

IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA COLLEGATO ALLA RTN
POTENZA 26,95 MW_p DC – 23 MW AC
Località Spinazzino – Comune di Ferrara (FE)

PROPONENTE:

TEP RENEWABLES (FERRARA PV) S.R.L.
Viale Shakespeare,71 – 00144 - Roma
P. IVA e C.F. 16462341005 – REA RM - 1658414

PROGETTISTI:

ING. GIULIA GIOMBINI
Iscritta all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo
al n. A-1009

ING. MATTEO BERTONERI
Iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara
al n. 669

ING. EMANUELE LICHERI
Iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Cagliari
al n. A 5324

PROGETTO DEFINITIVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO
(art. 23 del D. Lgs 152/2006 e ss. mm. ii)

Relazione idraulica

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
21-00007-IT- FERRARA_CV_R11_Rev0_Relazio ne idraulica.docx	02/2022	Prima emissione	EL	GG\MB	F.Battafarano

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	STATO DI FATTO	4
2.1	LOCALIZZAZIONE IMPIANTO	4
3	DATI DI RIFERIMENTO	8
3.1	RILIEVO	8
3.1.1	Modello digitale del terreno - Emilia Romagna.....	8
3.1.2	Modello digitale del terreno e della superficie - MATTM.....	8
3.1.3	Rilievo topografico	9
3.2	NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO	9
4	COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI	11
4.1	PIANI DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	14
4.1.1	PAI Delta / Piano Stracio Provinciale.....	14
4.2	PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI	15
5	STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO	25
5.1	SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO.....	25
5.2	ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI.....	26
5.3	ANALISI MORFOLOGICA	27
5.4	OPERE DI DRENAGGIO	29
5.5	IL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO Φ	30
5.6	VERIFICHE IDROLOGICHE.....	32
6	CONCLUSIONI.....	34

1 PREMESSA

Il presente documento riporta lo studio idrologico e idraulico del progetto dell'impianto fotovoltaico, della linea di connessione e della cabina di consegna, analizzando le eventuali interferenze con il reticolo idrografico esistente, identificando le migliori soluzioni e tecnologie per la risoluzione delle stesse.

In corrispondenza di canali irrigui/corsi d'acqua naturali, la relazione ha inoltre valutato che il superamento delle interferenze avvenga in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.

In merito allo studio idrologico e idraulico del reticolo idrografico superficiale e dei principali potenziali solchi di drenaggio esistenti, si è fatto riferimento alla documentazione pubblicata sul sito del Consorzio di Bonifica – Pianura di Ferrara, oltre che alle risultanze dei rilievi topografici eseguiti in situ.

La relazione riporta inoltre 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 variazioni del coefficiente di deflusso e modifiche al deflusso naturale delle acque meteoriche).

Tale studio idrologico è basato sui dati raccolti principalmente dai siti della regione e dal consorzio bonifica di Ferrara ed è consistito in:

- analisi delle precipitazioni;
- valutazione della durata dell'evento pluviometrico di progetto di durata pari al tempo critico del bacino idrografico oggetto di studio (coefficiente di deflusso e precipitazione di progetto);
- determinazione dei volumi di riferimento e dimensionamento del sistema di collettamento delle stesse.

Per maggiori approfondimenti relativi alla planimetria generale delle aree di progetto del nuovo impianto fotovoltaico si rimanda alle tavole generali.

2 STATO DI FATTO

2.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

Il progetto in esame è ubicato nel territorio comunale di Ferrara (FE) a circa 12 km a Sud-Est dalla stessa città e a 47 km dal mare.

La SP65 dista 3 km dall'area deputata all'impianto mentre la SP22 dista circa 3,7 km. Questa area in oggetto risulta essere adatta allo scopo avendo una buona esposizione ed essendo facilmente raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

L'area in cui verrà installato l'impianto fotovoltaico è ubicata nel territorio comunale di Ferrara (FE) a ca. 12 km a Sud-Est dalla città stessa e a ca. 47 km a ovest dalla costa adriatica, nella porzione ricompresa tra i centri abitati di San Bortolomeo in Bosco, a nord, Marrara e San Nicolò, ad est, e Spinazzino, ad ovest.

L'area di studio si presenta come un paesaggio pianeggiante (con quota media di ca. 5 m s.l.m. nell'area di intervento), solcato da una moltitudine di corpi idrici e compreso tra il corso del fiume Po, a nord, e quello del Reno, a sud. Tale area risulta interamente a vocazione agricola con presenza di aree urbanizzate sparse la principale delle quali è il centro abitato di Ferrara. Il sito di intervento si colloca, dunque, in area antropizzata.

L'area sede dell'impianto fotovoltaico, di potenza nominale di 26,95 MWp risulta essere pari ad oltre 43 ha di cui circa 33,33 ha utili per l'installazione del campo fotovoltaico, ove saranno installate altresì le Power Station (o cabine di campo) che avranno la funzione di elevare la tensione da bassa (BT) a media (MT). La connessione dell'impianto all'area SSE avverrà, quindi, mediante cavo interrato MT che si estenderà lungo la viabilità pubblica per un percorso di circa 20,3 km.

L'allaccio alla stazione elettrica in ampliamento alla centrale elettrica di Terna Ferrara Focomorto avverrà mediante cavo interrato AT di ca. 405 m.

Le coordinate del sito sono:

- Latitudine 44°42';
- Longitudine 11°39' E;
- Altitudine media 5 m s.l.m.



Figura 2-1: Localizzazione dell'area di intervento



Figura 2-2 Localizzazione dell'area di intervento

La rete stradale che interessa l'area di impianto è costituita da:

- A13 “Autostrada Bologna-Padova” che si estende ad ovest dell’impianto a ca. 11 km di distanza dallo stesso e che, mediante il raccordo autostradale RA8, si raccorda con la SS309 “Via Romea” che si estende circa parallelamente alla costa adriatica, ad est dell’impianto;
- SS16 “Strada Statale Adriatica” che si estende a ca. 3,5 km ad est dell’impianto;
- SS64 “Strada Statale Porrettana” che si estende a ca. 8,5 km ad ovest dell’impianto;
- SP25 “Via Imperiale” che si estende a quasi 4 km ad ovest dell’impianto;
- SP65 “Via Argenta” che si estende a quasi 3 km ad est dell’impianto;
- SP22 “Via Masi” che si estende a ca. 3 km a nord ovest dell’impianto e per buona porzione coincide con il percorso del cavo interrato MT;
- Strada locale “Via della Cembalina” che lambisce il confine nord dell’impianto in oggetto;
- Strada locale “Via della Stanga” che si estende a sud dell’impianto e si raccorda con Via della Cembalina a meno di 1 km dall’impianto;
- Strada locale “Via Spinazzino” che mette in comunicazione Via della Cembalina con Via Masi;
- Strada agricola “Strada della Valle Vecchia” che si estende a sud-est dell’impianto;
- Strade secondarie.

Le aree scelte per l’installazione dell’impianto Fotovoltaico sono interamente contenute all’interno di aree di proprietà privata; per tali aree TEP Renewables ha stipulato con i proprietari un contratto preliminare di acquisto “Rif. 21-00007-IT-FERRARA_PG_R05_Rev0_Piano particellare e disponibilità giuridica”.

L’area in cui sarà posizionata la cabina di interfaccia da cui partirà la connessione in AT verso la SE di Ferrara Focomorto sarà oggetto di esproprio.

L’area deputata all’installazione dell’impianto fotovoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo presentando una buona esposizione ed è facilmente raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

Attraverso la valutazione delle ombre si è cercato minimizzare e ove possibile eliminare l’effetto di ombreggiamento, così da garantire una perdita pressoché nulla del rendimento annuo in termini di produttività dell’impianto fotovoltaico in oggetto.

Lo studio urbanistico è stato redatto analizzando il rapporto del progetto in esame con gli strumenti normativi e di pianificazione vigenti, riportati in dettaglio dell’elaborato Rif. “21-00007-IT-FERRARA_SA_R01_Rev0_Studio di inserimento urbanistico”.

Il Piano Urbanistico del Comune di Ferrara è costituito dal Piano Strutturale (PSC), dal Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE) e dai Piani Operativi (POC). Lo strumento di pianificazione urbanistica generale, costituito dal PSC, è stato adottato il 14.09.2007, definitivamente approvato dal Consiglio Comunale il 16.04.2009 ed entrato in vigore il 03.06.2009, data di pubblicazione sul BUR del relativo avviso di approvazione. Con Delibera Prot.Gen. 100273 del 09.12.2014, il Consiglio Comunale ha adeguato le Norme Tecniche di Attuazione (NTA) all’art. 18 bis di semplificazione delle norme di pianificazione di cui alla previgente L.R. n.20/2000, mentre il POC, approvato successivamente, risultava già adeguato.

Come mostrato nell’elab. di progetto “21-00007-IT-FERRARA_SA_T02_Rev0_Inquadramento_PSC”, si può affermare che l’area lorda di impianto ricade interamente nei seguenti elementi:

- Sistema ambientale e delle dotazioni collettive (art.10 delle NTA), costituito dalle aree necessarie al funzionamento ambientale del territorio e individuate in funzione delle caratteristiche idrogeomorfologiche, vegetazionali, delle principali connessioni eco-biologiche, nonché dall'insieme delle attrezzature e spazi collettivi – Sub-sistema aree agricole del forese (art.10.2 delle NTA), caratterizzato dall'insieme delle aree rurali esterne alla città e ai nuclei del forese e dalla presenza delle ville, case coloniche e fienili sparsi sul territorio rurale.
- Ambito ad alta vocazione produttiva agricola (art.14.10 delle NTA), costituito da quelle parti del territorio rurale idonee, per tradizione, vocazione e specializzazione ad attività produttive di beni agroalimentari ad alta intensità e concentrazione.

3 DATI DI RIFERIMENTO

3.1 RILIEVO

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

Dapprima sono stati ottenuti i modelli digitali del terreno e della superficie rispettivamente dalla Regione Emilia Romagna e dal MATTM.

3.1.1 *Modello digitale del terreno - Emilia Romagna*

Attraverso la fonte ufficiale Regione Emilia Romagna è stato ottenuto il modello digitale del terreno con una risoluzione spaziale 5 x 5 metri di tutta l'area di progetto.

3.1.2 *Modello digitale del terreno e della superficie - MATTM*

Il LIDAR è un sensore Laser, che rileva la distanza relativa tra il target e il sensore, in abbinamento con una piattaforma IMU (GPS+INS) che permette la georeferenziazione 3D dei suddetti punti.

Scansionando la superficie, viene creata una nuvola di punti che discriminano i punti relativi al terreno (DTM) e quelli relativi agli "oggetti" presenti sul terreno (DSM).

Misurando la coltre vegetativa, penetrando fino al suolo, si ottengono informazioni sul terreno e sulle quote, con un'accuratezza centimetrica. I prodotti ottenuti dai rilievi LIDAR forniscono le informazioni fondamentali per rappresentare puntualmente la morfologia delle aree di pericolosità idrogeologica.

Costituiscono quindi un supporto basilare per le attività di modellazione idraulica, per la perimetrazione delle aree di potenziale esondazione dei principali corsi d'acqua, e per la modellazione idrologica e di individuazione delle aree maggiormente esposte a pericolo in caso di eventi alluvionali.

La densità dei punti del rilievo è superiore a 1,5 punti per mq, se ne deduce che l'applicazione di detti rilievi per la difesa del suolo è molteplice. Il DTM presenta un'accuratezza altimetrica corrispondente a +/- 1s (scarto quadratico medio), corrispondendo ad un errore inferiore ± 15 cm. Mentre l'accuratezza planimetrica è di 2s cioè l'errore deve essere contenuto entro ± 30 cm.

Nell'ambito del PST (Piano Straordinario di Telerilevamento) il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, nel periodo 2008 – 2009 ha effettuato una campagna di ricognizioni aeree con sensori LiDAR su determinate zone del territorio nazionale (aste fluviali, fascia costiera, zone con particolari criticità o esplicitamente richieste da Regioni o Province).

