



ENERGIA SOLARE

Sistemi di monitoraggio

► **Stazione meteorologica per impianti fotovoltaici
e sistema di campo sul modulo fotovoltaico**

◊ **Sistema di campo per parametri
ambientali**

Le condizioni ambientali, insieme all'accumulo di sporcizia sulle superfici dei moduli fotovoltaici, sono tra i principali fattori esterni che influenzano le prestazioni di un impianto fotovoltaico. L'irradianza solare — l'input energetico principale del sistema — così come la temperatura ambientale e dei moduli, influenzano direttamente l'efficienza dell'impianto, mentre variabili aggiuntive come velocità e direzione del vento, precipitazioni, umidità relativa e neve contribuiscono a definire le condizioni operative del sito e a valutare i rischi durante eventi meteorologici avversi, come descritto nell'IEC 61724-1:2021. Per una valutazione accurata delle prestazioni e per rilevare deviazioni dal comportamento atteso, è essenziale monitorare continuamente irradianza globale e diffusa, temperatura e umidità dell'aria, temperatura del modulo, direzione e velocità del vento, condizioni di pioggia e neve.

LSI LASTEM progetta e produce sensori e sistemi integrati per l'acquisizione, l'elaborazione e la distribuzione di dati ambientali utilizzati per verificare le prestazioni degli impianti fotovoltaici. Attraverso un approccio integrato, LSI LASTEM supporta progettisti e operatori di impianti nelle attività di monitoraggio, manutenzione e valutazione delle prestazioni, garantendo misurazioni affidabili e una valutazione coerente del funzionamento dell'impianto.

► Stazione meteorologica per impianti fotovoltaici e sistema di campo sul modulo fotovoltaico

Il sistema di monitoraggio è strutturato in due sottosistemi complementari.

Il primo sottosistema è una stazione meteorologica centrale progettata per caratterizzare le condizioni ambientali e solari complessive dell'impianto fotovoltaico. Integra un data logger e sensori per la misura dell'irradianza orizzontale globale (GHI), irradianza riflessa dal suolo (RI), irradianza normale diretta (DNI), irradianza orizzontale diffusa (Gd), velocità e direzione del vento, temperatura dell'aria, umidità relativa e precipitazioni. Queste variabili descrivono collettivamente le condizioni meteorologiche del sito e forniscono il contesto ambientale di base richiesto dalla IEC 61724-1:2021 per la valutazione delle prestazioni dell'impianto.

Il secondo sottosistema (sistema di campo sul modulo fotovoltaico), interfacciato con la stazione meteorologica principale, si concentra sulle misure effettuate direttamente sui moduli fotovoltaici. Include sensori per l'irradianza in piano (POA), l'irradianza posteriore in piano, nelle installazioni fotovoltaiche bifacciali, la temperatura del modulo fotovoltaico e il rapporto di soiling. Questi parametri consentono una valutazione precisa delle condizioni operative dei moduli e quindi consentono un calcolo accurato degli indicatori di prestazione dell'impianto.



► Sistema di campo per parametri ambientali

Oltre alla configurazione standard basata su un data logger, il sistema di monitoraggio supporta anche l'uso del Modbus Sensor Box (MSB). Il MSB è un modulo di condizionamento compatto che converte i segnali di sensori diretti — come le uscite in millivolt da piranometri, sonde di temperatura Pt100, impulsi di velocità del vento e dati del sensore del fronte temporalesco — in RS485 Modbus RTU, consentendo il collegamento diretto a sistemi PLC o SCADA. Ciò consente di integrare sensori ambientali e a livello di modulo (irradianza globale, temperatura ambiente e di modulo, velocità del vento e distanza del fronte temporalesco) senza un data logger dedicato, semplificando l'impianto elettrico e offrendo un'alternativa flessibile sia per stazioni di monitoraggio complete sia per installazioni più compatte.



► IEC 61724-1:2021 Requisiti per il monitoraggio dei sistemi fotovoltaici

Lo standard IEC 61724-1:2021 sulle prestazioni dei sistemi fotovoltaici – Parte 1: Monitoraggio – definisce le classi di accuratezza e i requisiti di misura per i sistemi di monitoraggio utilizzati negli impianti fotovoltaici. Queste classi dipendono non solo dalle specifiche hardware dei sensori e delle apparecchiature di acquisizione, ma anche dalle routine di calibrazione, dalle procedure di controllo qualità, dai criteri di installazione e dalle pratiche di manutenzione stabilite per il sistema di monitoraggio. Lo scopo dello standard è minimizzare l'incertezza delle misure e garantire una valutazione delle prestazioni coerente e comparabile tra diverse installazioni fotovoltaiche.

Lo standard introduce due classi per i sistemi di monitoraggio (Classe A e Classe B), ciascuna associata a requisiti specifici di accuratezza, intervalli di calibrazione e manutenzione, quantità minime di sensori basate sulla dimensione dell'impianto. Queste prescrizioni garantiscono che le misurazioni di irradianza, temperatura e ambiente vengano raccolte con il livello di accuratezza richiesto per una valutazione affidabile delle prestazioni.

IEC 61724-1:2021 identifica un insieme completo di variabili solari per valutare le prestazioni degli impianti fotovoltaici, che vanno oltre l'irradianza orizzontale globale (GHI) e includono:

- Irradianza orizzontale globale (GHI)
- Irradianza in piano (POA frontale)
- Irradianza riflessa a terra (RI)
- Irradianza diffusa (Gd)
- Irradianza normale diretta (DNI)
- Albedo, calcolato come RI / GHI

Per i sistemi fotovoltaici bifacciali, lo standard richiede inoltre misurazioni di:

- Irradianza posteriore in piano (POA posteriore)
- Rapporto di irradianza posteriore in piano, calcolato come $POA \text{ posteriore} / POA \text{ anteriore}$

Altre variabili climatiche sono considerate essenziali, poiché influenzano direttamente le prestazioni attese e le condizioni operative:

- Temperatura del modulo PV
- Temperatura dell'aria
- Velocità e direzione del vento
- Umidità relativa
- Pioggia e neve
- Accumulo di sporcizia sulle superfici dei moduli

Nell'insieme, queste variabili definiscono il quadro ambientale e operativo rispetto al quale viene valutata la reale prestazione del sistema fotovoltaico.

