

5082

## KYRKOKLIMAT

F Peterson och X Wang  
INSTITUTIONEN FÖR UPPVÄRMNINGS- OCH VENTILATIONSTEKNIK,  
KTH. STOCKHOLM

### Inledning

Klimatet i våra kyrkor har alltid haft en stor ekonomisk roll. Tidigt, se Jacobsson (1926) kunde man konstatera att kyrkorna knappast kunde hållas varma under hela veckorna utan att man var tvungen att införa en periodvis uppvärmning med varma perioder i veckosluten. Detta hade man i och för sig kunnat konstatera redan under den period då kyrkornas uppvärmning skedde med varmluftssystem av olika slag, men än mer accentuerat blev de ekonomiska synpunkterna sedan elvärme infördes.

Kyrkorna har en synnerliga hög termisk massa och får därmed långa uppvärmningstider. Uppvärmningen av deras stora massa kräver också stora mängder energi vilket är en bidragande orsak till att de ekonomiska förhållandena blir av intresse.

### Historik

Under en lång period var kyrkor och slott knappast uppvärmda annat än i sällsynta fall och då kanske bara för vissa delar av utrymmena. De uppvärmdes av primitiva kaminer och vanligen med ved (senare med koks). Detta är en speciell form av luftvärme. De ofta alltför heta kaminerna gav upphov till kraftiga konvektionsströmmar vilka steg upp emot kyrkans tak för att där leda till stora förluster. Visserligen

hade man en strålningsvärme från kaminen men vanligen ledde den endast till en ringa uppvärmning av väggytor mm och endast i någon mån till de lyckligt lottade besökarnas uppvärmning. Systrålningsvärmen kunde - om kaminen var placerad nära trästatyer eller tavlor ge en önskad uttorkning av dessa. Speciellt var detta fallet vintertid och då besökareantalet var lågt.

Uppvärmningen blev också ojämn i kyrkan och på landsorden uppvisade kyrkorna ett bedrövligt inomhusklimat.

I städerna fick man genom stora varmluftugnar och insläpp vid väggarna en viss förbättring. Dels hade de nya ugnarna vida större effekt dels skedde uppvärmningen under lång tid. Detta ledde till ett bättre klimat, men ombyggnaderna man var tvingad till medförde stora ingrepp i byggnadstommen och ställde sig icke billig. Varmluftugnarna var sällan försedda med fuktninganordningar och uttorkningsproblemen vid användningen av den heta luften kunde ge svåra skador.

Man började därför under 1920-talet att använda elektrisk uppvärmning i många kyrkor. De elektriska värmarna användes i vissa kyrkor under hela veckan. Man provade redan tidigt med att använda sig av billig nattström och försökte öka byggnadens akumuleringsförmåga för att möjliggöra en varmhållning även dagtid.

### Några krav på klimatet

I bild 1 visas förhållandena i en kyrka under uppvärmning. Bildens data är hämtade från Jacobsons försök och avser Håtuna kyrka. Vi

SLUTRAPPORT

860764-4

kan notera att kyrkan - som var elektriskt värmd med ca 53 KW - värms upp från 5 °C kl 5 (då värmningens startades) till 10°C kl 20. Uppvärmningen var således långsam vid den rådande utomhustemperaturen, -6°C.

Det vidsade förloppet är typiskt. Man har en uppvärmning som kräver 5-15 timmar även vid stora effekter. Längs golvet har man en låg temperatur och i kyrkorummet en kraftig gradient. I bilden ligger golvtemperaturen ca 4°C under temperaturen på 1,5 m höjd och gradienten är ca 3 K/m! Detta är ett gränsvärde för lämpligt klimat.

Avsvälningen av kyrkan går dock långsamt och man kan därför - om man väl fått upp temperaturen - använda sig av kyrkorummet till flera konsekutiva förrättningar.

Då det gäller kyrkoklimatet har många enkla tumregler uppställts. Till dessa här krav på högsta lufthastigheter, krav på temperaturer mm. I bild 3, efter Pfeil (1975) visas hur de besökandes clo-värde ger olika krav på kyrkans temperatur vintertid. Den visade temperaturen,  $t_B$ , är den "behaglighets-temperatur" som sammanhänger med clo-värdet om man vistas i kyrkan klädd i samma kläder som man använder utomhus.

Kraven på maximala lufthastigheter visas i bild 4. Man har här rumsluftens temperatur som utgångspunkt och värden för två olika beklädnader (1,5 resp 2 clo) anges. Vi ser hur den lättare klädseln knapast medger någon lufthastighet alls! I varje fall betydligt lägre än de som åstadkommes genom kallras och varmluftcirkulation, jämför bild 5 och 6.