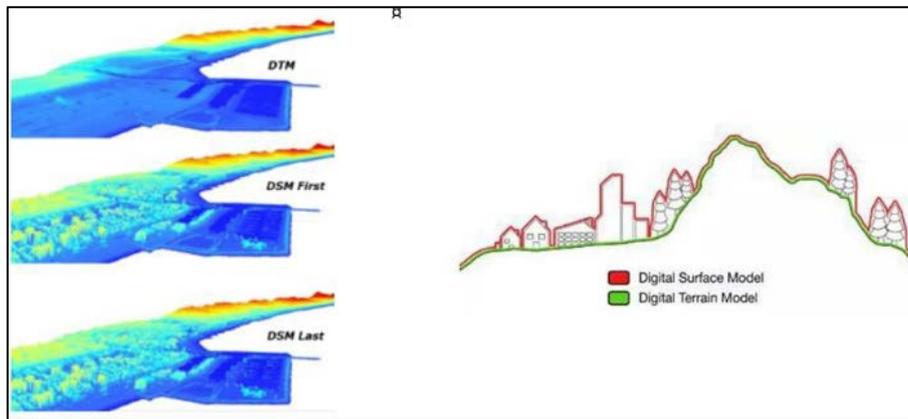


Figura 3-1: Tipologico esemplificativo raffigurante i prodotti Lidar

Su richiesta al MATTM sono stati ottenuti i prodotti sopradescritti per l'area di progetto.

3.1.3 Rilievo topografico

Nell'inverno 2022 è stato condotto un rilievo fotogrammetrico con Drone per l'acquisizione dei seguenti prodotti

1. Ortomosaico: la generazione di un ortomosaico per ciascuna area operativa con GSD (ground sampling distance) di 1,31 cm/pixel.
2. DSM: Modello digitale della superficie con risoluzione spaziale inferiore al 0,5 metri.
3. DTM: Modello digitale del terreno con risoluzione spaziale inferiore al 0,5 metri.

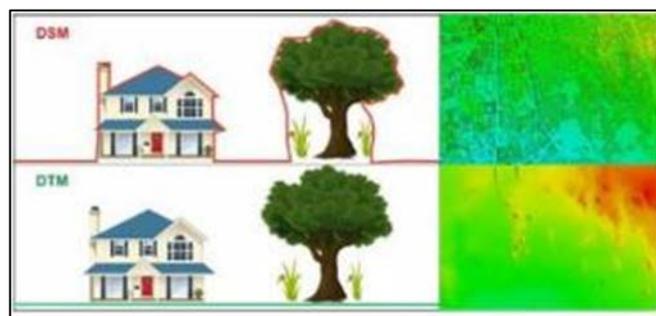


Figura 3-2: Tipologico esemplificativo raffigurante i prodotti fotogrammetrici

3.2 NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO

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

- D.Lgs 152/06 e smi;
- Direttiva Comunitaria 2007/60/CE – Valutazione e gestione del rischio di alluvioni/ D.Lgs. 49/2010;
- ARPAE Agenza Prevenzione ambiente Energia Emilia Romagna;
- Regione Emilia-Romagna, sezione ambiente;
- Piano stralcio per il rischio idrogeologico – Autorità dei Bacini Regionali romagnoli;
- PGRA;
- Consorzio di bonifica Pianura di Ferrara;
- 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).

4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI

L'area di intervento ricade all'interno del bacino idrografico del fiume Po

Il bacino del Po è il più grande d'Italia, sia per la lunghezza dell'asta principale (650 km) che per la dimensione dei deflussi (la portata massima storica defluita nella sezione di chiusura di Pontelagoscuro, in occasione della piena del 1951, è di 10.300 m³ /s). La superficie del bacino idrografico in senso stretto alla sezione di Relazione di sintesi Autorità di bacino del fiume Po 25 Pontelagoscuro è pari a 70.091 km²; ad essa vanno aggiunte le aree costituenti il sottobacino di Burana - Po di Volano, che non fornisce contributi ai deflussi di piena, e il Delta, la cui delimitazione idrografica è rappresentata rispettivamente a nord, dall'argine sinistro del Po di Venezia e successivamente da quello del Po di Maistra e a sud dall'argine destro del Po di Goro.

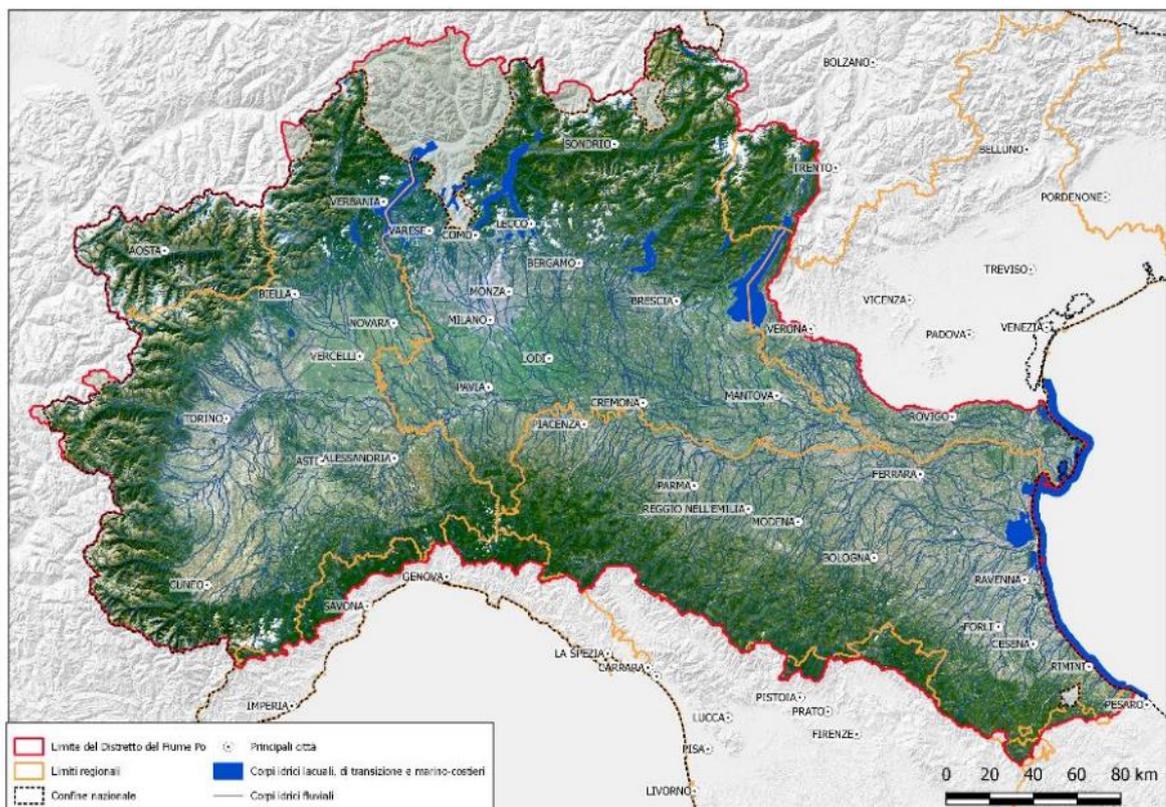


Figura 4-1: Bacino idrografico del Po;

Nel settore del dissesto idraulico e idrogeologico, l'attività di progressiva formazione del Piano è stata condotta attraverso diversi filoni, tra loro coordinati; Il "Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico" (PAI) rappresenta l'atto di pianificazione, per la difesa del suolo dal rischio idraulico e idrogeologico, conclusivo e unificante dei due strumenti di pianificazione parziale elaborati in precedenza, il PS 45 e il PSFF. Rispetto a questi Piani stralcio, il PAI contiene, per l'intero bacino, il completamento del quadro degli interventi strutturali a carattere intensivo sui versanti e sui corsi d'acqua non individuati nelle precedenti versioni; l'individuazione del quadro degli interventi strutturali a carattere estensivo e la definizione degli interventi a carattere non strutturale, costituiti principalmente dagli indirizzi e dalle limitazioni d'uso del suolo nelle aree a rischio idraulico e idrogeologico.

Si ritiene tuttavia che in molte aree la delimitazione effettuata sia esaustiva e di adeguata precisione alla scala di piano prescelta (1:25.000). È implicito che ove tale delimitazione risultasse inefficace ad esprimere la complessità dei fenomeni di dissesto e di pericolosità si renderà necessaria la trasposizione delle informazioni, l'analisi e se del caso studi ulteriori e approfondimenti ad una scala

di maggior dettaglio propria ad esempio dei Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale e dei Piani Regolatori Generali comunali. Tali approfondimenti risulteranno particolarmente efficaci ed auspicabili dove in base alla cartografia di Piano si individuino interferenze rilevanti con la presenza di insediamenti, beni e attività vulnerabili.

Per i 3.175 comuni del bacino del Po interessati dalla classificazione del rischio sono stati calcolati dapprima i valori di pericolosità compresi fra 1 e 4 (P1 moderata, P2 media, P3 elevata, P4 molto elevata), per ognuna delle 5 tipologie di dissesto (attività di trasporto di massa sulle conoidi, esondazioni, dissesti lungo le aste, frane, valanghe).

L'inviluppo delle 5 pericolosità di base compone e definisce, a livello comunale, la pericolosità complessiva. Il quadro riassuntivo della pericolosità complessiva, riportato di seguito in tabella, evidenzia il numero dei comuni e le rispettive quote percentuali riferite all'ambito amministrativo regionale.

Tabella 4-1: Percentuali di comuni, appartenenti al bacino del fiume Po per Regione, soggetti a diverse classi di pericolosità complessiva

Regione	Pericolosità complessiva (%)				
	Classi	1	2	3	4
Emilia-Romagna		0,4	37,8	59,6	2,2
Liguria		13,6	61,0	25,4	0
Lombardia		17,7	41,2	18,4	22,7
Piemonte		6,4	38,2	43,2	12,3
Provincia Autonoma di Trento		7,9	20,6	28,6	42,9
Valle d'Aosta		0	28,4	14,9	56,8
Veneto		28,6	31,4	34,3	5,7
<i>Bacino del fiume Po</i>		<i>11,7</i>	<i>36,3</i>	<i>31,1</i>	<i>17,9</i>

Il 49,8% dei comuni appartenenti al bacino sono a rischio elevato o molto elevato, mentre solo il 10,8% appartiene alla classe di rischio moderato.

Analoga procedura è stata applicata per il rischio, definito come prodotto della pericolosità P per il danno D (risultante dal prodotto del valore economico per la vulnerabilità V). Si perviene, in tal modo, alla rappresentazione cartografica denominata carta del rischio idraulico e idrogeologico, che costituisce una rappresentazione sintetica dell'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici (v. Elaborato di piano n. 2). La rappresentazione cartografica che segue (Figura 4-2) riproduce questa carta allegata, in scala 1:250.000, al presente Piano.

La Tabella 4-1 sintetizza la distribuzione delle quattro classi di rischio (cfr. Figura 4-2) nei comuni del bacino.

