Fortiden i fremtiden

Farver i forlis – skibsportræt i sigte

Undervisningskompendium

BEVARINGSCENTER FYN

Farver i forlis – skibsportræt i sigte

Dette undervisningsmateriale er tiltænkt naturfags- og historielæreren i udskolingen, samt lærere i fysik, kemi og (kunst)historie på STX eller anden videregående uddannelsesinstitution. Materialet er udarbejdet i forbindelse med projektet Fortiden i Fremtiden, hvis formål er at formidle styrkerne ved tværfagligt samarbejde omkring forskning og bevaring af den materielle kulturarv ud fra en praktisk orienteret vinkel: Til hvad og hvordan bliver den teoretiske viden som eleverne tilegner sig i skolen, brugt ude i arbejdsverdenen?

Fremstillingens ene del demonstrerer hvordan viden om lys og elektromagnetisk stråling bliver brugt ved microfading-analyse, som er en ny spektroskopisk metode til at undersøge farvernes falmning og derved beregne f.eks. maleriers og tekstilers faktiske lysfølsomhed. Dette er et vigtigt redskab til at bevare både museumsgenstandes kunstneriske udtryk og deres kildeværdi for eftertiden.

I anden del bliver en specifik genstandsgruppe, nemlig skibsportrætter som samtidig er emnet for en vandreudstilling på 6 kulturhistoriske museer i Svendborg, Kerteminde, Faaborg, Rudkøbing, Ærøskøbing og Marstal, sat i relation til sejlskibsfartens fysiske størrelser i vind og vand. Der vises, hvordan matematiske beregninger har betydning for konstruktion af skibe og deres sejlads.

Delene kan benyttes uafhængigt af hinanden. For at gøre emnet anskueligt og engagerende, er der formuleret små spørgsmål og opgaver, som eleverne kan besvare og forsøge at løse.

Materialet er set ud fra det praktisk orienterede arbejdsfelt som kunst- og kulturhistorie på museer og konservering er. Ideen er, at man som underviser plukker ud af stofmængden, så det passer med det pensum, man ønsker at gennemgå med sin klasse og kobler det med det materiale, der ellers arbejdes ud fra i fysik/kemi og (kunst)historie, da kompendiet netop handler om kombinationen af naturvidenskab og humaniora.

God fornøjelse!

Indhold

Farver i forlis – skibsportræt i sigte 2
Lys, farver og forfald 4
A) Hvad er lys og farver? 4
B) Hvorfor er lys rigtig vigtigt på museerne? 9
C) Hvordan håndterer man lys på museer? 16

Ved interesse for et virksomhedsbesøg

Kontakt:
iho@langelandkommune.dk

Ida-Christine Hovmand

Ledende konserveringstekniker

Lys, farver og forfald

- **Har du nogensinde hængt en farvestrålende plakat eller et foto op ved dit vindue og opdaget efter nogen tid at farverne var helt falmet?**
- **Eller prøvet noget tøj i din absolutte yndlingsfarve i en butik, og da du tog det på derhjemme eller gik med det på gaden første gang, havde farven på mærkelig vis skiftet tone?**
- **Eller bemærket, at stoffet på den side af bedsteforældrenes gamle sofa, som har vendt mod lyset i 30 år, er bleget mere end resten - og måske endda er blevet mørt og revnet?**

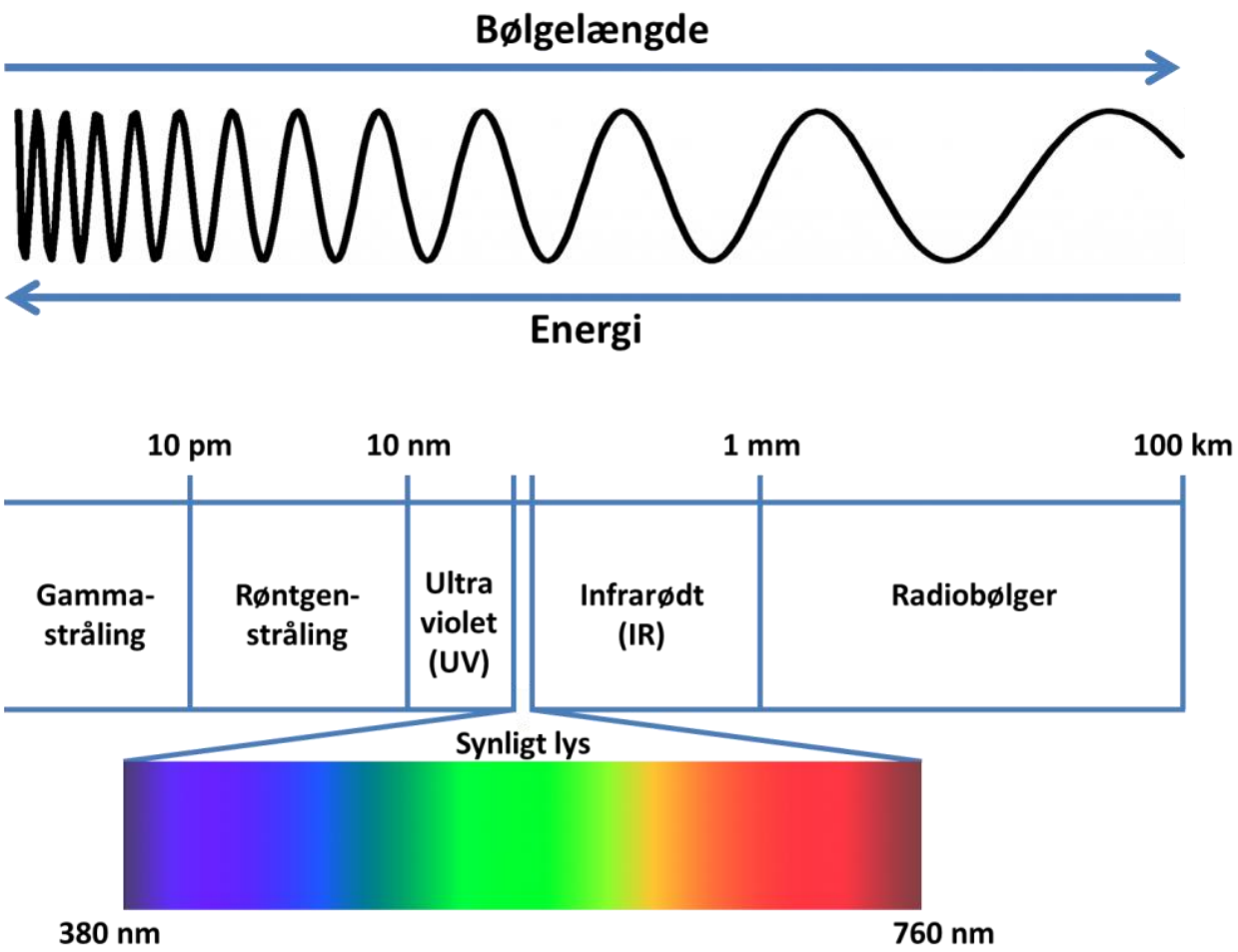
Forklaringen på alle disse fænomener kan findes i samspillet mellem lys og anden elektromagnetisk stråling og materialernes kemiske og fysiske struktur. Samspillet bestemmer ikke kun genstandenes farver, men har også stor indflydelse på deres nedbrydning. Det skyldes, at lys og stråling transporterer energi, som påvirker både farvepigmenter og mange andre materialer. Derfor er det vigtigt at forstå lysets egenskaber, når man vil udstille og samtidig bevare museumsgenstande for eftertiden.
I det følgende vil vi fortælle, hvordan vi på museer bruger denne viden praktisk i vores arbejdshverdag bl.a. ved at anvende en ny teknologi kaldet ”microfading” i en udstilling om akvarelmalede skibsportrætter.

A) Hvad er lys og farver?

