

Slutrapport

Værktøjer til fremme af energibesparende LED belysning i underholdningsindustrien

PSO 344-055

Af: Jesper Wolff, Carsten Dam-Hansen, Dennis Corell, Anders Thorsøth og Peter Poulsen, DTU Fotonik/ Gunver Hansen, Mikael Nielsen, Gunver Hansen Tegnestue/ Flemming Madsen, KulKom/ og Anne Bay, Dansk Center for Lys // Marts 2014

Forord

Denne rapport indeholder en beskrivelse af arbejdet udført i og resultaterne af forsknings- og udviklingsprojektet ” Værktøjer til fremme af energibesparende LED belysning i underholdningsindustrien” og udgør slutrapportering for dette projekt.

Projektet er gennemført i et samarbejde imellem følgende partnere: DTU Fotonik, Foreningen Roskilde Festival, Kultur & kommunikation ApS, Brother, Brother & Sons ApS, Dansk Center for Lys, Gunver Hansen Tegnestue og ENTPE, Lyon som ekstern konsulent. Projektet har været under ledelse af

DTU Fotonik

Seniorforsker, Ph.d. Carsten Dam-Hansen og Design og Project manager, Jesper Wolf
Frederiksborgvej 399, Bygn. 128, Postboks 49,
4000 Roskilde
CVR-nr.: 30060946

Projektet er finansieret af Dansk Energi under Elforsk's PSO program, indsatsområde LED belysning og adfærd barrierer og virkemidler. Projektet har projekt nr. PSO 344-055, og blev startet i marts 2012 og er afsluttet i marts 2014.

I rapportens første del gives et resumé af projektet og dets resultater, herunder baggrunden for og formålet med projektet, metoden og konklusioner og perspektiverne af projektets resultater. I den resterende del af rapporten gives en kronologisk beskrivelse af projektets forløb og opgaver. Projektet har været koncentreret omkring afholdelsen af Roskilde Festivalen (RF) i årene 2012 og 2013. Beskrivelsen starter med RF 2012, med udvælgelse og registrering af område til lysinstallation. Herefter beskriver Gunver Hansens Tegnestue design af lysinstallationen. Foto- og lysteknisk dokumentation beskrives i forhold til RF 2013. Rendingerne og evaluering af disse beskrives herefter. Kultur & Kommunikation beskriver den udførte brugerundersøgelse vedr. lyskvalitet på Roskilde festival plads 2012 -2013. Sluttelig beskriver Dansk Center for Lys formidlings arbejdet som det er gennemført i projektperioden.



Carsten Dam-Hansen



Jesper Wolf

DTU Fotonik, Roskilde, 22. maj 2014.

Preface

This report contains a description of the work carried out and the results of the research and development project "Tools for promotion of energy saving LED lighting in the entertainment business" and form the final report for this project.

The project is carried out in cooperation between the following partners: DTU Fotonik, Foreningen Roskilde Festival, Kultur & Kommunikation ApS, Brother, Brother & Sons ApS, Dansk Center for Lys, Gunver Hansen Tegnestue and ENTPE, Lyon as an external consultant. The project has been led by:

DTU Fotonik

Senior scientist, Ph.d. Carsten Dam-Hansen and Design & Project Manager Jesper Wolff
Frederiksborgvej 399, Bygn. 128, Postboks 49,
DK-4000 Roskilde
CVR-nr.: 30060946

The project is financed by the Danish Energy Association through Elforsk's PSO program, under LED illumination

The project has no. PSO 344-055 and was initiated in March 2012 and was ended in March 2014.

The first part is a summary of the project and its results, including the background and purpose of the project, methodology and conclusions and perspectives of the project results. The remaining part of the report provides a chronological description of the project and tasks. The project was particular intense around the events of Roskilde Festival (RF) in the years 2012 and 2013. Description starts at the RF 2012 with the selection and registration of the area for light installation. Afterwards Gunver Hansen Architects tells about designing the lighting installation. Photo- and technical light documentation is described in relation to RF 2013. Renderings were done and evaluated by use of questionnaires. Kultur & Kommunikation describes the carried out user survey regarding light quality at the Roskilde festival site in 2012 -2013. Finally DCL describes the dissemination as implemented in the project.

Indhold

Forord	2
Preface	3
Resumé	5
Baggrund og formål	5
Projektgruppen	5
Metode	6
Resultater, konklusioner og perspektiver	7
Roskilde festival 2012	11
3D modellering	14
Design af lysinstallation	15
Idéforslag	15
Udvikling af lysprojektet MoonWalk	16
MoonWalk lysprojekt	16
Udførelse og crash	18
TubeWalk lysprojekt	20
Programmering af lysscener	20
Roskilde Festival 2013	22
Fotodokumentation	22
Lystekniske målinger	23
Renderinger	28
Spørgeskemaundersøgelse	30
Analyse af spørgeskema	30
Test af lyskilder og materialer	33
Brugerundersøgelse	37
Formidling	39

Resumé

I det følgende gives et kortfattet resumé af projektet og dets resultater, herunder baggrunden for og formålet med projektet, hovedresultaterne samt konklusioner og perspektiverne af projektets resultater.

Baggrund og formål

Baggrunden for projektet er at mange belysningsløsninger projekteres og udføres baseret på simple lysberegningssystemer, der f.eks. simulerer fordeling, luxniveauer og beregner middelniveauer o.l. som giver en bygherre information om, hvorvidt lysinstallationen kommer til at leve op til de lovmæssige krav. Men det giver ikke information om, hvordan lysinstallationen og belysningen egentlig kommer til at se ud. Og denne type lysberegning tager som oftest ikke parametre som refleksion fra omgivelserne, eksempelvis glasfacader, i betragtning. Det vil ofte være fordelagtigt at kommunikere med arkitekter og bygherrer på et visuelt plan. For større installationer er det derfor ofte nødvendigt at lave 1:1 testopstillinger eller mock-ups, der skal vise hvorledes en installation vil tage sig ud i virkeligheden. Det vil dog som oftest være en meget lille del af installationen der afprøves i sådanne opsætninger og vil ikke kunne give den fulde information om en projekteret lysinstallation. Sådanne mock-ups er ofte omkostningstunge. En anden fremgangsmåde er at foretage computer simuleringer af lysinstallationen og fremstille fotorealistiske billeder af, hvordan en lysinstallation kommer til at se ud.

Ideen med projektet er netop at skabe og afprøve nye værktøjer, der kan simplificere og fremme beslutningsprocesserne omkring projektering af belysningsinstallationer. Forskningsmæssigt ses der på 3D visualisering af fotorealistiske renderinger af nye belysningsløsninger som et nyt effektivt værktøj i design og udviklingsprocessen, og som grundlag for brugeraccept forud for en testopstilling eller egentlig installation. Nye test og karakteriseringsværktøjer skal generere de nødvendige data for lysudstrålingen fra de enkelte LED lamper og armaturer til at kunne lave en 3D-rendering af lysforholdene i specifikke opsætninger og omgivelser. I projektet fokuseres der på udendørsbelysning i underholdningsindustrien og der forskes i fremtidens løsninger som designes til og testes i et udvalgt miljø på Roskilde Festival pladsen. Formålet med projektet er gennem nye værktøjer at nedbryde barrierer og fremme brugen af energieffektive løsninger i fremtidens udendørsbelysning. I denne smelter lysbehov, æstetik og informationsmuligheder sammen i ét. Energieffektiv LED teknologi, der muliggør intelligent styring af såvel lysstyrke og farve af lyset, er udgangspunktet for nye belysningsløsninger i dette projekt.

Projektgruppen

For at kunne gennemføre projektet med dets forskellige aspekter blev der sammensat en projektgruppe under ledelse af DTU Fotonik. Efter tidligere samarbejde med Foreningen Roskilde Festival (RF) og deres engagement indenfor design og bæredygtighed, blev det valgt at benytte et område på festivalpladsen som fokus for arbejdet med lysdesign og simulering. Tivoli var med i de oprindelige planer, men det blev valgt at koncentrere projektet omkring en større installation. Til at varetage lysdesignopgaven blev valgt lysdesignerne Gunver Hansen og Mikael Nielsen fra Gunver Hansen Tegnastue (GHT), som har stor erfaring med bl.a. udendørs-, plads- og effekt-belysning. Vidensformidlingsdelen blev delt i to og varetaget af hhv. Kultur & kommunikation ApS og Dansk Center for Lys. Kultur & kommunikation varetog rundvisnings arrangementer før og under festivalen i de to år og har stået for brugerundersøgelse omkring lysinstallationerne. Dansk Center for Lys stod for formidlingen til interessenter bl.a. igennem deres medlemmer og fagblad. Brother, Brother & Sons ApS, der udvikler og producerer LED baserede belysningsprodukter til scene, teater og studie belysning deltog med deres erfaring og viden omkring

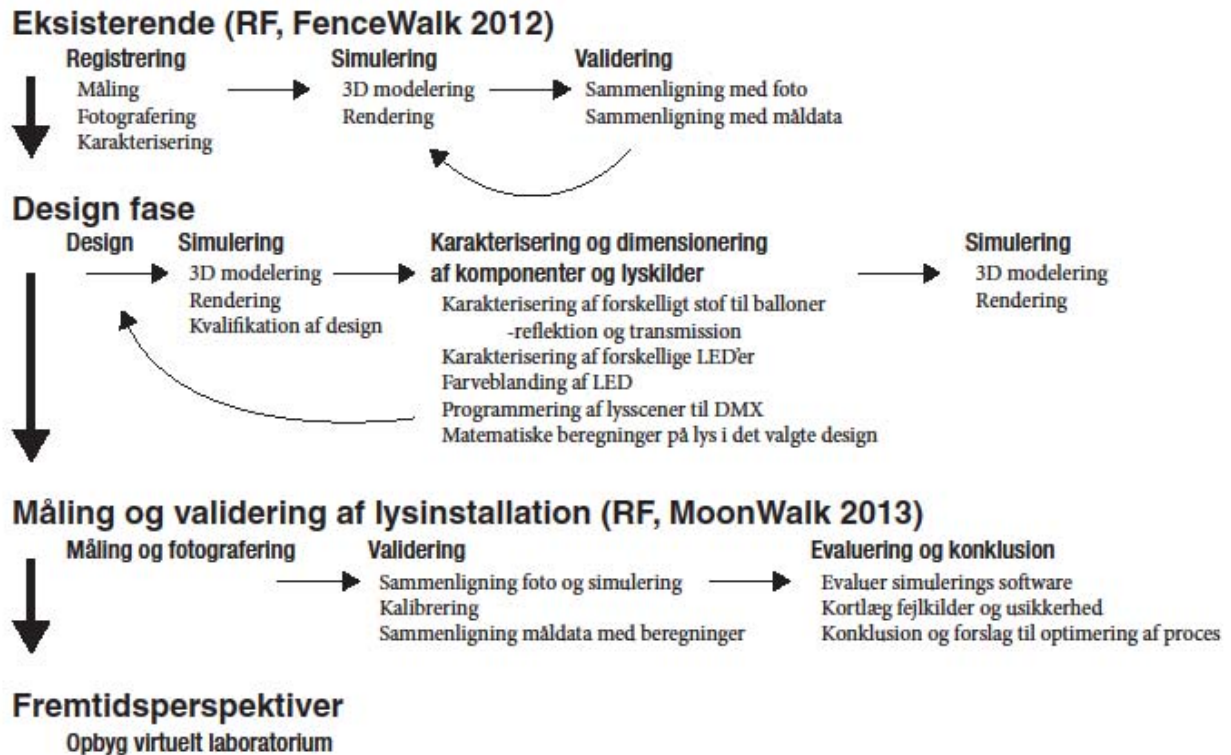
produkter og scenebelysning. DTU Fotonik bidrog med kompetencer indenfor lys, optik, simulering af optiske systemer og måling på lys, og stod for de lystekniske målinger af lyskilder og lamper i laboratoriet og on-site målinger på festival pladsen. Til opbygningen af 3D modellen og udførelse af computerrenderinger blev forskningsgruppen hos ENTPE i Lyon, Frankrig valgt, pga. deres store erfaring med fotorealistic rendering. I selve udførelsesdelen af lysinstallationen på festivalpladsen blev der benyttet en række eksterne partnere. Det var KPR Consult som rådgivende ingeniør, Pablo Diversity som ballon producent og masterne blev sponsoreret og leveret af Alfred Priess.

Metode

Forud for projektet var DTU Fotonik og Gunver Hansens tegnestue med på en tur arrangeret af innovationsnetværket Dansk Lys til Lyon i forbindelse med Fête des lumières i december måned 2011. Efter aftale med Marc Fontoynt, gæsteprofessor ved DTU Fotonik og tidligere ansat ved ENTPE, blev der arrangeret et besøg hos ENTPE, som i en årrække har arbejdet med fotorealistic rendering af belysning i og omkring bygninger. Dermed fik projektgruppen et godt indblik i, hvad der kunne lade sig gøre og fordele og ulemper ved de metoder de benyttede. Det blev senere i projektet aftalt at forskere ved ENTPE i Lyon blev engageret til at lave renderingerne. Det blev i april 2012 ved projektets første møde besluttet at arbejde med design, simulering og realisering af en belysningsinstallation på Roskilde Festivalen (RF). Forud for Festivalen 2012 blev der undersøgt forskellige muligheder for områder til belysningsprojektet. Anders Danielsen og Vivian Kathrine Nagy fra RF fremlagde de mulige områder. Det var vigtigt i denne proces at finde et område som skulle være identisk på det kommende års RF som sammenligningsgrundlag med de udførte 3D visualiseringer. Efter research på Roskilde Festival arealet blev det besluttet at anvende FenceWalk som område for belysningsprojektet. FenceWalk er mod syd afgrænset af et hegn med graffiti og mod nord af permanente bygninger med graffiti og boder. Området var således veldefineret og egnet til registrering, målinger og dokumentation. Eksisterende belysning i 2012 var egnet til forbedring, og stedet indbød til at arbejde med spændende lysoplevelser.

Efter udvælgelsen af området på Festivalpladsen blev der iværksat en proces med opmåling, fotografering af og registrering af elementer i området til brug for opbygningen af en 3D model af FenceWalk området. Der blev ligeledes foretaget lystekniske målinger af den eksisterende belysning. Under RF 2012 blev der afholdt en event med foredrag og rundvisning på området for at se på scener med LED belysning. 3D-modellen blev opbygget efter sommeren og en validering blev foretaget ud fra fotografier og målinger. Disse opgaver var omkring den eksisterende FenceWalk 2012, som skematisk vist i den øverste del af Figur 1. Figuren samler alle de forskellige dele af projektet. I designfasen arbejdede Gunver Hansen med en række forsøg til belysningsløsninger, som de forelagde for RF og resten af projektgruppen. Herefter blev det besluttet at arbejde videre med lysprojektet MoonWalk, hvor FenceWalk belyses af store lysende balloner med indbygget dynamisk RGB LED lys. Under designfasen blev der arbejdet med computer-renderingerne i 3D modellen. Der blev også foretaget karakterisering af de forskellige typer af RGB LED bånd mht. farveegenskaber og energieffektivitet. De bedst egnede blev udvalgt og data for disse indsat i modellen og farvedata brugt til lysscener. Ligeledes blev forskellige ballonmaterialer karakteriseret for spektral transmittans og data blev indsat i modellen. Dette var et iterativt samarbejde omkring designet af lysinstallationen. Efterfølgende blev der arbejdet med realiseringen af lysinstallationen og en række eksterne partnere blev inddraget i denne proces. En række forhold gjorde, at de første opsatte balloner ikke holdte til den hårde vind, så de måtte tages ned. I stedet blev en løsning med "tubes" fremstillet i hast lige før åbningen af RF 2013. Her blev der foretaget on-site målinger af belysningsstyrker, luminans og farve

af lyset fra "Tubewalk", samt en omfattende fotodokumentation. Flemming Madsen stod under RF 2013 for en kvalitativ undersøgelse af modtagelsen hos brugere/publikum. Efter RF 2013 var det nødvendigt at ændre renderingerne fra balloner til de nye tubes for at kunne lave en egentlig sammenligning af lystekniske målinger, fotografier og 3D visualiseringerne. Der er foretaget en spørgeskemaundersøgelse for at vurdere kvaliteten af renderingerne i forhold til den virkelige installation/fotos af installationen.