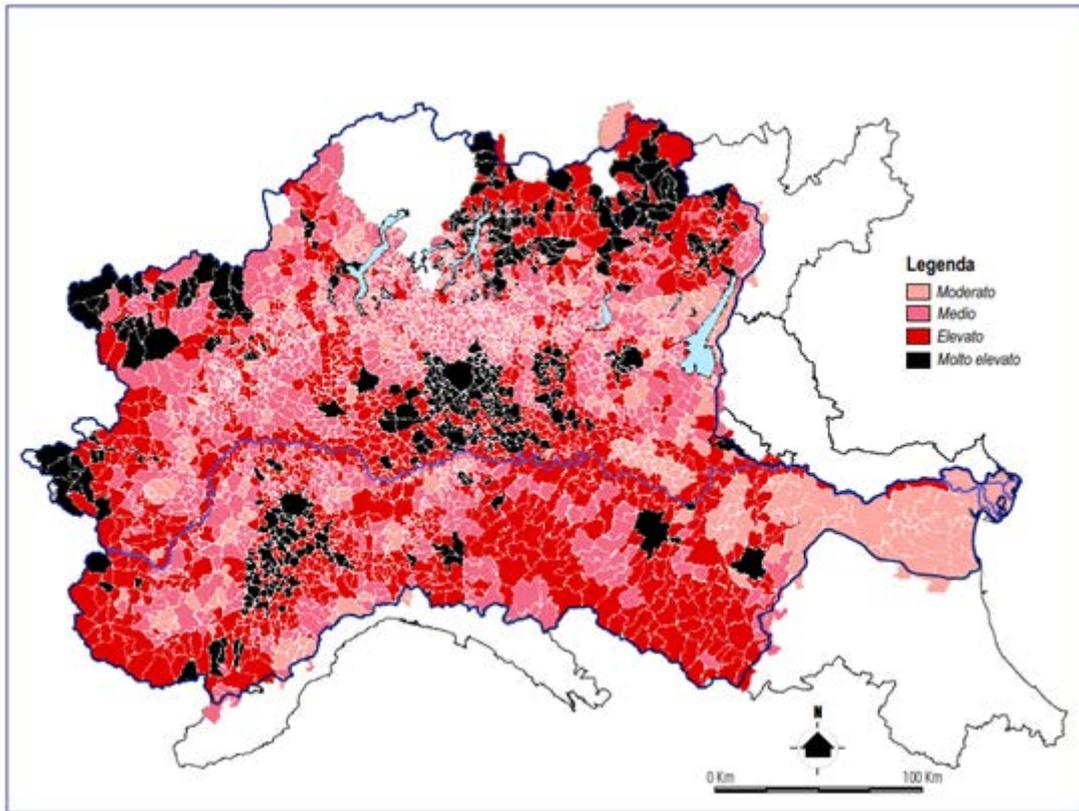
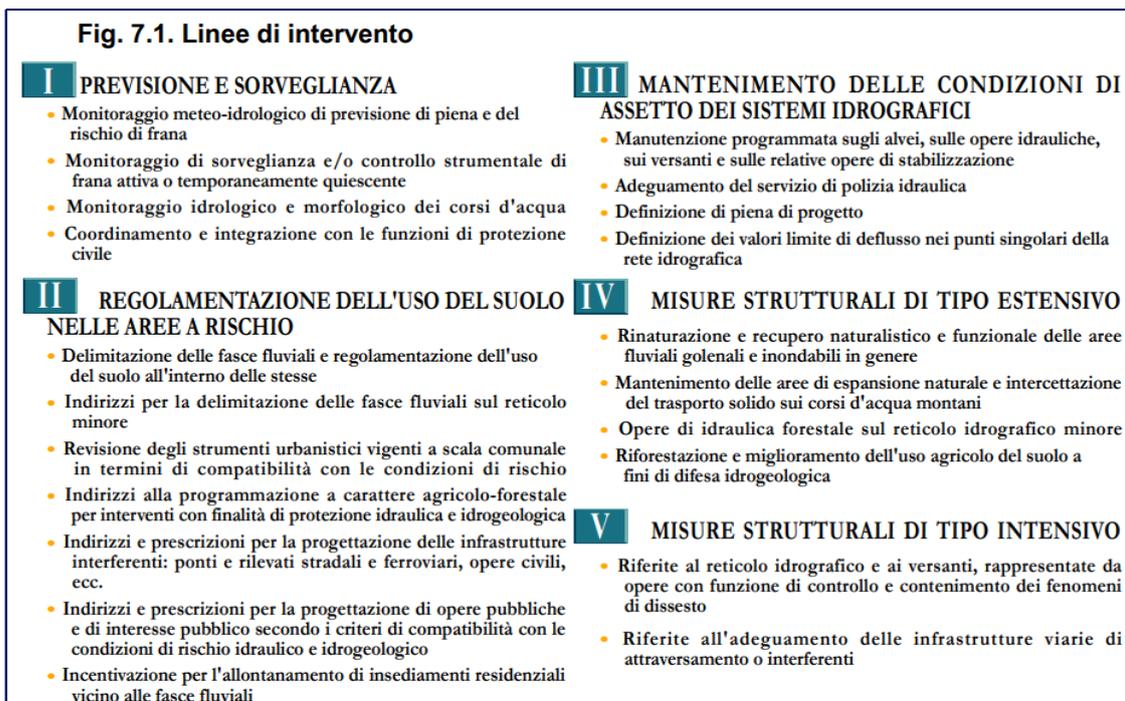


Figura 4-2: Rischio idraulico e idrogeologico

Le linee di intervento del Progetto di piano esprimono l'individuazione delle necessità di intervento, in termini di compatibilità del rischio sul territorio, costituite da misure non strutturali e strutturali a carattere intensivo ed estensivo. Sinteticamente il quadro degli interventi è costituito dai seguenti punti:



4.1 PIANI DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

I piani di assetto idrogeologico devono contenere in particolare l'individuazione delle aree a rischio idrogeologico e la perimetrazione delle aree da sottoporre a misure di salvaguardia, nonché le misure medesime.

Per quanto riguarda la Provincia di Ferrara, sono stati redatti i piani stralcio di bacino relativi ai due più importanti corsi d'acqua: Po e Reno. Nello specifico, per il fiume Po sono stati realizzati due Piani di bacino: il Piano relativo al corso principale del Po (PAI fiume Po) e quello relativo al ramo terminale di quest'ultimo, il delta (PAI delta fiume Po). L'entrata in vigore del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po - brevemente denominato PAI - adottato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 del 26 aprile 2001 è avvenuta con la pubblicazione, sulla Gazzetta Ufficiale n. 183 dell'8 agosto 2001 del D.P.C.M. del 24 maggio 2001. Il PAI si configura come "piano cornice" che vede la sua attuazione nei Piani redatti dalle amministrazioni locali (Piani territoriali, strumenti urbanistici, Piani di settore); la verifica della compatibilità idraulica e geologica delle scelte territoriali ed urbanistiche, oltre agli eventi idrologici che continuano a manifestarsi nel bacino del Po, si traducono in un continuo aggiornamento del Piano, attraverso varianti ed integrazioni dei contenuti normativi e tecnici.

4.1.1 PAI Delta / Piano Stralcio Provinciale

Il PAI Delta contiene l'estensione della delimitazione delle fasce A, B e C al sistema idrografico del Delta, quindi investe Comuni già interessati dai precedenti Piani stralcio; in particolare nella Provincia di Ferrara interessa i Comuni di Berra, Codigoro, Comacchio, Goro, Jolanda di Savoia, Mesola, Migliarino, totalmente interni al bacino idrografico del Fiume Po. Le connesse disposizioni di cui alle Norme di attuazione, integrano e/o prevalgono, in caso di incompatibilità, su quelle dei Piani richiamati.

Nello specifico, il PAI Delta definisce due tipologie di fasce fluviali:

- la fascia di deflusso della piena, costituita dall'alveo interessato dal deflusso e dall'invaso della piena di riferimento. Tale fascia, in ragione delle caratteristiche del sistema delle arginature maestre e dell'alveo da esse delimitato, assume la particolare caratteristica di estendersi, su tutti i rami deltizi, sino al rilevato arginale. Nel Piano la fascia viene pertanto definita convenzionalmente Fascia A-B. Essa costituisce l'estensione della delimitazione delle fasce fluviali A e B dell'asta del Po, di cui al Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, approvato con D.P.C.M. 24 luglio 1998;
- le aree inondabili per tracimazione o rottura degli argini maestri, delimitate in funzione di condizioni di rischio residuale decrescente. Tali aree sono articolate in:
- Fascia di rispetto idraulico (Fascia C1), costituita dalla porzione di territorio che si estende dal limite esterno della fascia di deflusso (Fascia A-B) sino alla distanza di m 150 da questo, ovvero, per le difese arginali a mare, dal piede delle stesse, sino alla stessa distanza lato campagna. Per i territori ricadenti in fascia C1 le Norme di Attuazione del PAI Delta definiscono attività compatibili, divieti e limiti, al fine di ridurre le condizioni di vulnerabilità per la popolazione e di beni esposti
- Fascia di inondazione per tracimazione o rottura degli argini maestri (Fascia C2), costituita dalla porzione di territorio inondabile per cedimento o tracimazione delle opere di ritenuta, in rapporto alle quote del terreno, alle condizioni morfologiche, alle caratteristiche geotecniche e di affidabilità del sistema arginale. La fascia si estende, nel territorio ferrarese dal limite esterno della precedente (Fascia C1) sino al rilevato arginale del Po di Volano. Nella Fascia C2 il Piano fornisce criteri e indirizzi alla pianificazione territoriale, urbanistica e di protezione civile.

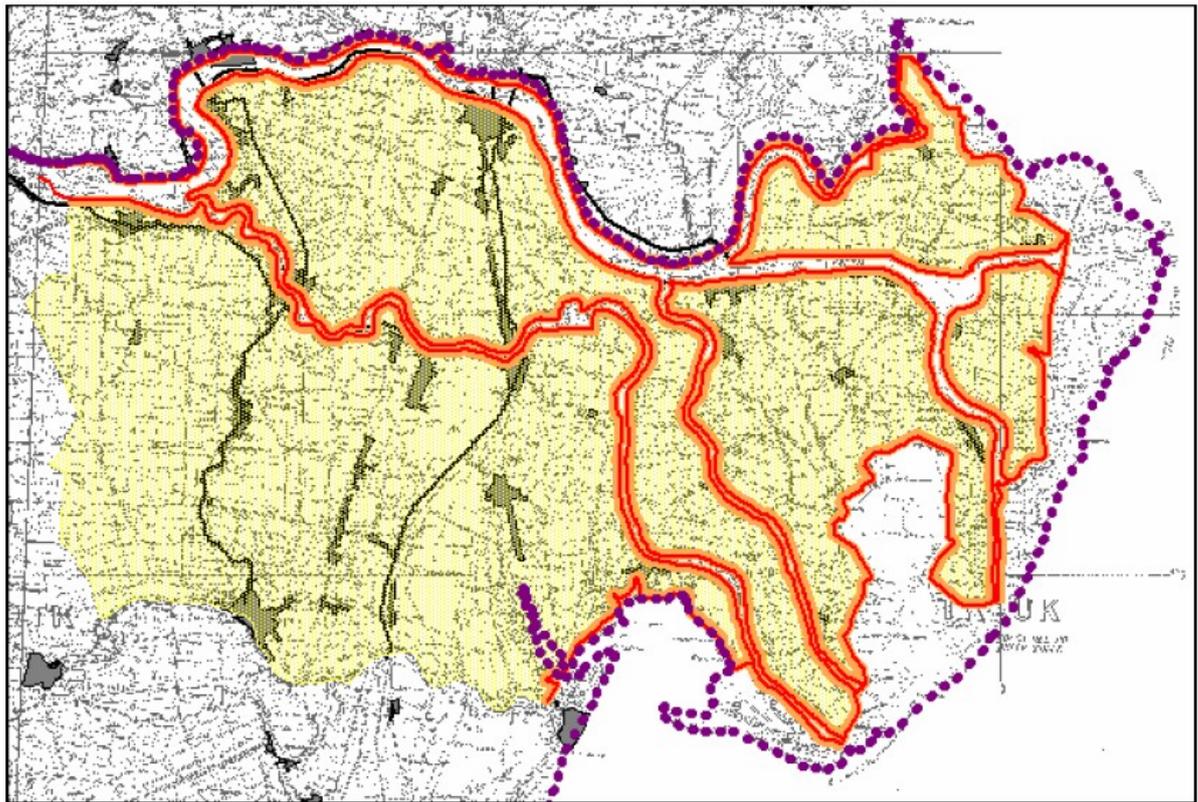


Figura 4-3: Delimitazione delle Fasce Fluviali del PAI Delta

L'area di intervento è situata all'interno della Fascia C2

4.2 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI

Il territorio provinciale per le sue peculiarità altimetriche, morfologiche e climatiche è particolarmente complesso, soprattutto per quanto riguarda gli aspetti idraulici. La Provincia di Ferrara è infatti attraversata da importanti corsi d'acqua quali Po, Reno e Panaro oltre che da una fitta rete di canali regimati artificialmente dai consorzi di bonifica, grazie ai quali circa il 40% del territorio viene mantenuto al di sopra del livello medio del mare. Alla luce di quanto sopra esplicitato e nella consapevolezza che per ogni tipologia di rischio vi sono soggetti differenti preposti alla gestione dell'attività ordinaria e straordinaria, si è optato per la redazione di un programma di previsione e prevenzione realizzato per stralci, ciascuno dei quali tratta un rischio diverso.

Relativamente ai rischi di incendio boschivo, industriale e sismico è stato elaborato un unico documento avente i contenuti e validità di Programma Provinciale di Previsione e Prevenzione (PPPP) e di Piano di Emergenza di protezione civile, mentre per la vastità di informazioni e per la complessità delle problematiche connesse al rischio idraulico si è preferito realizzare due documenti distinti, PPPP e Piano. La suddivisione per rischio, come sopra esposta, consentirà una facile consultazione degli elaborati di protezione civile, oltre a rendere più agevole e speditivo l'aggiornamento degli stessi

L'impostazione seguita dall'Autorità di Bacino del fiume Po (distretto padano) per la redazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) consiste nell'individuazione, a partire dalle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni (dicembre 2013), di unità territoriali dove le condizioni di rischio potenziale sono particolarmente significative e per le quali è necessaria una gestione specifica dello stesso, dette con un acronimo ARS (Aree a Rischio potenziale Significativo), richiamando la definizione di cui all'art. 5 della Direttiva 2007/60/CE e del D.Lgs. 49/2010.

