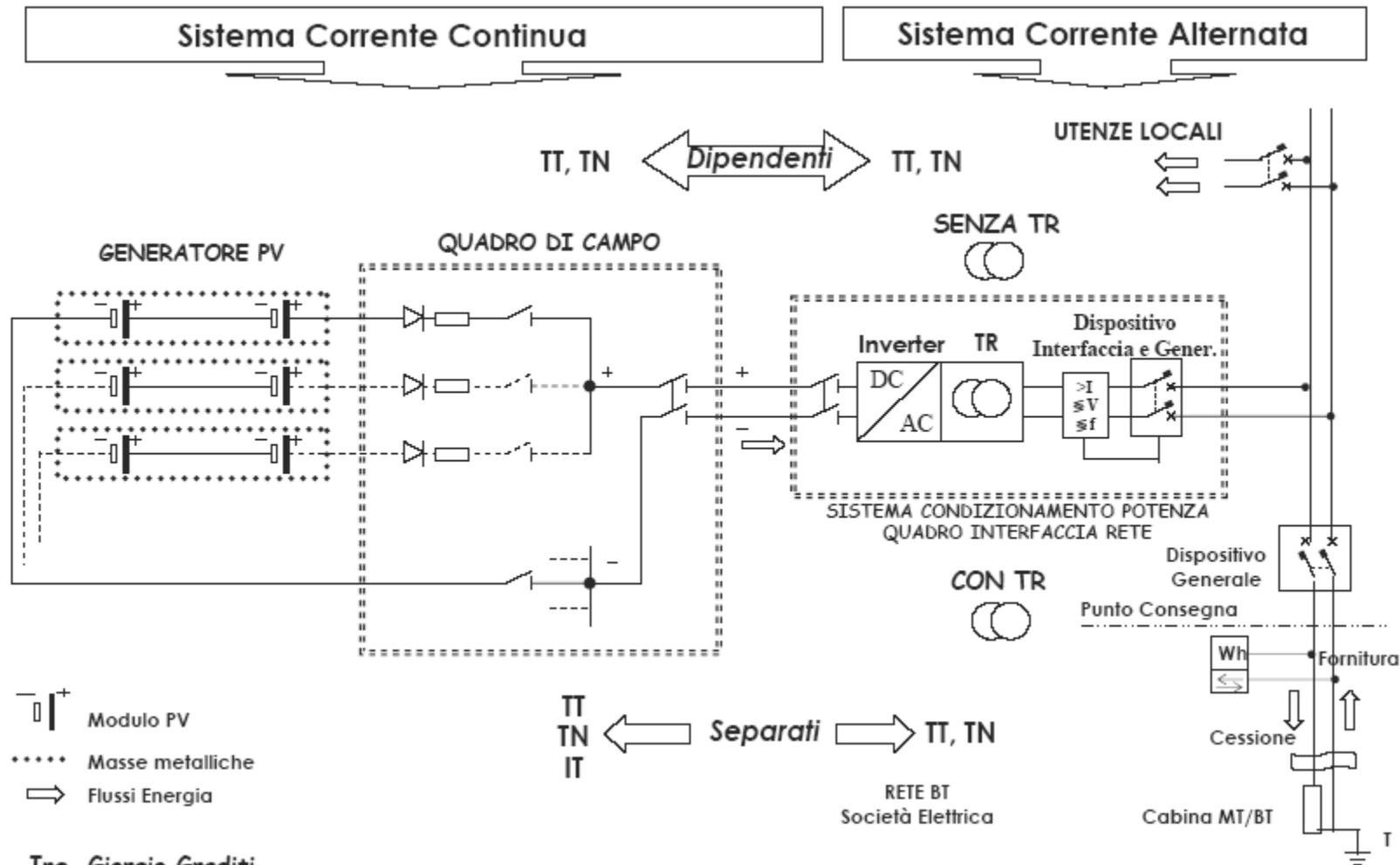


---

# IMPIANTI FOTOVOLTAICI IN CONTO ENERGIA

# Tecnologia Fotovoltaica

## Impianto Fotovoltaico - Schema Generale



# Tecnologia Fotovoltaica

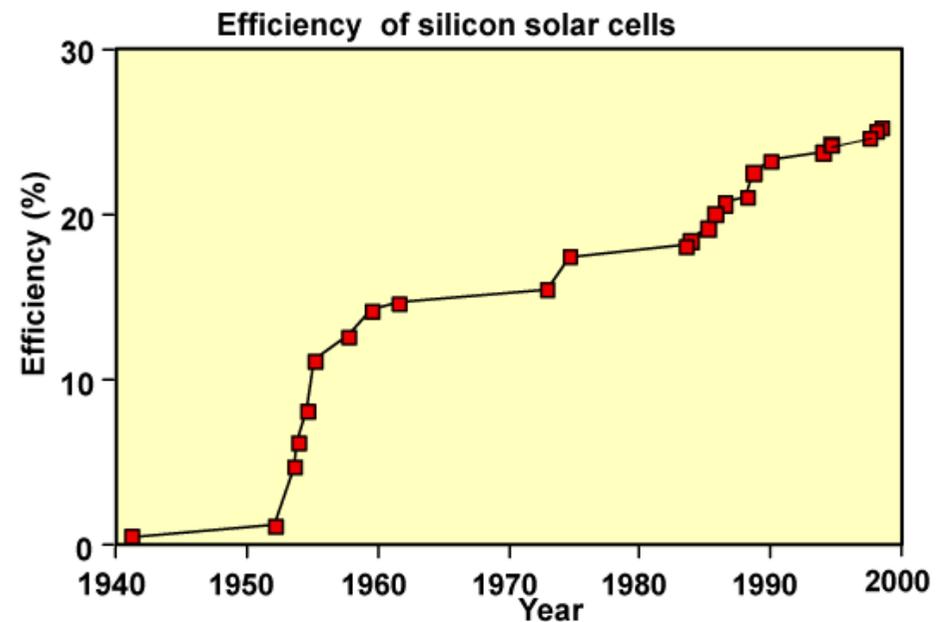
## Obbiettivi

L'obbiettivo principale della tecnologia fotovoltaica e' quello di ottenere un prodotto che permetta la conversione della radiazione solare in energia elettrica con la massima efficienza possibile ed il minimo costo.

Massima Efficienza Teorica Si = 90%

Massima Efficienza Reale Si = 29%

Record Si = 24%



# Tecnologia Fotovoltaica

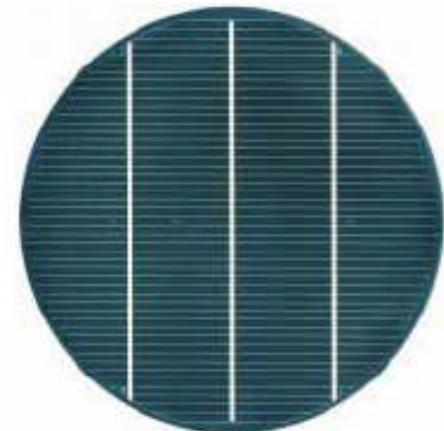
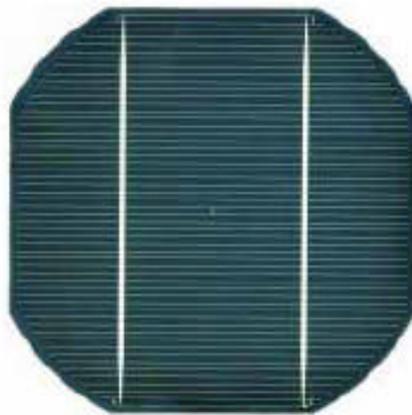
## Celle Silicio Monocristallino

Produzione: partendo da un lingotto (circolare o esagonale) di silicio monocristallino prodotto con metodo Czochralski si ricavano "fette" da 0.3 mm già drogate di tipo p. segue la diffusione dell'emettitore (N) e la creazione dei contatti (posteriore e anteriore).

Efficienza: 15% - 18%

Forma: esagonale, rettangolare, circolare

Spessore: 300  $\mu$ m



# Tecnologia Fotovoltaica

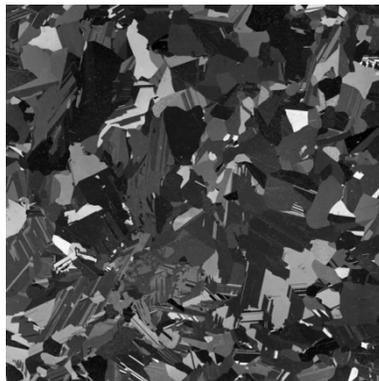
## Celle Silicio Policristallino

Produzione: partendo da un blocco solido (parallelepipedo) di silicio policristallino prodotto con metodi piu' semplici del CZ si ricavano "fette" da 0.3 mm gia' drogate di tipo p. segue la diffusione dell'emettitore (n) e la creazione dei contatti (posteriore e anteriore).

Efficienza: 12% - 15% (aumentano I punti di ricombinazione)

Forma: rettangolare

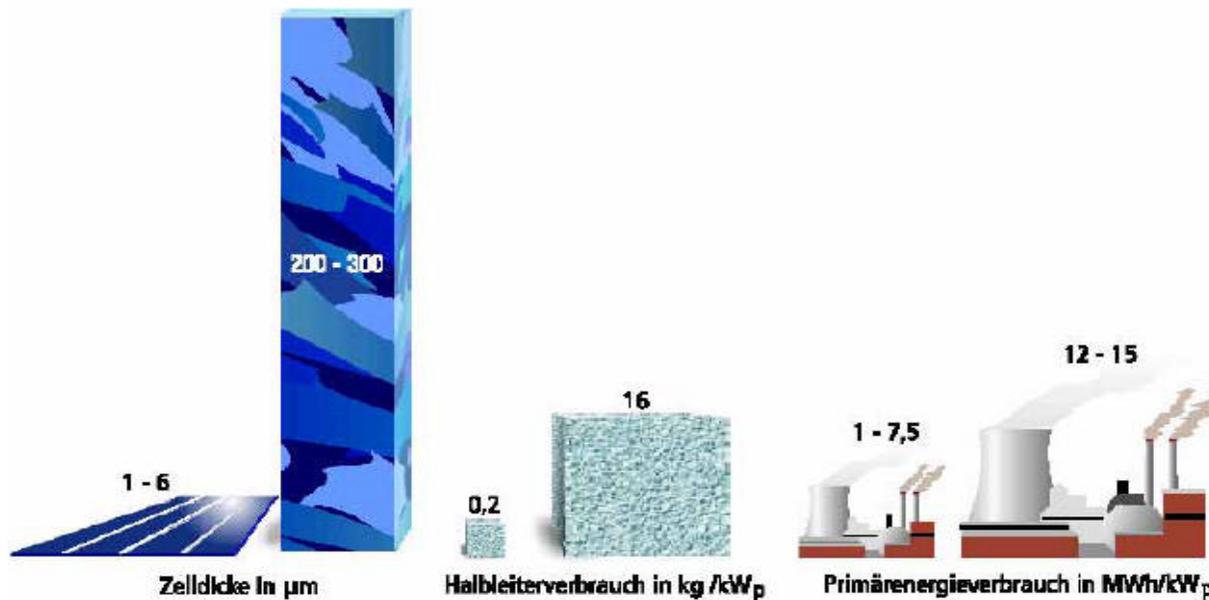
Spessore: 300  $\mu$ m



# Tecnologia Fotovoltaica

## Celle Film Sottile

Partendo da un substrato inerte (spesso vetro) uno strato molto sottile di materiale fotovoltaico (0,001 mm) viene realizzato attraverso processi di vaporizzazione, deposizione catodica oppure bagno elettrolitico. Le temperature di fabbricazione (200 – 500 °C) insieme alla ridotto spessore del materiale offrono la possibilità di una riduzione sostanziale dei costi di produzione.



