

Anexa B (normativă)

Metodă de măsurare a coeficientului de luminanță retroreflectată R_L

B.1 Introducere

Echipamentul de măsurare a coeficientului de luminanță retroreflectorizată R_L a unei zone de marcaj rutier se compune dintr-un sistem de iluminare, un fotometru și un dispozitiv care permite definirea unui plan de referință orizontal cu un centru de referință.

Măsurările în laborator servesc pentru determinarea valorilor R_L a eșantioanelor care trebuie utilizate pentru a încerca sau calibra echipamentul *in situ*. Planul de referință și centrul de referință sunt definite cu ajutorul unui suport de probe și unei proceduri de aliniere.

În anumite cazuri pot fi suficiente eșantioane de 20 cm. Eșantioanele utilizate pentru a calibra sau încerca aparatele portabile trebuie să aibă o lungime minimă de 40 cm, în timp ce eșantioanele utilizate pentru a calibra sau încerca aparatele montate pe vehicule trebuie să fie mai lungi. Pentru anumite marcaje rutiere structurate, este necesară utilizarea de eșantioane relativ mai lungi. Lățimea curentă a eșantioanelor este de 20 cm.

Pentru a ușura manipularea, se recomandă ca eșantionul să fie așezat pe un suport și să aibă o suprafață de marcaj rutier fără deformații. Eșantionul poate fi așezat fie direct pe acest suport, fie poate fi prelevat de pe un drum și apoi lipit pe suport.

Aparatele portabile sunt destinate măsurării valorilor R_L ale marcajelor rutiere direct pe partea carosabilă, dar pot fi utilizate și pentru măsurarea valorilor R_L ale produselor de marcarea rutieră de pe plăci eșantion înaintea aplicării acestora pe partea carosabilă.

Un aparat portabil include fotometrul și sistemul de iluminare. Pentru un aparat cu vizare fixă, planul și centrul de referință sunt definite de picioarele aparatului. Pentru un aparat cu vizare reglabilă, planul și centrul de referință sunt definite printr-o procedură de vizare.

Când este măsurat un marcaj rutier structurat cu ajutorul unui aparat portabil, este necesară determinarea capacității aparatului respectiv de a putea măsura marcajul cu înălțimea reală a structurilor și intervalele reale între aceste structuri. Valoarea R_L este definită ca media unui anumit număr de valori, fiecare fiind obținută ca urmare a deplasării aparatului în lungul marcajului, iar ansamblul deplasărilor trebuie să acopere unu sau mai multe intervale între structuri.

Aparatele montate pe vehicule servesc la măsurarea valorilor R_L ale marcajelor rutiere la viteze de circulație normale și pot fi utilizate pentru sectoare de drum mai lungi decât cele la care se utilizează aparatele portabile, dar și atunci când utilizarea aparatelor portabile necesită precauții extreme, în special la autostrăzi.

În principiu, se consideră că aparatele montate pe vehicule satisfac aceleași cerințe ca și aparatele portabile și că se adaptează mișcărilor vehiculului și variațiilor de iluminare ale luminii zilei. Totodată, viteza poate face mai dificilă măsurarea, ceea ce poate necesita compromisuri referitoare la cerințe sau poate antrena o variabilitate suplimentară a valorilor măsurate.

Aparatele portabile și cele montate pe un vehicul trebuie etalonate, întreținute și utilizate conform instrucțiunilor furnizate de producător.

B.2 Conformitate spectrală a echipamentului de măsurare

Fotometrul trebuie să aibă un răspuns spectral conform distribuției $V(\lambda)$ iar iluminarea trebuie să aibă o emisie spectrală conformă cu iluminantul standardizat A, astfel cum este definit în **EN** ISO 10526 **A1**.

NOTA 1 - Pentru corecția $V(\lambda)$ a valorilor înregistrate ale luminanței, a se vedea publicația CIE 69 [2].

Totodată, utilizarea iluminanților care au distribuții spectrale diferite, este permisă dacă răspunsul spectral al fotometrului este astfel modificat, încât răspunsul spectral global al iluminării și măsurării să fie corect.

NOTA 2 - Numai în cazul fluorescenței este necesar ca spectrul de emisie al sursei luminoase să fie corect, dar este puțin probabil ca fluorescența să fie foarte importantă în condițiile de măsurare a R_L .

Aparatele portabile trebuie să aibă un răspuns spectral global care permit cel puțin garantarea unei măsurări corecte a marcajelor rutiere albe și galbene.

Răspunsul spectral global poate fi evaluat cu ajutorul unui etalon alb reflectorizant (cu spectru neutru) sau cu un eșantion de marcaj rutier alb și un ansamblu de filtre de absorbție care produc culori cuprinse între galben deschis și galben închis.

