

## LED-belysning

Under lång tid har glödlampan varit vår främsta konstljuskälla med sitt varma sken. En nackdel med glödlampor är dock att de är mycket ineffektiva som ljuskällor – bara 2–3 procent av energin går ut som ljus, resten blir värme. Detta är anledningen till att EU beslutat om att fasa ut glödlampan<sup>1</sup> till förmån för mer energieffektiva alternativ. Den teknik som växer fram snabbast och som betraktas som den mest energieffektiva tekniken för framtiden är LED (Light Emitting Diode). LED-belysning används sedan några år tillbaka i museiutställningar runt om i världen.

**L**ED-tekniken utvecklas i mycket snabb takt, men det är fortfarande stor spridning i kvaliteten på produkterna på marknaden. Nya mätstandarder är under framtagning för att krav ska kunna ställas på den nya belysningsteknologin. Det är därför viktigt att söka information från olika håll inför ett större inköp och att prova belysningen på plats eller på det föremål som ska belysas. Prova med den belysningsnivå som ska användas och eventuell ljusreglering. Lampor med liknande färgtemperatur (Kelvin) och färgåtergivningindex (Ra) kan ge ljus som upplevs ganska olika.

### Vad är LED?

LED är en ljuskälla som består av ett halvledarchip som lyser då en elektrisk ström leds genom det. Ljusdioden avger ett ljus inom ett, jämfört med glödlampan, smalare våglängdsområde. Legeringen av halvledarmaterialet bestämmer våglängden på ljuset från chipet. Vita LED åstadkoms vanligen genom att en blå LED förses med ett luspulver som omvandlar det blå ljuset till vitt ljus. Ett annat sätt att åstadkomma vitt ljus är genom att använda en blandning av färgade dioder. Tekniken kallas ofta RGB-teknik då röda, gröna och blå dioder används, men ibland används fler färger än så.



LED-belysning används sedan några år tillbaka i museiutställningar runt om i världen. Foto: Christer Åhlin, Statens historiska museum.

1. För mer information om utfasningen av glödlampan se Energimyndighetens hemsida: <http://energimyndigheten.se>

## LED-armaturen

Det finns idag två parallella utvecklingsspår för LED-bestyckade armaturer. Dels renodlade LED-armaturer där ljuskälla och armaturhus är integrerade, och dels så kallade retrofit- eller ersättningslampor, där LED-modulen tar form av en konventionell ljuskälla med exempelvis E27- eller GU10-sockel för att kunna monteras i befintliga armaturer. Nackdelen med retrofit-lösningar är att de inte garanterar fullgod kylning av ljuskällan vilket kan medföra försämrade verkningsgrad och kortare livslängd än utlovat. Samtidigt har integrerade lösningar nackdelen att en större del av konstruktionen måste bytas då livslängden är förbrukad.

## Ljus kvaliteten

Ljusfärgen eller färgtemperaturen beskrivs i *Kelvin* (K) för värmestrålare (t. ex. glödlampor) och *korrelerad färgtemperatur* (CCT) för övriga ljuskällor (om de inte har en färgtemperatur som exakt motsvarar en glödtråd). Låg färgtemperatur ger "varmt" ljus medan hög färgtemperatur ger "kallt" blåaktigt ljus.

För att beskriva färgåtergivning används *Ra* (Rendering Average) eller *CRI* (Colour Rendering Index). Detta är ett mått på hur väl en ljuskälla återger färger jämfört med ett referensljus och anges som ett tal som är högst 100. Glödljus och dagsljus har per definition Ra 100. Museer har ibland som krav att Ra ska vara minst 90. Det är dock väl känt att metoden inte alltid ger ett perfekt mått på färgåtergivningen och en del anser att den inte passar för LED-belysning<sup>2</sup>. Därför är det viktigt att prova sig fram beroende på tillämpning.

Vid tillverkning av LED-chip kan egenskaper som färgtemperatur och ljusflöde skilja sig åt från chip till chip. Därför använder sig tillverkare av ett sorterings-system, så kallad *binning*. Toleranserna för denna sortering kan variera. Höga krav på toleranserna är speciellt viktigt om det finns många ljuskällor nära varandra och det är lätt att jämföra ljuskällorna med varandra.

För att beskriva färgtoleranser använder man MacAdams ellipser<sup>3</sup> och anger toleransen med enheten *SDCM* (Standard Deviation of Color Matching). Ett lågt värde är att föredra om man har höga krav på jämn färgkvalitet.

