

Ljusförhållanden och säkerhet vid vägarbeten

Blending fra vegarbeidsplassen.

v/ Arve Augdal, SINTEF IKT, Norge
epost: Arve.Augdalen@sintef.no

15 – 16 oktober 2008

Scandic Star Sollentuna

Sverige

Grunnlag

To ulike former for blinding

■ Ubehagsblinding

- Ubehagsblinding er en psykologisk betinget følelse av ubehag som en person opplever når lyskilder med høye luminanser opptrer i synsfeltet. Ulike sykkelig tilstander i øyet kan forsterke denne følelsen

■ Synsnedsettende blinding

- Den synsnedsettende blindingen er fysiologisk og beskriver en negativ innvirkning på synsforholdene. Lys fra en (blendende) lyskilde spres i de optiske media i øyet og treffer netthinna i tillegg til lyset fra det bildet som er fokusert ('den ekvivalente sløringsluminansen'). Derved reduseres kontrasten mellom synsobjektet og bakgrunnen, og objektet blir vanskeligere å se.

Ubehagsblending

- En bestemt armatur (lyskilde) kan karakteriseres ved blendingsgraden D . Blendingsgraden D for en bestemt observasjonsretning finnes av
 - $D = I / \sqrt{A}$
 - I er lyskildens lysstyrke i den aktuelle retningen (candela)
 - A er lyskildens lysende areal sett i den aktuelle retningen (m^2)
- Innen CIE (Den internasjonale belysningskommisjon) omtales blendingsgraden D som Discomfort Glare Rating (DGR). Den dimensjonerende DGR bestemmes som den maksimale DGR som opptrer for retninger mellom 85° og 90° med loddlinja for alle retninger rundt armaturen. De har en grenseverdi for DGR på 500 for armaturer som skal anvendes i mørke omgivelser og på 1000 for bruk i lyse omgivelser

Synsnedsettende blending

Ekvivalent sløringsluminans L_v

- Sløringsluminansen forårsaket av en lyskilde finnes ved:

$$L_v = 10 \cdot E / \theta^2$$

Hvor:

- L_v (cd/m^2) er sløringsluminansen
- 10 er en aldersavhengig faktor. Verdien 10 gjelder for en ung person, alder ca 20 år – 30 år
- E er belysningsstyrken fra lyskilden, på et plan vinkelrett på synsretningen, ved observatørens øyne, i lux
- θ er vinkelen mellom synsretningen og retningen mot blendingskilden, i grader

Formler ekvivalent sløringsluminans

Gyldighetsområdet er $1^\circ \leq \Theta \leq 30^\circ$

Stiles-Holladays blendingsformel:

$$L_v = 10 \cdot E_{bl} / \Theta^2$$

(cd/m²)

E_{bl} er belysningsstyrken på øyet på grunn av blendingskilden

Denne formelen er brukt i simuleringer av blanding i sjikane

Den aldersjusterte Stiles-Holladays blendingsformel:

$$L_v = 10 \cdot \frac{E_{bl}}{\Theta^2} \left(1 + \left(\frac{A}{70} \right)^4 \right)$$

(cd/m²)

