



**CONTENUTO: ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI** [www.isesitalia.it](http://www.isesitalia.it)

## FOTOVOLTAICO

L'energia termosolare è l'energia termica derivante dall'irraggiamento solare. Essa può essere "catturata" in molti modi e utilizzata per le varie necessità energetiche.

Un impianto fotovoltaico ad esempio trasforma l'energia solare in energia elettrica.

Questa energia può essere utilizzata in due modi:

- può essere accumulata in batterie per renderla sempre disponibile (si hanno, così, impianti solari autonomi, solitamente realizzati per alimentare carichi elettrici distanti dalla rete),
- può essere immediatamente utilizzata dall'utenza o distribuita in rete, senza l'adozione di batterie.

### VANTAGGI

Il grande vantaggio del sistema fotovoltaico è la possibilità di essere connesso alla rete elettrica locale in regime di "interscambio": cioè l'impianto fotovoltaico produce energia elettrica, noi consumiamo quella che ci serve e il resto la vendiamo alla rete locale.

Quando il nostro impianto produce meno energia di quella che ci serve, compriamo il resto dalla rete locale.

In questo modo paghiamo solo l'energia che non abbiamo autoprodotta e l'energia in eccesso ceduta permette di avere un credito sui consumi futuri con un notevole risparmio economico sulla bolletta!

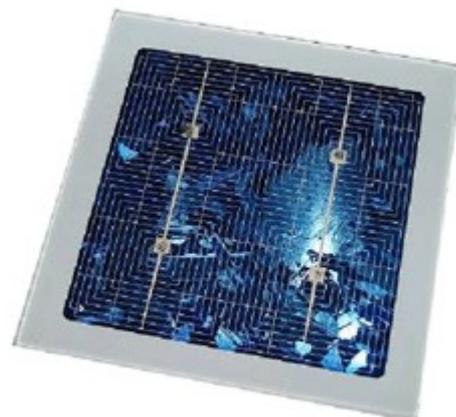
### Quadro generale della tecnologia e degli impianti

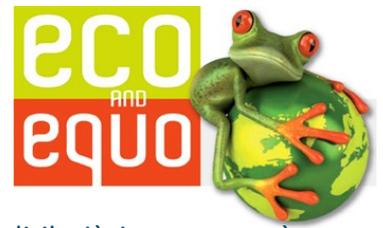
**Un po' di storia.** Sviluppata alla fine degli anni 50 nell'ambito dei programmi spaziali, per i quali occorreva disporre di una fonte energetica affidabile ed illimitata, la tecnologia fotovoltaica è, ad oggi, il simbolo delle fonti rinnovabili, grazie alla sua crescente diffusione agevolata anche dagli incentivi statali.

**La tecnologia.** Il funzionamento di un dispositivo fotovoltaico è basato sulla proprietà di alcuni materiali semiconduttori, in particolar modo il silicio, che, sottoposti ad un particolare trattamento denominato drogaggio, sono in grado di convertire l'energia solare in energia elettrica sotto forma di corrente continua, senza necessità di organi meccanici in movimento.

Il componente base di un impianto fv è la **cella**, composta in silicio (sono però in corso numerosi studi riguardanti nuovi materiali) di diversi tipi: monocristallino, più pregiato e a più elevato rendimento, policristallino, composto da scaglie di silicio agglomerate, quindi meno performante, e amorfo, caratterizzato dalla deposizione di un sottilissimo strato di silicio su supporto flessibile.

L'unione in serie di più celle costituisce il cosiddetto modulo fotovoltaico, che, collegato a sua volta in serie ad altri elementi compone la stringa. Il collegamento in parallelo di più stringhe definisce infine il generatore fotovoltaico.





Ogni modulo fotovoltaico è caratterizzato da precisi dati di targa, tra i quali il più importante è sicuramente la potenza di picco  $W_p$ , definita come potenza producibile dal modulo in condizioni standard, ovvero con temperatura  $T=25^{\circ}\text{C}$  e irraggiamento  $I=1000\text{W/m}^2$ .  $W_p$  è la massima potenza producibile dal modulo, che in realtà produce una quantità di potenza minore, a causa della differenza tra condizioni di funzionamento reale e condizioni standard.

