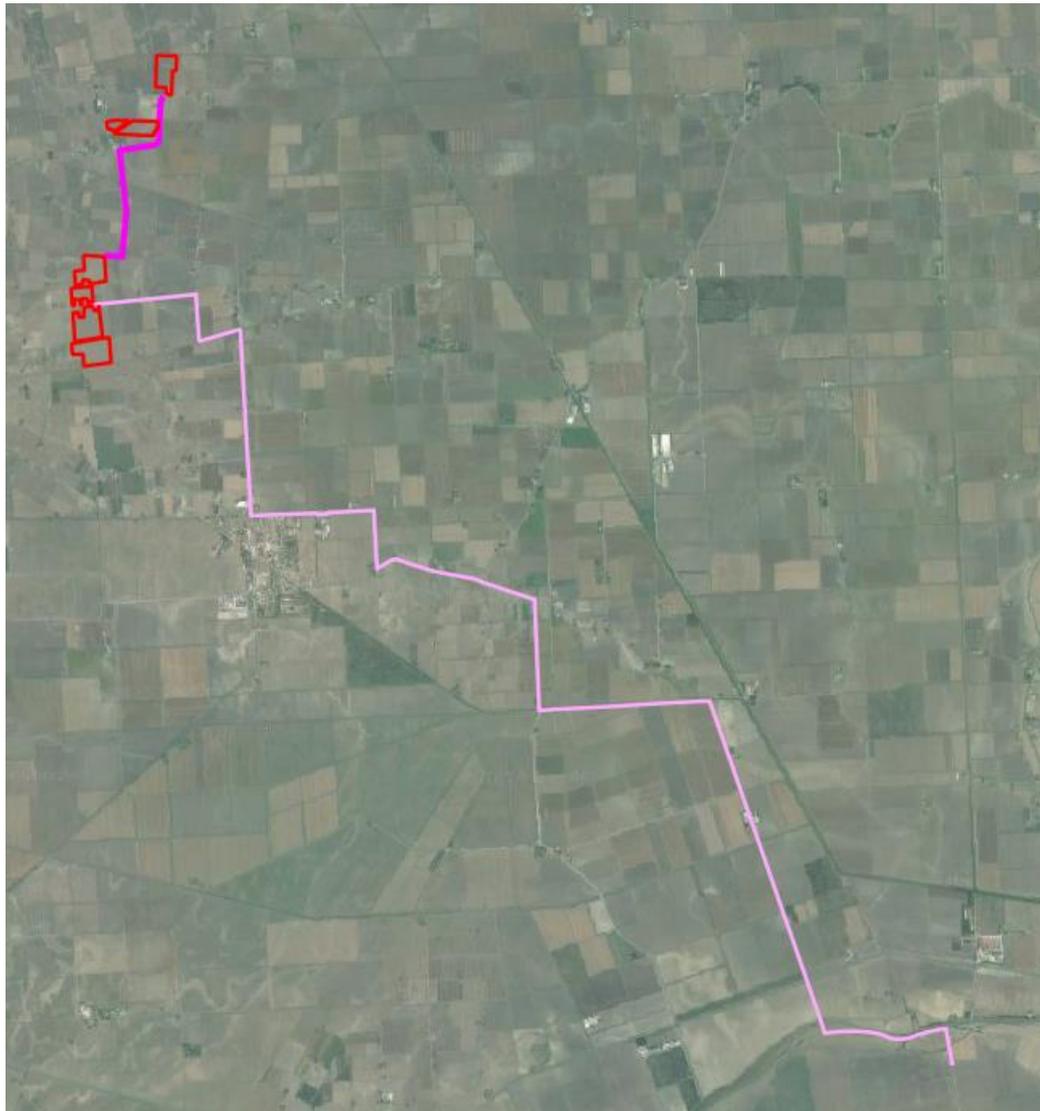


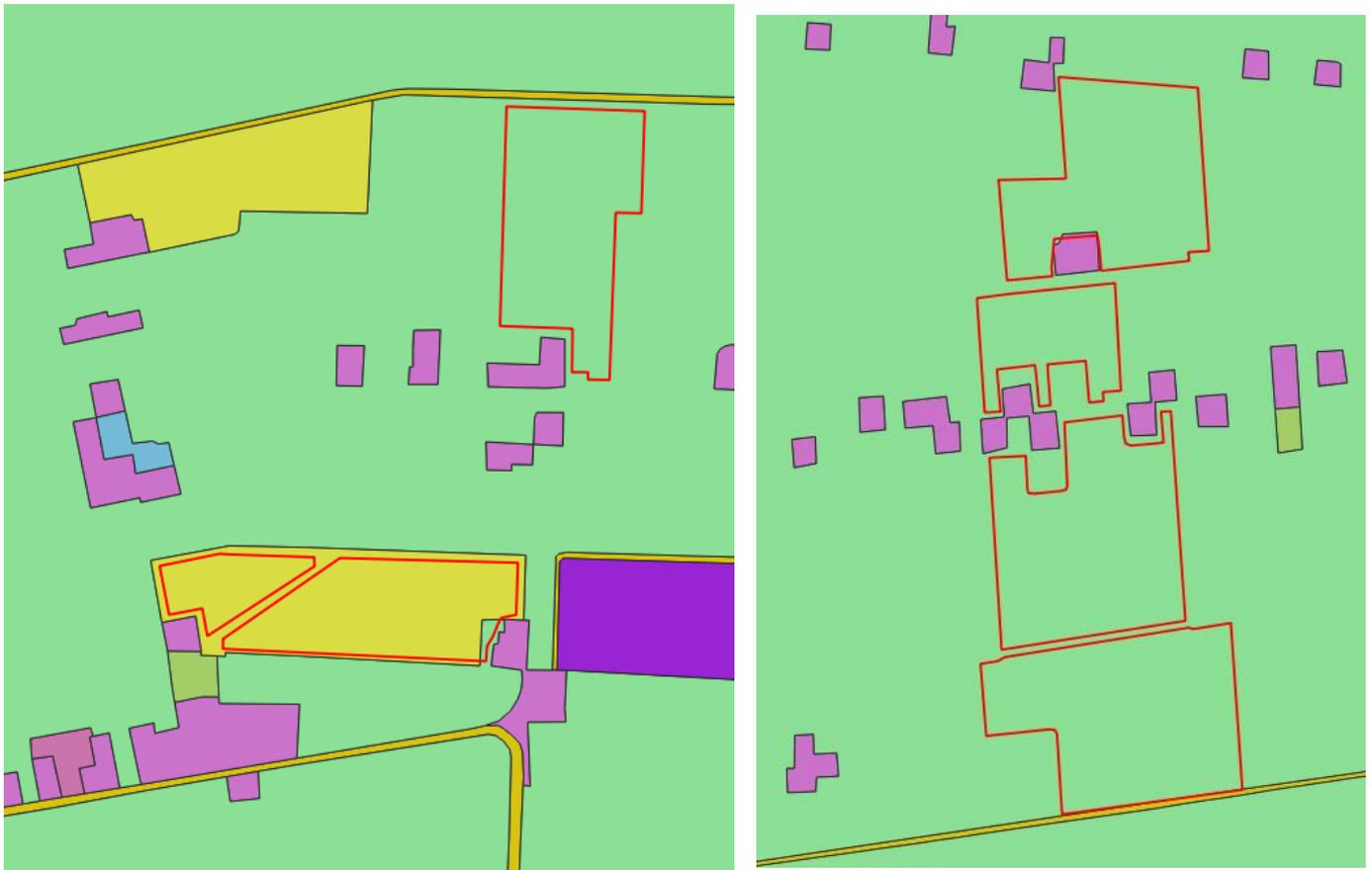
Figura 2 Inquadramento territoriale area vasta, in rosso il perimetro del sito, in rosa e magenta il tracciato della linea di connessione.

## 2.2 Copertura del suolo

Nell'ambito dello studio idrologico è stata valutata sia la copertura del terreno sia l'uso del suolo dell'area di ubicazione dell'impianto fotovoltaico sulla base di ortofoto, sopralluogo e Carta dell'uso del Suolo Regionale.

La zona nella quale verrà insediato il parco fotovoltaico è quella tipica del Ferrarese, caratterizzata da ampie aree pianeggianti ulteriormente modellate dall'azione antropica frutto dell'attività agricola. L'area presenta quasi esclusivamente terreni seminativi semplici irrigui e colture orticole.

Figura 3 Stralcio carta uso del suolo. In rosso l'area di progetto.



-  Canali e idrovie
-  Colture orticole
-  Impianti fotovoltaici
-  Insediamenti agro-zootecnici
-  Insediamenti produttivi
-  Reti stradali
-  Risaie
-  Seminativi semplici irrigui
-  Strutture residenziali isolate

### 2.3 Inquadramento topografico

Il territorio del Comune di Copparo nella parte orientale, dove si inserisce la proposta progettuale, è collocato nel settore terminale della Pianura Padana.

La morfologia del territorio comunale risulta essere a prevalenza pianeggiante e nella quasi totalità risulta essere al di sotto del livello del mare di riferimento.

Il sito presenta caratteristiche in linea con il contesto comunale e quote orografiche che variano da 2 m slm a - 5 m slm. Le pendenze in generale risultano molto basse, rimanendo al di sotto di circa il 0.5%.



Figura 4 DTM e area di progetto evidenziato in rosso

## 2.4 Idrografia del territorio

Il sito ricade all'interno del Comprensorio di Bonifica del Ferrarese; le acque vengono drenate prevalentemente tramite canali artificiali con direzione di scolo prevalente ovest-est.

Tutti i canali di scolo presenti nell'area risultano essere affluenti del canale di scolo di Leone, che a sua volta confluisce nel Canale Po di Volano.

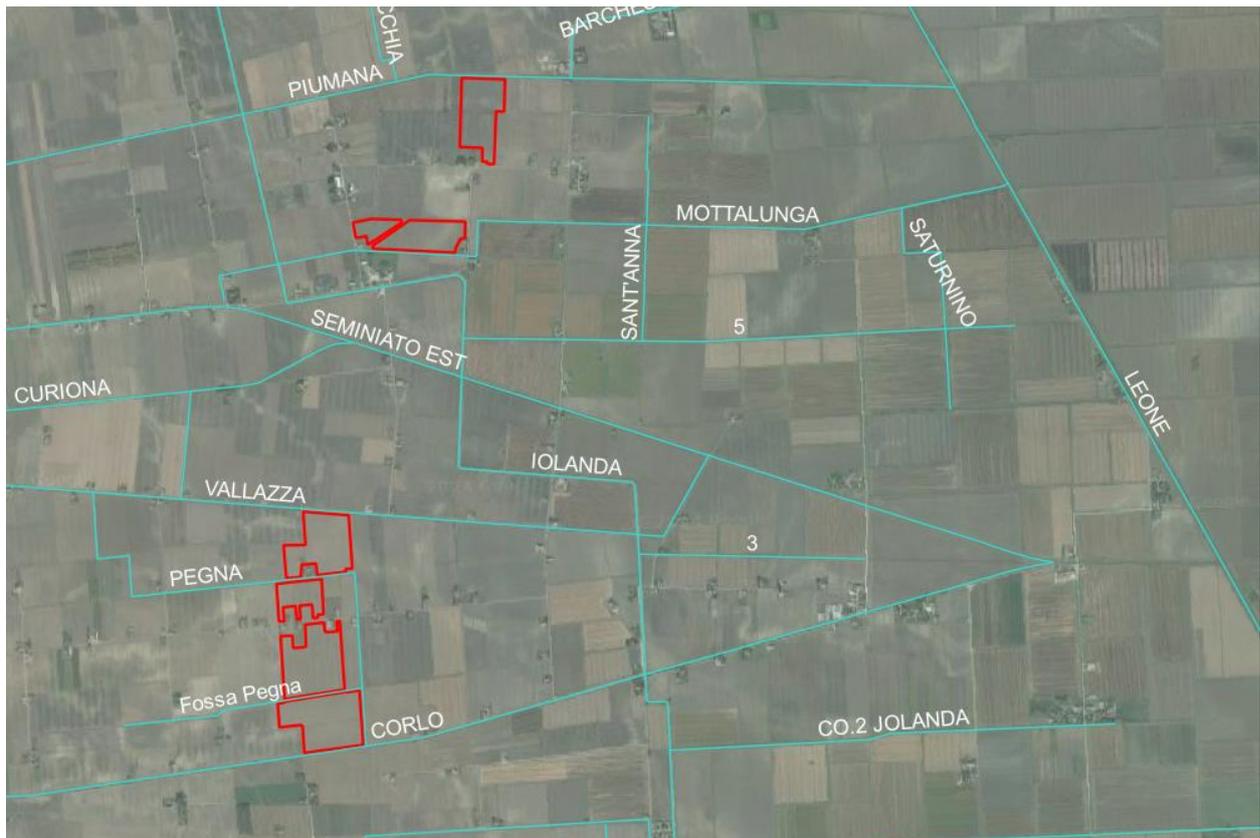


Figura 5 Idrografia esistente, in rosso il perimetro del sito

L'intero territorio presenta una storica e fitta rete di irrigazione/bonifica fortemente antropizzata sia nei tracciati sia nella gestione.