Tali ambiti sono articolati in tre livelli in relazione alla rilevanza della criticità e alla complessità degli interventi da mettere in atto e della gestione e valutazione del rischio in corso di evento. I livelli individuati sono:

- il livello distrettuale, a cui corrispondono nodi critici di rilevanza strategica per le situazioni presenti di rischio elevato o molto elevato che coinvolgono insediamenti abitativi e produttivi di grande importanza e le principali infrastrutture e vie di comunicazione. Tale livello è individuato dall'Autorità di bacino del Po e condiviso dalle Regioni e comprende, per la Regione Emilia-Romagna, i seguenti ambiti: Fiume Secchia, Fiume Panaro, Torrente Enza, Torrenti Parma-Baganza, Torrente Arda, Ambito costiero, Po e delta;
- il livello regionale, a cui corrispondono situazioni di rischio elevato e molto elevato per le quali è necessario il coordinamento delle politiche regionali alla scala di sottobacino, individuate dalla Regione Emilia-Romagna in accordo e coordinamento con l'Autorità di Bacino e le altre Regioni del distretto ed oggetto del presente Allegato;
- il livello locale comprendente il sottoinsieme più vasto di tutte le situazioni degli elementi a rischio emersi dalle mappe e/o noti e segnalati dagli Enti gestori e dai Comuni, anche se non necessariamente rappresentati dalle mappe, in relazione al grado di dettaglio e alla scala di analisi propria delle mappe stesse.

La porzione del distretto padano che ricade nel territorio della Regione Emilia-Romagna è caratterizzata, nella sua parte più a nord, tra le pendici della pedecollina (che è limitata dalla via Emilia) e gli argini di Po, in pianura, dalla presenza di una fitta rete di canali artificiali di bonifica che assolvono funzione di scolo, di irrigazione o promiscua. Ai canali si accompagna un sistema complesso di opere, la cui gestione è affidata ai 6 Consorzi di Bonifica che hanno competenza sui rispettivi comprensori (di Piacenza, Parmense, dell'Emilia-Centrale, Burana, della Pianura di Ferrara, Renana, quest'ultimo in piccola parte): si tratta di chiaviche, botti, impianti idrovori, paratie, casse di espansione, bacini, argini, etc. La complessità del sistema è accresciuta dal fatto che la rete è strettamente interconnessa con il reticolo principale e, in alcuni casi, con il reticolo secondario e minore naturale. I canali di bonifica che interessano il territorio regionale, realizzati a cavallo tra il XIX ed il XX secolo con finalità territoriali molto diverse rispetto alle esigenze attuali, risultano sostanzialmente progettati, per lo più, per eventi caratterizzati da tempi di ritorno non superiori a circa 25-50 anni e attraversano, oggi, territori che sono passati nel corso degli anni da un uso tipicamente agricolo a un denso sfruttamento, con presenza di centri e nuclei abitati importanti ed altrettanto importanti realtà produttive e agricole. Per tempi di ritorno superiori ai 50 anni la rete risulta, a meno di alcuni casi, insufficiente in modo generalizzato, con allagamenti diffusi su porzioni molto ampie del territorio e ristagnamenti maggiori nelle zone depresse. Nonostante gli innumerevoli interventi effettuati, l'adeguamento strutturale di tale reticolo idrografico, nella sua complessità, non ha potuto seguire la rapida evoluzione urbanistica degli ultimi 50 anni e si valuta che, salvo alcuni collettori e dorsali principali, la capacità di scolo della rete sia rimasta invariata o addirittura sia diminuita.

La sintesi della mappatura della pericolosità per l'ambito reticolo secondario di pianura (RSP) è riportata nella seguente illustrazione.

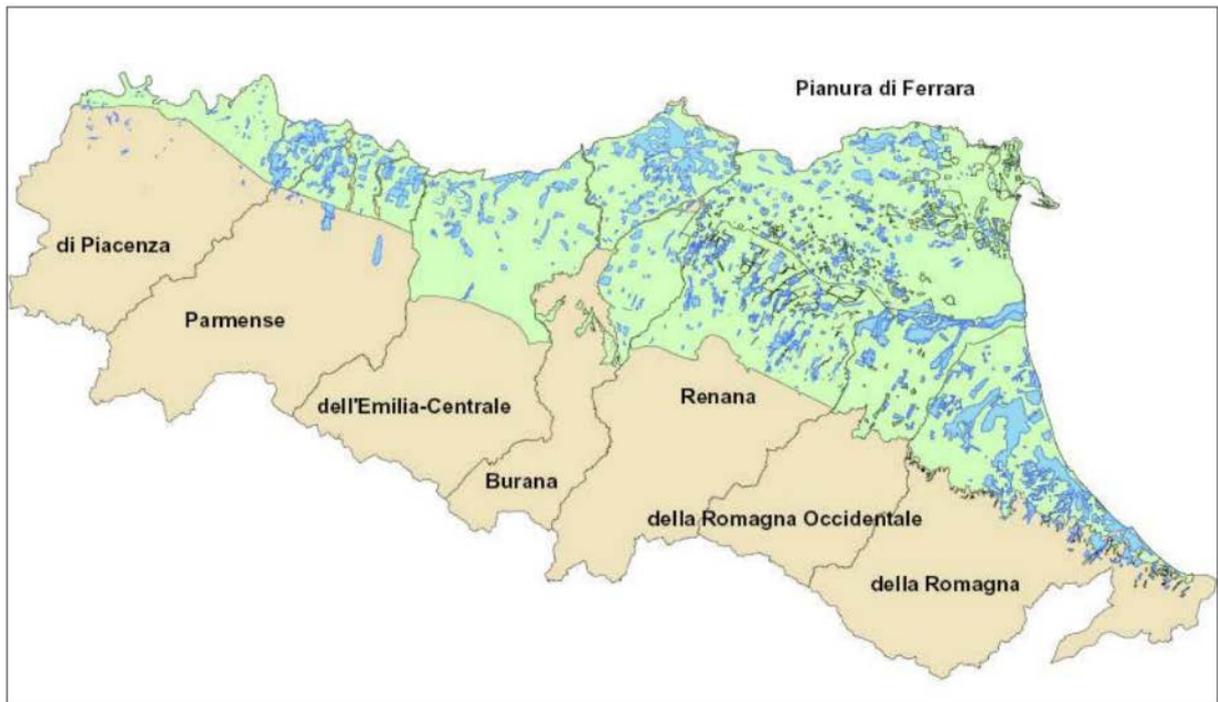


Figura 4-4: Carta delle aree allagate o allagabili nel settore di pianura emiliano-romagnolo interessato dal reticolo idrografico artificiale (in azzurro, le aree caratterizzate da inondazioni frequenti, di tipo F, le poco frequenti (PF) in verde).

L'ambito interessato dal progetto è di livello regionale, ricade nel territorio della Regione Emilia-Romagna, ed è denominato Ambito della "Area omogenea pianura – reticolo secondario di bonifica".

All'interno di tale ARS - area omogenea, l'interesse del presente progetto ricade sul bacino Burana – Po di Volano, il cui territorio risulta caratterizzato, dalle analisi effettuate a scala di distretto dall'Autorità di Bacino del fiume Po, da un indice complessivo di rischio particolarmente significativo.

L'Ambito comprende i comprensori di bonifica di pianura su cui ha competenza, tra gli altri, il Consorzio di Bonifica di Ferrara.

Tali aree omogenee sono state identificate considerando prevalentemente le loro peculiarità fisico-ambientali, ponendo particolare attenzione al tipo di risposta idraulica che presentano quando vengono sollecitate dagli scenari definiti nelle mappe di pericolosità. In secondo luogo sono stati considerati gli aspetti legati alla presenza antropica e alla loro distribuzione evidenziati dalla mappatura del rischio (popolazione, beni ambientali e storico-culturali, beni ed attività economiche, etc.). Infine, in relazione alle misure specifiche di preparazione, le aree sono state individuate tenendo in considerazione anche la suddivisione del territorio in zone di allertamento, definite dal sistema di protezione civile come ambiti territoriali che costituiscono la base dell'organizzazione del sistema di allertamento in fase previsionale secondo criteri di natura idrografica, meteorologica, orografica ed amministrativa.

La criticità dell'ambito di bonifica deriva anche dalla sua naturale conformazione attuale. Le aree di pianura sono, come confermano i recenti dati del DTM Lidar (MATTM, 2008, risoluzione 1 punto/m²), zone a scolo e drenaggio difficoltoso, in cui le esondazioni si manifestano con velocità e tiranti idrici modesti, ma interessano amplissime porzioni di territorio con tempi di permanenza dell'acqua raramente inferiori alle 24 ore. Anche i canali di bonifica, come i corsi d'acqua principali, scorrono pensili rispetto al piano di campagna e confluiscono nel reticolo naturale in modo regolato.

Data l'enorme valenza economica delle aree di pianura nel contesto regionale, l'importante funzione assolta dalla rete secondaria di pianura e la criticità intrinseca al sistema, si ritiene fondamentale e strategico affrontare il tema della valutazione e gestione del rischio di alluvione in tale ambito in modo omogeneo e trasversale, senza sostanziali differenze tra distretto padano e quello Appennino settentrionale. In particolare all'interno dell'ARS di pianura così individuata ricadono tre importanti aree idraulicamente distinte: - bacino Burana, area di influenza Nord Reno e area di influenza Ovest Reno, la prima delle quali risulta interessata dagli interventi del presente progetto, e per questo sarà in questa sede oggetto di specifico approfondimento.

Il Bacino Burana - Po di Volano

All'interno dell'area omogenea di pianura, merita una descrizione a sé, in quanto ritenuto caso significativo e meritevole di attenzione, il bacino Burana – Po di Volano, che occupa la porzione sud - est del distretto padano e interessa quasi integralmente la Provincia di Ferrara. Il bacino è composto da due sottobacini: Burana e Po di Volano.

Il primo è limitato ad est dal mare Adriatico, a sud dall'argine sinistro del fiume Reno, facente parte del distretto dell'Appennino Settentrionale, a ovest dal fiume Panaro, a nord dagli argini maestri di Po. Al suo interno scorre anche il Cavo Napoleonico, importante e strategica opera idraulica, avente la funzione di scolmare, in caso di necessità, le piene del Reno in Po, sfruttandone un vecchio ramo abbandonato. Il sotto-bacino Burana, posto nel settore ovest del bacino idrografico è, invece, delimitato dai fiumi Secchia e Panaro, rispettivamente ad ovest e ad est, e dal Po a nord, che scorre in tale tratto in Regione Lombardia.

I corsi d'acqua principali del bacino, aventi non solo funzione di regolazione delle piene, ma anche di via navigabile (costituendo, alcuni di essi, l'idrovia ferrarese), sono il Canale Emissario di Burana, il Canale Boicelli, il Po di Primaro, il Po di Volano, il Canale Navigabile, su cui ha competenza il Servizio Tecnico Bacino Po di Volano e della Costa della Regione Emilia. Accanto ai corsi d'acqua cosiddetti "principali", il territorio è caratterizzato da una fitta e capillare rete di canali di bonifica e relative opere idrauliche, la cui gestione è affidata al Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, nel sottobacino Po di Volano, e al Consorzio di Bonifica Burana nella restante parte dell'area. I due sistemi di bonifica sono tra loro interconnessi mediante tre importanti strutture: la Botte Napoleonica, l'impianto Pilastresi, l'impianto Santa Bianca, tutte situate nel Comune di Bondeno, nodo idraulico strategico, chiusura dei bacini di scolo di bonifica tra i fiumi Secchia e Panaro.

Le caratteristiche del bacino Burana – Po di Volano possono essere così sintetizzate:

- è completamente pianeggiante;
- i corsi d'acqua esterni (Po Grande, Po di Goro, Panaro, Reno e Secchia) si presentano pensili;
- i corsi d'acqua interni sono anch'essi pensili sul piano campagna, ma scorrono a quote inferiori rispetto ai precedenti;
- il sistema è caratterizzato da una spiccata multifunzionalità;
- molteplici sono le opere idrauliche di regolazione e gestione del sistema;
- il 40% circa del territorio si trova a quote inferiori rispetto al livello medio mare;
- la conformazione altimetrica è in continua evoluzione a causa della subsidenza;
- le piene sono generate prevalentemente da scolo artificiale (> 75%);
- sono presenti al suo interno aree ad elevata valenza ambientale (Parco delta del Po / Valli di Comacchio / Sacca di Goro).

All'interno del bacino insistono nodi idraulici importanti (Valpagliaro, Conca di Pontelagoscuro, Botte Napoleonica, solo per citarne alcuni).

La gestione idraulica del sistema è piuttosto articolata e complessa. Si sottolinea, infatti, che:

- $\frac{3}{4}$ delle immissioni nel reticolo idrografico principale sono regolate;

- molteplici sono le interazioni con il reticolo scolante della bonifica
- è necessaria una attenta gestione delle manovre idrauliche, considerati i tempi di risposta del sistema.

