



# COMUNE DI ROCCELLA JONICA



## RIQUALIFICAZIONE E ADEGUAMENTO DEL PORTO DELLE GRAZIE DI ROCCELLA JONICA

### Progetto Definitivo

#### E – IMPIANTI TECNOLOGICI

**E.07**

### RELAZIONE DI CALCOLO IMPIANTO FOTOVOLTAICO D.LGS. 28/2011

Data:  
**15-05-2019**

Scala:

PROGETTAZIONE:



Certified by Bureau Veritas Italia S.p.A.

ISO 9001:2015      ISO 14001:2015  
Sistema di Gestione Qualità      Sistema di Gestione Ambientale

ASSOCIATO  
**oice** Associazione delle organizzazioni di ingegneria  
di architettura e di consulenza tecnico-economica

#### PROJECT MANAGER

ing. Antonino Sutera



#### PROGETTISTA

ing. Antonino Sutera  
ing. Giuseppe Bernardo



#### GRUPPO DI LAVORO

ing. Giuseppe Cutrupi  
ing. Roberta Chiara De Clario  
ing. Simone Fiumara  
ing. Tindara Cristina Grasso  
ing. Fabio Vinci  
arch. Elio Carrozza  
arch. Nicola Cosenza

REVISIONI			
	Rev. n°	Data	Motivazione

R.U.P.	Visti/Approvazioni
Ing. Lorenzo Surace	

# ALLEGATO ALLA RELAZIONE DI CALCOLO

Centrale/i

## STRUTTURA UFFICI AUTORITA'

Sottosistema di generazione solare  
fotovoltaico

Denominazione:

Impianto fotovoltaico

## DETTAGLIO DEL CALCOLO ENERGETICO

# 1 NORME DI RIFERIMENTO

UNI 10349	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici
UNI/TS 11300-4	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per il riscaldamento di ambienti e la preparazione di acqua calda sanitaria
UNI/TS 11300-5	Prestazioni energetiche degli edifici - Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili
UNI/TR 11328-1	Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia - Parte 1: Valutazione dell'energia raggiante ricevuta
UNI EN 15316-4-6	Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 4-6: Sistemi di generazione del calore, sistemi fotovoltaici

## 2 LEGENDE

### 2.1 LEGENDA SIMBOLI

SIMBOLO/FORMULA	U.M.	DESCRIZIONE
$z$	[m]	Altitudine s.l.m
$\varphi$	[°]	Latitudine
$\delta$	[°]	Gradiente verticale di temperatura
$\theta_{e,avg}$	[°C]	Temperatura giornaliera media mensile dell'aria esterna
$H_h$	[MJ/m <sup>2</sup> ]	Irradiazione solare giornaliera media mensile sul piano orizzontale
$\varrho$	-	Riflettanza delle superfici
$W_{pv,tot}$	[kW <sub>p</sub> ]	Potenza di picco complessiva dell'impianto
$f_p$	-	Fattore di conversione in energia primaria
$k_{em}$	[kgCO <sub>2</sub> /kWh]	Fattore di emissione per la CO <sub>2</sub>
$A_{pv,sm}$	[m <sup>2</sup> ]	Area del singolo modulo fotovoltaico, al netto del telaio

$K_{pv}$	$[kW_p/m^2]$	Fattore di potenza di picco
$W_{pv,sm}$	$[kW_p]$	Potenza di picco del singolo modulo
$n_m$	-	Numero complessivo di moduli del singolo generatore parziale
$W_{pv,gp}$	$[kW_p]$	Potenza di picco del singolo generatore parziale
$f_{pv}$	-	Fattore di efficienza
$\beta$	$[^\circ]$	Angolo che il modulo forma con il piano orizzontale
$\gamma$	$[^\circ]$	Angolo di azimuth del modulo: angolo formato dalla normale al piano del collettore e dal piano meridiano del luogo
$E_{pv}$	$[kWh/m^2]$	Irradiazione solare mensile incidente sull'impianto fotovoltaico
$N$	-	Numero progressivo del giorno medio del mese
$\delta$	$^\circ$	Angolo di declinazione del sole
$T, U, V, T_h, U_h$	-	Funzioni intermedie di calcolo
$\omega_s$	$^\circ$	Angolo orario del tramonto astronomico
$H_o$	$[MJ/m^2]$	Irradiazione extratmosferica orizzontale giornaliera
$K_T$	-	Indice di soleggiamento reale
$\omega_1'$	$^\circ$	Angolo orario del comparire del sole
$\omega_1''$	$^\circ$	Angolo orario dello scomparire del sole
$\omega_2'$	$^\circ$	Angolo orario del comparire del sole
$\omega_2''$	$^\circ$	Angolo orario dello scomparire del sole
$\bar{H}_{bh}$	$[W/m^2]$	Irradiazione giornaliera diretta sul piano orizzontale. Valore medio mensile.
$G_o$	$[W/m^2]$	Costante solare, pari a 1.367 W/m <sup>2</sup> (valore più recente fornito dal Duffie Beckman 3a edizione 2006, aggiornato rispetto al precedente valore di 1.353 W/m <sup>2</sup> di cui al UNI/TR 11328:2009, tratto quest'ultimo da UNI 8477-1:1983)
$\bar{H}_b$	$[W/m^2]$	Irradiazione giornaliera diretta sul piano dei moduli. Valore medio mensile.
$\bar{R}_b$	-	Rapporto tra irradiazione giornaliera diretta sul piano dei moduli e sul piano orizzontale. Valore medio mensile.
$\bar{R}$	-	Rapporto tra irradiazione giornaliera totale (diretta+diffusa+riflessa) sulla superficie dei moduli e sul piano orizzontale. Valore medio mensile.
$\bar{H}$	$[MJ/m^2]$	Irradiazione giornaliera totale (diretta+diffusa+riflessa) sulla superficie dei collettori. Valore medio mensile.
$E_{pv,gp}$	$[kWh/m^2]$	Irradiazione solare mensile incidente sul singolo generatore parziale dell'impianto fotovoltaico