L'analisi dell'idrografia esistente è stata condotta sulla base delle seguenti fonti:

- PAI
- PGRA
- Geoportale Regione Emilia Romagna con i canali del Consorzio di Bonifica
- Ortofoto

Essendo il Consorzio il principale gestore e manutentore della rete sarà importante in tutte le fasi progettuali confrontarsi per acquisizioni di informazioni e pareri.

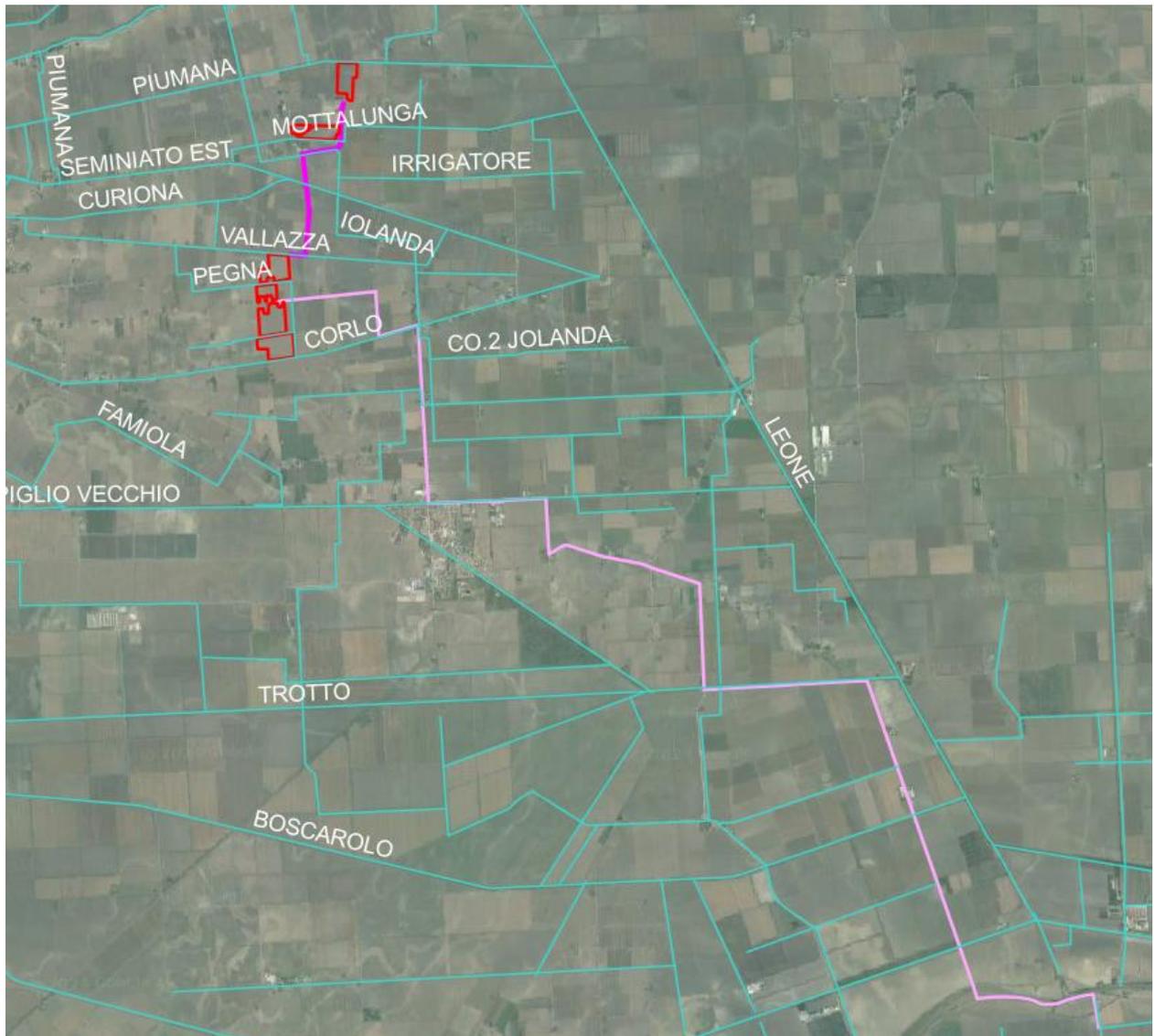


Figura 6 Inquadramento idrografico su area vasta

I principali elementi idrografici che intercettano il tracciato della linea di connessione sono: lo Scolo Mottalunga, Fossa Pegna, Canale Corlo, Canale Centrale, Canale Malpiglio, Canale Po di Volano. Si rimanda al capitolo 5 per l'analisi di compatibilità della linea di connessione.

## 2.5 Inquadramento della pericolosità e del rischio idraulico dell'area di progetto

Il comune di Copparo appartiene al Distretto Idrografico del fiume Po, la struttura operativa di livello territoriale di riferimento è l'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po.

### 3.5.1 Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po (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, l'intera linea di connessione e la cabina di consegna rientrano all'interno della fascia C della delimitazione delle fasce fluviali dell'asta del fiume Po.



Figura 7 Stralcio del Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po – in rosso il sito di progetto.

### 3.5.2 Piano di Gestione del 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 DRG 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).

#### *3.5.2.1 Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Principale di Pianura (RP)*

Il sito, la linea di connessione e la cabina di consegna in progetto risultano facenti parte, in relazione all’ambito di reticolo principale di pianura, sia dell’area interessata da alluvione rara (P1) del fiume Po come mostrato nella seguente immagine.

La mappatura nel caso di alluvione rara è caratterizzata da un tempo di ritorno di 500 anni.

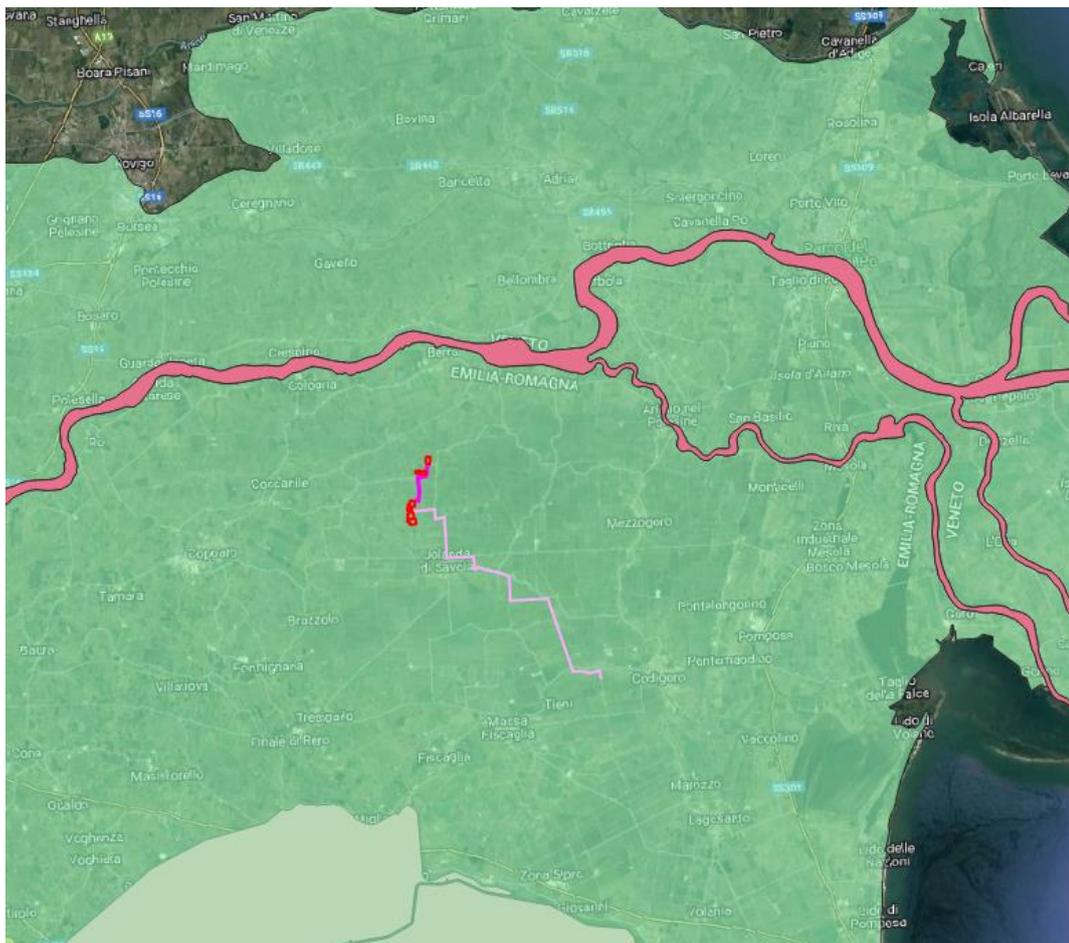


Figura 8 PGRA - Reticolo principale di Pianura e di Fondovalle (RP)

Come riportato nel DGR 1300/2016 di Regione Emilia Romagna per tale ambito nelle aree interessate da alluvioni rare (P1), si devono applicare le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia C delle norme del Titolo II del PAI (art.31), ovvero le equivalenti norme di cui al PTCP avente valore ed effetto di PAI ai sensi delle intese stipulate.

L'articolo 31 del Titolo II del PAI, il quale regola le aree di inondazione per piena catastrofica – Fascia C, si articola nei seguenti punti:

- Nella Fascia C il Piano persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni, mediante la predisposizione prioritaria da parte degli Enti competenti ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225 e quindi da parte delle Regioni e delle Province, di Programmi di previsione e prevenzione, tenuto conto delle ipotesi di rischio derivanti dalle indicazioni del PAI.

