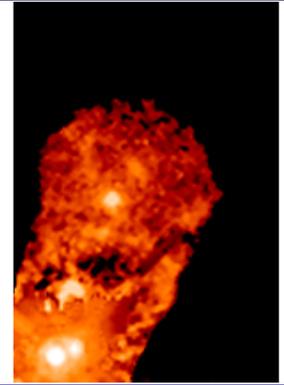
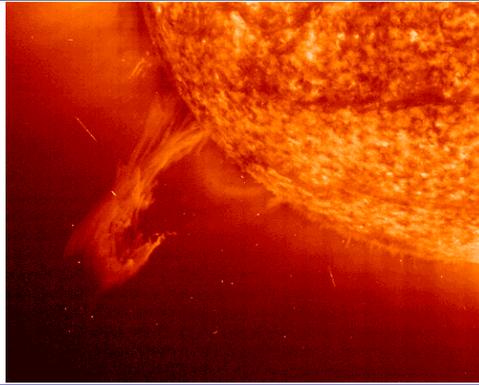
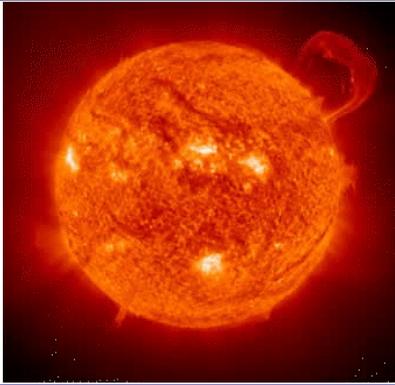


IL SOLE IRRAGGIAMENTO DELLE TERRA E PANNELLI FOTOVOLTAICI



Il Sole

Il Sole è la stella a noi più vicina e quella che consente la vita sulla Terra. Il Sole è una sfera con un diametro di 1,4 milioni di chilometri (109 volte quello della Terra) e una massa circa 300.000 più grande di quella terrestre.

È formato per il 75% da idrogeno, il 23% di elio e solo il 2% di elementi più pesanti. Produce il proprio calore trasformando l'idrogeno in elio nella sua parte più interna, dove la temperatura raggiunge i 15 milioni di gradi centigradi (alla superficie la temperatura è di circa 6000 gradi centigradi). La reazione di trasformazione si chiama fusione nucleare e mette insieme quattro nuclei di idrogeno (protoni) per formare un nucleo di elio, liberando grandi quantità di energia. Questa energia, sotto forma di fotoni, si irradia nello spazio.

Si definisce costante solare, la radiazione che incide perpendicolarmente su una superficie unitaria posta al limite superiore dell'atmosfera ed è pari a 1350 watt per metro quadrato. Questo valore, moltiplicato per la superficie della sezione della Terra (raggio medio terrestre al quadrato per π greco) ci fornisce la quantità di energia che la Terra riceve dal Sole ogni secondo: 173.000 terawatt.

