



IMPIANTO FOTOVOLTAICO GREENHUB 2 S.R.L. E OPERE DI CONNESSIONE

POTENZA IMPIANTO 18,29 MW - COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO)

Proponente



GREENHUB 2 S.R.L. , MILANO (MI) VIA GORANI 4, CAP 20123

Progettazione



TECNOSTUDIO S.R.L. Arch. Diego Zanaica

Via Aquileia, 56 - 35035 Mestrino (PD)
tel.: +39 0499000684 · email: info@tecnostudio-pd.it
PEC: tecnostudio@legalmail.com

Viale Bianca Maria, 9
20122 Milano - Italia
tel: +39 0242441616
e mail: milano@tecnostudio-pd.it



Collaboratori



QUATTROE S.R.L. Ing. Luigi De Santi

Via Primo Maggio, 12A - 35035 Mestrino (PD)
cell.: 340 3309775 email: info@quattroe.eu



Coordinamento progettuale



SOLAR-IT s.r.l

VIA ILARIA ALPI 4 - 46100 - MANTOVA (MN) - P.IVA: 02627240209 - PEC: solarit@lamiapec.it
Tel.: +39 04251431056 - email: info@solaritglobal.com

Titolo Elaborato

RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

LIVELLO PROGETTAZIONE	COD. ELABORATO	FILE NAME	DATA	SCALA
DEFINITIVO	PD_REL.19	-	05/08/24	

Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	05/08/24		FB - GB - SC	EF	DZ



COMUNE DI BENTIVOGLIO (BO)
REGIONE EMILIA-ROMAGNA



Regione EMILIA-ROMAGNA

Provincia di Bologna

Comune di Bentivoglio

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 18,29 Mwp E OPERE
CONNESSE**

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA

<u>Committente</u>	
Nome	SOCIETA' GREEN HUB 2 SRL
Indirizzo	VIA GORANI, 4 - 20123 MILANO (MI)
<u>Area</u>	
Descrizione	IMPIANTO FOTOFOLTAICO
	VICOLO CUSSINI, 40010 BENTIVOGLIO (BO)
Indirizzo	
<u>Studio tecnico</u>	
Nome	TONON ING. CARLO
Indirizzo	VIA ROMA 105 - 35028 PIOVE DI SACCO (PD)
<u>Progettista</u>	
Nome	INGEGNERE TONON CARLO
Ordine di	INGEGNERI della provincia di PADOVA - n. 1885
Rif.:	Lavoro 1
Software di calcolo: Edilclima - EC737 - versione 2	
Data di redazione del documento: 11/07/2024	

INDICE

- 1. PREMESSA**
- 2. DESCRIZIONI GENERALI DELL'AREA E DATI AMMINISTRATIVI**
- 3. DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE PROGETTUALE DI INVARIANZA IDRAULICA E/O IDROLOGICA**
- 4. PORTATE MASSIME SCARICABILI**
- 5. DEFINIZIONE DELLE PIOGGE DI PROGETTO**
- 6. METODOLOGIE DI DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ADOTTATI**
 - 6.1 Metodo diretto italiano
- 7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA**
- 8. TEMPO DI SVUOTAMENTO**
- 9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI**

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica e/o idrologica relativi al progetto di [IMPIANTO FOTOVOLTAICO DA 18,29 Mwp E OPERE CONNESSE](#), sito in [Vicolo Cussini, 40010 Bentivoglio \(BO\)](#).

L'area drenata oggetto d'intervento si estende su una superficie di [164329,2 m²](#). Ed è suddivisa in tre sottobacini da qui individuati come "A" di [96726,0 m²](#), "B" di [51413,2 m²](#) e "C" di [16190,0 m²](#).

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.

Inoltre le indicazioni operative del Consorzio della Bonifica Renana prevedono siano realizzati volumi compensativi pari a 500 mc/ha di superficie impermeabilizzata.

