

# MANUALE DI ISTRUZIONI

## LPNET14

Radiometro netto



IT  
V1.0

 **senseca**

## Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Caratteristiche tecniche.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Principio di misura.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Installazione .....</b>	<b>7</b>
4.1	Connessioni elettriche.....	8
<b>5</b>	<b>Misura .....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Manutenzione .....</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Istruzioni per la sicurezza .....</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>Codici di ordinazione accessori.....</b>	<b>13</b>

## 1 Introduzione

**LPNET14** è un radiometro netto a 4 componenti costituito da una coppia di piranometri, uno per la misura dell'irradiamento globale  $E_{SW\downarrow}$  e uno per la misura dell'irradiamento riflesso  $E_{SW\uparrow}$ , e da una coppia di pirgeometri, uno per la misura della radiazione infrarossa proveniente dal cielo  $E_{FIR\downarrow}$  e uno per la misura della radiazione infrarossa proveniente dalla terra  $E_{FIR\uparrow}$ .

L'irradiamento netto è misurato nel campo spettrale da 0,3 a 45  $\mu\text{m}$ .

Il radiometro è dotato di un sensore di temperatura NTC. La misura di temperatura è necessaria per compensare la misura della radiazione infrarossa (pirgeometro) in funzione della temperatura del sensore.

Il radiometro è adatto per uso esterno in tutte le condizioni climatiche e richiede poca manutenzione.

Fornito con dissuasori volatili e asta di fissaggio  $\varnothing 16$  mm, L=400 mm.

Il radiometro è già calibrato di fabbrica ed è completo di rapporto di taratura.

I piranometri sono tarati in accordo alla norma ISO 9847:2023 (Type A1): "Calibration of pyranometers by comparison to a reference pyranometer". La taratura è eseguita per confronto con lo strumento campione tarato con frequenza annuale al WRC (World Radiation Center).

I pirgeometri sono tarati in esterno, per confronto con un pirgeometro campione tarato al WRC (World Radiation Center). I due strumenti sono tenuti all'aperto per almeno una notte in presenza di cielo chiaro. I dati acquisiti con un datalogger sono poi elaborati per ottenere il fattore di taratura.

## 2 Caratteristiche tecniche

### Piranometro Spectrally Flat Classe C secondo ISO 9060:2018

Sensibilità tipica	5...15 $\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$
Impedenza	33...45 $\Omega$
Range di misura	0...2000 $\text{W}/\text{m}^2$
Campo di vista	$2\pi$ sr
Campo spettrale	300...2800 nm (50%) 335...2200 nm (95%)

