




# PARCO SOLARE FOTOVOLTAICO ED OPERE CONNESSE, COMUNE DI AQUILEIA - POTENZA IMPIANTO 75,832 MW

## RELAZIONE PRODUZIONE ENERGIA e CO2 EVITATA

<b>01/12/2023</b>	<b>00</b>	<b>Emissione per gli enti</b>	<b>A. Borelli</b>	<b>Pharos Srl - GDM</b>	<b>Pharos Srl - GDM</b>
Data	Rev.	Descrizione Emissione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale  Iren Green Generation Tech s.r.l.			ID Documento Committente <b>Cod059_FV_BGR_00078_00</b>		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale  Impianti Eco-Tecnologici			ID Documento Appaltatore <b>RS_13.01</b>		

	ID Documento Committente <b>Cod059_FV_BGR_00078_00</b>	Pagina 2 / 9
		Numero Revisione
		00

## Sommario

Emissioni atmosferiche .....	3
Calcolo CO2 Evitata.....	3
Produzione Energia – Procedure di Calcolo.....	7

## Emissioni atmosferiche

Per quanto riguarda l'immissione di inquinanti, le uniche emissioni attese, discontinue e trascurabili, sono ascrivibili ai veicoli che saranno impiegati durante le attività di manutenzione dell'impianto fotovoltaico e della sottostazione. Non sono previste attività di manutenzione per la linea di connessione.

Pertanto, dato il numero limitato dei mezzi coinvolti, l'impatto è da ritenersi nullo sulla componente in esame.

## Calcolo CO2 Evitata

Le emissioni di CO2 evitate sono un indicatore dei benefici ambientali derivanti dal mix delle risorse utilizzate nei processi produttivi e dall'efficienza che accompagna le fasi che vanno dal loro impiego agli usi finali dei vari prodotti.

Sono in seguito riportate (per stime, per calcoli) le emissioni di CO2 evitate grazie alla sostituzione della produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili alla produzione termoelettrica fossile considerata altrimenti necessaria. Esse sono valutate moltiplicando la produzione di energia elettrica ottenuta con ciascuna fonte rinnovabile per l'emissione specifica media di CO2 della produzione termoelettrica tradizionale.

<b>Emissioni di CO2 evitate</b>		<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>
Per produzione idroelettrica	migliaia ton	19.191	14.684	12.513	14.651	12.465
Per produzione geotermoelettrica	migliaia ton	2.999	3.154	3.373	3.533	3.444
Per produzione da fonte eolica e solare	migliaia ton	20	38	52	162	254
Per produzione da biomassa e parte biodegradabile dei rifiuti	migliaia ton	8	-	-	-	9
<b>Totale</b>	migliaia ton	<b>22.228</b>	<b>17.876</b>	<b>15.938</b>	<b>18.346</b>	<b>16.172</b>

Nel corso dei diversi processi di generazione di energia elettrica da fonti fossili, il carbonio contenuto nel combustibile viene integralmente trasformato in anidride carbonica tramite la reazione con l'ossigeno contenuto nell'aria.

Pertanto, a diversi combustibili corrispondono diversi "CO2 factor", che rappresentano quanta CO2 si forma dalla conversione completa di una unità di combustibile.

Nella tabella si riportano tali fattori per i combustibili più comunemente utilizzati. Si sottolinea come il caso delle biomasse sia da considerare in modo particolare: il combustibile di partenza contiene carbonio, e quindi genera CO2, ma lo stesso carbonio è quello che la biomassa ha sottratto dall'atmosfera, fissandolo.

Pertanto, si può immaginare un "ciclo chiuso" della CO2, che non concorre ad aumentarne la concentrazione in atmosfera; il relativo "CO2 factor" è stato quindi convenzionalmente fissato a zero.