- I programmi di previsione e prevenzione e i Piani di emergenza per la difesa delle popolazioni e del loro territorio, investono anche i territori individuati come Fascia A e Fascia B.
- In relazione all'art. 13 della L. 24 febbraio 1992, n. 225, è affidato alle Province, sulla base delle competenze ad esse attribuite dagli artt. 14 e 15 della L. 8 giugno 1990, n. 142, di assicurare lo svolgimento dei compiti relativi alla rilevazione, alla raccolta e alla elaborazione dei dati interessanti la protezione civile, nonché alla realizzazione dei Programmi di previsione e prevenzione sopra menzionati. Gli organi tecnici dell'Autorità di bacino e delle Regioni si pongono come struttura di servizio nell'ambito delle proprie competenze, a favore delle Province interessate per le finalità ora menzionate. Le Regioni e le Province, nell'ambito delle rispettive competenze, curano ogni opportuno raccordo con i Comuni interessati per territorio per la stesura dei piani comunali di protezione civile, con riferimento all'art. 15 della L. 24 febbraio 1992, n. 225.
- Compete agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti per i territori ricadenti in fascia C.
- Nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C" nelle tavole grafiche, per i quali non siano in vigore misure di salvaguardia ai sensi dell'art. 17, comma 6, della L. 183/1989, i Comuni competenti, in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici, entro il termine fissato dal suddetto art. 17, comma 6, ed anche sulla base degli indirizzi emanati dalle Regioni ai sensi del medesimo art. 17, comma 6, sono tenuti a valutare le condizioni di rischio e, al fine di minimizzare le stesse ad applicare anche parzialmente, fino alla avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle presenti Norme relative alla Fascia B, nel rispetto di quanto previsto dall'art. 1, comma 1, let. b), del D.L. n. 279/2000 convertito, con modificazioni, in L. 365/2000.

La mappa di pericolosità di interesse (fiume Po per esondazione rara P1) è stata corredata con l'aggiornamento del 20 dicembre 2019 della relativa mappa dei tiranti mostrata di seguito.

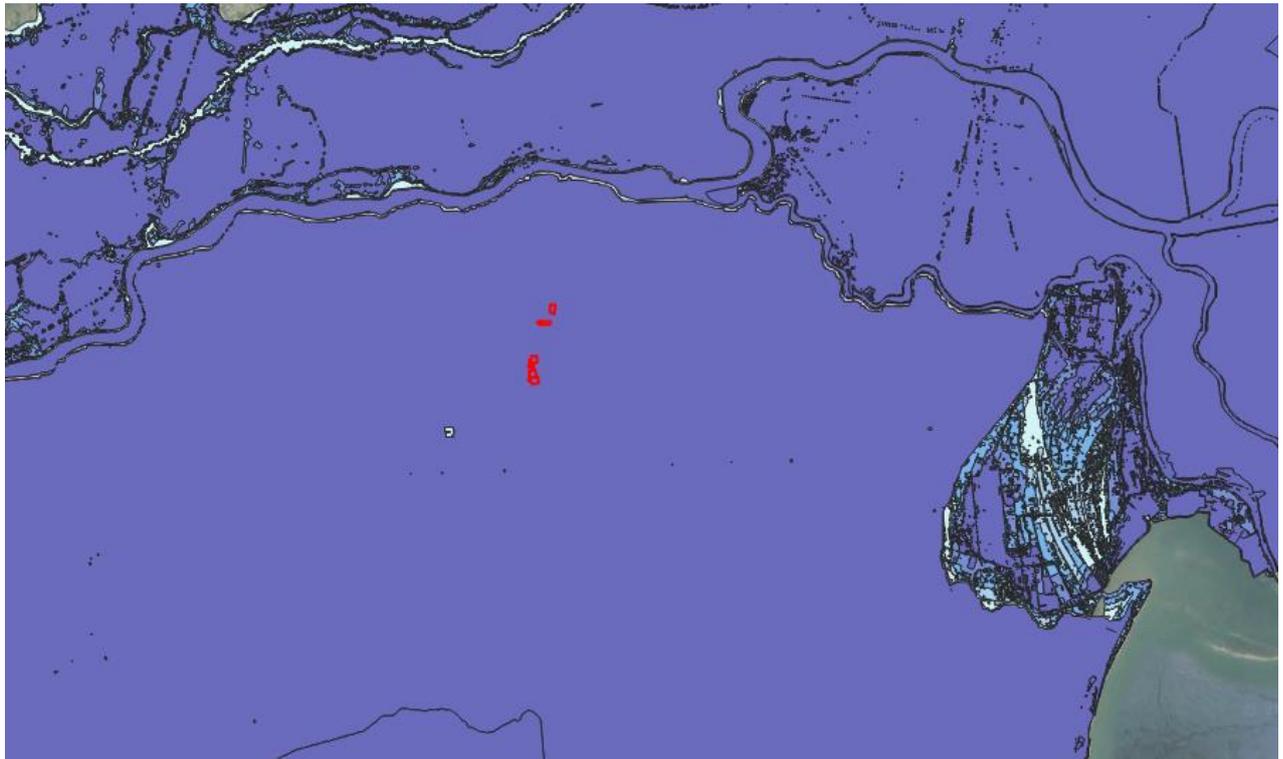
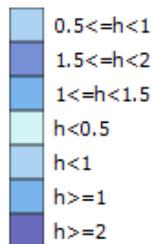

**Tiranti - Scenario P1**


Figura 9 Tiranti attesi per lo scenario P1 per il fiume Po, in rosso l'area del sito

**Le esondazioni dovute al reticolo principale sono quindi attese con tempi di ritorno di 500 anni e con tiranti idraulici attesi superiori ai 2 metri.**

### 3.5.2.2 Rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Secondario di Pianura (RSP)

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

Il tracciato della linea di connessione ricade nelle aree interessate da esondazioni poco frequenti nell'ambito di reticolo secondario di pianura (RSP).

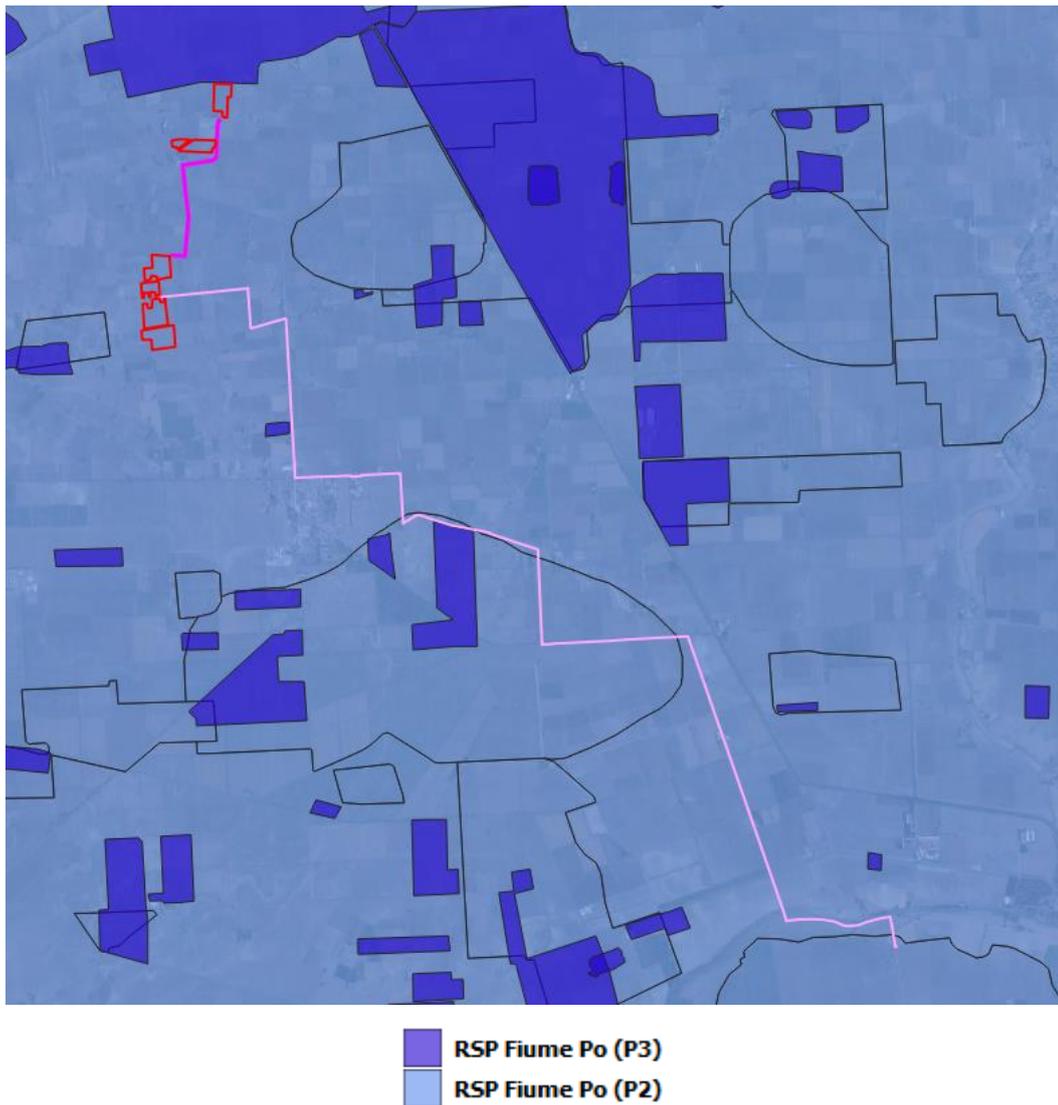


Figura 10 PGRA - Reticolo Secondario di Pianura

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) 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 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.

Per il reticolo secondario di pianura l'autorità di bacino non fornisce le mappe del tirante atteso e non fornisce delle specifiche in merito al tempo di ritorno assunto.

### 3.5.3 Conclusioni

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

- perimetrazione della fascia C del PAI;
- rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Principale di Pianura (RP) con scenario di esondazione rara (P1). Il PGRA per il fiume Po prevede degli allagamenti con tempo di ritorno di 500 anni e tiranti di 2 metri;
- 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.

### 3. STATO DI PROGETTO: DESCRIZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI

Il Progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico complessivamente di capacità nominale pari a 56,00 kWp, sito nei territori comunali di Baricella (BO) e Molinella (BO), Regione Emilia Romagna, diviso in più sotto campi non specificatamente denominati di potenza nominale complessiva pari a pari a 56,01696 MWp realizzati con 94.944 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino, con una potenza di picco di 590Wp, montati su strutture mobili ad inseguimento mono assiali in configurazione monofilare con singolo modulo in verticale con tilt 0°/60° e distanza tra trackers di 5,25 m, raggruppati in inverter distribuiti multi stringa a 800V di marca INGTEAM di tipo INGECON SUN 160-TL il design di impianto sarà tale per cui tutti gli inverter avranno la medesima taglia di potenze. Gli inverter selezionati sono del tipo string, con potenza nominale alla condizione di test standard di 200 kVA (Cosphi = 1) e connessi a cabine di trasformazione BT/MT in campo con potenze da 3.600 a 4.000 kVA. Le varie cabine di trasformazione BT/MT saranno raggruppate in 3 dorsali MT che confluiscono nella cabina di ricezione di campo per mezzo di linee elettriche MT in cavo interrato a 30 kV.

In relazione a tale parco fotovoltaico, il Proponente ha inoltre in progetto la realizzazione di opere di collegamento alla RTN (di seguito opere di connessione):

- un cavo interrato in media tensione, lungo circa 9,85 km, che collegherà la Cabina Elettrica e Control Room con la Cabina Utente, nei territori comunali di Baricella, Molinella e Budrio (di seguito cavidotto esterno MT Cabina elettrica Cabina Utente AT tra Cabina Utente e Punto di Consegna);
- una stazione elettrica di trasformazione 132/30 kV denominata Cabina Utente, situata in prossimità della CP "Mezzolara" di E-Distribuzione a 132 kV in comune di Budrio (di seguito Cabina Utente), tra via Schiassi e via Cavalle in località Mezzolara;
- una linea interrata AT 132 kV di pochi metri di collegamento tra la Stazione Utente e la CP di E-Distribuzione

## 4. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Il nuovo impianto fotovoltaico, come precedentemente mostrato nel paragrafo 2.5 risulta classificato come area a pericolosità idraulica:

- perimetrazione della fascia C del PAI;
- rischio Alluvionale dovuto al Reticolo Principale di Pianura (RP) con scenario di esondazione rara (P1). Il PGRA per il fiume Po prevede degli allagamenti con tempo di ritorno di 500 anni e tiranti di 2 metri;
- 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 DRG 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.

