

IMPIANTO FOTOVOLTAICO EG MIRTO E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 56 MWp - COMUNE DI BARICELLA E MOLINELLA (BO)

Proponente

EG MIRTO S.R.L.

VIA DEI PELLEGRINI, 22 - 20122 MILANO (MI) P.IVA: 12084670962 PEC: egmirto@pec.it

Progettazione

META STUDIO S.R.L.

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



Coordinamento e Responsabile della Progettazione

ING. DOMENICO MEMME

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

Collaboratori

ING. LUIGI NARDELLA

Progettazione Generale e Strutturale

ING. MAURIZIO ELISIO

Progettazione Ambientale e Paesaggistica

DOTT. FIORAVANTE VERI

Progettazione Elettrica

Titolo Elaborato

RELAZIONE INVARIANZA IDRAULICA

AGGIORNATA A SEGUITO DELLE OSSERVAZIONI REGIONE ER 30.12.2022

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILENAME	FORMATO	DATA	SCALA
Progetto Definitivo	DOC_REL_23_Agg 01	Nome file	A4	16.01.2023	-

Revisioni

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



Regione EMILIA ROMAGNA
Provincia di BOLOGNA
Comune di BARICELLA e MOLINELLA





INVARIANZA IDRAULICA

RELAZIONE

AGGIORNATA A SEGUITO DELLE OSSERVAZIONI REGIONE
ER 30.12.2022





Sommario

1. PREMESSA	4
2. INQUADRAMENTO.....	5
3. DESCRIZIONE SINTETICA DELL'AREA E DELL'IMPIANTO	9
4. CONTESTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO LOCALE	11
5. STIMA DEI VOLUMI DI INVARIANZA IDRAULICA	11



1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica del rispetto dei requisiti minimi di invarianza idraulica relativi al progetto di un impianto fotovoltaico di potenza pari a 56,0 MWp, installato a terra in area agricola, sito nei comuni di Baricella e Molinella (BO).

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.

Nella relazione pertanto verranno richiamate 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. INQUADRAMENTO

Il Progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico complessivamente di capacità nominale pari a 56,00 kWp, sito nei territori comunali di Baricella (BO) e Molinella (BO), Regione Emilia Romagna, diviso in 14 sotto campi denominati di potenza nominale complessiva pari a pari a 56,01696.

Il cavidotto, che sarà completamente interrato, sarà posizionato lungo strade pubbliche, senza andare ad intaccare l'ambiente circostante, tranne due piccoli tratti.

In Figura 1 e Figura 2 si riportano rispettivamente l'inquadramento geografico del sito con cavidotto di connessione (fonte del dato <https://www.google.it/maps>).



FIGURA 1: INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL SITO



FIGURA 2: INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL SITO CON CAVIDOTTO DI CONNESSIONE

Il terreno interessato dall'impianto fotovoltaico oggetto del presente Studio si trova in località San Gabriele lungo la Via Camerone, sita a circa 3,5 km dal centro abitato di Baricella (BO) e a circa 5,20 km dal centro abitato di Molinella (BO). Il lotto agricolo è accessibile mediante viabilità comunale, via Camerone.

Il lotto agricolo è accessibile mediante viabilità comunale, via Camerone.

Il cavidotto di 10,00 km, alla Stazione Utente nei pressi della CP Enel Distribuzione "Mezzolara" in comune di Budrio.

Nel Catasto Terreni comunale i terreni sono identificati come nelle Tabelle 1 e 2 dell'elaborato DOC_REL_01_Relazione Descrittiva Generale.

Le **coordinate geografiche** del Progetto sono identificate nelle seguenti coordinate dei siti:

- PV Plant: lat. 44.656851°; long. 11.601094°
- CP E-Distribuzione Mezzolara : lat. 44.591591°; long. 11.558829°