<b>Combustibile</b>	<b>CO2 - CO2 factor (kg/MWht)</b>
Gas naturale	205
Petrolio	255
Carbone	340
Biomasse	0

Dal CO2 factor si può risalire facilmente ad una stima approssimativa delle emissioni di un impianto, semplicemente dividendo questo valore per l'efficienza elettrica, secondo la seguente espressione:

$$E_{CO2} = F_{CO2} / Eff$$


dove:

$E_{CO2}$  = Emissioni (kg/MWhe)

$F_{CO2}$  = CO2 factor del combustibile (kg/MWht)

Eff = Efficienza elettrica Solare termico

**STUDIO DI INGEGNERIA BORELLI**

	ID Documento Committente <b>Cod059_FV_BGR_00078_00</b>	Pagina 5 / 9
		Numero Revisione
		00

In media, in Italia si consumano circa 50 litri al giorno di acqua calda sanitaria pro capite, alla temperatura di 45°C. Ipotizzando una temperatura dell'acqua proveniente dall'acquedotto pari a 15 °C si può calcolare il quantitativo pro capite Q, di energia termica necessaria:

$$Q = m * c * (T_u - T_a) = 50 \text{ kg} * 1 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C} * 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 1500 \text{ kcal} = 1.744 \text{ kWh}$$

avendo indicato con:

- m, massa d'acqua da scaldare (kg)
- c, calore specifico dell'acqua (kcal/kg)
- Tu, temperatura di utilizzo, pari a 45°C
- Ta, temperatura acqua dell'acquedotto (°C).

In Italia, per produrre un kWh elettrico, le centrali termoelettriche a olio combustibile emettono nell'atmosfera in media 0,65-0.85 kg di anidride carbonica (efficienza elettrica 0.3-0.4).

Pertanto, il suddetto scaldabagno è indirettamente responsabile dell'immissione nell'atmosfera di:

$$0,75 \text{ kg CO}_2 / \text{kWh (elettrico)} * 1,744 \text{ kWh (elettrici)/giorno} = 1,31 \text{ kg CO}_2/\text{giorno}.$$

Nel caso di una caldaia a metano, nella combustione si formano 0,205 kg CO<sub>2</sub> per ogni kWh termico (0.5-0.6 kg/kWh elettrico); si dà quindi origine alla seguente produzione giornaliera di anidride carbonica pro-capite:

$$0,55 \text{ kg CO}_2/\text{kWh (elettrico)} * 1.744 \text{ kWh (elettrici)/giorno} = 0.96 \text{ kg CO}_2/\text{giorno}$$

Nel caso di impianti ibridi solare /metano, ossia impianti solari posti ad integrazione della caldaia a metano, assicurando lo stesso comfort durante tutto l'arco dell'anno, è possibile risparmiare il 60% del consumo di gas: si produrranno, allora, giornalmente 0,38 kg CO<sub>2</sub>.

La riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> ottenuta con il sistema ibrido è notevole soprattutto rispetto al primo scenario: si passa da 1,31 kg di CO<sub>2</sub> emessi a 0,38 kg di CO<sub>2</sub>, con una riduzione percentuale del '71%.

Tra il caso di impiego della caldaia a metano e quello di integrazione di questa con i collettori si verifica una riduzione, in valore assoluto, di 0,58 kg di CO<sub>2</sub> pro-capite, con una riduzione del 60%.

### **Benefici CO<sub>2</sub> Fotovoltaico**


I benefici ambientali ottenibili dall'adozione di sistemi fotovoltaici sono proporzionali alla quantità di energia prodotta, supponendo che questa vada a sostituire dell'energia altrimenti fornita da fonti convenzionali.

Per produrre un kWh elettrico vengono bruciati mediamente l'equivalente di 2,56 kWh sotto forma di combustibili fossili e di conseguenza emessi nell'aria circa 0,65 kg di anidride carbonica (2.56 kWh \* 0.255 kg/kWh).

Si può dire quindi che ogni kWh prodotto dal sistema fotovoltaico evita quindi l'emissione di 0,65 kg di anidride carbonica.

