

Et malerisk mysterium

– hvem ødelægger de danske kalkmalerier?

Foto: K.L. Rasmussen

Forskerens rolle minder ofte om detektivens. Det blev meget tydeligt i et projekt om ammoniaks mulige skadesvirkning på de danske kalkmalerier – for er det bonden, butleren eller måske bilisten, der er skurken?

Urestaureret og ret slidt kalkmaleri i Sønderso Kirke.

Af Lilian Skytte

■ I Danmark har vi en meget fin del af vores kulturarv i kirkerne, hvor kalkmalerierne troner højt over os i hvælvene og skildrer bibelske scener, helgener, djævle og meget mere. Desværre er disse op mod 800 år gamle malerier under nedbrydning, og årsagen er en kompliceret cocktail af klimatiske forhold, vækst af mikroorganismer og luftforurenende stoffer.

Ammoniak er under mistanke som luftforurenende agent, da gassen muligvis har en ødelæggende effekt (se faktaboks). I et forskningsprojekt udført på Syddansk Universitet blev disse mulige effekter undersøgt, og målinger af temperatur og luftfugtighed i de ni kirker, der indgik i projektet, viste, at væksten af mikroorganismer havde gode betingelser. Så hvis ammoniakken er til stede, er der også mulighed for, at den kan forbruges med ødelæggelse af kalkmalerierne til følge. Ammoniakken skal dog først finde vej til kirken, og det er her de egentlige mistænkte kommer ind i billedet, for hvem er skyld i tilstedeværelsen af ammoniakken?

The usual suspects

Der var i denne undersøgelse to kendte mistænkte: Bonden, der leverer ammoniakken udenfor kirken via gyllespredning på markerne og butleren (præsten, graveren og andre kirkegængere), der bevæger sig rundt indenfor. Den hovedmistænkte var fra starten bonden, der jo udleder ammoniakken. Bevisførelsen var derfor centreret om at vise, at ammoniakken kommer i stor koncentration fra markerne, hvorefter noget af den blæses hen til og ind i kirken, hvor den forbruges i ødelæggende processer. Men luftanalyserne af ammoniakmængden inde og udenfor kirken frikendte i første omgang bonden. Der var nemlig en højere koncentration af ammoniak inde i kirken end udenfor. Ammoniakkoncentrationen var 3-4 gange højere inde i kirken end udenfor. Ammoniakkoncentrationen var 3-4 gange højere inde i kirken end udenfor. Ammoniakkoncentrationen var 3-4 gange højere inde i kirken end udenfor. Ammoniakkoncentrationen var 3-4 gange højere inde i kirken end udenfor.



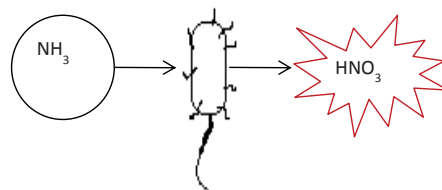
Foto: Lilian Skytte.

↑ Målestation til ammoniakanalyser (ALPHA) i Sæby kirke. ALPHA'erne er de små plastic-rør. Boksen bagved er til opsamling af data om temperatur og luftfugtighed.

En målestation til ammoniakanalyser (ALPHA) ved Sæby kirke. →



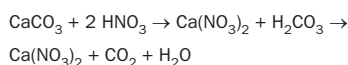
Ammoniak og kalkmalerier



Luftforurening med ammoniak (NH_3) er steget kraftigt igennem det 20. århundrede. Brugen af gylle og kunstgødning er øget i en sådan grad, at koncentrationen af ammoniak i atmosfæren er over 250 % højere end ved indgangen til det 20. århundrede.

Ammoniak har en potentiel ødelæggende effekt på kalkmalerierne i de danske kirker. Den ildelugtende gas kan tænkes at påvirke malerierne ved saltudfældning eller mere sandsynligt indgå som føde for mikroorganismer, der herved forårsager den egentlige ødelæggelse. Ammoniak forbruges nemlig af mikroorganismer under dannelse af bl.a. salpetersyre og andre sure organiske forbindelser. På billedet ses et saltangreb på kalkmalerier i Gjørl Kirke.

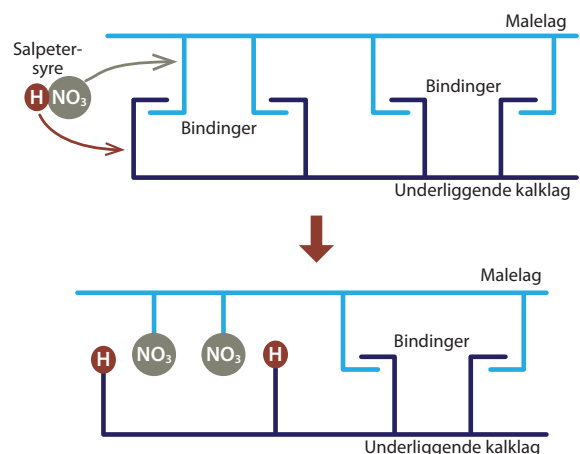
I et fuldt bevaret kalkmaleri vil malelaget (lyseblåt) binde solidt til det underliggende kalklag (mørkeblåt). Ved et syreangreb (her er brugt salpetersyre som eksempel) klippes disse bindinger over, og maleriet er i fare for at skalle af. I praksis finder følgende reaktion sted:



Hvor kuldioxid vil fordampe og vandet vil levere reaktionsmedie til de efterfølgende reaktioner.