### 4.1 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

$$R = P E V$$

Il team di progettazione ha valutato l'implementazione delle seguenti soluzioni di prevenzione saranno implementati i seguenti accorgimenti:

- Tutte le opere ritenute sensibili all'allagamento interessanti sia ai moduli fotovoltaici sia con relative strutture di supporto e sia a cabine di campo o PowerStation dovranno essere posizionate ad almeno 20 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 dal piano campagna dello stato di fatto ed il pacchetto stradale verrà inoltre previsto in materiali drenanti al fine di non incrementare l'impermeabilità dell'area.

#### 4.2 Misure volte al rispetto del principio dell'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.

Le misure per l'invarianza idraulica sono state realizzate considerando i seguenti riferimenti normativi – tecnici:

- "Direttiva Idraulica Autorità di Bacino per Invarianza 2016/4";
- "Procedure di calcolo dei volumi di accumulo per l'applicazione del principio di invarianza idraulica" – Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara;

I volumi da devolvere alle opere di invarianza idraulica sono stati desunti dai risultati maggiormente cautelativi ottenuti seguendo le procedure illustrate dai due riferimenti sopra riportati.

Le condizioni del sito saranno mantenute sostanzialmente invariate attraverso il rispetto della rete di drenaggio esistente e degli scarichi esistenti; inoltre è prevista la modifica di uso del suolo che non avrà più un uso agricolo ma avrà una copertura a prato che aumenterà le capacità di evapotraspirazione ed infiltrazione del territorio. Le condizioni di uso, di copertura e di suolo miglioreranno se comparate con l'uso agricolo.

##### 5.2.1 Direttiva Idraulica Autorità di Bacino per Invarianza 2016/4

Il rispetto dell'invarianza idraulica in Emilia Romagna viene regolamentata dalla Direttiva Idraulica Autorità di Bacino per Invarianza 2016/4.

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

Ottenuto il valore di  $w$ , il volume necessario al rispetto dell'invarianza idraulica è dato dal prodotto di  $w$  per l'area totale che insiste sullo scarico al recettore finale.

Come indicato dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara (prot. 21563 del 05/12/22), sono da intendersi aree impermeabili e che subiscono trasformazione quelle occupate dai cabinati e dalla proiezione dei pannelli a terra.

I coefficienti di deflusso considerati sono i seguenti:

- Coefficiente di deflusso tipico di una superficie impermeabile:  $\varphi = 0.9$ ;
- Coefficiente di deflusso tipico di una superficie agricola e con pendenze inferiori al 10%:  $\varphi = 0.2$ ;

Nell'immagine seguente la suddivisione dei campi in bacini:

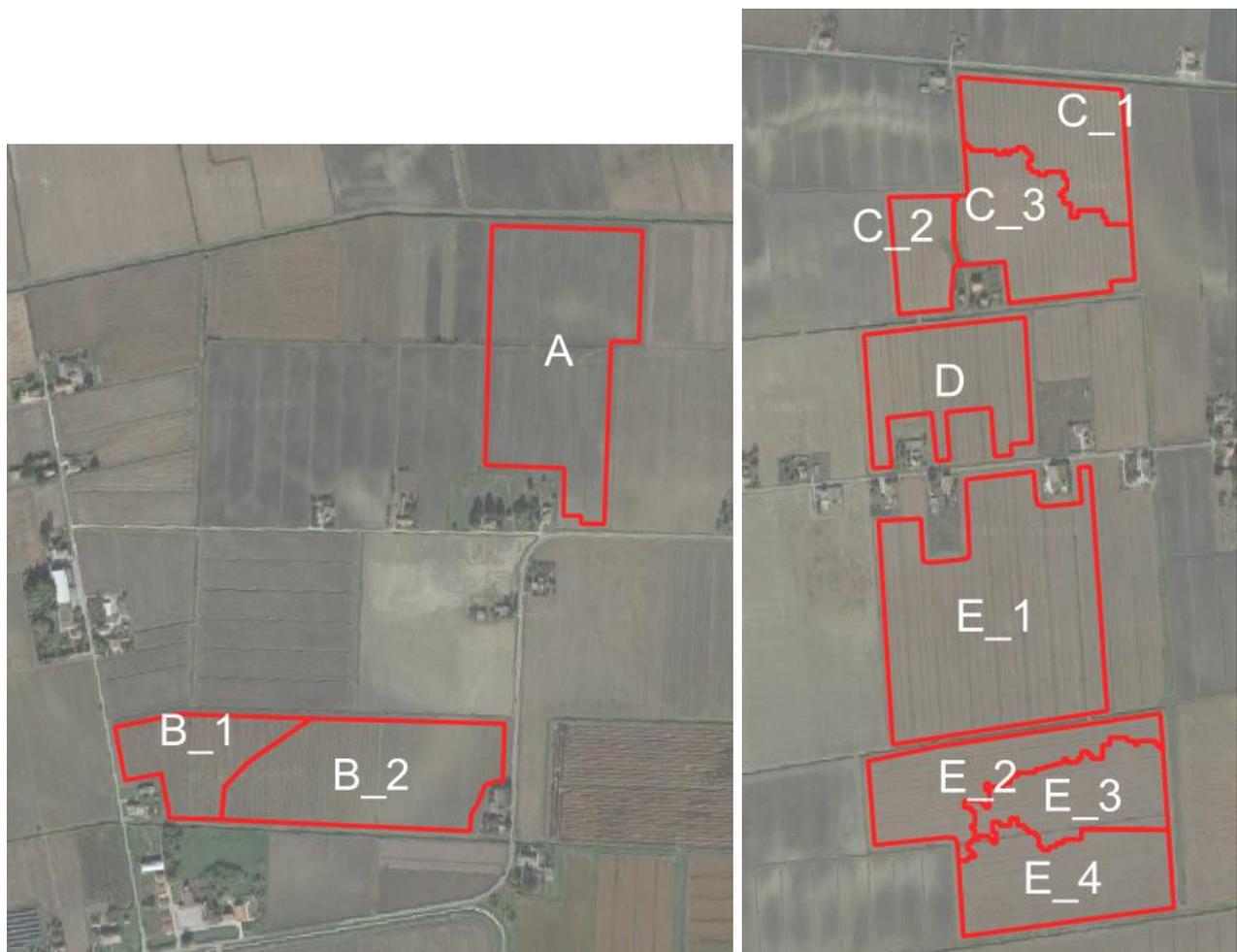


Figura 11 – Suddivisione dei campi in bacini

Le aree trasformate, in cui si prevede la realizzazione di cabinati e l'installazione di pannelli fotovoltaici, sono riassunte nella seguente tabella:

Tabella 2 - Aree trasformate

Campo	Superficie [mq]	Scarico	Ante Operam			Post Operam		
			S_Imp <sup>0</sup> [mq]	S_Perm <sup>0</sup> [mq]	$\varphi^0$	S_Imp [mq]	S_Perm [mq]	$\varphi$
a	73 300	SC1	0	73 300	0.20	23 800	49 500	0.43
b1	21 864	SC2'	0	21 864	0.20	5 903	15 961	0.39
b2	54 250	SC2''	0	54 250	0.20	14 648	39 603	0.39
c1	31 600	SC3	0	31 600	0.20	9 480	22 120	0.41
c2	13 800	SC5	0	13 800	0.20	4 140	9 660	0.41
c3	36 550	SC4	0	36 550	0.20	10 965	25 585	0.41
d	34 262	SC5	0	34 262	0.20	8 223	26 039	0.37
e1	94 868	SC6	0	94 868	0.20	31 306	63 562	0.43
e2	32 377	SC6	0	32 377	0.20	10 684	21 693	0.43
e3	27 120	SC7	0	27 120	0.20	8 950	18 170	0.43
e4	37 228	SC8	0	37 228	0.20	12 285	24 943	0.43

I volumi di invaso e le portate limite allo scarico necessari alla laminazione per il rispetto dell'invarianza idraulica (il volume unitario  $w$  [mc/ha], volume finale  $W$  [mc], portata limite allo scarico  $Q$  [l/s]) sono stati desunti dai fogli di calcolo messi a disposizione dal Consorzio di Bonifica della Romagna (<https://www.bonificaromagna.it/index.php/documenti/modulistica>).

I risultati sono di seguito riportati:

Tabella 3 - Volumi e portate allo scarico limite – Direttiva Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli

Campo	Superficie [mq]	I	P	w [mc/ha]	W [mc]	Q [l/s]
a	73 300	0.32	0.68	180.00	1 319	73.30
b1	21 864	0.27	0.73	141.00	308	21.86
b2	54 250	0.27	0.73	141.00	765	54.25
c1	31 600	0.30	0.70	160.00	506	31.60
c2	13 800	0.30	0.70	160.00	221	13.80
c3	36 550	0.30	0.70	160.00	585	36.55
d	34 262	0.24	0.76	120.00	411	34.26
e1	94 868	0.33	0.67	181.00	1 717	94.87
e2	32 377	0.33	0.67	181.00	586	32.38
e3	27 120	0.33	0.67	181.00	491	27.12
e4	37 228	0.33	0.67	181.00	674	37.23

### 5.2.2 Procedure di calcolo dei volumi di invarianza idraulica – Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara

Il documento "Procedure di calcolo dei volumi di accumulo per l'applicazione del principio di invarianza idraulica", Prot. N. 3877 – Deliberazione n. 61, 4/12/2009, riporta le procedure applicative di calcolo dei volumi di accumulo per l'applicazione del principio di invarianza idraulica all'interno del territorio consortile.

La procedura indica che il rispetto dell'invarianza idraulica può essere perseguito attraverso interventi di mitigazione delle portate in ingresso alla rete Consorziale nel rispetto delle seguenti prescrizioni minime, che individuano la portata massima accettabile e il volume di invaso minimo richiesto per diverse fasce di estensione delle urbanizzazioni.

