

Notat

Vedr.

Teknisk evaluering af biologisk lys på plejehjem

Fuglebakken, Aarhus og Kastanjehusene, København



Inger V Erhardtsen IVE Rådgivning
Anne Bay Spektrum Lysdesign

INDHOLD

1 INDLEDNING	2
1.1 Baggrund	2
1.2 Formål.....	2
1.3 Resume af resultater	4
1.2.1 Skema for evaluering af kvalitetskrav i boliger	5
1.2.2 Skema for evaluering af kvalitetskrav for medarbejdere	6
1.2.3 Måling af øvrige lystekniske og el-tekniske data.....	7
2 Metoder.....	9
2.1 Forudsætninger for målinger	9
2.1.1 Anvendt kontrolmåleudstyr	9
3 Målinger og resultater.....	12
3.1 Verificering af biologiske lysdata.....	12
3.1.1 Genberegning af Melanopic EDI (mEDI) værdier fra Belid	12
3.1.2 Laboratorie kontrolmålinger af fremsendte data fra Belid (med lab. Udstyr).....	12
3.1.3 Måling af lysdata og fordeling af spektrum i 1 meters afstand.....	12
3.1.4 Målinger på lokationer med aktuelle placeringer af armaturer	13
3.1.5 Beregning af Melanopic EDI i lux niveauer.....	13
3.1.6 Beregninger af lysniveauer i boliger/fællesarealer mm	13
3.1.7 Beregninger af dagslysniveauer i boliger/fællesarealer mm	13
3.1.8 Beregninger af det samlede biologiske lysniveau i boliger/fællesarealer mm	14
3.2 Måle-/beregningsresultater	14
3.2.1 Kastanjehusene, København	14
3.2.2 Måle-/beregningsresultater Fuglebakken, Aarhus.....	20
3.2.3 Konklusioner af målinger på Kastanjehusene og fuglebakken.....	23
3.3 Beregninger af biologisk lys inkl. dagslys på Kastanjehusene	24
3.3.1 Beregningsgrundlag for dagslysberegninger	24
3.3.2 Beregning af biologisk lys inkl. Dagslys på Kastanjehusene	25
3.3.3 Beregning af biologisk lys inkl. Dagslys på Fuglebakken	26
3.3.4 Konklusion Beregninger af biologisk belysning og dagslys.....	27

1 INDLEDNING

Denne evaluering af biologisk lys på plejehjem omhandler teknisk evaluering af biologisk lys til plejehjem, skabt af konsortiet Belid Lighting og Lyhne Design i forbindelse med udvikling af biologisk lys ifm. innovativt partnerskab med Københavns Kommune og Aarhus Kommune.

Evalueringens formål er at belyse hvorvidt de udviklede lysløsninger lever op til krav og ønsker som beskrevet i udbudsmaterialets Kontraktbilag 1a Teknisk grundlag for biologisk lys.

Notatet er udarbejdet af 3. part. Som grundlag herfor er der anvendt lysteknisk data fra laboratorier fra Belid Lightings egne laboratorier sammenholdt med laboratoriemålinger i Spektrum Lysdesign Laboratorie. Derudover er der udført målinger med håndhold instrument på stativ i boliger og fællesarealer på plejehjem til sammenligning med lysberegninger. Disse lysberegninger vil efterfølgende kunne anvendes til yderligere retningslinjer og undersøgelser af praktiske og optimale placeringer af den biologiske belysning

1.1 Baggrund

I forbindelse med udvikling, afprøvning og implementering af nye biologiske belysningsløsninger på to udvalgte plejehjem i henholdsvis Aarhus (Fuglebakken) og København (Kastanjehuse), er der udført 3. parts evaluering og målinger af belysningsleverandørens, Belid belysningsarmaturer.

1.2 Formål

Formålet med en teknisk evaluering af biologisk lys på plejehjem er ved hjælp af 3. parts målinger og beregninger, at undersøge om de udviklede armaturer lever op til det ønskede potentiale for biologisk lys beskrevet i udbudsmaterialet: Kontraktbilag 1a Teknisk grundlag for biologisk lys:

- Kontrol og vurdering af den biologiske effekt ved vurdering af mEDI belysningsniveauer
- Kontrol af leverandøren/armaturproducentens dokumenterede oplysninger om belysningskvaliteten CCT, farvetemperatur, farvegengivelse, (TLA) flimrer, SDCM (MacAdam) og standby-forbrug.

Frem for blot at eftervise den målte effekt via laboratoriemålinger med de samme forudsætninger, som der anvendes i alle godkendte laboratorier, har ønsket med denne verificering været, at kunne eftervise effekten af det biologiske lys i praksis ude hos brugerne.

Dette notat omhandler således målinger og beregninger efter følgende princip i de angivne trin:

1. Data fra laboratoriemålinger fra Belid fremsendes som rå data (spektrale intensitetsfordelinger) til Spektrum Lysdesign, der efterfølgende tjekker Belids beregninger af Melanopic EDI (mEDI) værdier.
2. En-til en stikprøve laboratoriemåling for verificering af målinger udført af Belid.

3. Enkel kontrolmåling af alle typer belysningsarmaturer for lys-niveauer og spektralfordelinger i 1 meters afstand (to vinkler) med håndholdt instrument (på stativ), i Spektrum Lysdesigns laboratorium. Dette for at kunne sammenligne med efterfølgende målinger udført på de enkelte lokationer. Resultaterne er omregnet til Melanopic EDI.
4. Målinger på aktuelle lokationer/placeringer i forbindelse med prøveopsætning af armaturer på Kastanjehusene og Fuglebakken. Beregning af Melanopic EDI i lux niveauer, på baggrund af lysmålinger i boliger og fællesarealer.
5. Beregninger af dagslys i boliger/fællesarealer mm med aktuelle placeringer og beregninger af biologiske lysniveauer i boliger/fællesarealer med aktuelle placeringer med tilskud af dagslys (uden eksisterende loftsllys)

Evalueringer og projektets resultater, inkl. grundlæggende forslag til placeringer, stilles til rådighed for efterfølgende bearbejdning og nærmere information om optimal brug og placering af armaturer med biologisk lys.

1.3 Resume af resultater.

Nedenfor er angivet resultater i skemaform jf. de oplyste tekniske krav i udbudsmaterialets "Kontraktbilag 1a Teknisk grundlag for biologisk lys" for:

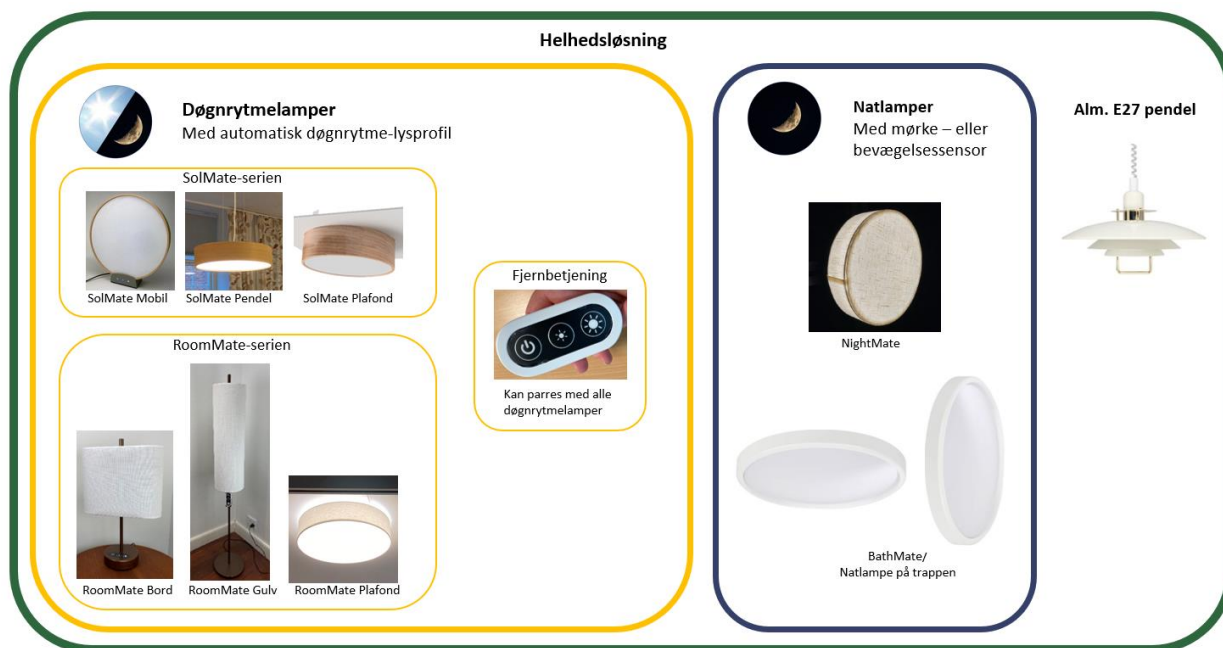
- Målinger i laboratorie på de udvalgte tidspunkter af døgnet
- Målte belysningsniveauer i fællesarealer, trapper, gange mm.
- Målte belysningsniveauer i plejeboliger og toiletter

Helhedsløsningen fra Belid Lighting og Lyhne Design består af biologiske armaturer som supplerer eller erstatter den eksisterende basis belysning i de enkelte rum.

Løsningen består af 4 "serier af armaturer":

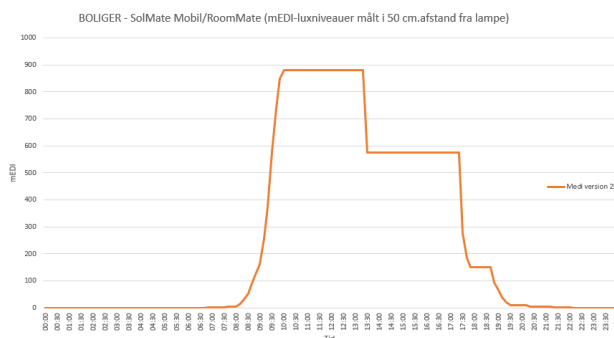
- SoleMate (med døgnrytmeprotokoller fortrinsvis for fællesarealer)
- RoomMate (med døgnrytmeprotokoller fortrinsvis for boliger og ophold)
- NightMate (udelukkende til natbelysning i soveværelse, mm.)
- BathMate (udelukkende til natbelysning i toiletter, trapper, gange mm.)