Figur 1 Flowchart der illustrerer arbejdsgangene og opgaverne i projektet.

Resultater, konklusioner og perspektiver

Projektets vel nok største resultat er, at der indenfor virtuel simulering af lysinstallationer er blevet opbygget nogle kompetencer og arbejdsgange, der er utroligt værdifulde for det fremtidige arbejde indenfor virtuel simulering af lysinstallationer. Det er gennem projektet blevet påvist hvilke kompetencer, software og udstyr, som er kritisk nødvendige at have for at kunne lave ydelser, der skaber værdi og er eftertragtet af de forskellige professionelle faggrupper indenfor belysningsmarkedet; og er i samme proces blevet klogere på de krav der skal stilles til den anvendte software. Problemet er at eksisterende beregningssoftware ikke giver fotorealistic visualiseringer, som kan give arkitekter og rådgivere mulighed for at formidle forskellige lysløsningers fortrin, ulemper og energiforbrug til beslutningstagere; og at eksisterende modellerings-, formidlings- og visualiseringssoftware ikke integrerer beregningsresultater på en hensigtsmæssig måde. Således er der ingen kobling mellem f.eks. Dialux og arkitekternes BIM-modeller. Dette er der ikke blevet arbejdet med i projektet, men er noget som i forlængelse af projektet vil indgå i

DTU Fotoniks interesseområde, og er i skrivende stund et nøgleelement i en Horizon 2020 ansøgning, under udvikling.

Vi har i projektet oplevet nødvendigheden af at kunne foretage lystekniske målinger på lyskilder og armaturer såvel som karakterisering af materialer i samspil med simulering af løsninger baseret herpå. I projektet vil man kunne stille spørgsmålstejn ved en given sammenligning af hhv. målt og simuleret data, da den anvendte ballonhud blev valgt to dage forud for opsætningen, som følge af de oprindelige balloner blev ødelagt af vindpåvirkninger, og derfor ikke er blevet målt. Selvom vi havde målt på materialets transmittans og reflektans, kender vi stadig ikke til hvordan lyset diffuseres gennem materialet for forskellige indfaldsvinkler. Det kræver en helt speciel måleopstilling og udstyr, der gør det muligt at lave disse BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function) og BTDF (Bidirectional Transmittance Distribution Function) målinger. DTU Fotonik er nu, i kølvandet på projektet, gået i forhandling med et fransk firma, som med udgangspunkt i et nyudviklet program, kan lave en kundetilpasset version, som integrerer de nødvendige features og er i processen ved at udvikle en opstilling, som kan udføre BRDF og BTDF målinger på DTU Fotonik i Roskilde. Vi har af ovennævnte årsager vurderet, at det ikke ville give mening at udføre disse sammenligninger, dels da det ville have medført yderligere store eksterne omkostninger på et tidspunkt hvor projektets økonomi var udtømt, og dels fordi de opnåede resultater ville være forbundet med stor usikkerhed. Det er dog muligt efterfølgende at foretage denne sammenligning, når kompetencerne er in-house og DTU Fotonik har implementeret BSDF målinger, idet vi kan arbejde videre med den opbyggede 3D model og har en god lysteknisk karakterisering af installationen.

Det er også blevet tydeligt at hvis man skal anvende virtuel simulering som et dynamisk værktøj i designfasen, er det nødvendigt at have kompetencen in-house. Selvom vi har anvendt yderst kompetente folk hos ENTPE i Lyon, har den fysiske afstand været en dræber for den kreative proces. Så små spontane ændringer har været besværlige og vigtige ting er gået tabt i kommunikationen. Det har betydet, at DTU Fotonik har ansat en dedikeret medarbejder til at sidde på Risø Campus, som udelukkende arbejder med virtuel simulering.

Ligesom det også er blevet klart hvor de forskellige faldgruber er i processen. Eksempelvis kan vi konstatere at hele 3D modelleringsprocessen af udendørs miljøer er ekstremt ressourcekrævende. Hele processen forud for 3D modelleringen med tilbagevendende nøje opmålinger og fotodokumentation, lysmålinger på stedet og i lab er et stort arbejde. Og efterfølgende kræver det ufattelig mange timers 3D-modellering og opsætning af lys og materialer i CAD modellen. Det vil direkte oversat betyde; at man ved fremtidigt arbejde med virtuel simulering af udendørs rum enten skal:

- Basere det på en allerede eksisterende CAD model (foretrækkes - hvis den findes)
- Medregne en høj omkostning ved opbygning af 3D model i tilbudsgivning
- Bruge en virtuel simulering af stedet mere som en abstraktion end en reel gengivelse af stedet (sænker krav til fotorealisme og detaljeringsgrad)
- Optimere processen for opbygning af 3D modeller af eksisterende steder

I DTU Fotoniks spørgeskema undersøgelse har vi bedt projektdeltagere om at evaluere de udførte renderinger. Det giver os en indikation af hvilke parametre vi kan forbedre visualiseringerne på. Denne undersøgelse er dog ikke andet end en indikation, da det kun er lykkedes at få 12 besvarelser indenfor projektperioden. Grundlaget må derfor siges at være begrænset.

Ikke desto mindre er vi blevet opmærksomme på værdien af bruger- og borgerinddragelse, da alle oplever den samme ting forskelligt. DTU Fotonik har i dialog med rådgivere hørt om problemstillinger ”i den virkelige verden” hvor det vil skabe stor værdi at kunne lave en præsentation af op til flere projektforslag og efterfølgende facilitere en undersøgelse, som bygger på anerkendte statistisk korrekte metoder. Dette område har ENTPE erfaring med, hvorfor DTU Fotonik er gået i dialog med dem om at designe en procedure og skabelon, som gør DTU Fotonik i stand til at tilbyde denne service.

Brugerundersøgelsen foretaget på Roskilde Festivalen viser en generel tilfredshed med selve lysinstallationen, men det interessante er at samtaler med ledere, medarbejder og fokusgrupper har vist at besvarelsene bygger på manglende viden om alternative muligheder. En form for tendens, hvor man stiller sig tilfreds med, hvad der er. Udbredelse af mere energieffektivt kvalitetslys forudsætter derfor en oplæring eller uddannelse af beslutningstagere, forstået bredt: såvel ledelse, teknisk stab samt ikke mindst slutbrugeren (borgeren).

Her kan visualiseringsværktøjet yde et væsentligt bidrag. Der er brug for en bredere og almen rettet informationsindsats overfor brugere af belysning. LEDs teknologiske kvantespring skaber et betydeligt gap imellem brugerforståelsen af teknologiens forbedrede og mangfoldige attributter og individualiserede tilpasningsevne (til omgivelser, brug, funktion, stemning, vejrforhold med mere).

Overordnet set har vi fået bekræftet at virtuel simulering af lys har stor interesse blandt professionelle arkitekter, rådgivere, belysningsproducenter og bygherrer som arbejder med design og planlægning af energieffektiv belysning og udvikling af belysningsarmaturer. Projektet har været en døråbner til dialog med disse interessenter, som uafhængigt af hinanden kan gøre brug af lys simulering i forskellige sammenhænge. Flere udtrykker stadig at de fortsat mødes med skepsis og forbehold overfor LED løsninger, hvorfor uvildige visualiseringer og lysanalyser baseret på virtuelle modeller kan være et rigtigt godt beslutningsgrundlag. Der er dog mange forskellige behov på forskellige niveauer og i forskellige faser i processen, som spænder fra produktudvikling over udbudspræsentationsmateriale til bruger/borger inddragelse.

I projektet demonstreres visualiseringsværktøjets egenskab som katalysator for at fremme energibesparende LED belysning i event og underholdningsindustrien, men teknologien er generisk og vil blive en vigtig platform fremadrettet i den nationale lystekniske udstyrsplatform på DTU Fotonik i Roskilde. Den skal visualisere både udendørs og indendørs lysløsninger for beslutningstagere ifm. kommunal vej- og gadebelysningsetablering, projektering/opførelse af regionale superhospitaller, udvikling af energieffektive belysningsarmaturer etc. Dette er meget vigtigt, da hele belysningsområdet står overfor meget store udfordringer i de kommende år. Der er tale om et globalt teknologiskift, hvor politisk regulering og lovgivning af miljømæssige årsager udfaser kendte lyskilder som glødepærer og kviksølvslamper, samtidig med at kravene til energieffektivitet strammes betydeligt overalt i samfundet. Virtuel simulering er et bredt anvendeligt værktøj som kan dokumentere at energibesparelser også kan medføre forbedringer af lyskvalitet, arkitektur og komfort.

Uddrag fra artikel i LYS:

”Med dette værktøj vil vi kunne sikre, at valget af belysning bliver taget på et retvisende grundlag. For kommuner vil metoden f.eks. være et nyttigt værktøj i omstillingen fra konventionelle lyskilder til LED, idet den kan danne grundlag for accept forud for en

testopstilling eller egentlig installation,” siger projektleder Carsten Dam-Hansen, DTU Fotonik. Ved opsætning af gadebelysning vil det f.eks. være muligt at vise forskellen på en ny LED-belysning på 5000 K og en traditionel belysning på f.eks. 3000 K.

”Det er vores forventning, at langt flere bygherrer vil være tilbøjelige til at vælge en energieffektiv LED-løsning med lidt køligere lys, hvis de får mulighed for at sammenholde 2-3 forskellige forslag med forskellige farvetemperaturer og lysfordelinger,” siger Carsten Dam-Hansen.

Roskilde festival 2012

Roskilde Festivalen 2012 blev rammen om en række projektopgaver, område for belysningsprojektet skulle vælges, opmåles og fotodokumenteres til 3D modellering og den eksisterende belysning karakteriseres. Samtidig blev der afholdt en event med foredrag og workshop omkring brug af lys og specielt LED belysning på festival pladsen. I dette afsnit beskrives disse dele af projektet.

Udvælgelse og registrering af område

Forud for Festivalen 2012 blev der undersøgt forskellige muligheder for områder til belysningsprojektet. Anders Danielsen og Vivian Kathrine Nagy fra RF havde lavet kortskitser med de mulige områder, og det var vigtigt i denne proces at finde et område, der ville være identisk på det kommende års RF som sammenligningsgrundlag. I dagene op til RF bestod opgaven i at inspicere de forskellige områder på Festivalens såvel 'ydre plads', der er campingområde, og 'indre plads', hvor der er musikscener, spisesteder og boder. Det blev valgt at arbejde videre med området foran Gloria og handelspladsen samt arealet foran Arena, men det viste sig at den bedste løsning ville være at benytte FenceWalk som område for belysningsprojektet. FenceWalk er mod syd afgrænset af et hegn med graffiti og mod nord af permanente bygninger med graffiti og boder. Området var veldefineret og den eksisterende belysning i 2012 var egnet til forbedring.

RF 2012 Event "Fremtidens pladsbelysning"

Flemming Madsen fra Kultur & Kommunikation (KulKom) havde arrangeret en event "Fremtidens pladsbelysning" med workshop på førstedagen af Roskilde Festival 2012, hvor interesserede var indbudt til at komme og høre mere om projektet og brugen af lys og specielt LED belysning på festivalen. Der blev givet oplæg om LED-pladsbelysning og Roskilde Festivals arbejde med lys og Vivian Nagy, kurator i Underholdningssektionen, fortalte om det kunstneriske arbejde med lys på festivalen. De el-tekniske forhold i forbindelse med lys på Roskilde Festival blev forklaret af Peter Dilling. Marc Fontoynt gav et inspirerende foredrag om udendørsbelysning og computersimulering af belysning. Carsten Dam-Hansen og Peter Poulsen, DTU Fotonik gav en status for projektets arbejde med computersimulering af LED-pladsbelysningen. Der blev vist rundt på Festival området, specielt omkring de udvalgte områder.

Registrering og måling

Det udvalgte område omkring FenceWalk blev opmålt på kryds og tværs, med hensyn til position og dimensioner af de væsentligste elementer, som toiletvogne, lysmaster o.l. En præcis registrering af disse er afgørende for opbygningen af 3D modellen af området. Derudover blev der valgt nogle viewpoints fra hvilke vi var interesseret i at betragte området. Fra disse viewpoints blev der taget fotos til senere sammenligning med 3D visualiseringen, såvel om dagen som om aftenen, se Figur 2.



Figur 2 Foto (HDR) fra viewpoint 6 ved FenceWalk.

Alle væsentlige lyskilder i området identificeret, toiletvognen, et exit skilt og gadelygterne langs vejen ved FenceWalk. Der er foretaget illuminansmålinger om natten med et lux meter. I det efterfølgende kan målingerne for de forskellige lyskilder ses.



Figur 3 Arena og FenceWalk området set fra luften

For lysmasterne langs vejen blev målingerne foretaget i afstande af 1m og 2m væk fra lampen. Tabellen herunder viser, hvor mange lux der er ved jord niveau rundt om lysmasterne, den grå celle i midten viser hvor lygten stod. Kun en enkelt lygte blev målt, det blev antaget at alle lysmasterne udsendte lys på samme måde.