► IEC 61724-1:2021 Classi di monitoraggio e requisiti dei sensori

Lo standard IEC 61724-1:2021 definisce due classi di accuratezza per i sistemi di monitoraggio delle prestazioni fotovoltaiche, Classe A e Classe B. Queste classi sono determinate non solo dai sensori specifici impiegati, ma anche dalle routine di calibrazione, dalla frequenza di ispezione, dagli intervalli di pulizia e dalle procedure di manutenzione complessive adottate per le apparecchiature di monitoraggio. L'obiettivo è minimizzare l'incertezza delle misurazioni e garantire che irradianza, temperatura e dati ambientali utilizzati per la valutazione delle prestazioni siano affidabili e comparabili tra i diversi impianti fotovoltaici. Di seguito sono riportati i requisiti chiave per piranometri e sensori ambientali come definiti nella IEC 61724-1:2021.

Caratteristiche	Classe A	Classe B
Tipo piranometro	Classe A Spectrally Flat	Classe B Spectrally Flat
Ricalibrazione	Ogni 2 anni	Come specificato dal produttore
Pulizia	Ogni settimana	Opzionale
Riscaldamento e ventilazione	Richiesto. Tranne in luoghi dove la presenza di rugiada o gelo è dimostrata inferiore al 2% delle ore annuali di GHI	Opzionale

La IEC 61724-1:2021 specifica variabili aggiuntive ambientali e a livello di modulo che possono essere richieste a seconda della classe di monitoraggio, della tecnologia fotovoltaica e delle condizioni del sito, poiché influenzano direttamente le prestazioni dei sistemi fotovoltaici. A differenza dell'irradianza, per la quale l'IEC si riferisce alle classi di piranometri definite dalla ISO 9060, l'accuratezza e la risoluzione richieste per i sensori ambientali sono esplicitamente definite nella **Sezione 9** dello standard (Temperatura del Modulo, Temperatura dell'Aria, Velocità del Vento, Direzione del Vento), mentre le altre variabili seguono le specifiche del produttore. LSI LASTEM fornisce sensori le cui specifiche soddisfano o superano i requisiti per i sistemi di monitoraggio di Classe A e Classe B.

Variabile	Caratteristiche	Sensori LSI LASTEM*	Classe A	Classe B
Temperatura del modulo fotovoltaico	Richiesto	DLE124A	Sì	Sì, o stimato
	Accuratezza	0,15 °C	±1 °C	±1 °C
Temperatura dell'aria	Richiesto	DMA033A	Sì	Sì, o stimato
	Risoluzione	0,01 °C	≤0,1 °C	≤0,1 °C
	Accuratezza	0,1 °C	±1 °C	±1 °C
Velocità del vento	Richiesto	DNB201	Sì	Sì, o stimato
	Accuratezza	0,12 m/s @ < 5 m/s 2,5% @ > 5 m/s	≤0,5 m/s @ ≤5 m/s ≤10% @ > 5 m/s	≤0,5 m/s @ ≤5 m/s ≤10% @ > 5 m/s
Direzione del vento	Richiesto	DNB201	Sì	-
	Accuratezza	<1%	±5°	-
Sporcizia del modulo	Richiesto	PRRDA4030	Sì	-
	Frequenza di pulizia		Ogni giorno per celle calibrate	-
Pioggia	Richiesto	DQA230.1	Sì	Sì, o stimato
	Accuratezza	0...20 mm/h: ± 0,2 mm	-	-
Neve	Richiesto	DQL011.1	-	-
Umidità	Richiesto	DMA672.1	-	-

* Modelli di sensori LSI LASTEM utilizzati in applicazioni fotovoltaiche in grado di soddisfare la Classe A secondo lo **standard IEC 61724-1: 2021**

► **ISO 9060:2018 Classificazione dei piranometri a termopila**

Oltre ai requisiti di monitoraggio definiti dalla IEC 61724-1:2021, la scelta dei piranometri deve seguire lo standard ISO 9060:2018, che classifica i piranometri a termopila in base alle loro prestazioni radiometriche. Lo standard definisce diversi parametri spettrali e operativi — come tempi di risposta, offset zero, risposta direzionale, non linearità e dipendenza dalla temperatura — stabilendo tre classi principali: Classe A, Classe B e Classe C. Queste classi forniscono un quadro chiaro e riconosciuto a livello internazionale per valutare la qualità delle misure di irradianza solare e per selezionare strumenti adatti al monitoraggio fotovoltaico ad alta precisione.

Parametri (come riportato nello standard ISO 9060:2018)	Intervalli di accettazione di Classe A (bande di guardia)	Intervalli di accettazione di Classe B (bande di guardia)	Intervalli di accettazione di Classe C (bande di guardia)
Tempo di risposta (tempo per il 95% della risposta)	< 10 s (1 s)	< 20 s (1 s)	< 30 s (1 s)
Offset zero A (risposta a -200 W/m ² di radiazione termica netta)	±7 W/m ² (2 W/m ²)	±15 W/m ² (2 W/m ²)	±30 W/m ² (3 W/m ²)
Zero offset B (risposta a un cambiamento di 5 K/h della temperatura ambiente)	±2 W/m ² (0,5 W/m ²)	±4 W/m ² (0,5 W/m ²)	±8 W/m ² (1 W/m ²)
Zero offset totale (inclusi gli effetti A, B e altre fonti)	±10 W/m ² (2 W/m ²)	±21 W/m ² (2 W/m ²)	±41 W/m ² (3 W/m ²)
Non stabilità (variazione percentuale della responsività all'anno)	±0,8% (0,25%)	±1,5% (0,25%)	±3% (0,5%)
Non linearità (deviazione percentuale dalla responsività a 500 W/m ² dovuta alla variazione dell'irradianza entro 100-1000 W/m ²)	±0,5% (0,2%)	±1% (0,2%)	±3% (0,5%)
Risposta direzionale (errore a 1000 W/m ²)	±10 W/m ² (4 W/m ²)	±20 W/m ² (5 W/m ²)	±30 W/m ² (7 W/m ²)
Errore spettrale globale di irradianza orizzontale del cielo limpido	±0,5% (0,1%)	±1% (0,5%)	±5% (1%)
Risposta alla temperatura (-10... 40 °C vs 20 °C)	±1% (0,2%)	±2% (0,2%)	±4% (0,5%)
Risposta all'inclinazione (0... 180°, 1000 W/m ²)	±0,5 % (0,2 %)	±2% (0,2%)	±5% (0,5%)
Errori aggiuntivi di elaborazione del segnale	±2 W/m ² (2 W/m ²)	±5 W/m ² (2 W/m ²)	±10 W/m ² (2 W/m ²)

► **Piranometri a termopila di LSI LASTEM**

LSI LASTEM produce piranometri conformi alla norma ISO 9060:2018 nelle Classi A, B e C, che coprono i requisiti di accuratezza di diverse applicazioni fotovoltaiche. La tabella sottostante riassume le specifiche di prestazione dei piranometri a termopila di LSI LASTEM secondo la norma ISO 9060:2018.



