

# Performance Ratio

Fattore di qualità per l'impianto fotovoltaico



## Contenuto

Il Performance Ratio è uno dei principali parametri per misurare l'efficienza di un impianto fotovoltaico.

In concreto il Performance Ratio definisce il rapporto tra il rendimento energetico effettivo e il possibile rendimento teorico. Esso non dipende dall'orientamento dell'impianto e dall'irraggiamento cui esso è soggetto. Per questo motivo, grazie al Performance Ratio, è possibile paragonare impianti fotovoltaici collegati a rete ubicati in diverse parti del mondo.

Il presente documento fornisce informazioni su cosa è il Performance Ratio e sulla sua funzione. Inoltre scoprirete come potete calcolare il Performance Ratio del vostro impianto fotovoltaico e quali fattori lo influenzano.

## 1 Cosa è il Performance Ratio?

---

Il Performance Ratio (dall'ingl.: performance = rendimento, risultato e ratio = rapporto, quota) è un parametro concernente la qualità di un impianto fotovoltaico, indipendente dalla sua ubicazione, che viene pertanto spesso definito come fattore di qualità. Il Performance Ratio (PR) viene espresso in percentuale e definisce il rapporto derivante dal rendimento effettivo e il rendimento teorico dell'impianto fotovoltaico. Indica quindi la percentuale di energia realmente disponibile per l'immissione in rete una volta dedotte le perdite energetiche (per es. riconducibili a perdite termiche e di potenza) e l'autoconsumo dell'apparecchio.

Più il valore PR rilevato per l'impianto fotovoltaico è vicino al 100%, più efficace sarà il funzionamento dell'impianto stesso. Tuttavia un valore del 100% non sarà mai realmente raggiunto poiché nel funzionamento dell'impianto fotovoltaico ci sono sempre delle perdite inevitabili (per es. perdite termiche dovute al riscaldamento dei moduli fotovoltaici). Impianti fotovoltaici molto efficienti possono comunque raggiungere un Performance Ratio dell'80%.

## 2 Quale funzione ha il Performance Ratio?

---

Il Performance Ratio vi fornisce informazioni sull'efficienza energetica e sull'affidabilità del vostro impianto fotovoltaico.

Grazie a esso potete paragonare il rendimento del vostro impianto fotovoltaico a quello di altri impianti dello stesso tipo, oppure controllarne lo stato in un periodo di tempo prolungato.

Rilevare regolarmente il Performance Ratio, a scadenze prestabilite, non consente tuttavia un confronto assoluto, ma rende possibile un controllo del funzionamento e del rendimento: se al momento della messa in funzione di un impianto fotovoltaico si presuppone che in quel momento funzioni perfettamente, con un valore in uscita di Performance Ratio pari al 100%, tramite il rilevamento di altri valori PR nel corso del tempo è possibile riconoscere anomalie adottando tempestivamente i provvedimenti necessari. Le divergenze del valore PR sotto forma di valori inferiori alla norma vi segnalano quindi con anticipo una possibile avaria del vostro impianto fotovoltaico.

I fattori che possono portare a una divergenza del valore PR sono descritti nel capitolo 4 "Quali fattori influenzano il Performance Ratio?" (Pagina 7).

### 3 Come viene calcolato il Performance Ratio?

Per calcolare il Performance Ratio del vostro impianto fotovoltaico sono necessarie diverse variabili. Da un lato avete bisogno dei valori di irraggiamento solare riferiti al sito del vostro impianto fotovoltaico. Questi valori possono essere rilevati con un apparecchio di misurazione (per es. Sunny SensorBox) in grado di misurare la quantità di energia irradiata che giunge al vostro impianto fotovoltaico. Inoltre vi servono le dimensioni della superficie dei moduli del vostro impianto fotovoltaico e il loro grado di rendimento. Il grado di rendimento dei moduli è indicato nella scheda tecnica del modulo fotovoltaico.

Potete eseguire il calcolo del Performance Ratio personalmente (vedi pagina 3) oppure farlo fare automaticamente (vedi pagina 6).

