

## Bilag 1 Vejtavlens lystekniske egenskaber

### 0. Introduktion

Dette bilag indeholder de definitioner, der specielt benyttes ved specifikation af vejtavlens lystekniske egenskaber, og det angiver målemetoder.

### 1. Koefficient for retrorefleksion, materialetyper 3, 4 og 5

En tavleoverflades retrorefleksion beskrives ved koefficienten for retrorefleksion som defineret i CIE publikation nr. 54 (1982) »Retroreflection-definition and measurement«.

Tavlematerialets koefficient for retrorefleksion skal mindst opfylde de i tabellerne 1, 2 og 3 angivne værdier, når målingen foretages som specificeret i dette bilag.

| Observationsvinkel $\alpha$ | Indfaldsvinkel $\beta$ | Hvid              | Gul               | Rød               | Grøn              | Blå               | Brun              |
|-----------------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 0,33°                       | 5°                     | 43                | 30                | 8,6               | 6,0               | 2,6               | 1,3               |
|                             | 15°                    | 42                | 29                | 8,4               | 5,8               | 2,5               | 1,2               |
|                             | 30°                    | 38                | 26                | 7,5               | 5,2               | 2,2               | 1,1               |
| 0,5°                        | 5°                     | 25                | 17                | 4,9               | 3,4               | 1,4               | 0,7               |
|                             | 15°                    | 24                | 16                | 4,7               | 3,3               | 1,4               | 0,7               |
|                             | 30°                    | 21                | 14                | 4,2               | 2,9               | 1,2               | 0,6               |
| 1,0°                        | 5°                     | 9,3               | 6,5               | 1,8               | 1,3               | 0,5               | 0,2               |
|                             | 15°                    | 9,0               | 6,3               | 1,8               | 1,2               | 0,5               | 0,2               |
|                             | 30°                    | 8,1               | 5,6               | 1,6               | 1,1               | 0,4               | 0,2               |
| 1,5°                        | 5°                     | 5,4               | 3,7               | 1,0               | 0,7               | 0,3               | 0,1               |
|                             | 15°                    | 5,2               | 3,6               | 1,0               | 0,7               | 0,3               | 0,1               |
|                             | 30°                    | 4,7               | 3,3               | 0,9               | 0,6               | 0,2               | 0,1               |
| 2,0°                        | 5°                     | 4,2               | 2,9               | 0,8               | 0,5               | 0,2               | 0,1               |
|                             | 15°                    | 4,1               | 2,8               | 0,8               | 0,5               | 0,2               | 0,1               |
|                             | 30°                    | 3,6               | 2,5               | 0,7               | 0,5               | 0,2               | 0,1               |
|                             | 40°                    | 3,2 <sup>1)</sup> | 2,2 <sup>1)</sup> | 0,6 <sup>1)</sup> | 0,4 <sup>1)</sup> | 0,2 <sup>1)</sup> | 0,1 <sup>1)</sup> |

1) Disse krav kan gøres gældende for tavler, som nødvendigvis må placeres så de skal læses på kort afstand under en stor vinkel. Dette kan for eksempel være tilfældet for pilvejvisere ved rundkørsler.

**Tabel 1.** Minimumsværdier for koefficienten for retrorefleksion  $i$  (cd/lx)/m<sup>2</sup> for tavlemateriale type 3

| Observationsvinkel $\alpha$ | Indfaldsvinkel $\beta$ | Hvid | Gul | Rød | Grøn | Blå | Brun |
|-----------------------------|------------------------|------|-----|-----|------|-----|------|
| 0,33°                       | 5°                     | 72   | 50  | 14  | 10   | 4,3 | 2,1  |
|                             | 15°                    | 70   | 49  | 14  | 9,8  | 4,2 | 2,1  |
|                             | 30°                    | 63   | 44  | 12  | 8,8  | 3,7 | 1,8  |
| 0,5°                        | 5°                     | 40   | 28  | 8,1 | 5,7  | 2,4 | 1,2  |
|                             | 15°                    | 39   | 27  | 7,9 | 5,5  | 2,3 | 1,1  |
|                             | 30°                    | 35   | 24  | 7,7 | 4,9  | 2,1 | 1,0  |
| 1,0°                        | 5°                     | 15   | 10  | 3,1 | 2,1  | 0,9 | 0,4  |
|                             | 15°                    | 15   | 10  | 3,0 | 2,1  | 0,9 | 0,4  |
|                             | 30°                    | 13   | 9,4 | 2,7 | 1,8  | 0,8 | 0,4  |
| 1,5°                        | 5°                     | 9,0  | 6,3 | 1,8 | 1,2  | 0,5 | 0,2  |
|                             | 15°                    | 8,6  | 6,0 | 1,7 | 1,2  | 0,5 | 0,2  |
|                             | 30°                    | 7,8  | 5,4 | 1,5 | 1,0  | 0,4 | 0,2  |

