



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Il laboratorio di prova per le verifiche energetico-ambientali
di sistemi di illuminazione

"CORVO"

Aggiornamento settembre 2012

Giuseppe Leonardi, Simonetta Fumagalli, Enzo Rusconi

IL LABORATORIO DI PROVA PER LE VERIFICHE ENERGETICO-AMBIENTALI DI SISTEMI DI ILLUMINAZIONE
"CORVO". AGGIORNAMENTO SETTEMBRE 2012

Giuseppe Leonardi, Simonetta Fumagalli, Enzo Rusconi, ENEA

Settembre 2012

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Area: RAZIONALIZZAZIONE E RISPARMIO NELL'USO DELL'ENERGIA ELETTRICA

Progetto: Innovazione nella illuminazione pubblica: nuove tecnologie ed integrazione smart con altre reti di servizi energetici

Responsabile del Progetto: Simonetta Fumagalli, ENEA

Indice

Sommario	4
Introduzione	4
La cella di prova	5
Il dispositivo per misure su tubi di luce (GlowWorm)	7
L'area esterna per le prove (PluTO)	8
Strumentazione	8
<i>Luxmetro</i>	8
<i>Luminanzometro</i>	8
<i>Colorimetro + Luxmetro</i>	9
<i>Analizzatore di rete</i>	9
<i>Multimetro digitale</i>	10
<i>Cella fotometrica fissa (luxmetro)</i>	10
<i>Spettroradiometro 1</i>	11
<i>Set di strumenti per misure su LED</i>	12
<i>Spettroradiometro 2</i>	12
<i>Goniofotometro</i>	13
<i>Analizzatore di potenza</i>	13
Analizzatore universale di potenza 1:	13
Analizzatore di potenza 2.....	14
<i>Stabilizzatore di tensione programmabile</i>	15
Stabilizzatore di tensione alternata	15
Stabilizzatore di tensione continua	15
<i>Sfera integratrice 1.80 m diametro</i>	15
<i>Light boots</i>	16
<i>I pali mobili</i>	17

Sommario

Questo rapporto descrive il laboratorio di illuminotecnica dell'ENEA di Ispra, chiamato CORVO, dedicato essenzialmente a misure su prestazioni energetiche su sorgenti luminose, apparecchi di illuminazione, sistemi di regolazione del flusso luminoso, anche con campagne di monitoraggio sul campo.

Tipologie di prova:

determinazione del profilo energetico di sistemi e componenti in condizioni di lavoro, in interni e in esterni

analisi dei sistemi di regolazione del flusso luminoso

influenza delle caratteristiche dell'ambiente sull'illuminamento

verifica sperimentale di software illuminotecnico

...

La descrizione è aggiornata a settembre 2012 e quindi questo rapporto sostituisce il precedente RdS 2010/245.



Introduzione

Il laboratorio CORVO è attrezzato per la rilevazione delle seguenti grandezze illuminotecniche ed elettriche:

- illuminamento
- luminanza
- temperatura di colore delle sorgenti
- riflettanza delle superfici
- tensione
- corrente
- potenza attiva e reattiva
- sfasamento
- frequenza di rete
- armoniche
- interferenze della linea di alimentazione elettrica
- radianza spettrale¹
- flusso luminoso
- intensità luminosa
- energia elettrica²

¹ grandezza radiometrica

² quindi consumi

Questi parametri sperimentali sono rappresentati da grandezze dirette come illuminamento, luminanza, temperatura di colore, temperatura, tensione e corrente e da grandezze derivate come sfasamento, potenza assorbita, potenza attiva e potenza reattiva...

Inoltre possono essere misurate altre grandezze, come la temperatura superficiale, tramite termocamera³.

Infine, è possibile svolgere attività sperimentale per studi sulla percezione oppure per la valutazione di resa cromatica e altri elementi da parte di osservatori

Gli elementi principali del laboratorio sono:

- Ⓢ cella di prova
- Ⓢ dispositivo per misure su tubi di luce (GlowWorm)
- Ⓢ sfera di Ulbricht e banco ottico per misure su LED
- Ⓢ sfera di Ulbricht 1.80 m diametro
- Ⓢ 2 spettroradiometri: uno per misure sul visibile, uno con estensione a vicino UV e IR
- Ⓢ strumentazione portatile per campagne sperimentali (luxmetri, luminanzometri, misuratori di coordinate cromatiche...)
- Ⓢ camera climatica per prove a diverse temperature ambiente e umidità relativa⁴
- Ⓢ strumentazione termografica⁵
- Ⓢ goniofotometro (raggio di misura 55 cm)
- Ⓢ strumentazione per misure dei parametri elettrici
- Ⓢ alimentatori stabilizzati in corrente, tensione, frequenza
- Ⓢ light boots per prove di percezione e sulla resa cromatica
- Ⓢ area esterna per misure su sistemi di illuminazione pubblica, inclusi sistemi di regolazione e gestione (PLuTO)
- Ⓢ set di pali mobili (altezza fino a 8 m), su cui possono essere montati gli apparecchi in prova

Si fa notare che è possibile effettuare misure spettroradiometriche sia nel goniofotometro che nella sfera integratrice.

