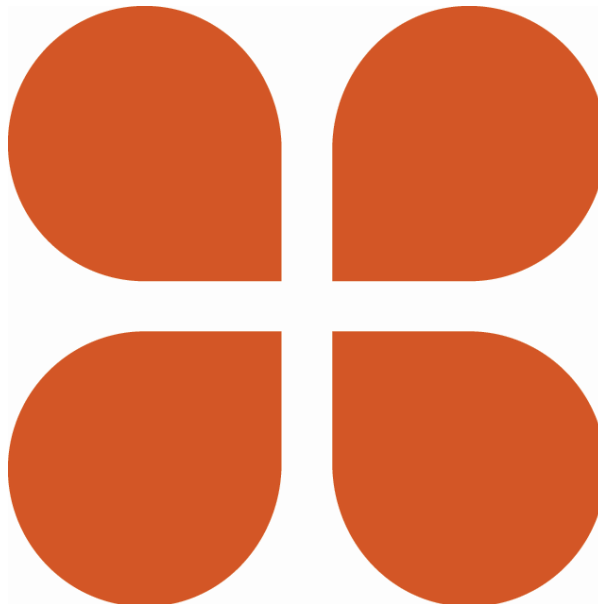


FoU-rapport från Riksantikvarieämbetet

LED-belysning i museimiljö

En förstudie



Arbetsgruppen har bestått av:

- Gabriella Ericson, konservator, Riksantikvarieämbetet
- Tom Sandström, conservation scientist, Riksantikvarieämbetet
- Stefan Johansson, rådgivare teknisk utveckling, Riksutställningar
- Jesper Cederlund, utvecklingstekniker, Riksutställningar
- Göran Hellborg, avdelningschef/tekniklektor, Tekniska Högskolan Jönköping
- Kristoffer Johnsson, belysningsplanerare, Tekniska Högskolan Jönköping

För värdefulla synpunkter tackas Stefan Wiktorsson. Tack också till alla som bidragit med upplysningar till projektet.

Riksantikvarieämbetet 2012

Box 1114

621 22 Visby

www.raa.se

riksant@raa.se

Innehåll

1. Inledning	4
Metod	5
2. Omvärldsbild.....	6
Museernas behov och efterfrågan	6
Aktuella frågeställningar	7
Kunskapsbehov.....	8
3. Konserveringsaspekter.....	10
Referenser	13
4. Vanliga frågor	15
5. Slutsatser.....	24
6. Begreppsförklaringar	28

1. Inledning

Denna rapport sammanfattar förstudien ”Nya ljuskällor i museimiljö”. Projektet har ingått i Riksantikvarieämbetets FoU-program under temat Moderna kulturarv. Projektet är ett samarbete mellan Riksantikvarieämbetet, Riksutställningar och Tekniska Högskolan Jönköping.

Mot bakgrund av behovet av energieffektivisering och minskning av klimatpåverkande utsläpp har EU beslutat att fasa ut försäljningen av traditionella glödlampor. Dessa ska ersättas med mer energieffektiva alternativ såsom lågenergilampor och LED. Det pågående teknikskiftet har börjat göra sig gällande även inom utställningsbelysning. Detta FoU-projekt initierades mot bakgrund av att Riksantikvarieämbetet såväl som Riksutställningar fått frågor från museerna kring den nya tekniken, främst kring LED-tekniken. För att sammanställa ett kunskapsunderlag för att eventuellt kunna gå vidare med rådgivningsinsatser eller fördjupande studier, initierades projektet ”Nya ljuskällor i museimiljö” som en förstudie.

Ljus är en komplex parameter i museimiljön, där hänsyn måste tas till betraktare såväl som bevarande. Därför är det viktigt att ha ett mångdisciplinärt förhållningssätt. I projektgruppen har vi därför sammanfört kompetens från konservering, belysningsvetenskap och praktisk utställningsljussättning. Förstudien behandlar i första hand tekniska och konserveringsrelaterade frågor.

Den belysningsteknik som växer fram snabbast och som de flesta bedömer som den energieffektivaste belysningstekniken för framtiden är LED, därför handlar rapporten huvudsakligen om LED-belysning.

Syftet med denna förstudie har varit att undersöka vad teknikskiftet och den nya tekniken innebär för museerna. Frågeställningarna kan sammanfattas enligt:

- Hur ser utställningsbelysningen ut på museerna i Sverige idag och vilka förändringar planerar man för de kommande åren?
- Vad är känt om LED-belysningens påverkan på museiföremål?

- Vilka är de generella för- och nackdelarna med LED-tekniken?
- Vilka är frågorna och problemställningarna museerna brottas med i fråga om belysningsteknik?
- Vilka behov finns det av rådgivning eller fördjupande studier?

Förstudien är tänkt att i första hand ligga till grund för fortsatt arbete med rådgivning och forskning och är inte avsedd som en handledning. Som nämns på flera ställen i den här rapporten går teknikutvecklingen mycket snabbt och information blir snabbt inaktuell.

Metod

Omvärldsbilden bygger på informella intervjuer och samtal med museitekniker (10), ljussättare (5), konservatorer (7) samt besök på ett flertal museer. I några av fallen har enkäter besvarats. De frågor som diskuterats i dessa samtal ligger till grund för inriktningen på projektet och i avsnittet ”Vanliga frågor” diskuteras och besvaras några av dessa frågor.

Därutöver har en litteraturstudie gjorts om hur ljus påverkar museiföremål med fokus på LED-tekniken och nya metoder att generellt hantera riskerna med ljus i museimiljö.

2. Omvärldsbild

LED-belysning används sedan några år tillbaka i större skala på några av världens stora konstmuseer. National Gallery i London bytte under 2011 ut belysningen i flera av sina utställningssalar. Där har man kombinerat LED-belysningen med ett automatiskt system för solavskärmning

(<http://www.nationalgallery.org.uk/content/conWebDoc/1989>). I Sverige har till exempel Skissernas museum i Lund bytt till LED-belysning.