A er observatørens alder

A = 30 gir faktor 10

A = 70 gir faktor 20

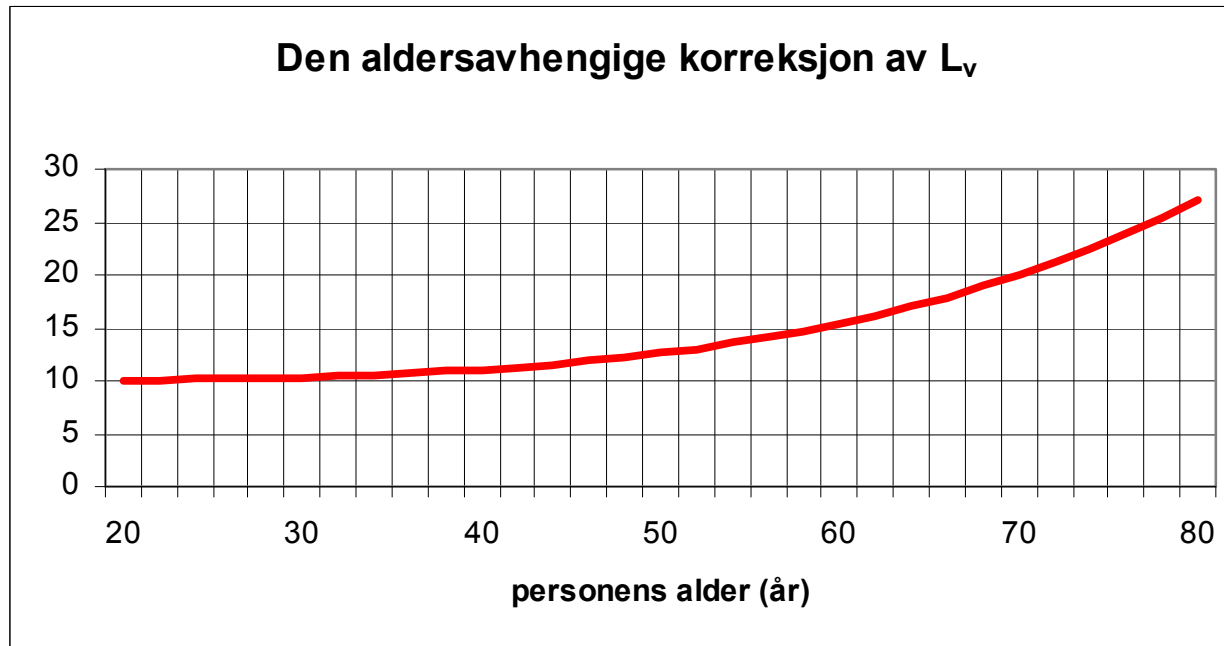
i forhold til ukorrigert verdi

Synsnedsettende blending

Ekvivalent sløringsluminans

- Den aldersavhengige korreksjonen av ekvivalent sløringsluminans

$$L_v = 10 \cdot \frac{E_{bl}}{\Theta^2} \left(1 + \left(\frac{A}{70} \right)^4 \right)$$



Synsnedsettende blanding

Terskelheving / Threshold Increment, TI

■ $TI = 65 * L_v / L^{0,8} \quad (\text{cd/m}^2)$

hvor:

L_v er den ekvivalente sløringsluminansen (cd/m^2)

L er observatørens adaptasjonsluminans (cd/m^2)

- Formelen gjelder for $0,05 \text{ cd/m}^2 < L < 5 \text{ cd/m}^2$

Blendingen er *merkbar* når $TI > 2$ (Glare and Uniformity in Road Lighting Installations". Publication CIE No 31. 1976)

En bør ha $TI < 10$, men *aldri* $TI > 15$ (Recommendations for the Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic". CIE no 115-1995)

Måling av synsnedsettende blanding

Utfordringer ved måling av ekvivalent sløringsluminans

- Et konkret anlegg lar seg derimot ikke umiddelbart kontrollmåle. Blendingsformelen gir flere utfordringer:
 - En kjenner ikke til feltinstrumenter som måler L_v direkte
 - Det finnes ikke portable instrumenter som måler lysstyrke I (cd)
 - Det finnes ikke portable instrumenter som måler arealet A (m^2) av fjerne flater
 - De verdier for belysningsstyrke E (lux) som forekommer er svært lave og lar seg ikke måle tilstrekkelig nøyaktig av portable instrumenter
 - Ved måling må hver enkelt blendingskilde i lysanlegget skilles ut og måles for seg
- En metode må utvikles!

Belysningsstyrke kan måles med luminansmeter

Et luminansmeter kan nyttes til måling av belysningsstyrke. Det kan sees av:

Luminans kan beskrives som

- $L = I/A$ (cd/m²), dvs. $I = L \cdot A$ (cd)

og belysningsstyrke som

- $E = I/r^2 = L \cdot A/r^2 = k \cdot L$ (lux)

hvor:

- $k = A/r^2 = \pi \cdot b^2/r^2 = \pi \cdot (r \cdot \alpha \cdot \pi/180)^2 / r^2 = \alpha^2 \cdot (\pi/180)^2 = 3,05 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha^2$

hvor:

- b er vinkelbuen som defineres av vinkelen α
- α er vinkelen som luminansmeterets målefelt utgjør, i grader
- Den blendende lyskilden bør utgjøre en så stor del av målefeltet som mulig, og bakgrunnen bør være så mørk som mulig. E vil nå være belysningsstyrken som skyldes lyskilden, på fronten av luminansmeteret

Vinkelen til blendingskilden kan bestemmes med hjelp av kamera

- Kalibreringen gjøres ved at kameraet settes på et stativ og en tar et bilde vinkelrett på en vegg med et merke i kjent avstander d fra kameraets siktepunkt. Avstanden s mellom kameraet og veggens må være kjent. En måler så opp den tilsvarende avstanden b_k på bildet og beregner skalaforholdet
 - $m = d / b_k$
- På bildet som tas av det blendende lysanlegget måler en avstanden b_m mellom punktet som definerer synsretningen og blendingskilden. Da finner en vinkelavstanden Θ fra synsretningen til blendingskilden av følgende uttrykk:
 - $\Theta = \tan^{-1} (b_m * L_v / s)$ (grader)
- Det er forutsatt at alle bilder tas med objektiv med samme brennvidde, at bildenes forstørrelser er like og at d , b_k , s og b_m alle angis i samme måleenhet.