$E_{el,pv,out,gp}$	[kWh]	Energia elettrica prodotta dal singolo generatore parziale
$E_{el,pv,out}$	[kWh]	Energia elettrica prodotta dall'intero impianto fotovoltaico, somma di quella prodotta dai singoli generatori parziali presenti
$Q_{el,del,qa}$	[kWh]	Energia elettrica fornita all'edificio, limitatamente alla quota abbattibile con la produzione fotovoltaica, secondo i vincoli previsti da UNI/TS 11300-4. In base a tali vincoli, essa coincide con la somma del fabbisogno di energia elettrica di pompe di calore per climatizzazione e produzione di a.c.s., degli ausiliari degli impianti di produzione di energia dell'edificio e di illuminazione dell'edificio, nel caso di destinazioni non residenziali.
$Q_{el,exp} \equiv Q_{en,el,prod,gn,i}$	[kWh]	Energia elettrica autoprodotta ed utilizzata dall'edificio, secondo i vincoli previsti da UNI/TS 11300-4. Per valutazioni A1 ed A2, essa non può essere superiore alla $Q_{el,del,qa}$ . Essa coincide con la $Q_{en,el,prod,gn,i}$ riportata nella relazione tecnica della centrale cui appartiene il generatore fotovoltaico, dove $gn,i$ è il pedice che lo identifica.
$Q_{sol}$	[kWh]	Energia solare immessa nel sottosistema di generazione solare fotovoltaico
$Q_p$	[kWh]	Fabbisogno di energia primaria
$\eta$	-	Rendimento dell'impianto fotovoltaico
$M_{net,CO_2}$	[kg]	Produzione netta di CO <sub>2</sub>

## 2.2 LEGENDA PEDICI VETTORI ENERGETICI

PEDICE	DENOMINAZIONE VETTORE ENERGETICO
en,sol	Energia solare
en,el	Energia elettrica



## 4 DATI DELL'IMPIANTO

### 4.1 DATI GENERALI

Numero di generatori parziali:	[-]	1
Potenza di picco complessiva $W_{pv,tot}$	[kW <sub>p</sub> ]	1,45

### 4.2 DATI DEI VETTORI ENERGETICI

Vettore energetico	$f_p$	$k_{em}$
	-	[kgCO <sub>2</sub> /kWh]
Energia elettrica	2,1740	0,4332
Energia solare		

## 4.3 DATI DEI SINGOLI GENERATORI PARZIALI

### 4.3.1 GENERATORE PARZIALE *Generatore parziale*

DATI DEI MODULI FOTOVOLTAICI											
Costruttore	Modello	Tipo di modulo	$A_{pv,sm}$	$K_{pv}$	$W_{pv,sm}$	Tipo di integrazione	$f_{pv}$	$n_m$	$W_{pv,gp}$	$\beta(^{\circ})$	$\gamma(^{\circ})$
-	-	-	[m <sup>2</sup> ]	[kW <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> ]	[kW <sub>p</sub> ]	-	-	-	[kW <sub>p</sub> ]	[ <sup>o</sup> ]	[ <sup>o</sup> ]
SOLON Photovoltaik	SOLON Blue 250-05	Pannello policristallino	1,86	0,130	0,24	Moduli non ventilati	0,7	6	1,5	18,0	- 148,0

(\*)  $\beta > 0$  per inclinazione dal piano orizzontale verso l'alto - per  $\beta = 0^{\circ}$  → collettore sul piano orizzontale

(\*\*) per  $\gamma = -90$  → collettore verso E; per  $\gamma = 90$  → collettore verso O



## 5 CALCOLO ENERGETICO

### 5.1 GENERATORE PARZIALE Generatore parziale

#### 5.1.1 CALCOLO DELL'ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DAL SINGOLO GENERATORE PARZIALE

ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DAL SINGOLO GP														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
$E_{el,pv,out,gp}$	[kWh]	60,4	77,4	114,4	147,1	197,3	204,7	207,8	191,6	127,0	102,1	73,7	53,7	1.557

### 5.2 CALCOLO DELL'ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DALL'INTERO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DALL'IMPIANTO														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
$E_{el,pv,out}$	[kWh]	60,4	77,4	114,4	147,1	197,3	204,7	207,8	191,6	127,0	102,1	73,7	53,7	1.557

### 5.3 CALCOLO DELL'ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DALL'INTERO IMPIANTO FOTOVOLTAICO ED UTILIZZATA DALL'EDIFICIO

ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DALL'IMPIANTO ED UTILIZZATA DALL'EDIFICIO														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
$Q_{el,del,ga}$	[kWh]													
$Q_{el,exp} \equiv Q_{en,el,prod,gn,i}$	[kWh]	60,4	77,4	89,4	16,9	58,8	137,6	188,6	190,0	105,5	37,3	16,3	53,7	1.032



