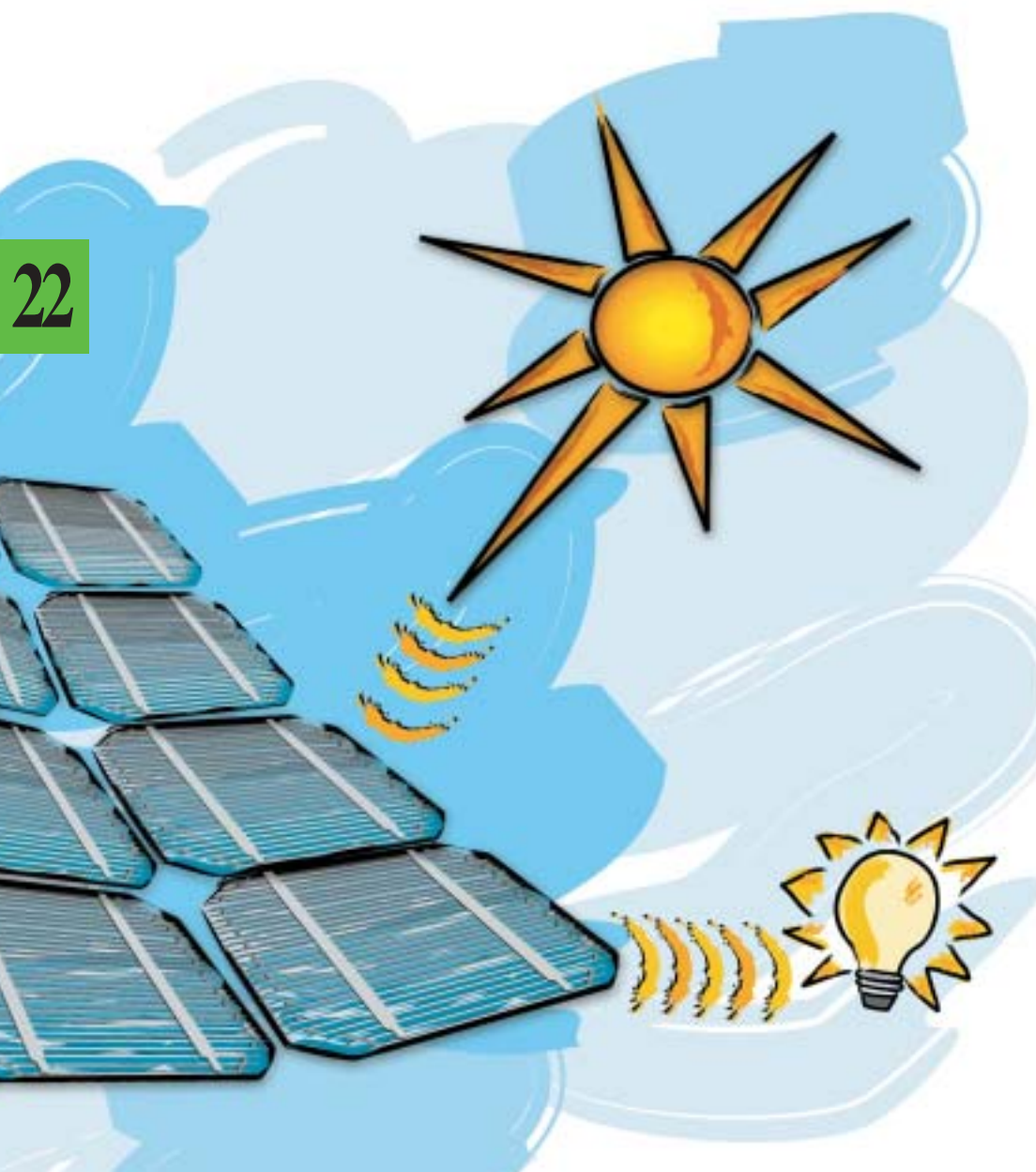


**ENEA**

# L'ENERGIA FOTOVOLTAICA

22



# sommario

<b>L'energia</b> .....	<b>3</b>
<b>Energia dal sole</b> .....	<b>4</b>
Quanta energia? .....	4
La radiazione utile .....	4
<b>Un sistema fotovoltaico</b> .....	<b>6</b>
Il generatore fotovoltaico .....	7
Il sistema di condizionamento e controllo della potenza .....	8
<i>i</i> La cella .....	9
<b>Le applicazioni dei sistemi fotovoltaici</b> .....	<b>10</b>
Sistemi isolati (stand-alone) .....	10
Sistemi collegati alla rete .....	12
Gli impianti integrati negli edifici .....	13
<b>Quanta energia produce un impianto fotovoltaico?</b> .....	<b>15</b>
<b>Dove e come posizionare un impianto fotovoltaico?</b> .....	<b>16</b>
<b>Dimensioni e costi</b> .....	<b>16</b>
Facciamo un esempio .....	17
Che dimensioni dovrà avere l'impianto? .....	17
Quanto costa il kilowattora? .....	17
<b>I benefici ambientali</b> .....	<b>18</b>
<b>Alcune raccomandazioni</b> .....	<b>18</b>
<b>La manutenzione</b> .....	<b>19</b>
<b>Il programma tetti fotovoltaici</b> .....	<b>19</b>
Programma Nazionale .....	19
Programmi Regionali .....	20
Indirizzi utili per informazioni sui programmi regionali .....	20

## L'ENERGIA

L'energia è legata a tutte le attività umane: quando pensiamo o ci muoviamo utilizziamo energia immagazzinata nel nostro corpo, tutti gli oggetti che ci circondano o di cui facciamo uso hanno bisogno di energia per funzionare o ne hanno avuto bisogno per essere costruiti; l'energia illumina e riscalda le nostre case, ci permette di spostarci, alimenta gli strumenti coi quali produciamo il cibo e così via.

Tutte le forme di energia, in ogni modo, ad eccezione di quella nucleare, traggono origine direttamente o indirettamente dal sole.

La terra riceve dal sole un flusso ininterrotto di energia che, oltre ad alimentare tutti i processi vitali, vegetali ed animali, scioglie i ghiacci ed alimenta il ciclo dell'acqua tra mare ed atmosfera, produce i venti, fa crescere le piante che nel corso di milioni di anni si sono trasformate, insieme ai resti di organismi animali, in combustibili fossili, petrolio, carbon fossile e gas naturale.

L'uomo ha imparato, nel corso della sua storia, ad utilizzare in maniera sempre più efficiente l'energia. Anzi la storia della civiltà umana è strettamente collegata all'uso delle diverse forme di energia.

Ma l'energia a disposizione in misura sempre più abbondante non porta solo benefici al nostro modo di vivere; essa, almeno nelle forme oggi sfruttate, causa anche un'alterazione dell'ambiente con conseguenze che soltanto da poco abbiamo cominciato a comprendere.

I combustibili fossili, dai quali ricaviamo circa il 90% dell'energia di cui abbiamo bisogno, bruciando emettono anidride carbonica, CO<sub>2</sub>, un gas a cui viene attribuito il lento riscaldamento per effetto serra che si sta verificando sul nostro pianeta.

Inoltre i processi di combustione producono ossidi di carbonio (CO<sub>x</sub>), di azoto (NO<sub>x</sub>), di zolfo (SO<sub>x</sub>), idrocarburi (HC), che sono causa di una serie di altre modificazioni ambientali, quali l'inquinamento delle città e le piogge acide.

Per non sconvolgere l'equilibrio vitale del pianeta non si deve però necessariamente rinunciare al "comfort tecnologico" che ha in così larga misura contribuito a migliorare i nostri standard di vita. Dobbiamo invece fare scelte che portino verso un modello di sviluppo compatibile con le risorse del pianeta.

Occorre, con senso di responsabilità, adottare strategie per un sistema energetico "sostenibile" sotto il profilo ambientale ed economico, promuovendo il più possibile il ricorso alle fonti energetiche rinnovabili e l'adozione di corrette politiche e misure per un uso razionale delle risorse energetiche a disposizione.