SoleMate og RoomMate serien har begge døgnrytmeprotokoller som dækker relevante aktiviteter og døgnrytme i henholdsvis fællesarealer og i boliger. De adskiller sig lidt fra hinanden da aktiviteterne i fællesarealerne starter tidligere og derfor forløber tidspunkter og eksponering af lys lidt anderledes end i boligerne (se fig. 2 og 3)

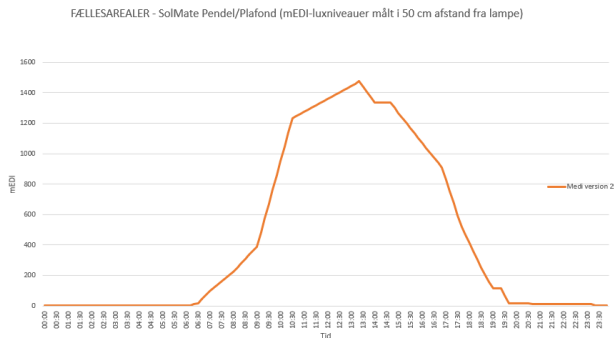


Figur 1: Overblik over de 4 serier af armaturer i helheldløsningen

Nedenfor vises graferne for hvorledes lyset ændres i forskellige tempi med de to protokoller over døgnet.



Figur 2: Protokol for Solemate mobil og Room Mate serien



Figur 3: Protokol for lamper SoleMate pendel/plafond

1.2.1 Skema for evaluering af kvalitetskrav for borgerne

Af nedenstående skemaer fremgår de fremsatte belysningskrav og krav til den lystekniske kvalitet og biologiske effekter hos borgerne. I den blå kolonne fremgår evalueringerne på de udvalgte tidsrum.

Biologiske effekter på borgere		Belysningskrav	Evaluering
Morgen/ formid- dag	<p>Morgenvækning med lys: Rolig opstartsperiode Mulighed for tidsindstilling Fuldspektret lys med god Ra-værdi</p> <p>Energiboost med kraftigt fuldspektret lys i øjenhøjde: Mulighed for valgfrit supplement af ekstra lys, primært rettet mod øjne på den ældre Fuldspektret lys med god Ra-værdi</p>	<p>- Min. 250 mEDI lux</p> <p>- CCT 2.700 - 6.000 K</p> <p>CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20 (rød)</p>	<p>I fællesarealer, kontorer mm, hvor øvrig eksisterende belysning er udført jf. krav i BR 18, overholdes niveauet for biologisk lys. (se skemaer i afs.3.2)</p> <p>I boliger kan der opnås tilstrækkelige mEDI lux niveauer, hvor der er placeret flere lamper i umiddelbar nærhed i synsretningen af borgerne. Medregnes der dagslys (på en normal overskyet dag) jf. DS/EN 17037 (se afs. 3.3 at der generelt er belysningsniveauer over 250 mEDI lux.</p> <p>Hvis der er mindre basislys (borgerens egen eksisterende belysning) end de i standarden foreskrevne niveauer, og hvis borgernes synretning er orienteret væk fra vinduer, opnås der en lavere biologisk effekt (se skemaer i afs.3.2). De opstillede lamper med biologisk lys, udgør da hovedlyskilden for borgeren.</p> <p>Øvrige krav: CCT 2.700 - 6.000 K. - Overholdt* CRI (Ra) ≥ 90 - Overholdt* CRI (R9) ≥ 20 (rød) - Overholdt* *) Jf. vedlagte målinger i bilag 2 (se fig. 6)</p>
Efter- middag	De blå bølgelængder i lyset er aftagende	150 – 225 mEDI lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20 (rød)	Kravene anses generelt som værende overholdt, dog med undtagelser i enkelte boliger hvor basisbelysningen og dagslyset ikke bidrager til det biologiske lys (se ovenfor)
Aften	Gode belysningsniveauer, med varmt lys med få blå bølgelængder	25 – 100 mEDI lux	Kravene anses som værende overholdt, da belysning dæmpes og andelen af blå bølgelængder aftager jf. døgn protokollen.
Nat	Vågelys, natlys, orienteringslys uden/få blå bølgelængder	Max 3 mEDI lux	Kravene anses som værende overholdt, da belysningen dæmpes yderligere og andelen af blå bølgelængder hermed aftager yderligere.

		CCT 1.800 – 2.700 K.	Kontrolmålinger har bekræftet dette. (vedlagte målinger i bilag 2)
Ved måltider	Lys der skaber kontraster og farvegengivelse	CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 40 (rød)	Overholdt jf. kontrolmålinger (vedlagte målinger i bilag 2)

Figur 4: Skema for evaluering af biologiske belysningskrav for borgerne.

1.2.2 Skema for evaluering af kvalitetskrav for medarbejdere

Af nedenstående skemaer fremgår de fremsatte belysningskrav og krav til belysningsniveauer for medarbejdere. I den blå kolonne fremgår evalueringerne på de udvalgte tidsrum.

Arbejdsbelysning for medarbejdere:		Belysningskrav	
Morgen/ Formiddag	Mindre plejeopgaver: Dækkes hovedsageligt af dagslys + grund/basisbelysning	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20	Overholdt. Fortrinsvis fra basisbelysningen (eksisterende belysning), suppleret med biologisk belysning med gode farvegengivende egenskaber
	Omfattende plejeopgaver: Dækkes hovedsageligt af dagslys + grund/basisbelysning kan dog suppleres med ekstra lys hvor det er nødvendigt	300 - 500 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20	Overholdt. Fortrinsvis fra basisbelysningen (eksisterende belysning), suppleret med biologisk belysning med gode farvegengivende egenskaber. Styrker lys-kvalitet fremgår af kontrolmålinger i bilag 2
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basisbelysning ved spejl/i loft	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20	Overholdt. Fortrinsvis fra basisbelysningen (eksisterende belysning), suppleret med biologisk belysning med gode farvegengivende egenskaber. Styrker lys-kvalitet fremgår af kontrolmålinger i bilag 2
Eftermiddag	Mindre plejeopgaver: Dækkes af grund/basisbelysning + (dagslys sommer)	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20	Overholdt. Fortrinsvis fra basisbelysningen (eksisterende belysning), suppleret med biologisk belysning med gode farvegengivende egenskaber)
	Omfattende plejeopgaver: Dækkes hovedsageligt af dagslys + grund/basisbelysning kan dog suppleres med ekstra lys hvor det er nødvendigt	300 - 500 lux CRI (Ra) ≥ 90 CRI (R9) ≥ 20	Overholdt. Fortrinsvis af basisbelysningen (eksisterende belysning), suppleret med biologisk belysning med gode farvegengivende egenskaber. Styrker lys-kvalitet fremgår af kontrolmålinger i bilag 2
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basisbelysning ved spejl/i loft	Min. 200 lux CRI (Ra) ≥ 80 CRI (R9) ≥ 0	Overholdt. Fortrinsvis fra basisbelysningen (eksisterende belysning), suppleret med biologisk belysning med gode farvegengivende egenskaber. Styrker lys-kvalitet fremgår af kontrolmålinger i bilag 2
Aften	Alle opholdsrum: Mindre plejeopgaver: Det biologiske lys reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med dæmpet grund/basisbelysning, som ikke blænder borgeren unødigt.	150 - 200 lux	Overholdt. Både fra det biologiske belysning og fra basisbelysningen (eksisterende belysning), Den biologisk belysning supplerer med gode farvegengivende egenskaber. Lyset styres af fast protokol, fjernbetjening og betjening direkte på lamper.
	Alle opholdsrum: Omfattende plejeopgaver: Det biologiske lys reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med	300 - 500 lux	Overholdt. Både fra det biologiske belysning og fra basisbelysningen (eksisterende belysning), Den biologisk belysning supplerer med gode farvegengivende egenskaber.

	grund/basisbelysning som reguleres op så det ikke blænder borgeren unødigt		Lyset styres af fast protokol, fjernbetjening og betjening direkte på lamper.
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basis lys v. spejl/i loft og/eller natbelysning	50 - 200 d CRI (Ra) ≥ 80 CRI (R9) ≥ 0	Overholdt: Lys fra aften/natlamper kan suppleres med eksisterende belysning.
Nat	Mindre plejeopgaver: Det biologiske reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med dæmpet grund/basisbelysning som ikke blænder borgeren unødigt.	5 - 200 lux	Overholdt. Både fra det biologiske belysning og fra basisbelysningen (eksisterende belysning), Den biologisk belysning supplerer med gode farvegengivende egenskaber. Lyset styres af fast protokol, fjernbetjening og betjening direkte på lamper.
	Omfattende plejeopgaver: Det biologiske reguleres op af personale ved dør eller ved borger. Suppleres evt. med grund/basisbelysning som reguleres op så det ikke blænder borgeren unødigt	100 - 300 lux	Overholdt. Både fra det biologiske belysning og fra basisbelysningen (eksisterende belysning), Den biologisk belysning supplerer med gode farvegengivende egenskaber. Lyset styres af fast protokol, fjernbetjening og betjening direkte på lamper.
	Plejeopgaver på toiletter: Dækkes af grund/basis lys v. spejl/i loft og/eller natbelysning	10 - 200 lux CRI (Ra) ≥ 80 CRI (R9) ≥ 0	Overholdt: Lys fra aften/natlamper kan suppleres med eksisterende belysning.

Figur 5: Skema for evaluering af biologiske belysningskrav for medarbejdere.