Modelli piranometri: uscita in μV	DPA252.2	DPA154	DPA053A
Modelli piranometri: uscita 4...20 mA	DPA952.2	DPA855	DPA863
Modelli piranometri: uscita Modbus RS485	DPA952.3	DPA980	DPA983
Classificazione ISO 9060	Classe A Spectrally Flat	Classe B Spectrally Flat	Classe C Spectrally Flat
Incertezza totale giornaliera	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$
Gamma spettrale	285...3000 nm	285...3000 nm	285...3000 nm
Sensibilità termopila	8...25 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$	10...15 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$	10...15 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$
Tempi di risposta	< 5 s	< 15 s	< 30 s
Zero offset A	$\pm 7 \text{ W}/\text{m}^2$	$\pm 13 \text{ W}/\text{m}^2$	$\pm 30 \text{ W}/\text{m}^2$
Zero offset B	$\pm 2 \text{ W}/\text{m}^2$	$\pm 3 \text{ W}/\text{m}^2$	$\pm 8 \text{ W}/\text{m}^2$
Zero offset totale	$\pm 10 \text{ W}/\text{m}^2$	$\pm 21 \text{ W}/\text{m}^2$	$\pm 41 \text{ W}/\text{m}^2$
Non stabilità	$\pm 0,8\%$	$\pm 1\%$	$\pm 3\%$
Non linearità	$\pm 0,5 \%$	$\pm 1\%$	$\pm 1\%$
Risposta direzionale	$\pm 10 \text{ W}/\text{m}^2$	$\pm 20 \text{ W}/\text{m}^2$	$\pm 30 \text{ W}/\text{m}^2$
Errore spettrale globale di irradianza orizzontale del cielo limpido	$\pm 0,5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 5\%$
Risposta alla temperatura	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 4\%$
Risposta all'inclinazione	$\pm 0,5\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$
Errori aggiuntivi di elaborazione del segnale	$\pm 2 \text{ W}/\text{m}^2$	$\pm 5 \text{ W}/\text{m}^2$	$\pm 10 \text{ W}/\text{m}^2$

► Accessori di montaggio per piranometri

LSI LASTEM fornisce diversi accessori per l'installazione di piranometri. Ecco alcune opzioni:

	Installazione del piranometro per la misurazione dell'irradianza orizzontale globale (GHI). Installazione su palo (diametro 45...65 mm) Accessori: TYA050+TYA200
	Installazione del piranometro per l'irradianza orizzontale globale (GHI) e l'irradianza riflessa dal suolo (RI). Installazione su palo (diametro 45...65 mm) Accessori: TYA050+TYA250
	Installazione del piranometro per l'irradianza sul piano del modulo (POA frontale). Installazione su telaio di pannelli solari Accessorio: DYA060
	Installazione del piranometro per l'irradianza posteriore sul piano del modulo (POA posteriore). Installazione su telaio di pannelli solari Accessorio: DYA060



► Piranometri

Sono i principali sensori per applicazioni solari. Misurano 1) l'irradianza orizzontale globale (GHI), 2) l'irradianza sul piano del modulo (POA fronte), 3) l'irradianza riflessa dal suolo (RI), 4) l'irradianza sul piano del modulo posteriore (POA posteriore) 5) l'irradianza diffusa (Gd). LSI LASTEM può fornire piranometri di Classe A, B, C secondo ISO 9060:2018.



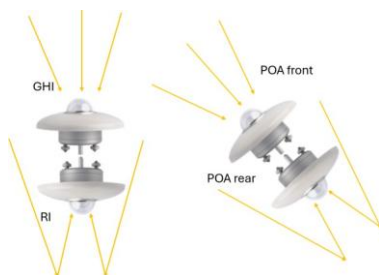
► Sensore di temperatura superficiale (T_{mod})

I sensori Pt100 sono disponibili per la misurazione della temperatura di contatto dei moduli fotovoltaici con precisione di 1/3 DIN (0,1 °C). Sono forniti con un cavo a 4 fili L = 20 m. I sensori si attaccano facilmente ai moduli fotovoltaici tramite una pasta termoconduttiva e una striscia adesiva.



► Sensore di soiling (SR)

Per monitorare la sporcizia sul modulo fotovoltaico, il sensore viene posizionato sullo stesso piano e valuta le prestazioni del modulo, indicando lo stato dello sporco sull'elemento.



► Rapporto di albedo e irradianza posteriore

L'albedo è la frazione di radiazione incidente riflessa da una superficie, definita come il rapporto tra irradianza riflessa dal suolo (RI) e orizzontale globale (GHI). Per i sistemi fotovoltaici bifacciali, il rapporto di irradianza posteriore in piano ("POA rear" diviso per irradianza "POA frontale") viene utilizzato per valutare il contributo posteriore. Sia il rapporto di albedo che quello posteriore possono essere calcolati dal data logger LSI LASTEM.



► Radiazione diretta (DNI)

LSI LASTEM produce sensori per misurare l'irradianza solare diretta con grande precisione. Il sensore impiega una banda di rotazione per schermare in tempo reale la radiazione diffusa e riflessa, registrando la radiazione solare incidente lungo il vettore solare. Fornisce un'elevata risoluzione temporale per il tracciamento solare dinamico.



► Celle calibrate per il soiling

In alternativa, possono essere utilizzate due celle calibrate installate accanto al modulo fotovoltaico. Una cella viene pulita regolarmente, mentre l'altra viene lasciata sporca; dalla differenza di efficienza tra i due sensori si può calcolare lo stato di sporcizia.