(http://www.sfv.se/cms/showdocument/documents/sfv/kulturvarden/2009_03/kv3_manga_metoder_for_bättre_miljo_10_13.pdf).

Den största delen av utställningsbelysningen på svenska museer utgörs dock av halogen- och lågvolt halogen och ibland lysrör. Där LED används, är det huvudsakligen på korta avstånd, till exempel i montrar.

För museerna är belysning kostsamt, både i investerings- och driftskostnader. Potentialen att spara energikostnader såväl som underhållskostnader genom att byta till LED-belysning är stor, men investeringskostnaden upplevs som ett hinder. Den höga investeringskostnaden och den snabba teknikutvecklingen är anledningar till att skiftet till ny belysningsteknik går långsamt på svenska museer, enligt den museipersonal vi pratat med. Det finns också hos museerna en viss osäkerhet kring det visuella resultatet. Några museer uppger att de tidigare testat LED-lampor och inte varit nöjda med det visuella resultatet.

Här följer en sammanfattning av frågorna som diskuterats vid samtal med museitekniker, ljussättare och konservatorer vid svenska museer:

Museernas behov och efterfrågan

- Vid inköp av alternativa ljuskällor såsom LED efterfrågas utbytesljuskällor till befintliga armaturer i första hand. Man vill också att de ska kunna ljusregleras samt att de ska ha en ljuskvalitet som är likvärdig halogenbelysningens.

- I tjänsteleverantörernas samtal med sina kunder ligger fokus på olika frågor beroende på vem man talar med i organisationen. Från museiledningarna prioriteras miljöval och driftsekonomi medan konservatorer och utställningstekniker främst ser till bevarandenaspekter och ljusdesign.
- Lång livslängd är ett tungt vägande argument vid val av ljuskälla. Byten av ljuskällor tar tid och innebär arbetsmiljörisker för personalen samt risker för museiföremålen.
- Några påpekar att också urladdningslamporna har en framtid och att dessa kan ge mer ljus än dagens LED med samma elektriska effektförbrukning. En nackdel är att de är svåra att ljusreglera.
- Många av de tillfrågade museiteknikerna skulle idag, trots kännedom om LED-teknikens fördelar, satsa på utvecklad halogenbelysning snarare än LED, eftersom teknikutvecklingen går så fort, nyinvesteringskostnaden är hög och viss osäkerhet råder kring det visuella resultatet.

Aktuella frågeställningar

- En aktuell trend är att släppa in filtrerat dagsljus i lokalerna och då främst i konsthallar. Det innebär att nya krav ställs på den artificiella belysningen. Ljuset måste gå att reglera efter vilka dagsljusförhållanden man har.
- Inom LED kan det komma att uppstå färgskillnader mellan ljuskällor. Från ljussättarnas sida efterfrågas en likhet i färg eller eventuellt ställbart spektrum mellan 2 500-6 000 Kelvin. En ljussättare menar dock att det kan vara svårt att hålla en stringens i ljussättningen om det finns för många val i ljuskällan eller armaturen.
- Några tillfrågade påpekar att ljussättarens tidigare kunskaper ställs på sin spets med nya ljuskällor. Dubbelskuggor från armaturer med flera ljuskällor är ett exempel. En profilstrålkastare för utställningsbruk med möjlighet att variera

ljuskägglan med hjälp av spadar och justerbara linser saknas på marknaden, menar en annan ljussättare.

- Energieffektivitet är ett argument för LED som framför allt lyfts fram av fastighetsägare och fastighetsförvaltare. Några av de tillfrågade tycker att energifrågorna borde diskuteras mer och prioriteras högre.
- Angående trender inom utställningsmediet pekar många på att vi går mot ljusare utställningar över lag. Det finns ibland en övertro på att nya ljuskällor är mindre skadliga för föremålen och att man därmed kommer att kunna öka ljusnivåerna.

Kunskapsbehov

- Kunskapen på museerna är hög kring ljus i allmänhet, men kring nya ljuskällor som t.ex. LED, plasmaljus och urladdningslampor finns ett uttalat behov av mer kunskap bland utställningstekniker. Områden där man skulle vilja ha mer kunskap eller information innefattar: färgåtergivning, styrning av ljus och färg, styrsystem i skenor, styrning av färg direkt från lampan samt livslängden på ljuskällan i förhållande till ljusstyrka och färgstabilitet.
- Mer forskning om hur LED-belysning påverkar museiföremål efterlyses.
- En ljussättare påpekade att det på framtidens museer kommer att behövas mer kunskap om styrsystem som kan integrera ljusstyrning med t.ex. projektorer, datorer och publik eftersom museerna förväntas bli mer interaktiva.
- Kunskapen kring hur ljus påverkar föremål finns främst hos konservatorerna. Den tekniska personalen vet vilka ljusnivåer som gäller och att det är viktigt att undvika UV-strålning. Vissa har mer fördjupad kunskap. Några påpekar att det finns behov av mer kunskap om hur ljus påverkar föremål hos alla de yrkesgrupper som arbetar med att skapa utställningar. De menar att det finns behov av en utbildning om nya ljuskällor och hur man hanterar ljussättning av känsliga föremål.

- Mer samarbete mellan yrkesgrupperna skulle också gagna ljussättningen såväl som bevarandet. Många gånger får ljussättaren själv efter en dialog med en konservator, kolla värden med en lux-mätare. En av de tillfrågade påpekar att ljussättaren och konservatorn borde vara med tidigare i planeringen av nya utställningsprojekt.
- De tillfrågade utställningsteknikerna skulle vilja att en oberoende part informerar och testar produkter och förmedlar det till branschen.

3. Konserveringsaspekter

Ljus är en förutsättning för att kunna se och uppleva museiutställningar men det har också en nedbrytande effekt på många museiföremål. UV-strålning är mer energirikt och därmed skadligare för föremålen än synligt ljus. Men allt ljus orsakar skador och det finns ingen ”säker” ljusnivå för museiföremål.

