

# LYSANDE BELYSNING?

En komparativ studie mellan  
belysningsmöjligheter och rekommendationer



**Helena Zmarzły**

Uppsats för avläggande av filosofie kandidatexamen i  
Kulturvård, Konservatorprogrammet

15 hp

Institutionen för kulturvård  
Göteborgs universitet

2010:18





LYSANDE BELYSNING?  
EN KOMPARATIV STUDIE MELLAN  
BELYSNINGSMÖJLIGHETER OCH REKOMMENDATIONER

HELENA ZMARZŁY

Handledare: Krister Svedhage

Kandidatuppsats, 15 hp  
Konservatorprogrammet



UNIVERSITY OF GOTHENBURG  
Department of Conservation  
P.O. Box 130  
SE-405 30 Göteborg, Sweden

<http://www.conservation.gu.se>  
Fax +46 31 7864703  
Tel +46 31 7864700

Program in Conservation of Cultural Property (K)  
Graduating thesis, BA/Sc, 2009/10

By: Helena Zmarzly  
Mentor: Krister Svedhage

Flawless lighting? An evaluating study between lighting and recommendations

#### ABSTRACT

One part of preventive conservation is controlling the lighting in the exhibitions. As a first step we have to accept the fact that the very act of displaying objects is causing them damage, and because the trend is for everything to be open to the public view all the time, the aim is to minimize light exposure of exhibits.

This essay will present lighting options and relate them to the current recommendations. I have put the emphasis upon describing which methods one can use to minimize the degradation of exhibits on display by eliminating UV- and IR-radiation and reducing the visible light. The intention with this essay is to investigate the current lighting options and compare these to the recommendations on lighting exhibitions.

The selections of different lighting options such as LED-, halogen- and energysaving lamps were made based on availability. Thereafter I did two types of investigations. The first one was to examine how much luminance, UV- and IR- radiation the lamps gave on 1, 2 and 4 meters and the second one was to determine at which distance you received the recommendations 50 and 200 lux. The results were put in relation to the recommendations and analyzed.

The results I had from the investigations are that there are two different types of lamps that are suitable for lighting in museums. These are the LEDsavers 48 and OSRAM halogen spot R63 ES. The LED lamp is a little bit better because it does not emit any UV- or IR- radiation.

Titel in original language: Lysande belysning? En komparativ studie mellan  
belysningsmöjligheter och rekommendationer.

Language of text: Swedish

Number of pages: 41

Keywords: Museum, preventive conservation, recommendations, illumination, lighting

ISSN 1101-3303

ISRN GU/KUV—10/18—SE



## FÖRORD

Genom praktikplatsen, HT 2009 i Museum Wilanów i Polen, upptäckes problematiken med det av EU beslutade utfasandet av olika typer av belysning från hösten 2009 fram till år 2013. Problematiken, med valet av bra belysning där var; bra färgåtergivning, ekonomi- aspekten samt utseende för anpassning till lampetter och ljuskronor i slottsmiljön.

Min vinkling för arbetet är att pröva olika typer av de nya lampvarianterna på marknaden och ställa dem mot rekommendationer vid ljussättning i museisammanhang ur en konservatorsvinkel.

Uppsatsen utveckling och genomförande hade dock inte vart möjligt utan Krister Svedhage som varit min handledare och mentor under skrivandets gång samt Christer Aronsson som hjälpt till att lösa små motgångar, så att jag kunnat utföra mina empiriska undersökningar.

Vill också rikta ett tack till min familj och mina vänner som givit ett varmt stöd och ljus i tunneln.

Helena Zmarzly  
10 Maj 2010





# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

|                                                                        |        |
|------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. INLEDNING .....                                                     | - 9 -  |
| <b>1.1 BAKGRUND</b> .....                                              | - 9 -  |
| <b>1.2 PROBLEMFÖRMULERING OCH FRÅGESTÄLLNING</b> .....                 | - 9 -  |
| <b>1.3 SYFTE OCH MÅLSÄTTNING</b> .....                                 | - 10 - |
| <b>1.4 FORSKNING- OCH TILLÄMPLINGSLÄGE</b> .....                       | - 10 - |
| <b>1.5 AVGRÄNSNINGAR</b> .....                                         | - 11 - |
| <b>1.6 METOD OCH MATERIAL</b> .....                                    | - 11 - |
| <b>1.7 DISPOSITION</b> .....                                           | - 12 - |
| 2. LJUS.....                                                           | - 13 - |
| <b>2.1 VAD ÄR LJUS?</b> .....                                          | - 13 - |
| <b>2.2 UV-STRÅLNING</b> .....                                          | - 14 - |
| <b>2.3 IR-STRÅLNING</b> .....                                          | - 14 - |
| <b>2.4 BELYSNINGSSTYRKA- LUX</b> .....                                 | - 14 - |
| <b>2.5 ORDLISTA</b> .....                                              | - 15 - |
| 3. REKOMMENDATIONER KONTRA SKADEBILD.....                              | - 16 - |
| <b>3.1 SKADOR FRÅN SYNLIGT LJUS</b> .....                              | - 16 - |
| <b>3.2 SKADOR FRÅN UV- OCH IR-STRÅLNING</b> .....                      | - 16 - |
| <b>3.3 REKOMMENDATIONER VID BELYSNING AV MUSEIFÖREMÅL</b> .....        | - 17 - |
| 4. OLIKA ALTERNATIV AV BELYSNING.....                                  | - 20 - |
| <b>4.1 INFÖR VAL AV BELYSNING</b> .....                                | - 20 - |
| <b>4.2 LYSDIOD</b> .....                                               | - 20 - |
| <b>4.3 HALOGEN</b> .....                                               | - 21 - |
| <b>4.4 ENERGISPÄRLAMPA</b> .....                                       | - 22 - |
| <b>4.5 HÖGTRYCKSNATRIUMLAMPA</b> .....                                 | - 22 - |
| <b>4.6 LYSRÖR</b> .....                                                | - 22 - |
| 5. ÅTGÄRDER OCH RIKTLINJER FÖR MUSEER.....                             | - 24 - |
| <b>5.1 SYNLIGT LJUS</b> .....                                          | - 24 - |
| <b>5.2 UV-STRÅLNING</b> .....                                          | - 26 - |
| <b>5.3 IR-STRÅLNING</b> .....                                          | - 27 - |
| 6. UNDERSÖKNINGSDEL .....                                              | - 28 - |
| <b>6.1 GENOMFÖRANDE</b> .....                                          | - 28 - |
| <b>6.2 VAL AV LAMPOR?</b> .....                                        | - 29 - |
| <b>6.3 RESULTAT</b> .....                                              | - 32 - |
| 7. DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....                                      | - 35 - |
| <b>7.1 ANALYS &amp; TOLKNING AV RESULTAT: KRITISK GRANSKNING</b> ..... | - 35 - |
| <b>7.2 FRAMTIDA UNDERSÖKNING OCH NY FRÅGESTÄLLNING</b> .....           | - 36 - |
| 8. SAMMANFATTNING.....                                                 | - 37 - |
| KÄLL- OCH LITTERATURFÖRTECKNING.....                                   | - 38 - |
| FIGUR- och TABELLFÖRTECKNING .....                                     | - 40 - |
| BILAGOR .....                                                          | - 40 - |



# 1. INLEDNING

## 1.1 BAKGRUND

---

Belysning är en av de fundamentala delarna, inom preventiv konservering, att ta hänsyn till inom museivärlden. Ljus verkar indirekt på objekt, genom sin samverkan med den relativa fuktigheten och temperaturen, men också direkt genom sin strålning. Tack vare den stora framgången inom forskningen har ämnet omskrivits, teorier och hypoteser kompletterats och raderats.

Med den pågående forskningen, i samverkan med utvecklingen av miljötänkande, har nya belysningsmöjligheter kommit ut på marknaden. Halogen-, energispar- samt LED-lampor är bara några i raden av ”nykomlingar” som dagligen utvecklas. Dessa samt intresset för nya lösningar för långvarigt bevarande av museiobjekt, är anledningarna till min uppsats.

Min första kontakt med problematiken kring ämnet (mer om det i kap. 1.2) var på min praktikplats i Museum Palace in Wilanów i Warszawa Polen. Där arbetade man med, som ett första steg, att byta ut alla glödlampor mot lämplig belysning i ljuskronor och lampetter i slottsmiljö.

Tanken med uppsatsen är att redogöra för nya valmöjligheter av belysning och genomföra en komparativ studie mellan dessa och de rådande rekommendationerna för belysning i museisammanhang ur en preventiv konserveringssynpunkt. Uppsatsen är dock ansenligt avgränsad (mer om det i kap. 1.5.)

## 1.2 PROBLEMFÖRMULERING OCH FRÅGESTÄLLNING

---

Problematiken kring att skapa god belysning vid utställningar, ligger till största delen i att tillfredsställa alla ingående parter. Ljusarkitektens kreativitet och visioner, konservatorernas rekommendationer och besökarnas behov, är de viktigaste delarna att ta hänsyn till vid val av belysning. Tanken med uppsatsen är att dessa ska konkretiseras och ställas mot den empiriska undersökningen.

Vid uppsatsens framskridande har de rådande rekommendationerna omskrivits och debatterats i ett flertal böcker och sammanhang. Uppsatsens syfte är inte att ändra på eller komplettera dessa, utan att jämföra dem med de belysningsval som finns på marknaden, tillgängligt i vardagliga affärer. I och med att det gäller de lamptyper som går att få tag på i vardagliga kedjor för den gemene människan, exempelvis Clas Ohlson eller Kjell & Company, så blir den praktiska delen naturligt avgränsad, mer än den teoretiska som beskriver risker och funktion för olika typerna av belysningsmöjligheter.

Frågeställningar att besvara i uppsatsen:

- ✓ Vad är belysning och hur påverkas museiobjekt av strålningen?
- ✓ Hur ser marknaden för lampor ut/vad finns det för valmöjligheter?
- ✓ Hur förhåller sig de valda belysningsmöjligheterna till de rådande rekommendationerna för belysning av museiföremål?

## 1.3 SYFTE OCH MÅLSÄTTNING

---

Syftet med uppsatsen är i huvudsak att presentera de belysningsmöjligheter som finns ute på marknaden samt relatera dessa till rådande rekommendationer på belysning av museiobjekt. Detta ska ske genom att utföra en empirisk undersökning på utvalda produkter.

Målet är att öka förståelse för problematiken kring belysning av museiföremål samt ge en inblick i nya valmöjligheterna från belysningsmarknaden samt återge detta ur en preventiv konserveringssynvinkel.

## 1.4 FORSKNING- OCH TILLÄMPLINGSLÄGE

---

Att forskningen, inom denna del av den preventiva konserveringen, hela tiden expanderar är en självklarhet. Frågan ”vad är ljus” är så gott som färdigforskad, i alla fall på den nivå jag beskriver i uppsatsen. Hur ljuset påverkar museiobjekt är den del av forskningen som ständigt kommer att utvecklas. Nya material och utveckling inom konstvärlden gör att denna del av forskningen inte kan upphöra.

Ett sätt för konservatorer att kunna kontrollera ljusets påverkan samt göra en någorlunda beräkning om hur länge objekt kan visas kan göras med LightCheck®. LightCheck® som är en remsa med en ljuskänslig bstrykning på ett substrat som granskas regelbundet av konservatorer med hjälp av en kontrollremsa. LightCheck® är ett relativt nytt hjälpmedel för att påvisa mängden ljus vid lång och varierad belysningsintensitet av objekt. Det är mängden ljus som färgförändrar remsan och på så sätt kan man se hur den ständiga ljusmängden skadar föremålet. Vid köp av remsorna medföljer tabeller för hur mycket ljus (lux) per år som varje färgförändring påvisar samt vilka föremål som är känsligast för dessa förändringar. För att komplettera de två typer av objekt som ställs ut, mer eller mindre känsliga objekt, finns det två sorter av LightCheck®, en för mindre känsliga objekt (LightCheck® Sensitive ”LCS”) och en för mycket känsliga objekt (LightCheck® Ultra ”LCU”). LightCheck® skall ses som ett komplement till de redan existerande metoderna, exempelvis till dataloggern, och vara ett tidigt varningssystem inom den preventiva konserveringen. (V & A conservation journal. 2004, s.1)

Marknaden för olika typer av belysning utvecklas också oupphörligt. Lamporna skall vara mer effektiva, energisnåla, färgåtergivningen ska maximeras och utseendet anpassas. När EU sätter in nya regler för miljöanpassning utvecklas nya lampor. Som ett resultat av den snabba utvecklingen bör dessa granskas och kontrolleras mot rekommendationerna för belysning.

