

10. oktober 2016

LEDMET – Betydning af lysmålingens vinkelopløsning på et vejarmatur og resultaterne i forskellige lysberegningsprogrammer

I forbindelse med LEDMET AP3 projektet har Louis Poulsen foretaget 5 lysmålinger på et LED vejarmatur med linseoptik, der har stor variation i intensitet som funktion af retning. Der er målt med forskellige indstillinger af vinkelopløsningen for at se, om det giver en forskel i lysfordeling og lysstrøm.

Efterfølgende er lysfordelingen symmetreret og konverteret til Eulumdat format og anvendt i to af de mest anvendte belyningsprogrammer i Danmark, DIALux og DIALux Evo for at undersøge eventuelle forskelle i resultaterne. For vejlysberegninger betragtes armaturet som en punktkilde, og der regnes kun på direkte belysning (ingen interrefleksion).

Der er målt på et LED board på heatsink monteret i LP Icon Mini Opal uden frontglas. LED board'et er bestykket med 16 Highpower LED'er 3000 K, Ra>80 og med asymmetrisk lysende linser. Der er i testen monteret en ekstra lyssensor og temperaturfølere, der følger med armaturet under målingen for at logge eventuelle udsving. Derfor er der i denne test ikke monteret frontglas.



Målingerne er udført med et spejlgoniometer (C- γ system, måleafstand 22 m) i Louis Poulsens målelaboratorium ved en omgivelsestemperatur på $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Armaturet blev forvarmet 1,5 time før hver lysmåling.

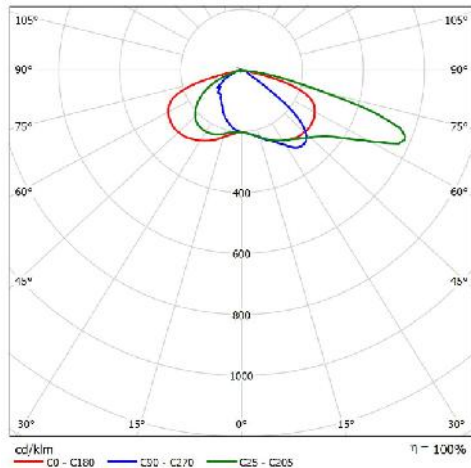
Målingsoversigt

Måling	ΔC	$\Delta \gamma$	Φ / lm	$\Delta \Phi / \%$
1	5°	$2,5^{\circ}$	3567	Ref.

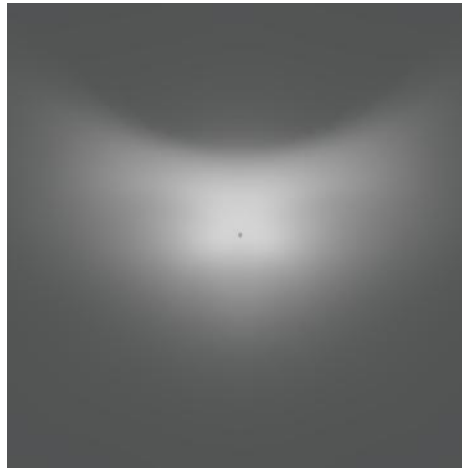
2	5°	5°	3569	+0,06
3	2,5°	2,5°	3563	-0,11
4	10°	5°	3569	+0,06
5	2,5°	1°	3564	-0,08

Lysfordelingskurver og visualiseringer fra DIALux 4.13

Måling 1 ($\Delta C = 5^\circ$, $\Delta \gamma = 2,5^\circ$)