## 5.6 EMISSIONI DI CO<sub>2</sub>

### 5.6.1 EMISSIONI DI CO<sub>2</sub> PER VETTORE ENERGETICO E TOTALE

#### 5.6.1.1 VETTORE ENERGIA ELETTRICA

ENERGIA ELETTRICA														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
M <sub>net</sub> CO <sub>2, en, el</sub>	[kWh]	26	34	50	64	85	89	90	83	55	44	32	23	674

#### 5.6.1.2 VETTORE ENERGIA SOLARE

ENERGIA SOLARE														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
M <sub>net</sub> CO <sub>2, en, sol</sub>	[kWh]													

#### 5.6.1.3 TOTALE, PER TUTTI I VETTORI

ENERGIA TOTALE														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
M <sub>net</sub> CO <sub>2</sub>	[kWh]	-26	-34	-50	-64	-85	-89	-90	-83	-55	-44	-32	-23	-674

## 5.7 DATI MENSILI ED ANNUALI DEL GENERATORE

Mese	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico [kWh]	60,4	77,4	114,4	147,1	197,3	204,7	207,8	191,6	127,0	102,1	73,7	53,7	1.557
Energia elettrica fornita per ausiliari [kWh]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energia elettrica utilizzata dall'edificio [kWh]	160,2	108,6	89,4	16,9	58,8	137,6	188,6	190,0	105,5	37,3	16,3	110,4	1.220
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico ed utilizzata dall'edificio [kWh]	60,4	77,4	89,4	16,9	58,8	137,6	188,6	190,0	105,5	37,3	16,3	53,7	1.031,8
Energia elettrica in eccesso rispetto ai fabbisogni [kWh]			25,0	130,2	138,5	67,1	19,1	1,6	21,5	64,8	57,3		525,2
Rendimento [-] (*)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Emissioni di CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]	-26,2	-33,5	-49,6	-63,7	-85,5	-88,7	-90,0	-83,0	-55,0	-44,2	-31,9	-23,3	-674
Quota rinnovabili [kWh]	60,4	77,4	89,4	16,9	58,8	137,6	188,6	190,0	105,5	37,3	16,3	53,7	1.031,8

(\*) Per il generatore fotovoltaico ci si riferisce al rendimento elettrico complessivo dell'impianto

Mese	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
Progetto fotovoltaico: Impianto fotovoltaico													
Q <sub>el,pv</sub> [kWh]	60,4	77,4	114,4	147,1	197,3	204,7	207,8	191,6	127,0	102,1	73,7	53,7	1.557
Centrale Termica:													
r <sub>el,pv</sub> [-]													
Q <sub>el</sub> [kWh]													
Q <sub>el,used</sub> [kWh]													
Q <sub>el,del,gross</sub> [kWh]													
Q <sub>el,surplus</sub> [kWh]													
Q <sub>el,rdel,an</sub> [kWh]													
Q <sub>el,exp,an</sub> [kWh]													

## LEGENDA

DEFINIZIONE	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA
FATTORE DI RIPARTIZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA PER OGNI SERVIZIO DELLE CENTRALI TERMICHE SERVITE	r <sub>el,pv</sub>	[-]
ENERGIA ELETTRICA COMPLESSIVAMENTE ASSORBITA DALLA CENTRALE TERMICA PER LO SPECIFICO SERVIZIO	Q <sub>el</sub>	[kWh]
ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DA FOTOVOLTAICO ED UTILIZZATA PER LO SPECIFICO SERVIZIO DELLA CENTRALE TERMICA	Q <sub>el,used</sub>	[kWh]
ENERGIA ELETTRICA IMPORTATA DALLA RETE ELETTRICA ED UTILIZZATA PER LO SPECIFICO SERVIZIO DELLA CENTRALE TERMICA	Q <sub>el,del,gross</sub>	[kWh]
ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA IN ECCESSO E CONSEGNA TA ALLA RETE ELETTRICA RIFERITA ALLO SPECIFICO SERVIZIO DELLA CENTRALE TERMICA	Q <sub>el,surplus</sub>	[kWh]
ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA IN ECCESSO E CONSEGNA TA ALLA RETE ELETTRICA E REIMPORTATA RIFERITA ALLO SPECIFICO SERVIZIO DELLA CENTRALE TERMICA	Q <sub>el,rdel,an</sub>	[kWh]
ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA IN ECCESSO E NON REIMPORTATA RIFERITA ALLO SPECIFICO SERVIZIO DELLA CENTRALE TERMICA	Q <sub>el,exp,an</sub>	[kWh]

# ALLEGATO ALLA RELAZIONE DI CALCOLO

Centrale/i

## STRUTTURA POLO AMBIENTALE

Sottosistema di generazione solare  
fotovoltaico

Denominazione:

Impianto fotovoltaico

## DETTAGLIO DEL CALCOLO ENERGETICO

# 1 NORME DI RIFERIMENTO

UNI 10349	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici
UNI/TS 11300-4	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per il riscaldamento di ambienti e la preparazione di acqua calda sanitaria
UNI/TS 11300-5	Prestazioni energetiche degli edifici - Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili
UNI/TR 11328-1	Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia - Parte 1: Valutazione dell'energia raggiante ricevuta
UNI EN 15316-4-6	Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 4-6: Sistemi di generazione del calore, sistemi fotovoltaici

