

LED-LYS TIL ÆLDRE

Projektrapport februar 2015

LYS OG TRIVSEL

Forskningsprojektet 'Energieffektivt og sundhedsfremmende lys i ældresektoren' har undersøgt mulighederne for at forbedre ældre menneskers trivsel ved hjælp af dynamisk LED-belysning i borgeres private boliger.

Det er afsættet for denne projektrapport om resultaterne af undersøgelsen. Projektets originaltitel er 'Energieffektivt og sundhedsfremmende lys i ældresektoren,' men kaldes også 'LED-lys til ældre.'

Indhold

Forord	3
Sammenfatning	5
Baggrund for projektet	13
Fysiske rammer for forsøget	16
Dagslys i boligerne	19
Installeret lys	25
Lysets betydning for søvnen	33
Resultater	37

Rapporten er udarbejdet af:

Gate 21 i samarbejde med Glostrup Hospitals Øjenafdeling, Statens Byggeforskningsinstitut, DTU Fotonik, Lightscapes, Philips Lighting, Viso Systems og Albertslund Kommune.
Februar 2015

Tak til

Birgit Agnes Sander, laboratorieleder, Glostrup Hospitals Øjenafdeling
Line Kessel, læge, Glostrup Hospitals Øjenafdeling
Hajer Ahmad, optometrist, Glostrup Hospitals Øjenafdeling
Kjeld Johnsen, seniorforsker, Statens Byggeforskningsinstitut
Jakob Markvart, forsker, Statens Byggeforskningsinstitut
Paul Michael, professor, DTU Fotonik
Aikaterini Argyraki, PhD-studerende, DTU Fotonik
Jakob Munkgaard Andersen, projektleder, DTU Fotonik
Dennis Dan Corell, civilingeniør, DTU Fotonik
Iben Winther Orton, lysdesigner, Lightscapes
Anne Marie Lund, belysningsspecialist, Philips Lighting
Christian Krause, direktør, Viso Systems
Ida Maj Emborg, projektleder, Gate 21

Projektet er støttet af

Indhold

1. FORORD	3
2. SAMMENFATNING	5
Lys og menneske	6
Kunstig belysning	8
Indret med lys.....	10
3. BAGGRUND FOR PROJEKTET	13
4. FYSISKE RAMMER FOR FORSØGET	16
5. DAGSLYS I BOLIGERNE	19
6. INSTALLERET LYS	25
Armaturer og lyskilder	28
7. LYSETS BETYDNING FOR SØVNEN	33
Dataindsamling	34
8. RESULTATER	37
9. REFERENCER	42

1. FORORD

Projektet har været grænseoverskridende på to områder; ét har været den tværfaglige projektgruppe, som en uomgængelig faktor for overhovedet at kunne gennemføre forskning i private hjem. Et andet har været, at så mange organisationer har haft direkte berøringsflade med forsøgsdeltagernes privatsfære gennem hele forsøgsperioden.

Projektholdet, der har testet døgnrytmeunderstøttende belysning hos ældre i private boliger, har bestået af forskere inden for sundhed, lysteknik og byggeri, teknikere, praktikere, myndighed, designere, fabrikanter og udviklere samt formidlere.

På trods af såvel etiske som tekniske udfordringer forbundet med at skulle udføre forskning i private hjem, har beboere og forsøgsdeltagere haft en fælles interesse i projektet. Det har stor indflydelse på alle parter – personligt og i det daglige professionelle arbejde – at belyse betydningen af forskellige lysfarver i hjemmet for os som mennesker, da vi alle bliver ældre.

Det har været en forudsætning for forsøgets succes at arbejde procesorienteret. De forskellige metoder og erfaringer, som eksempelvis forskere over for praktikere baserer deres arbejde på, har skullet have tid og plads til at udfolde sig for hele projektholdet. En forskningsopsætning i private hjem hos 'rigtige' mennesker er ikke sammenlignelig med en forskningsopstilling i en mock-up og ville derfor heller ikke have ladet sig gøre uden de erfaringer, som praktikerne, teknikere, designere og så videre har bragt med sig til projektet. Omvendt havde forsøget været betydeligt mindre værdifuldt uden forskernes indgående viden omkring etiske spørgsmål, hvad der kan måles og hvordan, samt selvfølgelig hospitalets sundhedsmæssige ekspertise.

Lyset i hjemmet følger ikke en dansk standard. Selvom vi kender til generelle lysforhold, der er mere hensigtsmæssige end andre, og selvom vi kender til virkemidler, der kan skabe en bedre belysningskvalitet for os som mennesker, er der intet dokumenteret facit på, hvordan man skal placere lamper eller lyskilder i hjemmet.

Mennesker færdes uensartet i deres hjem, har varierende spisevaner, forskellige gøremål og ærinder fordelt på forskellige tidspunkter af døgnet. De lyspåvirkninger, vi får i løbet af en dag, er derfor usammenlignelige fra beboer til beboer. Det er således alene beboerens egen præference, som bestemmer, hvad der i deres bolig er smukt, behageligt eller stimulerende lys, og hvornår der er for meget eller lidt lys i de forskellige rum.

Døgnet og årets cyklus og det stedspecifikke lys – såvel naturligt som kunstigt – har også indflydelse på de præferencer, vi har for lys i vores hjem. Vi ville i projektet gerne ud i de enkelte hjem i stedet for at arbejde i et testlaboratorie, som forsøgsdeltagere kunne besøge. Det har været en grundlæggende forudsætning for projektet og utrolig vigtigt for projektholdet, at vi bevarede bevidstheden om, at forsøget blev gennemført i deltagernes private boliger, og at vi derfor bibeholdt en følsomhed og forståelse overfor beboernes almindelige færden såvel før som gennem hele testperioden.

Vi takker alle beboere indgående for deres støtte og tålmodighed og takker ligeledes EL-FORSK for at have givet projektgruppen mulighed for at gennemføre dette projekt.

2. SAMMENFATNING

I krydsfeltet mellem lys og sundhed er interessen for sammenhængen mellem lysintensitet, farvesammensætning og døgnrytme stigende. Undersøgelser peger på, at specielt blått lys er nødvendigt for at synkronisere døgnrytmen, og at tidspunktet for belysning også er af stor betydning. Dette er af særlig vigtighed for ældre, som har et nedsat dagligt aktivitetsniveau og er mere indenfor i forhold til yngre. Desuden er ældre tit påvirket af fysiologiske ændringer eksempelvis med øget vandladningshyppighed om natten til følge. De kan derfor have svært ved at fastholde en normal døgnrytme og en god søvnkvalitet med ubrudt søvn.

Med den energieffektive LED-teknologi er det blevet muligt at lave dynamiske belysningsløsninger, der efterligner dagslysets karakteristika og dermed har potentialet for at forbedre trivslen hos den voksende gruppe af ældre mennesker ved at understøtte den naturlige døgnrytme.

Hvad er så den rigtige belysning? Det er vigtigt at gøre sig klart, at lys bidrager til synsindtryk, men uafhængigt heraf også har en vigtig rolle i regulering af vores døgnrytme. Det ubehag, der er forbundet med, at kroppens indre rytme er forskudt i forhold til solens rytme, har de fleste oplevet som jetlag ved lange rejser. Det er dog også vigtigt, at døgnrytmen passer til solens rytme i vores dagligdag. Organismen regulerer løbende en lang række biologiske processer, eksempelvis udskillelsen af hormoner. Meget tyder på, at den daglige regulering af døgnrytmen ikke kun har betydning for vores velvære, men også for længden og kvaliteten af vores nattesøvn, vores evne til at løse opgaver såvel som vores generelle sundhed og trivsel.

Mens der klart er en forbindelse mellem lys og vores regulering af vågenhed og søvn, så er det vanskeligt at sætte på en formel, hvad godt lys er. For eksempel er lysstyrken ved kunstig belysning langt under de lysstyrker, som findes udenfor. Modsat udsættes vi med kunstig indendørs belysning for langt mere lys om aftenen og natten end tidligere i menneskets historie. Det kan være, at disse forhold er negative for døgnrytmen.

Interessen for døgnrytmen er støt stigende, og man har nu fundet forbindelsen mellem øjet og hjernens døgnrytme-center. Det har vist sig, at der i øjets nethinde er specielle celler, der netop forbinder sig til hjernens regulatoriske system, men ikke bidrager til vores normale syn. Disse celler stimuleres af blått lys. Det er således ikke ligegyldigt, hvordan farvebalancen er i det indendørslys, man har i boligen. Opholder man sig i mørke eller i lys uden tilstrækkelig styrke, opstår der en forskel mellem omgivelsernes dag og organismens indre ur. Forstyrrelser i

døgnrytmen ses ved nogle typer af depressioner og kan også være en risikofaktor for andre sygdomme. Med alderen nedsættes den mængde lys, der kommer ind i øjet, og samtidig opholder mange sig meget inde. Der er derfor ekstra fokus på, om belysningen hos ældre er tilstrækkelig – ikke kun for at kunne se godt og undgå uheldige fald, men også for at man kan fastholde døgnrytmen, en god nattesøvn og et godt helbred.

Formålet med projektet "Energieffektivt og helbredsfræmmende lys i ældresektoren", populært kaldet 'LED-lys til ældre,' har været at undersøge og beskrive energirigtig belysning i form af LED til belysning i eget hjem hos raske personer over 65 år. Projektgruppen har derfor udviklet to forskellige lysdesigns, der efterfølgende er installeret og afprøvet i 20 private boliger. Hvor det ene lysdesign har varieret i styrke over dagen, har det andet både varieret i styrke og i farvesammensætning med henblik på at optimere døgnrytmen. 29 personer over 65 år har som beboere deltaget i forsøget og medvirket til den omfattende dataindsamling.

Projektet er udført af en tværfaglig gruppe med ekspertise inden for lysteknologi og -måling, lysdesign og øjets funktion og relation til døgnrytmen.

På baggrund af forsøget samt gruppens foregående viden om emnet, har projektgruppen udarbejdet ti gode råd om belysning inden for tre emner:

Lys og menneske

Kunstig belysning

Indret med lys

Læs de gode råd i de følgende tre afsnit.

Lys og menneske

Der indgik 29 deltagere med en gennemsnitsalder på 70 år, 16 var mænd og 13 var kvinder. Som en del af undersøgelsen målte vi lysgennemskinneligheden af øjets linse, da denne forringes med alderen. Den forringelse går især ud over de blå lysbølgelængder, der påvirker reguleringen af vores døgnrytme. Gruppen af forsøgspersoner havde i gennemsnit en gennemskinnelighed på 50 %, hvor man i 20 års alderen forventer en gennemskinnelighed på cirka 70 %. Dette billede svarer til, hvad der kan forventes, men understreger, at ældre men-

nesker har brug for mere lys end yngre for at udføre den samme synsopgave, om det er at læse avis, lave mad eller noget helt tredje.

Forsøget blev gennemført i 20 boliger, der alle ligger i bebyggelsen Gårdhavehusene i Albertslund Syd. Dette har udgjort en hel unik lokation i forskningsmæssig sammenhæng, da bebyggelsen består af 1000 almennyttige boliger, der er orienteret ens mod verdenshjørnerne og har en rumfordeling, der er næsten identisk, hvilket har skabt grundlaget for, at vi kunne sammenligne indsamlet data. Det har dog været interessant at konstatere, at der trods ensartetheden har været markante forskelle i mængden af dagslys, der er sluppet ind i boligerne afhængig af beplantning såvel som både udendørs og indendørs indretning. De dagslysmålinger, der er foretaget, viser, at der er næsten 12 gange mere lys i en "lys bolig" end i en "mørk bolig", hvor førstnævnte har en dagslysfaktor på 7,7 og sidstnævnte på 0,65 målt en halv meter fra vinduet.

Mens det er vigtigt at få nok lys om dagen, er det ligeså vigtigt at undgå for meget lys om aftenen, og om natten skal der helst være fuldstændig mørkt, så kroppens melatoninproduktion ikke forstyrres. Som del af forsøget blev der derfor installeret mørklægningsgardiner i de boliger, hvor beboerne ikke selv havde det i forvejen. Dette var nødvendigt for at lukke spildlys fra gadelygterne ude, hvilket var et relativt stort problem i denne bebyggelse, dels fordi samtlige boliger lå i gadeplan, dels fordi gadelygterne endnu ikke var udskiftet med LED, hvilket betød, at de lyste diffust på offentlige gangarealer såvel som ind i haver og på vinduer. I ingen af forsøgsboligerne var der ønske om at få fjernet mørklægningsgardinerne efter forsøgets afslutning.

1. Ældre mennesker har brug for mere lys

Når vi bliver ældre, har vi brug for mere lys for at se godt. Øjets linse bliver mere uklare, gulner og lader mindre lys passere. Vi får derfor behov for flere og kraftigere lamper i hjemmet. Vi har måske behov for at skrue op for lampen og erstatte den gamle lyskilde med en ny, der giver mere lys, eksempelvis en LED-lyskilde. Det er især den blå del af lyset, som blokeres af linsens uklarheder, og derfor er det en god ide at vælge lyskilder, som har meget blåt lys, altså hvad vi normalt opfatter som lidt køligt lys. Bedst er det, hvis det er muligt at dæmpe lyset, eller endda ændre farven på lyset, så man kan skrue lidt ned for det kraftige og kølige lys om aftenen, hvor vi har brug for mere dæmpet og gerne varmere lys.

2. Dagslyset er den vigtigste lyskilde

Det er lyset, som styrer dit indre ur og din naturlige døgnrytme mellem dag og nat. Men uden dagslys fungerer det ikke. De lysniveauer, dagslyset kan give inden døre på en solskinsdag, er langt højere end, hvad der kan opnås ved almindelige lyskilder og lamper i hjemmet. Derfor er det vigtigt, at der er adgang for dagslyset til boligens opholdsrum, og at rummene er indrettet, så man kan udnytte dagslyset, især i morgen- og formiddagstimerne, hvor lyset gør størst gavn. Ved nogle øjensygdomme kan der være problemer med at justere døgnrytmen, og det samme kan ske ved demenssygdomme. Det er derfor særligt vigtigt, at vi med stigende alder er opmærksomme på at få lys nok. På de mørke gråvejrskdage i vintermånederne er dagslysniveauet meget lavt indenfor, og derfor er det en god ide at gå en tur i det fri på mindst 30 minutter, gerne om formiddagen.

3. Mørket er lige så vigtigt som lyset

Tidligt på aftenen begynder din krop at producere stoffet melatonin, som vi populært kalder søvnhormonet. Hvis du udsættes for kraftigt lys om aftenen, blokerer du for kroppens evne til at danne søvnhormonet, og det kan betyde, at du kommer til at sove dårligt. En god søvn er vigtig for døgnrytmen og opbygningen af dit immunforsvar. Derfor bør du undgå at få for meget lys om aftenen. Dette gælder især blåt lys, da det forhindrer produktionen af søvnhormonet melatonin. For eksempel er det en dårlig ide at sidde for tæt på en stor fladskærm til sent på aftenen, mens det er en god ide at sørge for mørklægning af soveværelset, så du kan lukke af for de lyse sommernætter og uønsket lys fra gadelamper.

Kunstig belysning

Med LED-teknologien er det muligt at lave dynamiske lysdesigns, der dermed kan efterligne det naturlige dagslys. Projektgruppen udviklede to forskellige LED-lysdesigns for dermed at kunne sammenligne effekterne heraf. Hvor det ene lysdesign varierede i styrke i løbet af dagen, varierede det andet i både styrke og farvesammensætning med henblik på at optimere døgnrytmen. Resultaterne af den indsamlede data peger på, at alle forsøgsdeltagerne var mere tilfredse med det installerede lys, end med det de havde inden forsøgsstart. Derudover tyder resultaterne også på, at et lysdesign, der både varierer i styrke og farvesammensætning over dagen, kan forbedre søvnkvalitet og dermed trivsel.

En ting, projektgruppen var meget opmærksomme på, var at lave et lysdesign med en acceptabel farvegengivelse. Farvegengivelsen har tidligere været problematisk ved brug af sparepærer såvel som de tidligere generationer af LED-pærer, og det er fortsat en udfordring at lave lysdesign med høj farvegengivelse, når lyset samtidig skal beriges med blå lysbølglængder for at efterligne dagslysets farvesammensætning i formiddagstimerne. Det lykkedes projektgruppen at konstruere begge lysdesign, så Ra-værdien blev målt til at være over 80 for alle lysscenarier.

LED-teknologien er energieffektiv sammenlignet med traditionelle lyskilder som glødepærer og halogenpærer, men projektgruppens målinger på energiforbruget viste, at den valgte LED-løsning også var mere energieffektiv end en løsning med sparepærer havde været.

4. Elektrisk belysning kan hjælpe med at holde humøret højt

I den mørkeste tid af året kan belysningen medvirke til at stimulere din naturlige døgnrytme mellem dag og nat. Hvis du føler, at vintermørket påvirker dig meget negativt, skal du tænke på at få så meget lys som muligt - dagslys er bedst, men kunstlys kan også hjælpe. Meget lys fra en lampe får du bedst, hvis lampen lyser ud i rummet gennem en mat skærm. Lyset gavner mest, fra du står op til tidligt på eftermiddagen, og du må godt føle, at lyset er kraftigt, men det må ikke blænde. Her skal du også være opmærksom på lysets farve eller såkaldte farvetemperatur. Lysets farvetemperatur måles i kelvin (eller bare K), og den er vigtig for din trivsel. Du skal vælge en høj farvetemperatur (3500 K - 4500 K) i områder af boligen, hvor du skal lave praktiske ting om dagen, og en lav farvetemperatur (under 3000 K) i områder, hvor du skal slappe af (om aftenen). En glødepære har en farvetemperatur på 2700 K. Der findes i dag lyskilder, som kan indstilles til at give kraftigt lys med høj farvetemperatur i dagtimerne og mere dæmpet lys samt en lavere farvetemperatur om aftenen.

5. God farvegengivelse og kontrast til detaljerne

Samtidig med at øjelinsen bliver mere uklar, når vi bliver ældre, begynder den også gradvist at stivne og blive mindre fleksibel. Derfor får de fleste brug for briller, især til læsning. Lige såvel nedsættes øjets kontrastfølsomhed med alderen, og det kan være svært at se detaljer, hvis kontrasten til baggrunden er lav. Lyset kan bidrage til at fremhæve konturer og kontraster. Generelt bør du vælge lyskilder med en god farvegengivelse, som angives ved lyskildens Ra-værdi. Lyskilder med en høj Ra-værdi (den bedste er 100) giver et naturligt lys og hjælper dig til at skelne mellem farverne og se detaljer. Vælg derfor lyskilder med en Ra-værdi højere end 90, især i områder, hvor det er vigtigt at kunne se alle detaljer og farver rigtigt, eksempelvis i køkken, ved spisepladsen og på badeværelset.

6. Se efter lumen, når du køber LED-lyskilder

Vi har været vant til at købe en pære (lyskilde) efter dens watt-forbrug, eksempelvis en 60 W glødepære. Fremover skal du se efter pærens lysstrøm i stedet for dens watt-forbrug. Lysstrømmen måles i lumen. 60 watt pæren udsender cirka 720 lumen, altså cirka 12 lumen per watt. LED-lyskilderne giver 5 -10 gange så mange lumen per watt. – en LED-pære på bare 7 W kan derfor give lige så meget lys som 60 W pæren. LED-pærer er dyrere end andre lyskilder, men de giver store el-besparelser og holder læn- gere. Men husk lige at tjekke om pærens farvetemperatur passer til anvendelsen og om Ra-værdien er høj nok til formålet.

Indret med lys

Der blev udvalgt to steder i boligen, hvor der blev opsat ny belysning. Det første og afgørende i forhold til formålet med forsøget var spisepladsen, da det var her de fleste forsøgsdeltagere opholdt sig i morgen- og formiddagstimerne, og da det netop var i dette tidsrum, lysdesignene adskilte sig fra hinanden. Det andet sted, der blev udvalgt, var soveværelset, hvilket især var med henblik på at undgå, at forsøgsdeltagerne fik for meget lys i aftentimerne inden sengetid.

