

KIRKER OG OPPVARMING – HVA SKJER?

TONE MARIE OLSTAD OG ANNIKA HAUGEN

INTRODUKSJON

Artikkelen tar utgangspunkt i at oppvarming av kirker er en belastning for store deler av kirkekunsten og kan være en belastning for kirkebygget. Artikkelen legger vekt på kirkekunst i form av malt tre og er skrevet ut fra forholdene i Norge. Er det slik at forskningen omkring klimabelastning på kirkekunsten har fått noen følger for hvorledes kirkene varmes opp? Kan det være slik at det som er tjenlig for bevaringsaspektet også er tjenlig for mindre energibruk? Kan en "grønn kirke" bevare kirkekunsten?

Målet med artikkelen er presentere:

- resultatene av forskning knyttet til materialer og klima, særlig dimensjonsendring i malt tre, og hvilke anbefalinger som gis for å unngå skader
- resultatene av forskningen sett i sammenheng med oppvarmingsanbefalingene som gis fra sentrale institusjoner, som for eksempel Riksantikvaren
- en vurdering av konsekvensene for bruk, bygning, interiør og gjenstander av tiltak for energisparing i bygninger

KIRKEBYGG, INVENTAR OG INTERIØR

Kirken som gudshus og kulturminne er en viktig del av lokalsamfunnet, og mange elementer i dets historie avspeiles i kirkens beliggenhet, utforming, interiør og inventar. Det å ta vare på kirkebygningene og kirkekunsten er av samfunnsmessig betydning og utfordringen for vår generasjon er å skjømte kirkene på en slik måte at fremtidens brukere kan glede seg over de samme vakre kirkene som vi.

Endring i liturgi og bruk, varierende menighetsstørrelse, og endrede krav til oppvarming av kirkerommet har ført og fører til endringer og noen ganger til skader på bygning og inventar. I Norge kom lov om oppvarming av kirkene i 1897 (Ørstavik 1990), men flere kirker hadde installert vedovner noen ti-år før loven kom. Vedovnene ble utover på 1900-tallet erstattet med elektrisk, eller annen type oppvarming som kunne gi en jevnere temperatur i kirkerommet, både i utstrekning og tid. Graden og frekvensen av oppvarming hang sammen med et stadig høyere krav til varmekomfort og henger i dag også sammen med en økende bruk av kirken til andre aktiviteter enn gudstjenester. Økt oppvarming i form av flere eller lengre oppvar-

mingsperioder, høyere temperatur (T) og varierende, ofte lav, relativ luftfuktighet (RF) fører til klimatiske påkjenninger for kirke og kirkekunst. Senere tiders energisparekrav vil kunne gi ytterligere utfordringer både når det gjelder klimakomfort for brukere og bevaring av bygning, interiør og gjenstander.

MALT TRE OG KLIMA

Hovedspørsmålet knyttet til klima og bevaring er:

- Hvor store, hvor raske og hvor mange klimaendringer tåler egentlig gjenstandene før krymping og svelling i materialene fører til skade?

Treverkets respons på klimavekslinger er den dominerende bevegelsen i maleri på tre. Det ofte anbefalte ideelle RF-området for oppbevaring av malt tre ligger mellom 45 og 55 % RF (Thomson 1986) fordi fuktupptaket respektive fuktavgivelsen i treverk er minst innenfor dette RF-området. Dekorlaget består ofte av flere lag og mange materialer. De fleste av disse materialene er hygroskopiske og vil til enhver tid forsøke å være i likevekt med luftens relative luftfuktighet. Det at materialene ikke kan bevege seg fritt, at de har forskjellig bevegelsesmønster og responderer ulikt på RF-endringer, gjør at klimabelastninger kan resultere i skader i dekor og underlag (Meklenburg & Tumosa 1991)¹. Det at treet reagerer ulikt i de forskjellige retningene, - mest i tangentiell retning-, bidrar til effekten av klimabelastningen på maleri på tre (Mecklenburg & Tumosa 1991). RF-fluktuasjoner som fører til belastninger utover det såkalte flytpunktet² for materialene er en for stor påkjenning og kan ved gjentatte belastninger føre til synlige skader, for eksempel utfall av maling (Richard, Mecklenburg & Tumosa 1998, Mecklenburg 2012). Grunderingslaget er oftest det svake punktet fordi dette er særlig utsatt når oppbevaringsklimaet fluktuerer: krymping av treet fører til at grunderingen presses sammen, mens den strekkes når treet sveller.

FORSKNING PÅ OMRÅDET – HVOR SKJER DET – HVA SKJER³

Museumsforskningssenteret ved Smithsonian Institution i Washington (SCMRE)⁴ har gjort grunnleggende forskning innen feltet fra

begynnelsen av 1980-tallet. Forskingen ved senteret var ledet av Marion Mecklenburg, og hans samarbeid med europeiske institusjoner i det 21. århundret har vært av betydning for utviklingen av forskningsfeltet. Stefan Michalski og Canadian Conservation Institute, CCI, har også hatt avgjørende betydning for material- og klimaforskningen. De to kongressene "Art in Transit", arrangert i London i 1991 og IIC kongressen "Preventive Conservation" arrangert av CCI i Ottawa i 1994, hvor personer fra disse miljøene ga viktige bidrag, fikk stor betydning for det videre arbeidet og viser at det i perioden var betydelig oppmerksomhet rundt klimaproblematikk knyttet til bevaring av gjenstander. Like stor betydning fikk den mer materialorienterte kongressen "The Structural Conservation of Panel Paintings" arrangert ved the Getty Conservation Institute i Los Angeles i 1994. I 2007 ble kongressen "Museum Microclimate" arrangert i København med Marion Mecklenburg og David Erhardt fra SCMRE som inviterte hovedforedragsholdere. Referanser i flere av artiklene i publikasjonen og presentasjonene på kongressen, viste at forskningsgruppen fra det nasjonale forskningssenteret i Krakow, Jerzy Haber Institute of Catalysis and Surface Chemistry, Polish Academy of Sciences hadde kommet på banen⁵. Gruppen ledes av Roman Kozlowski og ble synlige i det europeiske klimaforskningsnettverket gjennom EU-prosjektet "Friendly Heating"⁶. I prosjektet "Establishing standards for allowable microclimatic variations for polychrome wood" fortsatte de særlig arbeidet med å se på relativ luftfuktighet og temperaturs påvirkning på malt tre⁷. Hvorledes panelmaleri reagerer på endringer i den relative luftfuktigheten har vært et forskningstema ved DEISTAF⁸, universitet i Firenze siden 1980-årene

