



Lo stato dell'arte della normativa legislativa e tecnica per impianti elettrici in particolare fotovoltaici – Guida CEI 82-25

Sala conferenze CNA, Ragusa – 30 Maggio 2009

Progettazione, installazione e verifica di un impianto fotovoltaico

Francesco Groppi – Responsabile GDL2 CEI-CT82



SOMMARIO

- **Fasi della progettazione di un impianto FV**
- **Installazione di un impianto FV**
- **Verifiche**



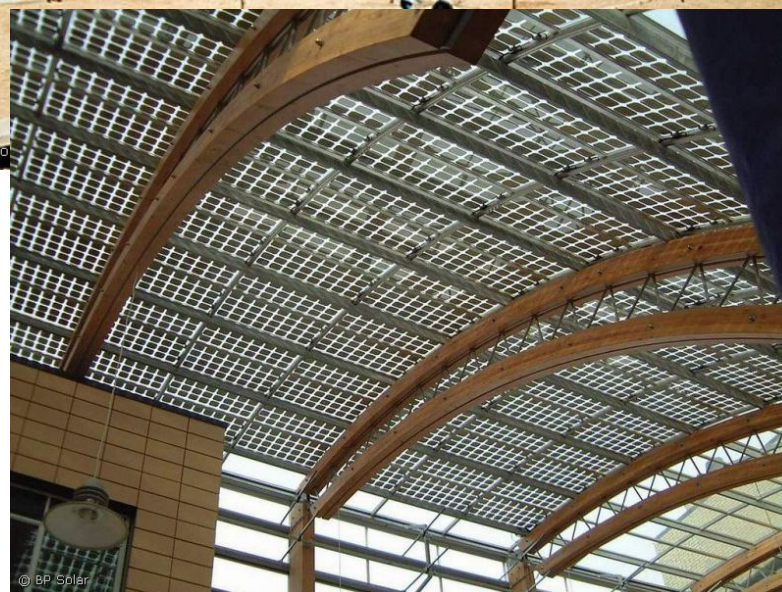
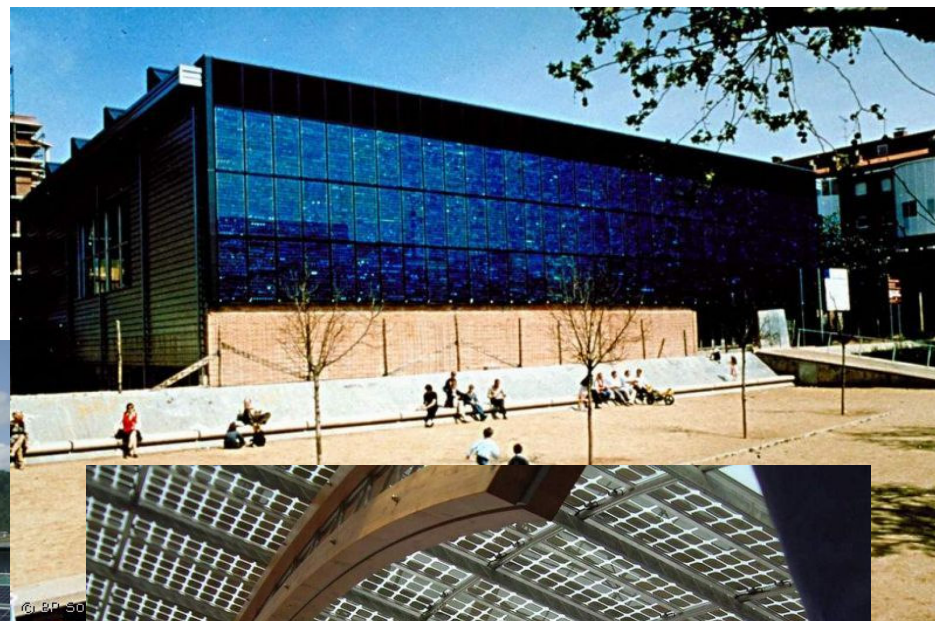
■ Fasi della progettazione di un impianto FV





Tipi di impianti fotovoltaici

- Impianti fissi





Tipi di impianti fotovoltaici

- Impianti ad inseguimento





Tipi di celle fotovoltaiche

- Celle fotovoltaiche di tipo tradizionale



© Photowatt International

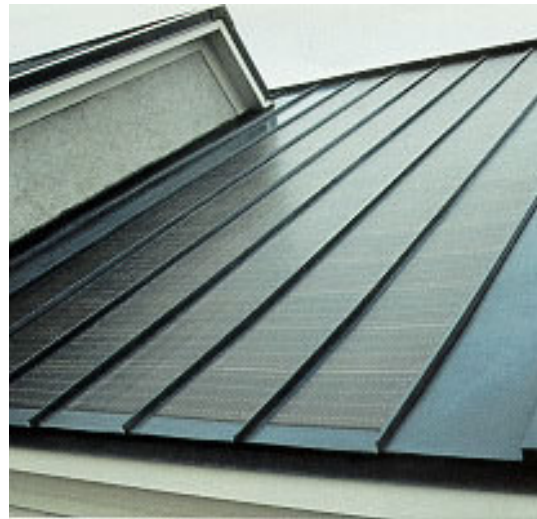


© Photowatt International



Tipi di celle fotovoltaiche

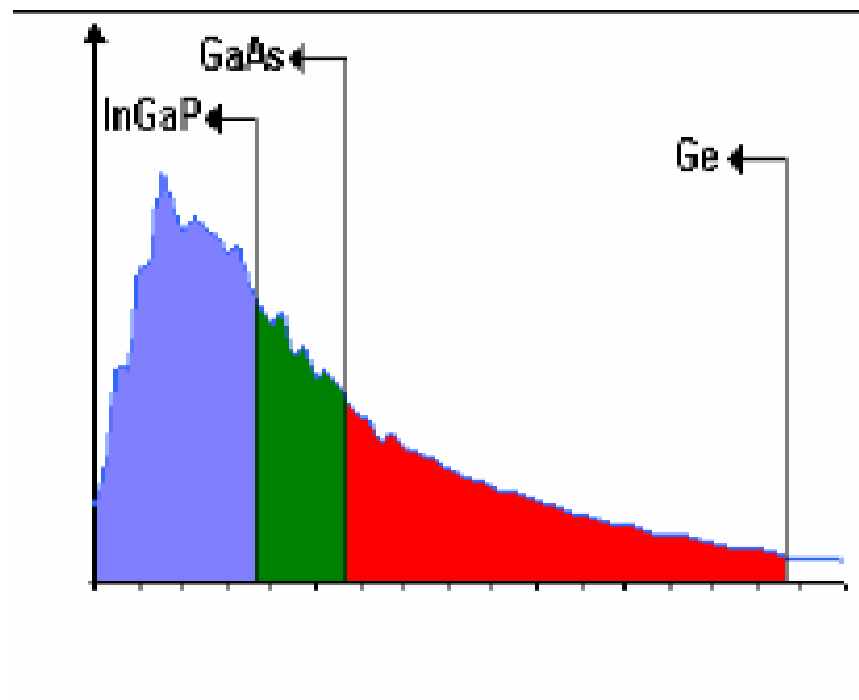
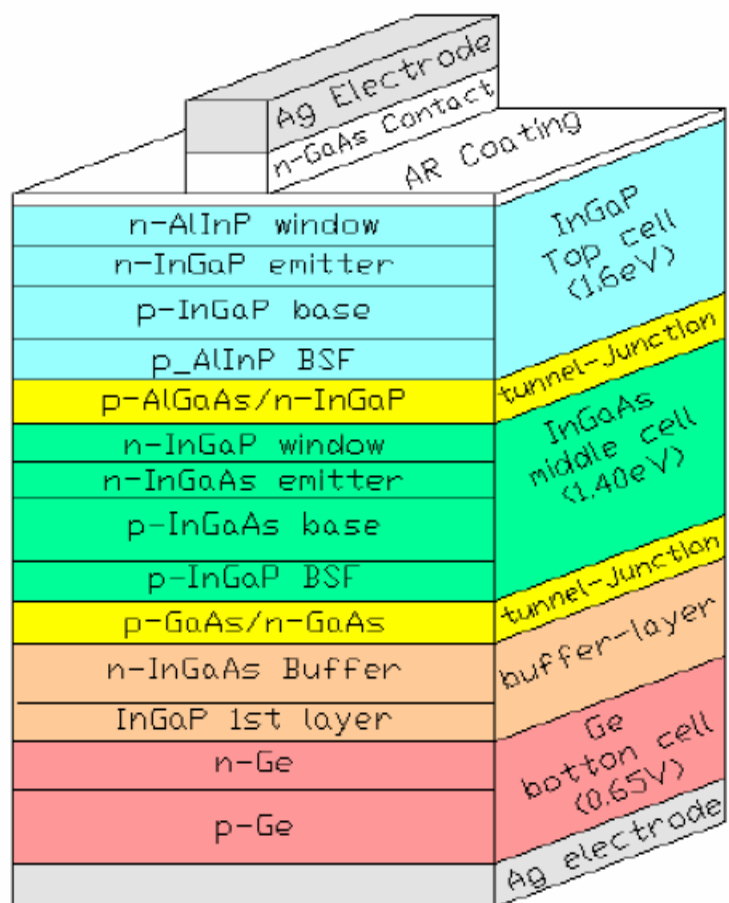
- Celle fotovoltaiche a film sottile
 - ◆ A-Si
 - ◆ CIS
 - ◆ CIGS
 - ◆ CdTe