Ved spisepladsen lavede projektgruppen en løsning, der inkluderede en pendel med tre lyskilder og lampeskærme af matteret glas med en høj gennemsigtighed, såvel som en "wall washer", der brugte loftet som reflektor og kastede indirekte lys over spisepladsen. Det

var nødvendigt at kombinere flere typer armaturer for at nå op på de nødvendige lysniveauer.

Med installationen af belysningsløsningerne i forsøget er det værd at bemærke, at lysniveauerne i størstedelen af boligerne blev hævet markant.

7. Varieret lys inspirerer os som mennesker

I vores hjem har vi selv mulighed for at vælge lamper og lys, så det passer til vores egen smag og behag. Har du flere lamper med forskellige lyseffekter, har du mulighed for at tænde og slukke eller dæmpe op/ned for de enkelte lamper, så du kan opnå den stemning, du ønsker. En kombination af lamper med skærme, der har en høj gennemskinnelighed for et blødt lys ud i rummet, og lamper, der giver et mere rettet lys, eksempelvis en læselampe, er varieret og godt. Du kan skabe stemninger, der er personlige og inspirerende for dig. En dæmper på dine lamper giver mulighed for, at du kan få kraftigere lys, når du har behov for det, eksempelvis om formiddagen - samtidig med at du stadig kan få et blødt og hyggeligt lys om aftenen.

8. Pas på blænding fra de nye lyskilder

Netop fordi ældre mennesker har brug for mere lys, er det vigtigt at vælge lamper, som ikke blænder. Øjelinsens tiltagende uklarhed med alderen medfører, at ældre mennesker er mere generet af skarpt lys end yngre. Uklarhederne i linsen lyses op ved stærkt lys mod øjet, hvilket nedsætter evnen til at skelne og opleves som blænding. Vælg derfor lamper, som lyser på det, der skal ses, og ikke direkte i øjnene. De nye LED-lyskilder har mange kvaliteter, men lysudsendelse er langt kraftigere end fra de traditionelle, og derfor er det vigtigt, at LED-pæren er tilstrækkeligt afskærmet, og at lampen fordeler lyset på en passende måde i forhold til formålet. Men blænding kan også skyldes, at der er for stor kontrast mellem lyset fra lampen og de mørkere omgivelser. Er baggrunden eksempelvis en mørk bogreol, vil lampen blænde mere, end hvis lampen er foran en lys baggrund. Prøv at placere lampen tættere på reolen, så noget af lyset rammer den, og derved dæmper kontrastforholdet. Eller du kan placere en lampe, der giver et indirekte lys, for eksempel op på loftet eller ind på væggen. Dette vil også give en lysere baggrund, og du vil opleve mindre blænding fra din lampe.

9. Prøv lampen, før du køber den

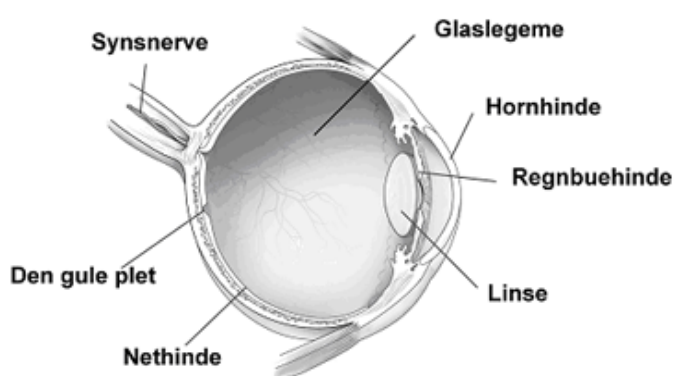
Når man ser lamper i butikken, er det ofte svært at vurdere, hvordan de vil se ud, når man får dem hjem. Lamper i hjemmet er en del af møbleringen og skulle gerne både se pæne ud og give et godt lys til de funktioner, de skal opfylde. Det er altid en god ide at afprøve en lampe, inden du beslutter dig for at købe den. Prøv den gerne af i rummet på forskellige tidspunkter af døgnet sammen med de andre lamper i rummet. Prøv eventuelt flere forskellige lyskilder i lampen, mens du har andre lamper tændt for at få et troværdigt billede af, hvordan lyset opleves i netop dit interiør. Stol på din egen vurdering, men husk at de fleste af os kunne have godt af lidt kraftigere lys, end vi ellers har været vant til.

10. Få lyset ned i øjenhøjde

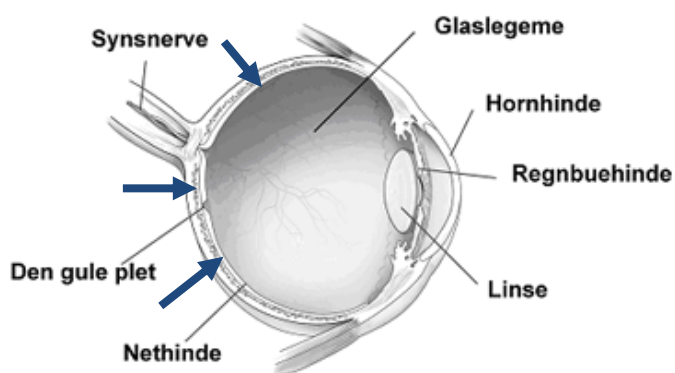
Hjemmet er dit rum, som du kun deler med venner og familie. Det er altså ikke et offentligt rum, men et personligt rum eller et socialt rum. Det er et rum, hvor dine lamper og lyskilder skal placeres dér, hvor du er. En loftslampe er god at have ved rengøring eller i rum, hvor du skal bruge hele rummet som arbejdsrum, mens den er mindre egnet til at skabe et behageligt og hyggeligt lys omkring dig. Sørg derfor for at få nogle af dine lamper ned i øjenhøjde. Generelt skal du prøve at skabe en balance i rummet mellem områder af rummet, hvor der er meget lys, og områder hvor der er mindre lys, uden at der opstår helt mørke lommer på vægge og i hjørner.

3. BAGGRUND FOR PROJEKTET

Baggrunden for projektet er dels, at LED-teknologien er kommet til et udviklingsstadium, hvor det er muligt at skræddersy dynamiske belysningsløsninger mht. både spektralsammensætning, farvetemperatur og styrke. Det vil sige, at det er muligt at efterligne dagslysets karakteristika over dagen og dermed potentielt kompensere for mangel på dagslys.



Figur 1: En skitse af øjet. Forrest er den klare hornhinde og linsen, der sammen fokuserer lyset fra omgivelserne på nethinden og overfører et signal til synscentret bagest i hjernen. Nethindens celler er følsomme for synligt lys fra blått over grønt og gult til rødt, og den gule plet er den del af nethinden, som kan se detaljer, fx når vi skal læse. Dette er vores almindelige billeddannende syn.



Figur 2: Spredt i den inderste del af nethinden findes de særlige lysfølsomme Ganglie-celler (ved de blå pile), der sender input til hjernens døgnrytme-center (via synsnerven). Øjets linse bliver mere gullig og eventuel uklar med alderen, hvilket kaldes grå stær, når det er blevet så meget, at synet er nedsat.

Den anden grund er, at der er sket en markant udvikling af vores viden om øjet. At øjet er væsentligt for vores sansning af lys virker ikke overraskende, men det er først de sidste 10-20 år, at man har kendt forbindelsen mellem lys – øje – døgnrytme.

I 1998 fandt man hos frøer et hidtil ukendt lysfølsomt pigment, og i 2000 fandt man også denne type pigment i øjets nethinde. Det lysfølsomme pigment fik navnet melanopsin og ligger i en særlig celle i nethinden: den lysfølsomme gangliecelle. Melanopsin er følsomt overfor blåt lys og fungerer nærmest som en lysmåler af lyset i vores omgivelser.

Stimuleres melanopsin med tilstrækkelig meget blåt lys, sendes en besked til hjernens døgnrytme-center om, at vi kan justere vores døgnrytme til omgivelserne, uden at synscentret er involveret. Uden denne justering forskybtes døgnrytmen, og efter et stykke tid bliver det for eksempel svært at sove om natten.

Med alderen sker der nogle ændringer, idet vi gradvist ser mindre af det blå lys, fordi vi får en aldersrelateret brunfarving af øjets samlelinse. Derfor vil en 70 årig få væsentligt mindre lys ind i øjet end unge mennesker. Da netop blåt lys har

betydning for døgnrytmen, er det muligt, at ældre mennesker ikke længere kan justere døgnrytmen så effektivt som tidligere, og en dansk undersøgelse har peget på, at søvnen er dårligere ved nedsat gennemskinnelighed af øjets linse.

Hvorfor er lyset så vigtigt?

I hjernen findes et overordnet center, der regulerer og synkroniserer døgnrytmen og styrer en lang række funktioner hos os, så vi eksempelvis er henholdsvis vågne og søvnige på de rigtige tidspunkter. Dette center i hjernen hedder SCN=suprachiasmatic nucleus (kendes i almen tale som det indre ur) og indgår i et samspil med andre systemer i hjernen og kroppen. SCN har en central funktion, idet det udskiller et søvnhormon (melatonin), som regulerer den rytme, der findes i kroppens andre celler. Dermed fås det cykliske mønster for eksempel for hormonet cortisol (vigtig for blodtryk, stress), kropstemperatur, hjerterytme og meget andet. En god døgnrytme betyder derfor meget for vores velvære, for eksempel at vi kan sove godt, at vi er veloplagte og vågne om dagen, og at organismens organer arbejder sammen eksempelvis i forhold til måltider.

Med alderen oplever mange, at de sover dårligere. Mange har problemer med at sove natten igennem, men bliver til gengæld søvnige om dagen. En årsag kan være, at der kommer mindre lys ind gennem øjet med alderen, og her er det især de blå lysbølgelængder, der sorteres fra som før nævnt. Den reelle biologiske effekt af alder i forhold til de blåfølsomme celler i øjet og døgnrytmesystemet er endnu ikke fuldt udforsket. Lys om natten nedsætter produktionen af søvnhormonet melatonin, men det behøver ikke at have samme konsekvens for andre cykliske hormoner. Desuden kan alder, andre eksterne påvirkninger end lys og sygdom formentlig også påvirke systemet. Pupillens reaktion på lys (som sker via de lysfølsomme celler) er eksempelvis ikke entydigt nedsat med alderen, og der er indikationer af, at der her kan ske det modsatte. Det vil sige, at organismer opregulerer reaktionen med alder eller nogle sygdomme.

Døgnrytmen og sygdomme:

Meget tyder på, at døgnrytmen har en direkte indflydelse på vores helbred. Mange kender til vinterdepression, og for nogle typer af depression anvendes lysterapi som behandling. Ved lysterapi anvender man normalt hvidt lys i høj intensitet om morgenen, men det er meget muligt, at man kan nedsætte intensiteten eller varigheden ved at anvende mere blå lys. Det vil sige, at den viden, vi nu har om sammenhængen mellem lys og døgnrytmeregulering, kan bruges til at forbedre behandlingen af patienter med vinterdepression.

Ved Parkinsons sygdom og Alzheimer er der forstyrrelser i døgnrytmen. I denne forbindelse er det svært at vide, hvad der er den grundlæggende forstyrrelse. Altså om døgnrytmeforstyr-

relser er en konsekvens af sygdommen, eller om den optræder som en medvirkende årsag. Flere undersøgelser af lys og døgnrytme er udført på plejehjem med mange demente blandt beboerne, og disse indikerer, at dårlig belysning er associeret med dårlige søvn, som eksempelvis en mere afbrudt søvn. Demens i sig selv antages også at påvirke døgnrytmen i negativ retning.

Hjertekarsygdomme og cancer kan også have en relation til døgnrytmen. For hjertekarsygdomme er blodtryk en risikofaktor, og den cykliske regulering er yderligere en faktor. Blodtrykket er et af de mange fysiologiske systemer, der har døgnvariation (vi har for eksempel lavere blodtryk om natten), og hvor det overordnede døgnrytme-center (SCN) justerer rytmen i forhold til forventet hvile og aktivitet. I undersøgelser af skifteholdsarbejde er der fundet en øget forekomst af brystcancer, men andre undersøgelser har ikke kunnet bekræfte dette. Det er dog ikke så mærkeligt, at alle undersøgelser ikke viser det samme, da organismens hormonsystemer ikke er adskilte.

En særlig vanskelighed ved udforskningen af lysets påvirkning af organismen er, at der er mange forskellige parametre, der er med til at definere lysets karakteristika; spektralsammensætning, som er kombinationen af forskellige farver lysbølglængder, og lysstyrke, såvel som det tidsrum, en person opholder sig i en given belysning. Der er derfor ikke defineret fast standard for, hvad det ideelle lys er. I forsøg i aflukkede laboratorier er det muligt at fastsætte de forskellige dele helt præcist, men så snart vi bevæger sig udenfor laboratoriet, spiller omgivelsernes lysforhold ind, og forsøgspartners andre aktiviteter, kost og så videre kan alt sammen give input til døgnrytme centret. I hverdagen ser de fleste fjernsyn og computer. Selv om lysintensiteten ikke er høj, er lyset i den blå del af spektret og kan eventuelt påvirke døgnrytmen specielt om aftenen. En undersøgelse af teenagere har vist, at jo større pc-forbrug, jo højere scorer de for psykiske problemer, omend effekten ikke er meget stor.

4. FYSISKE RAMMER FOR FORSØGET

Projektet er helt unikt, idet det er gennemført i virkelige omgivelser. Tidligere projekter inden for samme område er typisk gennemført på afdelinger på hospitaler eller psykiatriske behandlingsenheder, hvor der er mulighed for at udvælge ensartede sengestuer og kontrollere forsøgets omgivelser. Dette er en styrke i forhold til at indsamle ensartet data og skabe evidensbaseret viden, men det er dog også en svaghed i forhold til at undersøge, om belysning kan have en positiv effekt hos ældre, der bor i eget hjem og fører en helt normal hverdag.

I vid udstrækning kan det siges, at Gårdhavehusene i Albertslund Kommune har kunnet tilbyde projektgruppen det bedste af begge verdener. Bebyggelsen består nemlig af 1000 gårdhuse opført i 1965, og som det kan ses på oversigtskortet over området nedenfor, er alle boliger konstrueret rundt om en lille sydvestvendt gårdhave, hvilket betyder, at de grundlæggende dagslysforhold stort set er ens for alle boliger. Husene er opført i klynger på to, tre, fire eller fem huse – bygget sammen på forskellig måde, så der i hele bebyggelsen dannes små åbne pladser, og alle boliger er lavet af betonelementer i én etage på nær et mindre antal huse langs kanalen, der er i to etager.

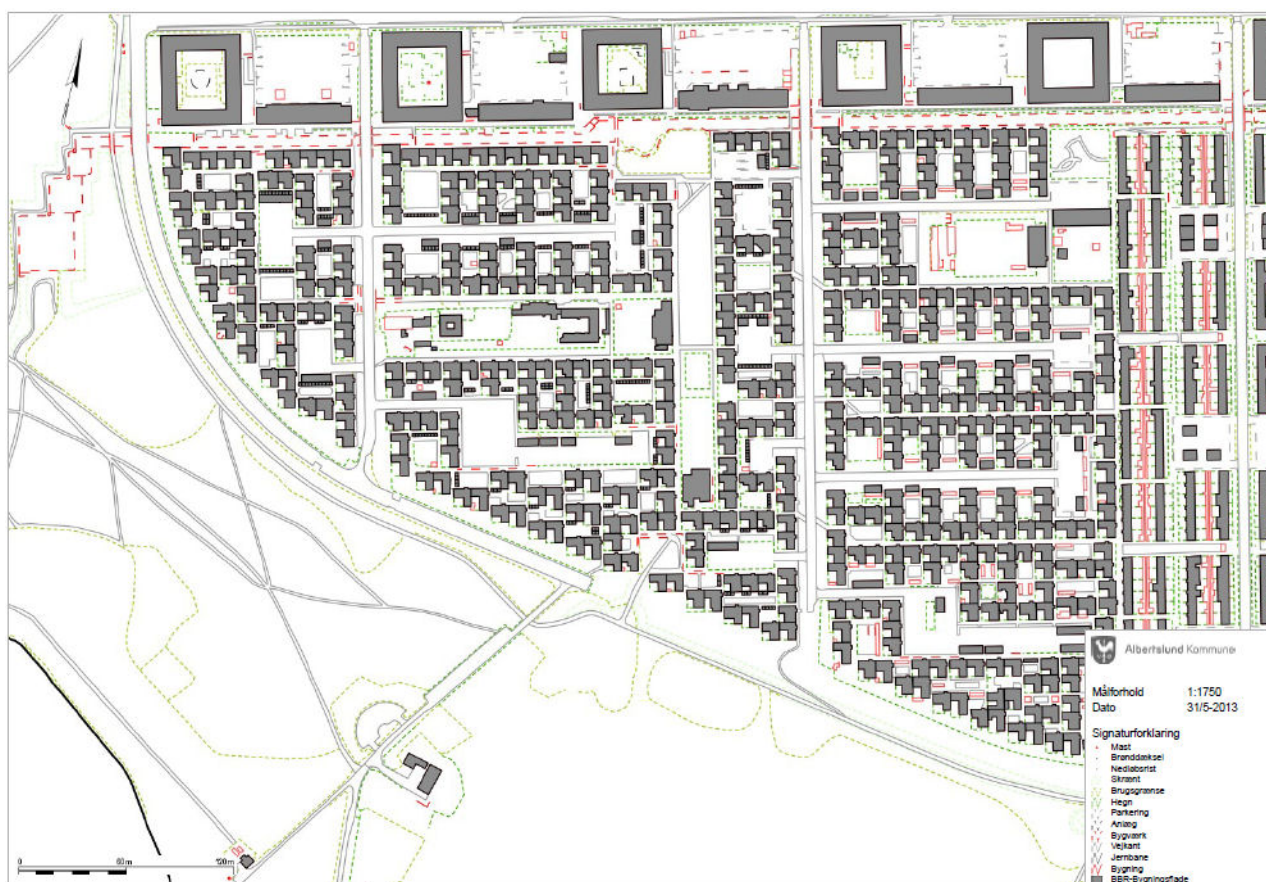


Illustration 1: Gårdhavehuse, Albertslund Syd

Udover at husene er tæt på identiske set udefra, er rumfordelingen også ensartet, når det gælder opholdsrum. På nedenstående grundplan ses de forskellige indretninger af Gårdhavehusene. Det er primært typerne AN, AØ, BN og BØ, der har medvirket i forsøget.

Antallet og placering af værelser er relativt forskellige fra hustype til hustype, men spisekøkken og dertilhørende spiseplads samt stue er i alle hustyper placeret i forlængelse af hinanden i en vinkel med fortløbende vinduesparti ud mod den sydvestvendte gårdhave. Dermed er dagslysforholdene grundlæggende tæt på identiske for disse rum husene imellem, om end udendørs beplantning, indretning med mere kan have stor betydning for lysforholdene fra hjem til hjem.



Udover at Gårdhavehusene er tæt på at udgøre en ideel forsøgs kontekst i forhold til indretning, har det også været en stor fordel for projektgruppen, at beboersammensætningen har haft den pågældende karakter. Projektgruppen lagde sig fra forsøgsdesign-fasen fast på, at forsøgsdeltagerne skulle være over 65 år gamle for at kunne deltage. I gårdhavehusene kunne Albertslund Kommune efterfølgende sende projektdeltagelsesinvitation og information ud til over 300 mennesker, der levede op til alderskravet. Efter en række informationsmøder var der 29 beboere fordelt på 20 boliger, der var interesserede i at deltage.