Då utvecklingen fortskrider så pass fort samt utbytet av belysning inte ändras regelbundet i museisammanhang, har forskningen inte fått någon större inverkan på museivärlden.

En del av utvecklingen av belysning är i kategorin LED lampor. Dessa har de senaste 10 åren genomgått de största förändringarna och firman GLO är en av de ledande utvecklarna på marknaden. De tillverkar dioder med hjälp av nanoteknik. Ljusdioder användes förut mest till instrumentbrädor och stere oanläggningar, och utvecklingen har gett oss lampor. Dagens forskning, på GLO, kretsar just nu kring att öka ljuset per produktionsyta med hjälp av billigare material och sänka driftkostnaderna. (Kirsebom, L. 2010 s. 16-17)

När det kommer till utvecklingen av rekommendationer har de inte ändrats de senaste åren (mer om det i kapitel 3). Men forskning kring detta görs dagligen. För museer är det ICOM som ger rekommenderade belysningstyrkor och The Illuminating Engineering Society of North America

(IES) som ger rekommenderade totalljusmängder, alltså luxtimmar per år. ((b) Holmberg, J. 1999 s. 264)

## **1.5 AVGRÄNSNINGAR**

---

Objekt i en utställning är till för att ge en upplevelse, och det krävs mer för detta än att applicera rekommenderade värden vid ljussättning. Inriktningen på uppsatsen är att granska de skador som uppstår av ljus. Den första avgränsningen är att endast skriva om hur artificiellt ljus påverkar objekt. Hur man praktiskt på bästa sätt belyser objekt, dagsljusanvändning kontra artificiellt ljusanvändning och indykningar i olika typer av kontrollapparaturer/belysningsarmaturer är en avgränsning som gjorts på grund av arbetets vidd och tidsaspekt. Dessa tas endast upp i den mån som förtydligande fordras.

Den empiriska undersökningen avgränsas till de lamptyper som har varit tillgängliga att få tag på och har tyvärr minimerats på grund av tid, ekonomi och det begränsande sortimentet i handeln. Valen halogen, energispar-, och LED-lampor har gjorts för att det är dessa som marknaden fokuserar på att utveckla mest nu, synnerligen energispar- och LED-lampor.

Valet att endast använda sig av E27 socklar har sin grund i att det finns flest alternativ att undersöka med denna sockel. Dessutom är det en omöjlighet att redogöra för alla olika typer av socklar med den tid- och ekonomiaspekt som råder för ett arbete av denna typ.

## **1.6 METOD OCH MATERIAL**

---

Grunden till uppsatsen är en litteraturstudie om ljus och lamptyper. Därefter appliceras denna kunskap på den marknad som finns tillgänglig, och på så sätt väljs lamptyper inför den empiriska undersökningen. Den empiriska undersökningen kompletteras med en översiktlig genomgång av ämnet ljus, rekommendationer och skadebilder. Uppsatsen avslutas med en sammanställning av en komparativ studie mellan de rekommendationer som finns och de valda lamporna i förhållande till museivärlden.

Den empiriska undersökningen består av två delar och är utförd i fotorummet vid Institutionen för kulturvård. Den första genomförs genom att lamporna testas en åt gången med avstånden 1, 2 och 4 meter, på UV- och IR-strålning samt luxtal. Därefter ställs detta mot de rådande rekommendationerna för belysning. Den andra har avsikten att ta fram vilket avstånd som ger 50 lux respektive 200 lux. En utförlig genomgång om hur de empiriska undersökningarna genomförs beskrivs i kapitel 6.

## 1.7 DISPOSITION

---

Uppsatsen är uppdelad i tre stora delar. Den första delen består av KAPITEL 2, KAPITEL 3, KAPITEL 4 samt KAPITEL 5 och är den teoretiska delen. KAPITEL 2 besvarar frågan vad ljus är. KAPITEL 3 beskriver de skador som uppkommer på föremål vid felaktig belysning. Kapitlet tar också upp de rekommendationer som finns vid belysning av föremål. Kommande kapitel (KAPITEL 4) beskriver olika slag av belysning och hur deras funktion. KAPITEL 5 redogör för de riktlinjer och åtgärder som kan brukas för att minimera skadorna från ljuset.

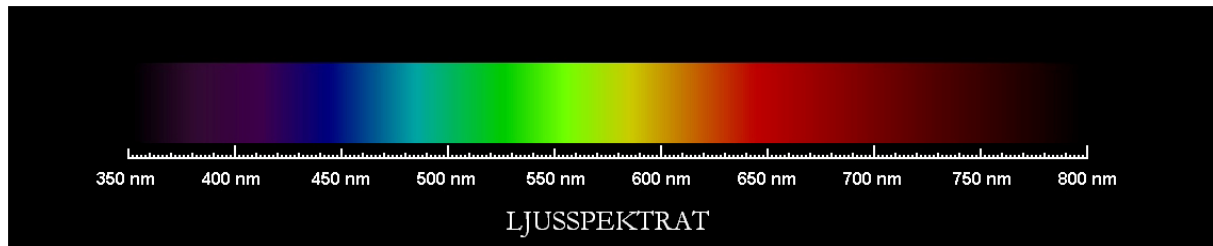
Del två i uppsatsen avser den empiriska undersökningen: KAPITEL 6 handlar om undersökning av den valda belysningen. Här redogörs metod och resultat.

Uppsatsen avslutas med en evaluering och tolkning av resultatet samt en presentation av vidare forskningsmöjligheter (del tre av uppsatsen).

## 2. LJUS

### 2.1 VAD ÄR LJUS?

---



**Figur 1. Bild på ljusspektrat. 2010 Figur: Helena Zmarzly**

Ljus är en form av energi som aldrig försvinner utan endast ändrar form. Ljuset alstras i våglängder i form av fotoner. (Thomson, G. 1986, s.3-4). Ljuset indelas i tre huvudgrupper. UV-strålning (300-400 nm), synligt ljus (400-760 nanometer) är det vi ser som regnbågens färger när man belyser en prisma med vitt ljus och IR-strålning (över 760 nm). (Museum Galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 1). Se figur ett för bild på spektrakt.

En förutsättning för att kunna beskåda och granska objekt är belysning av dessa. Ljuset är en av de fundamentala delarna för att kunna åtnjuta konstföremål men också en av faktorerna till att det uppstår skador på dem. Skador sker även på en låg belysningsnivå och skadorna är oftast växande. (Museum galleries Scotland Advice sheet-Conservation and lighting, s. 1). Se figur 2 för vanliga enheter inom belysning.

Den kemiska process som uppstår vid belysning gör att objekten både absorberar och ger ifrån sig energi. Denna process kallas fotokemisk nedbrytning (Becklén, R. 1999 s.305-308). För att de ska göra detta krävs att en aktiveringsenergi alstras mot dem, antingen i form av ljus eller av värme. (Thomson, G. 1986, s. 3-4, 188).

Den fotokemiska processen, som uppstår på molekylär nivå, där delar av ljusets våglängder absorberas, gör att molekylerna exciteras och därmed kan ljus eller värme avges (Becklén, R.1999 s. 305-308).

En grundförutsättning, för att allt levande på jorden ska fungera, är solljusenergi. Djuren utvinner sin energi från växter som utvinner sin energi från fotosyntesen. Både växter och djur har olika försvarsmekanismer, kemiska och fysiska, för att skydda sig mot ljusets nedbrytande effekter. När dessa därefter blir till delar av museiobjekt försvinner försvarsmekaniserna och ljuset har endast en nedbrytande effekt. Det blir då museianställdas arbete att se till att denna nedbrytning minimeras. (Becklén, R.1999 s. 305-308)

För att vi ska kunna se saker har vi i ögonen två typer av fotoreceptorer; stavar och tappar. Stavarna är färre i antal än tapparna, men mer ljuskänsliga. (Cuttle, C. 2007, s. 17-18) Tapparnas uppgift är att tolka färger. (Thomson, G. 1986, s. 51) Det finns en typ av stav i ögat, men tre typer av tappar. Dessa tre tappar är mer kända som L-, M-, och S- tappar som tar upp olika delar av ljusspektrat och gör att vi kan uppleva färger, dock är detta beroende på hur mycket de stimuleras, alltså andelen ljusmängd. För att kunna urskilja ljusförändringar och därmed kunna uppleva konstverk optimalt, kräver ögat att ljuset är så oförändrat som möjligt så att fotoreceptorerna har en möjlighet att anpassa sig. Ju lägre luxantal desto större är adapteringsminskningen, och färg och detaljer i konstverk blir mindre urskiljningsbara. (Cuttle, C. 2007, s. 17-18, 21)

Förutom den mänskliga faktorn för att se färger måste också ljuset innehålla den delen av ljusspektrat, för att ögat ska kunna registrera det. Det är bara om konstverket i sig innehåller lampor med annan ljussättning, som det väljs något annat än ”vit belysning” (med hela ljusspektrat). För att förtydliga, ett grönt objekt i rött ljus kommer uppfattas som grått, men i vitt ljus reflekteras det gröna spektrat och objektet uppfattas grönt. (McGlinchey, C. 1994 s. 44)

## **2.2 UV-STRÅLNING**

---

UV-strålning (<400 nm) är den strålning som medför mest skada då den har den kortaste våglängden och således innehåller mest energi. Strålningen kan inte uppfattas av det mänskliga ögat. (Museum galleries Scotland Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 4)

Ljuslängder under 300 nm kan inte penetrera atmosfären eller glas och når därför inte objekt. Glas kan eliminera UV-strålning upp till 325nm därefter krävs andra åtgärder för eliminering av resterande våglängder. (Thomson, G. 1986, s. 4-7)

Det finns två olika sätt att mäta UV-strålning på. Den ena kallas relativ strålning och mäts i mikrowatt/lumen ( $\mu\text{W}/\text{lm}$ ). Enhet anger hur stor andel strålning som finns i ljuskällan. Den andra kallas absolut strålning och anges i effekt/areal ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) och anger hur mycket effekt som avsätts på en yta. Absolut strålning anses vara ett bättre alternativ att använda sig av vid mätning då resultatet anger hur mycket effekt som avsätts på en yta. (Eshøj, B 1994 s. 490)

Det finns inget enkelt matematiskt sätt att påvisa ett förhållande mellan de två enheterna för UV-strålning. Fastän man använder sig av den ena vid strålnings-rekommendationer (som numera ligger på 0) och det andra vid mätning av strålningen, ingår fler variabler för att påvisa ett förhållande än vad som är tillgängligt på museer. Nya UV-strålnings-mätare har dock funktionen att återge båda enheterna.