**Tabel 2.** Minimumsværdier for koefficienten for retrorefleksion  $i$  (cd/lx)/m<sup>2</sup> for tavlemateriale type 4

| Observationsvinkel $\alpha$ | Indfaldsvinkel $\beta$ | Hvid | Gul | Rød | Grøn | Blå | Brun |
|-----------------------------|------------------------|------|-----|-----|------|-----|------|
| 0,2°                        | 5°                     | 359  | 250 | 71  | 50   | 21  | 10   |
|                             | 15°                    | 348  | 243 | 69  | 48   | 20  | 10   |
| 0,33°                       | 5°                     | 144  | 101 | 28  | 20   | 8,6 | 4,3  |
|                             | 15°                    | 140  | 98  | 28  | 19   | 8,4 | 4,2  |
| 0,5°                        | 5°                     | 82   | 57  | 16  | 11   | 4,9 | 2,4  |
|                             | 15°                    | 79   | 55  | 15  | 11   | 4,7 | 2,3  |
| 1,0°                        | 5°                     | 31   | 21  | 6,2 | 4,3  | 1,8 | 0,9  |
|                             | 15°                    | 18   | 21  | 6,0 | 4,2  | 1,8 | 0,9  |

**Tabel 3.** Minimumsværdier for koefficienten for retrorefleksion  $i$  (cd/lx)/m<sup>2</sup> for tavlemateriale type 5

For silketrykte dele af tavlen skal koefficienten for retrorefleksion være mindst 70 % af de i tabellerne 1, 2 og 3 angivne værdier.

Vedrørende de øvrige lystekniske definitioner henvises til DS 704 »Belysning – definitioner«.

Koefficient for retrorefleksion  $R'$  bestemmes som forholdet mellem lysstyrken  $I$  af det fra  $1 \text{ m}^2$  af prøven tilbagekastede lys i observationsretningen og belysningsstyrken  $E$  vinkelret på det indfaldende lys på prøvens plads:

$$R' = I/E \text{ (cd/lx)/m}^2$$

Som lyskilde til at belyse prøven anvendes standard lystype A, som repræsenterer en autolampe og har en korreleret farvetemperatur på 2856 K. Den spektrale effektfordeling er angivet i ISO/CIE 10526:1991 »Colorimetric illuminants«.

De aktive dele af såvel lyskilde som fotometer skal udgøre en vinkel på  $5 \pm 0,5$  bueminutter set fra prøvens sted.

Måling foretages på ren, tør overflade.

Målegeometrien fastlægges ved fire vinkler  $\alpha$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  og  $\varepsilon$  som tillige er defineret i ovennævnte CIE publikation nr. 54. De fire vinkler indstilles, som vist i figur 1.

- Vinklen  $\alpha$  måles mellem belysnings- og måleretning og kaldes observationsvinkel.
- Vinklerne  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  indstilles ved drejning af prøven i et goniometer med to akser og bestemmer tilsammen lysets indfaldsvinkel  $\beta$  på prøven (måles fra prøvens normal til belysningsretningen). Vinklerne opfattes derfor som indfaldsvinklens to komponenter.
- Vinklen  $\alpha$  beskriver en rotation af prøven omkring dens normal ved montering i goniometeret og kaldes rotationsvinklen.

I en praktisk køresituation afhænger observationsvinklen  $\alpha$  især af afstanden til vejtavlen. For en personbil svarer værdier i området  $0,2^\circ$  til  $2^\circ$  til afstande fra ca. 200 m ned til ca. 30 m.

Indfaldsvinklen  $\beta$  afhænger af flere forhold, herunder vejtavlens placering og evt. hældning eller drejning, vejens forløb samt afstanden til tavlen. Ved fornuftigt placerede vejtavler forekommer der sjældent værdier over  $15^\circ$  på lang afstand og  $30^\circ$  på kort afstand.