At deltage i forsøget har krævet et stort engagement fra forsøgsdeltagernes side. Dels har projektgruppen fysisk ændret på deres hjem ved at installere ny belysning ved beboernes spiseplads og i deres soveværelse, dels har beboerne skullet udfylde spørgeskemaer, tage

spytprøver, gå til diverse øjenundersøgelser på Glostrup Hospital med mere. På trods af disse uvante opgaver har projektgruppen ønsket at påvirke forsøgsdeltagernes hverdag mindst muligt og har således ikke sat nogen former for begrænsninger i forhold til eksempelvis at færdes uden for hjemmets fire vægge og dermed krav til at beboerne skulle opholde sig i den opsatte belysning. Forsøgsdeltagerne er ikke blevet bedt om at ændre på deres normale aktivitetsniveau, da det for projektgruppen har været mere interessant at få et indblik i, hvorvidt helt almindelige ældres hverdag kan forbedres ved hjælp af belysning. For at kunne få den nødvendige viden om lysets indvirkning eller mangel på samme er forsøgsdeltagerne til gengæld blevet bedt om at føre dagbog, så projektgruppen har kunnet se, i hvor vidt omfang forsøgspersonerne har opholdt sig i testbelysningen og dermed har været modtagelige for dens indvirkning.

5. DAGSLYS I BOLIGERNE

For at undersøge om det er muligt at påvirke beboernes døgnrytme, velbefindende og søvnkvalitet ved hjælp af den programmerede LED-belysning, er det nødvendigt at vide noget om, hvor meget lys beboerne generelt bliver eksponeret for hen over forsøgsperioden. Der er grund til at antage, at den mulige effekt af LED-belysningen kan afhænge af, hvor meget andet lys, specielt dagslys, beboerne er udsat for, både i boligen og udenfor boligen. For at få et overblik over typiske dagslysniveauer i boligerne blev samtlige boliger gennemgået og fotograferet med henblik på en kategorisering i tre typer af boliger: *lyse*, *mellem* og *mørke* boliger. De 20 boliger blev karakteriseret som følgende:

- seks karakteriseret som *lyse boliger*,
- syv som *mellem boliger* og
- syv som *mørke boliger*.

Karakteriseringen skal opfattes relativt for den aktuelle type gårdhavehuse. Ved sammenligning med andre typer af boliger skal det bemærkes, at gårdhavehusene kun har vinduer ind mod gården i form af et vinduesbånd i hele facaden samt to glasdøre. Arealet af vinduerne udgør cirka 17 % af gulvarealet, svarende til at *glas*arealet udgør cirka 12 % af gulvarealet. På grund af en begrænset rumdybde vil dette glasareal normalt give tilstrækkeligt lys til at rummene opfattes som 'lyse'.

Reduktion af dagslyset

Når flere af boligerne alligevel ikke opleves som 'lyse', hænger det sammen med en række forhold, som i større eller mindre grad stjæler noget af dagslyset. I det følgende gives en oversigt over de forhold, som reducerer dagslysets mest i gårdhavehusene. Oversigten kan også bruges som en generel tjekliste for, hvilke forhold man skal være opmærksom på at undgå, hvis man ønsker at sikre en god adgang for dagslys til de enkelte rum i boligen.

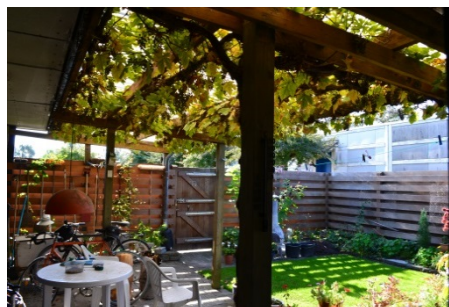
Store tagudhæng

Alle boliger har store tagudhæng på cirka 80 cm lige over vinduesbåndet. På dage, hvor solen ikke skinner, kommer langt den største del af dagslyset fra himlen, men med det aktuelle udhæng reduceres lysmængden med næsten 50 %. Et mindre udhæng og større afstand fra overkant af vinduerne til udhænget kunne forbedre dagslysadgangen betydeligt.



Overdækket gårdhave

I cirka halvdelen af boligerne er gårdhaven delvist overdækket. Både de bærende konstruktioner til overdækningen (som i nogle tilfælde er i mørke farver) og selve overdækningspladerne reducerer dagslyset ganske betydeligt. Dette har størst betydning for rummene ind mod det indvendige hjørne, i de fleste tilfælde køkken/spiseplads og en del af stuen. Et mindre udhæng, båret af en hvid, spinkel konstruktion, og med klare, transparente plader ville øge dagslyset betydeligt.



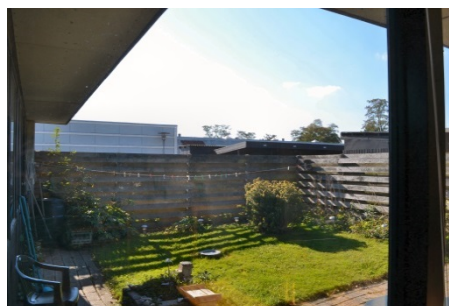
Beplantning med træer i gårdhave

De lukkede gårdhaver har en størrelse på cirka 50 m², og i flere tilfælde har beboerne plantet vinranker eller tilsvarende, som breder sig langs tagudhænget eller under overdækningen, og i andre tilfælde er der plantet ganske store træer i gårdhaven. Beplantningerne giver en yderligere begrænsning af udsynet til himlen, som i forvejen er reduceret af tagudhæng og eventuel overdækning. Mindre træer/buske, som placeres med omtanke, behøver ikke reducere himmelset nævneværdigt



Mørk belægning og mørke hegn i gårdhaven

Indretningen af gårdhaverne er meget forskellige i de enkelte boliger. På grund af tagudhænget og eventuel overdækning udgør reflekslyset fra gårdhaven en væsentlig del af det samlede dagslys til boligen. Lysreflektansen af hegn om gårdhaven kan variere fra under 0,1 (sorte hegn) til 0,7 (hvide hegn uden luftmellemrum). Reflektansen af græs i gårdhaven vil typisk ligge omkring 0,1, mens den kan forøges til omkring 0,3 med lyse flisebelægninger. Lyse belægninger, lyse hegn og nabogavle kan alt i alt forøge dagslysindfaldet med op imod 25 %. Se også figur 33.

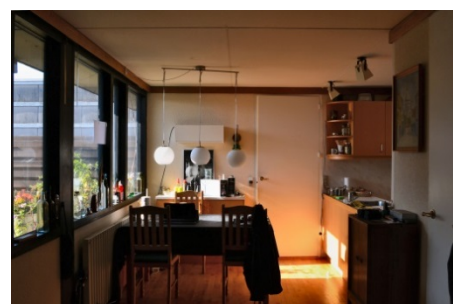




Figur 3: Tre varianter af gårdhaver. Til venstre en gårdhave med planter der breder sig langs tagudhænget og en ret tilgroet gårdhave, der alt i alt reducerer dagslyset til boligen betydeligt. I midten en overdækket gårdhave med hvid konstruktion og transparent pvc-tag. Til højre en helt åben gårdhave med flisebelægning samt hvidmalet nabovæg og hegn.

Mørke vinduesrammer

Gårdhavehusene er fra opførelsen forsynet med ret brede, sorte vinduesrammer og -karme. De sorte rammer reducerer dagslysindfaldet med cirka ti procent i forhold til hvide rammer og skaber samtidig en større kontrast mellem lyset fra vinduerne og de sorte rammer. Dette medfører, at lyset fra vinduerne hyppigere vil opleves som generende eller blændende, hvilket igen kan føre til, at beboerne vil opleve et større behov for at trække gardiner eller anden afskærmning for vinduerne. Smalere vinduesrammer og i dette tilfælde lysere (hvide) rammer vil give mere dagslys i boligen og mindre behov for afskærmning.



Mange pottedplanter og andre dagslysblokeringer i vinduet

Ud over at dagslysadgangen til vinduerne imod gårdhaven i mange boliger er begrænset af de nævnte forhold, er der i en del boliger også flere typer af blokeringer for dagslyset lige inden for vinduerne. Der er eksempelvis tale om mange pottedplanter i vindueskarmen, gardiner der ikke trækkes helt fra vinduerne samt genstande og nips, som fylder op i vindueskarmen. Store pottedplanter bør undgås, og generelt bør planterne placeres hensigtsmæssigt ud fra hensyn til, at de ikke bør blokere for meget.



Mørke overflader og møbler

Langt de fleste af boligerne har hvide eller lyse vægge, hvilket er vigtigt for fordelingen af det skråt indfaldende dagslys i rummene. Enkelte boliger har dog mørke vægge eller mørke gulvtæpper samt mørke møbler, som tilsammen stjæler det sparsomme lys. Med det næsten vandrette lysindfald fra den ene side af rummet er det vigtigt, at rummets overflader kan fordele lyset til hele rummet.



Målinger

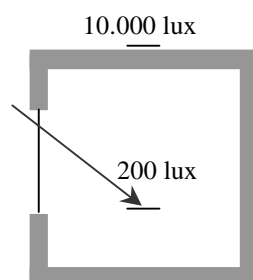
For at kunne sammenligne mængden af dagslys i boligerne blev målingerne foretaget ved overskyet himmel. Som mål for dagslysadgangen til de enkelte rum benytter man *dagslysfaktoren*, der er defineret ved dagslyset (belysningsstyrken) i et punkt i rummet i forhold til, hvor meget lys der er på en vandret flade i det fri helt uden skyggende omgivelser.

Dagslysfaktoren (DF) er defineret som forholdet mellem belysningsstyrken i punktet af et plan og den samtidige belysningsstyrke udendørs på et vandret plan, belyst af en fuld himmelhalvkugle (se figur 4). Dagslysfaktoren angives normalt i procent.

$$DF = \frac{E_{indvendig}}{E_{udvendig}} \cdot 100 \%$$

$E_{indvendig}$ er belysningsstyrken indendørs i et punkt af et givet plan (lux)

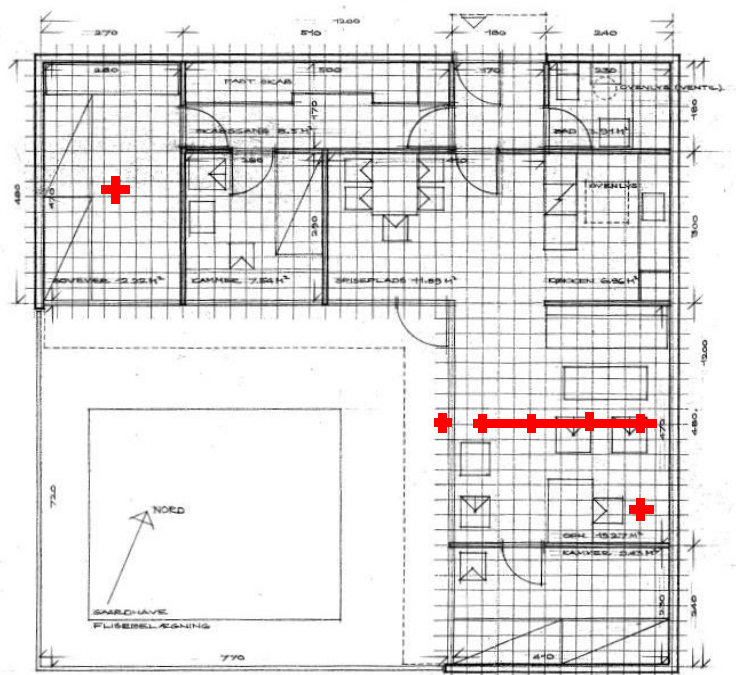
$E_{udvendig}$ er belysningsstyrken målt udendørs på et vandret plan (lux)



Figur 4: Definition af dagslysfaktoren DF. Når belysningsstyrken er 10.000 lux i det fri og 200 lux indendørs, er dagslysfaktoren to procent.

Der blev udført målinger i fire boliger, som repræsenterede de tre grupper: mørke boliger, mellemgruppen og lyse boliger. Målingerne blev primært foretaget i stuen, i en linje vinkelret på facaden ud for det midterste vindue. Desuden blev der lavet en måling i det mørkeste punkt af stuen (0,5 meter fra væggene), samt i et enkelt punkt midt i soveværelset. Alle de

indvendige målinger blev foretaget i en standard bordhøjde på 0,75 meter. For at vurdere dagslysadgangen til stuevinduerne blev der desuden foretaget måling af dagslysfaktoren på lodret plan, udvendigt på stuevinduet i en højde af 1,8 meter over gulvniveau. Placeringen af målepunkterne er illustreret i figur 5.

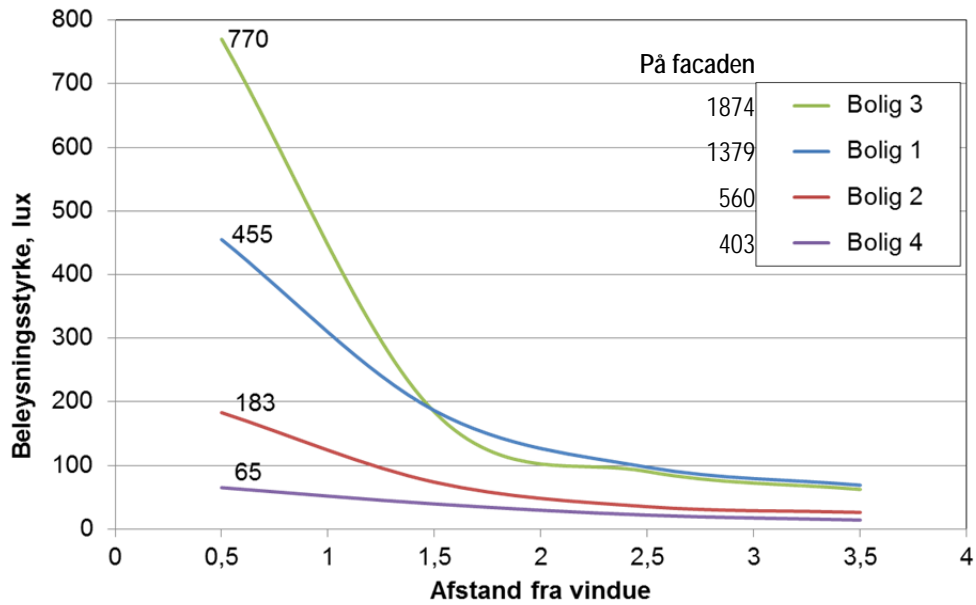


Figur 5: Illustration af punkter i boligerne, hvor der blev foretaget dagslysmålinger.

Måleresultaterne er vist i figur 6. Det fremgår, at der er meget store forskelle i hvor meget lys, der rammer udvendig på det midterste vindue i stuen (angivet ved 'på facaden'). De angivne belsningsstyrker er beregnet ud fra en udvendig belsningsstyrke på vandret på 10.000 lux. I den lyse, åbne gårdhave kan beregnes en dagslysfaktor på 18,7 %, mens der i den mørke og delvist overdækkede gårdhave kun er en dagslysfaktor på 4,0 %. Mængden af dagslys i den lyse gård er altså næsten fem gange højere end i den mørke.

Målingerne inde i stuen viser, at her er forskellen endnu større, specielt i målepunktet 0,5 m inden for vinduet, hvilket især skyldes, at der er mange pottplanter og andre genstande i vindueskarmen, som blokerer for dagslyset. Forskellen mellem den lyse og den mørke bolig udtrykker sig her ved dagslysfaktorer på henholdsvis 7,7 og 0,65 Det svarer til, at der er næsten 12 gange mere lys i den lyse bolig end i den mørke.

Belysningsstyrker



Figur 6. Resultater af dagslysmålinger i fire udvalgte boliger. De anførte belysningsstyrker er omregnet til en fast udendørs belysningsstyrke på vandret på 10.000 lux, således at de umiddelbart kan sammenlignes. Dagslysfaktorerne i % kan beregnes ved at dividere belysningsstyrkerne med 100.

6. INSTALLERET LYS

Det har ikke været projektets hensigt at diktere, hvad der er godt lysdesign i hjemmet generelt, eller hvad der æstetisk er godt lys i den enkelte bolig. Hensigten har været at skabe en testopstilling af lys i hjemmene, som var optimeret i forhold til at danne en fysisk ramme for det konkrete måle- og forskningsprojekt med det forbehold, at vi alle lever individuelt.

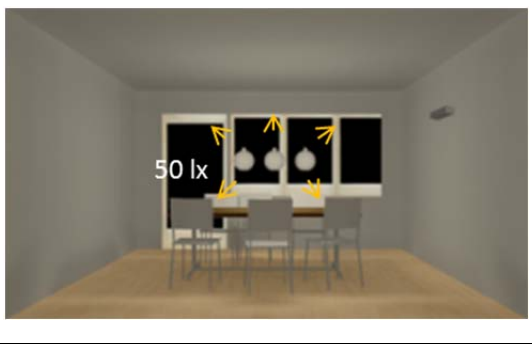


Følgende argumenter lå til grund for projektgruppens design af belysningsløsning:

Valg af lyskilde. LED er en lyskilde, som til stadighed opnår en større eksistensberettigelse i hjemmene, ikke kun på grund af dens lave energiforbrug i forhold til lysudbytte, men også på grund af dens kvalitetsmæssige egenskaber. LED er som udgangspunkt dæmpbar og har en overlegen lyskvalitet i forhold til sparepæren. Derudover er den fleksibel i mange typer, udformninger, størrelser, wattage og lysfarver. Vi ønskede at vælge LED primært af to årsager;

- 1) LED kan fås i typer, der har flere lysfarver bygget ind i én lyskilde. Da LED er dæmpbar, og hver lysfarve i lyskilden kan reguleres individuelt, ville vi have mulighed for at regulere hele lyskildens lys i både lysfarve og intensitet, og dette uden de store udsving i lyskvalitet.
- 2) LED'ens energibesparende kvaliteter.

Lysfordeling. I testperioden erstattede projektgruppen eksisterende lamper med nye lamper ved boligens spiseplads samt i soveværelset. Lamperne skulle gerne give lys ud i rummet for at stimulere deltagere direkte på øjet. Direkte indkig til lyskilden var ikke ønsk-

Belysningsløsning:

5.30	
6.30	
7.00	
7.15	

værdigt. Lamperne skulle heller ikke kun sende lys på eksempelvis en bordplade eller en stol. Det var væsentligt at lampen var diffust lysende i sig selv og kunne hænge centralt, så man kunne kigge direkte ind i lyset uden at blive blændet.

Placering af nye lamper. Havde projektgruppen haft en ubegrænset mængde af ressourcer, havde det været ideelt at kunne lyssætte hele den enkelte bolig. Men da dette ikke var en mulighed, ønskede vi at etablere ny belysning i de områder af boligen, hvor muligheden for effekt var størst. Da tidligere forsøg indikerer, at det især er i morgen- og formiddagstimerne, at lys har en effekt på regulering af døgnrytmen, var det førsteprioritet at opsætte testbelysningen de steder, hvor forsøgsdeltagerne opholdt sig i de tidsrum. Dette var i alle hjem efter eget udsagn ved beboernes spiseplads med undtagelse af to boliger, hvor beboerne primært opholdt sig i sofaarrangementet i stuen (hvorfor der blev etableret lys der). Det andet sted i boligen, der potentielt kunne have stor effekt, var soveværelset,

	Scenarie A	Scenarie B
7.30		
7.45		
13.00		
18.00		
20.00		

da det ofte vil være her, beboeren tænder lyset, når de står op (hvorfor en høj lysmængde kan formodes at være ønskværdig), og modsat om aftenen, hvor en lav lysmængde kan formodes at være ønskværdig, så kroppen kan påbegynde produktionen af melatonin.

Regulering af lyset. Vi ønskede en testopstilling, hvor lyset, som skulle påvirke os biologisk, kunne blive forprogrammeret i en forud bestemt døgnrytme-cyklus. Det vil sige, hvor lyset varierer over ét døgn i lysfarve og intensitet synkront i alle 20 hjem samtidigt. Efter hvert døgn starter den forprogrammerede cyklus forfra. Derudover ønskede vi, at deltagere kunne slukke og tænde for deres lamper efter behov og tilstedeværelse på kontakten, som de var vant til. Hvis lamper havde været slukket var det centralt, at lyset blev tændt synkront og til den lysintensitet og lysfarve, som var gældende i de andre hjem på netop dette tidspunkt.