- **Superfici urbanizzate da 0 a 0.5 ha:**
  - Portata massima accettabile:  $Q = 15$  l/s ha
  - Volume minimo invasabile:  $W = \max (150 \text{ mc/ha urbanizzato}, 215 \text{ mc/ha impermeabilizzato})$
- **Superfici urbanizzate da 0.5 ha a 1.00 ha:**
  - Portata massima accettabile:  $Q = 12$  l/s ha
  - Volume minimo invasabile:  $W = \max (200 \text{ mc/ha urbanizzato}, 285 \text{ mc/ha impermeabilizzato})$
- **Superfici urbanizzate oltre 1.00 ha:**
  - Portata massima accettabile:  $Q = 8$  l/s ha
  - Volume minimo invasabile:  $W = \max (350 \text{ mc/ha urbanizzato}, 500 \text{ mc/ha impermeabilizzato})$

Le condizioni da rispettare per le misure di invarianza idraulica relative all'intervento in esame sono quelle riportate nell'ultimo punto.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa dei valori di volumi di laminazione ottenuti per i campi dell'impianto fotovoltaico:

Tabella 4 - Volumi e portate allo scarico limite – Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara

Campo	S_Imp [mq]	w [mc/ha imp]	W [mc]	Q [l/s]
a	23 800.00	500.00	1 190.00	19.04
b1	5 903.28	500.00	295.16	4.72
b2	14 647.50	500.00	732.38	11.72
c1	9 480.00	500.00	474.00	7.58
c2	4 140.00	500.00	207.00	3.31
c3	10 965.00	500.00	548.25	8.77
d	8 222.88	500.00	411.14	6.58
e1	31 306.44	500.00	1 565.32	25.05
e2	10 684.41	500.00	534.22	8.55
e3	8 949.60	500.00	447.48	7.16
e4	12 285.24	500.00	614.26	9.83

A fronte dei risultati ottenuti, si prevede la realizzazione di invasi di laminazione che garantiscano un volume minimo maggiore o uguale a quello indicato dalla Direttiva Idraulica Autorità di Bacino per Invarianza 2016/4, e una porta di scarico massima minore o uguale a quella risultante dall'adozione della procedura di calcolo indicata dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

### 5.2.3 Interventi di invarianza idraulica

Definiti i volumi minimi da garantire per la laminazione in ciascun settore dell'impianto fotovoltaico e le portate limite allo scarico, si riportano di seguito le scelte progettuali adottate per il rispetto dell'invarianza idraulica.

In linea generale, si propone di individuare i volumi di laminazione realizzando una depressione del terreno nell'area a monte degli scarichi nei recettori finali, che si sviluppi in due settori rispettivamente profondi 0.30 m e 0.50 m - approfondendosi in direzione dello scarico.

Le posizioni degli invasi di laminazione e dei punti di scarico sono state individuate congruamente con la topografia del sito e i punti di scarico / scolo esistenti.

I volumi effettivi individuati in ciascun settore sono i seguenti:

Tabella 5 - Volumi di laminazione di progetto

Campo	W [mc]
a	1 320
b1	310
b2	800
c1	510
c2	250
c3	600
d	420
e1	1 800
e2	600
e3	500
e4	700

Le luci di scarico, intese come luci circolari funzionanti a battente, con battente massimo pari a 0.50 m, sono le seguenti:

Tabella 6 - Portate allo scarico limite di progetto

Campo	DN luce [mm]	Q [l/s]	t svuotamento [h]
a	200	59	6.2
b1	125	23.1	3.7
b2	200	59	3.8
c1	125	23.1	6.1
c2	125	23.1	3.0
c3	125	23.1	7.2
d	125	23.1	5.1
e1	315	146.51	3.4
e2	160	37.8	4.4
e3	125	23.1	6.0
e4	200	59	3.3

Si prevede di realizzare sia a monte sia a valle dello scarico una protezione in ciottolato del fondo e delle sponde dell'alveo; si prevede anche l'installazione di una valvola a clapet antireflusso nella condotta di scarico, lato canale consortile.

Di seguito il riepilogo di tutti i corpi ricettori suddivisi per ogni scarico in progetto:

Tabella 7 – Corpi ricettori

Campo	Scarico	Corpo ricettore
a	SC1	Fossetta Piumana
b1	SC2'	Scolo Mottolunga
b2	SC2''	Scolo Mottolunga
c1	SC3	Diversivo Vallazza
c2	SC5	Fossa Pegna
c3	SC4	Fossa Pegna
d	SC5	Fossa Pegna
e1	SC6	Fossa Pegna
e2	SC6	Fossa Pegna
e3	SC7	Fossa Pegna
e4	SC8	Canale Corlo



Figura 12 - Individuazione delle aree di laminazione, campo A

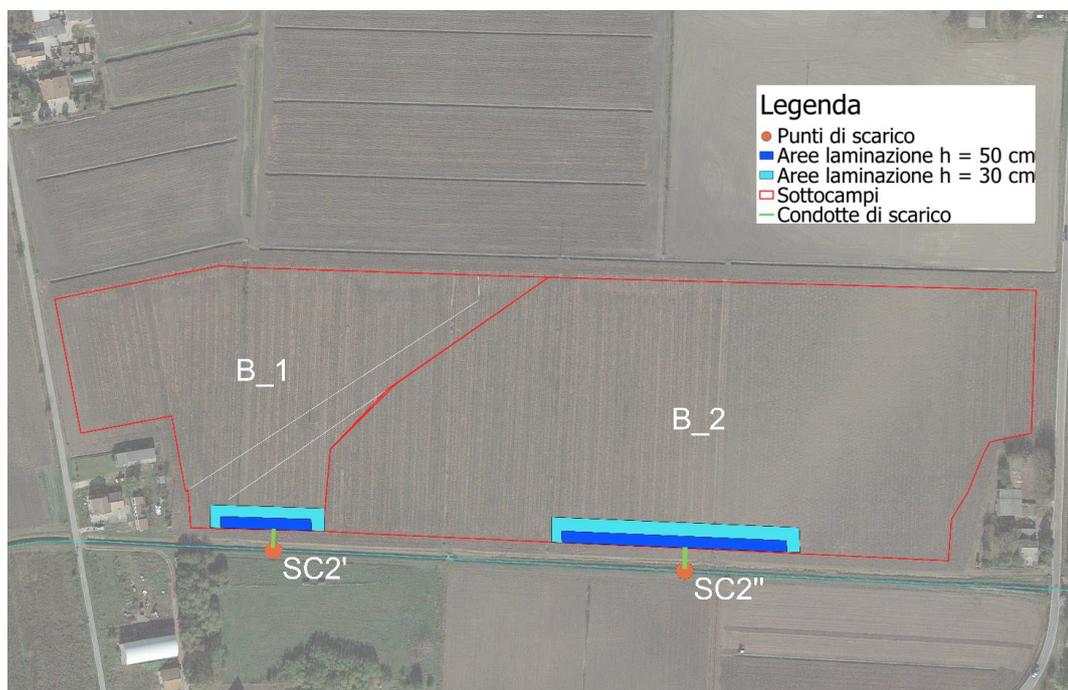


Figura 13 - Individuazione delle aree di laminazione, campo B

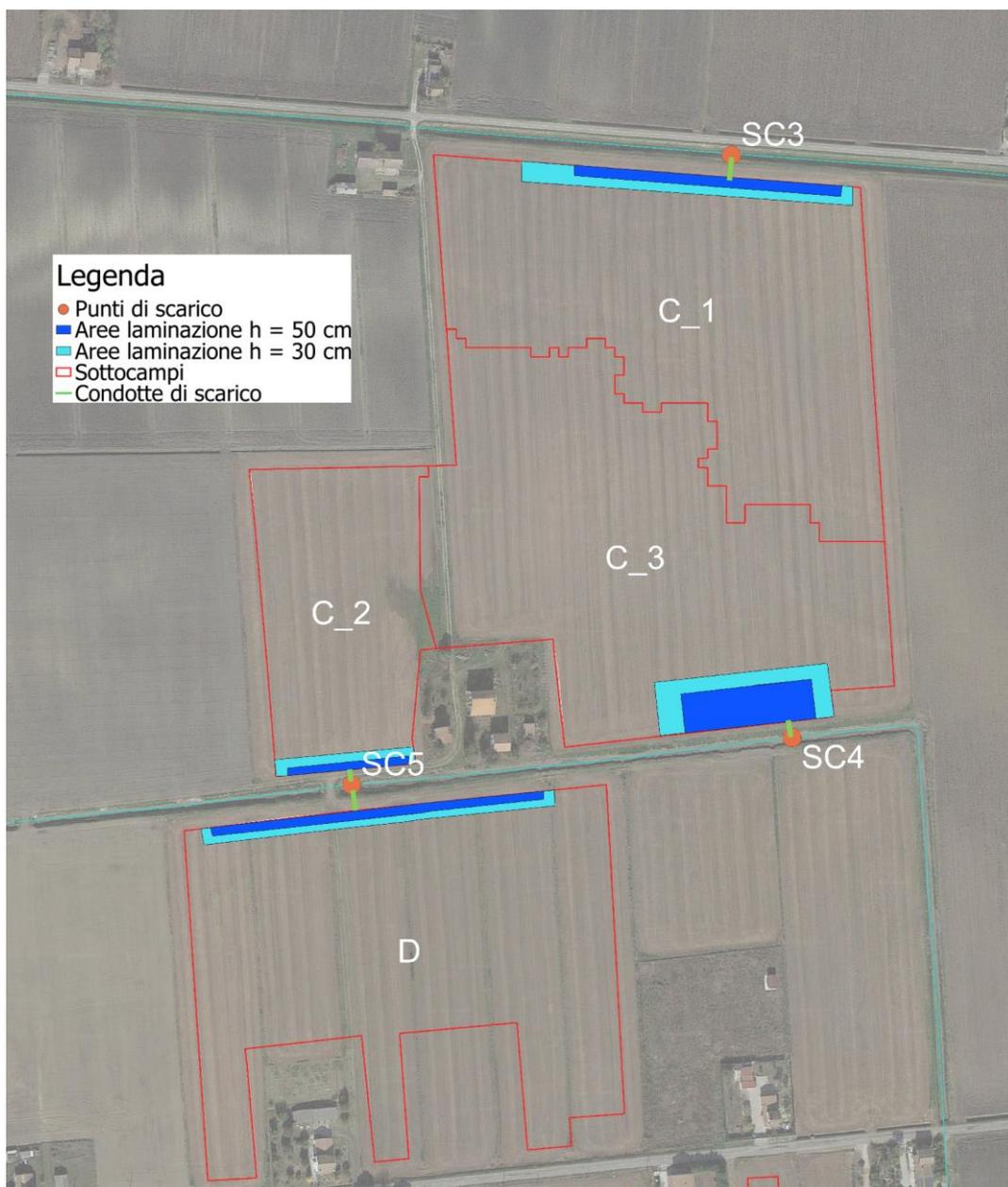


Figura 14 - Individuazione delle aree di laminazione, campi C e D



Figura 15 - Individuazione delle aree di laminazione, campo E

## 5. STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA LINEA DI CONNESSIONE

### 5.1 Identificazione dell'interferenza

Il paragrafo 2.5 individua i possibili punti/tratti di interferenza tra le opere di progetto e aree a pericolosità idraulica. Come evidenziato nel suddetto paragrafo, la linea di connessione risulta ricadere interamente in fascia C del PAI, ricade nello scenario di esondazione rara (P1) del piano di rischio Alluvionale RP e nello scenario di esondazione poco frequente (P2) del piano di rischio Alluvionale RSP del PGRA.

Inoltre, un'attenta analisi del percorso di connessione ha rilevato alcune interferenze con diversi corsi d'acqua.

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

Infine, oltre alle interferenze con corsi d'acqua minori e aree soggette a pericolosità di allagamento, il Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara ha indicato tutte le interferenze tra la linea di connessione e il reticolo in sua gestione; oltre a questo, il Consorzio ha indicato anche la modalità di risoluzione di queste interferenze.

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 modalità prevista per la risoluzione dell'interferenza, ove presente. Le interferenze presenti con corsi d'acqua saranno superate mediante TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata) previa approvazione dei gestori dei canali sull'utilizzo di tale tecnologia trenchless.

