

LPNET14



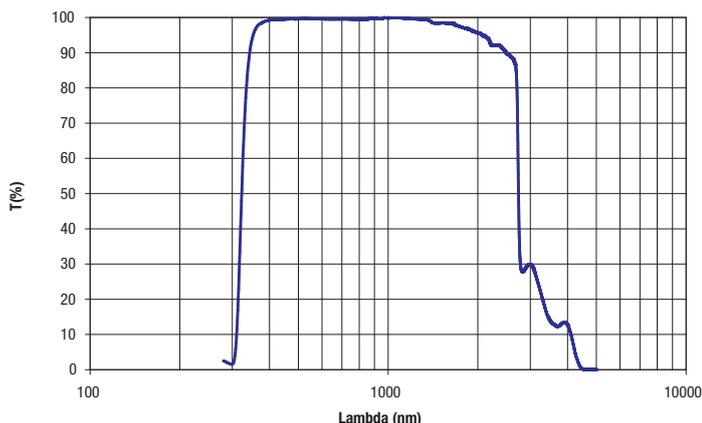
LPNET14 NETRADIOMETRO

LPNET14 è un **radiometro netto a 4 componenti** per la misura della radiazione netta tra $0.3 \mu\text{m}$ e $45 \mu\text{m}$.

Il radiometro netto è costituito da una coppia di piranometri (uno per la misura della radiazione globale $E_{\text{SW}\downarrow}$ e l'altro per la radiazione riflessa $E_{\text{SW}\uparrow}$) e da una coppia di pirgeometri (uno per la misura della radiazione infrarossa dall'alto $E_{\text{FIR}\downarrow}$ e l'altro per la radiazione infrarossa proveniente dalla terra $E_{\text{FIR}\uparrow}$).

LPNET14 è dotato di un sensore di temperatura (NTC). La misura di temperatura è necessaria per la misura con i due pirgeometri infatti la radiazione infrarossa lontana è derivata dalla misura del segnale di uscita della termopila e dalla conoscenza della temperatura dello strumento.

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



Grapho 1 - Risposta spettrale relativa del piranometro Delta OHM.

Caratteristiche Tecniche LPNET14

Piranometro Spectrally Flat Classe C secondo ISO 9060:2018

Sensibilità tipica	da 5 a $15 \mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$
Impedenza	$33 \Omega \div 45 \Omega$
Range di misura	$0 \div 2000 \text{ W}/\text{m}^2$
Campo di vista	$2\pi \text{ sr}$
Campo spettrale: (dtrasmissione della cupola)	$300 \text{ nm} \div 2800 \text{ nm}$ (50%) $335 \text{ nm} \div 2200 \text{ nm}$ (95%)
Temperatura di lavoro	$-40 \text{ }^\circ\text{C} \div 80 \text{ }^\circ\text{C}$

Pirgeometro

Sensibilità tipica	$5\text{-}10 \mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$
Impedenza	$33 \Omega \div 45 \Omega$
Campo di misura	$-300 \div +300 \text{ W}/\text{m}^2$
Campo di vista	160°
Campo spettrale: (trasmissione finestra in silicio)	$4.5 \mu\text{m} \div 45 \mu\text{m}$ (50%)
Temperatura di lavoro	$-40 \text{ }^\circ\text{C} \div 80 \text{ }^\circ\text{C}$