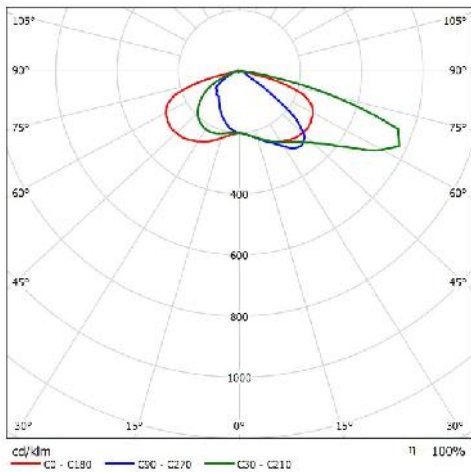


50 x 50 m felt. Lyspunkthøjde 6 m

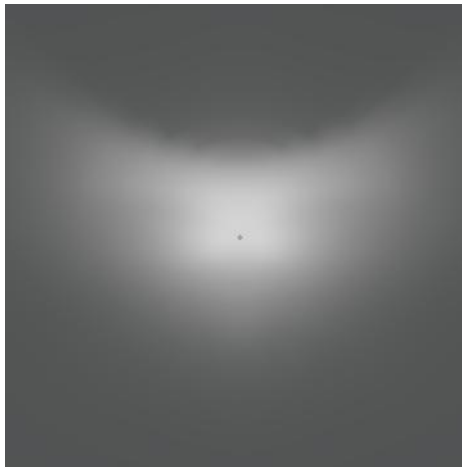


$I_{max} = 585 \text{ cd/klm}$ i $C = 25^\circ/155^\circ$ & $\gamma = 67,5^\circ$

Måling 2 ($\Delta C = 5^\circ$, $\Delta \gamma = 5^\circ$)

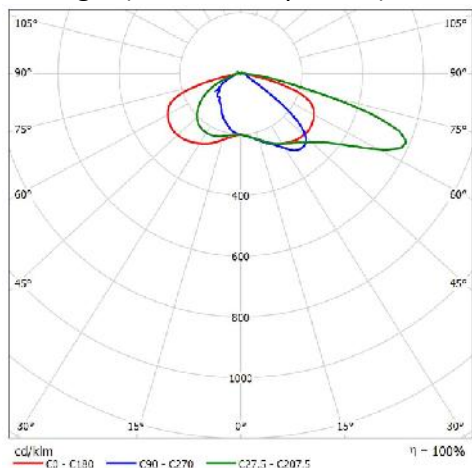


50 x 50 m felt. Lyspunkthøjde 6 m

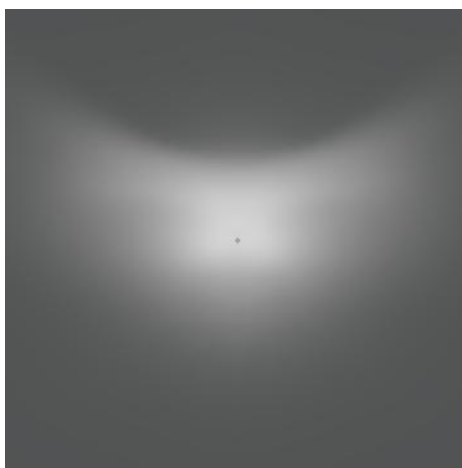


$I_{max} = 576 \text{ cd/klm}$ i $C = 30^\circ/150^\circ$ & $\gamma = 65^\circ$

Måling 3 ($\Delta C = 2,5^\circ$, $\Delta\gamma = 2,5^\circ$)

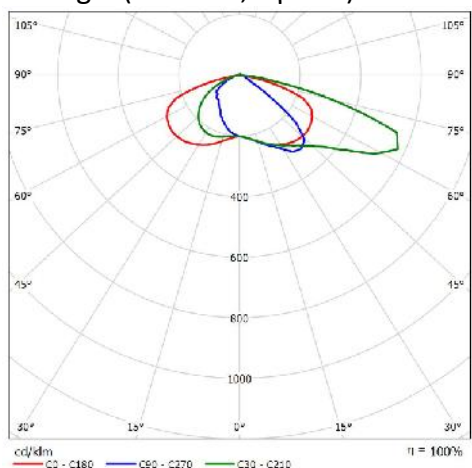


50 x 50 m felt. Lyspunkthøjde 6 m

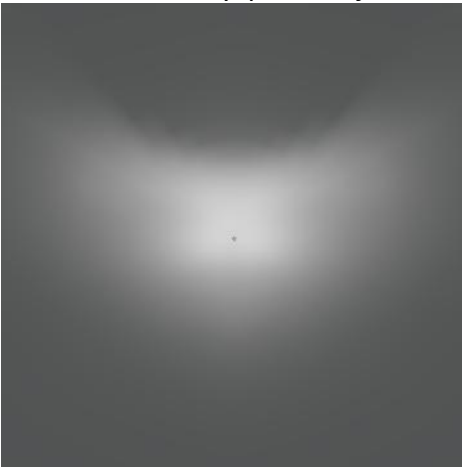


$I_{max} = 584 \text{ cd/klm}$ i $C = 27,5^\circ/152,5^\circ$ & $\gamma = 67,5^\circ$