Metodens styrke er at vilkårlige vinkler kan gjøres I ettertid, og fotografiet dokumenterer situasjonen

Oppsummering av måling av L_v

- Etter å ha bestemt E ved hjelp av luminansmeter og bestemt vinkelen Θ mellom synsretningen og blendingskilden ved hjelp av et kamera bestemmes ekvivalent sløringsluminans (synsnedsettende blending) av Stiles-Holladays blendingsformel

- $L_v = 10 \cdot E \cdot \cos \Theta / \Theta^2$ (cd/m²)

eller den aldersjusterte blendingsformelen

Måling i forbindelse med kontroll av
blendingsbegrensning
(kommer senere)

Prosedyre for kontrollmåling av lysstyrker

■ $I = L_m \cdot A$ (candela)

hvor:

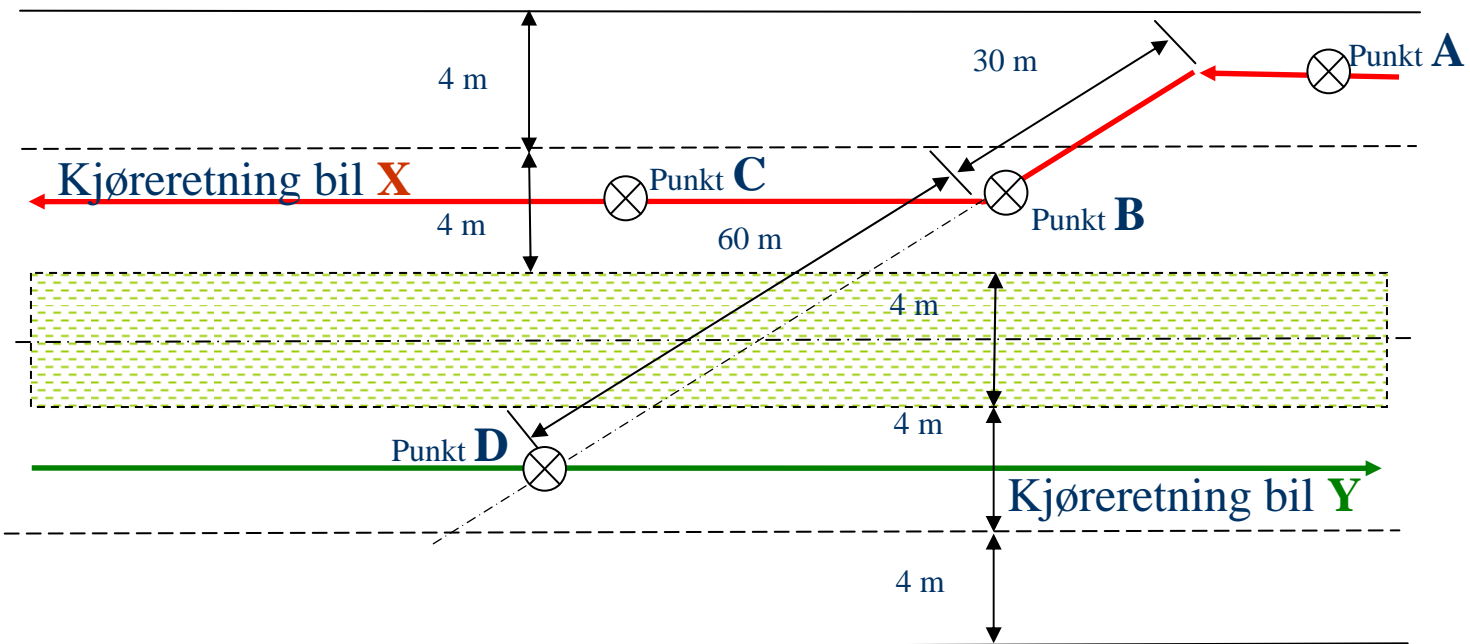
- L_m er middelluminansen over målefeltet
- A er arealet av luminansmeterets målefelt på avstanden s

Arealet A kan finnes av:

- $A = \pi \cdot (s \cdot (\alpha \cdot \pi / 180) / 2)^2 = \pi^3 / 180^2 \cdot s^2 \cdot \alpha^2 = 2,39 \cdot 10^{-4} \cdot s^2 \cdot \alpha^2$ (m²)
 - s angis i meter
 - α angis i grader