# Tecnologia Fotovoltaica

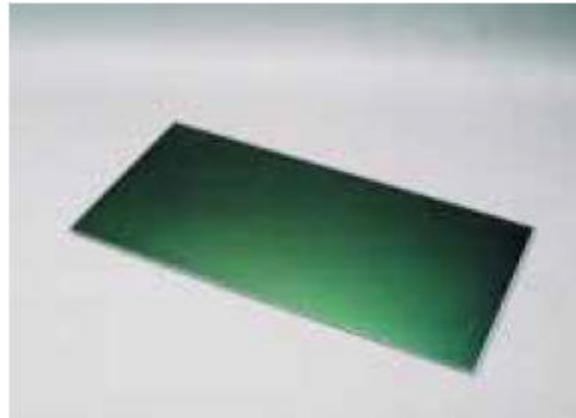
## Tipi di Celle Film Sottile

Silicio Amorfo (Silicio con assenza di struttura cristallina)

CIS (Disellurio di Indio e Rame) maggiore efficienza

CdTe (Tellurio di Cadmio)

CIGS (Diselurio di Indio, Rame e Gallio)



## Caratteristiche delle Celle a Film Sottile

- Larga disponibilita' di substrati (vetro, plastica ecc..).
- Larga disponibilita' di Formati.
- Connessioni interne alle celle invece delle connessioni metalliche esterne delle celle al silicio cristallino.
- Maggiori capacita' di integrazione architettonica (trasparenza variabile).
- Efficienza si riduce nei primi 6-12 mesi (aSi).
- Migliori prestazione in codizioni di basso irraggiamento ed elevata componente di radiazione diffusa.
- Migliore coefficiente di temperatura (aSi).
- Problemi di stabilita' in ambienti caldi e umidi (CIS).
- Tossicita' del Cadmio (CdTe).
- Minore costo.

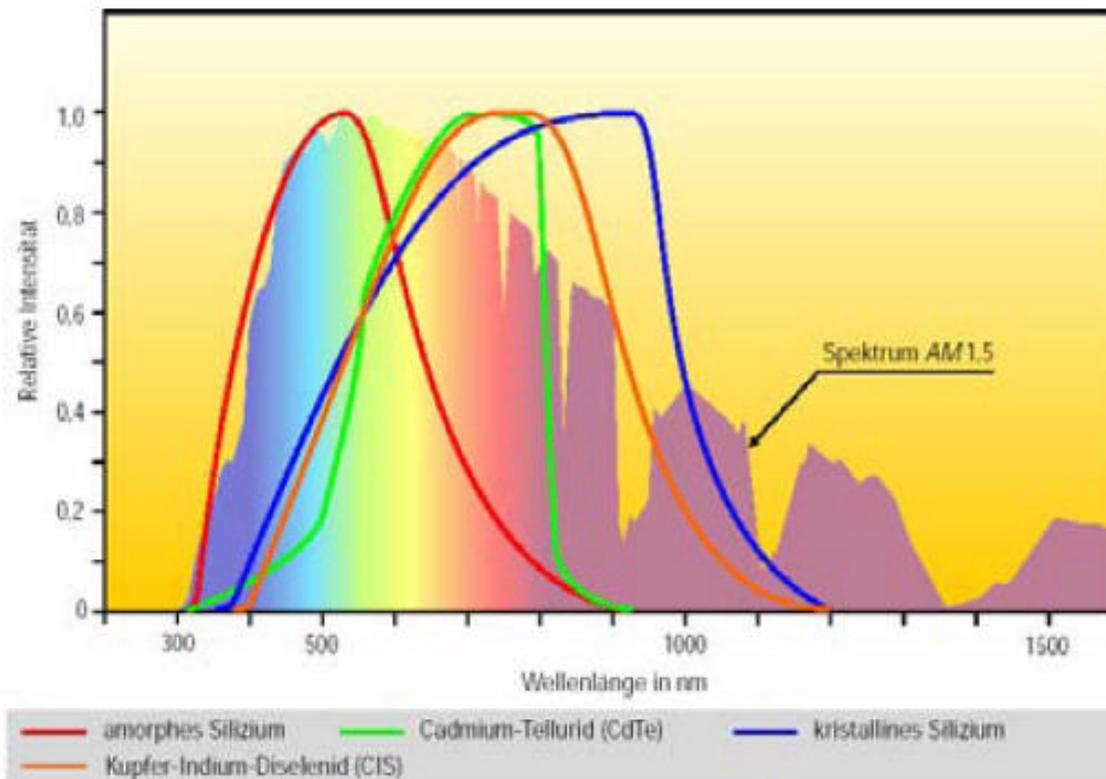
# Tecnologia Fotovoltaica

## Confronto delle varie Tecnologie

Material da célula solar	Eficiência da Célula $\eta_z$ (Laboratório)	Eficiência da Célula $\eta_z$ (Produção )	Eficiência da Célula $\eta_M$ (Produção em Série)
Silício Monocristalino	24,7%	18%	14%
Silício policristalino	19,8%	15%	13%
Células de silício policristalino EFG	19,7%	14%	13%
Silício cristalino de película fina	19,2%	9,5%	7,9%
Silício amorfo*	13%	10,5%	7,5%
Silício micromorfo*	12%	10,7%	9,1%
Célula solar híbrida HCl	20,1%	17,3%	15,2%
CIS, CIGS	18,8%	14%	10%
Telurieto de Cádmi	16,4%	10%	9%
Semicondutor III-V	35,8% **	27,4%	27%
Célula sensibilizadas com colorante	12,0%	7%	5% ***

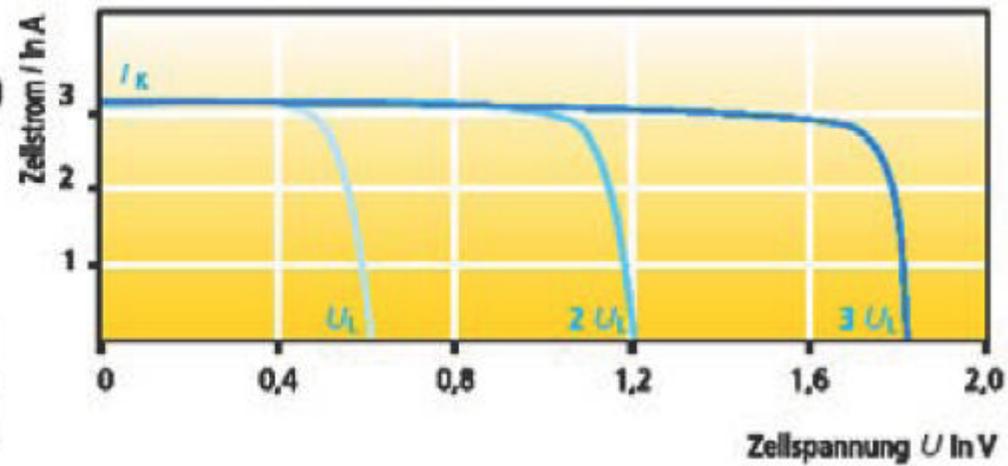
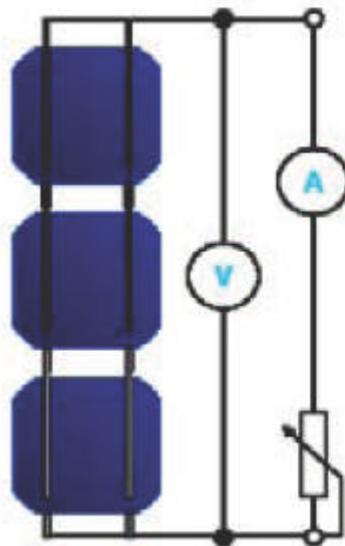
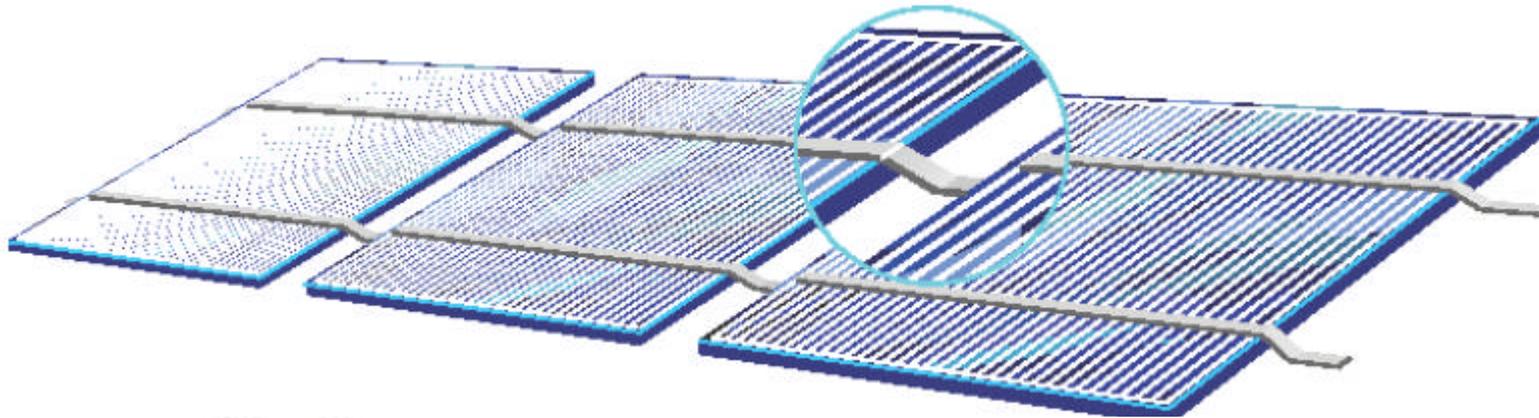
# Tecnologia Fotovoltaica

## Confronto delle varie Tecnologie



# Tecnologia Foto

## Moduli fotovoltaici Standard



# Tecnologia Fotovoltaica

---

## Incapsulamento delle Celle

- Protezione dagli stress meccanici
- Isolamento elettrico
- Protezione agenti atmosferici

