



A&T AUTOMATION & TESTING

Come gestire le apparecchiature di misura per ottimizzare le attività di laboratorio

22 febbraio 2023

ACCREDIA

L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO



La valutazione delle prestazioni fotometriche degli impianti di illuminazione stradale: Sviluppo e validazione del Sistema di misura TIRESIA

Patrizia Bellucci

ANAS S.p.A. – Direzione Servizi alla Produzione – Centro Sperimentale Stradale

Torino, 22 febbraio 2023

Valutazione delle prestazioni degli impianti di illuminazione stradale

La valutazione delle prestazioni fotometriche degli impianti di illuminazione stradale viene eseguita principalmente attraverso la misura di 3 grandezze:

01

Illuminamento

02

Luminanza

03

Abbagliamento

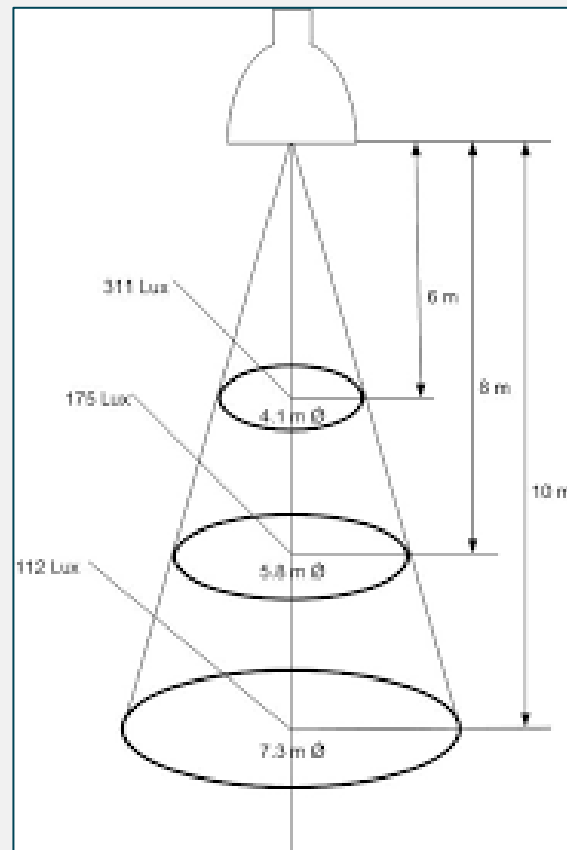
L'illuminamento (E) è una grandezza fotometrica che consente di valutare in modo oggettivo la quantità di luce (flusso luminoso) che incide su una superficie:

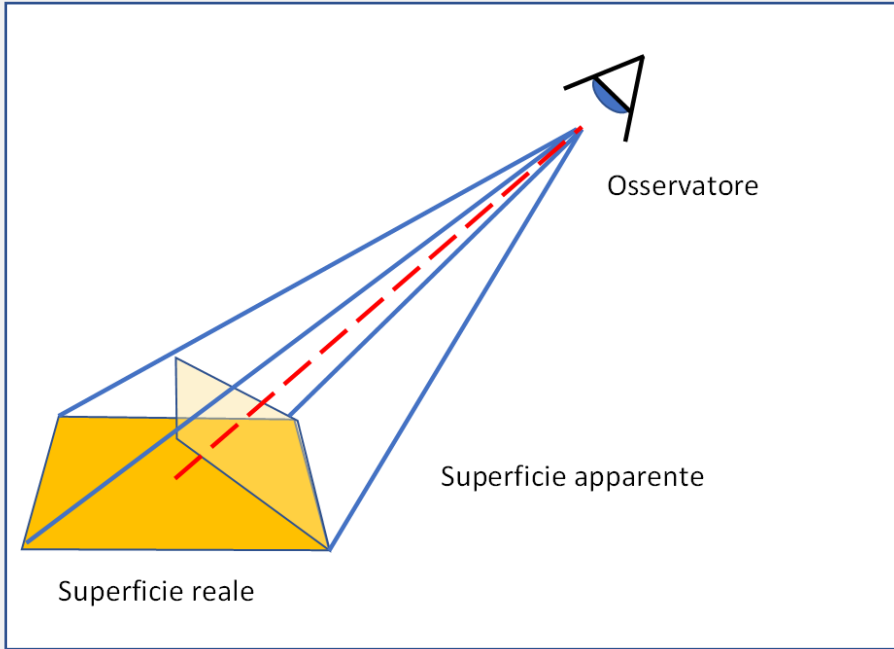
$$E_m = \frac{\varphi}{A} \quad (\text{lux})$$