2m	1m	0m	1m	2m	
		0,8			2m
		0,8			1m
0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0m
		0,8			1m
		0,8			2m

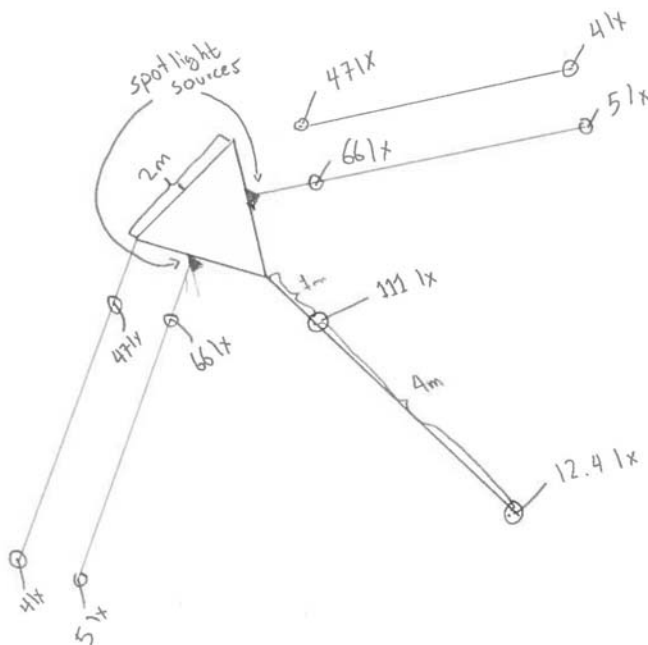
Toiletvognen med dens lys er et væsentligt element i det valgte viewpoint. Lysfordelingen rundt om toiletvognen blev målt over i alt 6 punkter. Lux niveauet kan ses i tabellen herunder. To af målingerne blev foretaget fra center af vognen henholdsvis 1 og 2m væk. Derudover blev der foretaget målinger ved hjørnet

af vognen og ud imod vejen. Det ses i Tabel 1 at lyset er kraftigst i center af toiletvognen, og ellers aftager jo længere væk fra centeret der måles.

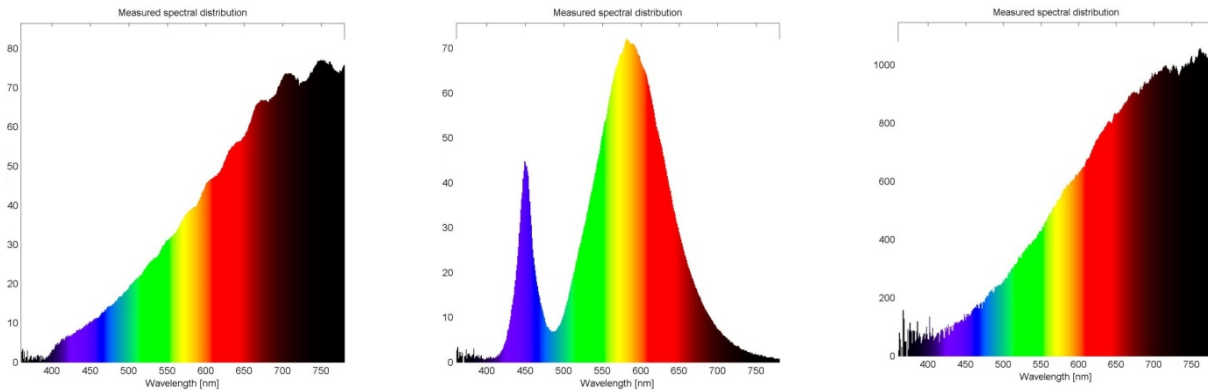
Tabel 1 Målt illuminans omkring toiletvognen.

	Toilet Wagon						0 m	1 m
	0 m							19
1 m				53			12	
2 m				20			4,5	

Der sad to arbejdslamper monteret på exit skiltet, disse sendte lyset væk fra hegnet ved FenceWalk og ud imod vejen. Omkring skiltet blev der målt i henholdsvis 1m og 5m væk. Tegningen herunder viser hvordan lysfordelingen var rundt om exit skiltet.



Der blev yderligere foretaget målinger af spektralfordelingen af lyset fra de enkelte lyskilder. Tabellen herunder viser de målte spektralfordelinger for henholdsvis gadelygten, toiletvognen og exit skiltet. Ved at kigge på dem kan det ses, at exit skiltet og lysmasterne benytter halogen lyskilder, og at toilet vognen bruger LED belysning.



Figur 4 Målte spektralfordelinger af lyset fra hhv. lysmasterne, lyset på toiletvognen og på exitskiltet.

Alle målingerne blev foretaget efter festivalen havde åbnet op for pladsen. Hvilket betød at mange mennesker gik ind og ud af måleområderne. Hvilket gjorde det lidt besværligt at foretage præcise målinger. Alle spektralmålingerne er relative og blev foretaget med et håndholdt spektrometer, specielt designet til formålet. Alle målingerne blev foretaget om natten, så eventuelle baggrundsbidrag fra nattehimmelen er meget små. Alle disse måleværdier bliver brugt som data i 3D-modellen og den målte illuminans eller belysningsstyrke kan benyttes til sammenligning med modelberegninger.

3D modellering

Opbygning af 3D- modellen af området blev gjort af ENTPE, Lyon. Modellen er bygget på baggrund af plantegninger og luftfotos udleveret af Roskilde Festival, samt opmåling og fotodokumentation foretaget af DTU Fotonik. Modellen er opbygget i programmet 3D Studio Max, hvilket er en udbredt platform, som er kompatibel med de mest anderkendte og anvendte renderingsprogrammer. Modellen er lavet uden mennesker på, da det er ufattelig svært og ressourcekrævende at modellere og renderer mennesker så de fremstår naturtro. Undervejs i processen forsøgte vi at photoshoppe 2D billeder af mennesker ind på et renderet billede, men det kom til at se falskt ud, da lyset ikke falder rigtigt på dem og fordi de ikke er orienteret og skaleret 100 % rigtigt ift. perspektivet.

Træerne er modelleret i et software plug-in som ved at indstille forskellige parametre kan skabe 3D modeller af træer, græs og anden beplantning. Desværre ligger begrænsningerne også i hvad dette værktøj tillader, hvorfor det kan være svært (læs umuligt) at skabe et træ som er identisk med virkeligheden. Størrelsen på bladene er større på renderingerne end i virkeligheden. Det skyldes bl.a. at ved at mindske størrelsen på bladene, vil man samtidigt være nødt til at øge mængden for at få samme oplevede tæthed, og det øger kompleksiteten markant, hvilket vil medføre at simuleringerne bliver ekstremt tunge og langsomme. Derfor valgte vi at træerne godt måtte have en anden detaljeringsgrad, så længe man stadig fik en naturtro oplevelse og ikke ændrede stemningen og den rumlige oplevelse på billedet.

En af de store udfordringer ved 3D-modeller som skal anvendes til sammenligning med virkeligheden er patinering, slid, uregelmæssigheder og skævheder som forekommer i den virkelige verden, og som ikke umiddelbart kommer med i den geometri, som opbygges i en virtuel model. Den virtuelle model vil let komme til at se for "lige og perfekt" ud sammenlignet med den virkelige verden, og særligt i et slidt og brugt miljø som Roskilde Festival jo er. Man kan dog modellere modellens geometrier "skævt", men dette kræver en stor indsats både i opmåling og efterfølgende optegning, og vil derfor være meget

ressourcekrævende. Derfor er der udviklet en række værktøjer som bruges når man tildeler modellens overflader materialer. Her kan man arbejde med eks. patinering af metal, uregelmæssigheder i græs etc. Men begrænsningen vil ligge i hvad værktøjskassen giver mulighed for at arbejde med. Og stadig kan en 3D model komme til at se "for lige ud" hvis ikke man har modelleret skævheder ind. Det kan eksempelvis være et træ som står helt lodret eller en vej som er snorlige. Det vil man opfange med det samme og synes kunstigt.

Design af lysinstallation

I april 2012 holdt hele arbejdsgruppen i projektet det første møde hos DTU Fotonik.

I juni 2012 blev der holdt et møde hos GHT om udvælgelsen af områder til belysningsprojekt under Roskilde Festival. Anders Danielsen og Vivian Kathrine Nagy fra Roskilde Festival (RF) fremlagde de mulige områder. Carsten Dam-Hansen gjorde opmærksom på, at indretningen af det udvalgte område til belysningsprojektet skulle være identisk på næste års RF som sammenligningsgrundlag med de udførte 3D visualiseringer.

Roskilde Festival er opdelt i 'ydre plads', der er campingområde, og 'indre plads', hvor der er musikscener, spisesteder og boder. Det blev besluttet, at lave lysprojektet på indre plads og arbejde videre med området foran Gloria og handelspladsen samt arealet foran Arena.

Efter research på Roskilde Festival arealet blev det besluttet i stedet at anvende FenceWalk, som område for belysningsprojektet. FenceWalk er mod syd afgrænset af et hegn med graffiti og mod nord af permanente bygninger med graffiti og boder. Området var således veldefineret og egnet til registrering, målinger og dokumentation. Eksisterende belysning i 2012 var egnet til forbedring, og stedet indbød til at arbejde med spændende lysoplevelser.

Fence Walk fungerer som hovedtrafikåre for gående, dels mellem campingområde øst og indre plads, og dels mellem de to største scener Arena og Orange. Før, og specielt efter koncerter på Arena og Orange er der tæt pakket med mennesker, der bevæger sig målrettet i én retning afhængig af musikprogrammet. Mellem koncerterne er der spredt færdsel med god plads til alle.

Under Roskilde Festival 2012 blev flow af færdsel og alle andre funktioner på FenceWalk registeret til brug som underlag for udarbejdelse af lysprojektet til området.

Idéforslag

I efteråret 2012 udarbejdede GHT en række vidt forskellige idéforslag til lysprojekter til FenceWalk. Alle forslag var baseret på dynamisk lysstyret LED, og de skulle dels give dynamisk farvet lys, gerne interaktivt, samt funktionelt lys til færdsel og til nødbelysning ved brug af FenceWalk som flugtvej.

Der var alternative forslag med lysende balloner, luftskibe med indbyggede projektører, interaktive lyssøjler, RGB projektører og lysende parasoller.

Efter en række møder med RF og DTU Fotonik blev det valgt at arbejde videre med lysprojektet MoonWalk, hvor FenceWalk belyses af 5 store lysende balloner fyldt med helium og med indbygget dynamisk RGB LED.

Udvikling af lysprojektet MoonWalk

Efter besparelsesrunder hos RF blev de 5 balloner reduceret til 4 balloner, og det blev besluttet at blæse dem op med luft og montere dem på pæle, i stedet for at fylde dem med dyrt helium.

Lysprojektet blev udviklet af GHT i samarbejde med DTU Fotonik (DTUF). DTUF fik materialeprøver af forskellige plastduge til anvendelse som ballonens hud samt prøver på 3 forskellige RGB LED bånd med dertil hørende drivere af Pablo Diversity. Udfra GHT projekttegninger, og lystekniske målinger på prøverne af de anvendte materialer og LED produkter, udviklede DTUF renderinger af projektet.

Rådgivende ingeniør Martin Mørk Carlsen fra KPR Consult udførte statisk beregning af konstruktionen med stål-alumaster og Ø5 m balloner.

Beregningerne definerede samtidig et beredskab for sikkerhed for kollaps i forhold til vindhastigheder. Ved varslet vindstyrke fra DMI på mere end 13/s (stiv kuling) skulle luften tages ud af ballonerne. Fastgørelse af dugen til masten med bånd var anbefalet.

Det blev aftalt med RF, at de tog ansvar for at overholde KPRC's anvisninger for nedgravning af master og anvisning for beredskab ved vindhastigheder > 13/s.

RF må ikke selv indkøbe og eje belysningsarmaturer. RF fonden, der ejer og udlejer grej til RF, ville ikke købe ballonerne eller LED indsatsene og herefter leje dem ud til RF. De blev derfor lejet af ballonproducenten- og leverandøren: Pablo Diversity ved Lars Hjort.

Masterne blev sponsoreret og leveret på pladsen af Alfred Priess.

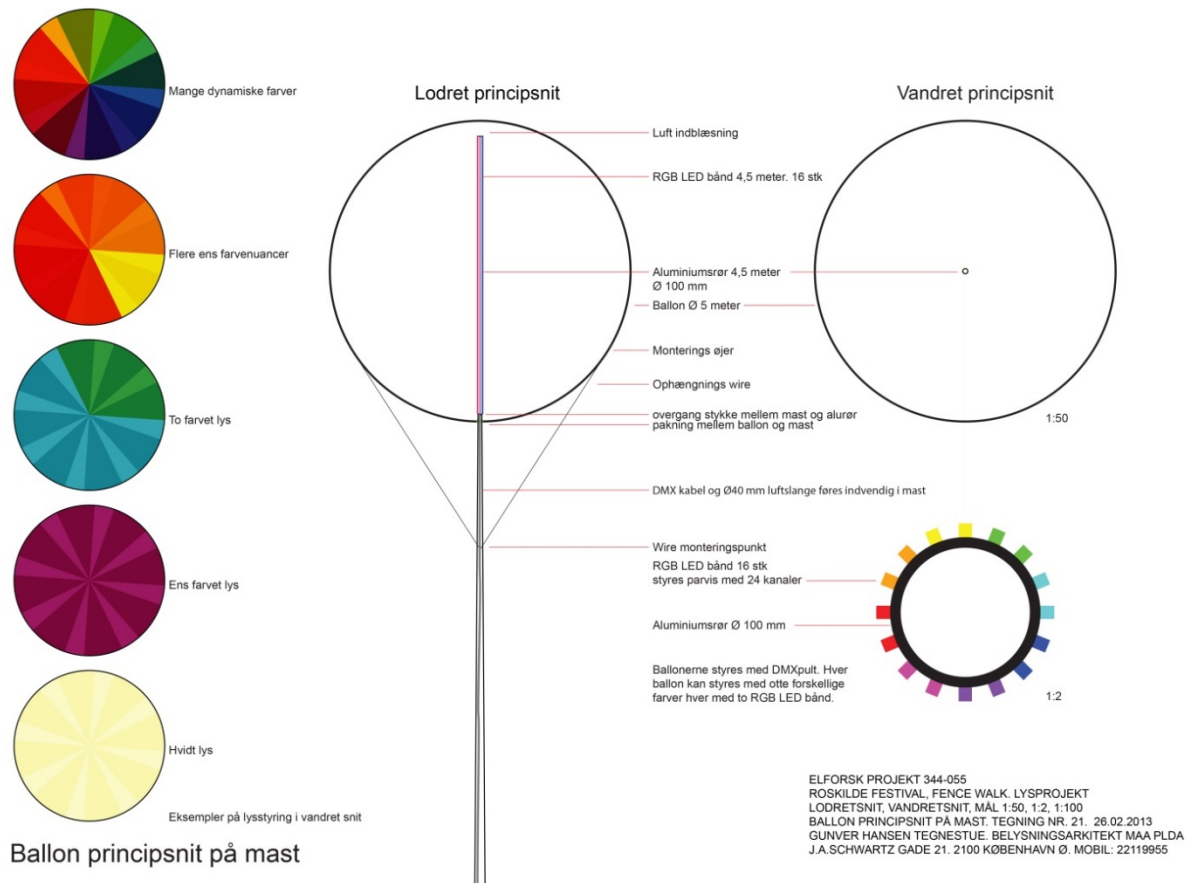
MoonWalk lysprojekt

MoonWalk lysprojektet bestod af 4 kæmpestore lysende balloner, der svævede over FenceWalk. De lyste som store måner, der skiftede lysfarve i hurtige og langsomme rytmer.

Ballonerne var placeret i forskellige højder i en nøje afvejet komposition på arealet. Konceptet var at skabe et helt og samlet rum i det ellers ukarakteristiske FenceWalk område.

Ballonerne var 5 m i diameter. De var syet af armeret plastdug. Ballonerne blev ophængt på nedgravede jernmaster, så de svævede 5 - 7,5 m over jorden. Ballonerne blev blæst op med luft, som blev ført op gennem masterne.

