

**A229 STAVANGER DOMKIRKE**  
**RÅDGIVNING VEDRØRENDE OPPVARMING OG KLIMASTYRING**



**AUGUST 2013**

Eirik Aarebrot  
Konservator, kulturhistorisk materiale

Forsidefoto: Terje Tveit, Arkeologisk museum, UIS

## **Utredning av best egnet oppvarmingsanlegg og inneklimastyring for Stavanger Domkirke**

### **Om oppdraget**

Arkeologisk museum, UIS, ved undertegnede Eirik Aarebrot i Konserveringsavdelingen, har fått i oppdrag å vurdere ulike alternativer for oppvarming av kirkerommet i Stavanger Domkirke. Vurderingen foreligger herved. Oppdraget er formidlet av Schjelderup og Gram arkitekter på vegne av oppdragsgiveren, Stavanger kirkelige fellesråd. Oppdragsgiver stiller krav til at oppvarmingsanlegget må ha høy effekt for å gi hurtig oppvarming i forbindelse med arrangementer. Samtidig må oppvarmingsanlegget fungere godt på lav effekt og kunne fordele en jevn varme rundt i kirkerommet for en best mulig styring av inneklimaet. De estetiske kravene er høye og anlegget skal være så lite synlig som mulig. Det legges stor vekt på brannsikkerhet.

### **Problemstilling ved en langvarig og kraftig oppvarming av kirken og konsekvenser for dens inneklima og inventar.**

Stavanger Domkirke brukes til mange ulike kirke- og kulturarrangementer. Kravene til brukernes komfort har de senere årene stått i fokus, og man har valgt å prioritere en komfortabel temperatur på rundt 18 - 20 °C for publikum, menigheten og musikere fremfor kirken og inventaret. Dette fungerer stort sett fint i sommerhalvåret når man ikke behøver å varme opp så mye. Problemet blir derimot stort i vinterhalvåret, spesielt ved kraftige og lange kuldeperioder. For å holde denne innetemperaturen blir det fyrt kraftig, noe som fører til skadelig lav relativ luftfuktighet (15 – 30 %).

### **Klimamålinger i kirken**

Vi har dessverre ikke kontinuerlige inneklimamålinger for Stavanger Domkirke. Inneklimaet i Domkirken ble imidlertid logget vinteren 2003 / 2004. Denne loggen viser at den relative luftfuktigheten i perioden desember til mars lå mellom 30 og 40 %, mens temperaturen ble holdt rundt 17 °C. Denne vinteren var relativt normal med relativt mild temperatur. De siste tre årene har man derimot hatt spesielt langvarige kuldeperioder som gir ett annet bilde. I løpet av vinteren 2012 – 2013 ble det ved flere anledninger i kuldeperioden gjort punktmålinger i kirkeskipet. Den relative luftfuktigheten lå da under 20 %.

### **Kirkens inneklima før og nå**

I tiden før man fikk elektrisk oppvarming, var mulighetene for oppvarming begrenset, og det ble «i beste fall» kun gjort i forbindelse med gudstjenester. Den relative luftfuktigheten var derfor gjennomgående relativt høy, trolig mellom ca. 60 – 80 % året rundt. Dette var litt høyt, og den kunne gjerne ha ligget ca. 10 - 20 % lavere. Luftfuktigheten var likevel relativt jevn og man slapp den skadelige og kraftige uttørkingen i vinterhalvåret. Kirkekunsten fra middelalderen hadde derfor frem til den moderne tidsalder med elektrisk oppvarming, rimelig stabile og gode bevaringsforhold.

Mot slutten av 1800-tallet fikk man mulighet til å varme opp elektrisk slik at ble det praktisk mulig å heve komforten for brukerne. I starten av denne epoken var man heller ikke særlig bevisst om skadevirkningene som kraftig og langvarig oppvarming medfører. Utover 1900-tallet ble kravene til komfort stadig større, og kirken fikk etter hvert også bruksområde som arena for kultur- og musikk arrangementer. Man begynte etter hvert å se et større skadeomfang av sprekk- og avskalninger på inventaret som følge av for lav og svingende luftfuktighet.