- *Hvad har røntgenbilledet af dine tænder, en varmelampe til farfars ømme ryg og mikrobølgeovnen til dit posepopcorn til fælles?*
- *Hvorfor er æblet rødt – eller grønt, eller gult? Og hvornår er det gråt?*
- *Hvorfor efterlyser politiet aldrig en turkisfarvet bil?*

Elektromagnetisk stråling optræder med vidt forskellige bølgelængder og frekvenser. Efter disse kendetegn har man inddelt det elektromagnetiske spektrum i områder. Strålingen på de forskellige områder har forskellige energier og egenskaber, og mange af dem kan bruges praktisk i vores hverdag. For eksempel bliver langbølget, lavfrekvent stråling brugt til bl.a. at transmittere radio, mens kortbølget, højfrekvent gammastråling anvendes til f.eks. kræftbehandling.

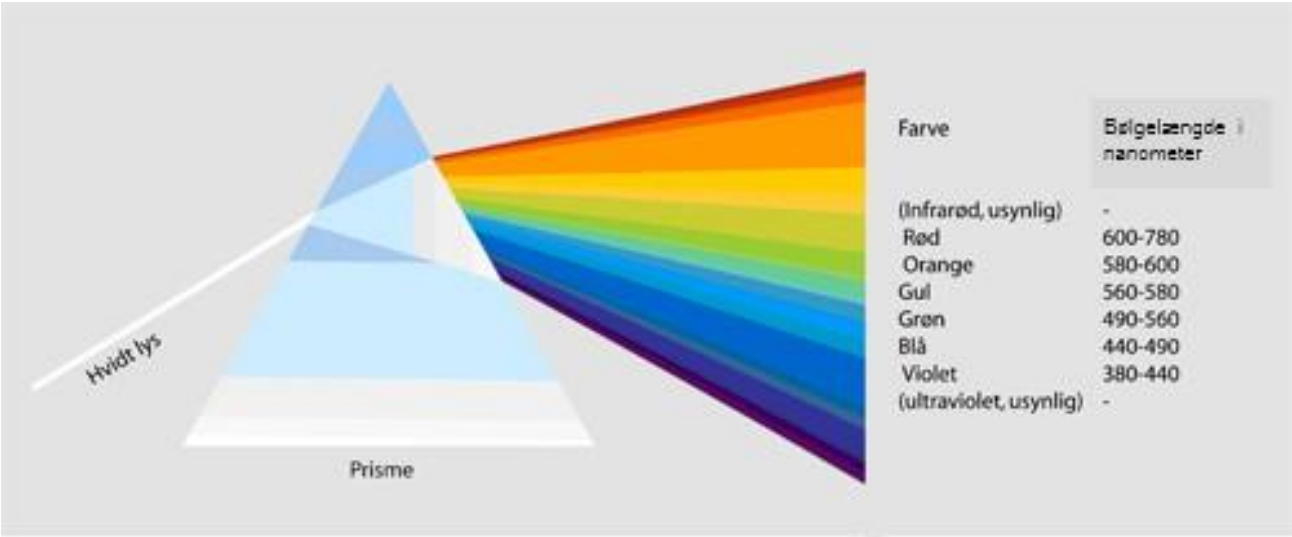
På samme måde er både røntgenapparatet, varmelampen (som udsender IR-stråling) og mikrobølgeovnen måder at anvende forskellige strålingsområder i det elektromagnetiske spektrum på – og det gælder også lys.



Skema over det elektromagnetiske spektrum. Jo kortere strålingens bølgelængde, des højere er dens frekvens og energiindhold. Det (for mennesket) synlige lys udgør kun en lille del af spektret, som er fremhævet nederst på illustrationen.

Det vil sige at lys er elektromagnetisk stråling med bestemte bølgelængder. For mennesker er det bølgelængderne mellem ca. 380 nm og 760 nm der er synlige, derfor er det dem vi kalder for lys, eller nogle gange *synligt lys*, bare for at skære det ud i pap. Disse bølgelængder falder temmelig godt sammen med det område, hvor solstrålingen som når ned til jorden, har sin højeste intensitet. Man kan sige at vores øjne har udviklet sig til at fungere bedst i et liv i dagslys.

Bølgelængderne for sollys svarer desuden til farverne i en regnbue. Regnbuen opstår nemlig ved at sollyset rammer vanddråber, der fungerer som en prisme og bryder lyset, sådan at det hvide lys bliver splittet op i dets andele af forskellige bølgelængder, dvs. forskellige farver.



En prisme splitter lyset op i dets bølgelængder, svarende til forskellige farver

Når lys rammer en overflade, bliver nogle dele af strålingen absorberet og andre reflekteret. Hvilke dele, afhænger af den kemiske og fysiske opbygning af et givent materiale. Bølgelængderne som bliver reflekteret, bestemmer overfladens farve.
På den måde vil et æble, hvis skræl indeholder substanser der absorberer violette, blå, gule, orange og røde bølgelængder, men reflekterer grønne bølgelængder, fremstå grønt i sollyset. Når substanserne forandres, f.eks. ved modning, vil absorption og refleksion også forandres, og samme æble vil fremstå gult eller rødt.

Men lyset er ikke altid ens, og det er vores øjne heller ikke!

Uden lys, ingen farver – men hvilket lys har du set?

Vores synsindtryk af sollyset skifter, alt efter om solen står højt på himlen, er blevet filtreret gennem støv eller et skydække eller er ved at forsvinde bag horisonten. Det er fordi forskellige andele af bølgelængderne når frem til øjnene i disse situationer. Derfor kan vi f.eks. glæde os over at se solopgang og solnedgang i røde farver: når solen står lavt over horisonten, skal dens lys igennem et tykkere lag af atmosfæren for at nå hen til os. På denne ekstra lange vej bliver dets kortbølgede, blå dele spredt så meget når de rammer gasmolekylerne i atmosfæren, at kun de langbølgede, røde dele som spredes meget mindre af molekylerne, kommer frem og farver himlen rødt.

Kunstigt lys er heller ikke ens. Nogenlunde hvidt lys kan faktisk produceres ved forskellige blandinger af bølgelængder. Der er udviklet en lang række kunstige lyskilder (f.eks. glødelamper, lysstofrør, halogenlamper, LED), som mere eller mindre godt efterligner sollyset.
Men især når man sammenligner lyset fra forskellige kilder side om side, går det op for øjnene og dermed hjernen, at der kan være store afvigelser fra solens lys: en hvid overflade i skæret fra stearinlys og glødepærer forekommer gulligt, mens lys fra gængse lysstofrør opleves mere hvidt, hvorimod xenonlamper (f.eks. i nyere billygter) forekommer blåligt. I LED-lamper kan forskelligt

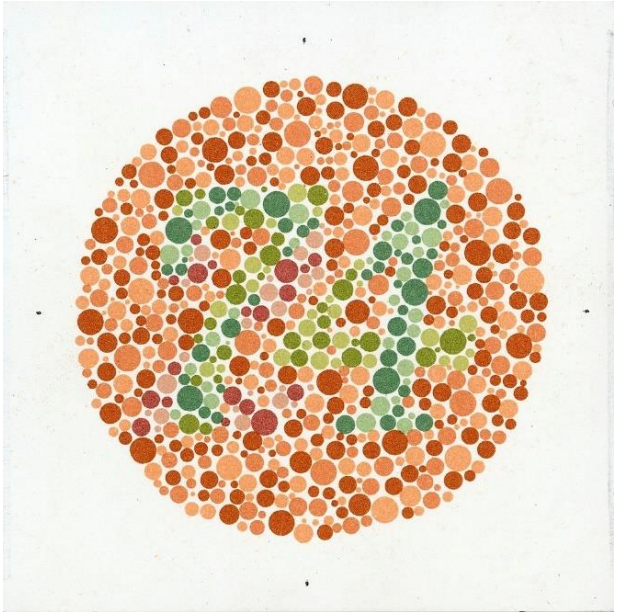
Det afhænger af øjnene, der ser!

farvede dioder endda sammensættes på en måde, så man selv kan styre, hvilke farvenuancer man ønsker.