## **2.3 IR-STRÅLNING**

---

IR-strålning är all strålning med våglängden längre än 760 nm och kan räknas som synlig strålning då vi detekterar den som värme. Olika sorters lampor ger olika mycket värme och det finns ingen specifik gräns för hur mycket IR-strålning som skadar föremål. (Museum galleries Scotland Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s.4)

## **2.4 BELYSNINGSTYRKA- LUX**

---

Lux är en SI- enhet som är ett mått för belysning, också kallat illuminans. Man beräknar att 1 lux är lika mycket som 1 lumen per kvadratmeter. Mätbegreppet talar om hur mycket av en ljuskällas ljusflöde som når en specifik yta. (Thomson, G.1986 s. 178)

En undersökning som Cuttle (2007)beskriver påvisar att färgseendet förändras med ålder. Enligt undersökningen bör ljussättningen, för att alla ska kunna ha samma upplevelseförmåga, vara anpassad till de olika åldersgrupperna. Undersökningen visar att för åldersgruppen 40-49 år räcker det med 50 lux, 50-59 år behöver 130 lux, 60-69 år behöver 300 lux och 70-79 behöver 900 lux. Medan åldersgruppen 20-29 år endast behöver 12 lux. Museer kan inte anpassas



sig till alla, var av 50 lux respektive 200 lux anses tillräckligt. Undersökningen visade också att belysning med över 200 lux kan skapa obehag men besökare önskar mer ljus än 50 lux. (Cuttle, C. 2007, s. 26-29)

## 2.5 ORDLISTA

---

- Lumen (lm) är ett mått på hur mycket ljus en rundstrålande ljuskälla avger, men talar inte om hur mkt energi den förbrukar. (P. R. Boyce, 2003 s. 7)
- Candela talar om hur mycket av ljuset från en riktad ljuskälla med en viss vridningsvinkel som når fram till en angiven punkt.
- Illuminans, vars enhet är lux,  $\text{Lm}/\text{m}^2$ . (P. R. Boyce, 2003 s. 7)
- $\text{W}/\text{m}^2$ , Watt är inte ett mått på hur mycket ljus ljuskällan ger men lampans effekt-förbrukning.  $\text{W}/\text{m}^2$  är således energin som faller på en kvadratmeter.
- Färgtemperatur: Färggrupperna delas upp i tre huvudgrupper:

Varmton < 3 000 K

Vit 3 300-5 000 K

Dagsljus > 5 000 K

Trots samma ljusfärg kan ljuskällor ha olika färgåter-givningsegenskaper på grund av olika spektral sammansättning. Färgtemperaturen anges i Kelvin (K) och defineras genom en jämförelse med en ”svart stråle”.

- Färgåtergivning: är lampornas förmåga att återge färg. En naturlig färgåtergivning är alltid en fördel.

## 3. REKOMMENDATIONER KONTRA SKADEBILD

### 3.1 SKADOR FRÅN SYNLIKT LJUS

---

Ljus kan endast skada där strålarna når. Eftersom de flesta objekt är opaka, resulterar det i att skadorna främst uppstår på ytan, vilket också oftast är själva objektet (exempelvis en bemålad träskulptur). Många museiföremål är sammansatta av döda växt- och djurdelar i kombination med mineraler. Sådana föremål tar mest skada då de inte har kvar försvarsmekanismer mot ljusets strålar. Andra föremål och material som har liknande struktur till de organiska objekten, som vissa syntetiska färger och plaster kan råka ut för samma skador. Föremål av sten, metall, keramik och av glas (om inte med känsliga lasyrer) anses inte ta skada. (Museum galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 2) Ben, elfenben och trä kan få förändrad ytfärg. (Thomson, G. 1986, s.2, 188)

Den fotokemiska processen, som initieras av att ljus faller på objekt, orsakar permanenta skador i den molekylära sammansättningen i objekten. Även om man har eliminerat ex. UV-strålning, kan den energi som redan fallit på objektet vara tillräcklig för att nedbrytningen ska fortsätta. (McGlinchey, C. 1994 s. 49-50) Processen beror på att objekten absorberar fotonerna, som ljuset består av. Olika komponenter i objekten har olika sammansättning och påverkas därför olika av ljusstrålning. Man anser dock att det är för komplicerat att mäta kopplingen mellan dessa. Istället kontrollerar man skador i förhållandet: ljus kontra synliga skador. (Cuttle, C. 2007, s. 39-40)

Det är när molekylerna är i sitt exiterade tillstånd som den under vissa förutsättningar kan reagera med en annan färg-, syre-, eller vattenmolekyl. När detta sker kan ljusenergin bryta ner pigmenten, eller förändra dess struktur. (Thomson, G. 1986, s. 184). Speciellt organiska pigment är utsatta för förändringar på grund av ljus. Exempelvis kochenill, violett krapplack och kermes. (Becklén, R. 1999 s. 305-308)

I och med att ljusets energi avtar från UV strålning till IR-strålning är det givet att större skador orsakas av ljusspektrat med högre energi. Därför har man också kommit fram till att det blå spektrat orsakar mer skador än det röda spektrat och följande delar av spektrat. (Cuttle, C. 2007, s. 43) Skadorna är dock inte linjära i förhållande till spektrat utan skadorna beror också på vad för typ av material, färg och pigment-sammansättningar. (Thomson, G. 1986, s. 184)

Ljus leder inte bara till färgförändringar utan också till strukturella nedbrytningar, ofta med skörhet som resultat. (Thomson, G. 1986, s. 2)

Ljussättningen i museer består ofta av både diffust och riktat ljus. För mycket av både det ena och det andra kan skapa obehag och problem vid beskådning av konsten. Båda kan försvåra tolkningen av exempelvis tavlor. Speciellt fernissade objekt och högglassiga föremål kan skapa blänk. För diffust ljus kan göra så att djup i motiven kan försvinna samt göra att objekt förefaller få färgförändring i gråa toner. För diffust ljus i kombination med fernissade objekt kan skapa platthet då ljusstrålarna inte kan komma förbi fenissan och därmed inte reflektera motivet undertill. (McGlinchey, C. 1994 s. 50)

### 3.2 SKADOR FRÅN UV- OCH IR-STRÅLNING

---

UV-strålning har den kortaste våglängden av ljusspektrat, den högsta fotonenergin och orsakar därför mest skada på objekt. (Cuttle, C. 2007, s. 39) Eftersom UV-strålning inte behövs för att

kunna se objekten och förbättrar heller inte upplevelsen av objekten rekommenderas det att helt eliminera UV strålningarna. (McGlinchey, C. 1994 s. 49-50)

På grund av den höga energin kan skador, som att pigment bleknar bort och att lacker mörknar uppstå. Organiska objekt och plaster kan få en strukturell försvagning och missfärgas emedan fernissor och andra bindemedel gulnar, blinderas och kan förlora sin glans. (Becklén, R. 1999 s. 305-308) ((b) Holmberg, J. 1999 s. 255-263) De organiska föremålen skador kommer från att kol-kedjorna polymeriseras och korsbinder mellan varandra. Fernissor och andra bindemedel absorberar inte mycket utav det synliga spektrat, utan skadorna som uppstår på dessa är främst UV-relaterade. Vanligast är då hartsen har korsförbint på molekylär nivå och därmed blir svårare att eliminera (Lighting[...]1987 s. 8). Exempelvis papper och andra kända skrivmaterial från antiken (inte sten och lermaterial) är känsliga för UV-strålning. (Thomson, G. 1986, s. 14, 16)

Silke tar mest skada av UV- strålning och kan bli av med halva sin styrka på ett par dagar. Linne och bomull kan halvera sin styrka på ett par månader, därefter stagnerar skadeverkan från UV-strålningen (Lighting [...] 1987s. 9).

IR-strålning innehåller minst fotonenergi men orsakar ändå skador på föremålen på grund av temperaturen som uppstår. Vissa lampor alstrar mer IR-strålning än ljus, exempelvis vanliga glödlampor, så det är viktigt att mäta strålningen. IR-strålningen kan också orsaka skador i samband med den relativa luftfuktigheten i form av dimensionsförändringar. Exempelvis expansion/krympning i plaster och organiska material. Dessa dimensionsförändringar påverkar i sin tur de yttre skikten på objekten, till exempel sprickbildning, separation mellan lager (färg och fernissor) och bortfall av dessa. (Cuttle, C. 2007, s. 41)

### **3.3 REKOMMENDATIONER VID BELYSNING AV MUSEIFÖREMÅL**

Forskning kring ljus och färger har pågått sedan 1600-talet, men mer modern forskning påbörjades först under 1800-talet. Genom hela 1900-talet utvecklade man teorier kring ljusets påverkan exempelvis: blekning av färger. I samband med detta utvecklades teorier om hur konservatorerna skulle förhindra nedbrytningen. (Druzik, J. & Eshøj, B. 2007, s. 51)

De första noterade rekommendationerna för museer kom 1930 i en tidskrift med namnet Burlington magazine. Därefter var det Robert L. Feller, som arbetade parallellt med Garry Thomson, som presenterade sin teori för rekommenderade värden. Han delade upp objekten i tre kategorier och gav rekommenderade värden som: 57, 142 och 258 lux, som inte skiljer sig långt från dagens rekommendationer. En tid därefter kom Garry Thomson ut med sin bok *The museum environment* som länge har vart ett ledande verk. (Druzik, J. & Eshøj, B. 2007, s. 52)

|                  | Chris Cuttle, 2007*<br>( Cuttle, C. 2007, s. 48, 265,<br>272) |           | Museum Galleries Scotland**<br>( Museum galleries Scotland, Advice<br>sheet-Conservation and lighting,<br>1995, s. 3) |           |
|------------------|---------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| FÖREMÅLSKATEGORI | LUX                                                           | LUXTIMMAR | LUX                                                                                                                   | LUXTIMMAR |
| KÄNSLIGA         | 200                                                           | 600 000   | 200                                                                                                                   | 450 000   |
| MYCKET KÄNSLIGA  | 50                                                            | 150 000   | 50                                                                                                                    | 100 000   |

**Tabell 1** Aktuella lux- rekommendationer. Tabell upprättad av Helena Zmarzły.

För att konservatorer ska kunna minimera ljusets skadeeffekt har rekommendationer utformats (se tabell 1), i syfte att enklare applicera och kontrollera. När konservatorer uppger illuminansen vid mätning, det vill säga lux-talet, anges måttet på det ljus som faller på objektet, inte det som reflekteras och därmed det som vi egentligen ser. Rekommendationerna 50 lux anses vara tillräckligt för att se färg och form och därför klassas denna parameter som maxtalet för känsliga föremål. (Museum galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 2)

Men belysningen riktad mot objektet är inte den samma som reflekteras. Mätningen bör ske på belysningsstyrkan som reflekteras för att ge en god bild av vad som krävs för att se. Detta skulle dock automatiskt innebära större skador då man ständigt höjer belysningsstyrkan ”för att man inte ser”. (Cuttle, C. 2007, s. 237).

Säkerhetsljus, som ljus från till exempel nödutgångsskyltar skall ligga på 10lux. Rekommendationer gäller då resterande belysning är släkt. (Olsson, S. 2004, s.12, 15-16)

\*Rekommendationerna för den årliga belysningen av föremål har beräknats genom en uppskattad öppettid på museer. Thomson har uppskattat 3000 timmar, vilket också Cuttle använder.

\*\*Rekommendationerna för den årliga belysningen av föremål har beräknats genom en uppskattning av hur länge museer är öppna i snitt multiplicerat med de rekommenderade lux-talen. Det ger 2184 timmar, baserat på att ett museum har öppet 7 timmar, 6 gånger i veckan, 52 veckor per år. De har sänkt lux-talet för de känsliga föremålen och höjt lite för de mindre känsliga. (Museum galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 3)

Mycket känsliga föremål: textilföremål, manuskript, färgade läderföremål, fjäder- och pälsföremål, ritningar och akvareller, miniatyrer etc. (Olsson, S. 2004, s. 12)

Föremål som inte är lika känsliga; plast, trä, horn, ben, ofärgat läder, olje- och temperamålningar, placeras i kategorin maximum 200lux. (Museum galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 2)

Föremål som inte anses ta skada av ljus, med vissa undantag, (sten, keramik, glas och metall) hamnar ändå i en kategori med 200 lux som barriär. Detta bland annat för att det är svårt för det mänskliga ögat att anpassa sig till de olika ljusstyrkorna och för mycket ljus gör inte mer nytta. (Museum galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 2)

Beräkningen 50 lux är baserad på att det krävs 10 lm/m<sup>2</sup>, för att urskilja detaljer genom att beräkna hur mycket en grå yta, som absorberar upp till 80 % av ljuset, behöver belysas för att urskilja dess färg. Chris Cuttle (2007 s. 237-238) påpekar att detta inte innebär att belysningsstyrkan är oskadlig för föremålen.

