



Regione Siciliana
Dipartimento dei Beni Culturali e dell'Identità
Siciliana

Soprintendenza per i Beni Culturali ed Ambientali
MESSINA



Università degli Studi
di
MESSINA

Area Servizi Tecnici

RISANAMENTO CONSERVATIVO, CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE E
ADEGUAMENTO FUNZIONALE DELLA BIBLIOTECA REGIONALE
UNIVERSITARIA "GIACOMO LONGO" DI MESSINA
PROGETTO ESECUTIVO

Programma lotto 2012



SOPRINTENDENZA PER I BENI CULTURALI ED AMBIENTALI
MESSINA

APPROVATO

09 SET. 2014

Il Dirigente dell'U.O. VI
(Arch. Maria Mercurio)

PROGETTO IMPIANTO FOTOVOLTAICO - Relazione di calcolo

Elaborato

VALIDAZIONE			Elaborato PE.IFV.RC.
AGGIORNAMENTO			
MESSINA			

Progetto Architettonico
Arch. Mirella Vinci
Ing. Salvatore Stopo
Arch. Enrico Zaccone
Geom. Vincenzo Reale
Ing. Roberto Mazzullo

Il Responsabile del Procedimento
Arch. Salvatore Scuto

Progetto Strutture e Impianti
Ing. Silvio Lacquaniti
Ing. Giovanni Lupo
Collaboratori:
Geom. Nunzio Chillè

IL RESPONSABILE U.O. VI
Arch. Maria Mercurio

IL SOPRINTENDENTE
Arch. Rocco G. Scimone

IL RESPONSABILE AREA SERVIZI TECNICI
Ing. Francesco Oteri

DIMENSIONAMENTO IMPIANTO

Procedure di calcolo

Criterio generale di progetto

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 e 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.

Criterio di stima dell'energia prodotta

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.

Criterio di verifica elettrica

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di

lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT

Tensione nel punto di massima potenza, V_m , a 70 °C maggiore o uguale alla Tensione MPPT minima ($V_{mppt\ min}$).

Tensione nel punto di massima potenza, V_m , a -10 °C minore o uguale alla Tensione MPPT massima ($V_{mppt\ max}$).

I valori di MPPT rappresentano i valori minimo e massimo della finestra di tensione utile per la ricerca del punto di funzionamento alla massima potenza.

TENSIONE MASSIMA

Tensione di circuito aperto, V_{oc} , a -10 °C minore o uguale alla tensione massima di ingresso dell'inverter.

TENSIONE MASSIMA MODULO

Tensione di circuito aperto, V_{oc} , a -10 °C minore o uguale alla tensione massima di sistema del modulo.

CORRENTE MASSIMA

Corrente massima (corto circuito) generata, I_{sc} , minore o uguale alla corrente massima di ingresso dell'inverter.

DIMENSIONAMENTO

Dimensionamento compreso tra il 70 % e 120 %.

Per dimensionamento si intende il rapporto percentuale tra la potenza nominale dell'inverter e la potenza del generatore fotovoltaico ad esso collegato (nel caso di sottoimpianti MPPT, il dimensionamento è verificato per il sottoimpianto MPPT nel suo insieme).

Impianto fotovoltaico

L'impianto fotovoltaico è di tipo grid-connected, la tipologia di allaccio è: trifase in bassa tensione. Ha una potenza totale pari a **11.750 kW** e una produzione di energia annua pari a **16 745.10 kWh** (equivalente a **1 425.11 kWh/kW**), derivante da 50 moduli che occupano una superficie di 82.80 m², ed è composto da 1 generatore.