Fordelingen af indfaldsvinklen på komponenterne  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  afhænger bl.a. af vejtavlens placering i vejrummet. Figur 2 viser nogle situationer (a), (b), (c), (d), (e), (f) og (g) for vejtavler placeret ved en lige vej, hvor værdierne af  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  fremgår af tabel 5. Ved lang afstand kan alle situationerne forekomme, mens situationerne (c), (d) og (e) normalt ikke forekommer på kort afstand (under kørsel ophører læsning af højt placerede tavler inden man når ind på kort afstand). Situationerne (c), (d) og (e) kan dog forekomme også på kort afstand, hvis vejtavlen monteres i en hældet eller drejet position.

Værdien af rotationsvinklen  $\varepsilon$  er forskellig for de to forlygter og angiver hældningen af det plan, der omfatter lygte, øje og vejtavle. Værdier fra ca.  $-45^\circ$  til  $45^\circ$  er typiske og endnu større værdier forekommer hvis vejtavlen monteres i en drejet position.

Tavlematerialer til retroreflekterende tavleoverflader opnår retrorefleksion ved brug af glasperler eller mikroprismer. Alle disse materialer viser variation af koefficienten for retrorefleksion med observationsvinklen  $\alpha$  og indfaldsvinklen  $\beta$ .

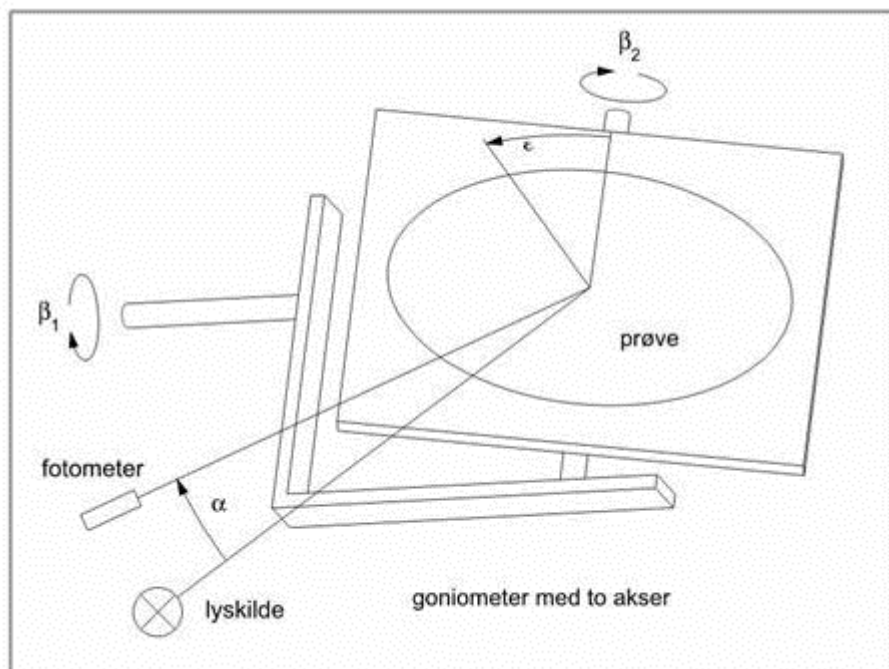
Perlebaserede tavlematerialer kan i almindelighed opfattes som »ikke-rotationsfølsomme« i den forstand at koefficienten for retrorefleksion ikke afhænger væsentligt af, hvorledes indfaldsvinklen  $\beta$  indstilles ved hjælp af dens komponenter, og heller ikke af eventuel rotation af prøven.

Mikroprismatiske tavlematerialer er derimod »rotationsfølsomme« i ovennævnte forstand, idet koefficienten for retrorefleksion kan variere væsentligt med samtlige fire vinkler.

