



Påverkan av vatten från sprinkler på vägg- och takmålningar

Magnus Arvidson

Anna Bäckman

Hans-Peter Hedlund (Riksantikvarieämbetet)

Sofia Källqvist

Påverkan av vatten från sprinkler på vägg- och takmålningar

Magnus Arvidson

Anna Bäckman

Hans-Peter Hedlund (Riksantikvarieämbetet)

Sofia Källqvist

Abstract

The influence of water from sprinkler sprays on invaluable wall- and ceiling paintings in heritage buildings

Walls and ceilings inside many old churches and other heritage buildings are often decorated with invaluable paintings, artefacts and décor. The paint may be water-soluble and therefore very sensitive to exposure to a water spray from a water-based suppression system.

The objective of the tests described in this report was to investigate the influence of water from sprinkler sprays on wall- and ceiling paintings. All the tests were conducted such that water was directly applied to a wall, fitted with test samples. Three types of commercial nozzles were tested: a traditional spray sprinkler, a low-pressure water mist nozzle and a high-pressure water mist nozzle.

The tests were conducted both with newly painted samples of wood painted with: 1) distemper, 2) egg tempera and 3) oil paint. The samples were aged according to ISO 4892-2, Method B, before used. Additionally, authentic wood samples from a deconstructed heritage building were used. The authentic samples were probably painted with distemper made in the first part of the 18th century.

It is not possible to draw definitive conclusions from the tests, but all three systems affected the paint on the test samples. It is also noticeable that the wetting of the ceiling was extensive, especially for the traditional sprinkler and the low-pressure water mist nozzle.

Key words: Sprinkler systems, water sprays, water mist, heritage buildings, paintings, artefacts.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport 2007:25
ISBN 91-85533-75-0
ISSN 0284-5172
Borås 2007

Innehållsförteckning

Abstract	3
Innehållsförteckning	4
Förord	6
Sammanfattning	7
1 Bakgrund och målsättning med projektet	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Rekommendationer från Norge	9
1.3 Systemtekniska lösningar för att reducera sannolikheten för vattenskador	11
1.4 Målsättning med projektet	11
2 Färgers känslighet för fukt och vatten	12
2.1 Allmänt om färg	12
2.2 Oljefärg, bindemedel oftast linolja	12
2.3 Limfärg, bindemedel alltid ”vattenlösligt” lim.	12
2.4 Tempera	13
2.5 Historiskt dekorativt måleri	13
2.6 Andra aspekter	13
2.7 Slutsats	14
3 Provkroppar och karaktärisering av provkroppar	15
3.1 Provkroppar	15
3.1.1 Nyttillverkade provkroppar	15
3.1.2 Autentiska provkroppar	15
3.2 Åldring	15
3.3 Karaktärisering av provkropparna	16
3.3.1 Mätning av vattenavvisande förmåga	16
3.3.2 Färganalys	19
4 Försöksuppställning och försöksprogram	20
4.1 Montering av provkroppar	21
4.2 Sprinkler och munstycken	21
4.2.1 Sprinkler	21
4.2.2 Vattendimma (lågtryck)	22
4.2.3 Vattendimma (högtryck)	22
4.3 Försöksprogram	23
4.4 Utvärdering av provkropparna efter försöken	24
5 Vattendistributionsförsök	25
5.1 Försök D1 - Sprinkler	25
5.2 Försök D2 - Vattendimma (lågtryck)	26
5.3 Försök D3 - Vattendimma (högtryck)	27
6 Försök med nyttillverkade provkroppar	29
6.1 Försök N1 - sprinkler	29
6.2 Försök N2 - vattendimma (lågtryck)	29
6.3 Försök N3 - vattendimma (högtryck)	30
6.4 Visuellt utvärdering och kulörmätning	30

7	Försök med autentiska provkroppar	33
7.1	Försök A1 - sprinkler	33
7.2	Försök A2 - vattendimma (lågtryck)	33
7.3	Försök A3 - vattendimma (högtryck)	34
7.4	Försök A4 - vattendimma (högtryck)	34
8	Diskussion	35
8.1	Spridningsbild och vätning	35
8.2	Försök med nytillverkade provkroppar	35
8.3	Försök med autentiska provkroppar	36
9	Slutsatser	37
	Referenser	38

Förord

Projektet finansierades av Riksantikvarieämbetet, Riksantikvaren i Norge och Statens fastighetsverk. SPs interna projektnummer var BRs 6118. Projektet genomfördes i nära samarbete med en referensgrupp bestående rapportens författare och följande personer:

Jan G Andersson, Elplanering Väst Jan G Andersson AB
Lennart Arfwidsson, Atrio Arkitekter Västervik AB
Staffan Bengtson, Brandskyddslaget AB
Staffan Malmgren, Räddningsverket
Bo Hjort, Albacon AB
Geir Jensen, COWI AS (Norge)
Henrik Johansson, Tyco Building Services Products (Sweden) AB
Martti Jokinen, Museiverket (Finland)
Einar Karlsen, Riksantikvaren (Norge)
Joacim Karlsson, Consilium Fire & Gas AB
Andreas Lundquist, Albacon AB
Anders Kjellberg, Ultra Fog AB
Olle Norrby, O N Brandkonsult AB
Klas Nylander, Consilium Fire & Gas AB
Thomas Lindsjö, Statens fastighetsverk
Kjetil Sivertsen, Water Mist Engineering AS (Norge)
Didrik Tollander, Marioff Skandinavien AB

Sammanfattning

Under senare år har sprinklersystem installerats i flera svenska träkyrkor. I samband med detta har frågeställningen om vattenskador, både vid en oavsiktlig och en avsiktlig aktivering aktualiserats.

Målsättning med projektet var att undersöka hur olika typer av färger påverkas av vattensprayen från både traditionell typ av sprinkler och den nyare typen av system med ”vattendimma”. Försöken kan betraktas som orienterande men resultaten pekar mot att även mycket små vattenmängder kan skada känsliga ytor, även om ett högre vattenflöden förstås bidrar till större påverkan.

En annan slutsats är att faktorer som sprickbildning och andra ytdefekter i färglagren, antal färglager, etc. har stor betydelse för hur stor skadan blir.

Försöken visar även att takytan i närområdet av en sprinkler eller ett munstycke kan utsättas för kraftig vattenbegjutning. Denna vätning är oerhört avhängigt hur munstycket är utformat, men borde tas i beaktande vid varje installation.

Slutligen bör understrykas att man i varje enskilt fall bör ställa sig frågan om man kan acceptera risken för en mindre vattenskada för att förhindra att en hel byggnad totalförstörs vid en brand. Som diskuteras i rapporten finns det systemtekniska lösningar för att reducera sannolikheten för att sprinklersystemet aktiverar oavsikligt.

1 Bakgrund och målsättning med projektet

1.1 Bakgrund

Under år 2006 initierades ett projekt med målsättningen att studera sprinklersystem i kulturbyggnader, med särskilt fokus på mindre och medelstora kyrkor eller andra kulturbyggnader i trä. Avsikten var att dokumentera sprinklerinstallationer utförda i några representativa kyrkor, sammanställa kunskap och erfarenheter från dessa installationer och att identifiera områden för fortsatt forskning. Utöver detta sammanfattades även erfarenheter från i första hand Norge. Dessutom redovisades brandskadestatistik såsom brandorsak, tid på dygnet branden inträffar och var bränder normalt startar. Några bränder och brandtillbud studerades lite mer detalj för att illustrera hur en brand kan uppstå och vilka konsekvenser den kan få. Projektet redovisas i SP Report 2006:42, "An overview of fire protection of Swedish wooden churches, Brandforsk project 500-061" [1].

En central del av projektet var att utreda vilka frågeställningar som kräver fortsatta insatser. Sammanfattningsvis kan man säga att mer kunskap behövs för att ett objekt skall kunna skyddas på ett så enhetligt och enkelt sätt som möjligt. Ett av de områden som nämns är systemens inverkan på vägg- och takmålningar. Många av de vägg- och takmålningar som finns i äldre kyrkor är målade med limfärg och är troligen mycket känsliga för vatten. I rapporten föreslås att försök bör genomföras där påverkan av vattenspray på målade trätytor studeras.



Figur 1 Exempel på värdefulla tak- och väggmålningar från Södra Råda kyrka. Till höger visas en detalj från en av målningarna. Kyrkan totalförstördes vid en brand i november 2001. Foto: Riksantikvariämbetet.

1.2 Rekommendationer från Norge

Riksantikvaren i Norge har tagit fram rekommendationer för hur sprinkler skall installeras i byggnader med vägg- och takmålningar som är känsliga för påverkan av vatten [2]. I dessa rekommendationer föreslår man att munstycken med 'låg impuls' installeras i tak kombinerat med strategiskt placerade munstycken med 'högre impuls' på lägre nivåer. Avsikten är att munstyckena i taknivå skall kyla det varma brandgaslagret och på sätt förhindra övertändning samt att de lägre placerade munstyckena skall dämpa en brand i golvnivå och förhindra att den sprids upp längs väggytorna. Det är på golvnivå som den huvudsakliga brandbelastningen i form av sittbänkar, mm finns.