(se for eksempel: Uzielli & Ornella 1994, Uzielli 2010). Miljøet i Firenze har utviklet målemetoder for å registrere bevegelse i treverk forårsaket av endringer i klimaet som har vært brukt på en mengde kunstgjenstander og malerier, blant annet på vikingskipet fra Oseberg (Jensen et al. 2010) og på Leonardo da Vincis Mona Lisa (Uzielli et al 2006)). Det florentinske og polske miljøet har gjennom COST-aksjonen "Woodculther"⁹ nådd ut til et enda bredere nettverk, og utvidet samarbeidet med universitetet i Montpellier hvor Joseph Gril leder arbeidet med klimapåvirkning på panelmaleri (se for eksempel: Colmars, Gril & Uzielli 2009).

I 2010 arrangerte arrangerte COST-aksjonen "Woodculther" og prosjektet "Establishing standards for allowable microclimatic variations for polychrome wood" en konferanse i Oslo med Mecklenburg og Michalski blant de inviterte foredragsholderne. I oppsummeringen etter konferansen heter det blant annet om endringer i RF: "It was recognized that the damage potential of a variation depends on its amplitude, rate, duration, and the temperature and RH level at which the variation starts. A study on the risk of cumulative, 'fatigue' damage due to repetitive strains of the materials was presented showing that repetitive strains must be considered an important cause for degradation" (Kozlowski & Olstad 2010).

AKSEPTABLE KLIMAFLUKTUASJONER

Hovedmålet for forskningen har hele tiden vært å kunne finne et område for akseptable klimafluktuasjoner. Da Smithsonian i 1990-årene lanserte en utvidelse av det strikte RF-området 50 % +/- 5%, til 30-60% ble det store diskusjoner (Weintraub 1996). Ett av målene for forskningen etter dette har vært å se hvor stort klimafluktuasjonsområde det er mulig å definere som

Institusjon/Person	Akseptable RF variasjoner	Kommentar/Kilde
Jerzy Haber Institute of Catalysis and Surface Chemistry, Polish Academy of Sciences	RF 50 +/- 14 % - 16 %	Tallene er relatert til paneler av forskjellig tykkelse (Bratasz et al 2010, Bratasz et al 2011) og knyttet til respons fra panelet som helhet.
CCI / Stefan Michalski	RF 50% +/- 5%. RF 50% +/-10% (Set point or annual average:50%,(or historic annual average for permanent collections)	(ASHRAE Handbook2007)
Danmark, Kirkeministeriet	RF 65+/-15% (50-80 %)	Cirkulærskrivelse publ.1997
Sverige, Svenska kyrkan og Energimyndigheten	RF 60 +/-10% (50-70 %)	(Melander 2008)
Smithsonian Institution.	RF 45% +/- 8% RH (37-53 %) and 21C +/- 4º	http://si.edu/mci/english/research/consulting/MuseumEnvironment.html (Besøkt 15.02.2012)
Smithsonian Institution / Mecklenburg	RF 47 % +/- 15 % RH, (32-62 %)	(Mecklenburg 2012)

akseptabelt for malt tre. Fluktasjoner innenfor rammene skal i teorien ikke føre til skader på materialene.

Tabellen viser at forskjellige institusjoner og land opererer med noe forskjellige grenser for akseptable klimaflyktasjoner for malt tre.

LOKAL OG "IKKE-KONTINUERLIG" OPPVARMING

Utprøving av metoder for lokaloppvarming av menighetens område i kirkens bruksperioder pågikk i Sverige, Danmark og Norge i 1980 og -90-årene (Nørgaard & Lund Madsen 1986, Ponner & Kjellberg 1996, Olstad & Haugen 1997).

Det europeiske EU prosjektet "Friendly Heating" (2002-2005)¹¹ bekreftet at lokaloppvarming av kirkerommet var en mulig løsning for deler av klimaproblematikken for kirker i et kaldt klima. Lokal og "ikke-kontinuerlig" oppvarming var dessuten et utgangspunkt for arbeidet med den europeiske standarden om kirkeoppvarming "Bevaring av kulturminne - Inneklima - Del 1: Veiledning for oppvarming av kirker, kapeller og andre sakrale bygninger"¹² som ble vedtatt i 2011.

HISTORISK KLIMA

Den europeiske standarden "Bevaring av kulturminne - Krav til temperatur og relativ luftfuktighet for å begrense klimarelatert mekanisk skade på organiske, hydrokroskopiske materialer"¹³ fokuserer på det historiske klimaet og gir dette følgende definisjon: "Climate conditions in the microenvironment where a cultural heritage object has always been kept, or has been kept for a long period of time (at least one year) and has acclimatized to it". Standarden forklarer hvorledes historiske klima beregnes slik at det kan opprettholdes som bevaringsklima for gjenstander og bygning. Standarden sier samtidig: "Organic material require a mid RH range as the extremes (high and low RH ranges) affect the EMC..." (NS-EN 15757). Typisk for denne standarden og standarden om kirkeoppvarming er at de gir forvalterne en metode for selv å beregne og velge henholdsvis klimaflyktasjonsområder, oppvarmingsomfang og -metode.

