

# Relazione di invarianza idrologica idraulica

REALIZZAZIONE IMPIANTO FOTOVOLTAICO E OPERE CONNESSE

Azienda	MAPO HONEY S.r.l.
Sede Legale	Via Borgo dei Leoni, 63 - 44121 Ferrara (FE)
C.F.	02090130382
P. IVA	02090130382

\*\*\*\*\*

Dettaglio Revisioni

\*\*\*\*\*

Data	Rev.	Preparato	Controllato	Verificato	Visto dell'Azienda
20/01/2023	Rev.0	P.L.	M.B.	M.B.	

#### **Proprietà Intellettuale**

Il presente documento è di proprietà esclusiva di Start Engineering S.r.l. (P.I. 04166670986), che ne detiene tutti i diritti di riproduzione, diffusione, distribuzione e alienazione, nonché ogni ulteriore diritto individuato dalla vigente normativa in materia di diritto d'autore. Il presente documento ed il suo contenuto non possono, pertanto, essere ceduti, copiati, diffusi o riprodotti, né citati, sintetizzati, o modificati, anche parzialmente, senza l'esplicito consenso di Start Engineering S.r.l..

Ogni prodotto o Società menzionati in questa relazione sono marchi dei rispettivi proprietari o titolari e possono essere protetti da brevetti e/o copyright concessi o registrati dalle autorità preposte.

# Indice

1	PREMESSA.....	4
2	DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI.....	5
2.1	Individuazione dell'area	5
2.1.1	Area Nord Ovest.....	5
2.1.2	Area Nord Est.....	5
2.1.3	Area Centro.....	5
2.1.4	Area Sud.....	6
2.2	Dati amministrativi	6
3	DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA.....	6
4	PORTATE MASSIME SCARICABILI.....	6
5	DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO.....	7
6	METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI.....	7
6.1	Metodo di calcolo: Deliberazione n.61/2009	8
7	PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI.....	9
7.1	Caratteristiche generali	9
7.1.1	Area Nord-Ovest.....	9
7.1.2	Area Nord-Est.....	9
7.1.3	Area Centrale.....	10
7.1.4	Area Sud.....	10
7.2	Dimensionamento sistema d'invarianza	11
8	ALLEGATI.....	18

#### **Proprietà Intellettuale**

Il presente documento è di proprietà esclusiva di Start Engineering S.r.l. (P.I. 04166670986), che ne detiene tutti i diritti di riproduzione, diffusione, distribuzione e alienazione, nonché ogni ulteriore diritto individuato dalla vigente normativa in materia di diritto d'autore. Il presente documento ed il suo contenuto non possono, pertanto, essere ceduti, copiati, diffusi o riprodotti, né citati, sintetizzati, o modificati, anche parzialmente, senza l'esplicito consenso di Start Engineering S.r.l..

Ogni prodotto o Società menzionati in questa relazione sono marchi dei rispettivi proprietari o titolari e possono essere protetti da brevetti e/o copyright concessi o registrati dalle autorità preposte.

## 1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di un impianto fotovoltaico installato a terra, sito in via Battara, sn nel comune di Ferrara (FE).

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di circa 191.000,0 m<sup>2</sup>.

Il computo di tale area comprende anche la superficie in pianta dei moduli fotovoltaici (proiezione a terra rispetto al piano orizzontale). Si evidenzia, tuttavia, come il terreno interessato dall'intervento rimarrà e verrà mantenuto, una volta realizzato l'impianto, "area verde" e quindi, di fatto, permeabile (percolazione del suolo con tasso di infiltrazione proprio del suolo "naturale").

Di seguito, si specificano i valori e le caratteristiche dell'area oggetto d'intervento:

Tipo di superficie	Valore [mq]	Caratteristiche
Area lotto complessiva	191.000	-
Area string station e platee	160	Fondazione superficiale (platee) in c.a.
Area power station - storage	187,66	Fondazione superficiale (platea) in c.a.
Area cabina elettrica	45,6	Fondazione superficiale (platea) in c.a.
Area proiezione a terra moduli	66.617,5	Superficie vetrata moduli fotovoltaici

Nello specifico, scopo del presente lavoro è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico dell'area, conseguenti alle trasformazioni in progetto, con l'obiettivo di definire le misure compensative e/o le caratteristiche delle opere necessarie ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche rispetto alla situazione preesistente o come da richiesta di norma.

Le verifiche del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica vengono condotte conformemente al Piano stralcio per il rischio idrogeologico - Direttiva inerente le verifiche idrauliche e gli accorgimenti tecnici da adottare per conseguire gli obiettivi di sicurezza idraulica definiti dal Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico, ai sensi degli artt. 2 ter, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 del Piano - Adottata dal Comitato Istituzionale con delibera n. 3/2 del 20 ottobre 2003 e s.m.i., come da variante di coordinamento PGRA-PAI, adottata dal C.I. con delibera 2/2 del 7/11/2016 (D.G.R. 2112/2016) di Regione Emilia Romagna. Nello specifico verranno adottati i metodi di calcolo in essa richiamati.

