



## LP PYRHE 16 PIRELIOMETRO

### Introduzione

Il pireliometro LP PYRHE 16 (pireliometro di prima classe secondo la classificazione della norma ISO 9060) misura l'irradiazione solare diretta (Watt/m<sup>2</sup>). La superficie ricevente deve essere posizionata perpendicolarmente ai raggi solari (per mezzo di un inseguitore solare o altro). Attraverso l'utilizzo di opportuni diaframmi solamente la luce diretta raggiunge la superficie del sensore. Il pireliometro, in accordo alla guida del WMO (Seventh Edition 2008) ed alla norma ISO 9060, ha un campo di vista di 5°. Il pireliometro è prodotto in quattro versioni:

LP PYRHE 16	PASSIVO
LP PYRHE 16 AC	ATTIVO con uscita in CORRENTE 4..20 mA
LP PYRHE 16 AV	ATTIVO con uscita in TENSIONE 0..1V o 0..5V o 0..10 V, <b>da definire al momento dell'ordine</b>
LP PYRHE 16 S	ATTIVO con uscita seriale RS485 con protocollo MODBUS-RTU

### Principio di Funzionamento

Il pireliometro LP PYRHE 16 si basa su un nuovo sensore passivo a termopila. La superficie sensibile della termopila è coperta con vernice nera opaca che permette allo strumento di non essere selettivo alle varie lunghezze d'onda. Il campo spettrale del pireliometro è determinato dalla trasmissione della finestra in quarzo che ha il compito di proteggere il sensore dall'ingresso di polvere e acqua. Un quarzo speciale permette di eseguire una misura non selettiva da 200nm a 4000nm.

Il sensore adottato consente di avere un tempo di risposta inferiore a quello richiesto dalla norma ISO9060 per la classificazione dei pireliometri di prima classe (il tempo di risposta è inferiore a 9 secondi, mentre la norma richiede un tempo di risposta inferiore a 20 secondi). L'energia radiante è assorbita dalla superficie annerita della termopila, creando così una differenza di temperatura tra il giunto caldo ed il corpo del pireliometro, che in questo caso funge da giunto freddo. La differenza di temperatura tra giunto caldo e giunto freddo è convertita in una Differenza di Potenziale grazie all'effetto Seebeck. Per minimizzare le variazioni di sensibilità in funzione della temperatura e rientrare nelle specifiche richieste ad un pireliometro di prima classe, l'LP PYRHE 16 è equipaggiato con circuito di compensazione passivo. Nel grafico 1 è riportata la variazione tipica della sensibilità a differenti temperature.

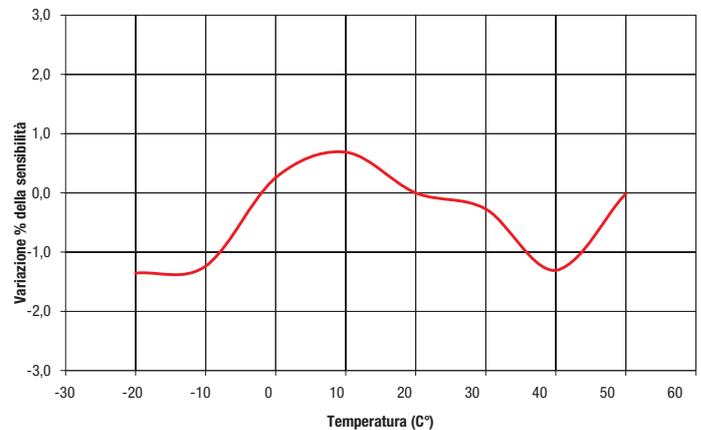


Grafico1: Variazione in % della sensibilità del pireliometro LP PYRHE 16 rispetto alla sensibilità a 20 °C, nel campo di temperatura tra -20 e 50°C.

Gli scostamenti sono calcolati a partire dalla sensibilità, misurata a 20°C.

L'LP PYRHE 16 è uno strumento sigillato pertanto, al fine di evitare condensa nello strumento che potrebbe formarsi sulla finestra in quarzo inficiando le misure, è prevista una cartuccia di sali di silica-gel che provvede ad essiccare l'aria all'interno dello strumento.

Il campo di vista angolare in accordo a quanto previsto dal WMO è 5° e lo *slope angle* è di 1° (figura 1).