Le fonti rinnovabili possono infatti fornire un rilevante contributo allo sviluppo di un sistema energetico più sostenibile, contribuire alla tutela del territorio e dell'ambiente e fornire opportunità di crescita economica.

## ENERGIA DAL SOLE

I dispositivi che consentono di ricavare direttamente energia dal sole sono di diversi tipi: i pannelli solari per produrre acqua calda, i sistemi fotovoltaici per produrre elettricità, gli specchi concentratori per produrre calore ad alta temperatura da utilizzare in centrali elettriche.

La tecnologia fotovoltaica, che consente di trasformare direttamente la “luce” del sole in energia elettrica, è tra le più innovative e promettenti a medio e lungo termine.

Gli impianti fotovoltaici producono elettricità là dove serve, non necessitano di alcun combustibile, non richiedono praticamente manutenzione e offrono il vantaggio di essere costruiti “su misura”, secondo le reali necessità dell’utente.

Il costo degli impianti, piuttosto elevato, può essere recuperato grazie alla lunga durata degli stessi, alla gratuità della fonte e all’inesistente impatto ambientale.

### QUANTA ENERGIA?

All’interno del sole, a temperature di alcuni milioni di gradi centigradi, avvengono incessantemente reazioni termonucleari di fusione, che sprigionano enormi quantità di energia sotto forma di radiazioni elettromagnetiche.

L’energia irradiata si propaga nello spazio, e dopo aver attraversato l’atmosfera arriva al suolo con una intensità mediamente pari, in funzione dell’inclinazione del sole sull’orizzonte, a circa  $1.000 \text{ W/m}^2$  (irraggiamento al suolo, in condizioni di giornata serena e sole a mezzogiorno).

Questo enorme flusso di energia che arriva sulla Terra è pari a circa **15.000 volte l’attuale consumo energetico mondiale**.

Di questa energia solo una parte può essere trasformata in energia utile.

### LA RADIAZIONE UTILE

La quantità di energia solare che arriva sulla superficie terrestre e che può essere utilmente “raccolta” da un dispositivo fotovoltaico dipende dall’**irraggiamento** del luogo.

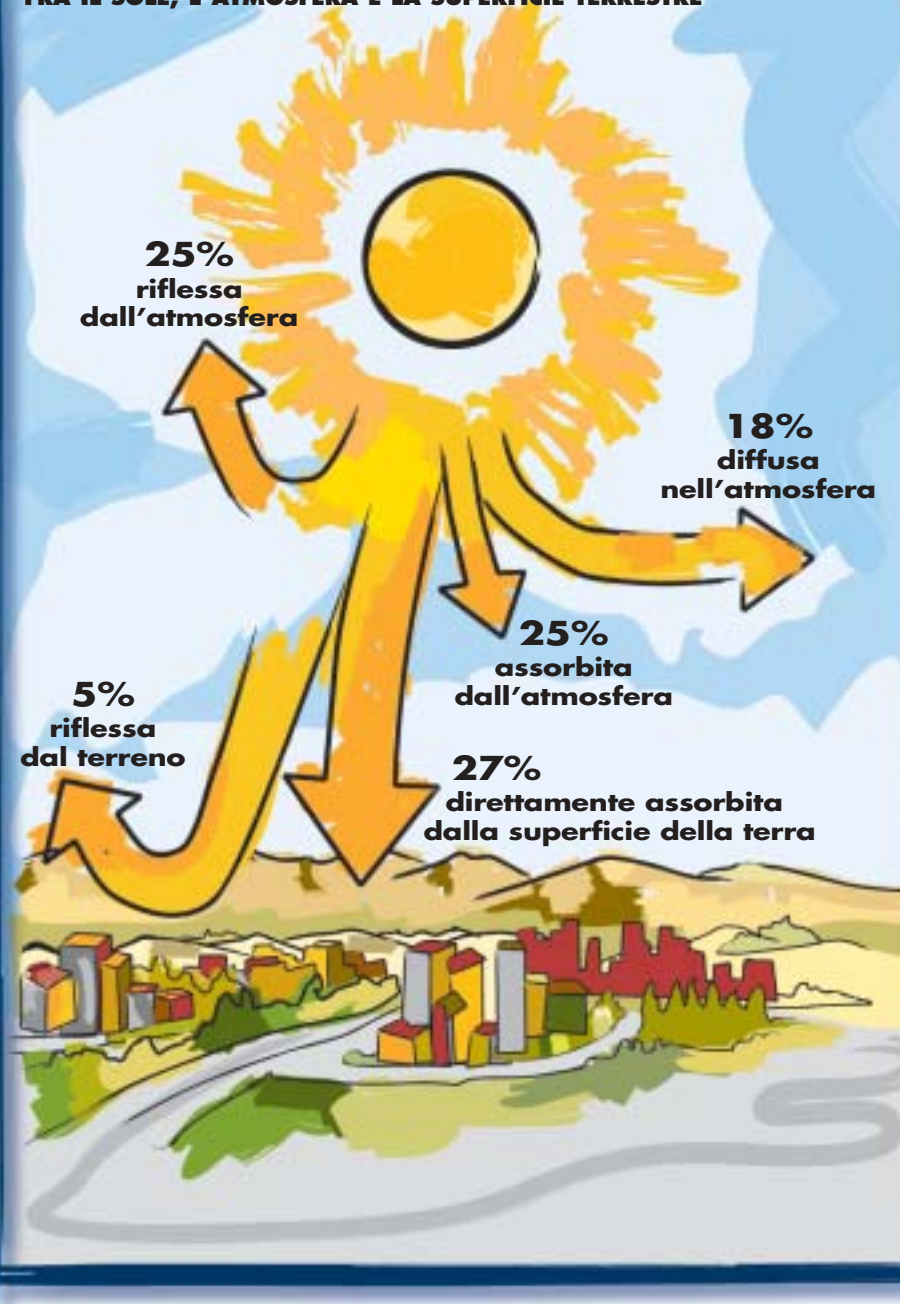
L’**irraggiamento** è, infatti, la quantità di energia solare incidente su una superficie unitaria in un determinato intervallo di tempo, tipicamente un giorno ( $\text{kWh/m}^2/\text{giorno}$ ).

Il valore istantaneo della radiazione solare incidente sull’unità di superficie viene invece denominato **radianza** ( $\text{kW/m}^2$ )

L’irraggiamento è influenzato dalle condizioni climatiche locali (nuvolosità, foschia ecc..) e dipende dalla latitudine del luogo: come è noto cresce quanto più ci si avvicina all’equatore.

In Italia, l’irraggiamento medio annuale varia dai  $3,6 \text{ kWh/m}^2/\text{giorno}$  della pianura padana ai  $4,7 \text{ kWh/m}^2/\text{giorno}$  del centro Sud e ai  $5,4 \text{ kWh/m}^2/\text{giorno}$  della Sicilia