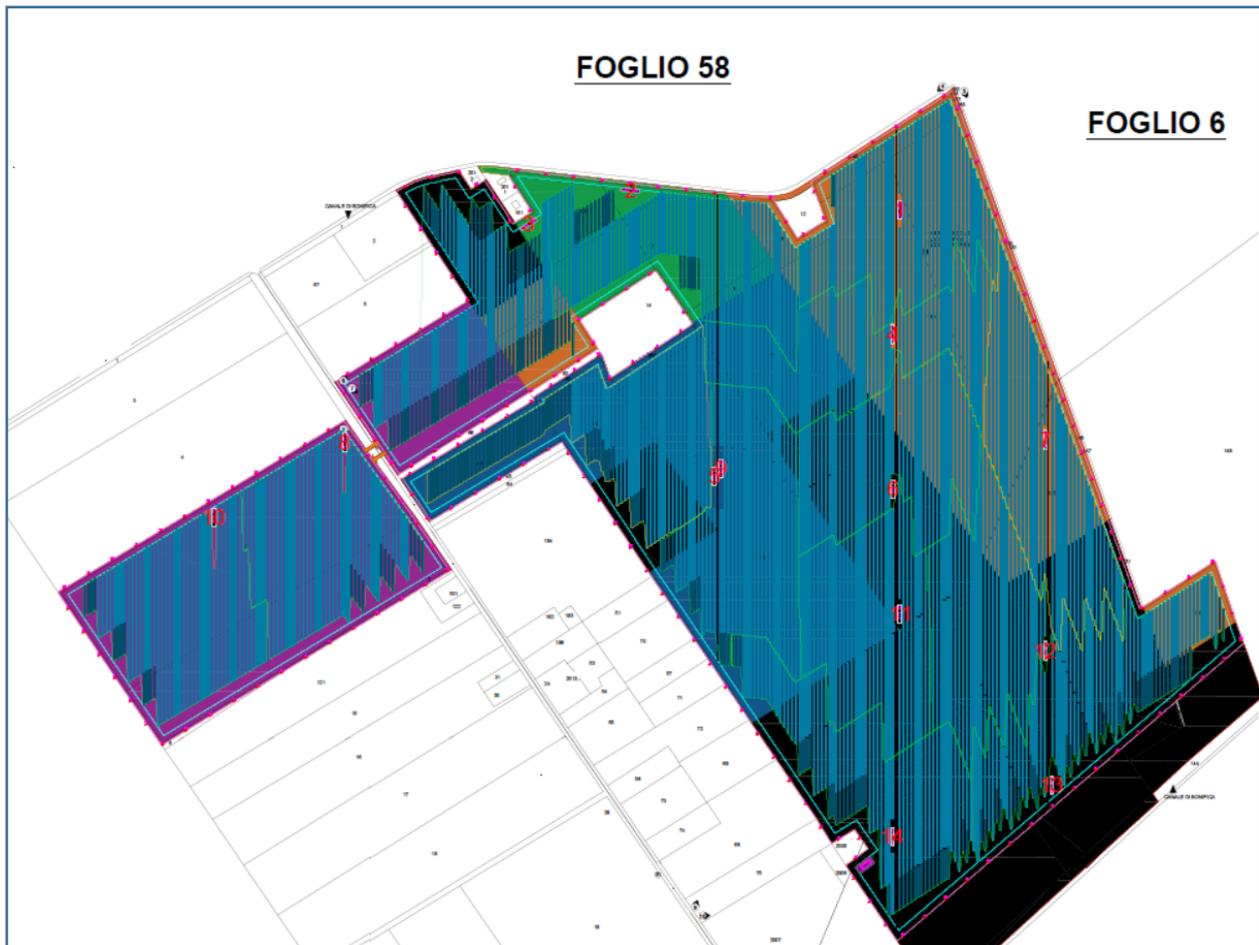


FIGURA 3: INQUADRAMENTO CATASTALE DELLE OPERE



FIGURA 4: INQUADRAMENTO CATASTALE DELLE OPERE CON I CAVIDOTTI DI CONNESSIONE

Un cavo interrato in media tensione, lungo 10,00 km, collegherà la Cabina Elettrica e Control Room con la Cabina Utente, nei territori comunali di Baricella, Molinella, e Budrio (di seguito cavidotto esterno MT Cabina elettrica Cabina Utente AT tra Cabina Utente e Punto di Consegna);



Una stazione elettrica di trasformazione 132/30 kV denominata Cabina Utente, situata in prossimità della CP Mezzolara di E-Distribuzione in comune di Budrio (di seguito Cabina Utente);

3. DESCRIZIONE SINTETICA DELL'AREA E DELL'IMPIANTO

Rimandando allo specifico documento, costituito dalla Relazione Descrittiva Generale, per i particolari tecnico-descrittivi dell'impianto, si provvede di seguito ad una sintetica citazione delle caratteristiche più significative ed essenziali dello stesso e alla descrizione dei principali componenti in causa.