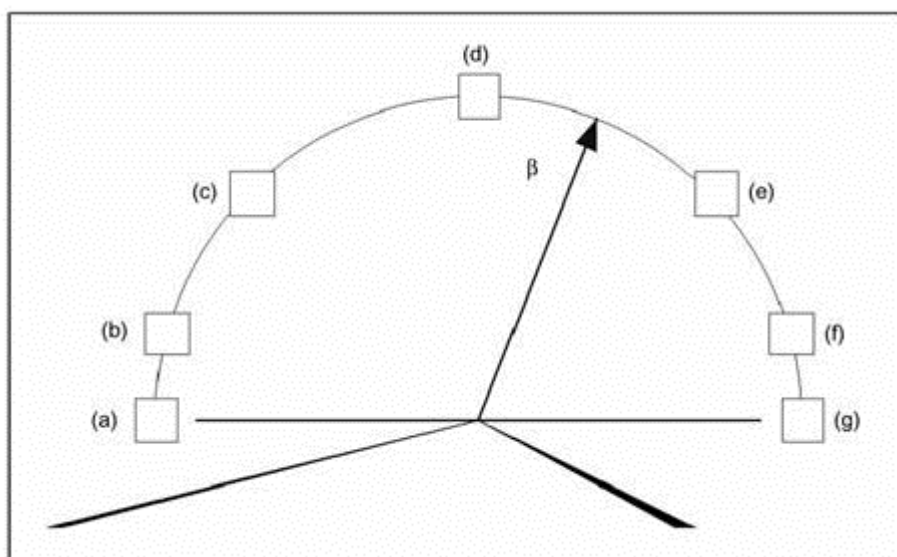
Ved måling af koefficienten for retrorefleksion af »ikke-rotationsfølsomme« materialer, anbringes prøven uden rotation ( $\varepsilon = 0^\circ$ ) og vinklen  $\beta$  indstilles udelukkende ved komponenten  $\beta_1$  ( $\beta_1 = \beta$ ,  $\beta_2 = 0^\circ$  svarende til situation (d)). Til »ikke-rotationsfølsomme« materialer medregnes perlebaserede materialer samt mikropriamatiske materialer i de tilfælde, hvor det kan godtgøres at konstruktionen sikrer denne egenskab.

Ved måling af koefficienten for retrorefleksion af »rotationsfølsomme« materialer, benyttes  $\varepsilon = -45^\circ$ ,  $0^\circ$  og  $45^\circ$  i de tilfælde (a), (b), (c), (d), (e), (f) og (g) der er markeret med  $\times$  i tabel 4, idet tilfælde angivet med markering i parentes ( $\times$ ) kan undlades, når materialet anvendes med sin retningsangivelse lodret opad på lodretstående tavler. De i tabel 4 anvendte tilfælde defineres ved komponenter  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  af indfaldsvinklen  $\beta$  som vist i tabel 5.

I alle tilfælde benyttes indstilling af rotationsvinklen  $\varepsilon$  til  $-45^\circ$ ,  $0^\circ$  og  $45^\circ$ . Desuden benyttes de udvalg af situationerne (a), (b), (c), (d), (e), (f) og (g), som kan forekomme, idet der dog er foretaget udtynding ved de mindste værdier af indfaldsvinklen  $\beta$  ( $5^\circ$  og  $15^\circ$ ), hvor variationen erfaringsmæssigt er mindre end ved den største værdi.



**Figur 1.** Indstilling af vinklerne  $\alpha$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ , og  $\varepsilon$



**Figur 2.** Illustration af situationerne (a), (b), (c), (d), (e), (f) og (g)

| $\beta$    | $\epsilon$  | (a) | (b) | (c) | (d) | (e) | (f) | (g) |
|------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $5^\circ$  | $-45^\circ$ |     |     |     | x   |     |     |     |
|            | $0^\circ$   |     |     |     | x   |     |     |     |
|            | $45^\circ$  |     |     |     | x   |     |     |     |
| $15^\circ$ | $-45^\circ$ | x   |     |     | x   |     |     | x   |
|            | $0^\circ$   | x   |     |     | x   |     |     | x   |
|            | $45^\circ$  | x   |     |     | x   |     |     | x   |
| $30^\circ$ | $-45^\circ$ | x   | x   | (x) | (x) | (x) | x   | x   |
|            | $0^\circ$   | x   | x   | (x) | (x) | (x) | x   | x   |
|            | $45^\circ$  | x   | x   | (x) | (x) | (x) | x   | x   |
| $40^\circ$ | $-45^\circ$ | x   | x   | (x) | (x) | (x) | x   | x   |
|            | $0^\circ$   | x   | x   | (x) | (x) | (x) | x   | x   |
|            | $45^\circ$  | x   | x   | (x) | (x) | (x) | x   | x   |

