

ISTANZA VIA
Presentata al
Ministero della Transizione Ecologica
e al Ministero della Cultura
(Art. 23 del D. Lgs 152/2006 e ss. mm. ii
Art. 12 del D. Lgs. 387/03 e ss. mm. ii.)

PROGETTO

IMPIANTO AGRIVOLTAICO

POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp
POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW
Comune di Barbona (PD)

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

22-00062-IT-BARBONA_CV-R09

PROPONENTE:

TEP RENEWABLES (BARBONA PV) S.r.l.
Piazzale Giulio Douhet, 25 – CAP 00143 Roma (RM)
P. IVA e C.F. 16882221001 – REA RM - 1681814

PROGETTISTI:

ING. MATTEO BERTONERI
Ordine degli Ing. della Provincia di Massa Carrara al n. 669 sez. A

Data	Rev.	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
12/2022	0	Prima emissione	EL/MM	MB	G.Calzolari

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	2 di 38

INDICE

1	PREMESSA	3
2	STATO DI FATTO.....	4
2.1	LOCALIZZAZIONE IMPIANTO	4
3	DATI DI RIFERIMENTO	5
3.1	RILIEVO.....	5
3.1.1	<i>Modello digitale del terreno - Veneto.....</i>	5
3.1.2	<i>Modello digitale del terreno e della superficie - MATTM.....</i>	5
3.1.3	<i>Rilievo topografico</i>	6
3.2	NORMATIVA E FONTI DI RIFERIMENTO	7
4	COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI INTERVENTI – PIANO DI EMERGENZA	7
5	STUDIO IDROLOGICO	11
5.1	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEL BACINO	11
5.2	STIMA DELLE INTENSITÀ DI PIOGGIA	12
5.2.1	<i>Tempo di Ritorno</i>	12
5.2.2	<i>Analisi probabilistica delle precipitazioni - Gumbel.....</i>	12
5.3	METODO RAZIONALE.....	16
5.4	COEFFICIENTE DI DEFLUSSO Φ	17
5.5	COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE.....	19
5.6	TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI - STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO.....	19
6	VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI – INVARIANZA IDRAULICA	23
6.1	ANALISI DEI CRITERI DI VERIFICA DEI SISTEMI DI DRENAGGIO.....	26
6.3	CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DELLE ACQUE DI COPERTURA.....	28
6.4	VERIFICA IDRAULICA IN MOTO UNIFORME DELLE SEZIONI.....	28
6.6	RIEPILOGO DELLE SEZIONI VERIFICATE.....	30
6.7	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.1.....	31
6.8	SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.2.....	32
7	ATTRAVERSAMENTO CANALE LATERALE.....	33
8	CONCLUSIONI	37

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	3 di 38

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 Veneto, dal sito Arpa Veneto e dal consorzio bonifica Adige Euganeo 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,
- dimensionamento delle misure compensative per il conseguimento dell'invarianza idraulica.

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

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	4 di 38

2 STATO DI FATTO

2.1 LOCALIZZAZIONE IMPIANTO

L'area di intervento è situata nel comune di Barbona, in provincia di Padova, a circa 7 Km a nord-ovest di Rovigo.

L'area deputata all'installazione degli impianti fotovoltaici è adiacente alla SP8 e alla SP8d. L'area in oggetto risulta essere adatta allo scopo avendo una buona esposizione ed essendo raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

Le coordinate del sito sede dell'impianto sono:

- Latitudine 45° 6'29.19"N;
- Longitudine 11°42'14.07"E
- L'altitudine media del sito è di 10 m. s.l.m.

In Figura 2-1 si riporta la localizzazione dell'intervento di progetto.



Figura 2-1 - Localizzazione dell'area di intervento

Il sito risulta idoneo alla realizzazione dell'impianto avendo una buona esposizione ed essendo ben raggiungibile ed accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	5 di 38

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

- Strada Provinciale 8 (SP8) che si estende a Est, nelle immediate vicinanze dell'area impianto;
- Strada Provinciale 8d (SP8d) che si estende a Nord, nelle immediate vicinanze dell'area impianto;
- Strada Provinciale 1 (SP1) che si estende a Sud, a ca 200m dall'area impianto;
- Strade di viabilità comunale.

Le aree scelte per l'installazione dell'impianto agrivoltaico sono interamente contenute all'interno di terreni di proprietà privata; per tali aree TEP Renewables ha stipulato con i proprietari un contratto preliminare di diritto di superfici e servitù come riportato nel Piano particellare e disponibilità "22-00062-IT-BARBONA_PG-R05".

Il sito risulta essere adatta allo scopo presentando una buona esposizione ed è 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.

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 Veneto e dal MATTM.

3.1.1 *Modello digitale del terreno - Veneto*

Attraverso la fonte ufficiale Regione Veneto 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

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	6 di 38

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).

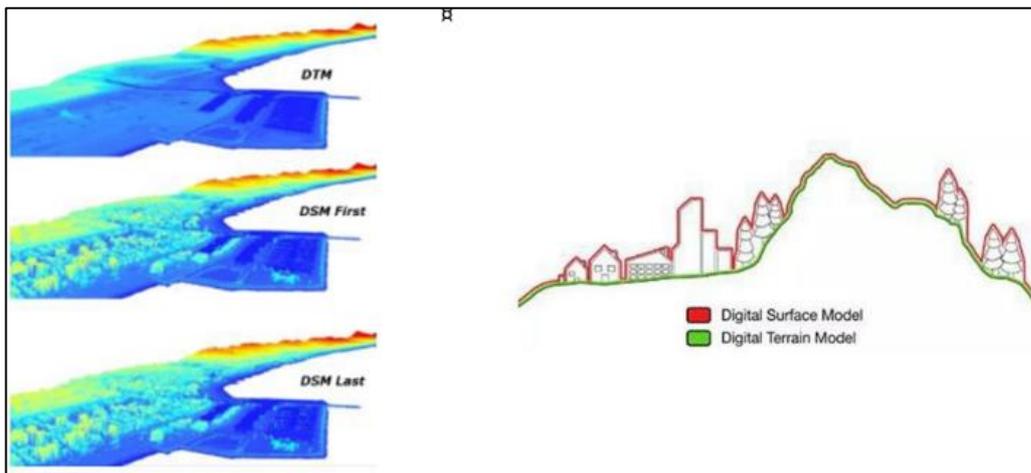


Figura 3-1: Tipologico esemplificativo raffigurante i prodotti Lidar

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

3.1.3 Rilievo topografico

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

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

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	7 di 38



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;
- ARPAV - Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio
- Servizio Meteorologico;
- PAI Veneto;
- Linee Guida – Valutazione di compatibilità idraulica
- allegato A al DGR 1322
- PGRA;
- Consorzio di bonifica Adige Euganeo;
- 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 – PIANO DI EMERGENZA

Geograficamente il comprensorio del Consorzio di bonifica Adige Euganeo risulta delimitato a ovest dal corso del fiume Fratta, a sud dal fiume Adige, a sud-est dal canale Gorzone, a nord-est dal fiume Vigenzone-Bacchiglione, a nord dalla dorsale dei Colli Euganei (dorsale che a partire da Frassenelle a nord, scende passando per il Monte Grande, il Monte Venda e poi piega verso est fino al Monte Ceva presso Battaglia Terme) e dalle pendici dei Monti Berici a nord-ovest.

Il territorio presenta quote altimetriche comprese tra -4 m s.l.m. nell’area orientale racchiusa tra i tratti terminali dei fiumi Gorzone e Bacchiglione e circa +600 m s.l.m. in corrispondenza della vetta del Monte Venda nei Colli Euganei.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	8 di 38

La superficie che attualmente si trova a quote inferiori al livello medio del mare è piuttosto estesa, circa 15.900 ettari, ed è soggetta al fenomeno della subsidenza dei suoli che ne causa l'ulteriore progressivo abbassamento di 2-3 centimetri all'anno.

L'area collinare, occupa una superficie di poco più di 15.000 ettari; all'interno del comprensorio ricade infatti buona parte del territorio dei Colli Euganei, il quale comprende anche alcuni rilievi isolati nella pianura, quali ad esempio i colli di Albettono e Lovertino, il Monte Lozzo e altri rilievi minori.

Il comprensorio del Consorzio di bonifica Adige Euganeo è attraversato da un sistema idrografico complesso ed interconnesso, in parte a deflusso naturale ed in parte a scolo meccanico, composto da corsi d'acqua arginati e da una fitta rete secondaria consortile. Esso interessa i bacini idrografici dei fiumi Bacchiglione e Gorzone, il bacino scolante in Laguna di Venezia e, in misura assai limitata, il bacino idrografico del fiume Adige. I bacini presentano un comportamento differente in condizioni di magra e di piena, dove il termine magra indica una condizione di deflusso ordinario e con il termine piena si intende uno stato del corso d'acqua caratteristico di eventi meteorici intensi o eccezionali. In condizioni di piena la rete di bonifica è regolata dal funzionamento di numerosi impianti idrovori.

Il fiume Adige segna il confine meridionale del comprensorio del Consorzio di bonifica Adige Euganeo, presentandosi per lo più pensile, nel tratto che va dal comune di Castelbaldo fino a Cavarzere dove il fiume piega in direzione sud-est per sfociare in Mare Adriatico a Porto Fossone, a nord di Rosolina.

Il fiume Adige, pur interessando dunque solo marginalmente il comprensorio del Consorzio di bonifica Adige Euganeo, costituisce tuttavia una indispensabile risorsa idrica per l'irrigazione del territorio, sia con prelievi diretti consortili, che tramite il canale L.E.B. (Lessinio Euganeo Berico) preleva infatti le acque del fiume a Zevio, le adduce fino a Cologna Veneta per mezzo di un canale artificiale a pelo libero, e da qui fino al Bacchiglione per mezzo di una condotta interrata dotata di numerosi manufatti di derivazione a scopo irriguo.

La Relazione Generale del Piano di Emergenza approvato dal consiglio di amministrazione con delibera n. 045/2021 del 18/03/2021 riporta tutte informazioni idrologiche e idrauliche e di gestione idraulica dell'area gestita dal Consorzio di Bonifica Adige Euganeo.

Lo stesso Piano riporta una carta delle pericolosità idraulica dell'area dell'intero consorzio.

Si Riporta di seguito un estratto della stessa mappa dalla quale si evince che l'area di progetto non ricade in aree mappate a pericolosità idraulica.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	9 di 38