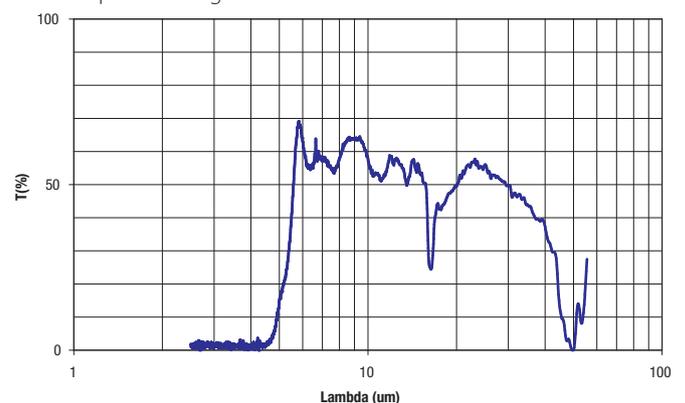
Principio di funzionamento

I piranometri che compongono l'LPNET14 misurano l'irradiamento per lunghezze d'onda comprese tra $0.3 \mu\text{m}$ e $3.0 \mu\text{m}$ mentre i pirgeometri misurano l'irradiamento nel campo spettrale compreso tra $5.5 \mu\text{m}$ e $45 \mu\text{m}$.

Il 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. Il campo spettrale del piranometro è determinato dalla trasmissione della cupola in vetro tipo K5.

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.

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 $4.5\text{-}5 \mu\text{m}$. La superficie esterna del silicio, che è esposta agli agenti atmosferici, è rivestita con un coating anti-graffio (DLC) per garantire resistenza e durata in tutte le condizioni climatiche. Il coating anti-graffio 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 in figura 2:



Grapho 2 -Trasmissione della finestra in silicio.

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

Quindi per il calcolo dell'irradiazione infrarossa al suolo ($E_{FIR} \downarrow$), oltre al segnale di uscita della termopila è necessario conoscere la temperatura T del pirgeometro come riportato nella formula seguente:

$$E_{FIR} \downarrow = E_{term.} + \sigma T_B^4$$

Dove:

$E_{term.}$ = irradiazione netta (positivo o negativo) misurato con la termopila [$W m^{-2}$], il valore è calcolato una volta nota la sensibilità dello strumento C [$\mu V / (W m^{-2})$] e dal segnale di uscita (U_{emf}) dalla formula;

$$E_{term.} = \frac{U_{emf}}{C}$$

σ = costante di Stefan-Boltzmann ($5.6704 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$);

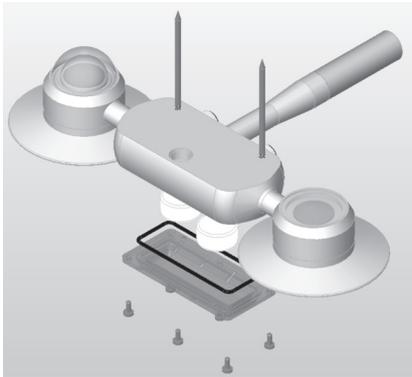
T_B = temperatura del pirgeometro (K), ottenuta dalla lettura della resistenza dell'NTC (10k Ω). Nella tabella alla pagina seguente è riportato il valore di resistenza in funzione della temperatura per valore compresi tra -25°C e +58°C.

Il primo termine della formula 1 rappresenta l'irradiazione netta, cioè la differenza tra l'irradiazione infrarossa che raggiunge il piranometro e l'emissione del pirgeometro, mentre il secondo termine è l'irradiazione emessa da un oggetto (assunto con remissività $\epsilon=1$) a temperatura T_B .

Installazione e montaggio del netradiometro per la misura della radiazione infrarossa

Prima dell'installazione del net-radiometro si deve caricare il vano inferiore con due cartucce di sali essiccanti (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 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 6 viti che fissano il tappo inferiore del net radiometro

