

Avfuktning i kallställda kyrkor

Utredningen är sammanställd av Leif Lindelöw, förtroendevald från Vårsås Pastorat och medlem av projektets styrgrupp

Leif Lindelöw

2012-12-01

Skara stift PHS 32 478

Innehåll

<i>Inledning</i>	3
Bakgrund	3
Sammanfattning och analys	3
Syfte och mål	4
Problemställning	4
Kyrkor	5
Varför klimatkontroll genom avfuktning?	6
Mikrobiella angrepp	6
Korrosionsangrepp	8
Metoder	10
Avfuktarnas och mätinstrumentens placering i kyrkorummen	10
Resultat från loggning av temperatur och fuktighet	10
Luftfuktighet och temperatur i olika delar av kyrkorummen samt utomhus	10
Edåsa	10
Vreten	15
Varola	18
Fuktkvot	20
Fuktvandring i väggar	21
Energikostnader	22
Slutsatser	23
Besiktningrapport från K-Konservator	24
Referenser	25

Avfuktning i kallställda kyrkor

Inledning

Projektet är en viktig del i stiftets arbete med att bevara det kyrkliga kulturarvet i en hårt krympande ekonomi med energibesparingar och förändrad användning av många landsbygdskyrkor. Stiftet arbetar bland annat genom sina visitationer med frågor om kyrkornas användning. Med anledning av sviktande ekonomi är frågan om kallställning av kyrkor synnerligen aktuell. Stiftet har även sammanställt ett dokument med råd inför kallställning av kyrkor.

Bakgrund

Projektet är en utvidgning av projektet "Luft/luftvärmepumpar i kyrkomiljö" PHS 32 478.

Under 2006 och 2007 genomförde Skara stift en skadeinventering av inventarier, framför allt bemålade träföremål, i stiftets alla kyrkor. Inventeringen utfördes av konservatorer vid Jönköpings länsmuseum och vid K-Konservator i Göteborg. Resultatet visar på en relativt omfattande fuktproblematik i stiftets kyrkor, främst mikrobiella angrepp. Enligt inventeringsrapporten finns ett starkt samband mellan låg grundtemperatur i kyrkorna och mögelangrepp. I rapporten föreslås därför att Skara stift initierar stiftsövergripande insatser för att komma tillrätta med klimatsituationen i våra kyrkor.

En mycket stor kostnad för församlingarna är uppvärmningskostnader för kyrkobyggnader. Detta har medfört att många församlingar valt en mycket låg grundtemperatur eller ingen uppvärmning alls. Frågan om styrning av klimat/luftfuktighet i kyrkorummet genom det relativt billiga alternativet avfuktare väcktes av Vårsås pastorat, där en avfuktare installerades för något år sedan i Edåsa medeltidskyrka. Länsstyrelsen har nu gett tillstånd för avfuktare i ytterligare två av pastoratets kyrkor, Varola och Vreten, båda uppförda under 1800-talet. Varola kyrka används vid enstaka tillfällen vintertid, medan Vretens kyrka är helt "avställd" under vintern. Genom detta projekt hoppas vi få en ökad kunskap om hur systemet med avfuktare eventuellt kommer att påverka byggnader och inventarier.

Sammanfattning och analys

Inga negativa skadebilder har konstaterats vad gäller kyrkorummet med inventarier, musikinstrument och textilier. Vad gäller påväxt av mögel och svamp så minskar denna vid lägre temperaturer och avtar helt vid minusgrader. Om den relativa fuktigheten (R/F) hålls under 80 % är risken för mögelpåväxt minimal. Ingen korrosion på metalldelar har kunnat påvisas. Vid en R/F under 60 % avstannar den helt. Om alternativet att värma bort fuktigheten väljs så sänks R/F men inte den absoluta fuktigheten. Enda möjligheten att få bort vattenånga i luften är genom avfuktning. Ett viktigt sammanhang är att ju kallare luften är desto mindre vattenånga kan den innehålla men R/F blir högre. Ett mycket vanligt alternativ är att sänka R/F genom uppvärmning. Detta sker framförallt vintertid och resultatet blir ofta ett allt för torrt klimat med trä och färgsprickor samt ostämnda orglar. Energiförbrukningen sänks med mer än 50 % vid användning av avfuktare än vad det kostar att värma upp luftmassan med elenergi vid ett pris på 1: -/kwh, till motsvarande R/F. Mögel- och svamppåväxt samt korrosionskador sker främst under varma och fuktiga somrar. För att då sänka den relativa fuktigheten till godtagbara nivåer måste luftmassan värmas upp med 5-7 över yttertemperaturen. Detta kan innebära att inomhustemperaturen ligger på mellan 25 till 30^o C för att sänka den R/F till rimliga nivåer.

Syfte och mål

1. Att i tre kallställda kyrkor med avfuktare undersöka om och i så fall hur avfuktare påverkar byggnadskonstruktion och inventarier på ett till två års sikt.

Detta kommer bland annat ske genom mätningar och observationer av:

- Luftfuktighet och temperatur i olika delar av kyrkorummen samt utomhus
- Yttemperatur
- Fuktkvoten i trä (gäller främst föremål)
- Eventuell fuktvandring i väggarna
- Eventuell mögelpåväxt och andra fuktrelaterade skador
- Eventuella torkskador
- Avfuktarnas placering i kyrkorummen
- Betydelsen av kyrkornas utformning

2. Att studera energiförbrukningen i de tre kyrkorna i relation till deras användningsgrad.

3. Att utifrån resultaten kunna dra vissa allmänna slutsatser av frågeställningarna i punkt 1 och 2.

Mål/Resultat av projektet: En utvärdering av lämpligheten att använda avfuktare för klimatstyrning i tre, sparsamt använda kyrkorum avseende bevarandemiljö, konstruktion och energiåtgång.

Förväntade effekter efter projektets slut: Ökad kunskap om möjligheten att använda ovanstående metod som en relativt billig och skonsam metod för minskade energikostnader.

Målgrupp/-er: I första hand församlingar och handläggare av det kyrkliga kulturarvet i Skara stift, men projektet bör även ha ett generellt, nationellt intresse.

Projektavgränsning: Studien omfattar tre av stiftets kyrkor som kommer att följas under högst två år.

Eventuell koppling till andra projekt: Den planerade studien är, tillsammans ett pågående projekt om luft/luftvärmepumpar i kyrkomiljö, ett direkt resultat av stiftets skadeinventering av inventarier – se under bakgrund.

Uppföljning och utvärdering: Resultatet kommer att presenteras i en rapport som redovisas vid bland annat en Kyrkobyggnadsdag och i Regionala samrådsgruppen.

Problemställning

Viken påverkan får aktiv styrning av klimatet avseende avfuktning av kyrkobyggnad med dess inventarier?

Varför klimatkontroll genom avfuktning?

Hur påverkas inventarier, textilier, musikinstrument, kyrkorummet av skadliga mikroorganismer?

Kostnadsjämförelse mellan att sänka den relativa fuktigheten genom uppvärmning eller avfuktning.

Kyrkor

De tre kyrkor som har ingått i projektet är Edåsa kyrka, Vretens kyrka och Varola kyrka samtliga belägna i Vårsås pastorat i Skara stift.

Edåsa kyrka från medeltiden

Den romanska kyrkan med ursprungligen smalare, rakslutet kor ombyggdes och förlängdes 1763 med ett längre och bredare kor. 1876 övergavs kyrkan till förmån för en för Ljunghem och Edåsa gemensam ny kyrka (Edhem, nu Vreten) och inköptes av Västergötlands Fornminnesförening för 250 Rd RM. Kyrkan användes därefter som museum för kyrkliga föremål fram till en genomgripande renovering 1938 – 40 då den åter togs i bruk som församlingskyrka.

Förutom målningar från 1600-talet finns smärre men mycket intressanta rester av 1200-talsmålningar på kyrkorummets väggar.

1938 – 40 genomgick kyrkan en omfattande in- och utvändig renovering varvid sakristian med underliggande källare/pannum liksom kolumbariet tillbyggdes. Samtidigt uppfördes den nuvarande klockstapeln.

1994 renoverades kyrkans fasader. Under 2008 rengjordes kyrkan invändigt och samtliga kalkmålningar konserverades.

Vretens kyrka byggd 1873

Kyrkan uppfördes 1873 efter ritningar av arkitekt Ernst Jacobsson. Den nygotiska exteriören med oputsade granitmurar och spetsbågiga fönster är en välbevarad representant för 1800-talets nystilar. Den mycket stora kyrkan har latinsk korsplan med rektangulärt långhus, två breda korsarmar, ett åttakantigt, sidoställt litet torn i sydväst, fullbrett, rakt avslutat kor samt vidbyggd, polygon, lägre och smalare absid i öster. I västra delen av norra långhusfasaden är ett öppet vapenhus. Mellan koret och norra korsarmen är en lägre sakristia och mellan södra korsarmen och koret ett förråd. FASAD - Fasaden består av blottade, röda, fogstrukna granitmurar och sockeln av mestadels grå granitmurar.

Kyrkan genomgick, under 1950-talets senare del, en omfattande renovering efter förslag av arkitekt Anders Ekman. Under 2007 – 2008 renoverades taket och all plåt ersattes av zinkplåt samt alla stenpartier omfogades.

Varola kyrka byggd 1864

Kyrkan är orienterad i nord-syd med koret i söder. Enskeppigt långhus med integrerat tresidigt kor, sakristia mitt på den östra fasaden, vapenhus mitt på den västra fasaden och torn i norr. Kyrkan är uppförd av spritputsad natursten med slätputsade hörnkedjor, omfattningar och takfotslistor. Byggnaden vilar på en tuktad naturstenssockel. Långhusets sadeltak är liksom kordelens brutna takfall skiffertäckta. Även sakristians och det västra vapenhusets sadeltak har skiffertäckning vilken kompletterats med förzinkad stålplåt och toueller över gavelmurarna. Lanterninen och dess spira är täckta med kopparplåt. Kyrkan är uppförd 1864.

1955 genomgick kyrkan en genomgripande renovering med bl.a. installation av elvärme, ny trappa till tornet och målningsarbeten. 1974 genomfördes en utvändig renovering. 2001 och 2003 utfördes utvändiga renoveringar av långhusets och tornets fasader liksom takfallen.

Varför klimatkontroll genom avfuktning?