Tipi di celle fotovoltaiche

Celle fotovoltaiche multigiunzione





Tipi di impianti fotovoltaici

- Impianti a concentrazione





Criteri di progettazione – Il generatore fotovoltaico

DIMENSIONAMENTO ENERGETICO

Massimizzazione della captazione dell'energia solare

- a. **Analisi spazi disponibili**
posizionamento dei moduli
- b. **Analisi della disponibilità della fonte solare**
(UNI 10349 e UNI 8477)
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>
- c. **Scelta della struttura di sostegno**
a terra o integrata architettonicamente, fissa
o ad inseguimento solare
- d. **Scelta dell'inclinazione e orientazione del**
piano di captazione
- e. **Ombreggiamenti e sporcamenti**
- f. **Valutazione dell'energia elettrica producibile**





La radiazione solare

Definizioni

Irraggiamento solare (W/m^2)

Intensità della radiazione elettromagnetica solare incidente su una superficie di area unitaria. Tale intensità è pari all'integrale della potenza associata a ciascun valore di frequenza dello spettro solare

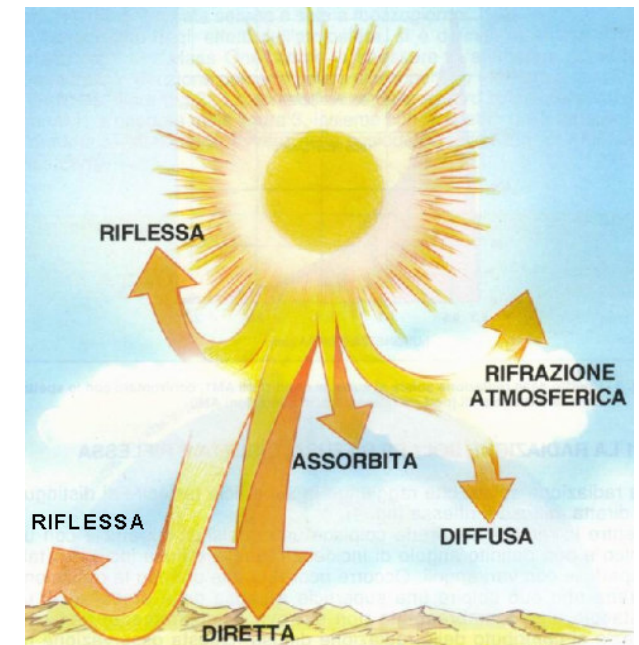
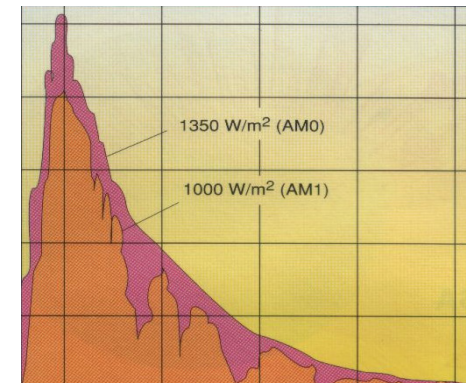
Radiazione solare (kWh/m^2)

Integrale dell'irraggiamento solare, su un periodo di tempo specificato

Radiazione solare globale

Somma delle varie componenti

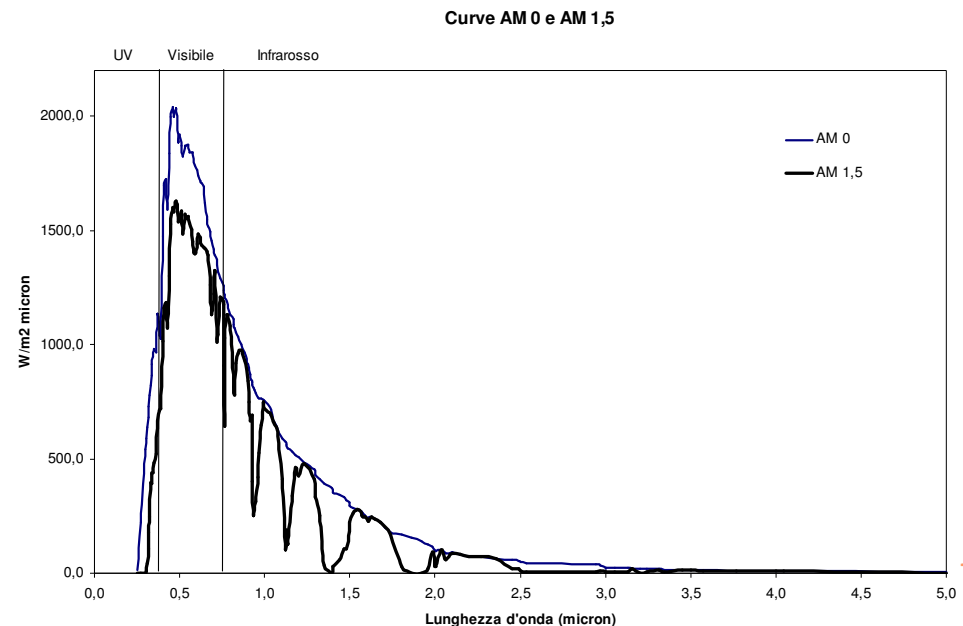
Globale = diretta + diffusa + riflessa





La cella fotovoltaica

- Le caratteristiche nominali dei dispositivi fotovoltaici sono misurate in Condizioni di prova normalizzate o STC (Standard Test Conditions):
 - ◆ Irraggiamento = **1000 W/m²** con distribuzione spettrale di riferimento (massa d'aria AM 1.5)
 - ◆ Temperatura di cella = **25 °C ±2 °C**





I moduli fotovoltaici: costruzione, caratteristiche, esempi

- La temperatura nominale di lavoro di cella o NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) è la temperatura di equilibrio della cella di un modulo posto in condizioni ambientali normalizzate (CEI EN 60904-3):
 - ◆ irraggiamento di 800 W/m^2
 - ◆ temperatura ambiente di $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$
 - ◆ velocità del vento di 1 m/s ,

