

6 Gestione

Esercizio, monitoraggio, controllo, manutenzione

Corso Swissolar-SUPSI «Fotovoltaico: lacune, errori frequenti e possibili soluzioni»
Mendrisio, 3.2.2026

Michele Pagnamenta
IngEne SA

SWISSOLAR 

Scuola universitaria professionale
della Svizzera italiana

SUPSI

Con il sostegno di



svizzera**energia**

- Elettronico AFC/MPT SAMB
- Ing. Elettronico HES – HEIA-FR
- EPFL executive MBA
- Art. 14 OIBT – Impianti fotovoltaici
- IngEne dal 2017
- 079 728 63 72 – michele.pagnamenta@ingene.ch www.ingene.ch

IngEne

- Dal 2013 - > 2000 impianti FV realizzati
- FV, Batterie, E-Mobility, Termopompe

- Riconoscere ed evitare gli errori più frequenti nei diversi stadi di un impianto FV:
 - Concezione (idea e fattibilità)
 - Progettazione (ingegneria e dettagli)
 - Installazione
 - Esercizio
 - Manutenzione
- Cosa controllare davvero per evitare perdite e guasti

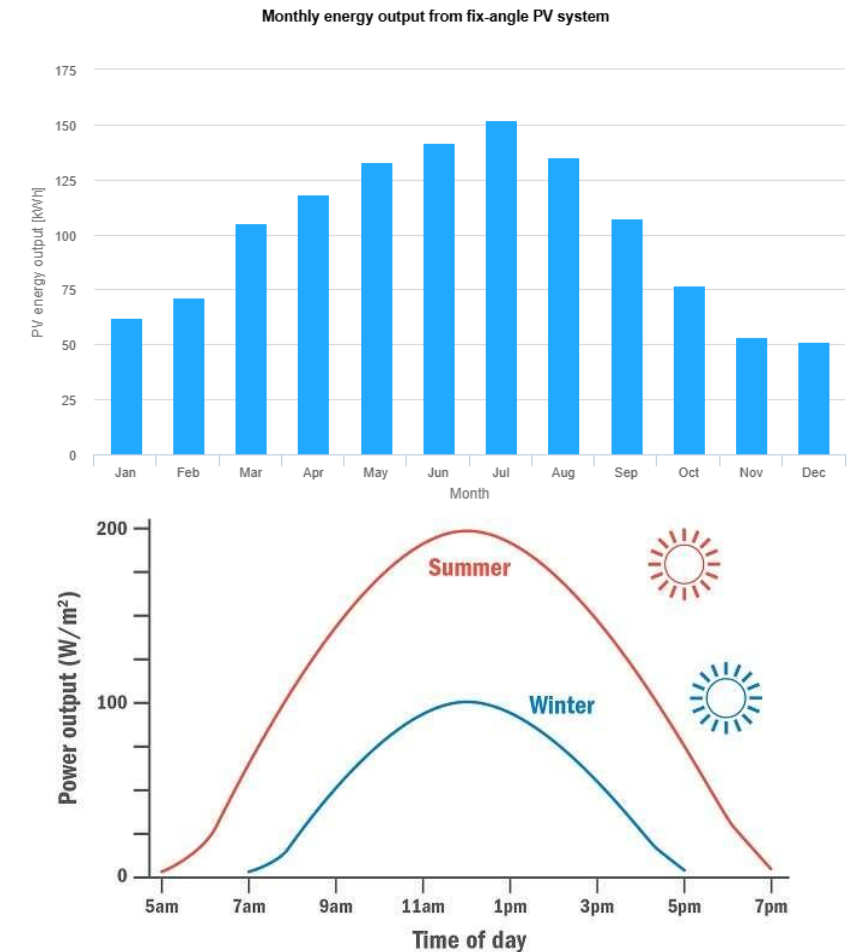
- Esercizio corretto dell'impianto
- Sorveglianza e controllo dell'impianto
- Manutenzione dell'impianto
- Sistemi anticaduta
- Riparazioni e interventi
- Smaltimento

Esercizio corretto dell'impianto

Saper valutare se l'impianto sta funzionando correttamente

Aspettative

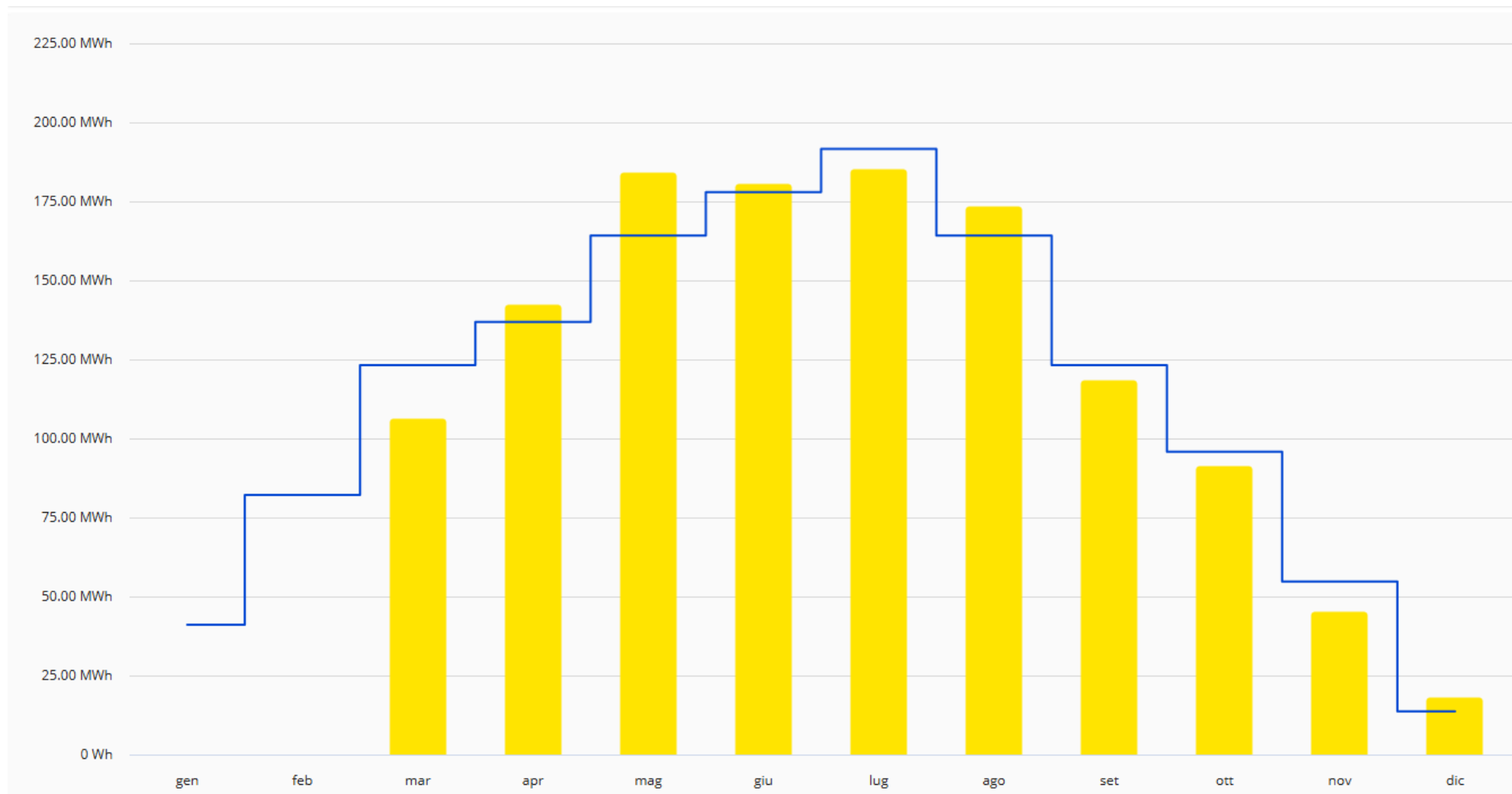
- Si sa quanto dovrebbe produrre l'impianto?
- Stima della produzione in kWh
 - Annua
 - Mensile
- Stima della potenza in kW raggiungibile, produzione giornaliera



