

Warme voeten in de kerk

DOOR MICHEL MULDER*

Het hoeft geen betoog dat het verwarmen van kerken en andere monumentale gebouwen geen sinecure is. De architecten en bouwheren uit vorige eeuwen hadden meer belangstelling voor de schoonheid en het imposante van het gebouw, dan voor de functionaliteit. Het gevolg is dat de meeste kerkgebouwen onderhoudsintensief en heden ten dage moeilijk tegen aanvaardbare kosten te verwarmen zijn.

In vorige eeuwen waren weinig kerken centraal verwarmd. De verwarming bestond meestal uit (kolen)stoven waardoor de kerkganger individueel aangestraald werd. Het was een typisch voorbeeld van lokale verwarming, terwijl de kosten van de kolen direct aan de bezoeker werden toegerekend. Deze eeuw kwam het centraal verwarmen van kerken meer in de belangstelling; de toenmalige kolenstookinrichtingen bevielen goed en ook toen men in de vijftiger jaren massaal op oliestook overschakelde zag men geen problemen. Vandaag de dag is echter de energierekening een jaarlijkse financiële aanslag op de begroting van een kerkbestuur.

Het kerkverwarmingsprobleem heeft, zoals zal blijken, diverse oorzaken en twee gevolgen.

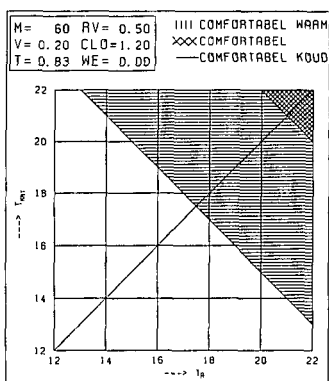
De laatste twintig jaar is de gas/olieprijs vertienvoudigd, een conjunctureel gegeven, waar weinig aan te veranderen is. Een andere reden is de manier waarop kerken verwarmd worden. In veel gevallen gebeurt dit enkel met luchtverwarming en dan ook nog vaak met oude, oliegestookte ketels. De warme lucht wordt soms met grote snelheid uit een rooster geblazen en zal vaak in eerste instantie alleen koepel en/of plafond verwarmen. De onderste anderhalve meter – de leefzone – wordt dan pas warm wanneer de hele kerk met warme (hete) lucht gevuld is.

Deze problemen staan aan de creditzijde van de balans, aan de debetzijde blijken verminderde inkomsten tengevolge van een gedecimeerd kerkbezoek.

Het gevolg is dan ook dat veel kerkbezoekers koude voeten of andere oncomfortabele avonturen in een kerk hebben beleefd; door de hoge stookkosten worden lang niet altijd de algemeen aanvaardbare behaaglijkheidscriteria gehaald.

Een tweede gevolg is, dat door ondoelmatig verwarmen schade aan het interieur van de kerk kan ontstaan. Door het opwarmen van in absolute zin droge, doch in relatieve zin vochtige lucht, wordt relatief droge lucht gevormd. Aldus ontstaat er een wisselende vochtuithouding in de kerk welke orgel, meubilair en wand-schilderingen aantast.

Het eerste gevolg is een behaaglijkheden/



Verband tussen luchttemperatuur (T_a) en gemiddelde stralingstemperatuur (T_{mr}).

kosten optimalisatieprobleem en dus door ieder kerkbestuur zelf te interpreteren. Het tweede gevolg is een kosten/kosten probleem en dus met eenvoudige economie te benaderen. In deze context is het dan ook verbazingwekkend dat dure renovaties vaak zonder bouwfysisch advies worden uitgevoerd, terwijl dit advies maar een fractie van de mogelijke schade kost.

Verwonderlijk is ook dat er in een land met duizenden kerken, die vaak hoge stookkosten hebben, zo weinig onderzoek naar en voorlichting over kerkverwarming is.

Uit een onlangs gehouden enquête bleek, dat het voor een kerkbestuur niet duidelijk is wat aanvaardbare stookkosten zijn. Deze kosten variëren per kerk van enkele duizenden tot enkele tienduizenden gulden per jaar. Erger is dat kerken met gelijke volumes ook een factor vier-vijf stookkostenverschil kunnen hebben. Geheel verouderde verwarmingsmethoden en/of installaties zijn daar debet aan.

Welke verwarming voldoet goed uit het oogpunt van behaaglijkheid en energiegebruik?

Om deze vraag te beantwoorden grijpen we terug naar de thermofysiologie van de mens. De warmteverliezen, en daardoor het gevoel van onbehagen, van de kerkganger worden bepaald door 6 parameters:

- de luchttemperatuur
- de gemiddelde stralingstemperatuur
- de luchtsnelheid
- de relatieve vochtigheid
- het metabolisme
- de kleding

Indien we bovenstaande parameters kennen, kunnen we met behulp van thermofysiologische computermodellen nagaan of voldaan wordt aan de behaaglijkheidscriteria.