A ciò si aggiunge il fatto che, come già accennato, all'interno del bacino convivono e coesistono diverse funzioni: non solo la navigazione, lo scolo e l'irrigazione, ma anche importanti attività legate alla valenza ambientale del territorio e all'uso ricreativo. A tale mosaico di usi corrisponde un altrettanto complessa rete di Enti aventi diverse competenze: l'Agenzia Interregionale per il Po (AIPO) per la parte di navigazione (di cui ha competenza esclusiva), di scolo e irrigua (accanto ai Consorzi di Bonifica); il Servizio Tecnico di Bacino regionale, gestore della rete principale del bacino sopra elencata; l'Ente parco, la Provincia, i Comuni, le Associazioni per gli usi ricreativi e ambientali.

Tale quadro implica la necessità da un lato di attivare protocolli di intesa tra enti per la gestione del sistema e, in particolare, delle emergenze, dall'altro di poter disporre di attendibili modelli previsionali meteo e idrologici e di modelli idraulici di propagazione delle piene.

Oltre ai problemi derivanti, inoltre, dalle precipitazioni localizzate sul bacino e dalla conseguente incapacità del reticolo di bonifica di veicolarle, può verificarsi il caso di sormonto e/o rottura arginale dei corsi d'acqua naturali che fanno da confine al comprensorio.

L'analisi delle criticità viene effettuata evidenziando i macrotemi prevalenti e riassunta per ciascuna delle ARS individuate nelle tabelle seguenti.

Tabella 4-2: Caratteristiche e Criticità dell'Area Omogenea Pianura

ARS "AREA OMOGENEA PIANURA - RETICOLO SECONDARIO DI BONIFICA"	
Caratteristica	CRITICITA'
Territorio sub-pianeggiante con modalità di inondazione per celle idrauliche delimitate da rilevati e messe in comunicazione attraverso varchi o per sormonto dei rilevati. Funzionamento a "serbatoi in cascata".	Evoluzione spaziale e temporale e intensità delle possibili inondazioni influenzata da molti fattori anche contingenti, necessità di approfondimento del tema per il miglioramento delle misure di prevenzione, protezione, preparazione e reazione.
Elevata densità antropica con alta concentrazione di infrastrutture e attività di rilevanza economica e sociale. Il sistema viario principale (stradale e ferroviario) di collegamento Nord –Sud Italia ricade in questo territorio.	Elementi esposti numerosi e diffusi.
Alta percentuale di territorio urbanizzato e territorio agricolo che utilizza nuovi sistemi di drenaggio.	Diminuzione della capacità di ritenzione delle acque con diminuzione dei tempi di corrvazione alla rete scolante artificiale e naturale e aumento dei picchi di piena.
Porzione sud e mediana dell'area soggetta negli ultimi 60 anni a forte subsidenza.	Alterazione delle pendenze corsi d'acqua che agisce negativamente sulle prestazioni di trasferimento delle piene.
Presenza di una complessa rete di canali di bonifica e relative opere (casse di espansione, impianti idrovori, chiaviche, etc).	Condizioni di criticità e vulnerabilità idraulica in molti tratti. Officiosità idraulica variabile e in molti tratti insufficiente a transitare le piene trentennali, in quasi tutti insufficiente per le piene duecentennali.
BACINO BURANA – PO DI VOLANO	
Caratteristica	CRITICITA'
Presenza di una complessa rete di corsi d'acqua e di	Gestione del sistema complessa e articolata.

canali di bonifica tra loro interconnessi e relative opere (casce di espansione, impianti idrovori, chiaviche, etc)	Sistema multifunzione. Rischio residuale. Rischio per crisi interna.
--	--

A completamento del quadro conoscitivo si riportano di seguito le principali illustrazioni recanti lo schema del reticolo principale e delle opere idrauliche e le caratteristiche altimetriche del bacino Burana – Po di Volano, nelle quali si evidenzia l’indicazione della posizione del sito di progetto.

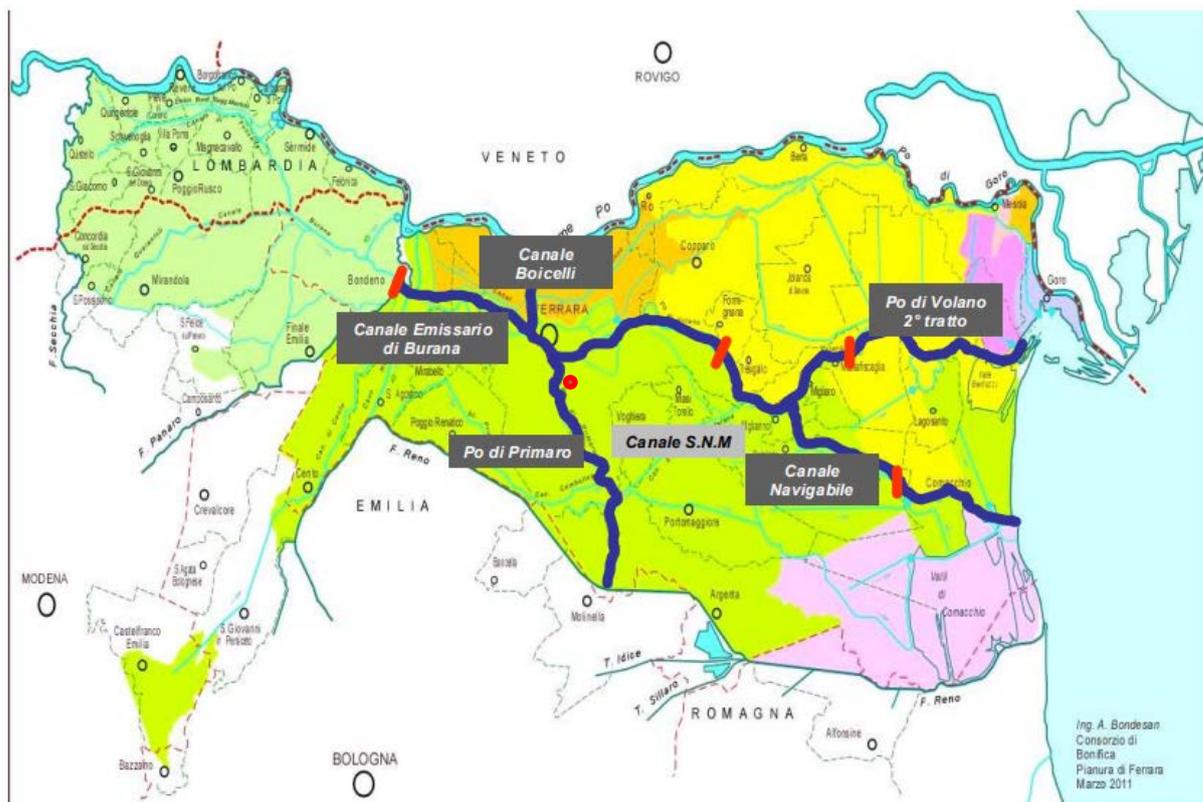


Figura 4-5: Bacino Burana – Po di Volano: reticolo principale

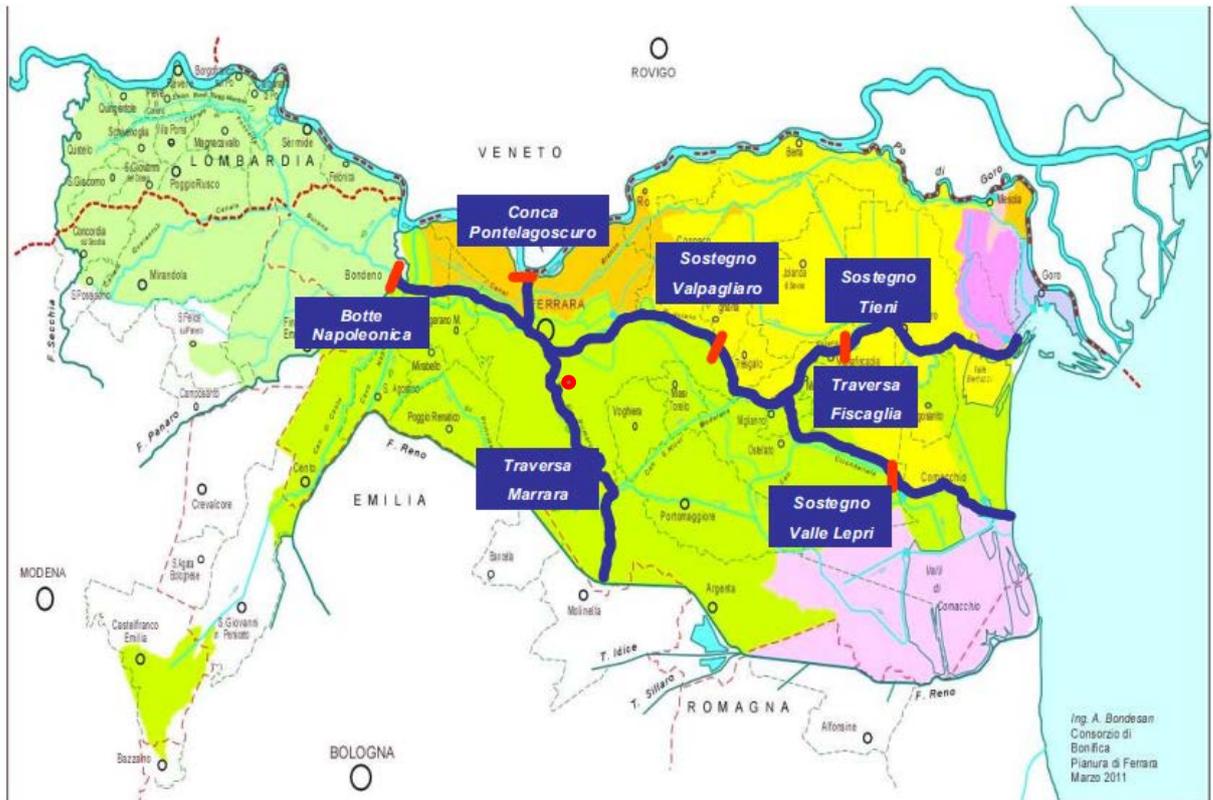


Figura 4-6: Bacino Burana – Po di Volano: principali manufatti idraulici

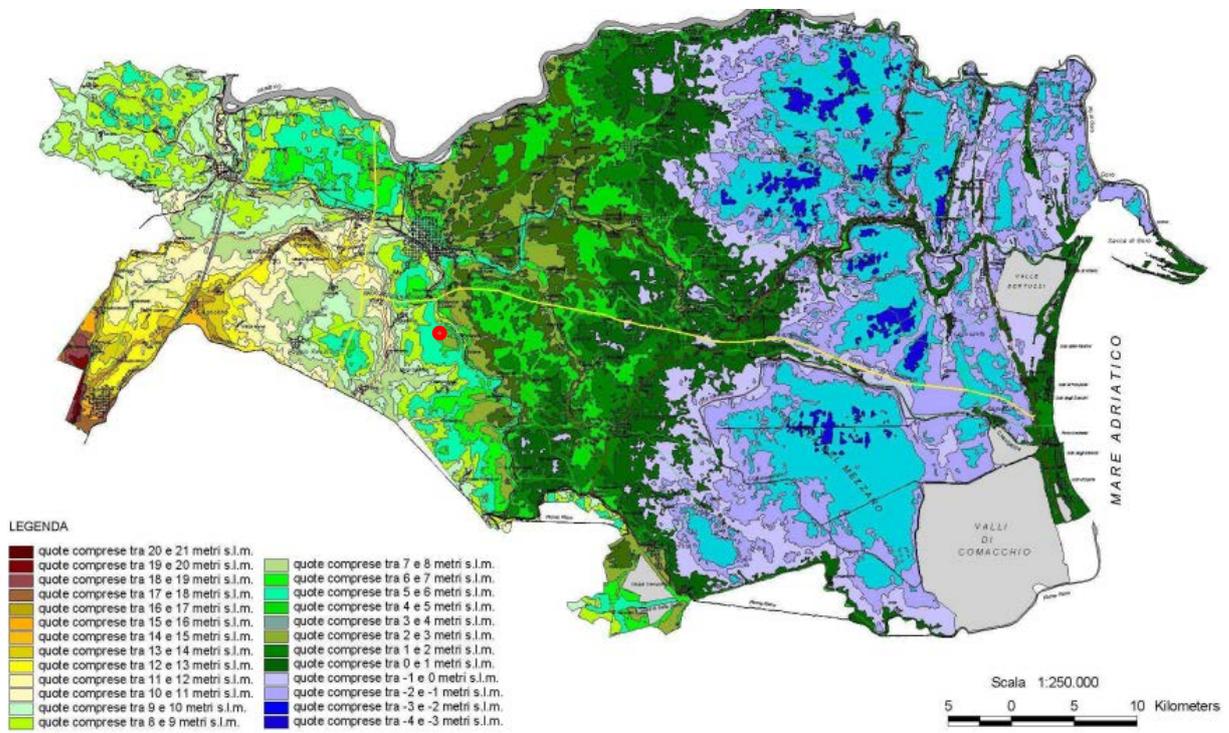


Figura 4-7: Bacino Burana – Po di Volano: altimetria

A completamento del quadro conoscitivo si riportano di seguito alcuni stralci delle illustrazioni recanti la classificazione della pericolosità nell'area di interesse del bacino Burana – Po di Volano, nelle quali si evidenzia l'indicazione della posizione del sito di progetto.