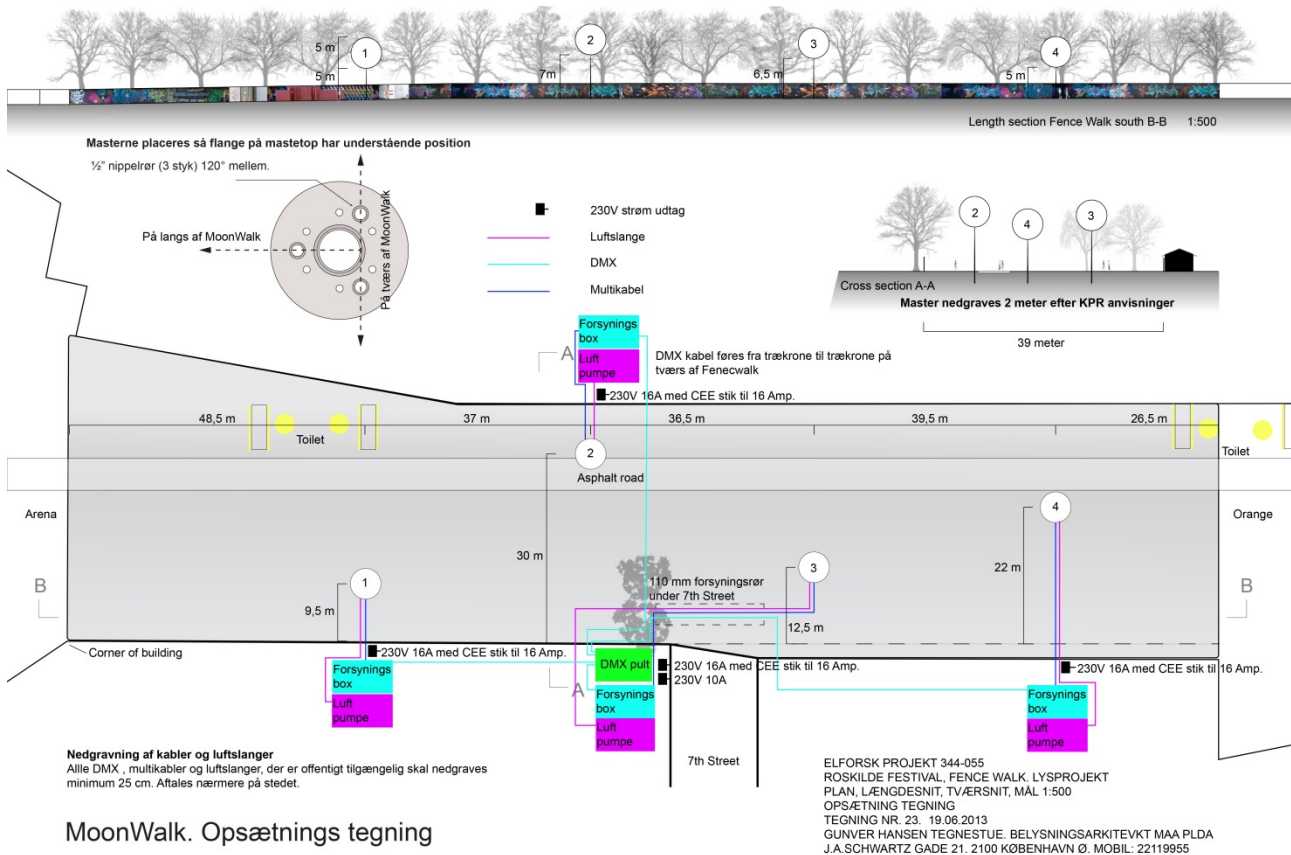
Inde i ballonerne var der på toppen af masten monteret et 4,5 m højt alurør med 12 lodret monterede RGB LED bånd. De kunne lysstyres i 6 sektioner med DMX lysstyring med grandMA2 software. Der blev programmeret en lang række lysscener. De var både med ensfarvede balloner og med balloner, der spillede i forskellige farver. Der var også en scene med hvidt måneskin. Den kunne give en belysning svarende til belysningsklasse E2 (middel belysningsstyrke > 2,5 lux) på det 40 x 190 m store areal, en funktion, der kunne bruges, i det tilfælde at arealet skulle tjene som brand og flugtvej.



MoonWalk ballon principsnit. Gunver Hansen Tegnesteue

MoonWalk lysprojektet var meget smukt. Det passede med sin sarte materialitet til det interimistiske bylandskab på Roskilde Festival. Om dagen ville man kunne stå i ballonerne halvskygge. Om natten ville ballonerne skabe et science-fiction-agtigt månelandskab, hvor det ville være en unik oplevelse at gå i månernes pulserende lys.

Udførelse og crash



MoonWalk. Opsætnings tegning

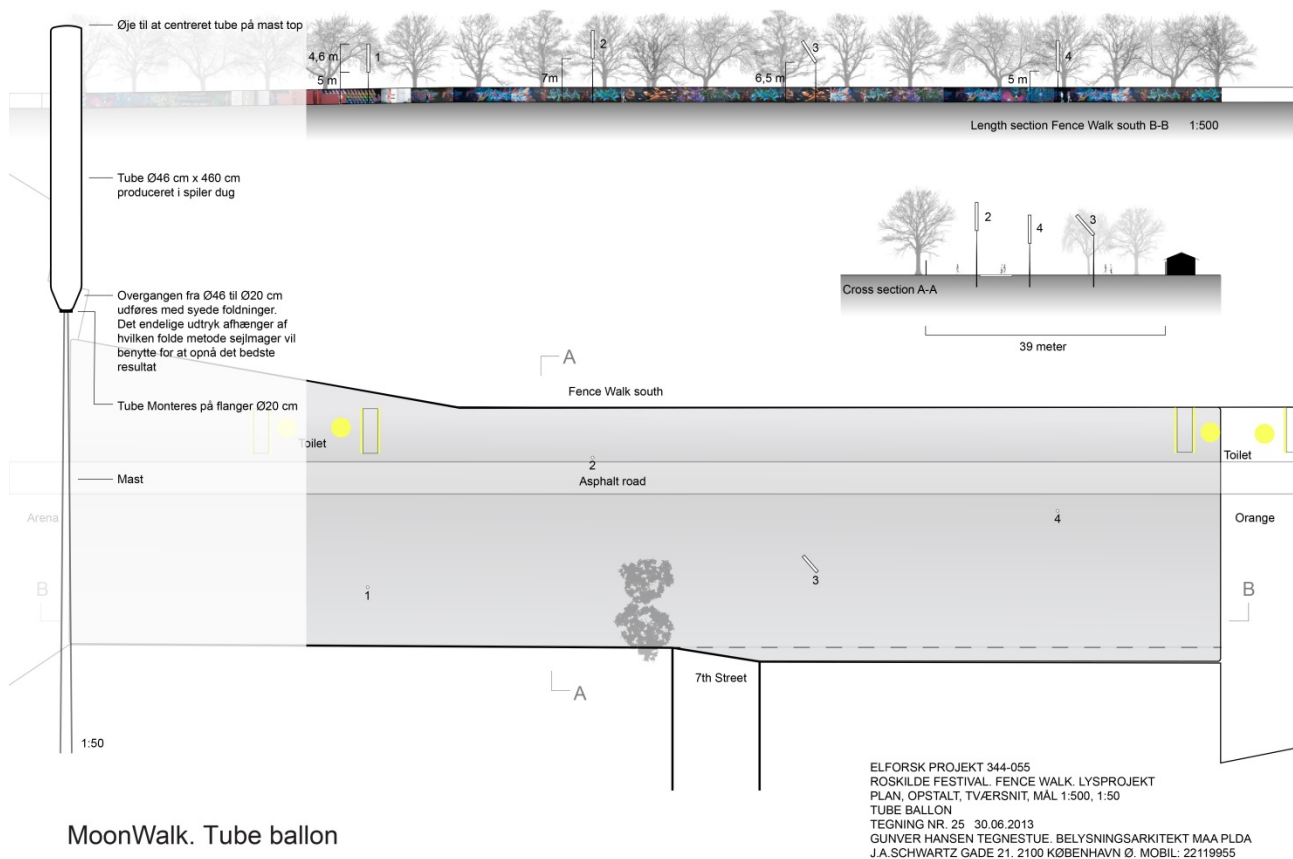
MoonWalk lysprojekt. Gunver Hansen Tegnestue

RF, ved den områdeansvarlige Christian Hagemester, var byggeleder for udførelsen af MoonWalk lysprojektet på pladsen. Start opsætning af master var 24/06-2013. Pablo Diversity (PD) ved Lars Hjort monterede LED indsats og balloner på masterne. Ballonerne var opsat 28/06. Den 29/06 blæste det op til stiv kuling, der delvist ødelagde ballonerne.



MoonWalk ballon blæst op med luft. 5 m i diameter, monteret på jernmast. Foto Gunver Hansen

På et efterfølgende møde mellem RF, DTUF, GHT og PD blev det besluttet at få udført nye rørformede balloner, der kunne holde til vindbelastningen, og som i øvrigt kunne monteres på masterne og belyses af LED indsatsene som tilnærmet princip for lysperformance, dvs. lysfordeling og dynamiske lysscener, som de runde balloner.



MoonWalk. Tube ballon

TubeWalk lysprojekt. Gunver Hansen Tegnestue

Det blev aftalt at genetablere dele af MoonWalk efter festivalen, så DTU Fotonik kunne udføre den planlagte foto- og målingsdokumentation af projektet.

TubeWalk lysprojekt

Pablo Diversity ved Lars Hjort fik syet 4 nye rørformede balloner af spilerdug, Ø46 cm H 460 cm. PD monterede ballonerne 02. 07.13.

TubeWalk var klar til Grand Opening på RF 03.07.13. DTU Fotonik udførte måling og fotodokumentation af TubeWalk 03.07.13., i tilfælde af at det ikke ville være muligt at opsætte og reetablere ballonerne (MoonWalk) som aftalt. Der var Elforsk Event med fremvisning af projektet 04.07.13.

Roskilde Festival sluttede 07.07.2013. Dagen efter startede nedtagningen af balloner og master. Det blev ikke muligt at genetablere MoonWalk til foto- og målingsdokumentation, som det var aftalt tidligere.

Programmering af lysscener

Inde i TubeWalk's rørformede balloner var der på toppen af masten monteret et 4,5 m højt aluminiumsrør med 12 lodret påmonterede RGB LED bånd, der kunne lysstyres i 6 sektioner med DMX lysstyring. Programmeringen blev udført på grandMA2 på en lyspult leveret af BB&S.

Gunver Hansen Tegnstue skabte en række cues, der blev programmeret og tilrettet på stedet lige inden festivalen åbnede. De spændte vidt, fra de vilde, dynamiske lysscener til de stille, blide lysscener, en variation, der radikalt ændrede oplevelsen af FenceWalk.

Lyset i hver ballon kunne programmeres i 6 lodrette styringer, og det gav mulighed for, at hver enkelt ballon blev levende med dynamisk lys, der skiftede farve rundt på siderne i den rørformede ballon, i stedet for at hele ballonen fremtrådte ensfarvet.

Der var cues med rolige sekvenser, som eksempelvis Tema Violet, der med små nuanceforskelle gav en harmonisk oplevelse af pladsen og ballonerne. Der var også livlige sekvenser, som eksempelvis Flower Power, hvor ballonerne skiftede i alle regnbuens farver og skabte en glad og livlig stemning. Desuden var der skabt dedikerede lysfrekvenser til de enkelte zoner på Roskilde Festival som en reference til, at FenceWalk er hovedtrafikåre mellem de forskellige arealer: Orange, Arena, Sonic, Social, Gloria og Graffiti zone.



TubeWalk med rørformede balloner med dynamisk farvespil. Foto: Jeppe Sørensen.

Ind imellem kom der små indslag som Flash, Puls, Concert og Green light som korte hurtige frekvenser, der skulle skabe opmærksomhed.

Roskilde Festival 2013

Efter at lysinstallationen på FenceWalk var blevet sat op i form af TubeWalk forestod et omfattende arbejde med fotodokumentation og lysteknisk karakterisering af belysningen. Der blev taget fotos fra det forud bestemte viewpoint til sammenligning med 3D-visualiseringer. Yderligere blev foretaget målinger af belysningsstyrken (illuminans) omkring de enkelte tubes og luminans og farve af lyset fra de enkelte tubes. Dette blev gjort for 8 af de forskellige lyssætninger (cues).

Fotodokumentation

Der er foretaget fotodokumentation i projektet med forskellige formål. Det kan deles op i to kategorier: Før og efter opsætning af lysinstallationen. Groft sagt er fotodokumentationen før opsætning af lysinstallationen blevet brugt som registrering af stedet primært for at skabe et grundlag for opbygning af en 3D-model af stedet. Og for at have et sammenligningsgrundlag for de indledende renderinger som blev lavet for at vurdere kvaliteten af 3D-modellen og kontekst i modellen. Fotodokumentationen efter opsætning af lysinstallationen, blev lavet for at skabe et sammenligningsgrundlag for kvalitetsvurdering af de endelige renderingerne. Det er sidst nævnte fotodokumentation som er relevant at beskrive iht. dette projekts formål, proces og metode, og derfor det som nedenstående afsnit beskriver.