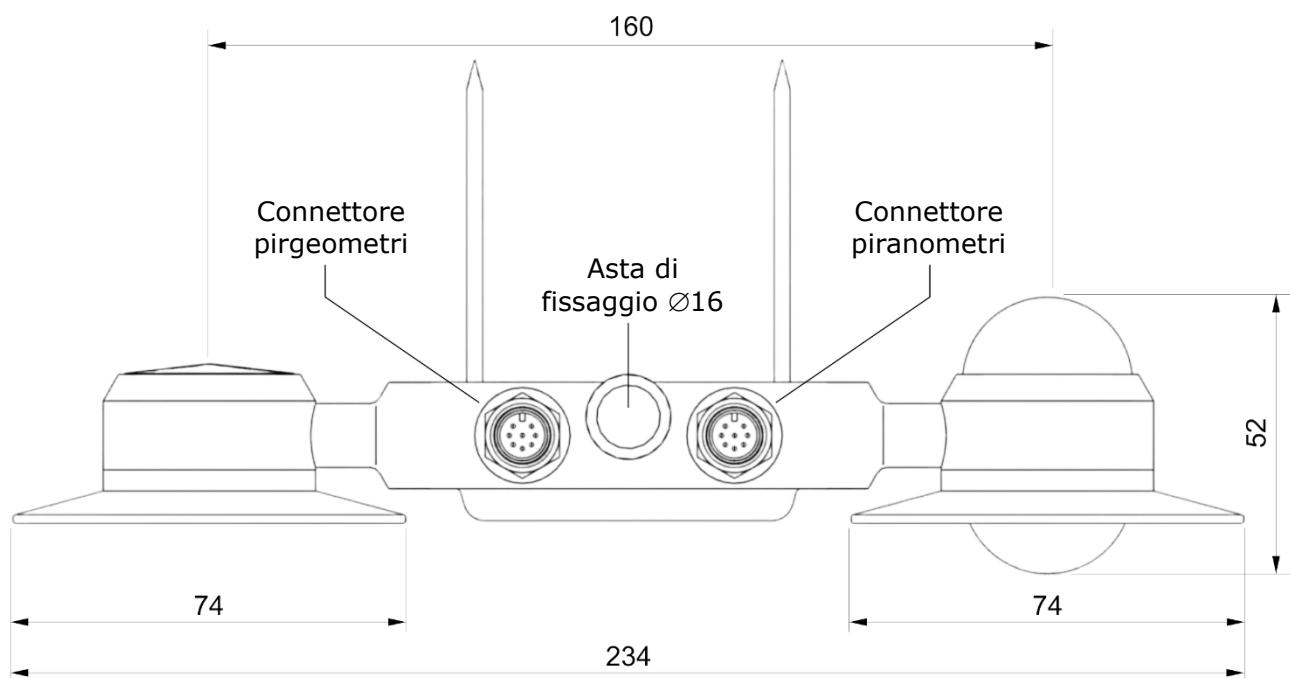
### Pirgeometro

Sensibilità tipica	5...10 $\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$
Impedenza	33...45 $\Omega$
Campo di misura	-300...+300 $\text{W}/\text{m}^2$
Campo di vista	160°
Campo spettrale	5,5...45 $\mu\text{m}$ (50%)

### Caratteristiche generali

Temperatura operativa	-40...+80 °C
Materiali	Containitore e asta di fissaggio: alluminio anodizzato Schermo: ASA Cupola piranometro: vetro ottico Finestra pirgeometro: silicio Coperchio porta Sali: policarbonato Dissuasori volatili: acciaio inossidabile
Grado di protezione	IP 65

### Dimensioni (mm)



### 3 Principio di misura

I due piranometri si basano su un sensore a termopila. La superficie sensibile della termopila è coperta con vernice nera opaca che permette al piranometro di non essere selettivo alle varie lunghezze d'onda.

L'energia radiante è assorbita dalla superficie annerita della termopila, creando così una differenza di temperatura tra il centro della termopila (giunto caldo) ed il corpo del piranometro (giunto freddo). La differenza di temperatura tra giunto caldo e giunto freddo è convertita in una differenza di potenziale grazie all'effetto Seebeck.

Il campo spettrale del piranometro è determinato dalla trasmissione della cupola in vetro.

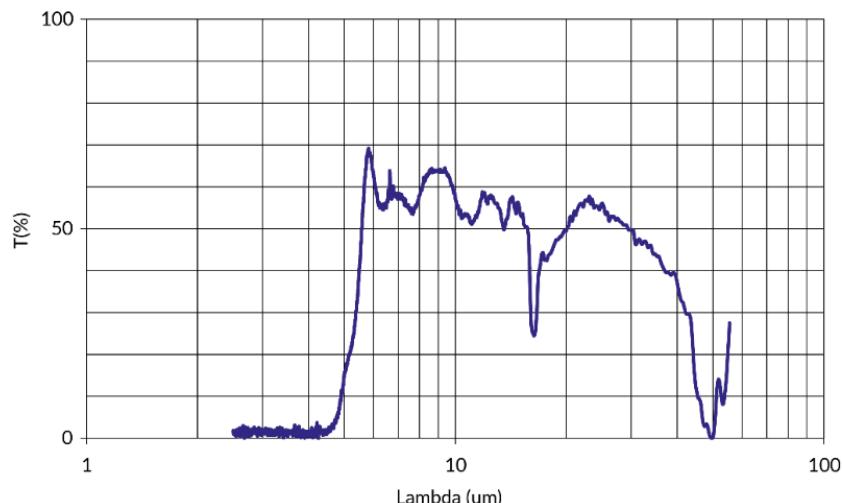


**Fig. 3.1: campo spettrale piranometro**

Anche i due pirgeometri si basano su un sensore a termopila. In questo caso per la protezione della termopila si utilizzano dischi in silicio.

Il silicio è trasparente per lunghezze d'onda maggiori di 1,1  $\mu\text{m}$ ; pertanto, sulla parte interna della finestra è depositato un filtro per bloccare la radiazione sino a 4,5-5  $\mu\text{m}$ .

