

Anbefalinger for klima (temperatur og relativ fugtighed) i museernes udstillinger og magasiner

Formål

Museumsgenstande skal til enhver tid opbevares i et stabilt og bevarende klima, beskyttet mod for høj, for lav og ofte svingende temperatur samt mod for høj, for lav og svingende relativ luftfugtighed (RF) for at modvirke den nedbrydning, der følger af ekstreme eller stærkt svingende klimaforhold.

Det er hensigten med denne tekst at orientere om de væsentligste forhold, der har betydning for bevaringen af museumsgenstande, og samtidig vise, at der ikke kun er et klima, der altid skal imødekommes, men at museet bør tage udgangspunkt i en risikoanalyse af samlingens behov, og samtidig tilstræbe en bæredygtig og energieffektiv samlingsvaretagelse.

Til det formål er der en række værktøjer som museet i samarbejde med det konserveringsfaglige personale kan tage i anvendelse, når man skal beslutte sig for hvordan man ønsker at etablere det rette klimaforhold til sikring af de udstillede eller magasinerede museumsgenstande og værker.

Indledning – museernes forpligtelse og de mange hensyn

Alle materialer nedbrydes over tid, men påvirkninger som luftfugtighed og temperatur har en stor indvirkning på, hvor hurtigt det går. Museumslovens §1 og §2 -3 siger bl.a. at lovens formål er at sikre kulturarv og naturarv i Danmark. Hermed er det museernes opgave så vidt muligt at forhindre nedbrydning af værker, genstande og præparater, så de er til rådighed for fremtidens anvendelse. Dette betyder, at museerne skal beskytte egne samlinger imod nedbrydning.

Desuden er der ofte udlån til andre museer fra samlingerne. Her er det ejermuseets opgave at sikre at deres værker, genstande, præparater ikke lider skade, imens de er udlånt – det sker igennem skriftlige aftaler. Og det er lånermuseernes opgave at udstille eller f.eks. anvende indlån på en måde, så indlånene ikke lider skade.

Ideelt set bør alle genstande, værker og præparater, samt indlån bevares efter højeste standard. Men virkeligheden er, at det ofte er umuligt af praktiske eller økonomiske grunde. Med udgangspunkt i en betydningsvurdering af de udstillede genstande og en vurdering af deres materielle nedbrydningsmæssige følsomhed – f.eks. ud fra *Skema over anbefalet lysintensitet (lux), temperatur og relativ luftfugtighed (RF) for en række genstandstyper* - er det muligt at differentiere kravene til museets indeklima på en reflekteret måde. Der er stor forskel på forskellige materials følsomhed for luftfugtighed og temperatur. For eksempel påvirkes de fleste stenøkser kun ubetydeligt af skiftende klima indendørs - medens f.eks. fotos, tekstiler og maleri på lærred, er yderst følsomme materialer, der hurtigt nedbrydes ved for høj/lav - eller svingende luftfugtighed/temperatur. Ved at træffe bevidste valg ud fra et hensyn til både genstandenes betydning og materialets følsomhed får man en hensigtsmæssig bevaring af samlingerne.

Arbejdsdeling ved bestemmelse af det bevarende klima

Uanset om der skal indrettes ny udstilling, nyt museum eller et nyt magasin er det vigtigt, at arbejdet med etablering af det bedst mulige bevarende klima udføres som et samarbejde mellem museets ledelse og/eller samlingsansvarlige inspektør og museets konservatorer samt de arkitekter og ingeniører der evt. er knyttet til projektet som udførende parter. Dette arbejde omfatter så mange facetter og hensyn, at alle relevante fagligheder bør inddrages i planlægningsfasen.

Konservatorens rolle vil i denne sammenhæng være at rådgive museet om de bevaringsmæssige hensyn og muligheder, standarder som kan tænkes at få betydning ved indlån m.v. samt anbefalede klimakrav til de udstillede genstande. Konservatoren rådgiver ligeledes om de konsekvenser forskellige klimavalg har for genstandenes bevaring både på kort og lang sigt. På den måde kan den ansvarlige ledelse på museet tage stilling til ambitionsniveauet på en oplyst baggrund. Konservatoren vil i mange tilfælde også kunne stille opklarende spørgsmål til de øvrige stakeholders vedr. design og drift af klimaanlæg, anvendte materialer i bygningen og deres betydning for klimaet m.v. Det væsentligste er, at museets beslutning om de bevaringsrelaterede valg foretages på et fuldt oplyst grundlag.

Rådgivning om klima i udstillinger og magasiner

I spørgsmålet om specifikation af det bevarende klima og klimatiseringens praktiske udførelse er der forskel på, om der er tale om 1) en udstilling, hvor der både skal tages hensyn til bevaringen af de udstillede genstande og publikums komfort og oplevelse ved udstillingen eller 2) et magasin, hvor der som udgangspunkt ikke er museumsgæster eller personale.