Det betyder, at farver ikke er en absolut størrelse, men skal ses i relation til lige præcis det lys der fremkalder farveindtrykket i vores individuelle øjne mens vi betragter tingene på et givent tidspunkt.

Ligesom nogle mennesker er langsynede og nogle nærsynede, vil der også være forskel på, hvordan vi oplever farver, eller hvor lysfølsomme vores øjne er. Det skyldes at øjnenes receptorer (stavcellerne og tapcellerne, som henholdsvis registrer lysets intensitet og de forskellige farver) varierer fra person til person.

For eksempel gør en genetisk mutation af de farvefølsomme tapceller hos mellem 1-5 ud af hundred mennesker, at de har svært ved at skelne mellem grønne og røde farvetoner. Det betyder at dem som er rød-grøn farveblind ikke vil kunne se tallene rigtigt på et billede som dette:



Hvis ens tapceller har en bestemt genetisk mutation, kan man ikke opdage tallet 74 på billedet, men i stedet for måske 21 eller slet ikke nogen tydelige tal, fordi mutationen gør det svært at skelne mellem rød og grøn

Tapcellerne kræver i øvrigt en ret høj lysstyrke for overhovedet at blive aktiveret, mens stavcellerne også fungerer i skumringen. Det har som følge, at vi ved svag belysning ikke længere kan se farver, men kun nuancer af grå. Det er også årsagen til at ikke kun alle kattene bliver grå i mørket, men også alle røde, gule eller grønne æbler!

Sådan fremstår en farvestrålende paraply i tusmørket – helt grå

Og hvis man er uheldig, kan man desuden være plaget af mørkeblindhed, hvor det er stavcellerne, der er mindre følsomme, sådan at man har svært ved at se noget som helst ordentligt når det bliver mørkt.

Almindeligvis kan mennesker skelne mellem ca. 200 farvetoner, men med yderligere variabler (farvemætning, hvidandel) bliver det til 20 millioner nuancer! Det ville dog være helt håbløst at skulle navngive dem alle. Samtidig vil forskellige personer ikke være i stand til at beskrive dem ens. Det skyldes at vores farvefornemmelse er ret individuel, så snart vi kommer væk fra grundfarvernes brede termer.
(Det er derfor, at politiet aldrig vil efterlyse en turkisfarvet bil, da turkis per definition er en blanding af grøn og blå, hvilket de fleste vil tolke forskelligt. Så hellere efterlyse ”en blå eller grøn bil”, så udelukker man ikke noget.)

En vifte med et udvalg af industrielle farveprøver

I forhold til mennesket kan nogle dyregrupper opløse endnu flere farvenuancer. En del kan endda se infrarød eller Uv-stråling, andre er i stand til at se ved meget lavere lysintensitet, mens andre igen slet ikke kan se farver. Alle organismers syn er således gennem evolutionen tilpasset deres særlige behov f.eks. for at finde føde eller en mage.

På museerne har vi selvfølgelig først og fremmest det menneskelige syn at forholde os til – men ikke kun, da nogle materialer også reagerer på stråling, som vi selv er blinde for!

Det handler om detaljerne!

B) Hvorfor er lys rigtig vigtigt på museerne?

Alt dette med grå æbler, regnbuer, tapceller og mikrobølgeovne er (forhåbentlig) meget spændende - men hvorfor og hvordan kan viden om lys bruges på museer?

Det kan det, fordi gæsterne på et museum skal kunne se rigtigt meget: malerier, tøj, smykker, møbler, udstoppede dyr, dokumenter, oldsager osv. Og det kræver selvfølgelig en del lys, som desuden helst skal være af en kvalitet, der er egnet til at gengive de ”rigtige” farver, dvs. på samme måde, som de vil se ud i sollyset.
Samtidig er museerne forpligtet til at sørge for, at også fremtidige generationer om mange hundrede år stadig vil kunne se de samme ting, og gerne med deres oprindelige farver. Men desværre er lys, og især sollys, med til at nedbryde mange farvestoffer og pigmenter, samt nogle ”sarte” materialer som papir, stof, læder, fjer og plast.

Derfor er det to modsatrettede behov, vi skal tage højde for på museerne: vi skal tænde så meget lys, at alle kan se ordentligt, men kun så meget, at det ikke går ud over tingene og deres farver.
Er det overhovedet muligt? Helt ærligt - nej, i hvert fald ikke fuldkommen. Det bedste for at bevare genstandene for eftertiden, ville være at låse dem væk i mørke magasiner. Men hvilken nytte ville tingene have, hvis ingen måtte se, opleve eller forske i dem? Ikke megen, og derfor skal vi finde balancen mellem belysning og bevaring. Deri ligger en del udfordringer og der er flere vigtige faktorer at tage hensyn til.

- *Er det en god idé at skrive under på en kontrakt i et dunkelt rum?*
- *Hvorfor er det så irriterende at blive vækket midt om natten?*

Jo mindre detaljerne og kontrasterne er på det man kigger på, des mere lys kræver det: prøv engang at læse det, der er skrevet med småt på en kontrakt eller en pengeseddel, i tusmørke – det er vanskeligt og ens syn (eller ens pengepung) kan nemt blive snydt!

Så er der også det med alderen: øjnene bliver ofte mindre lysfølsomme og mindre elastiske når vi bliver gamle. Det betyder, at ældre mennesker som regel skal bruge stærkere belysning for at kunne se det samme, som yngre. Desuden sker tilvænningen ved skift i belysningen langsommere hos ældre. Det bør museerne tage hensyn til, når udstillingerne designes.

Der er i øvrigt stor forskel om man kommer fra mørket ud i lyset eller omvendt, f.eks. fra en solbeskinnet gade ind til et svagt belyst museum: det første tager øjnene kun nogle sekunder og op til 5 minutter at omstille sig til, mens det andet tager hele 10 til 30 minutter for komplet tilvænning!
For museumsfolk betyder det, at de bør tilrettelægge belysningen på en måde, som giver deres gæsters øjne mulighed for og tid til at følge med ændringerne, mens de går rundt i udstillingen. Det kan man gøre ved at undgå skærende kontraster mellem lyse og mørke områder eller ved at designe steder til fordybelse og længere ophold, der hvor belysningen skifter.

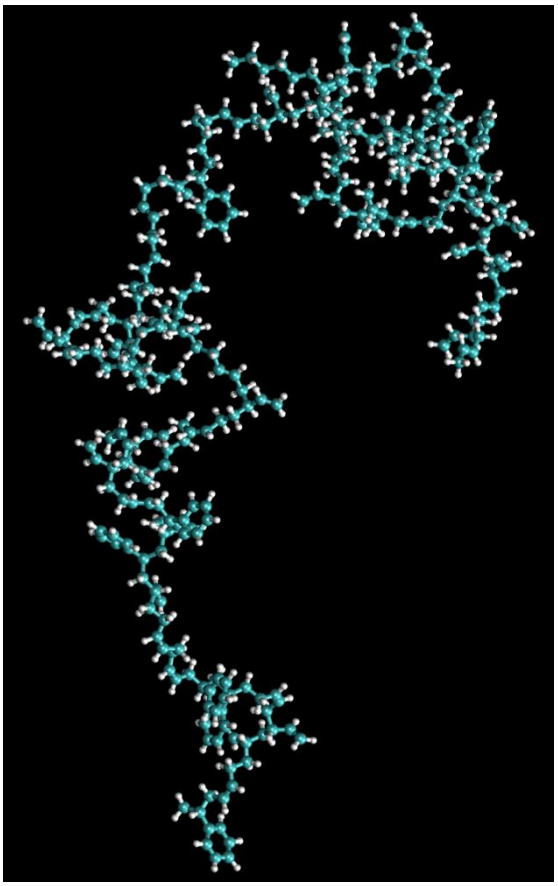
Og det med at blive vækket midt om natten? Bortset fra det åbenlyse der er irriterende ved det, bliver øjnene selvfølgelig også her overrumplet, hvis vækningen foregår ved at der tændes lys. Vi bliver pludselig kastet fra fredeligt mørke til "larmende lys", så receptorerne ikke kan reagere hurtigt nok og bliver overbelastet. Det gør, at man i kort tid slet ikke kan se, og at det næsten kan opleves som smerte at blive lyst i ansigtet. Så er vækkeuret da et mindre onde!

