



Progettare un impianto fotovoltaico

Cassino 04 Marzo 2008

Ing. Riccardo Arcese

Progettare un impianto fotovoltaico

Considerazioni iniziali

Valutazione sito

Scelta tipologia di impianto

Progetto preliminare

Valutazione costi e rischi



Valutazione sito

Come si calcola il fabbisogno di energia elettrica

La dimensione dell'impianto fotovoltaico è calcolata sulla base dell'energia consumata dall'utenza. Tale valore può essere ricavato dalla lettura dell'ultima bolletta elettrica o, meglio ancora, dalla media dei valori annui di consumo degli ultimi tre o quattro anni.

Il consumo di energia dipende da tanti fattori, tra i quali il comportamento dell'utenza e il numero e l'efficienza delle apparecchiature elettriche installate.

Dai dati statistici rilevati risulta che il consumo medio di una famiglia italiana è compreso tra i 3.000 e i 4.000 kWh/anno

- Posizione
- Tipo di superficie destinata alla posa
- Vincoli ambientali e paesaggistici
- Problemi di connessione alla rete



Scelta tipo d'impianto

- Uso a cui è destinato
 - Produzione
 - Autoconsumo
- Tipologia di allaccio
 - Grid connected
 - In isola
- Valutazione esigenze ad hoc



Parzialmente Integrato



Completamente Integrato



Dimensionamento dell'impianto fotovoltaico

- Il dimensionamento dell'impianto fotovoltaico, ossia la **determinazione della superficie complessiva dei moduli**, può essere a questo punto effettuato dal rapporto tra il valore dell'energia elettrica richiesta dall'utenza e l'energia elettrica fornita per unità di superficie.
- **Spesso non è conveniente dimensionare gli impianti solari fotovoltaici per coprire l'intero carico.**
- Un impianto fotovoltaico è costituito un certo numero di moduli fotovoltaici la cui superficie è rilevabile direttamente dal catalogo del produttore che fornisce tutte le specifiche tecniche.
- Il numero dei moduli necessari per realizzare l'area di captazione calcolata si può ricavare semplicemente dal rapporto tra la superficie complessiva richiesta e la superficie unitaria di ciascun modulo.



Calcolo potenza

- Un dato caratteristico di un impianto fotovoltaico è la **potenza nominale o potenza di picco**, definita come la potenza che il sistema fotovoltaico è in grado di erogare quando opera in condizioni fissate da norme internazionali (condizioni standard):
- **flusso solare: 1000 W/m²;**
- **temperatura delle celle: 25 °C.**
- E' opportuno sottolineare come le **condizioni standard siano difficilmente riscontrabili** durante il funzionamento reale di un sistema fotovoltaico.
- Anche il valore della temperatura delle celle di 25 °C viene sempre superato dal momento che i moduli esposti alla radiazione solare sono soggetti a rapido riscaldamento.
- In condizioni operative reali un impianto fotovoltaico fornisce una potenza elettrica inferiore rispetto alla potenza di picco: la potenza elettrica in uscita, infatti, decresce al diminuire dell'irraggiamento ed all'aumentare della temperatura (un modulo in esercizio può raggiungere valori di temperatura anche superiori ai 70, 80 °C).
- Il valore della **potenza di picco** è solo un parametro di riferimento. Il suo calcolo può essere eseguito moltiplicando il valore della potenza di picco di ciascun modulo (valore fornito dai produttori) per il numero dei moduli installati.



Valutazione costi e benefici

- Tipologia d'impianto
 - Parzialmente integrato
 - Totalmente integrato
 - A terra

Quota conto energia

Quota energia venduta

Quota energia risparmiata

Ammortamenti e payback



Dove installare i pannelli fotovoltaici

I pannelli fotovoltaici devono essere installati in una posizione bene esposta alla radiazione solare e, possibilmente, sfruttando una integrazione con gli elementi architettonici dell'edificio.