Simulering av synsnedsettende blanding

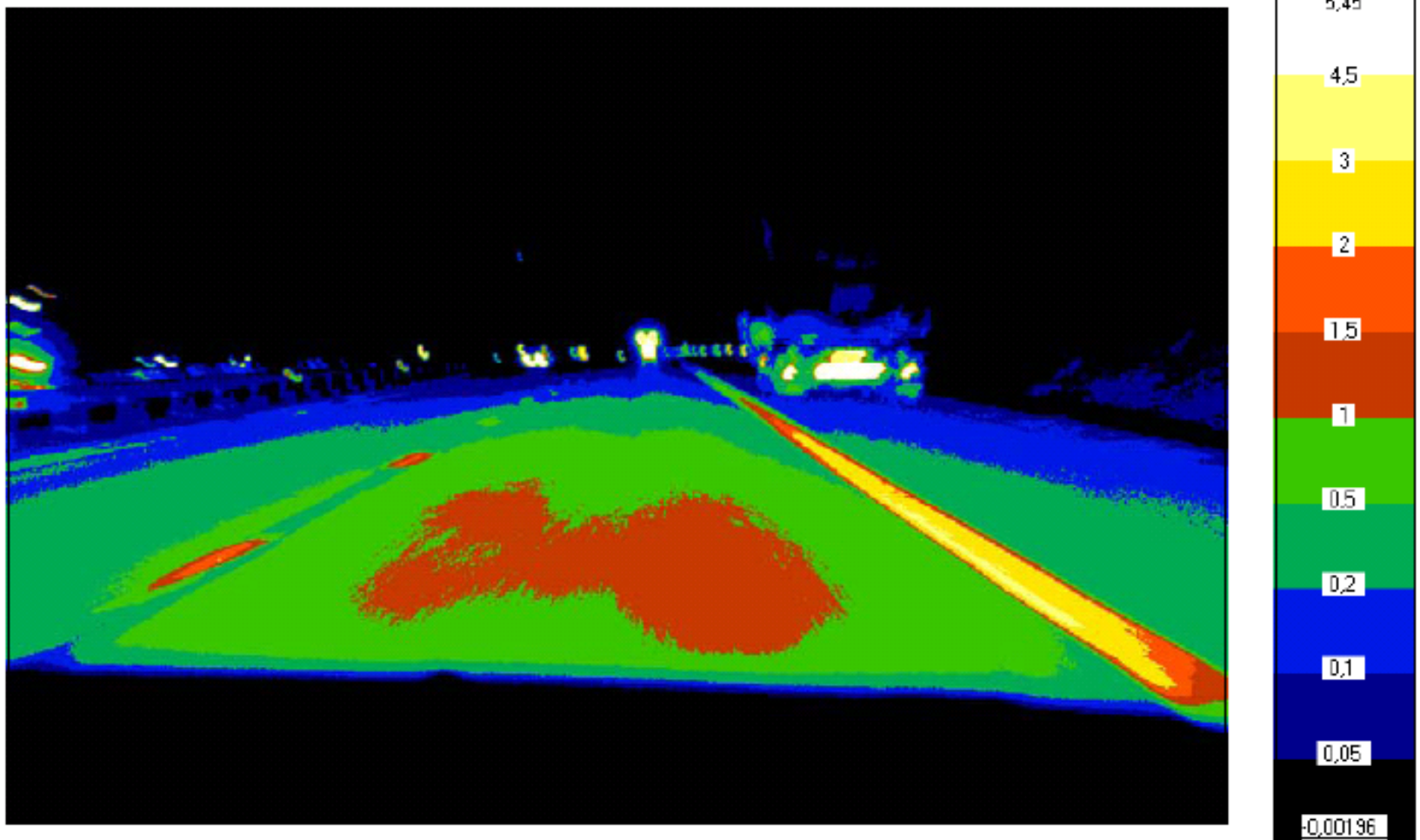
- Førere som sitter lavt i forhold til lysene på møtende kjøretøy vil være sterkt utsatt for blanding på grunn av møtende trafikk.
- Forsøk for å undersøke forholdene for førere av personbiler og motorsykler er kostbare å gjennomføre. Forholdene er i stedet studert ved hjelp av simuleringer



Simulert blanding for bil Y som møter bil X, når bil X er i posisjonene A, B og C i sjikanen