La superficie esterna del silicio, che è esposta agli agenti atmosferici, è protetta da un rivestimento antigraffio (DLC) per garantire resistenza e durata in tutte le condizioni climatiche. Il rivestimento antigraffio offre il vantaggio di poter pulire la superficie senza il pericolo di graffiare la finestra. La trasmissione della finestra in silicio al variare della lunghezza d'onda è riportata di seguito.



**Fig. 3.2: campo spettrale pirgeometro**

L'energia radiante è assorbita/irradiata dalla superficie annerita della termopila, creando così una differenza di temperatura tra il centro della termopila (giunto caldo) ed il corpo del pirgeometro (giunto freddo). La differenza di temperatura tra giunto caldo e giunto freddo è convertita in una differenza di potenziale grazie all'effetto Seebeck.

Se la temperatura del pirgeometro è maggiore della temperatura radiante della porzione di cielo o terra inquadrata dal pirgeometro stesso, la termopila irraggerà energia ed il segnale di uscita sarà negativo (situazione tipica è il cielo sereno); viceversa, se la temperatura del pirgeometro è inferiore a quella della porzione di cielo o terra inquadrata, il segnale sarà positivo (situazione tipica è il cielo nuvoloso).

Per il calcolo dell'irradiamento infrarosso  $E_{\text{FIR}}$  ( $E_{\text{FIR}\downarrow}$  o  $E_{\text{FIR}\uparrow}$ ), oltre al segnale di uscita della termopila è necessario conoscere la temperatura  $T_B$  del pirgeometro, come riportato nella formula seguente:

$$E_{\text{FIR}} = E_{\text{TERM}} + \sigma T_B^4$$

Dove:

- **$E_{\text{TERM}}$**  = irradiamento netto (differenza tra l'irradiamento infrarosso che raggiunge il pirgeometro e l'emissione del pirgeometro stesso) in  $\text{W/m}^2$  misurato con il pirgeometro.
- **$\sigma$**  = costante di Stefan-Boltzmann ( $5,6704 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ ).
- **$T_B$**  = temperatura del pirgeometro in K (Kelvin).

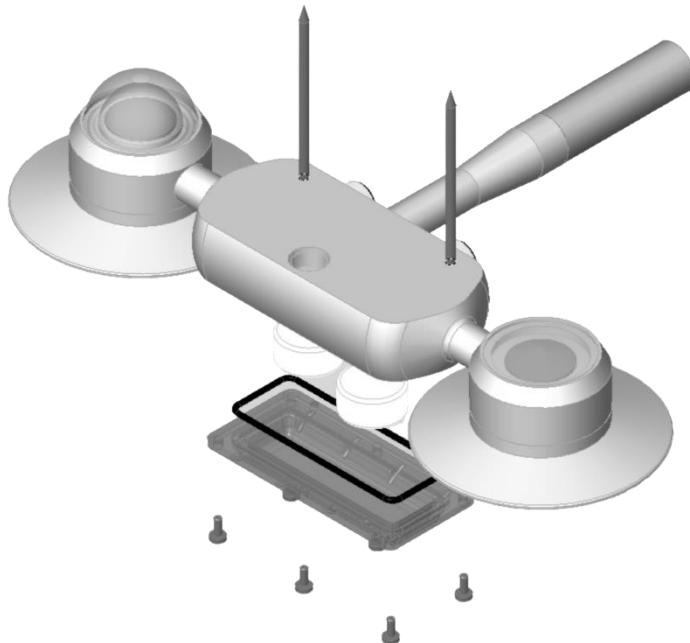
Il secondo termine è l'irradiamento emesso da un oggetto, assunto con emissività  $\varepsilon=1$ , a temperatura  $T_B$ .

## 4 Installazione

Prima di installare il radiometro si deve caricare il vano inferiore con due cartucce di silice-gel. Il silice-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 superficie interna delle finestre in silicio e delle cupole in vetro.