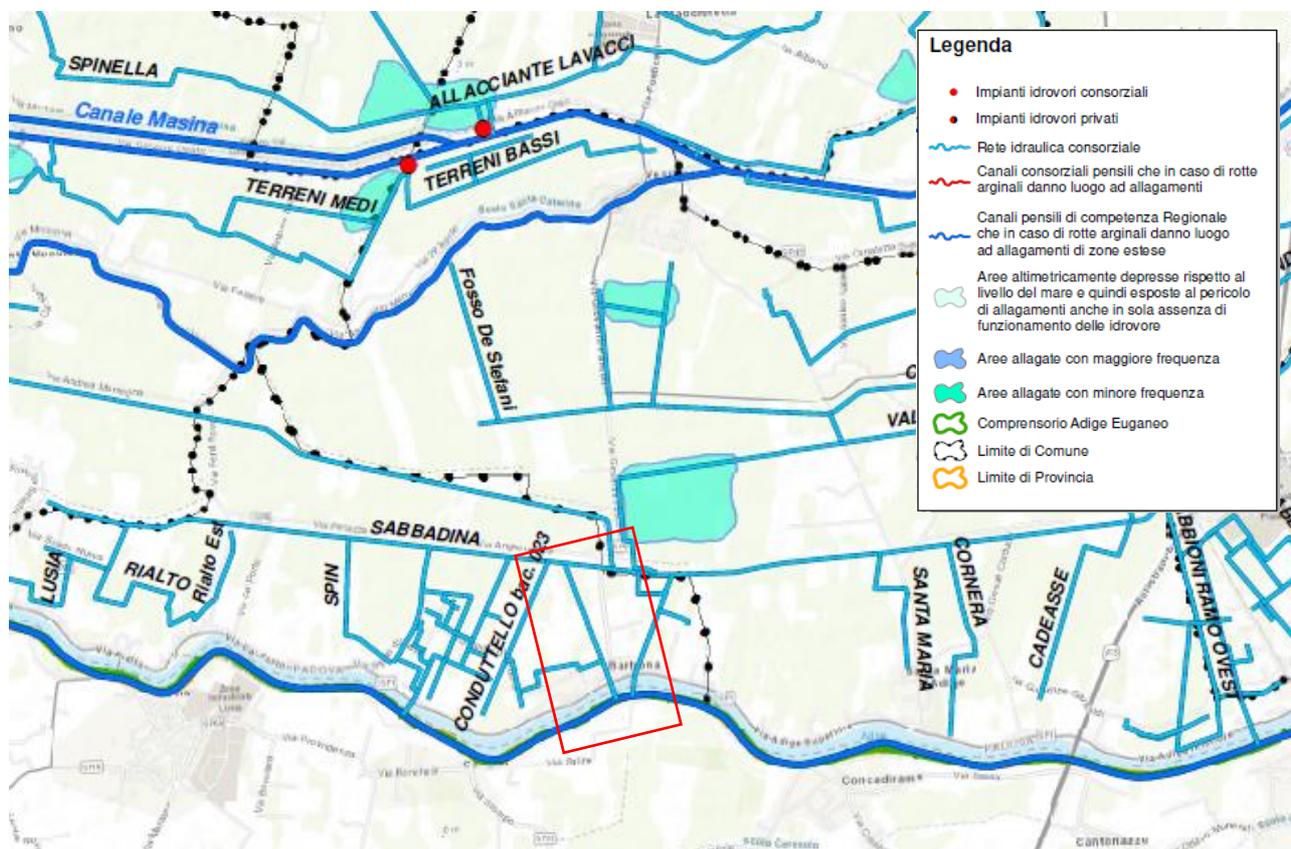


Figura 4-1: Estratto mappa pericolosità idraulica

Per quanto riguarda la permeabilità dei depositi più superficiali si fa riferimento alla “Carta della Permeabilità” messa a disposizione dalla ARPAV.

La permeabilità del suolo è una proprietà che viene in genere identificata con la misura della conducibilità idrica satura (K_{sat} , mm/h) e che esprime la capacità del suolo in condizioni di saturazione, di essere attraversato da un flusso d'acqua, in direzione verticale.

Suoli molto permeabili facilitano l'assorbimento e il movimento al loro interno di notevoli quantità d'acqua in poco tempo; la falda viene quindi facilmente raggiunta mentre i processi di scorrimento superficiale sono limitati. Suoli molto permeabili risultano quindi protettivi rispetto ai fenomeni erosivi e di conseguenza alla qualità delle acque superficiali, in particolare in condizioni di pendenza, mentre sono poco protettivi nei confronti delle acque sotterranee. Le condizioni risultano opposte in presenza di suoli poco permeabili caratterizzati da bassa infiltrabilità e spiccati processi di scorrimento superficiale.

La permeabilità dipende prevalentemente dalla distribuzione e dalle dimensioni dei pori presenti nel terreno, essendo il movimento dell'acqua facilitato in presenza di pori grandi e continui, rispetto a situazioni con pori piccoli e scollegati tra loro. La porosità del suolo è a sua volta molto collegata alla tessitura: i suoli argillosi presentano in genere conducibilità idraulica satura più bassa rispetto a quella dei suoli sabbiosi e ghiaiosi, dove i pori, meno numerosi ma con sezione più ampia, permettono il passaggio di notevoli volumi d'acqua. Influenza la permeabilità anche la presenza di

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	10 di 38

vuoti planari (fessure e spazi tra gli aggregati) più frequenti invece negli orizzonti argillosi e in particolare in quelli poco profondi.

La conducibilità idrica del suolo in condizioni di saturazione è una grandezza costante, mentre in condizioni di non-saturazione del suolo dipende fortemente dal contenuto idrico.

Le classi di permeabilità utilizzate per i suoli sono quelle definite dal “Soil Survey Manual” dell'USDA e sono riportate in tabella.

Tabella 4-1: Classi permeabilità idraulica terreni.

CLASSE PERMEABILITA'	Ksat (mm/h)
1 - Molto bassa	<0,036
2 - Bassa	0,036-0,36
3 - Moderatamente bassa	0,36-3,6
4 - Moderatamente alta	3,6-36
5 - Alta	36-360
6 - Molto alta	>360



Figura 4-2: Estratto mappa permeabilità terreni area di progetto.

I terreni ricadenti area di progetto presentano caratteristiche di permeabilità perlopiù moderatamente alta e in parte moderatamente bassa.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	11 di 38

Sebbene tali terreni siano potenzialmente idonei alla realizzazione di bacini di infiltrazione quali misure compensative ai fini della invarianza idraulica, tali sistemi non verranno adottati in quanto dei rilievi geologici e geotecnici si è rilevata la presenza di falda a quote comprese tra 0,5 e 1,0 metri dal piano di campagna. La natura pianeggiante dell'intera area non permettere inoltre di realizzare volumi di accumulo localizzati quali vasche di drenaggio senza dover ricorrere a stazioni di pompaggio o sistemi alternativi di svuotamento delle stesse. Come verrà esplicitato più avanti nella relazione, ai fini del raggiungimento dell'invarianza idraulica, verranno sovradimensionate le canalette di raccolta delle acque di ruscellamento superficiale, in modo tale da creare sufficienti volumi di invaso per soddisfare i requisiti dettati dalle linee guida sulla valutazione della compatibilità idraulica.

5 STUDIO IDROLOGICO

5.1 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEL BACINO

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 Adige Euganeo si evince come il territorio sia pressoché pianeggiante con leggeri dislivelli e territori spesso a quote sotto il livello medio del mare.

Possiamo dunque considerare l'area di progetto come bacino idrologico a sé stante.

Il campo agrivoltaico sebbene sia prossimo a sud con il fiume Adige, riversa il deflusso superficiale nel canale situato a Nord, denominato Scolo Sabbadina. Lo scolo Sabbadina costeggia l'area di impianto per circa 400 metri. L'area è inoltre attraversata da altri due canali artificiali ad oggi tombati, uno dei quali lo attraversa da sud a nord, collegando direttamente il fiume Adige con lo scolo Sabbadina, per uno sviluppo totale di circa 890 metri mentre un secondo canale, è collegato a sud al suddetto canale, e scorre parallelamente al fiume Adige, e si inoltra all'interno dell'area per quasi 60 metri. Relativamente ai canali tombati non si prevedono interventi e le aree soprastanti resteranno libere dall'installazione di strutture fotovoltaiche ed esterne all'impianto. Unica eccezione sarà l'attraversamento realizzato a sud per accedere all'area di impianto più piccola del lotto.

Nell'area nord est dell'impianto, nei pressi di un accesso all'impianto è presente un canale denominato Scolo Conduello, il quale costeggia le aree in progetto per 200m.

Si rileva inoltre la presenza di un fossato di dreno sul quale andranno a riversarsi le portate dell'area sud ovest e parte di quella nord ovest, che in fase di realizzazione dell'impianto andrà ripulito e risagomato.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	12 di 38

5.2 STIMA DELLE INTENSITÀ DI PIOGGIA

5.2.1 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.

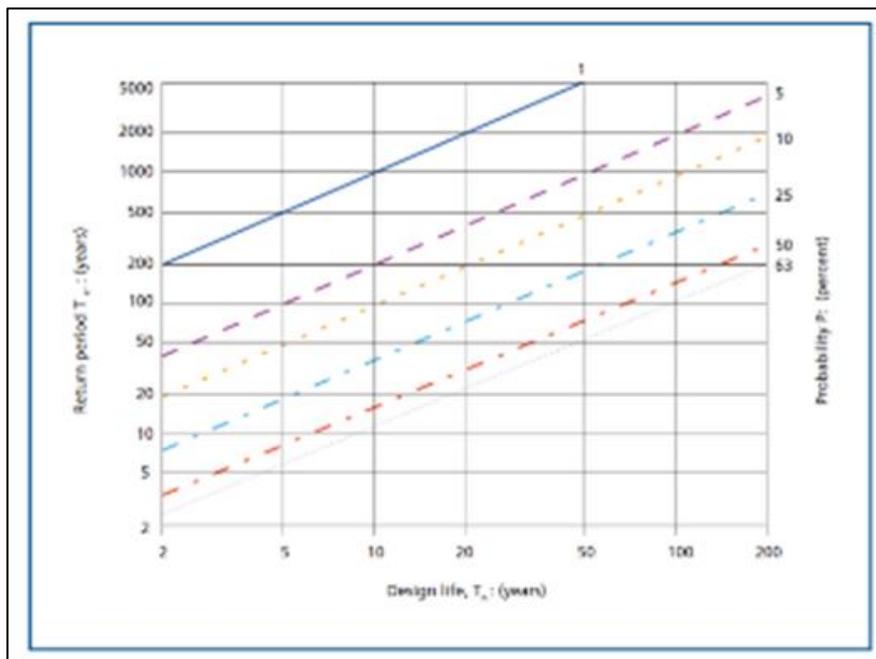


Figura 5-1: Probabilità di superamento di un evento con un determinato tempo di ritorno T durante N anni

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 50 anni, in accordo a quanto richiesto dalle linee guida sulle verifiche per il calcolo dell'invarianza idraulica.

5.2.2 Analisi probabilistica delle precipitazioni - Gumbel

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

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	13 di 38

statistica dei dati disponibili nel sito dell'ARPAV e del Consorzio di Bonifica Adige Euganeo, 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:

$$h = a \cdot d^n$$

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 e per durate comprese tra 1 ora e 24 ore.

Sul Sito dell'Arpav sono disponibili le analisi sopraesposte per tutta la serie di pluviometri attivi sulla regione Veneto.

Per il sito in oggetto sono state assunte quali rappresentative dell'area le curve pluviometriche a due parametri ricavate dai dati del pluviometro sito a Concadirame (Rovigo), il quale dista circa 2k dall'area di progetto.

TR	< 1 ora		> 1 ora	
	a	n	a	n
2 anni	34.829	0.528	29.647	0.194
5 anni	50.28	0.57	43.946	0.19
10 anni	60.535	0.586	53.406	0.188
20 anni	70.382	0.598	62.478	0.187
50 anni	83.137	0.61	74.218	0.186

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	14 di 38

Sono state dunque tracciate le curve pluviometriche per l'area in studio.