Kalibrert kamera Canon Eos 350D sammen LMK 2000 programvare





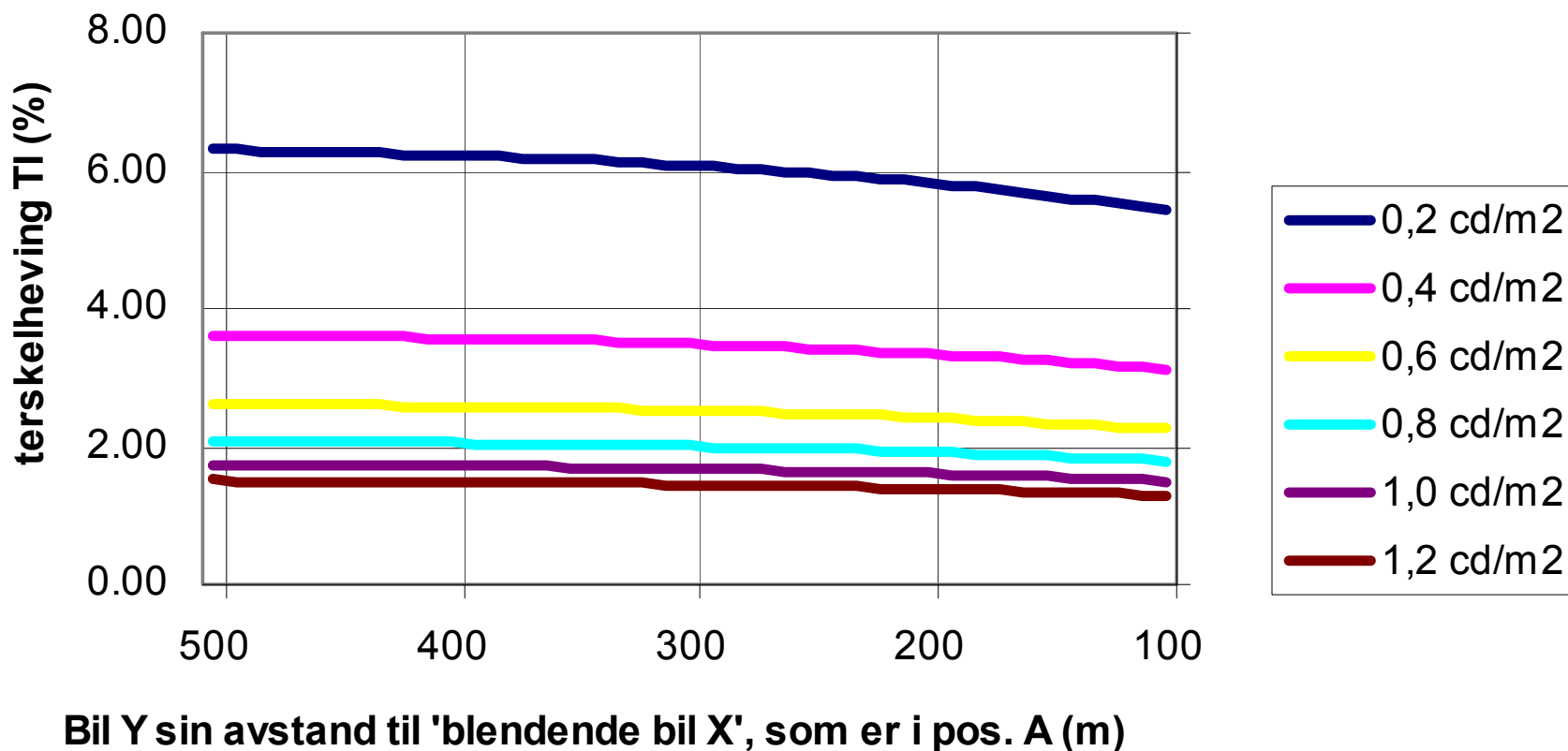
Nærlys gir $0,5 \text{ cd/m}^2$ – $1,5 \text{ cd/m}^2$ på vegbanen. Synsfeltet forøvrig luminans $< 0,1 \text{ cd/m}^2$. Forsøk i Varberg på tørr vegbane.

Synsfeltet nærmest synsretningen sterkt dominerende for adaptasjonsluminansen. Adaptasjonsluminans antas ca 1 cd/m^2