Mikrobiella angrepp

En förutsättning för mikrobiella angrepp är att livsvillkoren är uppfyllda för dessa svampar.

Mögel är ett samlingsnamn på alla mikroskopiska svampar som växer i form av flercelliga grenade trådar (hyfer). I ett sammanhängande nätverk är alla celler genetiskt identiska, och anses därför vara en individ. Mikroskopiska svampar som lever som ensamma celler kallas jäst.

Många olika svampar som inte är närmare släkt med varandra kan bilda mögel. De lever huvudsakligen på att bryta ned dött material, men kan växa i levande växter och insekter och framkalla sjukdom. Ett fruktat tillstånd hos människor med svår immunbrist är mögelväxt i lungor och bihålor.

Mögel växer på ett näringsinnehållande substrat, till exempel ved och andra organiska material. Mögel trivs i en fuktig miljö och drabbar ofta kyrkor och församlingshem med dålig luftventilation eller bristfälligt fuktskydd. Mögel växer också på oorganiska material som till exempel betong om ytan är nedsmutsad med damm, jord eller annan smuts. Ytor som är oorganiska och rena står emot mögelpåväxt väl, till exempel renhållet kakel eller vinylplast.

Mögelsporer finns alltid närvarande i luften över land. På vintern kan det vara så få som 10 sporer per kubikmeter men på sommaren är det vanligt med över 10 000 sporer per kubikmeter i utomhusluften. Beroende på var luften finns dominerar olika typer av mögelsporer. Över åkrar och fält återfinns till exempel *Alternaria*, *Cladosporium* och *Fusarium* medan *Aspergillus* och *Penicillium* mer förekommer i inomhusmiljö, i lagerhallar och ibland också i skogsterräng.

Mögel kan växa vid olika temperaturer beroende på sort och på substrat men som regel drabbar skadesvampar bostäder först vid 5-10 °C. På ett näringsrikt substrat kan däremot mögel växa nära 0°C, exempelvis mögel på frukt i ett kallt kylskåp.

Mögel i byggnader är hälsofarligt vilket visats i till exempel Värmlandsstudien, en doktorsavhandling av Linda Hägerhed Engman. Studien baseras på 400 värmländska familjer, bland dem deltog 198 barn med minst två olika astmatiska eller allergiska symtom och 202 friska barn. Den visade på ett tydligt samband mellan dålig luft och ohälsa, bland annat korrelerade förekomsten av astma och allergier väl med förekomsten av mögeldoft och ju starkare mögeldoft desto större ohälsa. Forskningen har idag inte svar på vad hos möglet som är skadligt, men det är troligt att såväl sporer som mykotoxiner bidrar till ohälsan.

Mögel är ett samlingsbegrepp för vissa arter av svamp som förekommer. Svampar och bakterier är viktiga i naturens kretslopp, där de bryter ned dött organiskt material för att detta återigen ska kunna bli till näring. Det finns enligt senaste rön (februari 2011) uppskattningsvis ca 5,1 miljoner olika svamparter och fler återstår att upptäcka. Vanligen sprider de sig genom ett mycket stort antal luftburna sporer. Dessa sporer kan finnas i mätbara koncentrationer om 10,000/m³ luft utomhus.

De svampar och mögel vi vanligtvis finner i våra kyrkor kan delas in i olika klasser:

- * Mögelsvamp
- * Blånadssvamp
- * Rötsvamp och Hussvamp

* Mögelbakterier - Aktinomycceter

Mögelsvamp växer i ett slags nätverk kallat mycel, där de förbindande trådarna kallas hyfer. I utrymme t.ex. kryppgrund där den relativa fuktigheten (RF) en tid överstiger 75% finns risk för mögelangrepp. Mögelsvamp och dess sporer är livskraftiga och kan överleva långa perioder av torka och låg temperatur. Ett mögelangrepp som torkat ut kan på så sätt ta ny fart då livsbetingelserna återigen blir gynnsamma. Vissa arter av mögel är starkt giftiga (bildar mögelgift, sporer samt MVOC - flyktiga gaser) och skapar en direkt osanitär miljö i drabbade kyrkor. Osanitär inomhusmiljö skapas av alla förekommande mögelarter då de finns i tillräcklig utsträckning. Besvär som astma, allergi, trötthet, huvudvärk, hudirritationer, cancer och annat rapporteras vara relaterat med mögelförekomst i hus. Förutom att skapa ett hälsovådligt inomhusklimat luktar mögel ibland illa. Lukten har en förmåga att bita sig fast i såväl kläder som byggnadsmaterial. Har mögelangreppet gått riktigt långt kan man för att bli av med odören tvingas byta ut smittat material som isolering och annat.

Blånadssvamp missfärgar virket (svart - blått - grått - grönt), vilket oftast inte tar någon större skada. Dock banar blånadssvamp väg för allvarigare angrepp av rötsvamp då angripet material blir fuktigare än annars.

Rötsvamp och hussvamp kräver i regel högre relativ luftfuktighet (>85% RF) än mögel för att kunna växa. Ett undantag är den s.k. äkta hussvampen "Serpula Lacrymans" (tillhör brunrötesvamparna) som kan transportera vatten flera meter genom sitt mycel. Den kan också förse sig med vatten genom att bryta ned cellulosa i trä. Denna hussvamp kan leta sig igenom små springor i betongväggar. Då den under sin livsprocess bryter ned trä bildas oxalsyra som är skadligt för svampen. För att neutralisera oxalysran behöver svampen kalk, som tas från t.ex. våra kalkstensgolv eller betongfundament. Rötsvampars angrepp kan vara mycket allvarliga då de snabbt bryter ned virke och på detta sätt kan ödelägga hela hus.

Mögelbakterier-Aktinomycceter är en grupp svampliknande mögelbakterier som kan frodas utan speciellt mycket näring. Därför kan förekomst finnas på t.ex. målade ytor och till synes ren betong. Aktinomycceter är vanligt förekommande i jord och kan alstra en slags mögellukt kallad geosmin, som är ett kännetecken i den s.k. Sjuka-Hus-Sjukan (SBS Sick-Building-Symtom). Dessa mögelbakterier syns inte för blotta ögat.

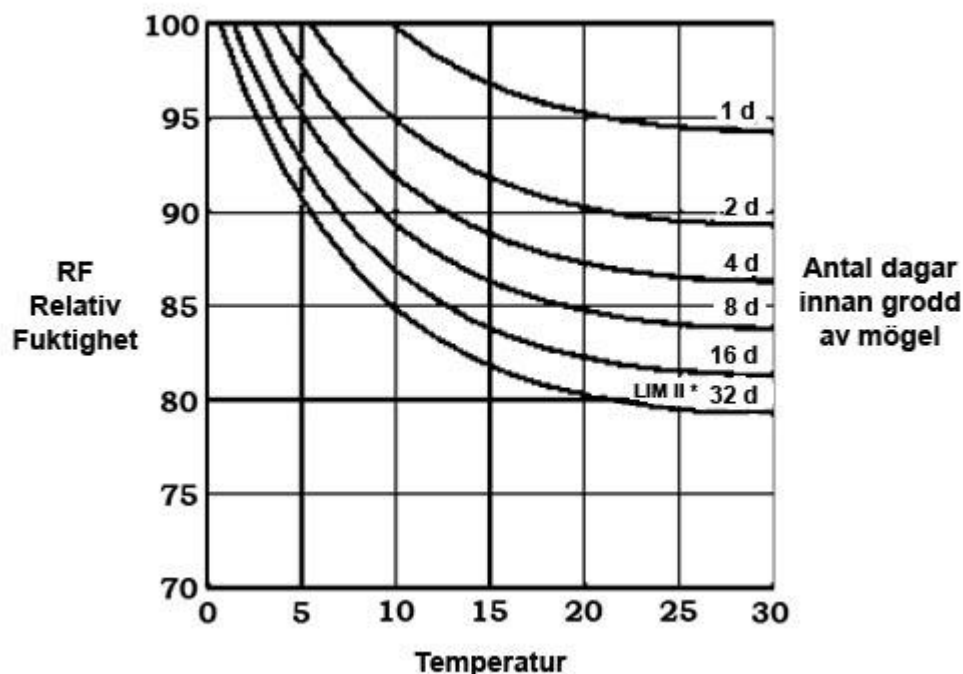
Mögelsvamp kräver vissa livsbetingelser för att kunna tillväxa såsom hög R/F, värme och näring samt tid.

Temperaturen i utrymmet är också avgörande för tillväxt. De flesta mögelarter kräver en temperatur mellan 0-40 grader, där den ultimata temperaturen ligger mellan 20-25 grader. Vid den lägre angivna temperaturen tillväxer mögel mycket långsamt, samtidigt måste de andra tillväxtfaktorerna vara tillgodosedda. Högre temperaturer än 50-60 grader fungerar dödande.

Näring är ytterligare en tillväxtfaktor. Vid vetenskapliga studier har man låtit mögelarter tillväxa på olika näringslösningar samt på olika byggnadsmaterial för att kunna kartlägga livsbetingelserna för mögel. Om byggnadsmaterialet är nedsmutsat av t.ex. jord eller damm så tillväxer mögel i regel lättare än annars.

Den sammanlagda oavbrutna tid det fått vara gynnsamt klimat för mögeltillväxt (d.v.s. tillräckligt hög RF, tillräckligt hög värme och rätt mängd näring) är utslagsgivande för om tillväxt kommer att ske. Såsom alla levande organismer har också mögel en slags "överlevnadsstrategi". Har klimatet i utrymmet inte varit gynnsamt under en viss tid gror inte mögelsporerna, detta för att fortlevnaden ska vara säkrad.

LIM II - Isopleth Diagram



* LIM II - Lägsta Isopleth för Mögel-(aktivitet) Källa: Sedlbauer, K 2001

Diagram 1.

I ovanstående diagram visar hur många dagar det tar innan mögelsporer gror på icke (biologiskt) nedsmutsat byggnadsmaterial. Exempelvis vid 15^o C och en R/F på 85 % tar det knappt två veckor innan mögelsporer bildas.