Vid mätning med absolut strålning är rekommendationerna enligt följande tabell:

| Eshøj, B 1994<br>S.492 |                          |
|------------------------|--------------------------|
| KÄNSLIGA OBJEKT        | 11 250 mW/m <sup>2</sup> |
| MYCKET KÄNSLIGA OBJEKT | 3 750mW/m <sup>2</sup>   |

**Tabell 2. Tabell över rekommendationer i absolut strålning. Tabell upprättad av Helena Zmarzly.**

I boken *Light for art's sake: lighting for artworks and museum display* av Christopher Cuttle (2007, s. 137-138) ges rekommendationerna att lampor inte bör alstra mer än  $75\mu\text{W}/\text{lm}$  i UV men man bör sikta på att eliminera UV totalt då det inte gör att man ser objekten bättre. ((b) Holmberg, J. 1999 s. 255-263). Enligt Museum galleries Scotland har dessa rekommendationer förändrats till  $10\mu\text{W}/\text{lm}$  på grund av den snabba utvecklingen av UV reducerade lampor (Museum galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 4). Men också där är målet  $0\mu\text{W}/\text{lm}$ .

## 4. OLIKA ALTERNATIV AV BELYSNING

### 4.1 INFÖR VAL AV BELYSNING

---

Lampor kan delas in i två olika huvudgrupper: glödlampor och urladdningslampor. Glödlamporna bygger på att ett filament uppvärms och alstrar ljus medan urladdningslampor producerar ljus med hjälp av elektriska laddningar i olika gaser. För urladdningslampor krävs en apparatur emellan för att initiera ljusalstringen, denna varierar beroende på vilken typ av gas som används. Urladdningslampor har funnits på marknaden sedan 1930-talet. (P. R. Boyce, 2003 s. 33) Energisparandet förhåller sig till den nu utfasade glödlampan. Miljötänkandet har lett forskningen att utveckla lampor som kräver mindre energi men ger lika mycket och samma slags ljus.

Vid val av belysning är lampans färg en viktig aspekt att ta del av. På marknaden benämns färgåtergivningen varm (2700 K), varmvit (3000 K), vit (4000 K) och dagsljus (över 5000 K). Detta strider mot uppfattningen om att ju varmare något är desto vitare är ljuset, men baseras på mänskliga faktorer som att när du blir varm blir du röd och vice versa. Färgtemperatur bör ligga mellan 2900-4200K. (Cuttle, C. 2007, s. 265, 272)

Färgtemperaturen är till största del en miljöfråga då mer energi krävs för vitare ljus, men det är också en ekonomisk fråga. För bästa färgåtergivning bör man använda sig av glas med benämningen fullfärgs-, enkelfärg- eller fullfärgs speciallampa. (lysrör. *National encyklopedin online*. Web. 16 Feb. 2010)

I och med det nya miljötänkandet är en viktig aspekt, vid val av belysning, var på den så kallade Crawfordskalan lamporna befinner sig. Skalan är indelad från A till och med G och beskriver hur effektiv (watt), och därmed också i viss mån hur miljövänlig en produkt är. Crawford skalan gäller i hela EU. (Glödlampans fasas ut. ET 2009:08 s. 1)

Utfasningen av lampor med dålig effektivitet, exempelvis glödlamporna som avger cirka 94 % till att alstra IR-strålning (Thomson, Garry. 1989, s. 172), påbörjades september 2009. Detta med att förbjuda matta glödlampor, 100W klara glödlampor och klara halogenlampor i klass D och E (>950 lumen). Succesivt fram till år 2013 skall alla klasser typer av halogener i klass D och E samt alla glödlampor (samtliga W-tal) elimineras. (Glödlampans fasas ut. ET 2009:08 s. 1)

### 4.2 LYSDIOD

---

Lysdiod, vanligen kallad LED, är lampor som utsänder ljus med hjälp av ett halvledarmaterial. Beroende på vad det är för halvledarmaterial ges olika ljuslängder, detta beror på hur mycket spänning som uppstår mellan materialen. Defektdensiteten bygger på att halvledarmaterial, på vilka dioderna uppstår när spänning uppstår, delas in i mindre bitar och får ett hölje av kiselkarbid eller safir. (Kirsebom, L. 2010 s. 16-17) Genom att excitation av fotonerna sker, blir det en så kallad elektroluminesensprocess (Light-emitting diode. *Encyklopaedia Britannica online*. Web. 17 Feb. 2010.). Mellan höljet och halvledarmaterialet kan det därefter uppstå spänningar, som därmed alstrar värme och göra dioderna överhettade.

LED lamporna användes till en början som olika kontroll och indikatorlampor men pågående forskning har gjort att alternativen på marknaden expanderat kraftigt. Fördelarna med LED lamporna är att så gott som all energi omvandlas till ljus vilket gör lamporna energisparande och

kostnadseffektiva. LED lamporna anses spara mer energi än energisparlampor och ha upp till 50 % längre livstid än glödlampor. (Glödlampan fasas ut. ET 2009:08, s. 2)

Ett sätt att åstadkomma vitt ljus med LED lampor är att kombinera olika LED lampor som emitterar olika delar av ljusspektrat, ett annat sätt är att använda sig av en LED lampa som är UV alstrande med en kompatibel fosfor. Som omvandlar UV-strålningen till synligt vitt ljus. (Cuttle, C. 2007, s. 197)

LED lampor anses vara tjugo gånger mer energieffektiva än glödlampor och miljövänligare än energisparlampor då de inte innehåller kvicksilver och i många fall drar mindre energi. Dock innehåller många kvicksilver. LED lampor är dock just nu under en utvecklingsperiod och bör kontrolleras anser Lisa Kirsebom (2010 s. 16-17).



**Figur 2. OSRAM LED- med synliga lysdioder. 2010**  
**Foto: Helena Zmarzly**

LED har fått ett större användningsområde för montrar och nära belysning då de emitterar lite värme, är små, finns i många olika former och har lång livslängd. Man ska dock tänka på deras färgåtergivning då den inte alltid är tillfredsställande. I teori anses LED- lamporna fantastiska, men i praktiken är de fortfarande i utvecklingsstadiet. (Cuttle, C. 2007, s. 207-208) Se figur 3 för en av de valda lamporna.

### 4.3 HALOGEN

Halogenlamporna kom först ut på marknaden 1960. Halogenlampan är en typ av glödlampa, som fungerar genom att en glödtråd hettas upp i en glödkolv av kvarts- eller hårdglas. Halogenlampan kännetecknas av att gasfyllningen har en tillsättning av en halogen, vanligast jod eller brom. Halogenerna gör att de förångade partiklarna från filamentet upptas av gasblandningen och bildar en förening och återförs slutligen till glödtråden på grund av den höga temperaturen. På detta sätt får halogenlampan längre livstid och ett vitare ljus (då glödlampans volframpartiklar inte återvinns utan bildar en svärta på kolven). Tyvärr medför processen att lampan hettas upp till en högre temperatur vilket är värt att anmärka på vid val av belysning. (P. R. Joyce, 2003 s. 31-32)

Halogenlampor är en utveckling av högtrycks- kvicksilverlampan och har bättre färgåtergivning än den. Ett hölje av fluorescerande puder i lampan ger ännu bättre färgåtergivning enligt Thomson. Färgåtergivningen varierar mellan 3400-2700K och livslängden ligger i genomsnitt på cirka 2000 timmar. (halogenlampa. *Nationalencyklopedin online*. Web. 16 Feb. 2010) Den UV-strålning som alstras från halogenen absorberas inte av glaset därför bör halogenerna UV-säkras. Halogenlampor anses spara upp till 30 % energi. (Glödlampan fasas ut. ET 2009:08, s.2)

Inte alla halogener anses ha bra färgåtergivning. Detta kan dock justeras med filter. Tyvärr reduceras effektiviteten då delar av det synliga spektrat absorberas. (Cuttle, C. 2007, s. 192)

#### **4.4 ENERGISPARLAMP**

---

Energisparlampor är en typ av urladdningslampa och fungerar genom att excitation av en gas urladdas i en kvicksilveratmosfär. Upphettningen av elektroderna skapar spänning med elektroner som accelererar i gasen. På grund av detta håller energisparlampor upp till 15 gånger längre. På grund av kvicksilverinnehållet måste lamporna återdeponeras på miljöstationer. (fluorescent lamp. *Encyklopaedia Britannica online*. Web. 17 Feb. 2010.).

Lampor som bygger på att elektricitet går genom en gas som kvicksilver-, kalium- eller neon ångor lämpar sig inte för belysning av utställningar då de inte har bra färgåtergivning. Men utvecklingen av dessa drivs fram väldigt fort och med hjälp av olika fluorescenter kan olika ljus alstras. Lamporna får en annan färgåtergivning då fluorescenterna omvandlar våglängderna, som kommer in, till en högre våglängd, vanligast UV-strålning till synligt ljus. Dock har inte alla fluorescerande lampor en tillräcklig bra färgåtergivning för musei-belysning. (Thomson, G. 1986, s. 8-9)

Energisparlamporna kräver mindre elektricitet då de inte alstrar ljus genom upphettning av filament, dock krävs mer elektricitet för att sätta igång lamporna. Var vid det som är mest ekonomiskt är att låta dessa vara på istället för att sätta på/stänga av. (Fluorescent lamp. *Encyklopaedia Britannica online*. Web. 17 Feb. 2010.).

#### **4.5 HÖGTRYCKSNATRIUMLAMP**

---

Som namnet anger har lampan natrium som ljusalstrande medium. Lampan kännetecknas av goda driftegenskaper och effektivitet. Det finns två olika typer av högtrycksnatriumlampor. Egenskaperna för de två beror på hur högt trycket är och påverkar därmed färgåtergivningen och styrkan. Den ena alstrar svagt gultonat ljus med högre belysningsstyrka medan den andra ett vitaktigt ljus med lägre styrka. Det förstnämnda används mest inom gatubelysning och det andra inom montrar av olika slag. (P. R. Boyce, 2003 s. 35)

Vid undersökningen av marknaden anträffades endast flertalet olika av den förstnämnda högtrycksnatriumlampan, med gultonat ljus. Dessa lämpar sig inte för belysning av objekt på grund av sin färgåtergivning.

De vitljusalstrande lamporna hittades bara med annan typ av sockel. Fastän de är rekommenderade, är de inte med i undersökningen på grund av sitt höga pris. Dessutom för att inte marknadsföra en firma har det valts att inte bifoga broschyr över dessa.

#### **4.6 LYSRÖR**

---

Lysrör är ett glaströr med lypulver, genom vilket ljuset alstras med hjälp av kvicksilverånga. Kvicksilverångan verkar genom interaktion med elektroderna, som medför en elektrisk urladdning som i sin tur alstrar UV-strålning. UV-strålningen omvandlas därefter till ljus med



hjälp av lyspulvret. Lyspulvret är en så kallad fluorescent och gör om den kortvågiga strålningen till långvågig. (P. R. Boyce, 2003 s. 33)

Färgen på lysrör varierar beroende på sammansättningen av lyspulvret. Lysrör har ofta högt ljusutbyte (uppemot 100lm/W), 9000- 12 000 timmars livslängd gentemot glödlampans 1000 timmar och 12lm/W. Lysrör anses ha bra färgåtergivning och används mycket inom industrier där detta är viktigt, exempelvis grafiska industrier. (lysror. *National encyklopedin online*. Web. 16 Feb. 2010)

Enligt Cuttle (2007 sid. 149) är lysrörslampan en användbar lampa vid upplysning av väggar i musei-sammanhang. Annars är användningsområdet främst inom magasin.

Lysrörslamporna tas ej med i undersökningen då de ej är så utvecklade samt att alternativen är få.

## 5. ÅTGÄRDER OCH RIKTLINJER FÖR MUSEER

### 5.1 SYNLIGT LJUS

---

Skaderisken för föremål är proportionell till fotonenergin i ljuset, det vill säga ju mer energi desto mer skador kan det bringa. Detta innebär dock inte att blå ytor, som är blå för att de absorberar allt ljus från resterande del av spektrat och därmed reflekterar den våglängd med mest energi (blå), kommer få minst skador, eller vice versa. Det är inte bara vilken färg som väger in utan typ av material och färg som väger in i ekvationen. (Cuttle, C. 2007, s. 45)

Vid ljussättning bör man tänka på adaptionsvänligheten för ögat och undvika blänk genom felaktig riktad belysningsarmatur. Adaptionen bör framhävas av två anledningar, den första är att olika ljussättningar och färgförändringar kan medföra stress och den andra är svårigheten för ögat att adaptera ju äldre man är. Förändringar i ljussättningen, mellan olika rum, bör ske långsamt för att kunna främja adapteringsförmågan.

