



IL FOTOVOLTAICO

Cosa è un impianto fotovoltaico? Un impianto fotovoltaico è un impianto elettrico che sfrutta l'energia solare per produrre energia elettrica mediante effetto fotovoltaico. Questi impianti permettono di trasformare, direttamente e istantaneamente, l'energia solare in energia elettrica senza l'uso di alcun combustibile. Questo è possibile sfruttando il cosiddetto "effetto fotoelettrico", cioè la capacità che hanno alcuni semiconduttori opportunamente trattati, "drogati", di generare elettricità se esposti alla radiazione luminosa, infatti all'interno del sole, a temperature di alcuni milioni di gradi centigradi, avvengono incessantemente reazioni termonucleari di fusione che liberano enormi quantità di energia sotto forma di radiazioni elettromagnetiche.

Una parte di questa energia, dopo aver attraversato l'atmosfera, arriva al suolo con un'intensità di circa 1.000W/m². Questo enorme flusso di energia che arriva sulla Terra è pari a circa 15.000 volte l'attuale consumo energetico mondiale. Di questa energia, però, solo una parte può essere utilizzata dagli impianti fotovoltaici.

La quantità di energia solare 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 (kWh/m²/giorno). Il valore istantaneo della radiazione solare incidente sull'unità di superficie viene invece denominato radianza (kW/m²).

L'irraggiamento è influenzato dalle condizioni climatiche locali (nuvolosità, foschia ecc..) e dipende dalla latitudine del luogo, cresce cioè quanto più ci si avvicina all'equatore. In Italia, l'irraggiamento medio annuale varia dai 3,6kWh/m²/giorno della pianura padana ai 4,7kWh/m²/giorno del centro Sud e ai 5,4kWh/m²/giorno della Sicilia.

Risulta evidente quindi che nel nostro paese le regioni del meridione sono decisamente più favorevoli allo sviluppo di questo genere di tecnologia a causa del loro maggiore irraggiamento.

L'IMPIANTO FOTOVOLTAICO

Un impianto 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 dalla struttura di sostegno.

Il componente elementare di un generatore fotovoltaico è la cella. È lì che avviene la conversione della radiazione solare in corrente elettrica.

Essa è costituita da una sottile fetta di un materiale semiconduttore, quasi sempre silicio opportunamente trattato, dello spessore di circa 0,3mm. Può essere rotonda o quadrata e può avere una superficie compresa tra i 100 e i 225cm².

La cella si comporta come una minuscola batteria e nelle condizioni di soleggiamento tipiche dell'Italia (1kW/m²), alla temperatura di 25°C fornisce una corrente di 3A, con una tensione di 0,5V e una potenza pari a 1,5-1,7Wp. In commercio troviamo i moduli fotovoltaici che sono costituiti da un insieme di celle. I più diffusi sono costituiti da 36 celle disposte su 4 file parallele collegate in serie. Hanno superfici che variano da 0,5 a 1m² e permettono l'accoppiamento con gli accumulatori da 12Vcc nominali.

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

Più pannelli collegati in serie costituiscono una stringa. Più stringhe, collegate generalmente in parallelo per fornire la potenza richiesta, costituiscono il generatore fotovoltaico.

Cerchiamo ora di comprendere in che modo la cella compie il suo lavoro.

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

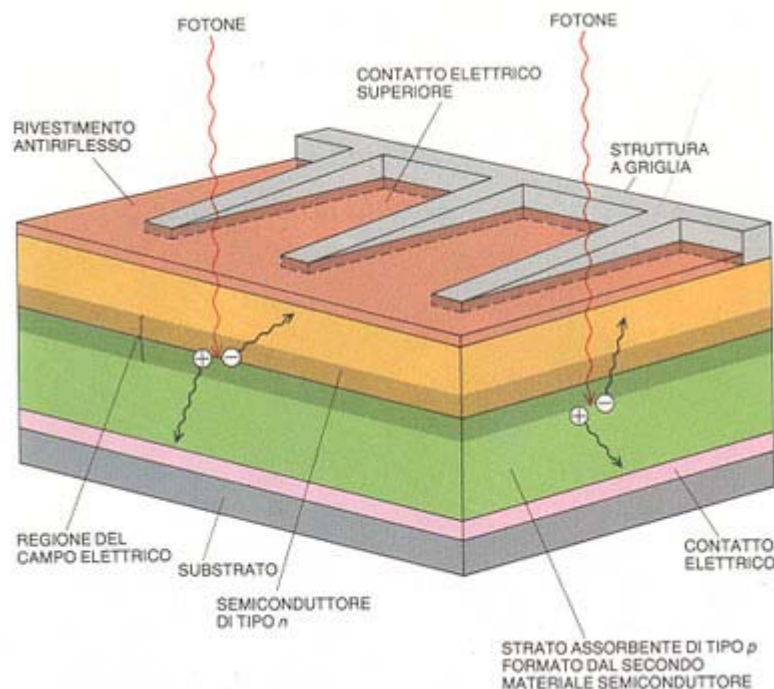


fotovoltaico, si generano delle cariche elettriche e, se le due facce della cella sono collegate ad un utilizzatore, si avrà un flusso di elettroni sotto forma di corrente elettrica continua.