För sprinklersystem där skyddsmålet är att kontrollera eller dämpa en brand, snarare än att 'bara' förhindra övertändning används munstycken med större vattendroppar och högre penetrationskraft. Sådana munstycken behöver placeras med hänsyn så att direkträff av känsliga ytor eller föremål undviks.

De norska rekommendationerna innehåller ett viktigt påpekande, nämligen att system som är optimerade för att begränsa vattenskador normalt resulterar i system med låga vattenflöden (=låg vattentäthet). Även om en övertändning i byggnaden eller i rummet kan undvikas så kan mindre brandhärddar vara opåverkade av systemet. Man råder därför att system avsedda att förhindra övertändning i första hand installeras i byggnader där insatstiden för personal och räddningstjänst är kort, för att kunna förhindra mer omfattande rök- och brandskador - som ju kan vara lika allvarliga som vattenskador.

Betydelsen av vätning av väggytor för att reducera brandskador kan illustreras av nedanstående foton som är hämtade från försök genomförda vid SP Brandteknik. Fotona visar brandskadorna i två väggar försedda med en 3 mm tjock panelskiva. Det munstycke som användes i det vänstra fotot hade en spridningsbild som vätte båda väggytorna, nästan upp till taknivå. Det andra munstycket hade sämre spridningsbild som inte träffade en så stor yta av väggen, särskilt i hörnet. Om en brand sprids upp längs en vägg kan alltså brandskadorna blir relativt omfattande om lite eller inget vatten träffar väggen.



Figur 2 Illustrativa resultat från två sprinklerförsök som visar att den relativa brandskadan blir större, se den högra bilden, när mindre mängd vatten från en sprinkler träffar väggytorna. Brandkällan bestod av en 100 kW gasolbrännare som placerades mot hörnets väggar (visas ej på fotona).

Referens [3] redovisar resultat från en undersökning genomförd i Norge hur konstmaterial påverkas av brandgaser och olika släckmedel. Slutsatsen var att släckmedel som innehåller kemikalier, till exempel skumvätska eller emulgeringsmedel till en hög grad påverkade provkropparna. Höga vattenflöden ger både en mekanisk påverkan och förstås en högre vätning än låga vattenflöden. Pulver förorsakar en hög rengörings- och saneringskostnad och kan även förorsaka korrosion. Kylningseffekten från koldioxid (CO_2) kan föranleda skador på vissa typer av material. Sammanfattningsvis drog man dock slutsatsen att brandskadan som sådan alltid kommer att vara större än skadan som orsakas av en handbrandsläckare eller släckmedlet. Sålunda räddas värdefulla material bäst genom en resolut snarare än en försiktig släckningsinsats.

1.3 Systemtekniska lösningar för att reducera sannolikheten för vattenskador

För byggnader eller rum som är extra känsliga eller som innehåller värdefull utrustning, etc. finns vedertagna tekniska lösningar för att reducera sannolikheten för en oavsiktlig aktivering av ett sprinklersystem. En sådan lösning är ett så kallat Pre-action system (föraktiveringssystem). Det finns flera olika typer av föraktiveringssystem, men en typ kräver två villkor innan vatten distribueras ut från sprinklerna. Systemet är en kombination av ett torrörsystem (se beskrivning nedan) och ett branddetektionssystem med branddetektorer placerade inom samma område som sprinklerna. Principen är att både detektorerna och en eller flera sprinkler måste aktivera innan rörsystemet fylls med vatten fram till sprinklerna.

En avsiktlig eller oavsiktlig åverkan på en sprinkler leder alltså inte till någon vattenskada, inte heller inte ett oavsiktligt brandlarm. Å andra sidan är systemet inte riktigt lika tillförlitligt vid en verklig brand som ett våtrörsystem (se beskrivning nedan) eller ett torrörsystem.

Ett torrörsystem är ett sprinklersystem där sprinklerrören står fyllda med tryckluft eller kvävgas. Systemtypen används i oisolerade och ouppvärmade byggnader - eller utomhus - där det finns risk för frysning. När en eller flera sprinkler aktiveras strömmar gasen ut, en ventil öppnar och vatten strömmar in i rörsystemet och fram till sprinklerna. Från det att en sprinkler aktiverat finns det därför en viss fördröjningstid till vattnet kommer.

Ett våtrörsystem är ett system där sprinklerrören står fyllda med vatten under tryck, vilket begränsar användningen till byggnader där frysrisk inte föreligger.