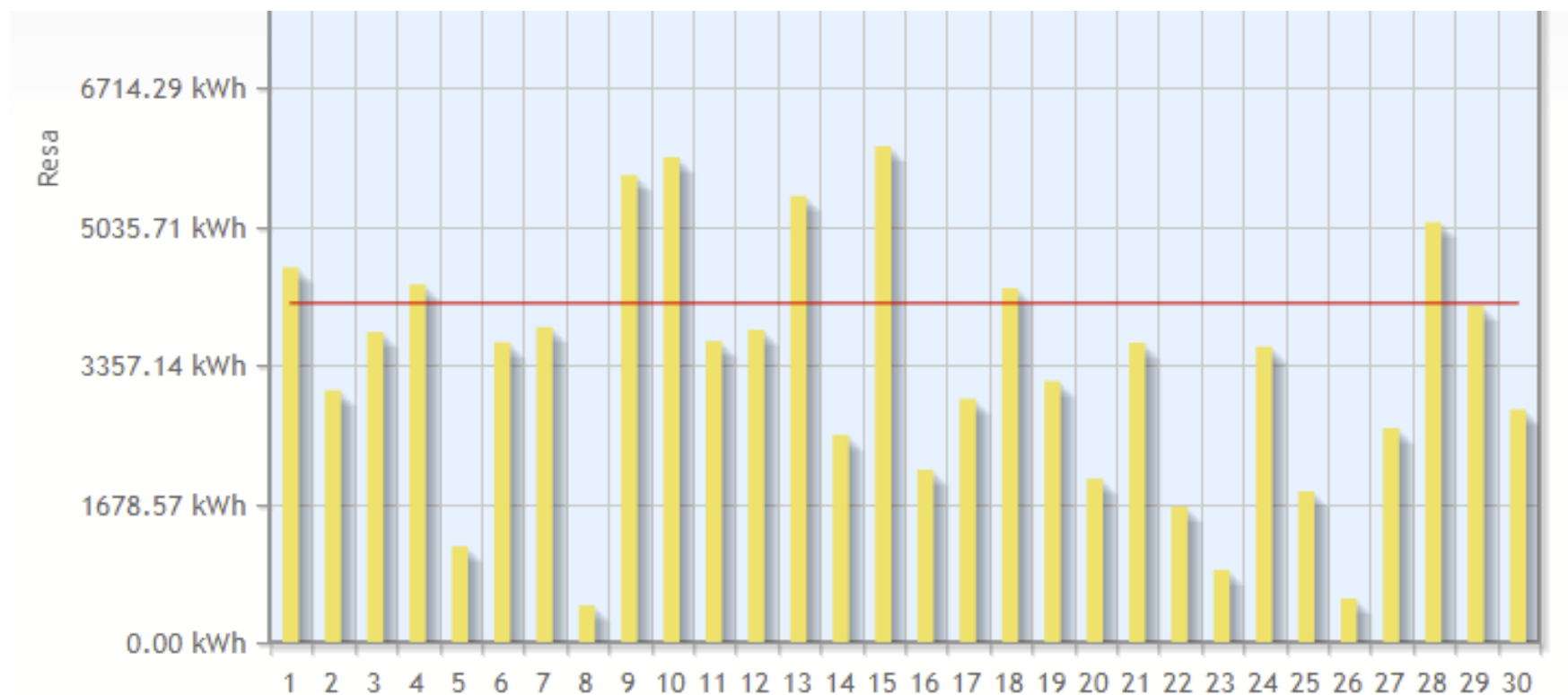
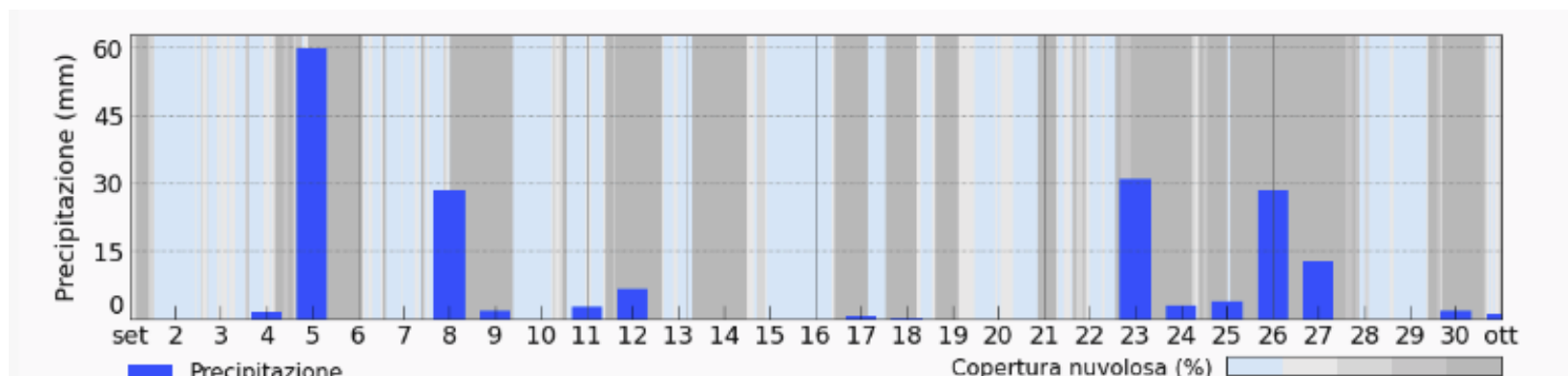
Analisi Performance ed errori tipici

- Sapere dove andare a leggere i valori di produzione / esubero
 - Display inverter
 - App Monitoraggio Smartphone
 - Portale Web
 - Contatore (GRD o privato)
 - Conteggi e bollette
- Attenzione alla distinzione tra produzione ed esubero
- Attenzione alla distinzione tra kWh e CHF
- Le tariffe CHF/kWh cambiano spesso
- Le condizioni meteo possono avere un influsso

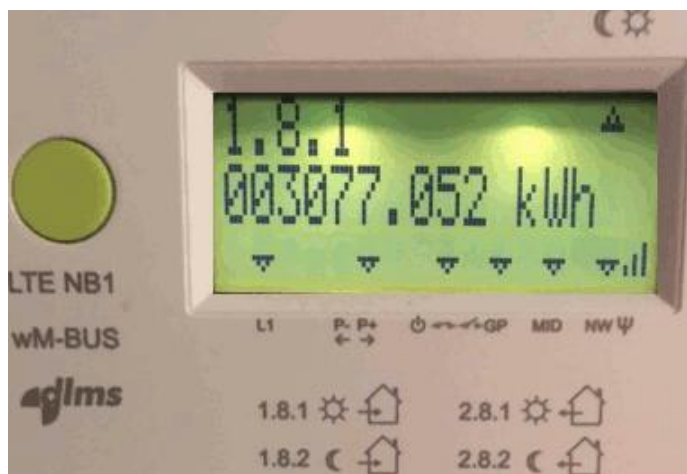
— Confronto tra produzione attesa ed effettiva