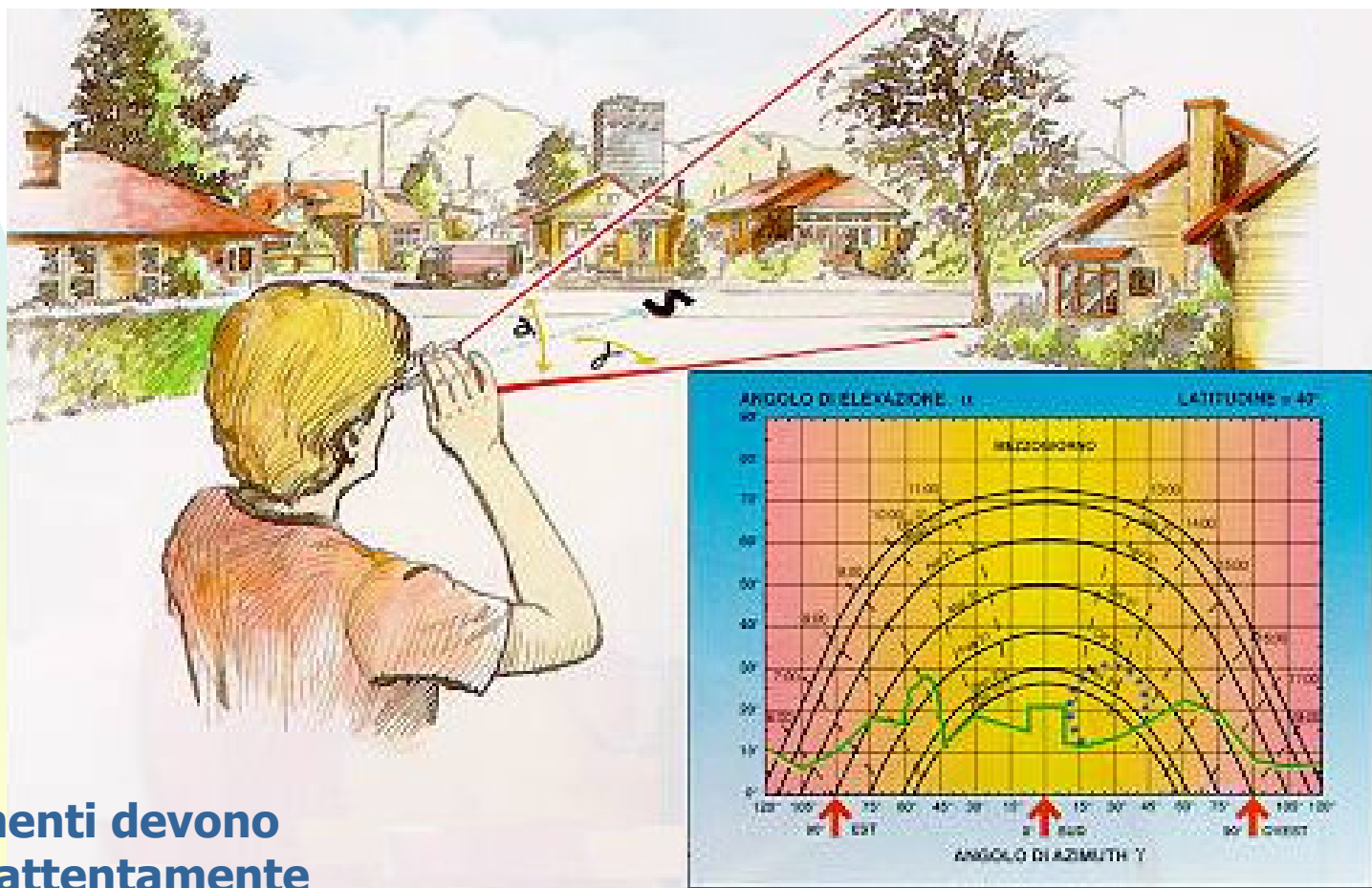




Criteri di progettazione – Il generatore fotovoltaico

DIMENSIONAMENTO ENERGETICO

Ombreggiamenti - L'effetto degli ostacoli



Gli ombreggiamenti devono essere valutati attentamente

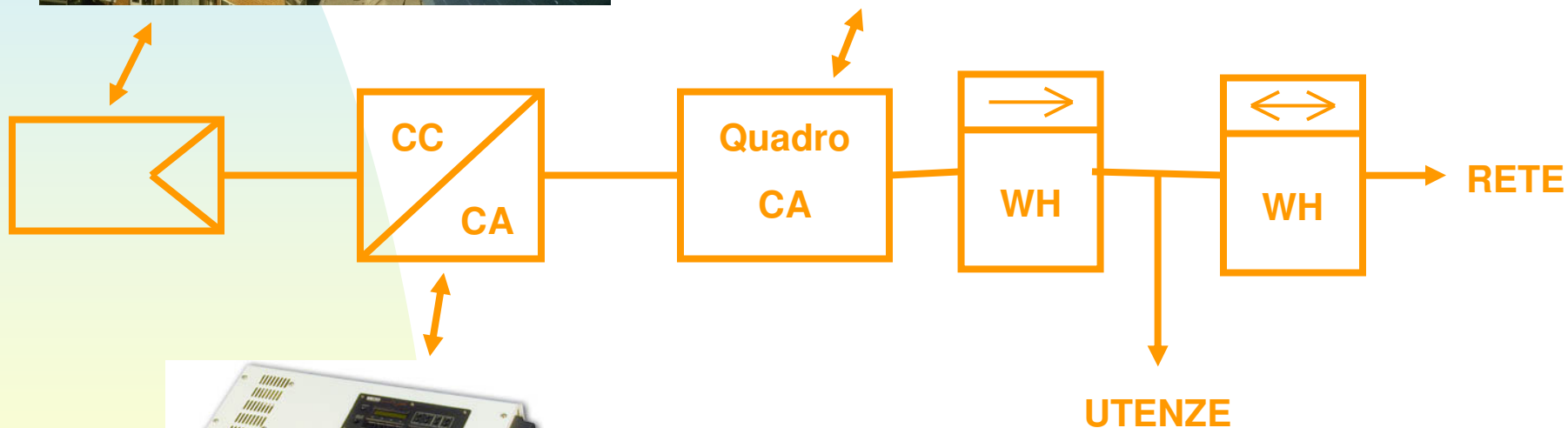


Produzione tipica da FV

Località	Energia solare annua su superficie orizzontale [kWh/m ²]	Energia solare annua su superficie rivolta a Sud e inclinata di 30° [kWh/m ²]	Produzione elettrica attesa con un rendimento medio di impianto pari a 75% [kWh/kWp]
Milano	1.300	1.400	1.050
Roma	1.600	1.750	1.300
Messina	1.730	1.880	1.400