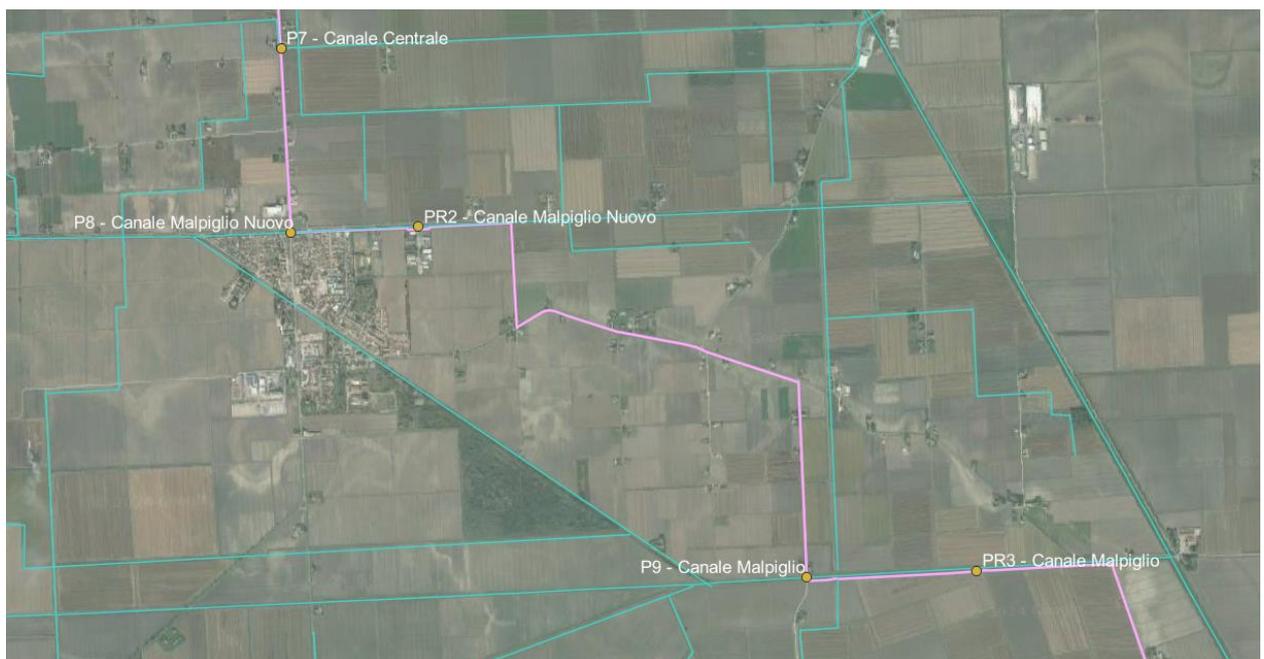
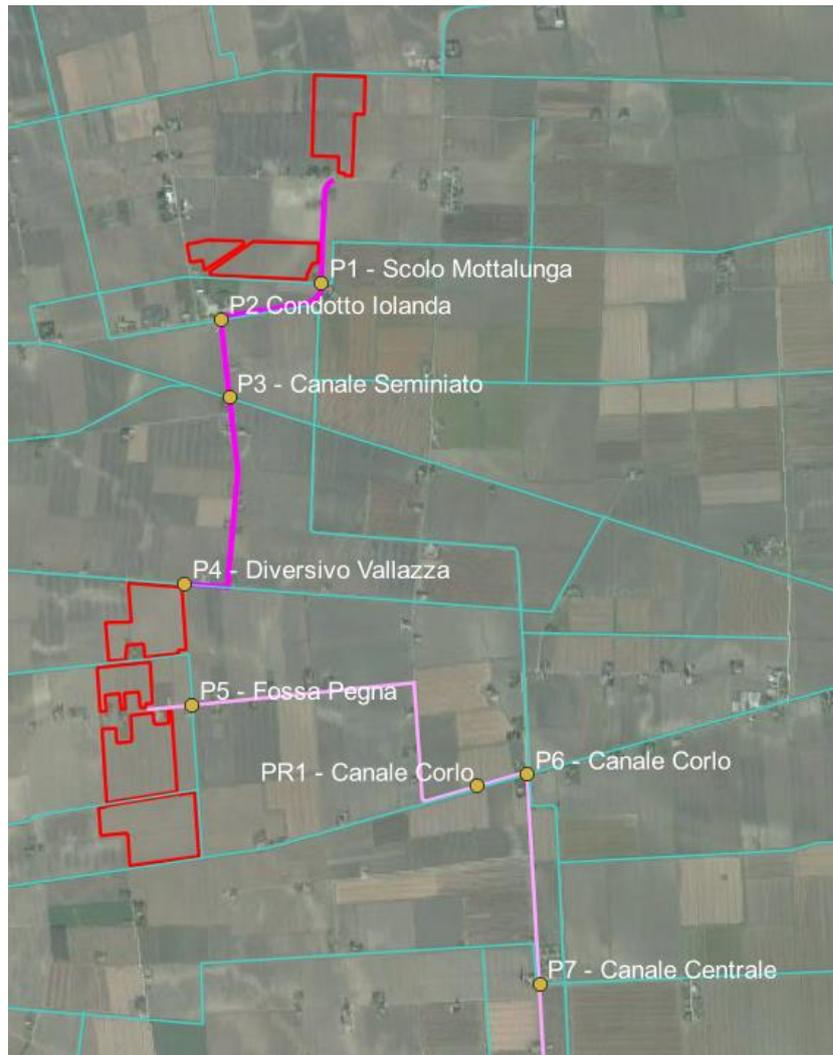
Si riporta di seguito una tabella riepilogativa delle interferenze tra le opere in progetto e i corsi d'acqua.

*Tabella 8: Interferenze con il percorso di connessione*

ID	Interferenza	Risoluzione
P1	Attraversamento Scolo Mottalunga	TOC
P2	Attraversamento Condotto Iolanda	TOC
P3	Attraversamento Canale Seminiato	TOC
P4	Attraversamento Diversivo Vallazza	TOC
P5	Attraversamento Fossa Pegna	TOC
PR1	Parallelismo Canale Corlo	Cavo interrato a distanza minima di 4.00 m dal ciglio del canale, o dal piede esterno arginale per i canali arginati
P6	Attraversamento Canale Corlo	TOC
P7	Attraversamento Canale Centrale	TOC

P8	Attraversamento Canale Malpiglio Nuovo	TOC
PR2	Parallelismo Canale Malpiglio Nuovo	Cavo interrato a distanza minima di 4.00 m dal ciglio del canale, o dal piede esterno arginale per i canali arginati
P9	Attraversamento Canale Malpiglio	TOC
PR3	Parallelismo Canale Malpiglio	Cavo interrato a distanza minima di 4.00 m dal ciglio del canale, o dal piede esterno arginale per i canali arginati
P10	Attraversamento Canale Boscarolo	TOC
P11	Attraversamento Collettore Acque Alte	TOC
P12	Attraversamento Canale Po di Volano	TOC

Il paragrafo 5.2 riporta la metodologia proposta per la risoluzione delle interferenze sopra riportate.



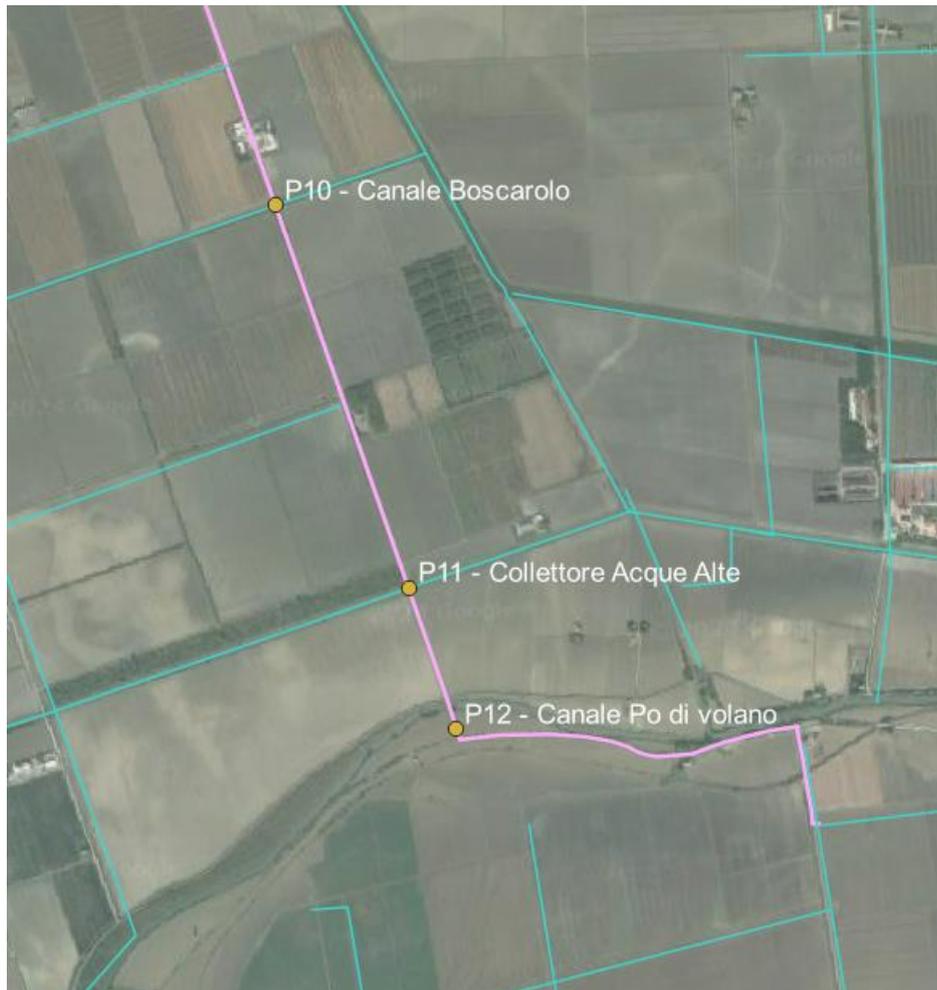


Figura 16 - Interferenze tra il cavidotto e il reticolo di bonifica

## 5.2 Risoluzione delle interferenze

La risoluzione delle interferenze (parallelismo e attraversamento) con i corsi d'acqua seguono le indicazioni fornite dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

Gli attraversamenti dei canali, previsti in subalveo, dovranno rispettare una profondità minima di 5.00 m tra la sommità del cavidotto e la quota di fondo di progetto delle linee demaniali. Detta profondità potrà essere ridotta fino a 2.00 m solo nel caso in cui la Ditta si impegni a rivestire le sponde e l'alveo del canale per uno sviluppo lineare di almeno 5.00 m o nel caso in cui il tratto di canale interessato dall'attraversamento risulti già tombinato o rivestito.

Nel caso di attraversamenti di ponti e di tombinamenti di cui non si conoscono né la tipologia né le dimensioni dell'opera di fondazione, si prevede, in via precauzionale, il mantenimento di una profondità minima non inferiore a 3.00 m da riferire alla quota di scorrimento del manufatto.



La tecnologia proposta per gli attraversamenti dei corsi d'acqua in subalveo è quella della TOC (Trivellazione Orizzontale Controllata), previa approvazione dei gestori dei canali sull'utilizzo di tale tecnologia trenchless.

Per i parallelismi interrati posizionati nella fascia di 10 m dal ciglio, si prevede di mantenere una distanza minima di 4.00 m dal ciglio del canale, o dal piede esterno arginale per i canali arginati.

Il percorso del cavidotto non interessa, invece, aree caratterizzate da pericolosità idraulica alta.