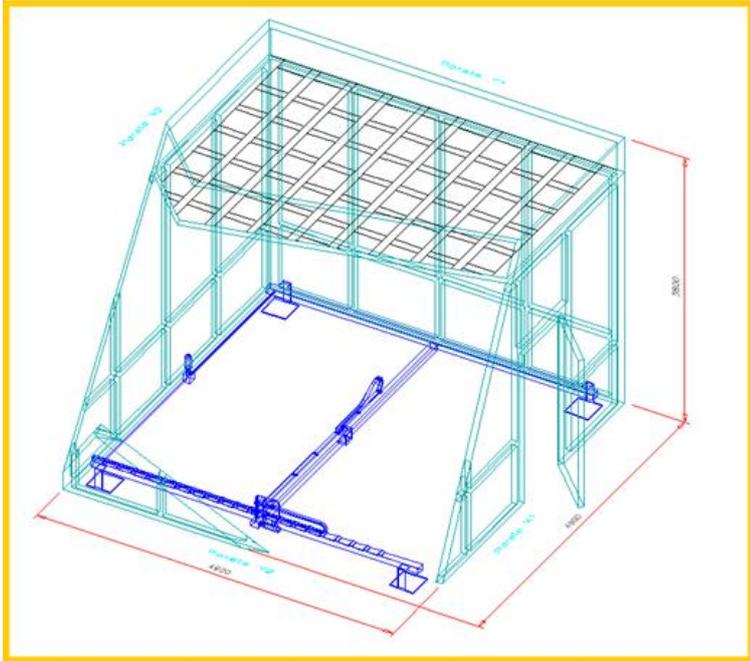
La cella di prova

La cella di prova (dimensioni 4.5m x 4.5m x 3.2m), dotata di movimentazione elettromeccanica del sensore di misura sugli assi x-y, è costituita da un ambiente otticamente isolato in grado di simulare locali adibiti ad uso abitativo e/o uffici e di effettuare le misurazioni delle grandezze illuminotecniche ed elettriche maggiormente significative. La cella è stata progettata e realizzata per consentire la rilevazione delle caratteristiche di illuminazione di ambienti in differenti configurazioni architettoniche (ad esempio è possibile avere pareti, pavimento e soffitto di diversi colori).

³ strumento comune laboratori ICELAB, FIRELAB, CORVO

⁴ a Ispra ci sono anche il laboratorio per elettrodomestici del freddo (ICELAB) e forni elettrici (FIRELAB), per cui è possibile utilizzo di strumentazione comune

