

Glossario fotovoltaico

0. Indice

1. Celle fotovoltaiche

Celle solari cristalline
Celle a film sottile
Silicio monocristallino (sc-Si o mono-Si)
Silicio poli o multicristallino (mc-Si o poly-Si)
Silicio amorfo (a-Si)
Griglia, contatti
Back contact
Caratteristiche di una cella

2. Elettricità

Corrente continua (DC)
Corrente alternata (AC)
Corrente alternata trifase
Rete elettrica
Inverter
Contatore
Potenza [W]
Potenza di picco o nominale [Wp]
Potenza minima
Wattora [Wh] (kilo-, Mega-, Giga-)

3. Elementi, moduli e pannelli fotovoltaici

BIPV (Building Integrated Photovoltaics)
Cornice
EVA
Incapsulamento
Laminato PV
Pannello, modulo o elemento PV
PVB
PVF

Rendimento di conversione
Sfondo del modulo
Trasparente, semi-trasparente, parzialmente trasparente
Stringa (string)

4. Impianti fotovoltaici

Impianto PV
Impianto isolato
Impianto collegato (alla rete elettrica)
Azimut
Tilt, inclinazione
Angolo d'incidenza
Indice di produzione (Y_f)
Performance ratio (PR)
Ombreggio
Datalogger
Sussidi, incentivi
Balance of system (BOS)
Energy Payback Time (EPBT)
Energy Return Factor (ERF)

5. Sole

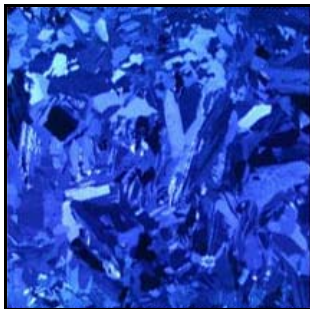
Altezza del sole
Diagramma solare
Corsa del sole
Irraggiamento solare globale [W/m^2]
Irraggiamento solare diretto
Irraggiamento solare diffuso

6. Referenze

1. Celle fotovoltaiche

Cella solare cristallina

Si tratta della tecnologia fotovoltaica più diffusa (circa 93% del mercato). La cella è l'elemento base della generazione fotovoltaica ed è costituita da un "wafer" (blocco di silicio sottile). Il silicio, il materiale semiconduttore che converte la radiazione solare in energia elettrica, può essere monocristallino o multicristallino.



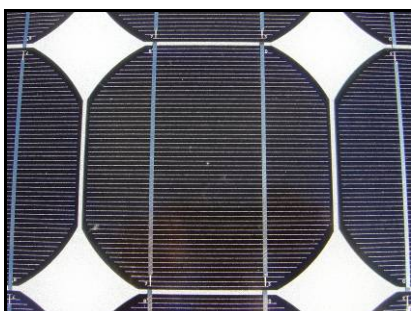
Cella multicristallina prima della deposizione della griglia ¹

Cella a film sottile

Cella della seconda generazione che sfrutta la deposizione di un sottilissimo strato di materiali semiconduttori. Queste celle sono caratterizzate da un minor costo di produzione. Diversi materiali semiconduttori possono essere usati per questa tecnologia: Silicio amorfo e micromorfo, CdTe (telluro di cadmio), CIS (diseleniuro di indio-rame), eccetera.

Griglia, contatti

Parti metalliche di un modulo PV necessarie per il collegamento in serie e in parallelo delle celle.



Cella monocristallina con griglia e contatti ¹

Silicio monocristallino (sc-Si o mono-Si)

Forma di silicio cristallino composto da un singolo cristallo di silicio. Il rendimento di conversione di una cella monocristallina si situa tra il 15 e il 22 %.