#### Requisiti per il calcolo

Se utilizzate per il vostro impianto fotovoltaico un apparecchio di misurazione (per es. Sunny SensorBox) che misura l'irraggiamento solare diretto, i moduli fotovoltaici e l'apparecchio di misurazione devono avere il medesimo orientamento affinché possiate calcolare il valore PR corretto. Dovete quindi accertarvi che i moduli fotovoltaici e l'apparecchio di misurazione siano esposti al medesimo irraggiamento solare e alle medesime temperature.

#### Periodo di osservazione

Il periodo di osservazione ideale per il calcolo del Performance Ratio è di 1 anno. Tuttavia potete scegliere anche intervalli di tempo più brevi, per esempio se volete paragonare il vostro impianto fotovoltaico direttamente ad altri impianti. Dovete comunque scegliere un periodo di osservazione di almeno 1 mese per essere certi che le condizioni ambientali quali sole basso all'orizzonte, basse temperature e ombreggiamenti dei moduli fotovoltaici e/o dell'apparecchio di misurazione non influiscano troppo sul calcolo.

#### 3.1 Calcolo manuale

Se volete calcolare personalmente il Performance Ratio, potete utilizzare la seguente formula semplificata:

<b>Formula per il calcolo manuale del Performance Ratio</b>	
PR =	$\frac{\text{Rendimento effettivamente rilevato dell'impianto in kWh all'anno}}{\text{Rendimento nominale calcolato dell'impianto in kWh all'anno}}$

Il rendimento effettivo dell'impianto in kWh viene rilevato alla fine dell'anno da un contatore di immissione.

Il rendimento nominale dell'impianto calcolato nell'anno si compone come segue:

<b>Formula per il calcolo del rendimento nominale dell'impianto</b>
$\text{Irraggiamento annuo sulla superficie del generatore fotovoltaico} \times \text{efficienza del modulo dell'impianto fotovoltaico}$

Il valore dell'irraggiamento riscontrato dall'apparecchio di misurazione viene rilevato sulla superficie del modulo e di preferenza sull'arco di un intero anno. Per rilevare questo valore di irraggiamento è necessario calcolare il valore medio dell'irraggiamento solare per il periodo di osservazione derivante dai valori registrati dall'apparecchio di misurazione (per es. Sunny SensorBox). Il valore di irraggiamento per  $m^2$  rilevato in questo modo dovrà essere estrapolato per l'intera superficie dei moduli dell'impianto fotovoltaico (= superficie del generatore). Il grado di rendimento dei moduli è indicato nella scheda tecnica del modulo stesso.

### **Esempio: calcolo del Performance Ratio per un periodo di osservazione di 1 anno**

Questo esempio illustra il calcolo manuale del Performance Ratio con i dati del Sunny SensorBox e del Sunny WebBox. Il calcolo manuale deve essere interpretato come alternativa. SMA Solar Technology AG offre il calcolo automatico del Performance Ratio nel Sunny Portal (vedi pagina 6). Come registrare il proprio impianto fotovoltaico nel Sunny Portal è descritto nelle istruzioni per l'uso del Sunny WebBox.

Se si desidera tuttavia calcolare manualmente il Performance Ratio, occorre procedere come segue.

Per il calcolo manuale vi servono le seguenti informazioni:

- Periodo di osservazione

Prestabilite il periodo di osservazione. Il periodo di osservazione ideale è di 1 anno.

- Superficie del generatore dell'impianto fotovoltaico

La superficie del generatore del vostro impianto fotovoltaico è nota.

- Grado di rendimento dei moduli fotovoltaici

Il grado di rendimento dei moduli è indicato nella scheda tecnica del modulo stesso.

- Rendimento effettivo rilevato dell'impianto

Questo valore è rilevato alla fine dell'anno dal vostro contatore di immissione.

- Rendimento nominale calcolato dell'impianto

Per rilevare questo valore è necessaria la formula per il calcolo del rendimento nominale dell'impianto (vedi pagina 3).