Raportul între valorile R_L obținute cu un filtru galben montat în fața etalonului reflectorizant alb și valorile obținute fără filtru, trebuie să fie cuprins într-un interval de $\pm 5\%$ față de factorul de transmisie luminoasă a unei perechi de astfel de filtre în aer pentru o iluminare produsă de un iluminant standardizat A. Filtrul trebuie ușor înclinat pentru a evita un semnal prin reflexie asupra suprafeței și să fie la o anumită distanță de etalon pentru a evita o reflexie a suprafeței către acesta.

Pot fi adăugate filtre cu diferite culori pentru a evalua capacitatea unui aparat de a măsura marcaje rutiere care au aceste culori.

(A) Pentru aparatele montate pe vehicul, este permis să se utilizeze de asemenea un laser vizibil ca sursă de lumină dacă etalonarea este efectuată pentru culoarea marcajelor rutiere de măsurat. **(A)**

B.3 Condiții standardizate de măsurare a echipamentului de măsură

Fotometrul măsoară o zonă a planului de referință situată în apropierea centrului de referință. Sistemul de iluminare luminează o zonă a planului de referință situată de asemenea, în apropierea centrului de referință.

Zonele sunt dispuse conform metodelor A dacă zona luminată conține zona măsurată și conform metodei B dacă zona măsurată conține zona luminată. Suprafața măsurată, definită ca suprafața cea mai mică dintre cele două zone, trebuie să fie de minimum 50 cm^2 .

Direcția de observație este direcția centrală a tuturor razelor emise de zona măsurată către fotometru și care sunt orientate către zona de detecție. Unghiul de observație, simbolizat prin α , este unghiul format de direcția de observație cu planul de referință.

Direcția de iluminare este direcția centrală a tuturor razelor emise de sistemul de iluminare către zona măsurată. Unghiul de iluminare, simbolizat prin ε , este unghiul format de direcția de iluminare cu planul de referință.

În condițiile standardizate de măsurare, unghiul de observație α trebuie să fie de $2,29^\circ \pm 0,05^\circ$, unghiul de iluminare ε trebuie să fie de $1,24^\circ \pm 0,05^\circ$ și unghiul format de cele două plane verticale care conțin direcția de observație și direcția de iluminare trebuie să fie de $0^\circ \pm 0,05^\circ$.

Deschiderea unghiulară totală a direcțiilor de măsurare nu trebuie să depășească $0,33^\circ$. Deschiderea unghiulară totală a direcțiilor de iluminare nu trebuie să depășească $0,33^\circ$ în plan paralel cu planul de referință și $0,17^\circ$ în plan perpendicular pe planul de referință.

NOTA 1 - Condițiile standardizate de măsurare sunt destinate simulării unei distanțe de observație de 30 m pentru conducătorul unei mașini de turism al cărui ochi sunt la o înălțime de 1,20 m deasupra drumului, iar farurile vehiculului sunt situate la o înălțime de 0,65 m deasupra drumului.

NOTA 2 - Pentru anumite aparate, conformitatea cu condițiile standardizate de măsurare poate fi evaluată prin introducerea unei lumini uniforme în sistemul optic al fotometrului și al sistemului de iluminare și prin observarea fasciculelor transmise. Este obligatorie consultarea producătorului aparatului și respectarea instrucțiunilor acestuia pentru introducerea unei lumini în sistemul optic.

B.4 Aplicații practice ale echipamentului de măsură

Echipamentul trebuie să aibă o sensibilitate și limite de măsurare suficiente pentru a se adapta la valori R_L așteptate în timpul utilizării, cuprinse între $1 \text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ și $2\,000 \text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$. Peste aceste limite, linearitatea valorilor R_L trebuie adaptată la utilizarea preconizată.

Sensibilitatea, limitele și linearitatea aparatelor portabile pot fi evaluate cu ajutorul eșantioanelor corespunzătoare.

Aparatele portabile sunt utilizate ziua și trebuie realizate astfel încât în aceste condiții, măsurările să nu fie afectate de către lumina ambiantă. Anumite aparate pot, dacă este necesar, să informeze utilizatorul prin avertismente sau mesaje de eroare.

Limitele imputabile luminii parazite care provine de la lumina zilei, pot fi evaluate prin realizarea unei măsurări în timpul zilei în cursul căreia valorile obținute fără a acoperi aparatul sunt comparate cu cele obținute după acoperirea acestuia cu un material textil negru sau cu alt dispozitiv.

Aparatele portabile sunt utilizate pentru măsurarea suprafețelor de marcaj rutier umede a căror valori R_L pot fi reduse în timp ce reflexia suprafeței este importantă. Aparatele portabile trebuie fabricate sau corectate astfel încât reflexiile suprafeței să nu antreneze variația rezultatelor.