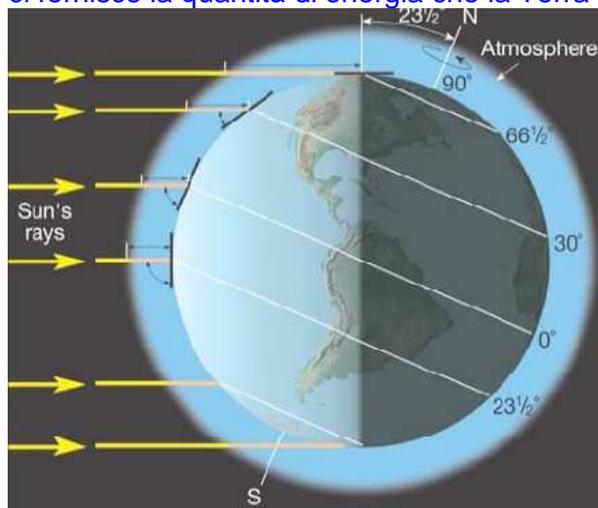
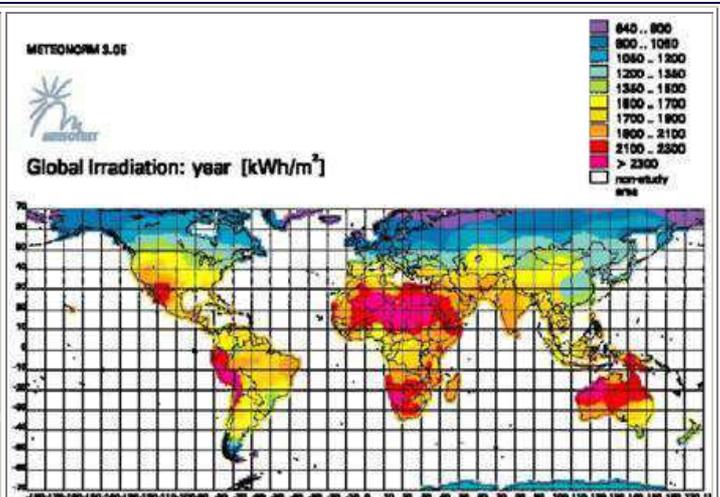
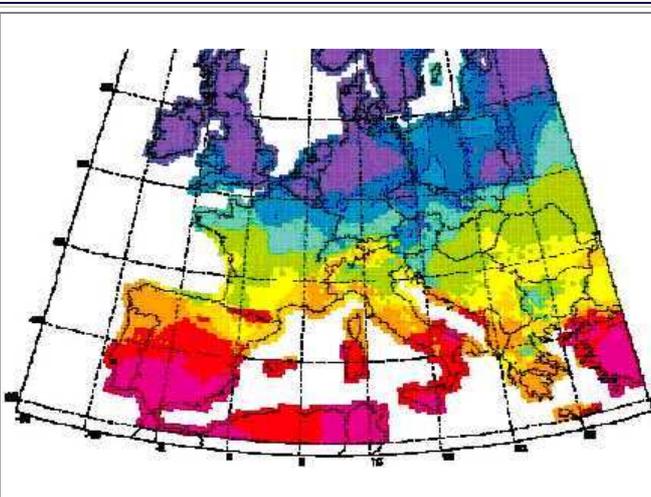


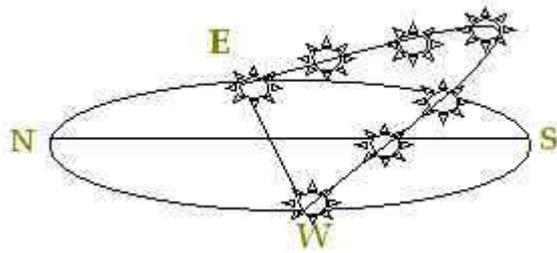
FIG: INVERNO RAGGI PERPENDICOLARI TROPICO CAPRICORNO

IL SOLE È A SUD DELL'EQUATORE DALL'AUTUNNO ALLA PRIMAVERA, ED È A NORD DELL'EQUATORE DALLA PRIMAVERA ALL'AUTUNNO



Irraggiamento solare terra

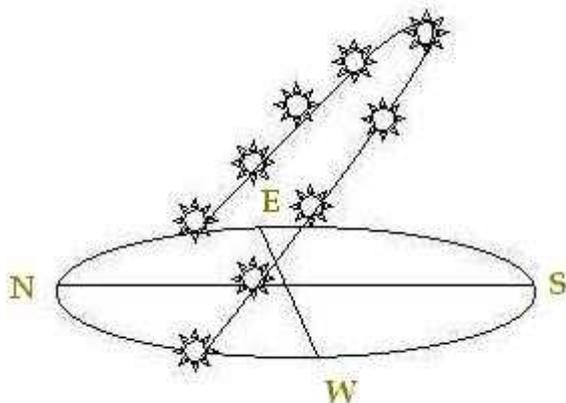
Equinozio di primavera e autunno



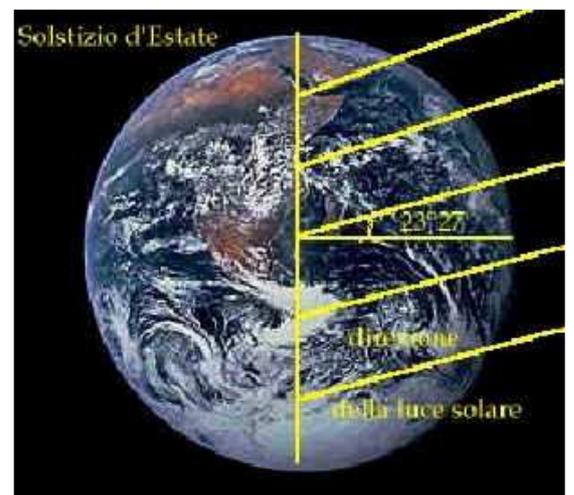
Il Sole sorge ad Est culmina a Sud e tramonta a Ovest. La durata del giorno è uguale alla durata della notte.



