

Relativ luftfugtighed og udstyr til måling af relativ fugtighed (RF) og temperatur

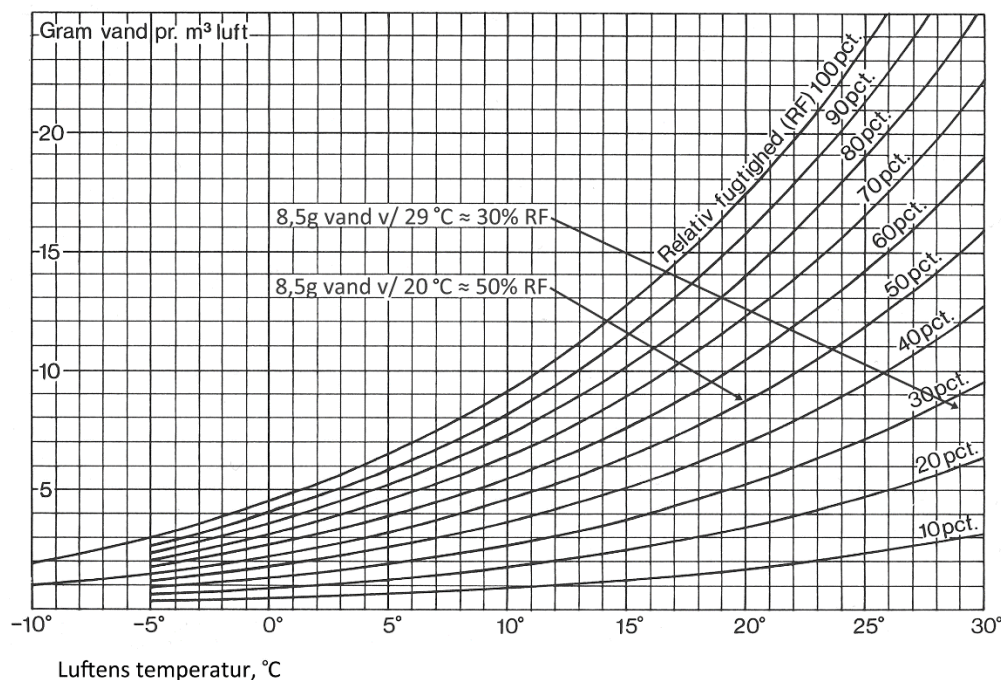
Relativ fugtighed (RF)

Relativ luftfugtighed (RF) er forholdet mellem den mængde vanddamp, der er i luften ved en bestemt temperatur (og som kan variere) og den mængde vanddamp, der maksimalt kan være i luften ved denne temperatur. Der er derfor et afhængighedsforhold mellem relativ luftfugtighed og temperatur. Mængden af vanddamp, som kan være i luften, stiger med temperaturen - og vice versa. Relativ luftfugtighed angives i procent.

Eksempel: 1 m³ luft kan maksimalt indeholde 17 g vanddamp ved 20°C. Hvis denne 1 m³ luft ved 20°C indeholder 8,5 g vanddamp indeholder luften altså $(8,5 \text{ g}/17 \text{ g}) \times 100 = 50\%$ vanddamp – det kalder man 50% RF.

Hvis denne 1 m³ luft, med dens indhold af 8,5 g vanddamp, køles ned til 14,5°C stiger RF til 70%, fordi luft ved 14,5°C maksimalt kan indeholde 12,3 g vanddamp. Hvis denne luft varmes op til 29°C, falder RF til 30%, fordi luft ved 29°C maksimalt kan indeholde 28,5 g vanddamp.

Dette kan aflæses i et vanddampdiagram (figuren nedenfor), hvor forholdet mellem luftens faktiske vandindhold og det relative fugtindhold ses som funktion af temperaturen:



Vanddampdiagram. Diagrammet viser sammenhængen mellem luftens vanddamp-indhold, temperatur og relativ luftfugtighed (fra Bevaringshåndbogen, 1986)

Måling af relativ fugtighed (RF)

Måling af RF betyder, i forbindelse med konservering, måling af RF og temperatur. Nogle materialer er følsomme overfor både temperatur og RF, mens en større del af materialer hovedsagelig er følsomme overfor RF. Måling foretages og registreres løbende over et kortere eller længere tidsrum ved hjælp af en elektronisk datalogger eller en mekanisk thermohygrograf. Løbende målinger kan suppleres med punktmålinger, foretaget med elektroniske RF-målere, termometre, slyng- eller aspirations-hygrometre. Ved punktmålinger måles og registreres RF og temperaturen på et bestemt sted og tidspunkt.

Valg af måleudstyr

Ved valg af måleudstyr til måling af RF og temperatur bør man overveje, hvorledes målingerne (data) skal bruges, og i hvor høj grad udstyrets kvalitet og anvendelse vil sikre et troværdigt billede af situationen på de målte lokaliteter.