Derfor vil de følgende anvisninger være delt i to hovedafsnit der adresserer henh. klimatisering i museumsudstillinger og i magasiner. Visse dele af den indledende planlægning vil dog være fælles for begge scenarier – her skal nævnes to aspekter, som bør indgå i beslutningsgrundlaget:

Fælles for udstillinger og magasiner – anvisninger

Planlægning af en klimastrategi baseret på en risikovurdering:

Når man skal beslutte, hvilke klimakrav der skal sættes op for et museum, en udstilling eller et museumsmagasin, anbefales det, at man først vurderer, hvilken type af samling der er tale om – hvilken betydning genstandene har, hvilke materialegrupper der indgår i samlingen, hvor sårbare de er, og i hvilken grad der anbefales særlige krav til bevaringen (jfr. skema over anbefalede lysintensitet, temperatur og relativ luftfugtighed).

Man bør med andre ord foretage en risikoanalyse af de udstillede genstande og dertil vurdere, om der kan tænkes at skulle udstilles eller opbevares andre genstande eller værker, som kan være kritisk sårbare f.eks. ved mere eller mindre permanente indlån. Derfra kan man så udarbejde en strategi for klimatiseringen og opstille de krav, der ønskes imødekommet.

For magasiners vedkommende er det lidt enklere, da man her alene kan nøjes med at se på genstandenes følsomhed og særlige klima- og opbevaringskrav. Her kan risikovurderingen hjælpe til at vurdere evt. behov for særlige klimazoner til særligt følsomme genstande eller højt sikrede rum til opbevaring af våben eller særligt værdifulde genstande.

Fælles erklæring om Internationale rammer for klimatisering på museerne

De senere års fokus på nødvendigheden af at reducere det globale CO₂ aftryk gennem et begrænset energiforbrug har i museumsverdenen medført en diskussion af det rimelige i at stille snævre og rigide krav til klimatiseringen på museerne, og foreløbig resulteret i en fælles erklæring fra ICOM-CC (International Council of Museums – Conservation Committee) og IIC (International Institute of Conservation), der opfordrer museerne til bl.a. at:

- Varetage bevaringen af samlingerne på en måde der ikke i udgangspunktet forudsætter mekanisk klimatisering, men overveje at anvende passive metoder, enkel teknologi, gencirkulering af luften og lavenergisløsninger.
- Risikostyring generelt bør være en integreret del af museernes ledelsesmæssige processer i forhold til samlingsvaretagelsen.
- Det anerkendes at specifikation af samlingernes klimakrav er et komplekst emne og at konservatorer aktivt skal bidrage til at forklare og udfolde disse kompleksiteter.
- Retningslinjerne for klimaforholdene i permanente udstillinger og magasiner skal kunne imødekommes ud fra de lokale klimaforhold.
- Museerne bør ved udlån af genstande til hinanden afholde sig fra at stille rigide krav og hellere følge nogle af de internationalt vedtagne retningslinjer, der gælder for fugtpåvirkelige (hygroskopiske) museumsgenstandes vedkommende. Det kunne f.eks. være den anbefaling (som bruges meget i Danmark), der definerer et basis-klima, der ligger inden for et område mellem 40 og 60% RF og en temperatur mellem 16 og 25 ° C - og med fluktuationer på ikke over ±10% RH.

(Hele udtalelsen kan ses på “Environmental Guidelines ICOM-CC and IIC Declaration”: <http://www.icom-cc.org/332/-icom-cc-documents/declaration-on-environmental-guidelines/#.X80lq2hKg2w> tilgået 6/12 2020).

Hvad enten der er tale om specifikation af klimakrav til udstillinger magasiner eller til udlån af museumsgenstande eller værker anbefales det, at alle overvejelser og beslutninger om disse forhold foretages i tæt samarbejde med museets konserveringsfaglige personale eller fast tilknyttede konservator.

Formulering af en klimatiseringsstrategi - valg af klimaforhold/klimaregulering i udstillinger

Museets indretning og klimatisering bør hvile på en formuleret klimatiseringsstrategi – altså et mål for hvilket indeklima klima, der skal være på museet for at sikre genstandenes fremtidige bevaring samt hvordan man vil opnå de mål.

Ved specifikation af klimakrav i udstillinger og magasiner kan følgende bevaringsmæssige forhold overvejes:

ANBEFALINGER 2021

- Er der tale om en bygning, der er nybygget eller skal ombygges, og hvor der f.eks. er plads til indretning af ventilationsanlæg - eller er der tale om en historisk bygning, hvor der er begrænset mulighed for nye installationer? Hvordan er forholdet i givet fald mellem bygningens og samlingens betydning – hvad er vigtigst eller er de lige vigtige?
- Hvilke typer af genstande der indgår i udstillingen – og hvor sårbare de er. Genstandenes betydning og bevaringsmæssige sårbarhed registreres og risikovurderes. Hvor stor en del af udstillingen er ikke omfattet af specifikke krav til klimaet (f.eks. udstilling af rekvisitter, kopier, plancher m.v.)
- Hvordan kan de forskellige genstandes sårbarhed tilgodeses ved opbygning af en udstilling, valg af montrematerialer og rumplacering? Vil der være behov for en eller flere klimazoner eller kan man nøjes med et basisklima, der gælder for hele museet?
- Skal museet vælge en generel klimastyring af hele museet eller skal man hellere satse på lokal klimastyring af de enkelte montere?
- Hvis den generelle klimastyring af hele museet fravælges – hvad eller hvilke genstande/værker kan det så ikke lade sig gøre at udstille?
- Hvilke klimatiske forhold kommer samlingen fra – indsamling af data om bevaringsforholdene fra de senere års udstilling eller magasinering kan lægges til grund ved formuleringen af de fremadrettede klimakrav, da en genstands klimahistorik er definerende for, hvad den kan tåle af klimamæssige udfordringer. Hvis man ikke kender de historiske klimadata, kan man typisk bruge data fra sammenlignelige genstande eller bevaringsforhold.
- Hvad skal der til for at museet kan imødekomme kravene fra andre museer? Skal der overhovedet udstilles indlånte genstande/værker, hvor det kan forventes, at der stilles bevaringsrelaterede klimakrav – i givet fald skal de kunne imødekommes.
- Hvordan skal man tackle de udfordringer, der følger af at skulle udstille genstande under forhold hvor klimaet slet ikke kan styres – f.eks. i historiske bygninger eller på frilandsmuseer? Hvilken bevaringsstrategi skal man vælge?
- Hvordan opvejes de (ofte modsatrettede) hensyn til publikums komfort og vigtige oplevelsesmæssige parametre som f.eks. museets arkitektur og genstandenes bevaring? Hvilken klimastrategi vil bedst kunne udgøre et kompromis mellem disse mål?

Disse spørgsmål er centrale for den risikoanalyse, som bør foretages, og som også bør indeholde en oversigt over konsekvenserne af de valg, museet tager vedr. klimatiseringen af udstillingen.

Når disse forhold er klarlagt, er det muligt at formulere en strategi for, hvordan man tænker at ville kontrollere den relative luftfugtighed og temperaturen.

Det er her man beslutter, om museet skal udstyres med fuld mekanisk rumklimatisering eller man vil nøjes med at opstille affugtere/befugtere lokalt eller man vil klimatisere monterne. Strategien bør også tilgodesee behovet for særlige klimakrav til specielt følsomme materialer og hvordan man kan imødekomme dem.

I disse valg indgår også overvejelsen af hvordan valget af klimatisering påvirker driftsøkonomien – herunder også på personalesiden, hvor der skal sættes "hænder" og kompetence af til drift og vedligehold af de valgte installationer.

Bestemmelse af klimakrav

Ved valg af klimastrategi anbefales det at tage udgangspunkt i ICOM-CC og IIC's fælles erklæring om at holde museets indeklima på mellem 40 og 60 % RF og en temperatur mellem 16 og 25 ° C - og med fluktuationer på ikke over $\pm 10\%$ RH. Langt de fleste museumsgenstande og værker vil kunne bevares forsvarligt indenfor disse grænser.

Men for nogle samlinger kan det være hensigtsmæssigt eller nødvendigt at definere mere snævre klimakrav - afhængigt af ovennævnte risikoanalyse. På samme måde kan det være hensigtsmæssigt at definere bredere klimakrav – igen afhængigt af særlige forhold og resultatet af risikoanalysen.

Hvis man forestiller sig et museum med meget værdifulde og højt prioriterede genstande/værker kan det være ønskeligt at etablere et klima med et snævert regime, hvor luftfugtigheden befinder sig på konstant 50 % RF og en temperatur på mellem 16 og 25 ° C men hvor der kun tillades $\pm 5\%$ svingninger af RF og tilsvarende $\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ svingninger af temperaturen. Det vil være energikrævende men giver en høj grad af sikkerhed for stabilt klima. Omvendt kan man tænke sig en samling genstande/værker af hårdføre materialer (f.eks. keramik og stentøj), hvor kravene til klimaet ikke behøver at være særligt snævre, men hvor det blot skal undgås, at der kommer skimmel – altså maks. 65 % RF.

En strategisk tilgang der er særlig relevant for udstillede genstande i frilandshuse, vil typisk handle om ikke at klimatisere, da det ikke er muligt men til gengæld intensivere overvågning og håndtering af skadedyr og skimmel i husene, løbende rengøre husene, bjerge tekstiler m.v. for vintersæsonen og sikre naturlig ventilation på de kritiske tidspunkter af året, hvor luftfugtigheden er særligt høj.

Vedr. klimakrav for diverse genstandstyper og materialer henvises der til Skema over anbefalet lysintensitet (lux), temperatur og relativ luftfugtighed (RF) for en række genstandstyper.

Valg af klimakrav i magasiner

Ved valg af klimakrav til magasiner er det ikke nødvendigt at kunne opfylde kravene om publikums komfort m.h.t. ventilation og temperatur, da magasinet ikke behøver at være karakteriseret som en arbejdsplads, hvor personalet arbejder permanent.

Derfor er det muligt at indrette et magasin, hvor man kan fokusere på de væsentligste klimaparametre og tilmed opnå en relativ billig driftsøkonomi.