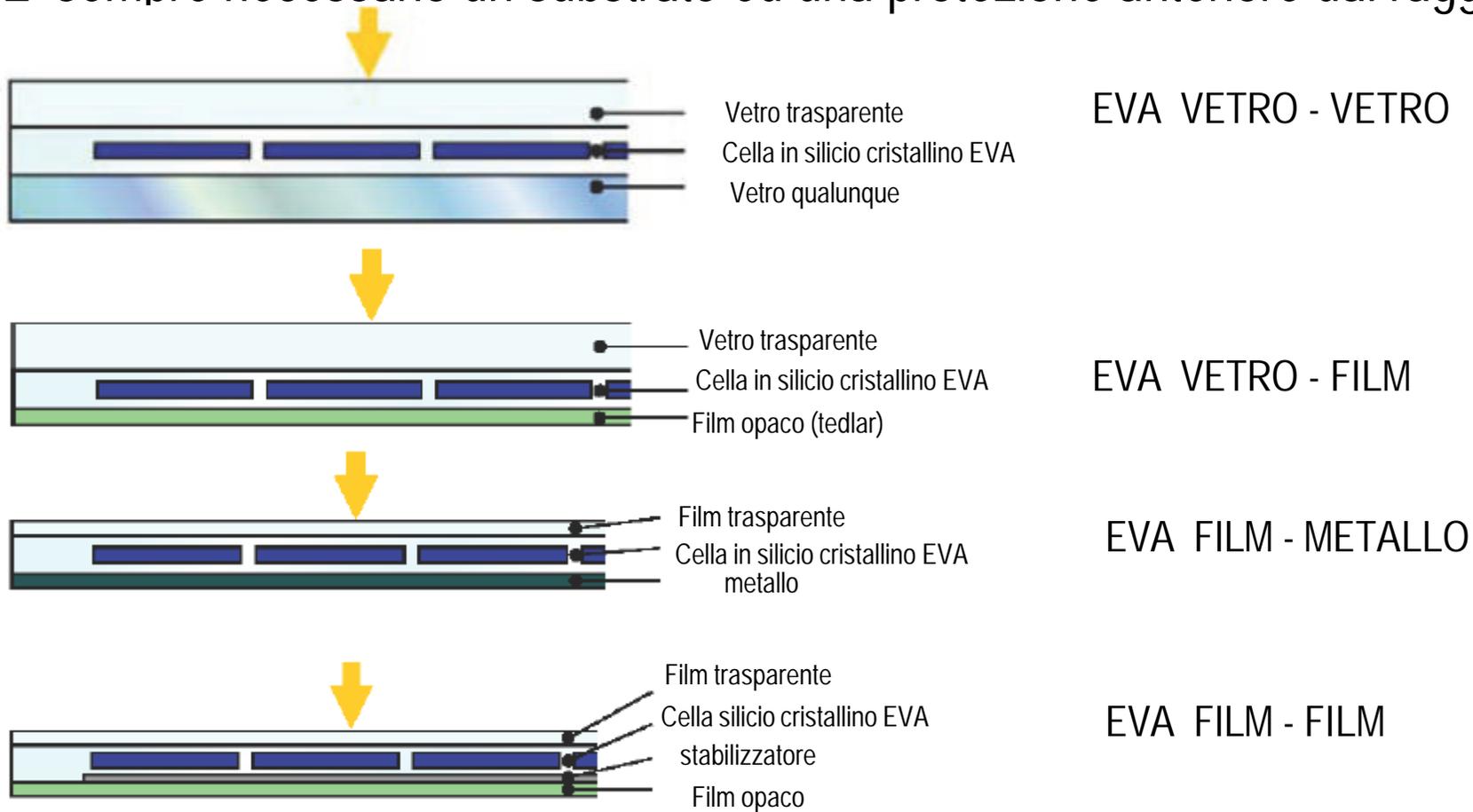
EVA  
TEFLON  
RESINA

---

# Tecnologia Fotovoltaica

## Incapsulamento EVA

E' sempre necessario un substrato ed una protezione anteriore dai raggi UV

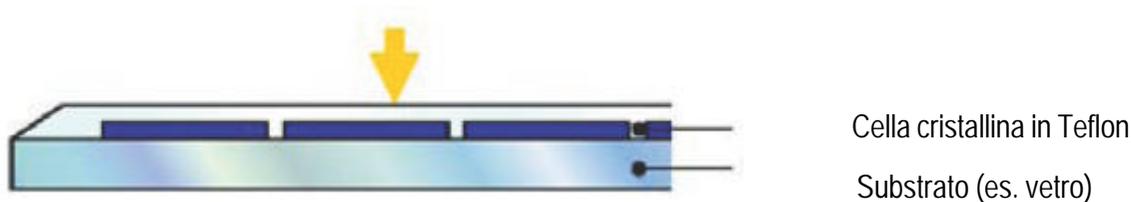


# Tecnologia Fotovoltaica

## Incapsulamento TEFLON

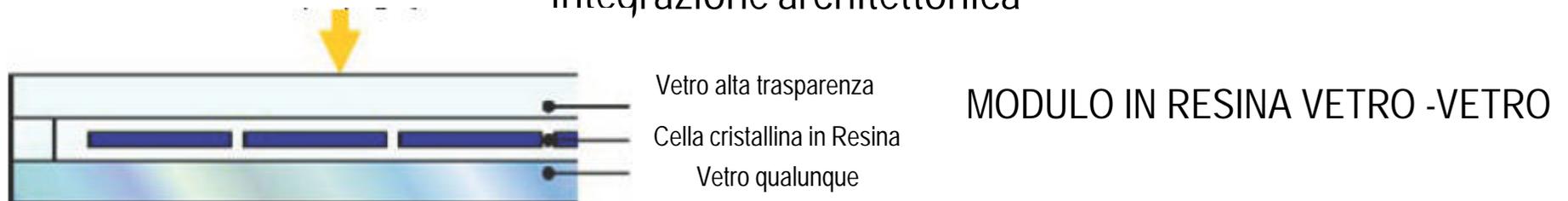
E' sempre necessario un substrato non è necessaria una protezione anteriore dai raggi UV

MODULO IN TEFLON



## Incapsulamento RESINA

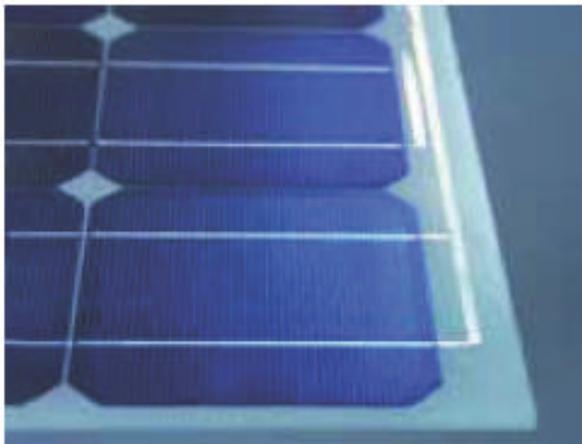
Particolarmente impiegata nella realizzazione di moduli di grandi dimensioni per integrazione architettonica