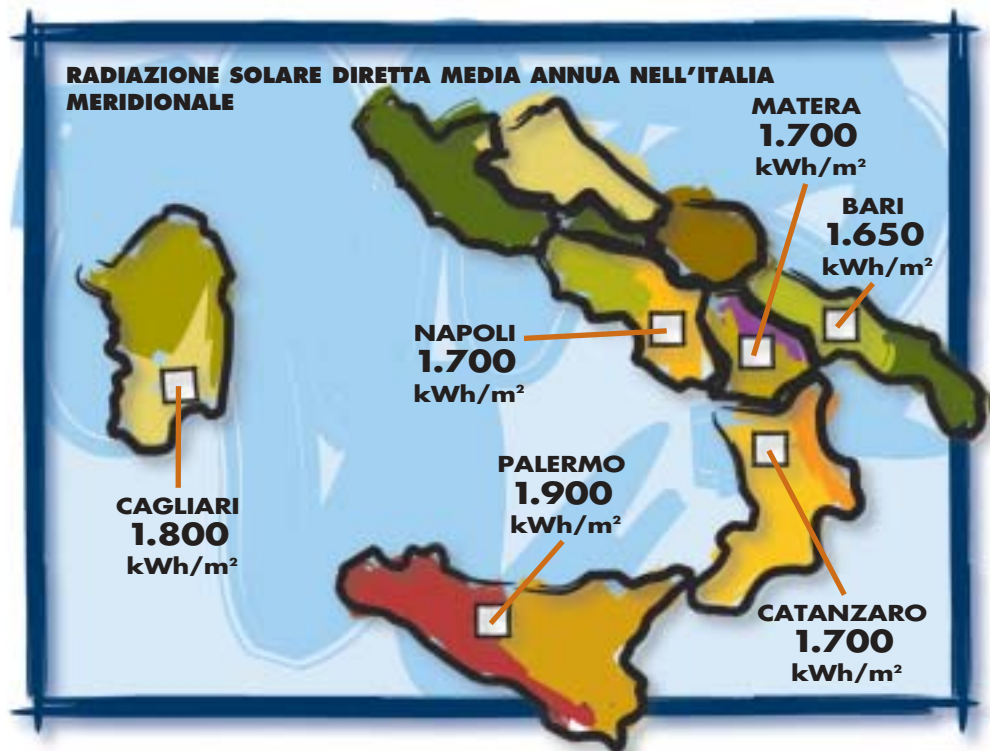
### FLUSSO DI ENERGIA FRA IL SOLE, L’ATMOSFERA E LA SUPERFICIE TERRESTRE



Nel nostro paese, quindi, le regioni ideali per lo sviluppo del fotovoltaico sono quelle meridionali e insulari.

Anche se, per la capacità che hanno di sfruttare anche la radiazione diffusa, gli impianti fotovoltaici possono essere installati anche in zone meno soleggiate.

In località favorevoli è possibile raccogliere annualmente circa 2.000 kWh da ogni metro quadro di superficie, il che è l'equivalente energetico di 1,5 barili di petrolio per metro quadrato.



## UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Un sistema fotovoltaico è in grado di trasformare, direttamente ed istantaneamente, l'energia solare in energia elettrica senza quindi l'uso di alcun combustibile.

Esso sfrutta il cosiddetto effetto fotovoltaico, cioè la capacità che hanno alcuni materiali semiconduttori opportunamente trattati, "drogati", di generare elettricità se esposti alla radiazione luminosa.

Un sistema fotovoltaico è essenzialmente costituito da un "generatore", da un "sistema di condizionamento e controllo della potenza" e da un eventuale "accumulatore" di energia, la batteria, e naturalmente dalla struttura di sostegno.

## IL GENERATORE FOTOVOLTAICO

È costituito da un insieme di **moduli** fotovoltaici collegati in modo da ottenere i valori di potenza e tensione desiderati.

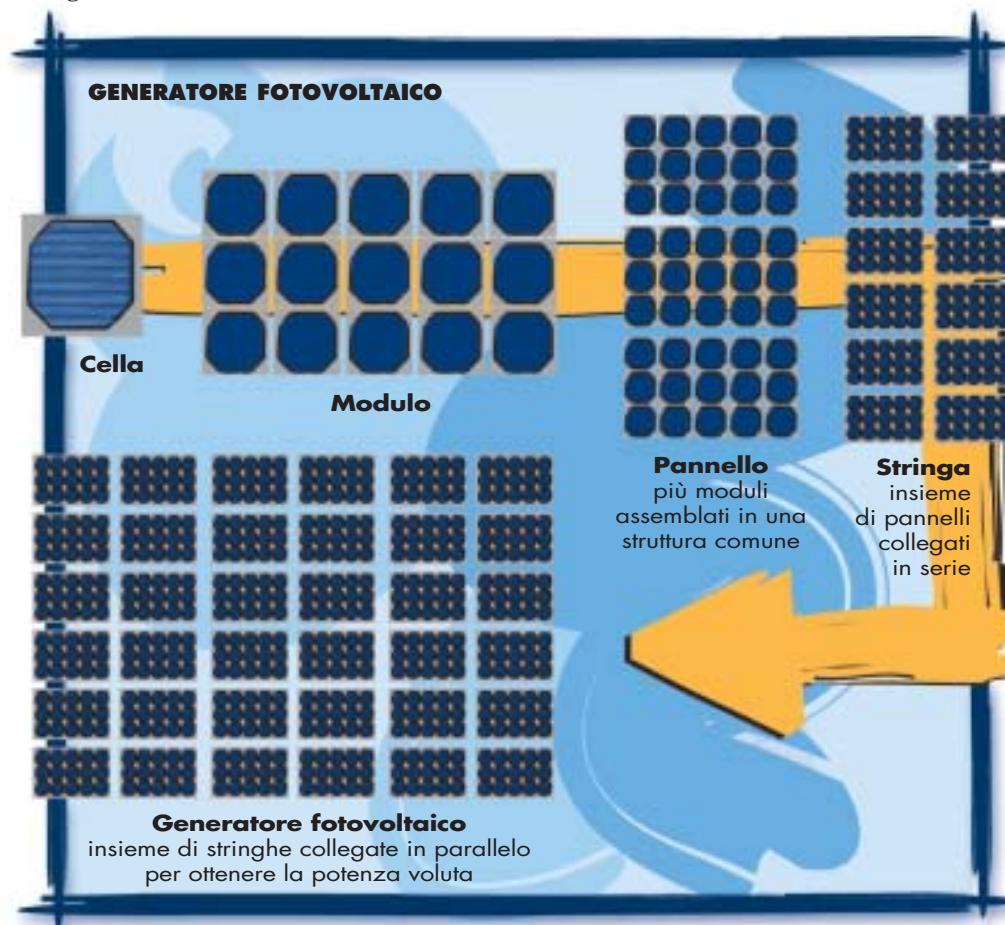
I moduli sono costituiti da un insieme di **celle**.

In commercio, attualmente, i più diffusi sono costituiti da 36 celle di silicio mono e policristallino disposte su 4 file parallele collegate in serie. Hanno superfici che variano da 0,5 ad 1 m<sup>2</sup>.

Più moduli collegati in serie formano un **pannello**, ovvero una struttura rigida ancorabile al suolo o ad un edificio.

Un insieme di pannelli, collegati elettricamente in serie costituisce una **stringa**.

Più stringhe, collegate generalmente in parallelo, per fornire la potenza richiesta, costituiscono il **generatore fotovoltaico**.



Dal punto di vista elettrico non ci sono praticamente limiti alla produzione di potenza da sistemi fotovoltaici, perché il collegamento in parallelo di più file di moduli, le “stringhe”, consente di ottenere potenze elettriche di qualunque valore.