Nel presente documento verranno descritte le soluzioni progettuali adottate, i metodi di calcolo utilizzati e verranno riportati i report dei calcoli eseguiti, con relativi grafici, e le verifiche effettuate.

## 2 DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI

### 2.1 Individuazione dell'area

Per una miglior gestione delle acque meteoriche e loro deflusso, si è deciso di suddividere l'area impianto in quattro distinte "sottoaree" e di dotare ciascuna di esse di un'opera di invarianza idraulica in grado di garantirne la sicurezza idraulica.

#### 2.1.1 Area Nord Ovest

Comune di Ferrara Provincia Ferrara  
 Classe dell'intervento Impermeabilizz. potenziale significativa

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$
STRING STATION E PLATEA	Area impermeabile	40,0	0,90
AREA PROIEZIONE TERRA MODULI	Area impermeabile	11.305,8	0,90

Superficie totale 11345,8 m<sup>2</sup> Coefficiente afflusso medio ponderale  $\phi_m$  0,90

#### 2.1.2 Area Nord Est

Comune di Ferrara Provincia Ferrara  
 Classe dell'intervento Impermeabilizz. potenziale significativa

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$
AREA PROIEZIONE TERRA MODULI	Area impermeabile	3.217,8	0,90

Superficie totale 3.217,8 m<sup>2</sup> Coefficiente afflusso medio ponderale  $\phi_m$  0,90

#### 2.1.3 Area Centro

Comune di Ferrara Provincia Ferrara  
 Classe dell'intervento Impermeabilizz. potenziale significativa

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$
STRING STATION E PLATEE	Area impermeabile	80,0	0,90
AREA PROIEZIONE TERRA MODULI	Area impermeabile	32.786,9	0,90

Superficie totale 32.866,9 m<sup>2</sup> Coefficiente afflusso medio ponderale  $\phi_m$  0,90

## 2.1.4 Area Sud

Comune di Ferrara Provincia Ferrara  
 Classe dell'intervento Impermeabilizz. potenziale significativa

CARATTERISTICHE AREA			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\phi$
STRING STATION E PLATEA	Area impermeabile	40,0	0,90
CABINA ELETTRICA	Area impermeabile	45,6	0,90
AREA STORAGE – CONTROL ROOM	Area impermeabile	187,66	0,90
AREA PROIEZIONE TERRA MODULI	Area impermeabile	19.306,9	0,90

Superficie totale 19.580,2 m<sup>2</sup> Coefficiente afflusso medio ponderale  $\phi_m$  0,90

## 2.2 Dati amministrativi

Il progetto ricade, al livello autorizzativo, in ambito VIA statale.

# 3 DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA

La soluzione adottata per il rispetto delle prescrizioni sull'invarianza idraulica e idrologica viene di seguito esposta.

## 4 PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili,  $Q_{umax}$ , si è preso a riferimento a titolo cautelativo il valore di  $Q_{umax}$ : 8,00 l/s per ettaro (secondo Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n.61/2009).

Per una migliore trattazione della verifica idraulica, la superficie complessiva dell'area è stata suddivisa in quattro sottocampi:

- Area Nord-Ovest:
  - Superficie complessiva dell'area risulta pari a 3,5 ha.
  - L'area impermeabilizzata risulta pari a 1,13 ha.
  - La portata massima scaricabile, in funzione della superficie impermeabilizzata, è pari a: 9,1 l/s.
- Area Nord-Est:
  - Superficie complessiva dell'area risulta pari a 1,15 ha.
  - L'area impermeabilizzata risulta pari a 0,32 ha.
  - La portata massima scaricabile, in funzione della superficie impermeabilizzata, è pari a: 2,6 l/s.
- Area Centrale:
  - Superficie complessiva dell'area risulta pari a 7,66 ha.
  - L'area impermeabilizzata risulta pari a 3,28 ha.

- La portata massima scaricabile, in funzione della superficie impermeabilizzata, è pari a: 26,3 l/s.
- Area Sud:
  - Superficie complessiva dell'area risulta pari a 5,6 ha.
  - L'area impermeabilizzata risulta pari a 1,98 ha.
  - La portata massima scaricabile, in funzione della superficie impermeabilizzata, è pari a: 15,88 l/s.

## 5 DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO

Al fine di dimensionare e verificare le opere d'invarianza idraulica in progetto devono essere definite preventivamente le precipitazioni di progetto.

Avendo adottando la metodologia di calcolo del metodo diretto italiano, descritto nei paragrafi seguenti, non è necessario caratterizzare la curva di possibilità pluviometrica ma solo definirne il parametro  $n$ , il cui valore viene riportato nel report dei calcoli.

A tal fine viene applicato il metodo delle linee segnalatrici di pioggia a due parametri  $a$  e  $n$ , in cui i parametri  $a$  ed  $n$  vengono determinati con riferimento ad un ben preciso valore di tempo di ritorno,  $TR$ , dell'evento meteorico.