Le operazioni da eseguire in un luogo secco (per quanto possibile) sono:

1. Svitare le sei viti che fissano il tappo inferiore del radiometro.



2. Togliere (se presenti) le vecchie cartucce di sali ed il marcatore.
3. Aprire la busta che contiene le cartucce di silice-gel e il marcatore; ritagliare il marcitore in corrispondenza dell'indicatore di 10% U.R. (assicurarsi che le dimensioni siano tali che possa entrare nel vano porta sali).
4. Inserire le cartucce nel vano porta sali.
5. Inserire il marcitore in maniera che sia facilmente ispezionabile senza la necessità di aprire il vano porta sali.
6. Avvitare le sei viti del coperchio facendo attenzione che la guarnizione sia montata correttamente.
7. Il radiometro è pronto per essere utilizzato.

Il radiometro va installato in una postazione facilmente raggiungibile per una periodica pulizia delle cupole in vetro e delle finestre in silicio. Allo stesso tempo si dovrebbe evitare che costruzioni, alberi od ostacoli di qualsiasi tipo superino il piano orizzontale su cui giace il radiometro. Nel caso questo non sia possibile è raccomandabile scegliere una posizione in cui gli ostacoli presenti siano inferiori a 10°.

Nell'installazione su palo, l'orientamento dovrebbe essere tale da non proiettare alcuna ombra sul sensore in qualsiasi momento della giornata. Nell'emisfero settentrionale, ciò implica che il radiometro deve essere montato a sud del palo, secondo lo standard ISO TR9901 e le raccomandazioni dei WMO.

Utilizzare la livella a bolla integrata nel radiometro per un accurato posizionamento orizzontale.

## 4.1 Connessioni elettriche

### ⚠ Attenzione!

Il contenitore metallico del radiometro e la calza del cavo di collegamento (CPM12AA8N...) devono essere collegati a terra.

Il radiometro ha due connettori M12 a 8 poli, uno per i piranometri e uno per i pirgeometri. Per l'identificazione dei due connettori si veda la figura a pag. 4.

Il radiometro è passivo e non necessita di alimentazione.

### Piedinatura connettori:

Connettore maschio radiometro (vista esterna)	Funzione		Colore filo CPM12AA8N...
	Pirgeometri	Piranometri	
	1	+V <sub>FIR</sub> ↓	+V <sub>SW</sub> ↓
	2	-V <sub>FIR</sub> ↓	-V <sub>SW</sub> ↓
	3	Calza del cavo	Calza del cavo
	4	NC	NC
	5	-V <sub>FIR</sub> ↑	-V <sub>SW</sub> ↑
	6	NTC	NC
	7	NTC	NC
	8	+V <sub>FIR</sub> ↑	+V <sub>SW</sub> ↑

L'impedenza di uscita tipica del sensore è <50 Ω.

Il segnale di uscita è in genere di pochi mV. La risoluzione consigliata dello strumento di lettura (voltmetro o datalogger) è di 1 µV.

## 5 Misura

È necessario misurare il segnale di uscita dei quattro sensori e la resistenza del sensore di temperatura NTC interno.

I piranometri e i pirgeometri sono contraddistinti dalla sensibilità (o fattore di calibrazione) **S** espressa in  $\mu\text{V}/(\text{Wm}^{-2})$ , riportata nell'etichetta presente sul sensore e nel rapporto di taratura.

L'irradiamento in  $\text{W/m}^2$  di ciascun sensore ( $E_{\text{SW}\downarrow}$ ,  $E_{\text{SW}\uparrow}$ ,  $E_{\text{FIR}\downarrow}$ ,  $E_{\text{FIR}\uparrow}$ ) si ottiene misurando con un multimetro la differenza di potenziale **DDP** ai capi del sensore e applicando le seguenti formule:

$$\text{Per i piranometri: } E_{\text{SW}} = \text{DDP} / S$$

$$\text{Per i pirgeometri: } E_{\text{FIR}} = (\text{DDP} / S) + \sigma T_B^4$$

dove:

**DDP** è la differenza di potenziale espressa in  $\mu\text{V}$  misurata dal multimetro (per es., per il calcolo di  $E_{\text{FIR}\downarrow}$  si misura la DDP tra i terminali  $+V_{\text{FIR}\downarrow}$  e  $-V_{\text{FIR}\downarrow}$ ).

**S** è la sensibilità del sensore espressa in  $\mu\text{V}/(\text{Wm}^{-2})$ .

$\sigma$  è la costante di Stefan-Boltzmann ( $5,6704 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ ).