## 6. CONFORMITA' DELL'IMPIANTO FOTOVOLTAICO ALLE VIGENTI NORME IN MATERIA DI POLIZIA IDRAULICA

L'impianto fotovoltaico è previsto su cinque aree distinte che confinano con linee idrauliche demaniali in gestione al Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara:

- Campo A: confina a nord con Fossetta Piumana
- Campo B: confina a sud con lo Scolo Mottalunga
- Campo C: confina a nord con il Diversivo Vallazza e a sud con la Fossa Pegna
- Campo D: confina a nord con la Fossa Pegna
- Campo E: Confina a nord e ad est con la Fossa Pegna e a sud con il Canale Corlo





Figura 17 - Inquadramento area di progetto e reticolo di bonifica

Come indicato dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, si prevede di realizzare

- le opere rimovibili fuori terra rispettando la distanza minima di 6.00 m dal ciglio / piede esterno arginale, mentre i fabbricati e le opere fisse rispettando una distanza non inferiore a 10.00 m dal ciglio / piede esterno arginale
- le opere di mitigazione ambientale, a lato dei canali, ad una distanza minima di 6.00 m, al fine di consentire il transito a lato dello stesso e l'esercizio delle attività di bonifica da parte del personale che opera sul territorio.

## 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.

La portata di picco è stata calcolata al fine di avere un riferimento sui flussi gestiti ad oggi dalla rete esistente, che sarà mantenuta nello stato di progetto così come gli scarichi esistenti.

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 Segnatrici di Possibilità pluviometrica (LSP) per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 30, 50, 100 e 200 anni.
- Valutazione della pioggia efficace
- Calcolo delle portate idrologiche di picco per vari tempi di ritorno.

### 7.1 Scelta del tempo di Ritorno

L'evento di pioggia di progetto alla base dei calcoli idrologici e del dimensionamento idraulico è scelto in base al concetto del 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, definito come:

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

Il grafico riportato in seguito esprime il rischio di superare l'evento con tempo di ritorno  $T$  durante  $N$  anni.

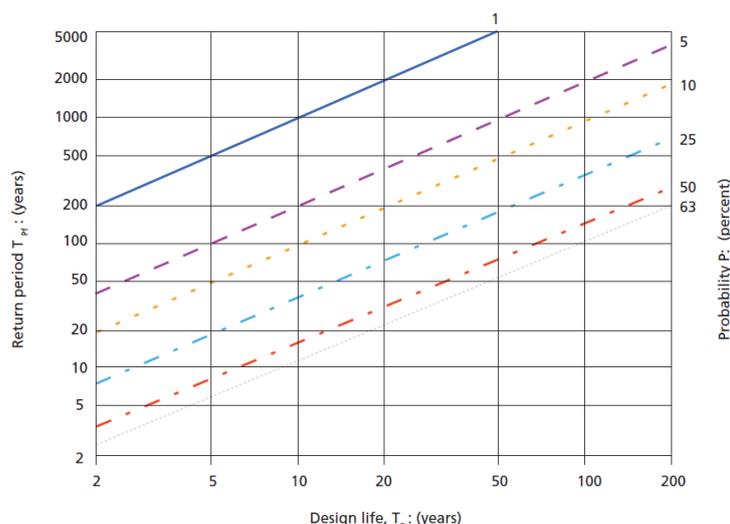


Figura 18 Probabilità che un evento con determinate Tempo di ritorno si verifichi in N anni.

Il tempo di ritorno assunto per il calcolo si è basato sulla vita utile dell'opera, pari a circa 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

Le LSPP sono state calcolate seguendo il seguente approccio:

- L'approccio di calcolo 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.

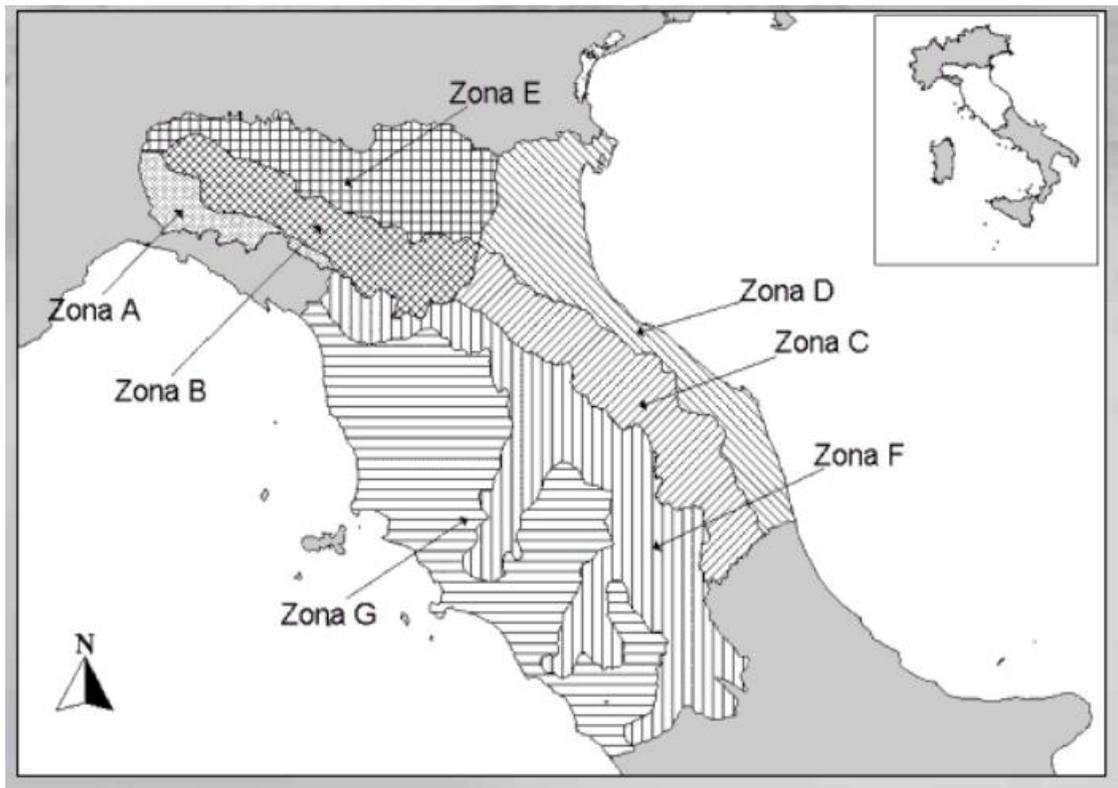


Figura 19 Zone Omogenee del metodo VAPI

Il sito risulta inserito all'interno della Sottozona omogenea D che comprende la fascia costiera della Romagna e delle Marche.

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:

Tabella 9 Parametri TCEV zona D del VAPI

$\Lambda$	$\theta$	$\Lambda$	$\eta$
0.361	2.363	29	4.634

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).

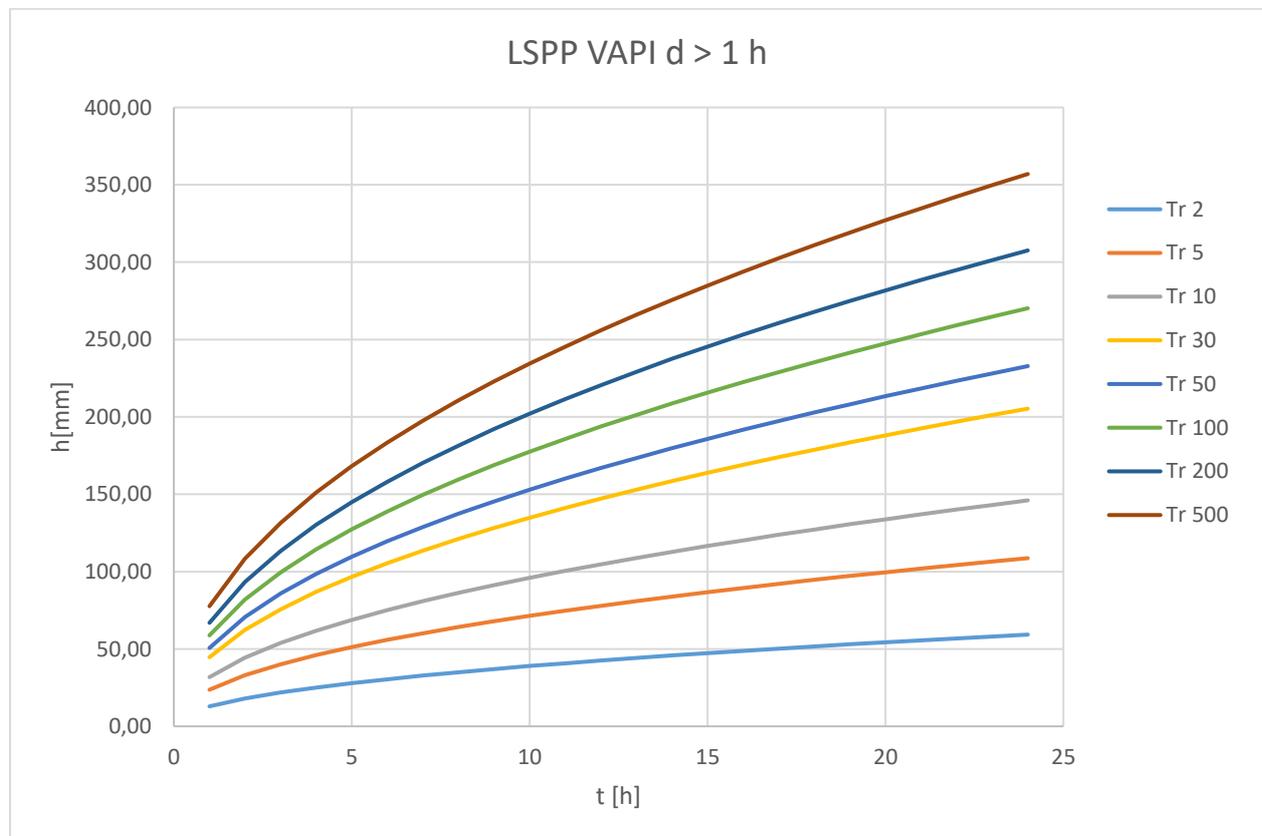


Figura 20 LSPP con metodo VAPI per durate sopra l'ora

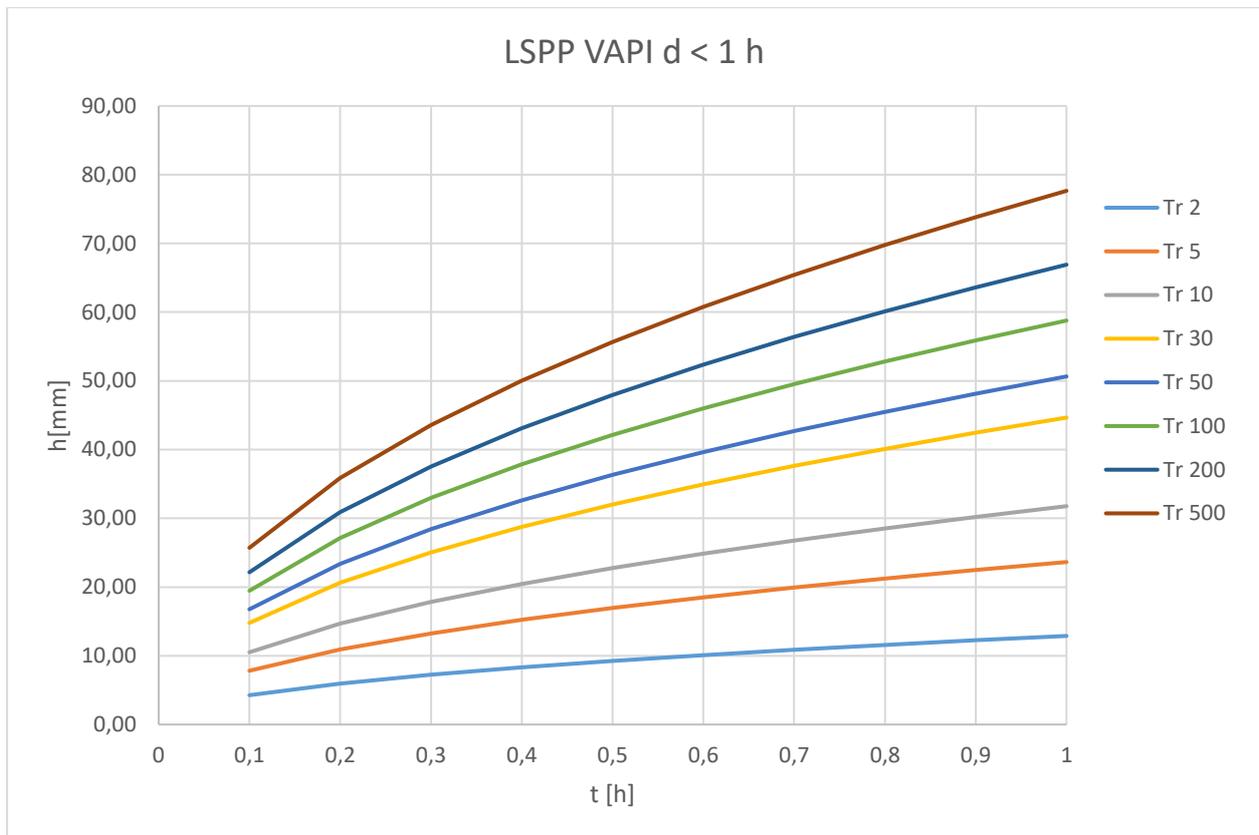


Figura 21 LSPP con metodo VAPI per durate sotto l'ora

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

Tabella 10 Altezze di pioggia per diverse durate e tempi di ritorno con metodo VAPI