Det finns ett par åtgärder som är avgörande.

#### 1. Tänk på belysningstiden

Den primära åtgärden för att minimera skaderisken vid ljussättning anses vara reduktion av belysningstiden. Det är inte bara kontroll av hur mycket belysning som faller på objektet, i form av lux, utan den totala ljusexponeringstiden som är viktigt. (Museum galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 3) När den årliga rekommenderade värdena har uppnåtts bör föremålen placeras i ett mörkt magasin. (Museum galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 3)

Den totala ljusexponeringstiden, som är en produkt av tid och ljusnivå, är behov av kontroll. Den årliga exponeringen av ljus kontrolleras då skador som uppstår på objekten står i relation till ljusexponeringen. Beroende på vilket typ av ljus som brukas, naturligt- eller artificiellt, varierar behovet av kontroll. Ett museum som brukar naturligt ljus bär riskerna med att ljusstyrkan varierar årstidsvis, vilket också resulterar i fluktuerande skadepåverkan på föremålen.

Förhållandet mellan ljus och tid kallas ”reciprocity principle”, enkelt översatt till ömsesidighetsprincipen. Detta innebär att 50 lux under 10 timmar är det samma som 100 lux under 5 timmar. Förhållandet innebär dock inte att dubbel ljusexponering medför dubbel så stora skador. (Saunders D. & Kirby, J. 1996 s. 87) Det är dock viktigt att inte påverka kvaliteten av belysningsformen utan hellre reducera belysningstiden.

Enkla åtgärder är att reducera överflödigt ljus, exempelvis när museet är stängt. (Museum galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 3) Förutom städbelysning och säkerhetsåtgärdsbelysning är resterande belysning obefogad.

Ytterligare ett sätt att reducera belysningstiden, och därmed förlänga livet på objekten, är att reducera öppettiderna för museerna. Detta går att diskutera i förhållande till ekonomi och typ av föremål. Att ha kortare öppettider måste dock inte innebära att hela museet hölls öppet kortare, utan kan innebära att alla utställningssalar inte hölls öppna samtidigt. Detta system förutsätter dock att allt ljus kan exkluderas när salen är stängd. Systemet kan inte brukas på mindre museer på grund av utbud och ekonomiska skäl. (Olsson, S. 2004, s. 17-18)

Ett annat sätt är att byta utställningarna med jämna mellanrum för att de inte ska överskrida årsrekommendationerna. Viktigt att tänka på är objektet skick och möjlighet att förflyttas.

Vidare kan man installera rörelsedetektorer så att lamporna endast tänds när besökare är på plats eller ha strömbrytare så att besökaren själv kan tända monter eller utställningsdel när de vill kolla på den. (Museum galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 3)

Energisparlampor är inte ett ekonomiskt smart val vid rörelse-detektorsystem då de kräver stor mängd energi vid start och har en längre upplysningstid för att komma till rätt styrka.

## 2. Reducering av belysningsstyrkan

Istället för att reducera tiden kan man reducera belysningsstyrkan på artificiellt ljus exempelvis. Detta genom att använda sig av lågwattslampor eller minimera antalet lampor. (Canadian Conservation Institute, 1992, s. 2) Färgåtergivning är en viktig aspekt som bör kontrolleras och undersökas. Så som lampmarknaden ser ut och håller på att utvecklas finns det gott om alternativ. (Museum Galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 5). (McGlinchey, C.1994 s. 49-50)

## 3. Ljusarkitektoniska åtgärder för att minimerar skadorna

Diffusion är ett sätt att bidra med mindre skarpa och mörka skuggor på objekten. Dessa leder till en behagligare åskådning av objekten. Ljus som faller direkt på objekten och skapar varmpunkter kan elimineras med diffusering. Endast diffust ljus eller för mycket diffust ljus kan dock göra att objekten förefaller plana och bleka (gäller mestadels måleri). Enligt Thomson (1986) är vi vana vid att ljuset är direkt (i form av solljus) eller diffust ljus från himlen. För optimal ljussättning i museer bör man applicera denna "formel" för att få en naturlig känsla, enligt honom. Han anser att belysning bör vara från skenor och vinklas i 45° för en naturlig känsla (Thomson, G. 1986, s.28, 35).

För bästa belysning bör utställningarna belysas med både direkt och indirekt (diffust) ljus. (McGlinchey, C. 1994 s. 44-52) Belysning med endast diffust ljus är användbart om objektet själv är sammansatt av ljus och kan belysa sig själv. (Cuttle, C. 2007, s. 144).

Enligt Cuttle (2007) är det en skillnad på att belysa fasta- och tillfälliga utställningar. En konstlärare som går och ser en fast utställning många gånger får olika upplevelser varje gång pga. det skiftande ljuset (solljus, endast artificiellt, skymning etc), vilket Cuttle anser vara positivt. Medan en tillfällig utställning bör belysas enligt rekommendationer, men med maximal upplevelseförmåga. Det vill säga först och främst endast belysa när objekten betraktas för att kunna använda sig av en starkare belysning för maximal upplevelse. Detta beror också på om den tillfälliga utställningen är rörlig eller en enstaka utställning. (Cuttle, C. 2007, s.9)

Ytterligare ett sätt är att inte placera alla ljuskänsliga föremål tillsammans. Om kollektionen är stor och exempelvis har flera, lika ljuskänsliga, föremål bör man inte visa alla tillsammans. (Ljuset förför[...], 1999. s.14-16)

Ljusslussar kan anordnas för bättre adapteringsförmåga och behaglig åskådning av objekten vid reducerad/låg belysningsstyrka. Objekt med en mycket stor skörhetsgrad, som kräver mycket låga belysningsstyrkor (även under 50 lux) kräver slussar så att ögonen hinner adapteras till ljussättningen. (Ljuset förför [..] 1999 s. 16)

## 4. Montering och montrar

Genom att montera överdrag på montrar, som man kan dra åt sidan för att beskåda objekten, kan man reducera årsluxantalen avsevärt. Nackdel är att om en besökare glömmet av att flytta tillbaka

överdraget/gardinerna måste någon annan, möjligtvis vaktansvarig, göra detta. (Cuttle, C. 2007, s. 236) Textilöverdrag på möblemang kan skyddas med samma förfarande.

Belysning av montrar bör ske utanför monter då lampor i montrarna kan ge risk för värmeskador på objekten. (Thomson, G. 1986, s. 36). Problematiken kring belysning av montrar utanför, kan vara att det kan skapa reflektionsmönster. (Cuttle, C. 2007, s. 176)

I montrar kan också strömbrytare användas, där besökarna själv belyser en monter när de står vid den och som belyser objekten en angiven period. Här bör man, på ett ungefär, räkna ut hur ofta montern skall belysas och därefter välja lamptyp, så att de inte överskrider de årliga rekommendationerna.

## 5. Andra viktiga aspekter

Vid konstruerande av nya utställningar och museer bör ett samarbete mellan ljusarkitekt och konservatorer vara en initierande grund för arbetet. Det sker oftast justeringar till ljussystemet efter att utställningar är klar. Oftast sker detta på grund av en bristande kommunikation mellan dessa två parter. (Ljuset förför[...]1999 s. 20)

Kontroll av hur mycket ljus som faller på objekten med hjälp av exempelvis LightCheck® (se kapitel 1.4)

## 5.2 UV-STRÅLNING

---

I och med UV-strålning inte tillför något vid betraktandet av föremålen och på grund av sitt höga energiinnehåll är rekommendationen att den elimineras helt. (*Control of damage to museum objects by optical radiation*, 2004 s. 1) Detta gäller både för artificiellt- och naturligt ljus. (Museum galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 1) Detta kan man göra på olika sätt med hjälp av UV absorberande media.

Vanligt ofärgat glas kan filtrera bort UV-strålning upp till 300nm. Detta gäller den strålning som inte filtrerats bort av atmosfären eller i lampor. Därefter beror effekten av glaset på tjockleken men också färg kan påverka. (Clarke, J. 1980 s. 17-18)

Ett annat sätt att göra detta på är genom att använda sig av UV-filter. Ett bra sådant bör inte släppa igenom mer än 1% av strålningen mellan 320-380 nm och max 50% vid 400 nm. ((a) Holmberg, J. 1999 s. 264-275).

Med dagens marknad av lampor är det enkelt att hitta lamptyper med inkorporerade UV-filter. Genom att enbart använda sig av sådana lamptyper vid belysning, elimineras UV-strålningsproblematiken.

När Thomson skrev sin bok (1986), fanns det fyra olika typer av UV- filtreringsmedia på marknaden. Det första var ett akryl- eller polykarbonat filter, också känt som polymetylmetaakrylat men mest känt som perspex, plexiglas. Perspex VE och plexiglas 201 är de med UV- filter. Nackdelen med dessa filter är att det kan uppstå elektrostatiska spänningar vilket kan leda till att damm och exempelvis pigment från pasteller kan avsättas på ytan. Detta kan åtgärdas med en fernissa som tar bort spänningen. (Thomson, G. 1986, s. 18, 33)

Ytterligare en nackdel är att UV-filmer som appliceras på glas agerar som offermaterial som i sin tur betyder att de tar mycket stryk. I utställningssammanhang är skadorna mindre än vid

användning av filmerna på fönster. Vid applicering av dessa filter i montrar bör filmen ligga på insidan för att ta minst skada från rengöring samt att glaset eliminerar lite och därefter tar UV-filmen resterande. Vid nedmontering av filmen krävs mekanisk bearbetning. Eftersom lampan är en förbrukningsvara är det mer effektivt att inhandla en ny lampa än att montera om filmen.

Thomson fortsätter med att nämna acetatfolie och UV-blockerande fernissa som UV-filtreringsmedia. Fernissan kan användas på objekt, montrar och lampor. (Thomson, Garry 1986, s.42) Fernissan har i vissa sammanhang flagnat av efter antal år. Detta tros bero på kondens och glasets rörelse (gäller främst i utomhus-sammanhang) (Staniforth, S. 1994 s. 118).

Den fjärde typen av filtreringsmedia är två lager glas med UV blockerande plastinslag mellan lagren, så kallat laminerat glas. Denna typ används till fönster och kräver mycket mindre underhåll än de tidigare nämnda alternativen. (Thomson, G.1986, s. 18)

Ett krav för UV-filtreringsmedia är att förhindra all UV-strålning utan att påverka det synliga ljusspektrat. (Thomson, G. 1986, s.16, 18) Många medel har en förväntad livslängd på mellan 5-10 år och bör därför kontrolleras vid inköp mot produktinformation och användas därefter som referens. (Museum galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 5) (Cuttle, C. 2007, s.137-138)

Alla UV-filter lämpar sig inte för halogener på grund av dessa lampors höga värmealstring. Det är viktigt att kontrollera med producenten om det valda materialet lämpar sig. (lighting. 1987 s. 26)

Ljus reflekterat mot en vitmålad yta innehåller 20 % mindre UV-strålning. (Museum galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 4) Titanvitt fungerar bäst men bly- och zinkvitt fungerar också som absorberande medel. Kalkvitt kan dock inte användas. (Thomson, G. 1986, s.18)

Ljus som alstras via fiberoptiksystem filtrerar automatiskt ut både IR- och UV-strålning. Detta system kan lämpligast användas i montrar.

### **5.3 IR-STRÅLNING**

---

Alla lampor avger IR-strålning men olika mycket, därför lämpar sig vissa typer bättre för nära belysning och i montrar, om detta är behövligt. (Thomson, G. 1986, s.45)

Skadorna från IR strålning kan enklast elimineras genom att undvika att rikta ljuset och skapa så kallade ”värmeområden”. Det finns också lampalternativ som dirigerar IR-strålning ut genom baksidan av lampan och på så sätt elimineras dessa värmeområden. Sådana bör inte användas i montrar. (Museum galleries Scotland, Advice sheet-Conservation and lighting, 1995, s. 4-5).