Vad gäller organisk påväxt på olika material så har Hannu Viitanen tagit fram en modell främst för mögeltillväxtens beroende av temperatur och Relativ Fuktighet kopplat till en tidsaxel. Denna modell är internationellt vedertagen och har även visat sig stämma med verkligheten. Under semesteruppehållet under 2011 drabbades Östra Gerums kyrka som ligger i Tidaholms pastorat av kraftig mögelpåväxt. Sakristian fick saneras och samtliga textilier tvättas. Tyvärr fanns ingen logg i sakristian men en efterkonstruktion pekar på en temperatur över 20^o C och R/F på över 85 %.

Korrosionsangrepp

Mindre vanlig är korrosionsangrepp i våra kyrkor. En del av våra inventarier har dock drabbats av tennpest, oxidering av koppar och i våra musikanläggningar kan det uppstå glappkontakt på grund av oxidering.

I närvaro av vatten på metallytor sker korrosionsangrepp genom elektrokemisk korrosion. För att korrosionen skall ske med nämnvärd hastighet fordras att vattnet har förmåga att leda elektrisk ström t ex genom förekomsten av salter. Praktiskt taget all korrosion som sker i de vanligaste miljöerna för metaller - i luft, i vatten eller i jord - är av detta slag. Dessa miljöer innehåller vatten i större eller mindre mängd och dessutom salter eller andra ämnen, som gör vattnet elektriskt ledande. Dessutom finns syre som är en annan viktig förutsättning för rostangrepp på stål och andra metaller.

Genom ytbehandling eller ytbeläggningar av olika slag kan man temporärt utestänga fuktighet från metallytan. Effekten och varaktigheten hos ett sådant skydd beror på vilken metod som väljs.

Vid förvaring av materiel kan metallytorna skyddas mot korrosion genom ändring av fuktmiljön. Luftens relativa fuktighet måste då sänkas under ett visst värde för att korrosion skall förhindras. Det kritiska värdet för stål ligger vid ca 60 %, men i praktiken bör 50 % inte överskridas. Diagram 2 visar sambandet mellan den relativa fuktigheten och korrosionshastigheten. Rost på stål, ärg på koppar och mässing, vitrost på zink är olika typer av korrosionsprodukter. För våra kyrkor kan styrutrustning, musikanläggningar och inventarier främst av järn drabbas av oxidation.

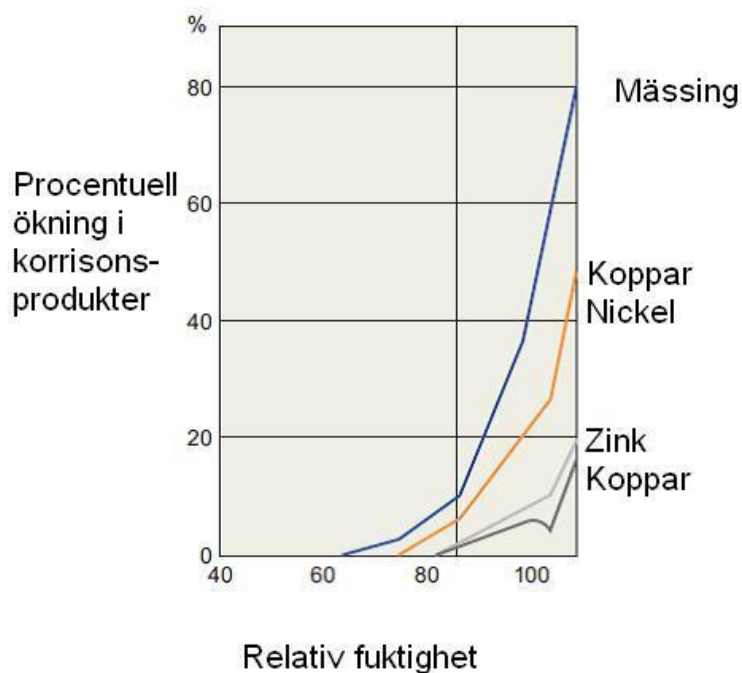


Diagram 2.

Metoder

Insamling av data avseende temperatur och fuktighet har genomförts i olika delar av kyrkorummet samt utomhus. Även mätning av fuktkvoten inomhus i bänkar och träinventarier har genomförts.

Avfuktarnas och mätinstrumentens placering i kyrkorummen

Totalt har vi använt oss av 25 stycken loggar för mätning av temperatur och fuktighet. Registrering har skett en gång i timmen. Mätarna har varit utplacerade bakom altartavlan, i en ljuskrona mitt i kyrkorummet, i anslutning till sidoskepp och läktare, under kyrkbänk, i och utanför orglarna. Mätningar har även utförts i krypgunden, vindsutrymmen och utomhus i direkt anslutning till kyrkobyggnaden.

I Vreten och Edåsa kyrka är avfuktarna placerade i källaren där tidigare värmepannor varit placerade. Spirorören är delvis dragna på platser där tidigare vattenburit värmesystem varit installerat.

I Varola kyrka är avfuktaren placerad i ett mindre förråd under trappan upp till läktaren. Dragningen av spirorören förenklades betydligt mot övriga kyrkor.

Resultat från loggning av temperatur och fuktighet

Diagrammen från kyrkorna visar på den lodräta skalan den relativa fuktigheten R/F. Vid 100 % nås daggpunkten dvs. vattenångan kondenseras till vatten. Vid 30 % R/F och lägre kan vi få problem med ögon. Vid sång blir struparna mycket torra. Samtliga mätdata finns även att tillgå i digitalform.

Den vågräta skalan är tidsaxeln. De små variationerna beror oftast på dag och natt sol eller icke sol. Vid ökad temperatur sjunker fuktigheten. De riktigt stora variationerna beror på att mätutrustningen är under transport.

Luftfuktighet och temperatur i olika delar av kyrkorummen samt utomhus

Edåsa

Den medeltida kyrkan är avfuktad sedan januari 2008. Aggregatet som används är av typ Munters MLT 350.

Innan avfuktningen installerades led kyrkan av stora fuktproblem med bl.a. mögelpåväxt. Detta finns väl dokumenterat.

Fuktigheten i luften är homogen, dvs. den strävar efter jämnvikt. Detta är av central betydelse och bekräftas av ett stort antal mätningar. Relativt stora skillnader i R/F kan dock konstateras mellan mätningarna bakom ljuskronan och altartavlan. Denna avvikelse förklaras av temperaturskillnaderna mellan mätpunkterna. Bakom altartavlan är luften något kallare och kan följaktligen inte bära lika mycket vattenånga som varm luft varvid den relativa fuktigheten ökar. Se nedanstående diagram över mätnadsånghalt/temperatur. Luftväxlingen i kyrkorummet är därvid av stor vikt vilket påverkar installationen. En liten datorfläkt kan i vissa fall motverka att kallluftsfickor uppstår. Luftfuktigheten är styrd till 55 % vilket ansågs lämpligt vid installationen. Ökad kunskap om vilka förutsättningar som gäller för mögeltillväxt innebär att den relativa fuktigheten kan tillåtas variera med rådande temperatur.

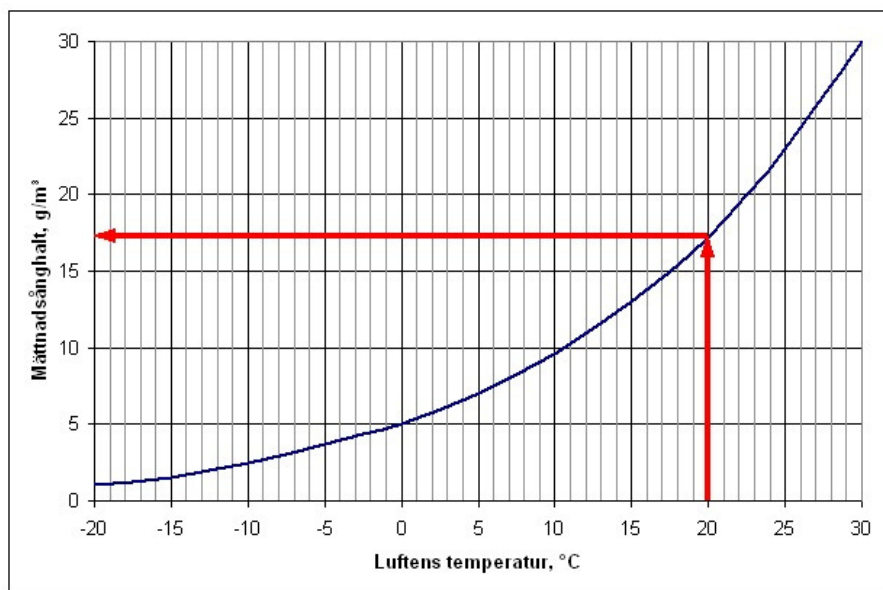


Diagram 3.

Mättnadsånghalten är den maximala ånghalt en volym kan nå vid en viss temperatur, och korresponderar till en [relativ fuktighet](#) om 100 %. Mättnadsånghalten är temperaturberoende, ju högre [temperatur](#) desto högre mättnadsånghalt.

Av diagrammet framgår att luften vid en temperatur av 20°C innehåller 17,5 g vattenånga/m³ luft.

