

Scheda fotovoltaico Nr. 17

Gestione dei danni causati dalla grandine agli impianti solari

A seguito dell'espansione della costruzione di impianti solari e del cambiamento del clima, i danni agli impianti solari sono aumentati. È importante adottare le giuste misure per evitare questi danni. Questa scheda vuole essere uno strumento d'aiuto nei casi in cui le grandinate causano comunque danni agli impianti solari.

1 Contesto

Le grandinate sono uno dei rischi naturali più noti in Svizzera. Ogni anno i danni dovuti alla grandine risultano essere nell'ordine dei milioni di franchi.

Dal 2019, i dati di base su frequenza, dimensioni dei chicchi di grandine e periodi di ritorno delle grandinate vengono raccolti ed elaborati tramite il progetto «Climatologia svizzera della grandine». Oltre a MeteoSvizzera, sono coinvolti l'UFAM e altri uffici federali, le assicurazioni cantonali degli edifici, la SIA e altre organizzazioni.

Ne è scaturita in particolare la nuova carta della grandine, vedi Figura 1. Questa nuova carta della grandine sarà integrata nelle future normative.

Nell'estate del 2021, in molte regioni della Svizzera (in particolare ZG/LU), si sono verificate grandinate di eccezionale intensità che hanno causato ingenti danni agli impianti solari. Nel 2023 è stato il caso del Locarnese. Swissolar ha quindi pubblicato una raccomandazione su come affrontare tali danni.

Questa scheda riprende tale raccomandazione e la completa con informazioni e risultati di ricerche.

2 Rischi

A causa dei cambiamenti climatici, si prevede che gli eventi estremi, tra cui le grandinate, si verificheranno con maggiore frequenza. La nuova carta della grandine mostra le regioni in cui ci si possono aspettare grandinate con chicchi di una certa dimensione in un periodo di ritorno di 50 anni.

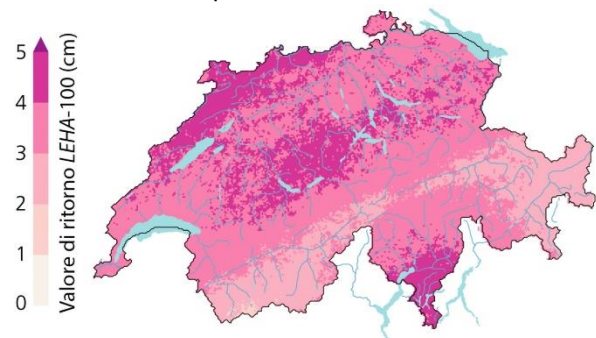


Fig. 1: Nuova carta della grandine, superficie di riferimento 100 m², Climatologia svizzera della grandine ([link](#))

Per il settore solare, la nuova carta della grandine porterà delle sfide. Sono state designate molte nuove zone con periodi di ritorno di 50 anni e con diametro dei chicchi superiore a 4 cm. In concreto, ciò significa che in queste aree la classe di resistenza ALLA grandine HW 3 non sarà più sufficiente.

Siccome la risoluzione della nuova carta è più alta rispetto alla precedente, in alcune zone bisognerà valutare se sia necessaria la HW 3 o la HW 4 (vedi sotto).

Questi aspetti dovranno essere chiariti quando la nuova carta sarà adottata nelle normative.

Attualmente, la norma SIA 261/1 (2020) «Azioni sulle strutture portanti» è ancora applicabile con la carta della grandine nell'allegato G1 della norma stessa. Per gli edifici delle categorie II e III, in molti luoghi già oggi è richiesto l'HW4.

Classe di resistenza alla grandine

L'assegnazione di un elemento costruttivo a una classe di resistenza alla grandine avviene mediante test sperimentali in laboratori di prova riconosciuti. Gli elementi costruttivi vengono colpiti con sfere di ghiaccio in condizioni standardizzate. La classificazione in una classe di resistenza alla grandine significa che l'elemento di costruzione ha superato indenne l'impatto in queste condizioni.

Classe di resistenza alla grandine	Diametro in cm	Massa in g	Velocità in m/s
HW 1	1	0,5	13,8
HW 2	2	3,6	19,5
HW 3	3	12,3	23,9
HW 4	4	29,2	27,5
HW 5	5	56,9	30,8

Tabella 1: Classe di resistenza alla grandine e proprietà Test antigrandine

I prodotti testati per gli impianti solari sono elencati nel Registro Grandine (Gruppo 121 – Dach (tetto) – Photovoltaik Module (moduli PV) o Gruppo 122 – Dach (tetto) – Thermische Koll. (coll. solari termici).