### **Akseptabelt inneklima for inventaret**

Den relative luftfuktigheten bør holdes innenfor intervallet 40 – 60 % for å unngå skader på det sårbare inventaret i kirken. Det bør heller ikke være for hyppige og store svingninger innenfor dette intervallet. Den relative luftfuktigheten er avgjørende for vanninnholdet i treverket. Spesielt lav relativ luftfuktighet er skadelig da treverk tørker ut, krymper og sprekker. Malingslagene på prekestolen og epitafiene er ikke like fleksible som treverket. Ved uttørking vil det derfor oppstå store spenninger mellom treverk og malingslag som fører til at malingen sprekker opp, løsner og faller av.

Kirken har mye verdifullt inventar som er spesielt sårbart for tørt og svingende inneklima: prekestol, altertavle og epitafier skåret ut i tre med maling og forgyllninger fra middelalderen. Orglene er også utsatt, og kommer ut av stemming. Bygningen selv er ikke like utsatt, og en positiv effekt av oppvarmingen er fraværet av skadelige kondensdannelser inne i kirkerommet.

### **Innetemperaturens betydning for bevaring av kirkens inventar**

Innetemperaturen betyr i seg selv lite for bevaringen av inventaret. Sammenliknet med viktigheten av å holde riktig luftfuktighet, kan man nærmest glemme temperaturen som selvstendig klimaparameter, isolert sett. Temperaturen har likevel avgjørende betydning for inneklimate da det er den som bestemmer hva den relative luftfuktigheten blir.

Forklaringen ligger i at det er ganske jevn relativ luftfuktighet ute på ca. 80 % nesten hele tiden, uansett årstid. Det er til en hver tid den samme luften med 80 % fuktighet vi får inn i kirken. Hvor mye vi varmer denne luften opp der inne avgjør hva sluttresultatet blir i prosent relativ luftfuktighet innendørs.

Hvis vi vil ha jevn luftfuktighet inne, må vi la innetemperaturen stige og synke i takt med utetemperaturen slik at vi har tilnærmet konstant temperaturforskjell mellom ute og inne uansett årstid. Bli det kaldere ute, skal det også bli kaldere inne for å unngå at det blir for tørt.

Litt forenklet man si at konstant temperaturforskjell mellom ute og inne gir tilnærmet konstant relativ luftfuktighet inne.

Hvor stor skal denne temperaturforskjellen være? Det avhenger av hvilken luftfuktighet vi ønsker inne. En temperaturforskjell på 5 – 8 °C (varmere inne) vil gi ca. 50 % luftfuktighet. Ønsker vi det fuktigere, skal vi ha litt mindre forskjell, mens ønsker vi det tørrere skal vi ha litt større forskjell.

En slik temperaturforskjell er utmerket i sommerhalvåret da utetemperaturen gjerne ligger mellom 10 og 20 grader. Det gir oss da komfortable 18 – 25 °C inne. Har man derimot  $\pm 5$  °C ute, så gir det oss kun ett par plussgrader inne som blir ukomfortabelt og uakseptabelt for brukerne.

#### **Generelt kan man oppsummere årsakene til oppvarmings- og inneklimateproblemene i kirken slik:**

- Dagens varmesystem har for liten installert effekt til å kunne gi raske temperaturøkninger. Dette bidrar til at man velger å holde en alt for høy hviletemperatur.
- Det er ikke installert varmeelementer nær stolradene hvor folk sitter. Man er derfor avhengig av å varme opp hele kirkerommet for at brukerne skal få en rimelig komfort.
- Brukernes krav til komfort er stort og har i den senere tid blitt prioritert fremfor kirkens bevaring.
- Kirken er ikke utstyrt med kontroll- og overvåkingssystem for inneklimate og oppvarming.

#### **Løsningsalternativer for en skånsom oppvarming av kirken**

For å unngå tørkerelaterte skader på interiøret samtidig som man kan ha en akseptabel komfortmessig temperatur i vinterhalvåret, har man noen løsningsalternativer. Like viktig er det at man fatter vedtak fra høyeste hold (kirkeverge, kirketjener, domprost og politikere) om hvilken maksimumstemperatur man skal akseptere ved arrangementer i kuldeperioder. Brukerne må deretter informeres om hvorfor det settes en slik maksimumstemperatur slik at det blir enklere for dem å forstå og akseptere et slikt vedtak. Blir det vanskelig å vinne aksept for dette, bør det vurderes om enkelte arrangementer skal flyttes til f.eks. St. Petri kirke som nylig er renovert med formål å bli kulturkirke for byen, om arrangementet skal flyttes i tid (til en mildere årstid) dersom det er mulig, eller om arrangementet skal avlyses.