Ljus kvaliteten kan även påverkas av arbetstemperatur och ålder. Detta bör leverantören kunna redogöra för.

## Energieffektivitet och underhåll

LED-belysning är betydligt mer energieffektiv än glöd-, halogen- och ofta lågenergilampor och LED-lampors verkningsgrad förbättras hela tiden. Allmänt kan man säga att störst energibesparing uppnås vid riktat ljus i små mängder. LED med högre färgtemperaturer (kallare ljus) är ofta något mer energieffektiva än LED med lägre färgtemperatur (varmare ljus).

Det förekommer olika sätt att beskriva verkningsgraden på LED. Be leverantören om mätresultat för den slutliga armaturen så att jämförelse kan göras med alternativa produkter eller med den nuvarande installationen.

LED-lampor har lång livslängd, de håller – försiktigt antaget – 15 gånger längre än glödlampa (även om livslängden ofta sägs vara 50 gånger längre än glödlampans). En LED-lampa slutar inte tvärt att lysa så som en glödlampa utan förlorar successivt ljusflöde. Man brukar ange livslängden enligt tiden för L70. Det innebär beräknad drifttid fram till dess att 70 procent av det initiala ljusflödet återstår. Värdet anges för en specifik omgivningstemperatur, oftast 25°C, om det är varmare förkortas livslängden.

Ett annat problem är att LED-lampans färgspektrum kan ändras över tid, och det finns heller inga lagkrav på beständighet. Ofta blir lampan blåare med tiden vilket påverkar både färgtemperatur och färgåtergivning. Av den anledningen kan det behövas en regelbunden kontroll av både ljusflöde och färgåtergivning.

Det är mycket svårt att förutsäga en LED-lampas beräknade livstid eftersom en konkret mätning av till exempel 15 000 timmar motsvarar 20 månaders mätning. Att stressa fram en åldringsprocess med till exempel hjälp av höjd värme ger svåråterförutsägbara indikatorer. Som tumregel kan sägas att LED-livstiden halveras för varje temperaturhöjning på 10 grader.

Den långa livslängden bidrar till minskat underhåll och färre lampbyten som dels kostar pengar och dels utgör en risk för skador på såväl personal som museiföremål.

För att beräkna drift- och underhållskostnader och besparingspotentialen i ett enskilt fall kan man räkna ut livscykelkostnaden. På Energimyndighetens hemsida kan man läsa mer om detta.<sup>4</sup> Man kan också ta hjälp av leverantören.

2. En alternativ metod att ange färgåtergivningen är Color Quality Scale (CQS) som har börjat användas av några tillverkare.

3. En MacAdams-ellips anger hur långt en färgkoordinat kan flytta inom CIE-diagrammet utan att det blir märkbart för ögat.

4. Se hemsidan: <http://energimyndigheten.se/sv/Foretag/Energieffektivisering-i-foretag/Belysning/Bestallare-upphandlare/Livscykelanalys-LCC/>

Vid köp av produkter som utlovar mycket lång livslängd är garantin viktig. Garantin görs upp med leverantören vid inköp. Spara kvitton och fakturor och märk utrustningen med första bruksdatum.

