

RICERCA DI FISICA: FONTI DI ENERGIA RINNOVABILE – L'ENERGIA SOLARE

Data:

01/01/2021

1. Introduzione

L'impellente necessità di una rapida transizione verso le fonti d'energia rinnovabili, determinata dai cambiamenti climatici le cui conseguenze sono oramai ben note al pubblico, impone la completa ridefinizione dell'approccio umano all'energia stessa; non solo dal punto di vista del rapporto tra risorse disponibili e consumi, ma anche e soprattutto per quanto concerne la ricerca di nuovi metodi attraverso i quali ricavare energia su larga scala dalle fonti naturali. Metodi spesso innovativi, di recente ideazione o scoperta, richiedenti pertanto un'adeguata messa a punto e considerevoli tempi di collaudo; ma anche metodi ormai noti ed affermati, i quali semplicemente altro non richiedono se non l'applicazione in massa in numerosi campi della tecnologia moderna. Primo tra tutti, nonché tra i più iconici in tal senso, l'energia solare.

2. Breve storia

Le possibilità di sfruttare il calore e la luce del Sole per scopi pratici nel quotidiano erano già note alle popolazioni dell'antichità, dagli Egizi ai Romani, i quali erano giunti ad impiegare sistemi di riscaldamento delle acque o degli ambienti interni basati proprio sul calore solare. Ciononostante, risalgono solo al XIX secolo i primi tentativi di applicazione a fini tecnologici delle radiazioni solari. Nel 1839 **Edmund Becquerel** scoprì casualmente la possibilità di alcuni materiali, come il platino, di produrre correnti elettriche quando investiti da radiazioni; esperimenti analoghi vennero condotti da **Willoughby Smith** sul selenio, portando alla realizzazione, nel 1883, della prima cella fotovoltaica della storia, opera di **Charles Fritts**. Nonostante il rendimento di queste prime rudimentali celle risultasse di gran lunga insufficiente a garantirne un ritorno economico, l'effetto fotoelettrico su cui il funzionamento delle stesse era fondato continuò ad essere oggetto di attenzione e di studio negli anni successivi. Ad **Albert Einstein** deve la scoperta della duplice natura della luce, corpuscolare e ondulatoria, che valse allo scienziato tedesco il Premio Nobel per la Fisica 1921.

Il Dopoguerra si rivelò un'epoca di grandi conquiste scientifiche e tecnologiche anche dal punto di vista delle energie rinnovabili, sebbene il concetto di transizione ecologica era ancora ben lontano anche solo dall'essere contemplato come necessità dall'opinione pubblica. Nel 1953 **Gerald Pearson** mise a punto la prima cella fotovoltaica al silicio, antesignana di quelle attualmente in uso, ulteriormente migliorata da **Calvin Fuller** e **Daryl Chapin** della società Bell, i quali ne portarono il rendimento al 6%.

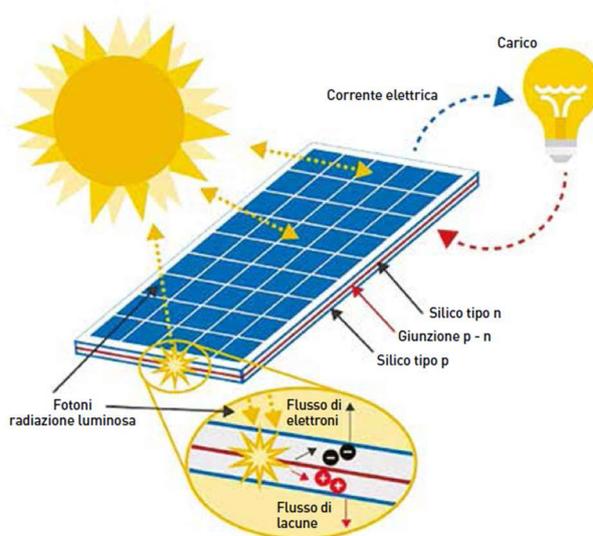
La corsa alla conquista dello Spazio degli anni Cinquanta e Sessanta fu un fattore di grande impulso anche per lo sviluppo dei sistemi di raccolta dell'energia solare, i quali trovarono larga applicazione nell'alimentazione delle utenze di bordo di satelliti e moduli orbitanti. Da allora, complici le crisi petrolifere dei decenni successivi, l'utilizzo di soluzioni energetiche basate sul solare si è esteso in modo massiccio anche ad altri contesti, dall'architettura sostenibile alle coltivazioni, dalle centrali elettriche ai mezzi di trasporto.