Dipende:

dalla potenza della sorgente luminosa;

dalla distanza della sorgente dalla superficie su cui incide





La luminanza in un punto di una superficie in una certa direzione è data dal rapporto tra l'intensità luminosa emessa da una sorgente nella direzione dell'osservatore e la superficie emittente proiettata su un piano perpendicolare alla direzione stessa.

La luminanza, dipende non solo dalle caratteristiche della sorgente luminosa, ma anche dalle proprietà di riflessione della superficie e quindi dalla direzione rispetto alla quale la superficie viene osservata

Uniformità Generale

$$U_o = \frac{L_{min}}{\bar{L}} \geq 0,5$$

Misura l'adeguatezza del manto stradale come sfondo per la segnaletica, oggetti o gli utenti stessi della strada.

Uniformità longitudinale

$$U_l = \frac{L_{min}}{L_{max}} \geq 0,7$$

Misura la regolarità dello schema ripetuto di zone luminose e buie sulla strada.



Le condizioni di abbagliamento si verificano quando le sorgenti luminose entrano nel campo visivo del guidatore.

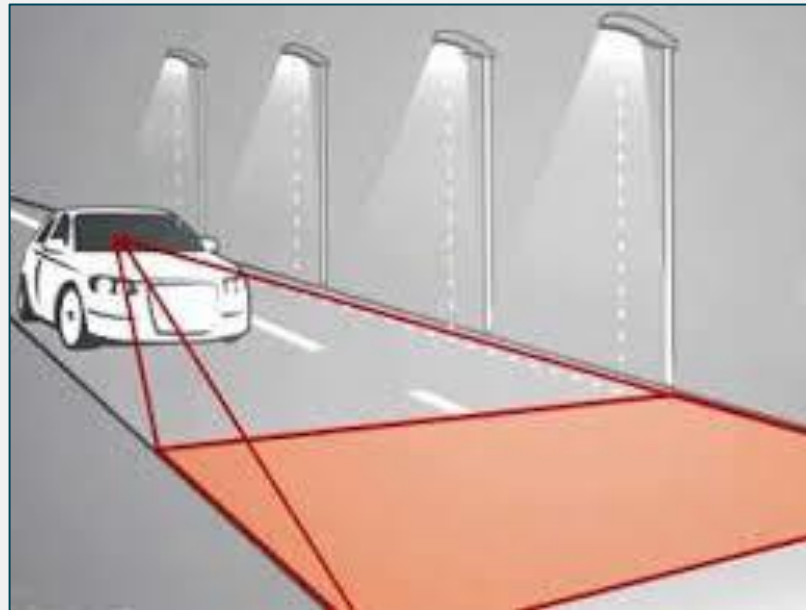
Il parametro con cui si misura l'abbagliamento è l'incremento di soglia, definito come l'incremento percentuale di contrasto di un oggetto necessario per farlo rimanere alla visibilità di soglia in presenza di abbagliamento debilitante.