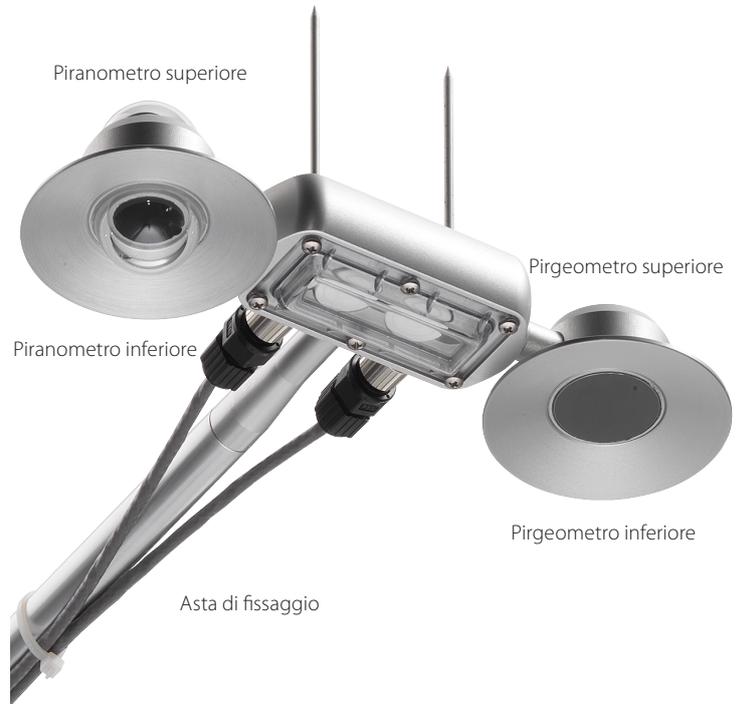
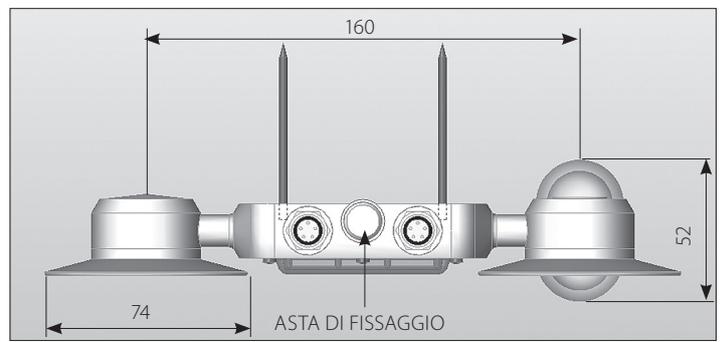


2. Togliere (se presenti) le vecchie cartucce di sali ed il marcatore
3. Aprire la busta che contiene le cartucce ed il marcatore, ritagliare il marcatore in corrispondenza dell'indicatore di U.R. 10% (assicurarsi che le dimensioni siano tali che possa entrare nel vano porta sali)
4. Inserire le cartucce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

LPNET14 va installato in una postazione facilmente raggiungibile per una periodica pulizia delle cupole 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 lo strumento. 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 preferito dovrebbe essere tale da non proiettare alcuna ombra sul sensore in qualsiasi momento della giornata. Nell'emisfero settentrionale, ciò implica che lo strumento deve essere montato a sud del palo, secondo lo standard ISO TR9901 e le raccomandazioni dei WMO. In ogni caso è preferibile attenersi a questa raccomandazione anche quando è utilizzato lo schermo.

Per un accurato posizionamento orizzontale, LPNET14 deve essere fissato ad un palo tramite l'asta di fissaggio.



Connessioni elettriche e requisiti dell'elettronica di lettura

- Il net-radiometro LPNET14 non necessita di alimentazione.
- Lo strumento è provvisto di 2 connettori M12 a 8 poli.
- I cavi opzionali, terminano da una parte con il connettore a 8 poli e dall'altra con i fili aperti. Il cavo è schermato e resistente agli UV. La corrispondenza tra i colori dei fili ed i poli dei connettori è la seguente.