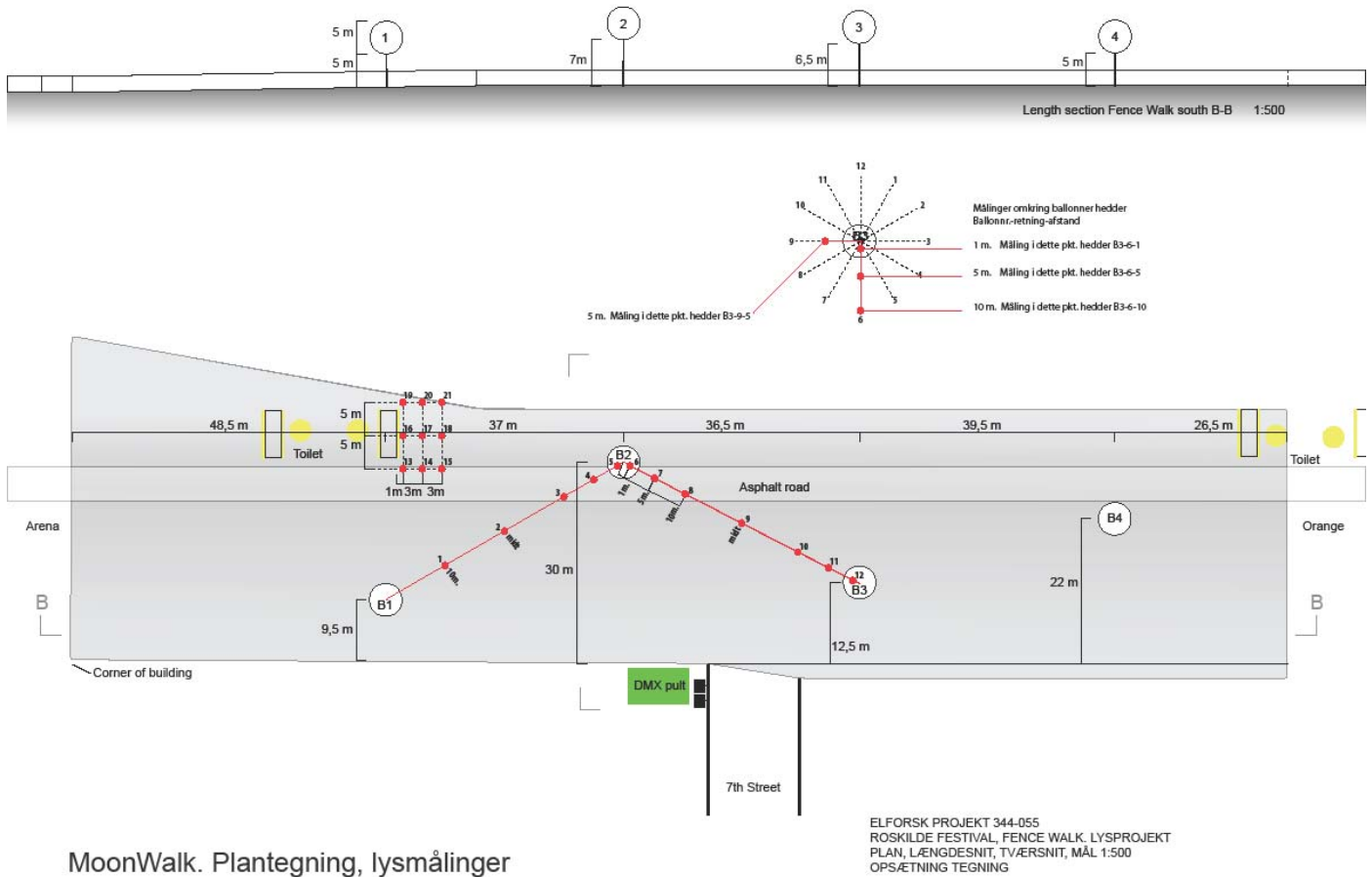
Fotodokumentationen af FenceWalk på Roskilde Festival, blev udført i samarbejde med en professionel fotograf, Peter Erichsen. Billederne blev taget natten mellem d. 3. juli og 4. juli fra kl. 23.00 til 03.00. Der blev taget et referencebillede kl. 23.00, hvor et farveindexkort blev indsat og belyst med en kendt reference lyskilde (glødepære), hvilket gør os i stand til at kalibrere efter gråtonerne på billederne. Forud for hver lysmåling af de respektive cues, blev der taget et billede af det respektive cue. Billederne blev taget med en

brændvidde på 19 mm, som var subjektivt vurderet til den bedste tilnærmelse af perspektivet fra renderingerne. For at sikre det størst mulige dynamiske farveområde i billedet, blev der fotograferet i RAW format i ISO400 med bracketing på 7 billeder af samme motiv med variation i lukketid. Lukketiderne gik fra 1/6 sek. op til 10 sek. med 1,3 sek. som grundeksponering. Hver af de 7 billeder blev konverteret i Adobe Photoshop fra RAW til TIFF i 16 bit, og blev kalibreret med gråpipette ud fra midten af gråskalaen på farveindexkortet på referencefotoet. Den anvendte farveprofil var ADOBE RGB 98. De 7 TIFF billeder blev "merged to HDR" i Photoshop i 8 bit med Exposure og Gamma på hhv. 0 og 1.6. Billederne er efterfølgende blevet printet, på kalibreret printer, som A0 plancher hvor fotografiet for hvert cue er blevet opsat side om side til sammenligning med den respektive rendering. Plancherne er blevet brugt dels til præsentation af projektet og dels til evaluering af renderingerne.

Det store dilemma og udfordring ved fotodokumentation er, at fotografierne vil fremstå forskelligt afhængigt af hvilke indstillinger man anvender på kameraet. Så hvordan sikrer man at sammenligningsgrundlaget (fotografierne) er retvisende ift. oplevelsen man får, ved at være fysisk til stede? Det menneskelige øje er langt mere lysfølsomt end kameraet, og vil tilpasse sig ift. lys, mørke, blænding etc. Samtidigt har vi heller ikke et medie, som er i stand til præstere samme lysstyrke, kontrast og farverum som øjet ser i den virkelige verden. Derfor vil det være forkert at postulere at fotografiet er korrekt. Når det så er sagt, må man forsøge at komme så tæt på som muligt, hvorfor der i processen med selve fotodokumentationen bliver truffet en lang række valg, som udelukkende beror på subjektive vurderinger. Vi har dog forsøgt at "manipulere" mindst muligt både i kameraindstillinger og efterfølgende bearbejdning af fotografierne. Vores konklusion er, at der ikke findes én rigtig måde at lave fotodokumentation på, men utallige forkerte. Man er nødt til at bruge subjektive vurderinger når kameraindstillingerne sættes ift. kontekst når man har med dagslys og/eller himmellys at gøre, og altså ikke selv kan styre lysforholdene.

Lystekniske målinger

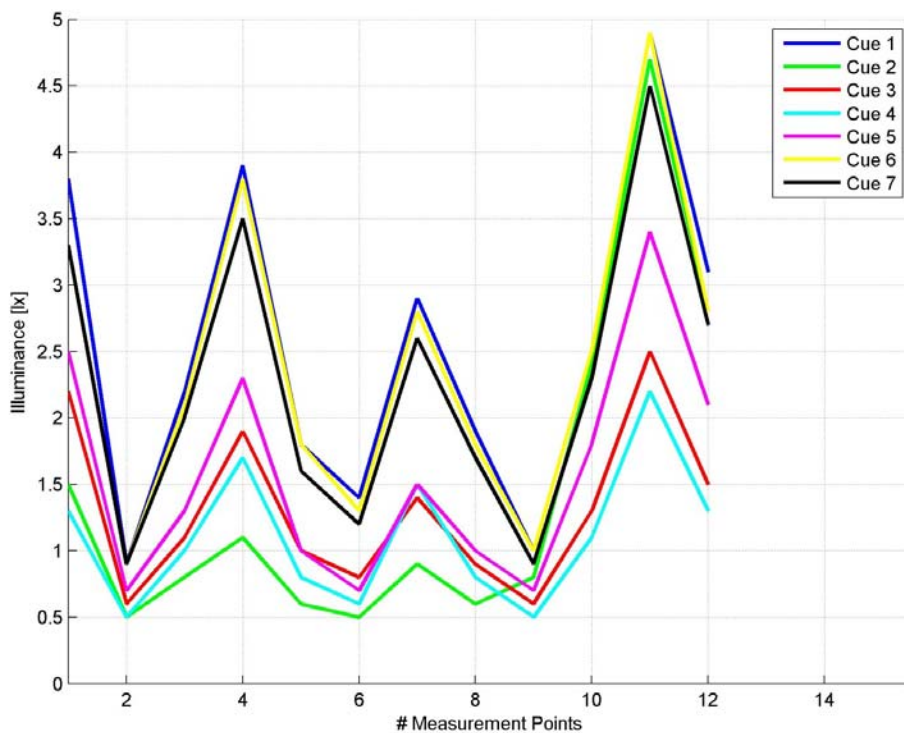
Målingerne blev foretaget 3.07.13, inden festivalen åbnede for pladsen. De blev foretaget om natten imellem kl. 24 - 02, vejret var klart uden nogen mærkbar vind. De blev foretaget i en højde på 0,88 m. De blev lavet ved at bruge et "Elma 1335 lightmeter" (lux meter) og et CL-500A Illuminance spectrophotometer fra Konica Minolta. Spectrophotometeret fra Konica Minolta gav både spektral og Illuminans målinger. Figur 5 viser planen for målingerne.



MoonWalk. Plantegning, lysmålinger

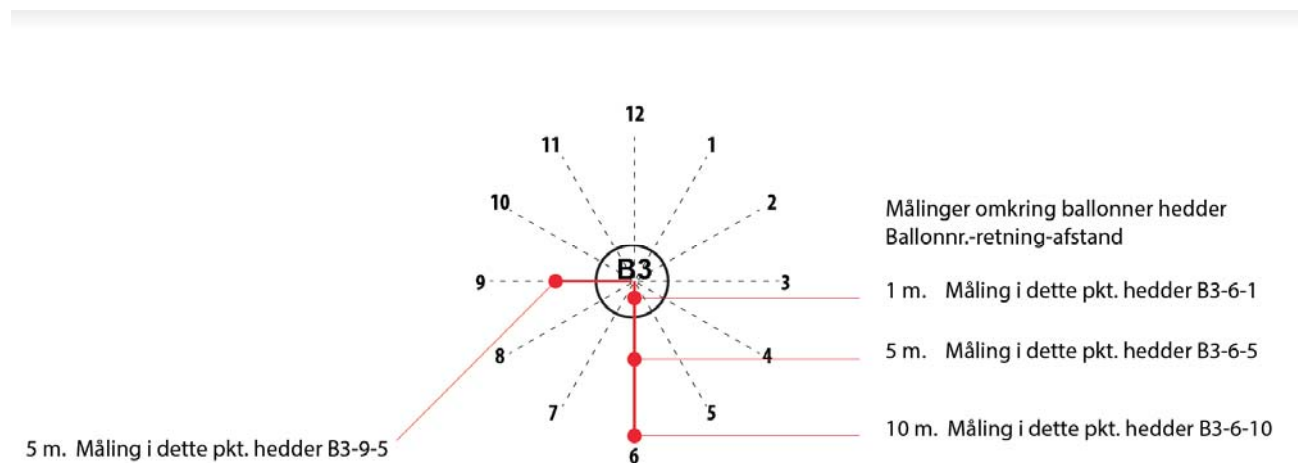
Figur 5 Plan for de lystekniske målinger på TubeWalk.

Imellem tube 1 - 3 (B1-B3) blev 12 målepunkter udvalgt. Disse kan ses på Figur 5, de går imellem mast 1 til 2 hvorefter de går imod mast 3. Illuminancen blev målt i disse punkter i de forskellige cues, resultatet kan ses på Figur 6. Det ses at der er en lille forskel imellem illuminance niveauet imellem de enkelte cues. Det ses at lysniveauet på jorden er størst når der måles 5m væk fra masterne, og at de ellers aftager jo længere væk der måles fra 5 m punktet. Denne observation vil blive diskuteret mere i næste afsnit, hvor en enkelt af masterne vil blive målt ud og diskuteret mere i detaljer.



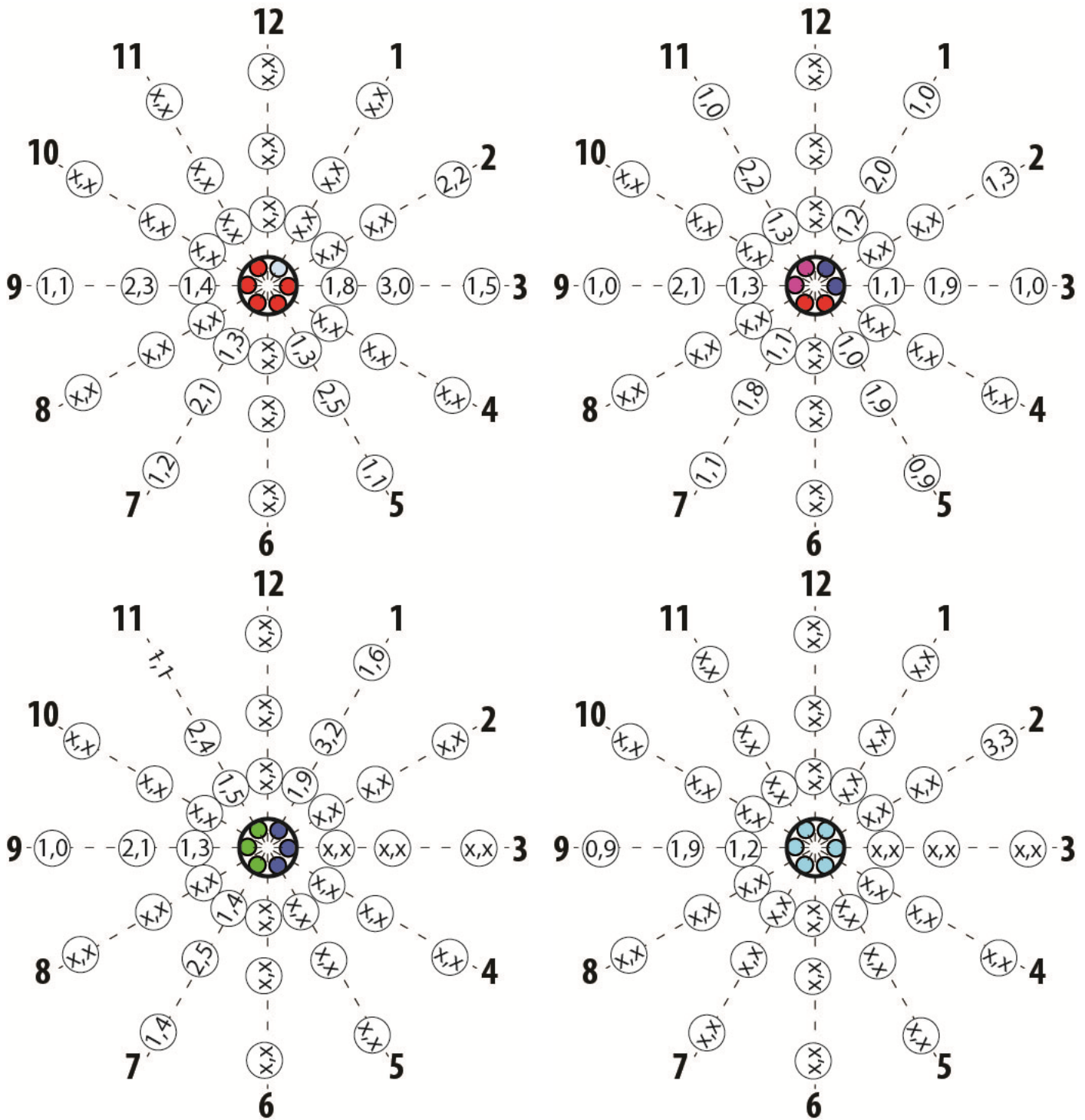
Figur 6 Illuminance som en funktion af måle punkt

Figur 7 viser de forskellige måle punkter for en LED tube. Der blev målt omkring tube 1 i de 12 forskellige retninger i 3 forskellige afstande, 1, 5 og 10 meter væk fra ballonen. Omkring denne tube blev fire forskellige cues målt, 3 - 6.



Figur 7 Målediagram for en enkelt ballon

Resultatet for målingerne kan ses i Figur 8 og Tabel 2. Hvis disse sammenlignes ses det; at en fælles egenskab for alle cues omkring denne mast er, at lysniveauet er højest i en afstand af 5m, hvis man sammenligner lysniveauet ved 1 og 10 m ses det at de er meget tæt på at være ens. Dette underbygges af resultaterne fra forrige sektion.