Foto: Isabelle Brajer.





Placering af de ni kirker, der indgik i projektet. 1: Sæby Kirke, 2: Gjøj Kirke, 3: Dybe Kirke, 4: Vrigsted Kirke, 5: Haderslev Domkirke, 6: Sønderø Kirke, 7: Nr. Broby Kirke, 8: Gisløng Kirke og 9: Kippinge Kirke.

til stede, og hermed blev fokus centreret på kirkegængerne og kirkens personale, her symboliseret ved butleren.

Butlerens alibier

Butleren, der befinder sig inde i kirken, udsondrer ammoniak som alle andre levende væsener. Desuden gør han rent med ammoniakholdige midler og han placerer afskårne blomster, der, når de visner, kan afgive ammoniak. Alle disse kilder er plausible kandidater til bidraget af den ekstra indendørs ammoniak. Men undersøgelser af deres omfang modbeviste, at de skulle være omfangsrige nok til

at kunne forårsage de høje koncentrationer.

Antallet af kirkegængere og ammoniakkoncentrationen viste ingen sammenhæng, og i de fleste af de ni undersøgte kirker, der var spredt over hele landet fra Sæby i nord til Kippinge på Falster, opbevarede man rengøringsmidlerne udenfor kirken.

Målinger af luftkoncentrationen af ammoniak i en blomsterhandel med et utal af afskårne blomster kom kun lige op på siden af koncentrationsniveauet i kirken. Så hvis tidsrummet, hvor blomsterne befinder sig i kirken, tages med i betragtning, er det klart, at blomsterne ikke udgør en nævneværdig kilde til ammoniak. Butlerens alibier holder altså vand, og dermed efterlades man uden åbenlyse mistænkte. Og hvad gør detektiven så?

En ny hovedmistænk

Det blev et dybere blik på ammoniaks skæbne i atmosfæren, der bragte undersøgelsen videre. For selvom al ammoniak i atmosfæren er fordampet fra bondens mark, er det absolut ikke al ammoniak, der forbliver på gasform. Meget af den reagerer videre med andre komponenter i atmosfæren, hvoraf nitrogenoxider (NO_x) fra trafikken er en af dem, og vil reagere efter følgende skema:
 $\text{NH}_3 + \text{NO}_x + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3$
 Resultatet af denne reaktion er dannelsen af en ammoniumnitrat-partikel, der kan trans-

porteres over store afstande.

Hvor ammoniakken som gas er ganske reaktiv og nærmest klistrende, er partiklen anderledes inaktiv – i hvert fald så længe temperatur og luftfugtighed forbliver relativt konstante. Men i det øjeblik, at partiklen bringes ind i kirkerummet, ændres disse to parametre, og partiklen kan igen skilles ad – hvorved der frigives ammoniak og salpetersyre.

Salpetersyren er ubetinget en farlig forbindelse at have i nærheden af de basiske kalkmalerier, og syren er i tilgift en meget reaktiv og klistret forbindelse, der hurtigt sætter sig fast på den nærmeste overflade.

Denne opdagelse bragte en ny hovedmistænk på banen i sagen om ødelæggelsen af kalkmalerierne: nemlig bilisten.

En alliance med dobbelt effekt

Ved at sammenholde forskellige datasæt lykkedes det at samle indicier nok til, at partiklerne kunne udpeges som den manglende interne kilde til ammoniak, og som en ægte forbryder har denne kilde en lumsk karakter. Den dannes udenfor, men har først den fulde effekt indendørs, og effekten er dobbelt, da syren virker direkte ødelæggende, og ammoniakken virker indirekte gennem mikroorganismer. Derudover vil den hurtige reaktion af syren gøre synderen svær at spore, samtidig med at denne reaktion forskubber ligevægten mod en yderligere sønderdeling af de tilbageværende partikler.

Det viste sig altså, at en ukendt alliance mellem bonden og bilisten var af særdeles ødelæggende karakter. Men selv om man nu er klar over, at denne alliance eksisterer, er omfanget af deres forbrydelse endnu ikke kendt. F.eks. er reaktionerne med syren i kirken ikke begrænset til de kalkede overflader – enhver syrefølsom genstand, som f.eks. de gamle trækors fra middelalderen, er faktisk i fare. Yderligere forskning må vise, hvor stor en andel syreangrebene har i kalkmaleriernes ødelæggelse, og hvor godt mikroorganismene virkelig gro. ■

Om forfatteren



Lilian Skytte er ph.d., Institut for Fysik og Kemi Syddansk Universitet
 Tlf.: 6550 2508
 E-mail: lilsky@ifk.sdu.dk



Placering af indestation (ammoniakanalyser (ALPHA)) ved kalkmalerier i Nr. Broby Kirke.

Videre læsning

M.F. Hovmand: Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Atmosfæren – Nedfald af kvælstofforbindelser. Danmarks miljøundersøgelser. Roskilde, 1990