Modalità di misura delle grandezze fotometriche

STATICA



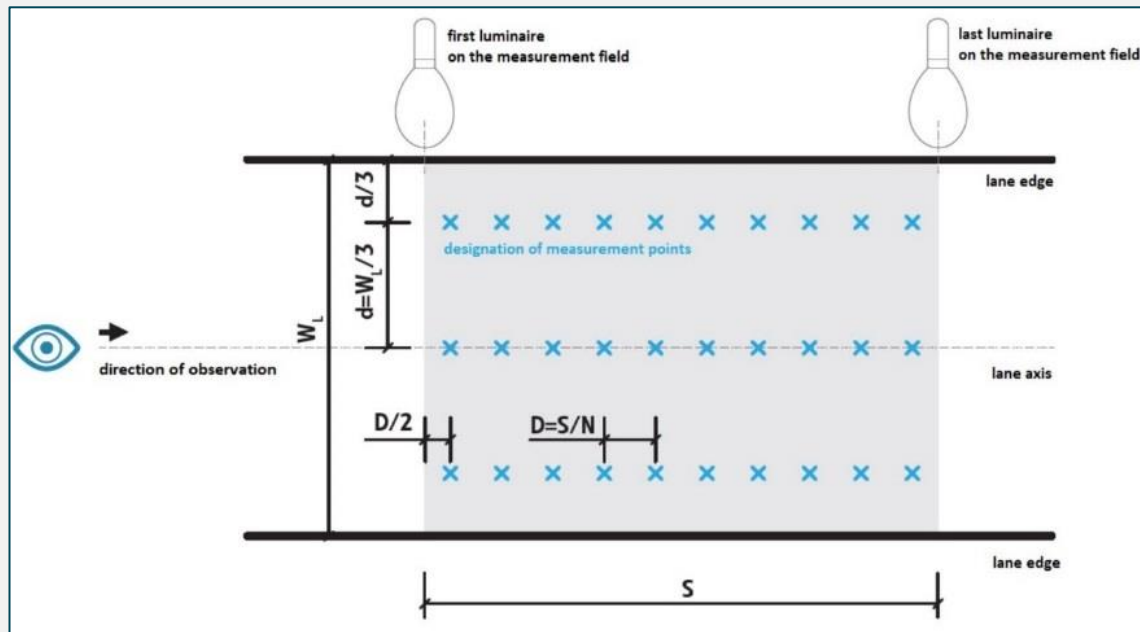
DINAMICA



Misura dell'illuminamento

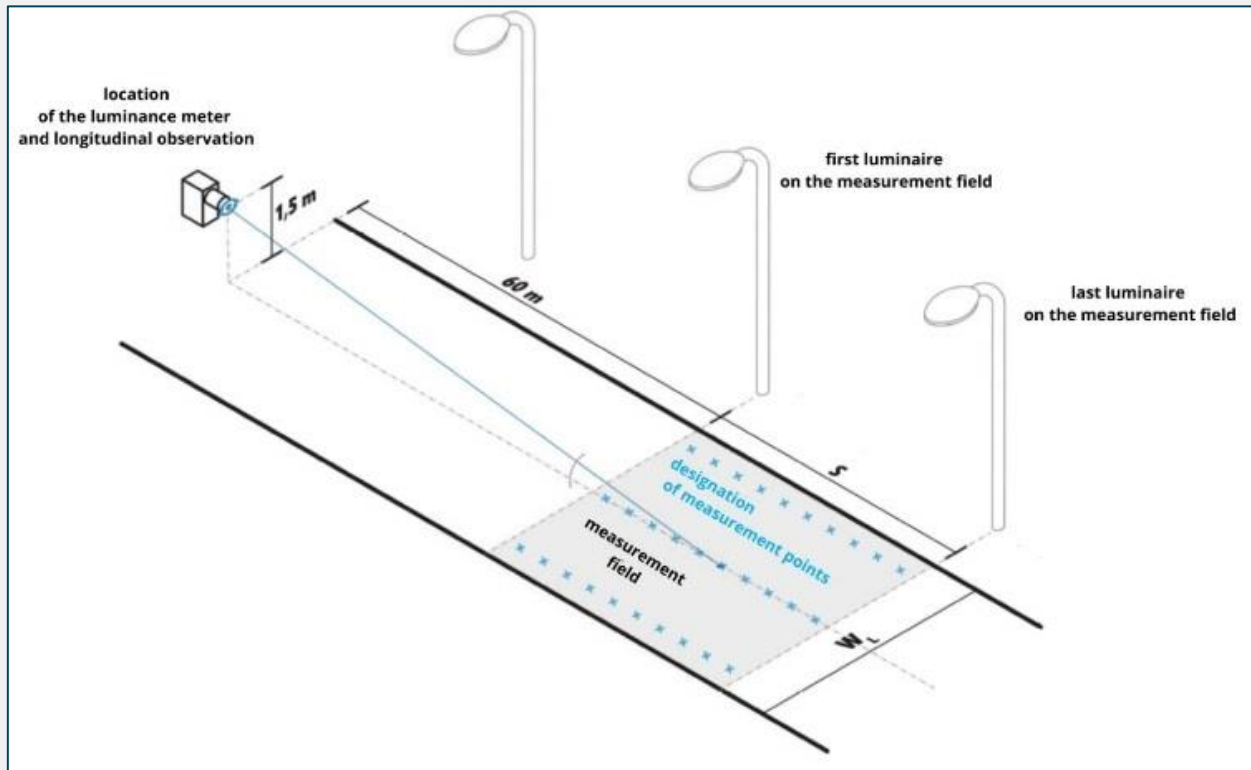


LUXMETRO



GRIGLIA DI MISURA

Misura di luminanza



Il laboratorio mobile TIRESIA

Funzionalità



01

Misure di luminanza
Superficie stradale
Pareti di gallerie

02

Misure di illuminamento
Superficie stradale
Pareti di gallerie

03

Misure di abbagliamento
Luminanza di velo
Abbagliamento prodotto dall'impianto di illuminazione

04

Misure accessorie
Distanza percorsa
Velocità di crociera
Posizione

MODALITA' METROLOGICA

Velocità: 10 km/h

Condizioni ambientali di misura: assenza di traffico

Incertezza: paragonabile a quella conseguibile con misurazioni manuali

Applicazioni: collaudo impianti di illuminazione

Vantaggi:

- rapidità di esecuzione;
- copertura dell'intera tratta stradale o galleria;
- maggiore risoluzione spaziale;