- *Hvorfor falmer farverne på fotos, men ikke på kirkevinduer?*
- *Kan museumsgenstande blive solskoldet – og bør de blive smurt ind i solcreme?*

Du har nok ofte fået at vide, at det kan være skadeligt for din hud at bade i sommerens solskin i timevis. Og hvis du har hørt godt efter, har du også forstået at det er sollysets andel af Uv-stråling som gør, at du kan ende med at blive solskoldet. Og du har sikkert ovenikøbet for længst opdaget, at det samme ikke sker, når du sidder indendørs bag glas, beholder tøjet på i solen eller bruger tilstrækkeligt med solcreme når du ligger på stranden. Så ved du faktisk allerede en stor del om lysets nedbrydende virkning! Men her kommer nogle flere, vigtige detaljer.

Al materie består af atomer, som i mange tilfælde er sat sammen til molekyler, hvilke bygges op til naturens forskellige stoffer og materialer, organiske såvel som uorganiske. Men *hvordan* atomer og molekyler er bundet sammen, er meget forskelligt, og det resulterer i de mange varierende egenskaber vi oplever ved f.eks. metal, glas, knogler, træ, skind, papir og plast.
Og større eller mindre lysfølsomhed af materialer og farver er én af disse egenskaber, da nogle molekylbindinger er mere stabile over for lys, end andre.

Når lyset gør skade!



Lang, kulstofbaseret molekylkæde i organisk materiale

Legetøjsfigur af plast, som er gulnet grundet påvirkningen fra lys, dog undtagen benene: der må derfor være brugt to forskellige slags plast i figuren.

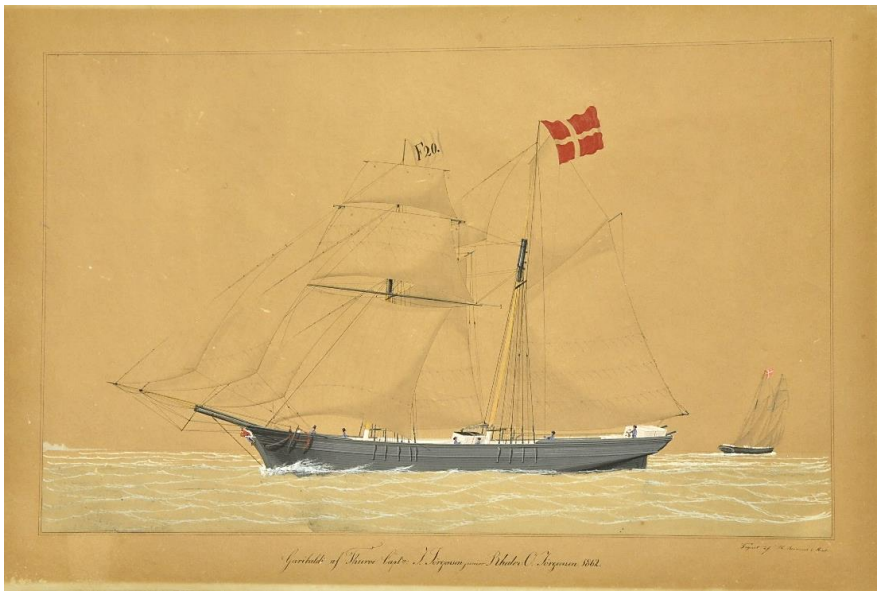
Som nævnt i afsnit A, er lys en form for stråling som transporterer energi. Er strålingen kraftig nok, kan energien fra lyset bryde de eksisterende kemiske bindinger i et materiale. Nogle materialer, f.eks. metal og glas, har så stærke bindinger, at sollysets energi ikke er høj nok til at "knække" dem.

De fleste andre materialer, især de organiske (kulstofbaseret materie fra engang levende organismer), er dog i mere eller mindre høj grad lysfølsomme. Det betyder at deres egenskaber kan påvirkes ved bestråling med lys. For farvernes vedkommende bliver deres evne til at absorbere og reflektere lyset forandret, hvilket resulterer i falmning, gulning eller anden misfarvning.

Organiske genstande af papir, plast, skind, silke osv. kan derudover også blive svækket i deres fysiske struktur, når deres lange molekylkæder nedbrydes til mindre stykker. Som følge bliver materialerne mindre fleksible og møre, sådan at de nemt revner eller smuldrer ved den mindste belastning (som i eksemplet med bedsteforældrenes gamle sofa fra indledningen, som har vendt mod solen i mange år).

Lysets energi kan bryde bindingerne i nogle materialers molekyler. Det svækker dem fysisk. På venstre side er det de gule silketråde der er revnet i et møbelbetræk, hvorved vævet er gået i opløsning. Til højre er det blød skumplast, der er blevet helt sprød og nu smuldrer til små, ikke-elastiske stumper ved bare let berøring.

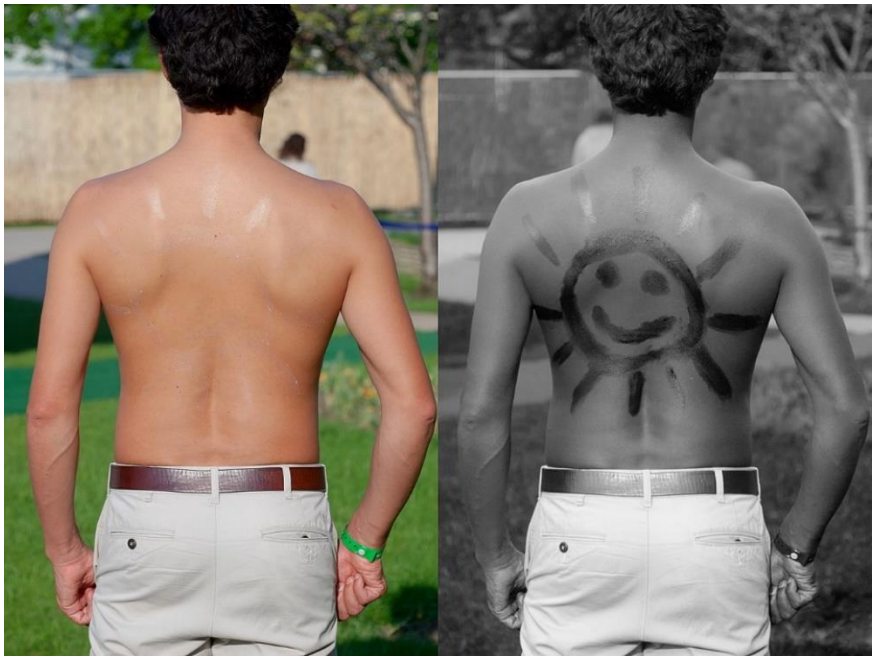
Begge dele er selvfølgelig dårligt nyt for den langsigtede bevaring af ting på museerne, og i skibsportrætters tilfælde er det både farvepigmenterne og selve papiret, som angribes af lyset. Derfor hører de hos konservatorer til i kategorien ”særligt lysfølsomme genstande”.



Lyset har taget hårdt på dette skibsportræt, der er udført som akvarel på papir. Det tynde farvelag i himmel og hav er helt afbleget, mens papiret er gulnet kraftigt.