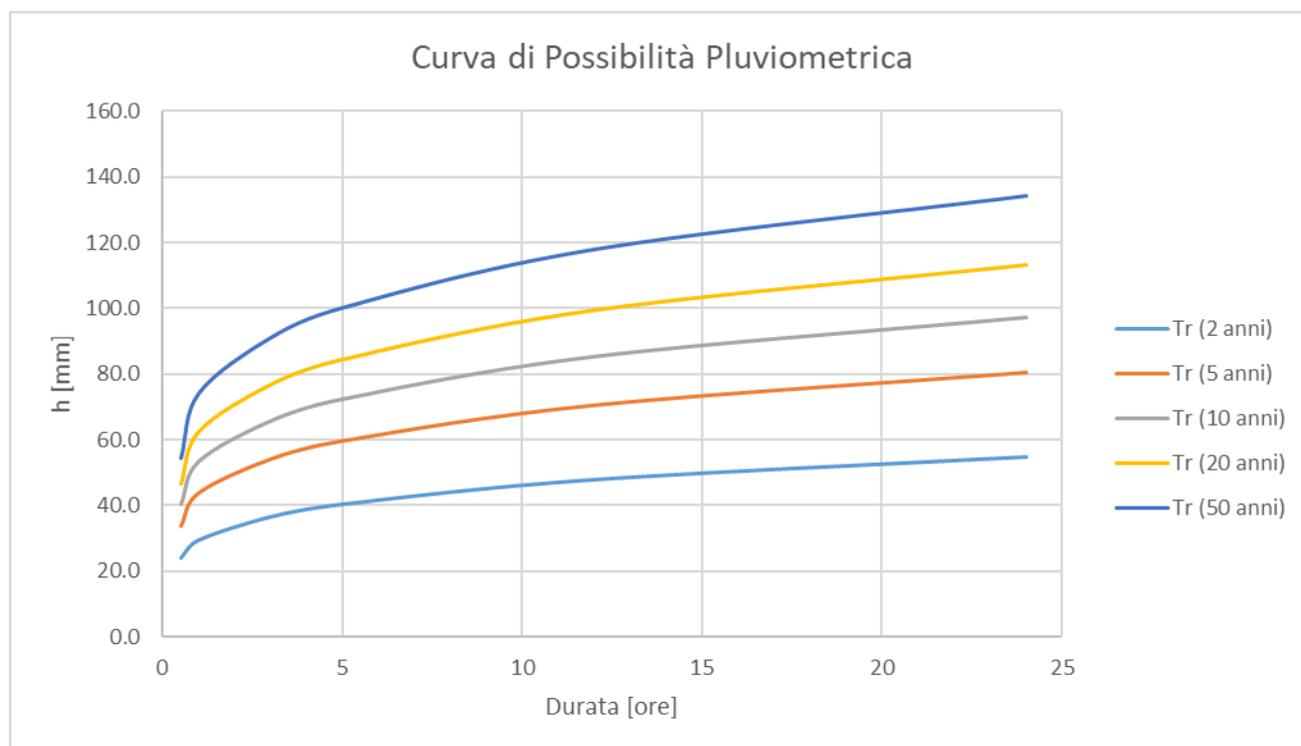


Figura 5-2: Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica

Tabella 5-1.: Altezza di precipitazione per diverse durate e tempi di ritorno

Altezza di precipitazione in funzione del TR [mm]							
		d (<1 ora)	d (1 ora)	d (3 ora)	d (6 ora)	d (12 ora)	d (24 ora)
H (d,Tr)		0.5	1.00	3	5	12	24
Tr (2 anni)	2	24.2	29.6	36.7	40.5	48.0	54.9
Tr (5 anni)	5	33.9	43.9	54.1	59.7	70.5	80.4
Tr (10 anni)	10	40.3	53.4	65.7	72.3	85.2	97.1
Tr (20 anni)	20	46.5	62.5	76.7	84.4	99.4	113.2
Tr (50 anni)	50	54.5	74.2	91.0	100.1	117.8	134.0

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	15 di 38

Tabella 5-2: intensità di precipitazione per diverse durate e tempi di ritorno.

Intensità di precipitazione in funzione del TR [mm/h]							
		d (<1 ora)	d (1 ora)	d (3 ora)	d (6 ora)	d (12 ora)	d (24 ora)
i (d,Tr)		0.5	1	3	5	12	24
Tr (2 anni)	2	48.3	29.6	12.2	8.1	4.0	2.3
Tr (5 anni)	5	67.7	43.9	18.0	11.9	5.9	3.3
Tr (10 anni)	10	80.7	53.4	21.9	14.5	7.1	4.0
Tr (20 anni)	20	93.0	62.5	25.6	16.9	8.3	4.7
Tr (50 anni)	50	108.9	74.2	30.3	20.0	9.8	5.6

La durata della precipitazione di progetto viene fatta considerando il tempo di corrivazione del bacino che sottende la sezione di chiusura dell'area drenata.

Come precedentemente evidenziato, data la natura particolarmente pianeggiante del territorio ed alla presenza di numerosi canali artificiali, non è possibile definire un bacino imbrifero in senso classico, individuando un'univoca sezione di chiusura e lo spartiacque che lo delimita. Possiamo ragionevolmente considerare come bacino la nostra area di progetto che riversa le portate generate dal deflusso superficiale nel canale denominato Scolo Sabbadina.

Per la definizione del tempo di corrivazione, e conseguentemente del tempo di precipitazione di progetto, si è fatto riferimento alle caratteristiche del bacino sopra riportate.

I parametri descrittivi dei bacini ai fini della valutazione della piena sono:

- superficie del bacino S [km²]
- lunghezza dell'asta principale L [km]
- pendenza media dell'asta principale J [m/m]
- altitudine media del bacino Hm [m s.l.m.]
- quota della sezione terminale Ho [m s.l.m.]
- quota massima del bacino Hx [m s.l.m.]

I parametri principali del bacino di riferimento sono riportati nella tabella seguente:

Bacino	Superficie	Lunghezza asta principale	Pendenza asta principale	Quota massima	Altitudine media	Quota della sezione di chiusura
Barbona	S	L	J	Hx	Hm	Hb
	[kmq]	[km]	[%]	[m slm]	[m slm]	[m slm]
	0.324	0.83	0.33	6.96	4.38	2.91

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	16 di 38

Il tempo di corrivazione T_c può essere stimato facendo riferimento a diverse espressioni empiriche che forniscono le seguenti stime:

- Viparelli: $T_c = L/(3.6 V)$ (considerando $V = 1$ m/s).
- Viparelli: $T_c = L/(3.6 V)$ (considerando $V = 1,5$ m/s).
- Ventura $T_c = 0.1272 (S/i)^{0.5}$
- Giandotti: $T_c = (1.5 L + 4 S 0.5) / (0.8 (Hm-Ho)^{0.5})$
- Pasini: $T_c = 0.108 ((S L)1/3)/J^{0.5}$
- Soil Conservation Service: $T_c = 0.00227(1000 L)^{0.8}[(1000/CN)-9]^{0.7} (100*Jb)^{-0.5}$
- progetto VAPI: $T_c = 0.212 S^{0.231} (Hm/J)^{0.289}$

Data la singolarità del bacino si è optato per utilizzare il tempo di corrivazione fornito dalla formula proposta da Ventura che ben si adatta a piccoli bacini.

Alla luce dell'assetto morfologico dell'area di studio, il tempo di corrivazione risulta di 57 min ca. che per comodità è stato assimilato all'ora. In corrispondenza dell'evento critico, fornisce un'altezza di pioggia h di 74,2 mm ed un'intensità di pioggia i pari a 74,2 mm/ora.

5.3 METODO RAZIONALE

Tra i modelli di tipo analitico/concettuale di trasformazione afflussi deflussi disponibili in letteratura si è fatto riferimento al Metodo Razionale, il quale rappresenta una delle formulazioni maggiormente utilizzata a livello operativo.

Il metodo razionale, detto anche cinematico, fornisce la portata di piena tramite l'espressione:

$$Q = \Phi \cdot ARF \cdot S \cdot H / (3.6 \cdot T_c)$$

nella quale:

- Φ rappresenta l'aliquota di precipitazione che, in occasione della piena, scorre in superficie
- ARF (Areal Reduction Factor - Coefficiente di Riduzione Areale) esprime il rapporto tra l'altezza di pioggia media su tutto il bacino e l'altezza di pioggia in un punto al suo interno, valutati a parità di durata e di tempo di ritorno
- T_c è il tempo di corrivazione espresso in ore
- S la superficie del bacino in kmq
- H è l'altezza di precipitazione, in mm, che cade in un punto del bacino in una durata pari a T_c con l'assegnato Tempo di ritorno
- Q la portata di piena in mc/s.

Le ipotesi su cui si basa la formula sono le seguenti:

- l'intensità di pioggia è costante su tutto il bacino nell'intervallo di tempo considerato;
- il coefficiente di deflusso medio del bacino rimane costante nell'intervallo di tempo considerato;
- il tempo di ritorno della piena è pari a quello dell'evento di pioggia;
- la portata massima alla sezione di chiusura si verifica dopo un intervallo di tempo a partire dall'inizio dell'evento piovoso pari al tempo di corrivazione.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	17 di 38

5.4 COEFFICIENTE DI DEFLUSSO Φ

Il coefficiente Φ , indice del volume meteorico efficace ai fini del deflusso, può essere stimato col metodo del Curve Number (CN) secondo cui vale:

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

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

Il livello di permeabilità delle superfici può essere espresso attraverso i valori convenzionalmente assunti da Allegato A alla D.G.R. 1322 e schematizzato nella tabella seguente:

Tabella 5-3: Valori del coefficiente di deflusso secondo allegato A alla DGR 1322

Superficie	Φ
Aree agricole	0.1
superfici permeabili (aree verdi)	0.2
superfici semipermeabili (strade in terra battuta, grigliati con drenanti, ...)	0.6
superfici impermeabili	0.9

Essendo il terreno ante operam totalmente coltivato è stato assunto il parametro relativo alle aree agricole pari a 0,1.

Valutazione post-operam

In merito alle aree prevalentemente permeabili è stato valutato l'impatto dell'installazione di strutture tracker.

L'interasse fra le strutture sarà di circa 10 metri. L'altezza in mezzera della struttura sarà di circa 2,5 m (rispetto al piano di campagna) con un minimo di 0.5 m fino ad un massimo di 4,0 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 dall'installazione dei pannelli.

Analogamente si può affermare delle platee di appoggio delle cabine elettriche in quanto incidenti su un'area trascurabile rispetto all'intera area d'impianto.

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 un'area di interfila.

L'area di interfila presenta una capacità di infiltrazione immutata, ossia non influenzata dall'installazione.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	18 di 38

Il modello schematizza l'area interessata dalle strutture (Area di proiezione coperta dalle strutture) come composta al 50% da una sezione "Wet" con capacità di infiltrazione immutata (ossia non influenzata dall'installazione) e al 50% da una sezione "dry" che si assume a favore di sicurezza come non soggetta ad infiltrazione diretta, e quindi con coefficiente di deflusso pari a 0.9.

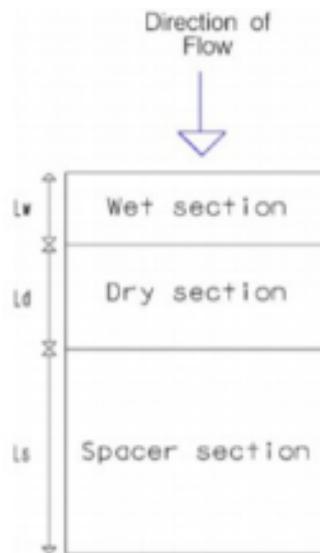


Figura 5-3: modulo tipo descrivente il modello concettuale idrologico dell'installazione di strutture fotovoltaiche su pali infissi comprendente l'area pannelli e l'area di interfila (Fonte: Hydrologic response of solar farm Cook 2013 American Society of Civil Engineers).

Si è inoltre valutato l'impatto derivante dalle installazioni di cabine di trasformazione, container uffici e magazzino nonché la realizzazione della viabilità.

L'influenza delle singole superfici S_i in funzione della specifica destinazione d'uso viene computata attraverso una media ponderata dei coefficienti di deflusso

$$\Phi = \sum_i \Phi_i S_i / S_{tot}$$

Tabella 5-4: media ponderata del coefficiente di deflusso

Aree modificate	Area [mq]	Coefficiente di deflusso
Cabina	90	0.9
Locali tecnici	96.45	0.9
Cabine magazzino	179.4	0.9
Cabine ufficio	86.4	0.9
Locali tecnici 2	86.4	0.9
Strade	16738.5	0.6
Pannelli	39391.72	0.9
Totale area modificata	56668.87	0.81
Area Agricola non modificata	267331.1	0.1
TOTALE	324000	0.22

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	19 di 38

Dalla tabella sopra riportata notiamo come l'effettiva area oggetto di trasformazione sia pari a 5,67 ha con un coefficiente di deflusso medio pari a 0,81, mentre la quota parte di terreno non modificato abbia una superficie di 26,73 ha con un coefficiente di deflusso inalterato e pari a 0,1.

Il coefficiente di deflusso medio ponderato post operam è dunque stimato pari a 0.22.

5.5 COEFFICIENTE DI RIDUZIONE AREALE

Per la stima del coefficiente ARF si possono utilizzare le Formule di Wallingford:

$$ARF = 1 - (0.0394 S^{0.354}) T_c (-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(S))) \text{ per } S < 20 \text{ km}^2$$

$$ARF = 1 - (0.0394 S^{0.354}) T_c (-0.40 + 0.003832 (4.6 - \ln(S))) \text{ per } S > 20 \text{ km}^2$$

Data la limitata estensione delle aree utilizzate i calcoli restituiscono un valore prossimo all'unità. Pertanto il coefficiente ARF viene assunto cautelativamente pari a 1.

