

**Nordisk Tunnelsamarbeid**  
**c/o Statens vegvesen Vegdirektoratet**

Postboks 8142 Dep.  
0033 Oslo

Attn.: Arne Jørgensen

## **RAPPORT – VURDERING AV UGR SOM KRITERIUM FOR BEREGNING AV UBEHAGSBLENDING I VEGTUNNELER**

### Innhold

1 - Oppgave .....	1
3 - Metode .....	2
2 - Konklusjon – avskjermingsvinkel 20° .....	3
4 - UGR som blendingskriterium – videre arbeid .....	4
5 - Implementering av UGR for tunnelbelysning i programvare .....	6

### 1 - Oppgave

Lysteam AS v/Tore Krok Nielsen er bedt av **Nordisk Tunnelsamarbeid** om å vurdere UGR som kriterium for beregning av ubehagsblending i vegtunneler. Denne rapporten bygger videre på rapport «VURDERING AV GRENSEVERDI – UGR I LYSBEREGNINGER FOR TUNNELER», datert 13.09.2017 og utført av undertegnede den gang ansatt i COWI AS.

Spesielt skal det undersøkes om avskjermingsvinkel 20° over horisontalplanet vil ha stor innvirkning på beregningsresultatene som fremkom i rapport «VURDERING AV GRENSEVERDI – UGR I LYSBEREGNINGER FOR TUNNELER», datert 13.09.2017.

## 3 - Metode

Det er kjørt en rekke beregninger tilhørende rapporten «VURDERING AV GRENSEVERDI – UGR I LYSBEREGNINGER FOR TUNNELER», datert 13.09.2017, men hvor beregningene inkluderer denne gang en skjermingsflate som flyttes i forhold til de respektive beregningspunkter for UGR.

Flytting av avskjermingsplan må endres manuelt for hver testberegning.

Vurderingen av UGR er kun gjort i forbindelse med nattlys/indre sone, og tar ikke hensyn til lysforsterkning i innkjøringsforløp eller blending fra dagslys når man kjører ut av tunnelen.

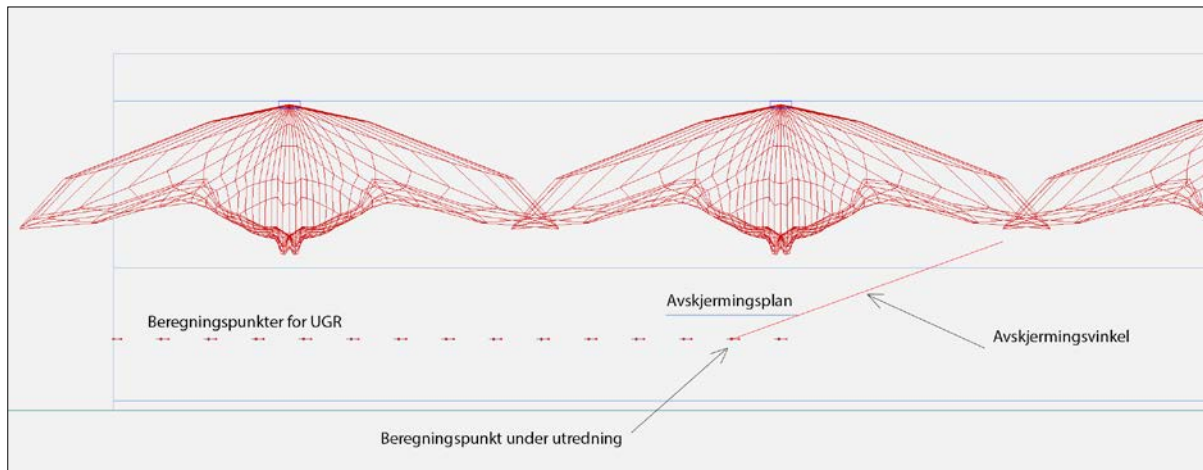


Fig. 1 – Lengdesnitt av tunnel med visning av lysfordelinger, beregningspunkter, avskjermingsplan og avskjermingsvinkel.