#### **Oppvarmingssystemet har to hovedoppgaver**

- Uavhengig av hvilken løsning man velger så må det stå på en viss grunnvarme i kirken som styrer luftfuktigheten og som gjør at man slipper å starte oppvarming til arrangementer fra et helt steinkaldt kirkerom. Denne grunnvarmen bør styres av en hygrostat, men den vil gjennomsnittlig ligge ca. 5 – 8 °C varmere inne enn ute uansett årstid.
- I tillegg skal oppvarmingssystemet kunne gi en viss grad av varmekomfort ved arrangementer i den kalde årstid for brukerne.

#### **Alternativ 1. Hurtig oppvarming og hurtig temperaturfall**

Det er en vedvarende høy innnetemperatur ved kaldt uteklima som gir tørkeskader. Det meste av inventaret kan derimot tåle noen få timer med for tørt inneklimate, da det tar en stund før f.eks. treverk mister så mye av sitt vanninnhold at det begynner å krympe og sprekke. Det er derfor akseptabelt å senke den relative luftfuktigheten noen få timer pga. oppvarming i forbindelse med arrangementer i kirken, såfremt det ikke blir for mange og tette arrangementer.

#### **Elektrisk oppvarming**

En hurtig oppvarming fra en lav hviletemperatur krever stor installert effekt for å kunne skje i løpet av få timer. Det betyr mange og store / lange varmeelementer som fordeles rundt i kirkerommet for at man kan oppnå tilstrekkelig effekt. I en middelalderkirke som denne hvor de estetiske kravene er høye blir det vanskelig å finne egnet plassering for varmeelementene. En vanlig og god plassering for varmeelementene ville være under kirkebenkene / stolradene. Der er det plass for tilstrekkelig

mange løpemeter med varmeelementer til å oppnå ønsket installert effekt. En ytterligere fordel med en slik plassering av varmeovnene, er at man tilfører varmen nøyaktig der hvor den gir størst nytte og komfort: der hvor folk sitter.

Dessverre har man i Stavanger Domkirke løse stoler i stedet for faste kirkebenker. Kombinasjonen gulvmonterte ovner / benkevarmere og løse stoler fungerer dårlig da det er viktig at ovnene og benkene står i et fast forhold til hverandre.

Dette problemet kunne bli løst ved at man monterer skinner i gulvet som fikserer stolene i presise rekker i forhold til varmeovnene. Dette kolliderer imidlertid med en av grunnene til at man har valgt løse stoler fremfor faste benker, nemlig at innredningen skal være fleksibel slik at man kan fjerne eller flytte på stolene for å optimalisere plasseringen av sitteplassene i forhold til spesielle arrangementer.

Dersom man likevel velger å feste stolene i skinner, vil det fremdeles være mulig å løsne dem fra skinnene. Men eventuelle fastmonterte ovner ville fremdeles stå i rekker på gulvet slik at man likevel ikke får det frie gulvet / fleksibiliteten man ønsker.

En løsning på dette kunne være at også varmeovnene var festet til skinner i gulvet med en slags hurtigkobling / grep. Elektrisk energi til ovnene kunne bli supplert via integrerte stikk i ovnene og skinnene. I det man setter varmeovnene ned i skinnen, så etablerer man samtidig energiforsyning til dem.

Skinnene kan dekkes med lokk / lister som hindrer at det kommer sand og skitt ned i dem når de ikke er i bruk. Skinnene med slike lokk / lister både for stolene og varmeovnene må selvsagt være forsenket i gulvet slik at dette blir plant.