5.6 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI-DEFLUSSI - STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO

La conformazione debolmente declive del terreno non favorisce l'allontanamento spontaneo delle acque meteoriche dalle aree di impianto tuttavia, la presenza di diversi compluvi naturali che attraversano l'area di impianto limita fortemente la lunghezza dei percorsi di corrivazione, favorendo la concentrazione delle portate e limitando i fenomeni di ristagno; la conformazione del terreno renderà quindi necessario intervenire con la creazione di canalizzazioni per favorire la regimazione del drenaggio superficiale esclusivamente nel settore meridionale dell'area d'impianto.

Per calcolare le portate di scolo relative all'aree drenante si è determinata per ognuna di esse l'evento critico, cioè l'evento meteorico che produce la massima portata al colmo (portata critica). A tal fine si è adottato, come precedentemente detto, il modello razionale.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	20 di 38

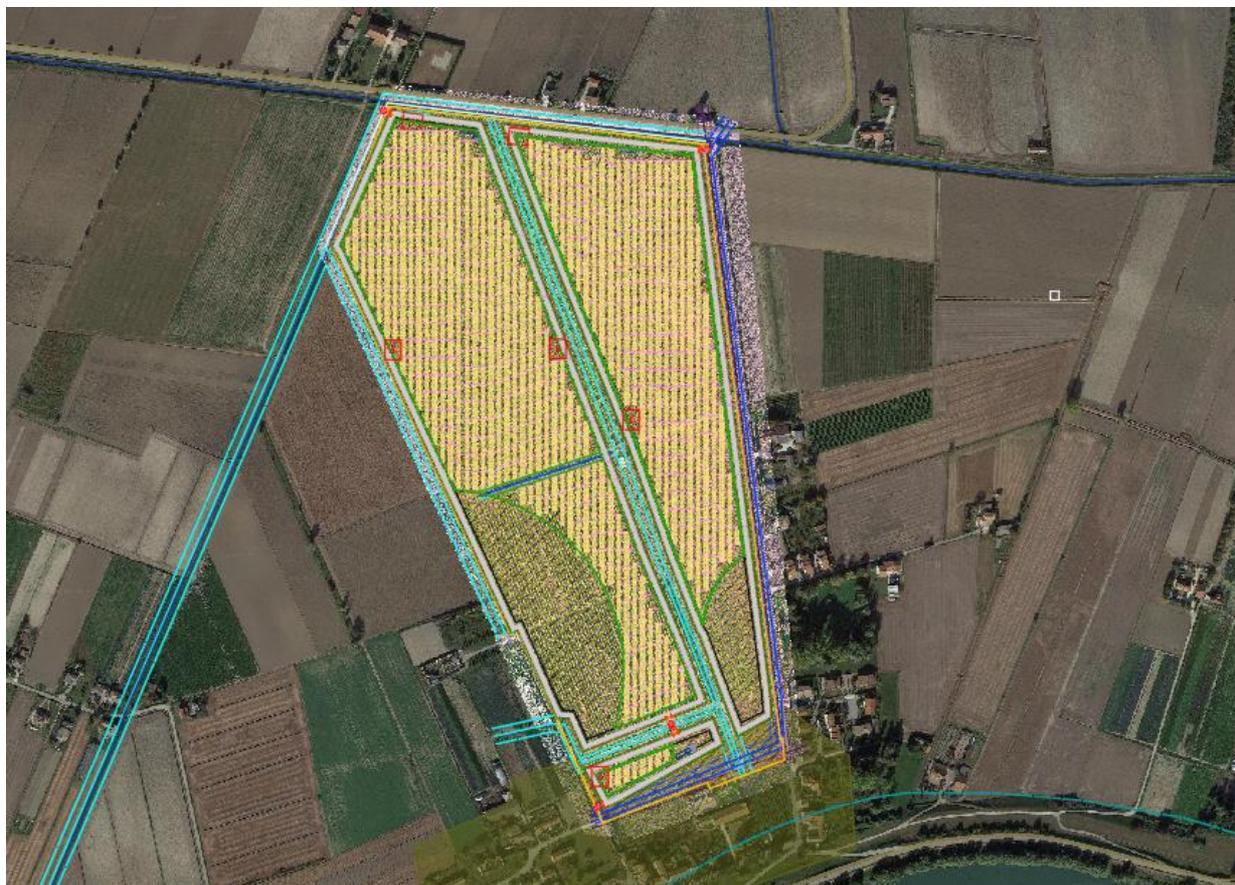


Figura 5-4: rappresentazione dell'area d'impianto e del reticolo idrografico naturale

L'area sulla quale si prevede la realizzazione del campo fotovoltaico occupa una superficie di circa 32,4 ha ed è suddivisa in tre diverse zone ben distinte che, nella presente trattazione rappresentano aree scolanti distinte denominate rispettivamente A-B-C, come mostrato nella seguente illustrazione.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	21 di 38

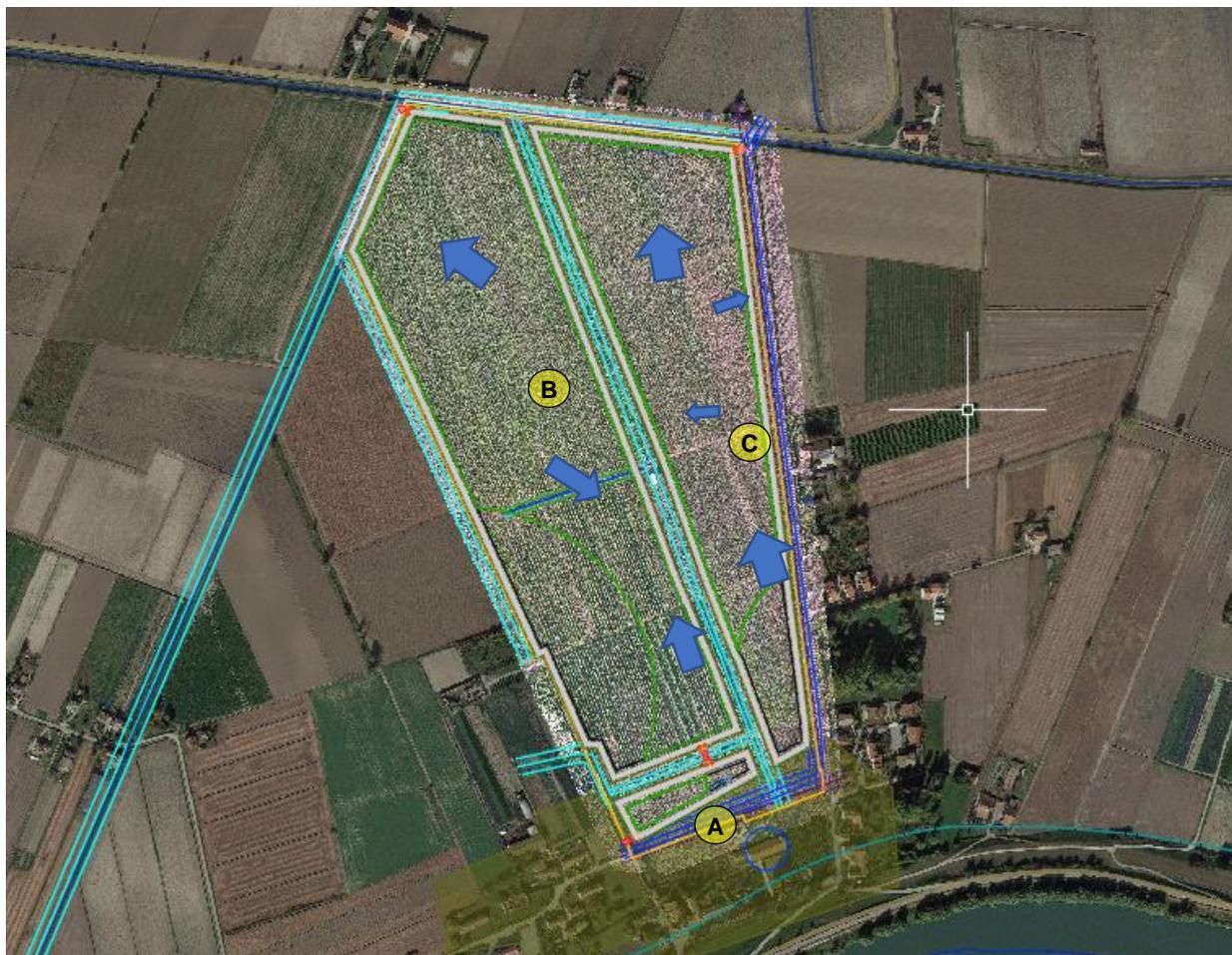


Figura 5-5: Rappresentazione delle aree scolanti e delle direttrici di deflusso

Considerata la ridotta area sulla quale insistono i pannelli e le proprietà del terreno in sito, caratterizzato da valori di permeabilità superficiale da moderatamente bassa a moderatamente alta, non si ritiene opportuno realizzare particolari opere di dreno, se non una serie di canali superficiali atti a scongiurare l'insorgenza di fenomeni di ruscellamento e a creare volumi di invaso per la verifica della compatibilità idraulica delle opere.

Le diverse aree presentano caratteristiche peculiari che determinano un differente approccio nella regimazione delle acque meteoriche; in particolare nell'area A, data la ridotta estensione e la ridotta trasformazione del terreno si ritiene superfluo il tracciamento delle canalette di deflusso.

Le aree B e C richiedono il tracciamento delle canalette sia per limitare il deflusso superficiale, sia per creare, come precedentemente detto volumi di invaso atti a compensare l'aumento del coefficiente di deflusso e rispettare pertanto il principio di invarianza idraulica.

Seguendo le direttrici di deflusso si è deciso di realizzare le canalette di scolo in posizione prevalentemente periferica, a meno di tre canalette trasversali situate una nel lotto B e due nel lotto C.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	22 di 38

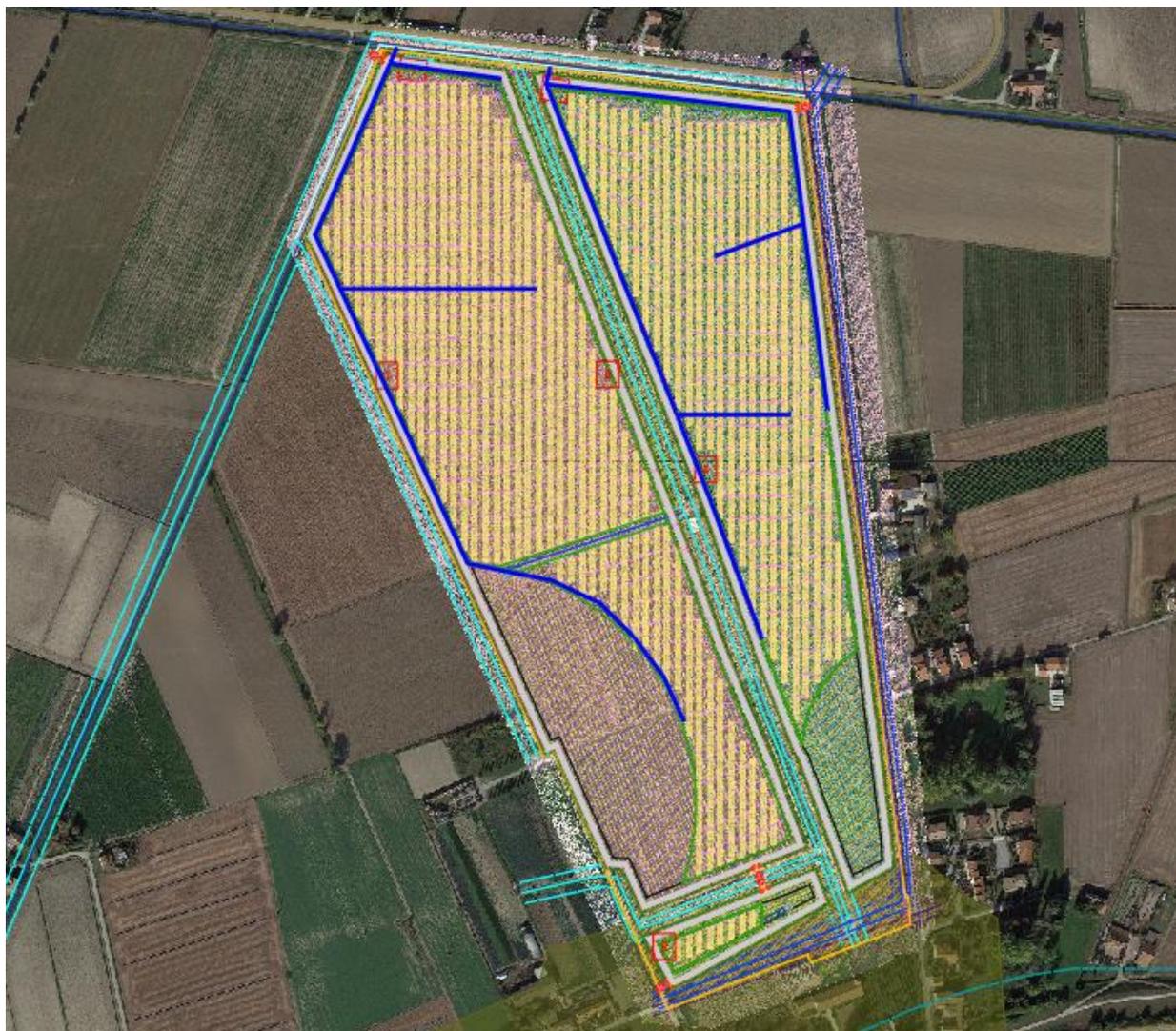


Figura 5-6: rappresentazione dell'area d'impianto, della rete di dreno e del reticolo idrografico naturale