Allmänt kan man säga att ljus med kortare våglängd, som violett och blått ljus, är mer energirikt och har potential att orsaka mer skada än ljus med längre våglängd, såsom rött ljus. Det finns dock inget direkt linjärt förhållande mellan våglängd och skada. Varje ämne har sina speciella egenskaper och kan vara känsliga för vissa våglängder men inte för andra (Thomson, 1978).

På museer mäts i allmänhet ljuset med hjälp av en lux-mätare. Lux-mätaren är viktad enligt ögats spektrala känslighet och ger inte ett helt rättvisande mått på hur skadlig strålningen är för föremålet. UV- och IR-strålningen uppfattas inte av lux-mätaren och även inom det synliga spektret är våglängderna viktade enligt ögats känslighet. Detta har diskuterats i litteraturen (av bland andra Padfield, 1994). Ögat är som mest känsligt i det gröngula området runt 550 nanometer. Radiometriska instrument som mäter strålningsflödet utan viktning enligt ögats känslighet är mer specialiserade instrument.

I rekommendationer för museibelysning delar man ofta in föremål i kategorier utifrån hur ljuskänsliga de är. De maximala belysningsnivåer som anges grundar sig på den lägsta belysningsnivån som behövs för att se föremålen tydligt och är ett försök att balansera behovet av kunna se bra och bevara bra (Thomson, 1978). Då ljusdosen är produkten av ljusets intensitet och exponeringstiden, brukar man i standarder och rekommendationer ofta ange maxantalet lux-timmar per år (CIE 157:2004) eller den tid man kan uppskatta att det tar innan ett utställt föremål bleks eller ändrar färg (Michalski 2011, PAS 198:2012). Den informationen är viktig för att kunna göra en riskbedömning för ett föremål eller en samling.

Det finns en relativt ny metod att mäta färgförändringar orsakade av ljus som väsentligt kan underlätta den här typen av riskbedömning och slippa nackdelarna med generaliserade lux-regler för breda föremålskategorier. *Microfading* kallas den här metoden att mäta ljusäktheten hos material. Ett accelererat blekningstest utförs på en mycket liten punkt samtidigt som färgförändringen mäts. Genom att avsluta testet när en liten men klart mätbar förändring skett undviker man risken att efterlämna en synligt blekt punkt på föremålet (Whitmore, Xun & Bailie, 1999). En stor fördel är också att ett test går snabbt att utföra. Genom att testa ett föremåls ljuskänslighet har man bättre underlag för riskanalysen och för beslut om ljussättning, utställningstid och utlån. I nuläget finns den här typen av utrustning bara på tolv institutioner runt om i världen, men flera museer har visat intresse. Riksantikvarieämbetet har nyligen införskaffat en *microfader* och undersöker möjligheten att använda en LED-ljuskälla för att kunna göra accelererade ljusåldringstester med denna.

LED-ljuskällor har sedan några år tillbaka börjat användas i museiutställningar. Dessa ljuskällor avger minimalt med UV-strålning, vilket är bra och innebär att man inte behöver använda UV-filter. En annan fördel är att knappast någon IR-strålning avges i ljusriktningen, man undviker således skador orsakade av värmestrålning och för låg luftfuktighet vid föremålet. Det avges dock värme lokalt i de elektriska komponenterna som måste ledas bort för att lampans livslängd inte ska förkortas.

Det finns ännu mycket få forskningsresultat om LED-ljuskällor ur ett konserveringsperspektiv. En studie publicerades 2008 (Ishii et al.) där 22 olika färgämnen exponerats för olika LED-lampor samt vitt lysrörsljus. För de flesta färgämnen visar studien en något lägre blekningstakt under LED-belysning, men några av de gula färgämnena bleknade fortare under LED-belysning och man menar att detta troligtvis är på grund av de i studien aktuella LED-lampornas högre intensitet i området 400-500 nm. Detta resultat ledde för några år sedan till viss oro för användandet av LED för belysning av ljuskänsliga föremål.

Många LED-lampor har dock inte denna höga utstrålning i det blå området. Druzik & Michalski (2011) rekommenderar att man för ljuskänsliga föremål undviker lampor

med hög färgtemperatur ("kallare" ljus), just på grund av att dessa lampor kan ha för hög utstrålning i det blå området.

De blå färgämnen i studien ovan bleknar långsammare under LED-belysning än under glödljusbelysning och orsaken till detta kan enligt Druzik & Michalski (2011) vara att många LED-lampor utstrålar betydligt mindre, inte bara i IR-området, utan även i det röda området i det elektromagnetiska spektret (runt 660-780 nm).

Ett råd är att studera den specifika lampans spektralfördelning. Denna anger hur mycket strålning som avges vid olika våglängder och säger mycket om ljusets karaktär, hur det återger färger och hur mycket skadlig strålning som avges (Bacci & Cucci, 2010).

Ibland används en metod att beräkna en ljuskällas generella skadepotential som benämns "*relative damage potential*" (Weintraub, 2010; CIE 157:2004). Detta kan ge en fingervisning om en ljuskällas skadepotential, men man ska vara medveten om att det är en generalisering. National Gallery har en webbplats ägnad åt spektralfördelningskurvor och där visar man också resultat av beräknade jämförelser av ett stort antal lampor. Se: <http://research.ng-london.org.uk/scientific/spd/>.

Några fallstudier från amerikanska museer som provat LED-belysning finns rapporterade på U.S. Department of Energy:s webbplats: www1.eere.energy.gov/buildings/ssl/gatewaydemos_results.html LED-belysningen får i dessa överlag gott betyg och det kom inte fram någon preferens för halogenbelysningen som kanske kunde vara förväntat. Testpersonernas preferenser överensstämde heller inte med R_a -värdena (färgåtergivningningsindex). Man understryker även i dessa rapporter vikten av att prova belysningen innan man köper, då lampor med liknande specifikationer kan ge ljus som upplevs olika.