3. Gli impianti solari fotovoltaici

La principale applicazione dell'energia solare in senso moderno è rappresentata dagli **impianti fotovoltaici**, deputati alla produzione di **energia elettrica** a partire dalle radiazioni luminose. Come anticipato, tale sistema fonda il proprio funzionamento sull'effetto fotoelettrico, ossia sulla capacità posseduta da un materiale di rilasciare elettroni quando colpito da radiazioni, di cui l'effetto fotovoltaico è una manifestazione.

L'unità fondamentale di questa tipologia di impianti, ossia la **cella fotovoltaica**, ha dimensioni quadrate di circa 0,125 m per lato, mentre lo spessore, conseguente dalla sovrapposizione di più strati, è usualmente compreso tra 0,25 e 0,35 mm.

In tutte le celle è possibile distinguere uno strato P carico positivamente ed uno strato N carico negativamente; ad emettere elettroni è lo strato P, una volta colpito dai fotoni della radiazione solare. Ogni modulo presenta una coppia di morsetti d'uscita in corrispondenza dei quali è misurato il valore della potenza elettrica prodotta. L'efficienza del modulo è data dal rapporto tra potenza in uscita e irraggiamento solare, considerando come riferimento standard per quest'ultima grandezza il valore di 1000 W/mq. Il circuito che ne deriva è costituito da biossido di silicio e alluminio, con collegamenti metallici che consentono diverse combinazioni di serie e parallelo. Più celle possono essere assemblate a formare un modulo, comunemente detto **pannello**.



Le tipologie costruttive più comuni dei moduli fotovoltaici dipendono dal **materiale** utilizzato nella realizzazione della cella:

- **Silicio monocristallino**: moduli di colorazione blu scura, quasi nera, con celle dai bordi smussati e costituite da cristalli di silicio tutti orientati nella stessa direzione. In presenza di luce perpendicolare garantiscono un'efficienza nell'ordine del 18-21%;
- **Silicio policristallino**: moduli di colore blu quasi cangiante, con celle costituite da cristalli di silicio orientati in maniera non uniforme. Hanno un'efficienza inferiore (15-17%) se colpiti perpendicolarmente dai raggi del sole, ma consentono un migliore sfruttamento della radiazione nell'arco dell'intera giornata;

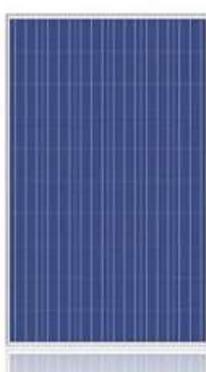
Monocristallini



Policristallini



Film sottile



• **Film sottile**: moduli ottenuti dall'assemblaggio di più celle di spessore inferiore; di minore efficienza, compresa tra 11% e 13%, sono idonei alle condizioni di luce diffusa e alle elevate temperature. Ammettono l'utilizzo di materiali alternativi quali il tellururo di cadmio o il diseleniuro di rame, indio o gallio.