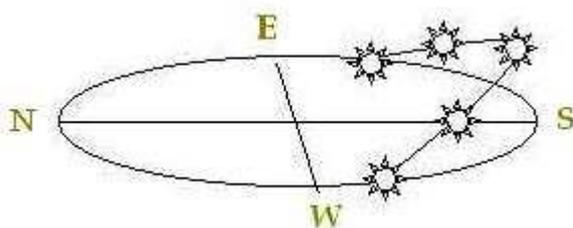
Solstizio d'estate



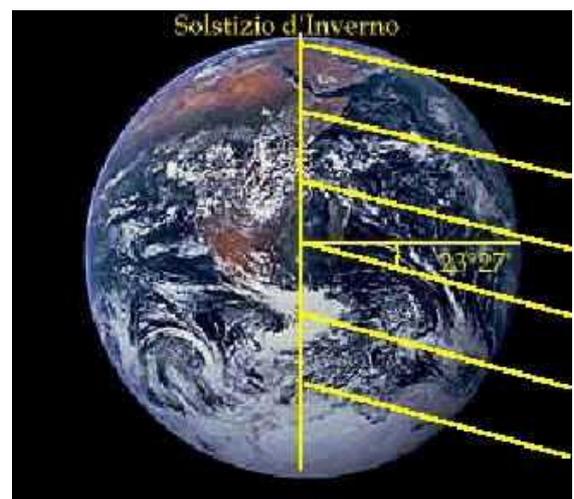
Il Sole sorge a Nord-Est culmina a Sud e tramonta a Nord-Ovest. La durata del giorno è maggiore della durata della notte.



Solstizio d'inverno



Il Sole sorge a Sud-Est culmina a Sud e tramonta a Sud-Ovest.
La durata del giorno è minore alla durate della notte.



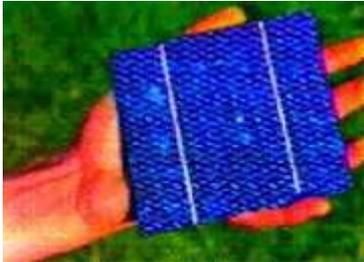
In ogni caso, per tutto l'anno il Sole:

- culmina sempre a Sud.
- compie uno spostamento angolare di 15° ogni ora.

I pannelli solari fotovoltaici

Il fotovoltaico è una tecnologia che consente di trasformare direttamente la luce solare in energia elettrica sfruttando il cosiddetto effetto fotovoltaico.

Esso si basa sulle proprietà che hanno alcuni materiali semiconduttori come il silicio che, opportunamente trattato, genera energia elettrica quando viene colpito dalle radiazioni solari.



Le celle fotovoltaiche sono il dispositivo più elementare capace di operare tale conversione; ogni cella produce circa 1,5 watt di potenza in condizioni standard, cioè quando si trova ad una temperatura di 25 gradi centigradi ed è sottoposta ad una potenza della radiazione pari a 100 watt al metro quadro. La potenza in uscita da un impianto fotovoltaico in condizioni standard si chiama "potenza di picco" (Wp): esprime la potenza elettrica erogata da un generatore fotovoltaico con un irraggiamento di 1.000 watt per metro quadro, temperatura dei moduli di 25 gradi centigradi e una massa d'aria pari a 1,5. In realtà l'energia elettrica prodotta è minore del valore del picco a causa delle temperature più elevate e dei valori più bassi della radiazione.

Molte celle assemblate e collegate tra loro in un'unica struttura formano un modulo fotovoltaico. Il modulo tradizionale è formato da una serie di 36 celle, per ottenere una potenza in uscita di circa 50 watt, ma attualmente, soprattutto per esigenze architettoniche, si trovano in commercio moduli con un numero molto più alto di celle e quindi si raggiungono potenze fino a 200 watt per ogni singolo modulo. Per aumentare la potenza elettrica è necessario collegare più moduli: più moduli formano un pannello e, analogamente, più pannelli formano una stringa.