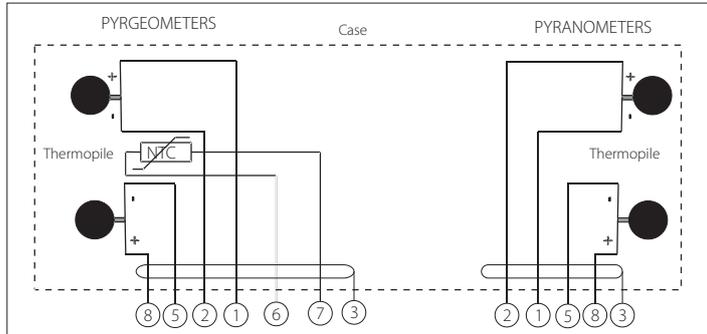
Connettore	Funzione		Colore
	Pirgeometri	Piranometri	
1	$V_{out} (+) E_{FIR} \downarrow$	$V_{out} (+) E_{SW} \downarrow$	Rosso
2	$V_{in} (-) E_{FIR} \downarrow$	$V_{in} (-) E_{SW} \downarrow$	Blu
3	schermo (\perp)	schermo (\perp)	Schermo
4	NON CONNESSO		
5	$V_{out} (-) E_{FIR} \uparrow$	$V_{out} (-) E_{SW} \uparrow$	Marrone
8	$V_{in} (+) E_{FIR} \uparrow$	$V_{in} (+) E_{SW} \uparrow$	Verde
6	NTC	NON CONNESSO	Bianco
7	NTC	schermo (\perp)	Nero

Per ottenere una misura è necessario acquisire simultaneamente i segnali delle 4 termopile e dell'NTC.

Per la misura dei segnali dalle termopile è necessario collegare i 4 canali ad un millivoltmetro o ad un datalogger. La risoluzione consigliata dello strumento di lettura, per poter sfruttare appieno le caratteristiche del piranometro, è di 1 µV.

È inoltre necessario leggere la resistenza dell'NTC per poter determinare la temperatura dei due pirgeometri.

Nella figura sottostante sono riportate le connessioni elettriche necessarie per poter leggere i segnali delle 4 termopile e dell'NTC.



Manutenzione

Al fine di garantire un'elevata precisione delle misure è necessario che le finestre in silicio e le cupole del net radiometro siano mantenute sempre pulite, pertanto maggiore sarà la frequenza di pulizia migliore sarà l'accuratezza 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 la cupola con solo acqua.

A causa degli elevati sbalzi termici tra il giorno e la notte è possibile che all'interno dei piranometri e dei pirgeometri (in particolare sulla finestra in silicio) si formi condensa, in questo caso la lettura eseguita non è corretta. Per minimizzare la formazione di condensa, all'interno dello strumento sono inserite due cartucce con materiale assorbente: Silica-gel. L'efficienza de cristalli di 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 lo strumento. Per poter facilmente valutare lo stato di efficienza dei sali, all'interno di ogni ricarica è inserito un marcatore da posizionare nella parte bassa del vano portassali in modo da poter essere visto. Quando indica la presenza di umidità è necessario sostituire i sali.

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

Taratura ed esecuzione delle misure

Ciascun piranometro e pirgeometro che compone lo strumento è tarato individualmente. Il fattore di taratura **S** è dato in µV/(Wm²).

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

$$E_e = DDP / S$$

dove:

E_e - è l'Irradiamento espresso in W/m²,

DDP - è la differenza di potenziale espressa in µV misurata dal multimetro,

S - è il fattore di calibrazione riportato sull'etichetta di ogni piranometro (e sul rapporto di taratura) in µV/(W/m²)

Ogni piranometro è tarato singolarmente in fabbrica ed è contraddistinto dal suo fattore di calibrazione.

La misura con i due pirgeometri deve essere eseguita come segue: dalla misura di resistenza R_{NTC} [ohm] dell'NTC è possibile risalire alla temperatura del pirgeometro (T_b) utilizzando la formula:

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

Dove:

a=10297.2x10⁻⁷; **b**=2390.6x10⁻⁷; **c**=1.5677x10⁻⁷.

La temperatura è espressa in Kelvin.

N.B. Nella tabella 2 sono tabulati i valori tra -25°C e +58°C, per ottenere il valore in Kelvin si deve utilizzare l'opportuna conversione.