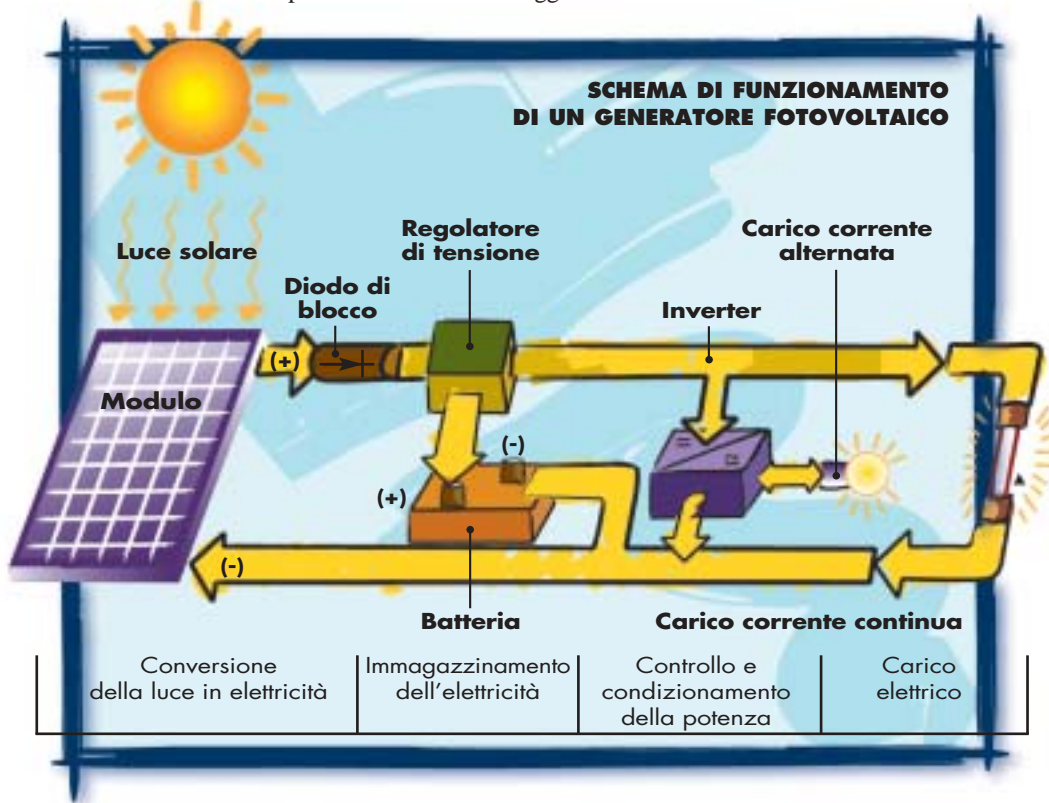
Il trasferimento dell’energia dal sistema fotovoltaico all’utenza avviene attraverso ulteriori dispositivi necessari a trasformare la corrente continua prodotta in corrente alternata, adattandola alle esigenze dell’utenza finale.

### IL SISTEMA DI CONDIZIONAMENTO E CONTROLLO DELLA POTENZA

È costituito da un inverter, che trasforma la corrente continua prodotta dai moduli in corrente alternata; da un trasformatore e da un sistema di rifasamento e filtraggio che garantisce la qualità della potenza in uscita. Trasformatore e sistema di filtraggio sono normalmente inseriti all’interno dell’inverter.

È chiaro che il generatore fotovoltaico funziona solo in presenza di luce solare.

L’alternanza giorno/notte, il ciclo delle stagioni, le variazioni delle condizioni meteorologiche fanno sì che la quantità di energia elettrica prodotta da un sistema fotovoltaico non sia costante né al variare delle ore del giorno, né ne al variare dei mesi dell’anno. Ciò significa che, nel caso in cui si voglia dare la completa autonomia all’utenza, occorrerà o collegare gli impianti alla rete elettrica di distribuzione nazionale o utilizzare dei sistemi di accumulo dell’energia elettrica che la rendano disponibile nelle ore di soleggiamento insufficiente.



### La cella

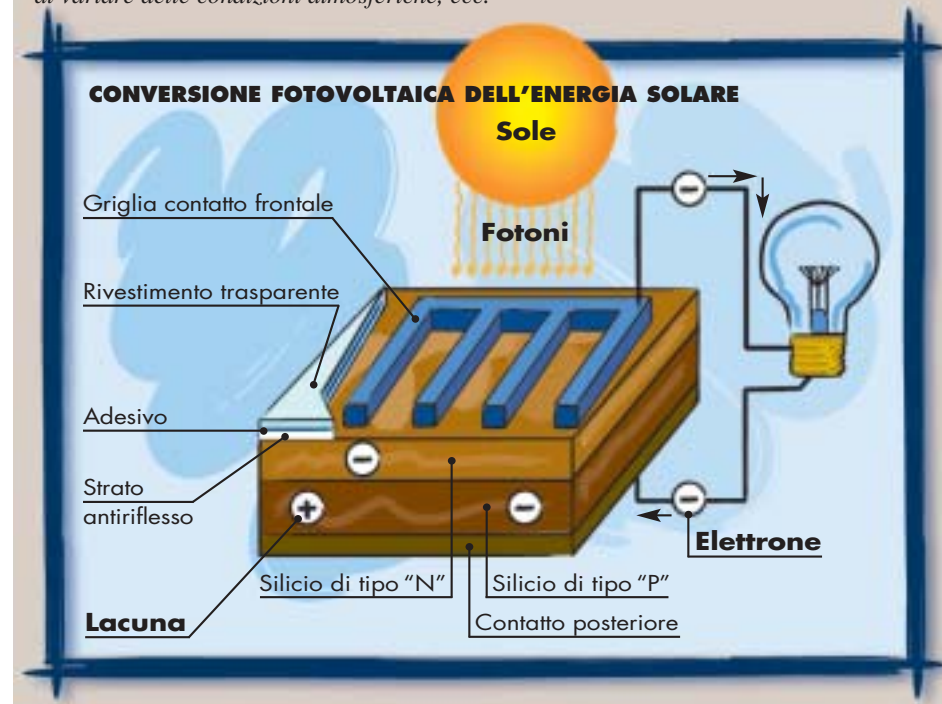
La cella fotovoltaica è il componente elementare del sistema ed è costituita da una sottile “fetta” di un materiale semiconduttore, quasi sempre silicio, (l’elemento più diffuso in natura dopo l’ossigeno) di spessore pari a circa 0,3 mm. Può essere rotonda o quadrata e può avere una superficie compresa tra i 100 e i 225 cm<sup>2</sup>.

Il silicio che costituisce la fetta viene “drogato” mediante l’inserimento su una “faccia” di atomi di boro (drogaggio p) e sull’altra faccia con piccole quantità di fosforo (drogaggio n). Nella zona di contatto tra i due strati a diverso drogaggio si determina un campo elettrico; quando la cella è esposta alla luce, per effetto fotovoltaico, si generano delle cariche elettriche e, se le due facce della cella sono collegate ad un utilizzatore, si avrà un flusso di elettroni sotto forma di corrente elettrica continua.

Attualmente il silicio, mono e policristallino, impiegato nella costruzione delle celle è lo stesso utilizzato dall’industria elettronica, che richiede materiali molto puri e quindi costosi. Tra i due tipi il silicio policristallino è il meno costoso, pur avendo rendimenti leggermente inferiori.

Per ridurre il costo della cella sono in studio nuove tecnologie che utilizzano il silicio amorfo e altri materiali policristallini, quali il seleniuro di indio e rame e il tellurio di cadmio.

Una cella fotovoltaica di dimensioni 10x10 cm si comporta come una minuscola batteria, e nelle condizioni di soleggiamento tipiche dell’Italia (1 kW/m<sup>2</sup>), alla temperatura di 25°C fornisce una corrente di 3 A, con una tensione di 0,5 V e una potenza pari a 1,5-1,7 Watt di picco. L’energia elettrica prodotta sarà, ovviamente, proporzionale all’energia solare incidente, che come sappiamo varia nel corso della giornata, al variare della stagioni, e al variare delle condizioni atmosferiche, ecc.



## LE APPLICAZIONI DEI SISTEMI FOTOVOLTAICI

Gli impianti fotovoltaici sono dunque sistemi che convertono l'energia solare direttamente in energia elettrica, senza ricorrere alla tecnologia di produzione tradizionale che sfrutta i combustibili fossili.

Le potenze generate da questi dispositivi variano da pochi a diverse decine di Watt, a seconda delle dimensioni e delle tecnologie adottate.

Secondo il tipo di applicazione a cui l'impianto è destinato, le condizioni di installazione, le scelte impiantistiche, il grado di integrazione nella struttura edilizia con cui si interfaccia, si distinguono varie tipologie di impianto.