Scheda tecnica dell'impianto

Dati generali	
Committente	Università degli Studi di Messina
Indirizzo	Via Cesare Battisti angolo Via dei Verdi
CAP Comune (Provincia)	Messina
Latitudine	38°.1933 N
Longitudine	15°.5539 E
Altitudine	3 m
Irradiazione solare annua sul piano orizzontale	6 228.50 MJ/m²
Coefficiente di ombreggiamento	1.00

Dati tecnici	
Superficie totale moduli	82.80 m²
Numero totale moduli	69
Numero totale inverter	1
Energia totale annua	16 745.10 kWh
Potenza totale	11.750 kW
Potenza fase L1	3.917 kW
Potenza fase L2	3.917 kW
Potenza fase L3	3.917 kW
Energia per kW	1 425.11 kWh/kW
BOS	74.97 %

Energia prodotta

L'energia totale annua prodotta dall'impianto è **16 745.10 kWh**.
Nel grafico si riporta l'energia prodotta mensilmente:

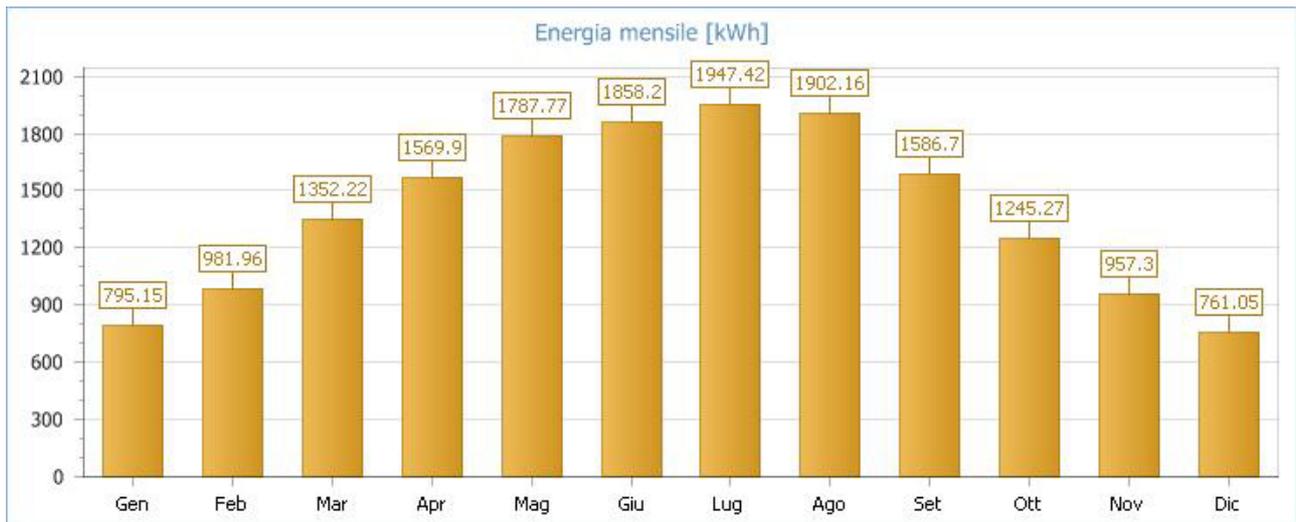


Fig. 4: Energia

Risparmio sul combustibile

Un utile indicatore per definire il risparmio di combustibile derivante dall'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]. Questo coefficiente individua le T.E.P. (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) necessarie per la realizzazione di 1 MWh di energia, ovvero le TEP risparmiate con l'adozione di tecnologie fotovoltaiche per la produzione di energia elettrica.

Risparmio di combustibile

Risparmio di combustibile in	TEP
Fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria [TEP/MWh]	0.220
TEP risparmiate in un anno	3.68
TEP risparmiate in 20 anni	67.71

Fonte dati: Articolo 2, comma 3, dei decreti ministeriali 20 luglio 2004

Emissioni evitate in atmosfera

Inoltre, l'impianto fotovoltaico consente la riduzione di emissioni in atmosfera delle sostanze che hanno effetto inquinante e di quelle che contribuiscono all'effetto serra.

Emissioni evitate in atmosfera

Emissioni evitate in atmosfera di	CO ₂	SO ₂	NO _x	Polveri
Emissioni specifiche in atmosfera [g/kWh]	496.0	0.930	0.580	0.029
Emissioni evitate in un anno [kg]	8 305.57	15.57	9.71	0.49
Emissioni evitate in 20 anni [kg]	152 647.30	286.21	178.50	8.92

Fonte dati: Rapporto ambientale ENEL 2006

Generatore

Impianto *Impianto fotovoltaico*

L'impianto, denominato "Impianto fotovoltaico", è di tipo grid-connected, la tipologia di allaccio è: trifase in bassa tensione.