1.2.3 Måling af øvrige lystekniske og el-tekniske data

Kontrol af leverandøren/armaturproducentens dokumenterede oplysninger om belysningskvaliteten CCT, farvetemperatur, farvegengivelse, (TLA) flimrer, SDCM (MacAdam) og standby-forbrug

Armaturtype	CCT	CCT	CCT	CCT	CCT	CRI	CRI	CRI	R9	CRI	CRI	Flicker	Lm/W	Standby
	02:00	09:00	12:30	14:30	18:30	02:00	09:00	12:30	12:30	14:30	18:30	PCT		Målt Belid
SolMate Pendel	4154	3529	4092	4103	3239	68,70	91,60	93,40	73,81	93,30	91,90	16	69,00	2,47 W
SolMate Plafond	4154	3529	4092	4103	3239	68,70	91,60	93,40	69,80	93,30	91,90		69,00	2,47 W
SolMate Mobil	5262	3623	4129	4134	4133	76,20	88,80	91,60	69,20	91,50	91,60	30,00	66,00	0,7 W
RoomMate Plafond	4337	3255	3704	3710	2999	74,10	89,30	90,40	72,81	90,30	89,70		79	2,47 W
RoomMate Bord	4337	3255	3704	3710	2999	74,10	89,30	90,40	70,63	90,30	89,70		64	2,38 W
RoomMate Gulv	4377	3225	3664	3671	2981	71,70	88,00	90,80	70,72	90,70	88,50	6,97	52	2,38 W
Night Mate	2197	2197	2197	2197	2197	95,17	95,17	95,17	72,7	95,17	95,17	17,37	32,00	0,72 W
Bath Mate	2698	2698	2698	2698	2698	81,07	81,07	81,07	48,46	81,07	81,07	10,5	56,00	0,67 W

Figur 6: Skema med målinger for kontrol af diverse el-tekniske og lystekniske data.

Af ovenstående tabel ses målinger for belysningskvaliteten CCT, lumen/W, farvetemperatur, farvegengivelse, (TLA) flimrer, og standby-forbrug.

Oplisting af lystekniske forhold:

- Farvetemperatur CCT og farvegengivelse overholder alle de angivne krav.
- Jf. data fra producenten af LED komponenter oplyses at SDCM (MacAdam) ligger inden for de 3 step som er angivet som krav. Kontrolmålinger på enkelte indstillinger viser SDCM på 1,7 – 2,2. Derfor kan dette punkt anses som værende overholdt.
- Flicker er målt med forskellige angivelser som alle ligger indenfor acceptable niveauer, målingerne er foretaget ved max-, middel- og minimums belysningsniveauer, det er sjældent muligt helt at undgå flimmer, særligt når armaturer både dæmpes og har Kelvinstyring.
- Niveauet for Standby forbrug ligger generelt noget højere end de angivne anbefalinger på ca. 0,3W pr. armatur (lyskilde og driver). Dette skyldes fortrinsvis at der ud over lyskilden (LED) og driver også er komponenter for styrings-protokoller, elektronik til betjening og fjernbetjening indbygget i hvert armatur. Således er der ikke strømforbrug til ”eksterne enheder” som controllere og andre styreenheder i tavler. Målt af Belid og kontrolmålt af IVE (med væsentlig måleusikkerhed grundet meget lave spændingsniveauer).
- Det forhøjede standby forbrug bør dog angives, så data for lumen Lumen/W ikke giver anledning til at antage, at værdien kun er baseret på LED/driverforbruget.

2 METODER

2.1 Forudsætninger for målinger

2.1.1 Anvendt kontrolmåleudstyr

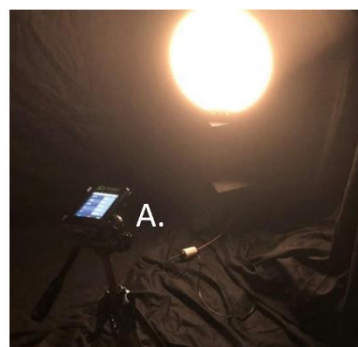
Da der generelt kan være store forskelle på måleresultater og forudsætninger for målinger mellem forskellige instrumenter, anvendes det samme håndholdte måleinstrument monteret på stativ, både i forbindelse med kontrolmålinger af armaturer og de enkelte målinger lokalt i hvert rum på de enkelte plejehjem.

Målinger af spektralfordelinger og belysningstyrker er udført med spektrometer type UPRtek type MK350S Premium (Serie no. HS22BIEA0015), placeret på fotostativ. (A)

Målinger af afstande og højder, ved laboriemålinger, blev udført med lasermåler, type FLUKE 414D med en nøjagtighed på +/- 2 mm. (B)

I lokaliteterne på plejehjemmene blev opmåling og placeringer udført i en kombination af afstandsmåler og tommestok.

Målinger af standby forbrug er udført med standard digitalt multimeter EM61 17-338 (måle nøjagtighed +/- 2% +/-5 cifre



Figur 7: Måleopsætning ved kontrolmålinger. Klip fra målerapport - Spektrum design af 8. feb. 2023

Kalibrering af måleudstyr

Da instrumentet MK350S Premium senest er kalibreret 22/10/2018 er dets nøjagtighed eftervist ved sammenligning med et Viso BaseSensor laboratoriespektrometer (senest kalibreret 11-04-2022, serie no. 1683780847).

Af udklippet nedenfor ses det aktuelle resultat af sammenligningen af de to instrumenter. Nærmere detaljer fremgår af vedlagte målerapport fra Spektrum Lysdesign af 8. feb. 2023:

Spektrometermodel	MK350S PREMIUM	Viso BaseSensor	Difference
Serienummer	HS22BIEA0015	1683780847	
Tid	2023/01/02_10:09:47	2023/01/02_11:19:10	
Seneste kalibrering	22-10-2018	11-04-2022	
Måleafstand	242,2 cm	250,0 cm	
Belysningsstyrke @1m	486,0 lux	459,3 lux	5,8%
Beregnet Melanopic EDI	292,4 mEDIlux	285,9 mEDIlux	2,3%
CCT	3919	3934 K	-0,4%
CRI	81,5	81,2	-0,5%
CIE _x	0,3867	0,3857	0,3%
CIE _y	0,3883	0,3861	0,6%

Figur 8: Sammenligning af data fra de to instrumenter

Som det fremgår af figur 2, synes det håndholdte instrument at overvurdere belysningsstyrke med mEDI med 2-3%, hvilket er så lidt, at der ikke er søgt at kompensere for dette. Til gengæld er parametre, som CCT og CRI målt med meget god nøjagtighed. Samlet set vurderes spektrometret egnet til måleopgaven.

For nærmere information se opmålingsrapporten fra Spektrum Lysdesign af 8. feb. 2023, udført af Anne Bay.

Måleusikkerhed generelt

Som det også er nævnt målerapport fra Spektrum design af 8. feb. 2023, angiver Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsens i deres vejledning for funktionsafprøvninger at der "accepteres en afvigelse på 10 % grundet usikkerhed ved måling af belysningsstyrken".

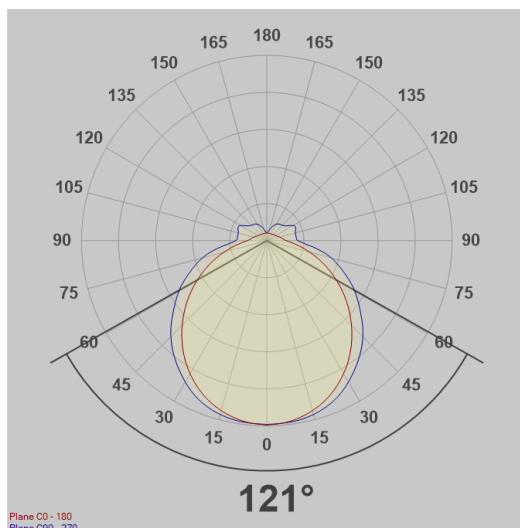
Dette virker dog erfaringsmæssigt, som meget lavt sat (særligt ved lave lysniveauer), da flere faktorer kan påvirke resultatet. Her er oplistet nogle:

- Måleinstrumentets temperatur og kalibrering
- Forhold, vinkling og afstande hvor målinger udføres
- Tænd tiden på armaturet, (lysudstråling og armaturets temperatur)
- Nøjagtighed af afstandsmåling (belysningsstyrken falder med afstanden i anden potens)
- Vinkel på armaturet (evt. ujævn udstråling i forhold til vinklen på armaturet)
- Temperaturer i lokalet (påvirker også lysudsendelsen)
- Strømforsyningen kan variere fra sted til sted og på forskellige tidspunkter af døgnet
- Muligheden for effektivt at afskærme for udefrakommende lys, eller fra andre armaturer
- Muligheden for at undgå straylight (reflekteret lys fra overflader i armaturets nærhed)

Erfaringsmæssigt vurderes håndholdte lysmålinger derfor snarere at kunne give afvigelse på 15-20%.

En meget vigtig pointe er, at alle målinger af armaturers belysningsstyrke (herunder også måling af mEDI lux) er afstandsafhængige. Som tommelfingerregel aftager belysningsstyrken med kvadratet på afstanden. Ved sammenligning af laboratiormålinger og praktiske målinger er dette meget vigtigt. Er laboratiormålingen udført i 1 meters afstand, og den praktiske måling bare 12 cm længere væk, falder belysningsstyrken hele 20 %.

Ligeledes er der en betydelig vinkelusikkerhed. For de målte armaturer er intensiteten generelt højest vinkelret på den lysende flades midte, og vil således aftage, hvis betragterens øjne er i en anden vinkel.



Figur 9: Solmate Bord lysfordelingskurve (Belid). Lige frem er 100% = 356 lux i en meters afstand. 20 grader til siden er intensiteten ca. 10% lavere, og 45 grader til siden ca. 30% lavere.

Beregninger usikkerhed generelt

Der er ligeledes faktorer når det gælder lysberegninger af eksisterende møblerede boliger og rum.