För sprinklersystem kan den procentuellt stora variationen mellan lägsta och högsta systemtryck behöva beaktas. När de första sprinklerna i ett system aktiveras är trycket relativt sett betydligt högre än när samtliga sprinkler i en verkningsyta aktiverat. Det finns tryckreduceringsventiler på marknaden som används för att reducera systemtrycket. Dessa ventiler ger ett konstant tryck nedströms ventilen oavsett hur många sprinkler som aktiverat och kan vara ett sätt att åtminstone reducera det initiala vattenflödet i ett sprinklersystem. Nackdelen är förstås att systemets komplexitet och underhållsbehov ökar.

1.4 Målsättning med projektet

Målsättning med det projekt som redovisas i denna rapport var att undersöka hur olika typer av färger påverkas av vattensprayen från sprinkler. Försöken kan anses vara orienterande eftersom det är mängder med parametrar; färgtyp, olika typer av sprinkler eller munstycken, olika fabrikat, avståndet från sprinkler till vägg, vattentryck, etc. som behöver undersökas för att få en fullständig bild av frågan.

Återigen bör påminnas om att ju mer vatten som träffar väggytan desto mer dämpad brand. Det finns därför en relation mellan vattenskada och brandskada, som enkelt kan uttryckas ”ju större vattenskada desto mindre brandskada och vice versa”. I alla försök som genomfördes träffade vattensprayen den väggyta där provkropparna monterats. Försök där sprinklern installeras så långt ifrån en väggyta att vatten inte träffar väggen är i det här sammanhanget ointressanta att genomföra. Oavsett vilken typ av sprinkler eller munstycke som används så kan det alltid installeras så långt från väggen att vattnet inte når fram.

2 Färgers känslighet för fukt och vatten

2.1 Allmänt om färg

Färg, i betydelsen målarfärg, avser en blandning av bindemedel och färggivande pigment, samt ofta något lösningsmedel, medan beteckningen lack avser opigmenterade produkter som bildar ett fast transparent skikt. Pigmenterade lacker är per definition lackfärger.

Färger och lacker är komplicerade materialkategorier som kan vara sammansatta av, förutom pigment, bindemedel och lösningsmedel, flera komponenter som till exempel hartser, torkmedel och fyllmedel. De ingående komponenternas handelsnamn består ofta genom historiens gång, men det är inte ovanligt att innehållet förändras både till sammansättning och till sina egenskaper. Det är också vanligt att förändringarna sker stegvis, med förbättrade egenskaper ur en synvinkel och sämre ur en annan.

Den polymertekniska utvecklingen går snabbt. Och lika snabbt som nya material ersätter de gamla, lika snabbt faller kunskap om äldre material i glömska hos dem som inte längre tillverkar eller använder dem. Det är tänkvärt, att vi trots västvärldens tekniska och vetenskapliga utveckling, inte fullt ut kan förklara alla detaljer kring de kemiska processer som hör till det traditionella måleriet, exempelvis vissa delar av linoljans torknings- och polymerisationsprocess [4].

2.2 Oljefärg, bindemedel oftast linolja

Oljefärg har en blank eller halvblank yta som är okänslig för vatten.

Oljefärg har som bindemedel en torkande olja. I byggnadsrelaterat måleri handlar det oftast om linolja men inom konstmåleriet har en mängd andra oljor förekommit. Oljefärg har en yta som är stabil och i princip okänslig för vatten. Linoljan torkar genom polymerisation under mycket lång tid. Därefter vidtar en långsam nedbrytning. Mager eller nedbruten oljefärg kan dock vara svår att skilja från tempera (emulsionsfärg) eller limfärg som kanske förändrat utseende genom sentida konserveringsåtgärder. Karaktäristiskt för oljefärg är att den gulnar i mörker, men ljusnar igen när den utsätts för solljus.

2.3 Limfärg, bindemedel alltid ”vattenlösligt” lim.

Limfärg har en matt sugande yta och är i princip alltid vattenlöslig. Lösligheten är dock beroende på vilken typ av lim som använts:

Varm-lim: Hud-ben-eller fisklim. Varmlim sväller i kallt vatten men löses i varmt vatten. Fisklim har knappast använts för dekorativ målning.

Kall-lim/klister: Cellulosalim (1900-tal), Cellulosa löses endast i kallt vatten. Gammalt cellulosalim blir med tiden ofta olösligt. Stärkelse: Vete eller rågmjöl, ibland tillsatt lite olja. Även stärkelseklister kan bli mycket svårlösligt. Användes knappast för dekorativ målning men förekommer som klister till makulatur och tapeter.