Kontrastforhold. Vi konstaterede tidligt i projektet, at de eksisterende registrerede mængder af lys (luxværdier) i hjemmene fra såvel det naturlige som det kunstige lys, var betydeligt lavere end de værdier, som vi i testopstillingen ønskede at bringe ind i testperiode. Meget højere lysmængder fra en enkelt lampe kan skabe markant blændingsgene i et rum, som ellers er meget mørkt. Det var derfor vigtigt at få skabt en løsning, som sikrede, at kontrastforholdene mellem testlampen og baggrunden ville være afbalanceret i alle boligerne.

Valg af lamper. Med udgangspunkt i den mængde af ressourcer, projektgruppen havde til rådighed, ønskede vi at finde lamper der, i prioriteret rækkefølge levede op til:

- 1) at alle 20 boliger havde samme testopstilling og havde lamper i de områder, hvor de opholdt sig på bestemte tidspunkter af døgnet,
- 2) at kunne opfylde alle lystekniske krav for forskningsprojektet og
- 3) at sikre, at lamperne ikke var til unødigt visuel gene for beboere.

Slutteligt anså vi det for ønskværdigt, for så vidt muligt at vælge en type lampe, hvis æstetiske udtryk gjorde den let at integrere i det enkelte hjem's interiør.

Der blev valgt to typer lamper, der udover ovenstående krav ligeledes havde en høj gennemskinnelighed. Sidstnævnte var vigtigt i forhold til at sikre, at forsøgsdeltagerne fik mest muligt lys på øjet uden at blive blændet.




Soveværelseslampe

Lampe 1 blev installeret i forsøgsdeltagernes soveværelser. Det var en standerlampe af typen Samtid fra Ikea.

Spisebordslampe

Lampe 2 var et pendel med tre lyskilder; en Philips Massive Dosel. Det blev placeret over forsøgsdeltagernes spisebord. Derudover blev der konstrueret en kasse, der kunne indeholde den uplight, der ligeledes blev placeret ved spisebordet for at sikre den tilstrækkelige lysmængde.



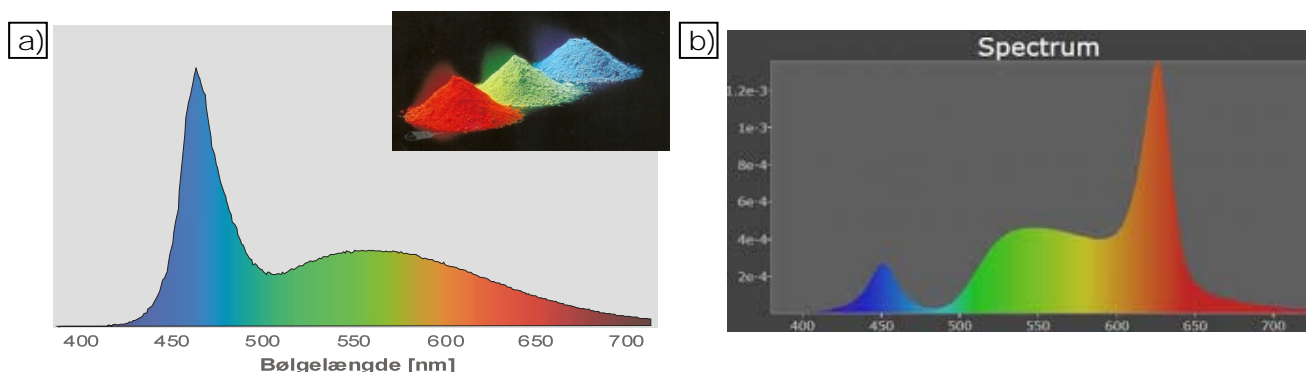
3x E27 | max. 75W | 230V | 
Y | ↓ 1500 | ↔ 945 | ↗ 210 |
IP20 |

Armaturer og lyskilder

Karaktering af lyskilderne i forsøgsboligerne

En lyskildes lysstrøm angiver det samlede lys fra en lyskilde, og den måles i SI-enheden lumen (symbol: lm) og belysningsstyrken måles i lux eller lumen pr. m². Lyskilders effektivitet måles i lumen pr. Watt, og den er et udtryk for effektforbruget for lyskilden. De bedste dioder, vi har i dag, har en energieffektivitet på op til 140 Lumen/W, mens glødepærer ligger på 8-12 Lumen/W, og de mest effektive lysstofrør ligger på omkring 125 Lumen/W.

LED-teknologien, som i dag benyttes til belysning, er enten baseret på blå lysdioder med fosforescerende stoffer eller lysdioder, der udsender hvidt lys ved hjælp af farvede lysdioder. I Figur 7 (a) er vist spektret for en blå diode med fosforescerende materialer. Fordelen ved denne LED er, at den er simpel, fordi den kun anvender én lysdiode. Farvegenkendelsen angiver man med måletallet Ra, som bør være over 80 for at få en rimelig god farvegengivelse. I Figur 7(b) er vist RGB HUE lyskilden fra Philips, som anvender flere farvede lysdioder. Fordelen ved denne lyskilde er, at farvetemperaturen kan varieres, og man kan opnå en høj Ra-værdi.



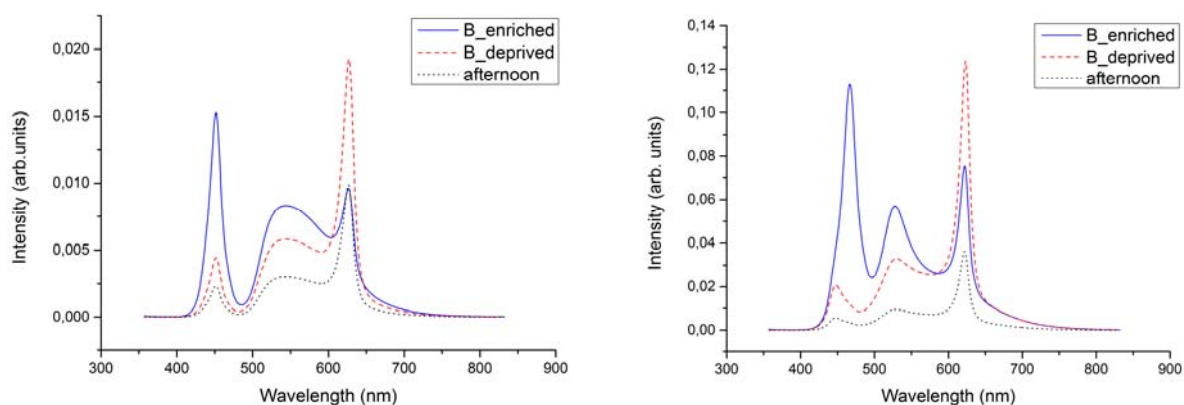
Figur 7: a) Lysspektret fra en blå lysdiode med fosforescerende materialer. b) Lysspektret fra en HUE LED fra Philips

Lysforholdene blev karakteriseret i ældreboligerne med et spektrometer fra UPRtek (MK350). Laboratiemålinger, som senere blev foretaget på DTU Fotonik, bekræftede vores "on location målinger". Laboratiemålinger blev udført for Philips Hue pærer ved hjælp af en integrerende kugle (40-tommer) og et CAS 140 CT spektrometer (Instrument-Systems). Opstillingen blev kalibreret ved hjælp af en kalibreret 50W halogen lyskilde (ACS-411 fra Instrument systems), og absorptionstab blev korrigeret ved hjælp af en ekstra lampe. En tilsvarende måling blev foretaget for LED-uplight (Philips, SkyRibbon IntelliHUE Wall Washing Powercore ©), hvor en 80-tommer integrerende kugle blev anvendt i stedet for. En deltaljeret gennemgang af både on location målinger og laboratiemålinger er givet i henholdsvis Appendix A og Appendix B. I det følgende gives et resume af målingerne.

Intensiteten af lyskilden i scenariet med meget blåt lys blev fundet til at være 280 lux i beboernes øjenhøjde. Lysstyrken efter kl. 18:00 var 140 lux i øjenhøjde. Ra-værdien blev målt til at være over 80 for alle lysscenarierne. Farvetemperaturen med meget blåt lys blev målt til 5100K, mens scenariet med lidt blåt lys havde en farvetemperatur på 2800K. Farvetemperaturen om eftermiddagen var omkring 2800K for alle scenarier. Et resumé af lysforholdene kan findes i tabel 1. I tabellen er vist både for HUE lamperne og wallwasher lamperne farvetemperatur, Ra-værdi lux niveau i øjenhøjde og effektivitet.

Direkte lys med tre Hue lamper	Farvetemperatur (K)	Ra-værdi	Lysniveau i øjenhøjde (Lux)	Effektivitet (lm/W)
Morgenlys med højt blåindhold	5100	82	280	85
Morgenlys med lavt blåindhold	2800	92	240	79
Eftermiddagslys	2800	92	140	75
Up-light wallwasher				
Morgenlys med højt blåindhold	7900	71	ikke målt	41
Morgenlys med lavt blåindhold	2750	88	ikke målt	46
Lys om eftermiddagen	2750	88	ikke målt	25

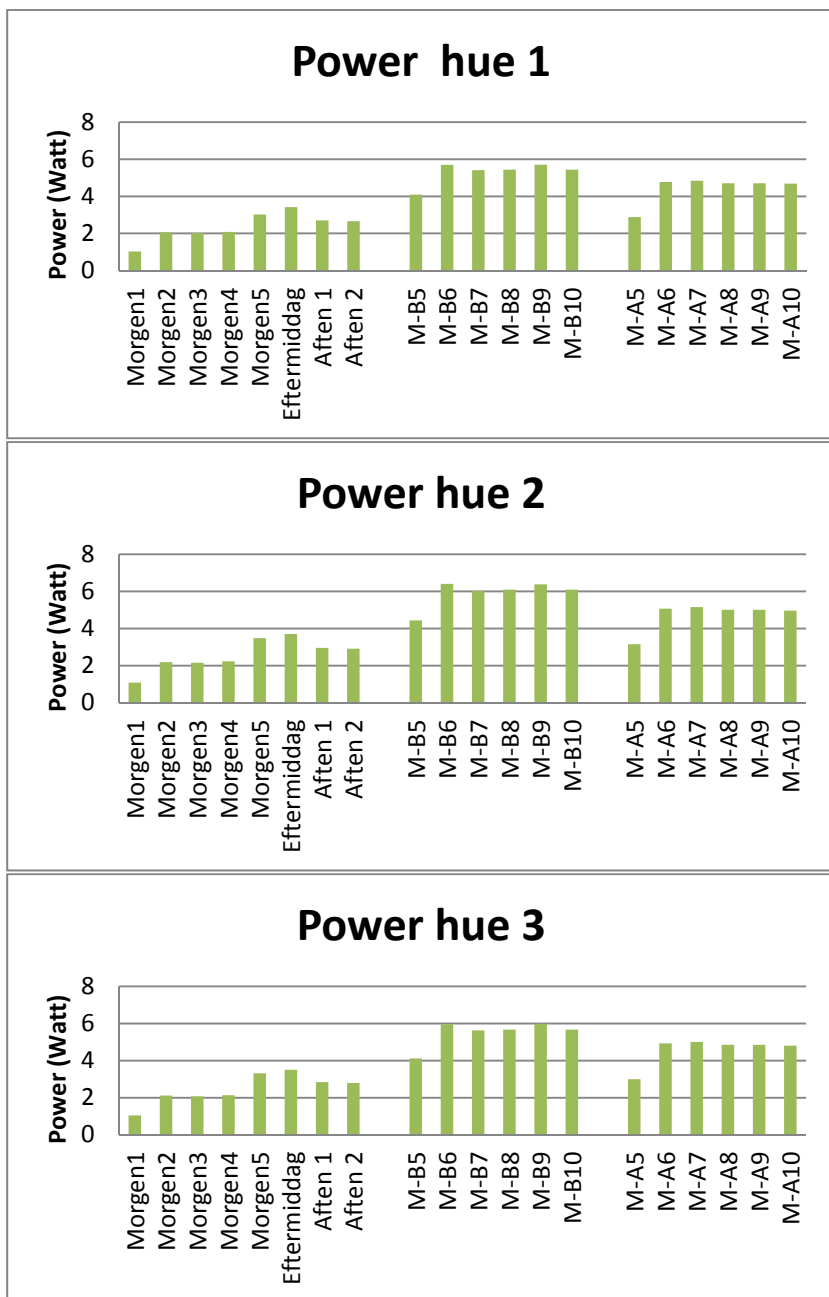
Tabel 1: Sammendrag af lyskarakteristikken for de forskellige scenarier. Lysintensiteten i øjenhøjde er målt for både direkte og indirekte lys.



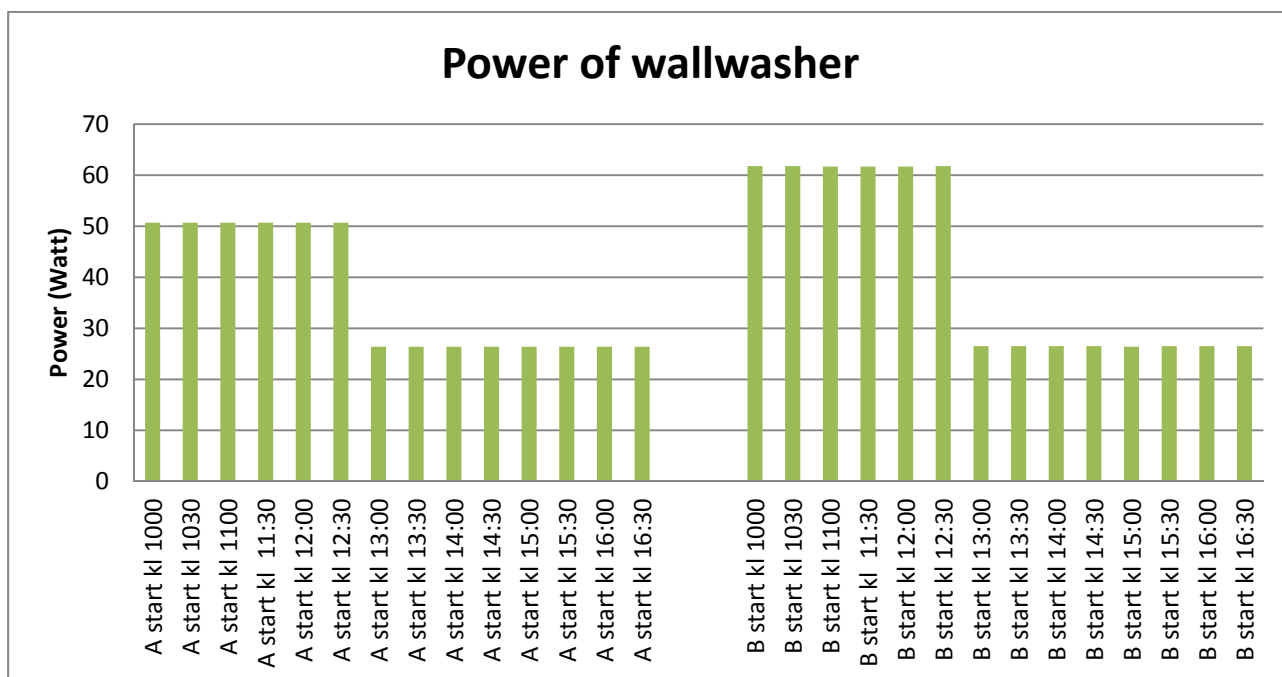
Figur 8: Bølgelængdespektre for HUE lampen (a) og for indirekte belysning (b).

De spektrale lysfordelinger for HUE lampen og up-light wallwasher er vist i figur 8. Det ses, at morgenlyset med højt blåindhold (blå kurve) har et intensitetsmaksimum ved 450 nm, og morgenlyset med lavt blåindhold (rød kurve) har et intensitetsmaksimum ved 625 nm. Den grønne kurve angiver den spektrale fordeling af lyset om eftermiddagen. For dette eftermiddagslys har vi valgt lavt blåindhold.

Energiforbruget for alle 3 Hue lamper samt energiforbruget i en wall washer blev målt i laboratoriet på DTU Fotonik. Resultaterne er vist i henholdsvis figur 9 og figur 10.



Figur 9: Energiforbruget for de tre HUE lamper i de forskellige scenarier



Figur 10: Energiforbruget for LED Up-light wallwasher

Vurdering af omkostningerne ved HUE lampen i forhold til andre lyskilder

Udgifterne til en lyskilde afhænger af følgende faktorer:

- Elprisen
- Lyskildens pris
- Pris for udskiftning af lyskilden
- Lyskildens effektivitet (lm/W)
- Lyskildens levetid

På baggrund af ovenstående kan man sammenligne langtidsudgifterne af typiske energibesparende lysystemer. Vi indfører begrebet Mega-lumen-time, som er den lysmæssige ækvivalent til det elektriske kWh-time-pris. En Mega-lumen-time svarer cirka til den lysmængde, som skal bruges til at oplyse et lille kontor på 20-30 m² i en måned.

Det økonomiske beslutningsgrundlag findes ved at udregne prisen på en mega-lumen-time, altså hvad det koster at få en bestemt mængde nyttigt lys. I det følgende vil vi kun beregne udgifterne til elektricitet til lysystemerne.

Udgiften til elektricitet bestemmes af prisen pr. kWh for strømmen, samt hvor effektiv lyskilden er til at udsende lys, det vil sige lumen pr. Watt. Eludgiften i kr. for udsendelse af en Mega-lumen-time kan beregnes ud fra følgende udtryk:

$$Eludgift = \frac{\text{Pris pr. kWh} \times \text{Effekt} \times 1000000}{\text{lyskildens lysstrøm} \times 1000}$$

I tabel 1 er vist omkostningerne for udsendelse af en mega-lumen-time for følgende teknologier:

- Glødepære
- Energisparepære
- Halogenpære
- HUE pære fra Philips (LED)

PRIS FOR EN MEGALUMENTIME	Glødepære	Sparepære (10 W)	Halogenpære	Philips HUE
<u>Pris pr. kWh x effekt x 1.000.000</u>	<u>2krx60x1000000</u>	<u>2krx10x1000000</u>	<u>2krx40x1000000</u>	<u>2krx5,7x1000000</u>
Lysstrøm x 1000	700 x1000	600x1000	590x1000	520x1000
	= 171 kr.	= 33 kr.	= 135 kr.	= 22 kr.

Tabel 1: Omkostning for en megalumentime for forskellige teknologier

Det ses, at HUE i dag er den billigste belysningsform med 22 kr. pr. Mlmh med sparepærer som den næstbilligste med en udgift på 33 kr. pr. Mlmh.

HUE pæren giver en besparelse på 33% i forhold til energisparepæren og en besparelse på næsten 84 % i forhold til halogenpæren. Det skal understreges, at i ovenstående beregning er kun medtaget udgiften til elektricitet, men ikke udgift til indkøb af lampen. LED-lyskilderne er i dag dyre, men de forventes at falde betydeligt i pris fremover.



Billede 1: Billeder fra stuer i ældreboligerne, hvor den nye LED teknologi er implementeret.

7. LYSETS BETYDNING FOR SØVNEN

En væsentlig del af projektet var en undersøgelse af raske ældre i Albertslund syd. Formålet var, at undersøge om lys, der understøtter døgnrytmen, havde en positiv effekt på søvnen. Undersøgelsen var tilrettelagt med en baseline undersøgelse og to efterfølgende lysperioder med lys af høj intensitet (cirka 250 Lux) og med forskel på indholdet af blått lys, så den ene halvdel af deltagerne fik ekstra blått lys i den første periode og den anden halvdel ekstra blått lys i den anden periode.

Deltagere

Beboere i bebyggelsen blev inviteret til informationsmøder, og de interesserede blev derefter indkaldt til øjenundersøgelse på Glostrup Hospital. Der var 46 beboere, som vi var i kontakt med. De ni ville alligevel ikke deltage, og otte beboere havde dårligt helbred, som måtte antages at påvirke målinger betydeligt og yderlige var under minimumsalderen i projektet, som var 65 år.