— Confronto tra dati meteo e produzione



– Lettura dei dati di produzione/immissione in rete



Elettricità

Indirizzo

Punto di misura (POD)

Condizioni tariffali

Contratto

FOTOVOLTAICO/ESUBERO

01.08.2024-31.08.2024 • P. ind. con autoconsumo =<30 • Condizioni 2024

Dettaglio sui consumi

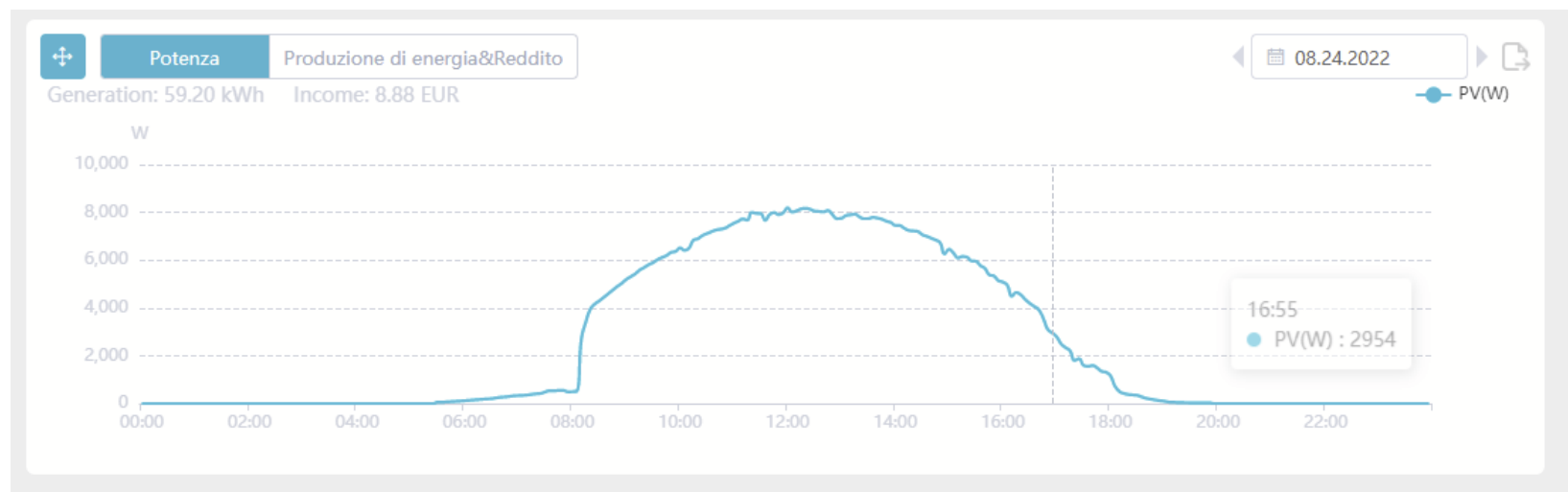
Contatore	Data	Fonte	Letture	Fattore	Consumo
Energia diurna immessa in rete					
	01.08.2024	AIL SA	15'227,00		
	31.08.2024	AIL SA	15'619,00	3,000	1'176,00
Totale energia diurna immessa in rete (kWh)					1'176,00
Energia notturna immessa in rete					
	01.08.2024	AIL SA	0,00		
	31.08.2024	AIL SA	0,00	3,000	0,00
Totale energia notturna immessa in rete (kWh)					0,00



Picco di potenza inferiore alle aspettative

- Un impianto FV da 10 kWp (potenza DC o nominale pannelli FV) - raramente raggiungerà una potenza istantanea di 10 kW
 - Coefficiente di temperatura negativo
 - Condizioni test STC – 1000 W/m²
 - Sottodimensionamento Inverter
 - Limitazione potenza (GRD o impianto elettrico)

— Esempio impianto FV da 10 kWp



- 24 Agosto
- Picco 8 kW
- Produzione 59 kWh



- 3 Agosto
- Picco 10 kW
- Produzione 36 kWh

Sorveglianza e controllo dell'impianto

Il corretto controllo comprende monitoraggio e ispezione dell'impianto

- Il monitoraggio della produzione dovrebbe essere il requisito minimo
 - Possibilità di ricevere allerte in caso di anomalie
 - Controllo della produzione
 - Dati storici dettagliati (correnti e tensioni di stringa)
- Facilita il confronto con le aspettative
- Facilita l'analisi e ricerca guasti

- Controllo «meccanico»
 - Ispezione visiva moduli FV
 - Controllo dei serraggi
 - Controllo canali/cavi
 - Controllo visivo inverter (aerazione)
 - Demarcazioni
 - Documentazione sul posto
- Test disinserimento inverter (ogni 5 anni)
- Misure DC (ogni 5-10 anni)
- Controllo RaSi (ogni 1-20 anni)

Errori frequenti

- Aerazione Inverter da pulire



— Allerta «No Grid» durante lavori all'impianto elettrico

----- Messaggio Inoltrato -----

Oggetto:	Power Plant Event Alert
Data:	Tue, 1 Jul 2025 07:58:22 +0000
Mittente:	PVI.SUPPORT <PVI.SUPPORT@deltaww.com>
A:	michele.pagnamenta@ingene.ch <michele.pagnamenta@ingene.ch>

Dear Valued Customer,

Plant Name :XXXXXX

Plant Location : Winterthur District, Switzerland

User Account : michele.pagnamenta@ingene.ch

Device Serial Number :XXXXXX

Time : 2025-07-01 09:47:41, Device ID :1, Event : **No Grid (E09)**

This email message, including any attachments, is for the sole
use of the intended recipient(s) and may contain confidential and
privileged information. Any unauthorized review, use, disclosure or
distribution is prohibited. If you are not the intended recipient, please
contact the sender by reply e-mail and destroy all copies of the original
message. [Delta Electronics, INC. Taiwan]

— Pannelli con vetro rotto



— Allerta «Grid Overvoltage» e spegnimento inverter

----- Messaggio Inoltrato -----

Oggetto:	Total new alarms:1 Total new cleared alarms:0
Data:	Thu, 15 May 2025 12:24:08 +0200 (CEST)
Mittente:	no-reply-eu314@huaweifusionsolar.com
A:	michele.pagnamenta@ingene.ch

++++++

Plant Name: XXXXX

Device Name: 100KTL-M1(COM1-2)

Device Type: Inverter

Alarm Type: Abnormal alarm

Alarm Name: Grid Overvoltage

Alarm Severity: Major

Acknowledgement Status: Unacknowledged

Clearance Status: Uncleared

Generation Time: 2025-05-15 11:23:54 GMT+1:00

Alarm Recovery Time:

Alarm Cause: The grid voltage exceeds the higher threshold or the high voltage duration has lasted for more than the value specified by HVRT.

Recovery Suggestion: 1. If the alarm occurs occasionally, the power grid may be abnormal temporarily. The device automatically recovers after detecting that the power grid becomes normal. 2. If the alarm occurs frequently, check whether the power grid voltage is within the allowed range. If not, contact the local power operator. If yes, modify the power grid overvoltage protection threshold after obtaining the consent of the local power operator. 3. Check whether the peak voltage of the power grid is too high. If the fault occurs frequently and persists for a long time, contact the local power operator.

If you do not want to receive such emails, click [Unsubscribe](#). Do not reply to this email.