Voor de ontwerper staan alleen de eerste vier parameters ter beschikking. Het metabolisme is voor een zittend persoon, zonder lichamelijke activiteit, een vaststaand gegeven ($\pm 60 \text{ W/m}^2$). De kledingparameter heeft de kerkbezoeker binnen zekere grenzen zelf in de hand. Dit wordt bepaald door praktische, modieuze en financiële aspecten. Ook de welvaart en daardoor de gewenning aan hogere binnentemperaturen heeft op den duur het kledingpakket teruggebracht zodat de verwarming de borstrok moet compenseren. Poolkleding in de kerk zou een verwarmingsinstallatie vrijwel overbodig maken. Blijven dus over de vier eerstgenoemde parameters, welke door de keuze van de verwarmingsinstallatie zijn te beïnvloeden.

Uit oogpunt van behaaglijkheid is de *relatieve vochtigheid* van weinig belang. Extreme situaties, waarbij b.v. slijmvliesuitdroging ontstaat, komen in kerken nooit voor. Toch is het zaak de relatieve vochtigheid niet uit het oog te verliezen. In de winter heeft buitenlucht een lage temperatuur, een lage absolute vochtigheid (b.v. $3,5 \text{ g/kg dr.}$) en een hoge relatieve vochtigheid (90%). Indien de kerk door de week op 5°C wordt gehouden dan zal de relatieve vochtigheid binnen ongeveer 65% bedragen. Tijdens de dienst zal, indien tot 18°C wordt verwarmd, de relatieve vochtigheid teruglopen tot 25%.

Omdat dit in een aantal gevallen tot schade heeft geleid, hebben sommige kerken een bevochtigingsinstallatie, of voor de gehele kerk of alleen voor het orgel.

Een dergelijke installatie kost niet alleen geld in aanschaf, ook het verdampen van water kost warmte, die in de meeste gevallen door de verwarmingsinstallatie geleverd zal moeten worden.

De *luchttemperatuur* (T_a) en de *gemiddelde stralingstemperatuur* (T_{mrt}) zorgen samen voor ongeveer 75% van de lichaamswarmteafvoer van de kerkganger, respectievelijk door convectie en straling. Samen vormen zij de effectieve temperatuur, waarbij grofweg geldt, dat zowel luchttemperatuur als gemiddelde stralingstemperatuur evenveel bijdragen aan het vormen van de effectieve temperatuur. (Heeft een kerk dus door het najlven van de wandtemperaturen een gemiddelde oppervlaktetemperatuur van 14°C dan zal de luchttemperatuur 21°C dienen te zijn om een effectieve temperatuur van $17,5^\circ\text{C}$ te halen. Zie figuur 1).

In de meeste kerken is alleen een luchtverwarming aanwezig, welke in de winter een aantal uren voor de dienst wordt aangezet. Duidelijk zal zijn dat de kerk met zijn enorme massa, tijdens de dienst een lagere gemiddelde oppervlaktetemperatuur zal hebben dan de luchttemperatuur, waardoor het rekenvoorbeeld helaas reeël is. Een in dit



Winterkerk van het koor van de Sint Maarten te Zaltbommel. Voor het verwarmen van een kerk zijn ook minder ingrijpende oplossingen mogelijk. Foto: Piet Hartemink Zaltbommel.

geval hinderlijke eigenschap van lucht is, dat warme lucht opstijgt. De leefzone (de onderste 1,5 m) heeft dus de laagste temperatuur van de hele kerk. Door installateurs en adviseurs worden ventilatoren en andere vernuftige methoden toegepast om, met wisselend succes, deze warme lucht naar beneden te brengen. Voorzichtigheid is hier geboden; soms is het middel erger dan de kwaal en ontstaan er plaatselijk hoge luchtsnelheden welke als 'tocht' ervaren worden. Een ander nadeel van luchtverwarming is het mogelijk ontstaan van koude valstromen langs wanden en ramen. Warme lucht wordt door de koude wand afgekoeld en er ontstaat een grenslaag onderkoelde lucht die naar beneden valt. Zit men toevallig in een dergelijke koudeval dan ervaart men dit ook als tocht.