Der indgik derfor 29 deltagere i 20 boliger. Inden det nye lys blev sat op, undersøgte vi syns- evnen og spurgte om søvnvaner. Alle deltagere var raske i betydningen af, at de kunne leve et aktivt liv og to af deltagerne arbejdede stadig en del af ugen. Projektet er godkendt af etisk komite, og alle deltagerne afgav informeret samtykke efter mundtlig og skriftlig infor- mation. En deltager trak sit samtykke inden forsøget startede og blev erstattet af en anden. Efter afslutningen af lysinstallationen i hjemmene blev der afholdt opsamlingsmøder med beboerne. Det var et vigtigt princip i undersøgelsen, at møder og udlevering af materiale så vidt som muligt foregik i lokalområdet, og at der var mulighed for tilpasning af tider for de undersøgelser, der foregik på Glostrup Øjenafdeling.

Forsøgsdesign

I delprojektet med afprøvning af lys hos beboere i Albertslund valgte vi en enkel opsætning af lyset, tilpasset dagslyset med mest lysstyrke om dagen og aftagende sent på dagen. Baggrunden for lysdesignet er dels, at meget blått lys stimulerer døgnrytmen, men blått lys sent på dagen hæmmer produktionen af søvnhormonet melatonin, således at kroppen ikke får besked fra døgnrytme-centret om, at det er tid til at hvile. Derfor er lysstyrken lavere om ef- termiddagen og aftenen og mængden af blått lys minimal. I soveværelset blev der sat sorte persienner op, så alle havde optimale søvnbetingelser. De to lysperioder var hver på tre uger, hvor de første to blev betragtet som tilvænning til lyset, og målinger blev koncentreret til den sidste uge. Imellem de to lysperioder var der en uges pause, som faldt sammen med skiftet til vintertid. Beboere blev efter et tilfældighedsprincip opdelt i grupper, så den ene

gruppe startede med meget blåt lys i tre uger efterfulgt af en uges pause, inden de gik ind i den anden tre ugers periode med mere rødt lys, mens den anden gruppe startede omvendt (cross-over design).

Beboerne blev opfordret til at være hjemme mest muligt om formiddagen, men der var ikke krav til at de skulle være hjemme. Dette vil være meget vanskeligt at gennemføre for raske mennesker, og vi ønskede at afprøve lyset i dagligdagen, ikke under laboratoriebetinger.

Dataindsamling

Alle projektdeltagere fik foretaget en øjenundersøgelse, fordi nogle øjensygdomme kan påvirke stimulationen og funktionen af de lysfølsomme celler på nethinden. Vigtigst er grå stær, der nedsætter mængden af lys, og især blåt lys, der kommer ind i øjet. Hvis man bliver opereret for grå stær, erstattes den naturlige linse af en klar plasticlinse, så man igen får mere blå lys ind i øjet. Også grøn stær er vigtig, da de celler, der sender signaler til hjernen om lyspåvirkning, påvirkes af grøn stær.

Interview

I slutningen af hver lysperiode blev deltagerne interviewet om deres oplevelse af lyset i perioden i forhold til tidligere. Dels blev de bedt om at vurdere, hvor godt de syntes om belysningen generelt i forhold til før den aktuelle belysning. Det vil sige, efter 1. lysperiode i forhold til deres normale belysning før projektet, og efter 2. periode i forhold til lyset i 1. periode). Deltagerne blev bedt om at angive graden af tilfredshed på en skala fra 1 til 10 (1= meget utilfreds, 10= meget tilfreds). Desuden blev spørgsmålet gentaget for lysets styrke og lysets farve, både om dagen og om aftenen.

Spørgeskemaer

Deltagerne fik udleveret en dagbog, hvor de skulle notere, hvornår de gik i seng og stod op, samt fjernsyn og computerbrug om aftenen. Der blev desuden brugt to spørgeskemaer til vurdering af søvnlængde, Pittsburg Sleep Index og Morningness-Eveningness. Disse skemaer bruges internationalt i søvnforskning og blev udfyldt ved baseline og efter hver tre-ugers periode. Søvn­længden var fastlagt som den væsentligste måleparameter og blev beregnet for den sidste uge i hver lysperiode.

Melatonin-niveau

Søvn­hormonet melatonin udskilles om aftenen og natten, men ikke om dagen. Ved den lys­ sætning, der blev brugt i undersøgelsen, er det muligt, at det ekstra blå lys om formiddagen

vil påvirke tidspunktet for højdepunktet i melatonin-produktionen. Deltagerne blev derfor opfordret til at tage spytprøver sidst i hver periode med henblik på at bestemme melatonin rytmen. Samtlige beboere udførte dette.

Pupilmåling

Ved slutningen af hver lysperiode målttes pupillens reaktion på rødt og blå lys. Pupillens sammentrækning udtrykkes som % af pupillens størrelse i mørke.

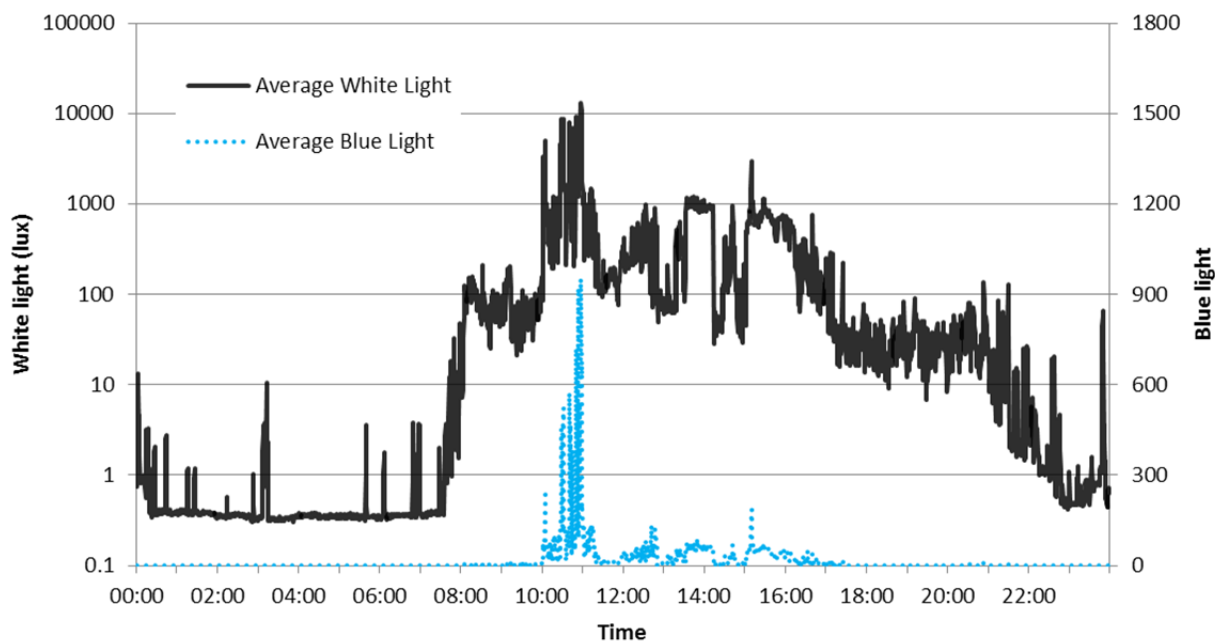
Actiwatch

Under forsøget i den sidste uge af hver lysperiode bar alle forsøgsdeltagerne et måleur (actiwatch) på armen. Dette ur måler personens bevægelse hvert 30. sekund, samt hvor meget lys deltagerne har været eksponeret for. Ved hvile/søvn er bevægelsen nær 0, og sammenholdt med, at lyset slukkes, får man et objektivt mål for, hvor længe deltagerne hviler om natten. Søvn kan ikke registreres direkte med denne metode. For en egentlig bestemmelse af søvn kræves ophold i søvnlaboratorium.



Billede 2: Actiwatch. I dette forsøg blev actiwatch båret på venstre håndled som et almindeligt armbåndsur.

Som vist i figur 11 måles lyset både som menneskelig opfattet belysningsstyrke (her angivet som white light i lux) og for den røde, grønne og blå farve (her vist for blå lys). Figuren viser også, at belysningsstyrken om dagen ligger i området 100 til 10000 lux (aflæses på venstre skala). Forskellen mellem farverne afhænger af, hvordan de enkelte bølgelængder af lyset er vægtet. Grafen illustrerer at dagslyspåvirkningen (lysindfald gennem vinduer, ophold uden-dørs med mere) er væsentlig selv i efterårsmånederne.



Figur 11: Actiwatch-målinger: viser gennemsnitsmålinger af hvidt lys og 'blåt' lys over syv døgn for en udvalgt person. Logningerne foregår hvert 30. sekund, og hvert punkt på kurverne repræsenterer et gennemsnit af syv måleværdier på samme tidspunkt af de syv dage. Det hvide lys aflæses på den venstre lodrette akse, mens det blå lys aflæses på den højre lodrette akse. På grafen ses at der er mere blå lys om formiddagen som skyldes dagslys fra solen.

8. RESULTATER

Der indgik 29 deltagere med en gennemsnitsalder på 70 år, 16 var mænd og 13 var kvinder. Som forventet for aldersgruppen var mange i medicinsk behandling, herunder otte for forhøjet blodtryk og for sukkersyge. 1 beboer brugte medicin for depression i hele perioden, men dette var en stabil, mangeårig behandling.

- tre øjne som allerede var opereret for grå stær
- to med diagnosen grøn stær

Overordnet havde alle en god synsevne, og som en del af undersøgelsen målte vi lysgennemskinneligheden af øjets linse. Den er som allerede nævnt nedsat for blå lys med alderen. Vi fandt en gennemskinnelighed på 50 %, hvor man i 20 års alderen forventer en gennemskinnelighed på cirka 70 %. Ved øjenundersøgelsen fandt vi yderligere to deltagere, der havde grå stær i behandlingskrævende grad, 4 tilfælde med andre, uerkendte øjensygdomme og et tilfælde hvor diagnosen blev præciseret med henblik på mere målrettet behandling.

Efter installationen af det nye lys spurgte vi beboerne, hvordan det var i forhold til deres normale belysning. På en visuel analog skala var scoringen af det nye lys 7,84 på en ti punkts skala, hvor ti er meget bedre, og 1 er meget ringere end før. Efter anden lysperiode svarede deltagerne på, om lyset i anden periode var anderledes end i første periode. Her lå scoringen gennemsnitlig på 4,95.

Der blev også indsamlet kommentarer. For eksempel var der i den første belysningsperiode også meget solskin, og en del af beboerne syntes, at der var for meget lys om formiddagen (*Tabel 2*). Flere udtrykte også utilfredshed med, at der var for lidt hygge i belysningen. Generelt var det vanskeligt for deltagerne at svare på, om lyset var anderledes med hensyn til styrken eller farven. For nogle var farven meget vigtig, idet enkelte syntes, der var alt for blå lys. Andre var meget glade for det blå lys i den ene periode og kunne ikke lide den mere røde periode. Ved det sidste besøg på Glostrup Hospital spurgte vi deltagerne, om de ville beholde dele af installationen. I 17 ud af de 20 boliger ønskede beboerne at beholde de nye pærer, og ingen ønskede at fjerne mørklægningen om aftenen.

"Det super dejligt, selv gæsterne kunne lide det"
"Det er lyst og underligt, når solen også skinner samtidig"
"Det er ikke anderledes, end det plejer at være"
"Det behageligt med alt det lys"
"Lige om morgenen når lyset tændes, er det for skarpt"
"Det er irriterende og fantastisk unaturligt!"
"Det generer ikke mig, selvom vi er vant til at have mere dæmpet lys"
"Det føles lyst, lidt overvældende, men man vænner sig til det"
"Jeg kan godt lide, at der er mere lys, og det er så dejligt, lige indtil det dæmper sig. Så er lyset for svagt til mit håndarbejde"
"Det er spild af energi om morgenen!"
"Lyset er for stærkt ved min pc"
"Selv vores gode gamle lampe lyser ikke lige så godt"
"Det er svært at læse om aftenen i soveværelset, fordi lyset er for svagt, så det har vi drop- pet i forsøgsperioden"
"Når solen skinner, lægger man ikke mærke til lyset"
"Nu kan jeg bedre læse min avis, og det er dejligt"
"Jeg kan godt mærke, når lyset dæmper sig, og det er stadig okay. Det bliver aldrig for svagt"
"Lyset er behageligt både med farven og intensiteten, selvom jeg normalt er ret lysfølsom og generet af billygter om aftenen"
"Det begynder altså at blive irriterende, hvis der også er sol"
"Det er for skarpt om morgenen, og det vækker mig."
"Det er dejligt lys. Det genialt. Det køber jeg, og jeg køber endnu flere"
"Det er det bedste lys, jeg nogensinde har haft"
"Føler ikke, det bliver dæmpet nok ned, men det er behageligt lys, selvom der er fuld power på"

Tabel 2: Udvalg af kommentarer til belysningen fra beboerne

Yderligere data fra projektet er anført i Tabel 3 vist som gennemsnittet for de 2 lysperioder og hver enkelt lysperiode. Yderligere resultater for sammenligning af lysopsætning vil blive offentliggjort senere.

Oversigt over deltagerne			middel	sd
Alder	år		69,68	3,79
mænd/kvinder	antal		16/13	
alder, mænd	år		69,47	3,65
alder, kvinder	år		69,84	4,09
Søvn og hvile				
Dagbog			middel	sd
hviletid (aften-morgen)	timer	samlede data	7,95	1,05
søvn længde	timer	samlede data	7,38	0,74
hviletid (aften-morgen)	timer	lysperiode 1	7,94	1,04
søvn længde	timer	lysperiode 1	7,37	0,71
hviletid (aften-morgen)	timer	lysperiode 2	7,94	1,10
søvn længde	timer	lysperiode 2	7,39	0,85
Actiwatch			middel	sd
hviletid (aften-morgen)	timer	samlede data	7,83	0,85
hviletid (aften-morgen)	timer	lysperiode 1	7,8	0,81
hviletid (aften-morgen)	timer	lysperiode 2	7,86	1,00
Søvnkvalitet				
Pittsburgh spørgeskema			middel	sd
Indeks tal:		samlede data	4,95	3,56
Indeks tal:		lysperiode 1	4,86	3,37
Indeks tal:		lysperiode 2	4,97	3,83
Døgnrytme				
Morningness-eveningness skema			middel	sd
Samlet score		samlede data	59,93	7,75
Samlet score		lysperiode 1	60,02	8,24
Samlet score		lysperiode 2	59,90	7,38
Pupil respons (sammentrækning i %)			middel	sd
after response	0-10 s.	samlede data	28,74	5,70
after response	10-30 s.	samlede data	12,47	7,46
after response	0-10 s.	lysperiode 1	29,24	6,34
after response	10-30 s.	lysperiode 1	12,18	7,45
after response	0-10 s.	lysperiode 2	28,29	6,96
after response	10-30 s.	lysperiode 2	12,76	9,52

Tabel 3: Data fra lysforsøg i 20 hjem i Albertslund kommune. Øverst i tabellen vises alder og kønsfordeling for de 29 deltagere. Nedenunder vises de vigtigste måleparametre (søvn og hvile, søvnkvalitet og døgnrytme-indikatorer). For hver måleparameter vises det samlede gennemsnit (middel) og variationen (sd = standardafvigelse) for tiden med eksperimentelt lys. Under det samlede gennemsnit vises værdierne opdelt efter lysperiode (oktober 2013 og november 2014). I denne opgørelse er der ikke skelnet mellem forskel i mængden af blått lys i den eksperimentelle belysning.

Den gennemsnitlige søvnlængde i projektperioden var 7.38 timer målt efter deltagernes egenrapportering om, hvornår de sov, og hvornår de vågnede næste morgen. Den selvrappede hviletid fra sengetid til næste morgen var 7.95 timer, som lå meget tæt på 7.83, som blev målt med actiwatch.

Fra Pittsburgh spørgeskemaer beregnes et søvnindeks (Pittsburg sleep quality indeks), som udover søvnlængder indeholder en række spørgsmål om søvnkvalitet. Den gennemsnitlige PSQI værdi var 4.95, som er lige under den grænse på 5, der indikerer dårlig søvnkvalitet. Spændvidden for søvnkvalitet var fra 3.56 til 17, og der var 11 deltagere, der kunne klassificeres til at have en dårlig søvnkvalitet.

Morningness-Eveningness indeks udtrykker, om man er morgenmenneske eller ej. Den gennemsnitlige værdi var 59.93 svarende til graden "moderat morgen", med en spændvidde fra 37.75 "moderat aften" til 72.0, der svarer til graden "afgjort morgen".

I dagbøgerne spurgtes til den samlede til pc og fjernsyn efter kl. 18 som for projektperioden var cirka 3.5 timer om dagen. Der er i projektet ikke målt på lysstyrken, som er lav i forhold til dagslys og lysprojektets belysning om dagen, men både pc og fjernsyn giver en del blåt lys.

Konklusion

Der var en betydelig forskel imellem boligerne på grund af indretning og beplantning udenfor. ¼ af boligerne fremtrådte meget mørke. Et forhold der bør tages i betragtning ved vurdering af lys i private boliger. Dagslyset svinger selvfølgelig også på grund af vejret. I det tidsrum, hvor undersøgelsen blev gennemført i oktober og november måned 2013, var der stadig en del dagslys, og lysintensiteten var høj sammenlignet med det lys, der blev installeret. Selv så sent på året er dagslyset således betragteligt, og dette vil bidrage til døgnrytmereguleringen i sig selv, uafhængigt af lyset i boligen.

I gennemsnit var søvnlængden for forsøgsdeltagerne over syv timer, der ikke i sig selv indikerer dårlig søvn. Den gennemsnitlige søvnkvalitet var også normal, men det skal bemærkes, at der var 11 ud af 29 forsøgsdeltagere, der havde dårlig søvnkvalitet. Samlet set kan man konkludere, at forsøgsdeltagerne havde et godt helbred og i gennemsnit også en normalsøvn-længde og søvnkvalitet.

Beboernes subjektive vurdering af forsøgslyset var samlet set meget positiv, selvom det oplevedes mindre hyggeligt end beboernes sædvanlige belysning. Den subjektive vurdering var altså, at det var godt med en øget indendørs belysning, selv om der stadig var meget dags-

lys. Selv om forsøget ikke kan angive en præcis retningslinje for mængden af lys, så viser dette projekt sammenholdt med litteraturen, at en lysstyrke i området cirka 200-300 lux er fornuftig ved indendørs belysning i vinterhalvåret.

9. REFERENCER

Asplund R, Lindblad BE. Sleep and sleepiness 1 and 9 months after cataract surgery. Archives of Gerontology and Geriatrics. 2004;38:69-75.

Ayaki M, Muramatsu M, Negishi K, et al. Improvements in sleep quality and gait speed after cataract surgery. Rejuvenation Research. 2013;16:35-42.

Berson DM, Dunn FA, Takao M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. Science. 2002; 295:1070-3.

Brøndsted AE, Hansen MS, Lund-Andersen H et.al. Human Lens Transmission of Blue Light: A Comparison of Autofluorescence-Based and Direct Spectral Transmission Determination. Ophthalmic Res. 2011;46:118-124.

Brøndsted AE, Lundeman JH, Kessel L. Short wavelength light filtering by the natural human lens and IOLs -- implications for entrainment of circadian rhythm. Acta ophthalmologica.2013;91:52-7.

Brøndsted AE, Lundeman JH, Kessel L. Short wavelength light filtering by the natural human lens and IOLs – implications for entrainment of circadian rhythm. Acta Ophthalmol 2011;1-6.

Burgess H, Eastman C. The dim light melatonin onset following fixed and free sleep. J Sleep Res. 2005; 229-237

Buysse DJ, Reynolds CF, Monk TH, et al. The Pittsburgh sleep quality index: a new instrument for psychiatric practice and research. Psychiatry Res. 1988; 28:193-213.

Cajochen C, Münch M, Kobińska, et al. High sensitivity of human melatonin, alertness, thermoregulation and heart rate to short wavelength light. J Clin Endocrinol Metab. 2005.90:1311-6.