Il *pannello solare piano ad assorbimento* è quello più diffuso; è composto da una lastra metallica nera, nella quale sono realizzati, con apposite tecnologie, dei piccoli canali dove scorre il fluido termovettore; l'assorbitore è alloggiato in una scatola coibentata e chiusa da una superficie vetrata capace di recuperare gran parte del calore che produce, per l'effetto serra che essa provoca. Il rendimento che questo dispositivo raggiunge è così del 60%.



Distribuzione della radiazione solare sulla Terra

Il Sole illuminerà e riscalderà la Terra fino a quando non si saranno esaurite le sue riserve d'idrogeno, ovvero tra circa 5 miliardi di anni.

La radiazione solare raggiunge la superficie terrestre in maniera non omogenea. Ciò dipende dalla sua interazione con l'atmosfera e dall'angolo d'incidenza dei raggi solari. L'angolo d'incidenza varia in base a due fattori: la rotazione della Terra intorno al proprio asse, determinante per l'alternarsi del giorno con la notte, e l'inclinazione dell'asse terrestre rispetto al piano dell'orbita, che provoca una variazione stagionale dell'altezza massima del Sole sull'orizzonte.

Quando il Sole è perpendicolare alla superficie terrestre, si ha la massima concentrazione dei suoi raggi al suolo. Invece, se i raggi solari raggiungono la superficie terrestre con una certa inclinazione, la stessa quantità di energia si disperde su una superficie più grande. Per questo l'energia solare può essere sfruttata con la massima intensità solo entro una fascia compresa tra il 45° di latitudine nord e sud.



INSEGUITORI CLASSIFICAZIONE

Classificazione

In base alle loro caratteristiche costruttive, gli inseguitori solari vengono suddivisi in base a:

- Numero di gradi di libertà offerti al pannello che ospitano;
- Alimentazione fornita al meccanismo di orientamento;
- Tipologia di comando elettronico.

Gradi di libertà

Gli inseguitori solari sono in grado di offrire al pannello una libertà di movimento mono o biassiale.

Inseguitori ad un grado di libertà

Asse X

Gli inseguitori di tilt (ovvero beccheggio) sono i più semplici da realizzare, e ruotano attorno all'asse est-ovest. Il pannello fotovoltaico viene sollevato o abbassato (in genere manualmente due volte l'anno) verso l'orizzonte in modo che l'angolo rispetto al suolo sia statisticamente ottimale in base alla stagionalità. All'atto pratico un inseguitore di tilt viene realizzato impiegando profili meccanici telescopici in modo da sollevare o abbassare il pannello fotovoltaico rispetto all'orizzonte. Concettualmente simili al ripiano sollevabile di un banco di scuola, questi inseguitori offrono un incremento di produzione inferiore al 10%, tanto da giustificare raramente un servomeccanismo.

Asse Y

Gli inseguitori di rollio si prefiggono di seguire il sole lungo la volta celeste nel suo percorso quotidiano, a prescindere dalla stagione di utilizzo. In questo caso l'asse di rotazione è nord-sud, mentre l'altezza del sole rispetto all'orizzonte viene ignorata. Questi inseguitori sono particolarmente indicati per i paesi



a bassa latitudine (Italia compresa, specialmente al sud), in cui il percorso del sole è mediamente più ampio durante l'anno. La rotazione richiesta a queste strutture è più ampia del tilt, spingendosi a volte fino a $\pm 60^\circ$. Questi inseguitori fanno apparire ogni fila di moduli fotovoltaici come uno *spiedino* orientato verso l'equatore.

Una caratteristica avanzata di questi inseguitori è detta *backtracking*, e risolve il problema degli ombreggiamenti che inevitabilmente le file di moduli fotovoltaici causano all'alba e al tramonto sollevandosi verso l'orizzonte. Questa tecnica prevede che i servomeccanismi orientino i moduli in base ai raggi solari solo nella fascia centrale della giornata, ma invertano il tracciamento a ridosso di alba e tramonto. La posizione notturna di un campo fotovoltaico con backtracking è perfettamente orizzontale rispetto al suolo, e dopo l'alba il disassamento dell'ortogonale dei moduli rispetto ai raggi solari viene progressivamente ridotta mano a mano che le ombre lo permettono. Prima del tramonto viene eseguita un'analoga procedura al contrario, riportando il campo fotovoltaico in posizione orizzontale per il periodo notturno.