- Laboratorie-lysmålinger udføres i helt sorte rum, hvor reflekteret lys så vidt muligt undgås. I boligerne reflekteres lys i rummet overflader (møbler og vægge), og bidrager til højne resultaterne. Her har alle de forskellige reflektanser og teksturer fra møbler indretning og flader stor indflydelse.
- Placeringer og vinkling mm. er ikke nemme at konstruere en til en i beregninger.
- Reflekteret lys fra flader kan ikke beregnes med samme nøjagtighed, da refleksion af lyset ikke medregnes nær så nøjagtig som ved målte niveauer.
- Det har også vist sig at ved lave lys niveauer (under 50 lux) er de beregnede tal noget lavere end de målte. Dette kan skyldes det håndholdte spektrometers begrænsninger ved lave lysintensiteter (dårligt signal/støj-forhold), men også at beregningerne ikke i samme grad kan indregne reflekteret lys.

3 MÅLINGER OG RESULTATER

3.1 Verificering af biologiske lysdata

Dette notat omhandler således målinger og beregninger efter følgende princip om i praksis at kunne eftervise den biologiske effekt.

Af nedenstående oversigt fremgår enkelte armaturer i helhedsløsningen:

3.1.1 Genberegning af Melanopic EDI (mEDI) værdier fra Belid

Fremsendte rå data for lysmålinger fra Belid, med informationer om det relevante spektrum. Disse er efterfølgende genberegnet af Spektrum Lysdesign for Melanopic EDI (mEDI) værdier.

Oversigt med de beregnede data på de første to linjer for hvert armatur i bilag 1 (opmålingsrapport, Spektrum Lysdesign af 8. feb. 2023).

Her ses en mindre variation på ganske få procent, hvilket kan skyldes forskellige afrundingsfejl. Derudover er der nogle enkelte tidspunkter i protokollen som afviger lidt. Dette skyldes forskelle eller fejl i de enkelte protokoller, da der løbende er sket enkelte ændringer i armaturerne også under måleprocessen.

På den baggrund anses disse data overordnet helt at være i overensstemmelse med Belids angivne data.

3.1.2 Laboratorie kontrolmålinger af fremsendte data fra Belid (med lab. Udstyr)

Grundet store udsving i måleresultaterne ved skift fra laboratorieudstyr til måleudstyr som kan bruges direkte på lokationerne på plejehjemmene. Er det efterfølgende aftalt at der udføres 2-3 stikprøvekontrolmålinger på max-niveauer, for at verificere at måledata fra Belid stemmer overens med de angivne data.

Disse målinger pågår og endelige data herfor følger i løbet af uge 12

3.1.3 Måling af lysdata og fordeling af spektrum i 1 meters afstand

For at opnå et troværdigt dataniveau ved målinger på lokationerne, er Belids data på de enkelte tidspunkter verificeret ved målinger med håndholdt instrument (på stativ).

Som det også fremgår af opmålingsrapporten fra Spektrum Lysdesign af 8. feb. 2023 (bilag 1) er der generelt lavere målinger med UPRtek type MK350S Premium (Serie no. HS22BIEA0015), hvilket skyldes at Lysmålinger kun udføres en meter fra armaturer med håndholdt-måleinstrument (på stativ) (1 meter, da det er afstandskravet i forhold til Melanopic EDI (mEDI) niveauer). Divergerende resultater er forventeligt,

særligt ved større armaturer. I laboratorier er der specifikke forskrifter for afstande for måling af armaturer som typisk skal være minimum 5-10 gange den lysende flades største mål. Dette for at sikre at hele armaturets lysudsendelse inddrages i målingen.

3.1.4 Målinger på lokationer med aktuelle placeringer af armaturer

I forbindelse med prøveopsætning af armaturer på Kastanjehusene og Fuglebakken er et udvalgt af armaturer placeret i de faktiske omgivelser, både i de enkelte boliger og i fællesarealer.

Her anvendes det samme måleudstyr på stativ med målinger i udvalgte positioner hvor de enkelte borgere opholder sig ofte, f.eks. i lænestol, i sofa, spiseplads mm. Disse placeringer er angivet i efterfølgende oversigtsskema. For hver position er der udført en måling med blikket rettet "lige ud", "til siden" (eks mod TV eller lampe) og "ned" (f.eks. ved læsning eller spisning mm.)

+



Figur 10: Eksempel på håndholdt måling på stativ

3.1.5 Beregning af Melanopic EDI i lux niveauer

Måledata på alle de målte positioner er efterfølgende omregnet jf. beregningsmatrix fra websitet www.luox.app, alle målinger med data for hele spektret er herefter omregnet og fremgår i skema for lysmålinger i afsnit.3.2.

3.1.6 Beregninger af lysniveauer i boliger/fællesarealer mm

På baggrund af tegninger, registrering, opmålinger og billeder fra de enkelte rum er der udarbejdet beregninger på et stort udpluk af de aktuelle placeringer i forbindelse med målingerne.

Som det kan ses af billedet, er grundlaget for disse beregninger forenklet i forhold til virkeligheden (uden nips og detaljer) til gengæld er reflektanserne på de enkelte flader justeret konservativt, netop for at opnå realistiske beregningsresultater.

3.1.7 Beregninger af dagslysniveauer i boliger/fællesarealer mm

Ud fra de aktuelle beregninger af lysniveauer er der tillige udført beregninger for dagslys i boliger, kontorer/personalerum og fællesophold/spiseareal. Dagslysberegningerne er udført i positioner, hvor borgerne ser lige ud, med de samme aktuelle placeringer.

3.1.8 Beregninger af det samlede biologiske lysniveau i boliger/fællesarealer mm

Af sidste linje i figur 10 og 11, fremgår det samlede tilskud af biologisk lys inkl. tilskud af dagslys og den biologiske belysning. Disse resultater er dog uden den eksisterende belysning som loftsllys pendler og standerlamper.

3.2 Måle-/beregningresultater

3.2.1 Kastanjehusene, København

Målinger af belysning er generelt udført med afdækkede vinduer (dvs. uden dagslys). Med målinger i mørke som kontrol for mørklægning (målinger er dog udeladt i skemaer)

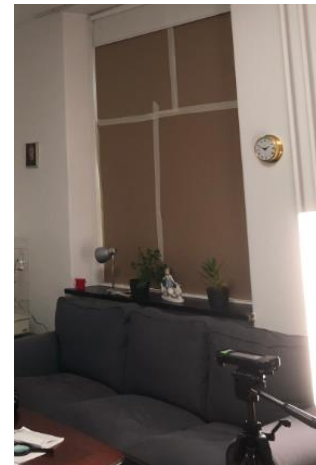
Til beregningssimuleringer anvendt beregningsprogrammet DiaLux 4.13. Dette program giver mulighed for at justere i lumenpakken individuelt på armaturer som NightMate, der ikke har en fast protokol. Hvor dette er udført, er der angivet antal lumen i skemaet ud for beregningerne.

Der er ikke udført beregninger på alle målinger, og der er enkelte målinger, som ikke er valide/registrerede (er derfor udeladt) grundet fejl-nummerering eller dobbeltnummerering.

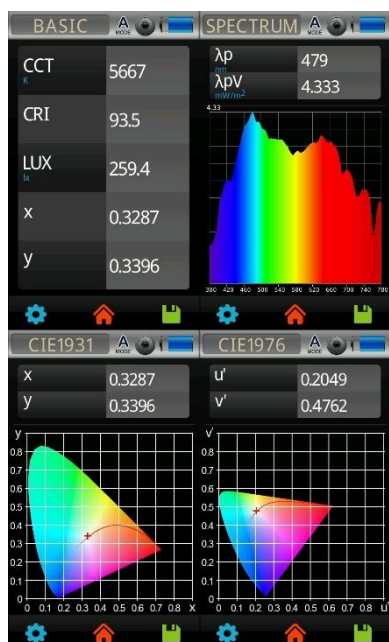
Der er foretaget en del ekstra målinger, hvor de forskellige situationer som ligeledes fremgår af skemaet.

Der er også udført enkelte målinger med rent dagslys hvor resultatet for (LUX/M EDI) er anvendes til omregning til Melanopic EDI, ifm. omregning af de efterfølgende dagslysmålinger (se 3.2.4)

Nedenfor er vist et lille udklip af målingerne inkl. spektrum:



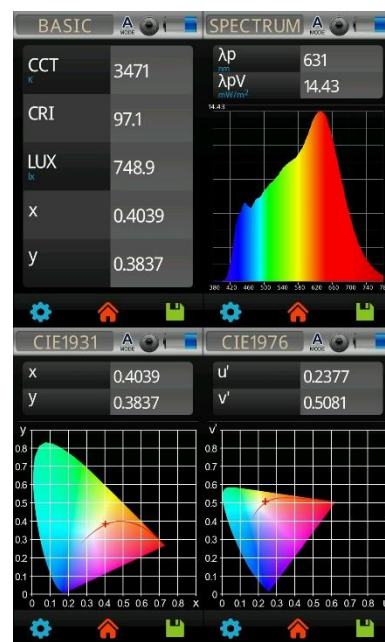
Figur 11: Alle vinduer afdækkes med kraftigt pap for at undgå dagslys



Figur 5: 12B01DALY, Måling af dagslys ved vindue



Figur 13: For hver måling tages et tilhørende billede, så man kan sikre hvor målingen er taget. Måling 12B01DALY.



Figur14: Typisk lysfordeling på det biologiske lys om formiddagen, F001

Målinger og beregninger:

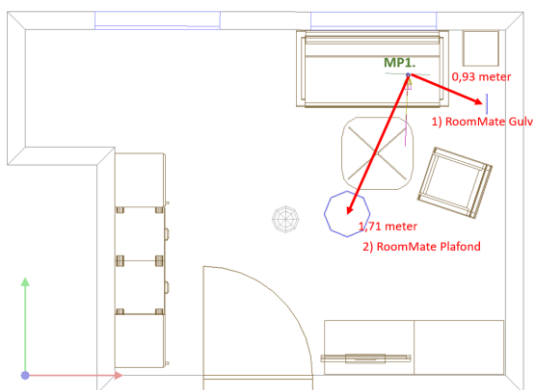
Nedenfor fremgår de anvendte målinger i beregnet LUX, målte LUX og omregnet målte værdier i Melanopic EDI (lx). Den sidste kolonne viser differencen i procent, på de målte og beregnede LUX-værdier.