Måling 4 ($\Delta C = 10^\circ$, $\Delta\gamma = 5^\circ$)

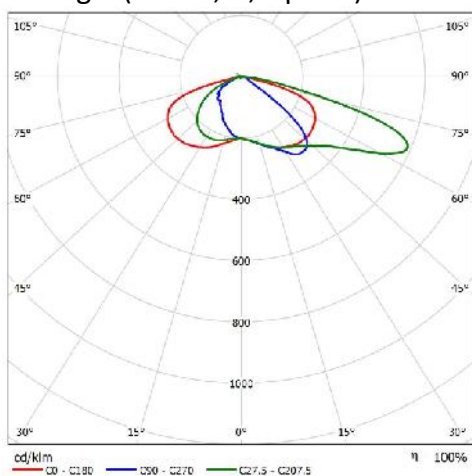


50 x 50 m felt. Lyspunkthøjde 6 m

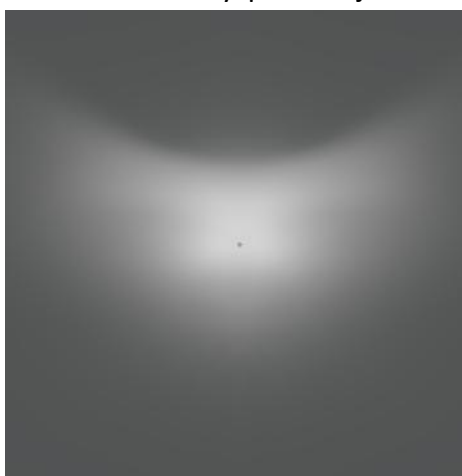


$I_{max} = 576 \text{ cd/klm}$ i $C = 30^\circ/150^\circ$ & $\gamma = 65^\circ$

Måling 5 ($\Delta C = 2,5^\circ$, $\Delta\gamma = 1^\circ$)



50 x 50 m felt. Lyspunkthøjde 6 m



$I_{max} = 586 \text{ cd/klm}$ i $C = 27,5^\circ/152,5^\circ$ & $\gamma = 67^\circ$

Kurver og visualiseringer viser, at jo finere opløsning armaturet måles ved desto mere jævn lysfordeling. Med $\Delta\gamma = 5^\circ$ bliver lysfordelingen mere takket, og der visualiseres striber på vejen. I_{max} og ved hvilke vinkler den ligger, varierer også. I_{max} reduceres ved en grovere inddeling.

For asymmetrisk lysende vejarmaturer anbefales det, at anvende en vinkelopløsning på $\Delta C = 5^\circ$, $\Delta\gamma = 2,5^\circ$ eller finere. Men hvilken betydning har vinkelopløsningen på resultatet i lysberegningsprogrammerne?

Lysberegninger på E1 vej + fortov

7 m bred vej + 2 m bred fortov = 9 m bred trafikzone

Lyspunkthøjde 5 m og lige over fortovsbagkant. Vedligeholdelsesfaktor 0,80



Lysberegninger i DIALux 4.13 med beregningsnet for en E-klasse vej som vist i Vejreglerne Marts 1999. I programmet vælges den danske vejklasse E1 direkte.