ENERGIA SOLARE



► Stazione meteorologica ALL-IN-ONE

I sensori ALL-IN-ONE sono estremamente compatti e permettono di monitorare simultaneamente diversi parametri ambientali: temperatura, umidità, pressione, direzione e velocità del vento e pioggia.



► Radiazione diffusa (Gd)

LSI LASTEM fornisce la banda d'occultazione per la misura della radiazione solare diffusa; è una soluzione meccanica semplice, robusta e con costi convenienti rispetto a dispositivi di ombreggiamento solari più complessi come i tracker. La radiazione diffusa può essere calcolata anche dal data logger LSI LASTEM utilizzando le radiazioni GHI e DNI con l'equazione riportata dalla Guida WMO n. 8, Cap. 8, eq. 8.2.



► Sensore del vento

Sono disponibili sensori ultrasonici e a coppe e banderuola. La velocità del vento, riducendo la temperatura dei moduli fotovoltaici, influisce sulla loro efficienza. Inoltre, con venti forti, un sistema di allerta può essere utile per attivare strategie di sicurezza dell'impianto.

❶ UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018 Servizio di calibrazione LSI LASTEM per sensori radiometrici

LSI LASTEM non solo produce strumenti ambientali e radiometrici, ma gestisce anche un laboratorio accreditato secondo la UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018 per la calibrazione di sensori radiometrici, inclusi i piranometri utilizzati per le misurazioni della radiazione solare. Questo accreditamento offre due vantaggi chiave: affidabilità delle misure e piena tracciabilità. Tutte le attività di calibrazione seguono rigorose procedure metrologiche in conformità con gli standard internazionali, garantendo che ogni sensore sia certificato con documentazione legalmente riconosciuta. Questi certificati possono essere utilizzati per audit interni, certificazioni del sistema di qualità e verifiche di

Organismo accreditato Accredited body	LSI LASTEM s.r.l. Via Ex S.P. 161 Dosso, 9 20049 SETTALA - PREMENUGO (MI) - Italia www.lsi-lastem.com	 Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements
Tabella allegata al Certificato di Accredimento Annex to the Accreditation Certificate	00389 Calibration REV. 006 UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018	
Attività oggetto di accreditamento Accredited activities	<u>Temperatura</u> - Termometri a resistenza (STE-02) - Catene termometriche (indicatori e trasmettitori) (STE-04) <u>Velocità dell'aria</u> - Anemometri (SVA-01) <u>Misure ottiche</u> - Irradiazione solare (SOT-12)	

 DT00389LAT006			 Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements	 ILAC-MRA
Certificato di Accredimento <i>Accreditation Certificate</i>				
Accredimento n. Accreditation n.		00389 Calibration REV. 006		
Emesso da Issued by		Dipartimento Laboratori di Taratura		
Si dichiara che We declare that		LSI LASTEM s.r.l. Sede Principale/Headquarter Via Ex S.P. 161 Dosso, 9 20049 SETTALA - PREMENUGO (MI) - Italia		
È conforme ai requisiti della norma Meets the requirements of the standard		UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018 ISO/IEC 17025:2017		
Qualità As		Laboratorio di taratura Calibration laboratory		
Data di 1ª emissione 1 st issue date		Data di revisione Revision date		Data di scadenza Expiry date
06-03-2008		26-05-2025		05-03-2028

conformità.

❷ UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018 Servizio di calibrazione sul campo di LSI LASTEM per sensori radiometrici

LSI LASTEM offre anche un servizio di calibrazione sul campo conforme alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018, progettato specificamente per applicazioni fotovoltaiche. Lo standard IEC 61724-1:2021 pone forte enfasi non solo sulle specifiche dei sensori, ma anche sulla verifica periodica e la frequente ricalibrazione, che gli operatori dell'impianto devono garantire per tutta la durata del sistema. Per supportare queste esigenze, LSI LASTEM fornisce la ricalibrazione in loco dei piranometri utilizzando un kit dedicato per la calibrazione sul campo.

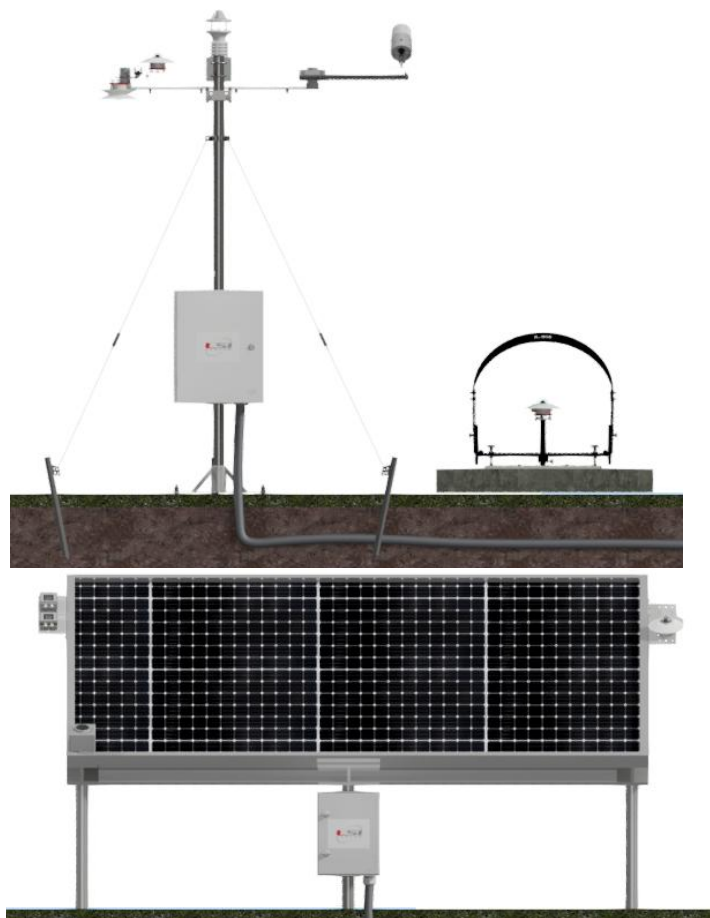
La calibrazione sul campo viene effettuata in condizioni di radiazione solare diretta e cielo limpido. Il kit di calibrazione include:

- un piranometro di riferimento (Classe A)
- una sonda per la temperatura dell'aria
- un data logger, disponibile per la calibrazione a 3 o 8 sensori
- accessori meccanici per il montaggio e l'allineamento
- attrezzatura di trasporto e protezione.