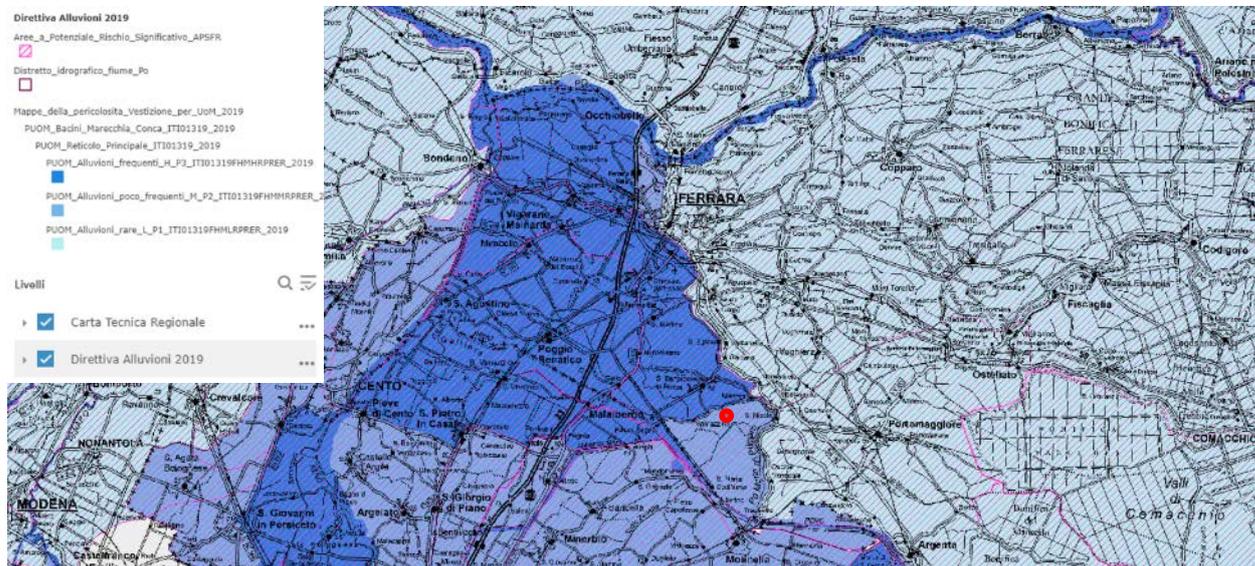


Figura 4-8: Tavola della pericolosità idraulica – L'intervento ricade in area P2

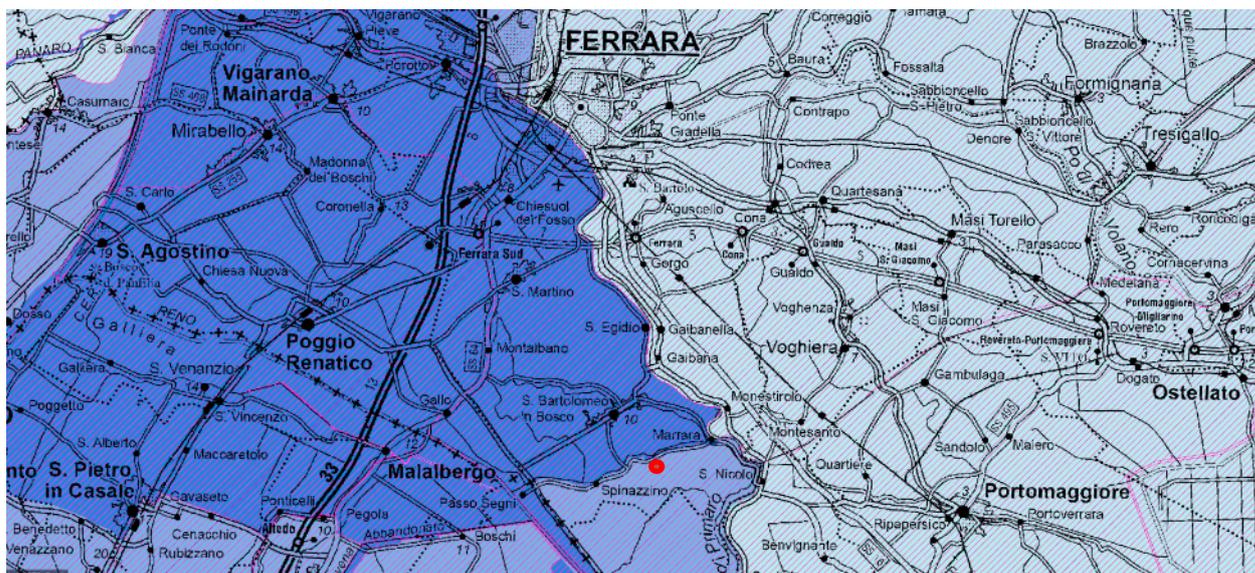


Figura 4-9: Tavola della pericolosità idraulica (Maggior Dettaglio) – L'intervento ricade in area P2

Le fasce con probabilità di inondazione corrispondente a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni e le fasce ripariali e arginali sono sottoposte a una serie di prescrizioni le quali costituiscono misure di tutela per la difesa dai fenomeni alluvionali:

- i titoli abilitativi, le approvazioni di opere pubbliche di cui alla legislazione vigente, gli strumenti urbanistici generali e attuativi e loro varianti, nonché gli accordi (art. 34, D.Lgs 247/00) e le conferenze (art.3 bis, L. 441/87) per la loro attuazione non devono consentire la realizzazione di nuovi manufatti edilizi, il deposito e lo stoccaggio di materiali di qualsiasi genere ad eccezione di quelli relativi agli interventi consentiti le trasformazioni morfologiche che

riducano la capacità di invaso; relativamente ai manufatti edilizi esistenti possono consentire interventi di conservazione, di adeguamenti igienico-sanitari e interventi a carattere obbligatorio prescritti da specifiche normative di settore, interventi finalizzati a ridurre la vulnerabilità dell'edificio e mutamenti degli usi residenziali e produttivi in tipi di utilizzo compatibili con la pericolosità idraulica della zona;

- sono fatti salvi gli interventi finalizzati alla funzionalità idraulica e alla riduzione del rischio idraulico, gli interventi relativi a infrastrutture tecnologiche e viarie esistenti o a nuove infrastrutture che non comportino rischio idraulico; sono fatti salvi anche gli interventi relativi ad attività di tempo libero compatibili con la pericolosità idraulica della zona, che non comportino riduzione della funzionalità idraulica, purché siano attivate opportune misure di allertamento. La realizzazione degli interventi relativi a infrastrutture tecnologiche e viarie è subordinata al parere vincolante dell'Autorità di Bacino, che si avvale per l'istruttoria dei Servizi Tecnici regionali e/o provinciali, espresso nelle forme di cui al comma 4 dell'art.5 delle presenti norme per la verifica di compatibilità con le finalità del Piano Stralcio;
- c) entro il termine di 18 mesi dall'entrata in vigore del presente Piano, l'Autorità di Bacino individua, anche su indicazione dei Comuni e delle Province, i manufatti edilizi a destinazione produttiva o residenziale realizzati in conformità della normativa urbanistica o condonati che, per le particolari condizioni di rischio dovute alle specifiche caratteristiche di esposizione o vulnerabilità, non risultino efficacemente difendibili e per i quali devono prevedersi, a opera delle Regioni, le misure di incentivo alla delocalizzazione con le modalità di cui all'art.1, comma 5, della L. 267/98 e successive modificazioni. Sono fatti salvi i manufatti di rilevanza storica o testimoniale. I proprietari che non si avvalgono della possibilità di usufruire delle predette incentivazioni finanziarie decadono da eventuali benefici connessi ai danni causati dal verificarsi di calamità naturali;
- d) Nelle aree esterne alle fasce ripariali e arginali che successivamente alla realizzazione degli interventi per la messa in sicurezza dal rischio idraulico previsti dal Piano Stralcio non risulteranno più inondabili per piene con tempi di ritorno fino a 200 anni, possono essere consentiti, a partire dalla data di approvazione del progetto definitivo per la messa in sicurezza, modesti ampliamenti degli edifici esistenti e nuovi manufatti edilizi strettamente funzionali all'attività agricola non altrimenti localizzabili, purché le superfici agibili siano a quote compatibili con la piena di riferimento;
- e) successivamente alla realizzazione degli interventi per la messa in sicurezza dal rischio idraulico previsti dal Piano Stralcio, e alla conseguente modifica delle fasce inondabili certificata dall'autorità idraulica competente, il Piano Stralcio viene aggiornato con il recepimento della modifica attraverso la procedura del comma 2 del precedente art. 6. Conseguentemente all'aggiornamento del Piano Stralcio nelle aree non più ricomprese nelle fasce inondabili, ed esterne alle fasce ripariali e arginali, decadono le limitazioni elencate.

L'intervento in oggetto non pregiudica né altera in modo significativo le condizioni ambientali. Non si determina pertanto un aumento del rischio idraulico. Le condizioni di deflusso restano pressoché invariate, così come le prestazioni complessive del bacino.

5 STUDIO IDROLOGICO AREA NUOVO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

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

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

- Identificazione delle aree scolanti e del coefficiente di deflusso ottenuto mediante una media ponderata;
- Determinazione delle Linee Segnaletiche di Possibilità Pluviometriche (LSP) per un tempo di ritorno pari a 25 anni;
- Determinazione della precipitazione di progetto avente una durata superiore al tempo di corrivazione del bacino sotteso dall'invaso;
- Stima dei volumi di progetto.

5.1 SCELTA DEL TEMPO DI RITORNO

L'evento di pioggia di progetto alla base dei calcoli idrologici e della simulazione/dimensionamento idraulico è scelto in base al concetto di tempo di ritorno.

Il periodo di ritorno di un evento, definito anche come "tempo di ritorno", è il tempo medio intercorrente tra il verificarsi di due eventi successivi di entità uguale o superiore ad un valore di assegnata intensità o, analogamente, è il tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta.

Oltre al concetto di tempo di ritorno vi è poi la probabilità che un evento con tempo di ritorno T si realizzi in N anni:

$$P = 1 - (1 - 1/T)^N$$

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

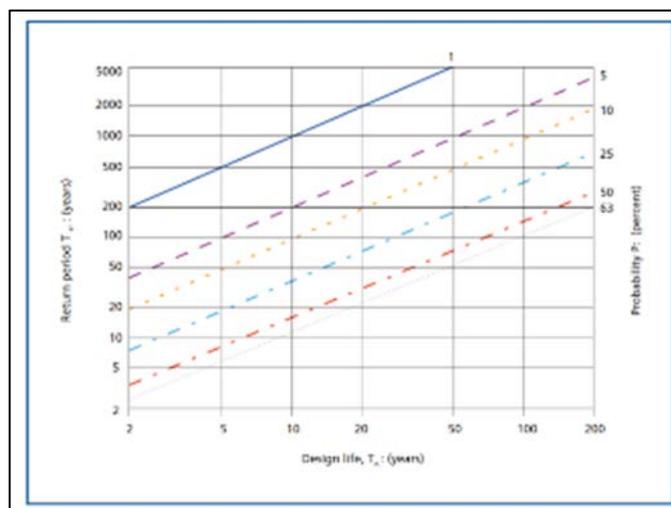


Figura 5-1: Probabilità di superamento di un evento con un determinato tempo di ritorno T durante N anni

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 25 anni.

5.2 ANALISI PROBABILISTICA DELLE PRECIPITAZIONI

Nell'analisi idrologica si sono regionalizzate le grandezze "piogge estreme di assegnata durata e tempo di ritorno" e "portate massime di piena di assegnato tempo di ritorno", sulla base dell'analisi statistica dei dati disponibili nel sito dell'ARPAE e del Consorzio di Bonifica di Ferrara, e gli annali del Servizio Idrografico Italiano.