Under hvert rum er vist udklip fra Beregningsprogrammet DiaLux 4.13, hvorpå der er angivet horisontale mål for placering af de biologiske armaturer i forhold til de indsatte målepunkter.

Alle målinger taget med og uden beboernes eget eksisterende lys og helt uden dagslys. Derfor vil lux niveauerne generelt fremstå lave, da der således ikke bidrages med lys hvor lamperne ikke er tændt.

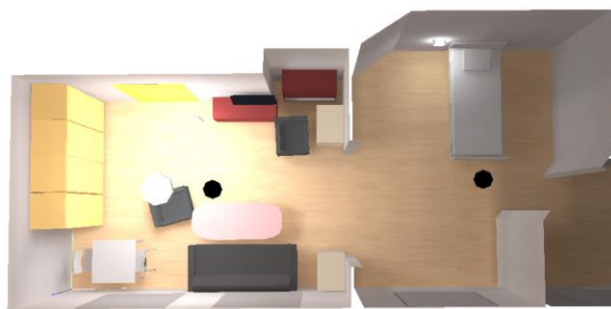
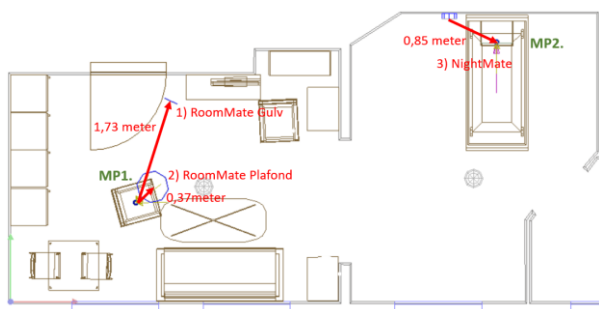
Bolig 1: 1 RoomMate Gulv, 2 RoomMate plafond

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/ lux	Forskel målt/ber.
Bolig 1							
109B01	10.00	1. Sofa (BioLys+eget)	199,0	213,94	133,13	62%	-7%
109M01	10.00	1. Sofa (kun BioLys)	188,0	177,83	122,38	69%	6%



Bolig 2: 1 RoomMate Gulv, 2 RoomMate plafond, 3 NightMate

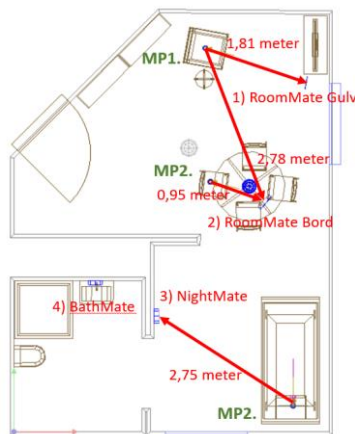
Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/ lux	Forskel målt/ber.
Bolig 2							
204B01	10.00	1. Lænestol lige ud (BioLys+eget)	116,0	114,84	64,81	56%	1%
204M01	10.00	1. Lænestol lige ud (kun BioLys)	94,0	80,86	53,09	66%	16%
204M01A	10.00	1. Lænestol m. TV (kun BioLys)	163,0	145,65	87,57	60%	12%
204MTV	10.00	1. Lænestol m. Gulvl. (kun BioLys)	187,0	263,14	169,89	65%	-29%
204S01	02.00	2. Seng min (12 lm) (kun BioLys)	0,1	0,20	0,10	50%	-30%
204S01	02.00	2. Seng min (20 lm) (kun BioLys)	0,2	0,20	0,10	50%	16%
204S02	02.00	2. Seng max (387 lm) (kun BioLys)	4,5	9,66	3,14	33%	-53%



Bolig 3: 1 RoomMate Gulv, 2 RoomMate bord, 3 NightMate, 4 BathMate

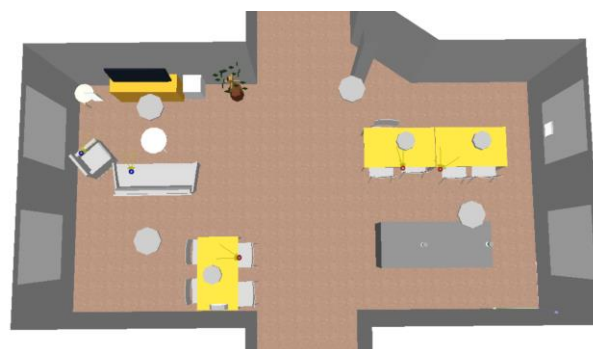
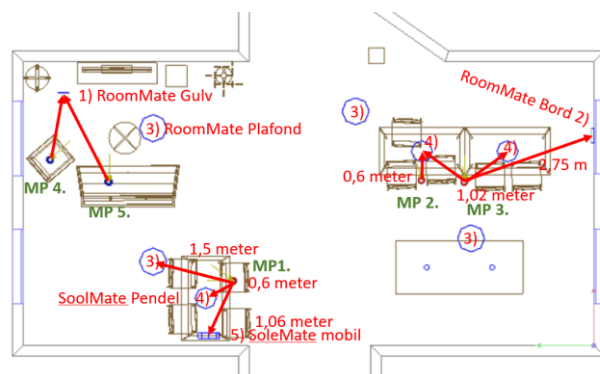
Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/ lux	Forskel målt/ber.
Bolig 3							
37B02	10.00	1. Lænestol l.u. (BioLys+eget)	191,0	200,90		0%	-5%
37M02A	10.00	1. Lænestol lige ud (kun BioLys)	154,0	187,38	123,06	66%	-18%
37B011	10.00	2. Spisebord l.u. (BioLys+eget)	619,0	647,30	368,70	57%	-4%
37SS01	10.00	2. Spisebord lige ud (kun BioLys)	362,0	456,53	306,75	67%	-21%
37SS01A	10.00	2. Spisebord ned (kun BioLys)	85,0	308,78	204,28	66%	-72%
37M03fejl	02.00	3. Seng max lys (kun BioLys)	9,9				
	02.00	3. Seng 8% (30 lm kun BioLys)	0,8				
37M04	02.00	3. Seng nat (150 lm kun BioLys)	4,2	4,97	1,82	37%	-16%

37M04 02.00 3. Seng nat (200 lm kun BioLys) 5,5 4,97 1,82 37% 11%



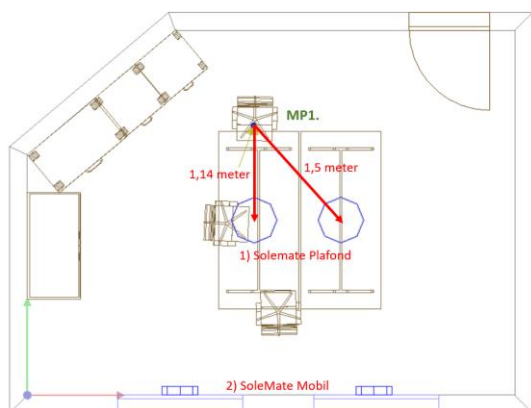
Fælles ophold: 1 RoomMate Gulv, 2 RoomMate bord, 3 SoolMate plafond 4 SoolMate pendel, 5 SoleMateMobil,

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/ lux	Forskel målt/ber.
Fællesareal ophold							
FM01	10.00	1. lige ud (kun BioLys)	632,0	782,70	548,99	70%	-19%
FM01A	10.00	1. m. bordlampe (kun BioLys)	360,0	301,73	184,04	61%	19%
FM01B	10.00	1. mod gulvlampe (kun BioLys)	198,0	231,80	154,94	67%	-15%
FM02	10.00	2. lige ud (kun BioLys)	729,0	1052,65	743,25	71%	-31%
FB01	10.00	2. lige ud (BioLys+eget)	635,0	860,31	598,91	70%	-26%
FM02B	10.00	2. til siden (kun BioLys)	708,0	883,22	621,47	70%	-20%
FM02A	10.00	2. ned (kun BioLys)	132,0	269,56	148,57	55%	-51%
FM03	10.00	3. lige ud (BioLys+eget)	348,0	326,19	210,58	65%	7%
FB03	10.00	3. ligeud (kun BioLys)	348,0	325,30	209,49	64%	7%
FM03B	10.00	3. til siden (kun BioLys)	308,0	318,26	210,36	66%	-3%
FM03A	10.00	3. ned (kun BioLys)	139,0	225,53	123,26	55%	-38%
FM04	10.00	4. lænestol lige ud (kun BioLys)	252,0	299,69	210,95	70%	-16%
FM04A	10.00	4. lænestol m lampe (kun BioLys)	259,0	284,68	202,42	71%	-9%
FM05	10.00	5. sofa lige ud (kun BioLys)	185,0	211,62	147,65	70%	-13%
FM05A	10.00	5. Sofa til siden (kun BioLys)	169,0	180,20	126,53	70%	-6%



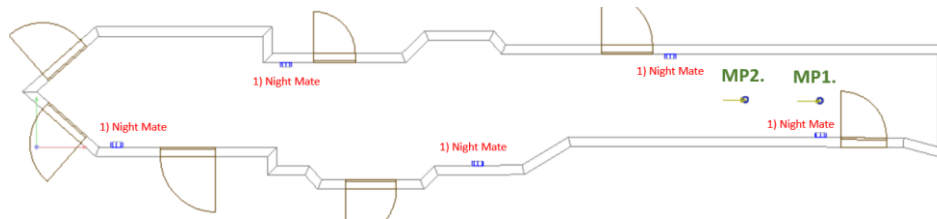
Personalerum: 1 SoleMate Pendel, 2 SoleMate Mobil i vindueskarm