Caratteristiche attuali delle aree

Sui fondi che accoglieranno i parchi FV e le opere di connessione, in base ai sopralluoghi in campagna il terreno è attualmente utilizzato per scopi agricoli con prevalenza di colture foraggere quali erba medica (*Medicago sativa*) o altre leguminose, a parte la viabilità asfaltata che accoglierà la pressoché totalità dei cavidotti MT e AT. Ciò concorda con quanto riportato negli strumenti urbanistici locali e con le informazioni acquisite c/o i Comuni di Baricella, Molinella e BUdrio, in base ai quali si evince che il progetto interessa esclusivamente la zona urbanistica E – Agricola.

Indice di occupazione

Si premette che non si terrà conto dei terreni che accoglieranno cavidotto MT e cavidotti AT: di fatto, essendo le opere interrato, non occuperanno del suolo in superficie e la stretta fascia di terreno in corrispondenza del loro passaggio, dopo poco tempo, tornerà allo stato ante operam a seguito di ritombamento vale a dire a fine posa in opera. Le occupazioni relative ai sostegni dei raccordi sono puntuali e non hanno peso nel computo complessivo.

Prendendo spunto dal lavoro di Baldescu & Barion (2011), nel presente paragrafo verrà esposto il rapporto tra **Superficie Occupata** e **Superficie Disponibile** in termini di **Indice di Occupazione** del suolo. I dati sono esposti nella seguente tabella:

Tabella 1: indice di occupazione del Progetto, data dal rapporto Superficie Occupata su Superficie Disponibile.

OPERE	QUANTITA'	MQ	SUP occupazione (mq)	Superficie Disponibile senza asservimento	Superficie disponibile con asservimento	indice
PANNELLI PV	94.944	1,303X2,172	268.702,53			
VIABILITA'	10.819,896	3,00	32.459,688			
SKID+STORAGE	14	26,30X4,90	1.804,18			
CABINE	1	25,40X12,00	304,80			
ALTRE SUPERFICI			-			
TOTALE			303.271,20	923.230	7.277.622	4,1672%

In base a quanto riportato poco sopra, si può sintetizzare dicendo che circa il 4,1672% della Superficie Disponibile sarà occupata dal Progetto, al lordo degli asservimenti.

Impianto

Il progetto che si intende realizzare prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico della potenzialità di picco di 56,00 Megawatt (MW) e finalizzato alla produzione di energia elettrica in base ai dati di irraggiamento caratteristici delle latitudini di Baricella (BO) e sarà connesso in parallelo alla rete elettrica di distribuzione di Alta Tensione in corrente alternata al fine della sola vendita dell'energia prodotta mediante un'unica fornitura dedicata.

La classificazione installativa è "a terra" e la tipologia realizzativa è "ad inseguimento mono assiale" (tracker).

Sintetizzando, l'intero impianto comprenderà:

- n° 94.944 moduli fotovoltaici da 590Wp;
- n° 226 inverter
- n° 14 trasformatori MT/BT;
- n° 1 sistema di monitoraggio delle prestazioni di impianto;
- n° 1 sistema antincendio per ogni cabina;
- n° 1 sistema di monitoraggio delle prestazioni di impianto;
- n° 1 sistema antincendio per ogni cabina;
- n° 1 sistema di videosorveglianza per ogni sotto campo;



- n° 1 cabina di raccolta;

4. CONTESTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO LOCALE

Il progetto si colloca in una zona di pianura a vocazione prevalente agricola posta nelle vicinanze delle località Macchina e Sant'Apollinare in comune di Copparo. L'assetto morfo-altimetrico del territorio circostante l'area di intervento è caratterizzato da quote topografiche completamente pianeggianti.