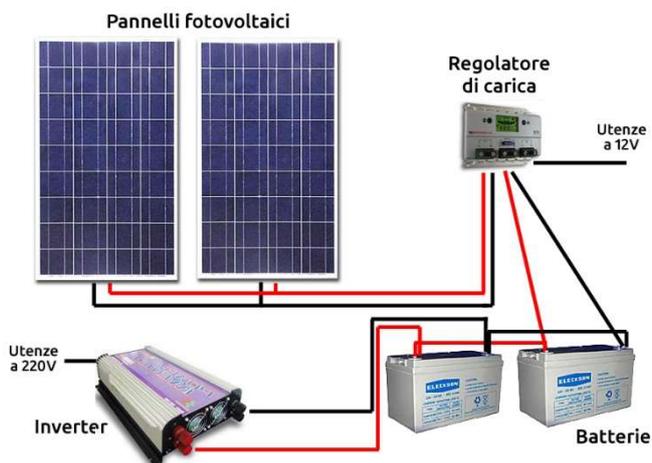


I pannelli fotovoltaici devono essere montati su appositi supporti in modo da garantire sempre la migliore esposizione possibile alla luce; sono stati inoltre sperimentati moduli a supporto girevole del tipo "a girasole", che consentono ai pannelli di ruotare alla ricerca di condizioni ideali di esposizione, imitando il comportamento naturale dell'omonima varietà di fiori.

La corrente continua prodotta dai campi fotovoltaici viene convertita in corrente alternata tramite un **inverter**, quindi portata al voltaggio necessario per il trasporto o l'utilizzo per mezzo di un trasformatore.

La vita tecnica media di una cella fotovoltaica rientra nell'ordine dei 25 anni.

Vantaggi e svantaggi del sistema solare fotovoltaico



Il principale svantaggio normalmente associato alla scelta degli impianti fotovoltaici è il **costo di produzione e installazione** degli stessi, tanto più se associati a utenze di piccola scala come le abitazioni, spesso di costruzione ormai datata e quindi equipaggiate con impianti elettrici desueti e di bassa efficienza energetica. A questo si aggiunge il carattere **incostante** della produzione di energia elettrica, dovuto alla mutevolezza del meteo e alle poche ore di luce soprattutto nei mesi invernali. Per questo motivo è preferibile l'installazione di una batteria di accumulatori in grado di immagazzinare l'energia prodotta in eccesso e rilasciarla quando invece la produzione risulti insufficiente.

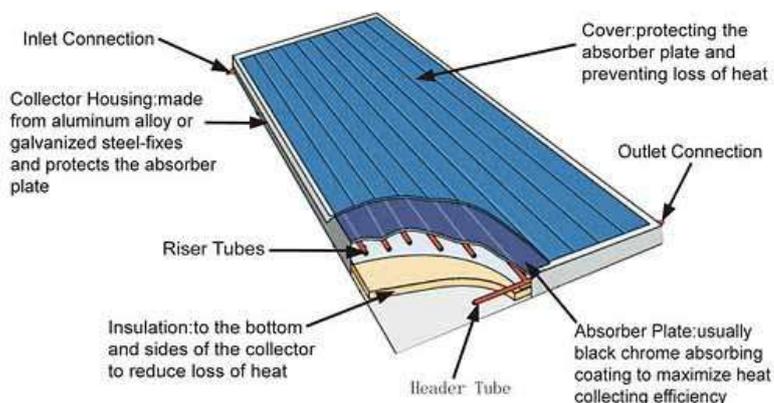
Fortunatamente, tuttavia, la mutata sensibilità delle istituzioni nei confronti dell'energia rinnovabile e della transizione ecologica ha reso possibile introdurre agevolazioni e sgravi fiscali per i cittadini che scelgono l'utilizzo di energia "green", il che consente un ammortamento più rapido dei costi iniziali di installazione anche degli impianti fotovoltaici; a titolo esemplificativo, un impianto della potenza di 3 kW presenta un costo di circa 6000 euro recuperabile tra i 4 e gli 8 anni, nonché un risparmio anche del 90% nella bolletta della corrente elettrica qualora si scelga l'opzione di abbinare ai moduli un impianto di accumulo.