L'altezza di precipitazione di progetto viene calcolata come segue:

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

$h$  [mm]: altezza di pioggia

$D$  [ore]: durata di pioggia

$n$  [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia

$a$  [mm/ora $^n$ ]: parametro della linea segnalatrice di pioggia

Per durate delle precipitazioni superiori ad un'ora si adottano i valori dei parametri  $a$  e  $n$  vevoli per durate superiori ad un'ora ed inferiori a 24 ore.

Per le durate inferiori a un'ora si utilizza lo stesso parametro  $a$ , adottato per eventi di durata superiore all'ora, mentre il parametro  $n$  viene definito in modo specifico per tale durata.

Per quanto riguarda al tempo di ritorno  $TR$  adottato per la stima dei parametri, si fa riferimento a valori idonei a garantire le condizioni di sicurezza dell'opera e rispettare i valori e le indicazioni richiesti da norma, come riportato a seguito nel report dei calcoli.

## 6 METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI

Al fine di ottemperare alle verifiche di invarianza idraulica e/o idrologica viene adottato il metodo di calcolo previsto dalla Deliberazione del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara n.61/2009.

Non viene, pertanto, adottato il metodo diretto italiano contenuto nel Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli della Regione Emilia-Romagna.

Nei paragrafi seguenti verrà descritto tale metodo ed a fine relazione verranno riportati i report dei calcoli.

## 6.1 Metodo di calcolo: Deliberazione n.61/2009

Nella Deliberazione n.61/2009 è previsto per superfici urbanizzate oltre 1 ha, il seguente volume minimo invasabile  $W_i$ :

- $W_i$  = il valore più alto tra 350 mc/ha urbanizzato e 500 mc/ha impermeabilizzato.

Verrà quindi adottato il valore di 500 mc/ha impermeabilizzato per determinare il volume di invaso minimo da garantire.

### Portata in uscita dall'invaso

A valle del volume di invaso si preveda la realizzazione di un sistema di scarico con luce a battente circolare, la cui portata è calcolata mediante la seguente legge di efflusso.

$$Q_u(H) = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2g \cdot H}$$

$Q_u$  [m<sup>3</sup>/s]: portata in uscita dall'invaso

$H$  [m]: battente idrico

$D$  [m]: diametro interno del foro

$A$  [m<sup>2</sup>]: area della bocca d'uscita =  $\pi \cdot D^2/4$

$\mu$  [-]: coefficiente di efflusso ( $\mu = 0,6$ )

$g$  [m/s<sup>2</sup>]: accelerazione di gravità

La portata massima scaricata viene calcolata avendo assunto il battente idrico pari al suo massimo valore all'interno dell'invaso.

Il battente idrico massimo  $H$  si calcola con la seguente relazione:

$$H = \frac{W}{A_{inv}}$$

$W$  [m<sup>3</sup>]: volume invasato

$A_{inv}$  [m<sup>2</sup>]: area in pianta dell'invaso

## 7 PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

### 7.1 Caratteristiche generali

#### 7.1.1 Area Nord-Ovest

Comune di Ferrara Provincia Ferrara

Metodi di calcolo adottati			
Metodo di cui alla Deliberazione n.61/2009 del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara			
Portata massima scaricabile			
Portata massima scaricabile	9,1	l/s ha	
Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\varphi$
STRING STATION E PLATEA	Area impermeabile	40,0	0,90
AREA PROIEZIONE TERRA MODULI	Area impermeabile	11.305,8	0,90
Sup. totale intervento	11.345,8	m <sup>2</sup>	Coeff. afflusso medio ponderale $\varphi_m$ 0,90

#### 7.1.2 Area Nord-Est

Comune di Ferrara Provincia Ferrara

Metodi di calcolo adottati			
Metodo di cui alla Deliberazione n.61/2009 del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara			
Portata massima scaricabile			
Portata massima scaricabile	2,57	l/s ha	
Definizione aree			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\varphi$
AREA PROIEZIONE TERRA MODULI	Area impermeabile	3.217,8	0,90
Sup. totale intervento	3.217,8	m <sup>2</sup>	Coeff. afflusso medio ponderale $\varphi_m$ 0,90

## 7.1.3 Area Centrale

Comune di Ferrara Provincia Ferrara

<b>Metodi di calcolo adottati</b>			
Metodo di cui alla Deliberazione n.61/2009 del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara			

<b>Portata massima scaricabile</b>			
Portata massima scaricabile	26,29	l/s ha	

<b>Definizione aree</b>			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\varphi$
STRING STATION E PLATEA	Area impermeabile	80,0	0,90
AREA PROIEZIONE TERRA MODULI	Area impermeabile	32.786,9	0,90

Sup. totale intervento 32.866,9 m<sup>2</sup>      Coeff. afflusso medio ponderale  $\varphi_m$  0,90