Kalibrert kamera Canon Eos 350D sammen LMK 2000 programvare

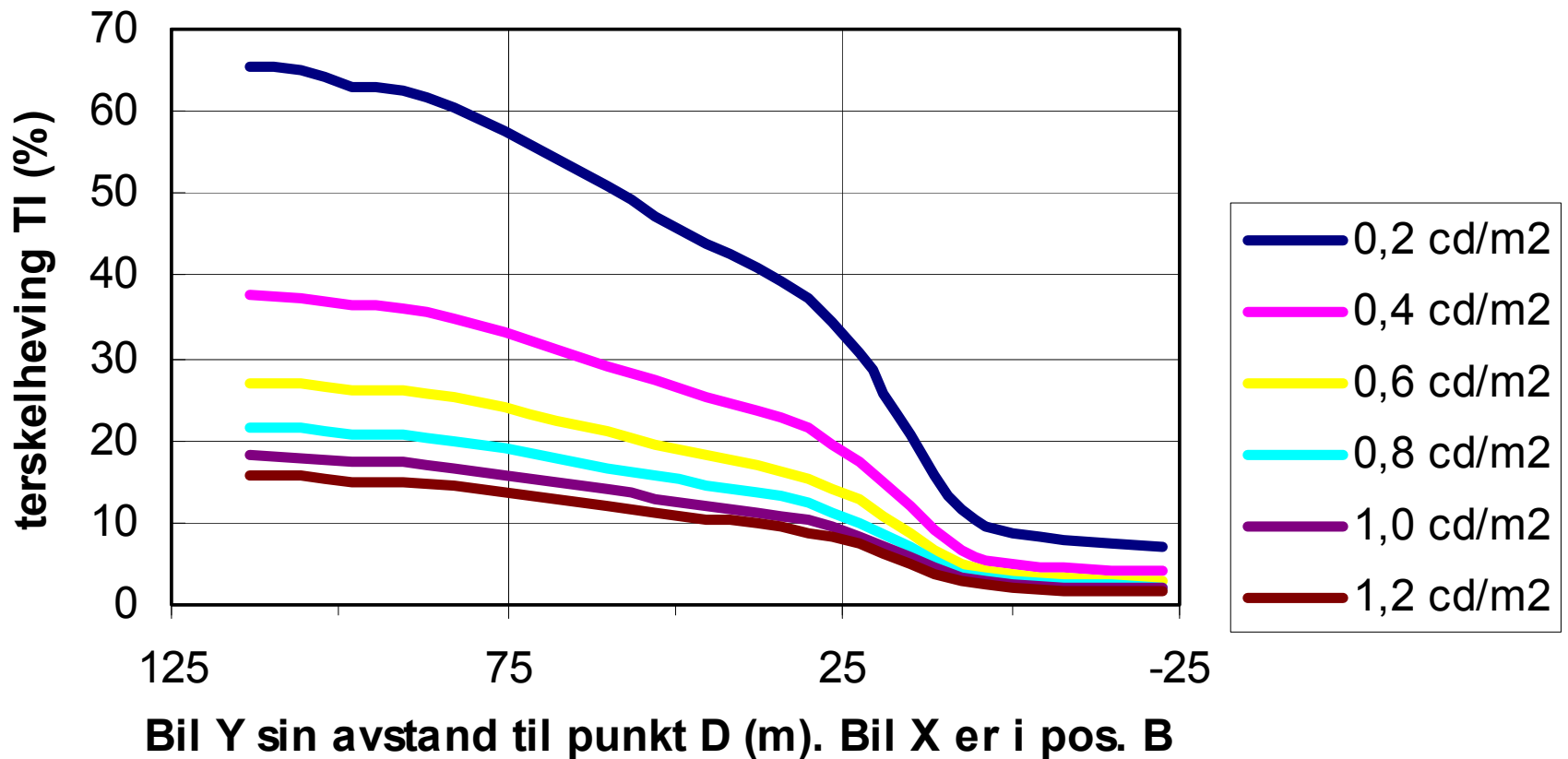
Synsnedsettende blinding når den blendende bil X er i sitt ytterste kjørefelt.