⁵ vedi sopra

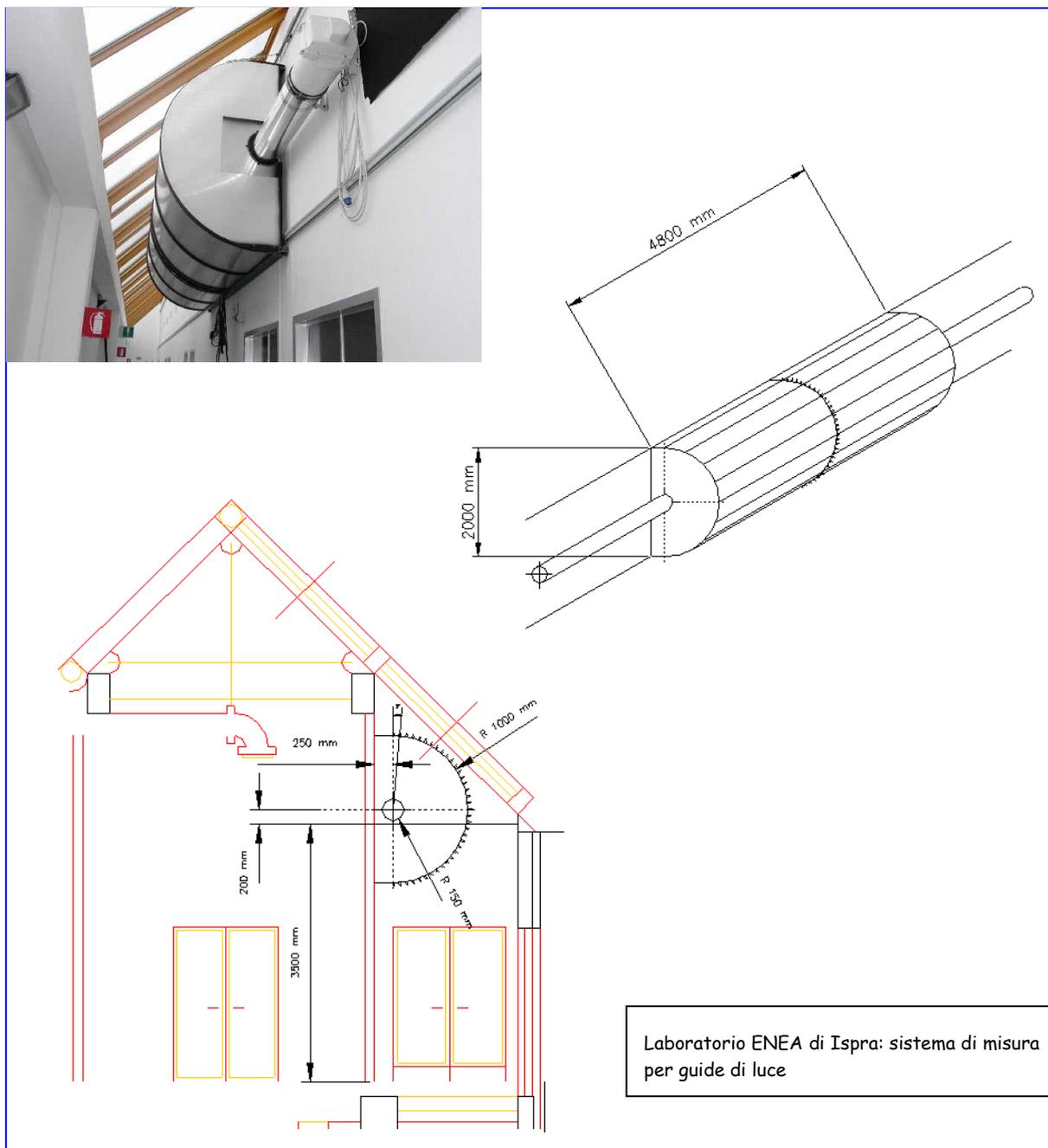


Laboratorio ENEA di Ispra: cella di prova con movimentazione elettromeccanica x-y del sensore di misura

Il dispositivo per misure su tubi di luce (GlowWorm)

Il sistema di misura denominato GlowWorm è stato costruito per la realizzazione delle curve fotometriche delle guide di luce⁶.

Comprende 37 punti di misura su 180° (36 settori di 5° estremi inclusi) equidistanti dall'asse centrale della guida di luce, posizionati su un piano ortogonale allo stesso. E' costituito da un insieme di sensori schermato dalla luce esterna tramite un tunnel a forma di semicilindro cavo, di colore nero opaco antiriflettente al suo interno (dimensioni: diametro 2000 mm, lunghezza 4800 mm). I sensori sono collegati a sistema di acquisizione dati e PC.



⁶ chiamati anche guide di luce, hollow light pipes in inglese

L'area esterna per le prove (PluTO)

L'area esterna all'edificio di Ispra può essere utilizzata per misure su sistemi di illuminazione pubblica, inclusi sistemi di regolazione e gestione.



Strumentazione

Luxmetro

Luxmetro Minolta tipo T10:

- Ⓢ elemento sensibile: fotocellula al silicio
- Ⓢ risposta spettrale: da 400 a 760 nm con $\pm 2\%$ della curva fotopica C.I.E
- Ⓢ range di misura: 0.01 a 299.900 lux
- Ⓢ accuratezza della misura: $\pm 2\% \pm 1$ digit
- Ⓢ altre funzioni: misura dell'integrale di illuminamento (da 0.01 a 999.000 lux*h)

Luminanzometro

Luminanzometro della MINOLTA, tipo LS-11 0:

- Ⓢ elemento sensibile: fotocellula al silicio con filtro fotopico di correzione
- Ⓢ range di misura: FAST: 0.01 a 999900 cd/m² SLOW: 0.01 a 499900 cd/m²
- Ⓢ accuratezza della misura: da 0.01 a 9.99 cd/m²: $\pm 2\%$, ± 2 digits oltre 10.00 cd/m²: $\pm 2\%$, ± 1 digits
- Ⓢ sistema ottico: focale 85 mm / apertura di diaframma 2.8

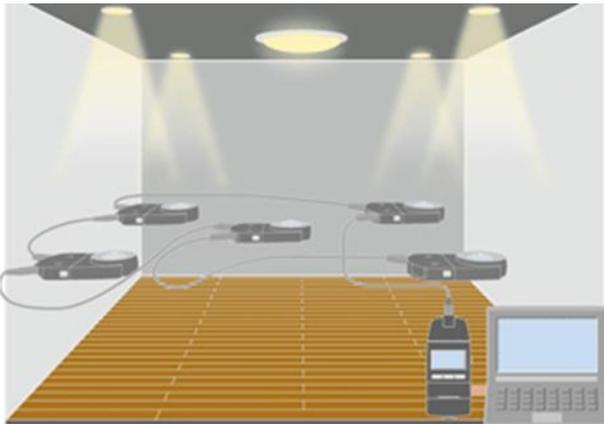
- Ⓞ angolo di accettazione: 1/3°
- Ⓞ campo visivo: 9°
- Ⓞ distanza di messa a fuoco: da 1014 mm all'infinito

Colorimetro + Luxmetro

MINOLTA, tipo CHROMA METER CL-200:

- Ⓞ elemento sensibile: SPC
- Ⓞ risposta spettrale: secondo la curva colorimetrica dell'Osservatore Standard
- Ⓞ funzioni di misura: valori di tristimolo; cromaticità: Yxy (CIE 1931) e Yu'v' (CIE 1976); deviazione di colore: D(Yxy) e D(Yu'v'); temperatura di colore
- Ⓞ range di misura: da 0.1 lux a 99900 lux (cromaticità 5 lux o superiore)
- Ⓞ accuratezza: Illuminamento 0.2% +1digit; cromaticità (x, y): ± 0.002

Il colorimetro dispone di 4 teste di misura che vengono utilizzate per mappature dati su superfici.