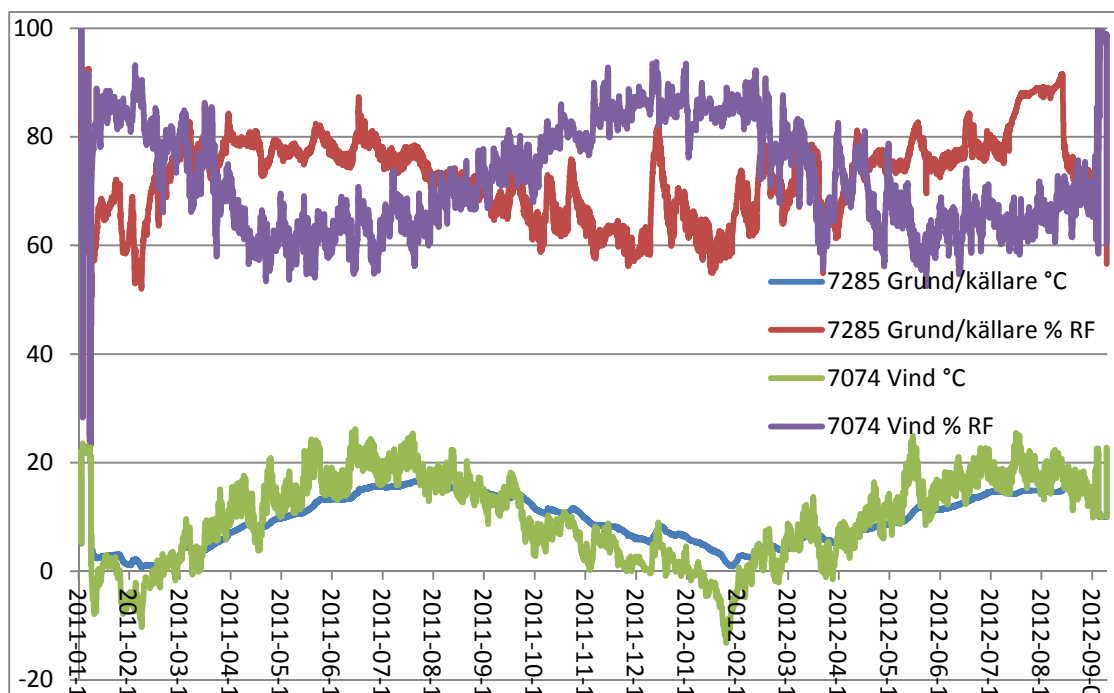


Diagram 4

Edåsa kyrka med loggresultat från grund och vind

Den turkosa linjen visar den R/F från vinden. R/F varierar från ca 55 % under varma sommardagar och upp till över 90 % under vintermånaderna. Den röda linjen visar R/F från källaren med variationer mellan 55 % och upp till 90 % R/F.

De nedre två kurvorna visar temperaturvariationerna. Kallast i slutet av januari med -10°C och dryga 20° under juli-augusti.

När R/F visar på mycket höga värden runt 90 % är det mycket kallt, under 5°C vilket innebär att det inte är någon risk för mögelpåväxt enligt diagram 1.

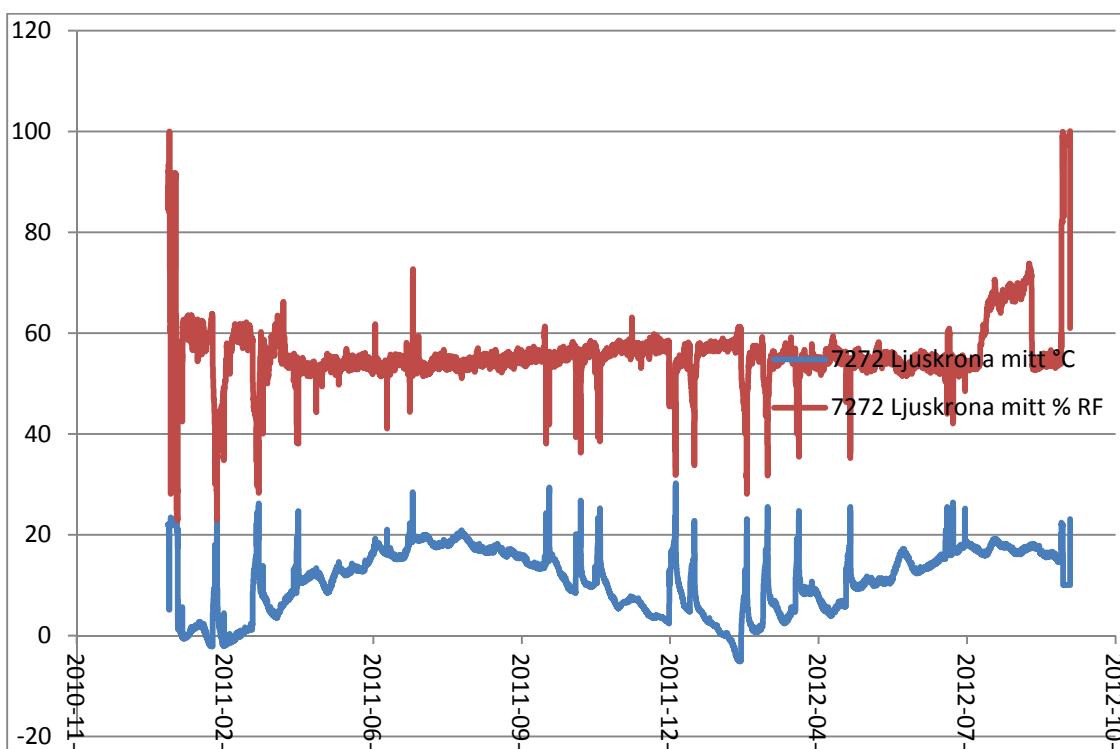


Diagram 5.

Edåsa kyrka med loggresultat från ljuskronan

Den röda fuktighetskurvan visar på mycket jämna värden runt 55 % R/F. Den blå temperaturkurvan varierar från strax under 0°C och upp till 30°C . Spikarna i diagrammet kommer från den tillfälliga uppvärmningen i samband med förrättningar.

Direkt efter installationen av avfuktaren genomfördes en stor invändig renovering av kyrkan med bl.a. unika kalkmålningar. Två år senare genomfördes en besiktning av kyrkorummet med dess inventarier främst avseende om någon negativ påverkan kunde konstaterats beroende på avfuktningen. Se bilaga 1 sidan 24.

Kyrkan har inte någon kryppgrund med dock en källare med ett pannrum. Där ifrån utgår kanaler längs yttermuren avsett för den vattenburna värmen. R/F värden från källaren ligger precis under vad som kan tillåtas.

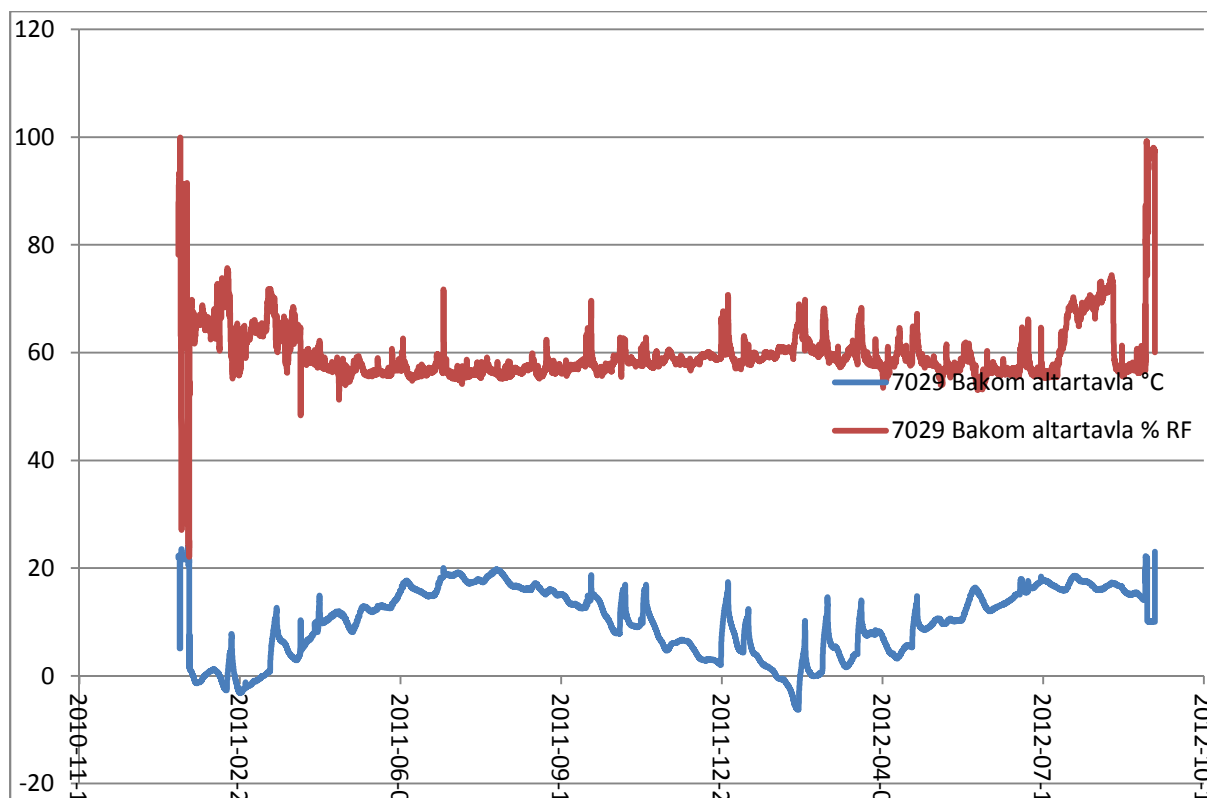


Diagram 6.

Edåsa bakom altartavlan

De höga värdena i diagrammets början och slut är från annan plats än altartavlan. Övriga variationer beror på förrättningar eller att avfuktaren varit avstängd. Mätperioden sträcker sig från 2011-11-01 till 2012-10-01. Noterbart är att värdena på grund av temperaturskillnader är något högre bakom altartavlan än från ljuskronan.