RÅD OM KLIMA I KIRKER

DEN NORSKE RIKSANTIKVARENS RÅD: LOKAL OG IKKE-KONTINUERLIG OPPVARMING

Riksantikvarens nåværende informasjonsark¹⁴ om klima og oppvarming i trekirker sier at ved oppvarming skal rutineene tilrettelegge for å

"oppnå et mest mulig stabilt klima og et klima som ligger så nær opp til det naturlige klima som mulig". Videre gis det råd om at kirken bør stå uoppvarmet når den ikke er i bruk, forutsatt at den ikke har innlagt vann, eller har vært oppvarmet i mange ti-år. Oppvarmede kirker bør stå med en grunnvarme på 5°C. Brukstemperaturen bør være så lav som mulig, cirka 16°C. Oppvarming bør skje i kortest mulig periode og: "Kirken bør varmes opp færrest mulig ganger i løpet av sesongen og bør derfor brukes minst mulig i den kalde årstiden. I ekstra kalde perioder er det enda viktigere enn ellers å redusere antall oppvarminger... I kirker som ligger i de deler av landet hvor det er mye nedbør og høy RF om sommeren, kan man prøve å senke RF og faren for fuktproblemer med svak oppvarming av kirkerommet i de periodene det er aktuelt. Installering av nytt oppvarmingssystem basert på strålevarme og soneoppvarming kan både redusere skader og være god økonomi. Slik oppvarming kan gi høy komfort samtidig som den er miljøvennlig på mange plan" (Infoblade Riksantikvaren 3.12.2:4).

RÅD FRA KIRKENS ARBEIDSGIVER- OG INTERESSEORGANISASJON (KA) I NORGE

KA følger Riksantikvaren når det gjelder lokal og "ikke-kontinuerlig" oppvarming. KAs anbefalte nivåer for T og RF fra heftet "Kirkeoppvarming og inneklima" er oppsummert i tabellen nedenfor (Bøyum, Boysen og Svendsen 2009:29):

Brukermiljøtilpasset aktivitet	Bevaringsmiljø, oppbevaring og luftfuktighet
Gudstjenester, kirkelige handlinger og konserter 17-20°C	Korte oppvarmingsperioder og lange hvileperioder Lav hviletemperatur 5-10 °C Jevn luftfuktighet cirka 50 % +/- 10 %

SAMMENHENGEN MELLOM FORSKNINGS-RESULTATER OG RÅD OM KLIMA OG OPPVARMING

Riksantikvarens råd om oppvarming av kirker i informasjonsbladet, er justert i forhold til den kunnskapen forskningen har gitt. KA sin informasjonsbrosjyre er fra 2009 og er oppdatert i forhold til forskningsstatusen¹⁵. Både Riksantikvarens og KA sitt rådgivende skriv viser utfordringene som ligger i det at kirken er et flerbruks hus og at råd om temperatur og RF er basert på kompromiser. I store deler av Norge, og andre geografiske områder med samme type klima, vil en hviletemperatur på 5 til 10°C og en brukstemperatur på opp til 20°C gi en meget lav relativ fuktighet i de periodene av året det er behov for oppvarming.



Foto 1. Gimmestad gamle kirke i Norge har en utstoppet torsk fra før år 1700 hengende fra taket midt i skipet. Torskens tilstand vitner om god kunnskap om utstopping og bevaring. Den henger fra et langt tau av tvinnede røtter som er følsomt til endringer i relativ fuktighet eller barometrisk trykk, noe som får torskens til å rotere. Peger torskens nese mot altertavlen går det mot høytrykk og pent vær. Snur den andre veien kommer lavtrykket med ruskevær. Det er nedskrivninger som forteller at bøndene ofte var innom kirken for å lese værmelding på torskens. http://no.wikipedia.org/wiki/Gimmestad_gamle_kirke Foto: C. Hill, 2007.

Gimmestad old church in Norway has a stuffed cod from before 1700 rigged above the nave. The condition of the cod shows good taxidermy skills and preservation. It hangs from a long rope of twined roots which responds to changes in relative humidity or barometric pressure, causing the cod to rotate. The nose of the cod pointing towards the altar indicates high pressure and good weather, but if it turns away low pressure and bad weather are indicated. Written sources tell of peasants coming into the church to read the weather as forecast by the cod. http://no.wikipedia.org/wiki/Gimmestad_gamle_kirke Foto: C. Hill, 2007.

Lokaloppvarming er det beste kompromisset for å tilfredsstille brukere, kunst og bygning. Klimaet i kirkerommet blir påvirket av den lokale oppvarmingen, men i løpet av ett år blir det, samlet sett, en kortere tidsperiode hvor RF-verdiene ligger utenfor de anbefalte grenseverdiene, enn det blir i en generelt oppvarmet kirke (Olstad & Haugen 1997).

Ikke-kontinuerlig oppvarming betyr en rask oppvarming før bruk, ofte fra 5 °C til 18 - 20 °C, enten lokalt eller generelt i kirkerommet. Denne typen oppvarming øker antallet raske og forholdsvis store T- og RF-endringer gjennom året.