- Informazioni più dettagliate e meglio caratterizzanti le reali condizioni di illuminazione.

MODALITA' IN ALTO RENDIMENTO

Velocità: fino a 90 km/h

Condizioni ambientali di misura: traffico moderato o controllato

Incertezza: compatibile con le attuali richieste normative

Applicazioni: verifiche in esercizio degli impianti di illuminazione

Vantaggi:

- rapidità di esecuzione;
- copertura dell'intera tratta stradale o galleria;
- maggiore risoluzione spaziale;
- informazioni più dettagliate e meglio caratterizzanti le reali condizioni di illuminazione.

Il laboratorio mobile TIRESIA

Equipaggiamento

4 Fotocellule

2 Fotocamere di misura

1 GPS

1 Sensore laser

1 Fotocamera di controllo

1 Odometro





STEP 1:

Taratura della sorgente di riferimento con strumentazione tarata da centro LAT o NMI.

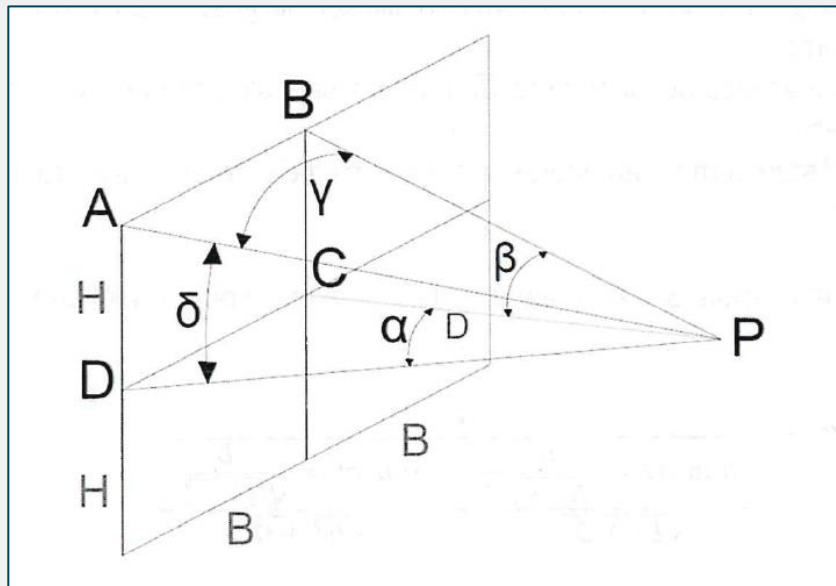


STEP 2:

Taratura dell'ILMD con la sorgente precedentemente tarata.