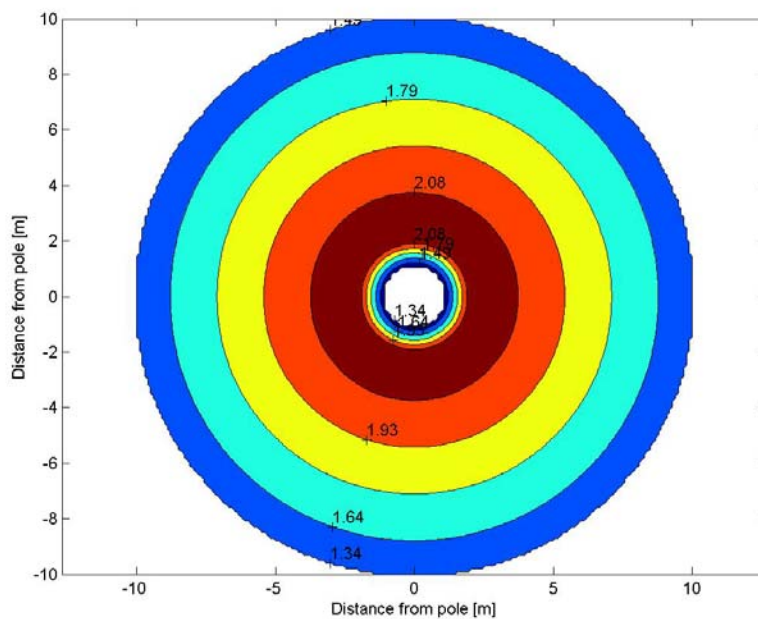


Figur 8 illuminance for de forskellige cues for tube 1. Fra top venstre til nederst højre, cue 3, cue 4, cue 5 og cue 6 ved afstande 1m, 5m og 10m væk fra centeret for masten.

Tabel 2 Denne tabel viser middelværdi og standard afvigelse for illuminancen for fire forskellige cues ved forskellige afstande fra centeret af masten.

Cue 3	Middelværdi [lux]	Std [lux]
1 m	1.45	0.24
5 m	2.47	0.39
10 m	1.42	0.47
Cue 4	Middelværdi [lux]	Std [lux]
1 m	1.17	0.12
5 m	1.98	0.15
10 m	1.05	0.13
Cue 5	Middelværdi [lux]	Std [lux]
1 m	1.53	0.26
5 m	2.55	0.47
10 m	1.52	0.60
Cue 6	Middelværdi [lux]	Std [lux]
1 m	1.2	0.0
5 m	1.9	0.0
10 m	2.1	1.70
Total	Middelværdi [lux]	
1 m	1.34	
5 m	2.23	
10 m	1.52	

På Figur 9 ses middelværdien for belysningsstyrken eller illuminansen for fire cues som funktion af afstanden, det er her antaget at tuben sender lige meget lys ud i alle retninger.



Figur 9 Illuminance middelværdi for fire cues for en enkelt mast.

Renderinger

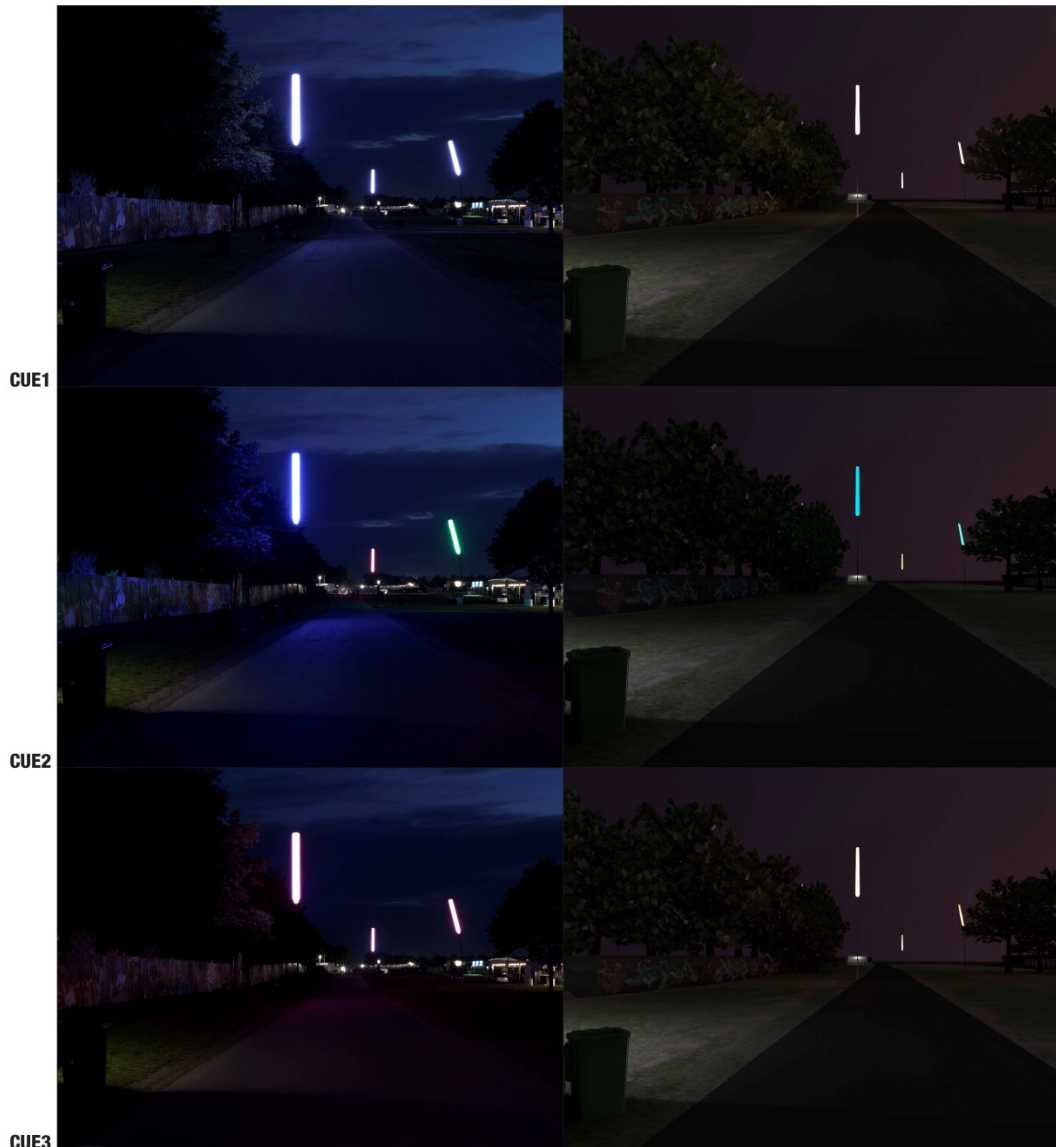
Renderingerne blev udført med brug af NVidia Mental Ray. Denne "rendering engine" er fuldt integreret i 3D Studio Max, hvilket giver en problemfri arbejdsgang for lys og materiale redigering, sammen med "rendering management". Selvom programmet oprindeligt var udviklet dedikeret til produkt design og film, har Mental Ray i de seneste år opnået tilstrækkeligt stærke og robuste egenskaber til at løse fysisk baseret simulering. Mental Ray har nogle nyttige værktøjer til at analysere lysudbredelse ved hjælp af belysningsstyrken/luminans kort, samt dedikerede luxmålere, der kunne placeres i 3D-scenen for at hente illuminance data på et bestemt område. Desuden klarer Mental Ray sig godt ved benchmarks og validering, så simuleringernes resultater er troværdige – forudsat simuleringerne baseres på de rigtige data.

Men eftersom 3D Studio Max og Mental Ray primært er udviklet til arkitekter, designere, VFX kunstnere og spiludviklere, giver det sæt af værktøjer til rådighed ikke mulighed for at gå i dybden med den fysiske beskrivelse/specifikation af simuleringens indstillinger, herunder lyskilder og materialer. Så dette medfører begrænsninger og selvopfundne tricks for at omgå det. På et meget basalt niveau, giver Mental Ray en værktøjssæt til at definere materialer som fysisk muligt. Brugere kan indtaste refleksion koefficient, gennemsigtigheds koefficient, brydningsindeks osv. Lyskilder kan også defineres med nogle fysiske parametre som emissions type, Lumen Flux, CCT, desuden understøttes fotometriske filer for at simulere nøjagtigt målt lysfordeling. Men selvom softwaren er i stand til at udføre spektrale beregninger, begrænser brugergrænsefladen da den ikke giver mulighed for at indlæse spektrale data. Dette forhold er en særlig udfordring særligt når vi arbejder med farvet lys og LED lyskilder.

Lyskilderne (LED bånd) blev modelleret baseret på tekniske oplysninger og nøjagtige målinger. LED båndene blev skabt i 3D modellen ved hjælp af rektangulære Lambertian emitterende overflader, hvilket er en ganske anstændig tilnærmelse af den fysiske opførsel af en stor LED-strip. Det farvede lys havde stor betydning for oplevelsen af FenceWalk, derfor var håndtering af dette parameter kritisk. På grund af begrænsninger i renderings programmet (Mental Ray), som ikke gør det muligt at definere lyset med spektrale data, blev det nødvendigt at bruge kolorimetriske koordinater. Disse koordinater, udstedt i farverummet XYZ 1931, blev matematisk omdannet til RGB-koordinater for at kunne anvendes i Mental Ray, som kun tillader HSV eller RGB-data. Den translucente ballonhud blev påført modellen udover LED båndene. Transmissions koefficient og den skønnede kolorimetriske egenskab blev tildelt ballonhuden. Men begge disse egenskaber er kun skøn, da den spilerdug der endte med at blive anvendt til de akut fremstillede "tubes", aldrig nåede at blive målt og karakteriseret rent lysteknisk.

FOTOS

RENDERS



Den største udfordring ved modellering af lyset i renderingerne skyldes primært begrænsninger forårsaget af den valgte renderings software Mental Ray. Programmet er ikke udviklet til videnskabelig anvendelse indenfor lys og fysik, hvorfor det var umuligt at udnytte vores lystekniske målinger til fulde. Dog kan man komme omkring nogle af begrænsningerne ved at anvende tilnærmede indstillinger, som giver et udmærket resultat, uden at være videnskabeligt korrekt.

En anden udfordring, vi ikke kunne overkomme, var himmellyset. Mental Ray har et kraftfuldt integreret værktøj til fysisk baseret himmel modellering baseret på brug af CIE og Perez himmel modeller. På trods af en stor indsats var det tæt på umuligt at matche himlens farve. En mulighed havde været at redigere billedet i Photoshop, men den tilgang ligger udenfor det regelsæt som vi havde sat op for processen, hvorfor det blev fravalgt.

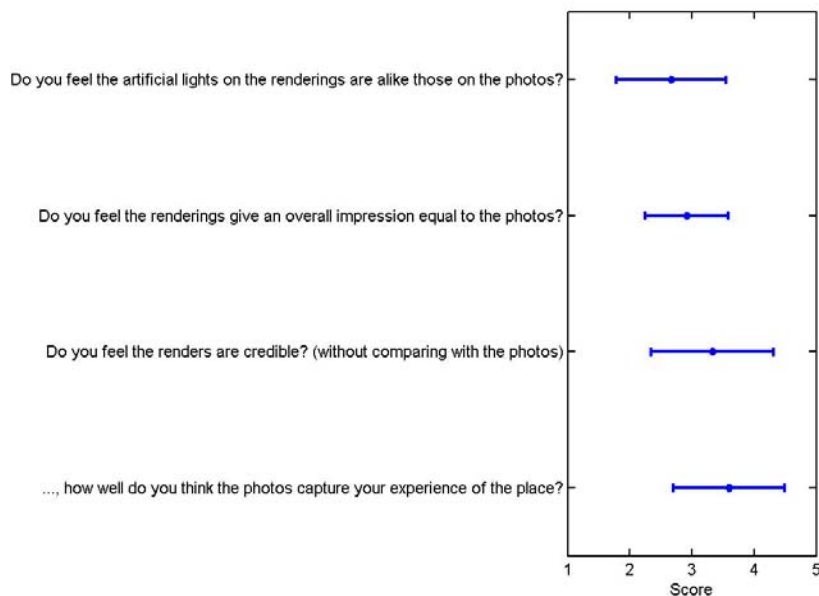
Spørgeskemaundersøgelse

Analyse af spørgeskema

I dette afsnit gennemgås resultaterne fra spørgeskemaundersøgelsen. De tolv modtagne besvarede spørgeskemaer, der blev indsamlet blandt projektets deltagere, er blevet analyseret. De indsamlede scorer (1-5) er blevet samlet til gennemsnit og spredninger af alle besvarelser for hvert spørgsmål. På nedenstående figurer er middelværdierne vist som punkter, og spredningerne, udregnet som standard afvigelser, er vist som linjer. Resultaterne diskuteres i diskussionsafsnittet.

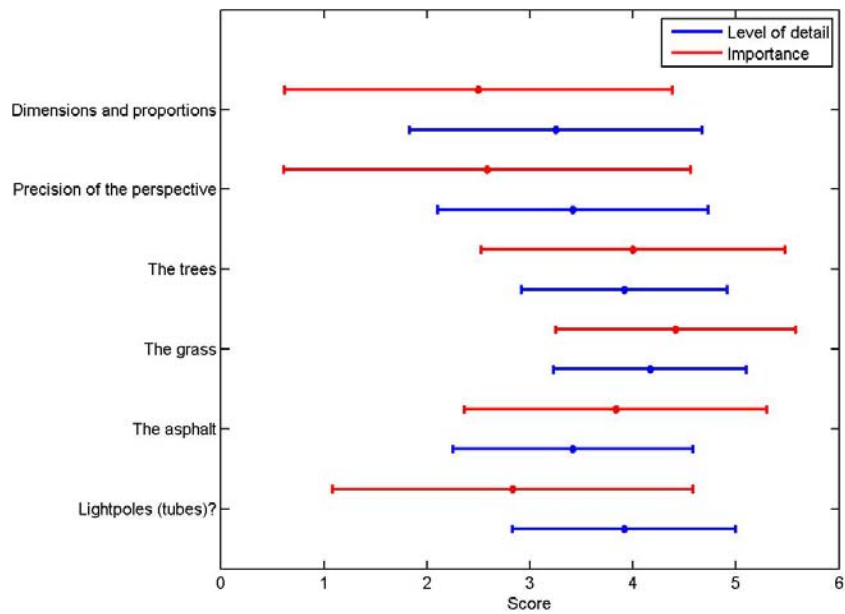
Resultat af spørgeskemaundersøgelse

Figur 10 viser resultatet for vurderingen af renderingerne i forhold til fotografierne, med hensyn til de kunstige lyskilder, generelt og om renderingerne føles troværdige. Nederste linje er scoren blandt de besvarelser der angav at have set opsætningen med egne øjne.