Silicio poli o multicristallino (mc-Si o poly-Si)

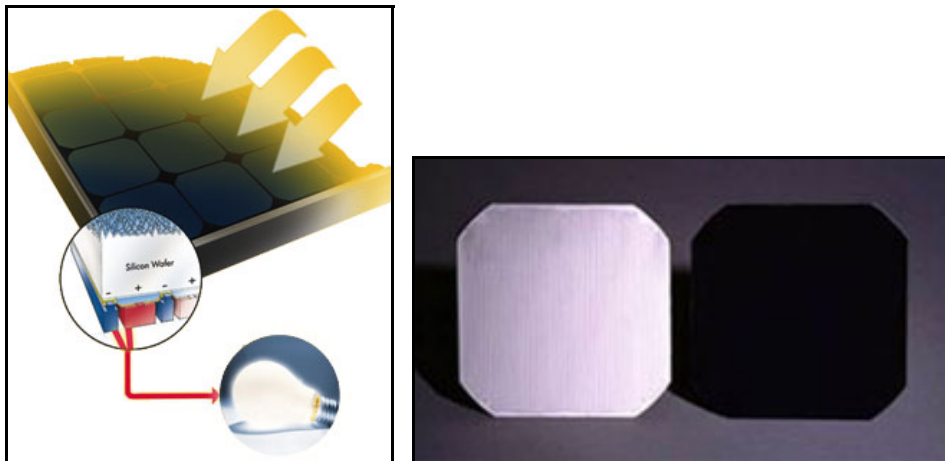
Forma di silicio cristallino composto da più cristalli di silicio. Il rendimento di conversione di una cella multicristallina si situa tra 10 e 15%.

Silicio amorfo (a-Si)

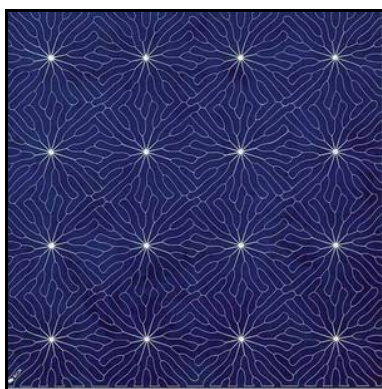
Forma di silicio non cristallino. Il rendimento di conversione di una cella amorfa si situa tra il 5 e l'8 %.

Back contact

Tipo di celle dove i contatti non sono depositi sulla superficie attiva delle celle, ma invece integrati in fondo al modulo. Questo metodo presenta due vantaggi: l'aspetto delle celle è uniforme, il che facilita l'integrazione estetica dei moduli, mentre l'assenza di piste metallizzate aumenta il rendimento della cella.



Cella "back contact" con griglia e contatti sulla superficie posteriore ²

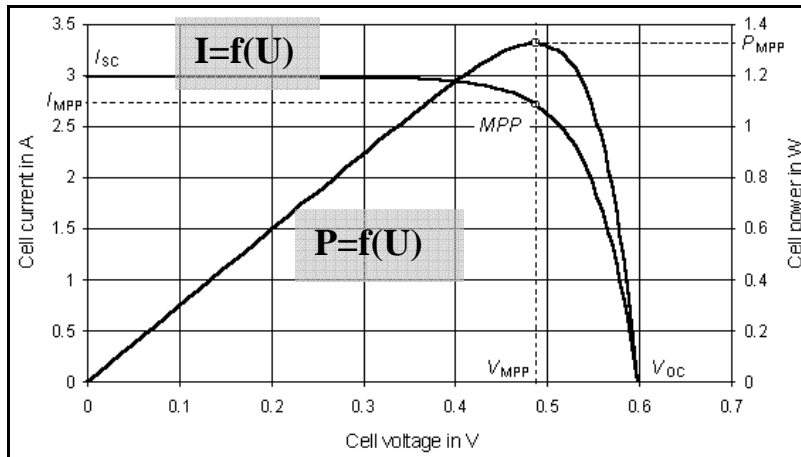


Cella "back contact" con contatti attraversando il substrato ³

Caratteristiche di una cella

Per ottenerle, basta collegare un carico (resistenza) e fare variare il suo valore da zero all'infinito. Misurando la corrente I e la tensione U , si ottiene la curva $I(U)$ per una temperatura e un irraggiamento definiti.

V_{oc} [V]: Tensione in circuito aperto (*open circuit voltage*), quando il carico è infinito.
 I_{sc} [A]: Corrente di corto-circuito (*short circuit current*), quando il carico è pari a zero.



Curva corrente-tensione $I(U)$ ⁴

Così come la potenza è data dalla corrente moltiplicata per la tensione, si ottiene anche la curva $P(U)$ della potenza in funzione della tensione quando il carico varia da zero all'infinito.