4. Gli impianti solari termici

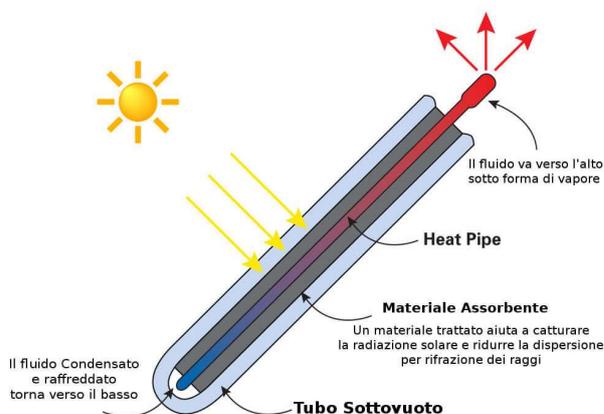
Un'altra possibile applicazione dell'energia solare risiede nel **riscaldamento dell'acqua** utilizzata dalle varie utenze casalinghe, dai sanitari agli elettrodomestici, nonché a livello di temperatura interna degli ambienti negli impianti più sofisticati.

Tutti gli **impianti termici** sono accomunati dall'utilizzo di un **fluido termovettore**, da non confondere con il fluido riscaldato successivamente impiegato a livello domestico. Il fluido più comune è costituito da una miscela di acqua e glicole propilenico antigelo, al fine di evitare eventuali danneggiamenti dovuti alle basse temperature. Anche in questo caso il riscaldamento del fluido termovettore avviene mediante una struttura a pannello, di cui esistono due principali tipologie costruttive:

- **Collettore a lastra piana:** è costituito da uno strato metallico di assorbimento del calore verniciato con colori scuri, al fine di limitare la riflessione, normalmente realizzato in rame; presenta tubi a sezione circolare in cui scorre il fluido termovettore. L'isolamento è realizzato in lana di roccia o schiuma di poliuretano. La presenza di una lastra superiore in vetro aumenta l'efficienza del pannello anche alle basse temperature, limitando la dispersione di calore per effetto serra; viceversa, l'utilizzo di tubi scoperti massimizza il rendimento alle alte temperature ma risulta inefficace in condizioni di basse temperature.



- **Collettore a tubi sottovuoto:** ogni tubo metallico contenente il fluido è inserito all'interno di un altro tubo in vetro, mentre nell'interstizio tra i due tubi è creato il vuoto. Questa soluzione sfrutta contemporaneamente le eccellenti capacità isolanti del vuoto e l'effetto serra originato dal vetro.



A propria volta, a seconda della tipologia di superficie di assorbimento, è possibile distinguere i moduli termici in due categorie:

- **Ad assorbimento selettivo:** la superficie di assorbimento è trattata con prodotti che limitano la dispersione del calore, originando un incremento dell'efficienza del 10-15%;
- **Ad assorbimento non selettivo:** la superficie di assorbimento è semplicemente verniciata in tonalità scure per assorbire la massima quantità di calore disponibile.

Gli studi più recenti hanno tuttavia aperto alla possibilità di utilizzare numerosi fluidi termovettori alternativi: oli idrocarburici come una miscela di bifenile ed ossido di bifenile, in grado di resistere a pressioni molto elevate e caratterizzati da un basso punto di congelamento, ideali pertanto anche alle basse temperature ma altamente deperibili al raggiungimento dei 400 °C; sali fusi come una miscela di nitrato di sodio e nitrato di potassio, efficienti anche a temperature nell'ordine dei 550 °C ma svantaggiosi a temperature molto basse a causa del punto di congelamento più alto rispetto agli idrocarburi; alcool e composti volatili dalle basse temperature di evaporazione, ideali ad ottenere un rendimento discreto anche in condizioni climatiche non ottimali.