Eftersom skadorna uppstår på grund av värme påverkar endast föremålen när lamporna är på. Om lamporna skapar värmeområden kan på och avstängning av dessa accelerera nedbrytningen av objekten. Detta då vissa material inte kan anpassa sig till de snabba fluktueringarna och sprickor och liknande uppstår. Det är svårt att urskilja de skador som orsakas endast av IR-strålningen då den ofta samverkar med andra processerna. Det är dock lika viktigt att eliminera IR-strålningen som UV-strålningen (Cuttle, C. 2007, s. 41)

## 6. UNDERSÖKNINGSDEL

### 6.1 GENOMFÖRANDE

---

De empiriska undersökningarnas mål är att mäta de olika parametrarna och jämföra dessa mot rekommendationerna i förhållande till de valda lamporna. Undersökningarna utförs i ett fotorum, som har svartmålade väggar och där inget ljus inkommer.

De valda produkterna, alla med E27 socklar, valdes då det inte är ekonomiskt möjligt att testa alla olika socklar samt samtliga möjliga lamptyper. E27 är de vanligast förekommande och lättillgängligaste socklarna. Utbudet för de valda lampsorterna är också som mest utvecklat för denna typ av sockel. Energin på den empiriska undersökningen läggs därför på ett så brett resultat som möjligt med den tids-och ekonomimarginal som existerar för utförandet av uppsatsen.

Spotlampor, som är vanligt inom museisammanhang, har vanligtvis annan typ av sockel men likadana lamptypsalternativ, därför påverkas valet E27 sockel endast minimalt.

Urvalet baserades först och främst på tillgänglighet. Utbudet är stort men i och med att den utvecklas så snabbt har inte butikerna möjlighet att hela tiden byta ut sitt sortiment. Samtidigt lämpar sig inte alla för museala sammanhang. Firmorna utvecklar vanligtvis ett par lampor av ett slag, exempelvis två-tre stycken LEDlampor eller väljer att specialisera sig på en typ exempelvis endast energisparlampa. Detta gör att, även om så önskas, blir urvalet något begränsat och kan ses som marknadsföring.

De nyaste varianterna är oftast dyrare, så urvalet baseras också på ekonomiska möjligheter. Men i övrigt är urvalet slumpmässigt, mellan olika firmor, Watt-tal och belysningsstyrkor.

Lamporna får namnet 1-5 inom varje typ av lampa för att inte härledas till firma utan diskuteras neutralt.

I båda undersökningarna mäts LUX-strålningen när mätaren får sitt högsta tal. Detta är av två anledningar, vinkel mellan mätare och ljuskälla kan ge olika resultat, samt att vissa lampor har en "tändartid" för att ingå maximal belysningsstyrka. Ibland har denna tiden vart ett antal minuter.

Specifikation om de olika mätinstrumenten finns som bilaga I.

#### UNDERSÖKNING 1

Den första undersökningen baseras på att lamporna testas på 1, 2, och 4 meters avstånd. Detta för att få ett så brett resultat som möjligt för de olika enheterna. För ett så likt mätavstånd som möjligt markeras position med markörer på golvytan. Avgränsningen på 4 meter avgörs på grund av rummets dimension.

Lamporna testas en åt gången genom att placeras i sockelhållare, varefter lamporna tänds. Sedan mäts enheterna var och en för sig på de tre avstånden. Mätarna ska hållas i rätt vinkel mot produkten. Resultatet skrivs ner i på förhand gjorda tabeller av uppsatsförfattaren. Avståndet anges i meter med en felmarginal på  $\pm 0,01$  lux;  $0,1^\circ\text{C}$  och  $1,0\text{ w/m}^2$ .

## UNDERSÖKNING 2

Den andra undersökningen baseras på att få fram avståndet mellan lampa och 50 respektive 200 lux. Genom att tända varje lampa och därefter backa tills 50 och 200 lux har nåtts, kan man uppskatta avståndet för att förhålla sig till rekommendationen. Här kan resultatet avgränsas av rummets dimension. Resultatet skrivs ner i på förhand gjorda tabeller av uppsatsförfattaren. Avståndet anges i meter med en felmarginal på  $\pm 5\text{cm}$ .

### 6.2 VAL AV LAMPOR?

De valda LED lamporna varierar i styrka, ljusstyrka och utseende: som spotlights och som glödlampsformade. De klotformade har matt glas medan de utformade som spotar har synliga LEDs och klart glas. LEDlamporna finns också med en annan typ av sockel med samma alternativ. Se figur 3 för de valda LED lamporna.



**Figur 3. Samtliga valda LED lampor. Benämning 1-5 läst från vänster till höger. 2010 Foto: Helena Zmarzly**

Andra typer av LED lampor från andra firmor har sorterats bort på grund av sin färgåtergivning. Dessa drog sig åt det blåare hållet, vilket inte lämpar sig i museisammanhang.



**Figur 4. Samtliga valda halogen lampor. Benämning 1-5 läst från vänster till höger. 2010 Foto: Helena Zmarzly**

Det positiva är att alla alternativ har crawfordklassificering A, vilket betyder att det är ett klokt miljömedvetet val.

De valda halogenerna har alla crawfordklassificeringen C. Lampmarkanden som varit tillgänglig ser inte bättre ut än så. Det fanns halogener med klassificeringen C eller D att välja mellan. Fyra av alternativen är klotformade med klart glas och en är utformad som en spotlight. Se figur 5.

Energisparlampor är den del av marknaden som de flesta firmor satsat på. Vissa firmor har lampor med annorlunda egenskaper; exempelvis dimbara och utan kvicksilver. Priserna hos alla firmor skiljer sig från ett par tiotus till upp emot 200kr för en lampa. (Se figur 6 för de valda energisparlamporna).

Inga energisparlampor med synlig spiral har valts då det inte anses användbara vid belysning av museiföremål på grund av sitt utseende. Istället är samtliga valda lampor: matta och klotformade.



**Figur 5. Samtliga energisparlampor. Benämning 1-5 läst från vänster till höger. 2010 Foto: Helena Zmarzly**

Tabell 3 visar samtliga valda lampor i förhållande till varandra. Vilken Crawford klassificering de har, färgtemperatur, pris och annat som har kunnats ta reda på om dessa.



| parametrar<br>Typ | Namn                                             | Subjektiv<br>benämning i<br>uppsatsen | Crawford<br>klassifi-<br>cering | UV-<br>filter | Effekt<br>(W) | W-<br>motsvarar | Brinntid<br>(Timmar) | Ljusstyrka | Dimbar | Färg-<br>temperatur<br>(Kelvin) | Pris  | Garanti |
|-------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------|---------------|-----------------|----------------------|------------|--------|---------------------------------|-------|---------|
| LED               | OSRAM parathom<br>classic A, 80061-01            | 1                                     | A                               | nej           | 2             | 15              | 25 000               | -          | nej    | 2700                            | 99:-  | 25 år   |
|                   | LEDsavers 48, 63-994                             | 2                                     | ?                               | nej           | 2,7           | -               | 25 000               | 95lm       | nej    | 2700                            | 119:- | -       |
|                   | LEDsavers 30, 63-988                             | 3                                     | ?                               | nej           | 1,8           | -               | 25 000               | 65lm       | nej    | 2700                            | 99:-  | -       |
|                   | LEDsavers 28, 63-987                             | 4                                     | ?                               | nej           | 1,7           | -               | 25 000               | 60lm       | nej    | 2700                            | 99:-  | -       |
|                   | LEDsavers 21, 63-953                             | 5                                     | ?                               | nej           | 1,3           | -               | 25 000               | 45lm       | nej    | 2700                            | 89:-  | -       |
| HALOGEN           | OSRAM Halogen<br>classic A ES, 64547 A<br>ES     | 1                                     | C                               | ja            | 70            | 100             | 2000                 | 1200lm     | -      | Naturligt<br>ljus               | 19:-  | 2år     |
|                   | OSRAM Halogen<br>classic A ES, 64544 A<br>ES     | 2                                     | C                               | ja            | 52            | 75              | 2000                 | 840lm      | -      | Naturligt<br>ljus               | 19:-  | 2år     |
|                   | OSRAM Halogen<br>Spot r63ES, 64546<br>R63 ES     | 3                                     | C                               | ja            | 42            | 60              | 2000                 | 960cd*     | -      | Naturligt<br>ljus               | 29:-  | 2år     |
|                   | PROOVE: Energy<br>saving halogen, Art.<br>LA5411 | 4                                     | C                               | -             | 42            | 60              | 1500                 | 370lm      | -      | -                               | 19:-  | -       |
|                   | PROOVE: Energy<br>saving halogen, Art.<br>LA5410 | 5                                     | C                               | -             | 28            | 40              | 1500                 | 624lm      | -      | -                               | 19:-  | -       |
| ENERGI-<br>SPAR   | North light 36-3667                              | 1                                     | A                               | nej           | 15            | 75              | 10 000               | 800lm      | nej    | 2700                            | 69:-  | -       |
|                   | Megaman GK715d                                   | 2                                     | A                               | nej           | 15            | 75              | 10 000               | 800lm      | ja     | 2700                            | 179:- | -       |
|                   | Megaman GSU111                                   | 3                                     | A                               | nej           | 11            | 60              | 10 000               | 570        | nej    | 2700                            | 99:-  | -       |
|                   | Kjell & Company<br>63061                         | 4                                     | A                               | nej           | 11            | 60              | 10 000               | 530        | nej    | 2700                            | 29:-  | -       |
|                   | Kjell & Company<br>63062                         | 5                                     | A                               | nej           | 7             | 40              | 10 000               | 290        | nej    | 2700                            | 29:-  | -       |

**Tabell 3. Tabell med specifikationer för de valda lamporna.**

\* Se tabell sidan 13.

## 6.3 RESULTAT

---

### UNDERSÖKNING 1

Tabell 4 visar resultaten från undersökning ett.

Två resultat har samtliga lampor gemensamt: ljusstyrkan är i förhållande till lampornas w-tal och ljusstyrkan avtar med avståndet.

Mätningarna visar att LED lamporna 2 och 5 hade bättre belysningsstyrka än den klara lampan (1) och de två matta lamporna (3 & 4). Detta då de är spotformade och ljuset riktat. Ingen av LED lamporna visade tecken på UV-strålning. Varken på 1 meters avstånd eller på 0,2 meters avstånd. Vilket är positivt då rekommendationen för UV-strålning är 0 W/m<sup>2</sup> och 0 µW/lm.

För halogenerna är det halogen nr 3 som hade starkast belysningsstyrka, också här för att ljuset är riktat. Gemensamt för halogenerna är värmealstringen som sätts igång direkt vid strömtillförsel. En mindre ökning i IR-strålning kan anas i resultatet.

På dagens marknad finns det inte halogener som alstrar mindre IR-strålning, endast med IR-strålning som riktas ut genom baksidan eller med kylsystem inbyggt. Dessa finns dock inte tillgängliga i E27 socklar.

Ett oroväckande moment i resultatet är att samtliga halogener avger UV-strålning. Detta är förvånande då lamporna 1, 2 och 3 ska ha UV-filter och inte ge någon strålning. På en meters avstånd ger endast en lampa tecken på UV-strålning. Resterande ger tecken på UV på 20 centimeters avstånd vilket också betyder att det finns UV-strålning på längre avstånd men att mätaren inte kan registrera detta. Halogen nr 3 ger 2 mW/m<sup>2</sup> vilket är långt under de tidigare rekommendationerna och kanske därför kan märkas med att den har UV-filter.

Energisparlamporna har ingen klarglasad ljuskälla med hög belysningsstyrka. Ljusstyrkan är i förhållande till avståndet och W-talet. Samtliga lampor gav ifrån sig både IR- och UV-strålning. IR-strålningen är mindre än från halogenerna i detta test. UV-strålningen är på låg nivå men kan ändå märkas.

Samtliga lampalternativ kan användas vid 1 meters avstånd utan att överskrida 200 lux rekommendationerna. Det innebär att samtliga lampor kan användas oavsett avstånd. För att uppnå tillräckligt med ljus för att kunna urskilja färger krävs 50 lux vilket kan innebära att fler lampor måste användas samtidigt på ett längre avstånd för att uppnå detta, förutom för LED nr 2 och halogen nr 3 som har höga luxantal även vid två meters avstånd. Resterande lampor kräver flera stycken för att uppnå samma ljusstyrka på både 2 och 4 meters avstånd.