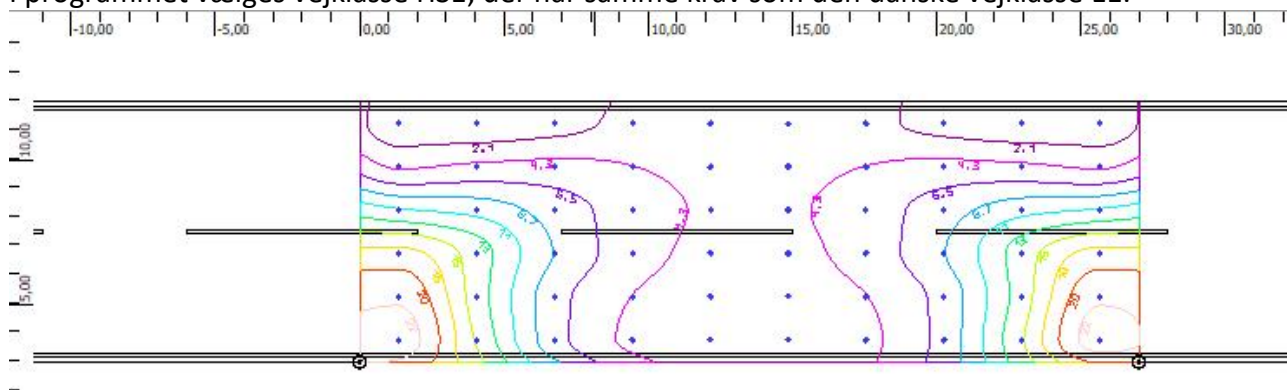
Lysmåling	Afstand / m	E_{hr} / lx	E_{min} / lx	E_{max} / lx	$U_0 = E_{min}/E$
Krav*	-	$\geq 5,00$	-	-	$\geq 0,15$
1	27	5,08	0,85	12	0,17
2	27	5,07	0,88	12	0,17
3	27	5,07	0,86	12	0,17
4	27	5,07	0,86	12	0,17
5	27	5,06	0,86	12	0,17

*)Krav i Vejregler – Både de gamle fra marts 1999 og de nye fra april 2015

De nye Vejregler fra 2015 henviser til beregningsnettene i DS/EN 13201-3.

I DIALux Evo er disse implementeret med den seneste europæiske standard for vejbelysning fra 2015. De tidligere luminansklasser ME og MEW er erstattet af den nye fælles M-klasse. Kravene er ikke helt de samme som i den danske L-klasse, men der er tale om beregning af de samme lystekniske parametre.

Lysberegninger i DIALux **Evo** 6.1 med beregningsnet (10 x 6 punkter) ifølge DS/EN 13201-3:2015
I programmet vælges vejklasse HS1, der har samme krav som den danske vejklasse E1.



Bemærk, beregningsfeltet er her symmetreret og har en ekstra række punkter på tværs

Lysmåling	Afstand / m	E_{hr} / lx	E_{min} / lx	E_{max} / lx	$U_0 = E_{min}/E$
Krav	-	$\geq 5,00$	-	-	$\geq 0,15$
1	27	5,08	0,82	11,9	0,16
2	27	5,04	0,90	11,9	0,18
3	27	5,07	0,82	11,9	0,16
4	27	5,02	0,91	11,9	0,18
5	27	5,08	0,79	11,9	0,16

Lysberegninger på L7b vej

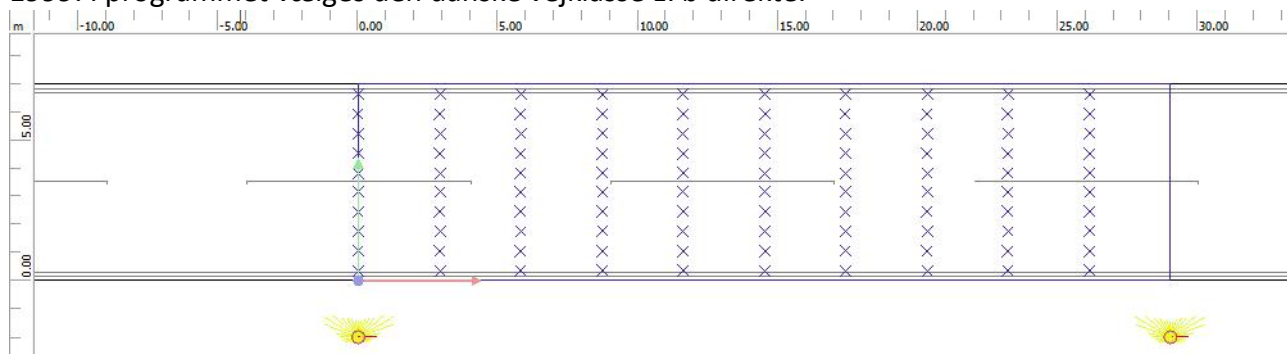
7 m bred vej med refleksionsklasse N2($q_0 = 0,09$) for tør vej og W4($q_0 = 0,213$) for våd vej