Durante la procedura, il data logger calcola direttamente il fattore di calibrazione per ciascun sensore con tensione in uscita. Questo fattore viene poi incluso nel rapporto di calibrazione emesso alla fine del processo, garantendo completa tracciabilità e conformità ai requisiti metrologici.



Stazione meteorologica per impianti fotovoltaici e sistema di campo sul modulo fotovoltaico



Il sistema è strutturato in due sottosistemi distinti:

1. Stazione meteorologica centrale con sensori che misurano le condizioni ambientali e solari del sito, montati su palo per evitare l'ombreggiamento dell'ambiente circostante. Il data logger si interfaccia con il sistema SCADA dell'impianto tramite protocolli Modbus RTU o Modbus TCP. Oltre alla trasmissione dati in tempo reale, il sistema fornisce archiviazione locale, inoltre remoto di dati a uno o più server e gestione degli allarmi. Le notifiche di allarme possono essere emesse tramite SMS, e-mail o output relè per attivare dispositivi di segnalazione locali in caso di condizioni o anomalie predefinite.

2. Stazione del modulo fotovoltaico con piranometri posizionati allo stesso angolo di inclinazione dei moduli fotovoltaici. Questa stazione è collegata tramite RS485 al data logger della stazione meteorologica principale o direttamente a SCADA tramite RS485 Modbus RTU (opzione Modbus TCP). Diverse stazioni per moduli possono essere collegate alla stessa stazione meteorologica centrale principale.

La **stazione meteorologica centrale principale** integra un data logger Alpha-Log e può supportare i seguenti sensori:

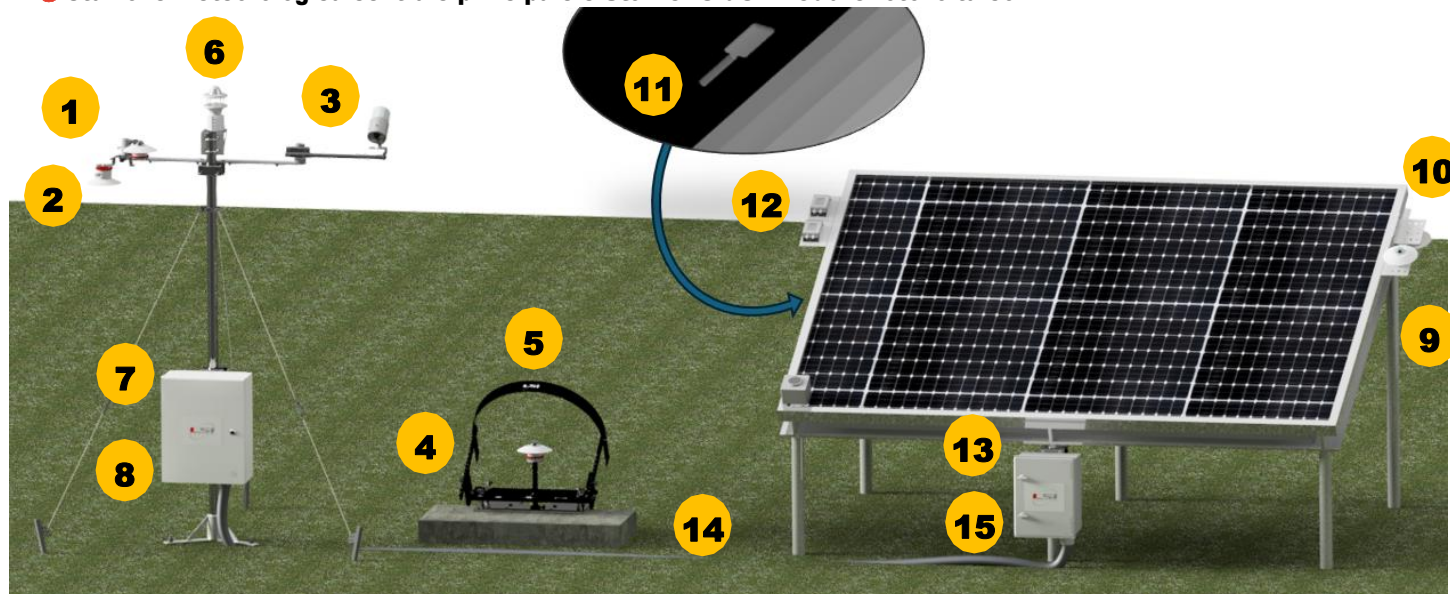
- Piranometro per l'Irradianza Orizzontale Globale (GHI)
- Piranometro per irradianza riflessa dal suolo (RI). Utilizzato, con GHI, per il calcolo dell'Albedo tramite Alpha-Log
- Sensore di irradianza normale diretta (DNI)
- Piranometro per irradianza diffusa (Gd) usando banda d'ombra. In alternativa, l'irradianza diffusa può essere calcolata tramite Data logger Alpha-log utilizzando parametri di irradianza orizzontale globale e irradianza normale diretta
- Sensore ALL-IN-ONE (velocità e direzione del vento, temperatura aria, umidità relativa, pressione e pioggia).

La **stazione del modulo fotovoltaico** comprende un collettore di segnali per collegare i sensori al data logger montato sulla stazione meteorologica centrale tramite un cavo RS485 e sensori installati sul modulo fotovoltaico, come:

- Piranometro per irradianza in piano (POA)
- Piranometro per irradianza posteriore in piano* (POA posteriore). Utilizzato, con POA frontale, per il calcolo del rapporto di irradianza sul lato posteriore in piano. Il rapporto può essere calcolato tramite il data logger Alpha-log
- Sensori di temperatura per moduli fotovoltaici
- Dispositivo di soiling (utilizzando 2 celle di riferimento). Calcolo del rapporto di sporcizia tramite dispositivo collettore di segnale.
- Alternativa alle celle di riferimento PV per il rapporto di sporcizia: dispositivo ottico. Collegato tramite RS485 al data logger della stazione meteorologica centrale principale.