## 2 LEGENDE

### 2.1 LEGENDA SIMBOLI

SIMBOLO/FORMULA	U.M.	DESCRIZIONE
$z$	[m]	Altitudine s.l.m
$\varphi$	[°]	Latitudine
$\delta$	[°]	Gradiente verticale di temperatura
$\theta_{e,avg}$	[°C]	Temperatura giornaliera media mensile dell'aria esterna
$H_h$	[MJ/m <sup>2</sup> ]	Irradiazione solare giornaliera media mensile sul piano orizzontale
$\varrho$	-	Riflettanza delle superfici
$W_{pv,tot}$	[kW <sub>p</sub> ]	Potenza di picco complessiva dell'impianto
$f_p$	-	Fattore di conversione in energia primaria
$k_{em}$	[kgCO <sub>2</sub> /kWh]	Fattore di emissione per la CO <sub>2</sub>
$A_{pv,sm}$	[m <sup>2</sup> ]	Area del singolo modulo fotovoltaico, al netto del telaio

$K_{pv}$	$[kW_p/m^2]$	Fattore di potenza di picco
$W_{pv,sm}$	$[kW_p]$	Potenza di picco del singolo modulo
$n_m$	-	Numero complessivo di moduli del singolo generatore parziale
$W_{pv,gp}$	$[kW_p]$	Potenza di picco del singolo generatore parziale
$f_{pv}$	-	Fattore di efficienza
$\beta$	$[^\circ]$	Angolo che il modulo forma con il piano orizzontale
$\gamma$	$[^\circ]$	Angolo di azimuth del modulo: angolo formato dalla normale al piano del collettore e dal piano meridiano del luogo
$E_{pv}$	$[kWh/m^2]$	Irradiazione solare mensile incidente sull'impianto fotovoltaico
$N$	-	Numero progressivo del giorno medio del mese
$\delta$	$^\circ$	Angolo di declinazione del sole
$T, U, V, T_h, U_h$	-	Funzioni intermedie di calcolo
$\omega_s$	$^\circ$	Angolo orario del tramonto astronomico
$H_o$	$[MJ/m^2]$	Irradiazione extratmosferica orizzontale giornaliera
$K_T$	-	Indice di soleggiamento reale
$\omega_1'$	$^\circ$	Angolo orario del comparire del sole
$\omega_1''$	$^\circ$	Angolo orario dello scomparire del sole
$\omega_2'$	$^\circ$	Angolo orario del comparire del sole
$\omega_2''$	$^\circ$	Angolo orario dello scomparire del sole
$\bar{H}_{bh}$	$[W/m^2]$	Irradiazione giornaliera diretta sul piano orizzontale. Valore medio mensile.
$G_o$	$[W/m^2]$	Costante solare, pari a 1.367 W/m <sup>2</sup> (valore più recente fornito dal Duffie Beckman 3a edizione 2006, aggiornato rispetto al precedente valore di 1.353 W/m <sup>2</sup> di cui al UNI/TR 11328:2009, tratto quest'ultimo da UNI 8477-1:1983)
$\bar{H}_b$	$[W/m^2]$	Irradiazione giornaliera diretta sul piano dei moduli. Valore medio mensile.
$\bar{R}_b$	-	Rapporto tra irradiazione giornaliera diretta sul piano dei moduli e sul piano orizzontale. Valore medio mensile.
$\bar{R}$	-	Rapporto tra irradiazione giornaliera totale (diretta+diffusa+riflessa) sulla superficie dei moduli e sul piano orizzontale. Valore medio mensile.
$\bar{H}$	$[MJ/m^2]$	Irradiazione giornaliera totale (diretta+diffusa+riflessa) sulla superficie dei collettori. Valore medio mensile.
$E_{pv,gp}$	$[kWh/m^2]$	Irradiazione solare mensile incidente sul singolo generatore parziale dell'impianto fotovoltaico



$E_{el,pv,out,gp}$	[kWh]	Energia elettrica prodotta dal singolo generatore parziale
$E_{el,pv,out}$	[kWh]	Energia elettrica prodotta dall'intero impianto fotovoltaico, somma di quella prodotta dai singoli generatori parziali presenti
$Q_{el,del,qa}$	[kWh]	Energia elettrica fornita all'edificio, limitatamente alla quota abbattibile con la produzione fotovoltaica, secondo i vincoli previsti da UNI/TS 11300-4. In base a tali vincoli, essa coincide con la somma del fabbisogno di energia elettrica di pompe di calore per climatizzazione e produzione di a.c.s., degli ausiliari degli impianti di produzione di energia dell'edificio e di illuminazione dell'edificio, nel caso di destinazioni non residenziali.
$Q_{el,exp} \equiv Q_{en,el,prod,gn,i}$	[kWh]	Energia elettrica autoprodotta ed utilizzata dall'edificio, secondo i vincoli previsti da UNI/TS 11300-4. Per valutazioni A1 ed A2, essa non può essere superiore alla $Q_{el,del,qa}$ . Essa coincide con la $Q_{en,el,prod,gn,i}$ riportata nella relazione tecnica della centrale cui appartiene il generatore fotovoltaico, dove $gn,i$ è il pedice che lo identifica.
$Q_{sol}$	[kWh]	Energia solare immessa nel sottosistema di generazione solare fotovoltaico
$Q_p$	[kWh]	Fabbisogno di energia primaria
$\eta$	-	Rendimento dell'impianto fotovoltaico
$M_{net,CO_2}$	[kg]	Produzione netta di CO <sub>2</sub>