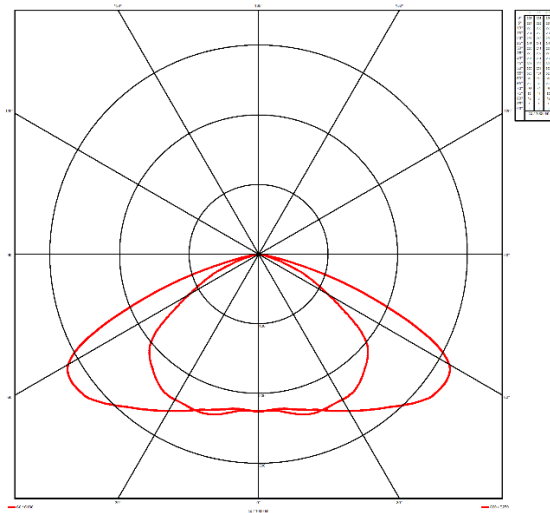
Som lysberegningsprogram er benyttet ReluxDesktop, versjon 2018.1.0.0.

## 2 - Konklusjon – avskjermingsvinkel 20°

Etter en rekke testberegninger med forskjellige typer lysfordelinger viser det seg at det kan være vanskelig å konkludere med noen fast UGR<sub>L</sub> grenseverdi av følgende årsaker:

- Det er vanskelig å anslå armaturenes faktiske synlige areal (LED-arrays)
- Enkelte armaturtyper har til dels ekstreme lysfordelinger med I<sub>max</sub> i vinkler opp mot 70 grader fra vertikalplanet.

Dersom vi ser bort fra armaturene med meget «normale» lysfordelinger og heller konsentrerer oss om de med utpreget «langsgående» optikk, så tenderer testberegningene mot følgende verdier for lysfordelinger som vist under:

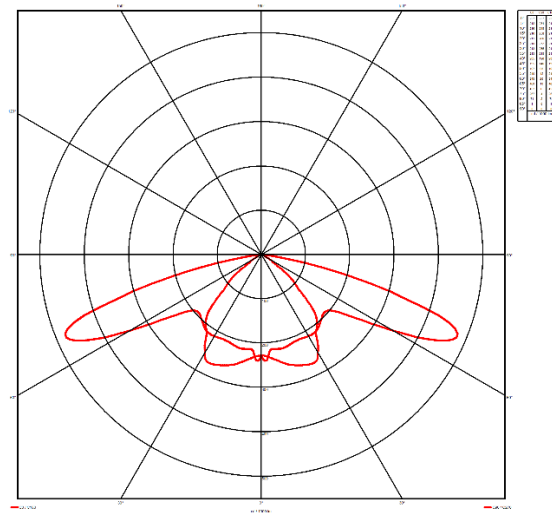


**Type 1**

«Langsgående» lysfordeling – lite ekstrem

Ca. UGR 34,5 uten 20° avskjermingsvinkel

Ca. **UGR 27,5** med 20° avskjermingsvinkel



**Type 2**

«Langsgående» lysfordeling – ekstrem

Ca. UGR 40,5 uten 20° avskjermingsvinkel

Ca. **UGR 34,5** med 20° avskjermingsvinkel

Som det fremgår av lysberegningene, vil en innføring av avskjermingsvinkel 20° bringe UGR-verdiene for de mindre ekstreme lysfordelingene inn i et kjent område.

For de mest ekstreme lysfordelingene vil UGR-verdiene fremdeles ligge meget høyt, noe som sannsynligvis skyldes at vinklene for I<sub>max</sub> er tilnærmet samsvarende med avskjermingsvinkelen. Avskjermingen vil derfor kun gi en begrenset blendingsbeskyttelse i forhold til armaturenes utstrålingsvinkler.