### Hur påverkas föremålen?

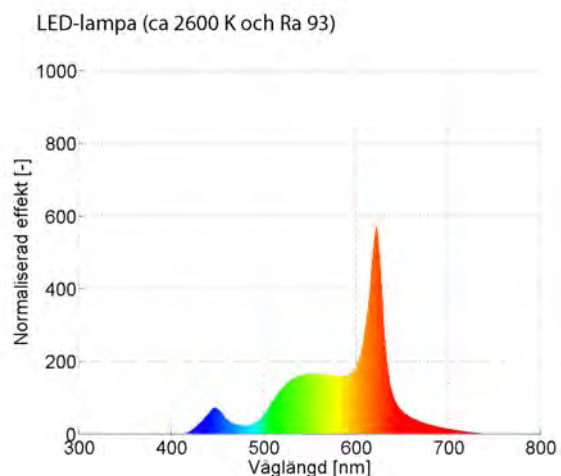
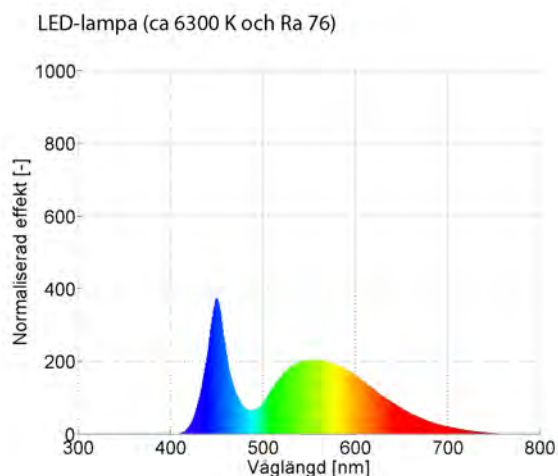
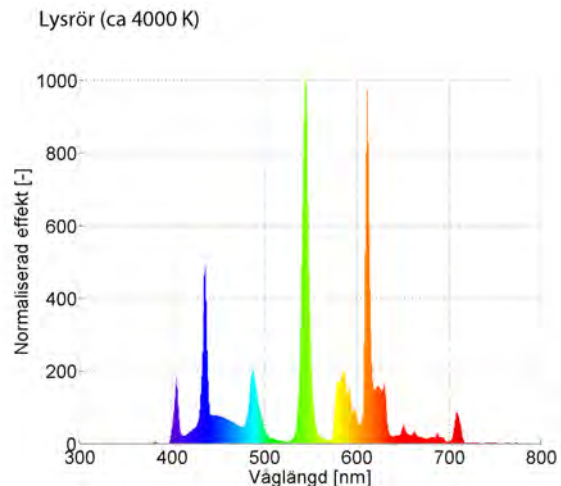
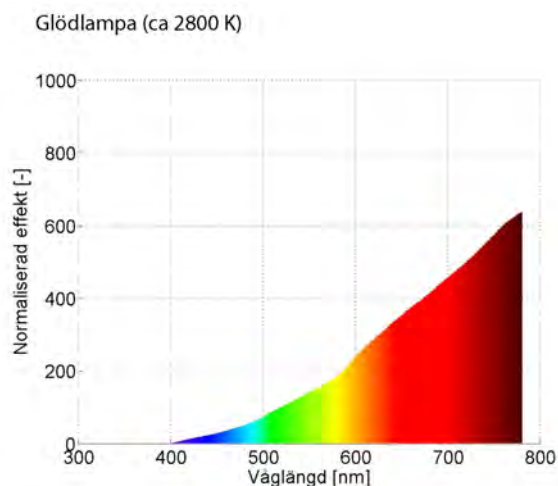
Allt ljus påverkar ljuskänsliga museiföremål och den finns ingen "säker" belysningsnivå. En fördel med LED-lampor ur bevarandesynpunkt är att de avger väldigt lite UV. UV-strålning ska undvikas vid belysning av ljuskänsliga föremål och detta innebär alltså att man inte behöver använda UV-filter.

IR-strålningen (värmestrålningen) i ljusriktningen är också liten, vilket gör att man undviker för varm och torr luft vid föremålet, som kan orsaka mekaniska skador såsom sprickor på föremål. På vissa museer kan man också få ett minskat behov av kylning i byggnaden och på så sätt spara

ytterligare energi. Man ska dock vara observant på att viss värme alstras i LED-komponenten och denna måste ledas bort för att lampan ska fungera och dess livslängd inte förkortas. Det är viktigt att LED-belysning har god kylning.

En ljuskällas spektralfördelning visar hur mycket ljus som avges vid olika våglängder (se diagrammen nedan). Till skillnad från glödlampor som har ett kontinuerligt spektrum, kan spektralfördelningen hos LED-lampor se olika ut. Genom att studera en lampans spektralfördelning kan man säga en hel del om ljusets karaktär såväl som hur mycket skadlig strålning som avges. Allmänt sett är strålning med kortare våglängder mer energirikt och potentiellt mer skadligt än långvågig strålning. Men förhållandet mellan våglängd och skada är inte linjärt, olika ämnen är känsliga för strålning av olika våglängder.

### Exempel på hur spektralfördelningen kan se ut för olika ljuskällor



Exempel på hur spektralfördelningen kan se ut för olika ljuskällor. Kurvorna är normaliserade så att alla visar samma upplevda belysningsstyrka.