**T<sub>B</sub>** è la temperatura del pirgeometro in K (Kelvin), ottenuta dalla misura della resistenza dell'NTC.

La temperatura **T<sub>B</sub>** (K) del pirgeometro si ottiene misurando la resistenza **R<sub>NTC</sub>** ( $\Omega$ ) dell'NTC e applicando la seguente formula:

$$\frac{1}{T_B} = a + b \log(R_{\text{NTC}}) + c \log(R_{\text{NTC}})^3$$

dove:

$$a = 10297,2 \times 10^{-7}$$

$$b = 2390,6 \times 10^{-7}$$

$$c = 1,5677 \times 10^{-7}$$

Nella tabella 5.1 è indicata la corrispondenza tra **T<sub>B</sub>** e **R<sub>NTC</sub>** per valori di temperatura compresi tra -25 °C e +58 °C. Per ottenere il valore di temperatura in Kelvin, sommare 273,15 al valore di temperatura in gradi Celsius in tabella.

**TAB. 5.1: corrispondenza tra temperatura del pirgeometro e resistenza dell'NTC**

<b>T<sub>B</sub> (°C)</b>	<b>R<sub>NTC</sub> (Ω)</b>	<b>T<sub>B</sub> (°C)</b>	<b>R<sub>NTC</sub> (Ω)</b>	<b>T<sub>B</sub> (°C)</b>	<b>R<sub>NTC</sub> (Ω)</b>
-25	103700	3	25740	31	7880
-24	98240	4	24590	32	7579
-23	93110	5	23500	33	7291
-22	88280	6	22470	34	7016
-21	83730	7	21480	35	6752
-20	79440	8	20550	36	6499
-19	75390	9	19660	37	6258
-18	71580	10	18810	38	6026
-17	67970	11	18000	39	5804
-16	64570	12	17240	40	5592
-15	61360	13	16500	41	5388
-14	58320	14	15810	42	5193
-13	55450	15	15150	43	5006
-12	52740	16	14520	44	4827
-11	50180	17	13910	45	4655
-10	47750	18	13340	46	4489
-9	45460	19	12790	47	4331
-8	43290	20	12270	48	4179
-7	41230	21	11770	49	4033
-6	39290	22	11300	50	3893
-5	37440	23	10850	51	3758
-4	35690	24	10410	52	3629
-3	34040	25	10000	53	3505
-2	32470	26	9605	54	3386
-1	30980	27	9228	55	3386
0	29560	28	8868	56	3271
1	28220	29	8524	57	3161
2	26950	30	8195	58	3055

## 6 Manutenzione

Al fine di garantire una elevata precisione delle misure è necessario che le finestre in silicio e le cupole in vetro del radiometro siano mantenute sempre pulite. Maggiore sarà la frequenza di pulizia, migliore sarà la precisione delle misure.

La pulizia può essere eseguita con normali cartine per la 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 le finestre in silicio e le cupole in vetro con solo acqua.

Per minimizzare la formazione di condensa e mantenere le misure accurate, all'interno del radiometro sono inserite due cartucce di silica-gel per assorbire l'umidità. L'efficienza del Silica-gel diminuisce nel tempo con l'assorbimento di umidità. Tipicamente la durata del silica-gel varia da 4 a 12 mesi a seconda delle condizioni ambientali in cui opera il radiometro. Per poter facilmente valutare lo stato di efficienza del silica-gel, all'interno di ogni ricarica è inserito un marcatore da posizionare nella parte bassa del vano porta sali, in modo da poter essere visto. Quando il marcatore indica la presenza di umidità, è necessario sostituire i sali.

### Attenzione!

La sostituzione del silica-gel deve essere fatta in un ambiente protetto da scariche elettrostatiche (ESD).

Grandine di particolare intensità/dimensione potrebbe danneggiare la finestra in silicio; è quindi consigliato verificare lo stato della finestra dopo un fenomeno temporalesco intenso con grandine.

Per poter sfruttare appieno le caratteristiche del radiometro è consigliabile eseguire la verifica della taratura con frequenza annuale.

## 7 Istruzioni per la sicurezza

Il regolare funzionamento e la sicurezza operativa del radiometro possono essere garantiti solo alle condizioni climatiche specificate nel manuale e se vengono osservate tutte le normali misure di sicurezza, come pure quelle specifiche descritte in questo manuale operativo.