**utilizzato negli impianti fotovoltaici bifacciali*

▶ **Stazione meteorologica centrale principale e stazione del modulo fotovoltaico**



Rif. Fig.	PN	Descrizione	Kit1	Rif. Note
		Stazione meteorologica centrale principale		
		Piranometro Classe A per l'Irradianza Orizzontale Globale (GHI) (vedi catalogo MW9000-11)		
1	DPA952.3	Sensore/Piranometro/Classe A/RS485	1	
	DWA405A	Sensore cavo DIN47100 L=5 m/DPA952.3	1	
	TYA050	Kit braccio/AISI304/tubo L.500mm/D45... Collare di fissaggio per palo D65 mm	1	
	TYA250	Doppio supporto per sensori/AISI304/anello a morsetto per bracci D22 mm	Altern. a TYA200	A
	DYA046	Supporto/Sensori multipli/a palo D=45÷65mm	1	
		Piranometro Classe A per irradianza riflessa dal suolo (RI). Utilizzato, con GHI, per il calcolo di Albedo (vedi cataloghi MW9000-11, MW9005-06)		
2	DPA952.3	Sensore/Piranometro/Classe A/RS485	1	
	DWA405A	Cavo DIN47100 L=5 m/DPA952.3	1	
		Irradianza normale diretta (DNI) e sensore di durata dell'insolazione (vedi cataloghi MW9000-16, MW9005-06)		
3	DPD504.1	Sensore/Insolazione+Radiazione diretta/On-Off+4...20mA/12V	1	
	DWA505A	Cavo STD/L=5m/sensori	1	
	TYA050	Kit braccio/AISI304/tubo L.500mm/D45... Collare di fissaggio per palo D65 mm	1	
	TYA200	Staffa per sensori multipli/AISI304/anello a morsetto per bracci D22 mm	1	
		Piranometro Classe A per irradianza diffusa (Gd) - Banda d'occultazione per radiazione diffusa (vedi cataloghi MW9000-11, MW9005-06)		
4	DPA952.3	Sensore/Piranometro/Classe A/RS485	1	
	DWA410A	Cavo DIN47100 L=10m/sensore DPA952.3	1	
5	DPA245	Banda d'occultazione per radiazione diffusa	1	B
	DYA150	Piastra e viti per l'installazione del piranometro DPA952.3 su banda d'occultazione DPA245	1	
		Sensore meteorologico ALL-IN-One (velocità del vento, direzione del vento, temperatura dell'aria, umidità relativa, pioggia) (vedi catalogo MW9000-08)		
6	DNB201	Sensore/AIO Compatto/WS+WD+T+RH+Press+Pioggia/RS485/10÷30V	1	
	DWA054	Cavo/L=5 m/4 poli/sensore digitale sonico senza riscaldamento	1	
		Alpha-Log data logger (vedi catalogo MW9005-01)		
7	DLALB0100	Alpha-Log/5GB/n.2 RS232/n.1 RS485/n.2 USB/n.1 Ethernet	1	

ENERGIA SOLARE

Rif. Fig.	PN	Descrizione	Kit1	Rif. Note
8		Box IP66 per data logger (vedi catalogo MW9000-07)		
	ELF340.8	Scatola IP66/50x40x16cm/230V->13,8V/50W/Compatibile con connessioni RS485	1	
	DYA074	Accessorio/ELFxxx/a palo D=45÷65mm	1	
		Unità di protezione elettrica (vedi catalogo MW9000-07)		
	EDEPA1100	Unità di protezione - montaggio SPD/Linea elettrica 230 V monofase/DIN	1	
	EDEPA1101	Unità di protezione - montaggio per linea di comunicazione SPD/RS-485	1	C
	EDEPA1102	Unità di protezione - Montaggio su linea di comunicazione SPD/Ethernet / rotaia DIN	1	D
		Palo H.2 m (vedi catalogo MW9007-01)		
	DYA006.1	Palo/H=2m/D=50mm	1	
	DYA020	Installazione treppiede/calcestruzzo/palo D= 50 mm	1	
9	DYA020.1	Bulloni di ancoraggio per treppiede/set 3	1	
	DYA028	Tiranti/H=2-3m	1	
	DYA026	Picchetti/L=1m/3 set	1	
		Stazione modulo fotovoltaico (collegamento tramite RS485 al data logger della stazione meteorologica; o a SCADA tramite RS485 Modbus RTU o TCP)		
		Piranometro Classe A per l'irradianza in piano (POA) (vedi catalogo MW9000-11)		
	DPA252.2	Sensore/Piranometro/Classe A/μV	1	
	DWA625A	Cavo DIN47100 L=25 m/DPA252.2,3	1	
	DYA060	Supporto laterale per pannello solare per sensore di radiazione globale	1	
		Piranometro Classe B per irradianza posteriore in piano (vedi catalogo MW9000-11)		E
	DPA154	Sensore/Piranometro/Classe B/μV	1	
10	DWA625A	Cavo DIN47100 L=25 m/sensore DPA154	1	
	DYA060	Supporto laterale per pannello solare per sensore di radiazione globale	1	
		Sensori di temperatura del modulo PV (vedi catalogo MW9000-04)		
	DLE124A	Sensore/Temperatura della superficie/Pt100/Cavo STD L.20 m	1	
		Dispositivo di rapporto di soiling (utilizzando N.2 celle di riferimento) (vedi catalogo MW9000-30)		F
	PRRDA4030	Sensore/Cella radiometrica/amorfa/4... 20mA/Cavo L=3 m+connettore	2	
	DWA525A	Cavo STD/L=25m/sensori	2	
	DYA060	Supporto laterale per pannello solare per cella radiometrica di riferimento	2	
		Sistema ottico per soiling (vedi catalogo MW9000-12)	Altern. alle celle	G
	PRPMA4100	Sensore di deposito di particelle, uscita RS-485 Modbus-RTU, alimentazione 10...30 V DC 6 W	1	
11	CCCFA0500	Cavo con connettore a fili liberi per PRPMA4100, L.25 m	1	
		Collettore di segnali. Collegamento tramite RS485 a data logger Alpha-Log (stazione meteorologica centrale principale) o direttamente a SCADA tramite Modbus RTU (o Modbus TCP)		
	MDMMB1110.1	ALIEM/Estensione ingressi/N.8 Analogici+4 Digitali/RS485-Modbus RTU	1	
	DEA509	RS232-422-485->Modbus TCP gateway/barra DIN	Altern. ad ALIEM	H
	MN1510.25RI	Cavo/Lan 4X2Xawg24/I-S/Ftp-Cmx Cat5-Sch/L=25 m	Altern. ad ALIEM	I
		Box IP66 per collettore di segnale (vedi catalogo MW9005-07)		
	ELK340	Scatola IP66/40x30x20cm/230V->13,8V/50W/batt.2Ah	1	
	MAGFA1002	Kit per supporto a parete per ELKxxx (1 kit 4 pezzi)	1	