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

Individuazione dell'area

Comune di	Bentivoglio	Provincia	Bologna
Classe dell'intervento	Impermeabilizz. potenziale marcata		

CARATTERISTICHE AREA "A"			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
AREA A	Area impermeabile	48015,6	0,90
AREA A	Area permeabile	48710,4	0,20

Superficie area A	96726,0	m ²	Coefficiente afflusso medio ponderale ϕ_m	0,5475
-------------------	---------	----------------	--	--------

CARATTERISTICHE AREA "B"			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
AREA B	Area impermeabile	24325,1	0,90
AREA B	Area permeabile	27088,1	0,20

Superficie area B	51413,2	m ²	Coefficiente afflusso medio ponderale ϕ_m	0,5312
-------------------	---------	----------------	--	--------

CARATTERISTICHE AREA "C"			
Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
AREA C	Area impermeabile	6703,5	0,90
AREA C	Area permeabile	9486,5	0,20

Superficie area B	16190,0	m ²	Coefficiente afflusso medio ponderale ϕ_m	0,4898
-------------------	---------	----------------	--	--------

Superficie totale	164329,2	m ²	Coefficiente afflusso medio ponderale ϕ_m	0,5367
-------------------	----------	----------------	--	--------

Dati amministrativi

Concessione edilizia n.		del	11/07/2024
Richiesta permesso di costruire		del	11/07/2024
Permesso di costruire/DIA/SCIA/CIL o CIA		del	11/07/2024
Variante permesso di costruire/DIA/SCIA/CIL o CIA		del	11/07/2024

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

La soluzione adottata per il rispetto delle prescrizioni sull'invarianza idraulica e idrologica è la seguente.

Per l'intervento è stato previsto di mantenere a verde permeabile la superficie di terreno sul quale saranno infisse le strutture di supporto dei pannelli fotovoltaici al fine di ridurre al minimo le impermeabilizzazioni.

Ai fini dell'invarianza idraulica sono stati previsti tre bacini di laminazione costituiti da depressioni del terreno atte a raccogliere le acque piovane per poi farle defluire lentamente tramite condotte opportunamente calibrate per ottenere un coefficiente di deflusso di 10 l/s*ha

Il progetto prevede l'eliminazione delle scoline presenti all'interno dell'area

4. PORTATE MASSIME SCARICABILI

Per quanto attiene alle portate massime scaricabili, $Q_{u\max}$, si adotta il seguente valore: 10,00 l/s.

Tale portata è desunta come da Definita dal Consorzio della Bonifica Renana.

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 [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 valevoli 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 seguente metodo di calcolo:

- metodo diretto italiano

Nei paragrafi seguenti verranno descritti tali metodi ed a fine relazione verranno riportati i report dei calcoli.

6.1 Metodo diretto italiano

Il metodo diretto italiano è un caso particolare derivato dal metodo italiano dell'invaso (Supino 1929; Puppini 1932). Esso permette di calcolare direttamente i volumi d'invaso necessari per modulare il picco di piena semplicemente mantenendo costante il coefficiente udometrico al variare del coefficiente d'afflusso ϕ_m .

Per il calcolo del volume dell'invaso W_0 [m^3] si applica la seguente formula:

v [m^3/ha]: volume specifico dell'invaso

A [ha]: area totale scolata interessata dall'intervento

Per il calcolo del volume specifico d'invaso si applica la seguente formula:

v [m^3/ha]: volume specifico dell'invaso

w_0 [m^3/ha]: volume specifico dei piccoli invasi naturali riferiti allo stato ante operam, pari a 50

ϕ_m [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale post operam

ϕ_0 [-]: coefficiente d'afflusso medio ponderale ante operam

n [-]: coefficiente di scala della linea segnalatrice di pioggia pari a 0,48

I [-]: frazione di area trasformata, pari alla superficie dell'area trasformata diviso per la superficie totale

P [-]: frazione di area inalterata, pari a $(1 - I)$

Per la stima dei coefficienti di deflusso ϕ_m e ϕ_0 si fa riferimento alla relazione convenzionale:

Imp [-]: frazione dell'area totale da ritenersi impermeabile post operam

Imp_0 [-]: frazione dell'area totale da ritenersi impermeabile ante operam

Per [-]: frazione dell'area totale da ritenersi permeabile post operam

Per_0 [-]: frazione dell'area totale da ritenersi permeabile ante operam

Portata in uscita dall'invaso

Trattandosi di un sistema di scarico con luce a battente circolare si adotta la seguente legge di efflusso.