Färgåtergivning på de lampor som testades var i regel god. Halogenerna hade en lite mer gulaktig ton i början än LED lamporna. Energisparlamporna behövde en liten starttid innan de kom upp i vitt ljus och hade samma färgåtergivning som LED lamporna. Kjell & Company 11 W lampan hade ett ”start ljus” som hade en rosaaktig ton, därefter fick lampan vitare ljus.

LED nr 2 är en lampa med bra färgåtergivning, utan UV- och IR-strålning samt god ljusstyrka på långt avstånd. För starkare ljus lämpar halogen nr 3, men då ska UV och IR-strålning kontrolleras.

| PARAMETRAR<br>TYP | Subjektiv<br>benämning | Avstånd |        |      |         |    |      |         |    |      |
|-------------------|------------------------|---------|--------|------|---------|----|------|---------|----|------|
|                   |                        | 1 meter |        |      | 2 meter |    |      | 4 meter |    |      |
|                   |                        | LUX     | UV     | IR   | LUX     | UV | IR   | LUX     | UV | IR   |
| LED               | 1                      | 19      | 0      | 20,3 | 6       | 0  | 19,4 | 1       | 0  | 19,4 |
|                   | 2                      | 230     | 0      | 20,2 | 73      | 0  | 19,4 | 12      | 0  | 19,4 |
|                   | 3                      | 15      | 0      | 20,2 | 4       | 0  | 19,4 | 1       | 0  | 19,4 |
|                   | 4                      | 10      | 0      | 20,2 | 2       | 0  | 19,4 | ..**    | 0  | 19,4 |
|                   | 5                      | 132     | 0      | 20,2 | 28      | 0  | 19,4 | 6       | 0  | 19,4 |
| HALOGEN           | 1                      | 78      | 0*     | 22,0 | 26      | 0  | 20,0 | 7       | 0  | 20,0 |
|                   | 2                      | 66      | 0*     | 22,0 | 23      | 0  | 20,0 | 5       | 0  | 20,0 |
|                   | 3                      | 563     | 0,002* | 21,5 | 164     | 0  | 20,2 | 32      | 0  | 20,2 |
|                   | 4                      | 65      | 0*     | 21,0 | 20      | 0  | 20,0 | 4       | 0  | 20,0 |
|                   | 5                      | 30      | 0*     | 21,0 | 9       | 0  | 20,6 | 3       | 0  | 20,6 |
| ENERGISPAR        | 1                      | 53      | 0,003* | 21,1 | 16      | 0  | 21,1 | 6       | 0  | 21,1 |
|                   | 2                      | 49      | 0,003* | 21,7 | 15      | 0  | 20,7 | 4       | 0  | 20,4 |
|                   | 3                      | 36      | 0,002* | 20,5 | 13      | 0  | 20,5 | 3       | 0  | 20,5 |
|                   | 4                      | 22      | 0,001* | 20,5 | 8       | 0  | 20,5 | 2       | 0  | 20,5 |
|                   | 5                      | 20      | 0,001* | 20,5 | 7       | 0  | 20,5 | 1       | 0  | 20,5 |

**Tabell 4. Tabell över resultatet från undersökning 1.**

\*innebär att mätaren indikerade på UV-strålning på närmare än 1 meter, omkring 20cm ifrån.

Mer information om detta i tabell 5.

\*\* utom mätarens räckvidd.

Illuminans: Lux  
 UV-strålning: w/m<sup>2</sup>  
 IR-strålning: °C

| parametrar<br>Typ | Subjektiv benämning | ILLUMINANS                                        |         |
|-------------------|---------------------|---------------------------------------------------|---------|
|                   |                     | 50 lux                                            | 200 lux |
|                   |                     | Avstånd i meter för att uppnå respektive luxantal |         |
| LED               | 1                   | 0,6                                               | 0,3     |
|                   | 2                   | 2,3                                               | 1,3     |
|                   | 3                   | 0,5                                               | 0,3     |
|                   | 4                   | 0,45                                              | -       |
|                   | 5                   | 1,4                                               | 0,75    |
| HALOGEN           | 1                   | 1,7                                               | 0,77    |
|                   | 2                   | 1,3                                               | 0,6     |
|                   | 3                   | 3,6                                               | 1,90    |
|                   | 4                   | 0,9                                               | 0,4     |
|                   | 5                   | 0,6                                               | 0,3     |
| ENERGI-<br>SPARAR | 1                   | 1,10                                              | 0,5     |
|                   | 2                   | 1,10                                              | 0,45    |
|                   | 3                   | 0,9                                               | 0,4     |
|                   | 4                   | 0,7                                               | 0,3     |
|                   | 5                   | 0,6                                               | 0,25    |

**Tabell 5. Resultat från undersökning 2**

För att uppnå 200 lux och bara använda sig av en lampa är halogen nr 3 ett bra alternativ då den ger mycket ljus fastän avståndet är långt. Tyvärr alstrar denna mycket värme, vilket är en gemensam faktor för samtliga halogener.

#### UNDERSÖKNING 2 (tabell 6)

Det denna undersökning visar är att LED- lampor som är formade som spotlights (nr 2 och 5) ger mer ljus än matta och klara klotformade eftersom ljuset är riktat. Det samma gäller för den spotformade halogenlampan (nr 3). Den ger betydligt mer ljus än resterande på grund av att allt ljus går i en riktning.

För att uppnå och hålla rekommendationen 50 lux är avstånden dock ändå, förutom för LEDlampa nr 2 och halogen nr 3, för litet. Detta innebär att det skulle krävas fler lampor för att uppnå lämplig ljusstyrka på ett bra avstånd, och således mer strålning och värme. Att bara använda sig av en lampa skulle på längre avstånd än de angivna resultera i lägre lux-tal. I sin tur kan ge längre livstid för föremålen. Till skillnad från halogenen (nr 3) ger LED nr 2 inte ifrån sig lika mycket värme och således ett bättre val.

## 7. DISKUSSION OCH SLUTSATSER

### 7.1 ANALYS & TOLKNING AV RESULTAT: KRITISK GRANSKNING

---

#### UNDERSÖKNING 1 & 2

Hur ljusstyrkan förhåller sig till W-talet är en indikation på att undersökningen har utförts på ett korrekt sätt. Detta gäller inom samma typ av lampa. Det är fler faktorer, förutom utformning, som väger in för att kunna jämföra olika typer av lampor och deras W-tal. De lampor som har samma W-tal har mycket likartade resultat. Olikheten ligger i att mätaren beror på exakt avstånd och vinkel, vilket i sin tur är en del av den mänskliga faktorn.

Som visats i resultatet ger LEDlamporna nr 2 och 5 samt halogen nr 3 mer ljus då de är formade som spotar och ger allt ljus i en riktning, till skillnad från en klotlampa där ljusspridningen är jämn över hela klotytan.

De klarglasade lamporna ger en större belysningsstyrka än de matta lamporna, förutom att vid fallet halogen nr 5. Halogenen är en 28W lampa som ger mindre än de 15W energisparlamporna (nr 1 & 2). Detta kan bero på halogenerna inte tar tillvara hela strömmen till att alstra ljus utan också till att alstra IR-strålning. Gemensamt för halogenerna är höga W-tal men om man jämför med energisparlamporna eller LED-lamporna som tar ännu mindre ström är ljuseffekten liten.

Att LED lamporna inte gav indikation på UV-strålning var förvånande då det inte stod beskrivet att de hade UV-filter. Detta anses dock inte vara ett instrument eller mätfel då LED lamporna i regel inte alstrar UV-strålning.

Att de halogener som märkts med UV-filter ändå gav resultat för strålning kan förklaras på två sätt. Den första är att halterna var så låga att man ansett att det inte är värt nämnas eller att filtret inte täcker den delen av spektrat som registrerats.

Tillgänglig tid och rummets dimension tillät inte att fullständig granskning av IR-strålningen. Det resultat man ser är att halogenerna och energisparlamporna ger ifrån sig mer IR-strålning på 1 meters avstånd än temperaturen i luften, som kan ses i tabellen under IR-strålning 4 meter.

Resultaten för IR-strålningen på 2 och 4 meters avstånd beror delvis på rörelse i rummet och tiden som lamporna var på. Denna tid är inte noterad då den inte ansågs vara en betydande faktor.

Energisparlamporna har ingen klarglasad ljusstarkare källa. Samtliga lampor gav ifrån sig både IR och UV-strålning. IR-strålningen är mindre än från halogenerna i detta test. UV-strålningen är på låg nivå, men kan ändå märkas.

För övrigt beror resultatet, som tidigare nämnts, på den vinkeln av sensorn på mätaren har varit mot ljuskällan. Jag har noterat den högsta siffran vid undersökningarna, då denna måste vara resultatet av en mest korrekt vinkel, då så mycket strålning som möjligt registreras i mätaren.

För att uppnå tillräckligt med ljus för att kunna se föremålen, minimum 50 lux, kan det behövas flera lampor av samma sort på en mindre yta. Detta medför inte bara en större risk för objekten, då det innebär mer strålning utan är också en ekonomisk fråga. LEDlampan nr 2 som ger ett bra luxantal på 2 meters avstånd kostar 119kr. Förutom det priset har den också crawfordklassificeringen A, vilket innebär att den är ekonomisk och miljövänlig. Priset 119kr är

litet i jämförelse med endast 2,7 W den drar. Den långsiktiga investeringen vinner stort på detta val, särskilt som den inte alstrar IR- och UV-strålning!

Det andra alternativet (halogen nr 3), som visserligen ger mer ljus på 2 meters avstånd, kostar endast 29kr. Den drar 42W och har Crawfordklassificering C. Lämpar sig för en kortsiktig investering men rekommenderas inte både ur ekonomisk synvinkel och strålningsmässigt: UV/IR-strålning.

Resultatet från den empiriska undersökningen är endast representativt för de valda lamporna. Det går inte att ge en generell syn på hela marknaden.

Vid val av ljus styrs inte bara valet av budget och rekommendationer utan också ”minsta möjliga förvanskning”. För att åstadkomma detta krävs en lampa med bra färgåtergivning. Men förvanskning kan också ske över tid och då kommer rekommendationerna in i bilden igen. Färgåtergivningen på lamporna har godkänts, men lämpligare lampor finns att hitta när det kommer till halogenerna och energisparlamporna. Båda har rätt färgtemperatur att utgå från men inte rätt färgåtergivning.

LED lamporna fanns att välja i färgtemperaturen ”vit” också. Denna hade dragit mot det blåare hållet och hade varit kallare, och är därför inte att föredra och av den anledningen uteslutits.

Oavsett val av ljus är det viktigaste att skydda objekten. Regelbundna kontroller av illuminans, UV- och IR-strålning är ett första steg. Därefter finns flertalet alternativ för att eliminera UV- och IR-strålningen och dessa åtgärder bör man investera i. Det är dock enklare att hitta lampor som inkluderar UV-filter och eliminerar IR strålning och investera i dessa än att investera i att åtgärda strålningen.

Det viktigaste är, enligt min mening, att behandla den kunskap man har på korrekt sätt. Det vill säga att man tar hänsyn till samling samt budget och kombinerar det med rekommendationerna och samarbetar med ljusarkitekten i ett tidigt skede. Det är ett gemensamt ansvar mellan utställningssamordnare, ljusarkitekter samt museets intendent och konservatorer att se till att det ljussystem som väljs håller måttet.

## **7.2 FRAMTIDA UNDERSÖKNING OCH NY FRÅGESTÄLLNING**

---

Den största utvecklingen sker på marknaden av lampor och det är också där som den framtida forskningen bör ligga. Utvecklingen sker i sådan takt att allt inte kan kontrolleras och beskrivas. En önskan för vidare forskning är att göra likadana tester på en större grupp lampor, fler alternativ med olika socklar.