Un impianto solare termico può inoltre essere classificato in base alle modalità di circolazione del fluido scelto all'interno delle tubazioni:

- Negli impianti **a circolazione naturale** il fluido riscaldato risale naturalmente per convezione verso l'alto, introducendosi nello scambiatore di calore per poi ridiscendere una volta ceduta la propria energia termica;
- Negli impianti **a circolazione forzata** il fluido viene pompato artificialmente nello scambiatore qualora dovesse trovarsi a temperatura superiore rispetto all'acqua

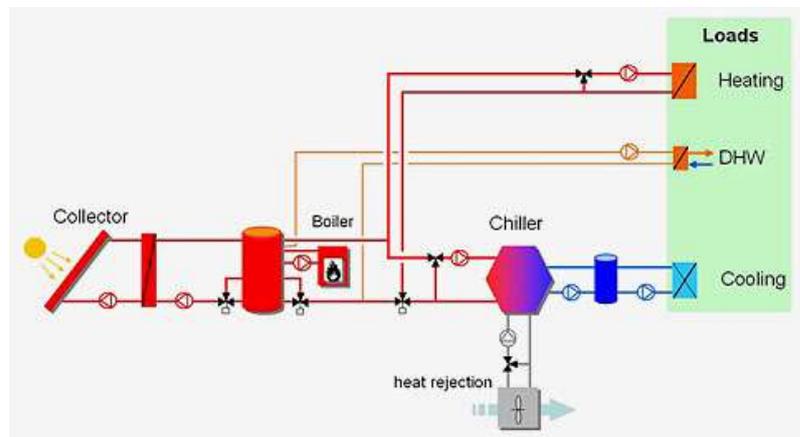
contenuta nello scambiatore stesso. Il controllo di questo impianto avviene mediante termocoppie, ossia sensori elettrici volti a rilevare e confrontare la temperatura dei fluidi;

- Negli impianti **a svuotamento** si ha circolazione del fluido soltanto in condizioni di necessità, mentre il sistema rimane a riposo quando la temperatura dell'acqua è già ottimale.

Indipendentemente dalla conformazione del collettore, l'utilizzo di un fluido che non coincide con l'acqua utilizzata dalle utenze richiede uno scambiatore di calore, ossia un serbatoio in cui il fluido termovettore, circolando all'interno di serpentine, ceda la propria energia termica all'acqua contenuta nel serbatoio stesso. A tal proposito, è ormai superato il riscaldamento diretto dell'acqua poi impiegata dagli utenti a causa dell'impossibilità di uno stoccaggio efficace.

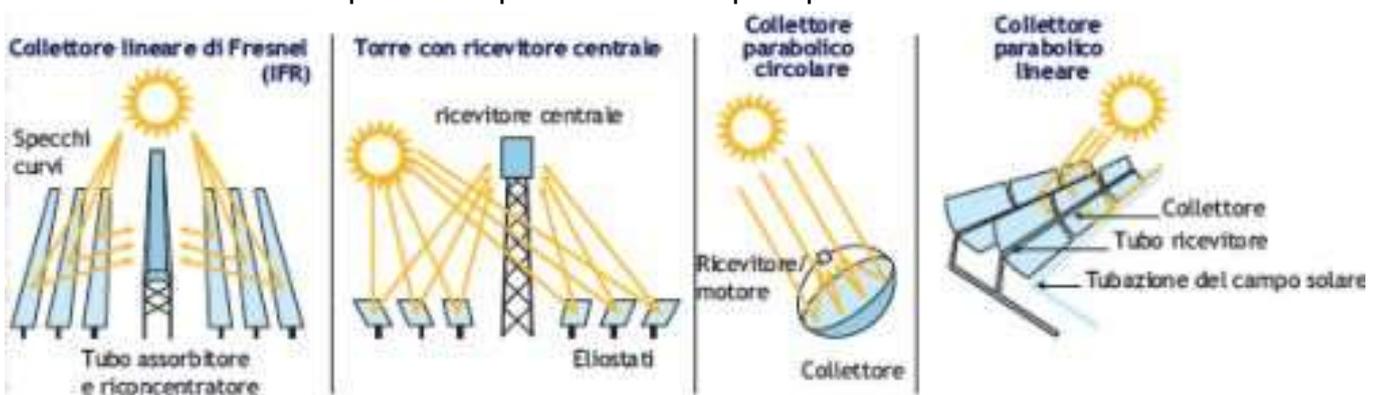
Un caso particolare è rappresentato dai **collettori ad aria**, i quali prevedono il riscaldamento di aria a ritmo molto lento, mediante una prolungata permanenza del fluido gassoso all'interno del collettore.