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/lux	Forskel målt/ber.
Personalerum							
KM01	10.00	1. Kontorplads (kun BioLys)		318,68	205,96	65%	
KM02	10.00	1. Kontorpl. lige ud (kun BioLys)	376,0	429,72	295,19	69%	-13%
KM03	10.00	1. Kontorpl. til siden (kun BioLys)	335,0	390,85	267,33	68%	-14%
KM04	10.00	1. Kontorplads ned (kun BioLys)	99,0	198,74	146,63	74%	-50%
KM05	10.00	Ekstra måling lige ud (kun BioLys)		237,87	178,56	75%	
KM06	10.00	Ekstra måling til siden (kun BioLys)		355,31	269,00	76%	



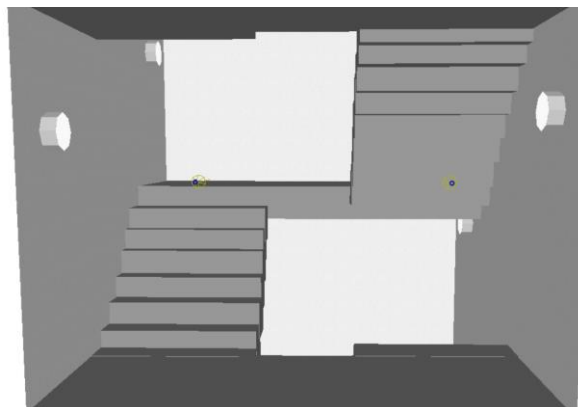
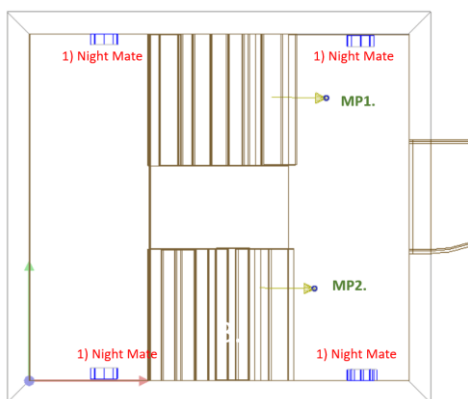
Gang: 1 NightMate

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/ lux	Forskel målt/ber.
Gang							
G09	09.45	aften med egne Oslo lamper		123,32	33,08	27%	
GM01	02.00	1. 100% (378 lm) (kun BioLys)	37,0	55,38	18,33	33%	-33%
GM01A	02.00	2. 100% (378lm) (kun BioLys)	39,0	50,82	16,57	33%	-23%
GM01B	02.00	1. (200 lm) (kun BioLys)	19,0	36,86	11,67	32%	



Trappe: 1 NightMate

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/ lux	Forskel målt/ber.
Trappe							
TB01A	aften	1. lige ud eksisterende lamper		171,85	74,65	43%	
TM01	02.00	1. lige ud (kun BioLys)	25,0	82,42	36,84	45%	-70%
TM01A	02.00	1. ned ad mod trin nat		66,73	29,99	45%	
TM02	02.00	2. lige ud mod trin (kun BioLys)	20,0	65,07	28,86	44%	-69%
TM02A	02.00	2. opad, ned (kun BioLys)		49,98	22,15	44%	



3.2.2 Måle-/beregningresultater Fuglebakken, Aarhus

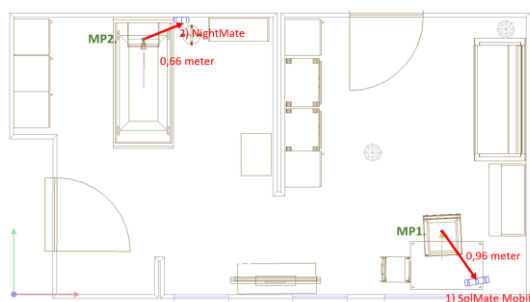
Her er målinger af belysning er ligeledes udført uden dagslys. Der er dog også her udført enkelte målinger med rent dagslys hvor data for omregning til Melanopic EDI, anvendes ifm. omregning af de efterfølgende dagslysmålinger. Der er også her foretaget en del ekstra målinger hvor de forskellige situationer fremgår af skemaet.

Skemaet viser:

De anvendte målinger i beregnet LUX, målte LUX og omregnet målte værdier i Melanopic EDI (lx). Den sidste kolonne viser differencen i procent, på de målte og beregnede LUX-værdier.

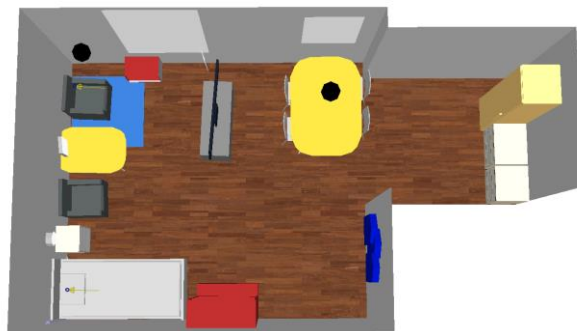
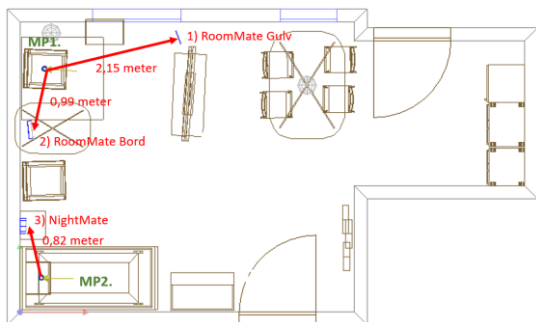
Bolig 1: 1 SoleMate Mobil, 2 NightMate

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/lux	Forskel målt/ber.
Bolig 1							
12B01A	9.00	1. Lige ud (BioLys+eget)		144,05	102,298	71%	
12EF02	10.00	1. Lige ud (BioLys+bordlampe)	189	173,67	135,342	78%	9%
12EF02A	10.00	1. lige ud (BioLys+bordl.+eget)	230	248,77	177,145	71%	-8%
12B01DAGLY	11.00	1. Dagslys meget overskyet		259,43	251,278	97%	
12EF03A	10.00	1. Mod lampe (kun BioLys)		307,86	233,230	76%	
12NATSM1	02.00	2. Ved seng max (378 lm)	6,48	7,55	3,123	41%	-14%
12NATSM	02.00	2. Ved seng nat min (15 lm)	0,26	0,12	0,044	37%	121%



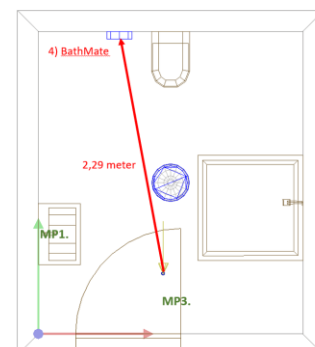
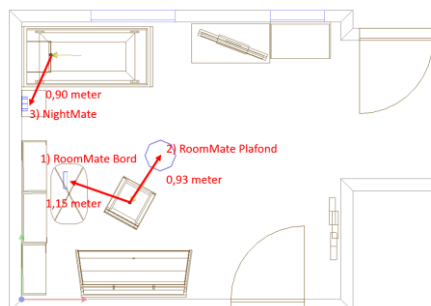
Bolig 2: 1 RoomMate Gulv, 2 RoomMate bord, 3 NightMate

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/lux	Forskel målt/ber.
Bolig 2							
17B02	10.00	1. Lige ud lænes. (BioLys+eget)	116	117,43	75,553	64%	
17M02	10.00	1. Lige ud lænestol (kun BioLys)	104	107,97	72,541	67%	-4%
17M03	10.00	1. Lænestol kun (kun eget lys)	13	18,88	12,418	66%	-31%
17M01	02.00	2. I seng min, (Kun BioLys)	12	22,39	13,080	58%	-46%
17M04	02.00	2. I seng max (378 lm BioLys)	7,37	8,67	3,845	44%	-15%



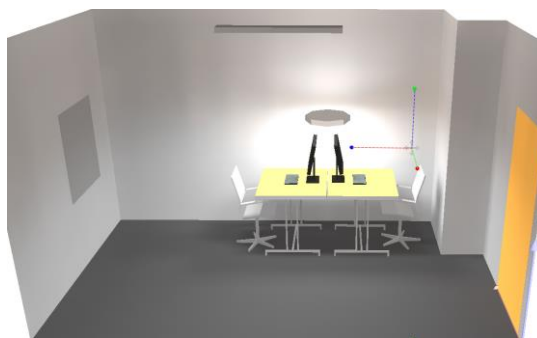
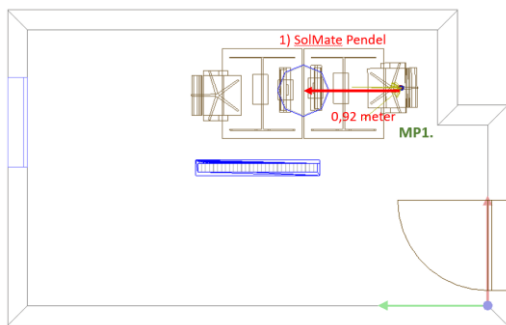
Bolig 3: 1 RoomMate Bord, 2 RoomMate Plafond, 3 NightMate, 4 BathMate

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/lux	Forskøl målt/ber.
Bolig 3							
37M01	9.00	1. I rullestol lige ud (kun BioLys)		26,82	18,551	69%	
37M012	10.00	1. I rullestol (kun BioLys)	125	149,81	104,525	70%	-17%
37M022	10.00	2. I seng (378 lm) (kun BioLys)	57	89,82	60,258	67%	-37%
37M02	02.00	2. I seng (kun natlys)		15,11	10,211	68%	
37B03	10.00	3. Lys på wc med tændt lys	225	310,83	106,824	34%	-28%
37M03	10.00	3. Natlys wc-max (171 lumen)	9,5	7,55	3,123	41%	26%