Charman WN. Age, lens transmittance, and the possible effects of light on melatonin suppression. Ophthalmic Physiol Opt. 2003.23:181-7.

Daneault V, Hébert M, Albouy G et al. Effects of Caffeine on Skin and Core Temperatures, Alertness, and Recovery Sleep During Circadian Misalignment. *J Biol Rhythms*. 2014;29: 131-143.

Feigl B, Mattes D, Thomas R, et al. Intrinsically photosensitive (melanopsin) retinal ganglion cell function in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011; 52:4362-4367.

Gordijn MC, Manneetje D, Meesters Y. The effects of blue-enriched light treatment compared to standard light treatment in seasonal affective disorder. *J Affect Disord*. 2012;136:72-80

Horne, J.A. and Östberg O. A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms, *Int. J. Chronobiol*. 1976;4:97-110.

Kessel L, Lundeman JH, Herbst K, et al. Age-related changes in the transmission properties of the human lens and their relevance to circadian entrainment. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2010; 36:308-12.

Kessel L, Siganos G, Jørgensen T, et al. Sleep disturbances are related to decreased transmission of blue light to the retina caused by lens yellowing. *Sleep*. 2011; 34:1215-9.

Kim YH, Jung KI, Song CH. The effect of cataract on sleep time and quality in late adulthood. *Aging clinical and experimental research* 2012;24:663-8.

Martiny K, Simonsen C, Lunde M, et al. Decreasing TSH levels in patients with Seasonal Affective Disorder (SAD) responding to 1 week of bright light therapy. *J Affect Disord*. 2004;79:253-257.

Mishima K, Okawa M, Hishikawa Y, et al. Morning bright light therapy for sleep and behavior disorders in elderly patients with dementia. *Acta Psychiatr Scand*. 1994;89:1-7.

Nissen C, Sander B, Milea D, et al. Monochromatic pupillometry in unilateral glaucoma discloses no adaptive changes subserved by the ipRGCs. *Frontiers of neurology*. 2014;5:15:1-5.

Nuutinen T1, Roos E, Ray C, et al. Computer use, sleep duration and health symptoms: a cross-sectional study of 15-year olds in three countries. *Int J Public Health*. 2014; 59:619-28.

Riemersma-van der Lek RF, Swaab D, Twisk J Hol E et.al., Effect of Bright Light and Melatonin on Cognitive and Noncognitive Function in Elderly Residents of Group Care Facilities. A Randomized Controlled Trial. JAMA. 2008;299:2642-2655

Schochati T Martin J, Marler M, et al. Illumination levels in nursing home patients: effects on sleep and activity rhythms. J. Sleep Res. 2000;9: 373-379

Thompson C, Stinson D, Smith A. Seasonal affective disorder and season-dependent abnormalities of melatonin suppression by light. Lancet. 1990; 336:703-6.

Stone KL, Blackwell TL, Ancoli-Israel S et.al. Osteoporotic Fractures in Men Study Group. Sleep disturbances and risk of falls in older community-dwelling men: the outcomes of Sleep Disorders in Older Men (MrOS Sleep) Study. J Am Geriatr Soc. 2014;62:299-305.

Van Someren EJ. Circadian and sleep disturbances in the elderly. Exp Gerontol. 2000;35:1229-37.

Appendix A

Albertslund report: Measurement in four Elderly homes

Aikaterini Argyraki
Dennis Dan Corell
Jakob Munkgaard Andersen
Paul Michael Petersen

December 11, 2013

Introduction: This experiment included light quality measurements in four homes of elderly people. The scope of these measurements is to test if the lamps installed in different houses generated the same light. Two types of light sources were previously installed in each house for this reason: a "triple vertical" lamp covered with glass (see picture 1 left) and a "single high-box" (see picture 1right). The lamps were running for 6 weeks and two exposure senario were implemented. Each scenario was implemented for 3 weeks and included two light conditions namely "morning" and "afternoon". The light condition "afternoon" was identical for both senario. The light condition "morning" was "A" for the first scenario and "B" (for blue) for the second scenario. The lamps were programmed to run the right light condition according to the schedule: 11:00 to 13:00 "A" or "B" and after 13:00 "afternoon".



Picture 1 left: The "triple vertical" installed lamp. Right: The "single high-box" lamp.

Experiment-methods: The light measurements were done with a handheld spectrometer from UPRtek (MK350). Several parameters were measured in order to testify the light quality exposed from the lamps namely: correlated color temperature (CCT), color rendering index (CRI), illuminance (Lux), dominant frequency (lp) and chromaticity (CIE 1931 and CIE 1976 color spaces). The typical measurement formats are depicted in Figure 1left: "afternoon" light condition, Fig. 1 middle: "A", Fig. 1 right: "B". Spectra were obtained at the following distances:
Fixed position with a height of 120cm, 50cm away from the lamp, towards the lamp (Picture 2 left)
Approximately 2cm away from the lamp (Picture 2 middle)
Just underneath the lamp (Picture 2 right).

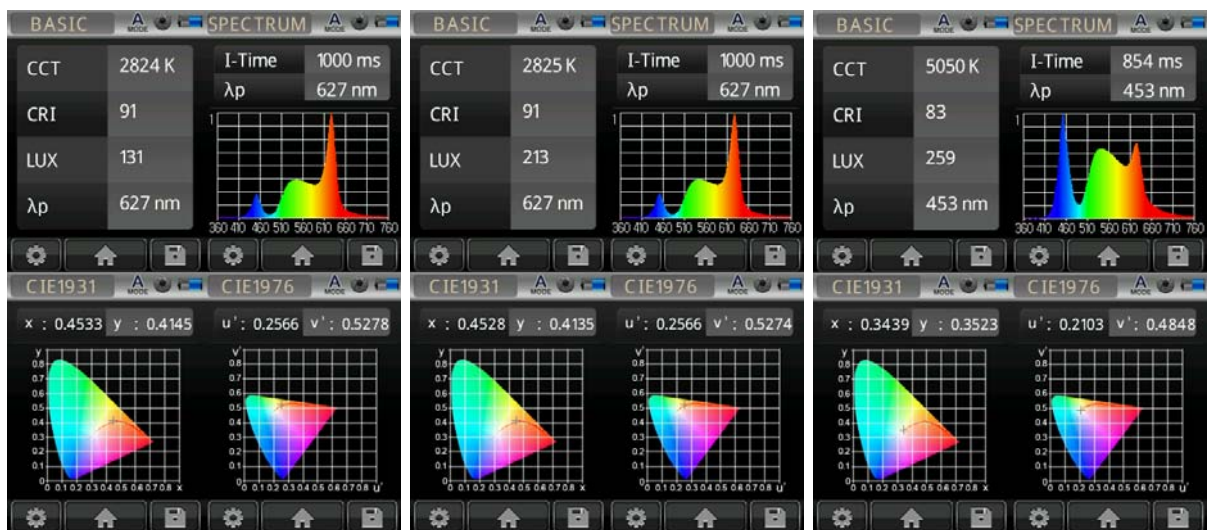


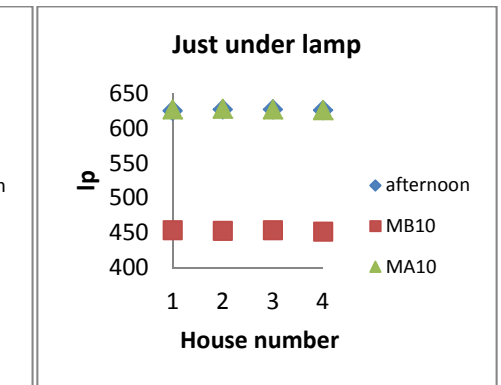
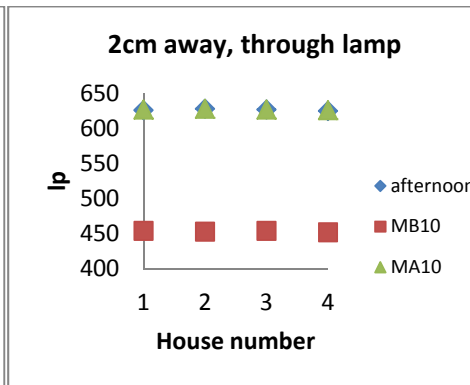
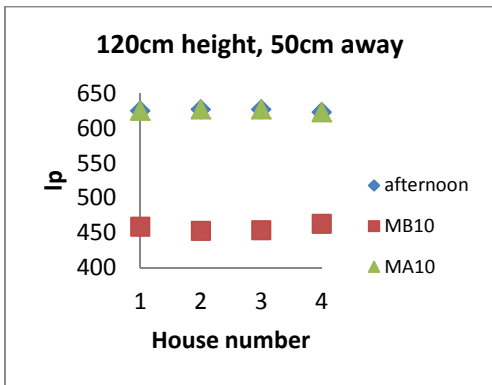
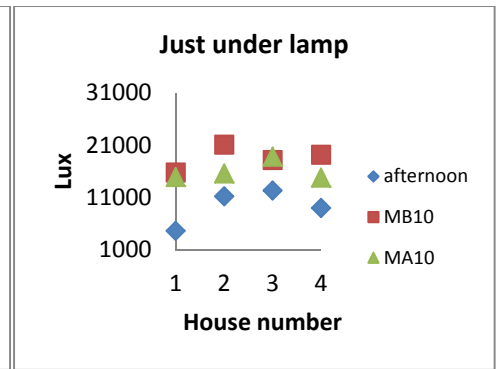
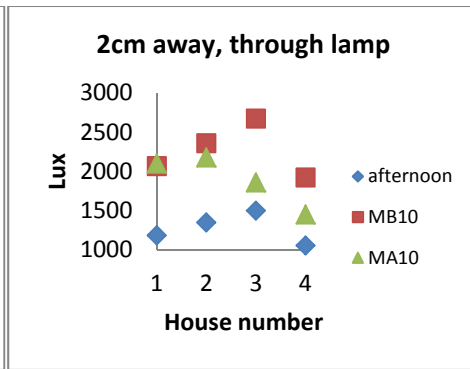
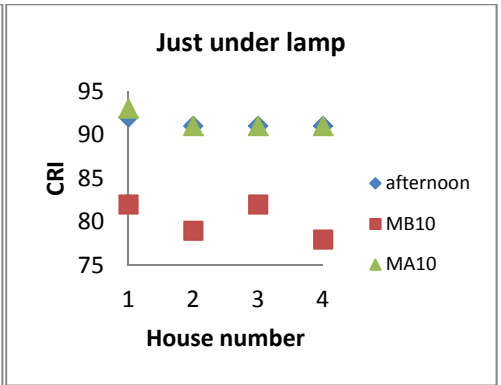
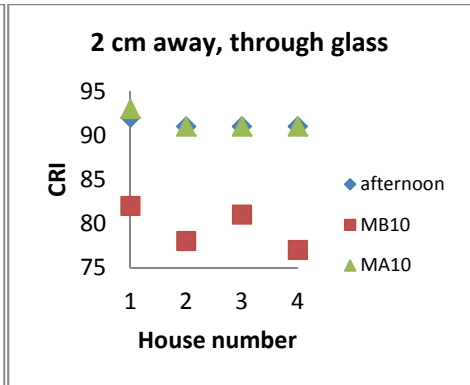
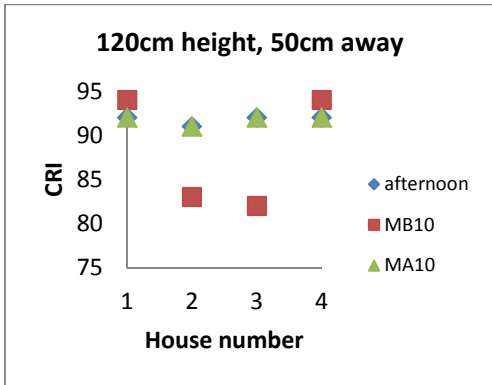
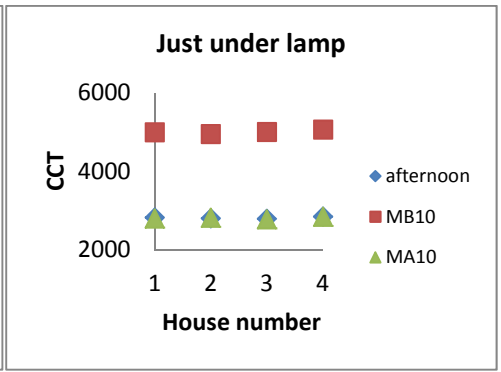
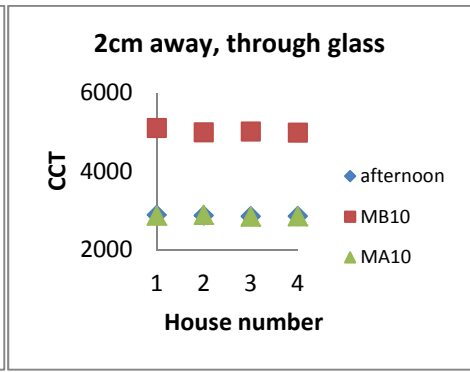
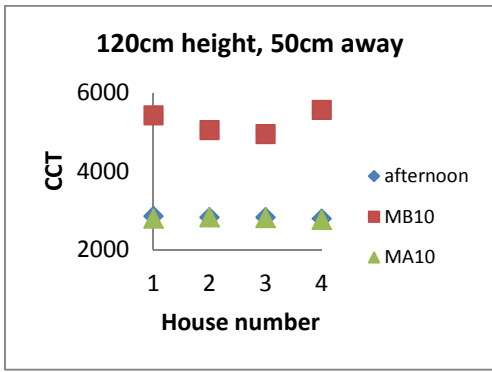
Figure 1: Typical measurement formats of the various light conditions are depicted. Left: "afternoon" light condition. Middle: "A" light condition. Right: "B" light condition.

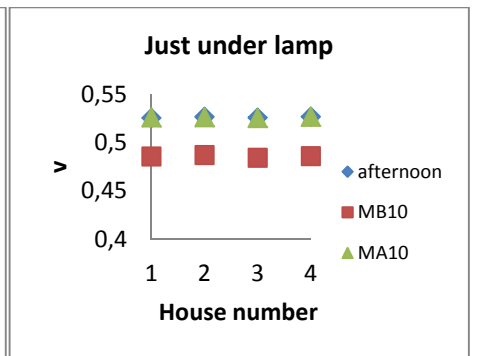
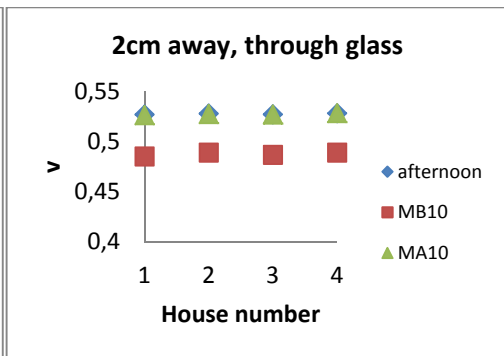
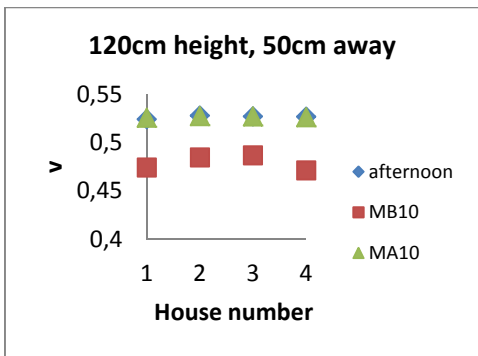
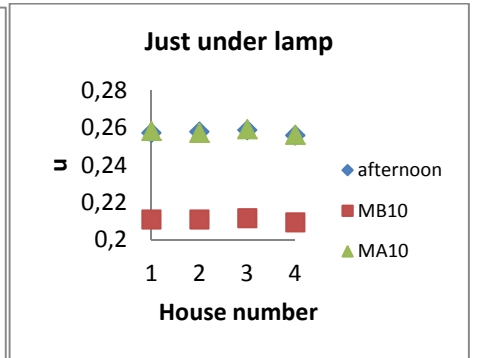
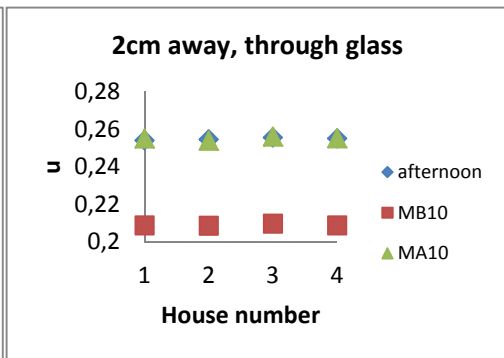
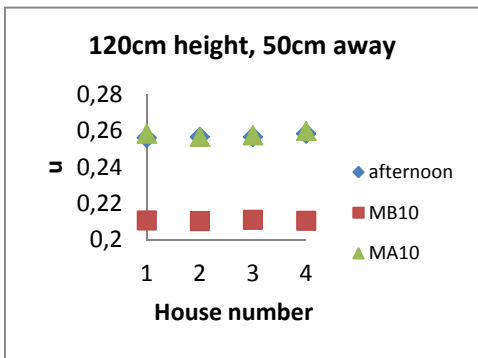
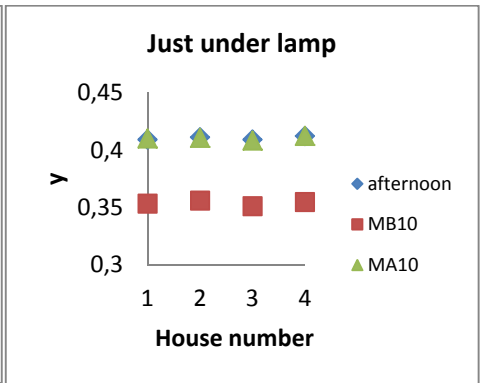
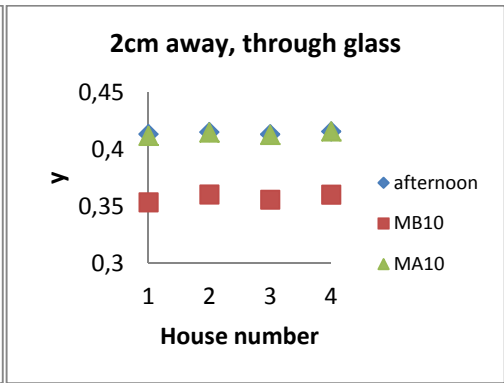
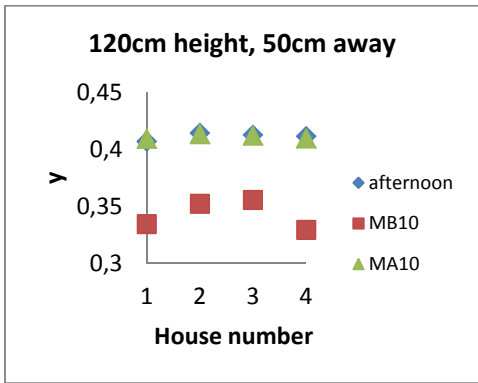
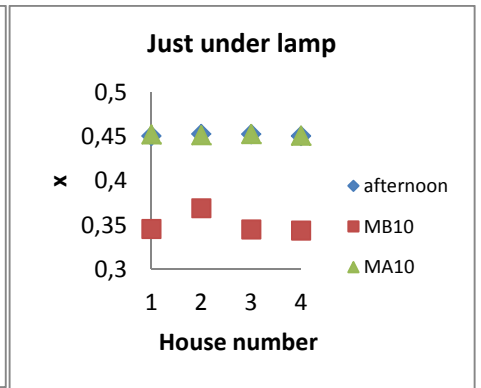
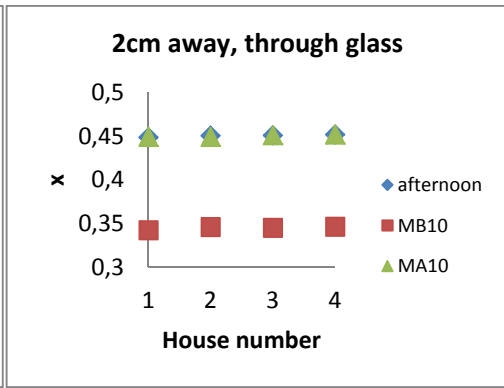
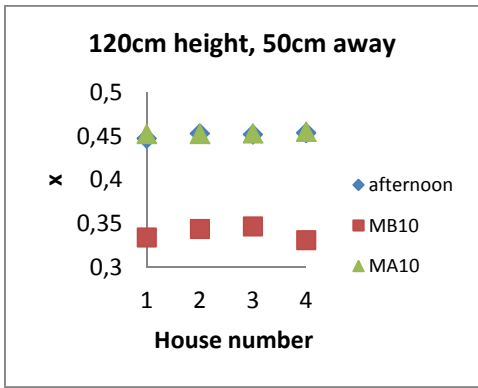


Picture 2: Spectra measurement positions. Left: Fixed position with height of 120cm, 50cm away from the lamp, towards the lamp. Middle: Approximately 2cm away from the lamp. Right: Just underneath the lamp.