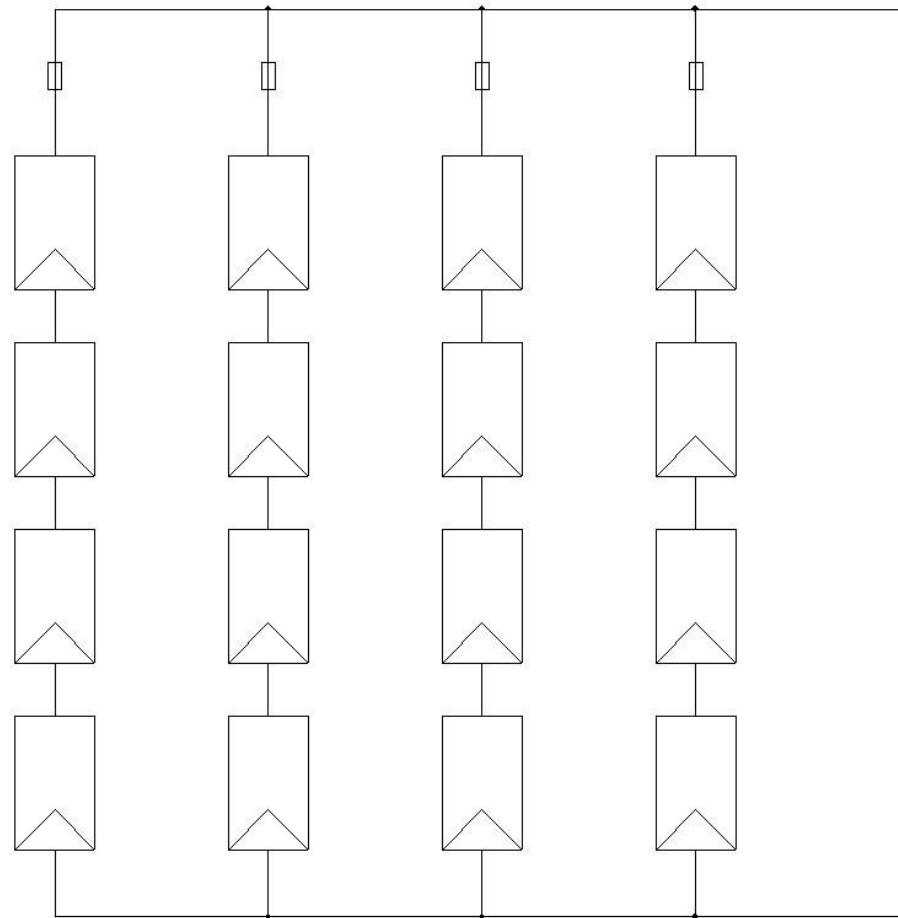


Progettazione elettrica



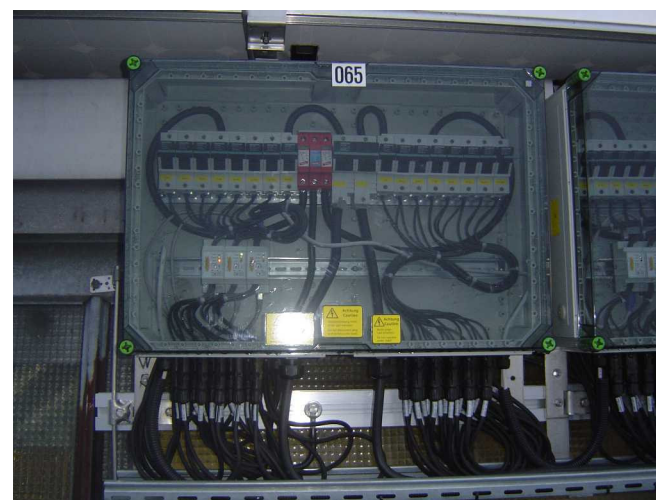
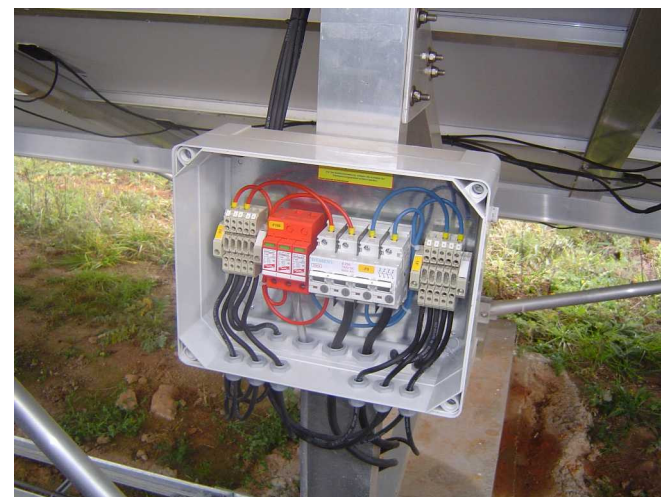


Collegamento dei moduli fotovoltaici



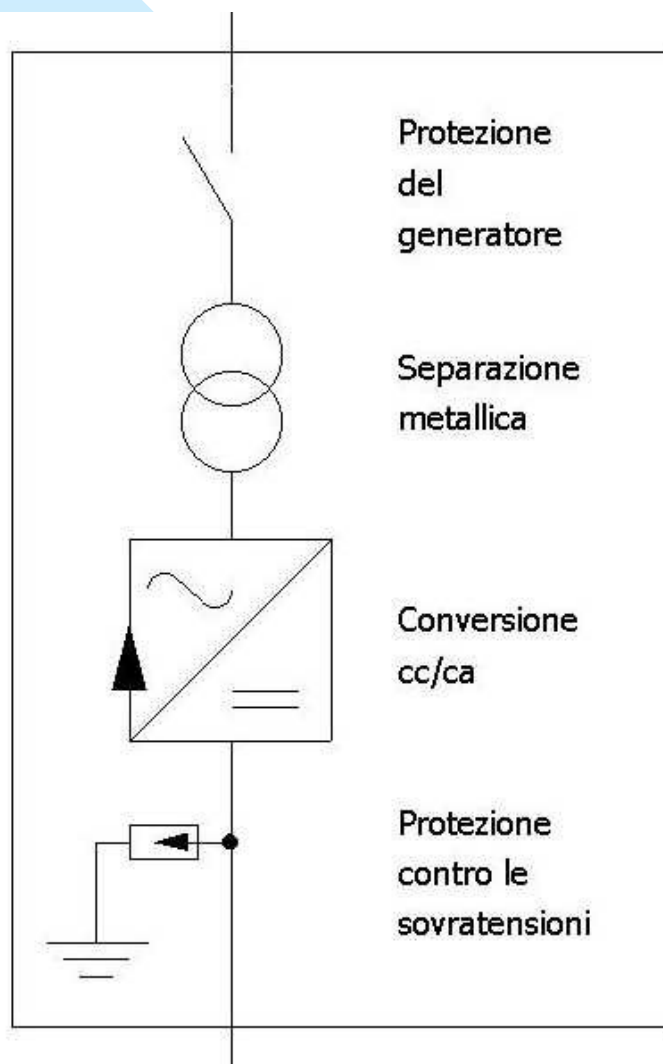


Collegamento dei moduli fotovoltaici





Conversione della potenza



- L'inverter deve svolgere le seguenti funzioni:
 - ◆ Ricerca del punto di massima potenza (MPPT)
 - ◆ Conversione cc/ca
 - ◆ Separazione galvanica (metallica) tra generatore FV e rete elettrica (preferibile)
 - ◆ Protezione verso i guasti interni ed esterni