## Ljusstyrning

Eftersom all exponering för ljus påverkar ljuskänsliga föremål och skadorna är beroende av den totala ljusdosen är det allra viktigaste att belysningen inte är på när ingen ser. Ljusstyrning, till exempel närvarostyrning, så att belysningsnivån ökar när en besökare närmar sig en monter, skonar inte bara föremålen utan kan också bidra till sänkt energiförbrukning. Styrssystem kan också användas för att förändra ljusfärgen. Vid nyinstallation är det bra att redan från början tänka på ljusstyrningen, då det kan krävas extra kabeldragning. Ett alternativ är styrning som sker över existerande kraftledningar, så kallad *PLC* (Power Line Communication). Ta hjälp av en expert på området så att ni kan titta på helheten i lokalen.

## Riskhantering

Att ljussätta museiföremål är en balansakt där hänsyn måste tas till besökarna såväl som till föremålen. Museiföremål har olika ljuskänslighet. Kunskap om föremålens ljuskänslighet är viktigt för att kunna ta beslut om belysningen. Utöver föremålens ljuskänslighet och besökarnas visuella tillgänglighet bör man även beakta ljusnivån, exponeringstiden och ljuskällans spektralfördelning. För en fördjupad diskussion om hantering av riskerna med ljus på museer, se Stefan Michalski: *Light, Ultraviolet and Infrared*.

## Ersättningsljuskällor i kulturhistoriska miljöer

Vid ersättning av glödljus är ljusets färg, intensitet och förmåga att skapa kontraster viktig för den arkitektoniska och rumsliga gestaltningen. Utvecklingen av energieffektiva alternativ till glödlampan går mycket fort. Numera finns det till exempel både halogen- och LED-ersättningslampor som liknar glödlampan och passar till ljuskronor och andra äldre armaturer. En visuell utvärdering på plats är att rekommendera.

## Begrepp

*LED*: Light Emitting Diode, på svenska ljus-emitterande diod.

*Belysning*: Mäts i lux (lumen per m<sup>2</sup>) och är en fotometrisk enhet som är viktad enligt ögats spektrala känslighet.

*Ra*: Färgåtergivning. Ra är ett mått på hur väl en ljuskälla återger färger jämfört med ett referensljus. Anges som ett tal mellan 0 och 100 där 100 motsvarar dagsljus eller ljuset från en halogen-lampa. Det är väl känt att Ra-index inte ger ett perfekt mått på färgåtergivningsförmågan. Kallas även CRI (Colour Rendering Index).

*Färgtemperatur*: Mäts i Kelvin (K). Låg färgtemperatur ger "varmt" ljus medan hög färgtemperatur ger blåaktigt "kallt" ljus. För icke termostärlare såsom lysrör och LED används korrelerad färgtemperatur, CCT (Correlated Colour Temperature).

## Länkar

Belysningsbranschens tidning och webbplats.  
[www.ljuskultur.se](http://www.ljuskultur.se)

Druzik, J. & Michalski, S. (2011). Guidelines for selecting solid-state lighting for museums. Canadian Conservation Institute & The Getty Conservation Institute.  
[www.getty.edu/conservation/our\\_projects/science/lighting/lighting\\_component8.html](http://www.getty.edu/conservation/our_projects/science/lighting/lighting_component8.html)

Michalski, Stefan (2011). Light, Ultraviolet and Infrared.  
[www.cci-icc.gc.ca/caringfor-prendresoindes/articles/10agents/chap08-eng.aspx](http://www.cci-icc.gc.ca/caringfor-prendresoindes/articles/10agents/chap08-eng.aspx)

PAS198:2012 Specification for managing environmental conditions for cultural collections. British Standards Institution.

Fallstudier från U.S. Department of Energy, varav flera från museer som bytt till LED-belysning.  
[www1.eere.energy.gov/buildings/ssl/gatewaydemo\\_results.html](http://www1.eere.energy.gov/buildings/ssl/gatewaydemo_results.html)



Detta blad ingår i en serie för råd om vård och förvaltning av kulturarvet. Bladet är utarbetat i samarbete med Riksställningar och Energimyndigheten.



Artikeln är licensierad med CC BY där inget annat anges.  
[www.creativecommons.se/om-cc/licenserna/](http://www.creativecommons.se/om-cc/licenserna/)

## Riksantikvarieämbetet

Box 1114, 621 22 Visby  
Tel: 08-5191 8000. Fax 08-66 07 284  
E-post: [vardaval@raa.se](mailto:vardaval@raa.se)  
[www.raa.se](http://www.raa.se)