Ha una potenza totale pari a **16.215 kW** e una produzione di energia annua pari a **23 107.64 kWh** (equivalente a **1 425.08 kWh/kW**), derivante da 69 moduli che occupano una superficie di 114.26 m², ed è composto da 1 generatore.

Scheda tecnica dell'impianto

Dati generali	
Committente	Università degli Studi di Messina
Indirizzo	Via Cesare Battisti angolo Via dei Verdi
CAP Comune (Provincia)	\$Empty_IMPCAP\$ MESSINA (ME)
Latitudine	38°.1933 N
Longitudine	15°.5539 E
Altitudine	3 m
Irradiazione solare annua sul piano orizzontale	6 228.50 MJ/m²
Coefficiente di ombreggiamento	1.00

Dati tecnici	
Superficie totale moduli	114.26 m²
Numero totale moduli	69
Numero totale inverter	1
Energia totale annua	23 107.64 kWh
Potenza totale	16.215 kW
Potenza fase L1	5.405 kW
Potenza fase L2	5.405 kW
Potenza fase L3	5.405 kW
Energia per kW	1 425.08 kWh/kW
BOS	74.97 %

Energia prodotta

L'energia totale annua prodotta dall'impianto è **23 107.64 kWh**.

Nel grafico si riporta l'energia prodotta mensilmente:

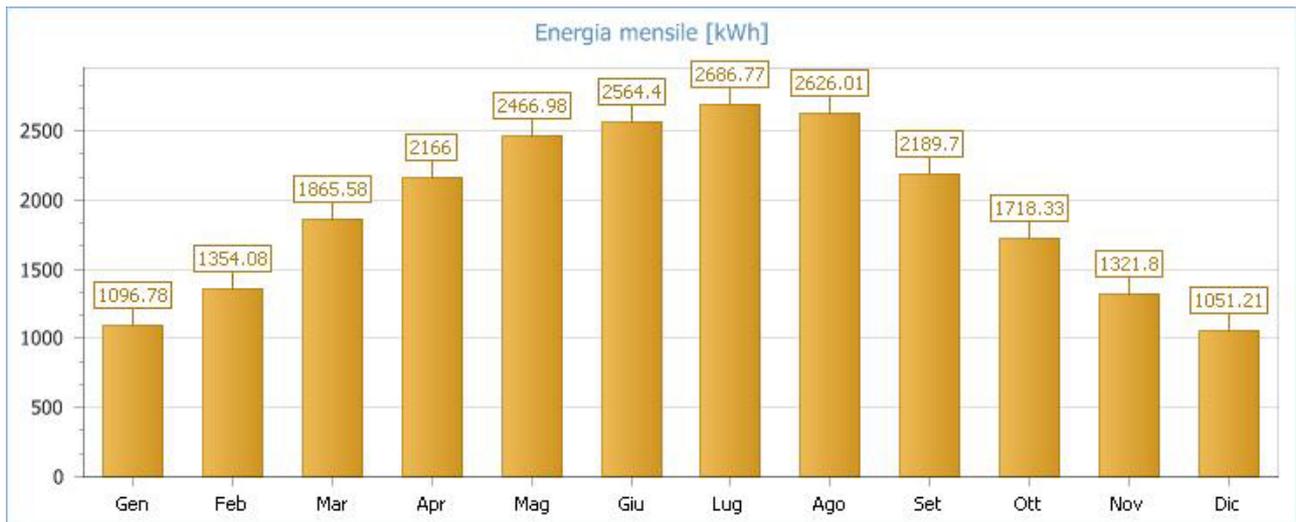


Fig. 4: Energia mensile prodotta dall'impianto

Generatore *Pannelli Piani e Inclinati*

Il generatore, denominato “Pannelli Piani e Inclinati”, ha una potenza pari a **16.215 kW** e una produzione di energia annua pari a **23 107.64 kWh**, derivante da 69 moduli con una superficie totale dei moduli di 114.26 m².

Il generatore ha una connessione trifase.