Come precedentemente esposto, la valutazione dei volumi di deflusso per ciascuna area è stata effettuata considerando una precipitazione critica di progetto con tempo di ritorno di 50 anni

I risultati ottenuti sono riassunti nella seguente tabella:

Tabella 5-5: Portate dluenti ante operam e post operam

Bacino	Area	ARF	Altezza precip.	Intensità	Coeff ante operam	Portata ante operam	coeff post operam	Portata post operam
	[ha]	-	[mm]	[mm/h]	-	[mc/s]	-	[mc/s]
A	1.0	1	74.2	74.2	0.1	0.021	0.22	0.045
B	18.5	1	74.2	74.2	0.1	0.381	0.22	0.839
C	12.9	1	74.2	74.2	0.1	0.266	0.22	0.585
TOTALE	32.4					0.668		1.470

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	23 di 38

6 VERIFICHE E DIMENSIONAMENTI IDRAULICI – INVARIANZA IDRAULICA

La scelta dei sistemi di drenaggio sostenibili costituiti da canalette in terra porterà al raggiungimento di più obiettivi:

- Riduzione dei fenomeni di ristagno superficiale sull'area di installazione dei pannelli;
- Riduzione dei fenomeni di ruscellamento ed erosione del versante;
- Realizzazione di infrastrutture verdi a vantaggio di quelle grigie;
- Rallentamento e riduzione del picco di piena durante piogge intense;

nei tratti a maggiore pendenza ed in quelli che per la propria conformazione rendono necessaria la regimazione delle acque superficiali, al fine di garantire il corretto deflusso delle acque meteoriche anche in corrispondenza degli eventi meteorici critici, sarà predisposta una rete di scolo costituita da canalette in terra appositamente dimensionate e disposte in modo da assicurare la corretta evacuazione delle portate e scongiurare la formazione di ristagni e l'insorgenza di fenomeni di ruscellamento ed erosione.

La rete di dreno sarà costituita da canalizzazioni e da elementi di convoglio delle acque nel reticolo naturale preesistente.

Le acque meteoriche saranno quindi allontanate mediante il convogliamento delle portate residue verso il reticolo idrografico principale che già oggi veicola le medesime a valle delle singole sezioni.

Nel presente studio idraulico sono stati esaminati inoltre i profili di invarianza idraulica e idrologica legati all'intervento in progetto. Infatti, rifacendosi alla direttiva CE 2007/60, è necessario verificare che a seguito di un intervento, le portate massime di deflusso meteorico scaricate dalle aree interessate dall'intervento nei ricettori naturali o artificiali di valle non siano maggiori di quelle preesistenti, assicurare cioè la cosiddetta "Invarianza Idraulica e idrologica" del sito.

A tal fine si rileva che le opere previste sono classificate come interventi a "significativa impermeabilizzazione potenziale" in quanto le aree di intervento modificate sono comprese tra 1 e 10 ha.

Così come riportato sulle Linee Guida "nel caso di significativa impermeabilizzazione, andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione".

Sono altresì definite 5 classi di intervento e i relativi criteri da adottare per il dimensionamento da adottare per l'individuazione del volume d'invaso da realizzare al fine di limitare la portata scaricata ai ricettori finali.

Riferimento	Classificazione intervento	Soglie dimensionali	Criteri da adottare
Ordinanze	Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	$S^* < 200 \text{ mq}$	0
	Modesta impermeabilizzazione	$200 \text{ mq} < S^* < 1.000 \text{ mq}$	1
D.G.R. 1322/06	Modesta impermeabilizzazione potenziale	$1.000 \text{ mq} < S < 10.000 \text{ mq}$	1
	Significativa impermeabilizzazione potenziale	$10.000 \text{ mq} < S < 100.000 \text{ mq}$	2
		$S > 100.000 \text{ mq}$ e $\Phi < 0,3$	2
	Marcata impermeabilizzazione potenziale	$S > 100.000 \text{ mq}$ e $\Phi > 0,3$	3

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	24 di 38

L'intervento ricade in Classe 4.

Classe 4 - Significativa impermeabilizzazione potenziale

Andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione.

A maggior cautela si prevede quindi di sovradimensionare la rete di dreno rispetto alle sole esigenze di trasporto della portata di picco, realizzando nei canali volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle portate in occasione dei picchi di pioggia. A tal fine in corrispondenza dei tiranti idrici massimi, nelle sezioni sarà assicurato un adeguato franco idraulico nelle luci della rete di dreno.

Queste previsioni consentono di ipotizzare la costanza dei deflussi sulla rete esistente nelle condizioni ante operam e in quelle post operam.

I dati sopraesposti completano il quadro conoscitivo generale utile all'impostazione dello studio idraulico, composto da una fase di acquisizione e archiviazione dei dati territoriali e cartografici, di valutazione del livello di degrado, di antropizzazione e di caratterizzazione topografica e geometrica del sito.

Si applica dunque il *Dimensionamento semplificato utilizzabile per la Classe 4 – Criterio di dimensionamento n.2.*

Il metodo ricalca il procedimento esposto nel testo "Sistemi di fognatura. Manuale di progettazione" (csdu –HOEPLI, Milano, 1997) e stima il volume d'invaso necessario per garantire l'invarianza idraulica.

La valutazione del volume di invaso si basa sulla curva di possibilità pluviometrica, sulle caratteristiche di permeabilità della superficie drenante e sulla portata massima, supposta costante, imposta in uscita dal sistema.

La risposta idrologica del sistema è quindi estremamente semplificata trascurando tutti i processi di trasformazione afflussi-deflussi (Routing): permane unicamente la determinazione delle precipitazioni efficaci (separazione dei deflussi) ottenuta con il metodo del coefficiente di afflusso.

Tale ipotesi semplicistica implica che le portate in ingresso al sistema di invaso siano sovrastimate e di conseguenza, nel caso si riesca a garantire la costanza della portata massima allo scarico, anche i volumi di laminazione risulteranno sovrastimanti e cautelativi.

Il massimo volume di invaso, per una data durata t viene calcolato come differenza fra il volume entrato nella vasca in V ed il volume uscito out V dalla stessa nel periodo della durata della precipitazione.

$$V_{inv} = V_{in} - V_{out}$$

Il volume entrante per effetto di una precipitazione di durata t è dato dalla:

$$V_{in} = S \cdot \varphi \cdot h(t)$$

dove:

- φ è il coefficiente di afflusso medio, imposto costante, del bacino drenato a monte della vasca;
- S è la superficie del bacino drenato a monte della vasca;

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	25 di 38

- h è l'altezza di pioggia, funzione della durata secondo le curve di possibilità pluviometrica.

Il volume che nello stesso tempo esce dalla vasca è dato dalla:

$$V_{out} = Q_{out} \cdot t$$

Nel criterio proposto possono essere utilizzate sia le CPP a due che a tre parametri.

Nel caso si utilizzino le CPP a due parametri, fissata la durata della precipitazione il massimo volume invasato nel serbatoio è dato dalla:

$$V_{inv} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t^n - Q_{out} \cdot t$$

La determinazione della durata critica per il volume di invaso t_{cr} ossia la durata per la quale si ha il massimo volume invasato $inv_{cr} V$, si ottiene imponendo nulla la derivata prima del volume di invaso in funzione della durata:

$$\frac{dV_{inv}}{dt} = \frac{d(S \cdot \varphi \cdot a \cdot t^n - Q_{out} \cdot t)}{dt} = 0$$

Quindi:

$$t_{cr} = \left(\frac{Q_{out}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

ne consegue che il massimo volume che dovrà essere contenuto dal serbatoio è dato dalla:

$$V_{inv} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left(\frac{Q_{out}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}} - Q_{out} \cdot \left(\frac{Q_{out}}{S \cdot \varphi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Una volta individuate le caratteristiche del bacino e le altre condizioni imposte (S , φ , Q_{out} , Tempo di ritorno, Comune), si deve procedere al calcolo del volume d'invaso critico per ognuno dei sei intervalli di durate (quindi per ogni una delle sei coppie di parametri a e n); infatti non essendo nota a priori la durata critica della precipitazione non è possibile scegliere la curva che meglio si presta a interpretare il fenomeno.

La scelta della curva più adatta può esser condotta confrontando i sei scarti calcolati tra la durata critica e il relativo tempo centrale (t_{ce}) dell'intervallo di durate: la curva più idonea sarà quindi quella per cui risulta minore lo scarto suddetto.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	26 di 38

Dimensionamento semplificato utilizzabile per la Class 4. Criterio di dimensionamento n.2						
FONTE: Valutazioni di compatibilità idraulica - Linee Guida, Venezia 3/08/2009						
N.B. Le celle da modificare sono quelle con riempimento grigio						
Parametri a e n delle CPP per i vari intervalli di tempo:						
Zona Costiera e Lagunare	TR = 50 anni					
Intervallo di tempo	5' - 45'	10' - 1 ora	15' - 3 ore	30' - 6 ore	45' - 12 ore	1 ora - 24 ore
Tempo centrale [min]	15	30	45	60	180	360
a [mm min ⁻ⁿ]	7.0	9.8	15.5	21.9	24.8	26.1
n [-]	0.598	0.491	0.358	0.278	0.252	0.243
Superficie totale (S)	32.4	ha				
Coefficiente di afflusso	0.22	-				
Coefficiente udometrico d'uscita	20	l/s,ha				
Q _{out} =u·S·60	38880	l/min				
Calcolo del volume di laminazione per un tempo di ritorno di 50 anni						
Tempo centrale t _{ce} [min]	15	30	45	60	180	360
a [mm min ⁻ⁿ]	7.00	9.80	15.50	21.90	24.80	26.10
n [-]	0.598	0.491	0.358	0.278	0.252	0.243
tempo critico t _{cr} [min]	159	72	37	28	26	26
scarto t _{ce} -t _{cr}	144	42	8	32	154	334
tempo critico minimo t _{min} [min]	37					
V _{inv,cr} [mc]	2586					

Figura 6-1: dimensionamento volumi di invaso.

Come si evince dai calcoli sopra riportati, per l'area in progetto occorre predisporre un volume di invaso pari a 2586 mc.

Il coefficiente udometrico u è stato calcolato come rapporto tra portata calcolata ante operam e l'area totale di progetto.

I volumi di laminazione verranno realizzati all'interno dei canali di raccolta delle acque superficiali. Lo sbocco dei canali nel ricettore finale, individuato nella cala denominato Scolo Sabbadina verranno dimensionati al fine di rispettare le prescrizioni sulla massima portata uscente dal serbatoio.

6.1 ANALISI DEI CRITERI DI VERIFICA DEI SISTEMI DI DRENAGGIO

Il sistema per la regimazione delle acque meteoriche prevede la raccolta ed il convoglio delle acque di ruscellamento superficiale di parte del sito tramite un sistema costituito da canalette a cielo aperto che garantiscono il recapito delle acque meteoriche ai recettori esistenti.