## 7.1.4 Area Sud

Comune di Ferrara Provincia Ferrara

<b>Metodi di calcolo adottati</b>			
Metodo di cui alla Deliberazione n.61/2009 del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara			

<b>Portata massima scaricabile</b>			
Portata massima scaricabile	15,88	l/s ha	

<b>Definizione aree</b>			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Coeff. Afflusso $\varphi$
STRING STATION E PLATEA	Area impermeabile	40,0	0,90
CABINA ELETTRICA	Area impermeabile	45,6	0,90
AREA STORAGE – CONTROL ROOM	Area impermeabile	187,66	0,90
AREA PROIEZIONE TERRA MODULI	Area impermeabile	19.306,9	0,90

Sup. totale intervento 19.580,4 m<sup>2</sup>      Coeff. afflusso medio ponderale  $\varphi_m$  0,90

## 7.2 Dimensionamento sistema d'invarianza

### 7.2.1 Area Nord - Ovest

Metodo Deliberazione n.61/2009			
Volume invaso minimo	$W_0$	567,3	m <sup>3</sup>
$W_0 = 500 \text{ mc/ha} * 1,13 \text{ ha}$			
Portata massima scaricabile	$Q_{u, \text{max}}$	9,1	l/s
$Q_{u, \text{max}} = 1,13 \text{ ha} * 8 \text{ l/(s*ha)}$			

Per l'intervento in progetto verrà prevista la realizzazione di un invaso avente un volume di 5140,35 m<sup>3</sup>, dal quale la portata massima scaricabile nella rete idraulica dovrà essere inferiore 9,1 l/s; verrà prevista la realizzazione di:

- un'opera di laminazione avente un volume di 5.140,35 m<sup>3</sup>; consisterà nell'area nord-ovest dell'impianto fotovoltaico stesso, opportunamente separata dai terreni circostanti (e dal canale consortile) tramite un argine dall'altezza di 15 cm rispetto al piano campagna del generatore fotovoltaico;
- un fossato di raccolta avente un volume di 325 m<sup>3</sup>; consisterà in un piccolo fosso a sezione trapezoidale (0,35 m<sup>2</sup>), di lunghezza indicativa pari a 930 m disposto lungo il perimetro dell'area impianto, tra l'area occupata dai pannelli e la strada perimetrale.

L'acqua meteorica proveniente dall'area impianto, con funzione di bacino di laminazione, sarà raccolta dal fosso di guardia che successivamente scaricherà l'acqua nel canale consortile "Scolo Conchina Nuova".

L'estensione dell'invaso sarà tale da garantire il volume di ritenzione di progetto, mentre la portata massima scaricabile nella rete idraulica dovrà essere inferiore a 9,1 l/s.

Nel dettaglio si avrà:

Dimensioni invaso in progetto		Valore	Unità di misura
Superficie pianta invaso	$A_{\text{inv}}$	34.269,00	m <sup>2</sup>
Altezza utile invaso	H	0,15	m
Volume utile invaso	W	5.140,00	m <sup>3</sup>

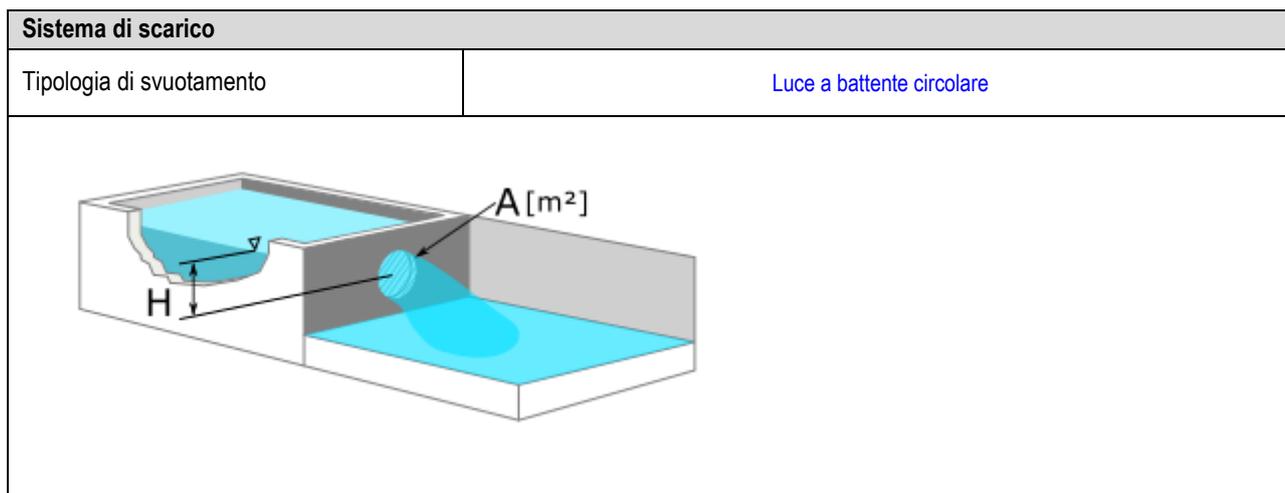
Dimensioni fosso di guardia in progetto		Valore	Unità di misura
Superficie pianta invaso	$A_{\text{inv}}$	0,35	m <sup>2</sup>
Larghezza base maggiore		0,80	
Larghezza base minore (fondo)		0,60	
Altezza utile invaso	H	0,50	m
Lunghezza invaso		930,00	m
Volume utile invaso	W	325,00	m <sup>3</sup>