L'approccio si basa sull'ipotesi di omogeneità idrologica della regione nella quale i dati riferiti a pochi punti possono essere estesi anche ad altri punti privi di misure dirette.

Le analisi statistiche applicabili sono state applicate sia seguendo un approccio di tipo regionale, utilizzando tutte le informazioni disponibili sul territorio, sia utilizzando i massimi annui di precipitazione per le brevi durate, allo scopo di ottenere una migliore caratterizzazione delle portate al colmo di piena anche nei bacini di piccolo-medie dimensioni.

Fine ultimo dell'analisi statistica è la definizione delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP), le quali consentono di disegnare, per una determinata durata e per un assegnato tempo di ritorno, un evento di precipitazione di progetto.

La definizione delle LSPP passa attraverso una serie di step necessari alla definizione dei parametri necessari alla caratterizzazione statistica delle precipitazioni.

Per la determinazione delle altezze critiche di pioggia si è scelto di utilizzare il metodo di Gumbel, analizzando le serie storiche di precipitazione riguardanti gli anni dal 1949 al 2010 per intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

I dati sono stati interpolati con una legge di potenza, ottenendo le curve di possibilità pluviometrica che legano la precipitazione h [mm] alla sua durata d [ore] secondo la relazione:

$$h = a d^n$$

i cui parametri "a" ed "n" sono stati calcolati con il metodo dei minimi quadrati.

Sono stati inoltre determinati parametri diversi per tempi di precipitazione inferiore all'ora.

Per il sito in oggetto i parametri estratti sono:

Parametri LSPP			
TR 25 anni			
a	n	a	n
57.01	0.493	52.66	0.196

È stata dunque tracciata la curva segnalatrice di possibilità pluviometrica per il sito.

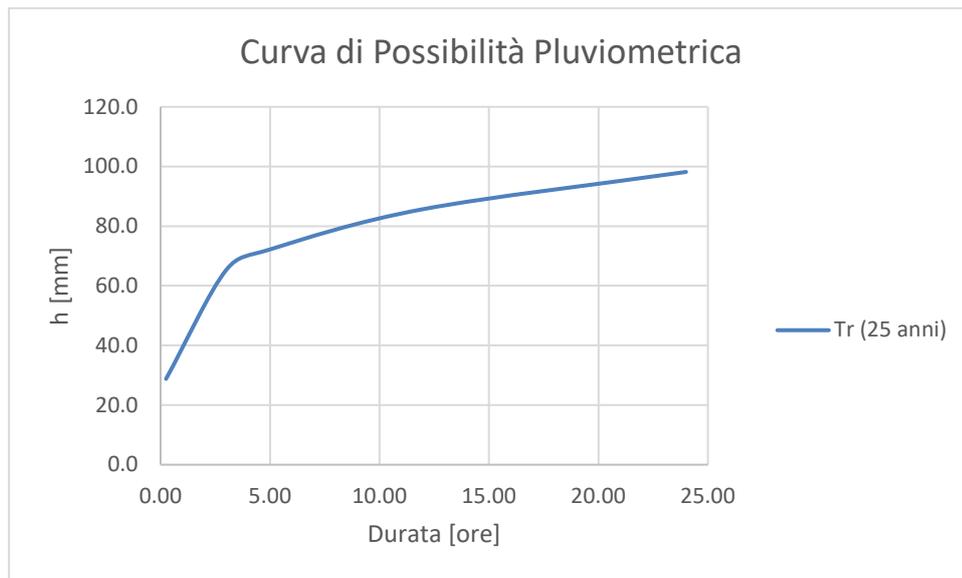


Figura 5-2: Curva segnalatrice di possibilità pluviometrica

Tabella 5-1: Altezze di precipitazione per diverse durate e per TR pari a 25 anni

H (d,Tr)		d (ore)				
		1	3	5	12	24
Tr (anni)	25	57.0	65.3	72.2	85.7	98.2

5.3 ANALISI MORFOLOGICA

Il concetto di bacino idrografico in un territorio di pianura è convenzionale. È in effetti difficile, in tali condizioni, tracciare dei precisi spartiacque, anche in considerazione del fatto che l'assetto idraulico è strettamente controllato da canali artificiali e chiaviche, e con particolari manovre, è possibile deviare le acque di scolo in territori adiacenti. Un bacino idrografico in pianura viene perciò generalmente definito – come si è detto - con riferimento al sistema di convogliamento delle acque di scolo in condizioni ordinarie, ossia di normale piovosità e con la sistemazione più frequente delle chiaviche.

Dai rilievi della zona e dalla cartografia consultabile dal sito del consorzio di bonifica della pianura di Ferrara si evince come il territorio sia pressoché pianeggiante con una leggera pendenza in direzione sud evidenziata dal rilievo di dettaglio eseguito sul sito di interesse.

L'area ricade all'interno del territorio del Bacino Burana-Volano, un tempo caratterizzato dal predominio delle valli e delle paludi, oggi interamente soggetto alla bonifica, le cui acque vengono raccolte ed allontanate per mezzo di una fitta di canali e numerosi impianti idrovori, che servono per la maggior parte della superficie.

Il Bacino di Burana-Volano è dunque individuato come bacino di scolo, ma la maggior parte dei suoi canali sono anche chiamati a svolgere funzioni irrigue.

In questo contesto si inserisce la gestione delle acque meteoriche che cadono all'interno dell'area in oggetto.

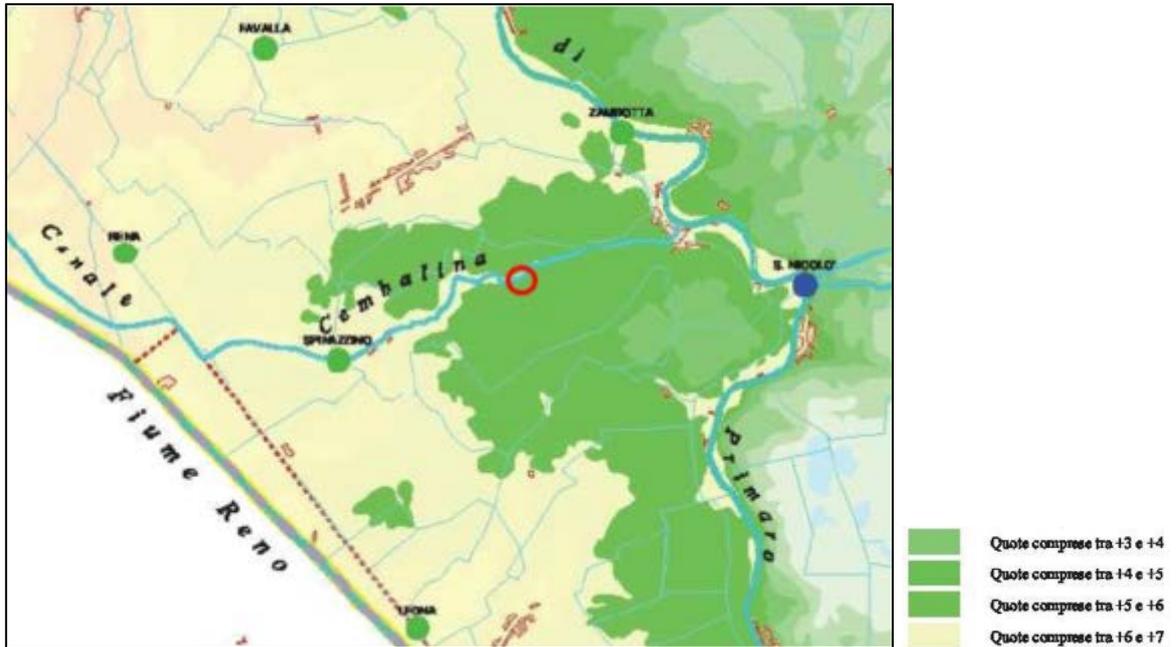


Figura 5-3: Estratto carta altimetrica del Consorzio di bonifica Romagna Centrale.

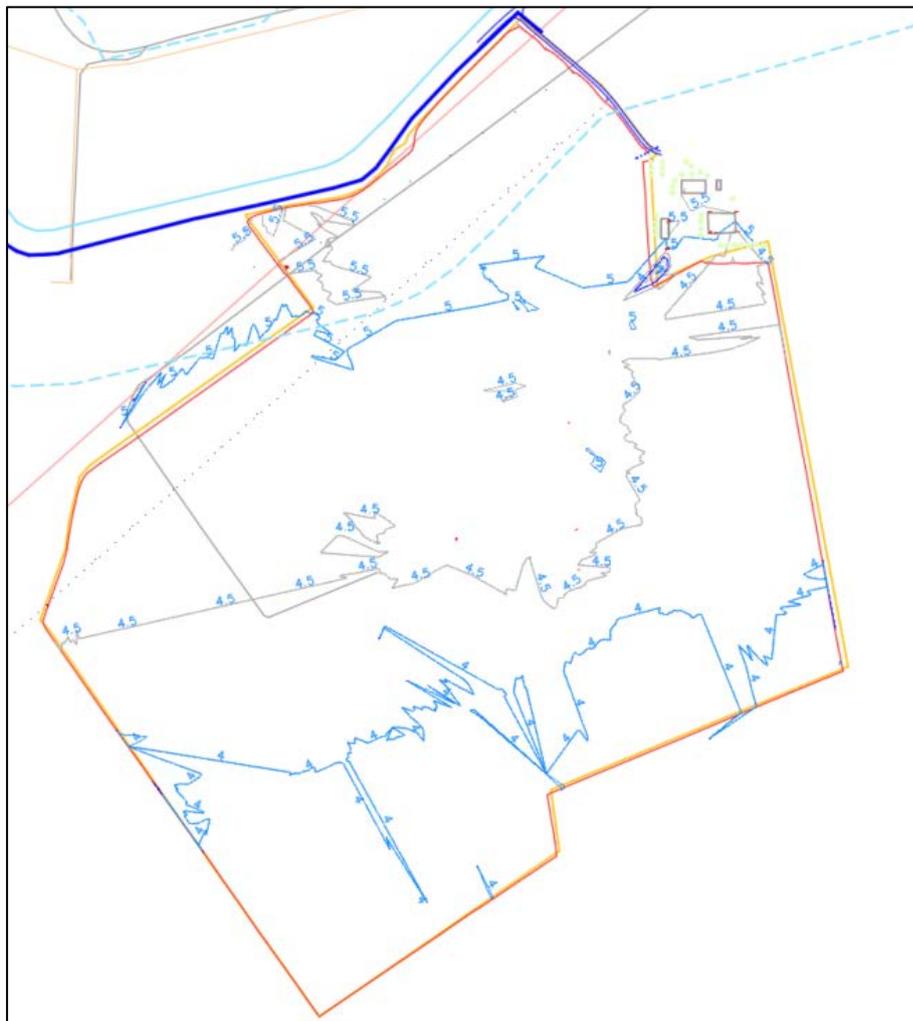


Figura 5-4: Rilievo di dettaglio dell'area in progetto.

L'area di progetto non interessa direttamente alcun corso idrico.

Il campo fotovoltaico risulta molto prossimo al canale Cembalina, dal quale risulta separato solo dalla Via della Cembalina che lambisce il confine del campo fotovoltaico a nord.

Come precedentemente evidenziato, la criticità dell'area di progetto risiede nella conformazione estremamente pianeggiante, la quale risulta essere la peculiarità della piana di Ferrara. Le aree di pianura sono zone il cui drenaggio risulta essere complicato e gestiti dai canali di bonifica in modo controllato. Le esondazioni avvengono con frequenza e con tiranti idrici modesti, interessando amplissime porzioni di terreno e i tempi di persistenza dell'acqua raramente sono inferiori alle 24 ore

5.4 OPERE DI DRENAGGIO

L'area in progetto, così come tutti i terreni del circondario, è ampiamente solcata da una rete di canali di raccolta delle acque, i quali hanno la funzione di raccogliere le acque superficiali che non vengono immediatamente drenata dal terreno e favorire lo smaltimento nel tempo delle acque accumulate.

I canali esistenti si estendono per oltre 7,7 km su tutta l'area secondo due ordini di grandezza.

I canali che definiamo di primo ordine presentano una larghezza di 1,5 metri per 1 metro di profondità, e sono quelli maggiormente diffusi, con una estensione totale di circa 6800 metri. I canali che possiamo definire del secondo ordine presentano una sezione maggiorata, con larghezze di oltre due metri per 1,20 metri di profondità e una estensione totale di circa 900 metri. Tutti i canali hanno pendenze pressoché nulle.