Kølige magasiner

Langt de fleste museumsgenstande og værker vil kunne opbevares sikkert i et klima med en luftfugtighed på mellem 40 og 60 % RF og en temperatur der, er så lav og med så lidt udsving som muligt. Herved opnås en kombineret reduktion af risikoen for både kemisk og mekanisk nedbrydning.

Dette klima kan opnås de fleste steder, hvis magasinet indrettes i en tæt bygning med en vis grad af isolering og mulighed for affugtning. Reglen er at jo tættere og jo bedre isoleret bygningen er desto billigere vil driftsøkonomien være.

Lavenergimagasiner

De senere års byggeri af lavenergimagasiner har vist, hvilke bygningstekniske detaljer der skal iagttages for at opnå de største driftsbesparelser og et meget stabilt bevarende klima. En af de væsentligste pointer er, at hvis man kan styre luftfugtigheden, må temperaturen gerne fluktuere jævnt over året. En høj grad af termisk isolering vil sikre, at temperaturen dels holdes relativt lav (ca. mellem 8 og 17 °C jfr. danske forhold), og dels at svingningen er meget langsom over tid.

Isolering

Hvis man slækker på isoleringen - f.eks. ved overtagelse af en allerede men ikke tilstrækkeligt isoleret bygning - vil det betyde, at udeklimaet påvirker indeklimaet mere, og der skal derfor affugtes oftere (hvilket er dyrere). Desuden vil den mangelfulde isolering medføre større temperaturudsving, hvilket kan være skadeligt for visse temperaturfølsomme materialer og desuden have betydning for genstandenes samlede "levetid" (se afsnittet nedenfor om TWPI).

Tæthed

På samme måde; hvis bygningen ikke er tæt nok, vil man risikere at affugte en del af udeklimaet og det er meget dyrt og ikke særlig effektivt. Det har af og til medført, at man på museerne har slukket for affugtningen - og efterfølgende oplevet angreb af skadedyr eller skimmel. Bygningens tæthed i kølige magasiner er derfor af overordentlig stor betydning. En væsentlig forudsætning for at kunne sikre bevaringen af samlingerne på et hvilende magasin med en lavenergimæssig omkostning er, at klimaet løbende overvåges med dataloggere (se Relativ luftfugtighed og måling af RF og T). Det kan gøres centralt på museet ved opsamling af data i "skyen" – visse anlæg har mulighed for at sende advarsler via SMS, hvis setpunkter og grænseværdier overskrides.

"Varme" magasiner

Magasiner kan også indrettes med varme som traditionelle opholdsrum. Det kan være nødvendigt hvis dele af museets personale arbejder der. Hensynet til komfort vil i så fald give samme udfordringer som i udstillingen, og det således vigtigt, at der findes en måde, hvorpå man kan kontrollere den relative luftfugtighed – enten fra centralt hold gennem rumventilation eller lokalt med af og/eller befugtere (se nedenfor). Overskydende fugt kan fordrives med varme, men da luftfugtigheden bl.a. stiger om sommeren, hvor bygninger meget sjældent opvarmes, kræver det en særlig indsats – modsat affugtning som fungerer hele året. Ydermere virker det modsat om vinteren, hvor den relative luftfugtighed særligt i frostvejr er så lav, at befugtning er nødvendig, hvis man skal undgå f.eks. revner i møbler og krakeleringer af farvelag (se nedenfor om klimaregulering).

Særlige klimazoner i magasiner

Når særligt følsomme genstandstyper og materialer optræder i større mængder, kan det være hensigtsmæssigt at etablere forskellige klimazoner med ret specifikke klimakrav, der kan sikre en langsigtet bevaring. Særligt på arkivområdet er der udbredt brug af kølige eller deciderede frostmagasiner. Ud fra dogmet om at kemiske reaktioner reduceres ved kulde, kan kemisk følsomt materiale som fotografiske film, glaspladenegativer, fotografier og forsuret papir (bøger) bevares uden forandringer i op til flere hundrede år i kolde eller frostbaserede magasiner, hvor de ved stuetemperatur kun ville holde en generation. Reglen er, at jo koldere temperatur desto længere kan disse materialer holde. Temperaturen

er her vigtigst men luftfugtigheden spiller også en rolle og den bør helst ligge forholdsvis lavt - gennemsnitligt omkring 30-40 % RF. Valget vil i praksis ofte bero på anlægs- og driftsomkostningerne ved den energikrævende klimatisering, som her er nødvendig.

Visse arkæologiske metaller – særligt jern – er afhængig af at blive bevaret ved ret lave luftfugtigheder for at undgå saltudblomstringer og/eller korrosion. Derfor opbevares disse samlinger bedst i tørreskabe eller rum hvor luftfugtigheden er så lav som mulig - men altid under 16 % RF, Temperaturen spiller en underordnet rolle her.

For en systematisk definition af disse særlige typer af klimazoner og de dertil knyttede klimakrav henvises til ASHRAE Handbook 2019, CCI.

Teori vedr. temperaturens og luftfugtighedens og betydning for bevaringen

Temperaturens betydning:

Temperaturen i magasiner, udstillinger og arkiver skal være stabil og bør ikke overstige 25°C. Generelt bør temperaturen holdes så lav som muligt, fordi en del nedbrydning foregår langsommere ved lavere temperatur.