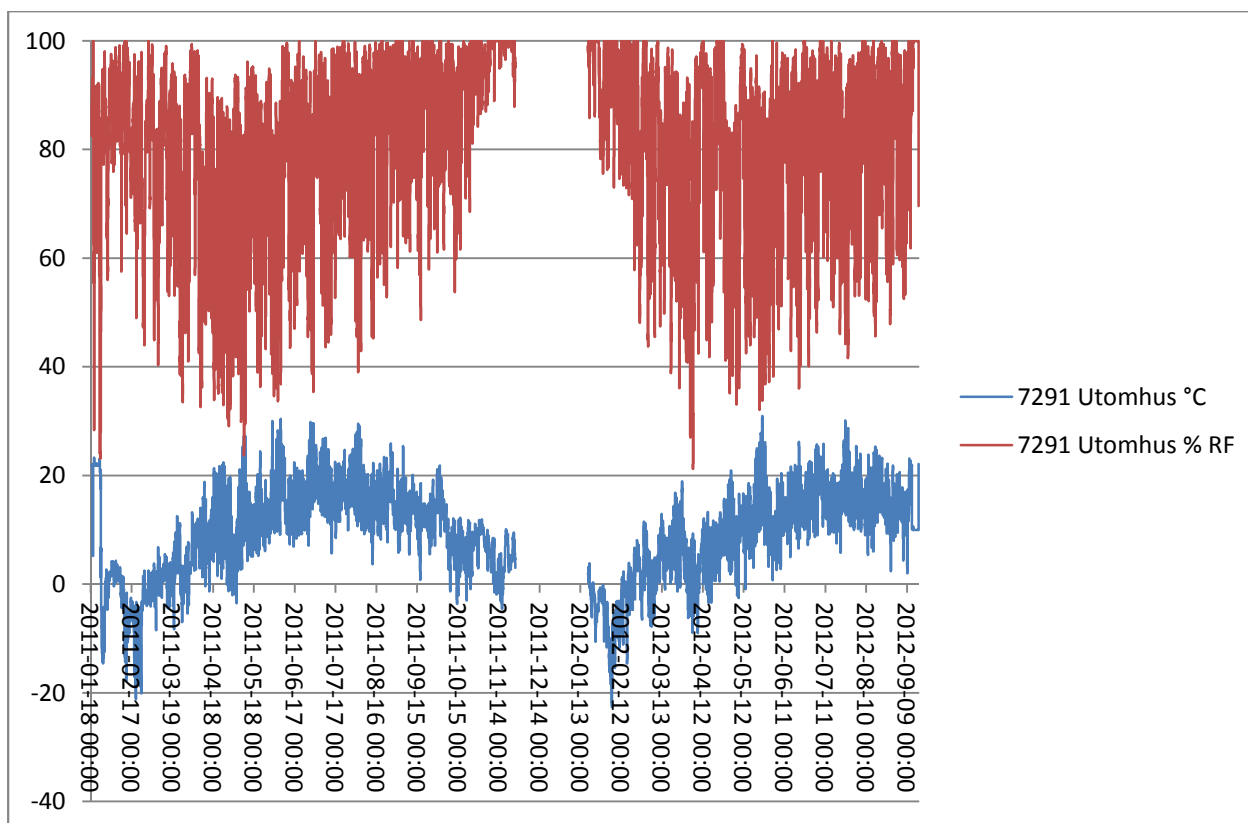


Diagram 7.

Logg från utomhusmätningen i Edåsa

Avbrottet i mitten beror på dåligt batteri. Dygnsvariationerna av R/F, de röda strecken, varierar från under 40 % till över 90 %. Temperaturen, de blå strecken, varierar från -20°C och upp till 30°C . Temperaturen inomhus påverkas med en viss fördröjning. Fenomenet behandlas inte ytterligare i denna utredning.

Utomhusmätningarna sammanstämmer med vinds- och källarresultaten vad avser tidsvariationerna. Noterbart är att vi har ett mycket fuktigt klimat främst under sommaren, ofta över 95 % R/F.

Vreten

Kyrkan har varit kallställd så vitt känt från mitten av 1900-talet med undantag av några år på 1960-talet då kyrkan fick omfattande skador på interiören. Skadorna berodde på allt för kraftig och för lång uppvärmning före under och efter förrättningar. För att säkerställa omålningen av bänkar, altarring och inventarier beslöt pastoratet att införa klimatkontroll genom avfuktning. Installationen gjordes i början av 2011. Aggregatet som installerades är av typ Munters MLT 800.

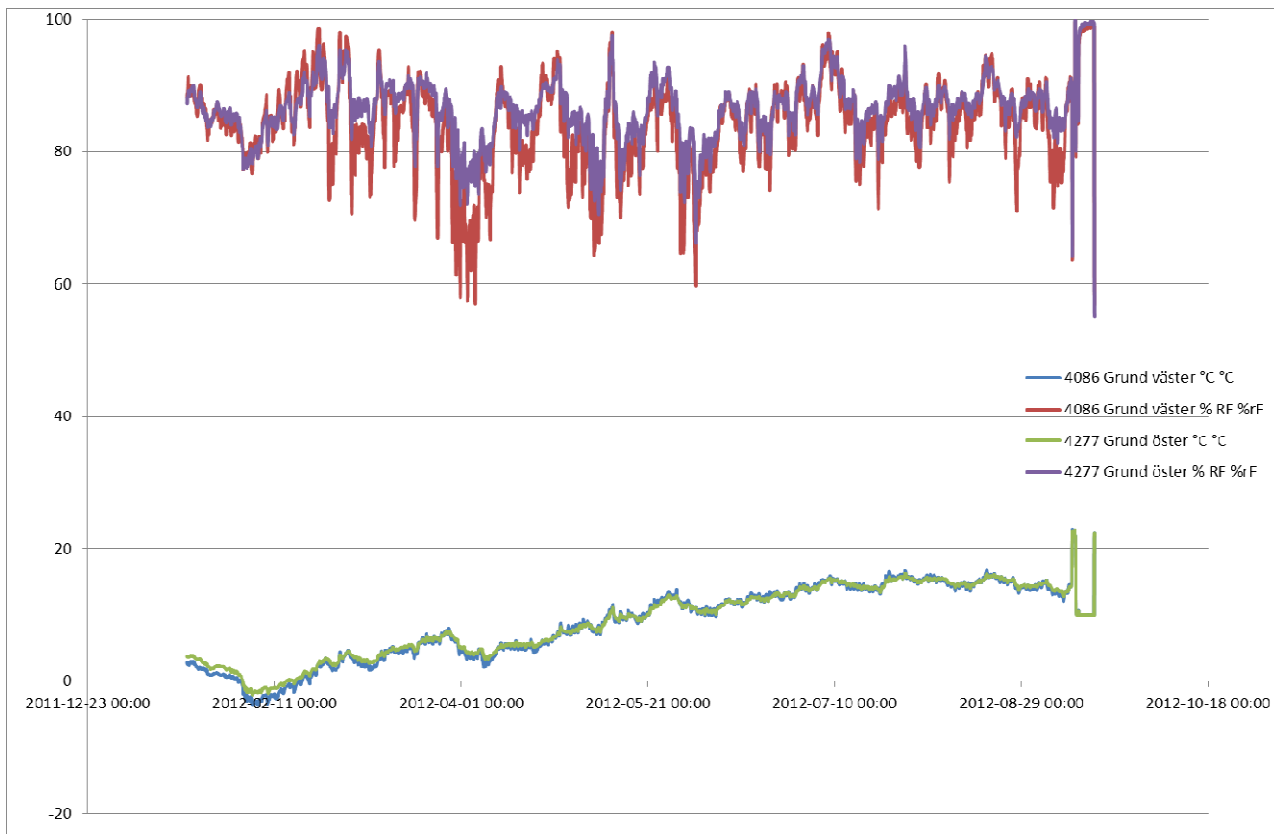


Diagram 8.

Vreten kyrka krypgrund

Loggen visar att R/F och temperatur under flera tillfällen ligger på över 85 % R/F och med en temperatur på över 15^o C. Värdena är gynnsamma för mögelpåväxt, se diagram 1. Åtgärder kommer att vidtas genom att fördela en del av den avfuktade luften till krypgrunden.

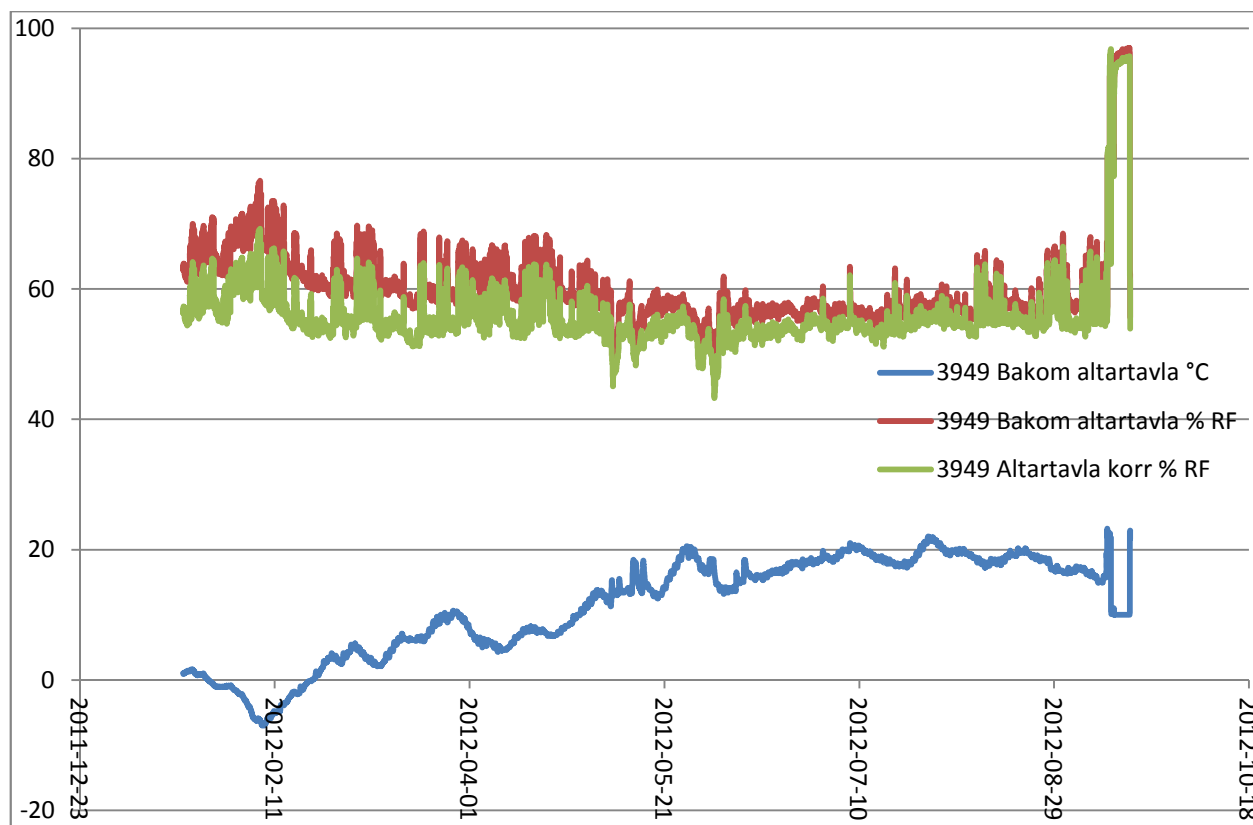


Diagram 9.

Vreten kyrka bakom altartavla

Den gröna kurvan är korrigerad efter en referensmätning av SP. Felavikelsen ökar vid låg temperatur. För utredningens slutsatser är detta försumbart.