Come si può constatare, per una temperatura e un irraggiamento costante, esiste un valore di tensione (dunque di carico) dove la cella fornisce una potenza massima. A questo punto, il MPP (*Maximum Power Point*), cioè il rendimento della cella, è al suo massimo.

2. Elettricità

Corrente continua (DC)

Flussi di elettroni si muovono sempre nella stessa direzione all'interno di un conduttore. L'unità di misura della corrente è l'Ampère [A] che corrisponde al flusso di 1 Coulomb (ovvero 6.2×10^{18} elettroni) al secondo.

Corrente alternata (AC)

Tipo di corrente dove il flusso di elettroni cambia di direzione con una frequenza regolare.

Corrente alternata trifase

Metodo di trasporto e di utilizzo dell'elettricità basato su tre correnti alternate aventi la stessa frequenza ma sfasate tra loro. Il vantaggio è che si hanno meno perdite nel trasporto dell'energia elettrica.

Rete elettrica

Insieme delle infrastrutture che connettono tra loro tutti i produttori e tutti i consumatori di elettricità. Il trasporto dell'energia elettrica avviene sotto forma di corrente alternata (50 Hz in Europa) ad alta tensione al fine di ridurre le perdite.

Inverter

Strumento che serve a convertire la corrente continua prodotta dai pannelli PV in corrente alternata. Questo apparecchio è necessario per l'allacciamento dell'impianto PV alla rete di distribuzione.

Contatore

Apparecchio meccanico o elettronico predisposto al conteggio dell'energia prodotta e/o consumata.

Potenza [W]

Quantità di lavoro (o energia) che un sistema produce (o consuma) per unità di tempo. Si misura in Watt [W] che corrisponde a 1 Joule al secondo.

Potenza di picco o nominale [Wp]

Potenza nominale di un dispositivo fotovoltaico in condizioni standard di funzionamento, chiamato STC per "Standard Test Conditions" (irraggiamento 1000 W/m² e temperatura 25 °C). La potenza di picco o nominale si misura generalmente in "Watt-peak" [Wp].

Potenza minima

Equivalente alla potenza nominale meno il margine di tolleranza.

Wattora [Wh] (kilo-, Mega-, Giga-)

Quantità di energia che corrisponde a 1 W durante un'ora, sia 3600 Joule. Un kilowattora (kWh) corrisponde a 1000 Wh, 1 megawattora (MWh) a 1'000'000 Wh mentre un gigawattora (GWh) corrisponde a 1'000'000'000 Wh.

3. Elementi, moduli e pannelli fotovoltaici

BIPV (Building Integrated Photovoltaics)

Acronimo di "Building Integrated PhotoVoltaics", si riferisce a quegli elementi fotovoltaici che sono parte integrante di un edificio e che soddisfano una doppia funzione: generazione di energia elettrica ed elemento architettonico.

Cornice

Parte esterna dei moduli che serve alla protezione del modulo stesso e in grande parte per il suo fissaggio.

EVA

Acronimo di etilenvinilacetato. Tipo di resina plastica usata per incollare l'incapsulamento delle celle PV tramite laminazione.

Fondo del modulo

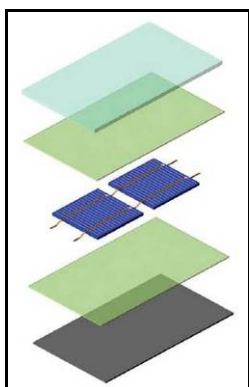
Parte posteriore dei moduli dove sono disposte le celle. Esso è visibile tra le celle e può essere costituito da diversi materiali come il PVF o il vetro.

Incapsulamento

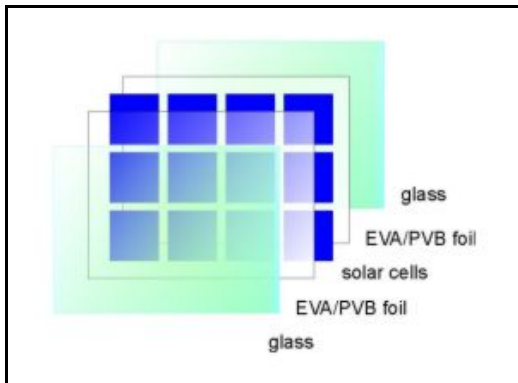
Rivestimento in vetro e/o in plastica dei pannelli PV che serve alla protezione delle celle e delle griglie di contatto.