<b>Potenza installata (KW)</b>	<b>Ore funzionamento equivalente l'anno</b>	<b>Energia annua prodotta (kWh )</b>	<b>Kg CO<sub>2</sub>evitata</b>
1	1.500	1.500	975
1,2	1.500	1.800	1.170
2	1.500	3.000	1.950
3	1.500	4.500	2.925
10	1.500	15.000	9.750

**STUDIO DI INGEGNERIA BORELLI**

	ID Documento Committente <b>Cod059_FV_BGR_00078_00</b>	Pagina 7 / 9
		Numero Revisione
		00

20	1.500	30.000	19.500
----	-------	--------	--------

## Produzione Energia – Procedure di Calcolo

Il principio progettuale normalmente utilizzato per un impianto fotovoltaico è quello di massimizzare la captazione della radiazione solare annua disponibile. Nella generalità dei casi, il generatore fotovoltaico deve essere esposto alla luce solare in modo ottimale, scegliendo prioritariamente l'orientamento a Sud ed evitando fenomeni di ombreggiamento. In funzione degli eventuali vincoli architettonici della struttura che ospita il generatore stesso, sono comunque adottati orientamenti diversi e sono ammessi fenomeni di ombreggiamento, purché adeguatamente valutati. Perdite d'energia dovute a tali fenomeni incidono sul costo del kWh prodotto e sul tempo di ritorno dell'investimento.

Dal punto di vista dell'inserimento architettonico, nel caso di applicazioni su coperture a falda, la scelta dell'orientazione e dell'inclinazione va effettuata tenendo conto che è generalmente opportuno mantenere il piano dei moduli parallelo o addirittura complanare a quello della falda stessa. Ciò in modo da non alterare la sagoma dell'edificio e non aumentare l'azione del vento sui moduli stessi. In questo caso, è utile favorire la circolazione d'aria fra la parte posteriore dei moduli e la superficie dell'edificio, al fine di limitare le perdite per temperatura.

L'energia generata dipende:

- dal sito di installazione (latitudine, radiazione solare disponibile, temperatura, riflettanza della superficie antistante i moduli);
- dall'esposizione dei moduli: angolo di inclinazione (Tilt) e angolo di orientazione (Azimut);
- da eventuali ombreggiamenti o insudiciamenti del generatore fotovoltaico;
- dalle caratteristiche dei moduli: potenza nominale, coefficiente di temperatura, perdite per disaccoppiamento o mismatch;
- dalle caratteristiche del BOS (Balance Of System).

Il valore del BOS può essere stimato direttamente oppure come complemento all'unità del totale delle perdite, calcolate mediante la seguente formula:

$$\text{Totale perdite [\%]} = [1 - (1 - a - b) \times (1 - c - d) \times (1 - e) \times (1 - f)] + g$$

per i seguenti valori:

- a Perdite per riflessione.
- b Perdite per ombreggiamento.
- c Perdite per mismatching.
- d Perdite per effetto della temperatura.
- e Perdite nei circuiti in continua.
- f Perdite negli inverter.
- g Perdite nei circuiti in alternata.

### Impianto fotovoltaico

L'impianto, denominato "Impianto fotovoltaico", è di tipo grid-connected, la tipologia di allaccio è: trifase in Alta Tensione. Ha una potenza totale pari a **75 832.400 kW** e una produzione di energia annua pari a **115 189 415.60 kWh** (equivalente a **1519.00 kWh/kW**), derivante da 108 332 moduli che occupano una superficie di 336 479.19 m<sup>2</sup>, ed è composto da 6 generatori.

<b>Dati generali</b>	
Committente	<b>PHAROS - Aquisolar Srl</b>
Indirizzo	<b>SP91</b>
CAP Comune (Provincia)	<b>33051 AQUILEIA (UD)</b>
Latitudine	<b>45°.7714 N</b>
Longitudine	<b>13°.3692 E</b>
Altitudine	<b>5 m</b>
Coefficiente di ombreggiamento	<b>1.00</b>



<b>Dati tecnici</b>	
Superficie totale moduli	<b>336 479.19 m<sup>2</sup></b>
Numero totale moduli	<b>108 332</b>
Numero totale inverter	<b>20</b>
Energia totale annua	<b>115 189 415.60 kWh</b>
Potenza totale	<b>75 832.400 kW</b>
Potenza fase L1	<b>25 277.467 kW</b>
Potenza fase L2	<b>25 277.467 kW</b>
Potenza fase L3	<b>25 277.467 kW</b>
Energia per kW	<b>1 519.00 kWh/kW</b>
Sistema di accumulo	<b>Assente</b>
Capacità di accumulo utile	-
BOS	<b>82.06 %</b>

## **Energia prodotta**

L'energia totale annua prodotta dall'impianto è **115 189 415.60 kWh**.