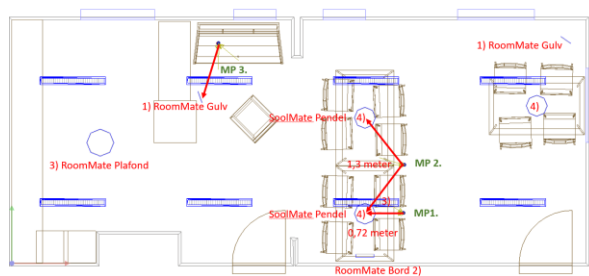
Kontor: SolMate Pendel

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/lux	Forskøl målt/ber.
Kontor							
02KOL	10.00	1. Lige ud (kun BioLys)	248	248,77	177,145	71%	0%
02KOLA	10.00	1. til siden (kun BioLys)	188	254,92	181,129	71%	36%
02KON	10.00	1. Ned (kun BioLys)	132	169,71	114,547	67%	-22%
02KOSKD	10.00	1. Lige ud + dagslys		345,85	228,102	66%	
02KOSKP	10.00	1. Lige ud (BioLys + eget lys)	329	353,98	215,532	61%	-7%



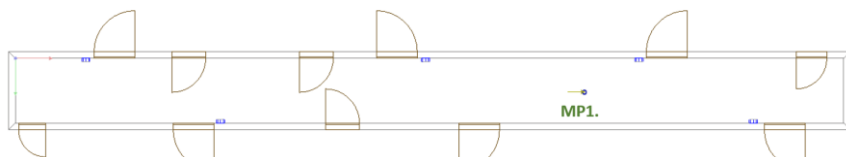
Fællesrum: 1 RoomMate Gulv, 2 RoomMate Bord 3 SolMate Plafond, 3 SolMate Pendel

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/lux	Forskel målt/ber.
Fællesrum							
F001	10.00	1. m. gulvl. Max (kun BioLys)		748,91	480,461	64%	
F01B1	10.00	1. ligeud lige (kun BioLys)	716	956,49	668,782	70%	-25%
F01B2	10.00	1. ned (kun BioLys)	117	494,44	327,531	66%	-76%
F01B3	10.00	1. til side m gl.l (kun BioLys)	562	621,90	432,985	70%	-10%
F011	10.00	1. ligeud (BioLys+eget)	920	1146,21	742,633	65%	-20%
F013	10.00	1. side (BioLys+eget)	765	820,98	518,966	63%	-7%
F012	10.00	1. ned (BioLys+eget)	252	516,17	321,265	62%	-51%
F01NAT	22.24	1. aften (kun BioLys)		7,80	4,370	56%	
F01NAT1	02.00	1. nat (kun BioLys)		2,63	1,596	61%	
F02B1	10.00	2. ligeud (kun BioLys)	374	488,66	335,054	69%	-23%
F02B3	10.00	2. side m gl.l (kun BioLys)	339	412,46	284,362	69%	-18%
F02B2	10.00	2. ned (kun BioLys)	129	307,63	202,040	66%	-58%
F021	10.00	2. lige (BioLys+eget)	602	730,36	441,999	61%	-18%
F023	10.00	2. side m gl.l (BioLys+eget)	550	578,49	357,059	62%	-5%
F022	10.00	2. ned (BioLys+eget)	255	411,85	241,796	59%	-38%
F03B1	10.00	3. sofa ligeud (kun BioLys)	260	273,64	183,679	67%	-5%
F03B2	10.00	3. sofa ned (kun BioLys)	74	191,39	127,821	67%	-61%
F03B3	10.00	3. sofa side (kun BioLys)	168	155,89	102,578	66%	8%
F031AC	10.00	3. Sofa lige ud (BioLys+eget)	522	521,62	292,387	56%	0%
F032	10.00	3. sofa ned (BioLys+eget)	182	275,20	166,007	60%	-34%
F033	10.00	3. sofa side (BioLys+eget)	426	223,35	115,710	52%	91%



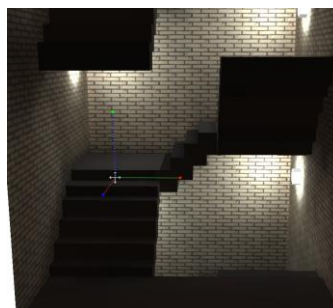
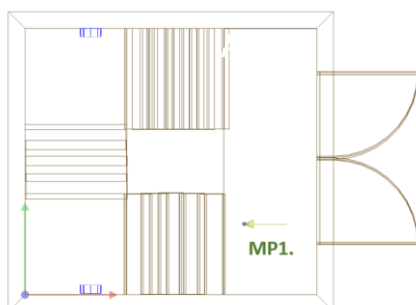
Gang: NightMate

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/lux	Forskel målt/ber.
Gang							
GA01M	02.00	1. (200 lm kun BioLys)	5,92	4,80	1,769	37%	23%
GA01MAX	02.00	1. på max (kun BioLys)	11	35,51	12,613	36%	-69%
GA01MIN	02.00	1. (40 lm kun BioLys)	1,18	1,39	0,546	39%	-58%
	02.00	1. (20 lm kun BioLys)	0,59				



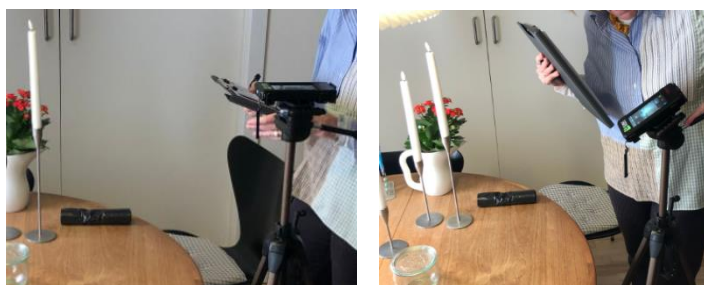
Trappe: NightMate

Måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	Målt LUX	Melanopic EDI (lx)	M. EDI/lux	Forskel målt/ber.
Trappe							
TRAM	02.00	lige ud, nat (150 lm kun BioLys)	2,2	2,08	0,886	43%	6%
TRAM	02.00	lige ud, nat (100 Lm kun BioLys)	1,47				



3.2.3 Konklusioner af målinger på Kastanjehusene og fuglebakken

Målinger og beregninger stemmer i det store hele rimeligt godt overens, dog ligger beregningerne generelt lidt lavere end målingerne. Det kan som tidligere nævnt bl.a. skyldes at beregningerne i sagens natur ikke kan tage højde for og medregne alt reflekteret lys i samme omfang som et måleinstrument blot registrere det tilstedeværende lys.



Figur 15: Eksempel på måling lige ud og ned mod bordpladen

Derudover er beregningerne udført med meget forenklet indretning, hvilket er søgt kompenseret ved brug af konservativt anslåede reflektanser på relevante flader. Afvigelserne gør sig særligt gældende ved målinger der er rettet ned mod bordplader mm.

De enkelte niveauer for opnåelse af tilstrækkelige niveauer for Melanopic EDI (lx), er svære at opnå udelukkende med specialbelysnings armaturer med "biologisk lys". Dette skyldes primært at alt andet lys er slukket og omgivelserne dermed ikke bidrager med det lys som ellers vil være til stede f.eks. jf. krav fra standarden DS/EN 12464-1.

Ved målinger, hvor det øvrige lys i lokalet er tændt, opnås der langt højere niveauer, der er dog stadig overraskende lidt grundbelysning særligt i boligerne, hvilket kan skyldes at det er borgerne selv som kan bestemme belysningsniveauet i deres bolig.

Placeringen og afstanden til armaturerne er også afgørende: Belysningsstyrken og dermed Melanopic EDI falder med kvadratet på afstanden. Er lampen beregnet til brug ved 1 meters afstand til øjet, er effekten således faldet til en fjerdedel på 2 meters afstand.

Registrering af data for hver måling angiver alle data fra hver enkelt bølgelængde med step på 1, til LUX, farvegengivelser og Kelvin mm. Alle disse data er ikke oplistet i dette notat (463 linjer pr. måling), men ved gennemgang af alle målingerne (der vedlægges som bilag), er der ikke registreret CRI (Ra) under 90 og CRI (R9) under 20(nat) og 40(ved måltider). Derved anses de angivne krav herfor i Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys at være overholdt.

3.3 Beregninger af biologisk lys inkl. dagslys på Kastanjehusene

For at give et retvisende billede af de daglige belysningsniveauer vil det være naturligt at medregne dagslysets andel som en naturlig del af den biologiske belysning. Dette er ikke muligt at måle lokalt, da lysniveauet Her er der således udført beregninger i de samme rum for ophold, hvor dagslysandelen er medregnet.

NB: Værdierne i nedenstående skema er dog stadig uden den eksisterende loftsbelysning.

3.3.1 Beregningsgrundlag for dagslysberegninger

Beregningerne er baseret på krav jf. BR 18 Lys og Udsyn (§ 377- § 384) samt gældende vejledende Standard for Dagslys DS/EN 17 037

Grundlaget for beregningerne er det tilgængelige tegningsmateriale, billeder og opmålinger på stedet.

I forhold til de optiske egenskaber, er der anvendt en glas med en lystransmittans (LT-værdi) på 0,65, da der hovedsageligt er tale om lidt ældre vinduer. Der er ligeledes anvendt en rammefaktor på 0,65 og en tilsmudsningfaktor på 0,8 (80% udsyn). Disse konservative faktorer er anvendt for at opnå realistiske resultater. Da der flere steder både er gardiner, persiener mm. Som ikke er trukket helt fra, er der dog ikke taget højde for dette. Reflektanser på overflader i de enkelte lokaler er de samme som foregående beregninger.

Nedenfor fremgår de anvendt målinger i beregnet LUX, målte LUX og omregnet målte værdier i Melanopic EDI (lx). Den sidste kolonne viser differencen, på de målte og beregnede LUX-værdier.

De omregnede Melanopic EDI (lx) værdier for dagslys er omregnet med en faktor på 0,97. I principper skulle den være 1,0, men her er der anvendt data fra omregnede målinger kun med dagslys. Herved er der taget højde for evt. ændringer af dagslysets egenskaber igennem vinduerne.