Laminato PV

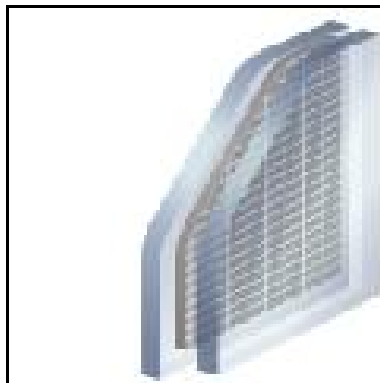
Modulo PV senza cornice, risultato dell'incapsulamento. Si presenta sotto forma di sandwich vetro-vetro, vetro-PVF oppure di un vetro isolante.



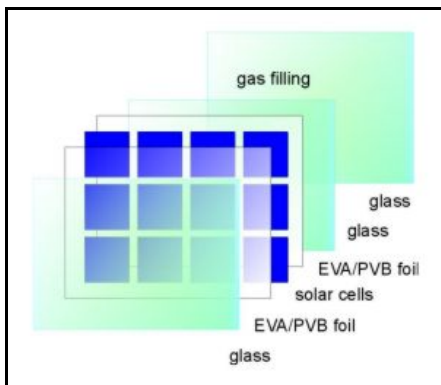
Laminato PV Vetro-PVF, dall'alto verso il basso:
Vetro temprato, EVA, Celle, EVA, PVF



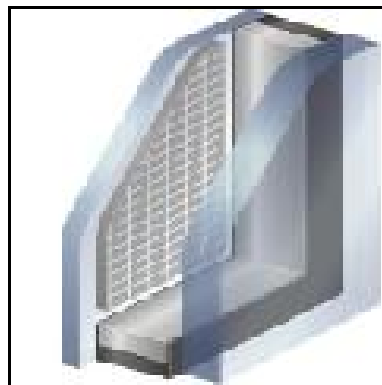
Laminato vetro-vetro ⁵



Laminato vetro-vetro Schott Asithru ⁶



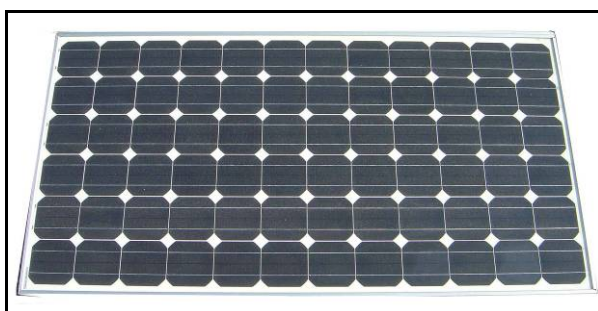
Vetro isolante ⁵



Vetro isolante Schott Asithru ⁷

Pannello, modulo o elemento PV

Insieme di celle PV collegate tramite griglie e contatti, incapsulate e che funzionano come un solo sistema in un impianto PV.



Modulo standard con cornice ¹

PVB

Acronimo di polivinilbutirale. Tipo di resina plastica usata per incollare l'incapsulamento delle celle PV tramite laminazione.

PVF

Acronimo di polivinilfluoride. Tipo di resina plastica usata per incollare l'incapsulamento delle celle PV tramite laminazione. Tedlar® è un nome commerciale del PVF.

Rendimento di conversione

Rapporto tra la potenza fornita per un elemento PV e la potenza solare ricevuta.

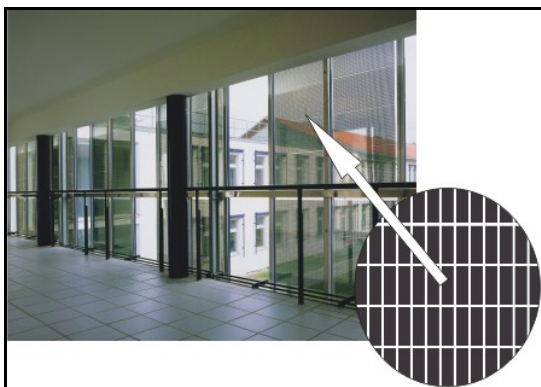
Ad esempio, se una cella quadra di 0.1 m di lato riceve un irraggiamento di 1000 W/m² e fornisce una potenza elettrica di 1.2 W, il suo rendimento di conversione è: $1.2 \text{ W} / (1000 \text{ W/m}^2 \times 0.01 \text{ m}^2) = 12 \%$.