- Irraggiamento solare misurato durante il periodo di osservazione

Per rilevare questo valore sono necessari i valori di irraggiamento trasmessi dal Sunny SensorBox al Sunny WebBox.

Il Sunny WebBox richiama regolarmente i singoli valori misurati dal SensorBox. Da questi singoli valori il Sunny WebBox calcola il valore medio giornaliero. Per rilevare il valore complessivo dell'irraggiamento solare nel periodo di osservazione, dovete estrapolare il valore medio giornaliero dell'irraggiamento solare. A tal fine procedete come segue:

A seconda delle impostazioni dell'interfaccia utente, il Sunny WebBox registra i valori medi giornalieri dell'irraggiamento solare sul vostro impianto fotovoltaico in intervalli di 5, 10 o 15 minuti. Il Sunny WebBox registra i valori medi giornalieri di ogni mese insieme agli altri valori medi del vostro impianto fotovoltaico nella corrispondente cartella come file .csv o .xml.

Per calcolare dai valori giornalieri medi registrati il valore di irraggiamento di 1 anno, ad es., dovete dapprima calcolare i valori medi mensili. A questi sommate i valori medi giornalieri di un mese. Il valore totale così rilevato dovrà essere diviso per il numero dei giorni del mese per ottenere il valore medio mensile. In questo modo, nel corso dell'anno potete calcolare i valori medi di tutti i 12 mesi. Per calcolare il valore medio annuo dovete sommare i 12 valori medi mensili e quindi dividere il totale per il numero dei mesi, quindi 12. Estrapolate il valore medio così rilevato per la superficie del vostro generatore fotovoltaico. In questo modo otterrete il rendimento nominale dell'impianto per il periodo di osservazione di 1 anno, che potrete applicare insieme ai valori già noti nella formula di calcolo del Performance Ratio.

**Qui di seguito riportiamo i requisiti e i valori concreti relativi al presente esempio:**

- Periodo di osservazione: 1 anno
- Irraggiamento solare medio misurato in 1 anno: 120 kWh/m<sup>2</sup>
- Superficie del generatore fotovoltaico: 10 m<sup>2</sup>
- Grado di rendimento dei moduli fotovoltaici: 15%
- Rendimento dell'impianto effettivamente immesso in rete: 110 kWh

I valori di irraggiamento misurati sul sito danno, per il periodo di osservazione completo, un irraggiamento solare medio di 120 kWh/m<sup>2</sup>. Questo valore di irraggiamento viene estrapolato per la superficie dei moduli dell'impianto fotovoltaico come segue:

Valore di irraggiamento in kWh/m<sup>2</sup> x superficie dell'impianto in m<sup>2</sup> = 120 kWh/m<sup>2</sup> x 10 m<sup>2</sup> = 1.200 kWh

Per calcolare infine il rendimento nominale dell'impianto, il valore di irraggiamento rilevato dell'impianto viene moltiplicato per il grado di rendimento dei moduli:

1.200 kWh x 15% = 1.200 kWh x 0,15 = 180 kWh

Per il periodo di osservazione scelto si ottiene quindi un possibile rendimento nominale dell'impianto di 1.200 kWh. Questo probabile rendimento nominale dell'impianto corrisponde a un Performance Ratio del 100%.

Il valore rilevato per il rendimento dell'impianto effettivamente immesso in rete è tuttavia di soli 110 kWh. Utilizzando questo valore e il rendimento nominale calcolato dell'impianto nella formula per il calcolo del Performance Ratio si ottiene:

$$PR = \frac{110 \text{ kWh}}{180 \text{ kWh}} = \text{ca. } 0,61 = \text{ca. } 61\%$$

Il valore PR è di ca. il 61%. Ciò significa che ca. il 39% dell'energia irradiata durante il periodo di osservazione non è stato trasformato a causa di circostanze quali perdite di corrente, perdite termiche o difetti dei componenti. In questo caso, il Performance Ratio funge da indicatore e può offrire l'occasione per un controllo più preciso dell'impianto fotovoltaico al fine di eliminare ad es. la sporcizia dai moduli fotovoltaici o di sostituire, o riparare, i componenti difettosi.