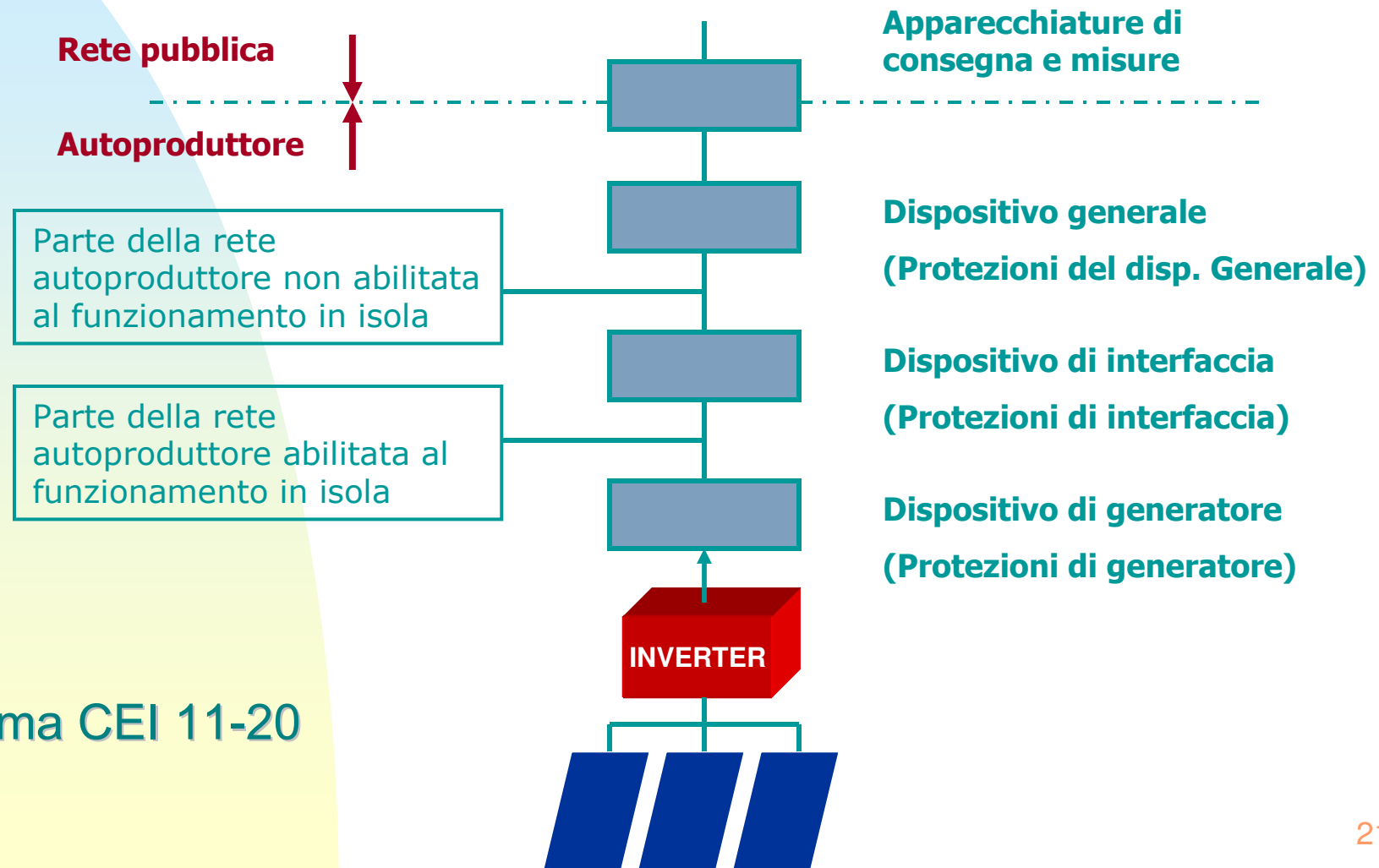


Conversione della potenza





L'interfacciamento alla rete del distributore

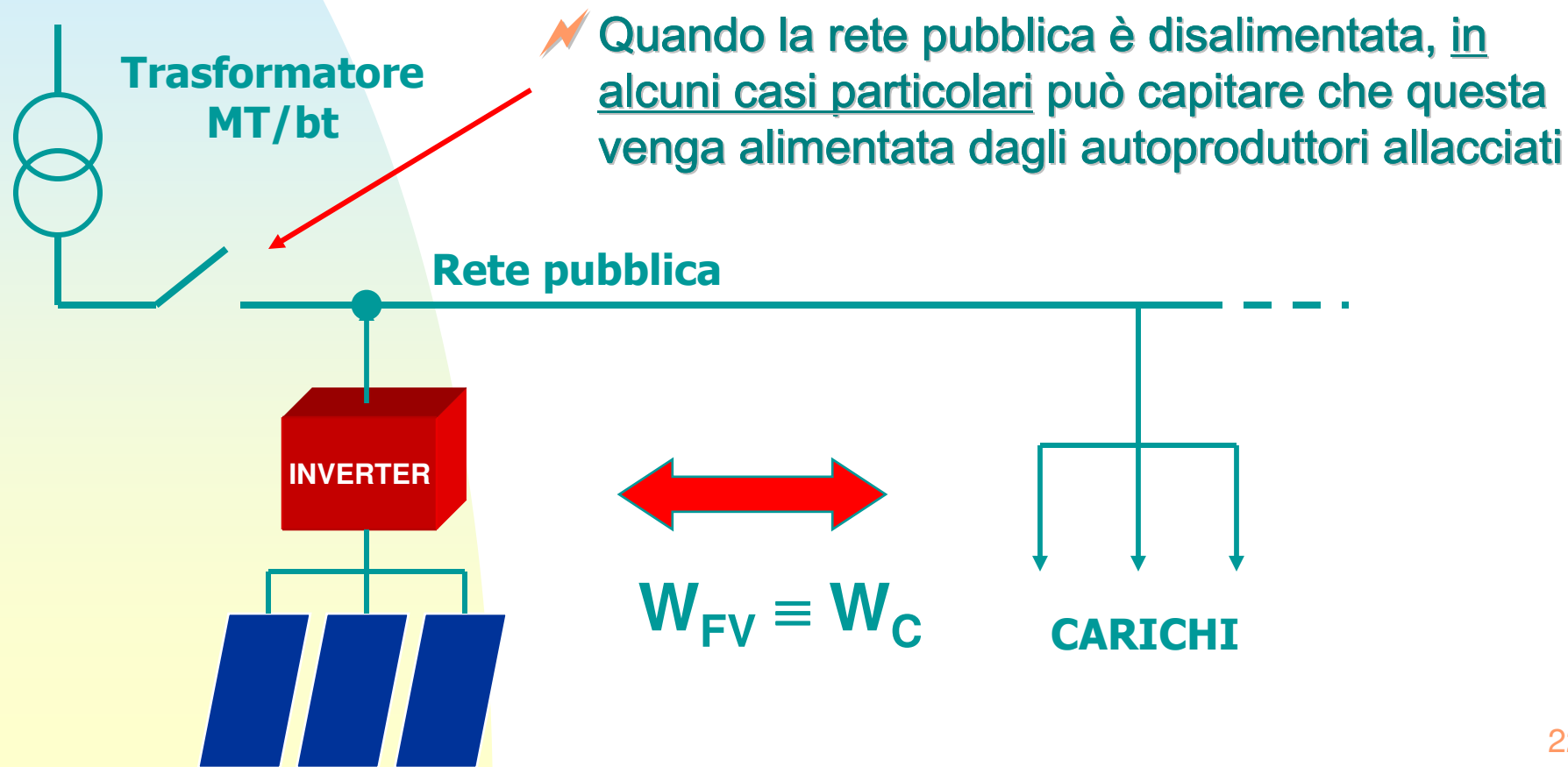


Schema CEI 11-20



L'interfacciamento alla rete del distributore

Dispositivo di interfaccia





L'interfacciamento alla rete del distributore

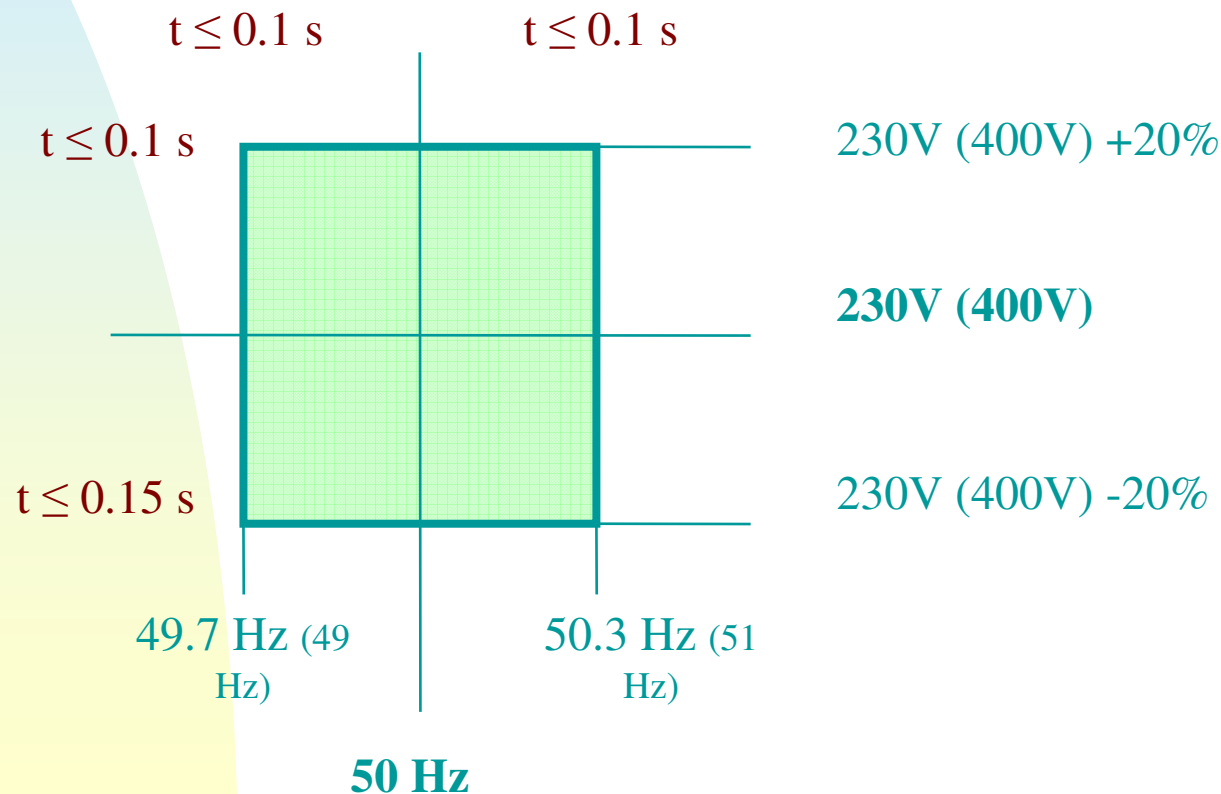
Perché il rischio di islanding deve essere evitato:

- Rischio di shock elettrico: Gli addetti possono trovarsi a lavorare su linee che non sono realmente disalimentate
- Guasti alle apparecchiature: Il bilanciamento della potenza può avvenire su livelli di tensione e frequenza che le apparecchiature non sono in grado di tollerare
- Imprevedibilità dell'erogazione: Il funzionamento in isola è il risultato di una serie di fattori che non possono essere ne' previsti ne' controllati
- Ulteriori guasti al ritorno dell'erogazione di energia: alla richiusura del feeder, tensione, frequenza e fase sono differenti



L'interfacciamento alla rete del distributore

- Principale modalità di funzionamento delle protezioni di interfaccia: min f, max f, min V, max V





La protezione contro gli shock elettrici e le sovratensioni

- La rispondenza dei moduli fotovoltaici alle Norme **CEI EN 61215** o **CEI EN 61646** ed alle recenti **CEI EN 61730-1** e **CEI EN 61730-2** può garantire un'adeguata resistenza nel tempo alle sollecitazioni elettriche, meccaniche e termiche ed ai rischi di incendio
- L'isolamento verso l'esterno dei moduli fotovoltaici deve essere di Classe II a meno che il generatore FV non sia SELV o PELV
- La tensione massima di sistema, in ogni condizione, non deve superare la tensione di isolamento dei moduli fotovoltaici



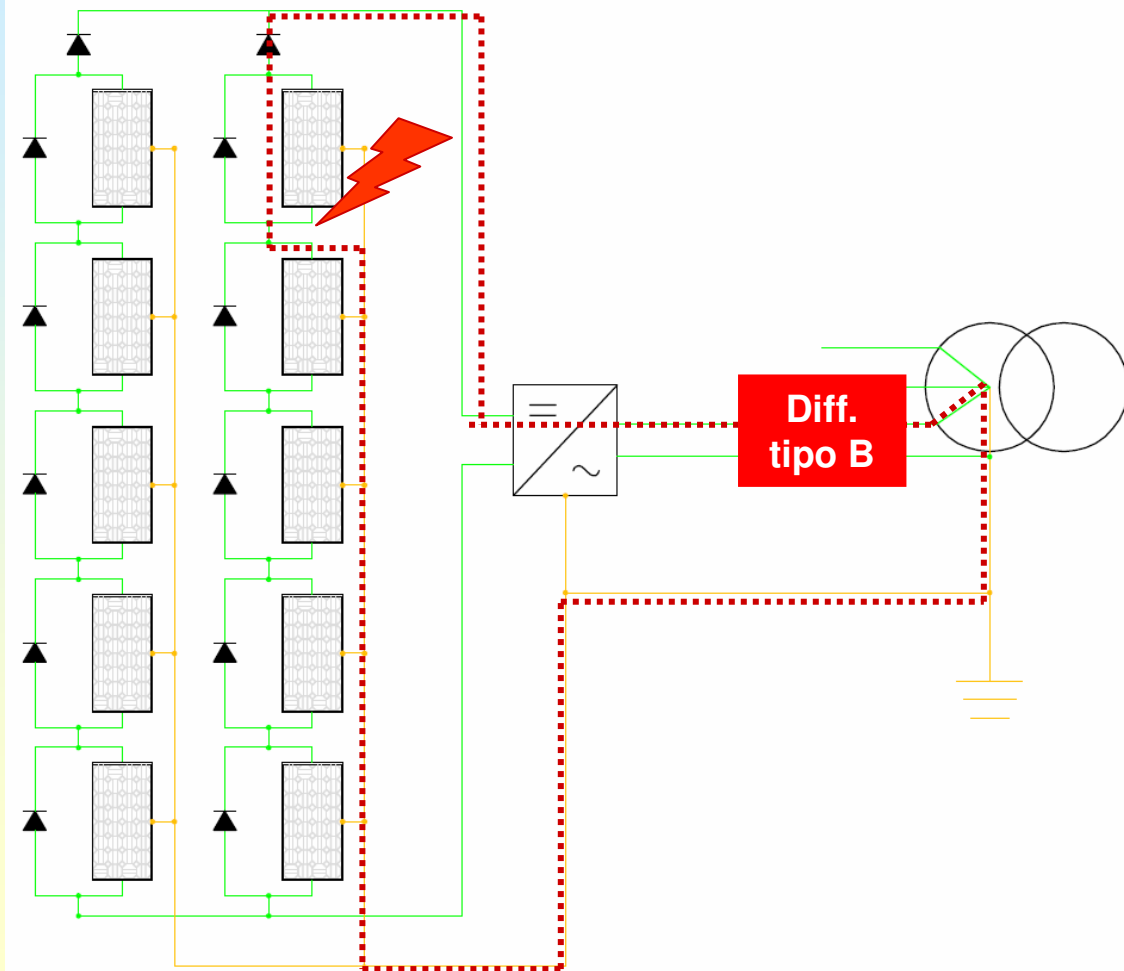


Protezioni elettriche – protezione contro i contatti indiretti

CEI 64-8
art. 712.413.1.1.1.2

Quando un impianto elettrico comprende un sistema di alimentazione FV **senza almeno una semplice separazione tra il lato c.a. ed il lato c.c.** il dispositivo **differenziale** installato per fornire protezione contro i contatti indiretti mediante interruzione automatica della alimentazione **deve essere di tipo B** secondo IEC 60755/A2.

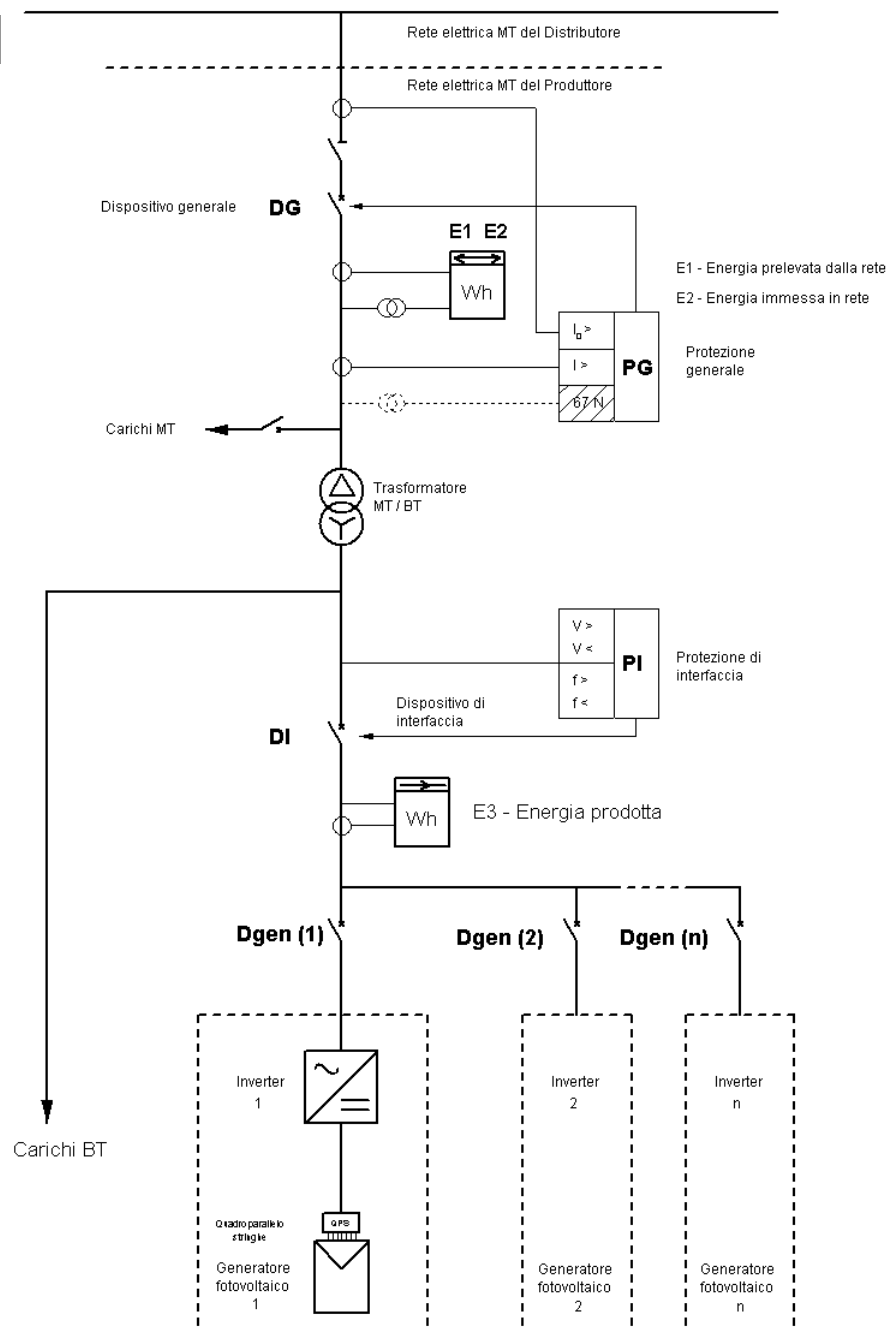
Quando l'invertitore FV non sia per costruzione tale da iniettare correnti continue (c.c) di guasto a terra nell'impianto elettrico, **non è richiesto un interruttore differenziale di tipo B** secondo IEC 60755/A2.
La CEI 82-25 chiarisce che il **costruttore deve comunque autocertificare** tale caratteristica dell'invertitore FV.