## 2.2 LEGENDA PEDICI VETTORI ENERGETICI

PEDICE	DENOMINAZIONE VETTORE ENERGETICO
en,sol	Energia solare
en,el	Energia elettrica



## 4 DATI DELL'IMPIANTO

### 4.1 DATI GENERALI

Numero di generatori parziali:	[-]	1
Potenza di picco complessiva $W_{pv,tot}$	[kW <sub>p</sub> ]	1,45

### 4.2 DATI DEI VETTORI ENERGETICI

Vettore energetico	$f_p$	$k_{em}$
	-	[kgCO <sub>2</sub> /kWh]
Energia elettrica	2,1740	0,4332
Energia solare		

## 4.3 DATI DEI SINGOLI GENERATORI PARZIALI

### 4.3.1 GENERATORE PARZIALE *Generatore parziale*

DATI DEI MODULI FOTOVOLTAICI											
Costruttore	Modello	Tipo di modulo	$A_{pv,sm}$	$K_{pv}$	$W_{pv,sm}$	Tipo di integrazione	$f_{pv}$	$n_m$	$W_{pv,gp}$	$\beta(^{\circ})$	$\gamma(^{\circ})$
-	-	-	[m <sup>2</sup> ]	[kW <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> ]	[kW <sub>p</sub> ]	-	-	-	[kW <sub>p</sub> ]	[ <sup>o</sup> ]	[ <sup>o</sup> ]
SOLON Photovoltaik	SOLON Blue 250-05	Pannello policristallino	1,86	0,130	0,24	Moduli non ventilati	0,7	6	1,5	18,0	- 148,0

(\*)  $\beta > 0$  per inclinazione dal piano orizzontale verso l'alto - per  $\beta = 0^{\circ}$  → collettore sul piano orizzontale

(\*\*) per  $\gamma = -90$  → collettore verso E; per  $\gamma = 90$  → collettore verso O

## 5 CALCOLO ENERGETICO

### 5.1 GENERATORE PARZIALE Generatore parziale

#### 5.1.1 CALCOLO DELL'ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DAL SINGOLO GENERATORE PARZIALE

ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DAL SINGOLO GP														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
$E_{el,pv,out,qp}$	[kWh]	60,4	77,4	114,4	147,1	197,3	204,7	207,8	191,6	127,0	102,1	73,7	53,7	1.557

### 5.2 CALCOLO DELL'ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DALL'INTERO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DALL'IMPIANTO														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
$E_{el,pv,out}$	[kWh]	60,4	77,4	114,4	147,1	197,3	204,7	207,8	191,6	127,0	102,1	73,7	53,7	1.557

### 5.3 CALCOLO DELL'ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DALL'INTERO IMPIANTO FOTOVOLTAICO ED UTILIZZATA DALL'EDIFICIO

ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DALL'IMPIANTO ED UTILIZZATA DALL'EDIFICIO														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
$Q_{el,del,ga}$	[kWh]													
$Q_{el,exp} \equiv Q_{en,el,prod,gn,i}$	[kWh]	60,4	77,4	67,1		46,9	144,2	207,0	191,6	104,4	29,4		53,7	982



## 5.6 EMISSIONI DI CO<sub>2</sub>

### 5.6.1 EMISSIONI DI CO<sub>2</sub> PER VETTORE ENERGETICO E TOTALE

#### 5.6.1.1 VETTORE ENERGIA ELETTRICA

ENERGIA ELETTRICA														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
M <sub>net</sub> CO <sub>2, en, el</sub>	[kWh]	26	34	50	64	85	89	90	83	55	44	32	23	674

#### 5.6.1.2 VETTORE ENERGIA SOLARE

ENERGIA SOLARE														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
M <sub>net</sub> CO <sub>2, en, sol</sub>	[kWh]													

#### 5.6.1.3 TOTALE, PER TUTTI I VETTORI

ENERGIA TOTALE														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
M <sub>net</sub> CO <sub>2</sub>	[kWh]	-26	-34	-50	-64	-85	-89	-90	-83	-55	-44	-32	-23	-674

## 5.7 DATI MENSILI ED ANNUALI DEL GENERATORE

Mese	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico [kWh]	60,4	77,4	114,4	147,1	197,3	204,7	207,8	191,6	127,0	102,1	73,7	53,7	1.557
Energia elettrica fornita per ausiliari [kWh]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energia elettrica utilizzata dall'edificio [kWh]	129,5	85,4	67,1		46,9	144,2	207,0	209,2	104,4	29,4		85,6	1.109
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico ed utilizzata dall'edificio [kWh]	60,4	77,4	67,1		46,9	144,2	207,0	191,6	104,4	29,4		53,7	982,1
Energia elettrica in eccesso rispetto ai fabbisogni [kWh]			47,3	147,1	150,4	60,5	0,7		22,6	72,6	73,7		574,9
Rendimento [-] (*)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Emissioni di CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]	-26,2	-33,5	-49,6	-63,7	-85,5	-88,7	-90,0	-83,0	-55,0	-44,2	-31,9	-23,3	-674
Quota rinnovabili [kWh]	60,4	77,4	67,1		46,9	144,2	207,0	191,6	104,4	29,4		53,7	982,1

(\*) Per il generatore fotovoltaico ci si riferisce al rendimento elettrico complessivo dell'impianto