### Relazione invarianza idrologica idraulica

Il sistema di scarico dell'invaso sarà costituito da tubazioni interrato in PEAD SN8 (esterna corrugata) in barre adatte per scarico non in pressione, che dal pozzetto dedicato dipartono verso il canale idrico recettore. Per dettagli, si faccia riferimento ad elaborati grafici allegati.

Come richiesto dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara si è provveduto a raggruppare gli scarichi del bacino di laminazione in un unico punto di scarico.

Il sistema di scarico può essere modellizzato come segue:



<b>Calcolo velocità di efflusso</b>		
g - accel di gravità	9,81	m/s <sup>2</sup>
μ - coefficiente di efflusso	0,61	
v - velocità di efflusso	1,05	m/s
<b>Calcolo portata di scarico in progetto</b>		
n. tubazioni di scarico	1	
Diametro esterno tubazione	110	mm
Diametro interno tubazione	96,8	mm
Sezione interna singola tubazione	0,007359369	m <sup>2</sup>
Sezione totale tubazioni	0,007359369	m <sup>2</sup>
Portata di scarico in progetto	0,007701327	m <sup>3</sup> /s
	7,70	l/s
<b>Verifica portata</b>		
Portata di scarico in progetto < Portata max scaricabile	OK	

## Relazione invarianza idrologica idraulica

## 7.2.2 Area Nord -Est

Metodo Deliberazione n.61/2009			
Volume invaso minimo	$W_0$	160,9	$m^3$
$W_0 = 500 \text{ mc/ha} * 0,32 \text{ ha}$			
Portata massima scaricabile	$Q_{u, \text{max}}$	2,6	$l/s$
$Q_{u, \text{max}} = 0,32 \text{ ha} * 8 \text{ l/(s*ha)}$			

Pertanto, per l'intervento in progetto verrà prevista la realizzazione di un invaso avente un volume di 1.712,25  $m^3$ , dal quale la portata massima scaricabile nella rete idraulica dovrà essere inferiore 2,6 l/s; verrà prevista la realizzazione di:

- un'opera di laminazione avente un volume di 1.712,25  $m^3$ ; consisterà nell'area nord-est dell'impianto fotovoltaico stesso, opportunamente separata dai terreni circostanti (e dal canale consortile) tramite un argine dall'altezza di 15 cm rispetto al piano campagna del generatore fotovoltaico;
- un fossato di raccolta avente un volume di 141,75  $m^3$ ; consisterà in un piccolo fosso a sezione trapezoidale (0,35  $m^2$ ), di lunghezza indicativa pari a 405 m disposta lungo il perimetro dell'area impianto, tra l'area occupata dai pannelli e la strada perimetrale.

L'acqua meteorica proveniente dall'area impianto, con funzione di bacino di laminazione, sarà raccolta dal fosso di guardia che successivamente scaricherà l'acqua nel canale privato posto ad est dell'area impianto, confluyente poi nel canale Consortile Conchina Nuova.

L'estensione dell'invaso sarà tale da garantire il volume di ritenzione di progetto, mentre la portata massima scaricabile nella rete idraulica dovrà essere inferiore a 2,6 l/s.

Nel dettaglio si avrà:

Dimensioni invaso in progetto		Valore	Unità di misura
Superficie pianta invaso	$A_{inv}$	11.415,00	$m^2$
Altezza utile invaso	H	0,15	m
Volume utile invaso	W	1.712,25	$m^3$