I terreni presenti negli strati più superficiali sono il frutto di eventi geologico-deposizionali di tipo alluvionale, succedutisi in epoche recenti. La distribuzione tessiturale di questi sedimenti risulta, quindi, in stretta connessione con la dinamica tipica degli ambienti sedimentari fluviali di pianura alluvionale. Nell'area di progetto affiorano in particolare terreni in prevalenza fini, argille e limi di pianura inondabile. L'intero territorio risulta fortemente antropizzato.

5. STIMA DEI VOLUMI DI INVARIANZA IDRAULICA

Per la stima dei volumi di invarianza idraulica occorre far riferimento alle osservazioni formulate dalla Regione Emilia Romagna del 30.12.2022, che nello specifico rileva e chiede:

- *"Aggiornamento della relazione di invarianza idraulica, all'interno del quale evidenziare la superficie impermeabilizzata, valutata considerando la massima inclinazione dei moduli fotovoltaici sul piano di campagna; in base agli esiti di tali approfondimenti idraulici valutare l'incremento del rischio idraulico e la necessità di un invaso di laminazione con capacità pari ad almeno 500 mc/ha di superficie trasformata con relativa bocca tarata, in grado di convogliare una portata pari a 10 l/s*ha di superficie afferente allo scarico stesso, a garanzia del rispetto del principio di invarianza idraulica; l'eventuale eliminazione di scoline esistenti dovrà essere recuperata nei volumi di compenso per la laminazione;"*
- *"Planimetria del sistema fognario delle acque meteoriche con l'indicazione del sistema di laminazione proposto e i relativi punti di scarico nonché di tutte le opere accessorie interferenti con la fascia di tutela consortile; sezione della vasca di laminazione (o del sistema proposto) , dettaglio del punto di carico e scarico della vasca (o del sistema proposto) con l'indicazione delle quote di psa delle tubazioni e le loro caratteristiche geometriche e sezione quotata del corpo idrico recettore in corrispondenza del punto di scarico del sistema di laminazione;"*
- *Si precisa che, i moduli fotovoltaici, se posti nelle fasce di pertinenza del reticolo consortile, sono concessionabili, secondo il Regolamento consortile, solo se la proiezione Planimetrica dei pannelli è ad una distanza di almeno 5 metri dal ciglio o dal piede dell'argine, se canale arginato (caso in esame il confine nord del progetto, in adiacenza allo scolo Fossadone di Baricella). Pertanto, nel rispetto di quanto*

esplicitato, si chiede di inserire in planimetria anche la distanza dei moduli dallo scolo Fossadone di Baricella, lungo il confine nord dell'area di intervento.

In ottemperanza a alle richiamate osservazione di RER si aggiorna la presente relazione con le previsioni progettuali illustrate di seguito.

Si propone pertanto di prevedere la realizzazione di un invaso, dalle caratteristiche che seguono, del tipo lineare collocato nel perimetro dell'impianto, confinandolo di fatto completamente dal punto di vista idraulico, senza modificare il regime drenante all'interno dell'area agricola, se non realizzando le cunette stradali che fiancheggiano le strade di servizio. Si avrà in tal modo la certezza che tutte le acque meteoriche che defluiranno all'interno del bacino dell'impianto andranno a confluire nell'invaso e il rilascio nei due canali di bonifica avverrà con la tempistica e quantità imposta da RER.

Calcolo del Volume d'invaso di invarianza idraulica

Metodo Proposto

Il metodo proposto si prefigge la stima del volume d'invaso necessario per garantire l'invarianza idraulica ricalcando il procedimento esposto nel testo "Sistemi di fognatura. Manuale di progettazione" (CSDU - HOEPLI, Milano, 1997).

La procedura si basa sulla sola curva di possibilità pluviometrica, sulle caratteristiche di permeabilità della superficie tributaria e sulla portata massima, supposta costante, che si vuole avere allo scarico del sistema.

La risposta idrologica del sistema è quindi estremamente semplificata trascurando tutti i processi di trasformazione afflussi-deflussi (Routing): permane unicamente la determinazione della precipitazione efficace (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. Per contro, l'ipotesi di portata costante risulta accettabile solo per piccole luci di scarico.