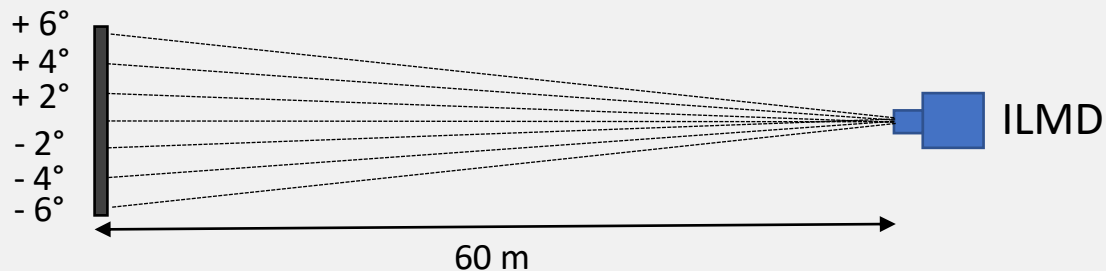
STEP 1:

Taratura della sorgente di riferimento con strumentazione tarata da centro LAT o NMI.

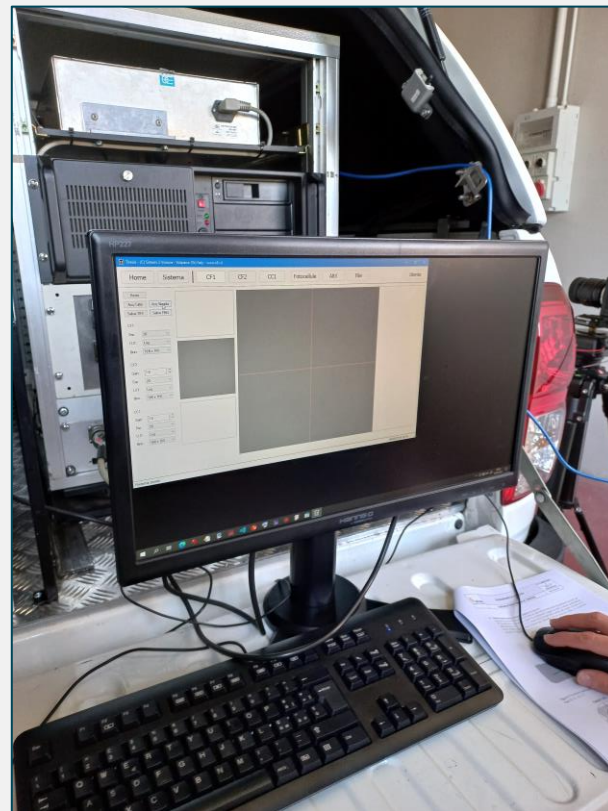


STEP 2:

Taratura dell'ILMD con la sorgente precedentemente tarata.



T= 6.500 °K	100 cd/m	30 cd/m ²	6 cd/m ²	1.5 cd/m ²
T= 5.500 °K	120 cd/m	30 cd/m ²	10 cd/m ²	2 cd/m ²
T= 4.500 °K	120 cd/m	30 cd/m ²	10 cd/m ²	2 cd/m ²
T= 3.400 °K	90 cd/m ²	25 cd/m ²	6 cd/m ²	1.5 cd/m ²



Determinazione dell'incertezza di misura associata alla taratura

U = 9%

Modello matematico per la determinazione dell'incertezza

$$K_{ILMD}(P_{r,c}) = K_{ILMD,c}(P_{r,c}) k_m k_1 k_3 k_T k_{sl} k_{us} k_i k_{um} k_{sr}$$

$K_{ILMD}(P_{r,c})$ è il coefficiente di proporzionalità luminanza/conteggio valido per il singolo fotosito ($P_{r,c}$)

FATTORI CORRETTIVI

Taratura monitor (k_m)

Risposta spettrale dell'ILMD (k_1)

Linearità dell'ILMD (k_3)

Condizioni ambientali (k_T)

Luce parassita (k_{sl})

Uniformità del sensore ILMD (k_{us})