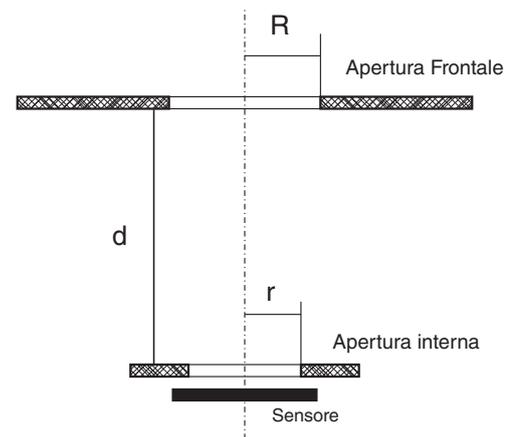


Fig.1: Campo di vista =  $2 * \arctan (R/d)$   
Slope angle =  $\arctan ((R-r)/d)$

Durante la lettura del pireliometro, al fine di minimizzare l'influenza della luce diffusa, è possibile inserire il paraluce.

Per misure spettrali di irraggiamento solare diretto, utili per la determinazione dello spessore ottico nell'atmosfera, è possibile equipaggiare il pireliometro LP PYRHE 16 con il kit composto da un paraluce specifico (che permette il montaggio della ruota porta-filtri) ed una ruota girevole porta-filtri. La ruota porta-filtri è equipaggiata con i seguenti filtri:

Tipo Filtro	Lunghezze d'onda di taglio [nm]		Coefficiente medio di trasmissione
	Lambda corte	Lambda lunghe	
OG 530	526	2900	0.92
RG 630	630	2900	0.92
RG 695	695	2900	0.92

E' ordinabile separatamente come accessorio.

Le dimensioni del pireliometro sono riportate nella figura 2:

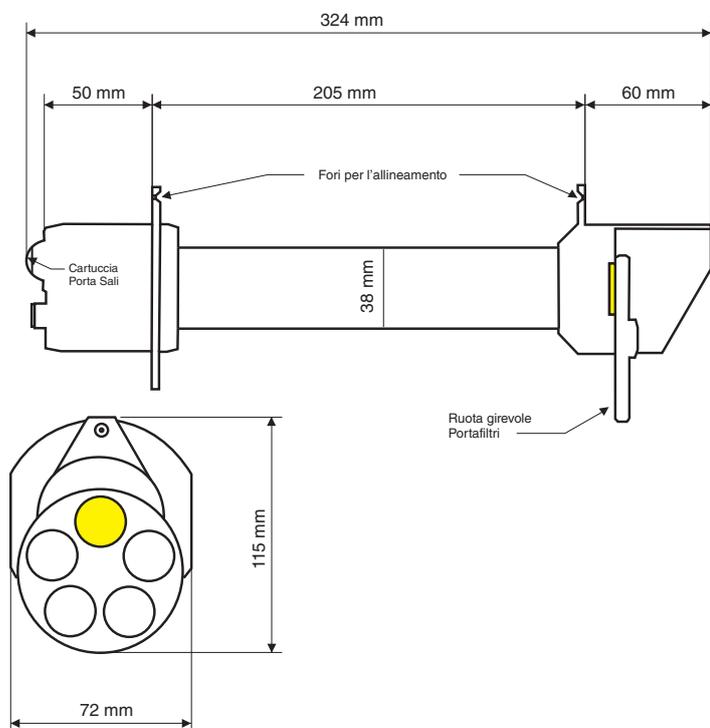


Fig. 2

### Installazione e montaggio del pireliometro per la misura della radiazione solare diretta:

Prima dell'installazione del pireliometro si deve caricare la cartuccia che contiene i cristalli di silica-gel. Il silica gel ha la funzione di assorbire l'umidità all'interno dello strumento, umidità che in particolari condizioni climatiche può portare alla formazione di condensa sulla parete interna della finestra in quarzo alterando la misura. Durante il caricamento dei cristalli di silica-gel, si deve evitare di bagnarlo o toccarlo con le mani. Le operazioni da eseguire in un luogo secco (per quanto possibile) sono le seguenti:

- 1 Svitare la cartuccia porta silica-gel usando una moneta
- 2 Rimuovere il tappo forato della cartuccia
- 3 Aprire la busta contenente il silica-gel (fornita con il pireliometro)
- 4 Riempire la cartuccia con i cristalli di silica-gel
- 5 Richiudere la cartuccia con il proprio tappo, assicurandosi che l'O-ring di tenuta sia posizionato correttamente
- 6 Avvitare la cartuccia al corpo del pireliometro usando una moneta
- 7 Assicurarsi che la cartuccia sia ben avvitata (in caso contrario la durata dei cristalli di silica-gel si riduce)
- 8 Il pireliometro è pronto per essere utilizzato

Nella figura 3 sono brevemente illustrate le operazioni necessarie al caricamento della cartuccia con i cristalli di silica-gel.