L'energia prodotta dal generatore fotovoltaico viene trasmessa all'utenza (direttamente o tramite interfaccia con la rete nazionale) tramite dei dispositivi atti a renderla fruibile. Il componente più importante di questo gruppo di dispositivi è l'inverter, il quale trasforma la corrente continua in corrente alternata.

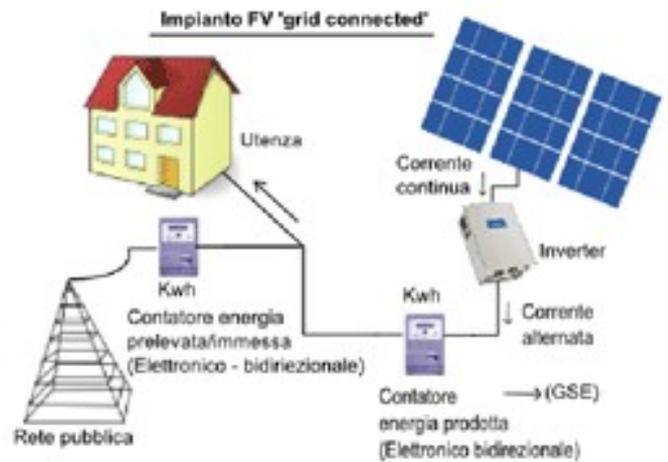
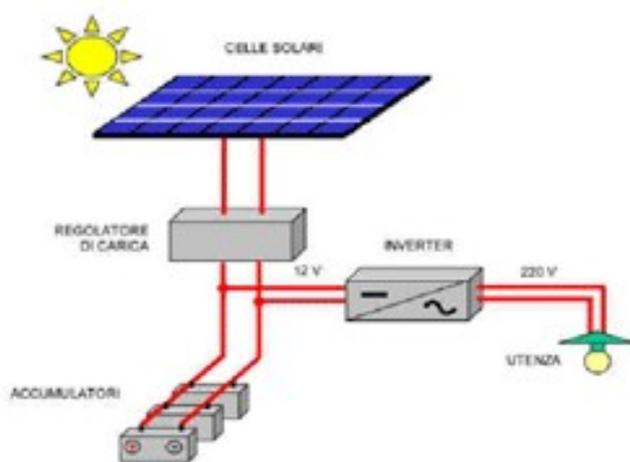
La presenza di questi dispositivi incide, anche se in parte abbastanza limitata, nel rendimento dell'intero sistema, tanto che si parla del rendimento di BOS (Balance of System).

### Le applicazioni

I sistemi fotovoltaici sono caratterizzati da una fonte modularità e, grazie alla costante innovazione dei prodotti, ad una estrema vastità di impieghi.

In generale, gli impianti si classificano in base alla loro configurazione elettrica che prevede:

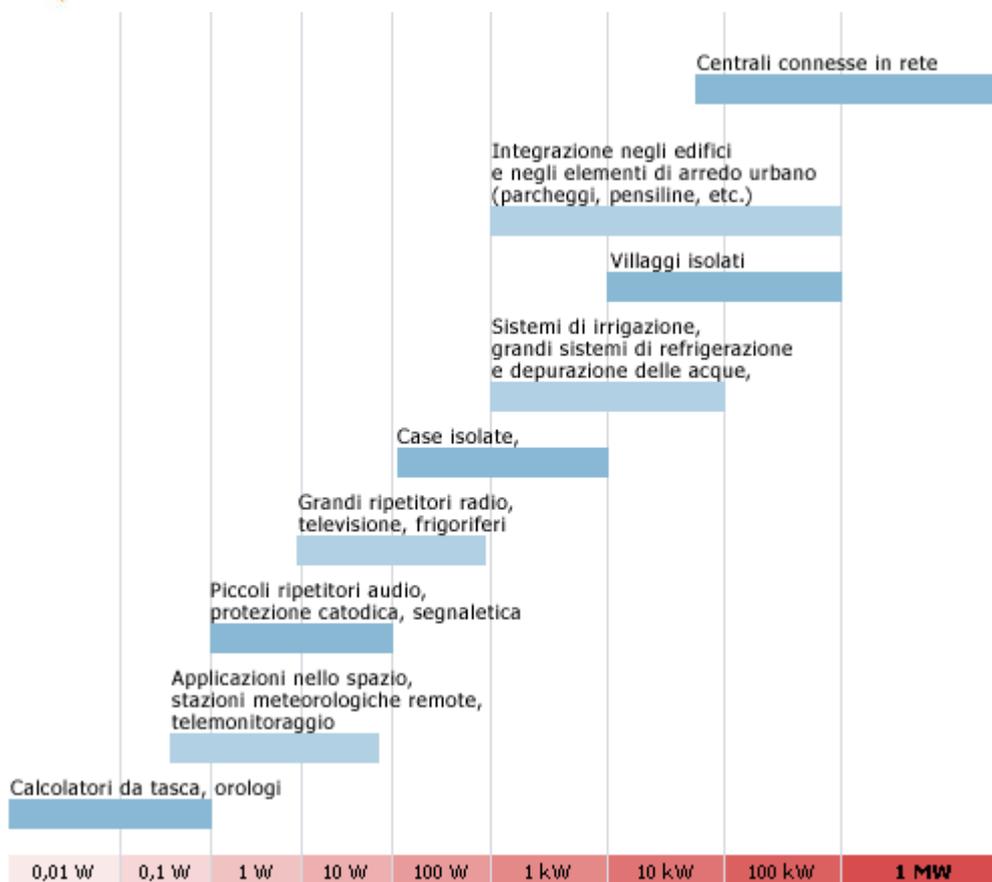
- impianti "stand alone" (anche detti off grid), cioè impianti autonomi, non collegati alla rete elettrica nazionale
- impianti grid connected, connessi alla rete elettrica



I primi, in realtà non molto diffusi, sono utilizzati prevalentemente per utenze isolate, come ad esempio case di montagna, difficilmente raggiungibili dalla rete nazionale

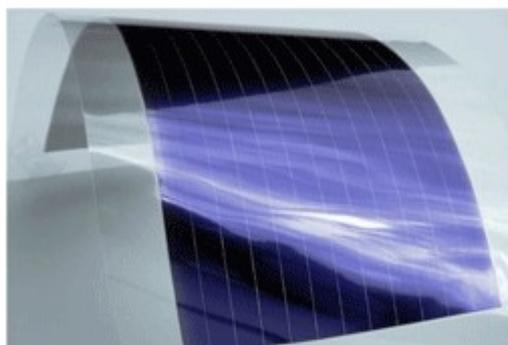
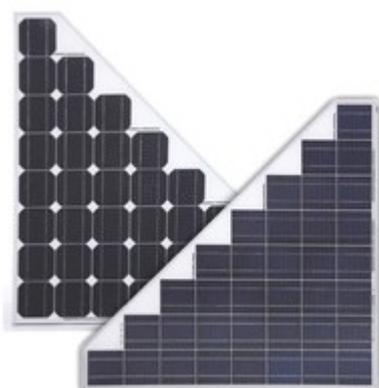
I secondi si dividono in: impianti di potenza (A); sistemi integrati negli edifici (B).





## I prodotti

La modularità e versatilità dei sistemi fotovoltaici è garantita dalla costante innovazione perseguita dalle aziende che, oltre a proporre i classici moduli fotovoltaici di forma rettangolare, realizzano sempre più spesso moduli “su misura”, adatti quindi ad essere posizionati su ogni superficie. Inoltre, la possibilità di realizzare moduli in silicio amorfo apre la strada a realizzazioni integrate di ogni genere, come facciate, pensiline etc.



L'integrazione strutturale promossa dal Conto Energia ha portato inoltre alla concezione della tegola fotovoltaica, soluzione promossa anche dagli utenti, che ne capiscono il valore estetico oltre che funzionale.



Oltre alle più o meno classiche realizzazioni in silicio, necessitano di una menzione tutti gli altri sistemi fotovoltaici che stanno prendendo piede negli ultimi tempi.