- **Installazione su tetto inclinato.** E' l'installazione più classica, i moduli vengono montati sulla falda più soleggiata dell'edificio, la loro inclinazione ed il loro orientamento quindi sono vincolati e la resa energetica può non essere ottimale. Si può osservare come, considerando come periodo di captazione l'intero anno, non si abbiano eccessive penalizzazioni per orientamenti differenti da sud se l'inclinazione dei moduli è piccola.
- **Installazione su tetto piano (terrazzo).** In questo caso i moduli devono essere montati su strutture portanti che garantiscono la più corretta inclinazione ed il più corretto orientamento. I moduli vengono montati in file che devono essere distanziate tra loro per evitare effetti di ombreggiamento. La distanza tra una fila e l'altra può essere notevolmente ridotta se l'inclinazione dei moduli non è eccessiva.
- **Installazione in facciata.** Le facciate dell'edificio offrono in genere ampie superfici che non vengono sfruttate. Costituiscono quindi elementi dell'edificio sui quali è possibile installare i moduli fotovoltaici. Questa soluzione, rispetto alle altre, presenta comunque degli inconvenienti tra i quali: effetto estetico non sempre accettabile, maggiore possibilità di ombreggiamenti da parte di altri edifici, penalizzazione a volte eccessiva nel caso di orientamenti non ottimali (si può osservare come questa soluzione comporti una penalizzazione variabile dal 20 al 30 % rispetto al piano orizzontale).



Installazione su tetto inclinato



Installazione in facciata



Installazione su tetto piano

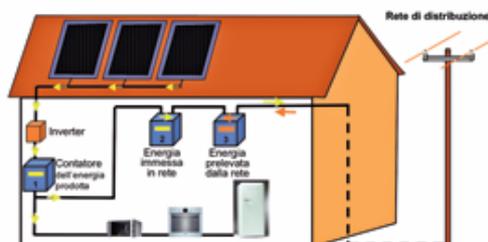


Lo scambio sul posto

Con il termine “**scambio sul posto**” s’intende il servizio erogato dal gestore di rete locale, competente nell’ambito territoriale in cui è ubicato l’impianto, che consiste nell’operare un saldo annuo tra l’energia elettrica immessa in rete dall’impianto medesimo e l’energia elettrica prelevata dalla rete. In particolare questo servizio, che si applica per gli impianti di potenza fino a 20kW, alimentati da fonti rinnovabili, è disciplinato dalle seguenti regole:



Scambio sul posto



- è consentito utilizzare **la rete elettrica a bassa tensione come un sistema di accumulo**, immettendo l'energia prodotta nelle ore d'insolazione in eccesso rispetto ai propri consumi e prelevando nelle ore di buio o di scarsa insolazione l'energia necessaria ai propri consumi;
- **il gestore di rete locale competente per territorio effettua a fine anno il conguaglio tra energia immessa e prelevata**, addebitando solo la quota dei consumi in eccesso rispetto alla produzione o, in caso contrario, attribuendo un credito di energia per gli anni successivi, che può essere utilizzato al massimo entro tre anni;
- sono superati **tutti gli adempimenti legati all'accesso e all'utilizzo della rete elettrica** e quelli fiscali legati al valore economico dell'energia scambiata;
- **lo scambio sul posto è alternativo alla vendita di energia elettrica: pertanto, nell'ambito dello scambio, l'energia immessa in rete non può essere venduta;**
- è possibile avvalersi dello scambio sul posto solo se il **punto di immissione e di prelievo dell'energia elettrica coincidono**.



Calcolo dimensionamento impianto fotovoltaico

Calcolo di dimensionamento impianto fotovoltaico

	Unità di misura	Riferimento	Formula	
Dati di progetto				
Località				Frosinone
Consumo energetico annuo	kWh/anno		A	10.000
Inclinazione pannelli	Gradi			30
Orientamento pannelli				SUD



Esempio di calcolo

I dati di progetto considerati sono i seguenti:

- Località: **Frosinone**
- consumo energetico annuo: **10.000 kWh/anno di energia elettrica**
- inclinazione pannelli: **30°**
- orientamento pannelli: **SUD**

Ipotesizzando di voler garantire una **integrazione solare pari al 60% del consumo** energetico, con l'insolazione disponibile nella località considerata è necessario installare una superficie captante di 75 m².