Jo større lysmængde et materiale udsættes for, desto større er påvirkningen. Lysmængden (som angives i luxtimer) er et produkt af lysstyrke (lux) og belysningstid. En lille lysstyrke over lang tid vil derfor være lige så belastende for et lysfølsomt materiale, som en stor lysstyrke over kort tid. (For eksempel giver 5 timers belysning ved 100 lux den samme lysmængde som 10 timers belysning ved 50 lux, nemlig 500 luxtimer.)

Det er dog ikke ligegyldigt, hvilken *slags* lys, dvs. hvilke bølgelængder, der rammer materialerne, da de forskellige bølgelængder som sagt transporterer forskellige energier!
Ligesom med vores hud ved solbadning, er det især Uv-strålingen i lyset som volder stor skade på museumsgenstande på grund af sit høje energiindhold ved bølgelængder kortere end 380 nanometer. Sollys har en høj andel af Uv-stråling, men Uv forekommer også i mange kunstige lyskilder, som i lysstofrør, halogenlamper og sparepærer.
Hvad sker der så egentlig, når vi bruger solcreme? Vi fordeler en substans på vores hud som indeholder stoffer (f.eks. zinkoxid), der absorberer Uv-strålingen. Det betyder, at strålingens energi bliver optaget i solcremen, så den ikke kan nå huden. Energien bliver i stedet for afgivet igen som ufarlig varme.



Solcreme på huden, synliggjort på højre side i form af tegningen af en sol. Samme billede er taget to gange, til venstre ved dagslys, til højre med et specielt kamera der kun udsender og registrerer Uv-stråling

Kan man så ikke benytte samme metode på museumsgenstande? Ja og nej. Fedtholdig solcreme vil selvsagt ikke kunne smøres på malerier, tøj og papir, da det vil skæmme og skade dem på anden vis, men andre metoder til Uv-absorbering kan i nogle tilfælde også anvendes på museer – mere om det i afsnit C.

Hvad med falmning af plakater og fotos på væggene i vore stuer? Hvorfor bliver farverne ikke beskyttet af vinduesglasset, som er i stand til at forhindre at vi bliver solskoldet indendørs?

To udgaver af samme bog, som har ligget bag et vindue i en museumsbutik.
Den øverste har ligget nede i stakken, beskyttet for lys. Den nederste har været udsat for sollys der er gået gennem vinduesglas, og er både falmet og har skiftet farve ganske voldsomt, på trods af glassets Uv-absorberende virkning!

Det skyldes for det første, at glasset ikke absorberer hele Uv-strålingen, men kun den del, som er ansvarlig for at f.eks. vores hud bliver forbrændt. For det andet har mange farvestoffer, især de organiske, meget lave molekylære bindingsenergier, så der skal mindre til for at påvirke dem. De mest følsomme farver vil endda falme ved belysning med helt Uv-frit lys, særligt efter længere perioder, da lysbelastningen som nævnt opsummeres over tid.
Men hvorfor bevarer kirkevinduer deres farver så strålende og klare, selvom de er blevet udsat for direkte sollys i mange, mange år? Grunden er, at der er brugt uorganiske pigmenter på grundlag af metaller og mineraler i produktionen af farvet glas. Disse pigmenter og selve glasset har meget høje bindingsenergier og påvirkes derfor hverken af lys eller af Uv-stråling.

For at vi ikke skal blive helt ”lysforskrækket”, er det vigtigt at huske, at sollyset og den energi det leverer, er uundværlige for livet på jorden og for vores sundhed, f.eks. for at kroppen kan danne vigtige vitaminer.
Og at selv den udskældte Uv-stråling faktisk også kan gøre gavn på museer f.eks. ved at desinficere vandet i luftbefugtere, synliggøre mug på overflader, hærde specielle lime ved konservering af glas og undersøge malerier for gamle reparationer eller forfalskninger!

Detaljer på et maleri belyst med Uv-stråling. Udsmykningen af kongens tøj er falmet så kraftigt, at den næsten ikke kan ses (tv.), men da nogle pigmenter reagerer særligt på Uv-stråling, kan den blive gjort synlig i "lyset" fra en Uv-lampe (th.)

Detaljer på et maleri belyst med Uv-stråling. Ved almindelig belysning ser maleriet helt og fint ud (tv.), mens Uv-stråling afslører mørke pletter, hvor der er malet på originalen på et senere tidspunkt, måske for at udbedre skader (th.).

C) Hvordan håndterer man lys på museer?

- *Hvor langt er 1 spektrometer?*
- *Hvad går microfading ud på, og hvorfor i solens navn skulle man med vilje falme værdifulde kunstværker?*

Det står nu lysende klart at vi på museerne er nødt til bevidst at tage hånd om både kunstige og naturlige strålingskilder for at passe på genstande som skibsportrætter og deres farver. Men hvad vil det sige konkret? Det betyder, at museumsinspektører, konservatorer og lysdesignere sammen bør undersøge mulighederne for lyssætning i forhold til gæsternes behov, ønsker til stemningen i rummene og genstandenes begrænsninger. Dertil bliver genstandene inddelt efter deres lysfølsomhed, og de foreslåede lyskilder bliver kigget efter i sømmene hvad angår deres kvalitet og energiindhold.

Hvis en udstilling f.eks. kun rummer porcelæn eller metalsmykker, er der ingen grund til at begrænse lysmængden, da disse ikke er lysfølsomme. Men så snart der skal præsenteres lysfølsomme genstande, er der forskellige tiltag, redskaber og teknologier man kan benytte for at beskytte dem:

- Man kan helt undgå brugen af sollys i udstillinger ved at afblænde vinduer og døre.
- Der bør kun vælges lyskilder, der ikke udsender Uv-stråling, som f.eks. LED.
- Vinduer og lamper kan beklædes med specielle gennemsigtige folier, som filtrerer Uv-strålingen fra, ligesom der også tilbydes glas eller akryl til indramning af kunstværker, som er udstyret med Uv-absorber.
- I enkelte tilfælde kan også selve genstandene beskyttes mod Uv-stråling ved at tilsætte
  Uv-absorber til gennemsigtige lakker f.eks. på møbler eller i malerifernis.Lyskilder må ikke sidde for tæt på genstandene. Lysstyrken falder nemlig med tiltagende afstand, og det giver også en mere jævn belysning på hele overfladen, hvilket hjælper med at undgå dannelse af ”pletvis” falmning f.eks. ved spotbelysning.
- Der kan bruges sensorstyret lys, der kun bliver tændt automatisk når en person kommer ind i rummet eller nærmer sig genstanden. Det vil mindske belysningstiden og dermed lysmængden.
- Lysfølsomme genstande kan udskiftes med jævne mellemrum i udstillingen. På den måde bliver lysbelastningen delt op på flere genstande og dermed formindsket for hver enkel; for eksempel kan man, i stedet for at vise de samme sider i en bog hele tiden, vende siderne med jævne mellemrum.
- For at undersøge lysbelastningen og minimere den, kan vi både måle lyskildernes Uv-andel for at tjekke om de grundlæggende er egnet til museumsbrug, og den lysstyrke og energimængde,

Lysmåler til kontrol af synligt lys og Uv-stråling

genstandene faktisk udsættes for. Det gør det muligt at justere belysningen til det ønskede niveau. Det sker med en speciel lysmåler.

- Sidst men ikke mindst er der kommet en ny metode kaldt ”microfading” hvor man, ved at teste direkte på genstanden, kan finde ud af hvor lysfølsom den er. Derved kan man se hvad der kommer til at ske med farverne under en udstilling. Testen fortæller hvor længe man kan udstille tingene uden fare for falmning. Mere om det i afsnittet ”Microfading – et kig i fremtiden”!