Gli impianti solari termici, come anticipato, possono essere utilizzati per il riscaldamento di acqua ad uso sanitario ma non solo. Nel caso degli impianti ad aria non è infrequente l'utilizzo come impianto di riscaldamento di ambienti interni; più avveniristico è invece il sistema cosiddetto di **solar-cooling**, per la climatizzazione estiva delle abitazioni, basato su macchine frigorifere alimentate interamente dal fluido termovettore riscaldato per via solare.



In ogni caso, l'immissione dell'acqua riscaldata nell'impianto idraulico è condizionata dalla presenza di valvole di sicurezza le quali ne impediscono l'uscita a temperature superiori a 45-50 °C, sebbene all'interno del pannello si possano raggiungere facilmente le centinaia di gradi centigradi.

È altresì possibile l'utilizzo della soluzione solare nell'ambito di **impianti termoelettrici**, laddove l'acqua riscaldata dai collettori raggiunge temperature tali da trasformarsi in vapore, al fine di azionare una turbina collegata ad un alternatore per la produzione di energia elettrica. Un esempio di impianto termoelettrico-solare è rappresentato dalle **centrali a concentrazione**, nelle quali un sistema di specchi posto in cima ad una torre riflette i raggi solari al fine di garantire l'adeguata illuminazione di un'intera superficie circostante, ricoperta da collettori termici deputati alla produzione di vapore per l'azionamento di turbine.



Vantaggi e svantaggi del sistema solare termico

Analogamente a quanto visto per il sistema fotovoltaico, la convenienza economica dei sistemi a collettore termico risulta aumentata in epoca contemporanea grazie all'istituzione di appositi incentivi e detrazioni che ne incoraggino l'utilizzo da parte di tutti i cittadini, tanto a livello di abitazioni quanto di industrie. Da questo punto di vista, la vita tecnica ideale di un impianto termico risulta pari a 15-20 anni, con un tempo di ammortamento massimo di 10 anni in assenza di politiche fiscali ad hoc. Inoltre, impianti di questo tipo si fondano su tecnologia accessibile e non particolarmente complessa, dai limitati costi di realizzazione e di smaltimento, e se integrati all'impianto di riscaldamento preesistente garantiscono un'adeguata flessibilità di utilizzo in relazione alle condizioni atmosferiche. Proprio gli **eventi meteorologici**, tuttavia, rappresentano il principale fattore d'inefficienza di tali sistemi, i quali risultano poco indicati in presenza di un clima instabile e mutevole; l'assenza di sistemi di stoccaggio adeguati **impedisce** inoltre la **conservazione** dell'energia prodotta in eccesso in vista di un utilizzo in caso di necessità, come invece possibile nel caso dei pannelli fotovoltaici. In quanto fondati sulle proprietà dei fluidi, infine, i sistemi a collettore risultano più **esposti a fenomeni di surriscaldamento e deterioramento**.

5. Conclusioni

La tematica contemporanea dei cambiamenti climatici rende indispensabile che si favoriscano l'innovazione tecnica e la ricerca volta a rendere finalmente competitive numerose tecnologie fondate sulle energie rinnovabili, in modo che esse stesse possano costituire valide alternative ai combustibili fossili e pertanto diffondersi in modo capillare in numerosi ambiti della quotidianità. Da questo punto di vista, i **progressi** nel campo degli impianti solari sono **notevoli**, ma vi è sempre un ampio margine di miglioramento che possa rendere questa soluzione applicabile non solo su larga scala, ma anche e soprattutto in realtà circoscritte e di piccole dimensioni; solo in tal senso la corsa alle energie rinnovabili potrà dirsi realmente universale ed omnicomprensiva.