Terskelheving TI for bil Y ved ulike adaptasjonsluminanser

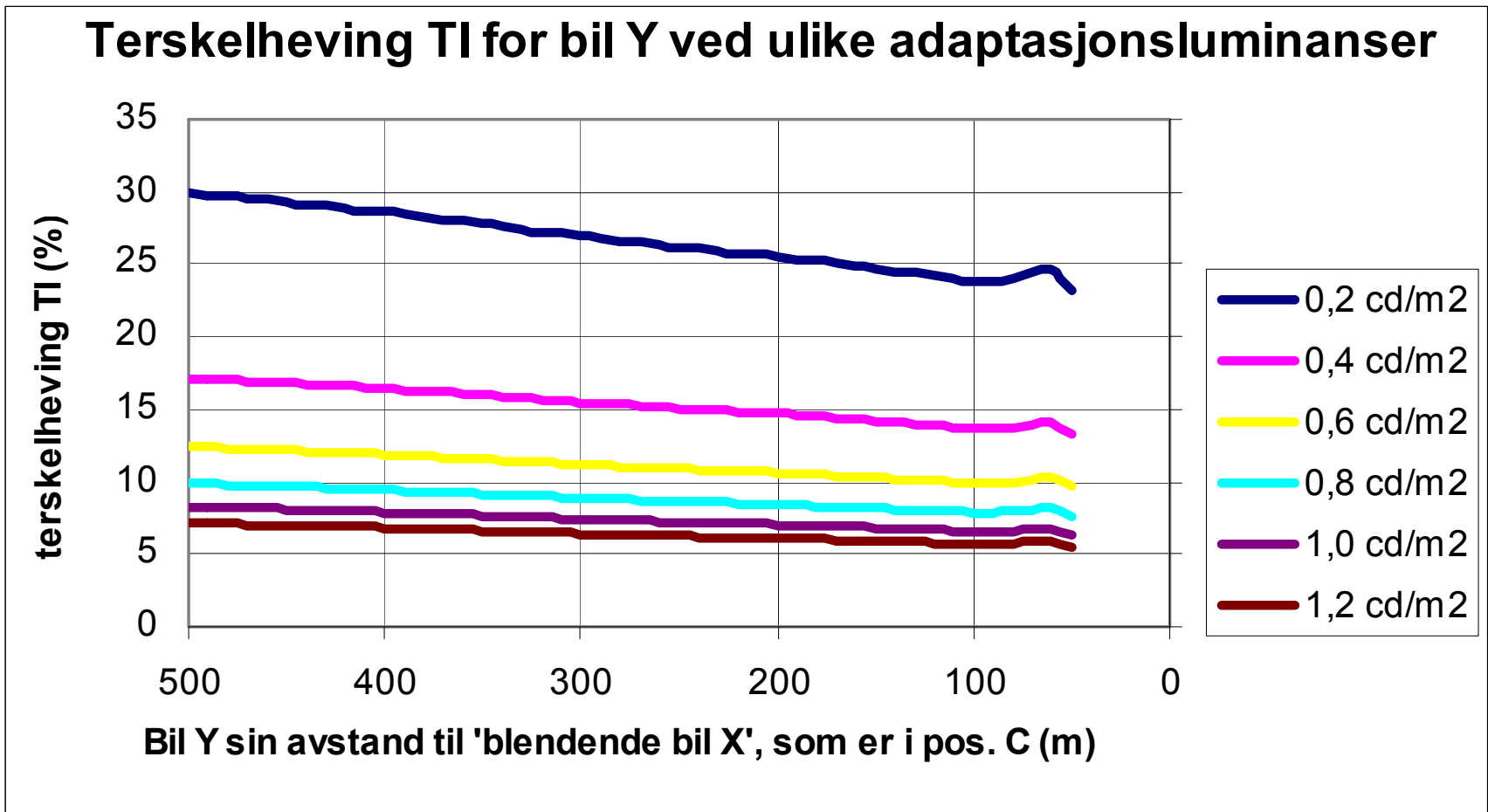


Synsnedsettende blending når den blendende bilen X har nådd enden av sjikanen

Terskelheving TI for bil Y ved ulike adaptasjonsluminanser



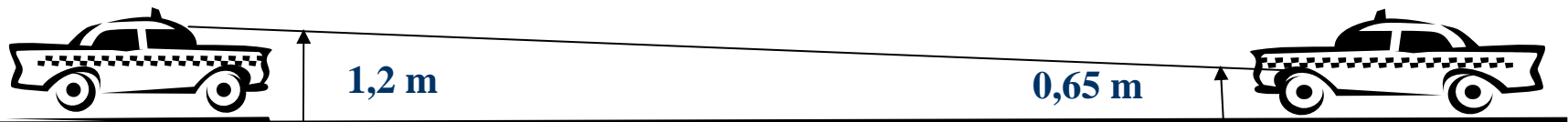
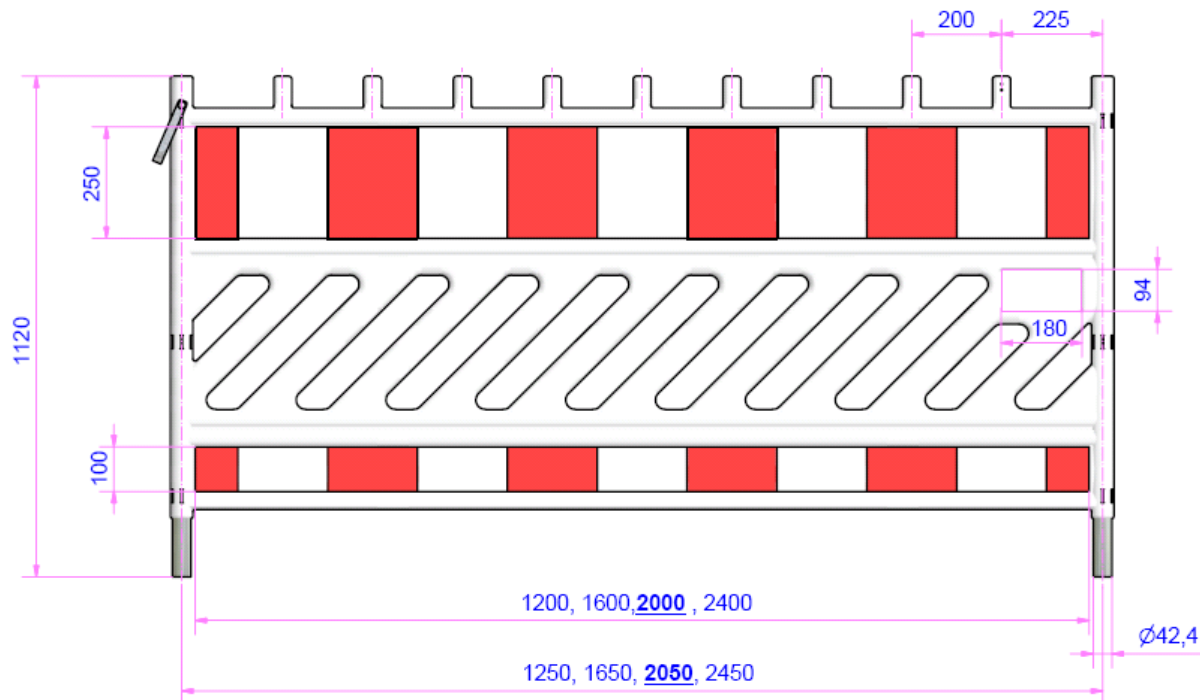
Synsnedsettende blanding når den blendende bilen er i sitt innerste kjørefelt.