Der findes en international standard på området EN/DS16242:2012, som forklarer de væsentligste begreber, beregninger, metoder og måleudstyr, der fordres ved best practice på området. Teksten herunder afspejler den praksis der p.t. finder anvendelse på de fleste museer i Danmark og udlandet.

Spotmålinger

Udstyr til umiddelbar måling af RF og temperatur findes i både mekaniske (f.eks. psykrometre) og digitale udgaver og anvendes fortrinsvis til at checke klimaet på en bestemt lokalitet, hvor der ikke foretages løbende målinger, eller hvor det er ønskeligt at lave sammenlignelige målinger med eksisterende måleudstyr. Der vil typisk være tale om håndholdte apparater, hvoraf enkelte er udviklet specielt til museumsbrug (se sortiment fra Museumstjenesten).

Langtidsmålinger

Ved måling eller registrering af klimaparametre som RF og temperatur over tid er der behov for løbende at kunne lagre data med henblik på at vise klimaudviklingen i form af en graf og i øvrigt at kunne analysere variationerne af data. Det er den type måling, der typisk er behov for på museerne, da ønsket er at kunne vise, om det bevarende klima er stabilt eller varierer – og i givet fald hvor meget og hvorfor.

Til det formål har dataloggere i stor udstrækning afløst de tidligere mekaniske thermohygrografer ved nyindkøb af måleinstrumenter til registrering af RF og temperatur. Dataloggere er elektroniske instrumenter der registrerer værdierne for RF og temperatur digitalt. Dataloggere kan programmeres til at aflæse værdierne i mange forskellige intervaller, f.eks. fra en gang hvert sekund til en gang hver dag afhængigt af, hvor ofte man vil registrere en værdi.

Der findes i dag to slags dataloggere:

- 1) Loggere der selvstændig opsamler data og lagrer dem i selve loggerens hukommelse. Afhængigt af hyppigheden af logningen vil hukommelsen blive fyldt op og loggeren skal "tømmes" eller aflogges til en computer – det gøres ofte v.h.a. et kabel. Når loggeren er blevet tømt over i computeren, kan man v.h.a. en medfølgende software behandle de indsamlede data på forskellig vis og f.eks. udprinte grafer for en given periode m.v.

En del af disse loggere fås også med display, så man løbende kan se hvad der logges. Det kan give en tryghed, at samlingspersonalet løbende kan aflæse værdierne fysisk på stedet – til gengæld kan man først danne sig et overblik over de samlede data, når de er overført til computeren og behandlede.

- 2) Radiologgere hvor data løbende sendes direkte til en server i "skyen", hvor softwaren til behandling af data er integreret i det interface, man sender til. (Enkelte af disse loggere fås også med display). I de nyeste generationer af dataloggere har man søgt at overkomme problemer med regelmæssig "tømning" ved at data løbende opsamles på en lukket konto, hvor kun brugeren/museet har adgang og løbende kan følge udviklingen udtrykt direkte som en progressiv graf.

I radiologgere er der desuden mulighed for at vælge en alarm, der adviserer brugeren om overskridelser af de kritiske yderpunkter for lav eller høj RF og temperatur, som gælder for den lokalitet, der måles på. Disse kritiske yderpunkter kan indtastes individuelt for hver logger i interfacet på hjemmesiden, man sender til. Brugeren adviseres typisk med SMS eller mail.

Endelig kan man i mange tilfælde via det medfølgende computerprogram gemme de indsamlede værdier på en måde, der gør det muligt at viderebearbejde værdierne i andre computerprogrammer, f.eks. i regneark – det kræver almindeligvis at data kan gemmes som csv-filer (comma-separated values).

Kalibrering

Dataloggere skal jævnligt kalibreres for at sikre, at de registrerede værdier er korrekte inden for den måleusikkerhed, der gælder for de forskellige instrumenter. Måleusikkerheden for denne slags instrumenter er typisk +/- 5% nøjagtighed.

Kalibrering af dataloggere er normalt noget, der skal gøres hos leverandøren og er en væsentlig driftsomkostning, der skal kalkuleres med. Forhandlerne anbefaler normalt, at dataloggere kalibreres hvert halve år. Ikke alle dataloggere kan dog kalibreres, hvilket bør indgå i overvejelserne ved indkøb af loggere.

Der findes i denne henseende to tilgange til kalibrering:

- 1) Selve måleenhederne eller dataloggerne, begynder nogle gange at vise tegn på unøjagtighed efter en periode. Det anbefales derfor, at man måler dataloggerne op mod et mere stabilt instrument (digitalt eller mekanisk) og noterer afvigelse på selve loggeren. Så kan man derefter se hvor meget der skal lægges til eller trækkes fra værdierne ved måling. Dette kan udføres af konservatorer ved det årlige tilsyn. (Metoden er ikke velegnet til fortløbende radiologning).