3 Possibili danni

Tra i possibili danni causati dalle grandinate agli impianti solari, si fa una distinzione a seconda se sono rilevanti per la sicurezza oppure per la resa.

In caso di danni rilevanti per la sicurezza, è necessario adottare immediatamente delle misure. In alcune circostanze, i danni rilevanti per la resa energetica possono rimanere.

3.1 Fotovoltaico

La grandine può causare i seguenti danni ai moduli fotovoltaici:

- Rottura del vetro
- Difetti di isolamento
- Microfessure delle celle
- Danni al telaio del modulo

Solo i danni più gravi sono visibili a occhio nudo. Tuttavia, la maggior parte dei danni può essere

identificata solo attraverso test di elettroluminescenza dei moduli fotovoltaici o monitorando la resa a lungo termine.

La tabella 2 elenca i metodi per identificare i danni ai moduli fotovoltaici.

Metodo	Rilevante per la sicurezza	Rilevante per la resa	Tipo di danno
Ispezione visiva	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura del vetro, danni al telaio
Termografia (IR)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura del vetro, Hotspots (danni puntuali, circuito aperto, ecc.)
Misurazione dell'isolamento	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Rottura del vetro, cavi danneggiati
Elettroluminescenza (EL)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Microfessure, rottura delle celle
Monitoraggio della resa		<input checked="" type="checkbox"/>	Riduzione della resa a causa della riduzione della potenza dei moduli, dati meteo normalizzati

Tabella 2: Metodi di identificazione del danno

I singoli metodi sono descritti nel capitolo 5.

Le celle solari dei moduli fotovoltaici più recenti sono spesso saldate con un numero maggiore di connettori elettrici (Multi-Wire-Module). In questi moduli, le rotture delle celle tendono a portare a perdite di prestazioni meno rapidamente rispetto ai moduli fotovoltaici più vecchi, le cui celle solari sono talvolta saldate solo con due Busbar.

3.2 Solare termico

La grandine può causare i seguenti danni ai collettori solari:

- Rottura del vetro
- Perdite nel circuito solare
- Danni al telaio del collettore
- Danni alle guarnizioni

I danni ai collettori possono di solito essere individuati con un'ispezione visiva. Nel caso dei tubi sotto vuoto, la perdita del vacuum può essere riconosciuta dopo alcuni giorni da una decolorazione biancastra sul retro dei tubi. Questi tubi devono essere sostituiti.

4 Raccomandazioni su come procedere in caso di danni causati dalla grandine agli impianti solari

Dopo una forte grandinata, è necessario effettuare in ogni caso un'ispezione visiva del sistema solare. Se non si riscontrano danni visibili, si può presumere che non si siano verificati danni diretti rilevanti per la sicurezza dell'impianto. In questi casi, può essere utile confrontare per almeno 2 anni la resa energetica con quella degli anni precedenti e, se necessario, scattare immagini termiche (vedi capitolo 5.3) per identificare eventuali Hotspots (punti caldi). Se i danni sono visibili (ad es. vetri rotti), il proprietario deve documentare attentamente il danno e segnalarlo alla compagnia di assicurazione dell'edificio o alla compagnia di assicurazione della proprietà privata per cose e impianti tecnici. Il sistema danneggiato deve essere ispezionato da uno specialista e la procedura successiva deve essere discussa con la compagnia assicurativa responsabile. Le raccomandazioni della compagnia assicurativa devono essere rispettate. Le valutazioni e i lavori di riparazione devono essere eseguiti da specialisti e nel rispetto di tutte le norme di sicurezza. In ogni caso, l'esercizio dell'impianto (o di parte di esso) deve essere ripristinato il più rapidamente possibile, in accordo con la compagnia di assicurazione.



Figura 2: Impianto fotovoltaico e impianto solare termico danneggiati dalla grandine. Immagine: Ernst Schweizer AG

A seconda che si tratti di un impianto fotovoltaico o di un impianto solare termico, occorre tenere conto di aspetti diversi.

4.1 Fotovoltaico

I danni da grandine si verificano di solito su scala molto ridotta. Le aziende del ramo attive a livello locale possono essere contattate con breve preavviso per valutare molti impianti. In questi casi, gli impianti integrati nel tetto dovrebbero avere la priorità rispetto a quelli annessi al tetto. Nei sistemi integrati nel tetto c'è un rischio maggiore (rischio di incendio e di penetrazione dell'acqua).