Gjentatte klimapåkjenninger er av betydning for skadeutviklingen i malt tre. Stefan Michalski diskuterte dette i 2008, og i 2010 presenterte i tillegg Michal Luckomski forskningsresultater som viser at gjentatte RF-fluktuasjoner fører til materialtretthet og deretter skader i kritt-limgrunderinger på tre (Michalski 2008, 2010, Luckomski 2010). For at variasjonene skal være skadelige, må RF endringene være av en størrelse som fører til et stressnivå i grunderingslaget som ligger over grunderingens flytpunkt. Dersom RF-fluktuasjonene fører til klimastress under flytpunktet, har forsøk vist at grunderte prøvestykker i tre, tåler et antall fluktuasjoner som tilsvarer mer enn 100 års døgnvariasjoner (36000 sykler), før en skade kan registreres. Når påvirkningen økes til grunderingens flytpunkt-belastningsgrense, kan skade registreres etter 5000 sykler (Kozlowski et al. 2011). Dette kan bety at antall påførte RF- endringer per år bør holdes så lavt som mulig.

I hvilken grad RF-endringer ved oppvarming påvirker materialet har først med responstiden å gjøre:

Hvor lang tid etter en klimaendring kan det registreres en endring i materialet?

I malt tre er det oftest responstiden i treverket som registreres, fordi de største bevegelsene skjer i treet. Det er usikkerhet knyttet til om det er responstiden i treet overflate som er av betydning, eller om det er responsen i for eksempel hele panelet i et panelmaleri som er av betydning for påvirkningen den malte strukturen.

Uansett kreves det en viss bevegelse i treet for å belaste malinglaget i den grad at det oppstår en skade. For en krittlimgrundering vil en belastning (strain) utover 0, 002 (grunderingens flytpunkt) kunne føre til en skade (Mecklenburg & Tumosa 1991, Kozlowski et al. 2011). I 2008 viser

Tornari at både eik og furu reagerer raskt etter et klimaskifte, og at størrelsen på klimaendringen er av betydning for responstiden (Tornari 2008).

Også temperaturen kan, grovt sagt, være avgjørende for responstiden eller hvorledes en kortvarig RF- endring av en viss størrelse påvirker gjenstanden (Brataz 2011). Fordi fukt-difusjonen skjer hurtigere i høye temperaturer vil en brå endring i RF i en varm kirke kunne bety en større klimapåkjenning for gjenstanden enn en tilsvarende endring i en kald kirke. Sett fra et bevaringssynspunkt er dette et argument for å holde både hviletemperatur og brukstemperatur så lav som mulig. At lav temperatur synes å være gunstig, kan være en av grunnene til at et naturlig klima, i kalde områder, lenge har vært vurdert som et egnet bevaringsklima.

Ideelt sett burde kirkeklimaet være slik at RF- endringer skjer i lave temperaturer, er færrest mulig i løpet av året og påfører grunderingslaget en belastning (strain) som er under 0,002. Slik er det ikke i virkeligheten.

Praktisk erfaring viser likevel at gjenstander oppbevart i et klima som i teorien burde ha ødelagt dem fullstendig, er forholdsvis velbevarte. Begrepet "*the proofed fluctuation*" (Michalski 2010), bygger på Gaël de Guichens idé fra 1970-årene, nemlig å se gjenstandens tilstand i forhold til oppbevaringsklimaet (de Guichen 1988). Dersom gjenstanden var uten skader kunne yttergrensene i et tålt historisk klima rettledede yttergrensene for et videre oppbevaringsklima for gjenstanden. Standarden (NS-EN 15757) beskriver hvorledes det historiske klimaet beregnes, og sier at klimaet i ett år er tilstrekkelig for at det skal kunne kalles et historisk klima. Det er usikkerhet knyttet til om beregningsmetoden for det historiske klimaet, som er basert på gjenstandens opplevde klima, virkelig gir et klimabilde som er dekkende for det gjenstanden har vært gjennom og tåler. Særlig gjelder dette om perioden kun er minimumsperioden (ett år). Likevel bør betydningen av det historiske klimaet tas hensyn til dersom man ønsker å endre oppvarmingsrutiner eller oppvarmingsmetoder.

ENERGISPARING I KIRKEBYGG

Ifølge den norske Plan- og bygningsloven skal alle nye tiltak på eksisterende byggverk oppfylle de gjeldende tekniske forskriftene. Disse stiller blant annet krav til en bygnings energiforbruk. Hvis de nye energikravene "*ikke er forenlig med bevaring av kulturminner og antikvariske verdier*" åpnes det for unntak fra loven. For mange kirkebygg som kan unntas, har forvalterne ofte et økonomisk basert og et etisk ønske om en "grønnere kirke", om det kan gjennomføres

uten skade på bygning, interiør eller gjenstander.

KA har laget retningslinjer med anbefalinger i forhold til energioekonomisk oppvarming, og innenfor den europeiske standardiseringsorganisasjonen CEN/Technical Committee 346 ble arbeidet med å utvikle en standard for energisparing knyttet til Europas kulturhistorisk verdifulle bygninger påbegynt i 2011. Standarden vil kunne få betydning for hvorledes energisparing gjennomføres i kirkene i fremtiden.

Hver bygning og dens interiør er unik, og det er viktig at det gjøres individuelle vurderinger ved hver forandring av inneklimate i kirken. En kartlegging av energiforbruket og hvorledes energitap skjer, gir grunnlag for å vurdere om man kan spare energi ved enkle tiltak som å endre oppvarmingsrutinene, eller oppvarmingskilden, eller om andre bygningsmessige tiltak er nødvendige. Om man ønsker å bidra til mindre CO₂-utslipp, kan ikke bare den energi som direkte spares ved bygningsmessige tiltak i kirken vurderes. Hele miljøregnskapet må settes opp slik at vurderingen inkluderer fremstilling og transport av nye materialer, avfallshåndtering og andre utgifter i tilknytning til det bygningsmessige tiltaket. Før tiltak gjennomføres er det viktig at fagpersoner spesialisert innenfor bygningsteknikk og konservering gjør en risikovurdering slik at man unngår umiddelbare eller senere skader på grunn av gjennomførte klimatiltak.