Flera författare har undersökt möjligheten att specialanpassa ljuskällor för ljuskänsliga föremål (Cuttle, 2000; Delgado, Dirk, Druzik & WestFall, 2011). Genom att utforma spektret så att man får en god belysning av föremålet samtidigt som strålning som inte bidrar till synupplevelsen elimineras, så kan man åstadkomma en mer skonsam

belysning. En sådan ljuskälla kan åstadkommas med LED-belysning med flerfärgsteknik (Berns, 2011). Denna utveckling är intressant att följa.

De flesta verkar vara överens om att LED-ljuskällor kommer att bli allt vanligare som museibelysning. Tekniken utvecklas mycket snabbt och många menar att man nu kan uppnå en god ljuskvalitet för museiutställningar med LED-teknik. Vad gäller bevarandenaspekterna kan man använda sig av samma riskhanteringsstrategi som för andra ljuskällor. Man gör en riskanalys där alla relevanta faktorer tas i beaktande. Till dessa hör: föremålets art, de ingående materialens ljuskänslighet, ljusnivån, exponeringstiden, ljuskällans spektralfördelning, föremålets färg, storlek och kontrast, besökarnas ålder etc. För en fördjupad diskussion om hantering av riskerna med ljus på museer, se Michalski: *Light, Ultraviolet and Infrared*. <http://www.cci-icc.gc.ca/caringfor-prendresoindes/articles/10agents/chap08-eng.aspx>

Referenser

Berns, R. S. (2011). Designing White-Light LED Lighting for the Display of Art: A Feasibility Study. *Color research and application*, 36, (5), 324-334.

CIE 157:2004. *Control of damage to museum objects by optical radiation*. Vienna: Commission Internationale de l'Eclairage.

Cuttle, C. (2000). A proposal to reduce the exposure to light of museum objects without reducing illuminance or the level of visual satisfaction of museum visitors. *Journal of American Institute for Conservation*, 39, 229-244.

Delgado, M. F., Dirk, C. W., Druzik, J. & WestFall, N. (2011). Lighting the World's Treasures: Approaches to Safer Museum Lighting. *Color research and application*, 36, (4), 238-254.

Druzik, J. & Michalski, S. (2011). *Guidelines for selecting solid-state lighting for museums*. Canadian Conservation Institute & The Getty Conservation Institute.

Ishii, Mie et al. (2008). Colour Degradation of Textiles with Natural Dyes and of Blue Scale Standards Exposed to White LED Lamps: Evaluation of White LED Lamps for Effectiveness as Museum Lighting. *Journal of light & visual environment*, 32, (4), 370-378.

Michalski, S. *Light, Ultraviolet and Infrared*. <http://www.cci-icc.gc.ca/caringfor-prendresoindes/articles/10agents/chap08-eng.aspx> (6 februari 2012)

Padfield, T. (1994). The role of standards and guidelines: are they a substitute for understanding a problem or a protection against the consequences of ignorance? In W. E. Krumbein et al. (Eds.) *Durability and Change*, (pp.191-99). Wiley.
<http://www.conservationphysics.org/tim/cfys/ppubs/dahlem.pdf>

PAS 198:2012. Specification for managing environmental conditions for cultural collections. British Standards Institute.

Thomson, G. (1978). *The museum environment*. London: Butterworth-Heinemann.

Weintraub, S. (2010). Using risk assessment tools to evaluate the use of LEDs for the illumination of light-sensitive collections. *American Institute for Conservation News*, September 2010.

Whitmore, Paul M.; Xun, Pan; Bailie, Catherine (1999). Predicting the fading of objects: identification of fugitive colorants through direct nondestructive lightfastness measurements. *Journal of the American Institute for Conservation*, Vol 38, No 3, 1999, pp. 395-409.

4. Vanliga frågor

Här diskuteras några av de frågor som kommit upp vid våra samtal med museipersonal.

Vilken ljuskvalitet har LED-armaturerna?

Ljuskvaliteten hos LED-baserade armaturer beskrivs på samma sätt som konventionella armaturer genom dess färgtemperatur och färgåtergivningsindex (Ra-index). Det finns LED-produkter som har samma kvalitet som exempelvis halogen- och urladdningslampor, dvs. färgtemperaturer <math>< 3\,000</math> Kelvin och Ra-index >90. Som köpare skall man vara uppmärksam på att färgtemperaturen och Ra-index inte ger en fullständig bild över hur ljuset kommer att upplevas visuellt. (Två lampor kan ha samma färgtemperatur och Ra-index med olika spektralfördelning). Det finns brister i dessa båda mätmetoder som gör att värdena inte är fullt jämförbara. En visuell utvärdering är att rekommendera inför val av armatur. Säljaren bör också redogöra för hur ljuskvaliteten påverkas av arbetstemperatur och ålder.

Lyser alla LED från samma tillverkare likadant?

När elektroniktilverkaren köper in LED-komponenter för att bygga LED-moduler så måste komponenterna specificeras enligt ett bin-system. I produktionen av LED-komponenter kan man inte med full säkerhet förutse dess slutliga kvaliteter.

Egenskaper som färgtemperatur, ljusflöde och framspänningsfall kan skilja sig från komponent till komponent. Därför måste de enskilda komponenterna mätas upp och därefter sorteras efter dess prestanda.

Olika tillverkare har olika snäva toleranser för sitt bin-system. Det är viktigt att konstruktören är medveten om vilka toleranser som krävs för att produkten skall uppfylla sitt syfte. Ju snävare toleranser konstruktören anger vid inköpet desto högre blir komponentpriset eftersom urvalet samtidigt begränsas.

Kostnaden för LED-komponenter får oftast stor betydelse för priset på slutprodukten. Man bör ta reda på vad toleransen är för just den produkt man funderar på att köpa. Alltför stora toleranser kan innebära att man får oönskade skillnader i färgtemperatur och intensitet mellan olika armaturer.