È importante distinguere il rendimento di conversione intrinseco del materiale semiconduttore utilizzato e quello dei moduli PV (che dipende anche dal rapporto tra la superficie attiva e la sua superficie totale).

Trasparente, semi-trasparente, parzialmente trasparente

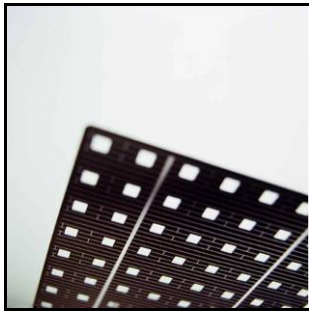
Caratteristica di un modulo PV che definisce la quantità di luce che esso lascia passare. Il fornitore dà la sua trasparenza con suo grado: se esso è uguale a 0 %, il modulo è opaco. L'efficienza di un modulo semi-trasparente è sempre inferiore a quella di un modulo opaco con medesima tecnologia e superficie. L'aspetto visivo varia fortemente col metodo di produzione:

1) Su un substrato di vetro, deporre un film di materiale attivo abbastanza sottile al fine di ottenere un grado di trasparenza omogeneo. Questi sono ideali per locali dove ombre con forti contrasti non sono indicate; per esempio, uffici, scuole e così via.



Modulo semi-trasparente a-Si Schott Asithru⁸

2) Incidere nella cella di silicio cristallino (opaco) con zone senza materiale: secondo il motivo (i fori nella cella possono essere rotondi o quadrati a scelta), il modulo può apparire con un grado di trasparenza diverso.



Cella monocristallina Sunways 125⁹

3) Durante la laminazione, lo spazio tra le cellule mono o multicristalline può essere modificato il che permette di scegliere il grado di trasparenza. Il grado di trasparenza minimo, ossia la quantità di luce che attraversa il modulo, corrisponde a circa 10 %. Questo è dato dal limite di spazio tra le celle che è di 2 mm.

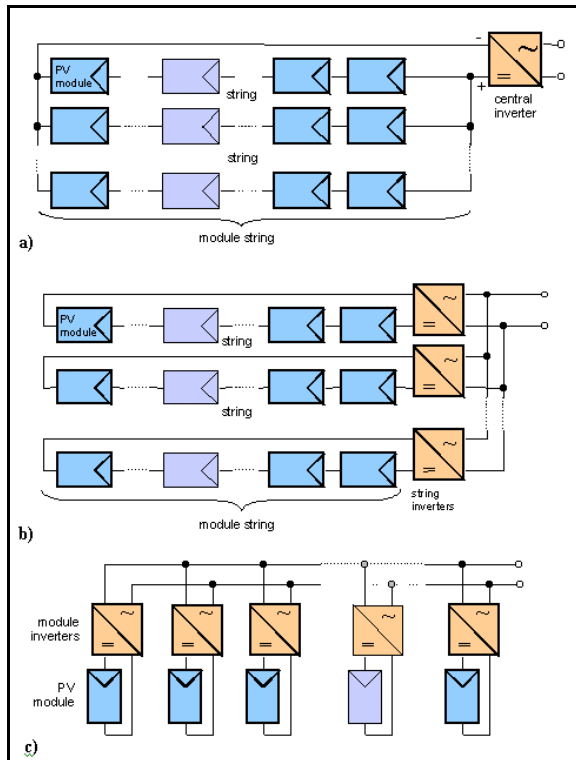
A partire da questo grado di trasparenza, i progettisti scelgono, in base agli obiettivi del progetto, un rapporto ottimale tra trasparenza e produzione energetica.



Modulo parzialmente trasparente 3S¹¹

Stringa (string)

Una stringa è composta da un numero variabile di celle, moduli o pannelli collegati in serie per ottenere una tensione particolare.