— Sporczizia sui pannelli



— Overview allarmi portale installatore

☐ Gravità dell'allarme	Nome dell'impianto	Tipo di dispositivo	Nome del dispositivo	NS	ID dell'allarme	Nome dell'allarme	Tempo di occorrenza
☐ Grave		Colonnina di ricarica			999999999	Errore connessione ...	2026-01-18 20:53:14
☐ Grave		Dongle			999999999	Errore connessione ...	2026-01-21 10:02:43
☐ Minore		Invertitore			2065	Aggiornamento non r...	2026-01-21 07:56:40
☐ Minore		Invertitore			2065	Aggiornamento non r...	2026-01-21 07:55:16
☐ Avviso		Invertitore			3050	Versioni SAE incongr...	2026-01-21 07:58:00

— Bave di lumaca, micro cricche



— Allarme produzione bassa

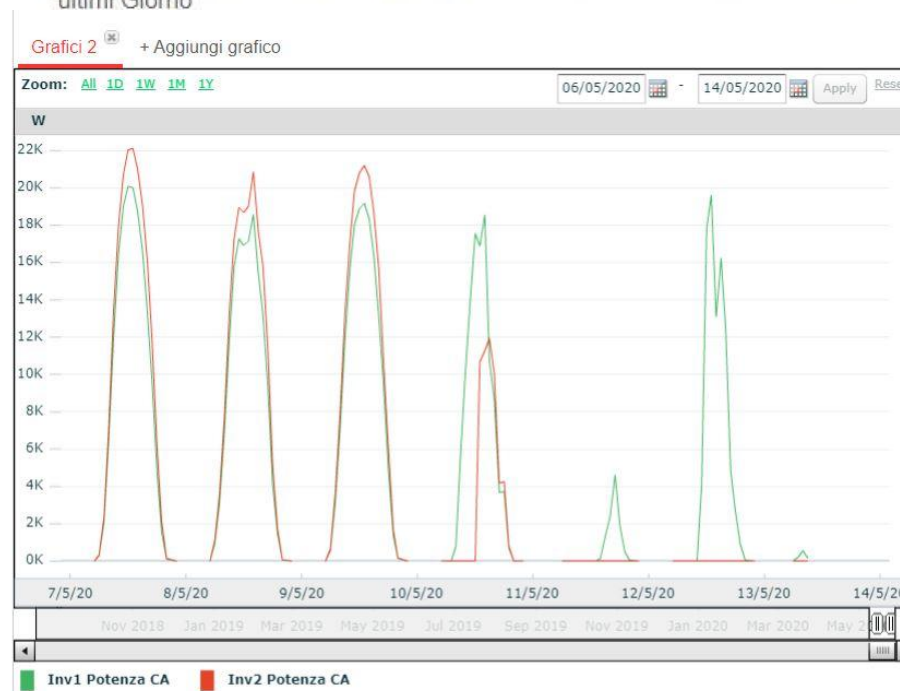
Allarmi

Stato lettura: Tutti Gravit : Tutti Stato: Aperto Componente: Tutti Applica filtro Cancella Mostra le regole

Aggiorna lo stato allarmi a:

⏮ ⏪ | Pagina 1 di 1 | ⏩ ⏭ | 🔄 Visualizzati 1 - 2 di 2 Scelta colonne

☐	Componente	Gravit�	Stato	Descrizione	Prima apertura	Ultima ora innesco	Azioni
☐	Inverter 2		Open	Energia inverter sotto la soglia Inverter 2 prodotto sotto 10.0 Wh negli ultimi Giorno	11/05/2020 21:00	12/05/2020 21:00	  



Manutenzione dell'impianto

Lavaggio dei pannelli si/no? Quando conviene?

Lavaggio pannelli

- La frequenza dipende da:
 - Inclinazione moduli FV
 - Telaio / Frame
 - Zona ed eventi (sabbia, polline, fuliggine)
- Se l'impianto non rispetta la produzione attesa
- Eventualmente verificare prima sul posto o con fotografie (meglio se in seguito a pioggia)

Swissolar raccomanda

- Monitoraggio costante produzione
- Controllo visivo ogni 1-5 anni
- Misura R_{iso} ogni 2-5 anni se non automatizzato
- Misura curve I/U ogni 5/10 anni

Sistemi anticaduta

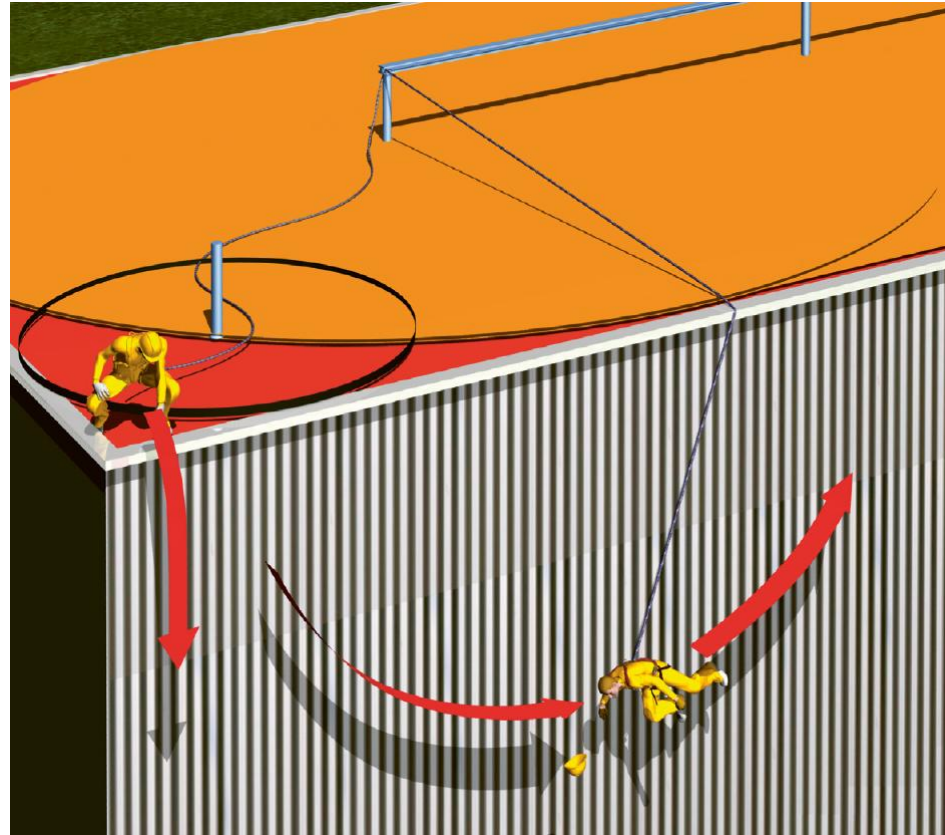
- Altezza di caduta definita da OlCostr (2m)
- Il sistema anticaduta è un concetto
 - Riconoscere zone di pericolo
 - Concetto di protezione (misure collettive o individuali e tipologia EN363)
 - Scelta e installazione dispositivi anticaduta (EN795)
 - Realizzare documentazione e istruire proprietario (piani di utilizzo, di soccorso e di manutenzione)
 - Eseguire regolarmente la manutenzione (ogni anno)

- Il proprietario del tetto è responsabile della sicurezza
- In fase di progettazione bisogna realizzare un piano di sicurezza per i lavori di manutenzione (SUVA 44095 44096)