Esempio di misure multiple con 5 sensori (da sito Minolta)

Analizzatore di rete

Analizzatore ENETICS LD-1203:

Range:

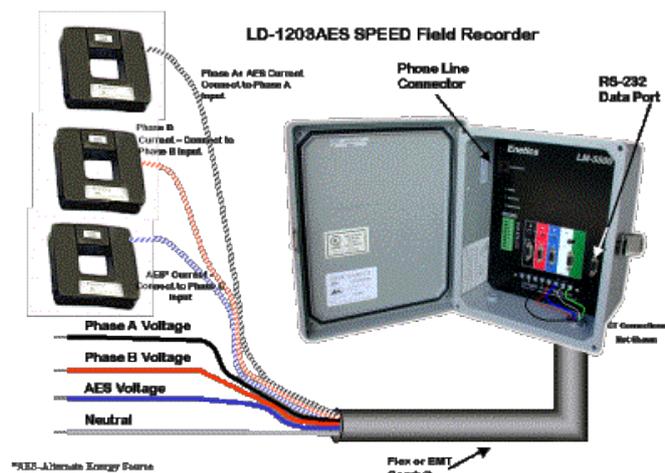
Voltage - 208/240
Current Form 2S (200A)

Sample Rate/Response Time:

32 samples/cycle

Accuracy:

Voltage - +/- 0.2% reading + 0.1% FS
Current - +/- 0.2% reading + 0.2% FS
Power - +/- 0.5% reading + 0.01% FS



- Measures voltage and current on each service leg and from the Alternate Energy Source (AES)
- Records and stores aggregate whole premises (grid + AES) kW; and, independently, generated AES kW at user-selectable intervals
- Records and stores aggregate whole premises (grid + AES) kWh consumption; and, independently, generated AES kWh for time of use
- Records on/off events; (if the combined load (Watt + var) change is greater than a configurable threshold, the recorder records the magnitude of the change, time stamp and the service leg on which the event occurred)
- Calculates and stores Vrms, Irms, Watts and VARs (both aggregate grid/AES and alternate energy source)

Multimetro digitale

Multimetro digitale Hp 3458A ad alte prestazioni, sia per la velocità che per la precisione nelle misure. Le caratteristiche principali sono:

- Ⓢ Funzioni matematiche e statistiche
- Ⓢ 20 kB di memoria
- Ⓢ Autocalibrazione
- Ⓢ Range tensioni 10 mV - 1000 V
- Ⓢ Range resistenze 10 Ohm - 1 GOhm
- Ⓢ Sensibilità 10 nV
- Ⓢ Accuratezza fino a 0.002 ppm
- Ⓢ Misurazioni 2 e 4 fili con compensazione

Cella fotometrica fissa (luxmetro)

Per le misure di illuminamento condotte nella cella CORVO viene utilizzato un luxmetro della LMT, tipo B 360 E, le cui principali caratteristiche sono:

- Ⓢ strumento di Classe A conforme alle Norme DIN 5032
- Ⓢ intervallo di misura da 600000 lux a 0.01 lux
- Ⓢ uscita analogica 0-2 V
- Ⓢ testa fotometrica per misure di illuminamento cilindrico o semicilindrico
- Ⓢ testa fotometrica con curva spettrale di visibilità V(λ) molto fine
- Ⓢ correzione del coseno per la corretta considerazione dell'angolo di incidenza della luce sulla superficie del rivelatore

La cella fotometrica è collegata in modo permanente al sistema di acquisizione dati e posizionata sul supporto mobile del sistema di movimentazione assi.

Spettroradiometro 1

Spettroradiometro Konica Minolta CS-2000, con angoli di misura selezionabili, per poter misurare aree di diverse dimensioni. Lo strumento consente di valutare: Radianza Spettrale, Contrasto, Gamma, Luminanza, Cromaticità, Non Uniformità (mura), Resa Cromatica, Purezza d'eccitazione, Lunghezza d'onda Dominante, Temperatura Colore, Coordinate colorimetriche CIE L*a*b*.