Curve di possibilità pluviometrica di riferimento

I parametri che caratterizzano le curve di possibilità pluviometrica sono state stabilite in sede di PSAI e riportate nelle "LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE DEI SISTEMI DI RACCOLTA DELLE ACQUE PIOVANE PER IL CONTROLLO DEGLI APPORTI NELLE RETI IDROGRAFICHE DI PIANURA" pubblicate dall'Autorità di Bacino del Reno, per Baricella si riportano le seguenti curve:

$$TR = 2 \text{ anni}; \quad h = 0,0211t^{0.2515}$$

$$TR = 30 \text{ anni}; \quad h = 0,0428t^{0.2086}$$

$$TR = 50 \text{ anni}; \quad h = 0,0470t^{0.2025}$$

$$TR = 100 \text{ anni}; \quad h = 0,0528t^{0.1948}$$

$$TR = 200 \text{ anni}; \quad h = 0,0589t^{0.1875}$$

Per il nostro progetto prenderemo come riferimento $TR = 100 \text{ anni}$

Metodo delle piogge per curve di possibilità pluviometrica a due parametri

Si presenta ora il metodo e le sue equazioni applicati al caso che si intenda utilizzare la formulazione classica (italiana) a due parametri (a, n) della curva di possibilità pluviometrica:

$$h = at^n$$

dove h è l'altezza di pioggia (mm) corrispondente a un evento di durata t .

Da queste posizioni deriva che il volume di pioggia entrante nel sistema di invaso in conseguenza ad un evento pluviometrico di durata t si può esprimere:

$$V_{IN} = S \cdot \varphi \cdot h(t) = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t^n$$

Dove φ è il coefficiente di afflusso e S la superficie del bacino drenato a monte del sistema di invaso.

Il volume in uscita dal sistema nello stesso intervallo t di tempo sarà invece:

$$V_{OUT} = Q_{IMP} \cdot t \cdot S \cdot u_{IMP} \cdot t$$

Dove Q_{IMP} e u_{IMP} sono rispettivamente la portata e il coefficiente udometrico imposti allo scarico.

Il volume invasato al tempo t sarà allora dato dalla differenza dei volumi in ingresso e in uscita dal sistema:

$$V = V_{in} - V_{OUT} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot t^n - Q_{IMP} \cdot t$$

Si tratta ora di trovare la durata di pioggia t_{cr} che massimizza il volume invasato V_{MAX} derivando l'espressione precedente. Analiticamente la condizione di massimo è così espressa:

$$t_{cr} = (Q_{IMP} / S \cdot \varphi \cdot a \cdot n)^{1/(n-1)}$$

e quindi il volume da assegnare al sistema di invaso sarà:

$$(1) \quad V_{MAX} = S \cdot \varphi \cdot a \cdot (Q_{IMP} / S \cdot \varphi \cdot a \cdot n)^{n/(n-1)} - Q_{IMP} \cdot (Q_{IMP} / S \cdot \varphi \cdot a \cdot n)^{1/(n-1)}$$

Parametri della formula:

$$S = 82,87 \text{ ha}$$

Per calcolare φ occorre stabilire i coefficienti di deflusso a trasformazione avvenuta secondo i seguenti parametri:

φ_a = coefficiente di deflusso terreno agricolo = 0,40

φ_c = coefficiente di deflusso superfici coperte, cioè coperture edilizie e superfici dei pannelli a 55°;

φ_v = coefficiente di deflusso della nuova viabilità;

φ_t = coefficiente di deflusso dell'area trasformata;

$a = 52,80$ mm parametro per TR=100 anni

$n = 0,1948$ parametro per TR=100 anni

$$Q_{IMP} = 82,87 * 10 \text{ l/s} = 828,70 \text{ l/s} = 0,8287 \text{ mc/s}$$

Tabella2: Interventi e coefficienti di deflusso

OPERE	QUANTITA'	MQ	SUP occupazione (mq)	Tipo di area	Coefficiente di afflusso φ
PANNELLI PV	94.944	1,303X2,172xcos55°	154.121	impermeabile	0,85
VIABILITA'	10.819,896	3,00	32.460	permeabile	0,30
SKID+STORAGE	14	26,30X4,90	1.804	impermeabile	0,85
CABINE	1	25,40X12,00	305	impermeabile	0,85
TUTTE LE ALTRE SUPERFICI			640.010	Poco permeabili	0,40