Se in un impianto si rilevano danni al vetro o se i moduli sono gravemente deformati o presentano altri danni visibili, la parte interessata del sistema deve essere spenta il più rapidamente possibile e i circuiti DC scollegati.

In occasione dell'ispezione da parte di specialisti, è necessario misurare innanzitutto l'isolamento, per assicurarsi che non vi siano difetti di isolamento. Inoltre, è necessario tenere conto del pericolo di rottura dei vetri e adottare misure contro la caduta secondo le raccomandazioni della Suva.

I possibili Hotspots (punti caldi) possono essere identificati con immagini a infrarossi (termografia), le microfessure con test di elettroluminescenza. Poiché quest'ultima analisi è relativamente complessa, è consigliata solo se si sospetta un danno urgente.

È necessario prestare particolare attenzione quando si rimuove il sistema o la parte di sistema danneggiata, poiché possono verificarsi correnti pericolose a causa di difetti di isolamento. A breve termine, è possibile utilizzare una pellicola adesiva o un nastro adesivo largo per evitare il pericolo di moduli gravemente danneggiati se i frammenti di vetro si staccano e cadono. I moduli danneggiati devono essere riciclati in modo corretto.

Dopo l'ispezione, l'esperto può decidere se è sicuro rimettere in funzione il sistema.

La rimessa in funzione dopo una riparazione viene effettuata dopo un controllo finale e il completamento del rapporto di misura e di prova. Se sono stati sostituiti solo i moduli, non è necessario un nuovo controllo indipendente. Soprattutto nei sistemi più vecchi, può essere difficile trovare singoli moduli di ricambio dello stesso tipo, produttore e dimensioni. In questi casi, è possibile utilizzare moduli con caratteristiche leggermente diverse, vedere la scheda «Intervallo di compatibilità dei moduli FV con diverse correnti in MPP».

Inoltre, le stringhe collegate in parallelo allo stesso ingresso MPP devono avere la stessa tensione. Se la potenza del sistema cambia quando si sostituisce un modulo, questo deve essere comunicato a Pronovo. Per quanto riguarda il pagamento una tantum/la tariffa di immissione in rete per tali impianti, si rimanda al capitolo 7 della «Direttiva sull'OPEN – Fotovoltaico» (disponibile su <https://pronovo.ch/it/servizi/formulare/>).

4.2 Solare termico

I danni da grandine si verificano solitamente in estate, quando il rischio di surriscaldamento dei collettori è maggiore. I semplici danni al vetro o le deformazioni del telaio del collettore non sono in genere danni rilevanti per la sicurezza. Il sistema danneggiato deve quindi essere messo fuori servizio solo dopo aver consultato uno specialista. I danni da grandine si verificano di solito su scala molto ridotta.

Le aziende specializzate attive a livello locale possono essere contattate con breve preavviso per valutare molti sistemi. In questi casi, i sistemi integrati nel tetto dovrebbero avere la priorità rispetto ai sistemi applicati. Negli impianti integrati, il rischio di penetrazione dell'acqua è maggiore. In alcuni casi, i singoli tubi dei collettori tubolari possono essere sostituiti. I collettori danneggiati devono essere riciclati correttamente.

5 Metodi per identificare i danni ai moduli fotovoltaici

5.1 Ispezione visiva

Una semplice ispezione visiva può individuare rapidamente eventuali danni. Se è necessaria un'ispezione visiva del tetto, è necessario rispettare le misure di sicurezza contro la caduta. Anche le immagini ad alta risoluzione possono fornire informazioni su eventuali danni.

5.2 Misurazione dell'isolamento

Le correnti di guasto possono essere causate da difetti di isolamento. Se durante l'ispezione visiva

vengono rilevati dei danni, è necessario eseguire in ogni caso una misurazione dell'isolamento per garantire che non si verifichino correnti residue pericolose.

5.3 Termografia (immagini a infrarossi)

Con l'aiuto di immagini nella gamma degli infrarossi dello spettro elettromagnetico (termografia, immagini termiche), è possibile rilevare le differenze di temperatura. In questo modo è possibile identificare i punti caldi nei moduli solari.