Den temperaturafhængige nedbrydning kaldes ofte "kemisk nedbrydning", da den refererer til nedbrydning af i forvejen kemisk følsomme materialer, der ved høj temperatur kan reagere selvdestruktivt (f.eks. nitratfilm, syre- og træholdigt papir og visse typer plastik). Ved lav temperatur er disse materialer stabile og nedbrydes ikke eller kun langsomt. Det er en væsentlig årsag til anbefalingen af kolde lavenergimagasiner og baggrunden for magasin-klimaklasserne "koldt magasin", "køligt magasin" og "frost magasin" i skemaet nedenfor. I magasinernes basisklima for øvrige materialer (med RF på 40-60 % RF) må temperaturen gerne fluktuere langsomt over året.

I rum med arbejdspladser eller publikum må man dog indgå et nødvendigt kompromis og tage hensyn til den menneskelige komfort ved at holde en temperatur på typisk 18-25 ° C.

Den relative luftfugtigheds betydning:

For høj og for lav relativ luftfugtighed kan nedbryde genstandene. For genstande fremstillet af hygroskopiske materialer (alle materialer der kan optage og afgive fugt som f.eks. træ, papir, tekstil, horn, ben, læder, hud) kan for høj luftfugtighed føre til dimensionsforandringer, skimmel og skadedyr og for lav fugtighed vil medføre udtørringsskader som krakeleringer og revner.

Genstande opbevaret ved meget svingende luftfugtigheder gennem tiderne vil allerede være påført de mulige (og ofte irreversible) skader et sådant regime medfører.

Der refereres ofte til fugtighedsrelaterede skader som "mekanisk nedbrydning", fordi materialerne arbejder og forandrer dimension evt. med varig skade til følge.

Både for høj, for lav og svingende temperatur og for høj, for lav og svingende relativ luftfugtighed (RF) kan nedbryde museumsgenstande, fordi der består et indbyrdes afhængighedsforhold mellem temperatur og luftfugtighed (se om Relativ Luftfugtighed og udstyr til måling af RF & T). Omgivelsernes skiftende miljø vil påvirke museumsgenstande inde i de bygninger, hvori de opbevares, hvis de skiftende forhold ikke modarbejdes eller udjævnes

f.eks. gennem en form for klimatisering (varme, køling, affugtning, befugtning eller kombinationer af disse).

Det ideelle miljø vil altid være en balance mellem det bedst mulige temperatur- og RF-niveau og de materialer, museumsgenstandene er fremstillet af. Det miljø, museumsgenstandene tidligere har været opbevaret i (det "historiske klima"), bør også tages i betragtning, da det kan være bestemmende for, hvor vidt man kan strække kravene til klimatisering

Biologisk nedbrydning

Begrebet biologisk nedbrydning dækker alle slags skadedyrsangreb samt skimmel og svamp. For begge skadestyper gælder, at de kommer som reaktion på, at den relative luftfugtighed er tilstrækkelig høj til at skadedyr og skimmel kan leve og formere sig. Også andre ikke skadelige insekter kan holde deres indtog på museet (edderkopper, løbebiller, bænkebidere etc.) – alle indikerer de at fugtigheden er for høj. I kombination med varme kan omfanget af disse angreb forværres. Der er forskellige meninger om hvilken grænseværdi man skal rette sig efter. ASHRAE Handbook angiver f.eks. at skimmelangreb ses ved 75 % RF eller derover. Det gælder ikke i Danmark, hvor vi regner grænseværdien for at ligge på omkring 65 % RF eller derover. Det gælder altså om at holde den relative luftfugtighed på under 65 % året rundt for at undgå skimmel.

Relativ luftfugtighed i et basisklima

Luftfugtigheden i magasiner, udstillinger og arkiver, hvor der opbevares og udstilles museumsgenstande, bør i lokaler med blandede museumsgenstande på årsbasis holdes imellem 40% og 60% RF - ofte refereret til som basisklima (jfr. Fælles erklæring om Internationale rammer for klimatisering på museerne).

Normalt kan det godt accepteres, at den gennemsnitlige RF fra sommer til vinter flytter sig langsomt fra den øvre til den nedre ende af klimaområdet, og omvendt fra vinter til sommer. Hvis bygningen og mulighederne for regulering tillader det, kan man sigte efter et endnu mere ideelt område mellem 45% og 55% RF. Den relative luftfugtighed må aldrig overstige 65% RF, fordi dette øger risikoen for skadedyrsangreb, vækst af mikroorganismer (f.eks. mug, svampe) og metalkorrosion (f.eks. rust på jern, ir på kobber). Hvis RF er lavere end 40% øges risikoen for udtørningskader (f.eks. revner i træ og knogler).

Undtagelser

Lavere luftfugtighed anbefales til visse genstandsgrupper af meget følsomme materialer som f.eks. fotografiske materialer, syreholdigt papir og metaller (se nedenfor samt skema over anbefalet lysintensitet, temperatur og relativ luftfugtighed). På samme måde vil der være materialer eller genstandstyper, som kræver en noget højere luftfugtighed end de 60 % RF f.eks. kørende kareter og hestevogne samt sejlene på både, hvor træet må holdes udspændt, for at fastholde dets egen styrke og stabilitet.