ENERGIA SOLARE

NOTE

A	Il TYA250 può essere utilizzato per fissare due piranometri allo stesso braccio TYA050: uno per l'Irradianza Orizzontale Globale e uno per l'Irradianza Riflessa dal suolo. Se non sono necessari due piranometri, si può utilizzare la staffa TYA200 al posto di TYA250.
B	Senza la banda d'occultazione DPA245, la radiazione diffusa può essere calcolata anche dal data logger Alpha-Log utilizzando l'Irradianza Orizzontale Globale (GHI) e l'Irradianza Normale Diretta (DNI) e l'equazione riportata nella Guida n. 8, Cap. 8, eq. 8.2 della WMO.
C	L'unità di protezione EDEPA1101 può essere utilizzata per proteggere la linea RS485 tra il data logger Alpha-Log e il modulo ALIEM della stazione del modulo PV oppure per proteggere la linea RS485 da Alpha-log a SCADA quando la connessione non è effettuata tramite Modbus TCP.
D	L'unità di protezione EDEPA1102 può essere utilizzata per proteggere la linea Ethernet tra Alpha-Log e SCADA quando si utilizza Modbus TCP.
E	per la misura dell'irradianza posteriore, può essere accettato un sensore di classe inferiore rispetto al POA frontale, secondo i requisiti applicabili della IEC 61724-1:2021. In questo caso un piranometro di Classe B è accettabile.
F	Per la misurazione della sporcizia del modulo, sono necessarie due celle di riferimento PRRDA4030.
G	Il sensore di deposito di particelle di sporcizia è normalmente collegato direttamente al sistema SCADA tramite RS485 Modbus RTU. In caso di necessità, può essere collegato al data logger Alpha-Log.
H	DEA509 può essere utilizzato per convertire l'uscita RTU Modbus dal modulo ALIEM a Modbus TCP. È necessario per collegare direttamente ALIEM a SCADA tramite Modbus TCP.
I	Nel caso di collegamento del cavo RS485 dal modulo ALIEM al data logger Alpha-Log, si suggerisce di utilizzare il cavo CAT.5. In questo esempio è indicato un cavo L.25 m.

Sistema di campo per Parametri ambientali



- ▶ Kit di sensori per il calcolo del Performance Ratio
- ▶ N.1 ingresso ad alta risoluzione (18 bit) per piranometro (μV , mV) o 0... 1 V. Valore di sensibilità piranometrica configurabile
- ▶ N.2 Ingressi Pt100 (3 fili) con precisione di 0,5 °C
- ▶ N.1 sensore di temperatura Pt100 come alternativa al sensore esterno. Ingresso termistore disponibile (DEA420.2 con 4... 20mA)
- ▶ N.1 ingresso impulsi/frequenza per sensori di velocità del vento LSI LASTEM (DNA202-30x)
- ▶ N.1 ingresso per il sensore di distanza fronte temporalesco (DQA601A.3)
- ▶ Porta RTU Modbus RS485 (2 fili) con isolamento galvanico
- ▶ Modelli con 4... 20 mA disponibili (DEA420.1 con ingresso Pt100, DEA420.2 con ingresso termistore)

Il Modbus Sensor Box (MSB) è una soluzione veloce e semplice per collegare sensori ambientali a sistemi PLC/SCADA tramite Modbus RTU. Supporta sensori di irradianza globale con fattori di sensibilità configurabili, temperatura dell'aria e superficiale del modulo PV, anemometri e sensori di distanza per il fronte temporalesco. Compatibile con i sensori LSI LASTEM, la flessibilità di input del MSB consente l'uso della maggior parte dei sensori ambientali sul mercato, inclusi piranometri con uscita compatibile, impostando la sensibilità della termopila.

DNA201.1 Velocità del vento (1)

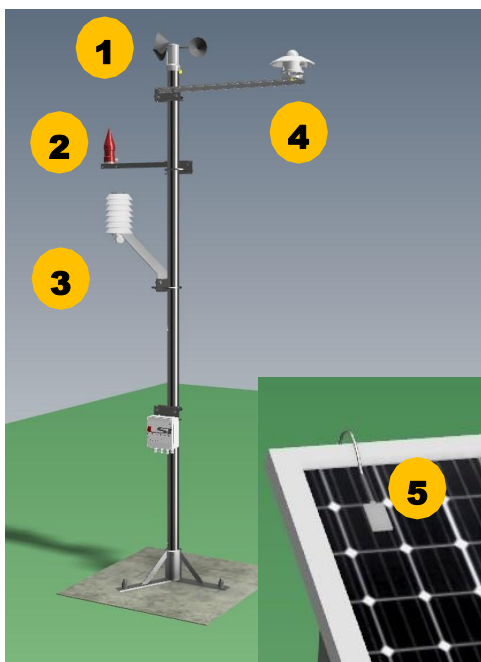
Tipo	Reed Relay
Campo	0... 75 m/s
Accuratezza	2.5%

DQA601A.3 Distanza del fronte temporalesco (2)

Tipo	Ricevitore RF
Campo	5... 40 km
Risoluzione	14 steps (5, 6, 8, 10, 14, 16, 17, 20, 24, 27, 31, 34, 37, 40 km)
Cavo	L = 20 m

DMA033A Temperatura dell'aria (3)