Kommentarer til simuleringer

- Blendingsnivåene er de som kan oppnås under ideelle forhold
 - Nye og rene og lyskastere som gir minimalt med strølys.
- Blendingen i praktisk trafikk vil generelt være vesentlig høyere enn det som kommer fram ved simuleringen.
 - Eldre kjøretøy med lyskastere som er degraderte på grunn av inntrenging av fukt og støv
 - Skitt og støv på lyskasternes glass
 - Skitt og fukt på frontruta vil bidra til enda mer strølys og blending.
 - Feiljusterng av lys-mørke-grensen
- Det som hittil er sagt om blending gjelder i møtesituasjoner én bil mot én annen bil. I praksis må en regne med at flere kjøretøy kan komme imot, og det kan også være sjenerende kjøretøy bak.
- Det er store avstander mellom kjøreretningene (8 m og 12 m) som normalt bare forekommer på motorveger. Tross dette oppstår betydelig blending, og blendingen øker vesentlig når avstanden mellom kjøreretningene avtar.

Mulig avskjerming i prinsipp (Nissen)



Forslag til anbefalinger

Skjerming av møtende trafikk

- Skjermer bør anvendes mellom kjøreretningene, særlig når belysningen skjer på skrå/skjevt.
- Skjermene må være lystette i høyder mellom 60 cm og 120 cm over kjørebanelen.
- Helst bør skjermene være lystette opp til en høyde på 140 cm. Da vil de også å kunne fungere godt for førere av større personbiler.

Vegarbeidsplasser bør belyses.

- Derved økes adaptasjonsluminansen, noe som reduserer blindingseffekten av fra lyskildene som påvirker bilføreren.
- Bilføreren får også et bedre inntrykk av utfordringene som ligger i å passere vegarbeidsområdet.
- Bygge om mulig et provisorisk veglysanlegg (regler for permanente anlegg bør følges). Luminansnivået bør minst være 0,7 cd/m² og TI lik 15 % eller lavere.
- Eller sett opp et eventuelt permanent veglysanlegg så tidlig som mulig.

Armaturers maksimalt tillatte lysstyrke I (cd) for anbefalt blendingsbegrensning (BB).

- Om lysstyrkekravene overholdes vil terskelhevingen TI for en armatur med 7 m monteringshøyde og med adaptasjonsluminans lik $0,5 \text{ cd/m}^2$ være maksimalt
 - ca 15 % for kategori BB1
 - ca 20 % for kategori BB2
 - ca 30 % for kategori BB3

For den orienteringen lysarmaturen har i sin bruksstilling bør kravene til klasse BB2 eller bedre i følgende tabell tilfredsstilles.

Armaturers maksimalt tillatte lysstyrke I (cd) for anbefalt blendingsbegrensning (BB).

Klasse	$\gamma = 70^\circ$ (i bruksstilling)	$\gamma = 80^\circ$ (i bruksstilling)	$\gamma = 90^\circ$ (i bruksstilling)	Andre krav
BB 1	2500	2000	100	$I < 20$ cd for $\gamma > 90^\circ$
BB 2	3300	2700	200	$I < 20$ cd for $\gamma > 95^\circ$
BB 3	5000	4500	300	$I < 30$ cd for $\gamma > 95^\circ$

Koordinatsystem for angivelse av armaturs lysstyrker

■ C- γ -systemet