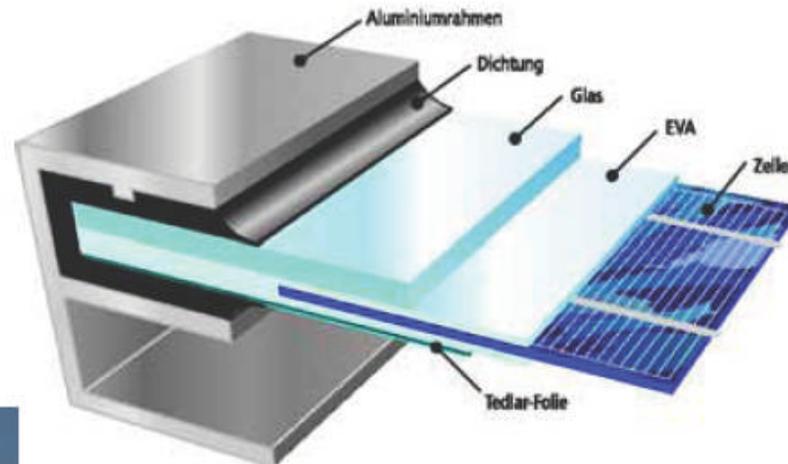
# Tecnologia Fotovoltaica

## Assemblaggio

SEZIONE MODULO  
SILICIO CRISTALLINO



SEZIONE MODULO FV  
SENZA CORNICE

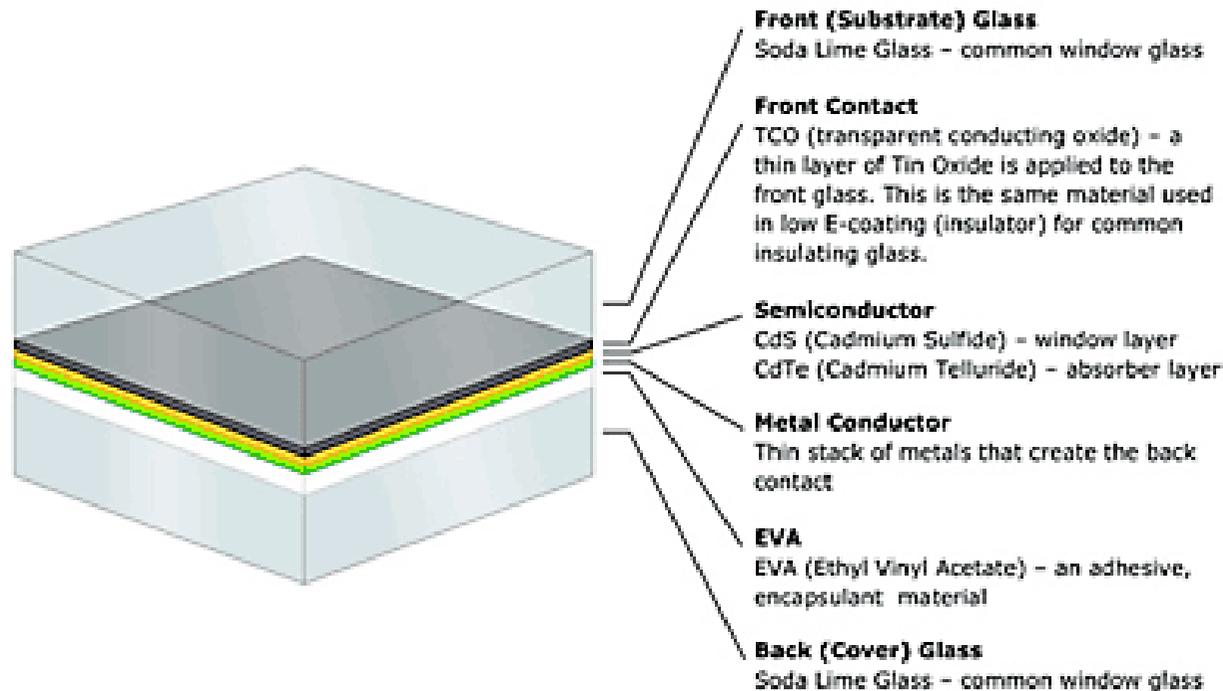


SEZIONE MODULO FV  
STANDARD CON CORNICE



# Tecnologia Fotovoltaica

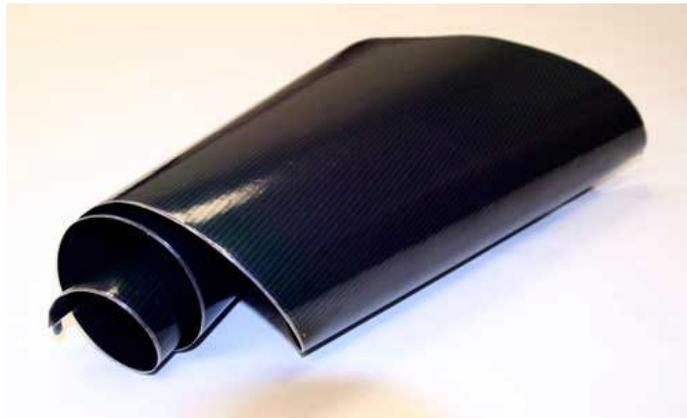
## Moduli fotovoltaici in film sottile



Pannello CdTe

# Tecnologia Fotovoltaica

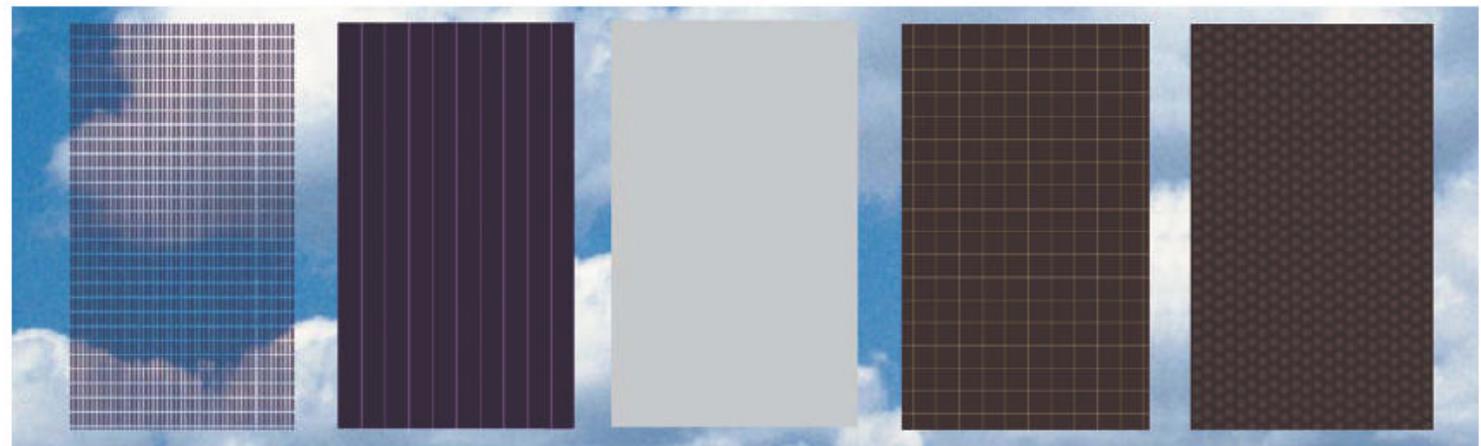
## Moduli fotovoltaici in film sottile



Pannello roll-to-roll CIGS



Pannello vetro-vetro aSi



ASI THRU®

ASI OPAK®

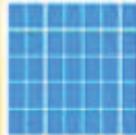
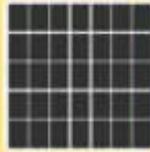
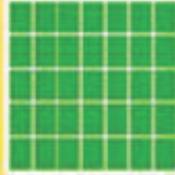
ASI OPAK® White

ASI OPAK® CreativeLine

ASI OPAK® EleganceLine

# Tecnologia Fotovoltaica

## Densità di Potenza

Monokristallin	7 - 9 m <sup>2</sup>	
Polykristallin	8 - 11 m <sup>2</sup>	
Dünnschicht: Kupfer-Indium-Diselenid (CIS)	11 - 13 m <sup>2</sup>	
Cadmiumtellurid (CdTe)	14 - 18 m <sup>2</sup>	
Amorphes Silizium	16 - 20 m <sup>2</sup>	

## Moduli Speciali - BIPV



# Tecnologia Fotovoltaica

## Caratteristiche del Modulo

### Design

Front	Tempered Glass
Cells	60 monocrystalline solar cells 156 x 156 mm
Encapsulation	EVA
Rear back side	Tedlar foil
Frame	Anodized Aluminium
Junction Box	Multicontact type PV-JB/ S2
Bypass Diodes	3 pcs Diotech SB1240 diodes
Cable	Multicontact

### Performance under standard test conditions (STC)

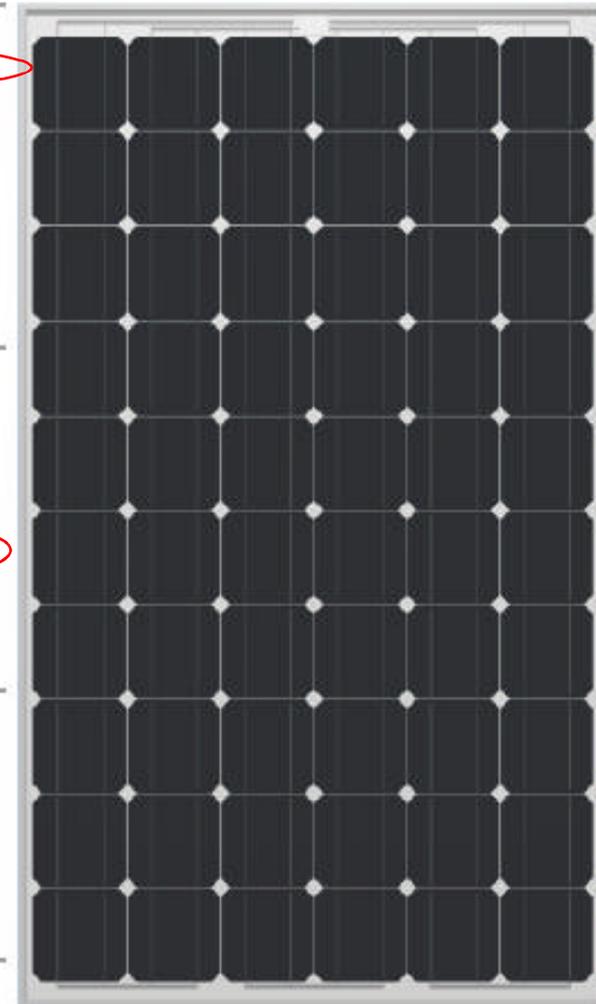
Module type	HT190	HT200	HT210	HT220	HT230
Maximum Power (Pmax)	190 Wp	200 Wp	210 Wp	220 Wp	230 Wp
Maximum Power Voltage (Vpmax)	28,2 V	28,6 V	29,6 V	30,0 V	30,5 V
Maximum Power Current (Ipmax)	6,7 A	7,0 A	7,1 A	7,3 A	7,5 A
Open Circuit Voltage (Voc)	35,8 V	36,0 V	36,2 V	36,6 V	37,0 V
Short circuit Current (Isc)	7,7 A	7,9 A	8,1 A	8,2 A	8,3 A
Max System Voltage	715V				
Power Tolerance	± 3%				

### Dimensions

Lenght	1679 mm ±1
Width	994 mm ±1
Frame	42 mm
Weight	Appr. 22,5 kg
Front Glass	4 mm
Cable	1 x 1,15 m or 1 x 1,90 m (4mm <sup>2</sup> )

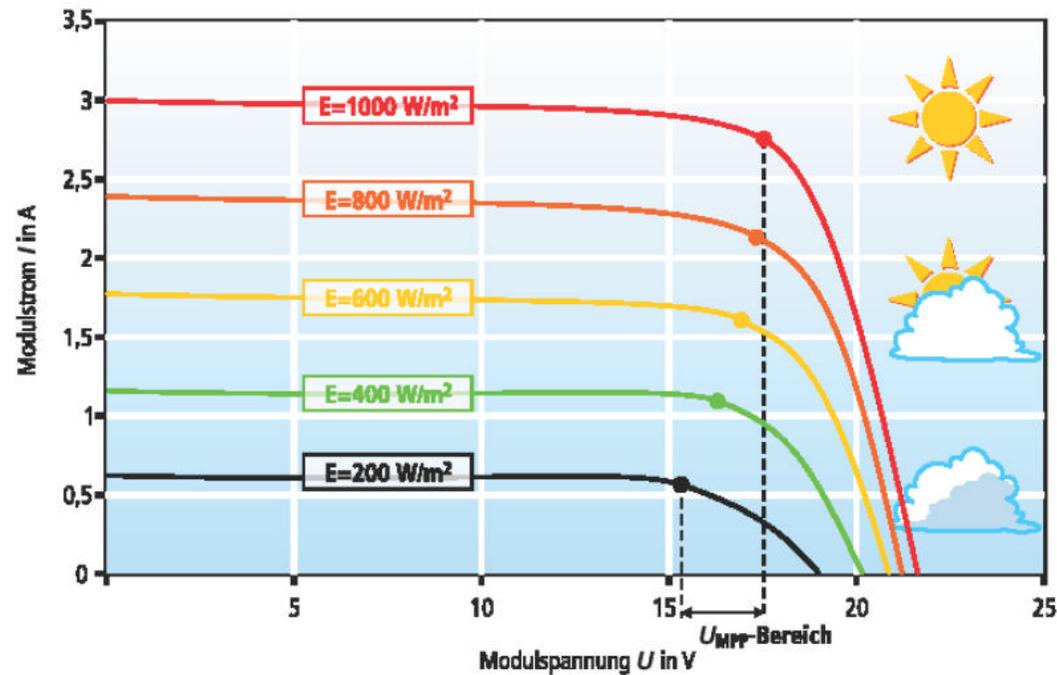
### Certifications

IEC 61215 edition 2 (pending)