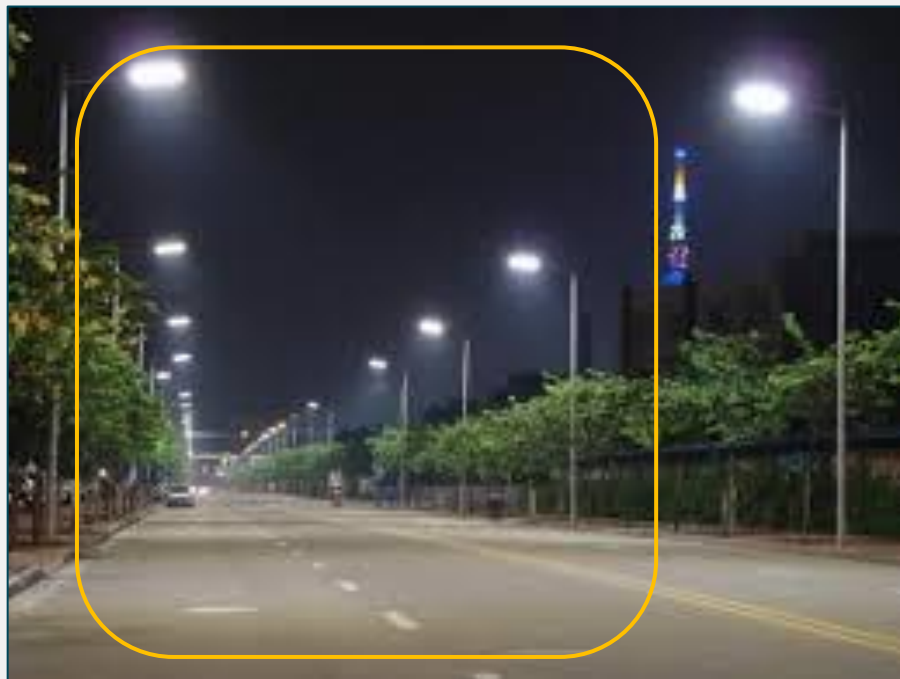
Interpolazione e simmetrizzazione lungo l'asse orizzontale del sensore ILMD (k_i)

Uniformità di luminanza della superficie del monitor (k_{um})

Simmetria rotazionale associata al sistema ottico (k_{sr})

Determinazione dell'incertezza di misura della luminanza

$U = 10\%$



ULTERIORI FATTORI DI INCERTEZZA

Determinazione dei
conteggi dei singoli
fotositi

Ulteriori sorgenti
luminose non inquadrate

Ulteriori sorgenti
luminose inquadrate

Determinazione dell'incertezza di misura delle uniformità

Uniformità generale

$$U_o = \frac{L_{min}}{\bar{L}}$$

$$u^2(U_o) = \left(\frac{dU_o}{dL_{min}} \right)^2 u^2(L_{min}) + \left(\frac{dU_o}{d\bar{L}} \right)^2 u^2(\bar{L}) = \frac{1}{\bar{L}^2} u^2(L)$$

$$u(U_o) = \frac{1}{\bar{L}} u(L)$$

Determinazione dell'incertezza di misura delle uniformità

Uniformità longitudinale

$$U_{l,c} = \frac{L_{\min}}{L_{\max}}$$

$$u^2(U_l) = \left(\frac{dU_l}{dL_{\min}}\right)^2 u^2(L_{\min}) + \left(\frac{dU_l}{dL_{\max}}\right)^2 u^2(L_{\max})$$

$$u(U_l) = u(L) \left(\frac{\sqrt{L_{\max}^2 + L_{\min}^2}}{L_{\max}} \right) \rightarrow U = 2,5\%$$

CONCLUSIONI

Prossimi sviluppi

- 01 Semplificazione della procedura di taratura dell'ILMD
- 02 Aggiornamento della modalità di misura dell'illuminamento
- 03 Riduzione della frequenza dei malfunzionamenti di alcuni sensori accessori per incrementare l'affidabilità del sistema di misura.



L'ENTE ITALIANO DI ACCREDITAMENTO

ACCREDIA

Via Guglielmo Saliceto, 7/9 - 00161 Roma
T +39 06 8440991 / F +39 06 8841199
info@accredia.it

Dipartimento Certificazione e Ispezione

Via Tonale, 26 - 20125 Milano
T +39 02 2100961 / F +39 02 21009637
milano@accredia.it

Dipartimento Laboratori di prova

Via Guglielmo Saliceto, 7/9 - 00161 Roma
T +39 06 8440991 / F +39 06 8841199
info@accredia.it

Dipartimento Laboratori di taratura

Strada delle Cacce, 91 - 10135 Torino
T +39 011 32846.1 / F +39 011 3284630
segreteriaadt@accredia.it

Patrizia Bellucci

ANAS S.p.A. -Centro Sperimentale Stradale
Cesano di Roma

E-mail: p.bellucci@stradeanas.it