$Q_u [m^3/s]$: portata in uscita dall'invaso

$H [m]$: battente idrico

$D [m]$: diametro interno del foro

$A [m^2]$: area della bocca d'uscita = $D^2/4$

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

$g [m/s^2]$: accelerazione di gravità

7. CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA SCARICATA

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

Nel caso si adottino più metodi di calcolo contemporaneamente si adotterà il valore maggiore di questi.

Per i metodi semplificati il battente idrico massimo H si calcola con la seguente relazione:

$W [m^3]$: volume invasato

$A_{inv} [m^2]$: area in pianta dell'invaso

9. PRINCIPALI RISULTATI DEI CALCOLI

Si riportano di seguito i risultati del calcolo.

CARATTERISTICHE GENERALI

Comune di	Bentivoglio	Provincia	Bologna
-----------	-------------	-----------	---------

Metodi di calcolo adottati

Metodo diretto italiano

Portata massima scaricabile

Portata massima scaricabile 10,00 l/s

Definizione area A

Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
AREA A	Area impermeabile	48015,6	0,90
AREA A	Area permeabile	48710,4	0,20

Sup. area A	96726,0	m ²	Coeff. afflusso medio ponderale ϕ_m	0,5475
-------------	---------	----------------	--	--------

Definizione area B

Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
AREA B	Area impermeabile	24325,1	0,90
AREA B	Area permeabile	27088,1	0,20

Sup. area B	51413,2	m ²	Coeff. afflusso medio ponderale ϕ_m	0,5312
-------------	---------	----------------	--	--------

Definizione area C

Descrizione	Tipo area	Superficie [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ
AREA C	Area impermeabile	6703,5	0,90
AREA C	Area permeabile	9486,5	0,20

Sup. totale intervento	16190,0	m ²	Coeff. afflusso medio ponderale ϕ_m	0,4898
------------------------	---------	----------------	--	--------

Sup. totale intervento	164329,2	m ²	Coeff. afflusso medio ponderale ϕ_m	0,5367
------------------------	----------	----------------	--	--------

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREA A

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
AREA A	Area impermeabile	48015,6	0,90	-
AREA A	Area permeabile	48710,4	0,20	-
Superficie totale intervento: 96726,0 m ²		Valori medi	0,5475	

Parametri del Metodo diretto italiano						
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Affl. ϕ ante	Coeff. Affl. ϕ post	V. Invasi w ante [m ³ /ha]	V. Invasi w post [m ³ /ha]
AREA A	Area trasformata	48015,6	0,90	0,90	50,00	15,00
AREA A	Area trasformata	48710,4	0,20	0,20	50,00	15,00
		Valori medi	0,5475	0,5475	50,00	15,00

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA AREA A

Metodo diretto italiano			
Volume invaso minimo	W_0	338,54	m ³

Volume di invaso minimo secondo direttive del Consorzio della Bonifica Renana				
Descrizione	Tipo area	Superficie impermeabile A [m ²]	V. Invasi richiesti [m ³ /ha]	Volume invaso minimo
AREA A	Area impermeabile	48015,6	500,00	2400,78

VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA AREA A

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	16100,00	m ²

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	0,15		0,02	m	Positiva
Volume utile invaso	W	2415,00		338,54 2400,78	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	0,0		16,0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	8,13		10,00	l/s	Positiva

Sistema di scarico	
Tipologia di svuotamento	Luce a battente circolare

Battente idrico utile massimo	H	0,15	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	8,13	l/s
Area della bocca d'uscita	A	0,0079	m ²

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREA B

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t_c [min]
AREA B	Area impermeabile	24325,1	0,90	-
AREA B	Area permeabile	27088,1	0,20	-
Superficie totale intervento: 51413,2 m ²		Valori medi	0,5312	