Udsving

Betydningen af størrelsen og hastigheden af udsving inden for det nævnte klimaområde er afhængig af de materialer, museumsgenstandene består af. F.eks. kan et møbel af massivt træ og uden overfladebehandling (f.eks. lak eller maling) godt modstå blot få procents udsving i RF over længere tid uden væsentlige dimensionsforandringer. Hvorimod et styk

ke pergament vil reagere på tilsvarende udsving ved at ændre størrelse og krølle i løbet af få minutter. Det er derfor vigtigt, at ændringer i RF inden for klimaområdet 40 – 60% begrænses. Hvis det ikke er muligt, drøftes med konservatoren, om det vil være nødvendigt at flytte sartere genstande eller udstille dem under specialklima i lukkede montrer. Vurdering af genstandsmaterialernes fugtfølsomhed foretages i samråd med konserveringsfagligt personale.

Ved flytning af genstande fra et rum til et andet skal det overvejes, om der er forskel på klimaet i de to rum, så man ikke bare flytter genstande rundt uden at sikre sig samme stabile forhold der hvor genstandene flyttes hen til.

Andre hensyn

Hvor store udsving i relativ luftfugtighed og temperaturændringer man skal acceptere, afgøres altså af de udstillede genstande og værkers sårbarhed - men også museets ressourcer til driften af den ønskede klimatisering spiller en afgørende rolle, og her kan der ofte være tale om et kompromis.

Hvis man på den ene side ønsker meget snævre klimakrav med minimale udsving, vil driftsomkostningerne ved klimatiseringen være væsentligt højere, end hvis man f.eks. slækker på de anbefalede klimakrav og tillader større udsving i relativ luftfugtighed og temperatur.

Måltal for magasinbygningers bevaringsevne – TWPI "antal stabile år"

En væsentlig kilde til diskussion og specifikation af klimaforhold på museer er ASHRAE Handbook (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers' årlige publikation om best practice vedr. klimatisering). Heri omtales den forventede levetid for en række mere eller mindre følsomme materialer. Som beskrevet vil de fleste materialer reagere ved, at graden af kemiske reaktioner i materialer stiger med temperaturen, og at man kan forvente større bevaringsmæssig stabilitet i materialerne ved lavere temperatur.

Nogle af de studier der lægges til grund, har præsenteret et måltal, som kan bruges som en standardindikation for en bygnings "bevaringsevne" eller performance. Afhængigt af bygningens – og klimastyringens evne til at fastholde et gennemsnitligt klima med jævn relativ RF og en relativt lav temperatur kan man udregne det antal år (TWPI-tallet), hvor et givet materiale ikke vil udvise nogen interne kemiske reaktioner eller forandringer. Måltallet er udviklet af Image Permanence Institute (USA) og udtrykker bevaringsevnen i et Time Weighted Preservation Index – TWPI, som er et mål for relationen mellem risikoen for kemiske reaktioner i materialerne og forandringer i bevaringsklimaet over tid. Reelt et mål for kvaliteten af rum, hvor der opbevares kulturarv. TWPI under 45 giver risiko for nedbrydning – 45-75 er OK – alt over 75 er godt (J. M. Reilly et al., samt L. Ræder Knudsen og S. Rosenvinge Lundbye).

I Danmark har Nationalmuseet samlet en oversigt over magasinbygninger, hvor forskellige museumsmagasiners TWPI er udregnet ("UMTS rapporten" Ryhl-Svendsen et al., 2012). Her kan man f.eks. tydeligt se, at et klima med en årlig lav temperatur og lav relativ fugtighed giver magasinet et højt TWPI-tal. Sammenholdt med driftsudgiften for klimatiseringen har man et meget klart mål for omkostningen og kvaliteten af bevaringen på samme tid.

Muligheder for klimaregulering

I det følgende afsnit omtales en række principper for regulering af museets indeklima samt hvilke typer af løsninger og apparatur, der typisk anvendes i den forbindelse.

Klimatisering med affugtere

I mindre rum eller magasiner, hvor temperaturen ikke reguleres (såkaldt kolde magasiner) kan høj RF reguleres ned alene ved installation af affugtere. Der kan enten være tale om en permanent installation, del af et ventilationssystem eller et midlertidigt mobilt apparat. I alle tilfælde skal affugterens kapacitet svare til den mængde luft, der skal behandles beregnet ud fra rummets rumfang og luftskifte.

Affugtere fungerer efter to forskellige principper

Kondensaffugtere virker ved at luften passerer hen over en køleribbe, hvorved den rammer dugpunktet og luftens overskydende fugt kondenserer ud, opsamles og ledes bort gennem en slange til en tank. Disse affugtere kan kun bruges i opvarmede rum (over 10-15 ° C) og skal tømmes, hvis der ikke er af afløb.