I forhold til farvegengivelsen er det at sikre lyskildernes kvalitet faktisk en overraskende kompleks problemstilling, da en beskrivelse og sammenligning af alle de forskellige farver under forskellige former af belysning er teknisk krævende. Som beskrevet ovenfor, står desuden vores subjektive opfattelse af farver i vejen for en objektiv vurdering. Her er dog et par praktiske redskaber:

- Lyskilder bliver markedsført under angivelse af deres CRI (Colour Rendering Index) eller R_a-værdi (Referenceindeks $_{almen}$), som er en indikator for hvor ”naturligt” eller nøjagtigt lyskilden gengiver et bestemt antal referencefarver, sammenholdt med sollyset eller den gamle glødepære. Dette er ikke et perfekt afbalanceret system, men dog en brugbar rettesnor.
  På museer vælger vi gerne lyskilder med en Ra-værdi på mindst 90 (100 vil være det optimale, hvilket dog er svært at opnå udenom sollys). Da nogle lyskilder kan have endda meget lavere værdier, kan man komme ud for at f.eks. farverne på ens tøj ser ud til at ”skifte” under forskellig belysning. Hvis en tøjbutik har sat lamper med dårlig farvegengivelse op, risikerer man derfor, at det tøj man går ud af butikken med, ikke helt har de samme farver i sollyset, som da man prøvede det!

- En anden værdi, man kan kigge efter når man vælger lyskilder, er deres farvetemperatur, angivet i Kelvin f.eks. 2700 K for ”varm hvid” eller 4000 K for ”kold hvid”. Værdien er et mål for hvilken temperatur en referencevarmestrålingskilde har, når den udsender en bestemt farve. Det fortæller ikke noget om, hvor høj lysstyrke en lyskilde udsender, men mere om, hvordan lyset virker på beskueren, da mange har vænnet sig til varmt (”gulligt”) hvidt fra den gamle glødepære (2700 K) som noget hyggeligt, mens koldt (”neutralt” eller ”blåligt”) hvidt fra f.eks. lysstofrør (4000 K og opover) opfattes som skarpt og ubehageligt og måske minder mange om lyset hos tandlægen.

Microfading – et "kig i fremtiden"!

To lyspærer med identisk effekt og lysstrøm, men forskellige farvetemperaturer: 4000 K (t.v.) og 2700 K (t.h.)

Bemærk at den naturvidenskabelige definition af farvetemperaturen ikke er lig med begreberne "kolde og varme farver" i kunstneriske sammenhænge! Disse er snarere af psykologisk natur, fordi vi gerne forbinder rød, orange og gul med varme emner som ild, mens blå og hvidt bliver koblet til kulde som ved vand og sne. Sjovt nok er det lige omvendt i fysikken, og den målbare farvetemperatur af lyskilder er højere hos dem som vi anser for at udsende "køligt" lys. For eksempel er opvarmet, rødglødende stål således også koldere (mellem 500 og 800 °C), end hvidglødende (over 1300 °C)!

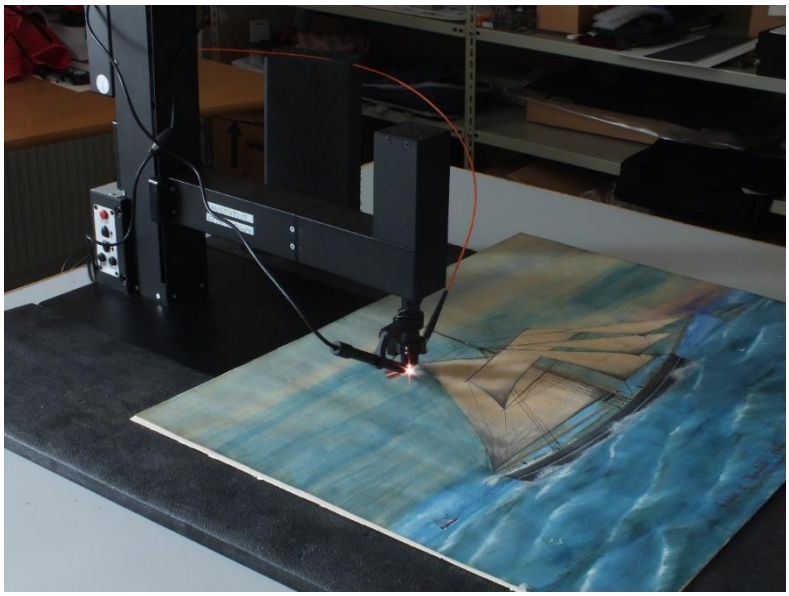
- I øvrigt er der også en anden, lavpraktisk men meget god metode for at undersøge lyskildernes farvegengivelse og farvetemperatur i præcis den sammenhæng man vil belyse: man skaffer sig nogle eksempler og tester deres virkning direkte på udstillingsstedet – så får man syn for sagen!

Konklusionen er, at på museerne skal belysningen vælges med omhu. Men hvordan får vi det bedste ud af situationen, så både (kunst)historie, bevaring og museumsgæster vinder ved brugen af naturvidenskab?

Når vi inddeler farvede genstande i kategorier som ”særligt lysfølsomme” eller ”ikke lysfølsomme”, sker det på basis af erfaringer med falmning af andre, sammenlignelige genstande og vores generelle viden om lysfølsomme stoffer. Men her er der ofte tale om et kvalificeret gæt, da man ikke altid har mulighed for at analysere, hvilke farvemidler der har været brugt på en bestemt genstand.
Desuden kender man kun meget sjældent en unik genstands ”belysningshistorie”, dvs. hvor meget lys den allerede har været udsat for – og dette har betydning for, om den allerede er falmet maksimalt, eller om der fortsat kan indtræde farveændringer. Derfor har det været svært at være helt sikker på tingenes nøjagtige lysfølsomhed.

Microfading gør det muligt at afprøve direkte på genstanden, om og hvornår en given belysning vil føre til farveændringer på et specifikt maleri, et stykke tøj og andre bemalede emner. Dermed har vi med denne metode for første gang muligheden for at be- eller afkræfte vores forventninger om lyspåvirkning af farver i praksis!

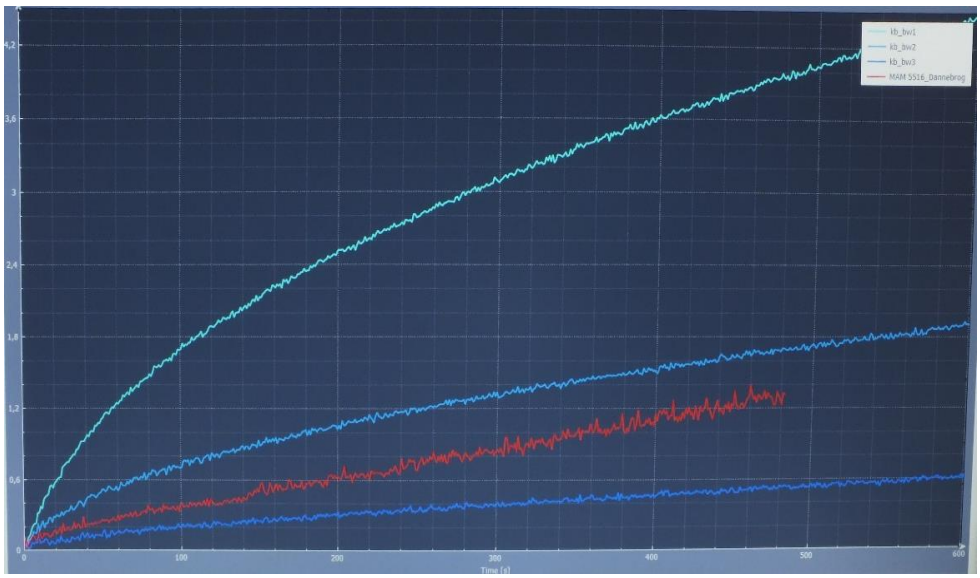
Men hvorfor er det en god idé at udsætte værdifulde originaler for en test hvor vi skyder med skarpt lys, når vi formoder at have med et lysfølsomt materiale at gøre som vi ellers vil beskytte mod for meget lys? Gør vi ikke i samme omgang skade på tingene?
Jo, men det et er muligt alligevel at bruge microfading (”mikroskopisk falmning”), fordi der er indbygget to sikkerhedsmekanismer:
For det første er området som bliver belyst meget lille. Det vil på de fleste overflader ikke kunne ses med det blotte øje.
For det andet er det muligt at indstille programmet til at afbryde belysningen lige inden det punkt er nået, hvor et menneske vil kunne opdage en farveforskel. Så vil den indtrufne ændring stadig være usynlig for os.