Asse Z

Gli inseguitori di azimuth (ovvero imbardata) dispongono di un grado di libertà con asse zenith-nadir. Per ottenere ciò il pannello viene montato a bordo di una base rotante servoassistita, complanare al terreno. L'incremento di produzione elettrica risultate è approssimativamente pari al 25%.

Inseguitori a due gradi di libertà

Gli inseguitori più sofisticati dispongono di due gradi di libertà, con cui si prefiggono di allineare perfettamente e in tempo reale l'ortogonale dei pannelli fotovoltaici con i raggi solari. Il modo più economico, ma non l'unico, per realizzarli è montare un inseguitore a bordo di un altro. Con questi inseguitori si registrano aumenti di produzione elettrica che raggiungono anche il 30%, a fronte però di una maggior complessità costruttiva.

Alimentazione

In base all'alimentazione necessaria al movimento degli inseguitori, possiamo suddividerli in:

- Inseguitori attivi, nel caso vengano messi in movimento da motoriduttori.
- Inseguitori passivi, nel caso vengono messi in movimento da fenomeni fisici autonomi, quale la dilatazione termica di gas o quant'altro.

Tipologia di comando

Gli inseguitori (in particolar modo quelli attivi) si distinguono a loro volta sulla base della tipologia del comando elettronico che pilota il movimento in:

- Analogici, in cui il comando è generato sulla base delle informazioni di un sensore che individua la posizione del punto più luminoso nel cielo.
- Digitali, in cui il comando proviene da un microprocessore che, tramite sue tabelle memorizzate, conosce in ogni momento la posizione del sole nel cielo. Questo tipologia di pilotaggio garantisce una maggior produttività, soprattutto nelle giornate di bassa radiazione solare.

Inclinazione dei pannelli

Si definisce inclinazione di un pannello solare l'angolo minore che esso forma con un pavimento orizzontale.

Sono diversi gli aspetti da tenere in considerazione nella determinazione della inclinazione ottimale. Non può essere data una singola soluzione generale.

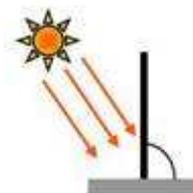
Ogni pannello, di qualsiasi tipo si tratta, sarà più sensibile e avrà un rendimento maggiore quando i raggi solari lo colpiscono in maniera perpendicolare al piano. Questo, perché sempre secondo la legge di Lambert l'energia di una radiazione è proporzionale all'angolo incidente.

Perciò, quando un pannello sarà posto in posizione orizzontale, sarà molto più sensibile alle radiazioni che provengono in verticale.

Perciò, avrà un rendimento maggiore quando il sole sarà alto nel cielo, come nei periodi estivi, ma avrà un rendimento molto basso in inverno quando la domanda di energia è in genere più alta. Questa posizione presenta qualche svantaggio per i pannelli solari termici, in quando la notte, siccome vede una più ampia sezione fredda della volta celeste, esso verrà raffreddato più velocemente.



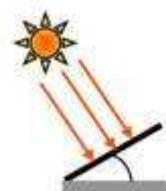
Quando un pannello solare è posto in verticale, si potrà scegliere anche un orientamento del pannello: se posizionarlo che guardi verso sud, est, ovest o nord (come vedremo dopo). In ogni modo, un pannello posizionato in verticale sarà più sensibile alle radiazioni orizzontali, e perciò avrà un maggiore rendimento in inverno, quando il sole si presenta più basso. Durante la stagione estiva, invece, avrà un rendimento più basso, nonostante l'apporto di energia da parte del sole sia molto maggiore.