Modello	Konica Minolta CS-2000		
Campo lunghezza d'onda	Da 380 nm a 780 nm		
Risoluzione lunghezza d'onda	0,9 nm/pixel		
Ampiezza di banda della lunghezza d'onda a display	1,0 nm		
Precisione della lunghezza d'onda	±0,3 nm (lunghezza d'onda media: 435,8 nm, 546,1 nm, 643,8 nm lampada Hg-Cd)		
Ampiezza di banda spettrale	5 nm o meno (ampiezza di banda dimezzata)		
Angolo di misura (selezionabile)	1°	0.2°	0.1°
Range di misura luminanza (illuminante A)	0,003 - 5,000 cd/m ²	0,075 - 125.000 cd/m ²	0,3 - 500.000 cd/m ²
Luminanza minima display	0,00002 cd/m ² :		
Accuratezza: Luminanza (illuminante A) * ¹	±2%		
Accuratezza: Cromaticità (illuminante A) * ¹	x,y :±0,003 (0,003 - 0,005 cd/m ²) x,y :±0,002 (0,005 - 0,05 cd/m ²) x :±0,0015 (0,05 cd/m ²) y :±0,001	x,y :±0,003 (0,075 - 0,125 cd/m ²) x,y :±0,002 (0,125 - 1,25 cd/m ²) x :±0,0015 (1,25 cd/m ²) y :±0,001	x,y :±0,003 (0,3 - 0,5 cd/m ²) x,y :±0,002 (0,5 - 5 cd/m ²) x :±0,0015 (5 cd/m ²) y :±0,001
Ripetibilità: Luminanza (2?)	0,4 % (0,003 - 0,05 cd/m ²) 0,3 % (0,05 - 0,1 cd/m ²) 0,15 % (0,1 - 5.000 cd/m ²)	0,4 % (0,075 - 1.25 cd/m ²) 0,3 % (1,25 - 2,5 cd/m ²) 0,15 % (2,5 - 125.000 cd/m ²)	0,4 % (0,3 - 5 cd/m ²) 0,3 % (5 - 10 cd/m ²) 0,15 % (10 - 500.000 cd/m ²)
Ripetibilità: Cromaticità (2?)	0,002 (0,003 - 0,005 cd/m ²) 0,001 (0,005 - 0,1 cd/m ²) 0,0006 (0,1 - 0,2 cd/m ²)	0,002 (0,075 - 0,125 cd/m ²) 0,001 (0,125 - 2,5 cd/m ²) 0,0006 (2,5 - 5 cd/m ²)	0,002 (0,3 - 0,5 cd/m ²) 0,001 (0,5 - 10 cd/m ²) 0,0006 (10 - 20

	0,0004 (0,2 - 5.000 cd/m ²)	0,0004 (5 - 125.000 cd/m ²)	cd/m ² 0,0004 (20 - 500.000 cd/m ²)
Errore di polarizzazione	1°: 2% o meno (400 - 780 nm); 0,1° e 0,2°: 3% o meno (400 - 780 nm)		
Tempo di integrazione	FAST: 0,005 - 16 secondi; Standard: 0,005 - 120 secondi		
Tempo di misura	Da 2 sec min. (modalità manuale a 243 sec. max. (modalità standard)		
Modalità Spazio colore	LVxy, Lvu'v', Lvtuv, XYZ, lunghezza d'onda dominante, grafico spettrale		

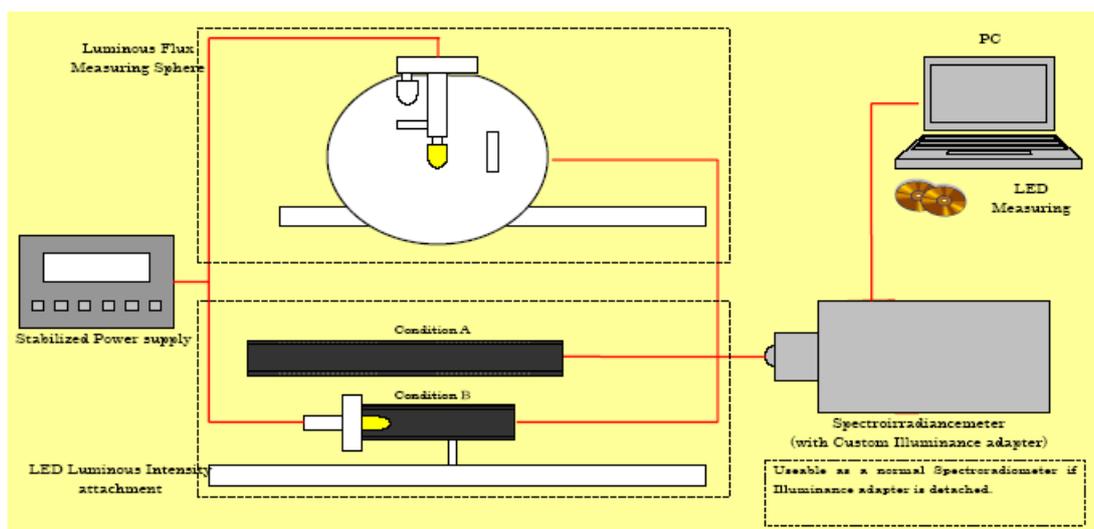
*1 Media di 10 misure in modalità Standard ad una temperatura di 23±2°C e con umidità relativa del 65% o meno.

Set di strumenti per misure su LED

Allo spettroradiometro sono associati accessori per misure di Flusso Luminoso, Illuminamento, Intensità Luminosa.