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, ma ha rendimenti leggermente inferiori del monocristallino.

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 (1kW/m²), alla temperatura di 25°C fornisce una corrente di 3A, con una tensione di 0,5V e una potenza pari a 1,5-1,7Watt 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.



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 alterna, adattandola alle esigenze dell'utenza finale.

Il sistema di condizionamento e controllo della potenza invece 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 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 CLASSIFICAZIONE

Gli impianti fotovoltaici sono generalmente suddivisi in due grandi famiglie: impianti ad isola, in inglese detti "stand-alone", e impianti connessi ad una rete di distribuzione esistente gestita da terzi, in questo caso si parla di impianti "grid-connect".

IMPIANTI FOTOVOLTAICI A ISOLA

Sono impianti 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 dall'impianto 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. 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.

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.

IMPIANTI COLLEGATI ALLA RETE (GRID-CONNECTED)

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 può essere trasferito alla rete o accumulato. Un inverter trasforma la 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.

GLI IMPIANTI INTEGRATI

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 50x50cm a 210x350cm.

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.

PRODUZIONE E COSTI DELL'ENERGIA

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 0,3-0,4kWh al giorno nel periodo invernale, e 0,6-0,8kWh in quello estivo.

CAPACITA' PRODUTTIVA DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO			
localizzazione dell'impianto	Moduli in silicio monocristallino	Moduli in silicio policristallino	Energia utile per 1kWp installato
	kWh/(m2 anno)	kWh/(m2 anno)	kWh/(kWp anno)
Nord	150	130	1.080
Centro	190	160	1.350
Sud	210	180	1.500

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.

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 prodotto con le 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 5.000 - 6.000 €/kWp, dove il valore superiore si riferisce ad impianti di piccola taglia e quello inferiore a quelli di taglia elevata.

Prendiamo in considerazione una famiglia di 4 persone che vive nell'Italia centrale.

Il consumo elettrico medio annuo è di circa 2.500kWh. Per far fronte a tale domanda di energia si può utilizzare un impianto fotovoltaico con moduli in silicio policristallino che sono i più economici.

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

Considerando che ogni modulo occupa 0,5m², saranno dunque necessari 32 moduli. Ai costi di mercato attuali, il costo di questo impianto può essere stimato in circa 15.000 €, IVA esclusa. 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. 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 anni".

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

Per quel che riguarda gli incentivi ed il conto energia vi rimandiamo ad un altro nostro approfondimento che potete trovare [cliccando qui](#).

RICERCA E INNOVAZIONI

La ricerca in campo fotovoltaico è indirizzata verso il miglioramento del rapporto fra efficienza e costo del modulo fotovoltaico. Il basso valore di questo rapporto costituisce il limite più forte all'affermazione su grande scala di questa tecnologia energetica il che si traduce in un alto costo per kilowattora prodotto almeno nel periodo di ammortamento dell'impianto. Quindi la ricerca si indirizza verso la scoperta di materiali semiconduttori e tecniche di realizzazione che coniughino il basso costo con un'alta efficienza di conversione.

Presso l'Università di Toronto nel 2005 è stato inventato un materiale plastico che sfrutta nanotecnologie per convertire in elettricità i raggi solari anche nella banda dell'infrarosso, e che quindi funziona anche con il tempo nuvoloso[2]. Gli autori della ricerca sperano che costruendo pannelli fotovoltaici con questo materiale si possano ottenere prestazioni cinque volte superiori al silicio, tanto che una copertura dello 0,1% della superficie terrestre sarebbe sufficiente a sostituire tutte le attuali centrali elettriche. Il materiale può essere spruzzato su una superficie, come un vestito o la carrozzeria di un'automobile.

Il neonato 'fotovoltaico organico' consente un abbattimento dei costi, pur senza aumento di efficienza. Questa tecnologia usa pigmenti organici al posto dei semiconduttori inorganici e può sfruttare economiche tecniche realizzative di fotolitografia.

Dati i lenti ma continui progressi nel campo non si può escludere a priori in senso assoluto che nei prossimi decenni la ricerca riesca ad ottenere quegli importanti risultati o innovazioni tali da rendere questa tecnologia competitiva nel mercato mondiale dell'energia, sia pure con i dovuti limiti connessi alla limitazione delle ore di luce durante il giorno ovvero all'incostanza di produzione.



BENEFICI PER L'AMBIENTE

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 CO₂, 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 1,5kWp, in grado di coprire i due terzi del fabbisogno annuo di energia elettrica di una famiglia media italiana (2.500kWh), produrrà, nell'arco della sua vita efficace, quasi 60.000kWh, con un risparmio di circa 14 tonnellate di combustibili fossili, evitando l'emissione di circa 40 tonnellate di CO₂.