Metodi di collegamento in stringa a) e b) e inverter:

a) inverter centrale, b) inverter di stringa, c) inverter di modulo ⁴

4. Impianti fotovoltaici

Impianto PV

Insieme composto da moduli fotovoltaici, cavi, inverter e contatori usato per la generazione di energia elettrica.

Impianto isolato

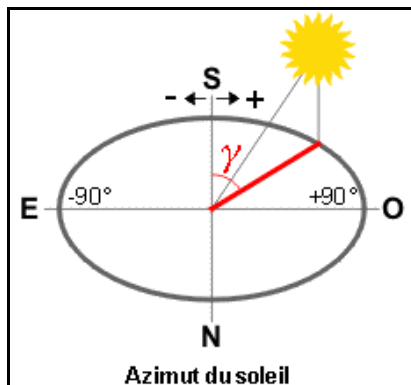
Impianto che funziona in modo autonomo, senza collegamento alla rete elettrica e generalmente con un sistema di batteria.

Impianto collegato (alla rete elettrica)

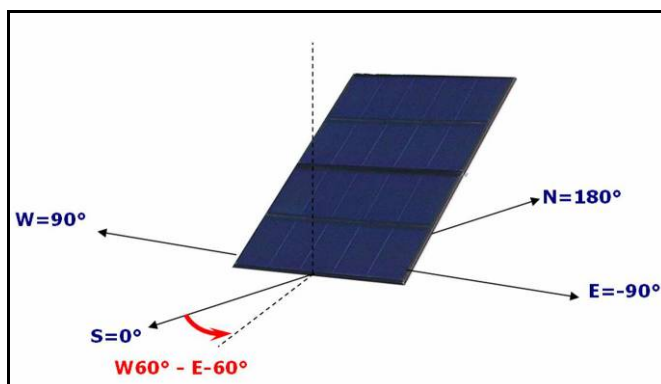
Impianto collegato alla rete elettrica, per alimentarla o utilizzarla alla maniera di un accumulatore.

Azimut

Nel piano orizzontale, angolo fra una direzione qualunque e il Sud, misurato in senso orario a partire dal Sud.



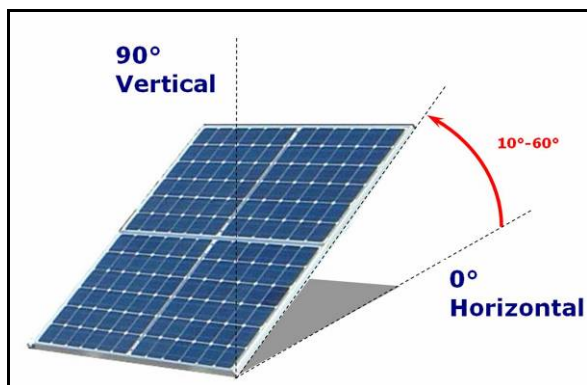
Misura del azimut solare¹²



Azimut di un modulo fotovoltaico

Tilt, inclinazione

Angolo che caratterizza l'inclinazione del modulo sopra l'orizzonte, misurato positivamente dal piano orizzontale verso l'alto. Un modulo appoggiato orizzontalmente ha un tilt di zero.



Tilt di un modulo fotovoltaico

Angolo d'incidenza

Angolo fra un raggio incidente su una superficie e la sua normale (direzione perpendicolare alla superficie).

Indice di produzione (Y_f, final yield)

Rapporto tra l'energia utilizzabile (all'uscita del inverter se presente) prodotta da un impianto in un dato periodo e la potenza nominale di questo impianto. L'indice di produzione si misura in [kWh/kWp].

Performance ratio (PR)

Rapporto tra l'indice di produzione Y_f e l'indice di riferimento Y_r (l'energia teoricamente disponibile per kWp installato, in [kWh/kWp]), sullo stesso periodo. Si misura in [%].

Ombreggiamento

Ostacolo all'irraggiamento diretto che proietta un'ombra sulla totalità o su di una parte di cella, modulo, stringa o impianto PV. Si distinguono: gli ombreggiamenti lontani, abbastanza distanti da proiettare un'ombra su tutto l'impianto quasi istantaneamente (effetto di orizzonte), e gli ombreggiamenti vicini che proiettano ombre parziali sull'impianto.