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	12.89	23.64	31.77	44.65	50.64	58.77	66.90	77.65
2	17.98	32.97	44.31	62.28	70.64	81.97	93.31	108.30
3	21.85	40.05	53.83	75.66	85.81	99.59	113.36	131.57
4	25.08	45.99	61.80	86.86	98.52	114.33	130.15	151.05
5	27.92	51.18	68.79	96.69	109.66	127.26	144.86	168.13
6	30.47	55.87	75.08	105.53	119.69	138.90	158.11	183.51
7	32.81	60.16	80.84	113.63	128.88	149.57	170.25	197.60
8	34.98	64.14	86.20	121.15	137.41	159.47	181.52	210.68
9	37.02	67.87	91.21	128.20	145.40	168.74	192.08	222.94
10	38.94	71.39	95.94	134.85	152.94	177.49	202.05	234.50
11	40.76	74.73	100.43	141.16	160.10	185.80	211.50	245.48
12	42.50	77.92	104.71	147.18	166.93	193.73	220.52	255.95
13	44.16	80.97	108.82	152.95	173.47	201.32	229.16	265.97
14	45.76	83.90	112.76	158.49	179.75	208.61	237.46	275.60
15	47.30	86.73	116.55	163.82	185.81	215.63	245.46	284.88
16	48.79	89.46	120.22	168.98	191.65	222.41	253.18	293.85
17	50.23	92.10	123.77	173.97	197.31	228.98	260.65	302.52
18	51.63	94.66	127.21	178.81	202.80	235.35	267.90	310.94
19	52.98	97.15	130.56	183.51	208.13	241.54	274.95	319.11
20	54.30	99.57	133.81	188.08	213.32	247.56	281.80	327.07
21	55.59	101.93	136.98	192.54	218.37	253.43	288.48	334.82
22	56.85	104.23	140.08	196.89	223.30	259.15	294.99	342.38
23	58.07	106.48	143.10	201.13	228.12	264.74	301.36	349.76
24	59.27	108.68	146.05	205.29	232.83	270.20	307.57	356.98



### 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).

Il modello digitale del terreno utilizzato per la modellazione è stato ottenuto mediante rilievo fotogrammetrico di dettaglio. 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.

A seguito di una analisi dettagliata dei canali e fossi esistenti, si è constatata la presenza una rete di fossi che allo stato di fatto smaltiscono alcuni macrobacini esterni al dominio di interesse.

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, il prefisso I corrisponde ai bacini interni ai campi in progetto, il prefisso E corrisponde ai bacini esterni.



Figura 22: Delimitazione bacini scolanti (bianco), reticolo di drenaggio esterno ed interno alle sezioni di progetto (blu). Campi A e B

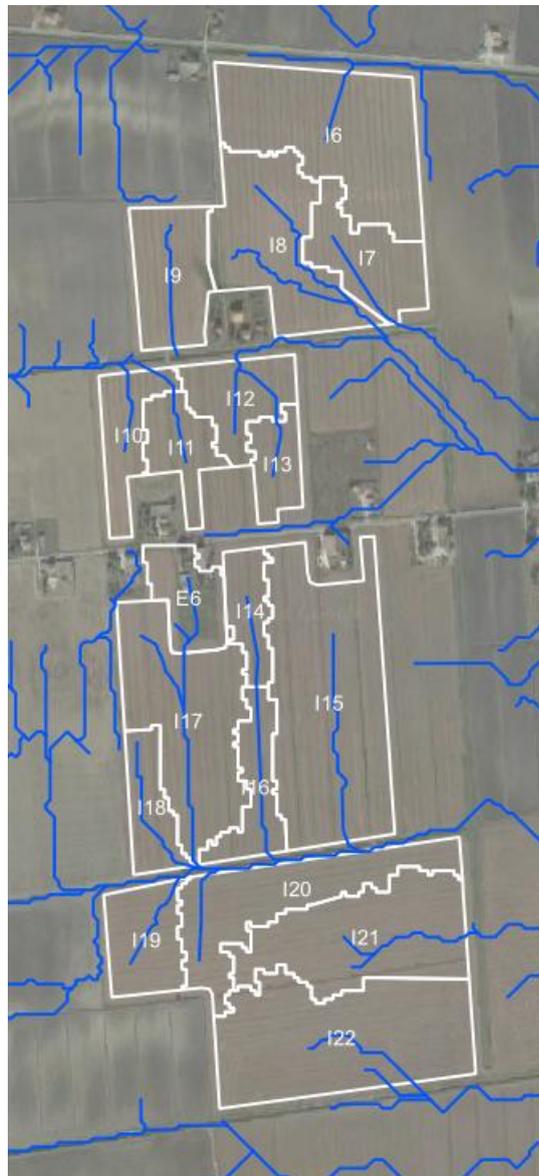


Figura 23: Delimitazione bacini scolanti (bianco), reticolo di drenaggio esterno ed interno alle sezioni di progetto (blu). Campi C,D e E

La seguente Tabella 11 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.

Tabella 11: Bacini scolanti distinti in base alle aree di drenaggio, interne oppure esterne all'area di progetto e rispettive superfici.

BACINI DI DRENAGGIO INTERNI		BACINI DI DRENAGGIO ESTERNI	
ID Bacino	Area [mq]	ID Bacino	Area [mq]
I1	39883	E1	3004
I2	33363	E2	809
I3	17988	E3	3700
I4	29189	E4	5507
I5	24041	E5	7579
I6	31603	E6	8702
I7	12698		
I8	23845		
I9	13834		
I10	8990		
I11	8123		
I12	10634		
I13	6516		
I14	6770		
I15	42575		
I16	9173		
I17	28447		
I18	7909		
I19	10746		
I20	20757		
I21	27995		
I22	37228		

#### 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"  $\Phi$ .

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 seminative di tipo semplice.

Come suggerito dalla tabella 12 di seguito riportata (Direttiva Idraulica Autorità di Bacino per Invarianza 2016/4):

		<i>Tipo di suolo</i>		
		<i>Terreno leggero</i>	<i>Terreno di medio impasto</i>	<i>Terreno compatto</i>
<i>Vegetazione e pendenza</i>				
<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 24 Coefficienti di afflusso suggeriti dalla Direttiva di norme tecniche relative alle valutazioni idrologiche ed idrauliche

Viene assunto un valore di coefficiente di afflusso costante pari a:

$$\varphi = 0.5$$

Nel corso delle analisi geotecniche della fase Esecutiva e dei confronti con il Consorzio sarà possibile confermare o modificare il valore assunto.

## 7.5 Modello di trasformazione afflussi/deflussi – stima delle portate di progetto

Per calcolare le portate di scolo dei bacini imbriferi costituiti da 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 le precipitazioni 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:

$$Q_p = \varphi \frac{i(T_0, t_c) * A}{360}$$

Dove:

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

$\varphi$  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  $t_c$  ed avente tempo di ritorno  $T_0$  [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.

In Tabella 12 sono riportate le portate al colmo attualmente scolanti sulle superfici di ogni bacino individuato.

Tabella 12: Determinazione delle portate di progetto.

<b>BACINO</b>	<b>I1</b>	<b>I2</b>	<b>I3</b>	<b>I4</b>	<b>I5</b>	<b>I6</b>	<b>I7</b>	<b>I8</b>	<b>I9</b>	<b>I10</b>
<b>S (ha)</b>	3.99	3.34	1.80	2.92	2.40	3.16	1.27	2.38	1.38	0.90
<b>L_asta (m)</b>	270	200	100	120	120	163	121	210	135	171
<b>t<sub>c</sub> (h)</b>	0.31	0.29	0.27	0.28	0.27	0.28	0.27	0.29	0.28	0.28
<b>h(60) (mm)</b>	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
<b>h(t) (mm)</b>	34	34	33	33	33	34	33	34	33	34
<b>Intensità (mm/h)</b>	111	116	123	121	122	118	121	116	120	118
<b>Coefficiente di deflusso</b>	<b>0.50</b>									
<b>Portata al colmo (mc/s)</b>	<b>0.62</b>	<b>0.54</b>	<b>0.31</b>	<b>0.49</b>	<b>0.41</b>	<b>0.52</b>	<b>0.21</b>	<b>0.38</b>	<b>0.23</b>	<b>0.15</b>

<b>BACINO</b>	<b>I11</b>	<b>I12</b>	<b>I13</b>	<b>I14</b>	<b>I15</b>	<b>I16</b>	<b>I17</b>	<b>I18</b>	<b>I19</b>	<b>I20</b>	<b>I21</b>	<b>I22</b>
<b>S (ha)</b>	0.81	1.06	0.65	0.68	4.26	0.92	2.84	0.79	1.07	2.08	2.80	3.72
<b>L_asta (m)</b>	130	120	120	150	230	200	210	120	130	150	250	280
<b>t<sub>c</sub> (h)</b>	0.28	0.28	0.27	0.28	0.30	0.29	0.29	0.28	0.28	0.28	0.30	0.31
<b>h(60) (mm)</b>	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
<b>h(t) (mm)</b>	33	33	33	33	34	34	34	33	33	33	34	34
<b>Intensità (mm/h)</b>	121	121	122	120	114	116	116	121	121	120	112	112
<b>Coefficiente di deflusso</b>	<b>0.50</b>											
<b>Portata al colmo (mc/s)</b>	<b>0.14</b>	<b>0.18</b>	<b>0.11</b>	<b>0.11</b>	<b>0.67</b>	<b>0.15</b>	<b>0.46</b>	<b>0.13</b>	<b>0.18</b>	<b>0.34</b>	<b>0.44</b>	<b>0.58</b>

<b>BACINO</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>
<b>S (ha)</b>	0.30	0.08	0.37	0.55	0.76	0.87
<b>L_asta (m)</b>	50	50	50	50	50	50
<b>t<sub>c</sub> (h)</b>	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
<b>h(60) (mm)</b>	45	45	45	45	45	45
<b>h(t) (mm)</b>	33	33	33	33	33	33
<b>Intensità (mm/h)</b>	126	127	127	126	127	127
<b>Coefficiente di deflusso</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>
<b>Portata al colmo (mc/s)</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>0.07</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>0.07</b>