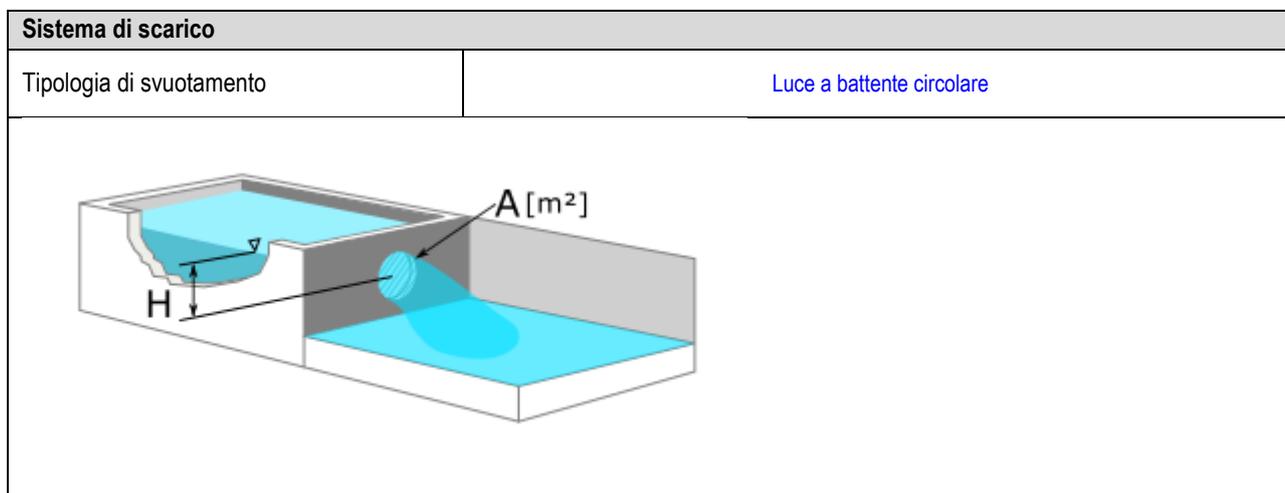
Dimensioni fosso di guardia in progetto		Valore	Unità di misura
Superficie pianta invaso	$A_{inv}$	0,35	$m^2$
Larghezza base maggiore		0,80	m
Larghezza base minore (fondo)		0,60	m
Altezza utile invaso	H	0,50	m
Lunghezza invaso		405,00	m
Volume utile invaso	W	141,75	$m^3$

Il sistema di scarico dell'invaso sarà costituito da tubazioni interrato in PEAD SN8 (esterna corrugata) in barre adatte per scarico non in pressione, che dal pozzetto dedicato dipartono verso il canale idrico recettore. Per dettagli, si faccia riferimento ad elaborati grafici allegati.

### Relazione invarianza idrologica idraulica

Come richiesto dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara si è provveduto a raggruppare gli scarichi del bacino di laminazione in un unico punto di scarico.

Il sistema di scarico può essere modellizzato come segue:



Calcolo velocità di efflusso		
g - accel di gravita	9,81	m/s <sup>2</sup>
$\mu$ - coefficiente di efflusso	0,61	
v - velocità di efflusso	1,05	m/s
Calcolo portata di scarico in progetto		
n. tubazioni di scarico	1	
Diametro esterno tubazione	63	mm
Diametro interno tubazione	55,4	mm
Sezione interna singola tubazione	0,002410513	m <sup>2</sup>
Sezione totale tubazioni	0,002410513	m <sup>2</sup>
Portata di scarico in progetto	0,002522519	m <sup>3</sup> /s
	2,52	l/s
Verifica portata		
Portata di scarico in progetto < Portata max scaricabile	OK	

## Relazione invarianza idrologica idraulica

## 7.2.3 Area Centrale

Metodo Deliberazione n.61/2009			
Volume invaso minimo	$W_0$	1.643,3	m <sup>3</sup>
$W_0 = 500 \text{ mc/ha} * 3,28 \text{ ha}$			
Portata massima scaricabile	$Q_{u, \max}$	26,29	l/s
$Q_{u, \max} = 3,28 \text{ ha} * 8 \text{ l/(s*ha)}$			

Pertanto, per l'intervento in progetto verrà prevista la realizzazione di un invaso avente un volume di 11.484 m<sup>3</sup>, dal quale la portata massima scaricabile nella rete idraulica dovrà essere inferiore 9,1 l/s; verrà prevista la realizzazione di:

- un'opera di laminazione avente un volume di 11.484 m<sup>3</sup>; consisterà nell'area centrale dell'impianto fotovoltaico stesso, opportunamente separata dai terreni circostanti (e dal canale consortile) tramite un argine dall'altezza di 15 cm rispetto al piano campagna del generatore fotovoltaico;
- un fossato di raccolta avente un volume di 325 m<sup>3</sup>; consisterà in un piccolo foss a sezione trapezoidale (0,35 m<sup>2</sup>), di lunghezza indicativa pari a 1.461 m disposta lungo il perimetro dell'area impianto, tra l'area occupata dai pannelli e la strada perimetrale.

L'acqua meteorica proveniente dall'area impianto, con funzione di bacino di laminazione, sarà raccolta dal fosso di guardia che successivamente scaricherà l'acqua nel canale privato posto al centro dell'area destinata al generatore fotovoltaico.

L'estensione dell'invaso sarà tale da garantire il volume di ritenzione di progetto, mentre la portata massima scaricabile nella rete idraulica dovrà essere inferiore a 26,29 l/s.