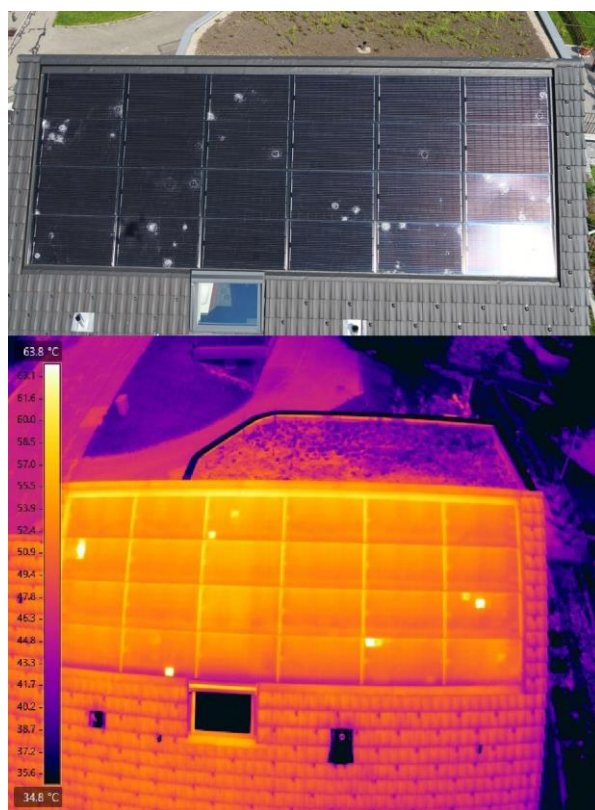


Figura 3: Immagine da drone del tetto di una casa con danni da grandine. danni nello spettro visibile e infrarosso, immagini: Energie Netzwerk, Heinz Simmler

Gli hotspots si verificano quando un'area di una cella è inattiva (ad esempio a causa di difetti o di un'ombreggiatura parziale). Quest'area si comporta come una resistenza elettrica. Le altre celle collegate in serie continuano a generare una tensione elettrica. Se questa supera la tensione inversa della cella inattiva, scorre la corrente completa e l'energia elettrica viene convertita in calore. In casi estremi, ciò può provocare incendi.

La termografia può essere utilizzata per identificare gli hotspots in modo rapido e semplice. Nel caso di danni causati dalla grandine, i punti caldi si verificano principalmente nello stesso punto dei danni visibili, come mostrato nella fig. 3. La termografia può essere effettuata con una telecamera appropriata o con un drone. Se il vetro del modulo è intatto, le rotture di celle e le microfessure non possono essere identificate con la termocamera.

5.4 Test di elettroluminescenza

L'elettroluminescenza (EL) è una forma di luminescenza in cui un solido viene eccitato applicando una tensione elettrica, per emettere radiazioni elettromagnetiche, ad esempio sotto forma di luce. Le celle solari sono elementi semiconduttori che emettono luce quando viene applicata una certa tensione elettrica. Le fotografie vengono scattate in una stanza buia. In questo modo è possibile rendere visibili le aree elettricamente inattive delle celle e le crepe. I moduli devono essere smontati per essere testati e inviati a un centro di prova. In alternativa, possono essere testati in loco con un laboratorio di misura mobile.

5.4.1 Interpretazioni dei risultati del test EL

Le microfessure sono sottili crepe nelle celle solari che si verificano a causa di impatti meccanici (come la grandine). La lunghezza può variare da pochi millimetri a tutta la cella (come nella figura 4).

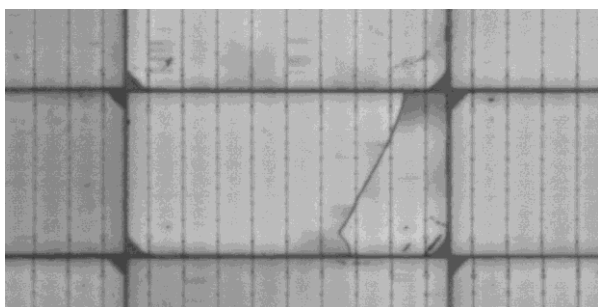


Figura 4: Cella con microfessura nell'immagine di elettroluminescenza, immagine: SPF

I danni alle cellule, come nella figura 5, sono aree delle cellule completamente separate da microfessure. Queste aree non partecipano più attivamente alla produzione di elettricità in quanto sono separate dal resto della cellula, dando luogo a punti caldi (hotspots).