Man kan notera att de krav som bilderna 3 och 4 visar är baserade på att stationära förhållanden råder. Detta är som vi skall få se - och som undersökningen ifråga tagit hänsyn till - sällan fallet.

För att i viss mån råda bot på de ovan relaterade klimatproblemen har man under senare år börjat använda elektriskt uppvärmda bänkar. Dessa uppvärms och ger en behaglig värme runt ben och fötter och också varma säten vilka bidrar till att ge en bättre komfort.

### Komfort vid icke fortvarighet

I ett arbete för BFR har temperatur- och strömningsförhållandena i kyrkor undersökts. Arbetet publiceras under året i Tekniska Meddelanden från Institutionen för uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH. Ett stort antal kyrkors klimatförhållanden under uppvärmning och vid olika förrättningar har uppmätts. Härvid har kyrkor med olika typer av uppvärmningsanordningar enligt ovan studerats.

I en del av arbetet har också komfortförhållandena under kyrkogången studerats. Härvid har en modell för värmeförluster och lagring av värme i människokroppen tagits i anspråk. Modellen har beskrivits av Wang (1990). Vi skall här se på hur modellen arbetar samt resultaten för en beräkning för kyrkogång.

Låt oss dock inledningsvis konstatera att upplevelsen av kyrkans klimat kommer att bero på

o upplevelsen av klimatet i den lokal

man vistas i före det att man går (åker) till kyrkan samt tiden för vistelsen i detta klimat och den därvid använda klädseln

- o tiden det tar att gå till kyrkan samt metabolismen under denna tid. Självklart spelar också här utomhusklimatet stor roll.
- o Klädseln - vilken anpassas till utomhusklimatet och vägens längd - har givetvis också betydelse.
- o längden av förrättningen i kyrkan samt kyrkans klimat. Här är metabolismen lättare att fastslå - för besökarna är det vanligen fråga om vila men för präster och andra officier kan viss ökning av arbetet vara aktuellt. För sittande räknar man här med ca  $60 \text{ W/m}^2$  medan de som uträttar någon tjänst i kyrkan, sångkör etc, kan ha  $70-80 \text{ W/m}^2$ . Det program som tidigare omnämndes för bestämning av upplevelsen av klimatet tar lätt hänsyn till dessa frågor liksom till att man har olika temperaturer på olika nivåer i kyrkan och på olika platser.
- o Man bör också beakta hemfärden och att den ej ger upphov till en obehaglig klimatupplevelse. För många besökare fall kan man räkna med att man har samma utomhusklimat vid hemfärden som vid dithärfärden. Att ta hänsyn till skillnader är dock ej några problem.

### Räkneexempel

Ett exempel på användning av programmet ges i det följande. En person som väger 80 kg och har en höjd av 1,75 m skall gå till kyrkan en morgon. Han befinner sig först i hemmet ( $20^{\circ}\text{C}$ ) och har för denna temperatur en lämplig klädsel. Före avfärden till kyrkan tar han på sig ytterkläder med 1,5 clo. Utomhustemperaturen är  $-20^{\circ}\text{C}$  och vinden ca  $0,4 \text{ m/s}$ . Färden till kyrkan tar 30 minuter. Väl inkommen i kyrkan får personen en annan metabolism (sittande i stället för gående) och också en annan omgivningstemperatur ( $16^{\circ}\text{C}$ ) samt en annan omgivande lufthastighet,  $0,2 \text{ m/s}$ .

Den förrättning han besöker antas ha en tidsutdräkt av 30 minuter och sedan den är klar återvänder personen gående hem.

Bild 6-8 ger upplysningar om personens komfortupplevelser och hudtemperaturer. I bild 6 ser vi temperaturen hos huden beräknad för olika kroppsdelar. Huvudet ökar hela tiden i temperatur till följd av metabolismförändringen och den kraftiga klädseln. Fötterna underkastas den största förändringen och uppehållet i kyrkan förmår ej återställa den ursprungliga temperaturen av  $24^{\circ}\text{C}$ .

Händerna underkastas också temperaturvariationer trots att indata till programmet tagit hänsyn till att personen använder vantar. Här sker dock en viss återställning till höga temperaturer under vistelsen i kyrkan (då vantarna ej tas av!). Kroppen i övrigt har en mer jämn temperatur och detsamma gäller också hudens medeltemperatur, bild