### SISTEMI ISOLATI (STAND-ALONE)

Sono i sistemi non collegati alla rete elettrica e sono costituiti dai moduli fotovoltaici, dal regolatore di carica e da un sistema di batterie che garantisce l'erogazione di corrente anche nelle ore di minore illuminazione o di buio. La corrente generata dal sistema fotovoltaico è una corrente continua. Se l'utenza è costituita da apparecchiature che prevedono una alimentazione in corrente alternata è necessario anche un convertitore, l'inverter.

#### CASA ENERGETICAMENTE AUTOSUFFICIENTE



Questi impianti risultano tecnicamente ed economicamente vantaggiosi nei casi in cui la rete elettrica è assente o difficilmente raggiungibile. Infatti spesso sostituiscono i gruppi elettrogeni.

Sono diffusi soprattutto nei paesi in via di sviluppo per utenze di carattere rurale che le utilizzano anche per il pompaggio dell'acqua.

In Italia sono stati realizzati molti impianti fotovoltaici di elettrificazione rurale e montana soprattutto nel Sud, nelle isole e sull'arco alpino.

Attualmente le applicazioni più diffuse servono ad alimentare:

- apparecchiature per il pompaggio dell'acqua, soprattutto in agricoltura;
- ripetitori radio, stazioni di rilevamento e trasmissione dati (meteorologici e sismici), apparecchi telefonici;
- apparecchi di refrigerazione, specie per il trasporto medicinali;
- sistemi di illuminazione;
- segnaletica sulle strade, nei porti e negli aeroporti;
- alimentazione dei servizi nei camper;
- impianti pubblicitari, ecc.

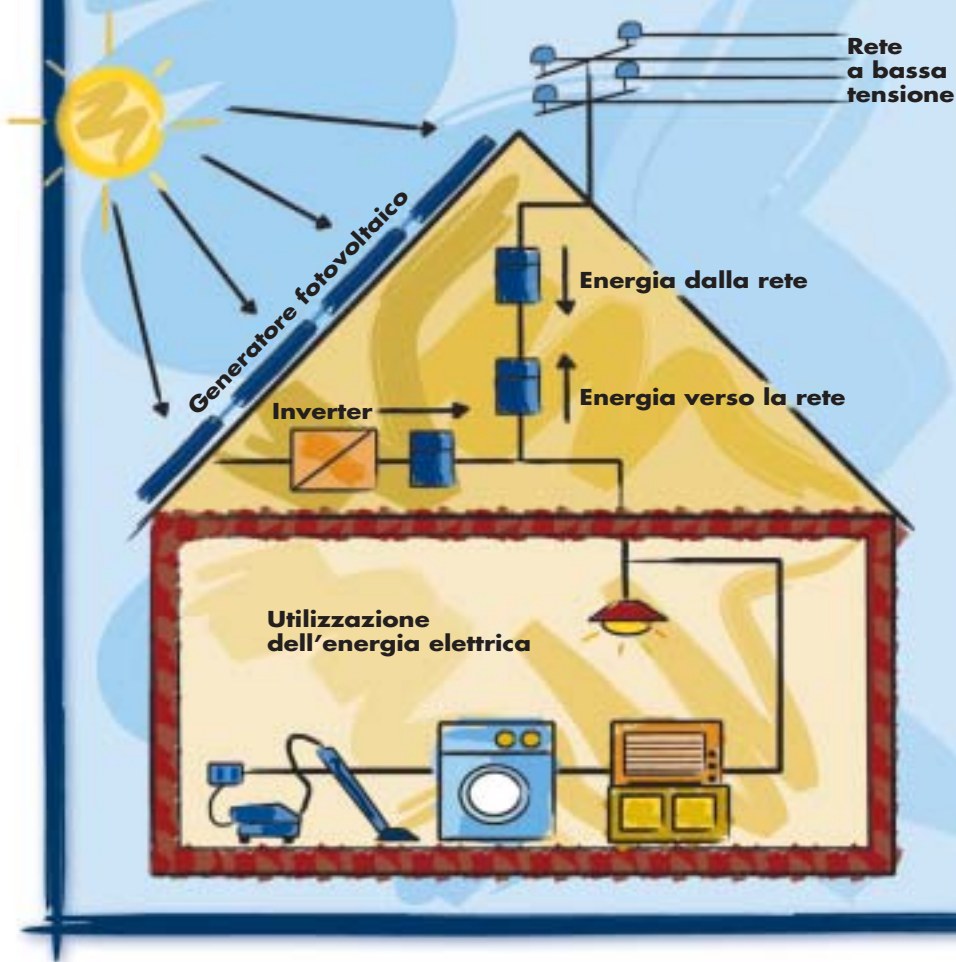


**PENSILINA FOTOVOLTAICA  
E LAMPIONE ALIMENTATO CON ENERGIA FOTOVOLTAICA**

## SISTEMI COLLEGATI ALLA RETE

Sono impianti stabilmente collegati alla rete elettrica. Nelle ore in cui il generatore fotovoltaico non è in grado di produrre l'energia necessaria a coprire la domanda di elettricità, la rete fornisce l'energia richiesta. Viceversa, se il sistema fotovoltaico produce energia elettrica in più, il surplus viene trasferito alla rete e contabilizzato. Negli impianti integrati negli edifici vengono installati due contatori per contabilizzare gli scambi fra l'utente e la rete. Un inverter trasforma l'energia elettrica da corrente continua prodotta dal sistema fotovoltaico, in corrente alternata. I sistemi connessi alla rete, ovviamente, non hanno bisogno di batterie perché la rete di distribuzione sopprime alla fornitura di energia elettrica nei momenti di indisponibilità della radiazione solare.

### SCHEMA DI UN'UTENZA DOTATA DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO COLLEGATO ALLA RETE ELETTRICA



Anche se sono stati realizzati impianti centralizzati di produzione di energia elettrica fotovoltaica di grande potenza (multimegawatt), come quello dell'ENEA a Monte Aquilone (Foggia), attualmente si vanno sempre più diffondendo, grazie anche agli incentivi pubblici, piccoli sistemi distribuiti sul territorio con potenza non superiore a 20 kWp. Gli impianti più diffusi hanno potenze tra 1,5 e 3 kWp. Questi impianti vengono installati sui tetti o sulle facciate degli edifici, e contribuiscono a soddisfare la domanda di energia elettrica degli utenti.



**CENTRALE DI MONTE AQUILONE**

## GLI IMPIANTI INTEGRATI NEGLI EDIFICI

Essi costituiscono una delle più promettenti applicazioni del fotovoltaico. Si tratta di sistemi che vengono installati su costruzioni civili o industriali per essere collegati alla rete elettrica di distribuzione in bassa tensione.

La corrente continua generata istantaneamente dai moduli viene trasformata in corrente alternata e immessa nella rete interna dell'edificio utilizzatore, in parallelo alla rete di distribuzione pubblica.

In questo modo può essere, a seconda dei casi, consumata dall'utenza locale oppure ceduta, per la quota eccedente al fabbisogno, alla rete stessa.

I moduli fotovoltaici possono essere utilizzati come elementi di rivestimento degli edifici anche in sostituzione di componenti tradizionali.

A questo scopo l'industria fotovoltaica e quella del settore edile, hanno messo a punto moduli architettonici integrabili nella struttura dell'edificio che trovano sempre maggiore applicazione nelle facciate e nelle coperture delle costruzioni.

La possibilità di integrare i moduli fotovoltaici nelle architetture e di trasformarli in componenti edili ha notevolmente ampliato gli orizzonti di applicazione del fotovoltaico e quelli dell'architettura che sfrutta questa forma di energia.

Un impiego di particolare interesse è rappresentato, infatti, dalle “facciate fotovoltaiche”. I moduli per facciata sono composti da due lastre di vetro fra le quali sono interposte celle di silicio tenute insieme da fogli di resina. La dimensione di questi moduli può variare da 50x50 cm a 210x350 cm.