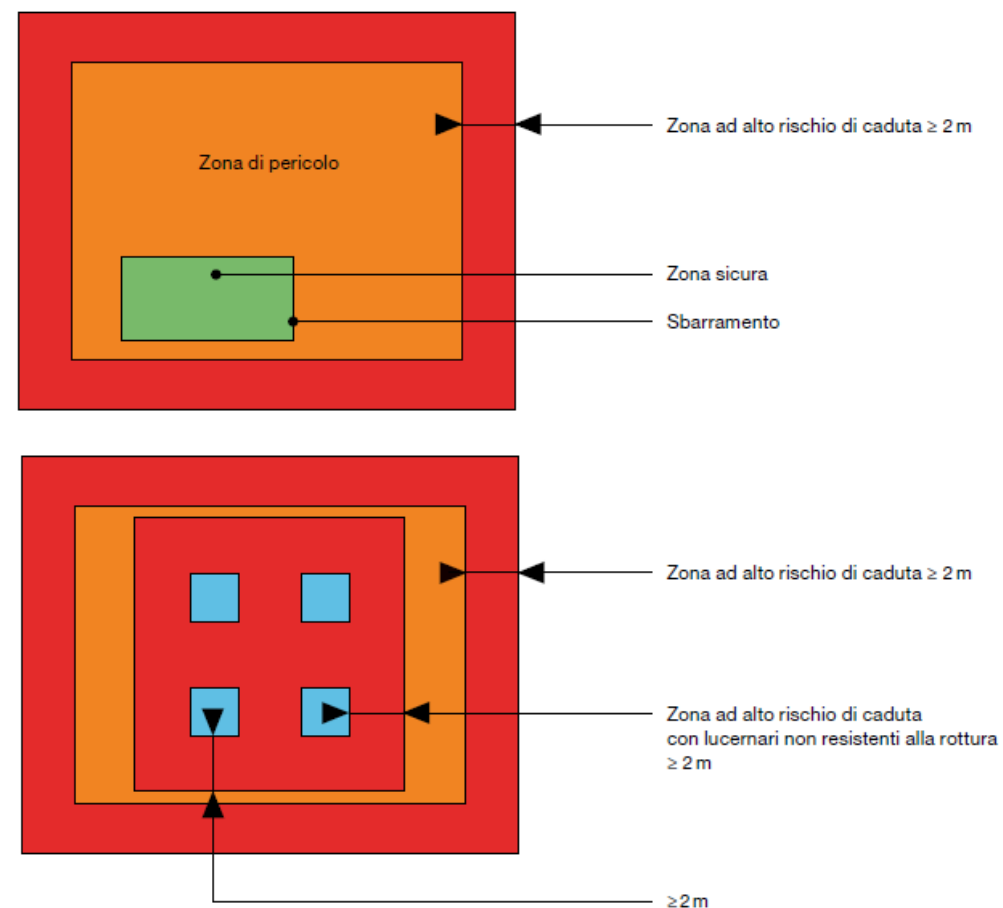
Errori tipici legati a sistemi anticaduta

- Assicurare tutte le zone del tetto o delimitare fisicamente e visibilmente
- Garantire la sicurezza anche in fase di accesso al tetto
- Garantire le vie di passaggio e di fuga
- Evitare l'effetto pendolo
- Effettuare la manutenzione e registrarla
- Redigere un concetto, informare il proprietario e consegnare la documentazione

— Effetto pendolo

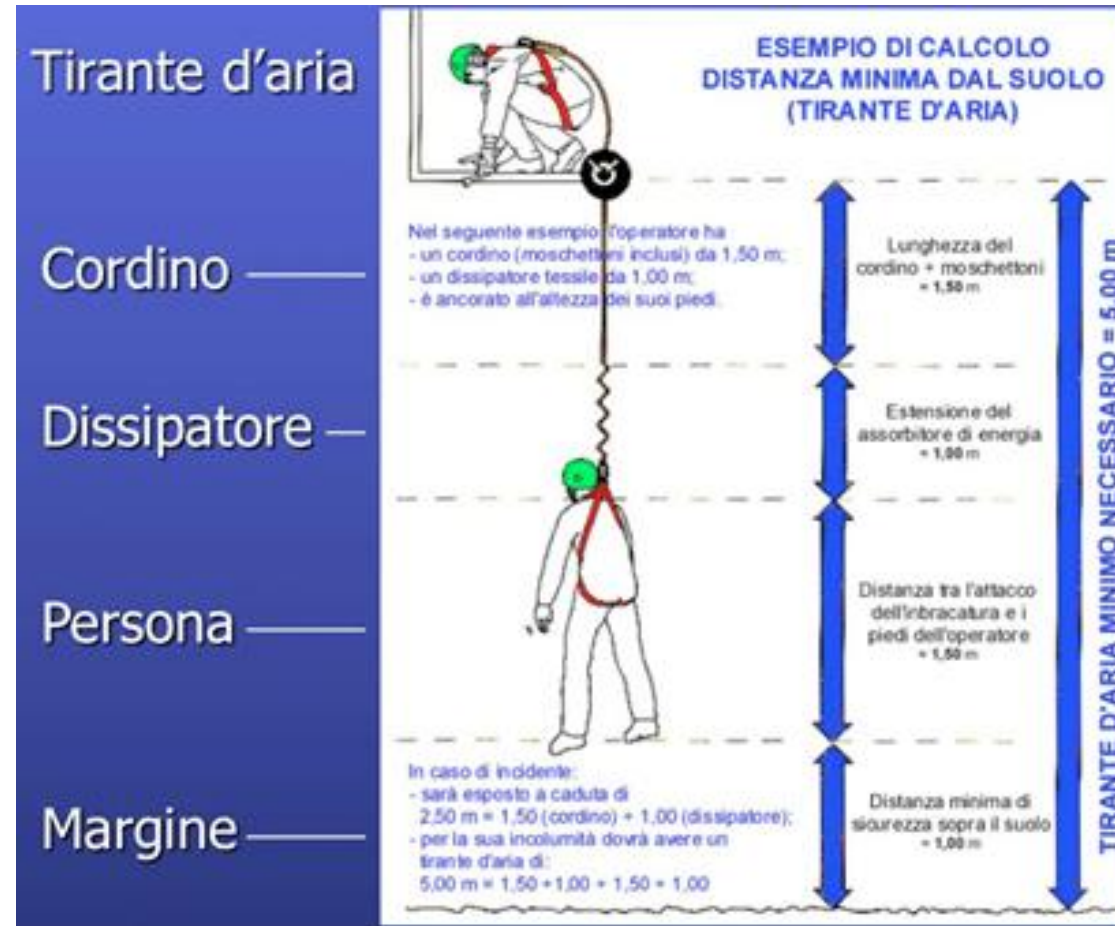


— Riconoscere tutte le zone a rischio caduta (anche lucernari)