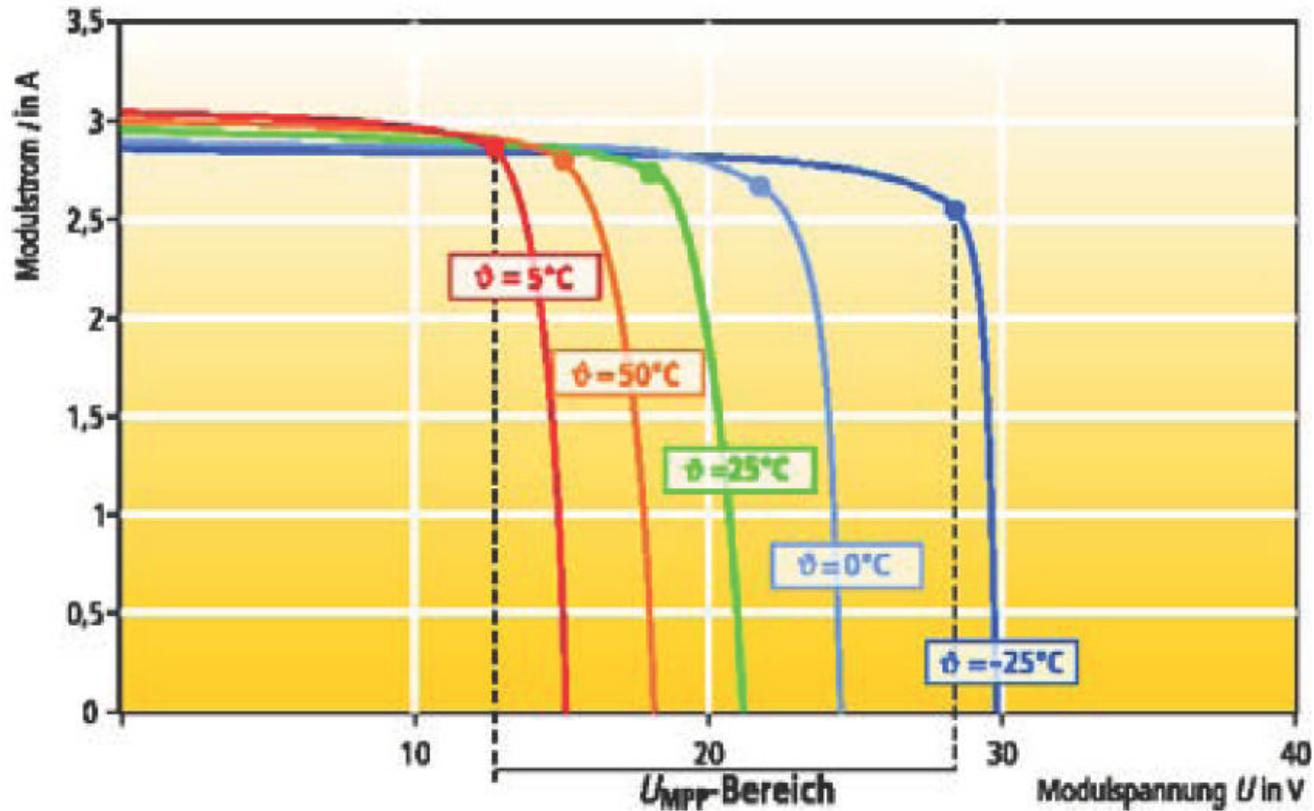
# Tecnologia Fotovoltaica

## Parametri Elettrici – variazione dell'irraggiamento



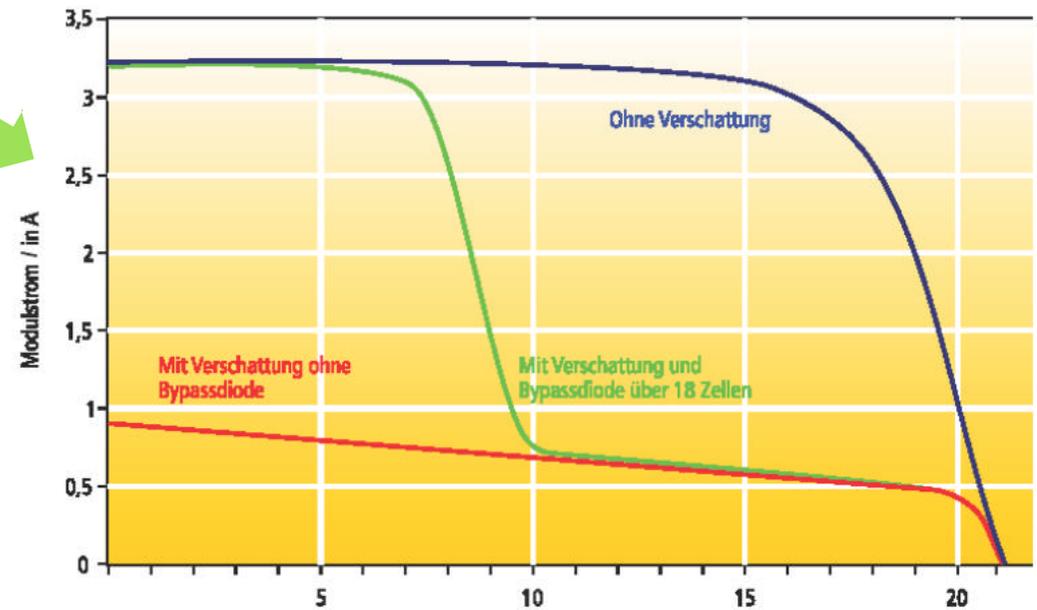
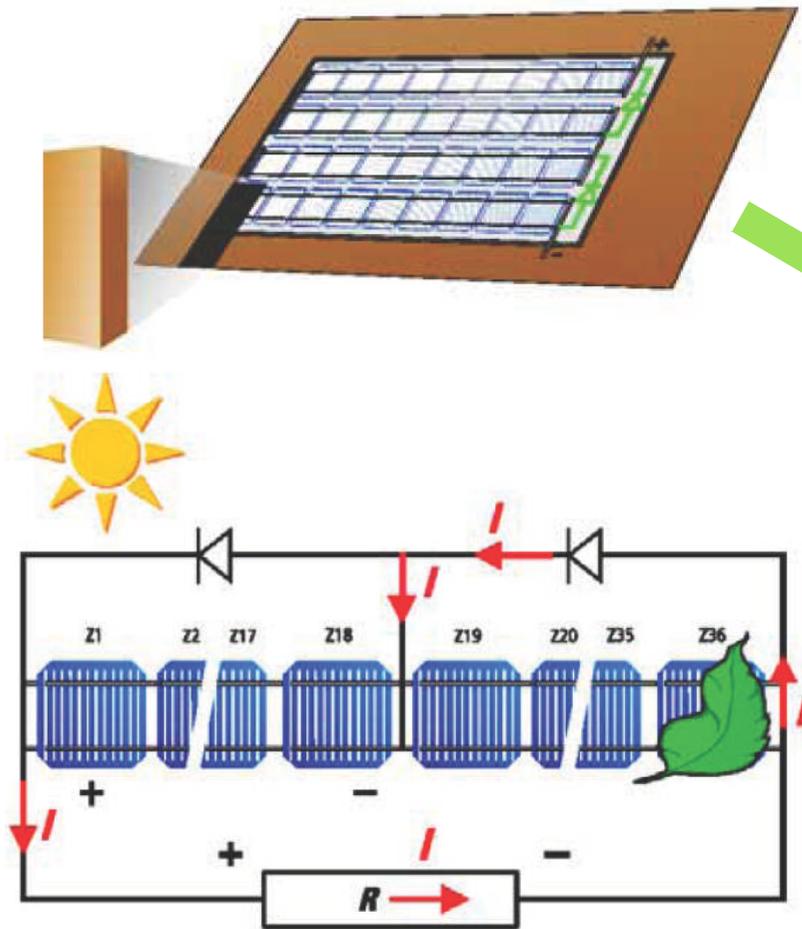
# Tecnologia Fotovoltaica

## Parametri Elettrici – variazione della temperatura



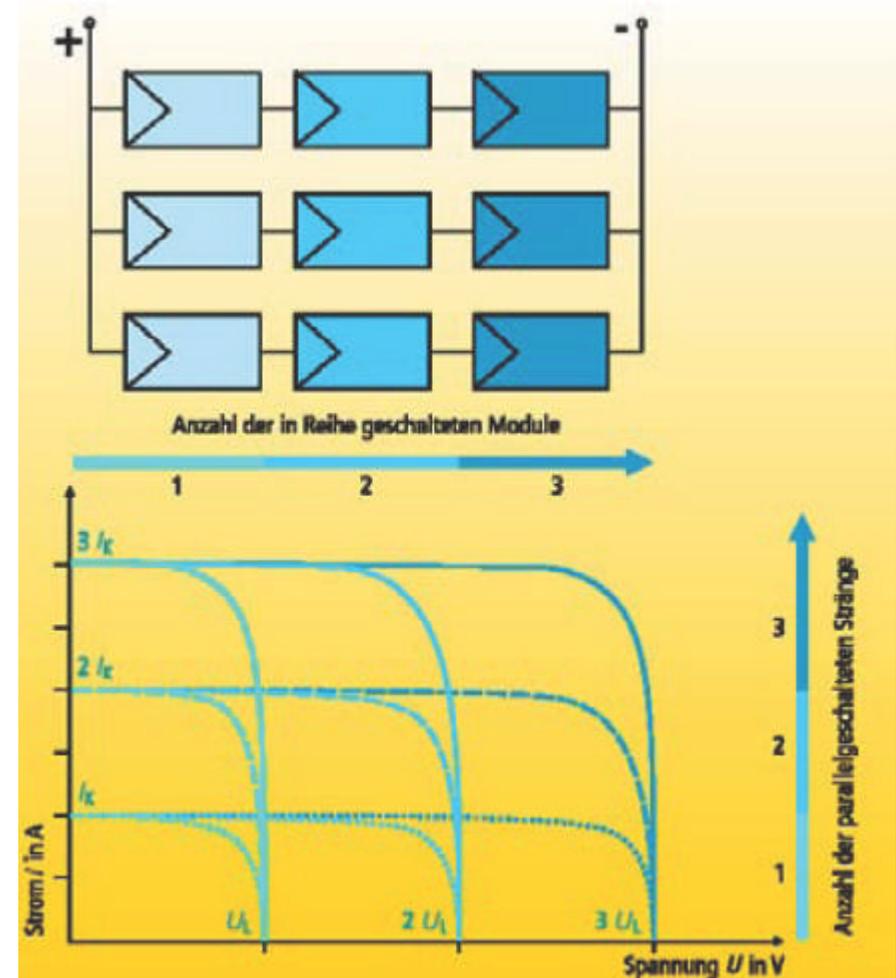
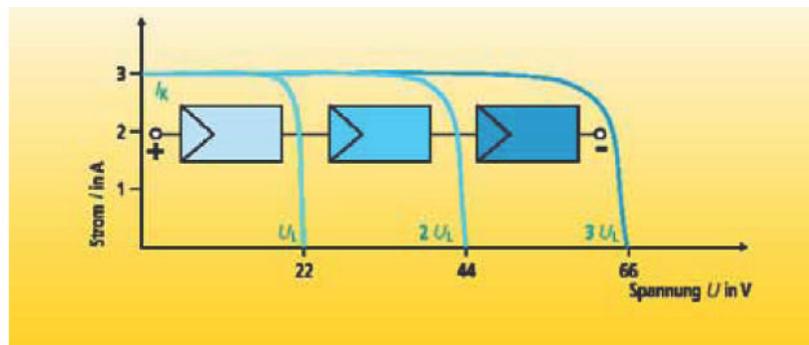
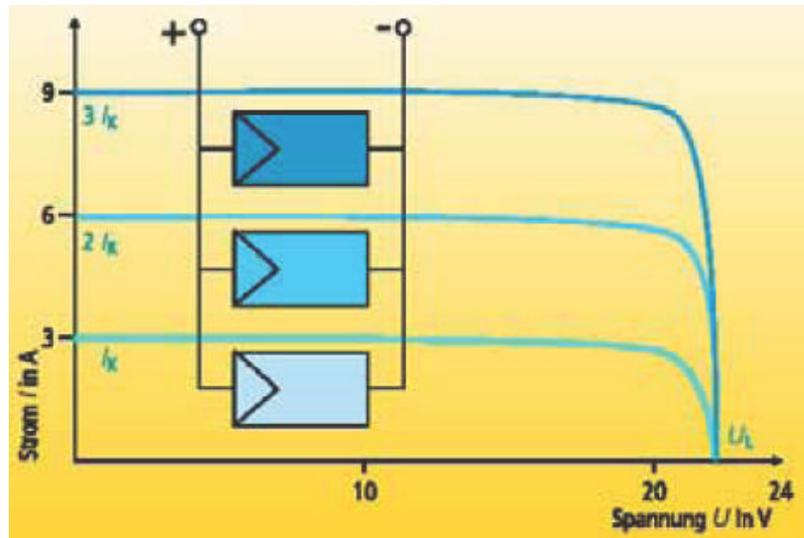
# Tecnologia Fotovoltaica

## Parametri Elettrici – ombreggiamenti



# Tecnologia Fotovoltaica

## Collegamento di Moduli Fotovoltaici



# Tecnologia Fotovoltaica

## Moduli – Norme di riferimento

Norma CEI EN 61215 (silicio cristallino)

Norma CEI EN 61646 (film sottile)

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| • Prova STC (curva caratteristica)                   | Prova di svergolamento        |
| • Prova di isolamento                                | Prova di carico Meccanico     |
| • Temperatura nominale di Cella (NOCT)               | Prova di grandine             |
| • Esposizione in esterno                             | Prova dei cicli termici       |
| • Esposizione prolungata                             | Ricottura                     |
| • Prova di resistenza a surriscaldamenti localizzati | Prova di dispersione          |
|  | Prova robustezza terminazioni |

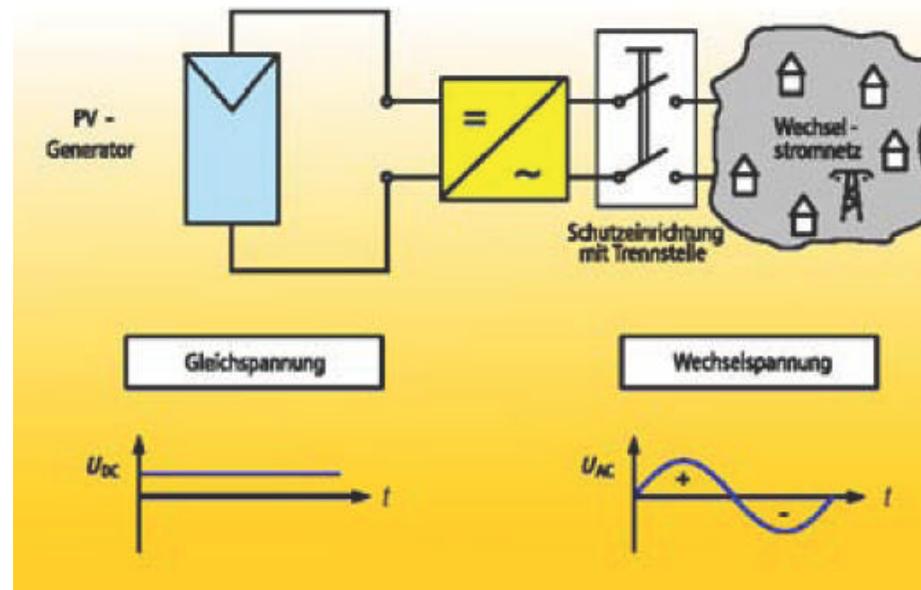
## Moduli Fotovoltaici – Costi

4.3 - 4.7 € / W

# Tecnologia Fotovoltaica

## INVERTERS

- Gli inverter interfaccia il generatore FV al carico o alla rete inseguendo il punto di massima potenza (MPP)
- Converte la corrente continua in corrente alternata
- I convertitori possono essere connessi direttamente alla rete (impianti di produzione) oppure tramite la rete elettrica dell'edificio



# Tecnologia Fotovoltaica

## INVERTERS

- Gli inverter possono controllare la forma d'onda d'uscita AC in termini di tensione e frequenza
- Svolgono il compito di adattamento del carico (MPP tracking)
- Possono introdurre una separazione galvanica (trasformatore) tra primario DC e secondario AC
- Possono essere adatti per installazioni in esterno o per interno
- Esistono modelli monofase (230V) oppure trifase (380V)
- Sono disponibili modelli semplice da alcuni kW fino a sistemi modulari da centinaia di kW.