Esempio di schema di connessione alla rete MT,

La protezione 67N è adottata in funzione della lunghezza della linea MT



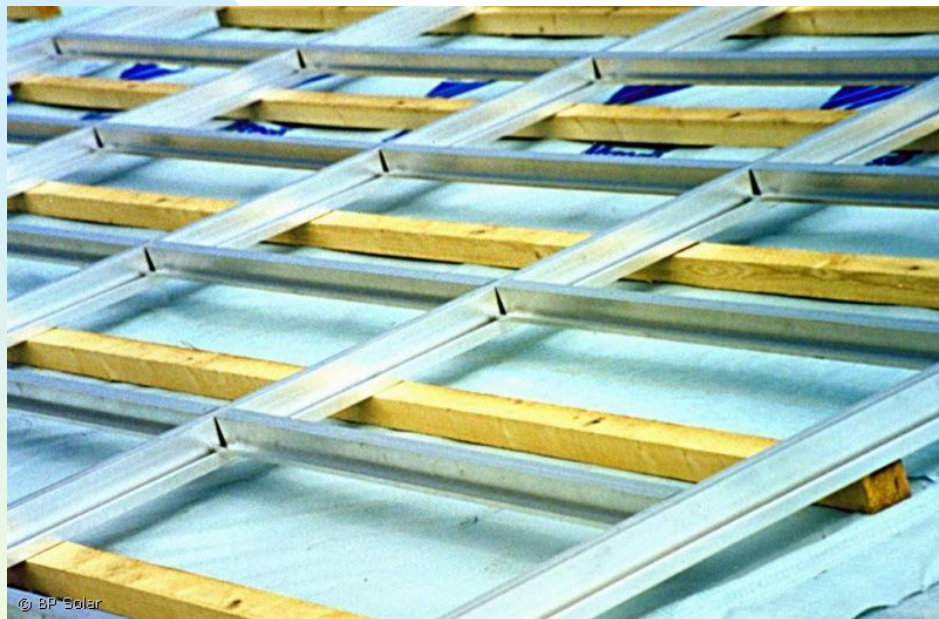


■ Installazione di un impianto FV



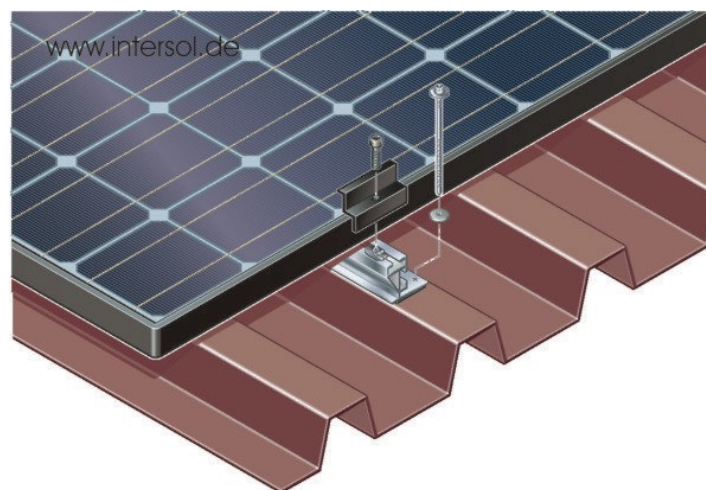
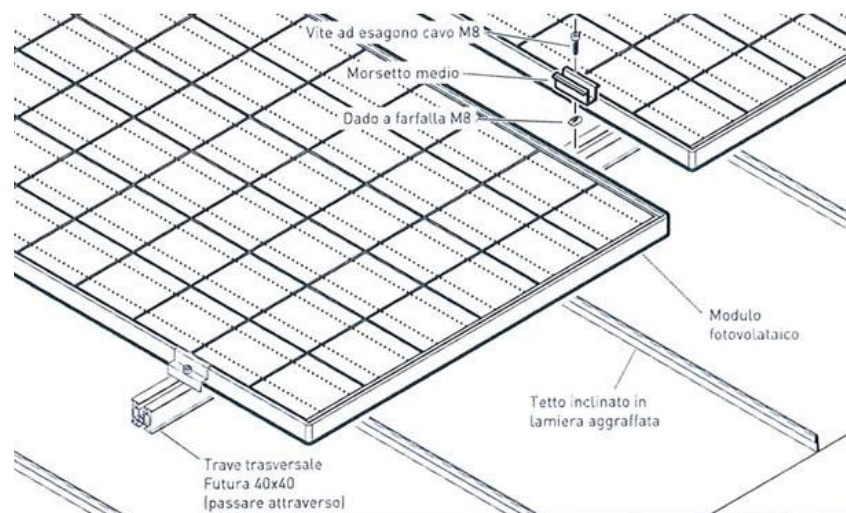
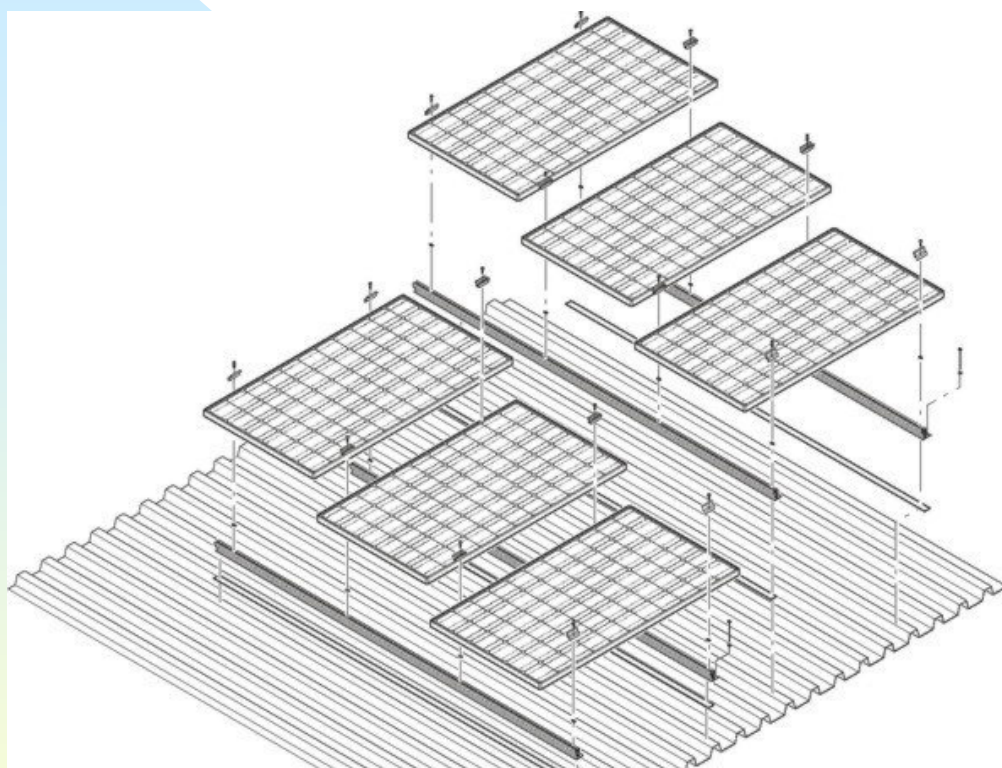