Le canalizzazioni serviranno esclusivamente le aree nei tratti a minore pendenza e quelli che per la propria conformazione rendono necessaria la regimazione delle acque superficiali.

Ai fini della verifica del funzionamento idraulico delle canalette è stato assunto un unico scenario che simula la situazione invernale per la quale è stata assunta la portata derivante dall'apporto della pioggia riferita alla massima superficie afferente ad una singola canaletta pari a ,18.5 ha; la portata di deflusso di tale area sarà quindi utilizzata per la verifica idraulica della sezione nelle diverse configurazioni di pendenza comprese tra il valore massimo considerato pari al 0,3% ed il minimo pari all'0,1%.

Si riporta di seguito una rappresentazione schematica della canaletta di progetto.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	27 di 38

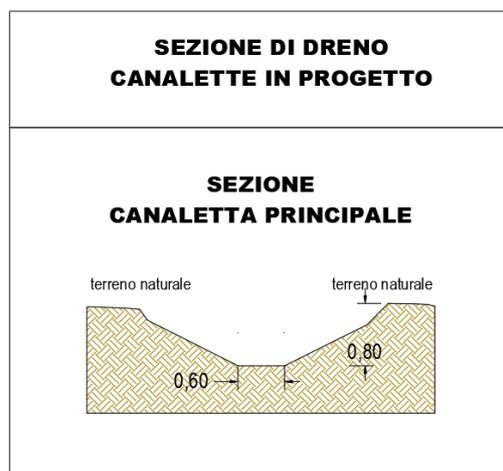


Figura 6-2: Schema canaletta di progetto

La sezione della canaletta è interessata dunque dalle acque superficiali convogliate dalla quota parte di terreno afferente individuato della superficie complessiva di circa 18.5 ha e convoglia la portata confluyente definita dal tempo di pioggia di progetto pari a 1 ora, ricavato in relazione al tempo di corrvazione del bacino, e dall'intensità di pioggia di progetto definita dagli studi idrologici sopra riportati in corrispondenza del tempo di ritorno $T_r=50$ anni e intensità risultante pari a 72,4 mm/h.

In tali condizioni la portata di verifica risulta pari a 0.84 mc/s.

Le canalette in questo modo risultano sovradimensionate e capaci di accogliere i volumi di laminazione determinate secondo le indicazioni delle Linee guida.

Considerando un franco di sicurezza di 0,1 m, con un riempimento dell'88%, si ottiene un'Area bagnata di 1.27 mq. In totale sono stati tracciate canalette per complessivi 2314 m.

Si ottiene dunque che il massimo volume invasabile dalle canalette è pari a 2939 mc, abbondantemente superiori rispetto ai 2586 calcolati secondo le indicazioni delle linee guida.

I massimi tiranti idrici ammessi nelle canalette di dreno saranno dunque pari a 0.7 m. Con questo valore verranno dimensionate le luci di scarico sul canale Sabbadina.

Ipotizzando di dividere le portate in parti uguali, in prima approssimazione si possono dimensionare le luci di scarico con una condotta del diametro di 40 cm.

Apertura per il rilascio della portata Q di uscita				
Q_{\max} uscita	μ	tirante h_{medio}	S	diametro
l/s	-	m	cm ²	cm
324.00	0.69	0.7	1267.32	40.17

Figura 6-3: Dimensionamento collettori di scarico

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	28 di 38

6.3 CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO DELLE ACQUE DI COPERTURA

Le canalette di drenaggio sono costituite da semplici fossi di drenaggio ricavati sul terreno a seguito della sistemazione superficiale definitiva dell'area mediante la semplice sagomatura del terreno ed il posizionamento di un rivestimento litoide eseguito con materiale grossolano a protezione dell'erosione del fondo e del piede delle sponde laterali.

La disposizione planimetrica delle canalette è stata studiata in relazione alla conformazione del territorio ed alle linee di dreno già tracciate sull'area, al fine di scongiurare i fenomeni di ruscellamento incontrollato e nel contempo garantire la corretta confluenza delle acque verso le aree di compluvio naturale ed i relativi corpi ricettori più a valle.

Al fine di calmierare gli effetti di concentrazione idraulica e idrologica delle piogge e favorire l'infiltrazione nel terreno delle acque meteoriche, nel greto delle canalette principali sarà prevista la presenza di graniglia che, grazie alle loro caratteristiche, contribuiscono sia la parziale infiltrazione delle acque sia il rallentamento delle portate limitando così i fenomeni di erosione delle canalette.

Come detto le acque raccolte dai fossi così dimensionati sono convogliate sul perimetro delle installazioni e verso i compluvi naturali.

6.4 VERIFICA IDRAULICA IN MOTO UNIFORME DELLE SEZIONI

Le condizioni di moto uniforme in un canale si determinano quando l'altezza d'acqua e la velocità si mantengono costanti nello spazio e nel tempo; la superficie libera, pertanto, risulta parallela al fondo.

La definizione di moto uniforme ha senso solo se il canale è prismatico.

Le caratteristiche cinematiche e dinamiche del moto uniforme saranno evidenziate nel quadro di riepilogo della verifica relativa a ciascuna sezione analizzata.

$$Q = k_s A(y_0) [R_H(y_0)]^{2/3} \sqrt{i_f}$$

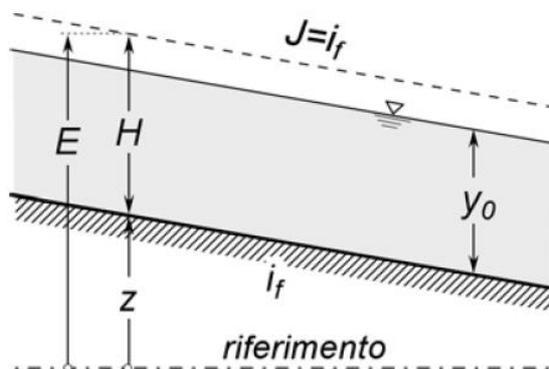


Figura 6-4: Riferimenti di calcolo del moto uniforme

Nel caso di sezione compatta, il legame tra la velocità (o la portata) e l'altezza d'acqua può essere espresso da una qualsiasi formula di moto uniforme. Qui, in particolare, si farà riferimento alla richiamata formula di Gauckler-Strickler in cui k_s è il coefficiente di scabrezza secondo Strickler, A è l'area della sezione trasversale, R_H il raggio idraulico ($R_H=A/c$, essendo c il perimetro bagnato) e i_f la pendenza del fondo.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	29 di 38

È importante osservare che se il canale non è prismatico e la portata è variabile lungo il percorso, non è possibile definire una condizione di moto uniforme.

Il coefficiente k_S dovrebbe pertanto essere una “misura” della scabrezza di parete. In realtà nel coefficiente k_S sono normalmente inglobati gli effetti dissipativi di molti fenomeni non inquadrabili come “attrito”. Tra questi, sono da ricordare gli scambi trasversali di quantità di moto prodotti da variazioni geometriche della sezione, dalla presenza di curve, di forme di fondo, di vegetazione e gli effetti dissipativi associati ad instabilità superficiali; nel caso in cui la scabrezza non sia uniformemente distribuita lungo il contorno bagnato come, ad esempio, nel caso di un canale di sezione trapezia con sponde realizzate in materiale diverso da quello del fondo, è necessario stimare un coefficiente di resistenza equivalente k_{eq} in grado di descrivere il legame tra altezza y_0 e portata Q in queste particolari condizioni, si suddivide la sezione complessiva in sottosezioni ciascuna delle quali è delimitata da un contorno a scabrezza omogenea mentre la rimanente parte di contorno è tale per cui lungo lo stesso non si sviluppino sforzi tangenziali.

La progettazione della rete di drenaggio delle acque meteoriche si basa sulla caratterizzazione idrologica riportata nei precedenti paragrafi. In particolare sono state identificate l'intensità, la durata e la frequenza delle precipitazioni di breve durata e forte intensità (eventi critici), in riferimento al tempo di ritorno T 50 anni.

Il dimensionamento della rete è stato effettuato tramite il confronto tra la portata d'acqua generata dall'evento piovoso sulla superficie drenata dall' n – esimo collettore Q_{ci} (portata critica i – esima) e la portata che lo stesso è in grado di allontanare con un opportuno franco di sicurezza Q_{di} (portata di esercizio i – esima).

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	30 di 38

6.6 RIEPILOGO DELLE SEZIONI VERIFICATE

Di seguito le caratteristiche dimensionali della canaletta considerate per la verifica:

Sezione di verifica	Sezione 1.1	Sezione 1.2
Profilo di progetto (Es. Tav.5)	minima pendenza	Massima pendenza
Descrizione della sezione	Canaletta di scolo	Canaletta di scolo
Bacino (riferimento bacino)	Sub-bacino Area A (S=18.5ha)	Sub-bacino Area A (S=18.5ha)
Tipo Sezione	Trapezia	Trapezia
Materiale	Terra	Terra
Caratteristiche Canale	Terra - con erba	Terra - con erba
Base (se circolare Raggio)	0.60 [m]	0.60 [m]
Altezza (se circolare Diametro)	0.80 [m]	0.80 [m]
Inclinazione Pareti (in °)	30°	30°
Pendenza di progetto	0.1%	0.3%
Parametro di Scabrezza	Gauckler Strickler	Gauckler Strickler
Scabrezza (Consigliato 40)	40.00	40.00
portata Q1 [mc/s]	0.030 [mc/s]	0.030 [mc/s]
portata Q2 [mc/s]	0.050 [mc/s]	0.050 [mc/s]
portata Q3 [mc/s]	0.100 [mc/s]	0.100 [mc/s]
portata Q4 [mc/s]	0.200 [mc/s]	0.200 [mc/s]
portata Q5 [mc/s]	0.500 [mc/s]	0.500 [mc/s]
portata Q6 (TR=50) [mc/s]	0.839 [mc/s]	0.839 [mc/s]

Si riportano di seguito le verifiche relative a ciascuna delle sezioni fin qui descritte.

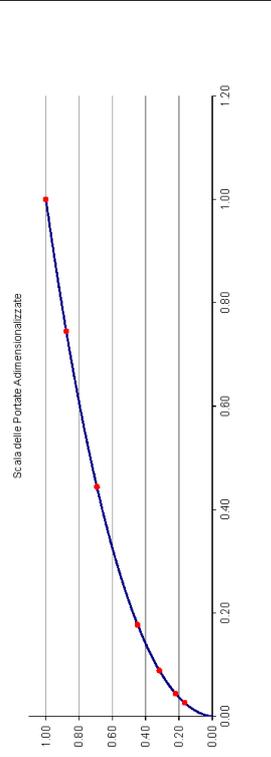
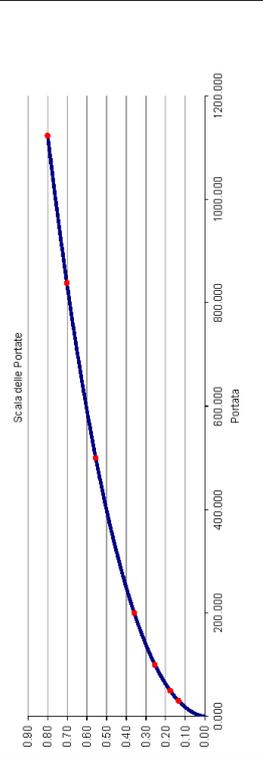
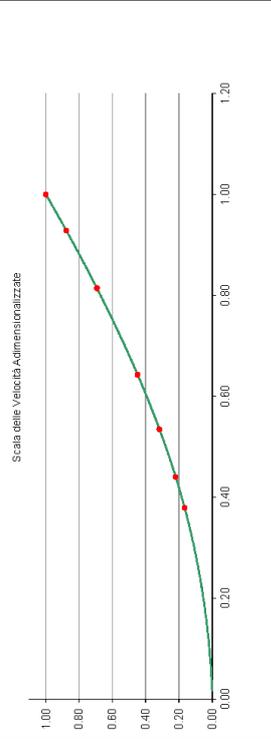
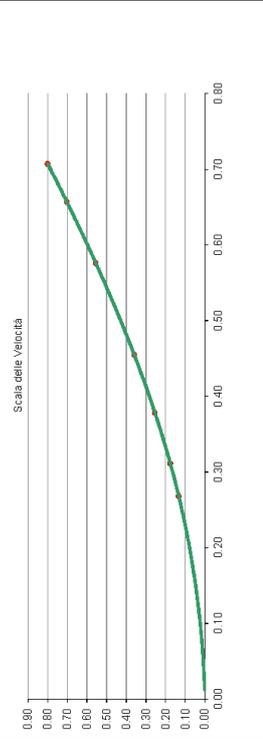
6.7 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.1