Mese	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
Progetto fotovoltaico: Impianto fotovoltaico													
Q <sub>el,pv</sub> [kWh]	60,4	77,4	114,4	147,1	197,3	204,7	207,8	191,6	127,0	102,1	73,7	53,7	1.557
Centrale Termica:													
r <sub>el,pv</sub> [-]													
Q <sub>el</sub> [kWh]													
Q <sub>el,used</sub> [kWh]													
Q <sub>el,del,gross</sub> [kWh]													
Q <sub>el,surplus</sub> [kWh]													
Q <sub>el,rdel,an</sub> [kWh]													
Q <sub>el,exp,an</sub> [kWh]													

## LEGENDA

DEFINIZIONE	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA
FATTORE DI RIPARTIZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA PER OGNI SERVIZIO DELLE CENTRALI TERMICHE SERVITE	r <sub>el,pv</sub>	[-]
ENERGIA ELETTRICA COMPLESSIVAMENTE ASSORBITA DALLA CENTRALE TERMICA PER LO SPECIFICO SERVIZIO	Q <sub>el</sub>	[kWh]
ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DA FOTOVOLTAICO ED UTILIZZATA PER LO SPECIFICO SERVIZIO DELLA CENTRALE TERMICA	Q <sub>el,used</sub>	[kWh]
ENERGIA ELETTRICA IMPORTATA DALLA RETE ELETTRICA ED UTILIZZATA PER LO SPECIFICO SERVIZIO DELLA CENTRALE TERMICA	Q <sub>el,del,gross</sub>	[kWh]
ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA IN ECCESSO E CONSEGNA TA ALLA RETE ELETTRICA RIFERITA ALLO SPECIFICO SERVIZIO DELLA CENTRALE TERMICA	Q <sub>el,surplus</sub>	[kWh]
ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA IN ECCESSO E CONSEGNA TA ALLA RETE ELETTRICA E REIMPORTATA RIFERITA ALLO SPECIFICO SERVIZIO DELLA CENTRALE TERMICA	Q <sub>el,rdel,an</sub>	[kWh]
ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA IN ECCESSO E NON REIMPORTATA RIFERITA ALLO SPECIFICO SERVIZIO DELLA CENTRALE TERMICA	Q <sub>el,exp,an</sub>	[kWh]

# ALLEGATO ALLA RELAZIONE DI CALCOLO

Centrale/i

## STRUTTURA POLIFUNZIONALE

Sottosistema di generazione solare  
fotovoltaico

Denominazione:

Impianto fotovoltaico

## DETTAGLIO DEL CALCOLO ENERGETICO

# 1 NORME DI RIFERIMENTO

UNI 10349	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici
UNI/TS 11300-4	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 4: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per il riscaldamento di ambienti e la preparazione di acqua calda sanitaria
UNI/TS 11300-5	Prestazioni energetiche degli edifici - Calcolo dell'energia primaria e della quota di energia da fonti rinnovabili
UNI/TR 11328-1	Energia solare - Calcolo degli apporti per applicazioni in edilizia - Parte 1: Valutazione dell'energia raggiante ricevuta
UNI EN 15316-4-6	Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 4-6: Sistemi di generazione del calore, sistemi fotovoltaici

## 2 LEGENDE

### 2.1 LEGENDA SIMBOLI

SIMBOLO/FORMULA	U.M.	DESCRIZIONE
$z$	[m]	Altitudine s.l.m
$\varphi$	[°]	Latitudine
$\delta$	[°]	Gradiente verticale di temperatura
$\theta_{e,avg}$	[°C]	Temperatura giornaliera media mensile dell'aria esterna
$H_h$	[MJ/m <sup>2</sup> ]	Irradiazione solare giornaliera media mensile sul piano orizzontale
$\rho$	-	Riflettanza delle superfici
$W_{pv,tot}$	[kW <sub>p</sub> ]	Potenza di picco complessiva dell'impianto
$f_p$	-	Fattore di conversione in energia primaria
$k_{em}$	[kgCO <sub>2</sub> /kWh]	Fattore di emissione per la CO <sub>2</sub>
$A_{pv,sm}$	[m <sup>2</sup> ]	Area del singolo modulo fotovoltaico, al netto del telaio