Come si evidenzia nella tabella precedente i coefficienti di deflusso rispetto al coefficiente prima della trasformazione $\Phi = 0,40$, aumentano a 0,85 per la presenza di superfici coperte (mq 2.109) e pannelli (mq 154.121) valutati nella loro massima inclinazione (55°), e diminuiscono per la presenza di strade realizzate con strati di materiale drenante passando a 0,30; pertanto il coefficiente di deflusso passa da $\varphi = 0,40$ prima della trasformazione a:

$$\varphi_t = (2.109 * 0,85 + 154.121 * 0,85 + 640.010 * 0,40 + 32.460 * 0,30) / 828.700 = 0,4809;$$

Applicando i valori numerici alla formula (1) e calcolando si ottiene:

$$V_{MAX} = 9,463,26 \text{ mc} - 1863,47 \text{ mc} = 7.599,79 \text{ mc}$$



Il volume minimo richiesto da RER è $(154.121+1804 + 305)*500/10.000 = 7.811,50$ mc.

L'invaso lineare, a sezione trapezia, avrà le seguenti dimensioni:

base maggiore = 1,50 m;

base minore = 1,00 m;

altezza = 1,00 m;

lunghezza = 7.181 m;

Il volume utile sarà pertanto:

$V = (1,00 + 1,50) * 0,90 * 7181 / 2 = 8.078,625$ mc > 7.811,50 mc (Volume minimo RER) > 7.599,79 mc (volume calcolato);

Rilascio ai canali di bonifica

Il rilascio ai canali di bonifica avverrà in quattro punti come da planimetria allegata, due nel canale "Scolo Fossadone" a nord in comune di Baricella e due nel canale "Scolo Zena" in comune di Molinella.

Per ognuno di detti scarichi sarà assicurato un rilascio pari a $82,87$ (ha)* 10 (l/s*ha)/4= $207,175$ l/s;

Per assicurare detto scarico sarà previsto in ciascuno la derivazione con condotta in PEAD ASN4 del diametro interno $D_i=600$ mm, calcolato come segue, e posto in opera come da particolari allegati alla planimetria secondo le indicazioni del Consorzio di Bonifica Renana e le linee guida del PSAI. Nel tratto in derivazione il canale, per un breve tratto di m $2,00$ sarà interamente rivestito con lastre prefabbricate in calcestruzzo, il rilascio a bocca tarata sarà assicurato con una lama all'imbocco manovrata automaticamente da un galleggiante in funzione dei livelli idrici nell'invaso, il tutto illustrato nei particolari costruttivi allegati.

Calcolo della tubazione di derivazione

Le linee guida del PSAI ci forniscono anche la formula per il calcolo della tubazione:

$$(2) \quad D = \beta \cdot (Q_{Umax}^2 \cdot L / \Delta h)^{0,1875}$$

Dove:

D è il diametro interno della tubazione in m ;

β è un coefficiente numerico che vale $0,0139$ per tubazioni in plastica;

Δh è la differenza tra il pelo libero di valle e il ricettore, assunto pari a $0,30$ m

Q_{Umax} è la portata da smaltire in mc/ora, pari a $207,175 * 3.600 / 1000 = 745,83$ mc/h;

L è la lunghezza della tubazione assunta pari a 110 m;

Sostituendo i valori alla formula 2 si ha: 0,5024 m.

Si assumerà pertanto una condotta in PEAD con diametro interno $D = 500$ mm;

Interferenza dell'invaso di laminazione con la falda acquifera

L'opera prevista non interferisce minimamente con il regime degli acquiferi di falda; abbiamo infatti rilevato dal monitoraggio della falda condotta dalla HERA su un'area indisturbata a poca distanza dal nostro impianto e nelle stesse condizioni plano altimetriche dei siti che la falda non sale mai al di sopra di -1,21 m dal piano di campagna, i risultati delle osservazioni sono i seguenti:

Tabella 3: Interventi e coefficienti di deflusso

LIVELLI DI FALDA IN m			
data	Piezometro 2 bis	Piezometro 4 bis	Piezometro 6 bis
Sett. 2019	- 1.89 m	- 2.27	- 2.93
Dic 2019	- 1.38 m	- 1.78	- 2.55
Marzo 2020	- 1.21 m	- 1.50	- 3.10
Giugno 2020	- 1.81 m	- 2.06	- 2.69