## 3.2 Calcolo automatico

Potete calcolare anche automaticamente il Performance Ratio trasmettendo i dati corrispondenti del vostro impianto al Sunny Portal. Nel Sunny Portal potete inoltre visualizzare chiaramente il Performance Ratio sotto forma di diagrammi.

Come calcolare automaticamente il Performance Ratio e visualizzare i valori PR sotto forma di diagrammi è descritto nelle Istruzioni per l'uso del Sunny Portal al sito [www.SunnyPortal.com](http://www.SunnyPortal.com).

### **Requisiti per il calcolo automatico nel Sunny Portal**

Per calcolare automaticamente il Performance Ratio nel Sunny Portal devono essere soddisfatti i seguenti requisiti:

- Avere un Sunny WebBox che trasmette i dati necessari al Sunny Portal.
- Avere un Sunny SensorBox collegato al proprio Sunny WebBox.
- Utilizzare i sensori di irraggiamento del Sunny SensorBox.
- Il Sunny SensorBox misura ogni ora nel sito del vostro impianto fotovoltaico un irraggiamento minimo di  $60 \text{ W/m}^2$ .

Come registrarsi nel Sunny Portal tramite il Sunny WebBox è descritto nelle istruzioni per l'uso del Sunny WebBox.

## 4 Quali fattori influenzano il Performance Ratio?

---

Il Performance Ratio è un mero parametro di definizione che, per effetto di determinati fattori, potrebbe addirittura presentare valori superiori al 100%. Il motivo di ciò risiede nel fatto che per il calcolo del Performance Ratio si utilizzano caratteristiche di potenza dei moduli fotovoltaici che sono state rilevate in condizioni standard di test (irraggiamento di 1.000 W/m<sup>2</sup> e temperatura del modulo di 25°C). Condizioni divergenti nel funzionamento reale influenzano quindi il Performance Ratio.

I seguenti fattori possono influenzare il valore PR:

- Fattori ambientali
  - Temperatura dei moduli fotovoltaici
  - Irraggiamento solare e dissipazione
  - Ombreggiamento o sporcizia dell'apparecchio di misurazione (per es. Sunny SensorBox)
  - Ombreggiamento o sporcizia sui moduli fotovoltaici
- Altri fattori
  - Periodo di rilevazione
  - Perdite di conduzione
  - Grado di rendimento dei moduli fotovoltaici
  - Grado di rendimento dell'inverter
  - Differenza di tecnologia delle celle solari tra apparecchio di misurazione (per es. Sunny SensorBox) e moduli fotovoltaici
  - Orientamento dell'apparecchio di misurazione (per es. Sunny SensorBox)

### 4.1 Fattori ambientali

#### **Temperatura dei moduli fotovoltaici**

Prestazione ed efficienza di una cella solare dipendono tra l'altro dalla temperatura del modulo fotovoltaico. Alle basse temperature un modulo fotovoltaico è particolarmente efficiente. Ad esempio il modulo fotovoltaico in inverno con cielo coperto è freddo. Se con queste condizioni meteorologiche le radiazioni solari giungono sul modulo fotovoltaico freddo, quest'ultimo funziona in modo molto efficace. Ciò può produrre in breve tempo un valore di PR elevato. Dopo un certo periodo il modulo fotovoltaico si riscalda e la sua efficacia diminuisce nuovamente.

### **Irraggiamento solare e dissipazione**

Alla mattina, di sera e soprattutto in inverno, quando il sole è basso all'orizzonte, il valore dell'irraggiamento solare si avvicina al valore di dissipazione (= differenza tra la potenza assorbita e la potenza rilasciata) in modo più marcato rispetto alle altre ore della giornata e stagioni. Per questo motivo, i calcoli effettuati in questi periodi presentano un valore PR più basso del solito.