4 e 5 Esempi di zone ad alto rischio di caduta

— Calcolare tirante d'aria e altezza minima di caduta

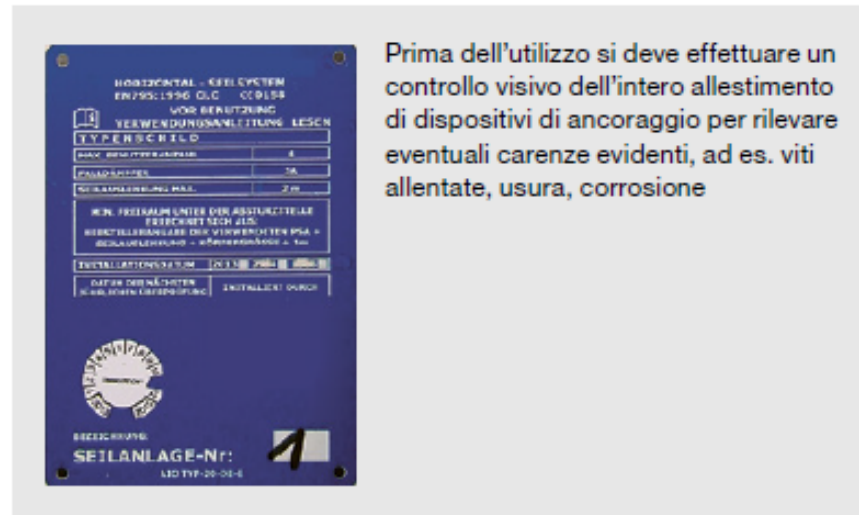


- Etichettare sistemi anticaduta
- Eseguire manutenzione annuale, documentare

Marcatura sui dispositivi di ancoraggio

In fase di esercizio, i dispositivi di ancoraggio devono essere contrassegnati tra l'altro con i seguenti dati:

- Fabbricante e denominazione del prodotto
- Numero di utenti consentito (se più di uno)
- Identificazione/tipo e modello
- Norma EN/valutazione ETA a cui il prodotto è conforme
- Direzioni di carico ammesse, se limitate (ad es. solo in verticale)



14 Esempio di marcatura di un impianto



SunLine
Horizontales Seilsicherungssystem
geprüft u. zugelassen nach EN 795:2012 Klasse E+C
und
CEN TS 16415 - CE1246

repapress

Bitte Bedienungsanleitung beachten. Die Verwendung der Systeme erfolgt nur mit geprüften Auffangsystemen inkl. Falldämpfern, die den aktuellen EN Normen entsprechen und das CE Zeichen tragen. Überschreitung der max. Werte ist unzulässig.

Objekt: Systemlänge = xx m

Max. Anzahl von Benutzern	1 (+1) Personen	Nächste Überprüfung auf Prüfplakette
Max. Gewicht pro Benutzer	140 KG	
Max. Länge Verbindungsmittel	Seilkürzer	
Mindestabstand zum Boden	6.5 Meter (5.8 m mit HSG gemäß Nutzungsdokument)	
Installiert von	Repapress AG	
Montagedatum	23.11.2019	
Seriennummer	858019102301	

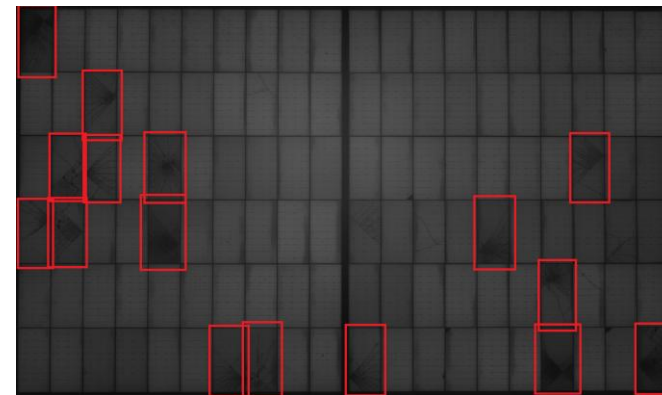
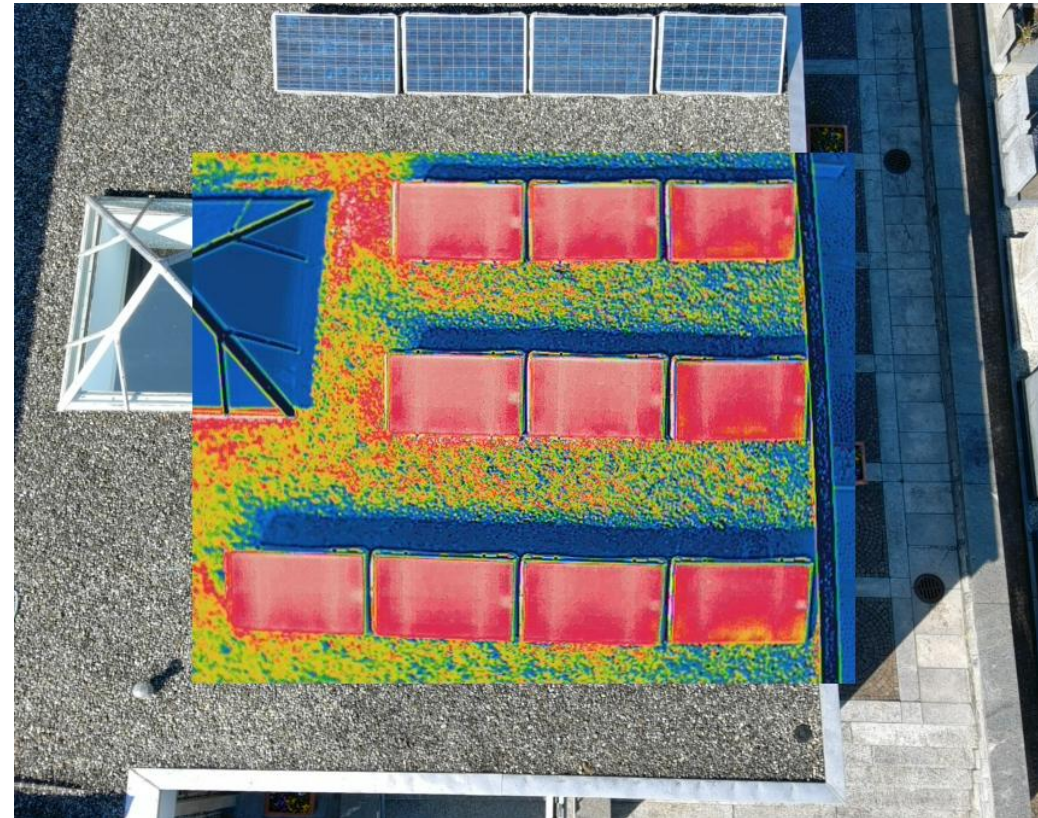
Riparazione e interventi

Alcuni esempi pratici

- Nel corso del ciclo di vita di un impianto va prevista solo l'eventuale sostituzione di inverter
- Eventualmente anche del sistema di monitoraggio
- Impianti FV vanno installati con un alto standard qualitativo siccome i costi di manutenzione e interventi intaccano sensibilmente la resa
- Il sistema di monitoraggio è un investimento

- Swissolar: scheda Gestione danni grandine
- Ispezione visiva
- Misura R_{iso}
- Confronto della resa per 2 anni con anni precedenti
- Immagini termiche
- Elettroluminescenza
- Annunciare all'assicurazione
- Riparazione