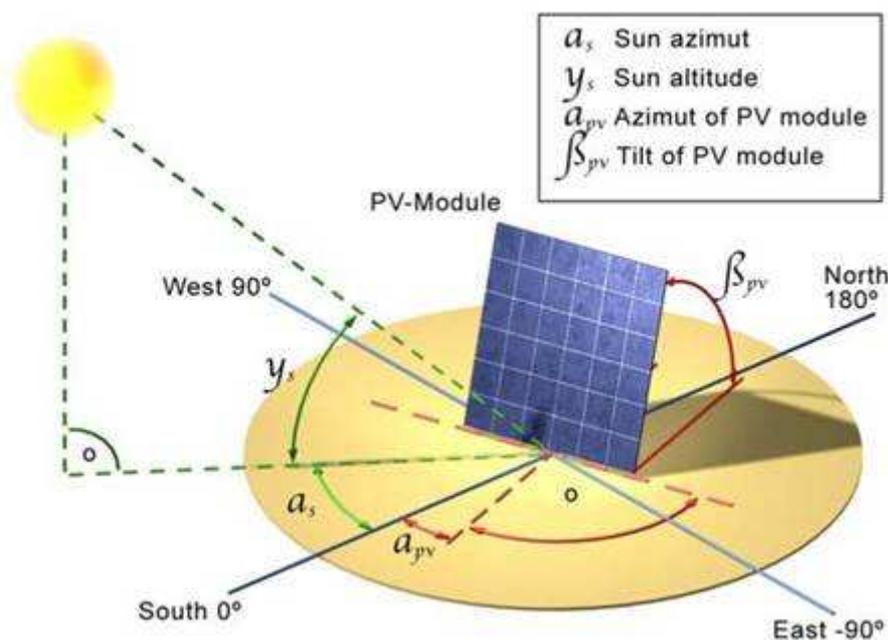
In genere si cerca un equilibrio tra quello che è il piano orizzontale e quello verticale così da cercare di riunire in una certa misura i vantaggi delle due possibilità. La scelta dell'angolo va fatta pensando alle caratteristiche specifiche e alla applicazione del pannello. Spesso, anche la struttura stessa del luogo dove il pannello verrà montato assume un ruolo decisivo durante la scelta dell'angolo e del posizionamento del pannello.

Per l'applicazione di impianti di riscaldamento di piscine, i pannelli sono anche spesso orizzontali dato che l'impianto solare termico si utilizza pressoché solo durante la bella stagione. L'inclinazione scelta maggiormente alle nostre latitudini per applicazioni generiche si aggira intorno ai 30-40° a dipendenza delle applicazioni e della tecnologia del pannello.

Questo perché l'inclinazione ottimale per avere il massimo rendimento solare da un pannello durante l'arco di tutto l'anno è di circa 30-35°.



Orientamento dei pannelli

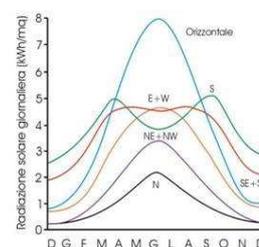


Per orientamento di un sistema solare si intende la direzione verso la quale il pannello "guarda". Come riferimento a zero gradi è il sud. Se il pannello sarà rivolto più verso ovest si avrà un angolo positivo, se verso est si avrà un angolo negativo.

La scelta di un orientamento per una pannello solare ha senso solo in caso di un pannello inclinato o verticale. Nel grafico sottostante è possibile vedere la radiazione solare media giornaliera durante tutto l'anno su un pannello solare orizzontale e su un pannello solare verticale orientato ai quattro cardini.

Per la scelta del posizionamento e della inclinazione del pannello si può indicare che tanto più la disponibilità di energia solare coincide nel tempo con il fabbisogno di energia, tanto più sarà la resa dell'impianto. Infatti, è vero che esistono degli accumulatori per ovviare al problema tempo di domanda / tempo di offerta di energia, ma se la domanda coincide con l'offerta si possono ottenere dei vantaggi in termini di guadagno energetico!

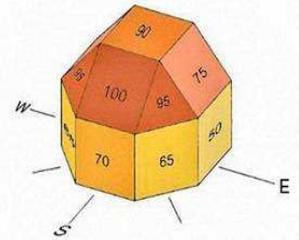
Perciò la domanda di energia può influenzare la scelta dell'orientamento



ottimale. Se per esempio la domanda di calore nel mattino è più bassa che nel pomeriggio, un orientamento verso il sole pomeridiano a sud-ovest può essere più vantaggioso. Inoltre bisogna tenere presenti eventuali ostacoli che possono essere presenti: come struttura del terreno nelle vicinanze, montagne, edifici vicini, ecc... essi possono oscurare per parte della giornata il pannello provocandone una forte diminuzione del rendimento. Se ad esempio un grosso palazzo nelle vicinanze oscura il sole del tardo pomeriggio, può rivelarsi molto profittevole inclinare i pannelli sud-est.