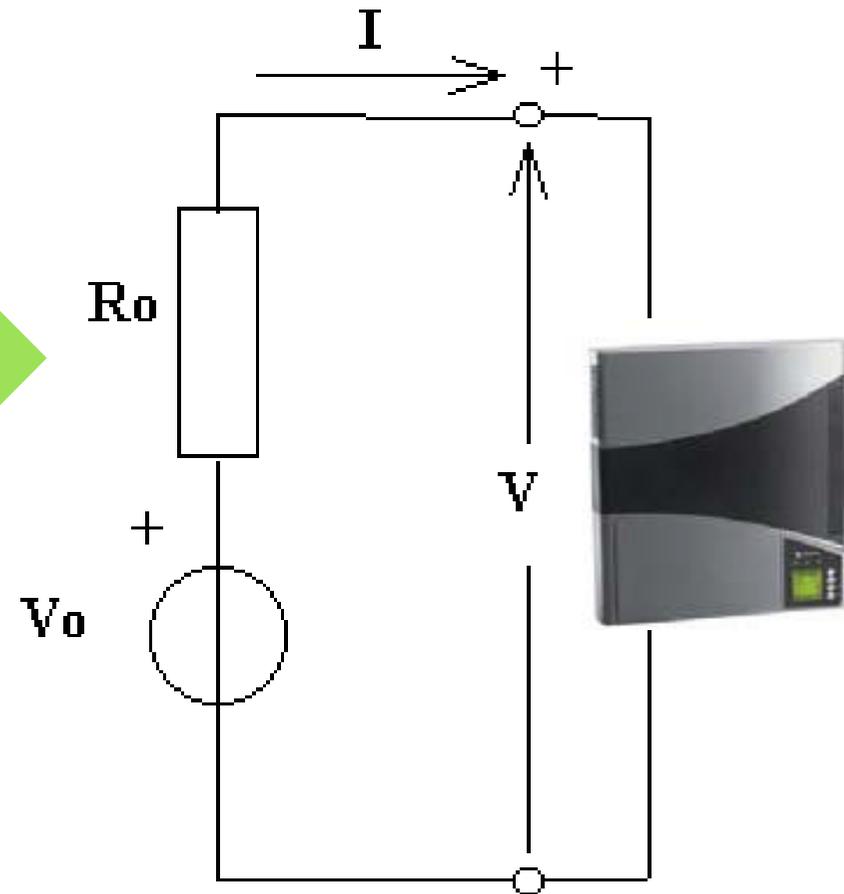
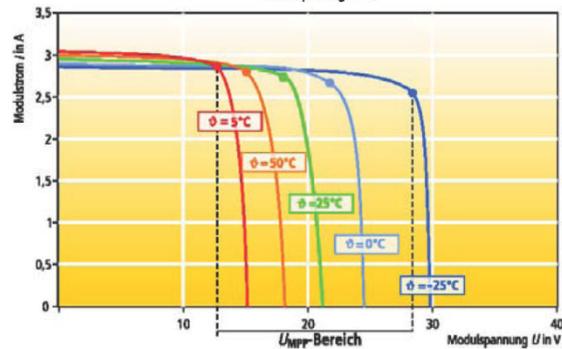
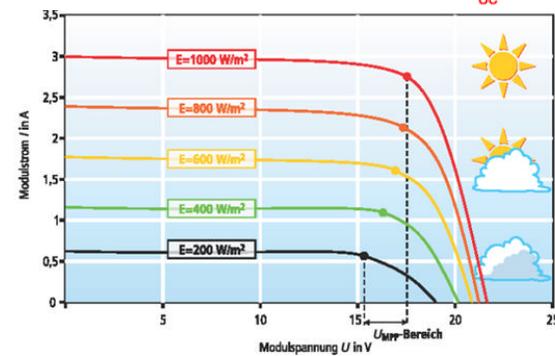
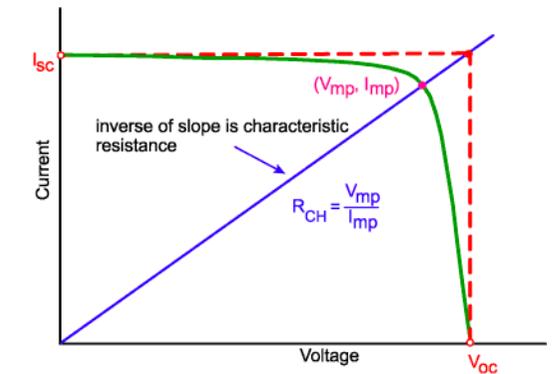
# Tecnologia Fotovoltaica

## Caratteristiche degli Inverters

	Conergy IPG 4000	Conergy IPG 5000
Range di tensione MPP	220–750 V	220–750 V
Tensione CC max. (ACC MAX)	800 V <sub>CC</sub>	800 V <sub>CC</sub>
Potenza nom. (P <sub>CC</sub> )	4000 W	5000 W
Potenza FV max. (P <sub>CCMAX</sub> )	5000 Wp	6000 Wp
Corrente di ingresso max.	15,2 A	16,2 A
Tensione di rete (A <sub>CA</sub> )	196–253 V <sub>CA</sub>	196–253 V <sub>CA</sub>
Frequenza (f)	49,8–50,2 Hz	49,8–50,2 Hz
Potenza nom. (P <sub>CA</sub> )	3400 W	4600 W
Potenza max. (P <sub>CA</sub> )	3800 W	5000 W
Fattore di distorsione	< 3 %	< 3 %
Grado di efficienza massimo	96,5 %	96,7 %
Grado di efficienza europeo	95 %	96 %
Dimensioni meccaniche (L x A x P)	377 x 620 x 226 mm	377 x 620 x 226 mm
Peso	27 kg	28 kg
Raffreddamento	convezione	convezione
Temperatura ambiente	da -10 a +40 °C/da 40 a 60 °C con derating	da -10 a +40 °C/da 40 a 60 °C con derating
Tipo di protezione	IP 65	IP 65
Monitoraggio della dispersione verso terra	SI	SI
Protezione da sovratensioni CC	varistori e scaricatori	Varistori e scaricatori
Protezione da inversione della polarità	lato CC tramite diodi di cortocircuito	lato CC tramite diodi di cortocircuito
Comportamento a sovraccarico CC	modifica dei punti di lavoro sulla curva caratteristica del generatore solare	
Display a sfioramento	SI	SI

# Tecnologia Fotovoltaica

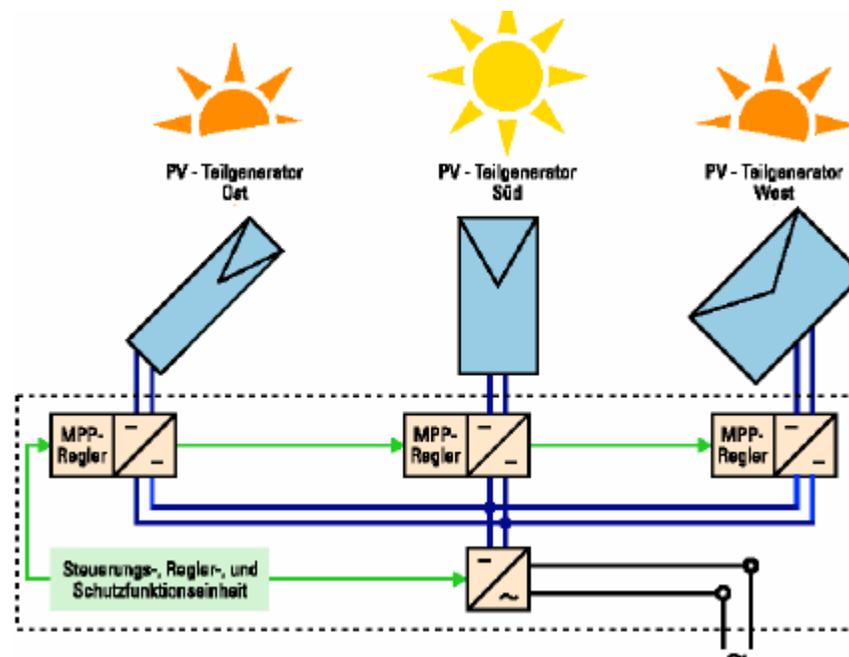
## Inverters – Inseguimento punto di Max Potenza



# Tecnologia Fotovoltaica

## Inverters – Inseguimento punto di Max Potenza

Alcuni Inverters vengono equipaggiati con 2 o più gruppi elettronici MPP. Questo al fine di poter gestire campi fotovoltaici con diversa inclinazione/orientamento oppure stringhe di dimensioni differenti.