Nel dettaglio si avrà:

Dimensioni invaso in progetto		Valore	Unità di misura
Superficie pianta invaso	$A_{inv}$	76.566,00	m <sup>2</sup>
Altezza utile invaso	H	0,15	m
Volume utile invaso	W	11.484,00	m <sup>3</sup>

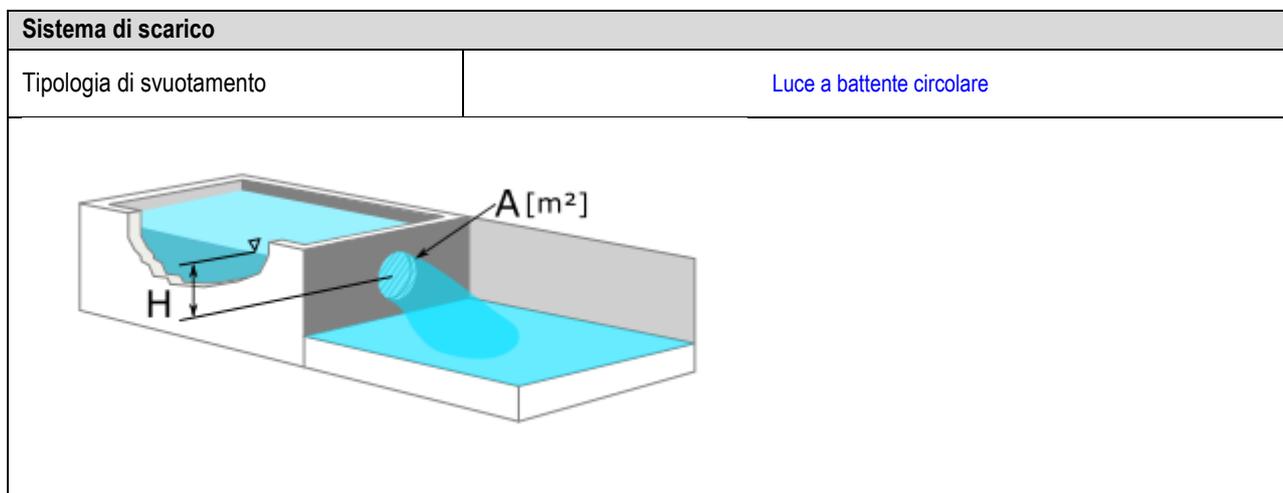
Dimensioni fosso di guardia in progetto		Valore	Unità di misura
Superficie pianta invaso	$A_{inv}$	0,35	m <sup>2</sup>
Larghezza base maggiore		0,80	m
Larghezza base minore (fondo)		0,60	m
Altezza utile invaso	H	0,50	m
Lunghezza invaso		1.461,00	m
Volume utile invaso	W	511,35	m <sup>3</sup>

Il sistema di scarico dell'invaso sarà costituito da tubazioni interrate in PEAD SN8 (esterna corrugata) in barre adatte per scarico non in pressione, che dal pozzetto dedicato dipartono verso il canale idrico recettore. Per dettagli, si faccia riferimento ad elaborati grafici allegati.

## Relazione invarianza idrologica idraulica

Come richiesto dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara si è provveduto a raggruppare gli scarichi del bacino di laminazione in un unico punto di scarico.

Il sistema di scarico può essere modellizzato come segue:



<b>Calcolo velocità di efflusso</b>		
g - accel di gravita	9,81	m/s <sup>2</sup>
$\mu$ - coefficiente di efflusso	0,61	
v - velocità di efflusso	1,05	m/s
<b>Calcolo portata di scarico in progetto</b>		
n. tubazioni di scarico	1	
Diametro esterno tubazione	200	mm
Diametro interno tubazione	176,2	mm
Sezione interna singola tubazione	0,024383817	m <sup>2</sup>
Sezione totale tubazioni	0,024383817	m <sup>2</sup>
Portata di scarico in progetto	0,025516826	m <sup>3</sup> /s
	25,52	l/s
<b>Verifica portata</b>		
Portata di scarico in progetto < Portata max scaricabile	OK	

## Relazione invarianza idrologica idraulica

## 7.2.4 Area Sud

Metodo Deliberazione n.61/2009			
Volume invaso minimo	$W_0$	980	$m^3$
$W_0 = 500 \text{ mc/ha} * 1,96 \text{ ha}$			
Portata massima scaricabile	$Q_{u, \max}$	15,66	l/s
$Q_{u, \max} = 1,96 \text{ ha} * 8 \text{ l/(s*ha)}$			

Pertanto, per l'intervento in progetto verrà prevista la realizzazione di un invaso avente un volume di 8.412  $m^3$ , dal quale la portata massima scaricabile nella rete idraulica dovrà essere inferiore 15,66 l/s; verrà prevista la realizzazione di:

- un'opera di laminazione avente un volume di 8.412,45  $m^3$ ; consisterà nell'area sud dell'impianto fotovoltaico stesso, opportunamente separata dai terreni circostanti tramite un argine dall'altezza di 15 cm rispetto al piano campagna del generatore fotovoltaico;
- un fossato di raccolta avente un volume di 340  $m^3$ ; consisterà in un piccolo fosso a sezione trapezoidale (0,35  $m^2$ ), di lunghezza indicativa pari a 974 m disposta lungo il perimetro dell'area impianto, tra l'area occupata dai pannelli e la strada perimetrale.