**Tabel 4.** Tilfælde, hvor der foretages måling for »rotationsfølsomme« materialer

| $\beta$    | $\epsilon$  | komponenter $\beta_1, \beta_2$ af indfaldsvinklen $\beta$ |               |               |                 |                 |                |               |               |
|------------|-------------|---|---------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|---------------|---------------|
|            |             |   | (a)           | (b)           | (c)             | (d)             | (e)            | (f)           | (g)           |
| $5^\circ$  | $-45^\circ$ | $\beta_1$   |               |               |                 | $3,5^\circ$     |                |               |               |
|            |             | $\beta_2$   |               |               |                 | $3,5^\circ$     |                |               |               |
|            | $0^\circ$   | $\beta_1$   |               |               |                 | $5,0^\circ$     |                |               |               |
|            |             | $\beta_2$   |               |               |                 | $0,0^\circ$     |                |               |               |
|            | $45^\circ$  | $\beta_1$   |               |               |                 | $3,5^\circ$     |                |               |               |
|            |             | $\beta_2$   |               |               |                 | $-3,5^\circ$    |                |               |               |
| $15^\circ$ | $-45^\circ$ | $\beta_1$   | $10,5^\circ$  |               |                 | $10,5^\circ$    |                |               | $-10,5^\circ$ |
|            |             | $\beta_2$   | $-10,7^\circ$ |               |                 | $10,7^\circ$    |                |               | $10,7^\circ$  |
|            | $0^\circ$   | $\beta_1$   | $0,0^\circ$   |               |                 | $15,0^\circ$    |                |               | $0,0^\circ$   |
|            |             | $\beta_2$   | $-15,0^\circ$ |               |                 | $0,0^\circ$     |                |               | $15,0^\circ$  |
|            | $45^\circ$  | $\beta_1$   | $-10,5^\circ$ |               |                 | $10,5^\circ$    |                |               | $10,5^\circ$  |
|            |             | $\beta_2$   | $-10,7^\circ$ |               |                 | $-10,7^\circ$   |                |               | $10,7^\circ$  |
| $30^\circ$ | $-45^\circ$ | $\beta_1$   | $20,7^\circ$  | $25,7^\circ$  | $(30,0^\circ)$  | $(20,7^\circ)$  | $(0,0^\circ)$  | $-14,5^\circ$ | $-20,7^\circ$ |
|            |             | $\beta_2$   | $-22,2^\circ$ | $-16,1^\circ$ | $(0,0^\circ)$   | $(22,2^\circ)$  | $(30,0^\circ)$ | $26,6^\circ$  | $22,2^\circ$  |
|            | $0^\circ$   | $\beta_1$   | $0,0^\circ$   | $7,4^\circ$   | $(20,7^\circ)$  | $(30,0^\circ)$  | $(20,7^\circ)$ | $7,4^\circ$   | $0,0^\circ$   |
|            |             | $\beta_2$   | $-30,0^\circ$ | $-29,1^\circ$ | $(-22,2^\circ)$ | $(0,0^\circ)$   | $(22,2^\circ)$ | $29,1^\circ$  | $30,0^\circ$  |
|            | $45^\circ$  | $\beta_1$   | $-20,7^\circ$ | $-14,5^\circ$ | $(0,0^\circ)$   | $(20,7^\circ)$  | $(30,0^\circ)$ | $25,7^\circ$  | $20,7^\circ$  |
|            |             | $\beta_2$   | $-22,2^\circ$ | $-26,6^\circ$ | $(-30,0^\circ)$ | $(-22,2^\circ)$ | $(0,0^\circ)$  | $16,1^\circ$  | $22,2^\circ$  |
| $40^\circ$ | $-45^\circ$ | $\beta_1$   | $27,0^\circ$  | $33,8^\circ$  | $(40,0^\circ)$  | $(27,0^\circ)$  | $(0,0^\circ)$  | $-18,7^\circ$ | $-27,0^\circ$ |
|            |             | $\beta_2$   | $-30,7^\circ$ | $-22,8^\circ$ | $(0,0^\circ)$   | $(30,7^\circ)$  | $(40,0^\circ)$ | $36,0^\circ$  | $30,7^\circ$  |
|            | $0^\circ$   | $\beta_1$   | $0,0^\circ$   | $9,6^\circ$   | $(27,0^\circ)$  | $(40,0^\circ)$  | $(27,0^\circ)$ | $9,6^\circ$   | $0,0^\circ$   |
|            |             | $\beta_2$   | $-40,0^\circ$ | $-39,0^\circ$ | $(-30,7^\circ)$ | $(0,0^\circ)$   | $(30,7^\circ)$ | $39,0^\circ$  | $40,0^\circ$  |
|            | $45^\circ$  | $\beta_1$   | $-27,0^\circ$ | $-18,7^\circ$ | $(0,0^\circ)$   | $(27,0^\circ)$  | $(40,0^\circ)$ | $33,8^\circ$  | $27,0^\circ$  |
|            |             | $\beta_2$   | $-30,7^\circ$ | $-36,0^\circ$ | $(-40,0^\circ)$ | $(-30,7^\circ)$ | $(0,0^\circ)$  | $22,8^\circ$  | $30,7^\circ$  |