Scheda tecnica

Dati generali	
Posizionamento dei moduli	Non complanare alle superfici
Struttura di sostegno	Fissa
Inclinazione dei moduli (Tilt)	29°
Orientazione dei moduli (Azimut)	2°
Irradiazione solare annua sul piano dei moduli	1 901.10 kWh/m²
Numero superfici disponibili	3
Estensione totale disponibile	354.48 m²
Estensione totale utilizzata	354.48 m²
Potenza totale	16.215 kW
Energia totale annua	23 107.64 kWh

Modulo	
Marca – Modello	BRANDONI SOLARE - BRP6360064-235
Numero totale moduli	69
Superficie totale moduli	114.26 m²

Configurazione inverter		
MPPT	Numero di moduli	Stringhe per modulo
1	16	1 x 16
2	17	1 x 17
3	36	2 x 18

Inverter	
Marca – Modello	DIEHL - PLATINUM 19000 TL
Numero totale	1
Dimensionamento inverter (compreso tra 70 % e 120 %)	111.01 % (VERIFICATO)
Tipo fase	Trifase

Il posizionamento dei moduli è mostrato negli elaborati grafici allegati.

Verifiche elettriche MPPT 1

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
Vm a 70 °C (374.26 V) maggiore di Vmppt min. (350.00 V)	VERIFICATO
Vm a -10 °C (553.71 V) minore di Vmppt max. (710.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA	
Voc a -10 °C (684.91 V) inferiore alla tensione max. dell'ingresso MPPT (880.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a -10 °C (684.91 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 000.00 V)	VERIFICATO

CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (8.50 A) inferiore alla corrente max. dell'ingresso MPPT (18.50 A)	VERIFICATO

Verifiche elettriche MPPT 2

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
Vm a 70 °C (397.65 V) maggiore di Vmppt min. (350.00 V)	VERIFICATO
Vm a -10 °C (588.32 V) minore di Vmppt max. (710.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA	
Voc a -10 °C (727.72 V) inferiore alla tensione max. dell'ingresso MPPT (880.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA MODULO	
Voc a -10 °C (727.72 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 000.00 V)	VERIFICATO

CORRENTE MASSIMA	
Corrente max. generata (8.50 A) inferiore alla corrente max. dell'ingresso MPPT (18.50 A)	VERIFICATO

Verifiche elettriche MPPT 3

In corrispondenza dei valori minimi della temperatura di lavoro dei moduli (-10 °C) e dei valori massimi di lavoro degli stessi (70 °C) sono verificate le seguenti disuguaglianze:

TENSIONI MPPT	
Vm a 70 °C (421.04 V) maggiore di Vmppt min. (350.00 V)	VERIFICATO
Vm a -10 °C (622.93 V) minore di Vmppt max. (710.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA	
Voc a -10 °C (770.53 V) inferiore alla tensione max. dell'ingresso MPPT (880.00 V)	VERIFICATO

TENSIONE MASSIMA MODULO

Voc a -10 °C (770.53 V) inferiore alla tensione max. di sistema del modulo (1 000.00 V)

VERIFICATO**CORRENTE MASSIMA**

Corrente max. generata (17.00 A) inferiore alla corrente max. dell'ingresso MPPT (18.50 A)

VERIFICATO

Componenti elettrici

Il dispositivo di interfaccia è interno ai convertitori CC/CA.

Cavi

Descrizione	Designazione	Sezione (mm ²)	Lung. (m)	Risultati		
				Corrente (A)	Portata (A)	Caduta di tensione (%)
Rete - Quadro generale	FG7(O)R-0,6/1 kV	4.0	40.00	23.41	35.00	2.55
Quadro generale - Quadro fotovoltaico	FG7(O)R-0,6/1 kV	4.0	10.00	23.41	91.00	0.16
Quadro fotovoltaico - I 1	FG7(O)R-0,6/1 kV	4.0	10.00	23.41	91.00	0.16
I 1 - MPPT 1		6.0	1.00	7.90	38.00	0.01
I 1 - Quadro di campo 1	FG21M21PV3 (1500Vcc)	4.0	10.00	7.90	43.68	0.21
Quadro di campo 1 - S 1	FG21M21PV3 (1500Vcc)	4.0	25.00	7.90	43.68	0.52
I 1 - MPPT 2		6.0	1.00	7.90	38.00	0.01
I 1 - Quadro di campo 2	FG21M21PV3 (1500Vcc)	4.0	10.00	7.90	43.68	0.20
Quadro di campo 2 - S 2	FG21M21PV3 (1500Vcc)	4.0	25.00	7.90	43.68	0.49
I 1 - MPPT 3		6.0	1.00	15.80	38.00	0.02
I 1 - Quadro di campo 3	FG21M21PV3 (1500Vcc)	4.0	10.00	15.80	43.68	0.37
Quadro di campo 3 - S 3	FG21M21PV3 (1500Vcc)	4.0	25.00	7.90	43.68	0.47
Quadro di campo 3 - S 4	FG21M21PV3 (1500Vcc)	4.0	1.00	7.90	38.22	0.02