IMPIANTO FOTOVOLTAICO BARBONA
fosso di scolo

Verifica delle sezioni idrauliche: Canaletta di scolo - profilo di minima pendenza - Sub-bacino Area

Portate di calcolo [l/s]		Riepilogo dati sezione	
Portata Massima	Qmax	Base	B
Portata di progetto Q1	30.000	Altezza	H
Portata di progetto Q2	50.000	Inclinazione Pareti	a
Portata di progetto Q3	100.000	Coefficiente di inclinazione	n
Portata di progetto Q4	200.000	Pendenza di progetto	i
Portata di progetto Q5	500.000	Parametro di Scabrezza	k _s
Portata di progetto Q6	833.000	Scabrezza (Consigliato 40)	ks

Portate Verificate		Portata di progetto Q1 (Q= 30,00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 50,00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 100,00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 200,00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 500,00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 833,00 [l/s])	Massima portata (Q= 1123,37 [l/s])
ID Portata		Q1 - portata media annua	50.00	100.00	200.00	500.00	833.00	1123.37
Portata di verifica	[l/s]	30.00	50.00	100.00	200.00	500.00	833.00	1123.37
Percentuale riempimento	%	17%	22%	32%	45%	69%	88%	100%
Tirante idrico	[m]	0.13	0.18	0.26	0.36	0.56	0.70	0.80
Area Bagnata	[mq]	0.11	0.16	0.26	0.44	0.87	1.27	1.59
Contorno Bagnato	[m]	1.13	1.30	1.62	2.04	2.82	3.41	3.80
Lunghezza Pelo Libero	[m]	1.06	1.21	1.48	1.84	2.52	3.03	3.37
Raggio Idraulico	[m]	0.10	0.12	0.16	0.22	0.31	0.37	0.42
c	[l]	27.14	28.17	29.66	30.97	32.86	33.95	34.69
Velocità del flusso	[m/s]	0.27	0.31	0.38	0.45	0.59	0.66	0.71
V/Vr	%	0.38	0.44	0.53	0.64	0.81	0.93	1.00
Qr/Qr	%	0.03	0.04	0.09	0.18	0.44	0.75	1.00



Relazione Idraulica

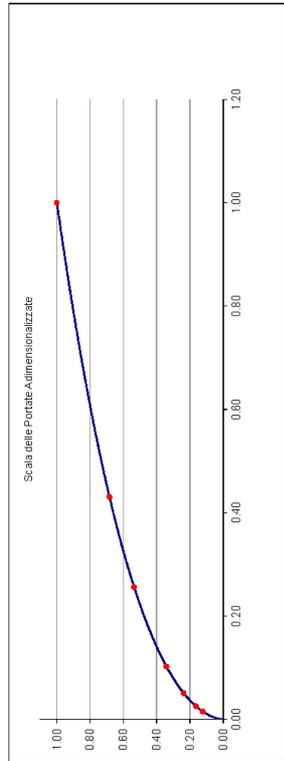
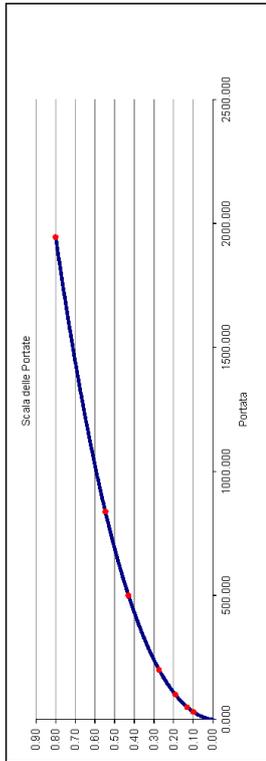
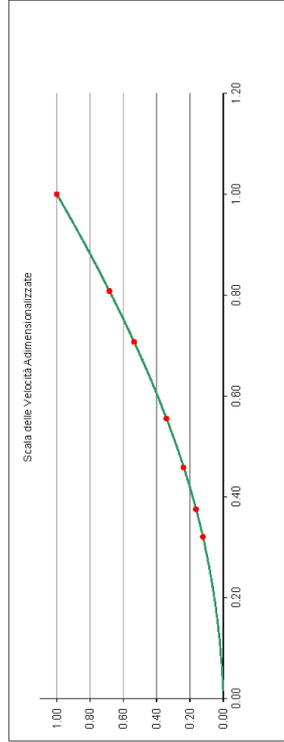
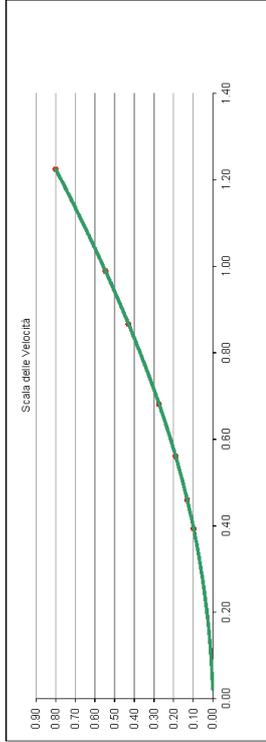
6.8 SCHEDA DI VERIFICA SEZIONE 1.2

IMPIANTO FOTOVOLTAICO BARBONA
fosso di scolo

Verifica delle sezioni idrauliche: Canaletta di scolo - profilo di massima pendenza - Sub-bacino Area

Portate di calcolo [l/s]		Riepilogo dati sezione	
Portata Massima	Qmax	Base	B
Portata di progetto Q1	Q1 - Portata media annua	Altezza	H
Portata di progetto Q2	Q2 - Portata maggiorata con i	Inclinazione Pesi	a
Portata di progetto Q3	Q3	Coefficiente di inclinazione	n
Portata di progetto Q4	Q4	Pendenza di progetto	i
Portata di progetto Q5	Q5	Parametro di Scabrezza	k _s
Portata di progetto Q6	Q6	Scabrezza (Consigliato 40)	k _s

Portate Verificate		Portata di progetto Q1 (Q= 30,00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 50,00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 100,00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 200,00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 500,00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 839,00 [l/s])	Massima portata (Q= 1945,73 [l/s])
ID Portata	[l/s]	30,00	50,00	100,00	200,00	500,00	839,00	1945,73
Portata di verifica	[l/s]	30,00	50,00	100,00	200,00	500,00	839,00	1945,73
percentuale riempimento	[%]	12%	16%	24%	34%	54%	68%	100%
Tirante idrico	[m]	0,10	0,13	0,19	0,27	0,43	0,55	0,80
Area bagnata	[m ²]	0,08	0,11	0,18	0,29	0,58	0,85	1,59
Contorno bagnato	[m]	0,99	1,12	1,36	1,69	2,32	2,79	3,80
Lunghezza Peto Libero	[m]	0,94	1,05	1,26	1,55	2,09	2,49	3,37
Raggio idraulico	[m]	0,08	0,10	0,13	0,17	0,25	0,30	0,42
c	[l]	26,04	27,08	28,46	29,86	31,72	32,79	34,59
Velocità del flusso	[m/s]	0,39	0,46	0,66	0,68	0,67	0,99	1,22
V/Vr	[%]	0,32	0,38	0,46	0,56	0,71	0,81	1,00
Q/Qr	[%]	0,02	0,03	0,05	0,10	0,26	0,43	1,00



	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	33 di 38

7 ATTRAVERSAMENTO CANALE LATERALE

L'accesso all'area di impianto sito a nord ovest è consentito previ l'attraversamento prima del canale denominato Scolo Sabbadina e successivamente dall'attraversamento di un secondo canale consortile. L'attraversamento di quest'ultimo è consentito da un cavalcafosso che risulta insufficiente per l'accesso dei mezzi all'impianto. Si rende dunque necessario realizzare una nuova opera di idonee dimensioni per consentire l'attraversamento del suddetto canale.

L'opera sarà dimensionata per consentire il deflusso delle portate potenzialmente transitabili all'interno del canale. Ulteriori rilievi di dettaglio sono necessari per definire l'opera in fase di progetto esecutivo.

La realizzazione dell'opera è subordinata all'approvazione del Consiglio di Bonifica Adige Euganeo.

Dal rilievo fotogrammetrico sono state desunte le dimensioni del canale il quale presenta una sezione trapezia con fondo largo circa 0,5 m, profondità massima pari a 1.5 m e scarpe laterali a 45°. Il canale si presenta in terra con una folta vegetazione. Dall'analisi di due sezioni poste a distanza di circa 200 metri si rileva come la pendenza del canale sia quasi nulla. Si presume che i deflussi in tale canale siano garantiti dal sistema di idrovore del consorzio.

Data la particolarità del territorio particolarmente pianeggiante, così come descritto nei paragrafi precedenti, e dalla fitta rete di canali consortili gestiti da una serie di idrovore e di chiaviche, non è possibile definire un bacino di riferimento per il canale in oggetto.

Si sono dunque effettuate delle verifiche idrauliche ipotizzando una pendenza minima del 0,1% e calcolando le portate transitanti.

Si riporta di seguito le verifiche eseguite sulla sezione in oggetto.

Si evidenzia come il fosso si stima possa veicolare circa 2 mc/s. In realtà il deflusso è regolato dal cavalcafosso esistente di cui si necessita una verifica dimensionale.

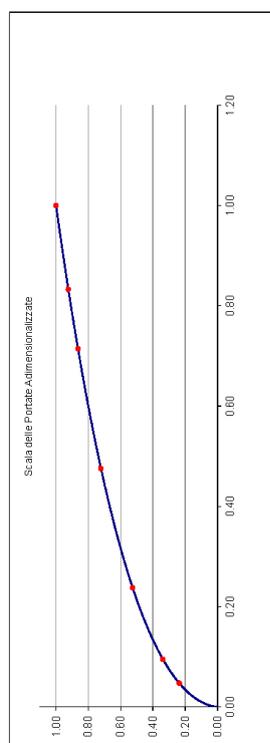
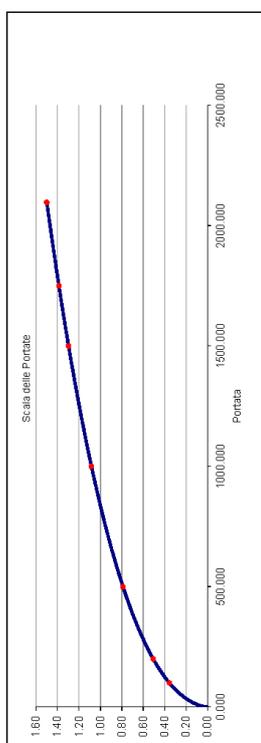
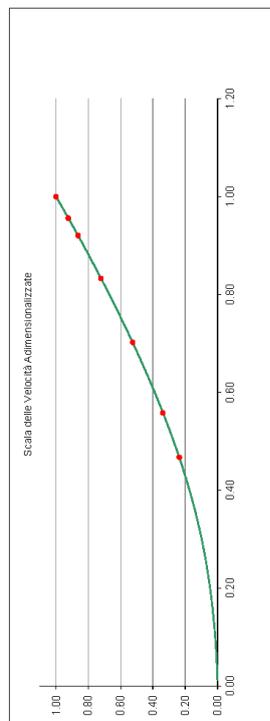
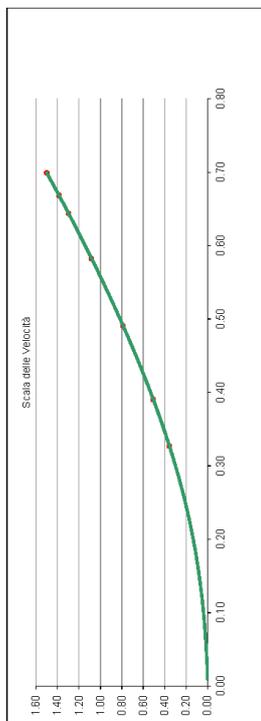
Tabella 7-1: Verifica fosso laterale impianto.