En mer forenklet løsning på dette kan være å skru ovnene fast i gulvet på tradisjonelt vis, og montere stolene i skinner som det ikke nødvendigvis er gjort i en håndvending å løsne dem fra. Ved en slik løsning mister man selvsagt fleksibiliteten med stolplasseringen, men man får mulighet til å montere et varmesystem som virker optimalt og som har tilstrekkelig effekt til å varme opp kirkerommet hurtig i forbindelse med arrangementer. I en kirke som denne burde fokus være mer på bevaringen av kirken og inventaret enn at man kan optimalisere stolplasseringen forhold til spesielle arrangementer. I de fleste store katedraler rundt om i Europa har man fast monterte kirkebenker, og man klarer likevel å bruke disse kirkene til forskjellige arrangementstyper. Hvorfor skal vi ikke klare det samme i Stavanger?

### **Gass oppvarming**

En annen plassering av varmeovner som kan gi tilstrekkelig effekt for hurtig oppvarming av kirken er under taket / himlingen. Man har allerede i dag en rekke elektrisk stråleovner som henger fra taket og som er ment å gi strålevarme til forsamlingen nede på gulvnivå. Men den store takhøyden medfører for stor avstand mellom stråleovnene og folk nede ved gulvet til at disse gir den tilstrekkelige strålevarmeeffekten man håpet på. Når varmestrålene fra slike varmeelementer ikke treffer på noe i rimelig nærhet, vil de mer få funksjon som konvektorelementer. Varmen stiger heller opp fra disse og forblir under takhimlingen slik at man nede ved gulvet får for liten glede av den. Skal

man få en merkbar varme nede ved gulvet fra en så høy plassering må effekten økes betraktelig. Et alternativ for å få tilstrekkelig effekt ved denne plasseringen er å montere gassfyringselementer. Ved gassfyring kan man trolig øke effekten i forhold til dagens elektriske stråleelementer så mye at man kan varme opp kirken tilstrekkelig og hurtig i forkant av et arrangement.

Ved brenning av gass frigis det samtidig en del vann som også kan bidra til å hindre at luften blir for tørr når temperaturen stiger.

Dersom gassoppvarming virker som et spesielt attraktivt alternativ, er det naturlig før man legger ned mye tid og ressurser på en utredning om dette, at man først avklarer med Riksantikvaren om de kan akseptere det i forhold til brannsikkerhet.

Før man eventuelt bestemmer seg for dette alternativet, bør man også utrede faren for potensielle fuktskader som så mye effekt kan medføre så tett oppunder takhimlingen, spesielt dersom man øker isoleringen i takkonstruksjonen.

Dersom valget av oppvarmingsløsning faller på Alternativ 1. Hurtig oppvarming og hurtig temperaturfall, bør man ikke basere seg på at bruk av løse varmluftsvifter blir en del av denne løsningen, selv ved spesielt kalde perioder. Man har den senere tiden benyttet seg av slike varmeovner. Disse representerer en brannfare av flere grunner: De har løse gummikabler som er sårbare og hvor det kan oppstå kortslutning. Dersom varmluftsstrømmen ved et uhell rettes mot brennbart materiale, det være seg fast interiør eller at det pga. uoppmerksomhet plasseres noe brennbart foran ovnen, kan temperaturen på dette bli så høy at det oppstår brann. Når det nå planlegges nytt oppvarmingssystem for kirken, så må dette være av så høy kvalitet, effekt og funksjon at det blir uaktuelt å bruke løse varmluftsvifter / byggtørkere.

## **Alternativ 2. Punktoppvarming der folk oppholder seg mens resten av kirken holdes kald**

Det er også mulig å skape akseptabel komfort for brukerne ved å konsentrere oppvarmingen lokalt hvor disse befinner seg. Metoden har flere fordeler:

- Da det kun er snakk om å skape komfortvarme lokalt rundt brukerne vil systemet ha rask responstid, dvs. man slipper å starte oppvarmingen lang tid i forveien.
- Da man i liten grad varmer opp luften i kirkerommet, forblir luftfuktigheten akseptabel for inventaret, selv ved kuldeperioder.
- Ved en lokal punktoppvarming sparer man mye energi da man slipper å varme opp hele kirkerommet.

## **Konvektorvarme og infrarød stråling**

Man kan benytte både konvektorvarme og / eller infrarød strålevarme til punktoppvarming. Ved konvektorvarmekilder må man forholde seg til den termodynamiske loven om at varme stiger opp fra kilden. Ved bruk av slike ovner må disse monteres under eller like ved stolene / benkene. Det henvises til beskrivelse av mulig plassering av slike varmeelementer under «Elektrisk oppvarming» side 3 i denne rapporten.