— Grandinata Locarnese 2023

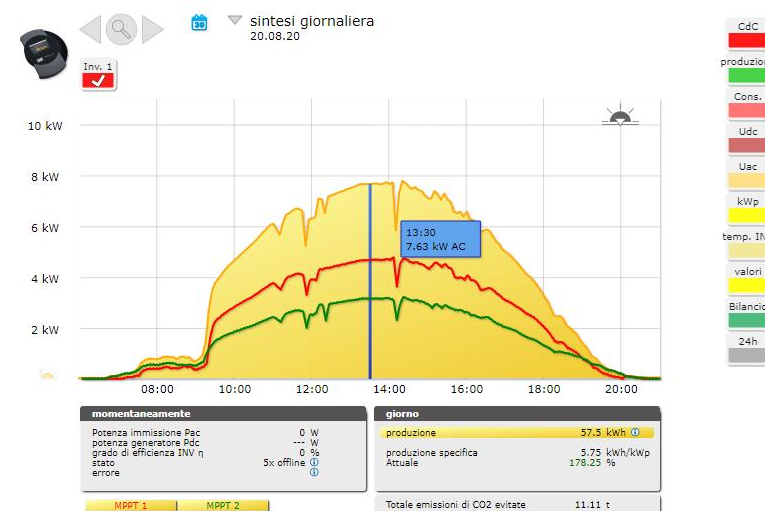


Esempio Problema di resa

- Su un impianto da 10kW c'è stato un calo della produzione annua
- L'impianto è formato da 2 stringhe con stesso orientamento:
 - 12 pannelli – 3.660 kWp
 - 21 pannelli – 6.405 kWp
- Il rapporto di potenza tra le due stringhe è 1.75

- Dal sistema di monitoraggio vengono misurati i seguenti dati alle 13:30 del 20 agosto
 - Stringa 1 = 4.67 kW
 - Stringa 2 = 3.15 kW

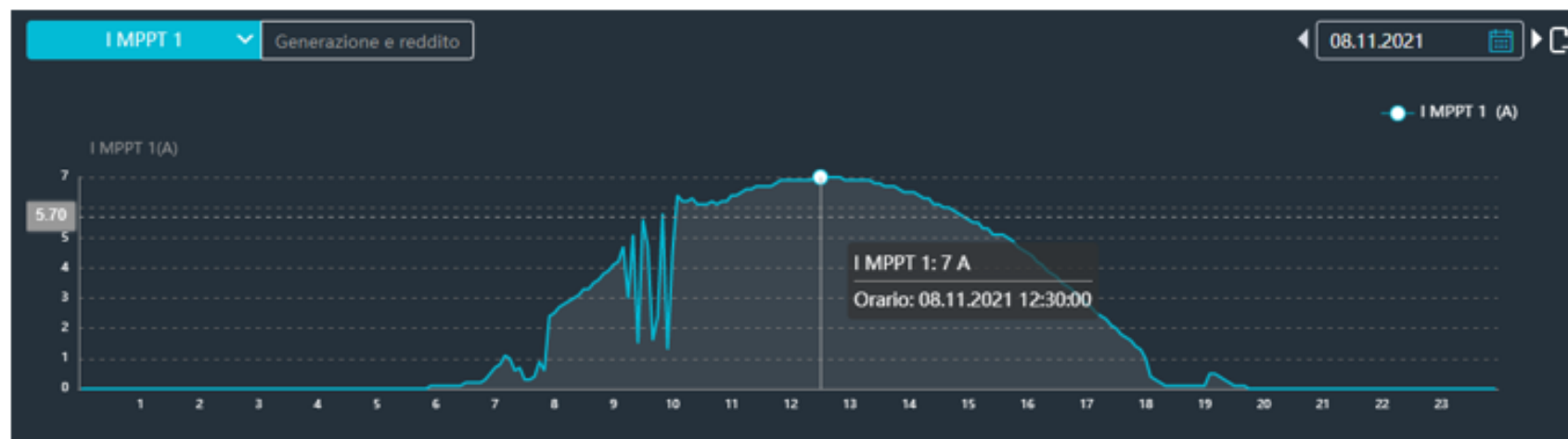
- Se la stringa se la stringa piccola produce 3.15 kW, la stringa più grande dovrebbe produrre $3.15 \text{ kW} \times 1.75 = 5.51 \text{ kW}$



- ▶ Guardiamo in dettaglio i due grafici delle correnti dal portale di monitoraggio dell'inverter (11 agosto 2021 alle 12:30)

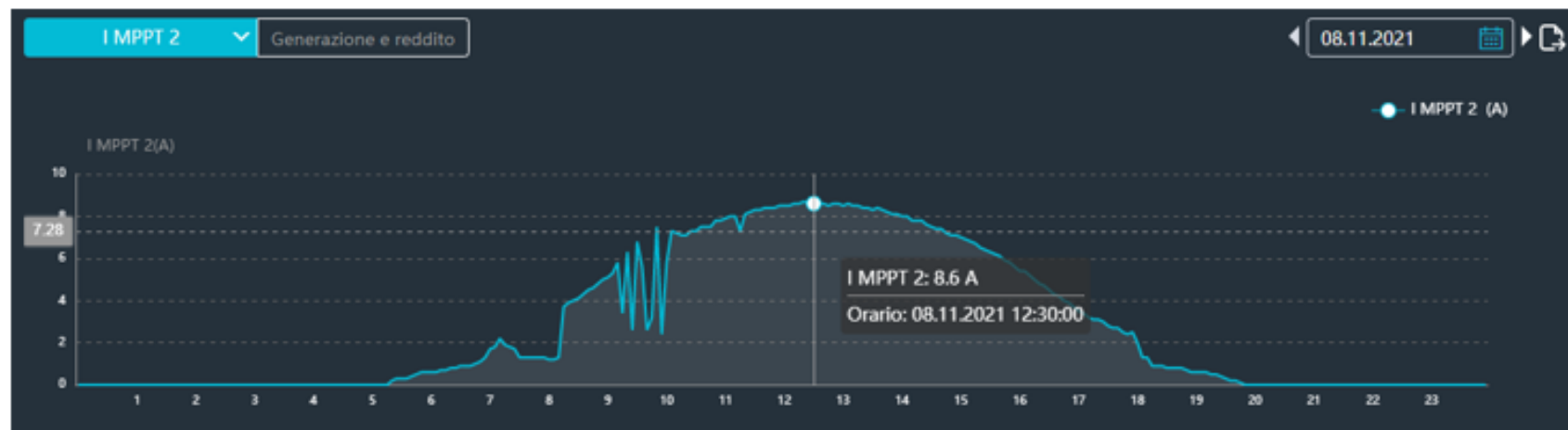
- ▶ MPPT 1

- ▶ 7 A
- ▶ 611.6 V



- ▶ MPPT 2

- ▶ 8.6 A
- ▶ 336.6 V



- MPPT 1 - 7 A - 611.6 V – 21 moduli FV
- MPPT 2 - 8.6 A - 336.6 V – 12 moduli FV
- Il rapporto tra le tensioni è di circa 1.8 e rispetta il rapporto tra i numeri di pannelli.
- Le tensioni sono quindi nella norma ma c'è una differenza sulla corrente delle due stringhe di 1.6 A
- Le correnti R_{iso} di entrambe le stringhe hanno valori normali
- Si decide di andare a vedere sul tetto se ci sono problemi