### **Ombreggiamento o imbrattamento dell'apparecchio di misurazione (per es. Sunny SensorBox)**

A seconda del luogo di esposizione, piante o edifici possono gettare ombra sull'apparecchio di misurazione del vostro impianto fotovoltaico (per es. Sunny SensorBox) e quindi portare a un temporaneo o addirittura costante ombreggiamento dell'apparecchio di misurazione. In particolare quando il sole è basso all'orizzonte, anche le parti dell'impianto fotovoltaico possono gettare ombra sull'apparecchio di misurazione.

L'ombreggiamento parziale o totale dell'apparecchio di misurazione può portare a valori PR superiori al 100%. Inoltre, fattori ambientali quali la neve, la polvere o i pollini possono sporcare l'apparecchio di misurazione del vostro impianto fotovoltaico e quindi produrre valori PR superiori al 100%.

### **Ombreggiamento o sporcizia sui moduli fotovoltaici**

A seconda del luogo di esposizione, piante o edifici possono gettare ombra sui vostri moduli fotovoltaici e quindi portare a un temporaneo o addirittura costante ombreggiamento dei medesimi. Anche la sporcizia dovuta a polvere, pollini, neve ecc. determina un ombreggiamento dei moduli fotovoltaici. Questo ombreggiamento fa sì che i moduli fotovoltaici assorbano un minore irraggiamento solare. In questo modo diminuisce l'efficacia dei moduli fotovoltaici e quindi anche il valore di PR dell'impianto.

## 4.2 Altri fattori

### **Periodo di rilevazione**

Se il periodo di rilevazione è troppo breve (cioè inferiore a 1 mese), non sono disponibili dati di misurazione sufficienti per il calcolo del Performance Ratio. In questo caso il sole basso all'orizzonte, temperature basse o elevate e gli ombreggiamenti influenzano in larga misura il risultato del calcolo poiché questi valori sono registrati in modo incompleto.

### **Perdite di conduzione**

Nella trasmissione dell'energia dall'inverter al contatore di immissione del gestore della rete insorgono perdite di conduzione dovute al tipo e al materiale dei cavi utilizzati. Queste perdite di conduzione possono ridurre il valore PR.

### **Grado di rendimento dei moduli fotovoltaici**

Il grado di rendimento dei moduli fotovoltaici influisce sensibilmente sul Performance Ratio del vostro impianto fotovoltaico. Maggiore è il grado di rendimento del modulo fotovoltaico e maggiore sarà il valore PR (con corrispondenti condizioni generali come l'elevato irraggiamento solare del sito ecc.).

### **Grado di rendimento dell'inverter**

Se l'inverter installato nel vostro impianto fotovoltaico ha un elevato grado di rendimento è possibile che si ottengano valori PR troppo alti. Gli inverter SMA con grado di rendimento oltre il 90% consentono addirittura valori PR superiori all'80%.

### **Differenza di tecnologia delle celle solari tra apparecchio di misurazione (per es. Sunny SensorBox) e moduli fotovoltaici**

Esistono diversi tipi di celle solari per moduli fotovoltaici. Solitamente vengono impiegati i seguenti tre tipi di celle solari: in silicio monocristallino, in silicio policristallino e celle a film sottile. Se l'apparecchio di misurazione integrato nel vostro impianto fotovoltaico (per es. Sunny SensorBox) utilizza una tecnologia delle celle solari diversa da quella dei vostri moduli fotovoltaici, nel calcolo del Performance Ratio è possibile riscontrare delle differenze.

### **Degradazione delle cellule solari**

La degradazione delle cellule solari riconducibile all'età porta negli anni a un valore PR più basso. Le celle solari monocristalline e policristalline invecchiano fino al 20% in 20 anni.

### **Orientamento dell'apparecchio di misurazione (per es. Sunny SensorBox)**

Se un apparecchio di misurazione (per es. Sunny SensorBox) fa parte del vostro impianto fotovoltaico e non è orientato come lo sono i moduli fotovoltaici del vostro impianto, è possibile ottenere valori PR superiori al 100% riconducibili al diverso irraggiamento solare.