Figura 5-5 Individuazione individuazione fossi esistenti: in verde chiaro i canali del primo ordine e in verde scuro i canali del secondo ordine

Il progetto prevede che circa il 60% dei canali del primo ordine venga pareggiato al livello del terreno circostante. Per non perdere completamente la funzione di immagazzinamento, i canali da riempire verranno coperti con materiale grossolano drenante e protetti da uno strato di geotessuto.

In questo modo si mantiene la capacità di invaso, seppur ridotta, senza l'ulteriore ingombro dei canali interposti alle strutture di fila.

Le opere di drenaggio post operam, conservano una capacità di invaso importante, capace di laminare il deflusso superficiale.

La capacità di laminazione residua è stimata in circa 7300 mc.

5.5 IL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO Φ

Il coefficiente Φ può essere stimato col metodo del Curve Number (CN) secondo cui vale:

$$\Phi = (H - 0.2 S)^2 / (H(H + 0.8 S)), \text{ con } S = 254 (100/CN - 1)$$

in cui il valore di CN è legato alle caratteristiche del terreno e della copertura vegetale.

Dal geoportale regione Emilia Romagna è possibile scaricare e consultare la carta di uso del suolo, per la cui area in progetto riporta la classificazione del terreno ad uso seminativo semplice irriguo. La legenda usata per la classificazione dell'uso del suolo è quella del Corine Land Cover al secondo livello.

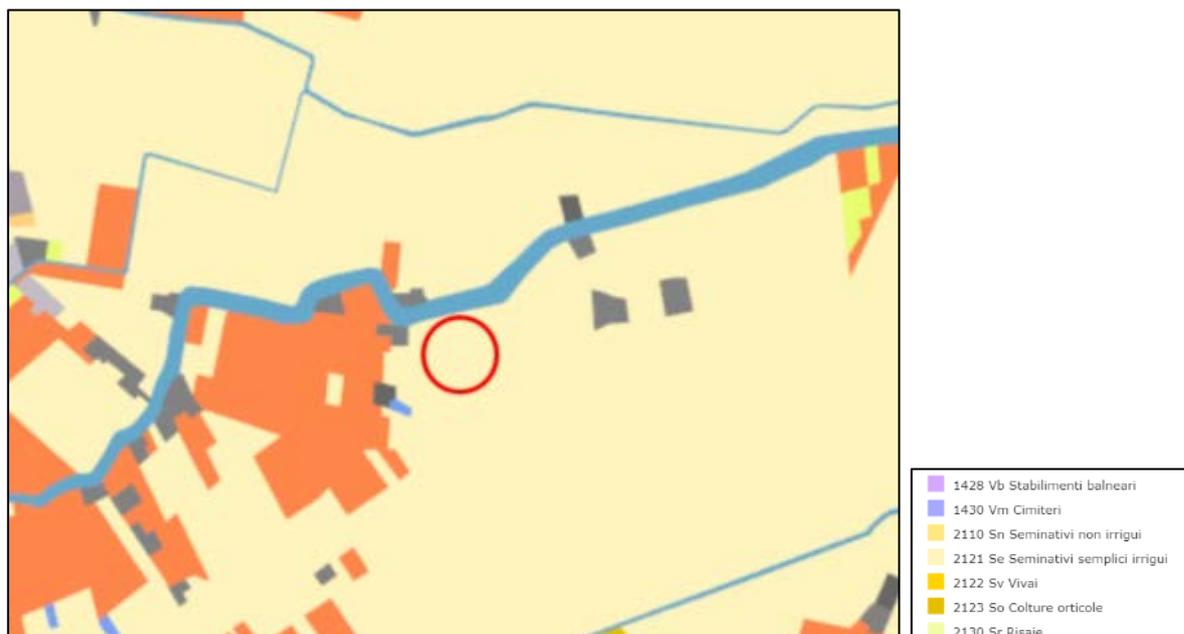


Figura 5-6: Carta uso del suolo Regione Emilia Romagna

Dalla classificazione del Curve Number SCS riportata dal geoportale Regione Sardegna si possono ricavare i valori di CN per la classe di uso del suolo e per la tipologia di terreno, ricavata dalla relazione geologica sulle indagini effettuate in sito.

Per l'area in progetto è stato assunto un CN pari a 80.

Lo stato di imbibimento viene espresso, in modo quali-quantitativo, in base ad un indice di pioggia, ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena.

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

Nell'ipotesi di ACMIII il CN corrispondente risulta 90.

$$CN_{III} = (23 * CN) / (10 + 0.13 * CN)$$

Il coefficiente Φ assume però, con questa metodologia, valori eccessivamente bassi, vista la ridotta durata delle precipitazioni e delle aree

Si utilizza dunque la correlazione da letteratura SCS-CN con il coefficiente di afflusso di seguito riportata.

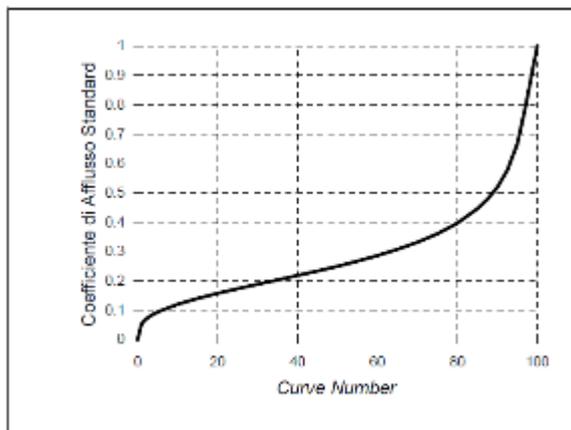


Figura 5-7: Correlazione da letteratura SCS-CN vs. Coefficiente di afflusso/Deflusso.

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

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 10 metri. L'altezza in mezzera della struttura sarà di circa 2,5 m (rispetto al piano di campagna) con un minimo di 1.5 m fino ad un massimo di 3.8 m. I tracker avranno una configurazione variabile con una inclinazione orizzontale di +/-55°.

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 in modo sostanziale 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.

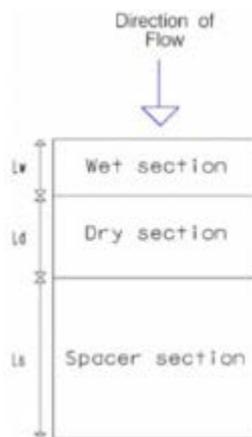


Figura 5-8: modulo tipo descrivente il modello concettuale idrologico dell'installazione di strutture fotovoltaiche a tracker su pali infissi comprendente l'area pannelli (in rosso) e l'area di interfila (Fonte: Hydrologic response of solar farm Cook 2013 American S

L'area dry è stimata 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.

STATO DI FATTO	AREA (ha)	AREA MODULI (m ²)	PERCENTUALE MODULI SU AREA NETTA INSTALLAZIONE PANNELLI	AREA DRY STIMATA HA	PERCENTUALE AREA AVENTE EFFETTO POTENZIALE DRY	COEFFICIENT E DI DEFUSSO ANTE OPERAM ASSUNTO	COEFFICIENT E DI DEFUSSO POST OPERAM STIMATO
coltivato	43.0	121439	28%	60643	14%	0.50	0.56

Sulla base dei coefficienti di deflusso stimati sono state calcolati i volumi durante l'evento intenso di progetto negli scenari ante-operam e post-operam, valutando inoltre la capacità idraulica dei fossi esistenti.

5.6 VERIFICHE IDROLOGICHE

La particolare conformazione del territorio non permette alle acque meteoriche di essere allontanate dal sito di progetto in modo rapido e naturale, ma si rende necessario raccogliere i deflussi in apposite aree di raccolta che si configurano come canali di dreno superficiali.

Considerata l'area in progetto e lo studio delle precipitazioni effettuato, possiamo definire una precipitazione di progetto di durata pari 0.25 ore, la quale dalla curva di possibilità pluviometrica corrisponde ad una pioggia di 28.8 mm.

L'area sulla quale si prevede la realizzazione del campo fotovoltaico occupa un'area di circa 43 ha, che drenano su una serie di canali di raccolta. Sono state dunque condotte due serie di calcoli sui deflussi superficiali, considerando uno stato ante operam con un coefficiente di drenaggio pari 0.5 e uno post operam con un coefficiente di drenaggio di 0,56.

I risultati ottenuti sono stati riassunti nella tabella di cui al seguito:

DESCRIZIONE	TR 50 anni
Area totale S (ha)	43
Area S (kmq)	0.43
Altezza precipitazione h(t) (mm)	28.8
Intensità (mm/h)	115.1
coefficiente di deflusso Ante Operam	0.50
coefficiente di deflusso Post Operam	0.56
Volume di deflusso ante-operam Vcr (m ³)	6188
Volume di deflusso post-operam Vcr2(m ³)	6931
Capacità di invaso stimata post-operam Vinv(m ³)	7300

Lo stato post-operam mostra un incremento dei picchi di deflusso pari a circa il 12% principalmente dovuto all'incremento del coefficiente di deflusso nello scenario più critico di terreno saturo.

Dal confronto ante-operam/post operam emerge che l'aumento di volume sarà compatibile con la rete di drenaggio esistente e con i volumi potenzialmente invasabili.

Tenuto inoltre conto che i deflussi analizzati sono riferiti ad un tempo di ritorno di ritorno di 25 anni, si ritiene che le modifiche apportate non producano effetti significativi ai fini del deflusso superficiale e dell'idrografia dell'area in progetto.

Lo studio di compatibilità idraulica del progetto dell'impianto fotovoltaico, della linea di connessione e della cabina di consegna, ha analizzato l'idrologia locale dell'area in progetto, rapportando i risultati ottenuti alla planimetria e sfruttando lo schema di gestione dei deflussi esistente e verificandole la compatibilità con il progetto.

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

Il presente documento 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).

In merito allo stato post operam è stato valutato l'impatto dell'installazione di strutture tracker monoassiale di progetto. Vista l'interdistanza esistente tra le strutture e l'altezza dal piano campagna durante un evento intenso con tempo di ritorno pari a quello di progetto non si ipotizzano variazioni critiche della capacità di infiltrazione, così come delle caratteristiche di permeabilità del terreno nelle aree interessate dall'installazione di tracker. Analogamente si può affermare delle platee di appoggio delle cabine 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 dei tracker e si sono valutati gli impatti in termini di capacità di infiltrazione delle eventuali acque di ruscellamento che si generano su ogni settore di progetto su aree permeabili. Tale valutazione è stata condotta sulla base di precedenti studi internazionali (rif. "Hydrologic response of solar farm", Cook, Lauren, Richard - 2013 – American Society of Civil Engineers) improntati su un modello concettuale di impatto che simula il modulo idrologico tipo di impianto come costituito da un'area di installazione pannelli ed una di interfila.

Nelle aree interessate dal progetto, durante la fase post-operam nello scenario più cautelativo, si registrerebbe un incremento dei deflussi totali di circa il 12%.

Tale incremento può essere considerato invariante ai fini idraulici, in considerazione del fatto che tutte le grandezze adottate sono state considerate in maniera cautelativa e che su tutta l'area sono presenti opere di regimazione e raccolta dei deflussi tali da recepire precipitazioni derivanti da eventi intensi.

In merito alle modifiche nella rete di drenaggio esistente tra stato di fatto e stato di progetto per tali aree è stata prevista una parziale copertura dei canali esistenti in ragione del 60%. Onde limitare la perdita di capacità di raccolta, il riempimento dei canali avverrà con materiale drenante, protetto da uno strato di geotessuto, capace di assicurare un'ana capacità di raccolta stimabile in circa il 20%.

Tale scelta consente di limitare le interferenze dei canali di raccolta con le strutture di fila installate e permettere un accesso agevole alle aree coltivate.

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.

Tutto ciò contribuisce alla riduzione dell'impatto delle opere.

Oltre al potenziale impatto negativo stimato il progetto prevede anche opere mitigative/compensative che avranno effetti positivi durante la fase di esercizio. In merito all'uso del suolo post-operam per le

aree interne alla recinzione dell'impianto (nelle interfila dei moduli fotovoltaici) è prevista la coltivazione di specie officinali, in particolare lavanda, alternata ad altre specie compatibili, quali foraggere (tra cui, erba medica) e coriandolo in rotazione;

La manutenzione dell'inerbimento verrà effettuata con sfalcio periodico e rilascio in loco del materiale sfalcato. Tale pratica, oltre a ridurre al minimo il rischio di lisciviazione dell'azoto ed erosione, contribuisce al mantenimento della fertilità con apporti continui di sostanza organica al terreno.

Il tappeto erboso che si intende realizzare sarà un prato essenzialmente rustico con la finalità principale di preservare le caratteristiche agronomiche del suolo e la sua fertilità.