ENERGISPARING VED FORANDREDE OPPVARMINGSRUTINER

En bedret T-styring er det enkleste tiltaket. Regulering av temperaturen til den anbefalte grunn-temperaturen over frysepunktet og en oppvarming til 15 - 16 °C en gang i uken vil i kirker med lokal oppvarming av menigheten, både være akseptabelt utfra komfortsynspunkt, og risikoen for utvikling av skader på bygningen eller dekor, interiør og objekter vil, grovt sagt, ikke øke i større grad.

Senkning av brukstemperaturen til cirka 10°C eller lavere vil kun være akseptabelt for brukerne om det innføres effektiv lokaloppvarming. For dekor, interiør og objekter er en temperatursenking i fyringssesongen ofte positivt, ettersom RF da generelt holdes noe høyere noe som er gunstig for mange materialer. Lav temperatur inne når RF ute generelt er høy, kan dog kreve bedret ettersyn i enkelte kirker slik at eventuelle nye fuktrelaterte skader oppdages i tide: kondensproblemer, fuktig smuss som er bundet til kalkoverflatene og stopp i den naturlige ventilasjonen med påfølgende sopp-, mugg- og insektsangrep.

ENERGISPARING MED BYGNINGSTEKNISKE TILTAK

Kirkenes betydning som kulturminner vil være avgjørende for muligheten for bygningstekniske tiltak. Dette må vurderes fra kirke til kirke.

Et av de enkleste bygningstekniske tiltakene som kan medvirke til å spare energi er tetting av fukt-lekkasjer i kirken (Svensson et. al 2011). Dette øker ofte brukerkomforten, men tettingen kan medføre en risiko for fuktrelaterte skader i bygningstrukturen og i interiøret hvis det ikke er god nok naturlig ventilasjon.

Etterisolering av loft på kald side er tiltak for å stoppe luftlekkasjer. Tiltaket er positivt utfra komfortsynspunkt, men det kan gi fuktrelaterte problemer på loftet hvis ikke god nok luffing tilses og det kan føre til skader i himlingsdekor dersom loftet tidligere ikke har vært isolert. Også etterisolering av gulv er positivt utfra komfortsynspunkt. Trekk fjernes og gulvet blir i seg selv ofte varmere, men etterisolering kan føre til en større risiko for fuktrelaterte skader under gulvet siden dette området blir kaldere, og dermed generelt fuktigere.

Innsetting av innervinduer eller nytt glass i eksisterende vinduer vil øke brukernes komfort, men er ofte problematisk i forhold til bygningen: en viktig del av bygningens historie fjernes, det arkitektoniske uttrykket forandres, mellom gammelt vindu og innervindu er det en risiko for kondens, og forandringer av glassflatene vil også kunne gi uønsket refleksvirkning. Dekor på vindusrammene eller mur- og treverk rundt vinduene kan dessuten skades ved innsetting av innervinduer.

ENERGISPARING MED NYE ENERGIKILDER

Det er viktig at tiltak som omfatter installasjon av nye oppvarmingsmetoder vurderes nøye i forhold til om de har effekt og mulighet å varme opp bygningen slik vernemyndighet og brukere ønsker. Installasjon av luft-luftvarmepumper vil kunne gi lavere strømforbruk og samtidig vil hverken komfort eller bevaringsforhold for bygning, dekor, interiør eller objekter bli dårligere, forutsatt at luftstrømmene inn i kirkerommet plasseres slik at de ikke treffer personer eller materialer direkte. Installasjonene er dog ofte ikke estetisk tiltalende, og hulltaging i bygningen ofte nødvendig. Vannbåren varme basert på jordvarme er også energisparende, men kan medføre store inngrep i kirken og kirkens nærmeste omgivelser. Luft-luftvarmepumper og jordvarmebasert oppvarming gir en relativt jevn og lav effekt over lang tid, noe som passer bra for grunnvarme, men er for trege varmekilder til periodevis hurtig oppvarming av kirken (Broström 2010). En slik oppvarmingskilde må, om hurtig,

ikke kontinuerlig lokaloppvarming ønskes, suppleres med andre varmekilder. En bra løsning kan være installasjon av solcellepaneler på en nærliggende bygning eller konstruksjon, for distribusjon av elektrisitet til kirken. En slik type oppvarmingskilde må spare miljøet for CO₂-utslipp og ikke endre brukerkomfort eller bevaringsforhold for bygning, dekor, interiør eller objekter. Solcellepanelene behøver heller ikke være estetisk forstyrrende¹⁶.

OPPSUMMERING

Mange av de kirkene vi ønsker å bevare for kommende generasjoner er bygget som kalde bygg og har en lang historie i et naturlig varierende klima. Man begynte å vurdere inneklimate i kirker da man oppdaget at oppvarmingen forårsaket skader på materialene. Klimagrenser basert på krav til brukerkomfort og forskningsresultater angående bevaringsklima har ført til de nåværende retningslinjene for oppvarming. I senere tid har det kommet energisparekrav som til en viss grad arbeider i samme retning som kravene til et bevaringsmiljø for kirke og gjenstander fordi mindre oppvarming er ønskelig også for bevaring av miljøet generelt.