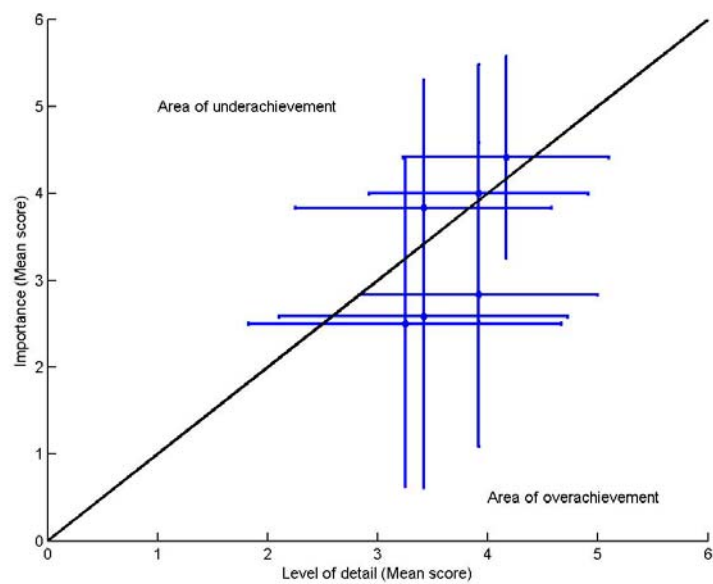


Figur 10 – Vurdering af renderingeren i forhold til fotografier, troværdighed, og egen oplevelse

Figur 11 viser middelscore og spredninger for henholdsvis den opfattede mængde detaljer og den vigtighed som associeres med den egenskab ved billedet.



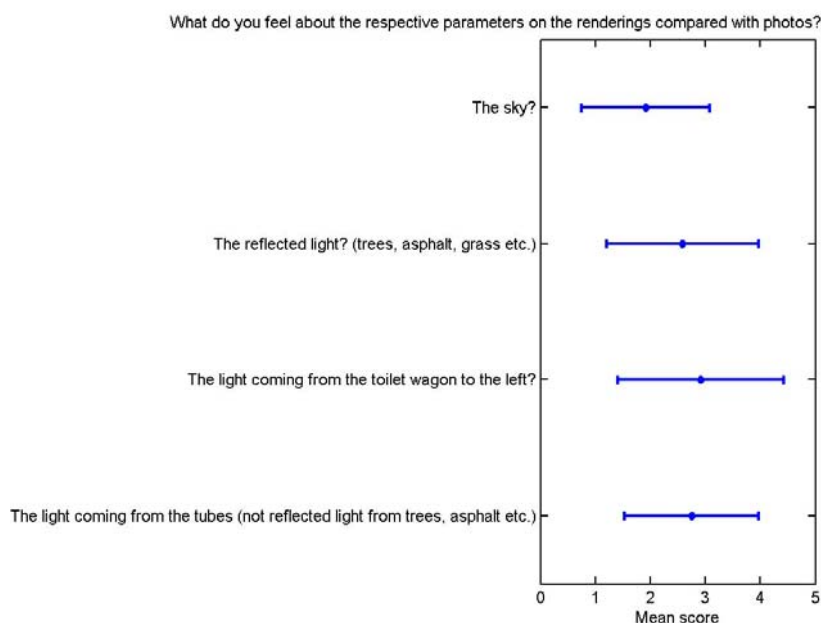
Figur 11 – Vurderingen af detaljeringsgrad og opfattet vigtighed af detaljeringsgrad



Figur 12 – Sammenhængen mellem opfattet detaljeringsgrad og opfattet vigtighed af detaljeringsgrad

Figur 12 viser samme information som Figur 11 men her er detaljegraden plottet mod folks opfattelse af vigtigheden af disse detaljer. Man kan dele grafen op sådan at punkter, der ligger over den sorte linje vil repræsentere aspekter der er renderet utilfredsstillende, mens punkter under den sorte linje vil repræsenterer aspekter, hvor arbejdsindsatsen/detaljeringsgraden har været højere end det opfattes som

nødvendigt. Punkter der ligger nær den sorte linje vil repræsentere aspekter, der er renderet i overensstemmelse med opfattelsen af vigtigheden af detaljeringsgraden. Figur 13 viser middelværdier for score for forskellige direkte og indirekte lyskilder.



Figur 13 – Vurderingen af udsenet de viste lyskilder

Diskussion af spørgeskemaundersøgelse

Det ses af Figur 10 at de udspurgte er enige om at fotografierne gengiver situationen som den oplevedes på stedet. Det gør det muligt at bruge billederne som basis for en sammenligning, der ikke kun dækker forholdet mellem fotografi og rendering, men også til en vis grad forholdet mellem oplevelsen på sitet og renderingerne. Af samme figur ses det at troværdigheden af renderingerne skønnes som højere end både ligheden med fotografierne og ligheden mellem renderede lyskilder og fotograferede lyskilder. Det tyder på at det ikke nødvendigvis er ligheden med fotografierne, der afgør om en rendering er troværdig eller ej.

Vurderingerne af detaljeringsgraden i forhold til vigtigheden af detaljer (Figur 11) viser at billedernes komposition (perspektiv, dimensioner etc.) betegnes som mindre vigtig end den detaljeringsgrad, der er opnået i renderingerne.

De objekter som dækker store områder af billedfladen (asfalt, træer, græs areal) vurderes som vigtige, mens detaljeringsgraden af lyskilderne som fylder meget lidt i billedfladen opfattes som mindre kritisk. Det ses af Figur 11 at der er noget større spredning på opfattelsen af vigtighed end der er på opfattelsen af den konkrete detaljeringsgrad. Hvis der er tale om, at mennesker har en tærskel for detaljeringsgrad, kan det betyde at ændringer af detaljeringsgraden kun vil få en del af en tilskuerflok til at opfatte en rendering "korrekt" da en høj spredning i en tærskel for detaljer vil gøre at kun en lille del af flokken for overskredet deres tærskel.

Hvis man går ud fra at detaljeringsgraden og vigtigheden af denne vurderes efter samme målestok, kan man se på de to i forhold til hinanden og se hvor forskellige aspekter lægger sig i et vigtigheds/oplevelses koordinat system. Figur 12 viser et sådant system, dette kan bruges til at vurdere hvor stor arbejdsindsats der skal lægges i at øge detaljeringsgraden af bestemte aspekter i en rendering.

I vurderingen af lyskilderne i renderingen, vist i Figur 13, skiller himlen sig ud med en markant lavere score. Som det ses på de sammenlignende billeder er forskellen på himlens udseende også markant forskellig mellem renderinger og fotografier. De andre lyskilder bliver vurderet væsentligt mere positivt, men der vil formentlig være en tendens til at én kraftig afvigelse vil få andre mindre afvigelser til at se mere ubetydelige ud.

Test af lyskilder og materialer

Til brug for nøjagtige renderinger er det nødvendigt at have præcise data for lyskilder og materialer. For lyskilder/lamper er det spektralfordeling og intensitetsfordeling, der er interessant. For materialer er det refleksions- og transmissionsegenskaber, der er vigtige. I dette afsnit vil de valgte lyskilder og materialer, der er blevet testet i forbindelse med projektet blive beskrevet.

LED bånd

I ballonerne/tube er der 12m RGB-LED bånd, der er monteret således at de lyser ud til alle sider. Det at det er RGB-LED bånd, der sidder i ballonerne, gør at lyskilderne bliver dynamiske og mange forskellige farver af lys kan opnås. Flere forskellige RGB-LED bånd er blevet testet igennem for at vurdere hvilken af dem, der udsender mest lys, og derfor bedst kan anvendes i projektet.

Fire LED bånd blev testet igennem ved forskellige standard indstillinger, førend vi fandt en, der sendte nok lys ud til at kunne anvendes i projektet. I Tabel 3 kan det ses, hvor meget lysstrømmen er for de forskellige bånd for 1 meter LED strip for en lyssammensætning med farvetemperatur på 4250K (Månelys).

Tabel 3 Lysstrøm for de forskellige farver ved farvetemperatur 4250K indstilling

	Strip 1, pr meter	Strip 2, pr meter	Strip 3, pr meter	Strip 4, pr meter
Farvetemperatur	4272 K	4251 K	4255 K	4286 K
Rød LED 12 V	25.8 lm	95.3 lm	42.4 lm	111 lm
Grøn LED 12 V	49.3 lm	171 lm	78.3 lm	208 lm
Blå LED 12 V	2.5 lm	12.9 lm	3.97 lm	12.6 lm
Total (Alle ved 12 V)	77.6 lm	279 lm	125 lm	332 lm

Ud fra dette valgte vi at gå videre med LED strip 4. Lysstrømmen for de 8 standard indstillinger, for strip 4, kan ses i Tabel 4. Til selve festivalen blev lyset styret ved hjælp af en DMX pult. DMX indstillingerne for de 8 indstillinger kan også ses i Tabel 4. Disse lysstrøms værdier blev brugt i projektet til at vurdere hvor mange meter LED strip det var nødvendigt at have inde i hver ballon for at opfylde de krav, der var sat for lysniveauet der var sat i projektet.

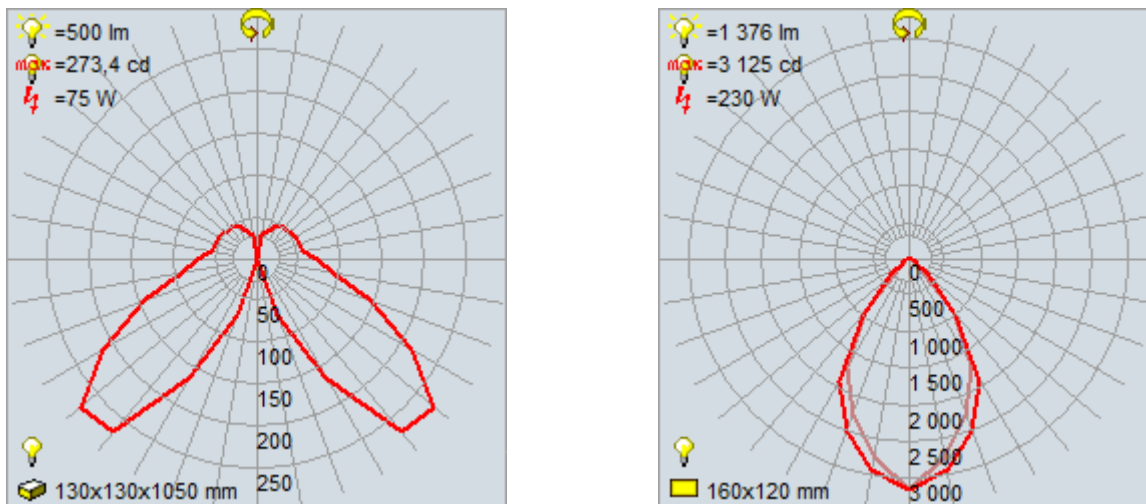
Tabel 4 Lysstrømmen for de 8 pre indstillinger samt DMX indstillinger.

Farver	Lysstrøm [lm]	CIE1930 (x,y)-koordinater	DMX indstillinger [R,G,B] Range: 0 – 255.
Varm hvid (2702 K)	266.7	(0.458, 0.408)	[255, 161, 24]

Måne (4192 K)	332.3	(0.372, 0.372)	[255, 219, 59]
Rød	115.6	(0.691, 0.308)	[255, 0, 0]
Grøn	246.3	(0.154, 0.724)	[0, 255, 0]
Blå	73.1	(0.133, 0.061)	[0, 0, 255]
Gul	351.0	(0.424, 0.515)	[242, 255, 0]
Cyan	275.2	(0.142, 0.340)	[0, 255, 108]
Lilla	150.9	(0.350, 0.157)	[255, 0, 134]

Lysmaster og halogen arbejdslamper

For at kunne beskrive lysudstrålingen fra lysmasterne langs vejen i computersimuleringen og fra halogen arbejdslamperne er der udført lys intensitets målinger som funktion af udstrålingsvinklen. Ud fra disse målinger er genereret to IES-filer, som illustreret med en IES-viewer i Figur 14. Dimensionen af lysmasten var en lysende cylinder med 0.13 m i diameter og 1.05 m høj. Arbejdslampens lysende areal var 0.16 m x 0.12 m. Lysmasten er orienteret således at den kraftige intensitet er rettet opad.



Figur 14 Målt intensitetsfordeling for lysmast og halogen arbejdslampe.

Lysmasten har en 75 W PAR 30 halogen lampe, med en korreleret farve temperatur på 2790 K, og arbejdslampen har en 230 W halogenpære, med en korreleret farve temperatur på 2990 K.

Disse data for lyskilder, lamper eller armaturer vil med DTU Fotoniks nye nærfelts goniofotometer kunne foretages langt mere præcist, hvilket vil give bedre data for lyskilder og lamper til brug ved simuleringer.

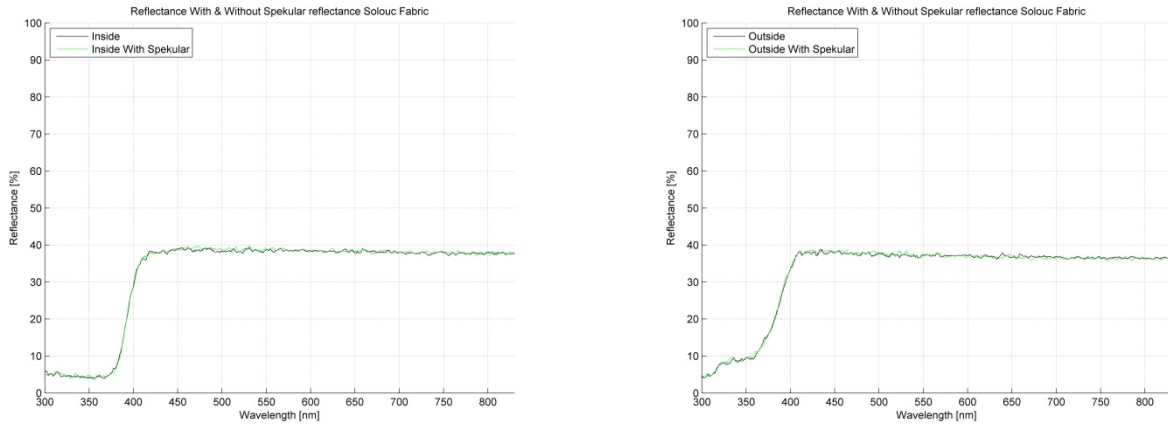
Ballon materiale

Lyset fra LED båndene bliver transmitteret igennem et ballonhud materiale. Dette gør at lyset bliver blandet og diffuseret ud i alle retninger. I dette projekt blev to forskellige typer materiale testet igennem for at se hvilket af dem, der havde den bedste spektrale transmission. Et fra Solouc og et fra et unavngivet amerikansk firma, resultaterne kan ses i sektionerne herunder.

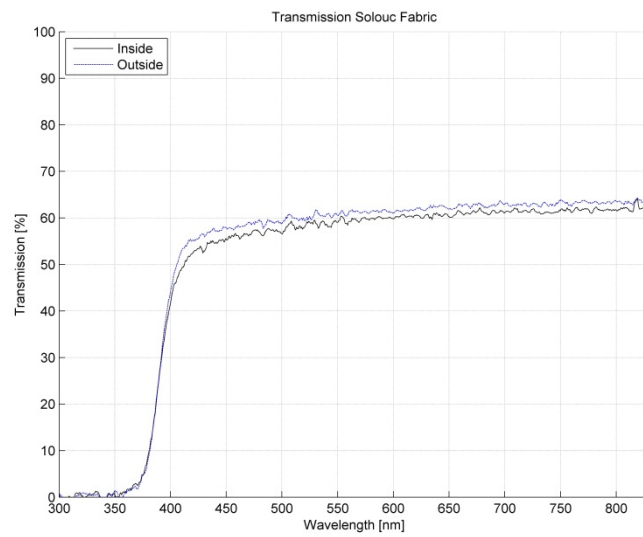
Den målte spektrale reflektans og transmittans for ballon materialet fra "Solouc fabric" ses på Figur 15.