Lyspunkthøjde 7 m placeret 2 m fra vejkant

Vedligeholdelsesfaktor 0,80



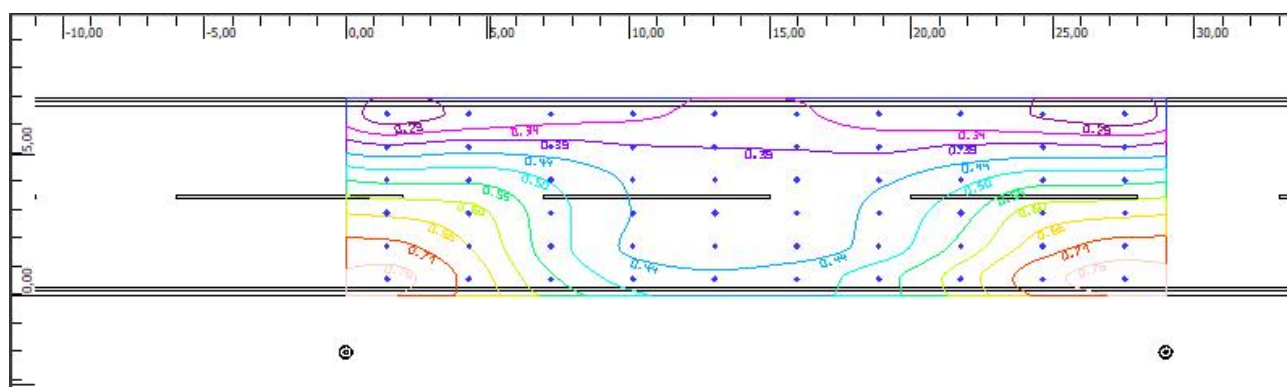
Lysberegninger i DIALux 4.13 med beregningsnet for en L-klasse vej som vist i Vejreglerne Marts 1999. I programmet vælges den danske vejklasse L7b direkte.



Lysmåling	Afstand / m	L / cd/m ²	U _o	U _I	TI / %	U _{o,våd}
Krav*	-	≥0,50	≥0,40	≥0,30	≤7,0	≥0,15
1	29	0,50	0,47	0,55	5,0	0,14
2	29	0,50	0,47	0,54	5,2	0,14
3	29	0,50	0,47	0,55	5,0	0,14
4	29	0,50	0,47	0,57	5,4	0,14
5	29	0,50	0,47	0,55	5,0	0,14

*)Krav i Vejregler – Både de gamle fra marts 1999 og de nye fra april 2015

Lysberegninger i DIALux **Evo** 6.1 med beregningsnet på vej ifølge DS/EN 13201-3:2015
I programmet vælges den nye europæiske vejklasse M5, der også udregner, de lystekniske parametre, som indgår i L7b klasse. I DIALux Evo kan man ikke vælge de danske L-klasser direkte.



Bemærk, beregningsfeltet er her symmetreret og har væsentlig færre punkter på tværs

Lysmåling	Afstand / m	L / cd/m ²	U _o	U _I	TI / %	U _{o,våd}
Krav*	-	≥0,50	≥0,40	≥0,30	≤7,0	≥0,15
1	29	0,48	0,52	0,57	8,30	0,15
2	29	0,48	0,52	0,56	9,00	0,15
3	29	0,48	0,52	0,56	8,20	0,15
4	29	0,48	0,52	0,58	9,04	0,15
5	29	0,48	0,52	0,56	8,24	0,15

*)Krav i Vejregler – Både de gamle fra marts 1999 og de nye fra april 2015

Beregningerne viser, at for E1 vejen er der så godt som ingen forskel i resultaterne i DIALux og lidt variation i DIALux Evo specielt for E_{min} , som varierer fra 0,79 til 0,91 lx svarende til +/- 7%. I mellem programmerne er nøgletallene næsten ens til trods for, at i DIALux Evo er der en ekstra række beregningspunkter, og nettet er symmetreret på vejen. Men i DIALux Evo skiller de to målinger med $\Delta\gamma = 5^\circ$ sig lidt ud.