Se il piano del collettore non è rivolto esattamente a sud, la quantità di energia utile raccolta si riduce, anche se solo leggermente fino ad un angolo di 30° verso est o ovest. Dai 30° in poi l'efficacia di un collettore solare può essere notevolmente ridotta.

Il disegno qui riportato indica l'energia media annua per diverse superfici a diverse inclinazioni. Come si può ben vedere la massima energia avviene per un pannello inclinato a circa 30° rivolto a sud.



Gli impianti fotovoltaici

L'impianto fotovoltaico è l'insieme di componenti meccanici, elettrici ed elettronici che captano l'energia solare, la trasformano in energia elettrica, fino a renderla disponibile all'utilizzo da parte dell'utente finale. (Vedi immagine)

Esistono due tipi di sistemi fotovoltaici: gli impianti con accumulo e quelli senza. I primi sono provvisti di batterie al piombo per accumulare energia elettrica durante le ore di Sole, utilizzandola poi quando il Sole non c'è.

Impianti isolati

Sono i sistemi non collegati alla rete elettrica nazionale che alimentano direttamente delle apparecchiature. Posseggono anche un sistema di batterie che garantisce l'erogazione di corrente anche nelle ore di minore illuminazione o di buio. Questi impianti risultano tecnicamente ed economicamente vantaggiosi nei casi in cui la rete elettrica è assente o difficilmente raggiungibile. 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 al Sud, nelle isole e sull'arco alpino.

Attualmente le applicazioni più diffuse servono per alimentare:

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

Impianti collegati con una rete elettrica

Sono impianti stabilmente collegati alla rete elettrica nazionale. 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. Tali sistemi non hanno bisogno di batterie perché la rete di distribuzione sopprime alla fornitura di energia elettrica nei momenti di indisponibilità della radiazione solare.

Sono stati realizzati impianti centralizzati di produzione di energia elettrica fotovoltaica di grande

potenza. Tra i principali impianti solari in Italia spicca la centrale ENEL di Serre, in provincia di Salerno. Entrato in funzione alla fine del 1994, questo impianto è attualmente il più grande d'Europa, con una superficie totale di sette ettari, una potenza di 3,3 megawatt e una produzione annua di 3,6 milioni di chilowattora.

In realtà, attualmente si vanno sempre più diffondendo, grazie anche agli incentivi pubblici, piccoli sistemi distribuiti sul territorio con potenza non superiore a 20 chilowatt (intesa come potenza di picco). Gli impianti più diffusi hanno potenze tra 1,5 e 3 chilowatt. Questi impianti vengono installati sui tetti o sulle facciate degli edifici e contribuiscono a soddisfare la domanda di energia elettrica degli utenti.

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 gradi rispetto al piano orizzontale. Ma anche la disposizione sul piano verticale del palazzo, cioè in facciata, riesce a conseguire ottimi risultati. Naturalmente l'importante è posizionare il pannello in modo da evitare zone d'ombra.

GLOSSARIO

Declinazione d:

la sua distanza sferica dall'equatore. Si misura in gradi da 0° a 90° verso i poli celesti, e ha valor e positivo se l'astro si trova nell'emisfero nord, negativo se si trova nell'emisfero sud. La declinazione solare agli equinozi è di 0° poiché sono sull'equatore, il solstizio estivo ha una declinazione di +23°27', il solstizio invernale ha di -23°27'.

Altezza solare a:

è l'angolo formato tra la direzione dei raggi solari e il piano orizzontale.

Zenit z:

è il punto più elevato sull'osservatore terrestre, dove passa la verticale del luogo di osservazione.

Asse di rotazione:

è la retta, passante per il centro della sfera, attorno alla quale la sfera ruota su se stessa.

Solstizi:

sono i due punti dove l'eclittica raggiunge la massima distanza dall'equatore. Il Sole vi transita all'inizio dell'estate (solstizio estivo) con declinazione +23°27', e all'inizio dell'inverno (solstizio invernale) con declinazione -23°27'.

Equinozi:

sono i due punti nei quali l'eclittica interseca l'equatore. Il Sole vi transita all'inizio della primavera (equinozio primaverile), e all'inizio dell'autunno (equinozio autunnale).