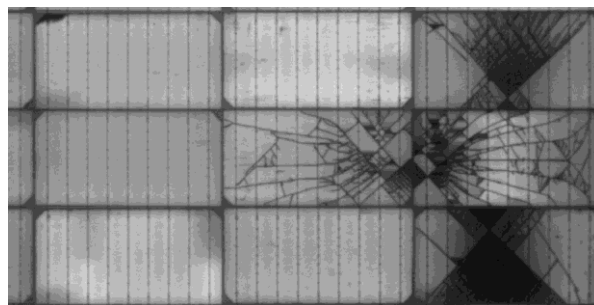


Figura 5: Danno alle celle con aree inattive nell'immagine di elettroluminescenza, Immagine: SPF

Le singole microfessure raramente causano problemi. Con le influenze ambientali (neve, vento, sbalzi di temperatura), le fessure possono aumentare di dimensioni nel tempo e portare a danni alle celle. Pertanto, è possibile che le prestazioni di un sistema danneggiato diminuiscano dopo alcuni anni, senza che il danno sia visibile a occhio nudo. È improbabile che si verifichino grandi perdite di resa in sistemi in cui non sono stati rilevati danni visibili, ma è difficile valutarlo. Se i singoli moduli sono stati sostituiti a causa di danni visibili, è consigliabile monitorare attentamente il rendimento dell'intero sistema nei prossimi anni e scattare immagini a infrarossi o, in alternativa, immagini EL.

Classificazione dei moduli danneggiati

Nella pratica, prevale la classificazione dei moduli danneggiati sulla base delle immagini di elettroluminescenza dell'azienda MJB Services GmbH.

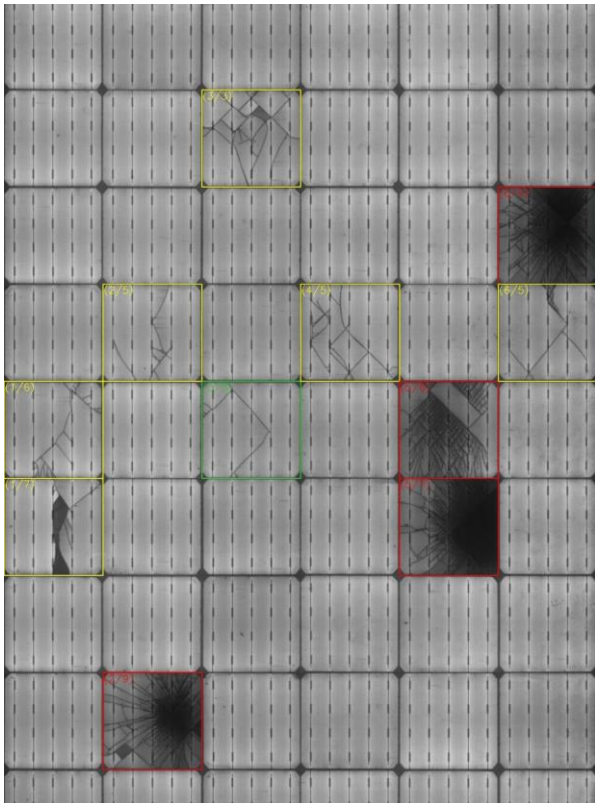


Figura 6: Immagine di elettroluminescenza di un modulo fotovoltaico danneggiato. Immagine: SPF

Categoria celle	Descrizione
verde = fratture celle non critiche	Singole fessure che non sono in grado di separare più dell'1 % della cellula
giallo = fratture celle critiche	Interruzioni di cella che possono potenzialmente scollegare dall'alimentazione aree di cella superiori all'1% e inferiori al 20%
rosso = fratture celle molto critiche	Fratture della cella che possono potenzialmente scollegare aree della cella superiori al 20% dall'alimentazione

Tabella 3: Categorizzazione delle fessure delle celle

Se tutte le celle di un modulo sono classificate come descritto nella Figura 6 e nella Tabella 2, il modulo può essere classificato in base alla Tabella 3.

Classe Modulo	Categoria delle celle			Totale Celle segnate
	verde	giallo	rosso	
A	<10%	0%	0%	<10%
B	<20%	<10%	0%	<20%
C	≥20%	≥10%	<10%	<30%
D	-	-	≥10%	≥30%

Tabella 4: Classi dei moduli in base alle categorie delle celle

I moduli che rientrano nelle classi C e D devono essere sostituiti in ogni caso. I moduli in classe A e B possono continuare a funzionare, ma si raccomanda di monitorare la resa energetica.