- 2) Flere dataloggere kan kalibreres hos leverandøren som omtalt, men man må da undvære dem i den tid kalibreringen finder sted.

Placering af datalogger m.v.

Uanset om målingerne foretages som spotmålinger eller langtidsmålinger, bør disse foretages nær genstandene; i de samme rum som genstandene opbevares eller udstilles i, så målingerne afspejler genstandenes faktiske klimatiske forhold. Data fra udstyr der en del af tekniske installationer, der styrer klimaet, er ikke altid brugbare. Det gælder f.eks. data fra displays på CTS-anlæg, affugtere og befugtere.

Eksempler på dataloggere



TinyTag View 2, (med display) fra Recab Filial Danmark, Hassellunden 14, 2765 Smørum, Tlf: 70 300 310, mail: info@recab.com <https://www.metric.dk/produkter/dataloggere/gemini-tinytag-dataloggere/>

ANBEFALINGER 2021



Piccolo (radiologger uden display) med sendeenheden Piccolo Air tv og th loggerne climaSpot (til RF og T) og luxSpot (til lux) fra Profort A/S, Gunnar Clausens Vej 3, DK-8260 Viby J, Tlf.: +45 7023 3600, info@profort.com <http://www.profort.com>



Testo 175 T3 datalogger til RF og temperatur (med display) forhandles af Museumstjenesten, Vinkevej 11, 8620 Kjellerup, + 45 86 66 76 66, mail: mtj@museumstjenesten.com <http://museumstjenesten.com/shop/248-testo/>

ANBEFALINGER 2021



Testo Saveris 2 - H2 WiFi datalogger til RF og temperatur (radiologger med display) forhandles af Museumstjenesten, Vinkelvej 11, 8620 Kjellerup, + 45 86 66 76 66, mail: mtj@museumstjenesten.com <http://museumstjenesten.com/shop/248-testo/>



Roomalyzer er en ny, dansk datalogger der på engang logger 8 parametre (RH, T, Lys, farvetemperatur, CO2, bevægelser og VOC'er (afgasning)). IoT Fabrikken ApS, Brønsager 1, 4000 Roskilde, +45 7171 8090, mail: info@iot-fabrikken.com <https://www.iot-fabrikken.com/>



Thermohygrograf, fra Lambrecht (ude af produktion).

Thermohygrografer har været brugt de seneste par årtier til måling og registrering af RF og temperatur på papir. De er i dag for en stor del erstattet af dataloggere, fordi de løbende kræver en del vedligeholdelse (optræk/batteriskift, skift af papir og kalibrering). Afhængig af apparatets tromles omløbstid kan en thermohygrograf måle og registrere over en dag, en uge, 14 dage eller en måned. Thermohygrografer fås både helt mekaniske og mekaniske men med en batteridrevet motor.

Stød- og vibrationsmåling

Måle- og registreringsudstyr til stød- og vibrationsmåling kan bruges i forbindelse med transport af museumsgenstande (se Anbefalinger for ekstern transport). Typisk bruges dataloggere til formålet, monteret på transportkassen eller monteret i umiddelbar nærhed af museumsgenstanden. Efter transporten aflæses værdierne fra dataloggeren og eventuelle stød og/eller vibration med angivelse af tidspunkt kan vises i medfølgende software. Samme fås også som radiologgere, hvor aktiviteten registreres og kan følges løbende.

Der findes en række fabrikater, og måleudstyret fås til mange forskellige måleområder. Måleområdet vælges ud fra, hvor svage eller kraftige stød eller vibrationer man forventer at registrere under transporten.

Lysintensitets- og UV-måling

Også til måling af skiftende lysværdier fx i udstillinger med dagslys eller til kumulativ måling af lysdosis fås der dataloggere som registrerer parametre som Lux (lysintensitet) og $\mu\text{W}/\text{lm}$ (mikrowatt pr. lumen = mål for UV-andel af lyset) – se Udstyr til måling af lux UV og IR.

Litteratur:

DS/EN 16242:2013 *Conservation of cultural heritage - Procedures and instruments for measuring humidity in the air and moisture exchanges between air and cultural property*
Bevaring af kulturarven - Procedurer og instrumenter til måling af luftfugtighed og fugtudveksling mellem luft og kulturarv

Camuffo, Dario & Vito Fericola, 2010. How to measure temperature and relative humidity – Instruments and instrumental problems, i: Camuffo, D. et al. (Eds.) *Basic Environmental Mechanisms Affecting Cultural Heritage: Understanding deterioration mechanisms for conservation purposes* – COST42, p. 31-41

file:///C:/Users/mhr/Downloads/PaginedaCOST_D42_Environment.pdf

tilgået 1/11 2020