Tale superficie può essere coperta utilizzando, ad esempio, 86 moduli fotovoltaici da 0,87 m² ciascuno (esigenze geometriche in funzione dello spazio disponibile possono richiedere un arrotondamento del numero dei moduli, arrotondamento che è meglio sia in eccesso).

L'impianto così dimensionato fornirà una potenza di picco di 9,90



Energia incidente e rendimenti

Energia elettrica fornita per unità di superficie

Energia solare incidente orizzontale	kWh/m ² anno	vedi tabella	B	1.380
Coefficiente correttivo		vedi tabella	C	1,13
Energia solare incidente utile	kWh/m ² anno		D = B x C	1.559
Efficienza pannelli			E	12%
Efficienza impianto			F	80%
Efficienza complessiva			G = E x F	9,60%



Tabella esempio dati climatici

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giù	Lug	Ago	Sett	Ott	Nov	Dic	Tot.
Bergamo	36,2	53,7	97,3	130	164,5	171,7	192,9	161,9	116,7	78,4	39,2	33,6	1.276
Brescia	39,6	60,7	106,8	134,2	175,7	187,5	210,1	173,9	122,5	79,2	44,2	37	1.371
Como	39,6	52,9	95,6	130	155,9	170,8	190,3	155	109,2	77,5	40,8	34,4	1.252
Cremona	33,6	52,9	99	140	176,5	198,3	215,3	173,9	119,2	72,3	37,5	28,4	1.347
Lecco	40,5	54,4	98,2	131,7	158,4	172,5	190,3	156,7	111,7	78,4	42,5	35,3	1.271
Lodi	31,9	51,3	97,3	136,7	172,2	191,7	211	168,8	115	70,6	36,7	27,6	1.311
Mantova	32,7	51,3	95,6	135	172,2	195,8	212,7	170,5	115	69,8	36,7	28,4	1.316
Milano	32,7	52,1	99,9	137,5	172,2	185	206,7	167,1	116,7	72,3	36,7	28,4	1.307
Pavia	31,9	50,6	95,6	135,8	173,1	197,5	213,6	171,4	114,2	68,9	35,8	27,6	1.316
Sondrio	47,4	69,2	122,3	148,3	184,3	188,3	192,9	173,1	132,5	87	55,8	40,5	1.442
Varese	43,1	56,8	98,2	128,3	164,5	170,8	189,4	156,7	114,2	77,5	46,7	40,5	1.287

Radiazione solare media mensile e radiazione solare annua sul piano orizzontale per i capoluoghi di provincia della Regione Lombardia (kWh/m²)
(Fonte: elaborazione dati UNI 10349).



Tabella fattori di compensazione

Orientamento (gradi)	Inclinazione				
	(gradi)				
	20	30	45	60	90
0 (Sud)	1,11	1,13	1,11	1,03	0,75
± 15	1,1	1,12	1,11	1,03	0,76
± 30	1,09	1,11	1,1	1,03	0,78
± 45	1,07	1,09	1,08	1,02	0,79
± 60	1,05	1,06	1,04	0,99	0,78
± 90 (Est-Ovest)	0,99	0,97	0,94	0,88	0,7



Rendimento principali tipologie di pannelli in commercio

Eterogiunzione					16%
Monocristallino					14%
Policristallino					13%
Microsferico					10%
Amorfo					6%

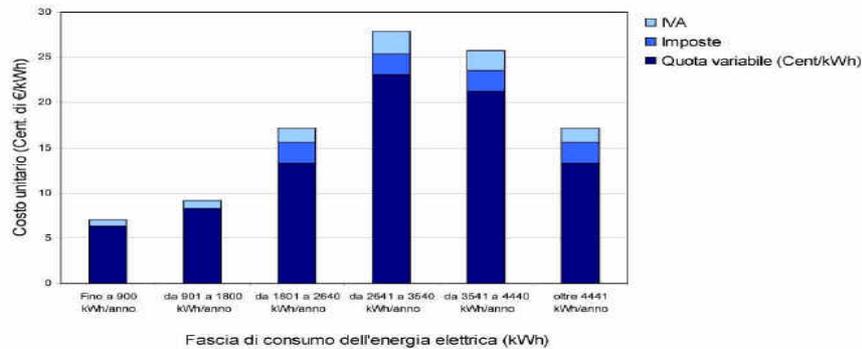


Dimensionamento impianto

Dimensionamento impianto fotovoltaico				
Superficie impianto fotovoltaico	m^2		$L = A \times I / H$	75,06896552
Superficie unitaria modulo fotovoltaico	m^2	da produttore	M	0,9
Massima potenza nominale modulo	W_p	da produttore	N	145
Numero di moduli necessari	n	Da approssimare al numero intero più vicino	$O = L / M$	85,96551724
Potenza di picco	kW_p		$P = O \times N$	10