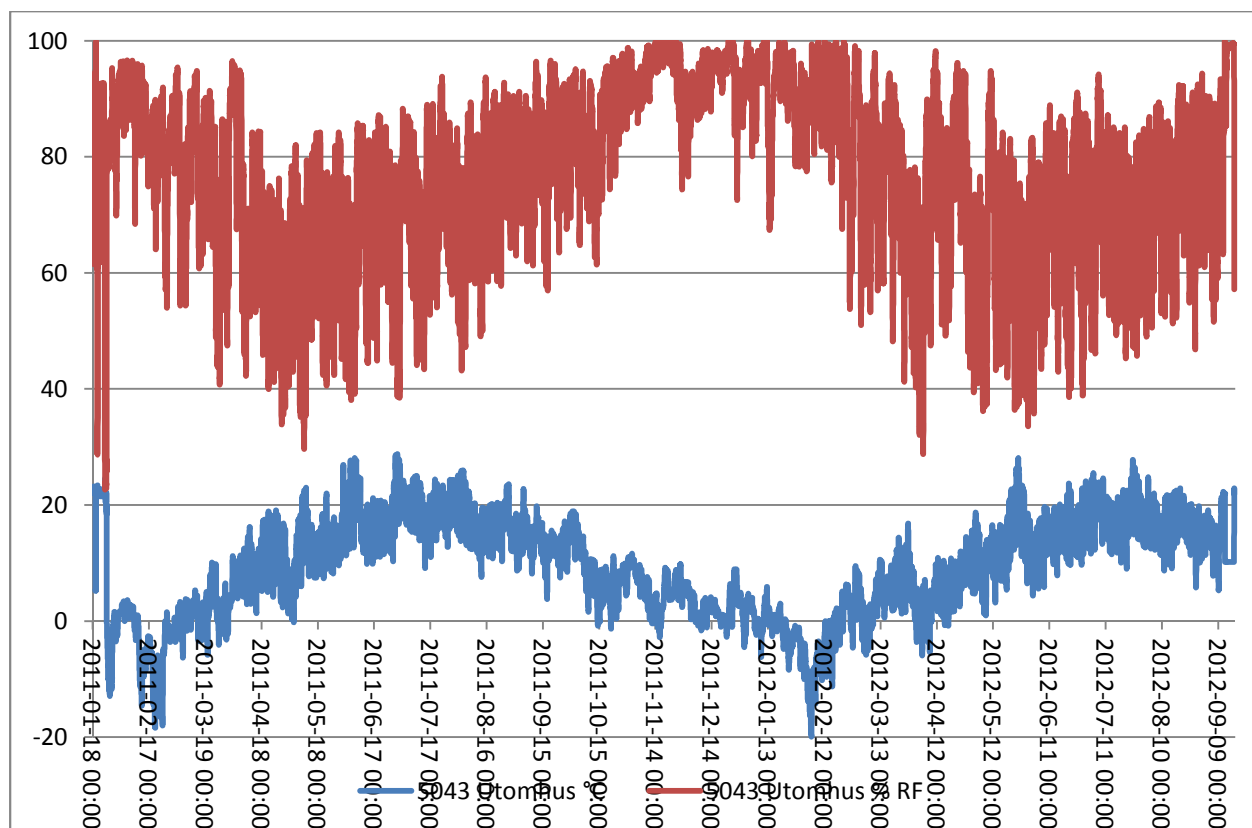


Diagram 10.

Vreten kyrka utomhus

Varola

Kyrkan är orienterad i nord-syd med koret i söder. Enskeppigt långhus med integrerat tresidigt kor, sakristia mitt på den östra fasaden, vapenhus mitt på den västra fasaden och torn i norr. Kyrkan är uppförd av spritputsad natursten med slätputsade hörnkedjor, omfattningar och takfotslistor. Byggnaden vilar på en tuktad naturstenssockel. Långhusets sadeltak är liksom kordelens brutna takfall skiffertäckta. Även sakristians och det västra vapenhusets sadeltak har skiffertäckning vilken kompletterats med förzinkad stålplåt och toureller över gavelmurarna. Lanterninen och dess spira är täckta med kopparplåt.

1955 genomgick kyrkan en genomgripande renovering med bl.a. installation av elvärme, ny trappa till tornet och målningsarbeten. 1974 genomfördes en utvändig renovering. 2001 och 2003 utfördes utvändiga renoveringar av långhusets och tornets fasader liksom takfallen.

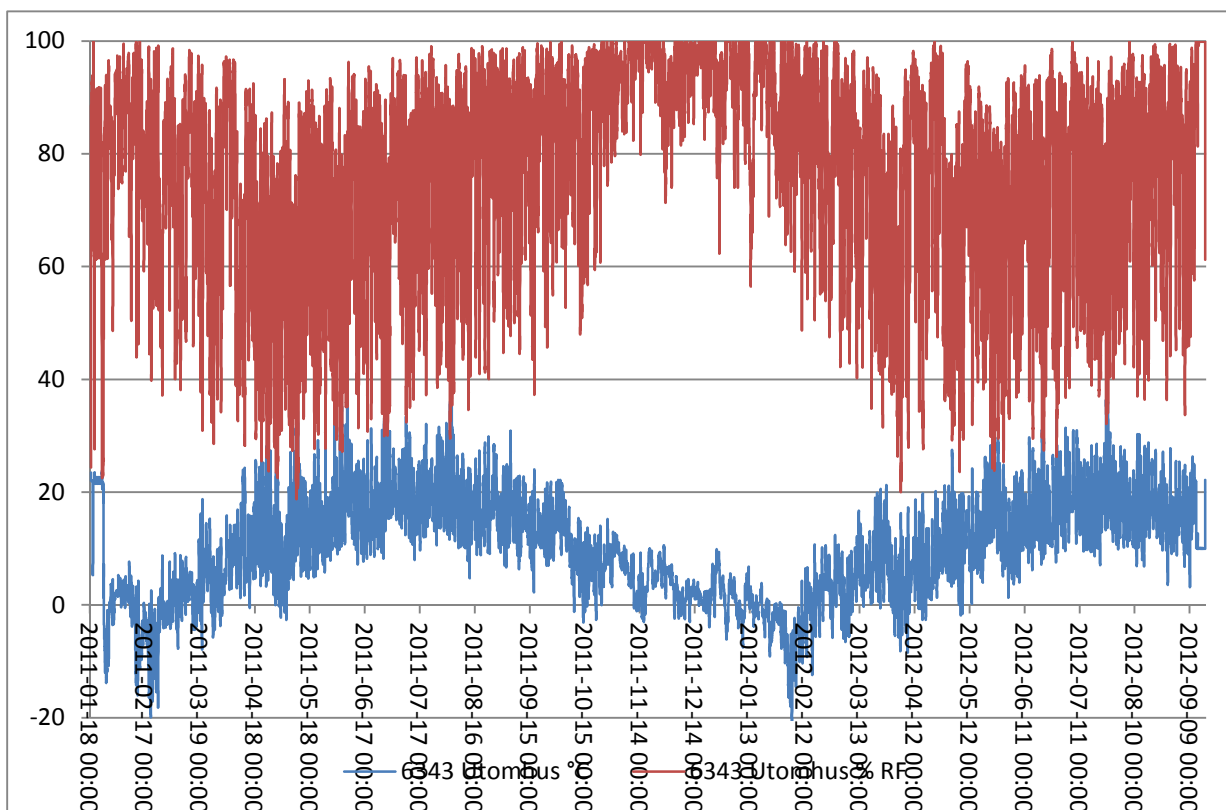


Diagram 11

Varola kyrka utomhus

Stora dygnsvariationer som inte i någon större utsträckning påverkar inomhusklimatet.

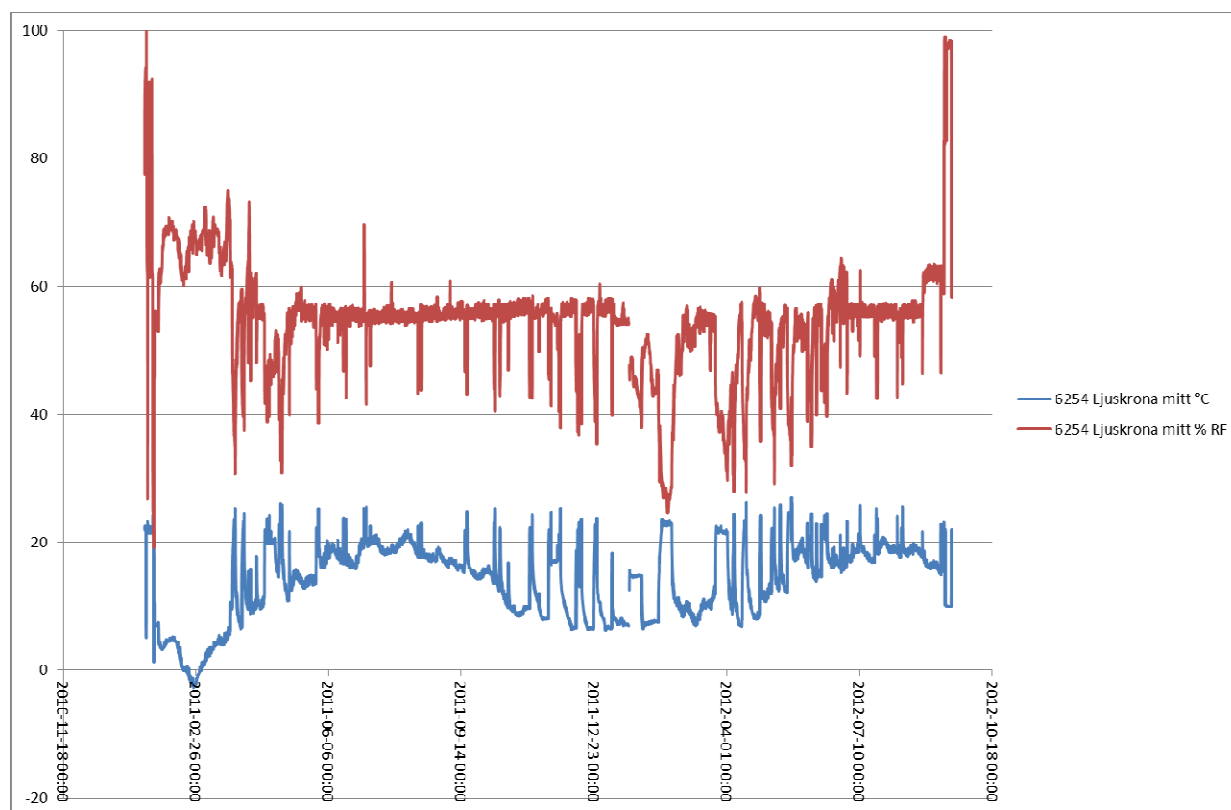


Diagram 12

Varola kyrka kyrkorummet

Av diagrammet framgår att avfuktning påbörjades i slutet av maj månad. Under vintern 2012 kan tydligt avläsas hur torr kyrkan blir vid uppvärmning. Vid något tillfälle är det torrare än 30 % R/F. Slutsatsen är att vid en förrättning skall kyrkan värmas upp under så kort tid som möjligt.