Färgtoleransen anges ofta i MacAdmas-steg, där ett lågt värde är att föredra om man har höga krav på ljuskvaliteten. Ett lågt värde betyder liten färgskillnad mellan enskilda LED medan ett högt värde indikerar en större färgspridning.

Allt eftersom tillverkningsprocessen blir stabilare så minskar behovet av avancerade bin-system. Tillverkaren kan då på förhand specificera vilken färgtemperatur som önskas och säkerställa att majoriteten av komponenterna faller inom angivna toleranser.

Vilka spridningsvinklar finns att tillgå?

LED-baserade armaturer finns att tillgå med spridningsvinklar från smalstrålande spotlights till bredstrålande floodlights. Till skillnad från konventionella armaturer för utställningsljus så är oftast spridningsvinkeln i en LED-baserad produkt inte justerbar. En justerbar spridningsvinkel påverkar armaturens verkningsgrad negativt. Val av spridningsvinkel görs därför oftast vid inköp.

Som alternativ finns också ersättningsljuskällor, så kallade retrofit-produkter. Det är LED-baserade ljuskällor med konventionella socklar för befintliga armaturer. Här finns möjligheten att byta ljuskälla och på så sätt anpassa spridningsvinkeln. Även här finns spridningsvinklar från smalstrålande spotlights till bredstrålande floodlights.

Hur styr man LED-lampans ljusstyrka?

Ljusstyrkan från den enskilda LED-komponenten kontrolleras genom så kallad pulsbreddsmodulering (PWM) av en konstantström. Det innebär att en elektronisk drivelektronik stänger av och sätter på strömmen till ljuskällan med en så hög frekvens att vårt synsinne inte uppfattar blinkningarna utan upplever ett medelvärde.

Hur en LED-ljuskälla ljusregleras beror på dess konstruktion och framgår av tillverkarens tekniska specifikation av produkten. En ljuskälla eller armatur som inte innehåller något elektriskt förkopplingsdon måste förses med en separat drivelektronik med möjlighet till ljusreglering. En armatur med inbyggd elektronik styrs av konventionella digitala protokoll, exempelvis DALI, DMX512 med flera. Även analog styrning, exempelvis 1-10V är möjlig. Rekommenderade alternativ skall alltid uppges av tillverkaren.

Finns det starka LED och svaga LED att välja mellan, på samma sätt som man väljer mellan 25W och 60W lampor?

De så kallade retrofit-produkterna med konventionella socklar säljs i olika effektklasser liksom de konventionella ljuskällorna. Den fysiska storleken hos ljuskällan är kopplad till dess elektriska effekt eftersom en större effekt kräver en större kylkonstruktion. Var observant och notera värmen i armaturen då en ny LED-ljuskälla testas. Konventionella armaturer är oftast inte utvecklade för att tillgodose en LED-ljuskälla med den kylluft som krävs för optimal funktion.

Integrerade LED-baserade belysningsarmaturer har en från början fast maximal effektförbrukning. De kan däremot oftast med hjälp av extern styrning regleras ner till en lägre effektförbrukning.

Hur lång livslängd kan man förvänta sig och vilka faktorer påverkar livslängden?

Livslängden hos en LED-baserad armatur eller ljuskälla kan definieras av hur lång tid den levererar en för applikationen godkänd prestanda. Oftast räknar man ljusflödet som den avgörande parametern men man bör även specificera godkänd variation av färgskiftning som också förekommer över tid. Tillverkaren anger ofta livslängden enligt tiden för L70. Det innebär beräknad drifttid fram till dess att 70 % av det initiala ljusflödet återstår. Värdet anges för en specifik omgivningstemperatur, oftast 25°C. Om värdet under- eller överstiger det värdet får det positiv respektive negativ effekt på livslängden. Därför är det viktigt att kontrollera omgivningstemperaturen

runt armatur eller ljuskälla. Idag konstruerar tillverkarna ofta så att L70 infaller efter 50 000 driftstimmar vid 25°C. I vissa fall är produkten endast avsedd för 20 000 timmar, ibland upp till 70 000 timmar. Man kan jämföra med en typisk glödlampa som har en livslängd på ca 1 000 timmar.

Hur fungerar service och underhåll?

Det finns två typer av LED-baserade armaturer. Retrofit och integrerade konstruktioner. Retrofit bygger på separata LED-baserade ljuskällor med konventionella socklar. Dessa hanteras liksom konventionella ljuskällor. Viktigt att tänka på är omgivningstemperaturen och att hålla kylkropp och luftpassager rena från damm. Om temperaturen runt ljuskällan är för hög bör den bytas mot en med lägre effekt eller annan kylkonstruktion som tillåter effektivare luftkylning.

I en integrerad konstruktion kan ofta inte ljuskällan enkelt separeras från armaturen. Konstruktionen är utformad för att ge bättre kylning och därmed längre livslängd. Även här förutsätter en lång livslängd att omgivande temperatur hålls på en avsedd nivå och att armaturens kylfunktion är intakt. När armaturen inte längre ger avsedd effekt måste ibland hela armaturen bytas ut. Vilka rutiner som gäller för detta varierar mellan olika tillverkare.

Vilka garantier kan man förvänta sig?

Längden på garantin görs upp med leverantören i samband med inköp. Det kan därför vara klokt att följa upp funktionen efter installation för att säkerställa att utlovad prestanda uppfylls under garantitiden. Vid sådana kontroller är det viktigt att säkerställa att omgivande faktorer är de rätta, exempelvis arbetstemperatur och lufttemperatur. Gör man inte detta kan man inte hävda sin rätt till ersättning.

Alla tekniska produkter levereras med en garanti från leverantören. Under förutsättning att produkterna är rätt installerade enligt anvisningar så har man rätt att kräva kompensation om de inte uppfyller den tekniska specifikationen. Det är dock

mer komplicerat att bevisa fel i en tekniskt komplex, egenkomponerad, konstruktion än i en komplett produkt.

Kontrollera med leverantören vilken garanti de lämnar på produkten och under hur lång tid. Längden på garantin är en förhandlingsfaktor vid inköp av ny, oprövad, teknik. Många leveranser sker med 3-5 års garanti.