6 Assicurazioni

I danni causati dalla grandine, anche agli impianti solari, sono solitamente coperti dall'assicurazione sugli edifici o dall'assicurazione sulla proprietà privata o sulle installazioni tecniche. È importante che l'impianto solare sia registrato presso la compagnia assicurativa appropriata. È inoltre importante che i componenti siano iscritti nel registro della grandine (o che lo fossero al momento della costruzione). In caso di danni, il proprietario dell'edificio è tenuto a segnalarli alla compagnia di assicurazione dell'edificio o alla compagnia di assicurazione della proprietà privata o degli impianti tecnici. Per richiedere il risarcimento del danno è indispensabile un'accurata documentazione. Per stimare l'entità del danno, la compagnia di assicurazione dell'edificio o la compagnia di assicurazione della proprietà privata o degli impianti tecnici possono richiedere un preventivo di spesa agli installatori. Se non è possibile fornire un'offerta vincolante in tempi brevi nel singolo caso, si dovrebbe cercare un'altra soluzione in accordo con la compagnia assicurativa. I moduli fotovoltaici e i collettori danneggiati devono essere conservati fino alla chiusura del caso da parte della compagnia assicurativa, al fine di escludere eventuali difetti di materiali. Ulteriori informazioni su questo argomento sono disponibili nell'opuscolo Swissolar Fotovoltaico n. 4. «Assicurazioni».

7 Smaltimento e riciclaggio

7.1 Moduli PV

Per la maggior parte dei moduli fotovoltaici installati in Svizzera è stata pagata la tassa di riciclaggio anticipato. Questi moduli possono essere smaltiti tramite la fondazione Sens eRecycling. Durante il trasporto, è necessario prestare attenzione affinché le schegge di vetro non provochino lesioni; questo rischio può essere ridotto con l'aiuto di un nastro adesivo o di una pellicola.

7.2 Collettori

I collettori sono costituiti da materie prime innocue che possono essere facilmente separate e riciclate. Le normali aziende di smaltimento di solito li accettano. Anche in questo caso è necessario prestare attenzione durante il trasporto per evitare che qualcuno possa ferirsi con i vetri rotti.

8 Abbreviazioni

UFAM	Ufficio federale dell'ambiente
EL	Elettroluminescenza
HW	Classe di resistenza alla grandine
IR	Infrarossi
LEHA-100	«Largest Expected Hail on a reference Area», «Diametro massimo chicchi di grandine previsti su un'area di riferimento», in questo caso su un'area di 100 m ²
MPP	Punto di massima potenza
PV	Fotovoltaico
SIA	Società svizzera degli ingegneri e degli architetti

9 Ulteriori informazioni

- [Climatologia svizzera della grandine](#)
- [MeteoSvizzera Carte dei periodi di ritorno](#) (Carte della grandine)
- [Registro della grandine](#) (in tedesco / in francese)
- [Sito web «Schutz vor Naturgefahren»](#) (in tedesco / in francese)
- SIA 261/1 (2020) «Azioni sulle strutture portanti»

- Pronovo [«direttiva sull'ordinanza sulla promozione dell'energia \(OPEn\) - fotovoltaico»](#), in particolare il capitolo 7
- IEA PVPS M. Köntges et al., [Review of Failures of Photovoltaic Modules](#). 2014.
- IEA PVPS U. Jahn et al., [Review on Infrared and Electroluminescence Imaging for PV Field Applications](#). 2018 (in inglese).
- Swissolar, Scheda fotovoltaico Nr. 4 «Assicurazioni»
- Swissolar, Scheda fotovoltaico Nr. 16 «Intervallo di compatibilità dei moduli FV con diverse correnti in MPP» (in tedesco)
- Swissolar, [«Sistema di riciclaggio in Svizzera»](#)

Nota

La presente scheda informativa è stata redatta con la più grande cura possibile. Tuttavia non si assume alcuna responsabilità per la correttezza, l'eshaustività e l'aggiornamento del contenuto. In particolare non si dispensa dal consultare e rispettare tutte le raccomandazioni, norme e prescrizioni applicabili in vigore. Questa scheda ha puramente uno scopo informativo generico. È pertanto esplicitamente esclusa qualsiasi responsabilità per danni derivanti dalla consultazione, rispettivamente dall'applicazione di informazioni riportate della presente scheda.

I diritti d'autore sono detenuti da Swissolar.

06/2022/Scheda-Nr. 21017i

Con il sostegno di