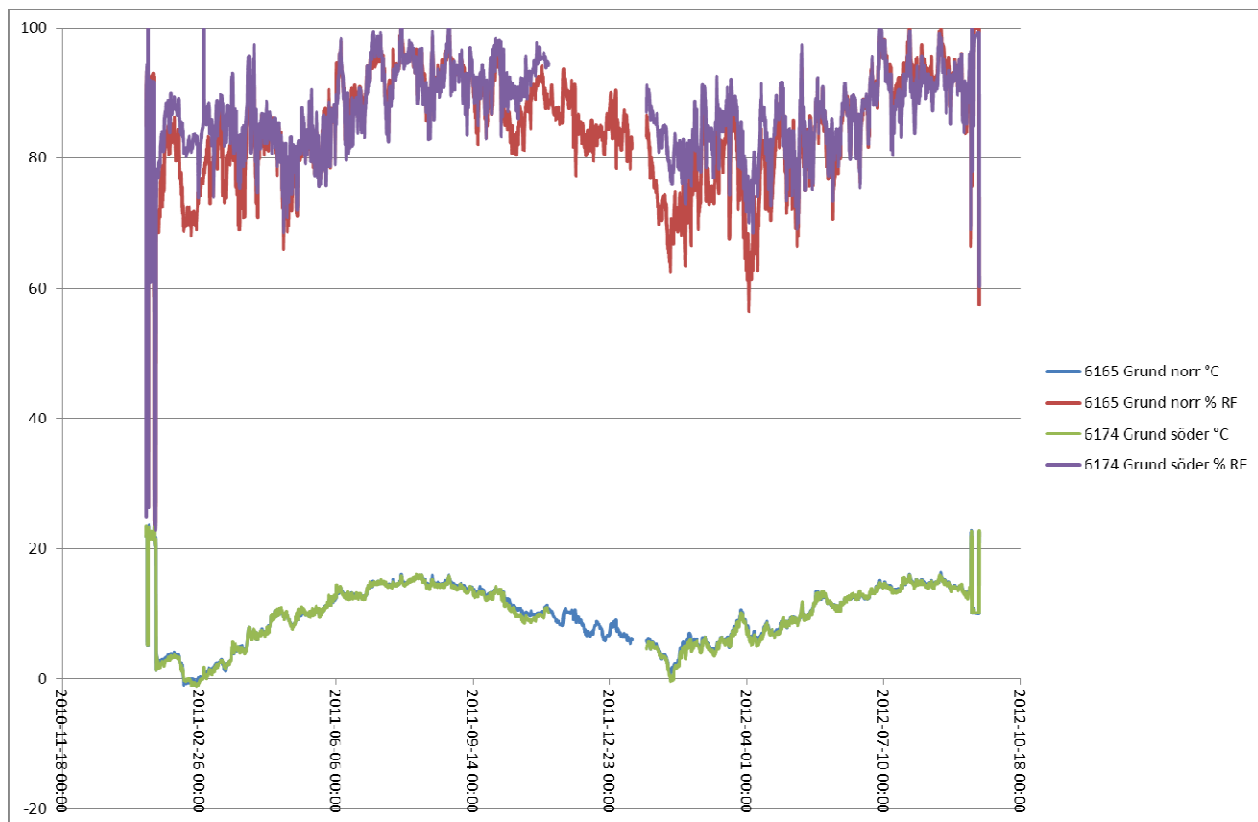


Diagram 13

Varola kyrka grund

Värdena indikerar möjlig påväxt i kryppgrunden. Även denna kryppgrund, liksom i Vreten, har värden som är gynnsamma för mikrobakteriell påväxt. Under sommaren 2011 ligger temperaturen på över 15^o C och R/F värden visar över 90 % R/F. Analogt med diagram 1 dröjer det 4 dagar innan mögelpåväxten börjar. Enligt SP (Statens provningsanstalt) luktar det kraftigt av en jordbakterie, Actinomyces.

Fuktkvot

Fuktmängden i ett material kan beskrivas med dess fuktkvot. Fuktkvot är definierat som förhållandet mellan vikten vatten i ett material i relation till vikten torrt material. Fuktkvoten kan bestämmas med hjälp av torkning och vägning. När man tillverkar byggprodukter i trä är det viktigt att materialet har en fuktkvot som så nära som möjligt överensstämmer med jämviktsfuktkvoten för träet i den framtida miljön. Är fuktkvoten lägre eller högre kan träet fuktas upp eller torka vilket kan innebära att formförändringar uppstår. Fuktkvoten är direkt beroende av den relativa fuktigheten. Fuktkvoten har mätts i bänkar och i lösa träföremål i de tre aktuella kyrkorna. Fuktkvoten har varit stabil runt 11 % med värden från 9,8 % upp till 11,2 %.

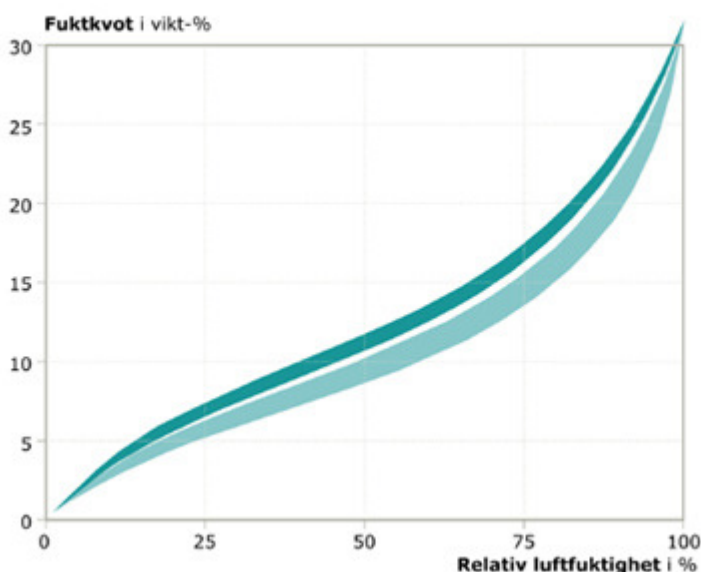


Diagram 14

Fuktkvoten i trä strävar efter att ställa sig i jämvikt med omgivningens relativa luftfuktighet (RF). Sambandet mellan virkets jämviktsfuktkvot och den relativa luftfuktigheten brukar anges med så kallade sorptionskurvor. Sambandet varierar något med temperaturen. Vid en och samma RF ökar fuktkvoten med ökad temperatur. Kurvan får olika utseende vid fuktavgivning, desorptionsisoterm, och fuktupptagning, adsorptionsisoterm, se diagrammet. Adsorptionskurvan ligger alltid under desorptionskurvan. I en träbit som fuktas upp är jämviktsfuktkvoten därför lägre än vid torkning av samma träbit. För varje cykel av torkning respektive återfuktning minskar skillnaden mellan desorptionskurvan och adsorptionskurvan. Vid 50 % RF varierar skillnaden i jämviktsfuktkvot med mellan 1 och 4 %-enheter.

Fuktvandring i väggar

Fukt vandrar genom material och gaser i tre huvudsakliga former:

- 1) Genom konvektion vilket innebär att fukten förs med t ex en luftström från ett område till ett annat. Även rinnande vatten är ett exempel på konvektion. För att undvika konvektion läggs t ex en helt tät ångspärr i vindsbjälklaget.
- 2) Genom diffusion vilket innebär att molekylernas slumpmässiga rörelse förflyttar ångan från ett område med högt ångtryck till ett med lågt ångtryck. Diffusion är en långsam process i jämförelse med konvektion, oftast minst en faktor 10 långsammare.
- 3) Genom kapillärsugning vilket innebär att vattnet sugas upp i t ex en bottenplatta eller en grundmur av vattnets ytspänning. Processen är densamma som leder vatten upp i träd och upp i sanden vid badstranden. Vatten kan sugas upp ca 20 meter i lera men bara några decimeter i grov sand; kornstorleken spelar alltså stor roll. Det är för att undvika kapillärsugning som det är viktigt att krossad sten som används för grundläggning är ordentligt tvättad.

I denna utredning bortser vi från fuktvandring, ingen av kyrkorna har en sådan grundkonstruktion som på ett avgörande sätt påverkar inomhusklimatet. Hade vi däremot haft en väggkonstruktion med tegelstenar så kunde påverkan av installationen av avfuktarna varit av stor betydelse. Beroende på hur spirorören (kanalerna) dras kan vi

åstadkomma ett över eller undertryck i kyrkorummet. I en kyrka som är avfuktad kan vi mycket väl använda oss av ett litet övertryck. På detta sätt hindrar vi eventuell fuktvandring i väggarna utifrån och in till kyrkorummet.

Den fuktvandring som förekommer i våra kyrkor torde främst ske genom fönster och dörrar.

Fuktrelaterade skador

I Varolas kryppgrund luktar det kraftigt av en jordbakterie, Actinomyces. Fuktmätningarna tyder även på ett gynnsamt förhållande mellan temperatur och fuktighet i kryppgrunden.

För övrigt har ingen mögelpåväxt eller fuktrelaterad skada konstaterats i någon av kyrkorna.

Torkskador

När en icke tidigare avfuktad kyrka avfuktas sker en minskning av fuktkvoten främst i trädetaljer som påverkar föremålets dimensionering. Detta har förmodligen inträffat i Varola kyrka där taklisten har krympt och spån från takisoleringen på något ställe påträffats på kyrkgolvet. När väl fuktkvoten har stabiliserats sker inga ytterligare dimensionsförändringar.