Ved bruk av infrarød stråling og varmekilder står man friere med hensyn til plassering, men man må likevel ikke ha for stor avstand mellom varmekilden og publikum. Prinsippet er at den infrarøde strålingen varmer opp folk og objekter den treffer uten å varme opp luften i nevneverdig grad. En utfordring er å finne en brukbar plassering som er akseptabel både visuelt og praktisk.

Infrarøde varmekilder må plasseres relativt nær folk for å ha tilstrekkelig ønsket virkning. For elektriske infrarøde varmekilder dreier det seg om ca. 3 – 4 meter, mens gassfyrte varmekilder kan fungere også på større avstand fordi de kan ha betydelig større effekt enn elektriske infrarøde varmekilder. De elektriske stråleovnene som er montert under taket var tiltenkt også å gi strålevarme til folk nede ved gulvet. Det har vist seg at den store takhøyden i kirken gir alt for stor avstand til å gi ønsket effekt. Det er mulig å redusere denne avstanden ved å henge disse ovnene i fleksible oppheng slik at man kan senke ovnene noen meter ned mot publikum. I sommerhalvåret og i mildere deler av vinterhalvåret heiser man opp ovnene til nivået de henger på i dag slik at de kommer ut av syne. Man kan også øke tettheten / antallet av disse ovnene for økt effekt.

### **Oppvarming for kirkens personell**

Det er en enklere sak å sørge for tilstrekkelig punktoppvarming for kirkens personell. Ved organisten på podiet oppe ved orgelet er det lett å plassere stråleovner uten at disse synes for folk nede ved gulvet i kirken. Likeledes kan det plasseres infrarøde varmeelementer inne på prekestolen som gir presten tilstrekkelig varme, og som ikke synes for forsamlingen nede ved gulvet. Plassering av en eller flere slike stråleovner på den gamle prekestolen må likevel gjøres slik at prekestolen selv ikke varmes opp og får skader som følge av det. Blir dette et problem bør man kunne løse det ved hjelp av varmeskjold av tynne metallplater som reflekterer varmestrålingen vekk fra treverket.

### **Alternativ 3. Oppvarming og tilførsel av fuktighet til luften**

Det er også mulig å tilføre fuktighet til luften slik at man kan tillate mer oppvarming av kirkerommet til komfortabelt nivå selv i kuldeperioder. Luftbefuktere bør helst plasseres i nærheten av de mest sårbare objektene som prekestol, orgler og epitafier etc. for optimal effekt.

Bruk av luftbefuktere innbefatter imidlertid noen problemer:

- Det blir en utfordring å finne egnet sted for dem hvor de ikke blir til for stor visuell sjenanse. Dette gjelder særlig hvis de skal plasseres nær blikkfangene som prekestolen og epitafiene. Det finnes flere typer og modeller, men de mest brukte modellene har størrelse som et lite kjøleskap.
- De må tilkobles vannettet, hvilket gir uønsket risiko for lekkasje.
- De avgir støy. Det finnes flere typer befuktere, men de fleste av dem inneholder en vifte for å skape luftsirkulasjon.
- Den største utfordringen med slike befuktere er kanskje likevel at de krever mye tilsyn og vedlikehold. Det er ikke til å unngå at det vokser en del alger og muggsopp i disse maskinene. De krever derfor delvis demontering og rensing ca. en gang i måneden i vinterhalvåret når de er i drift. Blir dette ikke gjort, så gror de til slik at effekten av dem fullstendig opphører. Man må derfor ha dedikert personell som har som oppgave å utføre det nødvendige vedlikehold.