Inoltre, dal momento che tanto più bassa è la temperatura dei moduli fotovoltaici durante l’irraggiamento solare, maggiore è il loro rendimento energetico, le facciate fotovoltaiche trovano la loro migliore applicazione nelle zone “fredde” delle facciate (parapetti, corpi ascensore e altre superfici opache) sempre che siano orientati verso Sud-Est o Sud-Ovest e non si trovino in una zona ombreggiata.

L’impiego di tali moduli fotovoltaici può essere di grande utilità come schermi frangisole o per ombreggiare ampie zone nel caso delle coperture.

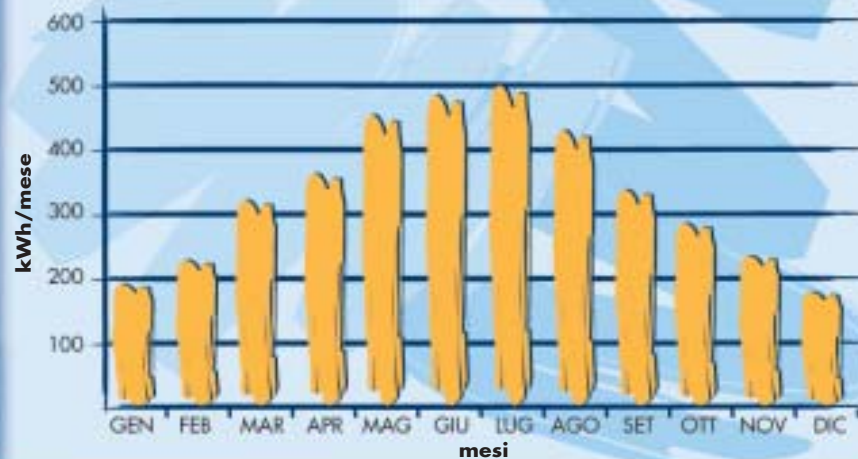


## QUANTA ENERGIA PRODUCE UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO?

La quantità di energia prodotta da un generatore fotovoltaico varia nel corso dell’anno e dipende da una serie di fattori come la latitudine e l’altitudine del sito, l’orientamento e l’inclinazione della superficie dei moduli, e le caratteristiche di assorbimento e riflessività del territorio circostante.

A titolo indicativo alle latitudini dell’Italia centro-meridionale un metro quadrato di moduli può produrre in media 0,3-0,4 kWh al giorno nel periodo invernale, e 0,6-0,8 in quello estivo.

### ENERGIA PRODOTTA MENSILMENTE DA UN IMPIANTO DA 3 kWp CONNESSO A RETE IN UNA LOCALITÀ DELL’ITALIA CENTRO MERIDIONALE





La tabella seguente dà un'indicazione di massima della "capacità produttiva" di un impianto fotovoltaico connesso alla rete. Vengono indicati, per tre localizzazioni diverse, i kWh elettrici generati mediamente in un anno e immessi in rete, per ogni metro quadrato di moduli in silicio monocristallino e in silicio policristallino, e per un impianto di potenza nominale pari ad 1 kWp (si tenga conto che esso corrisponde a moduli di superficie complessiva pari a circa 8 m<sup>2</sup> se in silicio cristallino e 10 m<sup>2</sup> se in silicio policristallino).

<b>CAPACITÀ PRODUTTIVA DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO</b>			
<b>Localizzazione dell'impianto</b>	<b>Energia utile /m<sup>2</sup> per moduli in silicio monocristallino</b>	<b>Energia utile /m<sup>2</sup> per moduli in silicio policristallino</b>	<b>Energia utile per 1 kWp installato</b>
	<b>kWh/(m<sup>2</sup> anno)</b>	<b>kWh/(m<sup>2</sup> anno)</b>	<b>kWh/(kWp anno)</b>
NORD	150	130	1080
CENTRO	190	160	1350
SUD	210	180	1500

## DOVE E COME POSIZIONARE UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO?

Per ottenere la massima produzione di energia, in fase di progettazione di un impianto, bisogna studiare l'irraggiamento e l'insolazione del sito. Questo consente di decidere l'inclinazione e l'orientamento della superficie del dispositivo captante.

Per la latitudine del nostro Paese, la posizione ottimale della superficie del pannello risulta quella a copertura dell'edificio con esposizione a Sud, e con un angolo di inclinazione di circa 20-30° rispetto al piano orizzontale. Ma anche la disposizione sul piano verticale del palazzo, cioè in facciata, riesce a conseguire ottimi risultati. L'importante è, naturalmente, posizionare il pannello in modo da evitare zone d'ombra.

## DIMENSIONI E COSTI

La dimensione dell'impianto sarà funzione dell'energia richiesta. Questa determinerà, la potenza da installare, il numero di moduli necessari, il costo del sistema e il costo del kilowattora elettrico generato. Per confrontare i costi tra l'energia prodotta tra la fonte solare e quella tradizionale, bisognerebbe parlare di "valore" dell'energia piuttosto che di costo: il kWh prodotto con la fonte fotovoltaica non ha la stessa qualità di quello delle fonti convenzionali. La produzione di elettricità da impianti termoelettrici tradizionali, infatti, è gravata da un costo nascosto, che viene pagato, spesso inconsapevolmente, dalla collettività. Bisogna infatti tener conto dei danni sociali e ambientali che le forme tradizionali di generazione energetica comportano, che sono difficilmente monetizzabili, ma che meritano una più adeguata considerazione.

I costi di un impianto fotovoltaico sono anche fortemente dipendenti dal tipo di applicazione e di installazione, e sono in continua evoluzione.

Ad esempio, il costo di realizzazione, chiavi in mano, di un impianto fotovoltaico connesso alla rete può essere stimato nell'ordine dei 6.714-8.264 €/kWp, dove il valore superiore si riferisce ad impianti di piccola taglia e quello inferiore a quelli di taglia elevata.

### IMPIANTO STAND-ALONE ITALIA CENTRALE COSTI E PRESTAZIONI

Un kWp fotovoltaico installato ha un costo di circa 9.800 €, IVA esclusa. Un kWh di energia elettrica prodotto da un impianto di questo tipo, in una località dell'Italia centrale, costa circa 0,6 €, IVA esclusa. Tale valore si abbassa sensibilmente se si considerano eventuali forme di incentivazione

### IMPIANTO GRID-CONNECTED ITALIA CENTRALE COSTI E PRESTAZIONI

Un kWp fotovoltaico installato ha un costo di circa 6.700-8.300 €, IVA esclusa. Un kWh di energia elettrica prodotto da un impianto di questo tipo, in una località dell'Italia centrale, costa circa 0,34 €, IVA esclusa. Tale valore si abbassa sensibilmente se si considerano eventuali forme di incentivazione

### FACCIAMO UN ESEMPIO

Prendiamo in considerazione una famiglia di 4 persone che vive nell'Italia centrale. Il consumo elettrico medio annuo è di circa 2.500 kWh. Per far fronte a tale domanda di energia si può utilizzare un impianto fotovoltaico con moduli in silicio policristallino che sono i più economici.

### CHE DIMENSIONI DOVRÀ AVERE L'IMPIANTO?

Tenendo conto che, come si può notare dalla tabella precedente, un metro quadrato di moduli in silicio policristallino installato in Italia centrale produce 160 kWh all'anno, bisognerà installare una superficie di 16 metri quadrati di moduli.

Considerando che ogni modulo occupa 0,5 metri quadrati, saranno dunque necessari 32 moduli. Ai costi di mercato attuali, il costo di questo impianto può essere stimato in circa 15.000 €, IVA esclusa.

### QUANTO COSTA IL CHILOWATTORA?

Per questo impianto il costo del chilowattora è di circa 0,34 €, IVA esclusa. Questo valore è calcolato tenendo conto del costo dell'investimento, del costo di manutenzione annuo dell'impianto, del numero di chilowattora prodotti in un anno e della durata dell'impianto, di solito considerata superiore ai 30 anni.