“nastro” fotovoltaico in materiale organico

In primis, i moduli multi giunzione, composti da sottilissimi strati di semiconduttori sovrapposti, per cogliere le diverse lunghezze d'onda della radiazione solare. I costi di tali pannelli sono ancora eccessivamente elevati per il mercato, ma i benefici a livello di rendimento sono tali da stimolare una maggiore diffusione con relativo calo dei prezzi.

Altri materiali utilizzati, che potrebbero competere con il silicio per costi e/o rendimenti sono il tellururo di cadmio, l'arsenuro di gallio, nonché materiali organici.

### **Il mercato**

Secondo i dati pubblicati nell'ultimo periodo (rif: giugno 2009) dal Gestore dei servizi elettrici, ad oggi è stata superata la soglia dei 500 megawatt di potenza installata sul territorio nazionale per un totale di circa 40 mila impianti in esercizio che godono degli incentivi erogati in Conto Energia dal Gse.

Risultano essere in gran maggioranza (circa 37 mila) gli impianti di piccola taglia inferiori ai 20 kW, mentre le centrali fotovoltaiche di potenza superiore a 1 MW entrate in esercizio sono solo 8.



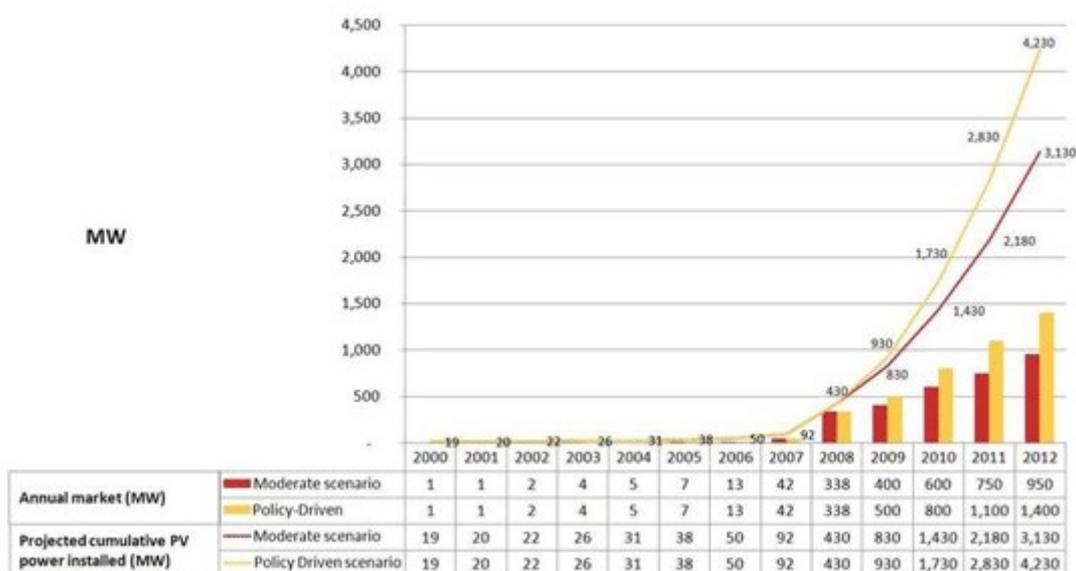


Le regioni più “virtuose” per potenza istallata sono Puglia, Lombardia e Emilia Romagna (potenza installata pari rispettivamente a 64, 58 e 45 MW).

Considerando invece il numero di impianti presenti, la Lombardia spicca con i suoi 6200 impianti, seguita dall'Emilia Romagna con 3995 e dal Veneto con 3723; la Valle d'Aosta ne conta invece appena 45.

Tenuto conto dei ritmi di crescita osservati negli ultimi mesi, viene confermata da parte del GSE la stima che in Italia, alla fine del 2009, risulteranno in esercizio, in totale, circa 900 megawatt per un numero cumulato di impianti stimato in circa 70 mila