- Ⓢ Adattatore per Misura di Illuminanza
- Ⓢ Sfera di Ulbricht per misura Flusso Luminoso
- Ⓢ Banco per misura Intensità Luminosa su asse prefissato

In figura le possibili combinazioni:



Spettroradiometro 2

Spettroradiometro Specbos Mod. 1211-UV di alta precisione con le seguenti caratteristiche:

- Ⓢ Range dello strumento: 230 – 1000 nm
- Ⓢ Radianza spettrale e Luminanza totale, Cd/m²

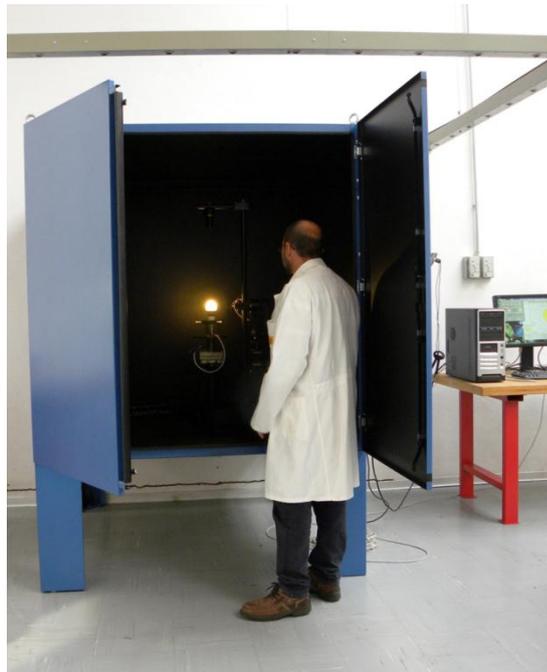
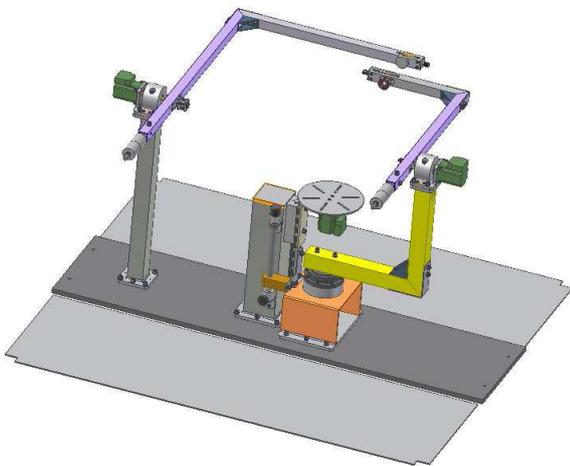
- Ⓢ Spectral resolution: 4,5 nm
- Ⓢ Irradianza spettrale e Illuminamento, LUX,
- Ⓢ Coordinate cromatiche x, y; u'v'; CCT ;
- Ⓢ Luminanza: 0,2–3.500 Cd/m², Illuminamento: 2–35.000 Lux mediante filtro neutro
- Ⓢ Detactor: Array lineare con 2048 pixels “Binned”
- Ⓢ Accuratezza: +/- 5%
- Ⓢ Puntatore laser incorporato per la definizione dell’area sottesa nelle misure di Radianza

Filtro Neutro ND 2 per estendere le misure di Luminanza a 250.000 Cd/m²

Goniofotometro

Goniofotometro Oxytech T3, con raggio di misura 55 cm circa. E' adatto per:

- Ⓢ rilievo delle caratteristiche fotometriche di apparecchi di illuminazione di interni, di proiezione, stradali, di lampade e sorgenti LED di piccole dimensioni (max 100x100x150 mm) secondo Norma EN 13032
- Ⓢ rilievo delle caratteristiche di riflessione dei materiali (metodo BRDF)
- Ⓢ rilievo dello spettro di sorgenti luminose



Analizzatore di potenza

Analizzatore universale di potenza 1:

Modello: N4L PPA 1500

- Ⓢ misura di V, A, W, VA, VAR, PF, Apk, Vpk, Acf, Vcf, frequenza, Inrush Current, analisi di armoniche, fondamentale, Total Harmonic Distortion
- Ⓢ Collegamenti mono & trifase

- Ⓢ Accuratezza 0.05 %
- Ⓢ Analisi di armoniche di corrente e tensione su tutte le fasi
- Ⓢ Isolamento galvanico tra tutti gli ingressi
- Ⓢ Banda in frequenza dalla DC a 1 MHz
- Ⓢ Range in tensione da 1V a 3000 Vpk + x10 mode (0.1V...300Vpk)
- Ⓢ Range in corrente da 0,1 A a 300 Apk (20 Arms) + x10mode (0.01A..30Apk)
- Ⓢ Modalità oscilloscopio

Analizzatore di potenza 2

Modello Digital Sampling Power Meters Yokogawa WT230:

Measurement Functions		
Parameter	Voltage/current	Active power
System	Digital sampling; sum of averages method	
Frequency range	DC, and 0.5 Hz to 100 kHz	
Crest factor	3 or 6 (with rated input) 300 (with minimum effective input)	
Accuracy (three months after calibration) (Conditions) Temperature: 23±5°C Humidity: 30-75% RH Input waveform: Sinewave Power factor: cosj = 1 common mode voltage: 0 V DC Frequency filter: ON at 200 Hz or less Scaling: OFF Display digits: 5 digits After CAL is executed Crest factor 3	DC: ±(0.2% of rdg + 0.2% of rng)* 0.5 Hz ≤ f < 45 Hz: ±(0.1% of rdg + 0.2% of rng) 45 Hz ≤ f ≤ 66 Hz: ±(0.1% of rdg + 0.1% of rng) 66 Hz < f ≤ 1 kHz: ±(0.1% of rdg + 0.2% of rng) 1 kHz < f ≤ 10 kHz: ±((0.07 × f)% of rdg + 0.3% of rng) 10 kHz < f ≤ 100 kHz: ±((0.5% of rdg + 0.5% of rng) ±((0.04 × (f-10))% of rdg)	DC: ±(0.3% of rdg + 0.2% of rng)* 0.5 Hz ≤ f < 45 Hz: ±(0.3% of rdg + 0.2% of rng) 45 Hz ≤ f ≤ 66 Hz: ±(0.1% of rdg + 0.1% of rng) 66 Hz < f ≤ 1 kHz: ±(0.2% of rdg + 0.2% of rng) 1 kHz < f ≤ 10 kHz: ±((0.1% of rdg + 0.3% of rng) ±((0.067 × (f-1))% of rdg) 10 kHz < f ≤ 100 kHz: ±((0.5% of rdg + 0.5% of rng) ±((0.09 × (f-10))% of rdg)
Note: In the accuracy calculation formula, f is in kHz.	* Add ±10 µA to the current DC accuracy.	* Add ±10 µA × voltage reading to the power DC accuracy.
Power factor effect	_____	For cosφ = 0 45 Hz ≤ f ≤ 66 Hz: ±0.2% of VA (VA is a reading value of apparent power) Reference data (up to 100 kHz): ±((0.2 + 0.2 × f)% of VA) Indicated value tolerance for 0 < cosφ < 1 Add (tan) φ (effect when cosj = 0)% of power reading to the above power accuracy. Note: φ is the phase angle between voltage and current.
Note: In the accuracy calculation formula, f is in kHz.		
Effective input range (Crest factor 3)	1 ³ - 130% of voltage/current range rating (for accuracy at 110-130%, add the reading tolerance × 0.5 to the above accuracy)	
Accuracy (12 months after calibration)	Add the accuracy's reading tolerance (three months after calibration) × 0.5 to the accuracy three months after calibration.	
Line filter function	A low-pass filter can be inserted in the input circuit for measurement. The cutoff frequency (fc) is 500 Hz.	
Accuracy with line filter on	Voltage and current: Add 0.2% of rdg at 45-66 Hz. Add 0.5% of rdg below 45 Hz. Power: Add 0.3% of rdg at 45-66 Hz, Add 1% of rdg below 45 Hz.	
Accuracy (for crest factor 6)	Double the accuracy's range tolerance of the accuracy for crest factor 3.	
Temperature coefficient	±0.03% of range/°C at 5-18°C and 28-40°C.	
Display updating intervals	0.1/0.25/0.5/1/2/5 seconds	
Lead/lag detecting (Crest factor 3)	Lead/lag is detected correctly when phase angle equal to or greater than ±5° with both voltage and current inputs as sine waves equal to or greater than 50% ¹⁰ of rated range-value, and the frequency is between 20 Hz to 2 kHz.	
Measurement lower limit frequency	Data updating rate: 0.1 second 0.25 second 0.5 second 1 second 2 seconds 5 seconds Measurement lower limit frequency: 25 Hz 10 Hz 6 Hz 2.5 Hz 1.5 Hz 0.5 Hz	

rng: Range rdg: Reading 9, 2 for crest factor 6

Stabilizzatore di tensione programmabile

Stabilizzatore di tensione alternata

Modello California Instruments, Modello 801P

Specifications*		801P	1001P	1251P	Unit
Controller					
Type		Programmable			
Controls		Digital Encoders			
Readout	Voltage	4 digit LCD			
	Frequency and Current	4 digit LCD			
Non Volatile Setups (with Option -232)		8			
Output					
AC Power		810	1000	1250	VA
Voltage					
Range	low	0 - 135			V (L-N)
	high	0 - 270			V (L-N)
Accuracy	@ 50/60 Hz	± 1			% FS
	@ 400 Hz	± 2			% FS
Resolution		0.1			V
Line & Load Regulation	lo range	± 1			% FS
	hi range	± 0.5			% FS
Total Harmonic Distortion	@ 50/60 Hz	< 0.55			% typical
Output Noise		< 0.1			V typical
Frequency (specifications valid from 45 Hz to 500 Hz)					
Range		16 - 500			Hz
Accuracy		± 0.02			%
Resolution	below 100 Hz	0.1			Hz
	above 100 Hz	1			Hz
Current					
Current - Steady State	lo range	6.0	7.4	9.2	ARMS
	hi range	3.0	3.7	4.6	ARMS
Peak Current	lo range	17.8	22.2	27.6	A
	hi range	8.9	11.1	13.8	A