Installazioni su tetto



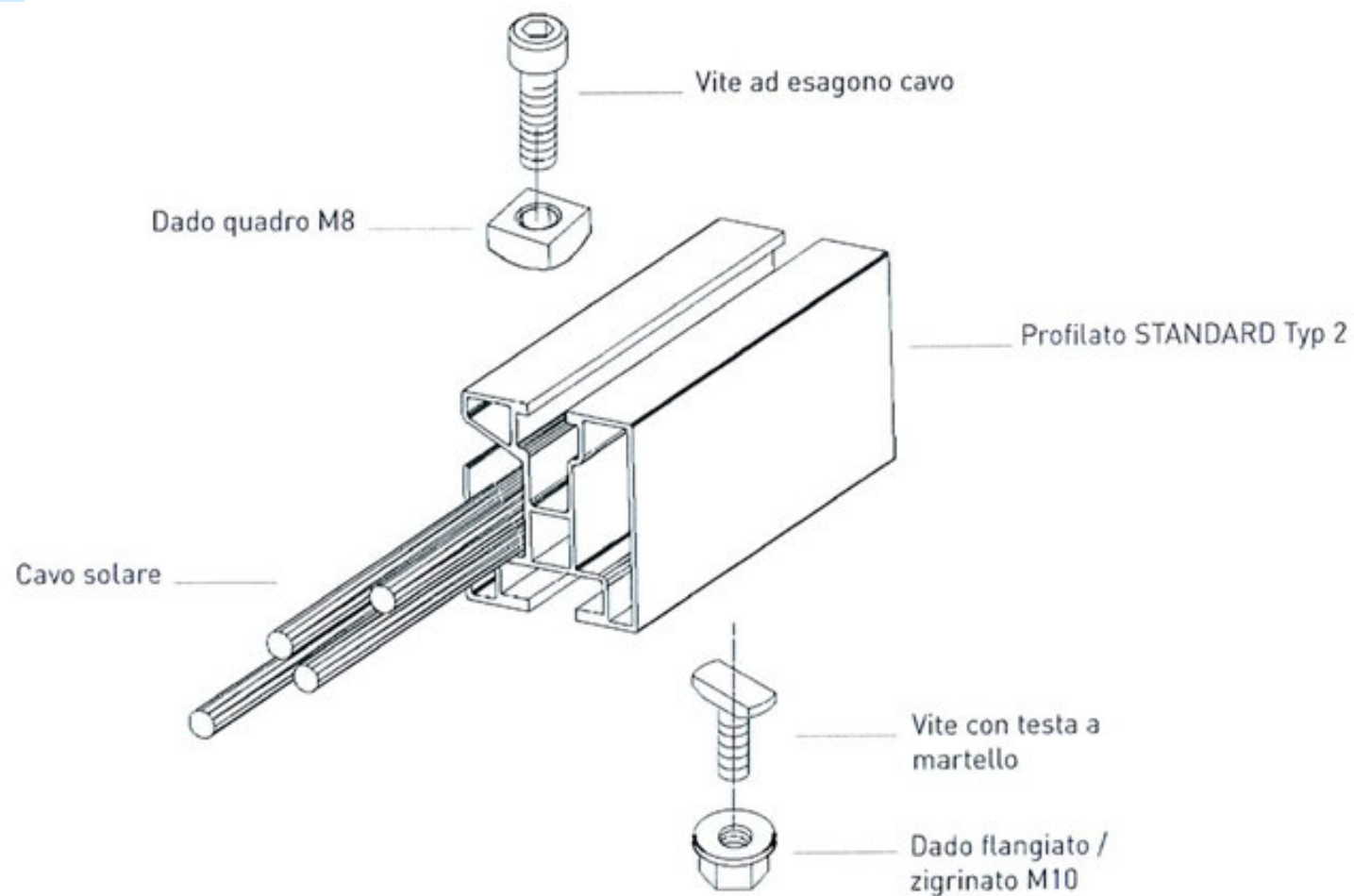


Installazioni su tetto





Installazioni su tetto



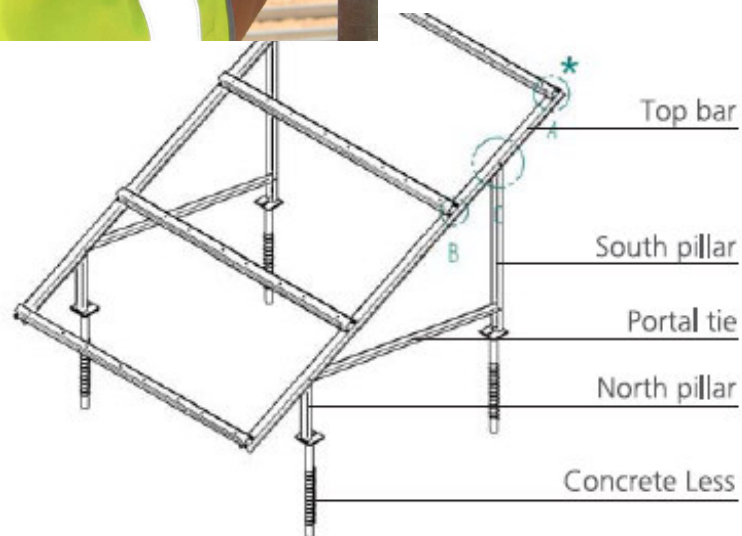


Installazioni su tetto





Installazioni su terreno





■ Verifiche





Verifica tecnico-funzionale

- Prove di accettazione sui componenti
 - ◆ Moduli fotovoltaici (in fabbrica o presso il fornitore)
 - ◆ Inverter
- Esame a vista ad impianto realizzato
- Verifiche e prove ad impianto realizzato



Verifica tecnico-funzionale

- **Esame a vista ad impianto realizzato**
 - ◆ Stato e pulizia dei moduli
 - ◆ Integrità dei moduli
 - ◆ Deterioramento visivo dell'incapsulante dei moduli
 - ◆ Controllo (a campione) delle cassette i terminazione dei moduli
 - ◆ Stato delle strutture di sostegno
 - ◆ Stato dei collegamenti elettrici
 - ◆ Stato dell'inverter



Verifica tecnico-funzionale

- **Verifiche e prove ad impianto realizzato**
 - ◆ Verifica della continuità elettrica e delle connessioni tra i moduli
 - ◆ Misura delle tensioni a vuoto e sotto carico delle stringhe
 - ◆ Misura delle correnti di corto circuito e a carico delle stringhe
 - ◆ Verifica dell'isolamento dei circuiti



Verifica tecnico-funzionale

- **Verifiche e prove ad impianto realizzato**
 - ◆ Verifica della continuità dell'impianto di terra
 - ◆ Verifica del corretto funzionamento dell'inverter
 - ◆ Verifica del funzionamento dei dispositivi di protezione (con strumentazione o autotest)



Verifica tecnico-funzionale

- Verifiche e prove ad impianto realizzato
 - Verifica prestazioni impianto

con irraggiamento superiore a $0,6 \text{ kW/m}^2$:

$$P_{cc} > 0,85 * P_{nom} * I_{rr} / ISTC$$

$$P_{ca} > 0,9 * P_{cc}$$

Con $T_{cel} > 40^\circ\text{C}$

$$P_{cc} > (1 - P_{tpv} - 0,08) * P_{nom} * I_{rr} / ISTC$$

essendo

$$P_{tpv} = [T_{amb} - 25 + (NOCT - 20) * I_{rr} / 0,8] * \gamma / 100$$

($\gamma = 0,4 \text{ \%/}^\circ\text{C}$)

Grazie per l'attenzione e buon lavoro

FRGROP@ALICE.IT