Fig 1. Historical PV market development in Italy and EPIA projections until 2013



Fonte: EPIA

### Distribuzione regionale e classi di potenza degli impianti

| REGIONE               | CLASSE 1 :<br>1 kW <= P <= 3 kW |              | CLASSE 2 :<br>3 kW < P <= 20 kW |              | CLASSE 3 :<br>P > 20 kW |              | TOTALE |              |
|-----------------------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|-------------------------|--------------|--------|--------------|
|                       | Numero                          | Potenza (kW) | Numero                          | Potenza (kW) | Numero                  | Potenza (kW) | Numero | Potenza (kW) |
| Valle d'Aosta         | 19                              | 50,7         | 17                              | 175,7        | 1                       | 46           | 37     | 272,3        |
| Piemonte              | 1.340                           | 3.471,6      | 1.114                           | 9.233,8      | 192                     | 19.919       | 2.646  | 32.624,0     |
| Lombardia             | 2.716                           | 6.975,7      | 2.134                           | 17.528,6     | 288                     | 24.798       | 5.138  | 49.302,0     |
| Trentino Alto Adige   | 650                             | 1.754,1      | 782                             | 7.516,0      | 244                     | 21.985       | 1.676  | 31.254,9     |
| Veneto                | 1.551                           | 4.023,4      | 1.341                           | 10.335,0     | 150                     | 13.736       | 3.042  | 28.094,0     |
| Friuli Venezia Giulia | 739                             | 1.984,6      | 896                             | 6.013,1      | 43                      | 4.391        | 1.678  | 12.388,7     |
| Liguria               | 273                             | 656,4        | 149                             | 1.040,3      | 18                      | 2.043        | 440    | 3.739,3      |
| Emilia Romagna        | 1.785                           | 4.577,3      | 1.288                           | 10.600,2     | 335                     | 24.564       | 3.408  | 39.741,3     |
| Toscana               | 1.151                           | 2.997,5      | 969                             | 8.435,4      | 119                     | 17.165       | 2.239  | 28.507,8     |
| Marche                | 676                             | 1.731,8      | 538                             | 4.540,6      | 148                     | 17.572       | 1.362  | 23.844,0     |
| Umbria                | 274                             | 732,0        | 381                             | 3.496,5      | 133                     | 14.185       | 788    | 18.414,0     |
| Lazio                 | 896                             | 2.318,2      | 856                             | 6.937,2      | 116                     | 13.218       | 1.868  | 22.473,0     |
| Abruzzo               | 223                             | 564,5        | 312                             | 2.514,3      | 68                      | 5.886        | 603    | 8.965,2      |
| Molise                | 34                              | 91,6         | 48                              | 446,4        | 8                       | 561          | 90     | 1.098,7      |
| Campania              | 251                             | 672,7        | 296                             | 2.635,4      | 72                      | 8.336        | 619    | 11.643,9     |
| Basilicata            | 89                              | 247,6        | 149                             | 1.276,4      | 44                      | 3.041        | 282    | 4.564,9      |
| Puglia                | 1.050                           | 2.730,1      | 1.190                           | 9.543,4      | 249                     | 39.416       | 2.489  | 51.689,4     |
| Calabria              | 231                             | 630,8        | 346                             | 2.862,3      | 54                      | 13.488       | 631    | 16.980,8     |
| Sicilia               | 795                             | 2.113,9      | 668                             | 4.772,6      | 83                      | 10.378       | 1.546  | 17.264,8     |
| Sardegna              | 872                             | 2.380,5      | 387                             | 2.688,8      | 34                      | 9.685        | 1.293  | 14.754,0     |
| ITALIA                | 15.615                          | 40.614,9     | 13.861                          | 112.591,9    | 2.399                   | 264.410,2    | 31.875 | 417.617,0    |

La tabella mostra il numero d'impianti fotovoltaici presenti in Italia, distribuiti per regione, con l'indicazione della potenza installata in ciascuna regione, suddivisa in classi di potenza.

Fonte: GSE



## Le potenzialità

La quantità di energia elettrica producibile da un impianto fotovoltaico dipende da diversi fattori, oltre al rendimento dei moduli e del BOS

- superficie dell'impianto, che determina la potenza installata
- posizionamento dei moduli, definito da angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale, ed angolo di orientamento rispetto al sud
- sito di installazione, in base al quale varia la radiazione solare incidente

Per comprendere al meglio l'influenza del sito di installazione e del posizionamento dei moduli si riporta un esempio relativo alla quantità di energia prodotta da un sistema fotovoltaico da 1 kWp, posizionato a Milano, Roma, Trapani

Per facilità, si ragiona per unità di superficie captante (1 m<sup>2</sup>), oppure per unità di potenza installata (1 kWp), con orientamento dei pannelli verso sud, e inclinazione rispetto all'orizzontale pari a 30°. L'efficienza dei moduli è stimata intorno al 13% (dato medio, visto che le celle in silicio monocristallino possono arrivare fino a 18%), e per il BOS il rendimento viene fissato all'85%.