IMPIANTO FOTOVOLTAICO BARBONA

Verifica delle sezioni idrauliche: Attraversamento - profilo di progetto - Sub-bacino Area

Portate di calcolo [l/s]		Riempimento della sezione		Tipo sezione	
Portata massima	Omax	2097,216	Base	B	0,50 Trapezia
Portata di progetto Q1	Q1 -	100,000	Altezza	H	1,50 Terra
Portata di progetto Q2	Q2 - Portata media immissa	200,000	Inclinazione Pareti	a	45,00 Terra - in abbandono con vegetazione
Portata di progetto Q3	Q3 - Portata di verifica	500,000	Coefficiente di inclinazione	n	1,00
Portata di progetto Q4	Q4	1000,000	Pendenza di progetto	i	0,10% Note: Nessuna
Portata di progetto Q5	Q5	1500,000	Parametro di Scabrezza	ks	
Portata di progetto Q6	Q6	1750,000	Scabrezza (Consigliato 30)		30,00

ID Portata	Portate Verificate		Portata di progetto Q1 (Q= 100,00 [l/s])	Portata di progetto Q2 (Q= 200,00 [l/s])	Portata di progetto Q3 (Q= 500,00 [l/s])	Portata di progetto Q4 (Q= 1000,00 [l/s])	Portata di progetto Q5 (Q= 1500,00 [l/s])	Portata di progetto Q6 (Q= 1750,00 [l/s])	Massima portata (Q= 2097,22 [l/s])
	[l/s]	[l/s]	Q1 -	Q2 - Portata media immissa	Q3 - Portata di verifica	Q4	Q5	Q6	Qmax
Portata di verifica	100,00	100,00	100,00	200,00	500,00	1000,00	1500,00	1750,00	2097,22
Percentuale riempimento	24%	24%	24%	34%	53%	72%	86%	92%	100%
Tirante idrico	[m]	0,36	0,36	0,51	0,79	1,08	1,30	1,39	1,50
Area Bagnata	[mq]	0,30	0,30	0,51	1,02	1,71	2,33	2,61	3,00
Contorno Bagnato	[m]	1,51	1,51	1,93	2,73	3,56	4,17	4,42	4,74
Lunghezza Fato Libero	[m]	1,21	1,21	1,51	2,08	2,87	3,09	3,27	3,50
Raggio idraulico	[m]	0,20	0,20	0,26	0,37	0,48	0,56	0,59	0,63
c	[l]	22,98	22,98	24,03	25,45	26,56	27,23	27,49	27,80
Velocità del flusso	[m/s]	0,33	0,39	0,49	0,58	0,67	0,70	0,70	0,70
V/Vc	[%]	0,47	0,56	0,70	0,83	0,96	1,00	1,00	1,00
Q/Qc	[%]	0,05	0,10	0,24	0,48	0,83	0,96	1,00	1,00



Relazione Idraulica

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	35 di 38

In base a quanto illustrato si propone un dimensionamento di massima del tombino secondo lo schema sotto riportato.

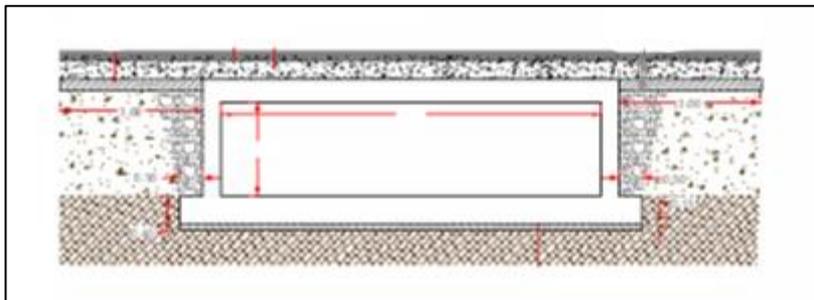


Figura 7-1 Tipologico attraversamento tombino

Il tombino avrà dunque una larghezza pari a 2,50 metri per una altezza di 1,50 metri. La lunghezza del tombino sarà pari alla larghezza della strada da realizzare per consentire il collegamento delle diverse aree dell'impianto più un franco di mezzo metro per lato.

A monte e a valle dell'attraversamento sarà necessario realizzare opportune opere di raccordo sia relativamente all'imbocco del tombino, per convogliare le portate sulla sezione dell'attraversamento, sia allo sbocco onde prevenire fenomeni erosivi incontrollati.

Sarà necessario inoltre tenere il canale in perfetta efficienza, prevedendo un programma di manutenzione e pulizia dello stesso, onde evitare l'intasamento sia del canale che del tombino da vegetazione la quale potrebbe inficiare il funzionamento dello stesso.

Per le verifiche di dettaglio e il relativo dimensionamento strutturale si rimanda alla successiva fase di progettazione.

Si riportano dunque le verifiche idrauliche sulla sezione del tombino.

Si evidenzia come il tombino con tali dimensioni riesca a far defluire una portata prossima ai 3 mc/s.

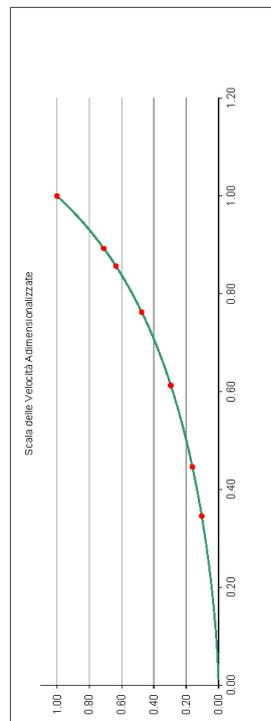
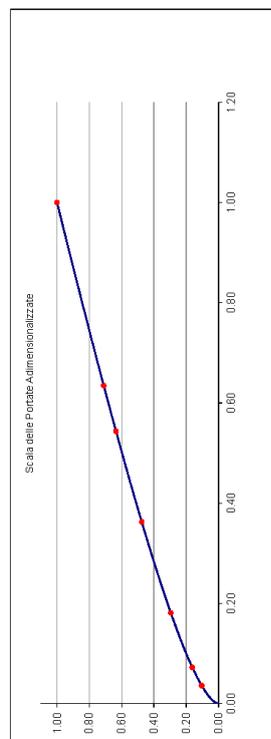
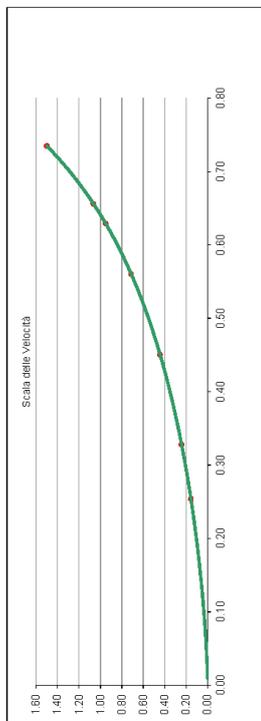
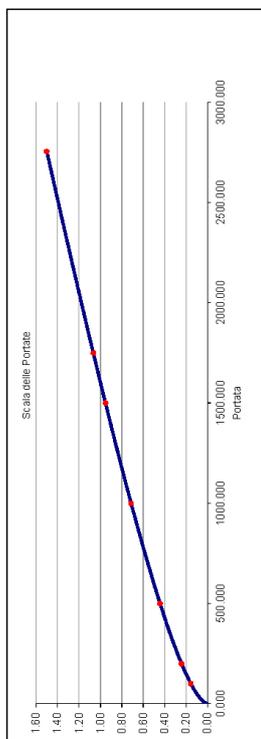
Tabella 7-2: Verifica idraulica tombino

IMPIANTO FOTOVOLTAICO BARBONA

Verifica delle sezioni idrauliche: Attraversamento - profilo di progetto - Sub-bacino Area

Portate di calcolo [l/s]		Riempimento tutti i sezioni		Tipo sezione	
Portata massima	Omax	2755,989	Base	2,50	Retangolare
Portata di progetto Q1	Q1 -	100,000	Altezza	1,50	Cemento
Portata di progetto Q2	Q2	200,000	Inclinazione Pareti	0,00	Cemento - non perfettamente liscio
Portata di progetto Q3	Q3	500,000	-	-	-
Portata di progetto Q4	Q4	1000,000	Pendenza di progetto	0,10%	Note: Nessuna
Portata di progetto Q5	Q5	1500,000	Parametro di Scabrezza		
Portata di progetto Q6	Q6	1750,000	Scabrezza (Consigliato 85-75)		
				ks	30,00

ID Portata	Portate Verificate						Massima portata (Q= 2755,91 [l/s])
	Q1 (Q= 100,00 [l/s])	Q2 (Q= 200,00 [l/s])	Q3 (Q= 500,00 [l/s])	Q4 (Q= 1000,00 [l/s])	Q5 (Q= 1500,00 [l/s])	Q6 (Q= 1750,00 [l/s])	
Portata di verifica	100,00	200,00	500,00	1000,00	1500,00	1750,00	2755,91
Percentuale riempimento	10%	16%	30%	48%	63%	71%	100%
Tirante idrico [m]	0,16	0,24	0,44	0,71	0,95	1,07	1,50
Area bagnata [mq]	0,39	0,61	1,11	1,78	2,38	2,66	3,75
Contorno bagnato [m]	2,81	2,99	3,29	3,93	4,40	4,63	5,50
Lunghezza Peto Libero [m]	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
Raggio idraulico [m]	0,14	0,20	0,33	0,45	0,54	0,58	0,68
c	21,58	23,01	24,90	26,30	27,08	27,36	28,14
Velocità del flusso [m/s]	0,25	0,33	0,45	0,56	0,63	0,66	0,73
V/Vr	0,35	0,45	0,61	0,76	0,86	0,89	1,00
Q/Qr	0,04	0,07	0,18	0,36	0,54	0,63	1,00



Relazione Idraulica

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	37 di 38

8 CONCLUSIONI

Lo studio idraulico 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 realizzando uno schema di gestione dei deflussi che fosse il meno possibile invasivo e impattante.

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) e da un punto di vista idraulico (valutazione variazioni degli apporti durante eventi intensi al ricettore finale).

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

Ciononostante, volendo cautelativamente ipotizzare una perdita di capacità di infiltrazione delle acque meteoriche, si è valutata arealmente l'incidenza delle strutture 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 autorevoli 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 dell'impianto come costituito da un'area di installazione pannelli ed una di interfila.

L'incremento derivante dalla modifica delle aree è stato valutato e largamente compensato con la realizzazione di opportuni volumi di invaso, rendendo lo scenario post-operam confrontabile con quello ante-operam.

In merito alle modifiche nella rete di drenaggio naturale tra stato di fatto e stato di progetto per tali aree è stata prevista una rete costituita da fossi in terra non rivestiti, realizzati in corrispondenza dei solchi di drenaggio naturali esistenti allo stato di fatto; questi ultimi sono stati identificati sulla base di una simulazione del modello digitale del terreno con estrazione dei sottobacini idrografici e della rete idrografica primaria e secondaria esistente.

Tale scelta consente di evitare di modificare la rete naturale, permettendo ai deflussi superficiali di seguire i percorsi naturali, senza interferenze dovute alla costruzione della viabilità, alla disposizione delle strutture e delle altre opere di progetto. Tutte le opere di regimazione rientreranno nell'ambito dell'Ingegneria naturalistica.

	IMPIANTO AGRIVOLTAICO POTENZA NOMINALE (DC) 15,48 MWp - POTENZA IN IMMISSIONE (AC) 13,01 MW Comune di Barbona (PD)	Rev.	0
	22-00062-IT-BARBONA RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Pag.	38 di 38

La preparazione del sito inoltre non prevede opere di scotico su larga scala, ma solo il taglio della vegetazione ove essa impedisca la regolare esecuzione delle attività di costruzione e l'operatività del cantiere. 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 possibilità che agricoltori locali possano seminare foraggi da destinare all'alimentazione del bestiame e o utilizzare il terreno per la coltivazione. Per ulteriori dettagli si veda la relazione agronomica.