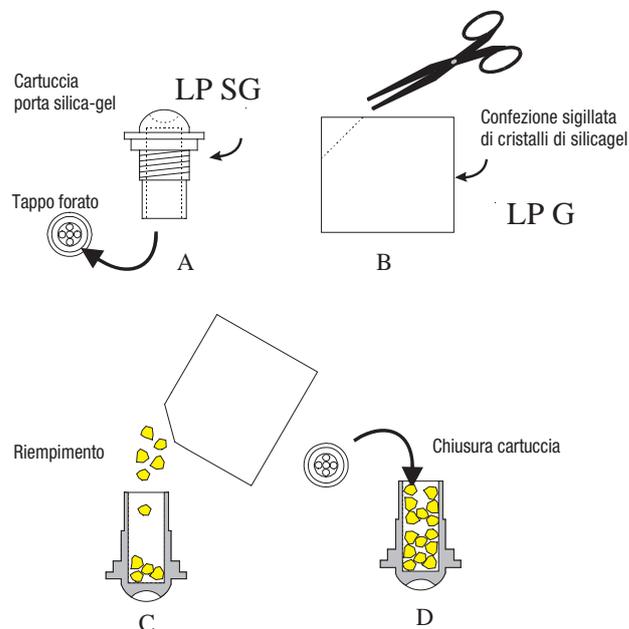


Fig. 3

LP PYRHE 16 va installato in una postazione facilmente raggiungibile per una periodica pulizia della finestra in quarzo e per la manutenzione. Allo stesso tempo si dovrebbe evitare che costruzioni, alberi od ostacoli di qualsiasi tipo intercettino il cammino del sole durante il giorno, per tutto il periodo dell'anno.

Per il puntamento del pireliometro si utilizzano i due fori presenti sulla flangia frontale e su quella posteriore. Per allineare correttamente lo strumento è sufficiente accertarsi che i raggi solari che passano dal primo foro (sulla flangia frontale del pireliometro) arrivino al secondo foro (sulla flangia posteriore).

### Connessioni Elettriche e requisiti dell'elettronica di lettura:

L'LP PYRHE 16 viene prodotto in quattro versioni, LP PYRHE 16, LP PYRHE 16 AC, LP PYRHE 16 AV, LP PYRHE 16 S.

- La versione LP PYRHE 16 è passiva e non necessita di alimentazione.
- Le versioni LP PYRHE 16 AC, AV, S sono attive e hanno bisogno di alimentazione.

La tensione richiesta è di:

10-30 Vdc per le versioni LP PYRHE 16 AC, AV con uscita 0...1V e 0...5 V.

15-30 Vdc per la versione LP PYRHE 16 AV con uscita 0...10V.

5-30 Vdc per la versione LP PYRHE 16 S con uscita RS485.

- Tutte le versioni sono provviste di connettore di uscita a 4 poli (8 poli la versione S).
- Il cavo (opzionale), con connettore M12, è in PTFE resistente agli UV, è provvisto di 3 fili più lo schermo (4 fili più schermo nella versione S).



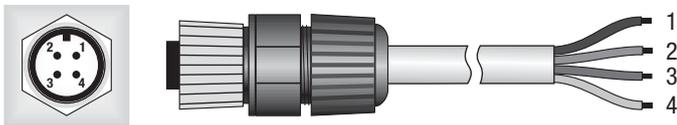


Fig. 4  
LP PYRHE 16

Connettore	Funzione	Colore
1	Positivo (+)	Rosso
2	Negativo (-)	Blu
3	Contenitore (↗)	Bianco
4	Schermo (≡)	Nero

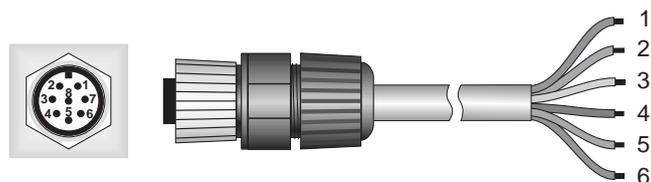
LP PYRHE 16 AC

Connettore	Funzione	Colore
1	Positivo (+)	Rosso
2	Negativo (-)	Blu
3	Contenitore (↗)	Bianco
4	Schermo (≡)	Nero