Fokus for vurdering av inneklimate har hittil vært på å analysere konsekvensene av et altfor varmt og tørt inneklimate, og å finne akseptable RF-variasjoner, særlig i forhold til en "tørr" RF-grense. På grunn av en forventet generell senkning av innertemperaturen, kan det i fremtiden bli mer aktuelt å kontrollere de "fuktige" RF-grensene, slik at inneklimate ikke blir altfor fuktig. En stadig utvikling av energieffektive oppvarningsmetoder vil utvide forskningsbehovet rettet mot eventuelle konsekvenser for bygning, interiør, gjenstander og brukerkomfort av nye oppvarmingsmetoder.

Uffordringen for forvalterne er avstanden mellom forskningsresultatene og den praktiske hverdagen. De forskningsbaserte anbefalte RF- og T-områdene er ikke mulig å holde i en kirke som er i bruk gjennom en kald vinter, dersom menigheten skal kunne bruke kirken uten å fryse. De fleste brukere er villige til å justere påkledning og komfortkrav i forhold til en senket brukstemperatur, men en brukstemperatur på 16°C, slik Riksantikvaren ber om, gjennomføres trolig ikke i praksis. De som lokalt forvalter kirkene er opptatt av kirke og kirkekunst, men likevel mer opptatt av at brukerne ikke skal fryse.

De europeiske standardene, NS-EN 15757:2010 ("Spesifikasjon av T og RF") og NS-EN 15759-1:2011 ("Kirkeklima") er nyttige redskaper når ønsket klimaområde for kirken skal vurderes og for valg av endret eller ny oppvarming av kirken. Den kommende europeiske standarden

for energieffektivisering av kulturhistorisk viktige bygninger vil sannsynligvis resultere i en metode for vurdering av tiltak ved energieffektivisering. Standardens metode kan videreutvikles og tilpasses nordiske forhold som en mal for arbeidet med energieffektivisering av forskjellige kategorier av kirkebygninger.

Enhver gjenstand eller kirke er unik selv om de anvendte materialene kan være de samme, mens klima- og oppvarmingsrådene som gis av forvaltningen forståelig nok er meget generelle. Trolig vil det være en fordel å gi forskjellige råd til ulike grupper av kirker. Kirkene bør deles inn i kategorier basert på parametere som: Alder, vernestatus, materialbruk, konstruksjonstype, isolasjon, bruksfrekvens, orgeltype, dekor og inventar, samt beliggenhet, utvendig klima og bygningens klimahistorikk. En kategorisering må gjøres med stø hånd for å unngå for mange kategorier. En god kategorisering vil kunne være et startverktøy for et bedret oppvarmingsregime for kirkene. Individuelle vurderinger må gjøres for enhver kirke som er vurdert som et kulturminne ved en eventuell endring i oppvarmingsmetoder eller -rutiner. Strengheten i kravene til bevaringsklimaet bør være proporsjonalt med den definerte kulturminneverdien av kirken med interiør og inventar.

RESYMÉ

Kirkerommet er blitt generelt oppvarmet i mindre enn hundre år. Forskning relatert til de klimatiske forholdene for bygningene og interiørene startet opp da man skjønnte at skader kunne være relatert til forandringer i innklimaet på grunn av oppvarming. Mye kvalifisert forskningsarbeid har blitt gjort, spesielt relatert til bemalte tregjenstander. Rådene om oppvarming fra forvaltningsorganene reflekterer resultatene fra forskningsarbeidet: Lokal og ikke- kontinuerlig oppvarming, lav temperatur når kirkene ikke er i bruk, og oppvarmet så få ganger som mulig om vinteren. Det er avstand mellom forskningsresultatene og virkeligheten: Et strikt forskningsbasert bevaringsklima vil føre til klager fra en frysende menighet. Energisparing krever nye rammer for oppvarming av kirker. Energispareråd som ikke øker risikoen for skader på bygninger og interiører, vil i fremtiden bli en del av oppvarmingsinstruksene for kirker.

Kanskje det er på tide å ta neste steg med hensyn til oppvarmingsrådgivning: kategorisere kirkene etter gitte parametere og samsvare oppvarmingsrådene for hver kategori med de seneste aktuelle forskningsresultatene, uten å glemme at hver kirke er unik og krever en skreddersydd oppvarmingsløsning.

NØKKELOORD

kirkeoppvarming, ikke-kontinuerlig oppvarming, innklima, klimarelaterte skade, energisparing, polykromt tre

ABSTRACT

Churches have generally been heated for less than 100 years. Research related to the climatic conditions advised for the buildings and the interiors started when it was understood that deterioration might be related to a change in climate due to heating. An impressive amount of research work has been done, especially related to painted wooden objects. Instructions for the heating of churches from the administrative authorities reflect the results of this research work: Local and intermittent heating, low temperature when not in use and heated for as few events as possible during the winter season. There is however a distance between the research results and real life: A strict research-based conservation climate in the church may result in a freezing and complaining congregation. Compromises are therefore necessary. Energy saving requires new guidelines for the heating of churches and advice on saving energy without increasing the risk of damage to buildings or interiors will be a part of the heating recommendations in the future .

Maybe now is the time for the next step in developing heating advice - dividing the churches into categories, and adapting the latest research results for the respective categories, not forgetting that each church is unique and need tailor-made heating advice.

KEY WORDS

church heating, intermittent heating, indoor climate, climate related damages, energy saving, polychrome wood

YHTEENVETO

Kirkkosaleja on Norjassa lämmitetty vajaan 100 vuoden ajan. Rakennusten ja sisätilojen ilmasto-olosuhteita alettiin tutkia, kun ymmärrettiin, että lämmityksen synnyttämä lämmönvaihtelu saattoi aiheuttaa vaurioita. Aihetta on tutkittu erittäin paljon, varsinkin maalattujen puuesineiden osalta. Viranomaisten ohjeet kirkkojen lämmittämiseen suosittavat paikallista ja väliaikaista lämmitystä, lämpötilan pitämistä alhaisena kun tiloja ei käytetä, ja että talviaikaan lämmitettäisiin mahdollisimman harvoin. Ohjeet ja todellisuus ovat kuitenkin etädällä toisistaan: ihanteelliset, tutkimustuloksiin perustuvat ilmasto-olosuhteet aiheuttaisivat valitusta ja palelua seurakunnissa.