For L7b beregningerne er der heller ikke den store variation inden for det enkelte program. Men mellem de to programmer er der en del forskel. I DIALux 4.13 klarer lysfordelingerne ikke kravet til $U_{0,våd}$ ved en mastefstand på 27 m, mens det i DIALux Evo 6.1 er kravet til middelluminansen og den synsnedsættende blænding TI (threshold increment), der ikke kan opfyldes. Det skyldes, der anvendes forskellige beregningsnet, forskellige beregningsmetoder og især forskel på hvilke resultater, der bliver vist.

Nøgletallene i L-klasse beregningerne i DIALux udregnes for en observatør/kører midt i hver vognbane 60 m før beregningsfeltet, der ligger mellem to armaturer.

Eksempel med lysmåling 1, hvor lygterne er nærmest/til højre for betragter 1:

Tilhørende betragtere (2 Antal):

Nr.	Betragter	Position [m]	L_m [cd/m ²]	U_0	UI	TI [%]	U_0 (våd)
1	Betragter 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	0.48	0.49	0.55	8.2	0.27
2	Betragter 2	(89.000, 5.250, 1.500)	0.50	0.47	0.93	5.0	0.14

og hvad der vises under hovedresultater:

	L_m [cd/m ²]	U_0	UI	TI [%]	U_0 (våd)
Faktisk værdi iht. beregning:	0.50	0.47	0.55	5.0	0.14
Nominelle værdier iht klasse:	≥ 0.50	≥ 0.40	≥ 0.30	≤ 7.0	≥ 0.15
Opfyldt/ikke opfyldt:	✓	✓	✓	✓	✗

Hovedresultatet bliver det samme, med lygterne placeret i den anden side af vejen.

Det er altså ikke alle de "dårligste" værdier mellem observatørerne, der bliver angivet i hovedresultaterne for L-veje, hvor kravene også er angivet. Hvis det var, ville resultatet i stedet blive:

Lysmåling	Afstand / m	L / cd/m ²	U_0	UI	TI / %	$U_0,våd$
Krav*	-	$\geq 0,50$	$\geq 0,40$	$\geq 0,30$	$\leq 7,0$	$\geq 0,15$
1	29	0,48	0,47	0,55	8,2	0,14
2	29	0,48	0,47	0,54	8,5	0,14
3	29	0,48	0,47	0,55	8,2	0,14
4	29	0,48	0,47	0,57	8,2	0,14
5	29	0,48	0,47	0,55	8,1	0,14

Herved kommer resultaterne meget tættere på de resultater, man opnår i DIALux Evo med et beregningsnet efter den europæiske vejbelysningsstandard DS/EN 13201-3, som Vejreglerne 2015 henviser til. Og ifølge DS/EN 13201-3 skal netop de laveste luminans og regelmæssigheder samt den højeste TI værdi anvendes. Det giver et problem mht. de krav specielt TI, der er angivet i Vejreglerne. Til sammenligning er kravet til TI i en lignende M5-klasse vej i DS/EN 13201-2 15%.

Eksempel med lysmåling 1:

Kørebane 1 (M5)

Vedligeholdelsesfaktor: 0.80
Beregningsnet: 10 x 6 Punkter

	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	U0 (våd)	EIR
Faktisk værdi ifølge beregning	0.48	0.52	0.57	8	0.15	0.34
Ønsket værdi ifølge beregning	≥ 0.50	≥ 0.35	≥ 0.40	≤ 15	≥ 0.15	≥ 0.30
Opfyldt/ikke opfyldt	✗	✓	✓	✓	✓	✓

Tilhørende betragtere (2):

Betragter	Position [m]	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	U0 (våd)
Betragter 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	0.48	0.54	0.57	8	0.27
Betragter 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	0.50	0.52	0.91	5	0.15

Så længe man bruger DIALux til at beregne L-klasse veje i Danmark og vise hovedresultaterne, som mange har gjort hidtil, burde det ikke give resultatproblemer – bortset fra man ikke følger Vejregler 2015 fuldstændigt. Men bruger man i stedet DIALux Evo, skal man være opmærksom på ovenstående problematik specielt mht. TI.

Forfattet af:

Henrik Aagaard Pedersen
Technology Engineer
Louis Poulsen A/S