Non utilizzare lo strumento in luoghi ove siano presenti:

- Gas corrosivi o infiammabili.
- Vibrazioni dirette od urti allo strumento.
- Campi elettromagnetici di intensità elevata, elettricità statica.

### Obblighi dell'utilizzatore

L'utilizzatore dello strumento deve assicurarsi che siano osservate le seguenti norme e direttive riguardanti il trattamento con materiali pericolosi:

- Direttive UE per la sicurezza sul lavoro.
- Norme di legge nazionali per la sicurezza sul lavoro.
- Regolamentazioni antinfortunistiche.

## 8 Codici di ordinazione accessori

Il radiometro è fornito con asta di fissaggio Ø16 mm / L=400 mm, 2 dissuasori per volatili, 5 ricariche di materiale essicante (ciascuna composta da 2 cartucce di silica-gel e un marker), livella per la messa in piano, 2 connettori M12 femmina volanti (solo se non vengono ordinati i cavi opzionali) e rapporto di taratura.

**I cavi vanno ordinati separatamente. Il radiometro richiede due cavi uguali.**

### Cavi per installazione

---

**CPM12AA8N...** Cavo con connettore M12 a 8 poli da un lato, fili aperti dall'altro. Lunghezza 5 m (CPM12AA8N.5) o 10 m (CPM12AA8N.10).

### Ricambi

---

**LPG2** 5 ricariche di materiale essicante (ciascuna composta da 2 cartucce di silica-gel e un marker).

## **NOTE**

---

## **GARANZIA**

Il fabbricante è tenuto a rispondere alla "garanzia di fabbrica" solo nei casi previsti dal Decreto Legislativo 6 settembre 2005, n. 206. Ogni strumento viene venduto dopo rigorosi controlli; se viene riscontrato un qualsiasi difetto di fabbricazione è necessario contattare il distributore presso il quale lo strumento è stato acquistato. Durante il periodo di garanzia (24 mesi dalla data della fattura) tutti i difetti di fabbricazione riscontrati sono riparati gratuitamente. Sono esclusi l'uso improprio, l'usura, l'incuria, la mancata o inefficiente manutenzione, il furto e i danni durante il trasporto. La garanzia non si applica se sul prodotto vengono riscontrate modifiche, manomissioni o riparazioni non autorizzate. Soluzioni, sonde, elettrodi e microfoni non sono garantiti in quanto l'uso improprio, anche solo per pochi minuti, può causare danni irreparabili.

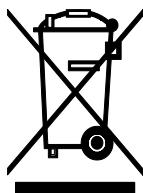
Il fabbricante ripara i prodotti che presentano difetti di costruzione nel rispetto dei termini e delle condizioni di garanzia inclusi nel manuale del prodotto. Per qualsiasi controversia è competente il foro di Padova. Si applicano la legge italiana e la "Convenzione sui contratti per la vendita internazionale di merci".

## **INFORMAZIONI TECNICHE**

Il livello qualitativo dei nostri strumenti è il risultato di una continua evoluzione del prodotto. Questo può comportare delle differenze fra quanto riportato nel manuale e lo strumento che avete acquistato.

Ci riserviamo il diritto di modificare senza preavviso specifiche tecniche e dimensioni per adattarle alle esigenze del prodotto.

## **INFORMAZIONI SULLO SMALTIMENTO**



Le apparecchiature elettriche ed elettroniche con apposto specifico simbolo in conformità alla Direttiva 2012/19/UE devono essere smaltite separatamente dai rifiuti domestici. Gli utilizzatori europei hanno la possibilità di consegnarle al Distributore o al Produttore all'atto dell'acquisto di una nuova apparecchiatura elettrica ed elettronica, oppure presso un punto di raccolta RAEE designato dalle autorità locali. Lo smaltimento illecito è punito dalla legge.

Smaltire le apparecchiature elettriche ed elettroniche separandole dai normali rifiuti aiuta a preservare le risorse naturali e consente di riciclare i materiali nel rispetto dell'ambiente senza rischi per la salute delle persone.



**RoHS**

[senseca.com](http://senseca.com)



Senseca Italy S.r.l.  
Via Marconi, 5  
35030 Selvazzano Dentro (PD)  
ITALY  
[info@senseca.com](mailto:info@senseca.com)