Energian säästäminen vaatii uusia kehysarvoja kirkkojen lämmittämiselle. Lämmitysohjeisiin on liitettävä sellaiset energiansäästöohjeet, joiden noudattaminen ei vaurioita rakennuksia. Lämmitysneuvontaa on kehitettävä – kirkot voidaan jakaa ryhmiin ja jokaiselle ryhmälle laatia viimeisimpien tutkimustulosten mukaiset lämmitysohjeet, unohtamatta kirkkojen yksilöllistä ainutlaatuisuutta ja tarvetta mittatilaustyönä tehtyihin lämmitysratkaisuihin.

AVAINSANAT

Kirkkojen lämmitys, väliaikainen lämmitys, sisäilma, ilmastovaihtelun aiheuttamat vauriot, energiansäästö, puiset polykromit

REFERANSER

- ASHRAE Handbook-Applications, Chapter 21, 2007. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning, Engineers, Inc., www.ashrae.org<http://www.ashrae.org. (Besøkt 16.02.2012)
- Cirkulæerskrivelse om vejledning vedrørende udførelse og brug af kirkevarmeanlæg m.v. 1993 (Publisert)25-09-1997, 1997 (<http://www.rettsinformation.dk>)
- Bratasz, L. & Rachwał. B., 2010. Computer modelling of dimensional response and stress fields in wooden artworks. <http://www.heritagescience.pl/oslo/> (Besøkt 15.2.2012)
- Bratasz et al. (2011): Bratasz, Ł., Kozłowski, R. Lasyk, Ł. Łukomski, M. & Rachwał. B., Allowable microclimatic variations for painted wood: numerical modelling and direct tracing of the fatigue damage. I: Preprints, ICOM-CC 16th Triennial Conference. Lisbon. 19-23 sept. 2011.
- Broström, T., Luft-luft-värmepumpar för skyddsvärme i kyrkor. Högskolan på Gotland. Rapport 2010:1, 2010
- Bøyum et al. (2009): Bøyum, Boysen og Svendsen 2009. Kirkeoppvarming og inneklima. <http://www.ka.no/artikkel/article/13147> (Besøkt 18.02.2012)
- Colmars et al. (2009): Colmars, J., Gril, J. & Uzielli, L. Hygromechanical response of a panel painting in a church: In-situ monitoring and computer modelling. http://cost-fp0802.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-cost/Diverse/WS_Krakow/Colmars.pdf (Besøkt 160212)
- Guichen, G. De. Reprinted : *Climat dans les musées. Mesure. Climate in Museums: Measurement.* ICCROM, Rome 1988
- Jensen et al (2011): Jensen, M., Aarseth, B., Bill, J., Braovac, S., Hjulstad, G., Løchen, R., Storbekk, E., Dionisi-Vici, P., Allegretti, O. Long-term responses in archaeological wood to ambient temperature and relative humidity: Case study – the Oseberg ship. I: Monica Ek, (Ed). Proceedings. Chemistry and preservation of waterlogged wooden shipwrecks. Shipwrecks 2011. 18-21 oktober 2011, Stockholm 2011
- Kozłowski, R. and Olstad, T.M. Report from the COST ACTION IE0601 focused meting "Allowable microclimatic variations for Polychrome wood". Unpublished report, 2010
- Kozłowski et al.(2011): Kozłowski,R. Bratasz, L, Lasyk, L., Łukomski, M. Allowable Microclimatic Variations for Painted Wood: Direct Tracing of Damage Development. I: Phenix, A. and Chui, S.A (Eds.), Proceedings from the symposium Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation: Trends, Treatments, and Training. Getty Conservation Institute, the Getty Foundation, and the J. Paul Getty Museum, May 17–18, 2009. Los Angeles 2009 s.158-165
- Leijonhufvud, G & Bylund Melin, C. *Bevarandeklimat i historiska byggnader – några kunskapsluckor*, Meddelelser om Konservering 1, 2009, s. 22-29
- Łukomski. M. Fatigue fracture of paint layers from repeated cycles of humidity fluctuations. 2010. <http://www.heritagescience.pl/oslo/> (Besøkt 15.2.2012)
- Mecklenburg, M.F. & Tumosa, C.S. Mechanical behavior of paintings subjected to changes in temperature and relative humidity. I: Art in Transit. Studies in the Transport of Paintings. International Conference on the packing and Transportation of Paintings. London 1991. Washington 1991, s.173-190
- Mecklenburg, M. , *Technical assessment of Cultural objects in the planning of Transport.* Preprints, NKF congress, Oslo 2012. In print
- Melander, D. , *Handbok i hållbar energianvändning för kyrkan*, Stockholm, 2008
- Michalski, S. *The rationale of the ASHRAE guidelines for climate control in museums, especially as determined by collections of wooden objects.* Key note / COST Action IE0601 / International Conference 5-7 November 2008 – Braga (Portugal) 2008. Unpublished
- Michalski, S. *Correction to the proofed fluctuation concept by stress relaxation and fatigue.* 2010. <http://www.heritagescience.pl/oslo/> (Besøkt 15.2.2012)
- Nørgaard, J. og Lund Madsen, T. Kirkevarmeanlæg. *Varmeforbruk og indeklima ved diskontinuerlig opvarming av store rum.* Meddelelse nr.181. Laboratoriet for varmeisolering, DTH, Lyngby 1986
- Olstad, T. M. & A. Haugen. *Klima i stavkirker: Lokal klimatisering av menigheten i Kaupanger stavkirke, Sogndal kommune.* NIKU Fagrapport 004. Unpublished report in Norwegian. Oslo 1997
- Ponnert, H. og Kjellberg. H. *Strålvärme I kyrkbänkar.* Studie av et prototypsystem. Riksantikvarämbetet. Stockholm 1996
- RICHARD et al. (1998): Richard, M., Mecklenburg, M. & C.S. Tumosa. *Technical Considerations for the Transport of Panel Paintings.* I: Dardes, K. & Rothe, A.(Eds.) *The Structural Conservation of Panel Paintings.* - Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum 24 –28 April 1995. Los Angeles 1998, s. 525-556