LP PYRHE 16 AV

Connettore	Funzione	Colore
1	(+) Vout	Rosso
2	(-) Vout e (-)Vcc	Blu
3	(+) Vcc	Bianco
4	Schermo (≡)	Nero

SCHEMA DI COLLEGAMENTO LP PYRHE 16 S



Spina M12 fissa 8 poli

Presina M12 volante 8 poli

Connettore	Funzione	Colore
1	Negativo alimentazione (-Vcc)	Nero
2	Positivo alimentazione (+Vcc)	Rosso
4	RS485 A/-	Marrone
5	RS485 B/+	Bianco
6	Non connesso	Blu
8	Non connesso	Verde

- LP PYRHE 16 va connesso ad un millivoltmetro o ad un acquisitore di dati. Tipicamente il segnale in uscita dal pireliometro non supera i 20 mV. La risoluzione consigliata dello strumento di lettura, per poter sfruttare appieno le caratteristiche del pireliometro, è di 1µV.

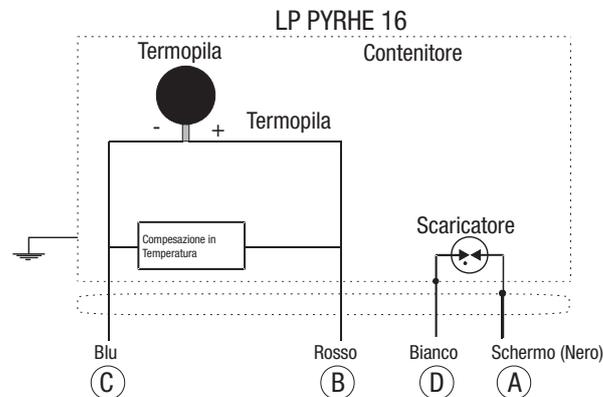


Fig. 5

Un esempio di collegamento al sistema di lettura è riportato nella figura 6.

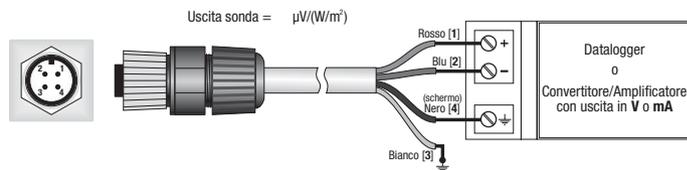


Fig. 6

- LP PYRHE 16 AC va connesso insieme a un alimentatore e a un multimetro secondo lo schema seguente (figura 7), la resistenza di carico per la lettura del segnale deve essere ≤ 500 Ω:

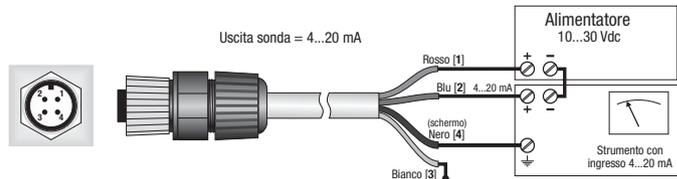


Fig. 7

- LP PYRHE 16 AV va connesso insieme a un alimentatore e a un multimetro secondo lo schema seguente (figura 8), la resistenza di carico per la lettura del segnale deve essere ≥ 100 kΩ:

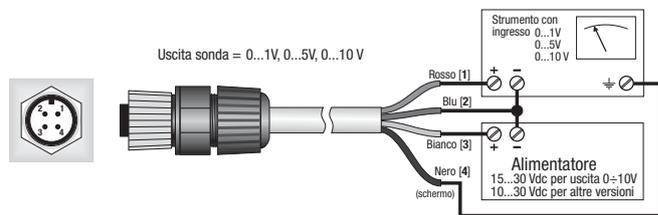


Fig. 8

- LP PYRHE 16 S va connesso come riportato nella figura seguente:

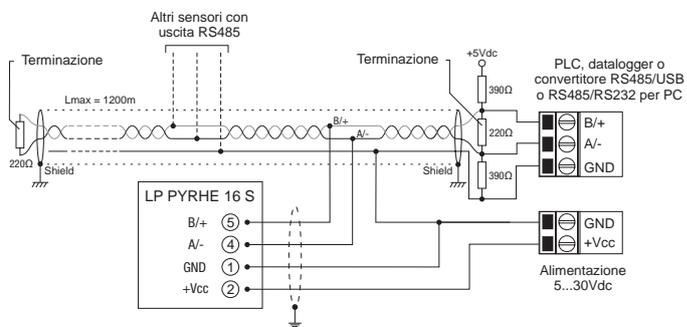


Fig. 9

Manutenzione:

Al fine di garantire un'elevata precisione delle misure è necessario che la finestra in quarzo sia mantenuta sempre pulita, pertanto maggiore sarà la frequenza di pulizia migliore sarà la precisione delle misure. La pulizia può essere eseguita con normali cartine per pulizia di obiettivi fotografici e con acqua, se non fosse sufficiente usare Alcol etilico puro. Dopo la pulizia con l'alcol è necessario pulire nuovamente la cupola con solo acqua.

A causa degli elevati sbalzi termici tra il giorno e la notte è possibile che sulla finestra di ingresso si formi della condensa, in questo caso la lettura eseguita è fortemente sottostimata. Per minimizzare la formazione di condensa, all'interno del pireliometro è inserita un'apposita cartuccia con materiale assorbente: silica-gel. L'efficienza dei cristalli di silica-gel diminuisce nel tempo con l'assorbimento di umidità. Quando i cristalli di silica-gel sono efficienti il colore è **giallo**, mentre man mano che perdono di efficienza il colore diventa **bianco/trasparente**, per sostituirli vedere il paragrafo "Installazione e montaggio". Tipicamente la durata del silica-gel varia da 4 a 12 mesi a seconda delle condizioni ambientali in cui opera il pireliometro.

## Taratura ed esecuzione delle misure:

### LP PYRHE 16

La sensibilità del pireliometro **S** (o fattore di taratura) permette di determinare l'irradiazione diretto misurando un segnale in Volt ai capi della termopila. Il fattore **S** è dato in  $\mu\text{V}/(\text{Wm}^{-2})$ .

- Misurata la differenza di potenziale (DDP) ai capi della sonda, l'irradiazione  $E_e$  si ottiene dalla seguente formula:

$$E_e = \text{DDP}/S$$

dove;

$E_e$ : è l'irradiazione espresso in  $\text{W}/\text{m}^2$ ,

DDP: è la differenza di potenziale espressa in  $\mu\text{V}$  misurata dal multimetro,

S: è il fattore di taratura riportato sull'etichetta del pireliometro (e sul rapporto di taratura) in  $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$ .

### LP PYRHE 16 AC

La sensibilità del pireliometro è regolata in fabbrica in modo che 4..20 mA corrisponda a 0..2000  $\text{W}/\text{m}^2$

Per ottenere il valore di irradiazione diretto una volta nota la corrente ( $I_{\text{out}}$ ) assorbita dallo strumento si deve applicare la seguente formula:

$$E_e = 125 \cdot (I_{\text{out}} - 4\text{mA})$$

dove;

$E_e$ : è l'irradiazione espresso in  $\text{W}/\text{m}^2$ ,

$I_{\text{out}}$ : è la corrente in mA assorbita dallo strumento

### LP PYRHE 16 AV

La sensibilità del pireliometro è regolata in fabbrica in modo che a seconda della versione scelta si abbia:

0..1 V = 0.. 2000  $\text{W}/\text{m}^2$

0..5 V = 0.. 2000  $\text{W}/\text{m}^2$

0..10 V = 0.. 2000  $\text{W}/\text{m}^2$

Per ottenere il valore di irradiazione, una volta nota la tensione di uscita ( $V_{\text{out}}$ ) dello strumento, si deve applicare la seguente formula:

$E_e = 2000 \cdot V_{\text{out}}$  per la versione 0...1 V

$E_e = 400 \cdot V_{\text{out}}$  per la versione 0...5 V

$E_e = 200 \cdot V_{\text{out}}$  per la versione 0...10 V

dove;

$E_e$ : è l'irradiazione espresso in  $\text{W}/\text{m}^2$ ,

$V_{\text{out}}$ : è la tensione di uscita (in Volt) misurata con il Voltmetro

Ogni pireliometro è tarato singolarmente in fabbrica ed è contraddistinto dal suo fattore di taratura. Per poter sfruttare appieno le caratteristiche di LP PYRHE 16 è consigliabile eseguire la verifica della taratura con frequenza annuale.