Le ombre parziali sono assolutamente da evitare, poiché provocano in un impianto, o in una stringa di moduli, perdite di potenza proporzionalmente molto più alte della superficie all'ombra.

Nel caso di un impianto con un inverter per stringa, bisogna collegarle parallelamente all'ombra più importante: ad esempio se un albero è proiettato su una facciata PV durante la giornata, le catene devono essere collegate verticalmente.

Datalogger

Dispositivo elettronico per la raccolta e la memorizzazione di misure sperimentali.

Sussidi, incentivi

Prestazioni finanziarie legislative atte a promuovere il PV attraverso il riacquisto dell'energia elettrica prodotta ad un prezzo maggiore a quello di mercato, un aiuto per compensare le spese di installazione o uno sgravio fiscale.

Balance of system (BOS)

Il *balance of system* è l'insieme delle apparecchiature elettriche altre che i moduli PV: cavi, interruttori, invertitori, sistemi di controllo e di misura, batterie e strutture di fissaggio dei pannelli.¹³

Energy Payback Time (EPBT)

Il tempo di ritorno energetico: si tratta del tempo, misurato in anni, necessario ad un sistema fotovoltaico completo (moduli + cavi + apparecchi elettronici) per produrre l'energia spesa per la sua produzione.

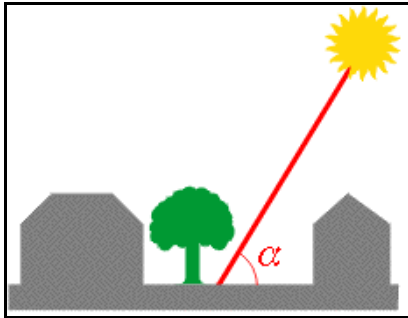
Energy Return Factor (ERF)

Il fattore di ritorno energetico è il rapporto tra l'energia prodotta da un impianto fotovoltaico durante la sua vita e l'energia utilizzata per la sua produzione.

5. Sole

Altezza del sole

Nel piano verticale, angolo tra la direzione del sole e l'orizzonte, misurato positivamente da questo durante la giornata.



Altezza del sole¹²

Diagramma solare

Rappresentazione piana in coordinate rettangolari della traiettoria del sole nel cielo. Le coordinate utilizzate sono: l'altezza e l'azimut solari, che definiscono la posizione del sole in un istante preciso.

Rappresentando sullo stesso diagramma le corse del sole di differenti giorni dell'anno, si ottiene un sunto dell'irraggiamento annuale.

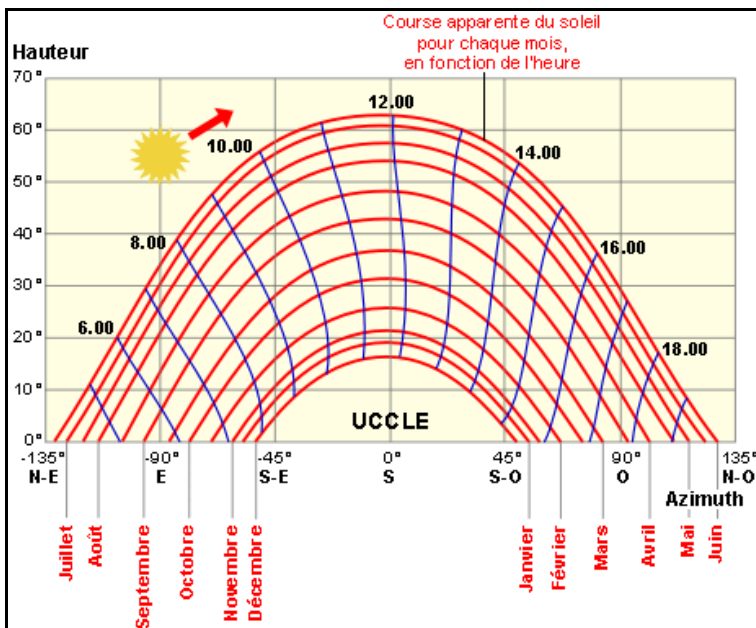
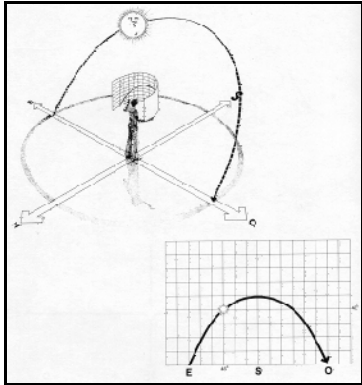


Diagramma solare¹²

Corsa del sole

Rappresentazione su di un diagramma solare della corsa del sole e del grafico della traiettoria solare un giorno preciso dell'anno.