Microfading apparaturet i aktion med analyse af lysfølsomheden af den røde farve i dannebroget på et skibsportræt. Normalt vil der være mørkt i rummet under analysen, rumbelysningen er kun tændt for at tage fotoet. (Målingspunktet ser her meget større ud end den er, på grund af refleksion og spredning af lyset.)

Konkret bliver et mikroskopisk punkt på 0,5 mm i diameter udsat for en defineret lysstyrke, mens et spektrometer måler og beskriver ændringer i de reflekterede bølgelængder over tid.

(”Spektrometer” er nemlig ikke en længdeenhed som en kilometer eller en millimeter, men betegnelsen for et apparat, der registrerer spektralfordelingen i stråling. ”Meter” er græsk og betyder ”mål”.)
Spektralfordelingen afbilder løbende, hvordan farver påvirkes af vedvarende belysning.
Man skal selvfølgelig undersøge alle farver på genstanden, én ad gangen. Det er nødvendigt for at finde den mest lysfølsomme farve der er det svageste led og som afgør, hvor stor en lysmængde maleriet kan tåle.

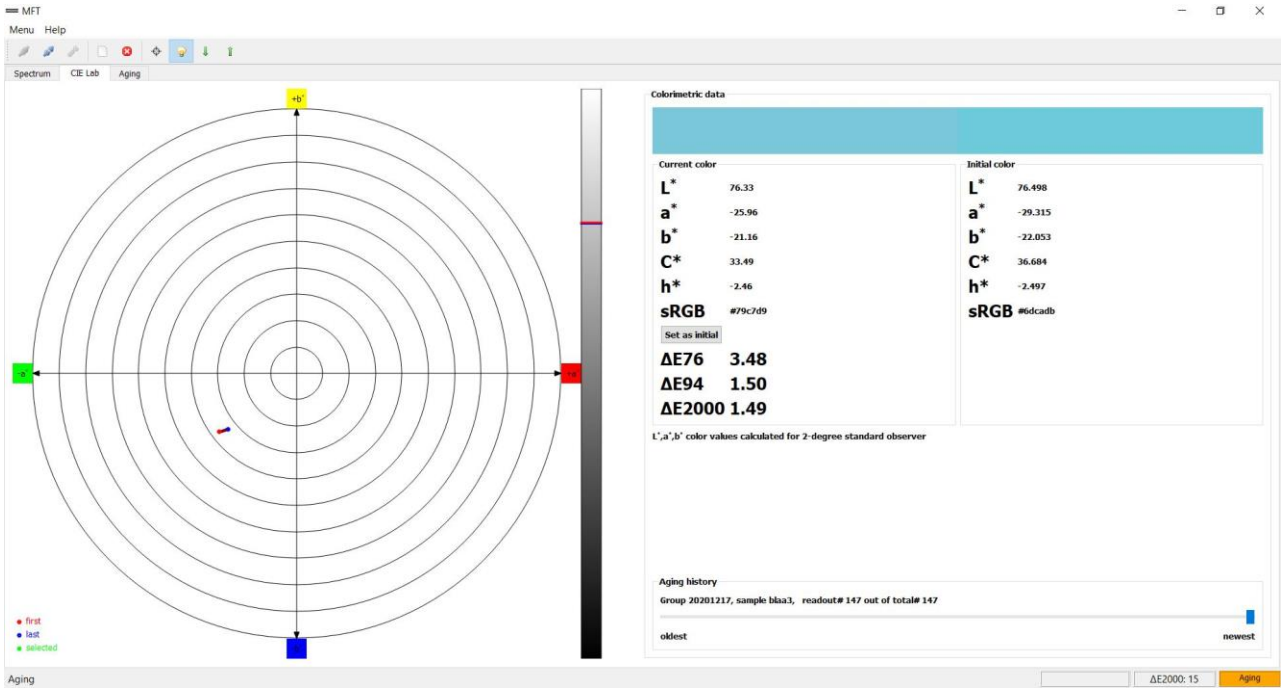


Skærmbillede fra analyseprogrammet ved microfading. Den røde kurve er den aktuelle måling. De andre kurver stammer fra en industriel standard for lysfølsomhed, hvor den øverste (kategori 1) repræsenterer de mest lysfølsomme farver. Prøven fra skibsportrættet ligger mellem kategori 2 og 3, som begge stadig er temmelig lysfølsomme. Standarden har i alt otte kategorier, hvoraf nummer 8 betegnes som yderst lysægte.

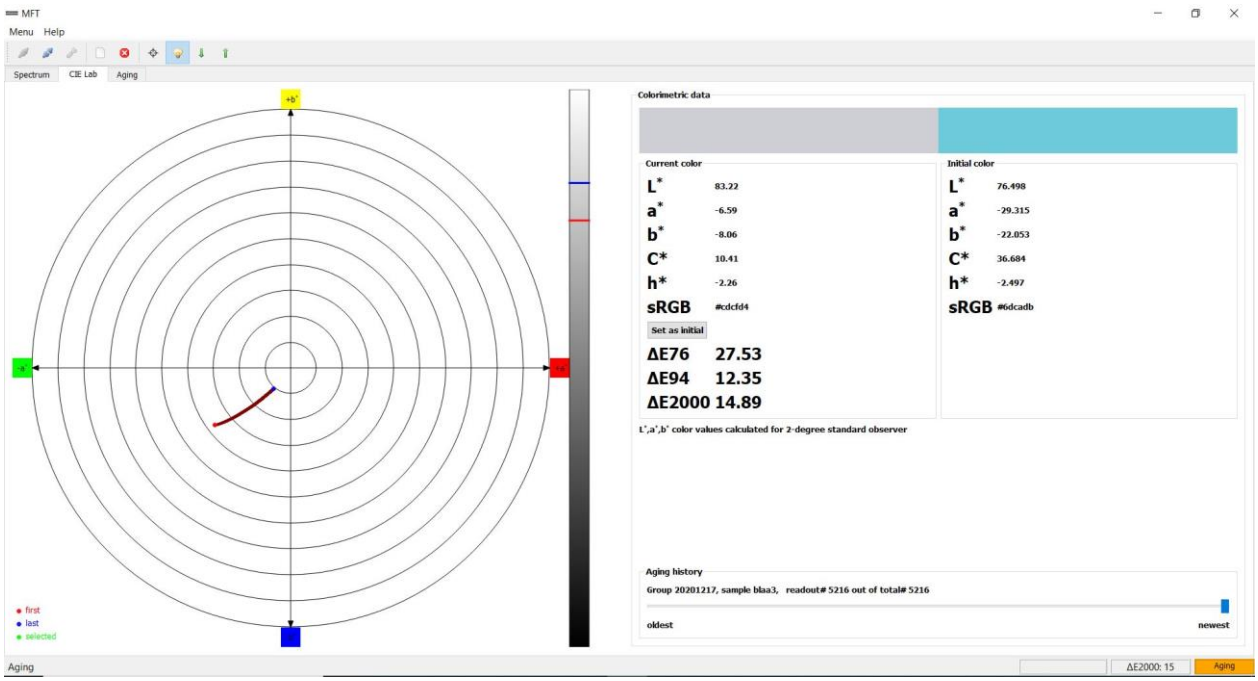
Ud fra målingerne kan konservatorer udarbejde en belysningsplan. Den fortæller, hvor meget lys en genstand eller et kunstværk kan tåle, før farverne ændres. Hvis et museum vil udstille mange lysfølsomme genstande, bør der udformes en belysningspolitik for hele samlingen, som bl.a. vejleder om valg af lyskilder, lysstyrke og belysningstid.