# Tecnologia Fotovoltaica

## Inverters - Rendimento

Efficienza di conversione  $h_{CON} = \frac{P_{CA}}{P_{CC}}$

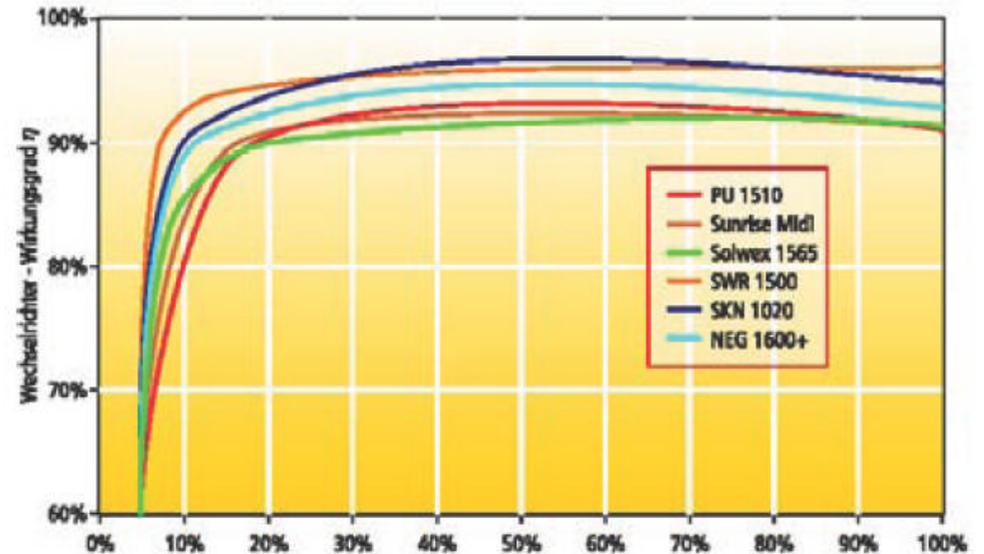
Efficienza di tracking  $h_{TR} = \frac{P_{CC}}{P_{PV}}$

Efficienza dell'inverter  $h_{INV} = h_{CON} * h_{TR}$

Efficienza minima  $h_{MIN} = \min\left(\frac{P_{CA}}{P_{CC}}\right)$  con  $P_{CA} > 30\% P_{NOM}$

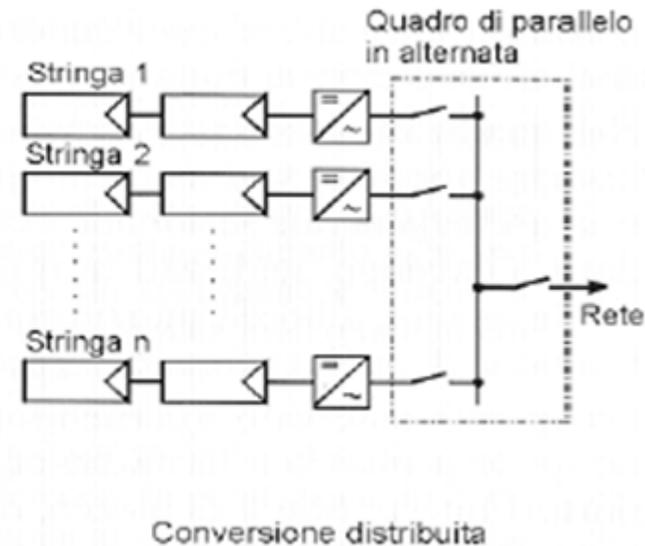
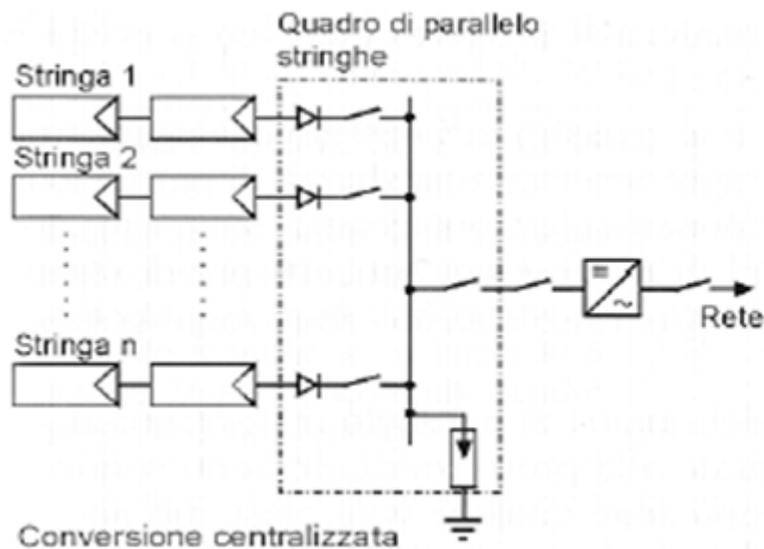
Rendimento Europeo

$$h_{Euro} = 0.03h_{5\%} + 0.06h_{10\%} + 0.13h_{20\%} + 0.10h_{30\%} + 0.48h_{50\%} + 0.20h_{100\%}$$



# Tecnologia Fotovoltaica

## Inverters - Collegamenti



Maggiore Efficienza della macchina  
Minore efficienza dell' MPP tracking  
Minore manutenzione  
Minore affidabilità

Maggiore efficienza dell' MPP tracking  
Maggiore manutenzione  
Maggiore affidabilità

# Tecnologia Fotovoltaica

## Inverters - Connessioni



Connessione diretta dei conduttori DC ed AC



Connessione tramite connettori speciali dei conduttori DC ed AC

# Tecnologia Fotovoltaica

## Inverters – Norme di Riferimento

- CEI 11-20
- Direttiva Macchine 
- D.Lgs 81/08
- DK 5940 ed. 2.2, CEI 0-16
- Norme EMC

Inverters Fotovoltaici – Costi

0.4 - 0.5 € / W

# Tecnologia Fotovoltaica

## Quadro di Campo DC

Viene impiegato per il parallelo totale o parziale delle stringhe fotovoltaiche

E' utilizzato per il sezionamento ed interruzione sul lato DC del campo fotovoltaico sotto carico

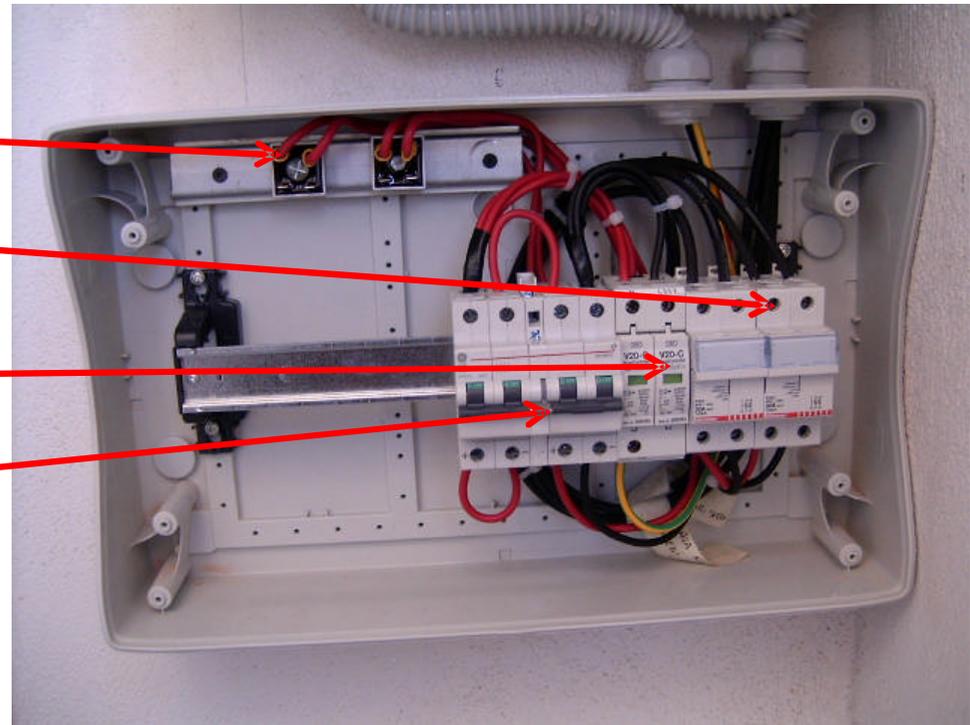
Include dispositivi per il sezionamento delle singole stringhe fotovoltaiche

Diodo di Blocco

Sezionatori Fusibili

Scaricatori SPD

Interruttore Sezionatore DC

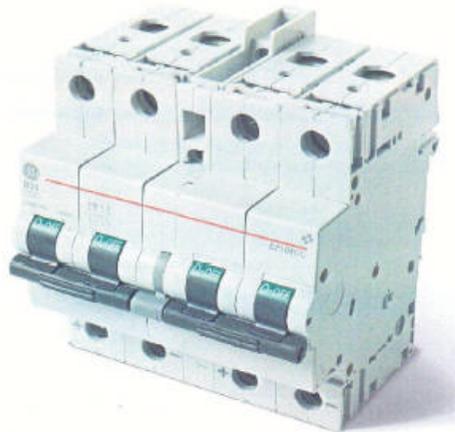


# Tecnologia Fotovoltaica

## Quadro di Campo - Interruttori DC

Possono essere del tipo:

- Interruttore – Sezionatore con caratteristiche DC
- Interruttore MagnetoTermico con caratteristiche DC
- Interruttore MagnetoTermico Differenziale con caratteristiche DC



# Tecnologia Fotovoltaica

## Cavi Solari

La connessione dei moduli fotovoltaici al quadro di stringa o di campo e spesso, in parte, effettuata con passaggi in esterno. Questo comporta che i conduttori siano soggetti a stress termici e sottoposti a radiazione diretta UV. E' necessario a tale proposito utilizzare cavi con opportune caratteristiche.

Alcuni Tipi:

- RADOX
- H07RN-F



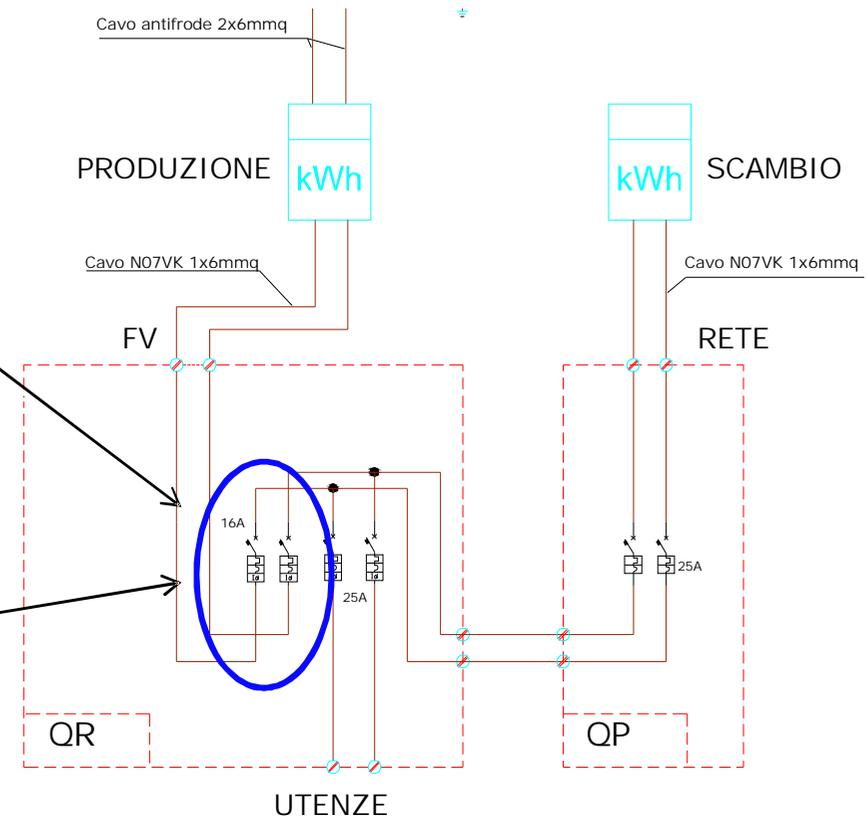
# Tecnologia Fotovoltaica

## Quadro Interfaccia Rete AC

E' utilizzato per il collegamento in parallelo alla rete di distribuzione del generatore fotovoltaico. Include la funzione di protezione e sezionamento la AC del generatore. Negli impianti per autoproduzione, spesso, coincide con il quadro generale dell'edificio.

Inverter con separazione galvanica  
=  
Differenziale Classico tipo A o AC

Inverter senza separazione galvanica  
=  
Differenziale speciale tipo B se la  
componente continua immessa è  $> 0.5\%$   
(CEI 11.20)



# Tecnologia Fotovoltaica

## Strutture di Sostegno

L'installazione del generatore fotovoltaico può essere molteplice. In generale tutte le superfici marginali degli edifici possono essere adeguate. Non sono meno tutte le possibili soluzioni di integrazione architettonica a sostituzione di tamponature esterne e materiali edili classici in genere. Gli sforzi maggiori sono dovuti alle azioni di vento e neve ed al peso dei pannelli.