Results-conclusions: It was observed that most light quality parameters: CCT, CRI, Ip and chromaticity were very alike among different houses. However, it was noticed that the deviations were bigger for the light condition "B". Illuminance was the only parameter that exhibited quite large differences from house to house, but that can be partly explained by fact that the spectrometer was handheld and as a result the distance from the light source was approximate. According to the measurements, it can be considered that the elderly people were exposed to the same light from the lamps. All graphs can be found on the following pages.

Appendix A





Appendix B

Albertslund report 2:

Measurement of Phillips hue lamps and
wallwasher

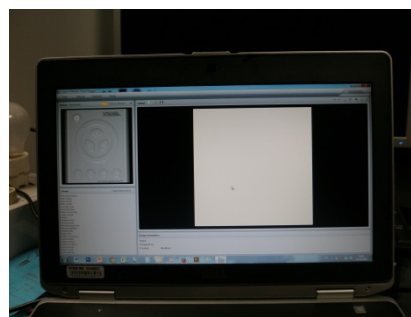
Aikaterini Argyraki

Dennis Dan Corell

Paul Michael Petersen

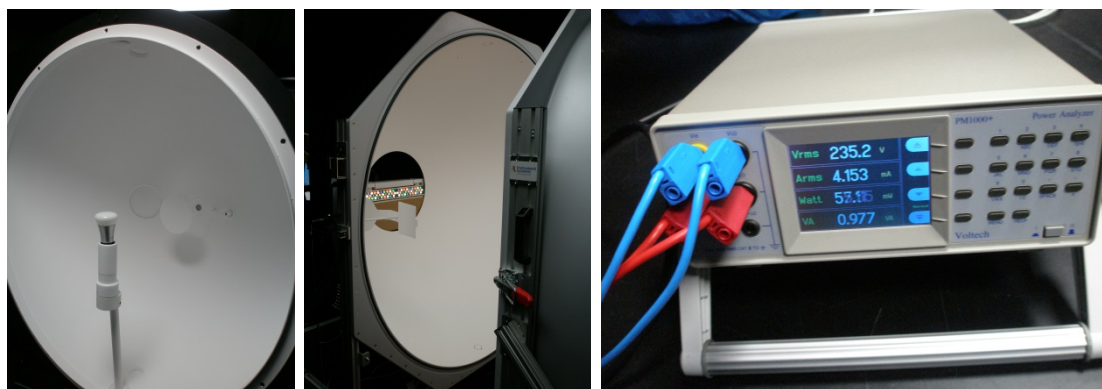
September 11, 2014

Introduction: This experiment included measurements of two types of lamps namely the Philips hues and the wallwasher. The scope of the experiment was to evaluate the performance of the lamps in terms of energy consumption and light quality. The hue lamps and the wallwasher could perform various lighting scenarios. The hue lamps could be controlled with an ipad and the wallwasher through a pc (see Pic. 1). The light scenarios for the hues were called "MA 5-10", "MB 5-10", "Morgen 1-5", "Eftermiddag" and "Aften 1-2". The light scenarios for the wallwasher were called "A start kl.10:00" and "B start kl.10:00" and so on with a half hour step and up to "A/B start kl.16:30". It was observed that the light scenarios could be grouped because some of the scenarios exhibited identical performance (power consumption, luminous flux, correlated color temperature (CCT), color rendering index (CRI)). Thus, the hues executed 10 distinguished lighting scenarios and the wallwasher 4 (lighting scenarios).



Picture 1: Left: The ipad used to control the hue lamps. Right: The interface program used to control the wallwasher lamp.

Experiment-methods: The light measurements (luminous flux, spectral power distribution, CCT and CRI) of 3 hue lamps (Pic. 2 left) were done with a 40-inch integrating sphere (Instrument systems) and a spectrometer (Cas 140 CT). The system was calibrated using an auxiliary lamp (...) and a reference lamp(...). The same method was used for the wall washer but a 80-inch integrating sphere was used (Pic. 2 middle). The auxiliary lamp was a ... and the reference lamp was..... The power consumption was measured with a power analyzer (Voltech, Pic. 2 right).



Pic.2: Left: A hue lamp inside the 40-inch integrating sphere. Middle: The wall washer measured at the 80-inch integrating sphere. Right: The power analyzer.

Hue lamp results: The 3 different hue lamps measured exhibited very similar behavior under all different lighting scenarios (no strong deviation was observed). The spectra from all different scenarios are presented in figure 1. The performance of the different scenarios in terms of efficacy and light quality is summarized in Table 1. An extended version of all data measured can be found after the conclusion.

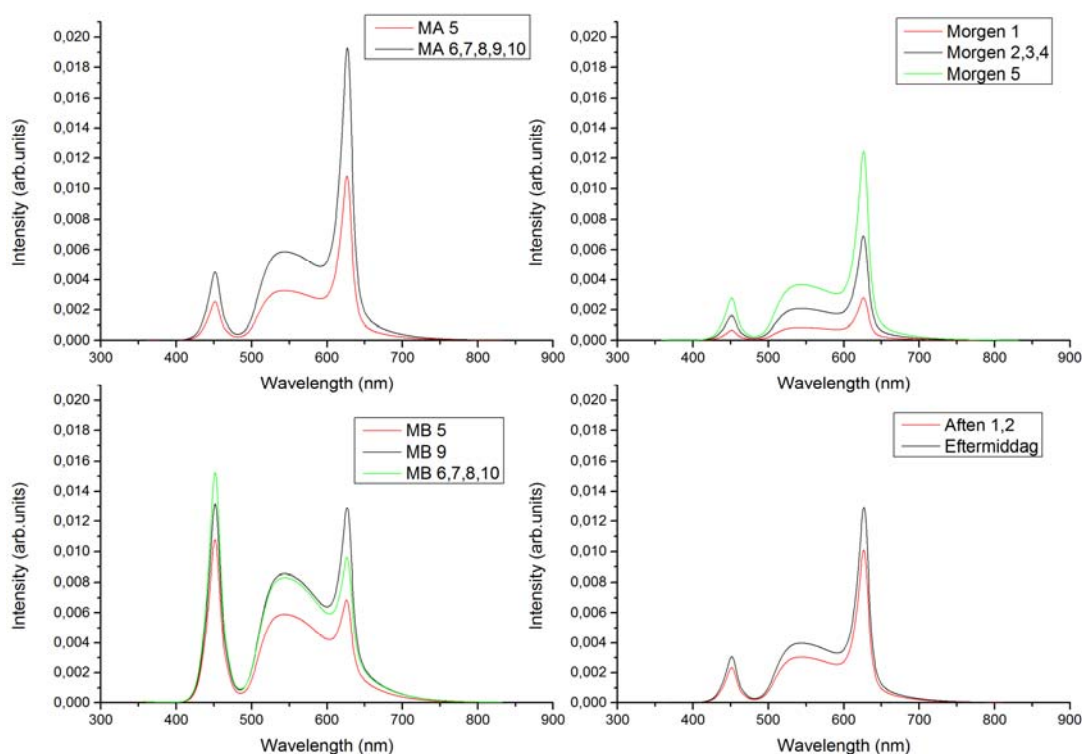


Fig. 1: Spectral power distribution of the different hue lighting scenarios.

scenario	Power [W]	CCT [K]	CRI [-]	Luminous Flux [lm]	Efficacy [lm/W]
MA 5	3,01	2840,7	91,5	227,5	75,6
MA 6,7,8,9,10	4,89	2828,0	91,4	398,0	81,4
MB 5	4,22	5104,5	79,6	350,0	83,0
MB 9	6,02	4397,5	83,2	519,4	86,2
MB 6,7,8,10	5,80	5122,5	79,4	492,4	84,9
Morgen 1	1,05	2802,6	91,5	59,2	56,2
Morgen 2,3,4	2,12	2825,1	91,6	149,1	70,4
Morgen 5	3,27	2790,7	91,8	257,2	78,6
Eftermiddag	3,55	2844,0	91,8	276,2	77,9
Aften 1,2	2,81	2830,4	91,6	210,5	74,9

Table 1: Performance summarizing table for the various lighting scenarios of the hue lamp. The highest efficacy is marked with green color. The values are obtained by averaging the similar scenarios.

Wallwasher results: The spectra from all different light scenarios are presented in figure 2. The light quality and efficacy of the different lighting scenarios are summarized in Table 2. An extended version of all data measured can be found in Appendix 1.

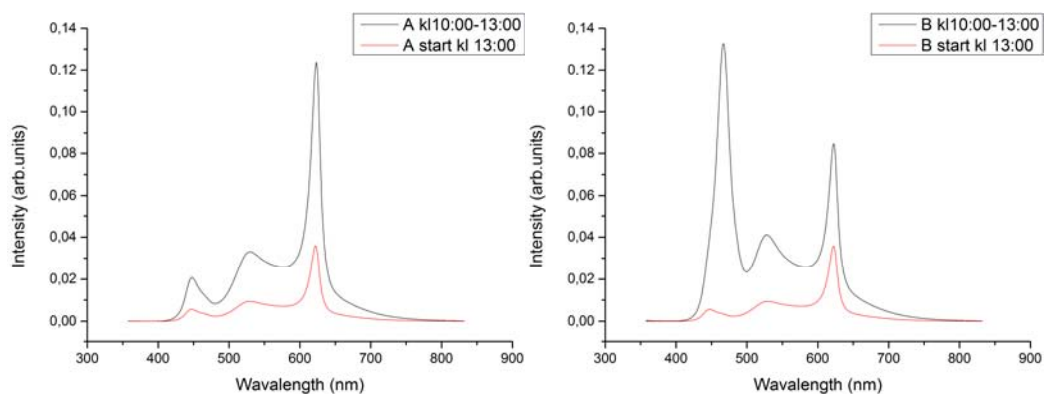
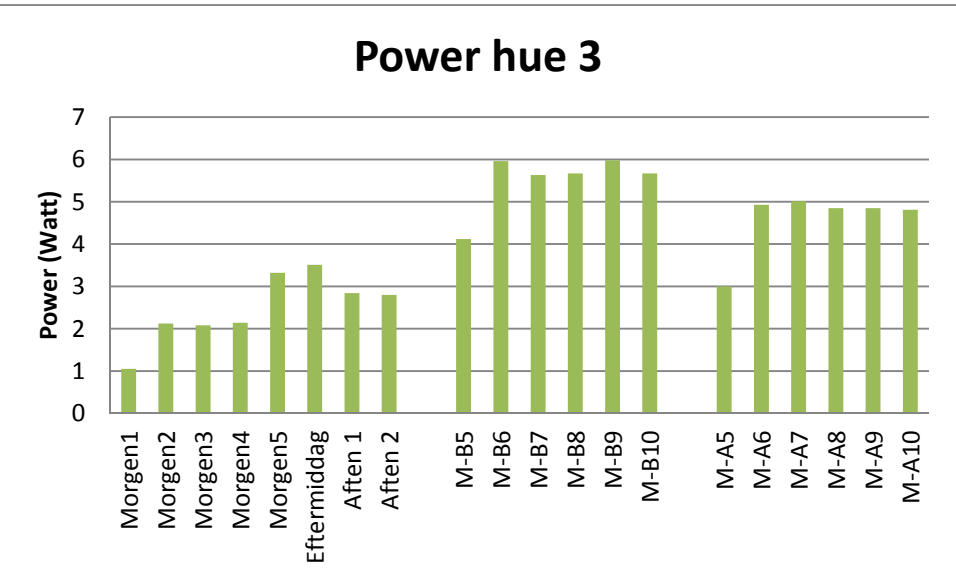
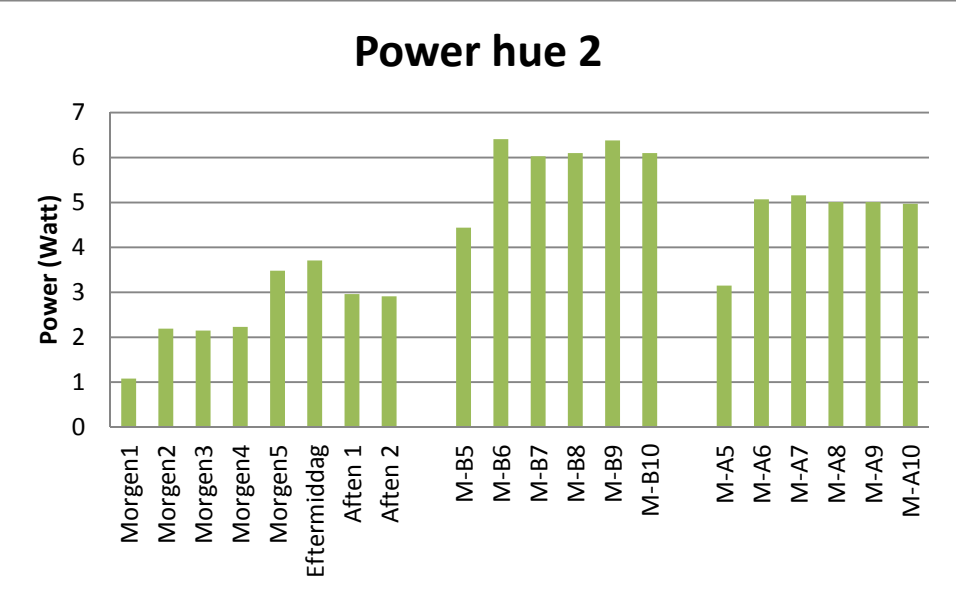
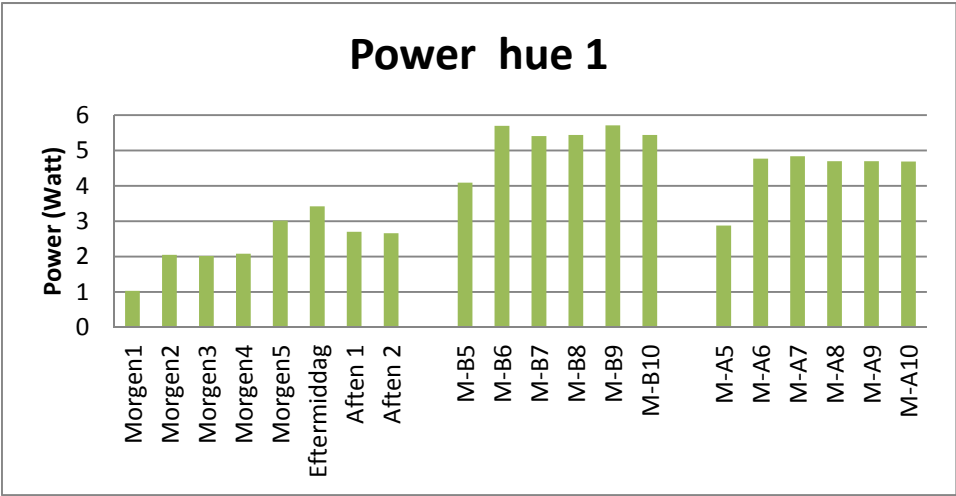


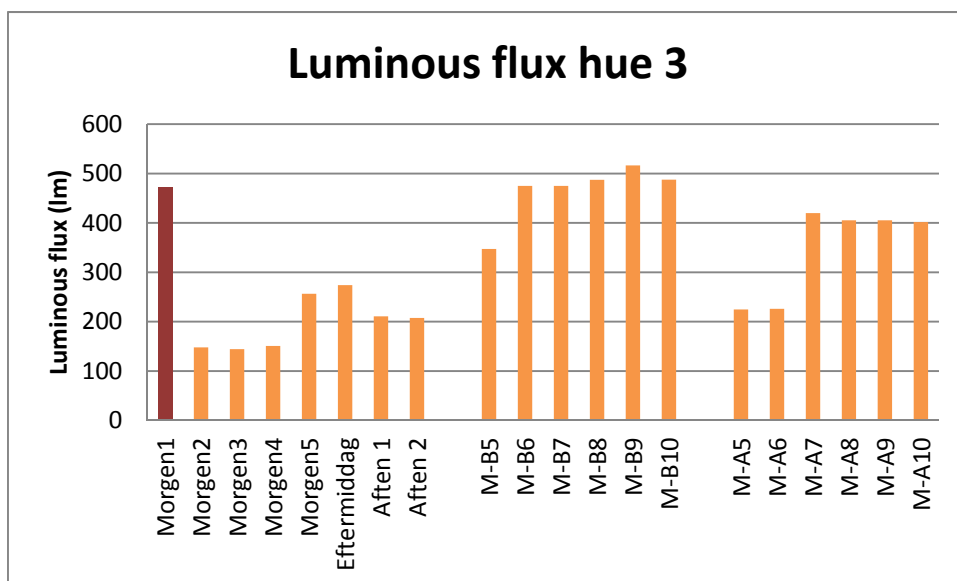
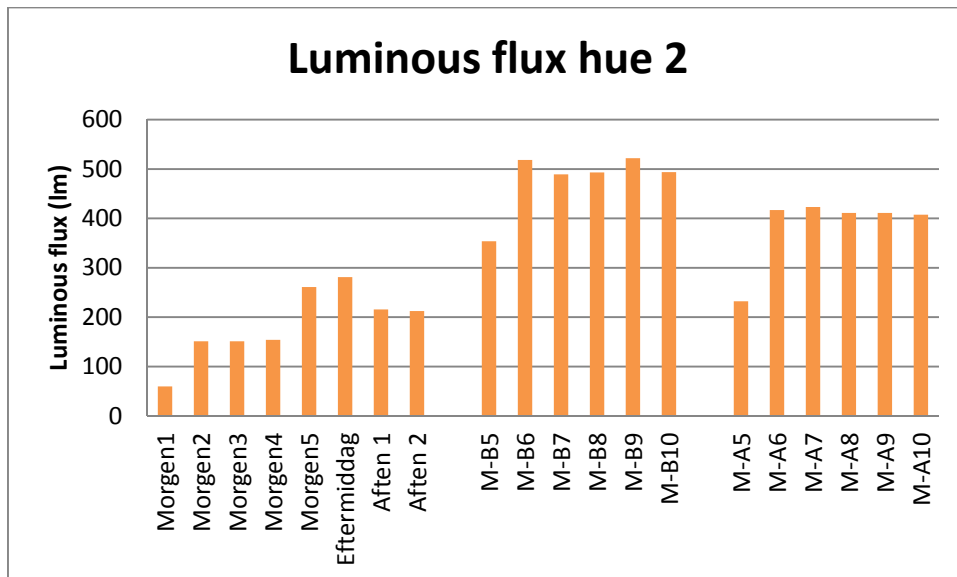
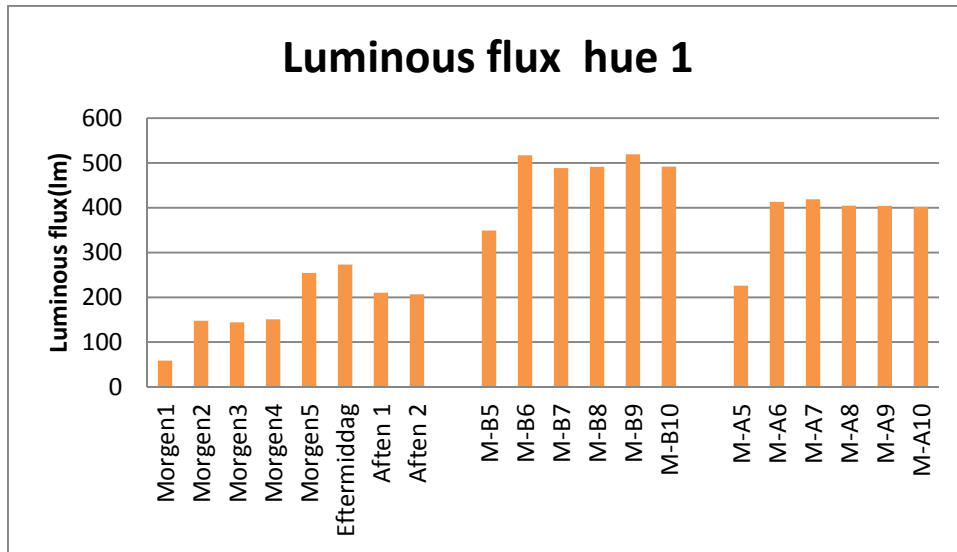
Fig. 2: Spectral power distribution of the different wallwasher lighting scenarios.