$K_{pv}$	$[kW_p/m^2]$	Fattore di potenza di picco
$W_{pv,sm}$	$[kW_p]$	Potenza di picco del singolo modulo
$n_m$	-	Numero complessivo di moduli del singolo generatore parziale
$W_{pv,gp}$	$[kW_p]$	Potenza di picco del singolo generatore parziale
$f_{pv}$	-	Fattore di efficienza
$\beta$	$[^\circ]$	Angolo che il modulo forma con il piano orizzontale
$\gamma$	$[^\circ]$	Angolo di azimuth del modulo: angolo formato dalla normale al piano del collettore e dal piano meridiano del luogo
$E_{pv}$	$[kWh/m^2]$	Irradiazione solare mensile incidente sull'impianto fotovoltaico
$N$	-	Numero progressivo del giorno medio del mese
$\delta$	$^\circ$	Angolo di declinazione del sole
$T, U, V, T_h, U_h$	-	Funzioni intermedie di calcolo
$\omega_s$	$^\circ$	Angolo orario del tramonto astronomico
$H_o$	$[MJ/m^2]$	Irradiazione extratmosferica orizzontale giornaliera
$K_T$	-	Indice di soleggiamento reale
$\omega_1'$	$^\circ$	Angolo orario del comparire del sole
$\omega_1''$	$^\circ$	Angolo orario dello scomparire del sole
$\omega_2'$	$^\circ$	Angolo orario del comparire del sole
$\omega_2''$	$^\circ$	Angolo orario dello scomparire del sole
$\bar{H}_{bh}$	$[W/m^2]$	Irradiazione giornaliera diretta sul piano orizzontale. Valore medio mensile.
$G_o$	$[W/m^2]$	Costante solare, pari a 1.367 W/m <sup>2</sup> (valore più recente fornito dal Duffie Beckman 3a edizione 2006, aggiornato rispetto al precedente valore di 1.353 W/m <sup>2</sup> di cui al UNI/TR 11328:2009, tratto quest'ultimo da UNI 8477-1:1983)
$\bar{H}_b$	$[W/m^2]$	Irradiazione giornaliera diretta sul piano dei moduli. Valore medio mensile.
$\bar{R}_b$	-	Rapporto tra irradiazione giornaliera diretta sul piano dei moduli e sul piano orizzontale. Valore medio mensile.
$\bar{R}$	-	Rapporto tra irradiazione giornaliera totale (diretta+diffusa+riflessa) sulla superficie dei moduli e sul piano orizzontale. Valore medio mensile.
$\bar{H}$	$[MJ/m^2]$	Irradiazione giornaliera totale (diretta+diffusa+riflessa) sulla superficie dei collettori. Valore medio mensile.
$E_{pv,gp}$	$[kWh/m^2]$	Irradiazione solare mensile incidente sul singolo generatore parziale dell'impianto fotovoltaico

$E_{el,pv,out,gp}$	[kWh]	Energia elettrica prodotta dal singolo generatore parziale
$E_{el,pv,out}$	[kWh]	Energia elettrica prodotta dall'intero impianto fotovoltaico, somma di quella prodotta dai singoli generatori parziali presenti
$Q_{el,del,qa}$	[kWh]	Energia elettrica fornita all'edificio, limitatamente alla quota abbattibile con la produzione fotovoltaica, secondo i vincoli previsti da UNI/TS 11300-4. In base a tali vincoli, essa coincide con la somma del fabbisogno di energia elettrica di pompe di calore per climatizzazione e produzione di a.c.s., degli ausiliari degli impianti di produzione di energia dell'edificio e di illuminazione dell'edificio, nel caso di destinazioni non residenziali.
$Q_{el,exp} \equiv Q_{en,el,prod,gn,i}$	[kWh]	Energia elettrica autoprodotta ed utilizzata dall'edificio, secondo i vincoli previsti da UNI/TS 11300-4. Per valutazioni A1 ed A2, essa non può essere superiore alla $Q_{el,del,qa}$ . Essa coincide con la $Q_{en,el,prod,gn,i}$ riportata nella relazione tecnica della centrale cui appartiene il generatore fotovoltaico, dove $gn,i$ è il pedice che lo identifica.
$Q_{sol}$	[kWh]	Energia solare immessa nel sottosistema di generazione solare fotovoltaico
$Q_p$	[kWh]	Fabbisogno di energia primaria
$\eta$	-	Rendimento dell'impianto fotovoltaico
$M_{net,CO_2}$	[kg]	Produzione netta di CO <sub>2</sub>

## 2.2 LEGENDA PEDICI VETTORI ENERGETICI

PEDICE	DENOMINAZIONE VETTORE ENERGETICO
en,sol	Energia solare
en,el	Energia elettrica



## 4 DATI DELL'IMPIANTO

### 4.1 DATI GENERALI

Numero di generatori parziali:	[-]	1
Potenza di picco complessiva $W_{pv,tot}$	[kW <sub>p</sub> ]	1,45

### 4.2 DATI DEI VETTORI ENERGETICI

Vettore energetico	$f_p$	$k_{em}$
	-	[kgCO <sub>2</sub> /kWh]
Energia elettrica	2,1740	0,4332
Energia solare		

## 4.3 DATI DEI SINGOLI GENERATORI PARZIALI

### 4.3.1 GENERATORE PARZIALE *Generatore parziale*

DATI DEI MODULI FOTOVOLTAICI											
Costruttore	Modello	Tipo di modulo	$A_{pv,sm}$	$K_{pv}$	$W_{pv,sm}$	Tipo di integrazione	$f_{pv}$	$n_m$	$W_{pv,gp}$	$\beta(^{\circ})$	$\gamma(^{\circ})$
-	-	-	[m <sup>2</sup> ]	[kW <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> ]	[kW <sub>p</sub> ]	-	-	-	[kW <sub>p</sub> ]	[ <sup>o</sup> ]	[ <sup>o</sup> ]
SOLON Photovoltaik	SOLON Blue 250-05	Pannello policristallino	1,86	0,130	0,24	Moduli non ventilati	0,7	6	1,5	18,0	- 148,0

(\*)  $\beta > 0$  per inclinazione dal piano orizzontale verso l'alto - per  $\beta = 0^{\circ}$  → collettore sul piano orizzontale

(\*\*) per  $\gamma = -90$  → collettore verso E; per  $\gamma = 90$  → collettore verso O



## 5 CALCOLO ENERGETICO

### 5.1 GENERATORE PARZIALE Generatore parziale

#### 5.1.1 CALCOLO DELL'ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DAL SINGOLO GENERATORE PARZIALE

ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DAL SINGOLO GP														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
$E_{el,pv,out,qp}$	[kWh]	60,4	77,4	114,4	147,1	197,3	204,7	207,8	191,6	127,0	102,1	73,7	53,7	1.557