På tross av de nevnte problemer, er likevel orgelet et sted hvor en luftbefukter kan anbefales. Orgelet kommer ut av stemming ved for store fuktsvingninger hvilket krever en del



vedlikeholdsarbeid og kostnader. Mange store orgler har plass til en befukter i «maskinrommet» hvor de fleste av pipene samt luftbelger etc. befinner seg. En befukter plassert «inne i orgelet» kan sørge for en relativ stabil luftfuktighet her. Den vil ikke være til stor visuell sjenanse her, og viftestøyen får relativt liten betydning i forhold til det mektige orgelbruset under spilling. Man får likevel vedlikeholdsarbeidet med befukteren. Til gjengjeld vil en velfungerende befukter redusere nødvendig vedlikeholdsarbeid på selve orgelet og bidra til dets bevaring.

## **Overvåking, styring og kontroll av oppvarmingssystemet**

### **Styring av grunnoppvarmingen**

Kirkerommet må ha en grunnoppvarming som sørger for en jevnest mulig relativ luftfuktighet. Grunnoppvarmingen sørger for kirkerommets hviletemperatur, og den krever nøyaktig styring og kontroll for å holde den relative luftfuktigheten innenfor det ønskede intervallet mellom 40 og 60 %.

### **Alternativ 1. Aktiv styring med hygrostat**

Man styrer ovnene ved hjelp av en hygrostat sentralt plassert i kirkerommet. Hvis man stiller hygrostaten inn på for eksempel 50 %, vil ovnene skrus på hvis det blir fuktigere enn 50 %. Ovnene vil bli skrudd av hvis det blir tørrere enn 50 %. Det monteres også en termostat i serie med hygrostaten som sikrer en forhåndsbestemt minimumstemperatur man vil tillate i kirken.

### **Alternativ 2. Passiv styring**

Ved passiv styring skal det ikke brukes termostatstyring på ovnene. I stedet må man ved forsøk og beregning tilpasse en fast, kontinuerlig varmeeffekt i forhold til størrelsen på kirkerommet og dets temperaturisoleringssevne, slik at det blir mellom 5 – 8 °C varmere inne enn ute.

En fast innstilt varmeeffekt betyr at det blir kaldere inne hvis det blir kaldere ute, og varmere inne hvis det blir varmere ute.

Alternativ 1 gir en mer nøyaktig styring av den relative luftfuktigheten enn alternativ 2, og er klart den løsningen som anbefales for Domkirken. Av offentlige bygg i Rogaland, bruker man hygrostatstyring bl.a. på Ledaal og i Kvitsøy kirke.

### **Overstyring i forbindelse med arrangement**

Når det er arrangementer i kirken må man ha mulighet til å sette styringen av grunnoppvarmingen midlertidig ut av funksjon slik at oppvarming til mer komfortable nivåer tillates. I praksis betyr dette at ovnene som sørger for grunnoppvarmingen i kirken slår inn for fullt samtidig som eventuelle infrarøde varmeelementer og / eller andre elementer som skal sørge for komfortvarme tennes.

En slik overstyringsfunksjon bør ha en tidsbegrensning som automatisk stiller seg tilbake til grunnoppvarmingsfunksjon etter et forhåndsbestemt antall timer. Man unngår da at noen glemmer å skru ned varmen igjen etter at et arrangement er over.

Det er viktig at denne funksjonen er lett å betjene slik at ingen som skal betjene anlegget begynner å stille på forskjellige ting som gjør at oppvarmingsanleggene kommer ut av sine nøye innstilte verdier. På Ledaal og i Kvitsøy kirke aktiverer man overstyringsfunksjonen ved kun å trykke på en knapp som er plassert for seg selv. Ved å trykke på denne knappen vil overstyringsfunksjonen tre i kraft for en

forhåndsinnstilt tidsperiode som f.eks. er fem timer. Er arrangementet av lenger varighet enn dette, så trykker man en gang til på samme knapp, og man får nye fem timer med ekstra oppvarming. Overstyringsfunksjonen kan og bør selvsagt også gjøres tilgjengelig for ansvarlig kirketjener via internett og evt. telefon.

### **Overvåking av inneklima**

Inneklimaet (luftfuktighet og temperatur) bør også kontrolleres og overvåkes for å sikre at den relative luftfuktigheten styres som den skal for best bevaring av kirkebygg og inventar. Det finnes flere aktører på markedet som tilbyr nettbaserte løsninger for dette. Det må naturligvis også være en person med de nødvendige kunnskapene som får ansvaret for å følge opp kontrollen med inneklimaet i kirken.

Stavanger 19. august 2013