Si riassumono nella tabella seguente i risultati per le 3 città, su un anno di funzionamento.

Quantità di energia elettrica mediamente prodotta, in corrente alternata, da 1 m<sup>2</sup> di moduli

| <b>Tabella.1</b> | Insolazione media annua        | X Efficienza moduli | X Efficienza del BOS | = Elettricità prodotta mediamente in un anno |
|------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------|--|
| MILANO           | 1372.4 kWh/m <sup>2</sup> anno | 13%                 | 85%                  | 145.8 kWh/m <sup>2</sup> anno                |
| ROMA             | 1737.4 kWh/m <sup>2</sup> anno | 13%                 | 85%                  | 184.6 kWh/m <sup>2</sup> anno                |
| TRAPANI          | 1963.7 kWh/m <sup>2</sup> anno | 13%                 | 85%                  | 208.6 kWh/m <sup>2</sup> anno                |

Quantità di energia elettrica mediamente prodotta, in corrente continua, da 1 kWp di moduli

| <b>Tabella.1</b> | Insolazione media annua        | X Efficienza moduli | X superficie occupata da 1 kWp di moduli | = Elettricità prodotta mediamente in un anno in corrente continua |
|------------------|--------------------------------|---------------------|--|---|
| MILANO           | 1372.4 kWh/m <sup>2</sup> anno | 13%                 | 7.7 m <sup>2</sup>                       | 1372.4 kWh/kWp anno   |
| ROMA             | 1737.4 kWh/m <sup>2</sup> anno | 13%                 | 7.7 m <sup>2</sup>                       | 1737.4 kWh/kWp anno   |
| TRAPANI          | 1963.7 kWh/m <sup>2</sup> anno | 13%                 | 7.7 m <sup>2</sup>                       | 1963.7 kWh/kWp anno   |

Quantità di energia elettrica mediamente prodotta, in corrente alternata, da 1 kWp di moduli

| <b>Tabella.1</b> | Elettricità prodotta mediamente in un anno in corrente continua | X efficienza del BOS | = Elettricità prodotta mediamente in un anno in corrente alternata |
|------------------|---|----------------------|--|
| MILANO           | 1372.4 kWh/kWp anno   | 85%                  | 1167 kWh/kWp anno  |
| ROMA             | 1737.4 kWh/kWp anno   | 85%                  | 1477 kWh/kWp anno  |
| TRAPANI          | 1963.7 kWh/kWp anno   | 85%                  | 1669 kWh/kWp anno  |



### Gli incentivi

Gli impianti fotovoltaici beneficiano del cosiddetto conto energia, sistema di incentivazioni promosso dalla comunità europea a favore delle installazioni fotovoltaiche collegate alla rete elettrica. Tali incentivi fanno sì che la tecnologia fotovoltaica rappresenti un investimento sufficientemente competitivo e a costi sostenibili.



### I costi

Il costo di un sistema fotovoltaico può essere scomposto nelle seguenti voci principali:

- costi di investimento (diviso in parti uguali tra costo dei moduli e delle restanti parti del sistema)
- costi di esercizio (o manutenzione)
- altri costi (assicurazioni e tasse)

Il prezzo attuale dei moduli fotovoltaici è di circa 6000-6500 €/kWp, per installazioni di potenza limitata. Per grandi impianti, il costo può essere minore, in virtù dell'effetto scala, e viene comunque influenzato dalla complessità dell'impianto: un'installazione su tetto risulterà più costosa di una terra poiché si dovrà tenere conto di molti più fattori in fase di progettazione e di montaggio. Fonti: foto: [www.edilportale.com](http://www.edilportale.com)  
testo elaborato in base a dati GIF, EPIA, GSE