**Tabel 5.** Tilfælde (a), (b), (c), (d), (e), (f) og (g) fastlagt ved komponenter  $\beta_1, \beta_2$  af indfaldsvinklen  $\beta$

## 2. Dagslysrefleksion og farver, alle materialetyper

En tavleoverflades dagslysrefleksion og farve beskrives ved luminansfaktoren  $\beta$  og farvekoordinaterne  $x, y$  ( $2^\circ$  synsfelt) som defineret i CIE publikation nr. 15.2 (1986) »Colorimetry«.

Luminansfaktoren  $\beta$  af en prøve bestemmes som forholdet mellem luminansen  $L$  af prøven og luminansen  $L_0$  af en ideel diffus flade belyst og iagttaget under samme forhold som prøven:

$$\beta = L/L_0.$$

En prøves farvekoordinater angiver den pågældende farves placering i farvetrekanten, når prøven belyses med en lyskilde med en given spektralfordeling.

De tre værdier af en prøve måles under belysning med  $45^\circ \pm 5^\circ$  indfaldsvinkel og  $0^\circ \pm 10^\circ$  målevinkel i forhold til prøvens normal (se dog herunder om visse mikroprismatiske materialer). Som lyskilde til at belyse prøven anvendes standard lystype D65, som repræsenterer dagslys med en korreleret farvetemperatur på 6500 K. Den spektrale effektfordeling er angivet i ISO/CIE 10526:1991 »Colorimetric illuminants«.

Værdierne kan bestemmes på baggrund af den spektrale reflektans, eller ved direkte måling af tristimulus værdierne  $X, Y$  og  $Z$ , jf. ovennævnte CIE publikation.

Prøven skal være ren og tør under målingen.

Ved måling af visse mikroprismatiske materialer gør der sig det særlige forhold gældende, at måleværdierne varierer med belysningsretningen inden for de angivne tolerancer og med dens eventuelle fordeling i en kegle ved  $45^\circ$  indfaldsvinkel. For sådanne mikroprismatiske materialer udføres målingen i stedet ved brug af diffus belysning, hvorunder dog belysning i retninger med op til  $2^\circ$  observationsvinkel elimineres.

Under belysning ved  $45^\circ$  indfaldsvinkel sker refleksion i sådanne mikroprismatiske materialer til dels i lokale retninger i rummet og er ledsaget af regnbuefarver. En målemetode baseret på rettet belysning fører derfor ikke til pålidelige resultater og er uegnet til at afspejle en tavles fremtræden ved normale dagslysforhold.

Disse ulemper undgås ved diffus belysning, som nogenlunde modsvarer belysning fra en overskyet himmel. Belysning i retninger med små observationsvinkler elimineres, fordi sådan belysning er ledsaget af kraftig retrorefleksion og derfor ville forhøje luminansfaktorens værdi på en måde, som ikke gør sig gældende i praksis.

Diffus belysning kan tilvejebringes i en fotometerkugle, hvori prøven ophænges, idet måling sker gennem en port i kuglen. Belysning i retninger med små observationsvinkler elimineres ved at mørklægge et område omkring porten med sort afblænding.

### **3. Luminans og farve af belyste tavler**

Farven af et ensfarvet felt af en belyst tavle beskrives ved luminansfaktoren  $\beta$  og farvekoordinaterne  $x$ ,  $y$  ( $2^\circ$  synsfelt) som defineret i CIE publikation nr. 15.2 (1986) »Colorimetry«.

De to værdier, samt feltets luminans, måles med lyskilderne til tavlebelysningen ved nominel spænding, trækfri omgivelser ved  $25^\circ\text{C}$  og  $0^\circ \pm 10^\circ$  målevinkel i forhold til tavlens normal.

Værdierne kan bestemmes på baggrund af den spektrale reflektans, eller ved direkte måling af tristimulus værdierne  $X$ ,  $Y$  og  $Z$ , jf. ovennævnte CIE publikation.

Målefeltet bør være tilstrækkeligt lille til at kunne placeres inden for ensfarvede felter, og til at afsløre variationer i luminans, f.eks. højst  $30\text{ mm}^0$ .

Tavlen skal være ren og tør under målingen.