Tipo	Pt100 1/3 DIN
Campo	-20... 80 °C
Accuratezza	0,1 °C @ 0 °C



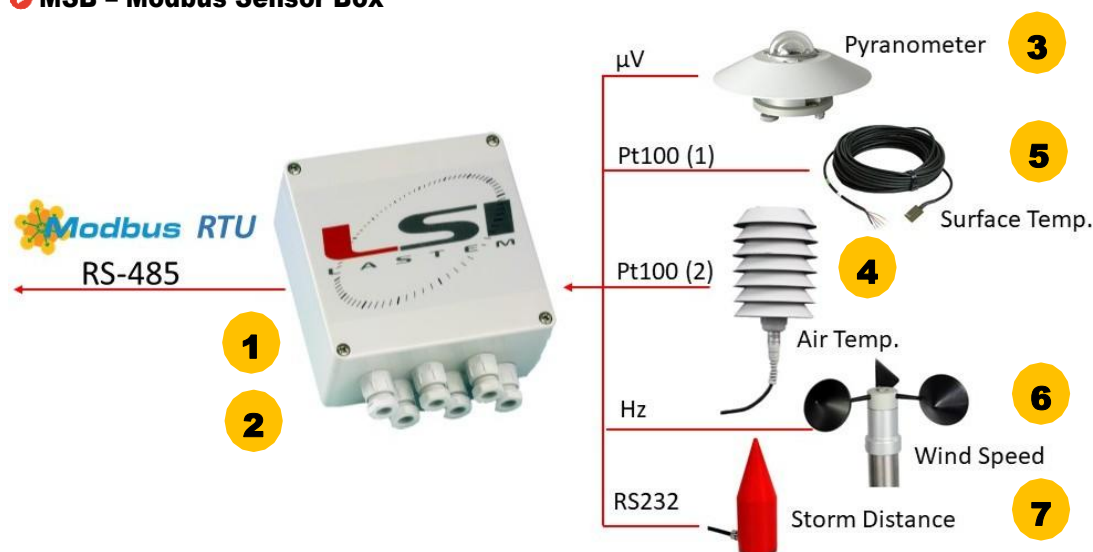
Piranometro (4)

Vedi tabella a pagina 6 (solo in uscita in μV)

DLE124A Temperatura superficiale (5)

Tipo	Pt100 Classe AA IEC60751 (DIN 1/3 classe B)
Campo	-100... 200 °C
Accuratezza	0,1 °C @ 0 °C
Temperatura operativa	Piastra sensore: -100... 200 °C Cavo: -40...80 °C
Tempo di risposta	35 s
Cavo	4 fili L= 20 m Ø 5 mm
Grado di protezione	IP66

► **MSB – Modbus Sensor Box**



Rif. Fig.	PN	Descrizione	Kit2	Rif. Note
		Modbus Sensor Box (vedi catalogo MW9008-05)		
1	MDMMB1010.1	MSB/N2 Pt100+mV+Hz/RS485/10÷30V	1	
2	DEA420.1	STB/N2 Pt100+mV+Hz/4x4÷20mA/10÷30V	Opzionale	A
2	DEA420.2	STB/Pt100+mV+Hz+TC/4x4÷20mA/10÷30V	Opzionale	B
		Accessorio di montaggio per l'installazione a palo	Opzionale	
	DYA090	Arm/MSB+STB/a D=45÷65mm.pole	1	
3		Piranometri (opzioni Classe A, B, C) (vedi catalogo MW9000-11)		
		Piranometro Classe A e B		
	DPA252.2	Sensore/Piranometro/Classe A/μV	1	
	DPA154	Sensore/Piranometro/Classe B/μV	Altern. a Classe A	
	DWA605A	Cavo/L=5m/DPA252.2-154	1	
		Accessori di montaggio per installazione orizzontale di DPA154 e DPA252.2		
	TYA050	Braccio/AISI304/tubo L.500mm/D45... Collare di fissaggio per palo da 65 mm		
	TYA200	Staffa per sensori multipli/anello a morsetto per tubi AISI304/D22 mm		
		Piranometro Classe C	Altern. a Classe A, B	
	DPA053A	Sensore/Piranometro/Classe C/μV/Cavo L=5 m	1	
		Accessori di montaggio per DPA053A orizzontale		
	TYA050	Braccio/AISI304/tubo L.500mm/D45... Collare di fissaggio per palo da 65 mm		
	TYA200	Staffa per sensori multipli/anello di clamp per tubi AISI304/D22 mm		
4		Sensore di temperatura dell'aria (vedi catalogo MW9000-01)		
	DMA033A	Sensore/Temperatura dell'aria/Pt100/Cavo L.5 m	1	
	DYA230	Schermo anti-radiante/NV/DMA67x-033	1	
	DYA049	Collare/per braccio sensore a palo D= 45÷65mm	1	
5		Sensore di temperatura a contatto (vedi catalogo MW9000-04)		
	DLE124A	Sensore/Temperatura della superficie/Pt100/Cavo L.20 m	1	
6		Sensore di velocità del vento - Versione compatta (uscita Hz) (vedi catalogo MW9000-09)		
	DNA202.1	Sensore/Cup-anem.-Compatto/WS/Hz/7pin	1	
	DWA505A	Cavo/L=5m/sensori	1	

Rif. Fig.	PN	Descrizione	Kit2	Rif. Note
7		Sensore di distanza del fronte temporalesco (vedi catalogo MW9000-21)	Opzionale	
	DQA601.3	Sensore/Distanza fronte temporalesco/UART-TTL/5÷24V	1	
	DYA032	Braccio/DPA053-008, ESR003, DQA601, DMA131/ a DYA049	1	
	DYA049	Collare/per il braccio sensore a palo D= 45÷65mm	1	
		Palo H.2 m (vedi catalogo MW9007-01)		
	DYA006.1	Palo/H=2m/D=50mm	1	
	DYA020	Installazione treppiede/calcestruzzo/palo D= 50 mm	1	
	DYA020.1	Bulloni di ancoraggio per treppiede/set 3	1	

NOTE	
A	Se sono necessarie le uscite 4...20 mA invece di RS485, con ingressi da N.2 sensori di temperatura Pt100
B	Se sono necessarie le uscite 4...20 mA invece di RS485, con ingressi da N.1 sensore Pt100 e N.1 sensore di temperatura a termocoppia



LSI LASTEM Srl

Via Ex SP. 161 Dosso, 9
20049 Settala (MI) Italia

Tel. +39 02 954141
Email info@lsi-lastem.com
www.lsi-lastem.com