Men kan de gewenste effectieve temperatuur ook bereiken door de gemiddelde stralingstemperatuur te verhogen. Dit wordt de laatste jaren vaak toegepast met behulp van gasgestookte stralingskappen. In principe bestaan hier twee oplossingen; kleine oppervlakken met hoge temperatuur ($T = 800^\circ\text{C}$) of grote oppervlakken met een lagere temperatuur ($28\text{-}80^\circ\text{C}$). In beide gevallen ontstaat de beoogde hogere gemiddelde stralingstemperatuur. Beide systemen hebben echter hun nadelen. Het nadeel van stralingskappen geldt voor alle kerkverwarmingssystemen; omdat deze liefst onzichtbaar dienen te zijn. (Een pré voor luchtverwarming). Grote panelen, enkele meters bo-

ven de banken zijn uitermate storend en dus niet gewenst. Kleine temperatuurstralers zijn minder opvallend en kunnen dus een compromis tussen esthetica en functionaliteit zijn. Deze hebben als nadeel, dat een zogenaamd 'kampvuureffect' ontstaat, door de sterke asymmetrische stralingsbelasting. Het klakkeloos toepassen (zonder stralingsberekening) van deze gasstralers is dus niet aan te bevelen, ondanks de aantrekkelijke voordelen: Het energieverbruik van een dergelijk systeem is laag, de montage eenvoudig en de investering is zeker redelijk te noemen.

Het alléén verhogen van de gemiddelde stralingstemperatuur, zonder de luchttemperatuur te verhogen, is uit behaaglijkheidsoverwegingen niet aan te bevelen. Te grote verschillen tussen T_{mrt} en T_a worden, zeker als men stil zit, ook als onbehaaglijk ervaren. (Afhankelijk van de situatie een verschil van $5\text{-}8^\circ\text{C}$). De plaats van aanstralen speelt ook een rol; zo kan men beter van achteren dan van voren aangestraald worden.

Uit bovenstaande blijkt dat een thermisch comfortabele omgeving het beste opgebouwd kan worden uit zowel een acceptabele lucht- als stralingstemperatuur en dat deze twee parameters elkaar moeten aanvullen.

Paneelradiatoren of verwarmingsspiralen direct onder de banken of stoelen geven zowel een convectief als een stralingsaandeel. Nadeel is wel, dat het stoelgebruik dan weinig flexibel wordt. Een aantrekkelijk al-

ternatief is het toepassen van vloerverwarming. De laatste jaren ontwikkelde droogbouwsystemen kunnen door hun geringe bouwhoogte (4 cm inclusief isolatie) in bijna alle gevallen zonder hak- en sloopwerk aangebracht worden onder de banken. De massa van deze systemen is klein, zodat de opwarmperiode kort is, en – afhankelijk van het aantal kerkbezoekers – zijn meer of minder secties te verwarmen.

Technisch is het ook mogelijk een plaatselijk klimaat te scheppen, met behulp van alleen luchtverwarming. (Denk aan luchtdeuren bij warenhuizen en blaasbollen in vliegtuigen). Dit houdt wel in dat een groot aantal relatief dikke luchtkanalen door de kerk loopt, wat zowel uit esthetisch als uit investeringsoogpunt niet aan te bevelen is.

In deze context is het goed om even stil te blijven staan bij het koude voetenprobleem. Alhoewel warme voeten geen garantie geven voor een behaaglijk gevoel, geven koude voeten in alle gevallen een onbehagelijke ervaring. De voeten geven (via de schoenen) zowel convectief, via straling en via geleiding warmte af. Immers, er is een contactoppervlak tussen zool en vloer. Het aandeel geleiding in de warmtebalans is klein, zodat het van de vloer houden van de voeten weinig effect heeft. Soms wordt het geleidingsaandeel gebruikt om de overige warmteverliezen te compenseren; met behulp van elektrische verwarmingsplaten in de vloer probeert men via de schoenzool de hele voet warm te houden. (stoven?)

Deze vloerplaten verhogen, in tegenstelling tot vloerverwarming, niet de gemiddelde stralingstemperatuur in de omgeving van de voeten, het blijft dan ook een lapmiddel.

De laatste nog onbesproken parameter is de *luchtsnelheid*. Luchtsnelheden boven de 15-20 cm/sec. dienen vermeden te worden, omdat ze als tocht ervaren worden. Reeds is gesproken over tocht ten gevolge van plafondventilatoren en koudeval. Luchtverwarming stimuleert, afhankelijk van de wijze van inblazen, in een aantal gevallen ook het tochtverschijnsel. De enorme hoeveelheden lucht die opgewarmd ingeblazen wordt, geven al snel een luchtcirculatie in de gehele kerk met alle risico's van dien.

Beschouwen we het voorgaande dan worden meer problemen geschetst dan oplossingen aangedragen. Door de grote verscheidenheid van de kerkgebouwen, de daaruit volgende problemen, en de mogelijke oplossingen zal iedere kerk individueel benaderd dienen te worden. Dit artikel kan niet meer dan een eerste aanzet daartoe zijn.

* Ir. M. J. P. Mulders is wetenschappelijk medewerker aan de T.H. te Eindhoven, en houdt zich op dit moment bezig met de problematiek rond de kerkverwarming, o.a. die van de Sint Nicolaaskerk te Amsterdam.