Sensibilitatea la reflexiile suprafeței poate fi evaluată prin măsurarea unei plăci acrilice negre a cărei suprafață este netedă și curată și a cărei valoare R_L este nulă.

Aparatele portabile pot fi înclinate și deplasate pe verticală față de suprafața marcajului rutier, din cauza texturii și curburii acestor marcaje, a particulelor existente pe suprafață și a structurii marcajelor rutiere structurate.

Referitor la aparatele cu vizare fixă, sensibilitatea la înclinări și deplasări trebuie evaluată prin modificarea înălțimii H a aparatului paralel cu eșantionul de marcaj rutier și prin deplasarea simultană a eșantionului în sensul orizontal, astfel încât zona măsurată să acopere aceeași locație pe suprafața eșantionului. Pentru metoda A, mișcarea eșantionului este de $H/\sin 2,29^\circ = 25 \times H$. Pentru metoda B, aceasta este de $H/\sin 1,24^\circ = 46 \times H$.

Valoarea R_L măsurată nu trebuie să varieze cu mai mult de $\pm 10\%$, când înălțimea trece de la « 0 mm » la -1 mm, 1 mm și 2 mm.

Pot fi adăugate și alte înălțimi pentru a demonstra capacitatea unui aparat de a măsura marcajele rutiere foarte rugoase, în special marcajele rutiere structurate.

NOTĂ - Când un aparat poate funcționa la o înălțime H , acesta poate măsura marcaje rutiere structurate a căror înălțime a structurilor nu depășește H sau a căror intervale între structuri nu depășesc $25 \times H$.

Toate aparatele cu vizare reglabilă trebuie să satisfacă aceleași cerințe, dar verificarea trebuie făcută ținând cont de construcția aparatelor.

B.5 Calibrarea echipamentului de măsurare

Pentru echipamentele de laborator, calibrarea directă se obține prin montarea fotometrului în centrul de referință, orientarea acestuia către sistemul de iluminare și măsurarea iluminării. Rezultatul este superior cu mai multe ordine de mărime decât un rezultat clasic de măsurare; trebuie verificată linearitatea fotometrului pe întregul domeniu.

Poate fi preferabil să se utilizeze o calibrare indirectă cu ajutorul unui eșantion etalonat a cărui valoare R_L este cunoscută, măsurată printr-un etalonaj direct sau prin orice altă tehnică documentată de etalonare. Este corespunzător în mod special, un eșantion sub forma unei suprafețe ceramice albă înclinată.

Un aparat portabil trebuie etalonat cu ajutorul unui eșantion etalon identificabil, având valoarea R_L cunoscută. Trebuie să fie posibilă o etalonare independentă a eșantionului etalon. Poate fi utilizat un

etalon de transfer pentru încercările de rutină de calibrare, pentru a evita o manipulare prea frecventă a etalonului pe drum.

NOTA 1 - Calibrarea directă și celelalte metode de calibrare sunt descrise în publicația CIE 54.2 [1].

NOTA 2 - Când trebuie utilizat un etalon cu o suprafață înclinată pentru metoda B, trebuie să i se atribuie valoarea $\sin 1,24^\circ / \sin 2,29^\circ \approx 0,542$ de ori valoarea R_L măsurată.

(A) Pentru aparatele montate pe vehicule, este permis să se utilizeze aparate portabile calibrate pentru calibrarea unei suprafețe, dacă aparatul portabil folosit este calibrat cu ajutorul unui etalon. **(A)**

B.6 Condiții pe timp umed

Condițiile de încercare trebuie create folosind apă curată turnată deasupra suprafeței, dintr-un recipient, de la o înălțime de aproximativ 0,3 m. Apa este turnată uniform pe suprafața de încercare, astfel încât suprafața de măsurare și zonele de margine ale acesteia să fie dintr-o dată acoperită de apă. Coeficientul de luminanță retroreflectorizată R_L pe vreme umedă trebuie măsurat în condițiile de încercare, la (60 ± 5) s după ce a fost turnată apa. Cantitatea de apă turnată într-un punct este de cel puțin 3 litri.

Condițiile de încercare pot fi create și după (60 ± 5) s de la întreruperea unei ploii artificiale după cum este descris la B.7.

NOTA 1 - Condițiile de încercare nu sunt aplicabile marcajelor rutiere aplicate recent deoarece suprafața acestora este hidrofobă și se formează bule pe aceasta. Proprietatea hidrofobă a suprafeței dispare în general, după câteva săptămâni de la aplicarea marcajului rutier.

NOTA 2 - Pe vreme caldă și însoțită, suprafața drumului poate fi atât de caldă, încât se usucă foarte repede. Pentru a o răci este necesar să fie vărsată apă de mai multe ori.