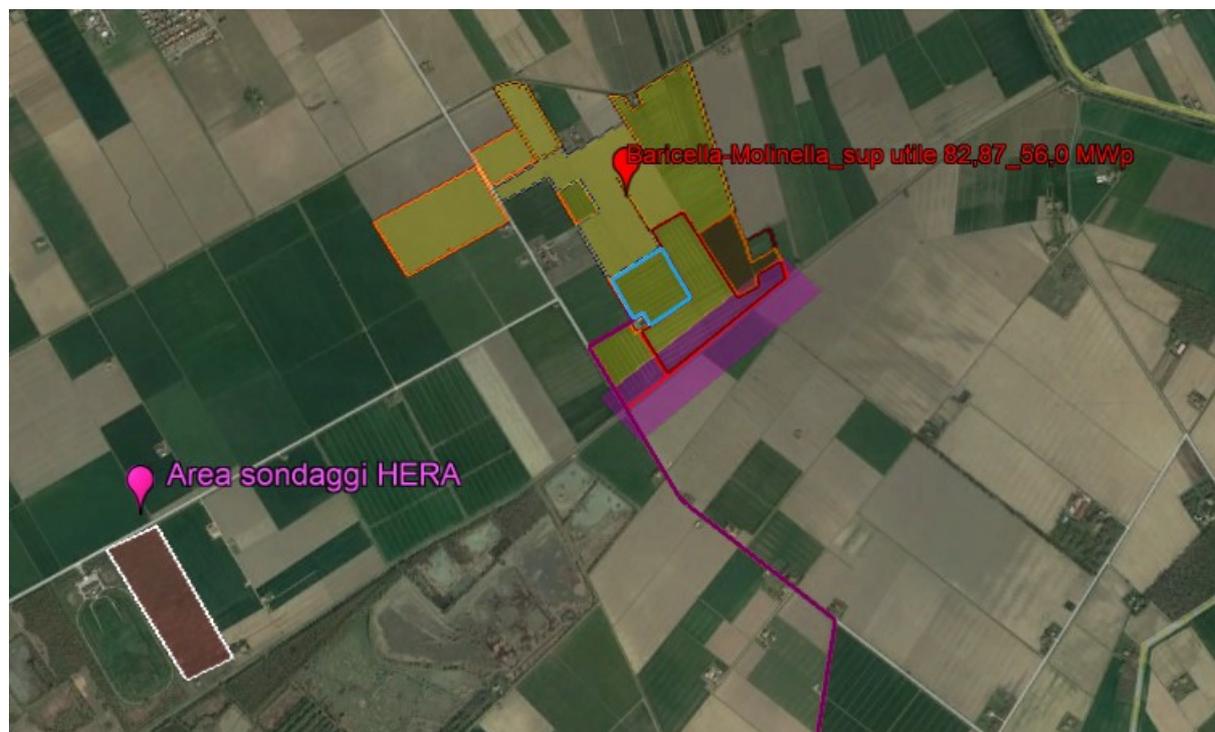


FIGURA 5: UBICAZIONE DEI SONDAGGI

Il fondo dell'invaso lineare (quota -1,00) sarà sempre quindi a quota superiore ai livelli di falda (quota -1,21).



Pericolosità idraulica

La pericolosità idraulica dell'ultimo PSAI nell'area interessata è P2, riferita ad aree soggette ad alluvioni poco frequenti, per tali aree il tirante idraulico è modesto, per cui si possono adottare misure molto semplici atti evitare rischi agli impianti, già i pannelli sono posti a 0,70 m dal suolo. E' da sottolineare che nella Relazione adottata dall'Autorità dei Bacini Romagnoli in data 7 novembre 2006 per la "Variante di coordinamento tra il PGRA e il PSAI" al capitolo 6) si prescrive: "*si ritiene adeguato in questa fase attribuire un tirante idrico convenzionale di 0,5 m nelle aree classificate P3 nel PGRA, e di 0,2 m nelle aree classificate P2*", (la nostra area come già detto è in P2), ciò ad avvalorare l'ipotesi di tiranti d'acqua facilmente superabili ponendo gli impianti a quote adeguate e compatibili con il tirante.