T [°C]	R_NTC [Ω]	T [°C]	R_NTC [Ω]	T [°C]	R_NTC [Ω]
-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

Una volta nota la temperatura in Kelvin (=Temperatura in °C + 273.15) del pirgeometro ed il segnale di uscita della termopila U_{emf} [µV], l'irradiamento E_{FIR} [W/m²] è dato dalla formula:

$$E_{FIR} \downarrow = \frac{U_{emf}}{C} + \sigma \cdot T_B^4$$

Dove:

C = fattore di taratura [µV/(W/m²)] del pirgeometro riportato sul rapporto di taratura;

σ = costante di Stefan-Boltzmann (5.6704x10⁻⁸ W m⁻² K⁻⁴)

Ogni pirgeometro è tarato singolarmente in fabbrica ed è contraddistinto dal proprio fattore di calibrazione.

La taratura del pirgeometro è eseguita in esterno, per confronto con un pirgeometro campione tarato presso il World Radiation Center (WRC). I due strumenti sono tenuti all'aperto per alcuni giorni e notti in presenza di cielo chiaro. I dati acquisiti con un datalogger sono poi elaborati per ottenere il fattore di taratura. Per poter sfruttare appieno le caratteristiche della sonda LPNET14 è consigliabile eseguire la verifica della taratura ogni uno, due anni (la scelta dell'intervallo di taratura dipende dalla precisione che si intende ottenere e dal sito di installazione, presenza di inquinamento etc.)

CODICI DI ORDINAZIONE

LPNET14: Net-radiometro completo di asta Ø=16 mm lunga 400 mm, 2 dissuasori per volatili, 5 ricariche di materiale essicante (composte da 2 cartucce di silica-gel e un marker), livella per la messa in piano e Rapporto di Taratura. Le quattro uscite dei singoli sensori confluiscono su due connettori M12 a 8 poli maschio.

ACCESSORI

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

CPM12AA8N...: Cavo con connettore M12 8 poli da un lato, fili aperti dall'altro. Lunghezze disponibili 2, 5 o 10 m.



**DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ UE
EU DECLARATION OF CONFORMITY**

Delta Ohm S.r.L. a socio unico – Via Marconi 5 – 35030 Caselle di Selvazzano – Padova – ITALY

Documento Nr. / Mese.Anno: **5168 / 07.2019**
Document-No. / Month.Year :

Si dichiara con la presente, in qualità di produttore e sotto la propria responsabilità esclusiva, che i seguenti prodotti sono conformi ai requisiti di protezione definiti nelle direttive del Consiglio Europeo:
We declare as manufacturer herewith under our sole responsibility that the following products are in compliance with the protection requirements defined in the European Council directives:

Codice prodotto: **LPNET14**
Product identifier :

Descrizione prodotto: **Radiometro netto**
Product description : **Net radiometer**

I prodotti sono conformi alle seguenti Direttive Europee:
The products conform to following European Directives:

Direttive / Directives	
2014/30/EU	Direttiva EMC / EMC Directive
2014/35/EU	Direttiva bassa tensione / Low Voltage Directive
2011/65/EU - 2015/863/EU	RoHS / RoHS

Norme armonizzate applicate o riferimento a specifiche tecniche:
Applied harmonized standards or mentioned technical specifications:

Norme armonizzate / Harmonized standards	
EN 61010-1:2010	Requisiti di sicurezza elettrica / Electrical safety requirements
EN 61326-1:2013	Requisiti EMC / EMC requirements
EN 50581:2012	RoHS / RoHS

Il produttore è responsabile per la dichiarazione rilasciata da:
The manufacturer is responsible for the declaration released by:

Johannes Overhues

Amministratore delegato
Chief Executive Officer

Caselle di Selvazzano, 19/07/2019

Questa dichiarazione certifica l'accordo con la legislazione armonizzata menzionata, non costituisce tuttavia garanzia delle caratteristiche.
This declaration certifies the agreement with the harmonization legislation mentioned, contained however no warranty of characteristics.

GARANZIA

Delta OHM è tenuta 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.

Delta OHM 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. In caso di difformità e/o incongruenze scrivere a sales@deltaohm.com. Delta OHM si riserva 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.