En kendsgerning står dog ikke til at ændre: hvis man udstiller lysfølsomme genstande, vil der med tiden indtræde ændringer i farverne. Derfor skal museerne også tage stilling til, hvor stor en farveændring der er acceptabel over et længere tidsrum som 50 eller 100 år.
Det er nemmere at leve med at f.eks. et rødt flag på et skibsportræt bliver bare lidt dybere rødt, end at havets farve forsvinder eller at nogle grønne planker skifter farve til gult. Men hvis det røde flag til gengæld bliver fuldstændig mørkt med tiden – ja, så er det selvfølgelig helt sort!

Men også her hjælper farveanalysen gennem microfading, fordi den giver et kig i fremtiden om, hvor meget og i hvilken retning farverne vil forandres. Man har desuden indført et system med forskellige trin, hvor man arbejder med forskellige størrelser af farveændringer, betegnet med ΔE_{2000} (læs: delta E). Først ved en værdi over 1,5 ΔE_{2000} vil ændringerne være nemme at bemærke, mens man ved over 5 ΔE_{2000} må konstatere, at farven komplet er skiftet til en anden.



Skærmbillede fra analyseprogrammet ved microfading til en værdi af 1,5 ΔE_{2000} : Den farvede bjælke øverst til højre viser ændringen af den undersøgte farve, i dette tilfælde en streg fra en blå tuschpen. Man kan lige akkurat fornemme forskellen, men det kræver et godt farvesyn. Prikkerne på skydeskiven illustrerer i hvilken retning farveændringen går, med en linje fra den røde startprik til den blå slutprik. I dette eksempel har prikken næsten ikke ændret position, men kun bevæget sig fra det blågrønne område en smule hen til midten, der hvor farverne bliver mindre kraftige og mere grå og grumsede.



Skærmbillede fra analyseprogrammet ved microfading til en værdi af 15 ΔE_{2000} : Bjælken er gået fra blå til grå, der er intet af den oprindelige farve tilbage. Linjen mellem den røde og den blå prik på skydeskiven er blevet meget længere og næsten nået til centrum. Ved yderligere belysning vil den nu grå farve blive endnu lysere og næsten forsvinde helt.

Kan du regne den ud?

Når man har lavet analysen og bestemt sig for, at en meget lille farveændring med en værdi for ΔE_{2000} på 1,5 er acceptabel efter f.eks. 50 år, kan man udregne, efter hvor mange luxtimer denne ændring vil indtræde. Derefter kan man forvalte timerne på genstandens "belysningskonto" således, at 1,5 ΔE_{2000} først bliver nået efter 50 år. Det gør man ved enten at sætte belysningsstyrken eller belysningsvarigheden ned, f.eks. ved at bruge en svagere lyskilde eller ved at udstille et kunstværk eller anden genstand kun i perioder, frem for kontinuerligt.

Et eksempel fra et skibsportræt, som vi har undersøgt som led i en udstilling, følger her: Analysen viste, at rød er den mest lysfølsomme farve på maleriet. Med tiden vil belysning få den til at blive mørkere, ligesom den vil miste farvekraft og fremstå mere grålig. Forandringen bliver synlig for det menneskelige øje efter 600.000 luxtimer. Det vil sige, at hvis billedet bliver udstillet på museum ved en belysningsstyrke af f.eks. 100 lux, så vil ændringerne indtræde efter 6.000 timers belysningstid.

Den gennemsnitlige årlige belysningstid blev sat til 2.000 timer. Ved en belysningsstyrke af 100 lux svarer det til, at museet kan udstille værket uafbrudt i 3 år, uden at farverne forandres. (100 lux gange 2.000 timer gange 3 år giver 600.000 luxtimer.) Hvis styrken nedbringes til 50 lux, er det derimod muligt at udstille værket i 6 år. (50 lux gange 2.000 timer gange 6 år giver ligeledes 600.000 luxtimer.)
Det er selvfølgelig også muligt at begrænse belysningstiden i stedet for, f.eks. til 1.000 timer om året. Så har man, selv ved 100 lux, igen 6 år udstillingstid at gøre godt med.

Men hvad med det længere perspektiv? Prøv at beregne, hvor mange timer om året det omtalte maleri må belyses med 50 lux for at farveændringen først indtræder om 50 år. **(Forklaring i slutningen af teksten.)*

Hvornår sejler (farverne i) skibet?

For at sætte de nævnte lux-værdier lidt i perspektiv:
100 lux svarer til den belysningsstyrke, Arbejdstilsynet anbefaler på gangarealer og trapper for at kunne se godt nok til at færdes sikkert. 50 lux er den værdi, som konservatorer traditionelt anbefaler til særligt lysfølsomme materialer som akvareller.
Ved højlys sol udendørs kan man måle over 100.000 lux! I forhold til maleriet fra vores eksempel, vil det derfor kun tage 6 timer at nå op på 600.000 luxtimer hvor farveændringer starter. Det er bare en af mange gode grunde til ikke at udstille følsomme museumsgenstande i det fri!

Hvad er sammenfattet den store gevinst ved at undersøge malerier og andre farvede genstande med microfading?

Førhen var det sådan, at museerne ikke altid var klar over, hvor lysfølsomme deres forskellige genstande i virkeligheden var. Derfor blev nogle udstillet ved for stærk belysning, med uoprettelige skader som følge. Det kan undgås fremover ved at bruge denne naturvidenskabelig analyse.
Men der er også den modsatte side, at museerne ud fra et forsigtighedsprincip måtte skære alle formodet lysfølsomme genstande over én kam og begrænse lysmængden og udstillingstiden for dem alle sammen. Ved at bruge microfading, er det muligt at identificere de virkelig følsomme og undgå misfarvninger på dem, mens museumsgenstande, som viser sig slet ikke at blive påvirket så meget af lys som forventet, derimod kan udstilles uden indskrænkninger af gæsternes mulighed for at se dem.
Teknologien sætter med andre ord kunsthistorikere, konservatorer og andre museumsfolk i stand til at træffe oplyste valg til gode for genstandene og besøgende!

Én ting som microfading og spektrometre desværre endnu ikke kan præstere, er at fortælle os, hvordan falmede farver oprindeligt har set ud. Men det kan være, at det bliver en af fremtidens

* Opgave med regneeksempel

600.000 luxtimer er til rådighed til fordeling over 50 år.
Belysningsstyrken skal være på 50 lux.
600.000 luxtimer delt med 50 lux giver 12.000 timer hvori værket må belyses i alt.
12.000 timer delt med 50 (år) giver 240 timer om året.

Til sammenligning med en typisk årlig udstillingstid af 2.000 timer på museer er det ikke ret meget.
Ved otte udstillingstimer om dagen med 50 lux belysningsstyrke vil man blot kunne vise maleriet i 30 dage hvert år de næste 50 år. Alternativt kunne man dog f.eks. udstille det i 90 dage hvert tredje år eller i de fulde 2.000 timer ca. hvert ottende år. Det er op til museumsfolkene at beslutte, men nu kan de gøre det på grundlag af målinger og beregninger!

opdagelser indenfor forskning med lys og gamle museumsting – og måske bliver det dig eller en anden nutidig skoleelev, der vil finde ud af noget spændende om fortiden, i fremtiden?

BEVARINGSCENTER FYN
v/LANGELANDS MUSEUM
ØSTERGADE 25, 1., 5900 RUDKØBING
TLF. 63 51 63 12 CVR NR. 29188955