Reflektansen er målt fra begge sider af materialet og det ses, at i det synlige område fra 400 – 830nm er reflektansen jævn på omkring 38 %. Det viser at materialet er neutralt og ikke giver en farveforvrængning.

Transmittansen for materialet ses på Figur 16 og her ses det at omkring 60 % vil blive transmitteret.

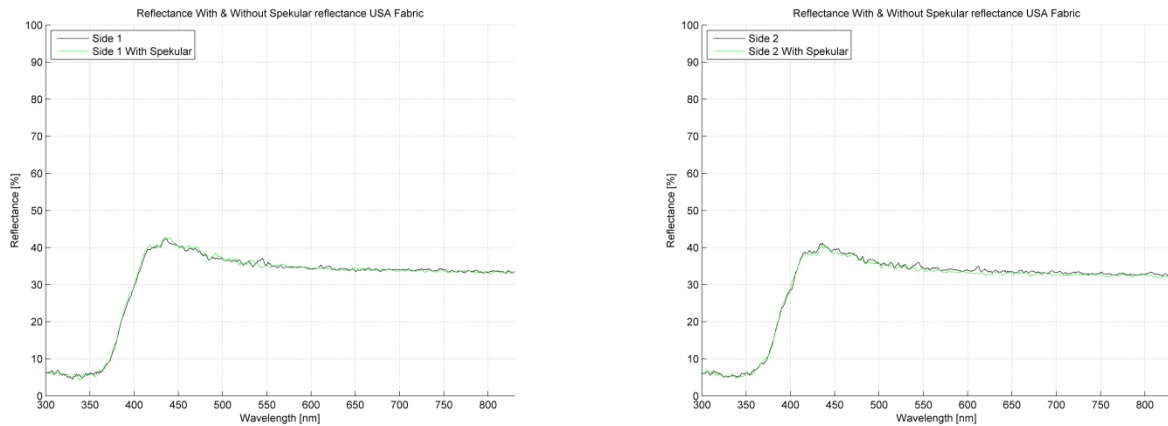


Figur 15 Til venstre ses reflektansen for indersiden af Solouc Fabric materialet og til højre ses for ydersiden.

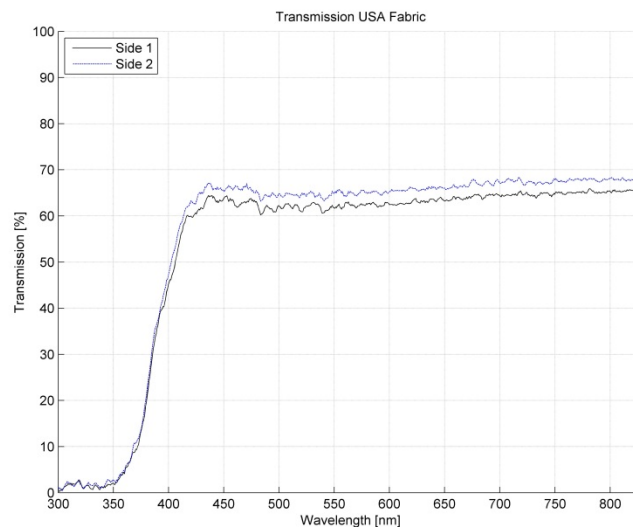


Figur 16 Målt transmittans, for begge sider af ballon materialet, for Solouc.

På Figur 17 og Figur 18 ses målt reflektans og transmittans for materialet for det amerikanske firma. Det ses at reflektansen og transmittansen i det synlige område for materialet er omkring 35 % og 65 % og ellers forholdsvist konstant i det område vi arbejder i.



Figur 17 Til venstre ses reflektansen for side1 af USA materialet og til højre ses for side2.



Figur 18 Transmittansen, for begge sider af ballon materialet, for USA-firmaet.

Ud fra resultaterne for reflektansen og transmittansen valgte vi at gå videre med materialet fra USA, da ca. 5 % mere lys vil blive transmitteret igennem materialet sammenlignet med det fra "Solouc fabric" i det område som vi arbejder i. Det skal dog nævnes at grundet de ødelagte balloner, blev der i sidste øjeblik anvendt et helt tredje materiale som ballonhud. Dette materiale har DTU Fotonik ikke karakteriseret, hvorfor lyset fra ballonerne på renderingerne ikke er retvisende eller troværdig.

Brugerundersøgelse

Kultur & Kommunikation har sammen med Roskilde Festival gennemført brugerundersøgelse vedr. lyskvalitet på Roskilde festival plads 2012 -2013 af:

- Belysningens bidrag til orientering og tryghed
- Belysningens understøttelse af og samspil med plads og funktioner
- Belysningens bidrag til oplevelsesværdi for at fremme accept og tilfredshed hos brugere

Målet med undersøgelsen er at give beslutningstagere i eventindustrien et redskab til med udgangspunkt i brugernes oplevelse af, accept og ønsker til belysningen, at træffe beslutninger om de næste skridt i udskiftning og anskaffelse af mere energieffektiv belysning.

Brugerundersøgelsen supplerer visualiseringsværktøjet og de tekniske test/specifikationer, som er anvendt i forbindelse med prøveopstilling af nyt lys på festival 2013.

Deltagere og aktiviteter i brugerundersøgelsen

Undersøgelsen er gennemført ved Festival 2012 og 2013 og har omfattet:

1. Interviews med
 - a. 60 medarbejdere ved Arena og Gloria sceneområderne
 - b. 314 festivaldeltagere, samme områder
2. 3 Fokusgruppemøder med deltagelse af i alt 12 personer fra ledelse, fastansatte og frivillige, samt grejafdeling
 1. **Publikumsgruppe** – tilfældigt udvalgte blandt antrufne indenfor de givne områder. Hertil vil den største usikkerhed knytte sig idet forhold som vejr, temperatur, stemning og usikkerhed i forhold til den adspurgte gruppes sammensætning, vil spille ind på besvarelserne. Her vil den umiddelbare og spontane oplevelse af belysningen og dens kvalitet testes.
Mål: 200 deltagere, ligelig kønsfordeling, aldersspredning
 2. **Medarbejdergrupper** - udvalgte i forskellige funktioner på området: sikkerhed/adgang, boder/leverandører, affald/renholdelse og andre funktioner, for hvem belysningen er af betydning for arbejdets udførelse. Her kan en vis kontinuitet formentlig sikres, idet flere vil være gengangere i år 2013. Her kan belysningens kvalitet vurderes i forhold til de mere funktionsbestemte parametre, set fra medarbejdernes synspunkt.
Mål: 50 deltagere, ligelig kønsfordeling, aldersspredning
 3. **Ledelse** – udvalgte i forskellige funktioner på området. Efter festival. Her kan vi opnå højeste grad af kontinuitet i forhold til begge år samt en vurdering af de funktionsbestemte parametre samt en observation af publikums og medarbejder adfærd samt tilfredshed.
Mål: 3-5 deltagere indenfor forskellige funktionsområder

Som det fremgår, er mål for antal af adspurgte opfyldt.

Introduktion og spørgsmål

Roskilde Festival er i gang med at forbedre belysningen på festivalpladsen. I den forbindelse vil vi gerne stille dig nogle spørgsmål om, hvordan du oplever belysningen på pladsen, når det bliver mørkt.

- 1) Oplever du, at du kan bevæge dig trygt rundt og orientere dig, når det bliver mørkt i dette område?
- 2) Oplever du at belysningen er generende eller ubehagelig, f.eks blænder eller forandrer farver??
- 3) Bidrager belysningen positivt til stemning og oplevelsen af Roskilde Festival som et kvalitetsarrangement?
- 4) Er der et godt samspil imellem belysningen og pladsen, funktionerne: boder, service, scener? Understøtter belysningen disse?

Der anvendes en skala fra 1 til 5 og den generelle spørgepraksis.

Fokusgrupper (Medarbejder- og ledergruppe) – tillægsspørgsmål funktioner

- 5) Oplever du belysningen på pladsen tilstrækkelig til at du/I kan udføre jeres opgave tilfredsstillende, når det bliver mørkt?
Hvis nej, beskriv hvordan/hvorfor ikke?
- 6) Når du iagttager publikum og medarbejderes adfærd på pladsen, når det bliver mørkt, er der så efter din mening negative eller u hensigtsmæssige hændelser eller adfærdsmønstre, som vil kunne afhjælpes af en ændret belysning?
Beskriv hvilke?

Konklusion

Der er generelt set en god tilfredshed med belysningskvaliteten på festivalen blandt såvel festivaldeltagere, medarbejdere som ledelse.

Der er således intet stort behov i form af utilfredshed, oplevelse af forhindring for at udføre funktioner med mere for at ændre på belysningen.

Fokusgrupper og samtaler med ledelse og medarbejdere viser dog, at svarene bygger på mangel på viden om, hvor meget mere og bedre at belysningen kan bidrage.

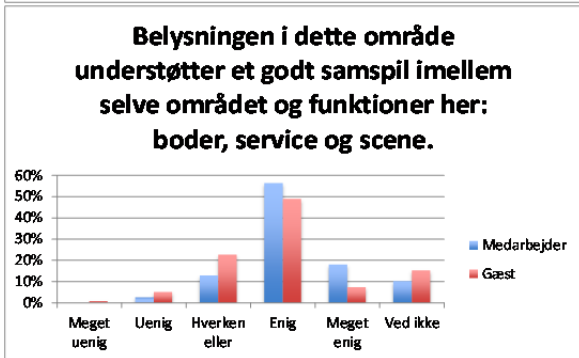
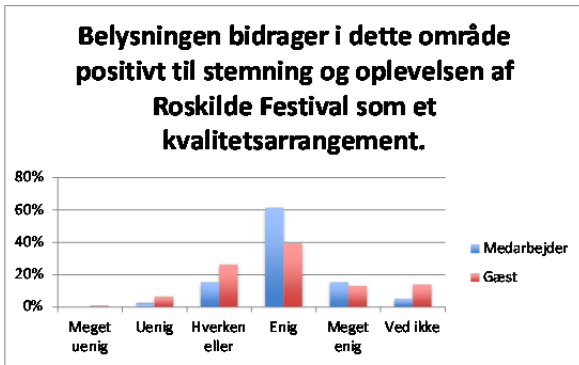
Kort sagt:

Man stiller sig tilfreds med den belysning, som nu en gang er, fordi man ikke har set eksempler på eller oplevet gode løsninger, som udnytter den nye LED teknologi optimalt.

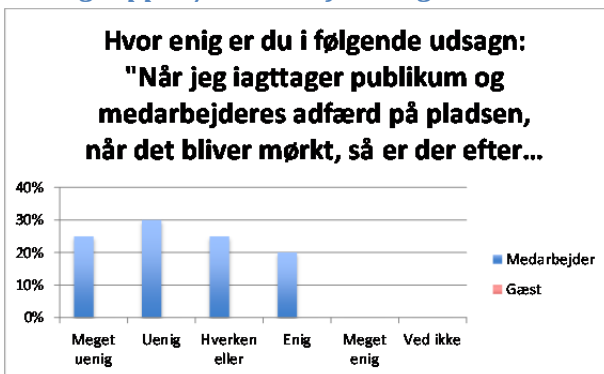
Udbredelse af mere energieffektivt kvalitetslys forudsætter derfor en oplæring eller uddannelse af beslutningstagere, forstået bredt: såvel ledelse, teknisk stab samt ikke mindst slutbrugeren (borgeren)

Her kan visualiseringsværktøjet yde et væsentligt bidrag. Der er brug for en bredere og almen rettet informationsindsats overfor brugere af belysning. LEDs teknologiske kvantespring skaber et betydeligt gap imellem brugerforståelsen af teknologiens forbedrede og mangfoldige attributter og individualiserede tilpasningsevne (til omgivelser, brug, funktion, stemning, vejrforhold m.m.)

Resultater fra undersøgelserne



Fokusgrupper /medarbejdere og ledelse



Formidling

Projektgruppen anser resultatformidlingen som en meget vigtig del af projektet. Der er i dag stor interesse både fra andre forskningsinstitutioner og erhvervslivet (rådgivende ingeniører, arkitekter, landskabsarkitekter) omkring avancerede metoder til visualisering af lysscenerier. Dette skyldes bl.a.

- At eksisterende beregningssoftware ikke giver fotorealistic visualiseringer, som kan give arkitekter og rådgivere mulighed for at formidle forskellige lysløsningers fortrin, ulemper og energiforbrug til beslutningstagere.
- At eksisterende modellerings-, formidlings- og visualiseringssoftware ikke integrerer beregningsresultater på en hensigtsmæssig måde. Således er der ingen kobling mellem f.eks. Dialux og arkitekternes BIM-modeller.

Der er derfor interesse i forskning, som kan forbedre nøjagtigheden af simuleringer, således at grundlaget for en realistisk visualisering overhovedet findes.

Projektgruppen har derfor formidlet resultaterne bredt og på følgende måder:

Der er skrevet to **artikler** til magasinet LYS, som er Danmarks eneste lysfaglige blad, og som når ud til ca. 1.200 medlemmer af Dansk Center for Lys og abonnenter.

- Dorte Gram, "Lyssimuleringer skal sikre kvalitet og energibesparelser", Artikel i LYS, 03-2013, pp. 24-25 (2013).
- Gunver Hansen, "MoonWalk og TubeWalk på Roskilde Festival 13", Artikel i LYS, 03-2013, pp. 26-27, (2013).

Nyheder om projektet har løbende været bragt i **elektroniske nyhedsbreve** hos Dansk Center for Lys og hos Innovationsnetværket Dansk LYS.

Desuden har projektets mål og resultater været omtalt i forbindelse med **foredrag og undervisning**:

- Event ved Roskilde Festival 2012 "Fremtidens Pladsbelysning"
- Lystemadag – Århus Arkitektskole 28/2-2013, med deltagelse af ca. 110 studerende og undervisere
- Region Sjælland – Temadag om lys 17/1-2013, med deltagelse af ca. 25 kommunalt ansatte lysteknikere
- Event ved Roskilde Festival 2013
- Lystemadage – Designskolen Kolding 28/1 + 4/2-2014, med deltagelse af ca. 45 studerende og undervisere

Roskilde Festivalen har præsenteret projektet på egen **hjemmeside**: http://roskilde-festival.dk/dk/arts/billedgalleri/zones/arena_zone/ .

Desuden er Moonwalk en del af Festivalens **pressekit**, som kan ses på http://roskilde-festival.dk/fileadmin/user_upload/images/2013/presse/Dokumenter/pressekits_2013/RF-art-pressekit_DK_lores.pdf

Projektet har også opnået **omtale** på f.eks. "kunsten.nu":

<http://www.kunsten.nu/artikler/artikel.php?roskilde+festival+2013+lysinstallationer> (7/7-2013)