Försämras ljusets styrka och kvalitet över tid?

Ja, verkningsgraden hos armaturen försämras. Det vill säga att ljusflödet minskar men effektförbrukningen är konstant. LED-komponenten har den egenskapen och armaturen utvecklas med vetskapen om detta. För att ange produktens livslängd brukar tillverkarna använda sig av L70-begreppet. Det anger hur lång tid det tar innan ljusflödet når 70 % av det initiala. Tillverkaren av armaturen kan påverka detta genom olika tekniska åtgärder. Längre livslängd innebär dock oftast högre produktkostnad.

Även ljusets kvalitet ändras med tiden. Den här egenskapen har blivit ett mindre problem under de senaste åren men det finns fortfarande en stor skillnad mellan olika tillverkare. Högkvalitativa komponenter håller en så stabil ljusfärg under L70 att det knappt är skönjbart för ögat. Billigare komponenter har dock tendenser att skifta med tiden. Be leverantören redogöra för den här effekten eftersom den sällan anges i dokumentationen.

Är LED-ljuset fritt från UV- och värmestrålning?

Det finns specifika LED-komponenter för just UV och IR, men LED-komponenter för belysning innehåller minimalt med UV. Dock är det så att all strålning påverkar ljuskänsliga föremål.

En LED-komponent alstrar dock en viss del värme. Till skillnad från glödljustekniken strålar LED-ljuskällan inte ut IR i samma riktning som övrigt ljus. Dock innehåller den LED-baserade armaturen en kylkropp som blir varm och därmed värmer utrymmet som armaturen är monterad i. Värmen behöver ledas bort. Det är viktigt att

LED-belysning har god kylning. Detta bör man också vara observant på om LED används inuti montrar, även om temperaturhöjningen ofta rapporteras vara liten.

Är LED-belysning bättre eller sämre ur bevarandeperspektiv?

En praktisk fördel med LED-lampor för belysning är att de knappast avger någon UV-strålning och att man därför inte behöver använda UV-filter. Allt ljus är dock nedbrytande för museiföremål och därför måste man i varje enskild situation göra en riskbedömning och noga väga all exponering mot det bevarandeuppdrag man har. Ljusnedbrytning är ett komplext område. Olika ämnen (till exempel färgämnen) är olika känsliga, och ljuskällans spektralfördelning är en av faktorerna som påverkar nedbrytningen. Det finns ännu inte mycket forskning publicerad där man använder LED-ljuskällor i ljusåldringsförsök.

En fördel är också att LED avger minimalt med IR-strålning i ljusriktningen, vilket innebär att föremålen inte utsätts för värme och för torr luft vid föremålet, som kan leda till skador. Dessutom kan man i vissa museer även spara energi för kylning av byggnaden. Se även svaret på förra frågan.

Är LED en miljövänlig teknik?

LED har en hög verkningsgrad, vilket innebär att den som ljuskälla ger mycket ljus trots begränsad energiförbrukning. Den har också lång livslängd, vilket resulterar i mindre konsumtion av lampor och förbrukning av el.

LED-komponenten innehåller inte kvicksilver eller bly. Den färdiga armaturen för europeiska marknaden måste konstrueras enligt Ekodesigndirektiven som ställer krav på energiförbrukning, materialval, demontering och andra faktorer.

Själva LED-chipet innehåller sällsynta ämnen. Bland andra indium och gallium. Stora delar av dessa ämnen utvinns i Kina. Gruvnäringen i sig är en miljöbelastning.

Hur mycket energi sparar vi?

Hur mycket energi vi sparar genom att byta till en LED-baserad lösning måste beräknas från fall till fall. Varje installation har sina unika förutsättningar, exempelvis vilken färgtemperatur som önskas, vilka färgåtergivningskrav man har och vilka ljusflöden som krävs. Alla dessa faktorer spelar in då vi jämför relativ besparing. Olika ljuskälletekniker har olika egenskaper och bör därför väljas utifrån applikationens krav. Generellt kan sägas att LED-teknikens egenskaper sparar mest energi i applikationer med riktat ljus i små mängder. Sämst besparing uppnås i allmänljussammanhang med stora ljusflöden. I rätt applikation kan besparingen bli upp till 90 %. I många andra applikationer har vi ännu inte möjlighet att ersätta konventionell teknik om samma ljuskvalitet skall bibehållas.

I marknadsföringen av LED-baserade armaturer skall man noga kontrollera hur prestandan är uppmätt. Ljusflöde och verkningsgrad anges i många fall för ljuskällan inuti armaturen eller till och med för den specifika LED-komponenten som använts, inte som sig bör för den slutliga armaturen. Leverantören skall kunna uppvisa mätresultat för den slutliga armaturen så att kunden kan jämföra med befintlig installation eller andra produkter.

Ibland hänvisar man till den värmeeffekt vi går miste om då varma glödlampor byts ut till kalla lågenergilampor eller LED-lampor. I princip är det korrekt att man förlorar den uppvärmning av en lokal som varma glödlampor kan bidra till. Olika funktioner i en fastighet bör dock styras separat för optimal verkan. Exempelvis går behovet av ljus och värme inte alltid hand i hand. Ljuset skall anpassas efter det momentana behovet av att belysa, inte för att värma lokalen. Ljuskällan sitter dessutom sällan optimalt placerad för en bra värmespridning i lokalen och det finns effektivare teknik för uppvärmning än glödljus.

En startpunkt för att beräkna livscykelkostnaden kan vara Energimyndighetens webbplats (se länk nedan). Man kan också ta hjälp av leverantören.

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

Hur påverkas vi av LED-teknikens snabba utveckling - är framtida teknik kompatibel med dagens?

Tillverkare har idag svårt att hantera den snabba teknikutvecklingen. Det saknas standardisering kring den nya LED-tekniken, bland annat för mätning och jämförelsetal men också mekanisk utformning, socklar och gränssnitt. Det pågår industriella samarbeten som syftar till att lösa dessa problem.