Costi energia elettrica utenze domestiche



Valori medi delle tariffe di fornitura dell'energia elettrica in bassa tensione per usi domestici residenti con potenza impegnata fino a 3 kW per le differenti fasce di consumo (Fonte: dati Enel 2001).



Conto economico

Conto economico				
Percentuale di contributo richiesta		(max 20% per accedere al conto energia)	S	20%
Contributo ammissibile	€		$T=R \times S$	13.000,00
Importo a carico del richiedente	€		$U=R-T$	52.000,00
Costo energia elettrica	€/kWh		V	0,16
Risparmio primo anno annuo	€		$Z=(H \times O \times M \times V)$	1996,032
Contributo statale conto energia	€	(vedi tabella)		0,39
Contributo totale statale annuo	€			4865,328
Tariffa per energia venduta (produttori)			J	0,09
Ricavi da vendita energia			$W=E36 \times E15$	1122,768
Manutenzione ammortamento annuale per sostituzione inverter (stima)			K	565,2173913



Manutenzione impianto

- Pulizia pannelli
- Sostituzione inverter
- Manutenzioni parti elettriche

Per tutte queste voci si stima un costo annuo pari a circa lo 0,8% del costo totale dell'impianto



Payback impianto

Ipotizzando i seguenti valori:

- costo dell'impianto (IVA esclusa): 67.250,00 €
- costo dell'energia: 0,16 €/kWh

$\text{PAYBACK (ANNI)} = \frac{\text{Costi installazione}}{\text{ricavi annui} - \text{costi annui}}$

Il periodo di ammortamento dell'impianto con il calcolo del payback semplice è di circa 11 anni .



Confronto tra Payback

Taglia di potenza dell'impianto	Non integrato (€/kWh)	Parzialmente integrato (€/kWh)	Integrato (€/kWh)
1 kW P 3 kW	0,40	0,44	0,49
3 kW < P 20 kW	0,38	0,42	0,46
P > 20 kW	0,36	0,40	0,44

<i>Pay-back conto energia</i>	<i>anni</i>	9,473340562
<i>Pay-back autoprodu</i>	<i>anni</i>	10,85486939



Parte normativa

NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

- **DPR 547/55** Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro
- **Legge 46/90** Norme per la sicurezza degli impianti
- **DPR 447/91** Regolamento di attuazione della Legge 5 marzo 1990, n. 46, in materia di sicurezza degli impianti
- **D.Lgs 626/94** Attuazione delle direttive CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro
- **CEI 64-8** Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore ai 1000 V in corrente alternata a 1500 V in corrente continua
- **CEI 81-1** Protezione delle strutture contro i fulmini
- **CEI EN 60099-1-2** Scaricatori
- **CEI EN 61215** Moduli fotovoltaici in silicio cristallino per applicazioni terrestri. Qualifica del progetto e omologazione tipo.



COMPUTO METRICO

Computo generale
componenti

Voce	Quantità
Moduli fotovoltaici	60
Convertitori statici	3
Cassetta di terra	3

Moduli fotovoltaici
tipo:
SOLARFUN - SF160-24
165W

Caratteristiche meccaniche	u.m.	Valori
Dimensioni modulo	m	1,58 x 0,808
Peso	kg	15
Potenza di picco	W	165
Tensione alla max potenza	V	35,8
Corrente alla max potenza	A	4,61
Tensione a circuito aperto	V	44,0
Corrente di corto circuito	A	5,1
Classe di isolamento		classe II
Certificazioni		TUV IEC 61215



Fonte dati GSE

GRAZIE A TUTTI