Parametri del Metodo diretto italiano						
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Affl. ϕ ante	Coeff. Affl. ϕ post	V. Invasi w ante [m ³ /ha]	V. Invasi w post [m ³ /ha]
AREA B	Area trasformata	24325,1	0,90	0,90	50,00	15,00
AREA B	Area trasformata	27088,1	0,20	0,20	50,00	15,00
		Valori medi	0,5312	0,5312	50,00	15,00

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA AREA B

Metodo diretto italiano			
Volume invaso minimo	W_0	179,95	m ³

Volume di invaso minimo secondo direttive del Consorzio della Bonifica Renana				
Descrizione	Tipo area	Superficie impermeabile A [m ²]	V. Invasi richiesti [m ³ /ha]	Volume invaso minimo
AREA B	Area impermeabile	24325,1	500,00	1216,26

VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA AREA B

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	8150,00	m ²

Verifiche invaso

		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	0,15		0,02	m	Positiva
Volume utile invaso	W	1222,50		179,95 1216,26	m ³	Positiva
Tempo di svuotamento	T _{sv}	0,0		16,0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	8,13		10,00	l/s	Positiva

Sistema di scarico					
Tipologia di svuotamento		Luce a battente circolare			
Battente idrico utile massimo	H	0,15	m		
Portata massima scaricabile	Q _{u,max}	8,13	l/s		
Area della bocca d'uscita	A	0,0079	m ²		

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE AREA C

Caratteristiche idrologiche				
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Afflusso ϕ	T. corriv. t _c [min]
AREA C	Area impermeabile	6703,5	0,90	-
AREA C	Area permeabile	9486,5	0,20	-
Superficie totale intervento: 16190,0 m ²		Valori medi	0,4898	

Parametri del Metodo diretto italiano						
Descrizione	Tipo area	Superficie A [m ²]	Coeff. Affl. ϕ ante	Coeff. Affl. ϕ post	V. Invasi w ante [m ³ /ha]	V. Invasi w post [m ³ /ha]
AREA C	Area trasformata	6703,5	0,90	0,90	50,00	15,00
AREA C	Area trasformata	9486,5	0,20	0,20	50,00	15,00
		Valori medi	0,4898	0,4898	50,00	15,00

DIMENSIONAMENTO SISTEMA D'INVARIANZA AREA C

Metodo diretto italiano			
Volume invaso minimo	W ₀	56,67	m ³

Volume di invaso minimo secondo direttive del Consorzio della Bonifica Renana				
Descrizione	Tipo area	Superficie impermeabile A [m ²]	V. Invasi richiesti [m ³ /ha]	Volume invaso minimo

AREA C	Area impermeabile	6703,5	500,00	335,18
--------	-------------------	--------	--------	--------

VERIFICA SISTEMA D'INVARIANZA AREA C

Dimensioni invaso			
Superficie pianta invaso	A_{inv}	2250,00	m^2

Verifiche invaso						
		Valore Progetto		Valore Ammissibile		VERIFICA
Altezza utile invaso	H	0,15		0,02	m	Positiva
Volume utile invaso	W	337,50		56,67 335,18	m^3	Positiva
Tempo di svuotamento	T_{sv}	0,0		16,0	ore	Positiva
Portata massima scaricata	Q	8,13		10,00	l/s	Positiva

Sistema di scarico			
Tipologia di svuotamento	Luce a battente circolare		
Battente idrico utile massimo	H	0,15	m
Portata massima scaricabile	$Q_{u,max}$	8,13	l/s
Area della bocca d'uscita	A	0,0079	m^2

10. CONCLUSIONI

Alla luce dei risultati illustrati nel presente studio si ritiene che il volume di laminazione progettato sia in grado di sopperire ai problemi di natura idrica dell'area a seguito dell'intervento. Si consiglia di installare delle valvole a clapet al termine delle condotte di scarico nel caso il recettore finale fosse temporaneamente incapace di ricevere le acque.

Data 23.07.2024

Timbo e firma