Betydelsen av kyrkornas utformning

Vattenången (fukten) i luften är homogen i en luftmassa med samma temperatur. Vattenången är en gas och den eftersträvar ständigt att utjämnas. Alla våra mätningar stöder denna teori. Eventuell skillnad i R/F beror på temperaturskillnader mellan mätplatserna. Kyrkans utformning i detta avseende spelar mindre roll.

Energikostnader

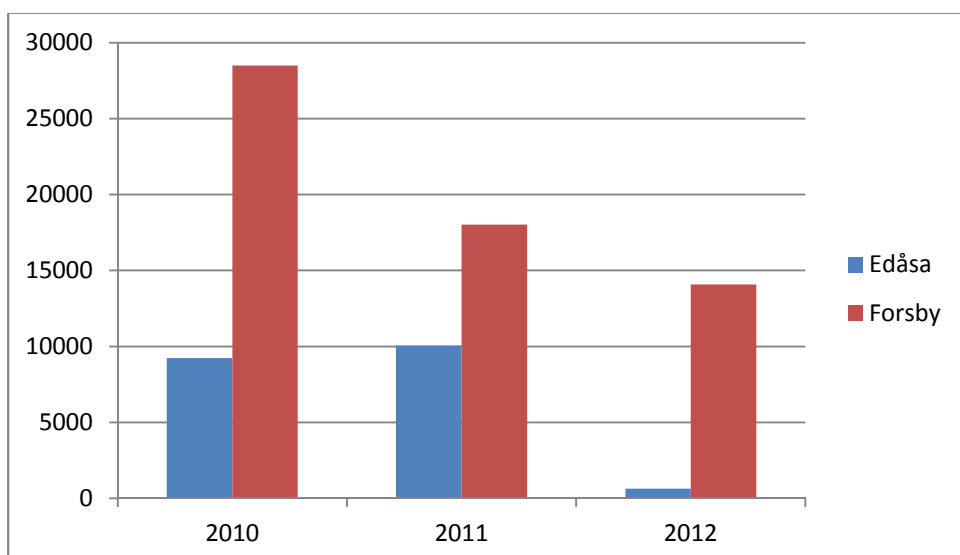


Diagram 15

Jämförelse av energiförbrukningen mellan två medeltida kyrkor med samma rumsvolym och antal förrättningar

Edåsa kyrka, blå stapel, är alltid kallställd mellan förrättningarna. Forsby kyrka, röd stapel, är utrustad med Frico komfortsystem där grundvärmen är 8⁰ C och temperatur vid förrättningar är 18⁰ C. Tabellen är inte riktigt

rättvisande för 2012 där Forsby kyrka under hösten haft fler förrättningar. Utvidgar vi antalet år och jämför förbrukningen av energiåtgången i Edåsa som är avfuktad så visar detta att energiförbrukningen är klart under hälften än vad förbrukningen är i Forsby. Enligt diagrammet är energiförbrukningen nästan 60 % lägre för de två åren 2010-2011 i Edåsa kyrka än i Forsby kyrka. Den största energiförbrukningen vad gäller avfuktning sker under sommarmånaderna. Forsby kyrka förbrukar under den tiden ingen energi för uppvärmning och uppvisar därmed något för höga värden vad gäller R/F. Detta kommer att åtgärdas genom en installation av en mindre avfuktare.

Energiåtgången för att avfukta 1 liter vatten ligger ungefär runt 1 kwh. Siffrorna varierar något mellan olika avfuktare beroende på temperaturen och om det är en sorptionsavfuktare eller en kondensavfuktare.

Slutsatser

Försöken visar att om vi avfuktar en kallställd stenkyrka kan vi inte konstatera någon negativ påverkan på byggnaden, inredningen med inventarier och textilförvaring eller musikinstrument. Klimatstyrning genom avfuktning kostar under hälften än om vi skulle värma bort motsvarande fukt med direktvärmade el. Observera dock att vi inte tar bort vattnet i luften genom uppvärmning utan vi sänker enbart den relativa fuktigheten.

Om en kyrka har mögel/svamp problem är den första åtgärden att se över vattenavrinningen. Allt vatten måste bort från byggnaden. Detta gäller så väl regnvatten samt förhöjda grundvattennivåer. Vattnet skall ledas bort genom dagvattensystem och dränering.

Därefter måste mätning av den relativa fuktigheten ske i första hand i krypprunden och därefter i kyrksalen, textilförvaring och vindsutrymmen.

Är fortfarande den relativa fuktigheten förhöjd bör det övervägas om att installera någon form av avfuktningssystem.

Med Isopleth Diagram på sidan 6 som grund har några tillverkare anpassat sina avfuktare att enbart avfukta när R/F och temperaturen ligger inom området för mögelpåväxt. Det går även att i efterhand komplettera vissa avfuktare med denna styrutrustning. Mögeltillväxten är även beroende på underlaget. På ytor som är rena från organisk damm och hårda minskar risken för mögelpåväxten.

För att minska energiåtgången bör styrning med mögelindexet som grund användas. Även möjligheterna att använda överskottsvärmen till att försörja en värmeväxlare bör beaktas.

Besiktningrapport från K-Konservator

Värsås kyrkliga samfällighet

Bilaga 1 sid 1

Besiktningrapport 2011:2
2011-03-22

Administrativa uppgifter

Ärende: Besiktning – utlåtande

Ärendenummer: 2011:2

Datum: 2011-03-11

Objekt/Uppdrag: Besiktning av tillstånd i Edåsa, Vreten och Varola kyrkor

Fastighetsbeteckning:

Kommun:

Län: Västra Götaland

Beställare: Bo Adler, Skara stift

Kopia till: Leif Lindelöw, Värsås kyrkliga samfällighet

Handläggare: David Edvardson

Bakgrund

På begäran av Bo Adler, Skara stift, utfördes besiktning 2011-02-25 av Edåsa, Vreten och Varola kyrkor i Värsås kyrkliga samfällighet. Besiktningen ingår som del i projektet "Avfuktning i kallställda kyrkor". Syftet med besiktningen är att undersöka om kallställning och avfuktning av kyrkorna har fått eller kan få negativa effekter på byggnadskonstruktion, inredning och inventarier.

Besiktningen gjordes tillsammans med fastighetsansvarig Leif Lindelöw.

Tanken är att kyrkorna skall stå helt ouppvärmade under perioden nyår fram till påsk. Däremellan är det tänkt att kyrkorna skall ha en grundtemperatur på ca 8 °C.

Varola och Vreten kyrkor är i stånd att installera avfuktningssystem medan Edåsa kyrka har haft en anläggning installerad sedan 2008. I skrivande stund installeras avfuktningssystem i Vreten kyrka. Kontinuerliga mätningar av RF och temp avseende inne- och uteklimat utförs av SP både in och utvändigt. Även utrustning för fuktkvotmätning av trä är installerad.

Utlåtande

Att utreda vilka effekter ovanstående åtgärder på sikt kan få för byggnadskonstruktion, inredning och inventarier kan vara svårt att få fullständig klarhet i. Generellt gäller att en relativ luftfuktighet på runt 50 % är vad som rekommenderas för en miljö med flera olika materialkategorier. För metaller till exempel är det en fördel med lägre nivåer, textil bör inte förvaras i en miljö över 63 % men heller inte för torrt.

Vid nivåer över 65 % är risken stor för mikrobiellt angrepp. Vid låga temperaturer uppstår problem med hög relativ luftfuktighet vilket kan under vissa förhållanden orsaka mikrobiellt angrepp. Under 13 °C kan tenn drabbas av tennpest. I Vreten kyrka kan konstateras tennpest på orgelpiporna enligt uppgift från Leif Lindelöw vilket är något att ta i beaktande.

Besiktningen har utförts okulärt. Kontrollmätning av RF och temp utfördes invändigt med Novasina ms1. Visa ytor fotograferades för att användas som referensytor för framsida återbesiktning, främst när det gäller Vreten och Varola kyrkor.

För Edåsa kyrkas del kunde inga negativa effekter observeras, varken på väggar eller på inredning. Väggar uppvisade inga tendenser till fuktproblem i form av utfällningar eller fuktvandringar. Inredningen var stabil och hade varken spjälkningar ytskiktet eller extrema förändringar i stommaterial.

Enligt Leif Lindelöw är RF i Edåsa kyrka stabil. Efter mindre justeringar av anläggningen pendlar den relativa luftfuktigheten mellan 50-60% under hela året. Vid aktiviteter i kyrkan kan följdriktigt högre toppar registreras. Vi har även tagit del av ett urval av klimatdata vilket bekräftar ovanstående. T.ex. kan under mätperioden 2008-07-07 – 2008-09-10 konstateras mycket jämn kurva med ett medelvärde på 53,2 RF.

Kommentar

Det kan vara intressant att också mäta träs rörelser i kombination med mätning av RF. I så fall skulle en referensmätning på ca ett till två år ha genomförts innan avfuktare installerades.

Exempel på mätning av träs rörelser se: <http://www.k-konservator.se/KK/DevelopList.aspx?GenId=10>

Referenser

Moisture and Bio-Deterioration Risk of Building Materials and Structures. Hannu Viitanen VTT, Finland, Technical Research Centre of Finland, P.O. Box 1000, FI-02044

Avfuktningsteknisk materielhandbok, FMV, Stockholm. M7786-010301HDB AVFUKNTEKNISK
Fastställd jämlikt: FMV AK Log 10FMV4050-1:1. Utgåva 2010
Distribution via: M7702-520000 CD-MVIF

Fakta om fukt, mögel och röta SP, Borås Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Box 857, 501 15 Borås,

Sedlbauer, K. 2001. Prediction of mould fungus formation on the surface of/and inside building components. PhD thesis, University of Stuttgart, Fraunhofer Institute for Building Physics, Stuttgart, Germany
Riksantikvarieämbetet Artillerigatan 33A, 621 38 Visby. Postadress: Box 1114, 621 22 Visby

Linda Hägered Engman, doktorsavhandling. Indoor Environmental Factors and its Associations with Asthma and Allergy among Swedish Pre-School Children” kan beställas via Lunds Tekniska Högskola; Rapport nummer TVBH-1015.