Sorbtiionsaffugtere (eller adsorbtiionsaffugtere) virker ved at luften ledes ind over et roterende hjul bestående af fugtopsugende silagel. Hjulet opvarmes let samtidig, og den varme luft der optager den overskydende fugt fra silikagelen ledes ud gennem et rør – oftest til det fri. Disse affugtere er egnede til kolde rum og driftsvarmen vil bidrage til at hæve temperaturen i rummet.

Kombinationsaffugtere er reelt en sorbtionsaffugter, der har et køleaggregat, der kan kondensere den udgående fugtholdige luft og samle fugten op lokalt i en beholder. Dette er praktisk, hvis man har et koldt magasin uden mulighed for at lede den fugtige luft ud. Den opsamles i stedet i en lukket beholder til senere tømning eller ledes til et afløb.

Klimatisering med befugtning

Befugtning kan integreres i eksisterende ventilationsanlæg eller leveres fra en mobil enhed og også her skal anlæggets kapacitet svare til den luftmængde der skal behandles.

Befugtning i eksisterende anlæg vil man oftest foretrække dampbefugtning i mindre anlæg (mindre rumfang). Og ved større anlæg vil det være mere hensigtsmæssigt at benytte diverse forstøvningsteknikker til befugtning af luftstrømmen.

Til befugtning af enkeltstående rum (eller historiske huse, hvor der ikke kan laves faste installationer), vil en mobil befugter ofte være hensigtsmæssig. Man skal også tage højde for luftskiftet og ikke bare rumfanget, hvis der i forvejen er et ventilationsanlæg.

Klimatisering ved regulering af temperaturen

Stabiliteten af den relative luftfugtighed (RF) er normalt vigtigere end stabiliteten af temperaturen, fordi stabil RF i de fleste tilfælde sikrer, at genstandene ikke udsættes for dimensionsforandringer – mekanisk nedbrydning. Man kan ofte med fordel regulere RF ved hjælp af temperaturen, f.eks. ved hygrostatstyret temperaturregulering, hvor temperaturen styres af en fugtføler, som sikrer en stabil relativ luftfugtighed.

Som omtalt ovenfor er kontrol af temperaturen dog vigtig i visse tilfælde, og bør nyde forrang ved samlinger af genstande, der er særligt følsomme overfor kemisk nedbrydning (surt papir, visse bøger, fotografisk materiale m.m.).

Passiv klimatisering

Endvidere kan man delvist styre eller udjævne bygningsklimaet ved at vælge bygningsmaterialer (se Anbefalinger for bygninger), som er i stand til at udjævne klimaudsving; det kaldes passiv klimaregulering. I rum med begrænset luftskifte vil klimaudsvingene ligeledes blive udjævnet, hvis rummet indeholder mange hygroskopiske museumsgenstande (dvs. genstande med evne til at optage og afgive vanddamp). Dette vil bl.a. være tilfældet i arkiver med store mængder papir.

Sæsonrelaterede udsving og styring

Om sommeren indeholder luften typisk mere vanddamp end om vinteren. I visse sommerperioder kan luften indeholde så megen vanddamp, at den relative luftfugtighed bliver for høj for museumsgenstandene. Hvis bygningsmaterialerne og rummenes indretning ikke er i stand til at opsuge den højere relative luftfugtighed ved passiv klimaregulering, kan det derfor blive nødvendigt i perioder at affugte aktivt i magasiner og udstillinger. Hvis man sænker RF ved hjælp af aktiv affugtning, skal man være opmærksom på den skade, det kan have på selve bygningen, f.eks. ved at salte i fugtige mure kan trække ud af murværket til væggenes overflader.

Om vinteren indeholder luften typisk mindre vanddamp end om sommeren, og man kan derfor risikere, at den relative luftfugtighed falder til et for lavt niveau. Hvis bygningsmaterialerne og rummenes indretning ikke er i stand til at regulere den lave relative luftfugtighed ved passiv klimaregulering, og hvis man i vintermånederne varmer op til en temperatur, som er passende for menneskelig komfort, kan man risikere, at RF bliver så lav, at det bliver nødvendigt at hæve RF ved hjælp af aktiv befugtning fra et klimaanlæg. Hvis man hæver RF ved hjælp af aktiv befugtning, skal man være opmærksom på den skade, befugtningen kan have på selve bygningen, f.eks. i forbindelse med dannelse af kondens i eller på koldere mur- og tagværk.

Temperaturen kan også bruges til at styre RF om vinteren. Bruges temperaturen til at styre RF, skal temperaturen indstilles på et niveau, der sikrer, at RF holdes inden for de anbefalede grænser. Dette kan i praksis betyde en temperatur, som er lavere end passende for menneskelig komfort. En sådan lavere temperatur kan man bruge i magasiner og andre lokaler med museumsgenstande, hvor det er muligt i forhold til brugen af lokalet.

Standarder

Indenfor området klimatisering af museer og magasiner findes der en international standard, der danner grundlag for specificering af opbevarende klima. Det drejer sig om standarden DS/EN 15757:2010 Bevaring af kulturarv - Specifikationer for temperatur og relativ fugtighed med henblik på begrænsning af klimabetingede mekaniske ødelæggelser i organiske hygroskopiske materialer.