Även service och underhåll är svårt att planera på grund av den snabba utvecklingen mot bättre prestanda. Det finns ingen bra lösning för hur enstaka armaturer i en installation skall ersättas med hänsyn till att ljusflödet hos de övriga armaturerna i en anläggning försämras och gör att den nya armaturen skiljer sig från övriga genom ett starkare ljus. Det är en fördel om anläggningen erbjuder individuell styrning av de enskilda armaturerna för att utjämna dessa skillnader.

Det finns olika parallella teknikspår inom solid state lighting som är den teknik-sfär som LED-tekniken hör till. Bland annat organisk LED och Nano-trådar. Vad utvecklingen av dessa spår resulterar i vet vi ännu inte.

Tittar vi på utvecklingen på lång sikt, kommer sannolikt såväl verkningsgraden som kvaliteten bli långt mycket bättre. Den relativa produktkostnaden är svårare att bedöma då vi ännu inte kan överblicka tillgången på de ämnen som produktionen av den nya tekniken är beroende av. Som det ser ut idag är tillgången begränsad och priserna stiger, vilket får en negativ inverkan på teknikens spridning.

Vad finns det för andra alternativ förutom LED?

Allteftersom glödljustekniken fasas ut från marknaden presenterar belysningsindustrin alternativa ljuskällor.

Den teknik som mest liknar glödlampan är halogenlampan. Det är en enkelt uttryckt förbättrad glödlampa eftersom livslängden och verkningsgraden är något bättre. Glödtråden i en halogenlampa emitterar mer ljus än en glödlampa eftersom den tillåts arbeta i en högre temperatur. Ämnet halogen i gasen runt glödtråden gör att den håller sig intakt längre. Verkningsgraden på ljuskällan är ungefär 20-28 lm/W och livslängden 2-5 000 timmar.

Lågenergilampan och kompaktlysröret bygger på samma tekniska princip. De alstrar ljus genom att låta elektroner passera genom en gas i ett glasrör täckt med lyspulver. Lågenergilampan har en integrerad drivelektronik som gör att den kan användas i konventionella E27 och E14 socklar. Alla lågenergilampor kan dock inte ljusregleras. Kontrollera funktionen i produktdatabladet. Kompaktlysröret har en extern elektronik monterad i armaturen och dessa har därför en annan typ av sockel. Exempelvis GU10, GR14 med flera. Både lågenergilampan och kompaktlysröret får ändrad ljuskaraktär vid ljusreglering. Ljuset blir kallare och "gråare". Livslängden är ungefär 15000 timmar och verkningsgraden 50-60 lm/W för lågenergilampan. För kompaktlysröret är motsvarande siffror 20-30 000 timmar och 70-90 lm/W. Dessa typer av ljuskällor innehåller små halter av kvicksilver och måste återvinnas enligt särskilda regler.

Metallhalogenlampan är en typ av urladdningslampa. Den alstrar ljus liksom lysröret genom att låta elektroner passera genom en gas. Beroende på gasens sammansättning får ljuset sin spektralfördelning. Metallhalogenlampor har god färgåtergivning förmåga med upp till Ra 95. Verkningsgraden är 70-110 lm/W och livslängden 4-15 000 timmar.

5. Slutsatser

Belysning står för en stor del av elanvändningen i samhället och glödlampor är en mycket ineffektiv ljuskälla som bara avger 2-3 % av energin i form av ljus. Detta är anledningen till att EU beslutat om att fasa ut glödlamporna till förmån för energieffektivare alternativ. LED-tekniken anses vara den mest lovande energieffektiva belysningstekniken för framtiden och utvecklas nu i mycket snabb takt.

För museerna är belysning kostsamt, både i investerings- och driftskostnader. Potentialen att spara energikostnader såväl som underhållskostnader genom att byta till LED-belysning är stor men investeringskostnaden hög. Den höga investeringskostnaden och den snabba teknikutvecklingen är anledningar till att skiftet till ny belysningsteknik går långsamt på svenska museer, enligt den museipersonal vi pratat med.

LED-belysning används sedan några år tillbaka i större skala på många museer världen runt. På några museer i USA där man bytt till LED-belysning har man uppnått stor energibesparing. Hur mycket pengar man sparar beror på många faktorer och måste beräknas i det enskilda fallet och över tid.

Vanliga frågor om den nya belysningstekniken från museerna handlar bland annat om drift och underhåll, livslängd, färgtemperatur och förändringar av färg med ålder, ljusreglering och styrsystem samt ljusets påverkan på känsliga material.

Ljuskvaliteten är självfallet av stor betydelse vid utställningsbelysning. LED-lampor finns nu att tillgå i liknande kvalitet som till exempel halogen, det vill säga med färgtemperaturer under 3000 Kelvin och R_a -index över 90. Man ska dock vara medveten om att mätmetoderna har brister och att lampor med liknande tekniska specifikationer kan ge ljus som upplevs olika. Därför bör man prova och utvärdera belysningen på plats innan man köper. Man bör också be leverantören redogöra för hur ljuskvaliteten påverkas av arbetstemperatur och ålder. Av de utvärderingar vi tagit

del av från amerikanska museer kan sägas att man huvudsakligen är nöjd med det visuella resultatet, men att upplevelsen av ljuskvaliteten är subjektiv.

Belysning i museiutställningar med ljuskänsliga föremål kräver särskild eftertanke. En fördel med LED är att strålningen innehåller minimalt med UV- och IR-strålning. Men all strålning påverkar ljuskänsliga föremål och vissa material och färgämnen är mer känsliga för ljus av vissa våglängder.

En viktig del av informationen om en ljuskälla är spektralfördelningen. Den visar hur mycket strålning som avges vid olika våglängder och säger mycket om hur ljuset återger färger och hur mycket skadlig strålning som avges. Man kan be leverantören om spektralfördelningen.