## 4 - UGR som blendingskriterium – videre arbeid

Dersom UGR skal benyttes i beregningsprogrammene er det flere ting man må ta hensyn til:

- Hvordan håndtere bakgrunsluminans?
- Hvordan definere armaturenes synlige lysende areal
- Skal UGR-betrakteren ha synsvinkel  $1^\circ$  under horisontalplanet?
- Avskjermingsvinkel må implementeres i beregningsprogrammet
- Bevegelig observatør må implementeres i programmet
- Grenseverdi  $UGR_l$  må defineres

De vanskeligste spørsmålene å ta stilling til, er hvordan man skal håndtere armaturenes synlige lysende area, og bakgrunsluminansen i UGR-beregningene. Dette er noe samarbeidsgruppen må ta stilling til.



Fig. 2 – Illustrasjon av tunnelflater som må inngå i beregning av bakgrunsluminans

Undertegnede har to forslag mht. bakgrunsluminansen:

1. Tunnelen betraktes som uendelig lang, og betrakteren plasseres i begynnelsen av tunnelen. På denne måten kan man se bort fra den borte tunnelmunningen.

Bakgrunsluminansen kan da beregnes ut fra tre kjente tunnelflater:

- Tunneltak
- Kjørebane og bankett (forutsetter samme midlere diffuse lysreflektans)
- Tunnelvegger

Videre kan UGR beregnes for både innkjøringsforløp og nattlys / indre sone.

2. Tunnelen betraktes som kortest mulig, og kun de mest signifikante nattlysarmaturene plasseres i beregningsmodellen. Den borte tunnelmunningen vil da kunne utgjøre en vesentlig del av synsfeltet og må følgelig hensyntas i beregningen.

Bakgrunsluminansen kan da beregnes ut fra fire kjente tunnelflater:

- Tunneltak
- Kjørebane og bankett (forutsetter samme midlere diffuse lysreflektans)
- Tunnelvegger
- Borte tunnelmunning

Videre kan UGR beregnes for nattlys / indre sone.

Når det gjelder valg av reflektanser må samarbeidsgruppen ta stilling til dette, men for de flatene man normalt ikke legger inn i lysberegningene (tak, bankett og eventuelt borte tunnelmunning) foreslår jeg følgende verdier for diffus lysreflektans:

- Tak – 0%
- Bankett - samme som for den til enhver tid benyttede r-tabells  $q_0 \times \pi$   
Eksempelvis vil lysreflektansen -  $\rho$  - for r-tabell C2 være  $0,07 \times \pi \approx 0,22$  (22%)
- Borte tunnelmunning – 0%

Reflektansen for kjørebane og tunnelvegger vil følge av henholdsvis r-tabell og reflektans angitt for tunnelveggene i henhold til benyttet regelverk for tunnelbelysning.

Når det gjelder hvordan man skal definere armaturenes synlige lysende areal er jeg usikker.

## 5 - Implementering av UGR for tunnelbelysning i programvare

Lysteam AS er Relux' representant i Norden, og har allerede diskutert med utviklerne mht. hvorvidt det er mulig å implementere en bevegelig observatør i Relux.

Så langt har jeg fått signaler om at dette sannsynligvis vil bety et begrenset utviklingsarbeid, da det meste allerede er på plass i programmet.

Relux ønsker imidlertid ikke å ta stilling til hvordan UGR-betrakteren og/eller bakgrunsluminansen skal håndteres/beregnes, eller hvilken grenseverdi som skal benyttes. Når det gjelder armaturenes lysende areal har de kun leverandørens lysfordelingsdata å forholde seg til.

Dersom det er ønskelig for samarbeidsgruppen å få et pris- og tidsoverslag fra Relux mht. å implementere en bevegelig UGR-betrakter i programmet, kan undertegnede bistå med å formidle dette.

Når det gjelder andre programvarepakker har jeg ingen oversikt eller kontaktinfo for disse.

Oslo, 04.04.2018



Lysteam AS, Tore Krok Nielsen