Trajectoire solaire et course du soleil ¹²

Irraggiamento solare globale [W/m²]

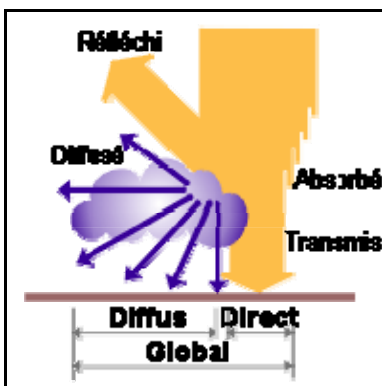
L'irraggiamento solare è la potenza solare per unità di superficie, in [W/m²], incidente su una superficie determinata (posizione e orientazione). L'irraggiamento solare globale è la somma degli irraggiamenti, diretto e diffuso, che raggiungono la superficie terrestre, misurata nel piano orizzontale.

Irraggiamento solare diretto

Parte dell'irraggiamento solare che raggiunge la superficie terrestre direttamente dal disco solare.

Irraggiamento solare diffuso

Parte dell'irraggiamento solare che raggiunge la superficie terrestre dopo diffusione nell'atmosfera.



Irraggiamento solare nell'atmosfera ¹²

6. Referenze

Referenze delle immagini

- 1 Fotografie di Kim Nagel
- 2 SunPower Corporation
http://www.sunpowercorp.com/homeowners/solar_basics.html
- 3 Energy research Centre of the Netherlands (ECN)
<http://www.ecn.nl/en/zon/r-d-programme/pv-module-technology/>
- 4 Volker Quaschnig Homepage
http://www.volker-quaschnig.de/articles/fundamentals3/index_e.html
- 5 PVResources.com
<http://www.pvresources.com/en/bipven.php>
- 6 Schott Solar GmbH
http://www.schott.com/photovoltaic/english/products/pv_building_solutions/facade_overhead_glazing/laminates/index.html
- 7 Schott Solar GmbH
http://www.schott.com/photovoltaic/english/products/pv_building_solutions/facade_overhead_glazing/laminates/double_glazed.html
- 8 Schott Solar GmbH
http://www.schott.com/photovoltaic/english/products/pv_building_solutions/facade_overhead_glazing/functions/design.html
- 9 Sunways AG, *Sunways Solar Cell Transparent 125.pdf*, 08/06
- 10 Photos Sunways AG
- 11 3S Swiss Solar Systems AG
<http://www.3-s.ch/en/solar-systems/shading/>
- 12 Ministère de la Région Wallonne, Université catholique de Louvain,
Energie+ (version 5), CD-ROM, website,
<http://mrw.wallonie.be/energieplus/script.htm>, avril 2006.
- 13 IEA-PVPS.org

Siti consultati

IEA Photovoltaic Systems Programme

<http://www.iea-pvps.org/faqs/index.htm>

Solarbuzz LLC

<http://solarbuzz.com/Consumer/Glossary.htm>

US Department of Energy

http://www1.eere.energy.gov/solar/solar_glossary.html

Sandia National Laboratories

<http://www.sandia.gov/pv/docs/glossary.htm>

Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH

<http://www.donauer.eu/fr/photovoltaique/savoirs/lexique-glossaire.html>

PVResources.com

<http://www.pvresources.com/en/glossary.php>

Office fédéral des questions conjoncturelles, *Centrales photovoltaïques Guide pour le dimensionnement et la réalisation de projets A l'usage des bureaux d'ingénieurs*,

ISBN 3-905232-26-X, Berne, juin 1996.

Volker Quaschnig Homepage

<http://www.volker-quaschnig.de>