L'acqua meteorica proveniente dall'area impianto, con funzione di bacino di laminazione, sarà raccolta dal fosso di guardia che successivamente scaricherà l'acqua nel canale privato posto al centro della superficie destinata all'opera in progetto.

L'estensione dell'invaso sarà tale da garantire il volume di ritenzione di progetto, mentre la portata massima scaricabile nella rete idraulica dovrà essere inferiore a 15,66 l/s.

Nel dettaglio si avrà:

Dimensioni invaso in progetto		Valore	Unità di misura
Superficie pianta invaso	$A_{inv}$	56.083,00	$m^2$
Altezza utile invaso	H	0,15	m
Volume utile invaso	W	8.412,45	$m^3$

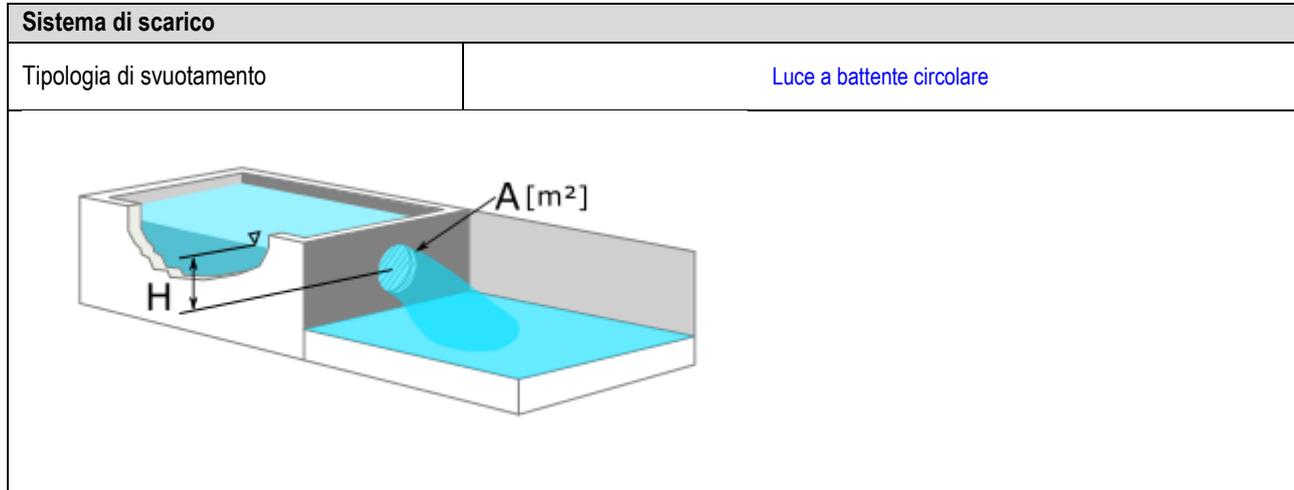
Dimensioni fosso di guardia in progetto		Valore	Unità di misura
Superficie pianta invaso	$A_{inv}$	0,35	$m^2$
Larghezza base maggiore		0,80	m
Larghezza base minore (fondo)		0,60	m
Altezza utile invaso	H	0,50	m
Lunghezza invaso		974,00	m
Volume utile invaso	W	340,00	$m^3$

Il sistema di scarico dell'invaso sarà costituito da tubazioni interrate in PEAD SN8 (esterna corrugata) in barre adatte per scarico non in pressione, che dal pozzetto dedicato dipartono verso il canale idrico recettore. Per dettagli, si faccia riferimento ad elaborati grafici allegati.

## Relazione invarianza idrologica idraulica

Come richiesto dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara si è provveduto a raggruppare gli scarichi del bacino di laminazione in un unico punto di scarico.

Il sistema di scarico può essere modellizzato come segue:



<b>Calcolo velocità di efflusso</b>		
g - accel di gravita	9,81	m/s <sup>2</sup>
μ - coefficiente di efflusso	0,61	
v - velocità di efflusso	1,05	m/s
<b>Calcolo portata di scarico in progetto</b>		
n. tubazioni di scarico	1	
Diametro esterno tubazione	125	mm
Diametro interno tubazione	110,2	mm
Sezione interna singola tubazione	0,009537907	m <sup>2</sup>
Sezione totale tubazioni	0,009537907	m <sup>2</sup>
Portata di scarico in progetto	0,014115395	m <sup>3</sup> /s
	14,12	l/s
<b>Verifica portata</b>		
Portata di scarico in progetto < Portata max scaricabile	OK	

## 8 ALLEGATI

Alla presente relazione sono allegati i seguenti elaborati:

- Tav. INV1 – Layout ante-operam - direzione acque di scolo
- Tav. INV2 – Opere di invarianza idraulica e sezioni relative
- Tav. INV3 - Layout post-operam - direzione acque di scolo

Data 20/01/2023

Timbro e firma