Il costo di produzione dell'energia elettrica prodotta con un impianto fotovoltaico è quindi ancora troppo elevato per competere con quello da fonti fossili, che è di circa 0,18 € a kWh. Però, installare un impianto fotovoltaico diventa economicamente conveniente quando intervengono forme di incentivazione finanziaria da parte dello Stato come attualmente avviene con il programma nazionale "Tetti fotovoltaici" che prevede contributi in conto capitale pari al 75% del costo dell'investimento.

Con questi incentivi il costo del chilowattora si riduce a 0,11 €, IVA esclusa. E anche il tempo necessario per recuperare l'investimento iniziale si riduce, arrivando a valori dell'ordine di circa 10 anni, pochi se confrontati ai circa 30 anni di vita previsti per un impianto.

Per riassumere possiamo dire che l'energia fotovoltaica richiede un forte impegno di capitale iniziale e basse spese di mantenimento: si può dire che "è come se si comprasse in anticipo l'energia che verrà consumata nei prossimi trent'anni".

Una volta raggiunto il recupero dell'investimento, per il resto della vita utile dell'impianto si dispone di energia praticamente a costo zero". Dotare la propria casa, azienda, ufficio od altro di un impianto di questo genere, usufruendo dei contributi pubblici, può quindi rivelarsi un buon investimento.

## I BENEFICI AMBIENTALI

L'energia elettrica prodotta con il fotovoltaico ha un costo nullo per combustibile: per ogni kWh prodotto si risparmiano circa 250 grammi di olio combustibile e si evita l'emissione di circa 700 grammi di CO<sub>2</sub>, nonché di altri gas responsabili dell'effetto serra, con un sicuro vantaggio economico e soprattutto ambientale per la collettività.

Si può valutare in 30 anni la vita utile di un impianto (ma molto probabilmente essi dureranno molto di più); il che significa che un piccolo impianto da 1,5 kWp, in grado di coprire i due terzi del fabbisogno annuo di energia elettrica di una famiglia media italiana (2.500 kWh), produrrà, nell'arco della sua vita efficace, quasi 60.000 kWh, con un risparmio di circa 14 tonnellate di combustibili fossili, evitando l'emissione di circa 40 tonnellate di CO<sub>2</sub>.

## ALCUNE RACCOMANDAZIONI

Realizzare un impianto fotovoltaico non è troppo complesso, ma è un lavoro che va affidato a degli specialisti. È utile comunque conoscere alcune prescrizioni e raccomandazioni a cui attenersi nelle fasi di progettazione e poi di messa in opera.

Le strutture di supporto devono essere realizzate in modo da durare almeno quanto l'impianto, cioè 25-30 anni, e devono essere montate in modo da permettere un facile accesso ai moduli per la sostituzione e la pulizia, e alle scatole di giunzione elettrica, per l'ispezione e la manutenzione. Esse devono, altresì, garantire la resistenza alla corrosione ed al vento.

I generatori fotovoltaici collocati sui tetti e sulle coperture non devono interferire con la impermeabilizzazione e la coibentazione delle superfici ed in alcuni casi possono richiedere la creazione di passerelle fisse o mobili.

Fra i moduli è necessario interporre uno spazio vuoto, da un minimo di 5 mm, per i generatori posti parallelamente e a poca distanza da altre superfici fisse, fino a 5 cm, per i generatori sui quali la pressione del vento può raggiungere valori elevati.

In caso di montaggio dei moduli su tetti o su facciate, è indispensabile che fra i moduli e la superficie rimanga uno spazio (4-6 cm) tale da assicurare una buona circolazione d'aria e quindi

un buon raffreddamento della superficie del modulo. I cavi elettrici e le scatole di derivazione e di interconnessione devono essere di dimensione idonea, rispondenti alle norme elettriche e assicurare il prescritto grado di isolamento, di protezione e di impermeabilizzazione richiesto.

## LA MANUTENZIONE

La manutenzione di un impianto fotovoltaico è riconducibile a quella di un impianto elettrico. Infatti i moduli, che rappresentano la parte attiva dell'impianto che converte la radiazione solare in energia elettrica sono costituiti da materiali praticamente inattaccabili dagli agenti atmosferici, come è dimostrato da esperienze in campo ed in laboratorio.

È consigliabile effettuare con cadenza annuale una ispezione visiva, volta a verificare l'integrità del vetro che incapsula le celle fotovoltaiche costituenti il modulo.

Per la parte elettrica è necessario effettuare una verifica, con cadenza annuale, dell'isolamento dell'impianto verso terra, della continuità elettrica dei circuiti di stringa e del corretto funzionamento dell'inverter.

## IL PROGRAMMA TETTI FOTOVOLTAICI

Allo scopo di promuovere e di diffondere la tecnologia fotovoltaica nei primi mesi del 2001 il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ha avviato il programma "Tetti fotovoltaici". Esso prevede contributi per la realizzazione di impianti fotovoltaici di piccola potenza (da 1 a 50 kWp) collegati alla rete elettrica ed integrati nelle strutture edilizie, come tetti, terrazze, facciate, elementi di arredo urbano, ecc.



Il programma concede contributi in conto capitale, nella misura massima del 75% del costo dell'investimento (IVA esclusa) ed è diviso in 2 progetti specifici:

**Programma Nazionale per soggetti pubblici** (10.330.000 €). È destinato a soggetti pubblici quali i Comuni capoluogo di Provincia, i Comuni facenti parte di aree naturali protette, le Province, gli Enti di Ricerca e le Università, per la realizzazione di impianti fotovoltaici di taglia compresa fra 1 e 20 kWp installati su edifici o elementi di arredo urbano.

**Programmi Regionali per soggetti privati e pubblici** (20.660.000 € stanziati + cofinanziamento delle regioni per almeno il 30% del contributo pubblico). È destinato a soggetti pubblici e privati per la realizzazione di impianti fotovoltaici di taglia compresa fra 1 e 20 kWp. Una condizione necessaria per ricevere il finanziamento è che gli impianti siano installati negli edifici o su elementi di arredo urbano, come pensiline o tettoie, e non su terreni, e che siano connessi alla rete elettrica di distribuzione nazionale. Inoltre, gli impianti non devono essere preesistenti e non devono aver ricevuto altre forme di finanziamento.

Questo programma è gestito dalle Regioni. Ogni Regione ha stabilito con un bando di partecipazione le modalità di presentazione delle domande e di erogazione del contributo.

Il programma sta riscuotendo un ampio successo.

Al programma nazionale sono pervenuti ben 582 progetti, dei quali 218 ammessi al finanziamento, fino ad esaurimento della disponibilità economica. Si prevede che, una volta realizzati, gli impianti su edifici pubblici avranno una superficie complessiva di 22.000 m<sup>2</sup> ed una potenza di 2,2MW.

Il maggior numero di richieste sono state presentate da Comuni dell'Emilia Romagna, della Campania e della Toscana, per impianti da installare su edifici scolastici e edifici comunali.

I programmi regionali sono ancora nella fase di esame delle domande pervenute.