De lampor, exempelvis LED och högtrycksnatriumlamporna som inte kunde tas med på grund av den ekonomiska aspekten hade varit av intresse att undersöka. Ett nytt ämne kan vara att begränsa sig till LED och testa i en större skala bara en kategori lampor och därmed också expandera undersökningarna kring lamporna.

Inför nästkommande:

- ✓ Möjligheten att undersöka endast en grupp lampor mer ingående.
- ✓ Hur många lampor krävs det för att uppnå rekommenderad belysningsstyrka på ett rimligt utställningsavstånd?

## 8. SAMMANFATTNING

Belysning är en av de fundamentala delarna, inom preventiv konservering, att ta hänsyn till inom museivärlden. Den verkar indirekt på objekt, genom sin samverkan med den relativa fuktigheten och temperaturen, men också direkt genom sin strålning.

En god belysning betyder mer än att bara återge objekt rätt eller välja mellan alternativen naturligt ljus och artificiellt utan också att belysa objekt i förhållande till rekommendationer för att minimera skador. Detta är ett arbete som utförs i samverkan av ljusarkitekt och konservatorer.

Uppsatsen presenterar de belysningsmöjligheter som finns ute på marknaden samt relaterar dessa till rådande rekommendationerna genom de empiriska undersökningarna. Inriktningen på uppsatsen är att granska de skador som uppstår från artificiellt ljus.

Uppsatsen behandlar valda belysningsalternativ ur valmöjligheterna LED-, halogen, energisparlampor i E27 sockelform. Valmöjligheterna och variationen med denna typ av sockel gav störst urval med dagens marknad. Den beskriver hur de fungerar, marknadsutvecklingen och deras förhållande till belysningsrekommendationerna.

Den empiriska undersökningen består av två delar. Den första genomförs genom att lamporna testa en åt gången men avstånden 1, 2 och 4 meter, på UV- och IR-strålning samt luxtal. Därefter ställs detta mot de rådande rekommendationerna för belysning. Den andra har oberoende avstånd och har avsikten att ta fram vilket avstånd som ger 50 lux respektive 200 lux. En genomgående ingång om hur de empiriska undersökningarna genomförs beskrivs i kapitel 6.

Ljus kan endast skada där strålarna når. Eftersom de flesta objekt är opaka, resulterar det i att skadorna främst utgörs på ytan, vilket också oftast är själva objektet (exempelvis en bemålad träskulptur). Skaderisken för föremål är proportionell till fotonenergin i ljuset, det vill säga ju mer energi desto mer skador. Den primära åtgärden för att minimera skaderisken anses vara reducering av belysningstiden. Det är inte bara kontroll av hur mycket belysning som faller på objektet, i form av lux, utan den totala ljusexponeringstiden som är viktigt.

Undersökningarna visade att de valda LED lamporna ger mycket ljus, alstrar inget UV och IR-strålning. Gemensamt bland samtliga lampor var att de som var spotlightsformade gav mer ljus då ljuset är riktat. Halogenerna bekräftade den tidigare kunskapen om värmealstringen och hade en potentiell konkurrent till LED-lamporna. Undersökningen visade också att energisparlamporna gav aningen IR-strålning.

Oavsett val av ljus är det viktigaste att skydda objekten. Regelbundna kontroller av belysningsstyrka, UV och IR-strålning. Det finns flertalet alternativ för att eliminera UV- och IR-strålning och dessa bör det investeras i.

Det viktigaste är, enligt min mening, att behandla den kunskap man har på korrekt sätt. Det vill säga att man tar hänsyn till museisamlingen samt budget och kombinerar det med de rekommendationer och samarbetar med ljusarkitekten i ett tidigt skede. Det är ett gemensamt ansvar mellan utställningssamordnare, ljusarkitekter samt museets intendent och konservatorer att se till att det ljussystem som väljs håller måttet.

# KÄLL- OCH LITTERATURFÖRTECKNING

## Tryckt litteratur

Becklén, Rickard (1999). Ljuses skadliga inverkan I: Fjæstad, Monika (red.) (1999). *Tidens tand: förebyggande konservering : magasinshandboken*. 1. uppl. Stockholm: Riksantikvarieämbetet. S. 305-308

Boyce, Peter R. (2003). *Human factors in lighting*. 2. ed. London: Taylor & Francis

Clarke, J (1980) Ultra violet filtering films for museum use. Properties and effectiveness. *ICCM bulletin*, vol 6, Issue 3-4

*Control of damage to museum objects by optical radiation*. (2004). Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Eclairage

Cuttle, Christopher (2007). *Light for art's sake: lightning for artworks and museum displays*. 1. ed. Amsterdam: Elsevier

Druzik James; Eshøj Bent (2007) Padfield, Tim & Borchersen, Karen (red.) (2007). *Museum microclimates: contributions to the Copenhagen conference 19-23 November 2007*. Copenhagen: National Museum of Denmark

Eshøj, B enny (1994). Lys som klimatfaktor I: Alkaersig, Ole (red) (1994) *Bevaringshåndbogen* Köpenhamn: Statens Museumsnaevn

(a) Holmberg, Jan (1999). Påverkan av miljöfaktorer inomhus. I: Fjæstad, Monika (red.) (1999). *Tidens tand: förebyggande konservering : magasinshandboken*. 1. uppl. Stockholm: Riksantikvarieämbetet. S. 264-275

(b) Holmberg, Jan (1999). Påverkan av miljöfaktorer utifrån. I: Fjæstad, Monika (red.) (1999). *Tidens tand: förebyggande konservering : magasinshandboken*. 1. uppl. Stockholm: Riksantikvarieämbetet. S. 255-263

Kirsebom, Lisa (2010). Nanodioder gör framtidens ljus. I: *Naturvetare: karriär, vetenskap, bransch*. Nr. 2 Nacka: Naturvetarna s. 16-17

Lighting: a conference on lighting in museums, galleries and historic houses/organized by the Museums Association, United Kingdom Institute for Conservation, Group of Designers and Interpreters in Museums; sponsored by Applied Lighting Technology plc (1987)

*Ljuset förför, ljuset förstör: rapport från ett seminarium i samarbete med Nationalmuseum om dagsljus och belysning i konstmuseer, Stockholm 3-5 oktober 1999*. (2000). Skärhamn: Nordiska akvarellmuseet

McGlinchey, Christopher (1994) Color and light in museum environment I: Metropolitan Museum of Art (1994). *Bulletin*. New York: Metropolitan Museum of Art., Vol. 51, Issue 3

Olsson, Sölve (2004). *Ljus i konstmuseer*. Stockholm: Arkus

Saunders, David; Kirby Jo, (1996) International Council of Museums. Committee for Conservation. Triennial Meeting (1996). *11th Triennial Meeting, Edinburgh, Scotland 1-6 September 1996: preprints*. London: James & James



Staniforth, Sarah (1994) Light and environmental measurement and control in national trust houses. I: Knell Simon (1994) *Care of collections*. London och New York, Routledge

Thomson, Garry (1986). *The museum environment*. 2nd ed London: Butterworths in association with the International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works

## Elektroniska resurser i alfabetisk ordning:

*V&A conservation journal*. (2004). Number 47. London: Victoria & Albert Museum Conservation Department, hämtat: 2010-02-17 Römisch. H  
[http://www.vam.ac.uk/res\\_cons/conservation/journal/number\\_47/lightcheck/index.html](http://www.vam.ac.uk/res_cons/conservation/journal/number_47/lightcheck/index.html)

**Canadian Conservation Institute notes.** Från: Ottawa, Ont.: Canadian Conservation Institute

hämtat: 2010-02-17 Canadian Conservation Institute. Track lighting. CCI Notes 2/3. Ottawa: Canadian Conservation Institute, 1992 [http://www.cci-icc.gc.ca/publications/ccinotes/enotes-pdf/2-3\\_e.pdf](http://www.cci-icc.gc.ca/publications/ccinotes/enotes-pdf/2-3_e.pdf)

## Museum galleries Scotland

hämtat: 2010-02-17 Museum Galleries Scotland: ADVICE SHEET: Conservation and lighting 2005  
<http://www.museumsgalleriesscotland.org.uk/publications/publication/98/monitoring-light-and-uv-radiation-in-museums>

## I Encyklopedia Britannica

Hämtat: 2010-02-17. Encyklopaedia Britannica: **fluorescent lamp**. Från Encyklopaedia Britannica online.  
<http://search.eb.com.ezproxy.ub.gu.se/eb/article-9034676>

Hämtat: 2010-02-16. Encyklopedia Britannica : **Halogenlampa** 2010 Från Encyklopaedia Britannica Online:  
<http://www.ne.se.ezproxy.ub.gu.se/lang/halogenlampa>

Hämtat: 2010-02-17. Encyklopedia Britannica : **light-emitting diode**. 2010 Från Encyklopaedia Britannica Online:  
<http://search.eb.com.ezproxy.ub.gu.se/eb/article-9002311>

Hämtat: 2010-02-16. Encyklopedia Britannica : **Lysrör**. 2010 Från Encyklopaedia Britannica Online: <http://www.ne.se.ezproxy.ub.gu.se/lang/lysrör>

**Glödlampan fasas ut.** ET 2009:08, Produktion Energimyndigheten, Tryck CM-gruppen AB, artikelnummer 2083. Online: <http://webbshop.cm.se/System/ViewResource.aspx?p=Energimyndigheten&rl=default:/Resources/Permanent/StorageItem/9c14b79a2a8a41d282f97a3b35540c3f/2083.pdf>

## **Informanter**

Informant 1: Stig Lombard, Nordic Product Manager Professional Lamps, Philips AB, Email: 29 April 2010 Email.

Informant 2: Viktor Olsson, Nordic Product Marketing Manager LED Retrofit & LE, Philips AB, 29 April 2010 Email.

## **FIGUR- och TABELLFÖRTECKNING**

|                                                                                                                  |        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Figur 1. Bild på ljusspektrat. 2010 Figur: Helena Zmarzly.....                                                   | - 13 - |
| Figur 2. OSRAM LED- med synliga lysdioder. 2010 Foto: Helena Zmarzly .....                                       | - 21 - |
| Figur 3. Samtliga valda halogen lampor. Benämning 1-5 läst från vänster till höger. 2010 Foto: Helena Zmarzly. - | 29 -   |
| Figur 4. Samtliga valda LED lampor. Benämning 1-5 läst från vänster till höger. 2010 Foto: Helena Zmarzly .....  | - 29 - |
| Figur 5. Samtliga energisparlampor. Benämning 1-5 läst från vänster till höger. 2010 Foto: Helena Zmarzly.....   | - 30 - |
| <br>                                                                                                             |        |
| Tabell 1 Aktuella lux- rekommendationer. Tabell upprättad av Helena Zmarzly. ....                                | - 17 - |
| Tabell 2. Tabell över rekommendationer i absolut strålning. Tabell upprättad av Helena Zmarzly. ....             | - 18 - |
| Tabell 3. Tabell med specifikationer för de valda lamporna. ....                                                 | - 31 - |
| Tabell 4. Tabell över resultatet från undersökning 1. ....                                                       | - 33 - |
| Tabell 6. Resultat från undersökning 2 .....                                                                     | - 34 - |

## **BILAGOR**

|                                             |   |
|---------------------------------------------|---|
| BILAGA I. MÄTINSTRUMENT SPECIFIKATION ..... | I |
|---------------------------------------------|---|

## **BILAGA I. MÄTINSTRUMENT SPECIFIKATION**

---

### **Lux-mätare**

Firma: Hagner

Namn: EC 1

[Noggränhet: ej beskrivet]

Mätfrekvens: 1-100 x 5 lux

Sensor: Sillikon fotodiod

---

### **UV-mätare**

Firma: Hagner

Namn: EC1 UV-A (alltså strålningen 315-400nm)

[Noggränhet: ej beskrivet]

Mätfrekvens: 0,001-10,000 W/m<sup>2</sup>

Sensor: ej beskrivet

Mäter UV-strålning på tre olika alternativ: mellan 0,001-1,00 x 1000.

---

### **IR-mätare**

Firma: Testo

Namn: 805

[Noggränhet: ej beskrivet]

Mätfrekvens: 0,01-99,9°

Sensor: ej beskrivet

Mäter IR strålningen i celsius.