La strumentazione in dotazione al laboratorio metrologico di Foto-Radiometria Delta Ohm permette la taratura dei pireliometri secondo le prescrizioni del WMO, ed assicura la riferibilità delle misure ai campioni internazionali (WRR).

## Caratteristiche tecniche:

Sensibilità tipica: 5  $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$  LP PYRHE 16, LP PYRHE 16 S  
4..20 mA (0-2000  $\text{W}/\text{m}^2$ ) LP PYRHE 16 AC  
0..1,5,10V (0-2000  $\text{W}/\text{m}^2$ ) LP PYRHE 16 AV

Impedenza: 5  $\Omega \div 50 \Omega$

Campo di misura: 0-2000  $\text{W}/\text{m}^2$

Campo di vista: 5° (slope 1°)

Campo spettrale: 200 nm ... 4000 nm (50%)

Temperatura di lavoro: -40 °C ... 80 °C

Dimensioni: figura 1

Peso: 1.5 Kg



AA-44

## Caratteristiche Tecniche secondo ISO 9060

1	Tempo di risposta (95%):	< 9 sec
2	Off-set dello Zero: risposta ad un cambiamento della temperatura ambiente di 5K/h:	< $\pm 3$   $\text{W}/\text{m}^2$
3a	Instabilità a lungo termine (1 anno):	< $\pm 1$   %
3b	Non linearità:	< $\pm 0.5$   %
3c	Selettività spettrale:	< $\pm 1$   %
3d	Risposta in funzione della temperatura:	< $\pm 2$   %
3e	Risposta in funzione del Tilt:	< $\pm 0.5$   %

## Codici di ordinazione

**LP PYRHE 16:** Pireliometro di prima classe secondo ISO 9060. Completo di: paralucente, cartuccia per i cristalli di silice-gel, 3 ricariche, connettore M12 a 4 poli e Rapporto di Taratura.

**LP PYRHE 16 AC:** Pireliometro di prima classe secondo ISO 9060. Completo di: paralucente, cartuccia per i cristalli di silice-gel, 3 ricariche, connettore M12 a 4 poli e Rapporto di Taratura. Uscita del segnale in corrente 4..20 mA.

**LP PYRHE 16 AV:** Pireliometro di prima classe secondo ISO 9060. Completo di: paralucente, cartuccia per i cristalli di silice-gel, 3 ricariche, connettore M12 a 4 poli e Rapporto di Taratura. Uscita del segnale in tensione 0..1Vdc, 0..5Vdc, 0..10Vdc, da definire al momento dell'ordine.

**LP PYRHE 16 S:** Pireliometro di prima classe secondo ISO 9060. Completo di: paralucente, cartuccia per i cristalli di silice-gel, 3 ricariche, connettore M12 a 8 poli e Rapporto di Taratura. A richiesta cavi CPM12-8P... con connettore volante femmina M12 a 8 poli da 2, 5 o 10 m e schermo. Uscita seriale RS485 MODBUS-RTU. Alimentazione 5...30Vdc.

**CPM 12 AA 4.2:** Connettore M12 a 4 poli completo di cavo resistente agli UV, L=2 metri.

**CPM 12 AA 4.5:** Connettore M12 a 4 poli completo di cavo resistente agli UV, L=5 metri.

**CPM 12 AA 4.10:** Connettore M12 a 4 poli completo di cavo resistente agli UV, L=10 metri.

**CPM12-8P.2:** Cavo a 8 poli. Lunghezza 2 m. Connettore M12 8 poli da un lato, fili aperti dall'altro (solo per LP PYRHE 16 S).

**CPM12-8P.5:** Cavo a 8 poli. Lunghezza 5 m. Connettore M12 8 poli da un lato, fili aperti dall'altro (solo per LP PYRHE 16 S).

**CPM12-8P.10:** Cavo a 8 poli. Lunghezza 10 m. Connettore M12 8 poli da un lato, fili aperti dall'altro (solo per LP PYRHE 16 S).

**CP 24:** Cavo di collegamento al PC per la configurazione dei pireliometri LP PYRHE 16 S con convertitore RS485/USB integrato. Connettore M12 a 8 poli lato strumento e USB tipo A lato PC. Completo di CDRom con driver USB e software per la connessione in modalità MODBUS-RTU al PC.

**Kit 16.16:** Kit composto da ruota girevole portafiltri (5 posizioni) con 3 filtri Shott (OG530, RG630, RG695), paralucente e accessori per il fissaggio della ruota al pireliometro.