Quadri

Quadro generale	
<i>Protezione in uscita: Interruttore magnetotermico</i>	
SPD uscita presente	
<i>Protezione sugli ingressi</i>	
Ingresso	Dispositivo
Quadro fotovoltaico	N.P.

Quadro fotovoltaico	
<i>Protezione in uscita: Interruttore magnetotermico</i>	
SPD uscita presente	
<i>Protezione sugli ingressi</i>	
Ingresso	Dispositivo
I 1	Interruttore magnetotermico differenziale

Quadro di campo 1	
<i>Protezione in uscita: Sezionatore</i>	
SPD uscita presente	
<i>Protezione sugli ingressi</i>	
Ingresso S 1	
Diodo presente	
Fusibile presente	

Quadro di campo 2
<i>Protezione in uscita: Sezionatore</i>
SPD uscita presente
<i>Protezione sugli ingressi</i>
Ingresso S 2
Diodo presente
Fusibile presente

Quadro di campo 3
<i>Protezione in uscita: Sezionatore</i>
SPD uscita presente
<i>Protezione sugli ingressi</i>
Ingresso S 3
Diodo presente
Fusibile presente
Ingresso S 4
Diodo presente
Fusibile presente

Schema unifilare

Vedi allegati grafici.

Riepilogo potenze per fase			
Generatore / sottoimpianto	L1	L2	L3
Pannelli Piani e Inclinati	5.405 kW	5.405 kW	5.405 kW
Totale	5.405 kW	5.405 kW	5.405 kW

La differenza fra la potenza installata sulla fase con più generazione e quella con meno generazione risulta pari a: **0.000** kW.

SCHEDE TECNICHE MODULI

Moduli utilizzati

DATI GENERALI

Codice	M.0336
Marca	BRANDONI SOLARE
Modello	BRP6360064-235
Tipo materiale	Si policristallino
Prezzo [€]	0.00

CARATTERISTICHE ELETTRICHE IN CONDIZIONI STC

Potenza di picco [W]	235.0 W
Im [A]	7.90
Isc [A]	8.50
Efficienza [%]	14.19
Vm [V]	29.70
Voc [V]	37.90

ALTRE CARATTERISTICHE ELETTRICHE

Coeff. Termico Voc [V/°C]	-0.1402
Coeff. Termico Isc [%/°C]	0.090
NOCT [°C]	44.0
Vmax [V]	1 000.00

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Lunghezza [mm]	1 661.00
Larghezza [mm]	997.00
Superficie [m ²]	1.656
Spessore [mm]	42.00
Peso [kg]	22.00
Numero celle	60

SCHEDE TECNICHE INVERTER

Inverter utilizzati

DATI GENERALI

Codice	I.0142
Marca	DIEHL
Modello	PLATINUM 19000 TL
Tipo fase	Trifase
Prezzo [€]	0.00

INGRESSI MPPT

N	VMppt min [V]	VMppt max [V]	V max [V]	I max [A]
1	350.00	710.00	880.00	18.50
2	350.00	710.00	880.00	18.50
3	350.00	710.00	880.00	18.50

Max pot. FV [W] 21 300

PARAMETRI ELETTRICI IN USCITA

Potenza nominale [W]	18 000
Tensione nominale [V]	400
Rendimento max [%]	98.00
Distorsione corrente [%]	3
Frequenza [Hz]	50
Rendimento europeo [%]	97.50

CARATTERISTICHE MECCANICHE

Dimensioni LxPxH [mm]	743x972x262
Peso [kg]	87.00