- Degli elementi metallici volutamente ossidati hanno sporcato i pannelli



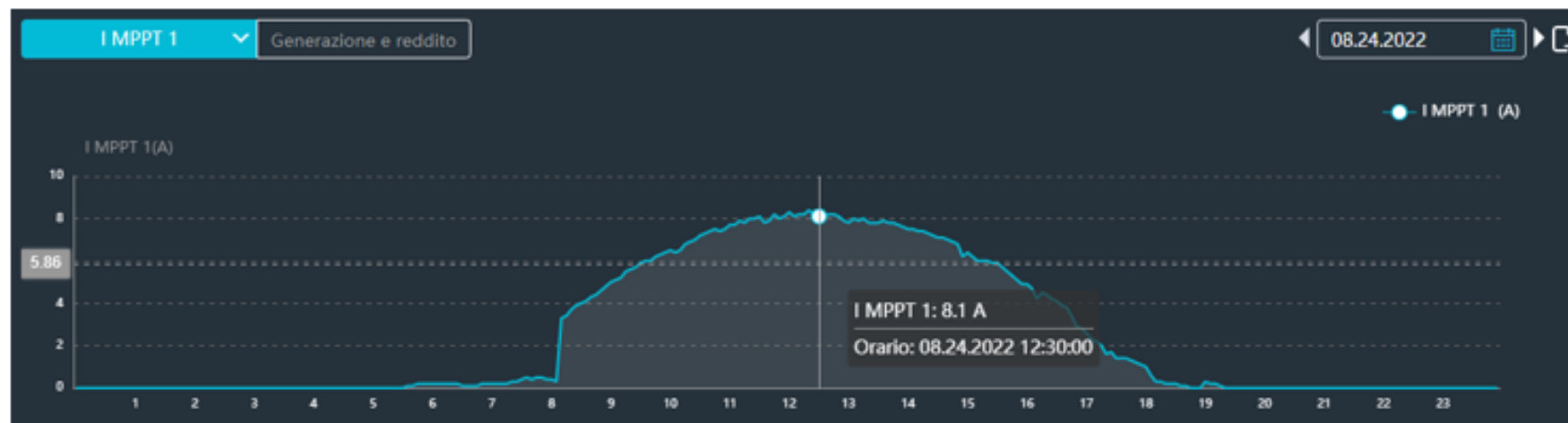


- Effettuato lavaggio
- I pannelli sono tornati puliti ma non al 100%
- Sono stati posati ottimizzatori di potenza sotto ai moduli «macchiati»

- ▶ Guardiamo ora i due grafici delle correnti dal portale di monitoraggio dell'inverter dopo la posa degli ottimizzatori (24 agosto 2022 alle 12:30)

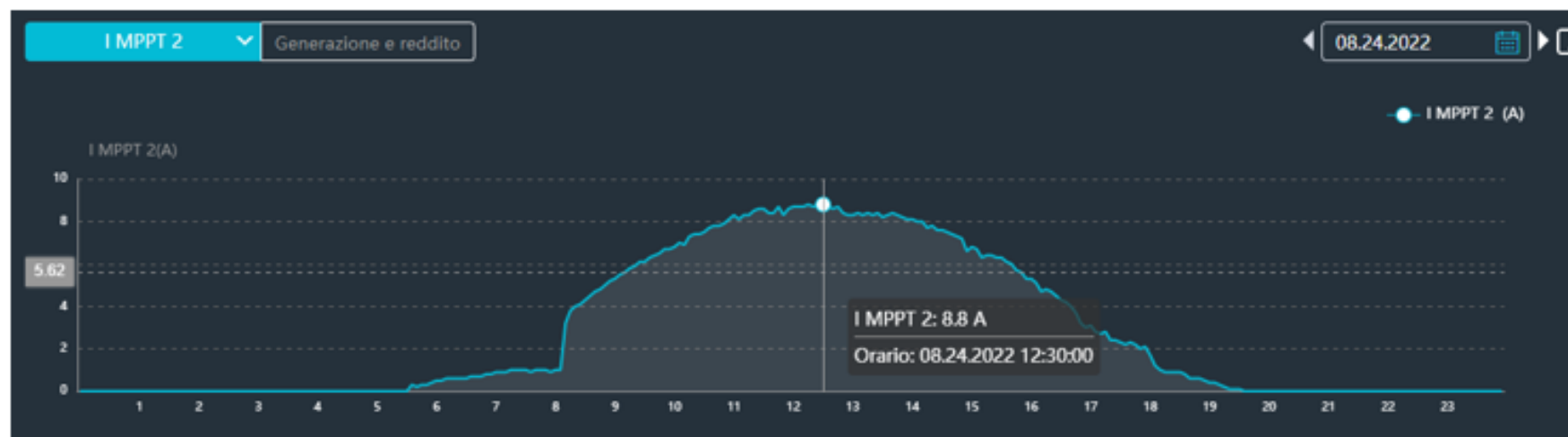
▶ MPPT 1

- ▶ 8.1 A
- ▶ 604.5 V



▶ MPPT 2

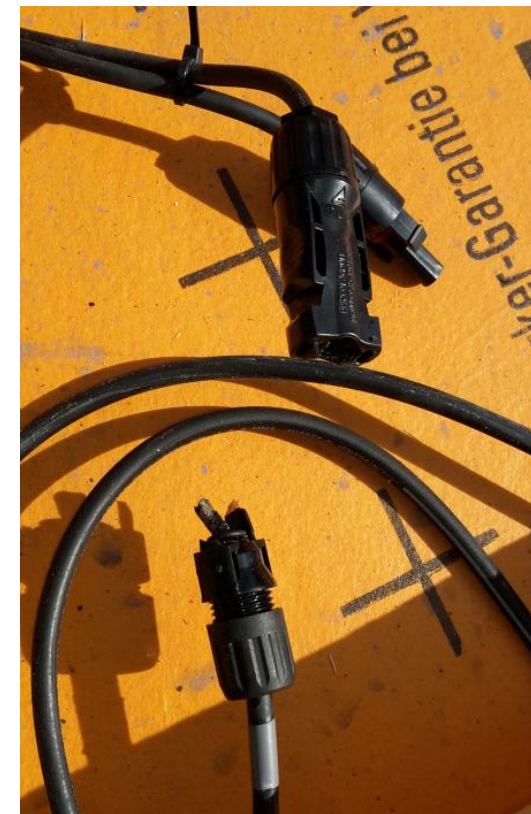
- ▶ 8.8 A
- ▶ 349.3 V



- Prima della modifica (11 agosto 2021 alle 12:30)
 - MPPT 1 - 7 A - 611.6 V – 21 moduli FV
 - MPPT 2 - 8.6 A - 336.6 V – 12 moduli FV
- Dopo la modifica (24 agosto 2022 alle 12:30)
 - MPPT 1 – 8.1 A - 604.5 V – 21 moduli FV
 - MPPT 2 - 8.8 A – 349.3 V – 12 moduli FV
- Possiamo notare che la corrente della stringa 1 è più alta e quasi come quella della stringa 2
- La tensione della stringa 1 è diminuita rispetto a prima, questo potrebbe simboleggiare che i 3x ottimizzatori abbassano la tensione dei rispettivi 3x moduli FV per poter alzare la corrente e non limitare gli altri pannelli della stringa 1

Problemi con connettori

Installare solo connettori dello stesso modello (o con dichiarazione intercompatibilità)



Smantellamento

Come comportarsi alla fine del ciclo di vita dell'impianto

Tassa di riciclaggio anticipata (TRA)

- In Svizzera la TRA si applica per:
 - Pannelli FV
 - Batterie d'accumulo

- 1. Pagamento TRA all'acquisto
- 2. Installazione e esercizio
- 3. Smantellamento (su pallet)
- 4. Consegna a centro di raccolta SENS

- Riciclaggio dei moduli FV su base volontaria (SENS)
- Riciclaggio per batterie obbligatorio (Inobat)
- Riciclaggio inverter obbligatorio (apparecchi elettrici)
- Circa il 95% dei materiali può essere riciclato (SIA 2062)
- Il riutilizzo sarebbe migliore dal punto di vista ambientale

Grazie per l'attenzione!

- Riferimenti e documentazione
- SIA 2062
- Swissolar 21017i
- Bucher C., *Photovoltaikanlagen* (2° ed.)
- Sistemi anticaduta
 - OICostr
 - SUVA 44096.i - 44002.i - 44095.i
 - EN363 EN795