### 5.2 CALCOLO DELL'ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DALL'INTERO IMPIANTO FOTOVOLTAICO

ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DALL'IMPIANTO														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
$E_{el,pv,out}$	[kWh]	60,4	77,4	114,4	147,1	197,3	204,7	207,8	191,6	127,0	102,1	73,7	53,7	1.557

### 5.3 CALCOLO DELL'ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DALL'INTERO IMPIANTO FOTOVOLTAICO ED UTILIZZATA DALL'EDIFICIO

ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DALL'IMPIANTO ED UTILIZZATA DALL'EDIFICIO														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
$Q_{el,del,ga}$	[kWh]													
$Q_{el,exp} \equiv Q_{en,el,prod,gn,i}$	[kWh]	60,4	77,4	77,7		59,9	150,1	207,8	191,6	115,5	32,3		53,7	1.026



## 5.6 EMISSIONI DI CO<sub>2</sub>

### 5.6.1 EMISSIONI DI CO<sub>2</sub> PER VETTORE ENERGETICO E TOTALE

#### 5.6.1.1 VETTORE ENERGIA ELETTRICA

ENERGIA ELETTRICA														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
M <sub>net</sub> CO <sub>2, en, el</sub>	[kWh]	26	34	50	64	85	89	90	83	55	44	32	23	674

#### 5.6.1.2 VETTORE ENERGIA SOLARE

ENERGIA SOLARE														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
M <sub>net</sub> CO <sub>2, en, sol</sub>	[kWh]													

#### 5.6.1.3 TOTALE, PER TUTTI I VETTORI

ENERGIA TOTALE														
		GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
M <sub>net</sub> CO <sub>2</sub>	[kWh]	-26	-34	-50	-64	-85	-89	-90	-83	-55	-44	-32	-23	-674

## 5.7 DATI MENSILI ED ANNUALI DEL GENERATORE

Mese	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico [kWh]	60,4	77,4	114,4	147,1	197,3	204,7	207,8	191,6	127,0	102,1	73,7	53,7	1.557
Energia elettrica fornita per ausiliari [kWh]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energia elettrica utilizzata dall'edificio [kWh]	148,8	97,2	77,7		59,9	150,1	210,5	213,8	115,5	32,3		98,8	1.205
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico ed utilizzata dall'edificio [kWh]	60,4	77,4	77,7		59,9	150,1	207,8	191,6	115,5	32,3		53,7	1.026,3
Energia elettrica in eccesso rispetto ai fabbisogni [kWh]			36,8	147,1	137,3	54,6			11,5	69,7	73,7		530,7
Rendimento [-] (*)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Emissioni di CO <sub>2</sub> [kg CO <sub>2</sub> ]	-26,2	-33,5	-49,6	-63,7	-85,5	-88,7	-90,0	-83,0	-55,0	-44,2	-31,9	-23,3	-674
Quota rinnovabili [kWh]	60,4	77,4	77,7		59,9	150,1	207,8	191,6	115,5	32,3		53,7	1.026,3

(\*) Per il generatore fotovoltaico ci si riferisce al rendimento elettrico complessivo dell'impianto

Mese	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
Progetto fotovoltaico: Impianto fotovoltaico													
Q <sub>el,pv</sub> [kWh]	60,4	77,4	114,4	147,1	197,3	204,7	207,8	191,6	127,0	102,1	73,7	53,7	1.557
Centrale Termica:													
r <sub>el,pv</sub> [-]													
Q <sub>el</sub> [kWh]													
Q <sub>el,used</sub> [kWh]													
Q <sub>el,del,gross</sub> [kWh]													
Q <sub>el,surplus</sub> [kWh]													
Q <sub>el,rdel,an</sub> [kWh]													
Q <sub>el,exp,an</sub> [kWh]													

## LEGENDA

DEFINIZIONE	SIMBOLO	UNITA' DI MISURA
FATTORE DI RIPARTIZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA PER OGNI SERVIZIO DELLE CENTRALI TERMICHE SERVITE	r <sub>el,pv</sub>	[-]
ENERGIA ELETTRICA COMPLESSIVAMENTE ASSORBITA DALLA CENTRALE TERMICA PER LO SPECIFICO SERVIZIO	Q <sub>el</sub>	[kWh]
ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA DA FOTOVOLTAICO ED UTILIZZATA PER LO SPECIFICO SERVIZIO DELLA CENTRALE TERMICA	Q <sub>el,used</sub>	[kWh]
ENERGIA ELETTRICA IMPORTATA DALLA RETE ELETTRICA ED UTILIZZATA PER LO SPECIFICO SERVIZIO DELLA CENTRALE TERMICA	Q <sub>el,del,gross</sub>	[kWh]
ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA IN ECCESSO E CONSEGNA TA ALLA RETE ELETTRICA RIFERITA ALLO SPECIFICO SERVIZIO DELLA CENTRALE TERMICA	Q <sub>el,surplus</sub>	[kWh]
ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA IN ECCESSO E CONSEGNA TA ALLA RETE ELETTRICA E REIMPORTATA RIFERITA ALLO SPECIFICO SERVIZIO DELLA CENTRALE TERMICA	Q <sub>el,rdel,an</sub>	[kWh]
ENERGIA ELETTRICA PRODOTTA IN ECCESSO E NON REIMPORTATA RIFERITA ALLO SPECIFICO SERVIZIO DELLA CENTRALE TERMICA	Q <sub>el,exp,an</sub>	[kWh]