Visto il successo dell'iniziativa, il Ministero dell'Ambiente ha deciso di aumentare i fondi destinati al programma. In questo modo verrà data continuità all'iniziativa e verranno soddisfatte anche le richieste di finanziamento che non sono rientrate nella disponibilità economica della prima fase del programma

#### INDIRIZZI UTILI PER INFORMAZIONI SUI PROGRAMMI REGIONALI

##### Regione Abruzzo

Direzione ambiente, territorio ed energia  
Piazza Unione, 13  
65100 PESCARA  
www.regione.abruzzo.it

##### Provincia Autonoma di Bolzano

Ufficio risparmio energetico  
Via Mendola, 33  
39100 BOLZANO  
www.provincia.bolzano.it

##### Regione Basilicata

Dipartimento attività produttive e politiche dell'impresa;  
Ufficio energia  
Via Anzio, 44  
85100 POTENZA  
www.regione.basilicata.it

##### Regione Calabria

Assessorato industria;  
Dipartimento 7° - Area energia  
Viale Cassiodoro  
S. MARIA  
DI CATANZARO 88060  
www.regione.calabria.it

##### Regione Campania

Sviluppo e promozione delle attività industriali;  
Fonti energetiche  
Centro Direzionale Isola A/6  
80143 NAPOLI  
www.regione.campania.it

##### Regione Emilia Romagna

Assessorato attività produttive;  
Servizio energia  
Viale Aldo Moro, 64  
40127 BOLOGNA  
www.regione.emilia-romagna.it

##### Regione Friuli Venezia Giulia

Direzione provinciale dei servizi tecnici

- Via Giulia, 75/1  
34126 TRIESTE
- Via Roma, 7  
34170 GORIZIA
- Via Ucellis, 4  
33100 UDINE
- Corso Garibaldi, 66  
33170 PORDENONE

www.regione.fvg.it

##### Regione Lazio

Assessorato all'ambiente  
Dipartimento ambiente e protezione civile;  
Area energia e rifiuti  
Via C. Colombo, 212  
00147 ROMA  
www.regione.lazio.it

##### Regione Liguria

Servizio energia  
Via Fieschi, 15  
16121 GENOVA  
www.regione.liguria.it

##### Regione Lombardia

Direzione generale risorse idriche e servizi di pubblica utilità;  
Struttura tecnologie e gestione innovativa  
Via Stresa, 24  
20125 MILANO  
www.regione.lombardia.it

##### Regione Marche

Servizio artigianato e industria;  
Ufficio fonti energetiche  
Via Tiziano, 44  
60125 ANCONA  
www.regione.marche.it

##### Regione Molise

Assessorato alle politiche per lo sviluppo;  
Settore industria  
Via Roma, 84  
86100 CAMPOBASSO  
www.regione.molise.it

##### Regione Piemonte

Direzione tutela e risanamento ambientale;  
Programmazione gestione rifiuti;  
Settore programmazione e risparmio in materia energetica  
Corso Stati Uniti, 21  
10100 TORINO  
www.regione.piemonte.it

##### Regione Puglia

Settore industria  
Via Caduti di tutte le Guerre, 15  
70100 BARI  
www.regione.puglia.it

##### Regione Sardegna

Assessorato industria;  
Settore energia  
Viale Trento, 69  
09123 CAGLIARI  
www.regione.sardegna.it

##### Regione Sicilia

Assessorato industria  
Viale Regione Siciliana, 4580  
90135 PALERMO  
www.regione.sicilia.it

##### Regione Toscana

Dipartimento politiche ambientali e territoriali  
Via Bardazzi, 19  
50127 FIRENZE  
www.regione.toscana.it

##### Provincia Autonoma di Trento

Servizio energia  
Via G. B. Trener, 3  
38100 TRENTO  
www.provincia.trento.it

##### Regione Umbria

Servizio energia  
Via Angeloni, 61  
06100 PERUGIA  
www.regione.umbria.it

##### Regione Valle d'Aosta

Assessorato dell'industria, artigianato ed energia;  
Direzione energia  
Piazza della Repubblica, 15  
11100 AOSTA  
www.regione.vda.it

##### Regione Veneto

Direzione tutela ambiente;  
Servizio tutela dell'atmosfera  
Calle Priuli, 99 - Cannaregio  
30121 VENEZIA  
www.regione.veneto.it

#### PER ULTERIORI INFORMAZIONI

si possono consultare i siti WEB:

[www.tetti-fotovoltaici.org](http://www.tetti-fotovoltaici.org)

[www.minambiente.it](http://www.minambiente.it)

[www.enea.it](http://www.enea.it)

[www.isesitalia.it](http://www.isesitalia.it)

Ministero dell'Ambiente  
e della tutela del territorio

Oppure potete rivolgervi ai Centri di Consulenza Energetica Integrata dell'Enea (vedi pagine successive).



**L'ENEA** pubblica altri opuscoli sulle scelte più convenienti che tutti noi possiamo adottare per risparmiare energia e proteggere l'ambiente.

**Potete richiedere gratuitamente gli opuscoli che vi interessano a:**

**ENEA** C.P. 2400 Roma



# ENEA

## Ricerca e Innovazione per lo Sviluppo Sostenibile del Paese

L'ENEA è un ente di diritto pubblico operante nei campi della ricerca e dell'innovazione per lo sviluppo sostenibile, finalizzata a promuovere insieme gli obiettivi di sviluppo, competitività e occupazione e quello della salvaguardia ambientale. Svolge altresì funzioni di agenzia per le pubbliche amministrazioni mediante la prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, dell'ambiente e dell'innovazione tecnologica. In particolare l'Ente:

- svolge, sviluppa, valorizza e promuove la ricerca in tema di energia, ambiente e innovazione tecnologica nel quadro dei programmi di ricerca nazionali, dell'Unione Europea e di altre organizzazioni internazionali;
- sostiene e favorisce i processi di innovazione e di trasferimento tecnologico al sistema produttivo e alle pubbliche amministrazioni;
- fornisce supporto tecnico specialistico ed organizzativo alle amministrazioni, alle regioni e agli enti locali, nell'ambito di accordi di programma con i Ministeri dell'Industria, dell'Ambiente e dell'Università e della Ricerca Scientifica e con altre amministrazioni pubbliche.

L'Ente ha circa **3.600 dipendenti** che operano in Centri di Ricerca distribuiti su tutto il territorio nazionale. Nelle diverse regioni sono anche presenti **13 Centri di Consulenza Energetica Integrata** per la promozione e la diffusione degli usi efficienti dell'energia nei settori industriale, civile e dei trasporti.

## C.C.E.I. Centri di Consulenza Energetica Integrata

**Veneto** - C.C.E.I. ENEA - Calle delle Ostreghe, 2434 - C.P. 703 - 30124 VENEZIA - Tel. 0415226887 - Fax 0415209100 - **Liguria** - C.C.E.I. ENEA Via Serra, 6 - 16122 GENOVA - Tel. 010567141 - Fax 010567148  
**Toscana** - C.C.E.I. ENEA - Via Ponte alle Mosse, 61 - 50144 FIRENZE Tel. 0553241227 - Fax 055350491 - **Marche** - C.C.E.I. ENEA - V.le della Vittoria, 52 - 60123 ANCONA - Tel. 07132773 - Fax 07133264 - **Umbria** C.C.E.I. ENEA - Via Angeloni, 49 - 06100 PERUGIA - Tel. 0755000043 Fax 0755006389 - **Lazio** - ENEA Divisione PROM C.R. Casaccia - Via Anguillarese, 301 - 00060 ROMA - Tel. 0630483245 - Fax 0630483930  
**Abruzzo** - C.C.E.I. ENEA - Via N. Fabrizi, 215/15 - 65122 PESCARA - Tel. 0854216332 - Fax 0854216362 - **Molise** - C.C.E.I. ENEA - Via Mazzini, 84 86100 CAMPOBASSO - Tel. 0874481072 - Fax 087464607 - **Campania** C.C.E.I. ENEA - Via della Costituzione Isola A/3 - 80143 NAPOLI - Tel. 081691111 - Fax 0815625232 - **Puglia** - C.C.E.I. ENEA - Via Roberto da Bari, 119 - 70122 BARI - Tel. 0805248213 - Fax 0805213898 - **Basilicata** - C.C.E.I. ENEA - C/o SEREA - Via D. Di Giura, s.n.c. - 85100 POTENZA - Tel. 097146088 - Fax 097146090 - **Calabria** - C.C.E.I. ENEA - Via Argine Destra Annunziata, 87 - 89100 REGGIO CALABRIA - Tel. 096545028 - Fax 096545104 - **Sicilia** - C.C.E.I. ENEA - Via Catania, 2 - 90143 PALERMO Tel. 0917824120 - Fax 091300703

**ENEA**



ENTE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,  
L'ENERGIA E L'AMBIENTE



S V I L U P P O  
S O S T E N I B I L E