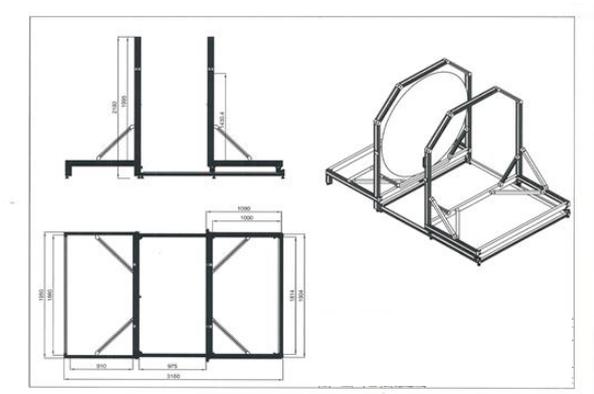
Stabilizzatore di tensione continua

Modello ITECH Electronics IT6154 60V / 9A / 540W. The IT6100 series are single output programmable power supplies with 0.1mV, 0.01mA High resolution, and built in 5 ½ Digital Voltage Meter, with the high precision and high rise speed (20mS).

Sfera integratrice 1.80 m diametro

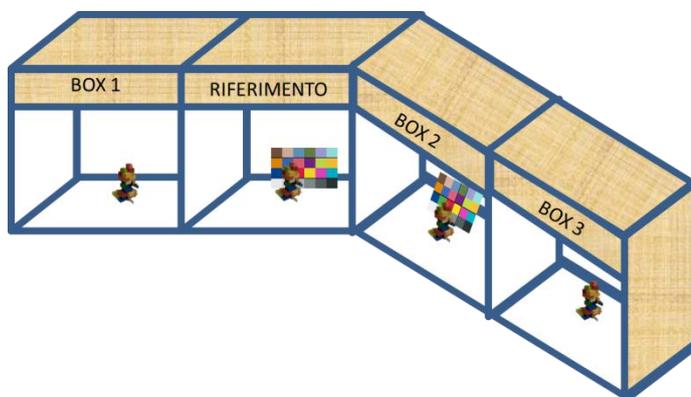
Sfera Integratrice Mod. OPBS-1800-TBO Optopolymer GmbH - Gooch & Housego:

- Ⓢ Diametro: 1800 mm
- Ⓢ Coating in BaSO₄ per uso nel range 300 -1300 nm
- Ⓢ con lampada campione e lampaa ausiliaria, e generatore di corrente programmabile



Light boots

I light boots sono parallelepipedi di legno, aperti davanti, di dimensione 1m x 1m x 0.8 m, con la possibilità di uno schermo frontale, che possono essere usati per diversi scopi: uno tipico è la valutazione di vari parametri illuminotecnici, come la resa cromatica di sorgenti luminose, tramite l'osservazione da parte di persone. In questa configurazione, che è quella rappresentata in figura, l'interno dei light boot è bianco, e lo schermo anteriore evita che l'osservatore guardi direttamente la sorgente luminosa. Un light boot viene usato come riferimento e gli altri contengono gli oggetti, da confrontare con il riferimento.



Il laboratorio è dotato di 4 light boots, equipaggiati per ospitare lampade con diversi attacchi.

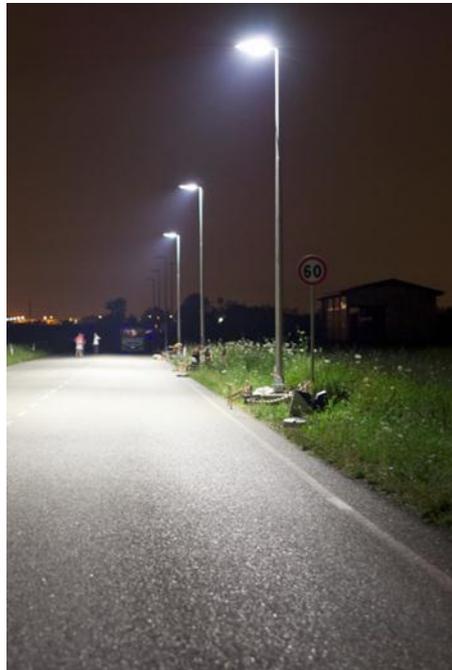
I light boots sono smontabili, per cui è possibile svolgere campagne sperimentali in sedi diverse dal laboratorio.

I pali mobili

Costruiti per un esperimento in campo, i pali mobili sono a disposizione per prove su sistemi di illuminazione pubblica. Si tratta di 6 pali di alluminio telescopici, con altezza max di 8m, montati su carrelli con ruote. Ogni palo è equipaggiato di cavi elettrici, interruttori e sistemi presa-spina per l'alimentazione degli apparecchi in prova.

La massima interdistanza tra i pali, tenendo conto della lunghezza dei cavi attualmente in dotazione, è di circa 50 m.

Un quadro elettrico collega tutti gli apparecchi e un generatore portatile di corrente può alimentare il sistema, nei casi in cui si voglia operare sul campo senza interferire con i sistemi già presenti, oppure quando non è presente alcun tipo di alimentazione.



I pali mobili
durante
campagne
sperimentali
sul campo