3.3.2 Beregning af biologisk lys inkl. Dagslys på Kastanjehusene

Navn måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	LUX målt	Melanopic EDI (lx)
Bolig 1					
109M01	10.00	1 sofa bioLys	188,0	177,83	122,4
	10.00	Dagslys i Sofa	70,0	x	67,9
	10.00	BioLys + dagslys stol	258,0	x	190,3
Bolig 2					
204M01	10.00	Lænestol BioLys	94,0	80,86	53,1
204S02	10.00	Seng max (387 lm) BioLys	4,5	9,66	3,1
	10.00	Dagslys i stol	170,0	x	164,9
	10.00	Dagslys i seng	250,0	x	242,5
	10.00	BioLys + dagslys stol	264,0	x	218,0
	10.00	BioLys + dagslys seng	266,0	x	245,6
Bolig 3					
37M02A	10.00	Lænestol bioLys	154,0	187,38	123,1
37SS01	10.00	Spisebord lige ud bioLys	362,0	456,53	306,8
37M03-fejl	10.00	Seng max lys bioLys	9,9		
	10.00	1. Dagslys i lænestol	280,0	x	271,6
	10.00	2. Dagslys stol v bord	300,0	x	291,0
	10.00	3. Dagslys i seng	67,0	x	65,0
	10.00	1. BioLys + dagslys lænestol	434,0	x	394,7
	10.00	2. BioLys + dagslys v bord	662,0	x	597,8
	10.00	3. Dagslys seng	90,0	x	65,0
Fællesareal ophold					
FM01	10.00	1. Ligeud BioLys	632,0	782,70	549,0
FM02	10.00	2. Lige ud BioLys	729,0	1052,65	743,2
FM03	10.00	3. Pendel BioLys	348,0	326,19	210,6
FM04	10.00	4. Lænestol BioLys	252,0	299,69	210,9
FM05	10.00	5. Sofa BioLys	185,0	211,62	147,7
	10.00	1. Dagslys lige ud	140,0	x	135,8
	10.00	2. Dagslys lige ud	80,0	x	77,6
	10.00	3. Dagslys Lige ud pendel	130,0	x	126,1
	10.00	4. Dagslys lænestol	130,0	x	126,1
	10.00	5. Dagslys sofa	200,0	x	194,0
	10.00	1. BioLys+ lige ud 1	772,0	x	684,8
	10.00	2. BioLys+ lige ud 2	809,0	x	820,8
	10.00	3. BioLys+ dagslys ligeud 3	478,0	x	336,7
	10.00	4. BioLys+ dagslys lænestol	382,0	x	337,0
	10.00	5. BioLys+ dagslys sofa	385,0	x	341,7
Personalerum					
KM02	10.00	1. Kontorplads BioLys	376,0	429,72	295,2
	10.00	1. Dagslys i stol	180,0	x	174,6
	10.00	1. BioLys + dagslys i stol	556,0	x	469,8

Figur 16: Oversigt med målinger og beregninger af Biologisk lys og dagslys på Kastanjehusene i København

3.3.3 Beregning af biologisk lys inkl. Dagslys på Fuglebakken

Navn måling	Tid	Rum type og placering	Beregnet LUX	LUX målt	Melanopic EDI (lx)
Bolig 1					
12B01DAG	11.00	Dagslys meget overskyet		259,4	251,3
12EF02	10.00	Lige ud mod mørklagt vindue	189	173,7	135,3
12NATSM	10.00	Ved seng nat min (15 lm)	0,26	0,1	0,0
	10.00	Dagslys i stol	850	x	824,5
	10.00	Dagslys i seng	70	x	67,9
	10.00	BioLys + dagslys stol	1039	x	959,8
	10.00	BioLys + dagslys seng	76,48	x	71,0
Bolig 2					
17M02	10.00	Lige ud lænestol	104	108,0	72,5
17M04	10.00	I seng nat max (378 lm)	7,37	8,7	3,8
	10.00	Dagslys i stol	220	x	213,4
	10.00	Dagslys i seng	64	x	62,1
	10.00	BioLys + dagslys stol	324	x	225,8
	10.00	BioLys + dagslys seng	71,37	x	65,9
Bolig 3					
37M012	10.00	I rullestol	125	149,8	104,5
37M022	10.00	I seng (378 lm)	57	89,8	60,3
	10.00	Dagslys i rullestol	210	x	203,7
	10.00	Dagslys i seng	300	x	291,0
	10.00	BioLys + dagslys rullestol	335	x	308,2
	10.00	BioLys + dagslys seng	357	x	351,3
Fællesrum					
F01B1	10.00	1. ligeud lige under pendel	716	956,5	668,8
F02B1	10.00	2. ligeud Mellem to pendler	374	488,7	335,1
F03B1	10.00	3. sofa ligeud	260	273,6	183,7
	10.00	1. Dagslys i stol v. lampe	95	x	92,2
	10.00	2. Dagslys m. Lamper	100	x	97,0
	10.00	3. Dagslys i sofa	70	x	67,9
	10.00	1. BioLys + dagslys stol	811	x	760,9
	10.00	2. BioLys + dagslys stol	474	x	432,1
	10.00	3. BioLys + dagslys sofa	330	x	251,6
Kontor					
02KOL	10.00	Lige ud (lige over skærm)	248	248,8	177,1
	10.00	Dagslys i stol	30	x	29,1
	10.00	BioLys + dagslys stol	278	x	206,2

Figur 17: Oversigt med målinger og beregninger af Biologisk lys og dagslys på Fuglebakken i Aarhus

3.3.4 Konklusion Beregninger af biologisk belysning og dagslys

Af ovenstående målinger ses det at der kan opnås tilstrækkelige niveauer af "biologiske lys" (også uden dagslys og grundbelysning) i situationer, hvor borgerne er placeret nær pendler, hvor der er placeret et armatur på bordet lige overfor siddepladsen, eller hvor man har orientering umiddelbart lige foran en RoomMate gulv. Denne helhedsløsning er udviklet som en serie af modeller, der i forbindelse med prøveophængning, fortrinsvis anvendt som supplerende belysning i boliger mm. De vil derfor ikke sig selv (uden supplerende basislys) kunne give tilstrækkeligt lys til at opnå et Melanopic EDI niveau på 250 LUX om formiddagen. Etableres der flere armaturer (som opfylder belysningskravene jf. bygningsreglementet) vil der også være tilstrækkeligt biologisk lys. Særligt når der også skal korrigeres for ældres nedsatte optagelse af lys Jf. 2.1.5, Teknisk grundlag for biologisk lys.

Suppleres belysningsniveauerne ved prøveopsætningen med den naturlige tilgang af dagslys, stiger værdierne væsentligt, og når den eksisterende grundbelysning i de enkelte rum også tændes, er der generet gode niveauer af biologisk lys (se fig. 16 og 17).

Serien af lamper er udviklet til at supplere den eksisterende grund-belysning i boliger, og det er en fordel hvis de enkelte borgere vil have mulighed for at beholde deres egne lamper og standerlamper, som ofte er placeret bag borgeren f.eks. for at kunne læse. Basis/grund-belysningen i fællesområder skal ligeledes overholde diverse krav jf. BR 18 til dagslysreguleringer og tilstedeværelsesfølere mm.

Nedenfor er samlet et lille udpluk af praktiske erfaringer som kan indgå i efterfølgende retningslinjer:

- Biologisk lys om dagen skal placeres foran borgerne, og så vidt det er muligt i øjenhøjde
- Det er ikke rart for borgerne kun at sidde kun med en lampe direkte foran sig, så flere lamper er en stor fordel
- Er man placeret, så det biologiske lys kommer meget skråt eller bagfra, har det kun en svag effekt
- Dagslys er den vigtigste kilde til Biologisk lys, (orientering mod et ikke tildækket vindue er en fordel)
- God almen belysning (grundbelysning), som automatisk kan dæmpes/slukkes om natten, er vigtig
- Biologisk lys om natten/aften skal helst ikke sidde direkte indenfor synsvinklen (mørke er bedst)

I dette notat er ikke alle målte data for bl.a. LUX-, farvegengivelser og Kelvin niveauer ikke oplistet, men i forbindelse med gennemgang af alle målingerne der vedlægges som bilag, er der ikke registreret CRI (Ra) under 90 og CRI (R9) under 20(nat) og 40(måltider), og derfor anses disse som værende overholdt jf. krav fra afsnit 2.2.1 i Kontraktbilag 1a: Teknisk grundlag for biologisk lys (se enkelte data i fig.6).

Med hensyn til de på nuværende tidspunkt udviklede armaturer fra Lyhne og Belid, anses de angivne krav til den biologiske effekt ligeledes som værende overholdt, da armaturerne i sig selv ved laboratoriemålinger kan afgive 250 Melanopic EDI (lx) i en meters afstand.

Det blev i projektgruppen aftalt, at som en- til en dokumentation af Belid's egne laboratoriemålinger, udføres en stikprøvemåling for direkte sammenlignelig af måldata, de viser minimale afvigelser på 0,8-3%, afvigelserne kan skyldes en lille forskel i strømforsyningen, temperatur, opsætning mm.

Laboratoriemålinger, fra bilag 1 (på 1 meters afstand), er udført ifm. dette notat, og er udført for at kunne drage direkte sammenligning mellem håndholdte målinger (på stativ) hos de enkelte borgere.

Referencer

Bolig- og Planstyrelsen, 2018. Bygningsreglementet 2018 (BR18). København, Danmark.

Dansk Standard, 2011. DS/EN 12464-1:2011: Lys og belysning – Belysning ved arbejdspladser - del 1: Indendørs arbejdspladser. København, Danmark.

Dansk Standard, 2018. DS/EN 17037-1:2018+A1:2021 Standard for Dagslys i Bygninger

Bilag:

1. OPMÅLINGSRAPPORT DATO: 8. februar 2023, RoomMate/SolMate serien, kontrolopmålinger
2. Målinger og beregningsrapporter i mappe med relevante filer.