I övrigt kan man använda sig av samma förhållningssätt som tidigare, det vill säga att man gör en riskanalys för utställning av ljuskänsliga föremål och tar i beaktande alla relevanta faktorer, till exempel föremålets art och ljuskänslighet, ljusnivån, exponeringstiden, ljuskällans spektralfördelning, föremålets färg, storlek och kontrast, besökarnas ålder. För en fördjupad diskussion om hantering av riskerna med ljus på museer, se Stefan Michalski: *Light, Ultraviolet and Infrared*. <http://www.cci-icc.gc.ca/caringfor-prendresoindes/articles/10agents/chap08-eng.aspx>

Museerna har hög kompetens kring såväl belysningsfrågor som bevarandefrågor, men kring nya belysningstekniker finns ett behov av mer kunskap enligt de museitekniker och konservatorer vi pratat med. Utvecklingen går snabbt fram och då tekniken inte har använts så länge för utställningsbelysning är erfarenheten begränsad. Många upplever också att det är svårt att hitta ”opartisk” information. Det är viktigt att museerna blir en väl informerad och väl utbildad kund som kan ställa krav och berätta för leverantörer och utvecklare hur man vill att tekniken ska fungera.

Många yrkeskompetenser är involverade när ny utställningsbelysning planeras. Det kan vara utställningsarkitekter, intendenten, konservatorer, museitekniker, ljussättare, pedagoger, säkerhetsansvarige med flera. Samarbetet underlättas av förståelse för varandras yrkeskompetenser. Några av de vi talat med efterlyser

utbildningsmöjligheter om bevarandefrågor för personal som producerar utställningar. Dessutom menar man att ljussättning såväl som bevarandearbetet skulle gynnas om ljussättare och konservator var med redan från början i utställningsprojekt.

Projektet bedömer att det finns behov av:

- Ett kreativt forum för idéutveckling om vad vi kan göra för att dels förbättra upplevelsen, dels skydda föremålen bättre samt dessutom minska energianvändningen för belysning. Här är det viktigt att arbeta förutsättningslöst och utan att utgå från en viss teknik.
- Rådgivning om vad man ska tänka på inför inköp av utställningsbelysning.
- Åldringsstudier med LED som ljuskälla.
- Utbildningsmöjligheter inom belysningsteknik. Efterfrågade ämnen är: färgåtergivning, styrning av ljus och färg, styrsystem i skenor, styrning av färg direkt från lampan och kunskap om styrsystem som kan integrera ljusstyrning med t.ex. mediaspelare och projektorer.
- Utbildningsmöjligheter om ljus och förebyggande konservering för personal som producerar utställningar.
- Förbättrat kunskaps- och erfarenhetsutbyte mellan de olika yrkesgrupperna som är involverade i beslut som rör belysning på museer.

Projektet har som ett första steg i syfte att främja informations- och erfarenhetsutbyte startat en grupp på www.kulturvardsforum.se kallad "Ljus". Ett faktablad, Vårda Väl om LED-belysning, finns nu på Riksantikvarieämbetets hemsida:

<http://www.raa.se/hitta-information/publikationer/faktablad-och-handbocker/>

Riksantikvarieämbetet planerar även att ge ut ett Vårda Väl-blad om ljusets påverkan på museiföremål.

Riksutställningar turnerar från och med hösten 2012 med en mobil trailer som kallas "Utvecklingsrummet" med ny teknik och workshops för utställningsbranschen. Där tas bland annat belysningsteknik upp. Kortkurser och workshops hålls löpande inom utställningsteknik och annonseras på Riksutställningars webbplats:

www.riksutstallningar.se

6. Begreppsförklaringar

Här förklaras några begrepp som används i texten. Inom ljusmätning används radiometriska såväl som fotometriska metoder. Skillnaden är att de fotometriska enheterna är viktade enligt ögats spektrala känslighet.

Fotometriska

Ljusflöde eller strålningsflöde så som det uppfattas av ögat. Mäts i lumen (lm).

Belysning mäts i lux – lumen per m².

Ljusstyrka, ljusflödets intensitet i en viss riktning, mäts i Candela (cd) = lumen per steradian (sr)

Radiometriska

Strålningsflöde – Watt (W) = joule per sekund

Strålningseffekt (irradians) – Watt per m²

Övriga begrepp

Framspänningsfall Den elektriska spänningsskillnaden mellan katod (-) och anod (+) på en diod. Den spänning som skall överstigas för att komponenten skall börja leda ström och emittera ljus.

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

Färgtemperatur	Ljuskälla. Mäts i Kelvin (K). Låg färgtemperatur ger rött ”varmt” ljus och hög färgtemperatur ger blått, ”kallt” ljus. CCT (Correlated Colour Temperature) – relativ enhet för färgtemperatur.
Halvledare	Material som inte leder elektrisk ström lika bra som en typisk ledare såsom koppar, men inte heller isolerar elektrisk ström såsom plast.
LED	<i>Light emitting diode</i> , på svenska ljusemitterande diod
LED-chip	Den ljusalstrande beståndsdelen i en LED-komponent.
LED-komponent	En LED i ett format anpassat för elektronikproduktion. Finns i varianterna hålmonterad och ytmonterad.
LED-modul	En elektronikkonstruktion med kretskort, LED-komponent, kontaktdon och eventuell optik.
Ljusreglering	Justering av ljusflödet.
Pulsbreddsmodulering	PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>). Ett sätt att begränsa tillförseln av elektrisk energi.
Spektralfördelning	En grafisk kurva som visar fördelningen av energi inom olika våglängdsområden.
SSL	<i>Solid state lighting</i> , samlingsnamn på ljus teknik som bygger på halvledare såsom LED, OLED (organisk LED) och PLED (polymerbaserad LED).
Styrsystem	Sammanställning av sensorer, strömbrytare och andra enheter som anpassar en ljusmiljö till det momentana behovet av ljus.

Verkningsgrad

Förhållandet mellan uppmätt ljusflöde (lumen) och förbrukad energi (watt), lumen per watt (lm/W).