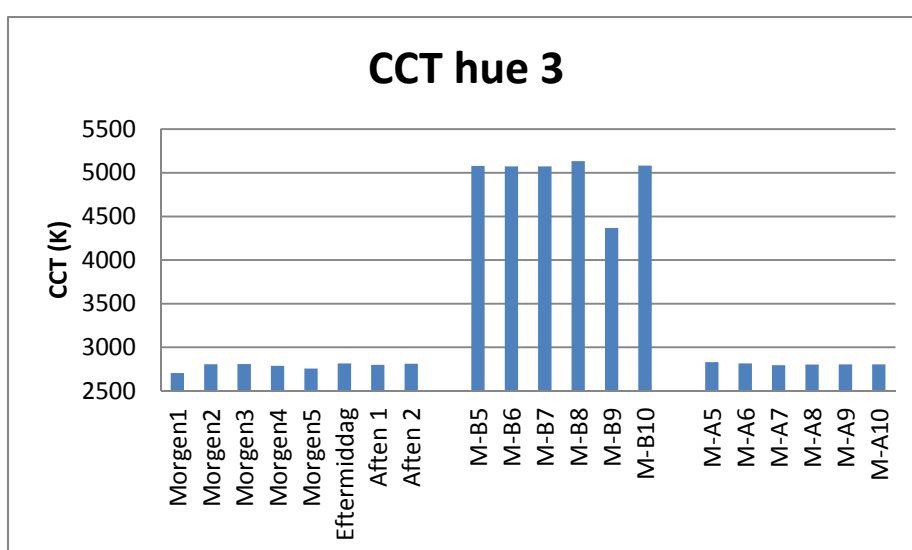
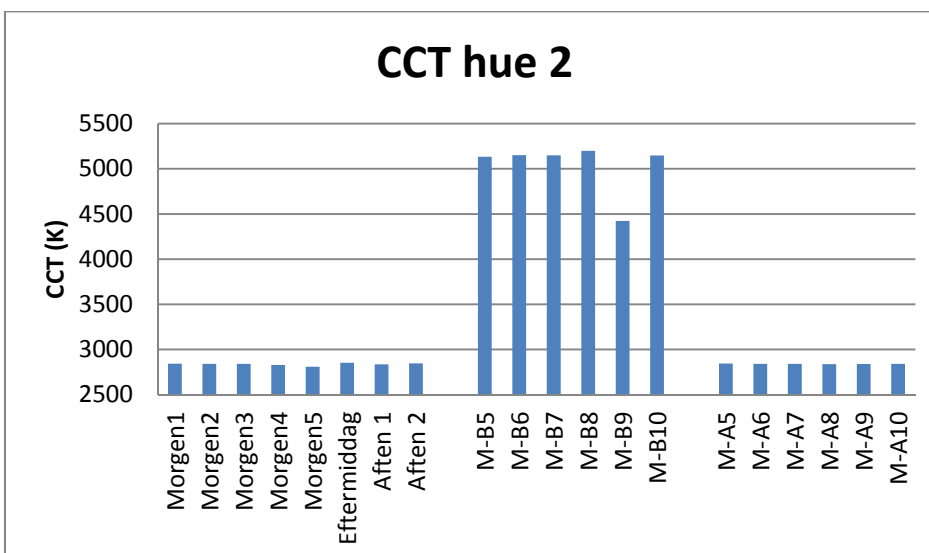
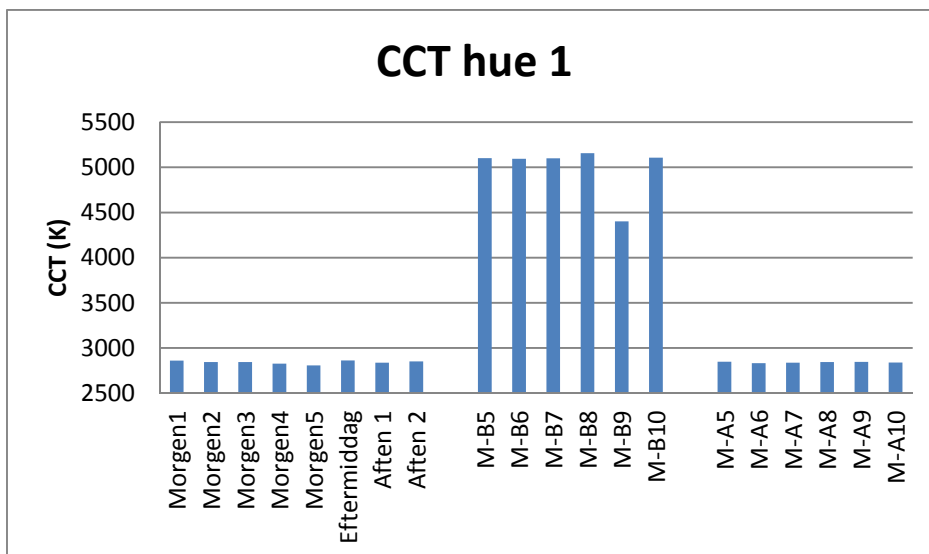
scenario	Power [W]	CCT[K]	CRI[-]	Luminous Flux [lm]	Efficacy [lm/W]
A kl.10:00-13:00	50,7	2760,3	88,1	2321,1	45,8
A start kl.13:00	26,4	2747,1	87,5	659,8	25,0
B kl.10:00-13:00	61,8	7981,4	70,5	2512,4	40,7
B start kl.13:00	26,5	2748,6	87,6	659,2	24,9

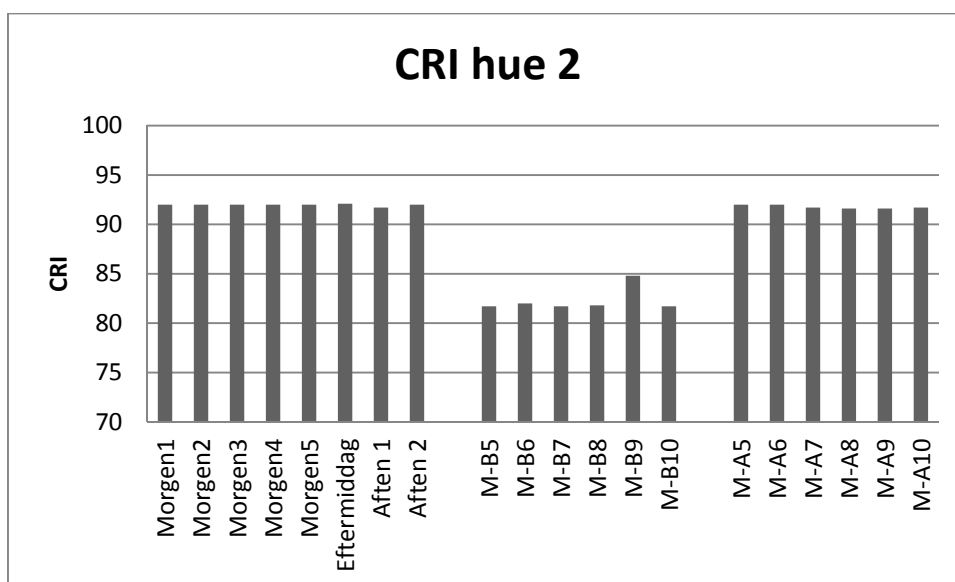
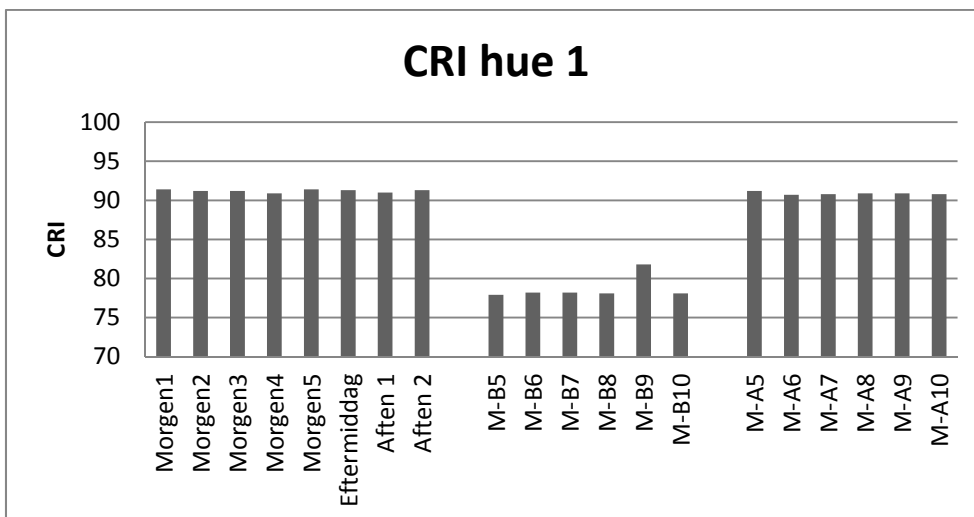
Table 2: Performance summarizing table for the various lighting scenarios of the wallwasher lamp. The highest efficacy is marked with green color.

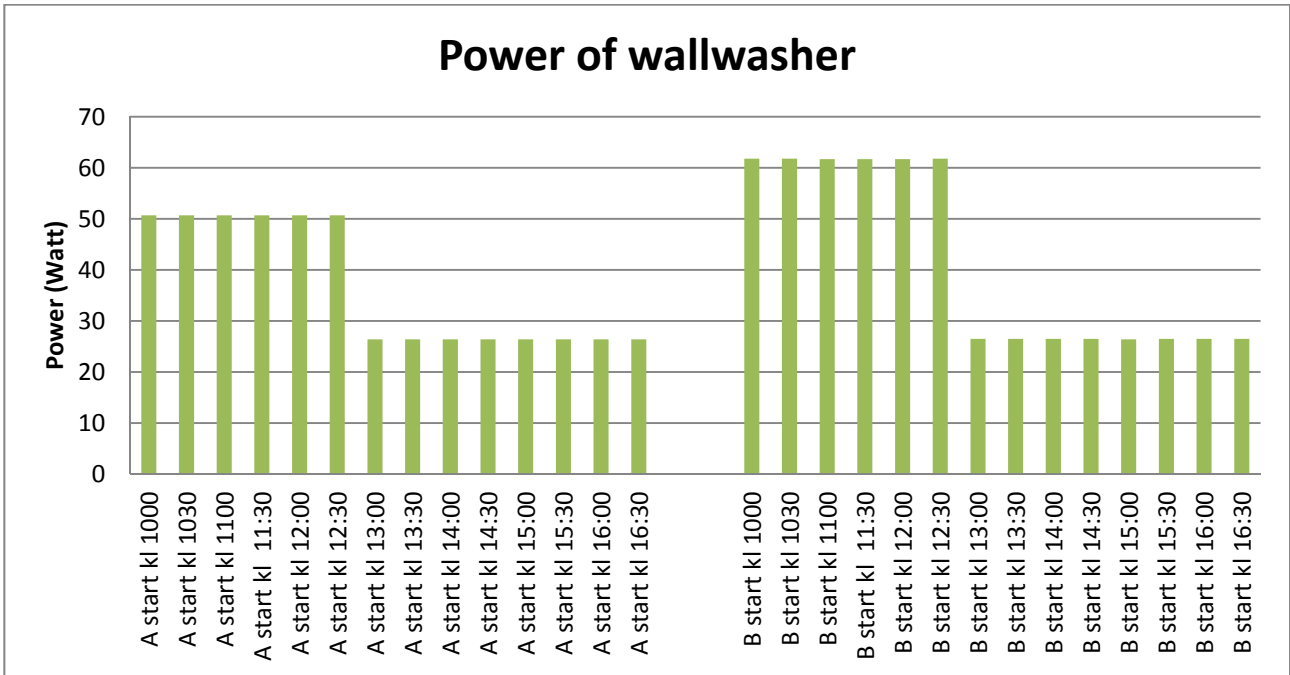
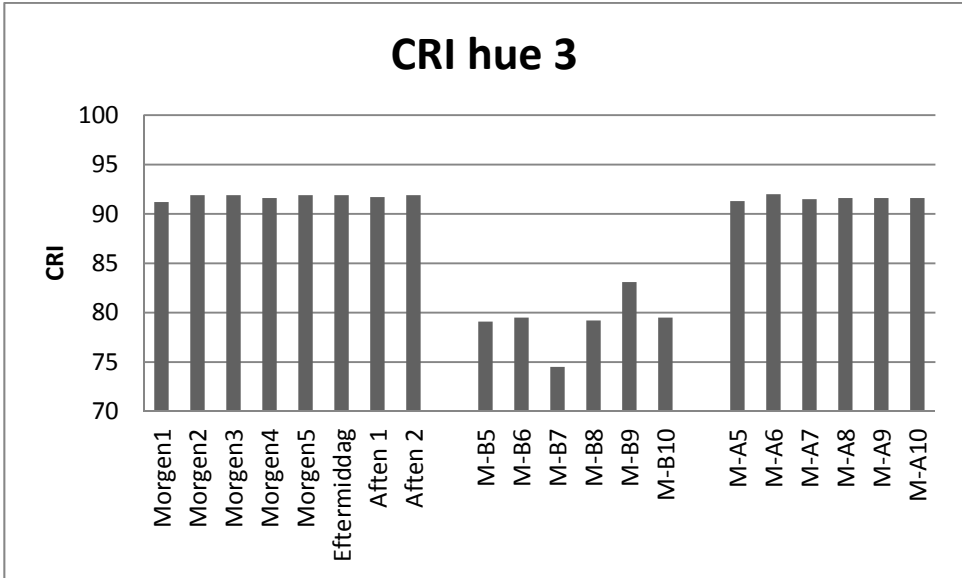
Conclusion: It was observed that the hues exhibited better efficacy than the wallwasher. Regarding the light quality, both lamps had available scenarios for "cold" and "warm" illumination. While the color rendering index provided by the hues, was better than the wall washer. The highest efficacy was observed for the hue lamp under the scenario MB9. The measurements from 3 different hue lamps showed good consistency to each other. One peculiar behavior was observed for one of the lamps (very high luminous flux for scenario Morgen1, low power scenario, from the third hue). This "outlier" measurement couldn't be explained by no other means than "error during the measurement". The outlier was not taken into account when calculating the summarizing tables. In Appendix 1 the outlier is marked by different color (red instead of orange).



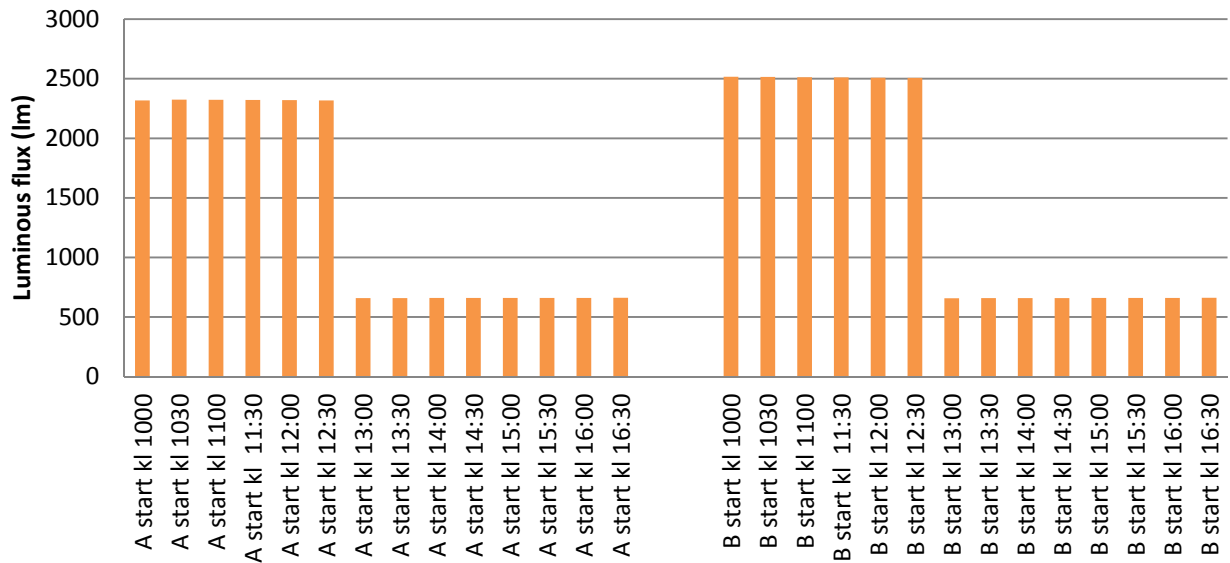




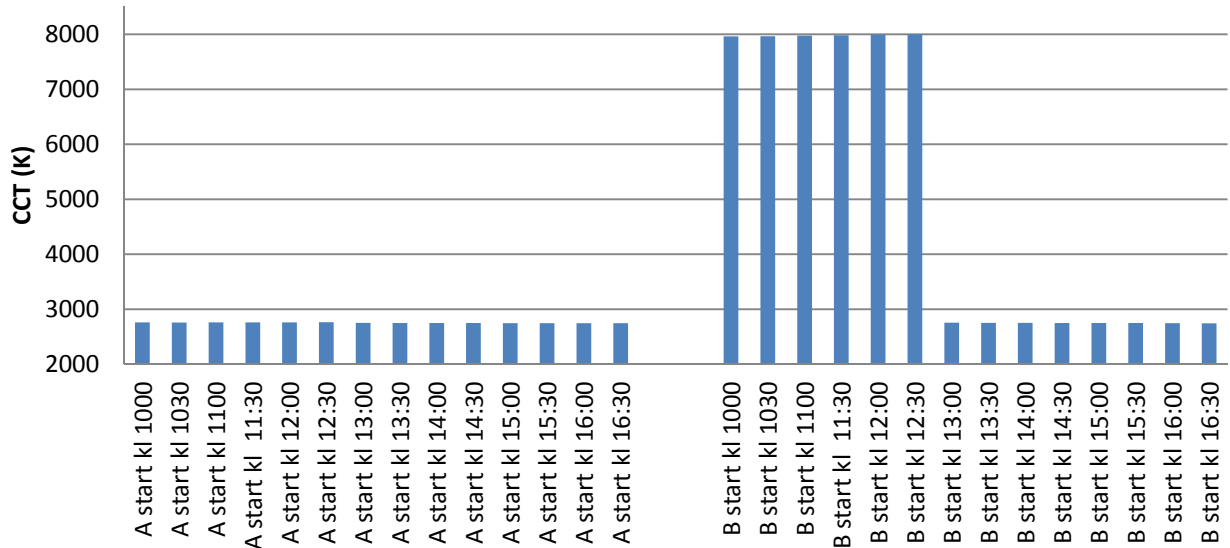




Luminous flux of wallwasher



CCT of wallwasher



CRI of wallwasher