Alcuni esempi:

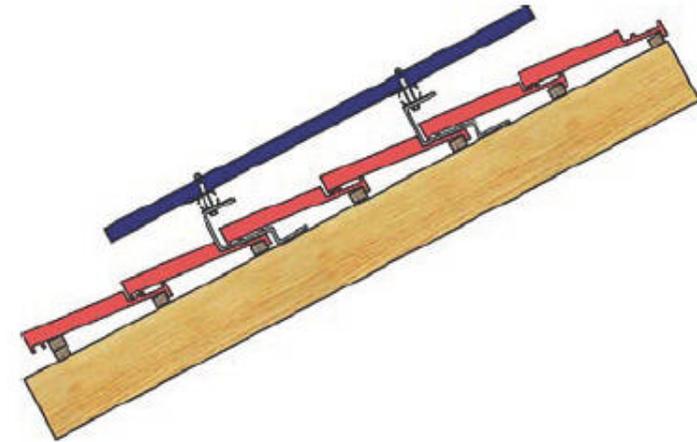
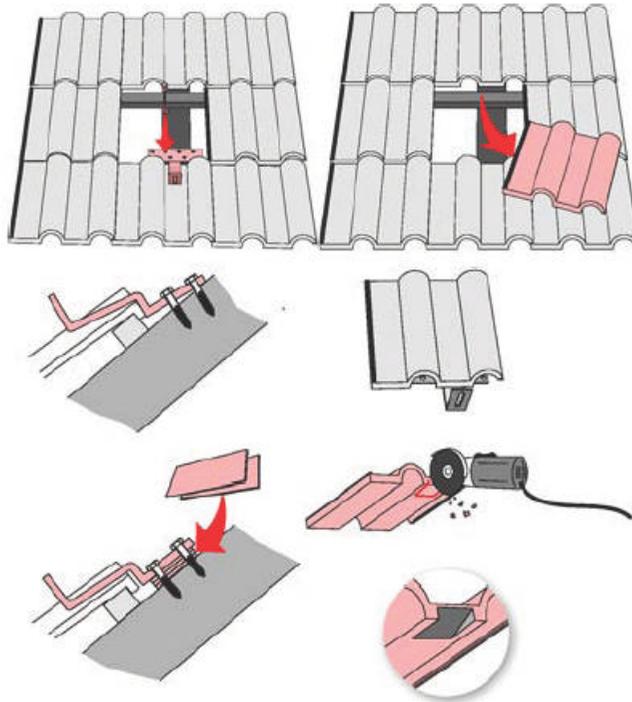
- Tetto a falda con copertura in tegole
- Tetto a falda con copertura in lamiera grecata
- Terrazza
- Facciata
- Terreno



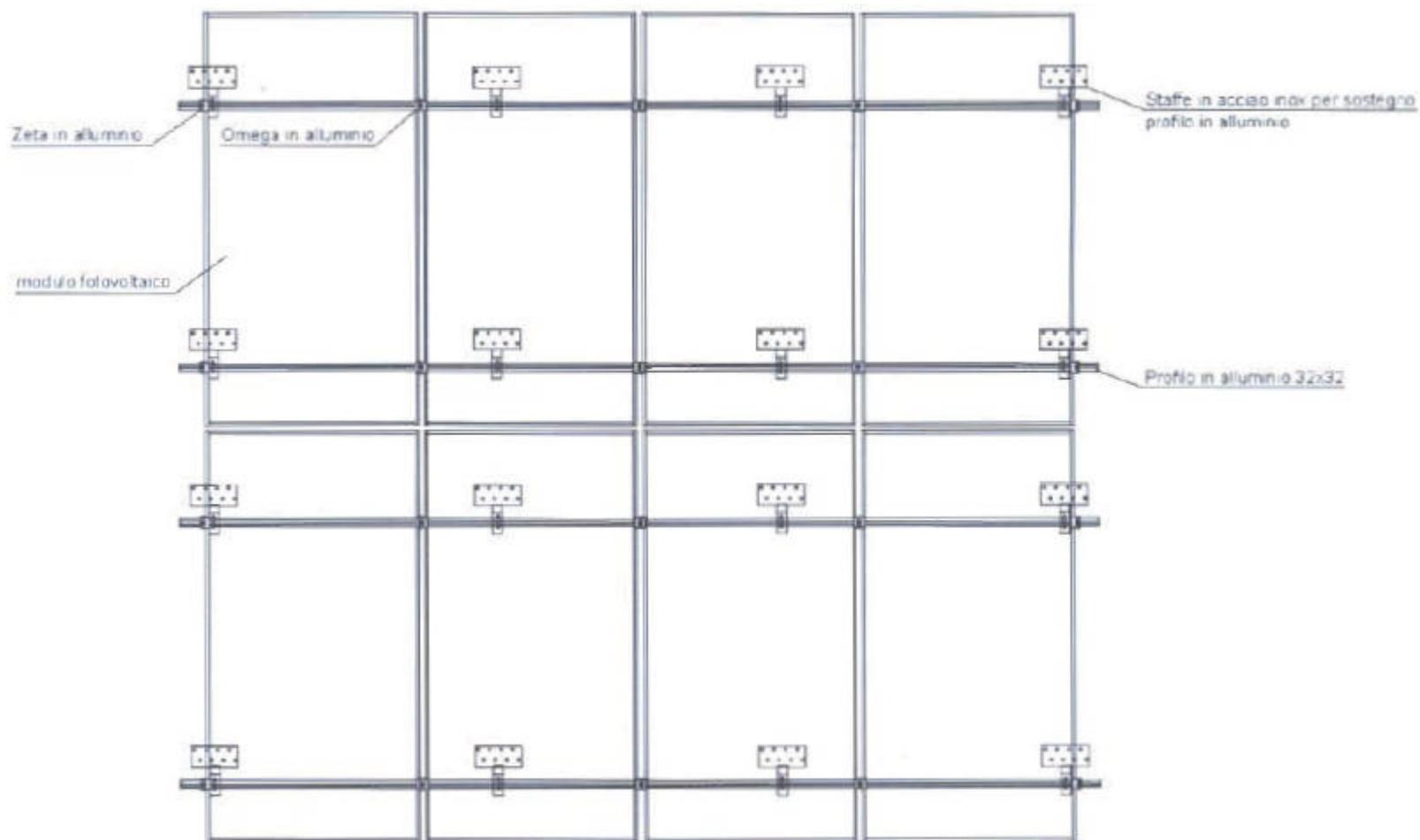
# Tecnologia Fotovoltaica

## Strutture di Supporto – Tetto inclinato

L'impianto avrà un'inclinazione ed un orientamento fissato dalla struttura di copertura. La struttura deve essere concepita in modo da scaricare l'intero peso dell'impianto sulla struttura portante della copertura e non sul materiale di copertura.



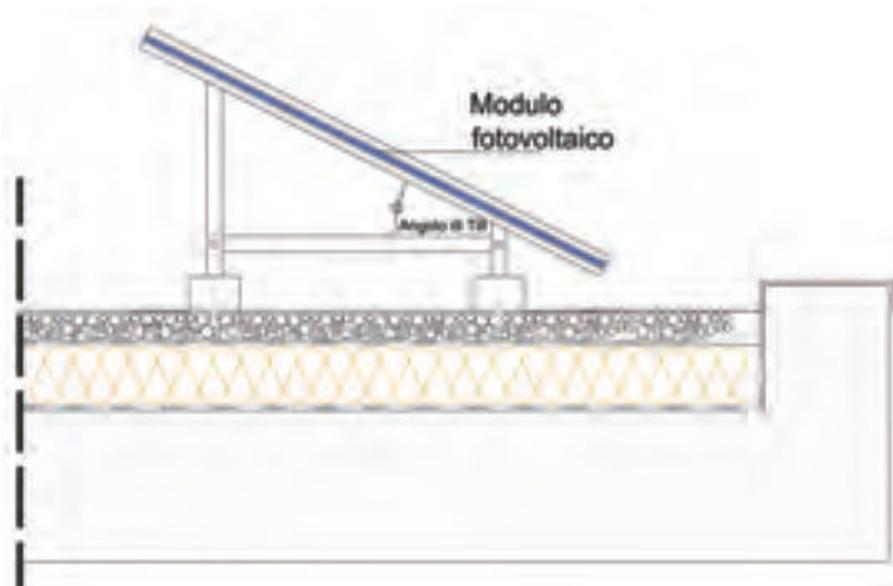
# Tecnologia Fotovoltaica



# Tecnologia Fotovoltaica

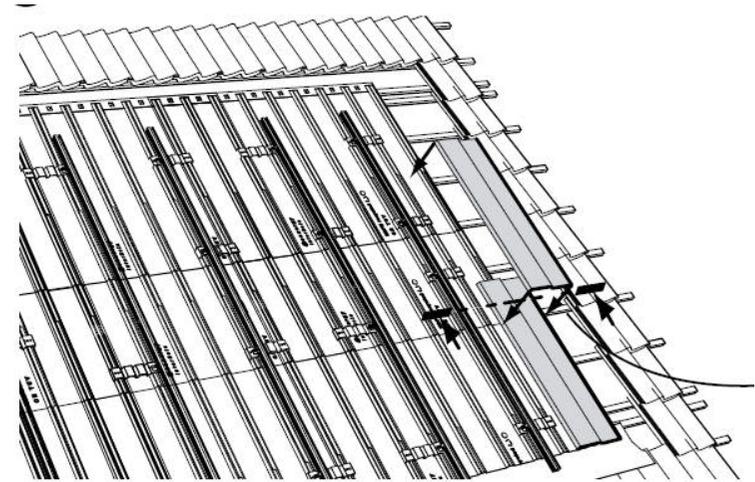
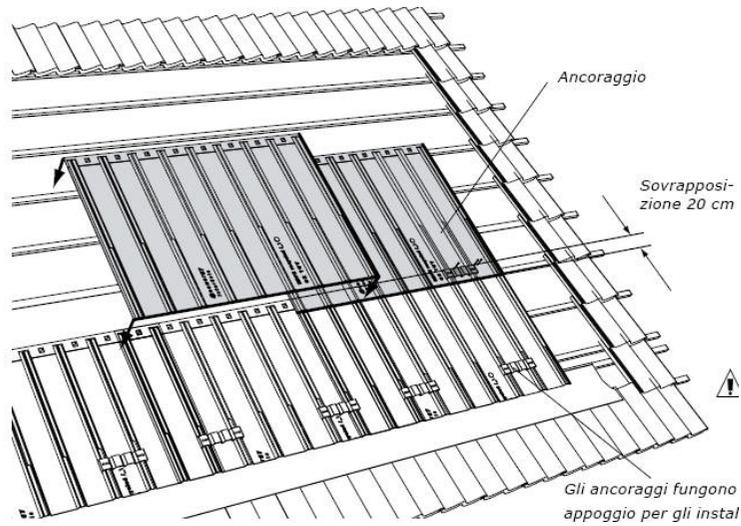
## Strutture di Sostegno – Tetto Piano

In questo caso, spesso, all'impianto può essere dato il tilt e l'azimut ottimale per massimizzare la produzione. La struttura deve sopportare i carichi e non compromettere l'impermeabilità della copertura



# Tecnologia Fotovoltaica

## Strutture di Sostegno – Tetto Integrato



# Tecnologia Fotovoltaica

---

## Strutture di Sostegno – Norme di riferimento

D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica in sicurezza delle costruzioni, dei carichi e dei sovraccarichi"

---