- SVENSSON et al. (2011): Svensson, A., Haugen A., Kalbakk, T. E., Gåsbak, J., *Energieffektivisering i eksisterende bygninger*, Oslo 2011
- Thomson, G. *The Museum Environment*. London 1986
- TORNARI et al. (2008): Tornari, V., Bernikola, E., Nevin, A., Kouloumpi, E., Doulgerdis, M. & Fotatis, C. *Fully-Noncontact Maskin-Based Holography Inspection on Dimensionally Responsive Artwork Materials*. *Sensors* 2008, 8 (12). <http://www.mdpi.com/1424-8220/8/12/8401/> (Besøkt 16.2.2012)
- Uzielli, L., Ormella C. 1994 (Eds). *Conservazione dei dipinti su tavola*. Arte e restauro. Fiesole. Nar-dini editore
- UZIELLI et al.(2006): Uzielli, L., Dionisi Vici, P. & Gril, J. *Physical and Mechanical Characterisation of the Support*. I: Mohen, J.P et al. (eds) *Mona Lisa: Inside the Painting*. Abrams. New York 2006, s.48-59
- Uzielli, L..2010. *Monitoring the impact of microclimate on panel paintings*. <http://www.heritagescience.pl/oslo/> (Besøkt 15.2.2012)
- Weintraub, S., *Revisiting the RH Battlefield: Analysis of Risk and Cost*. WAAC Newsletter, 1996. 18(No. 3, September 1996), s. 22-23.
- Ørstavik, R. 1990. *Ørsta kyrkje gjennom tidene*. Ørsta 1990

NOTER

1. Tilførte konsolideringsmidler ved konsolidering av gjenstand og interiør bidrar også ofte til blandingen av materialer.
2. Flytpunktet ("yield point") for et materiale er det punktet hvor en ytre påkjenning fører til at en endring i materialet går over fra å være elastisk til å bli plastisk. Dette punktet er brukt som et verktøy for å sette opp akseptable RF-fluktuasjoner for forskjellige materialer.
3. Gustav Leijonhufvud og Charlotta Bylund Melin gir i 2009 en grundig gjennomgang av forskningsfeltet i artikkelen *Bevarandeklimat i historiska byggnader – några kunskapsluckor* (Leijonhufvud & Bylund Melin 2009).
4. The Smithsonian Center For Materials Research and Education
5. Tidligere: Institute of Catalysis and Surface Chemistry, Polish Academy of Science
6. EVK4-CT-2001-00067. Friendly heating: comfortable to people and compatible with conservation of art works preserved in churches. 2002-2005.
7. Stefan Michalski og Marion Mecklenburg tilknyttet prosjektet som eksperter og referansegruppe. NIKU ved Haugen og Olstad var norsk prosjektdeltaker.
8. DEISTAF: Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali
9. <http://www.woodculther.org/> (Besøkt 16.02.12)
10. Foredragene er presentert på: <http://www.heritagescience.pl/oslo/> (Besøkt 16.02.12)
11. Se note 6
12. NS-EN 15759-1:2011. Bevaring av kulturminne - Inn klima - Del 1: Veiledning for oppvarming av kirker, kapeller og andre sakrale bygninger.

ger. Informasjon hentet fra <http://webshop.ds.dk/product/M246762/dsen-15759-12011.aspx> (Besøkt 16.02.12): "This European Standard provides guidelines for the selection of heating strategies and heating systems in churches, chapels and other places of worship such as mosques and synagogues, in order to prevent damage to cultural property while at the same time creating an indoor climate that allows for a sustainable use of these buildings. It applies to most kinds of places of worship regardless of size and construction. This European Standard applies not only to the introduction of new heating systems but also to the replacement of old ones. This European Standard applies to buildings that are part of cultural heritage or that house cultural heritage objects. This European Standard deals with indoor climate conditions, heating strategies and technical solutions for their implementation but not with the technical equipment itself".

13. NS-EN 15757:2010
14. 3.12.2 Klima i trekirker. Luftfuktighet og oppvarming. Publisert 2000-revidert 2004. Det er ikke tilsvarende informasjon for stenkirker.
15. Informasjonen er blant annet basert på KA sin egen klimaforskning. Bøyum har fått innspill og kildehenvisninger fra Olstad, NIKU.
16. National Trust i England har funnet løsninger som harmonerer med sine bygninger, se: <http://www.nationaltrust.org.uk/what-we-do/big-issues/energy-and-climate-change/>

TONE MARIE OLSTAD
MALERIKONSERVATOR/FORSKER
NORSK INSTITUTT FOR
KULTURMINNEFORSKNING
P.O.BOX 736 SENTRUM
NO-0105 OSLO, NORGE
tone.olstad@niku.no

&

ANNIKA HAUGEN
DR.ING./ FORSKER
NORSK INSTITUTT FOR
KULTURMINNEFORSKNING
POSTBOKS 736 SENTRUM
N-0105 OSLO
annika.haugen@niku.no