Standarden har et begrænset perspektiv på emnet, hvorimod en bredere dækning findes i anbefalingerne fra Canadian Conservation Institute og den meget tekniske og forskningsbaserede publikation, ASHRAE Handbook, 2019 (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) - særligt kapitel 24 om klimatisering i museer, gallerier, arkiver og biblioteker.

Definitioner

Basisklima – er en betegnelse for det gennemgående klima og kraven til samme, hvor under langt de fleste museumsgenstande vil kunne bevares.

Klimazoner – betegnelse for områder eller rum, hvor der er specificeret et særligt klima, der afviger fra basisklimaet og som tjener et særligt formål f.eks. opbevaring af visse genstandstyper under meget tørre forhold (arkæologisk jern) eller meget kolde forhold (film materialer).

Klimatisering/klimastyring/klimakontrol – ved klimatisering forstås et hvert tiltag til at kontrollere eller påvirke indeklimaet i retning af bedre publikumskomfort og/eller bedre bevaringsklima, hvad enten det omfatter opvarmning, køling, affugtning eller befugtning - eller flere af disse samtidigt.

Relativ luftfugtighed – er forholdet mellem den mængde vanddamp, der er i luften ved en bestemt temperatur og den mængde vanddamp, der maksimalt kan være i luften ved denne temperatur. Den relative luftfugtighed angives i procent.

Køling – ved større ventilationsanlæg vil man ofte søge at køle luften om sommeren idet luftindtaget udefra kan have en højere temperatur end den ønskede komforttemperatur inden døre (aircondition). Da køling foregår ved kondensation af luftens fugt, fås ved samme lejlighed affugtning (samme princip som en kondensaffugter). Bemærk, at ved temperaturer over 25° C kan det være yderst vanskeligt for ventilationsanlægget at fjerne al den ønskede fugt, og det kan derfor være vanskeligt at styre luftfugtigheden alene med køleffekten.

Fluktuationer – tilfældige variationer. F.eks. betegnes variationer i temperatur eller relativ luftfugtighed, hvor værdierne enten bevæger sig opad eller nedad som fluktuationer.

HVAC – Heat Ventilation and Air Condition er en fagbetegnelse for, den teknologi der i form af ventilationsanlæg har til formål at levere en komfortabel rumtemperatur og et acceptabelt indeklima. Anlæggets ventilationsdel sikrer god luftkvalitet gennem et højt luftskifte, hvor uønskede uddunstninger, lugte, støv og partikler m.v. fjernes. Normalt har højt luftskifte og komfortabel rumtemperatur (herunder køling eller aircondition) højeste prioritet, men i museer kan det tillige være nødvendigt at inkorporere muligheden for løbende regulering af luftfugtigheden gennem affugtning og/eller befugtning i samme anlæg. Begrebet dækker i denne sammenhæng derfor over en fuld klimatisering af en bygning, hvor alle krav til både menneskelig komfort og de udstillede genstandes bevaring imødekommes.

Litteratur

Alkærsig, Ole; Jan Garff og Morten Lundbæk, red. 1986, *Bevaringshåndbogen*. København: Statens Museumsnævn.

Ankersmit, Bart og Marc. H. L. Stappers. 2017, *Managing Indoor Climate Risks in Museums*, Springer International Publishing Switzerland,

ASHRAE HANDBOOK. 2019: Heating, Ventilation and Air-Conditioning Applications. Chapter 24: Museums, Galleries, Archives and Libraries. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

Canadian Conservation Institute's website - om klimatisering på museer:
<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/preventive-conservation/environmental-guidelines-museums/general-care-preventive-conservation.html> tilgået 3/12 2020

DS/EN 15757:2010

Conservation of Cultural Property - Specifications for temperature and relative humidity to limit climate-induced mechanical damage in organic hygroscopic materials
Bevaring af kulturarv - Specifikationer for temperatur og relativ fugtighed med henblik på begrænsning af klimabetingede mekaniske ødelæggelser i organiske hygroskopiske materialer

Environmental Guidelines – IIC and ICOM -CC declaration: <http://www.icom-cc.org/332/-icom-cc-documents/declaration-on-environmental-guidelines/#.X80Iq2hKq2w>
tilgået 6/12 2020

Ryhl-Svendsen, M., Jensen L.A., Bøhm B., and Klenz, L.P. 2012. Low-energy museum storage buildings: Climate, energy consumption and air quality. UMTS Research Project 2007–2011: Final Data Report: Project no. 10821521. Copenhagen: Nationalmuseet, Bevaringsafdelingen.

Ræder Knudsen, L. and S. Rosenvinge Lundbye. 2017. *Performance of Danish low-energy museum storage buildings*. In ICOM-CC 18th Triennial Conference Preprints, Copenhagen, 4–8 September 2017, ed. J. Bridgland, art. 1515. Paris: International Council of Museums.
http://www.konsv.dk/wp-content/uploads/1515_200_KNUDSEN_ICOMCC_2017.pdf tilgået 27-12-2021

Thompson, Gary. 1986, *The Museum Environment*, 2nd ed. London, Butterworths.