Dacă echipamentul portabil este rece după transport, când este amplasat pe partea carosabilă caldă și umedă, se aburește partea optică a acestuia. Se recomandă lăsarea echipamentului portabil să se încălzească și să fie răcită suprafața drumului.

B.7 Condiții pe timp ploios

Condițiile de încercare trebuie create cu apă curată care simulează o ploaie, fără brumă și ceață, cu o intensitate medie de (20 ± 2) mm/h pe o suprafață de cel puțin două ori mai lată decât zona de măsurare (lățime de minimum 0,3 m) și cu o lungime mai mare cu 25% decât cea a zonei de măsurare. Variația intensității ploii între cea mai redusă și cea mai mare, nu trebuie să depășească un raport de 1 până la 1,7.

Măsurările coeficientului de luminanță retroreflectorizată R_L pe timp de ploaie trebuie efectuate după 5 minute de ploaie continuă sau din momentul în care rezultatele măsurării sunt stabile și în timp ce ploaia încetează.

Intensitatea ploii poate fi determinată prin măsurarea volumului de apă colectat în șase tăvi plate, într-un interval de timp dat. Tăvile pot fi distribuite longitudinal pentru a acoperi lățimea minimă a zonei de 0,3 m.

NOTA 1 - Condițiile de încercare nu sunt aplicabile marcajelor rutiere aplicate recent deoarece suprafața acestora este hidrofobă și se formează bule pe aceasta. Proprietatea hidrofobă a suprafeței dispare în general, după câteva săptămâni de la aplicarea marcajului rutier.

NOTA 2 - Deseori este necesară prevederea unei protecții contra vântului, deschisă în partea din spate pentru a evita orice reflexie. Se recomandă eliminarea brumei și ceații înainte de a trece la măsurare.

NOTA 3 - Măsurările pot fi efectuate noaptea cu ajutorul unui dispozitiv de măsurare a luminanței dotat cu specificațiile corespunzătoare și cu ajutorul unui proiector puternic. Măsurările pot fi efectuate și cu ajutorul aparatelor portabile sau montate pe vehicul, cu condiția ca zona măsurată să se afle în fața aparatului sau echipamentului.

NOTA 4 - Măsurările pot fi realizate și în laborator pe eșantioane de 2 m lungime plasate pe plăci rigide. Pentru un drenaj real, se recomandă ca eșantioanele să fie înclinate cu 2 % către o parte și ca suportul să aibă o lățime suplimentară de $(10 \pm 0,5)$ cm în partea suprainălțată.

B.8 Incertitudinea măsurării

NOTA 1 - Conceptul de « incertitudinea măsurării » înglobează atât justetea (sau abaterea) cât și fidelitatea (repetabilitatea sau reproductibilitatea).

Anumite niveluri de justete pot fi garantate indirect prin utilizarea unui echipament de măsură conform paragrafelor B.2 până la B.5 pentru o utilizare limitată la domeniul de aplicabilitate al unui echipament special. Fidelitatea poate fi determinată cu metode convenționale care se conformează definițiilor.

NOTA 2 - În mod ideal, justetea ar putea fi determinată cu ajutorul plăcilor de marcaj rutier având valori de referință acceptate, măsurate în laborator. În prezent măsurările în laborator nu sunt suficient de dezvoltate.

În consecință, incertitudinea măsurării poate fi tratată prin parcurgerea următoarelor etape :

- calibrare, a se vedea B.5 ;
- capacitatea de a răspunde condițiilor practice, inclusiv aplicabilitatea pentru marcajele structurate, a se vedea B.4 ;
- conformitatea cu condițiile standardizate de măsurare, a se vedea B.3 ;
- conformitatea spectrală inclusiv aplicabilitatea referitoare la culorile marcajelor rutiere, a se vedea B.2 ;
- fidelitate (repetabilitate și reproductibilitate).

Furnizorii / producătorii de echipament de măsură trebuie să țină cont de fiecare dintre aceste etape, astfel încât să poată fi tratate domeniul de aplicabilitate și incertitudinea măsurării în acest domeniu :

- incertitudinea etalonării trebuie precizată prin trasabilitate sau referire la un etalon având o valoare de referință acceptată ;
- trebuie să fie disponibile instrucțiuni referitoare la utilizarea echipamentului în șantier, în special pentru utilizarea pe marcaje rutiere structurate ;
- aceste etape și altele, trebuie pe cât posibil să facă obiectul unor rapoarte de încercare independente.

Condițiile de vreme umedă și ploioasă antrenează o creștere a incertitudinii.

Conform încercărilor efectuate de un GT al CEN/TC 226 WG2, repetabilitatea (95 %) a condițiilor de umiditate este de aproximativ $5 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ pentru marcaje rutiere umede având valori R_L de până la $60 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$. Repetabilitatea condițiilor pe timp de ploale nu a fost stabilită.