Kasein: Mjölksprodukt. Hårt sprött lim, blir närmast olösligt när det har torkat.

2.4 Tempera

Tempera har vanligen en matt yta och är relativt okänsligt för vatten beroende på vilken typ av tempera det handlar om.

Tempera är en blandning av två normalt oförenliga beståndsdelar som förenats genom inverkan av ett emulgeringsmedel. Under 1900-talet har tempera varit liktydigt med äggoljetempera, en blandning av ägg, vatten och olja. Tempera är normalt en mycket stabil färgtyp. Äggtempera kan bli mycket svårslöslig. Det är osäkert i vilken utsträckning tempera använts för dekorativ målning under historisk tid.

2.5 Historiskt dekorativt måleri

Nästan allt historiskt dekorativt *måleri på trä* är målat på en *kritgrund* som i princip är en limfärg. Den löser sig/sväller ofta lättare än själva färgskiktet. All *förgyllning* (förgyllning förekommer nästan alltid i samband med dekorativ målning i kyrklig miljö) är i princip vattenlöslig, oavsett om det är en s.k.vatten eller polerförgyllning eller en oljeförgyllning, genom att den är uppbyggt på en vattenlöslig kritgrund.

Inget måleri, inte ens oljefärg kan bli starkare än underlaget. Oljefärg är i sig ett i princip evigt material. Skador och åldrande hänger samman med nedbrytning av underlaget, duk trä limisolering grundering etc. Målning med oljefärg på kritgrund är ändå något motståndskraftigare än motsvarande med limfärg men bara till en viss gräns.

I limfärgsmålteri har den vita grunden utnyttjats för ljusa partier. Grunden ligger därmed oskyddad. I oljefärgsmålning är ofta vita partier målade med vit oljefärg och grunden helt övermålad.

Mycket limfärgsmålteri i kyrkor har överlevt inträngande vatten, fukt och röta i underlaget. Det som varit farligast har varit uttorkning genom uppvärmning av kyrkorummet i modern tid, vilket ofta lett till flagning. Ett ömtåligt/nedbrutet måleri kan klara sig så länge underlaget är stabilt (med underlag avses här trä), om underlaget rör sig (krymper) som en följd av uttorkning klarar inte måleriet den stress det utsätts för. Om underlaget sväller gör det mindre skada eftersom färgskiktet blir något följsammare av fukten och inte sprödare som vid uttorkning.

2.6 Andra aspekter

Att bedöma vilket bindemedel som använts i äldre dekorativt måleri av det slag som förekommer på tak och väggar i äldre träkyrkor eller andra kulturbyggnader, är extremt svårt. Ofta kan man bara bestämma färgtypen, men även det kan vara svårt. I vissa fall framgår det tydligt att det rör sig om oljefärg och då troligen linolja, i andra sammanhang går det att dra slutsatsen att det är limfärg. Vilket lim som då använts är dock närmast omöjligt att bedöma eller analysera. Dels är det ursprungliga bindemedlet ofta svårt nedbrutet, dels försvåras analyser av att man under 1900-talet i konserveringssyfte tillfört nytt, ofta animaliskt, lim som gelatin. Instrykning med linolja eller temperaemulsion, och då vanligen äggoljetempera, har också förekommit som behandlingsmetod långt fram på 1900-talet. Man har haft den felaktiga föreställningen att allt äldre måleri är temperamåleri, samtidigt som man trott sig kunna återställa det nedbrutna bindemedlet genom att tillföra samma på nytt.

Det har gjorts en hel del pigmentanalyser av äldre måleri men bindemedel har alltid varit och är fortfarande svårt att analysera. Det finns inte heller några äldre uppskrifter som säkert redovisar vilka bindemedel som använts i praktiken.

Sentida konserveringar med animaliskt lim har inte bara försvårat bindemedelsanalyser, det har tillfört spänningar genom att limmet blivit liggande på ytan. Måleriet har därmed också blivit än fukt känsligare, mer hygroskopiskt, och känsligt för rörelser i underlaget. Syntetiska bindemedel som använts från och med 1960-talet kan till viss gräns skydda måleriet men sväller även de något i vatten. Oftast har äldre måleri konserverats med bägge delarna. Måleriet kan också i vissa fall ha behandlats med en fernissa. Fernissan kan fungera som ett visst skydd och göra färgskiktet lite mer vattenavvisande.

2.7 Slutsats

Måleri av det slag som här omtalas är ofta extremt komplext och svårbedömt. Ursprungligt bindemedel kan ofta bara typbestämmas. Säkert är att man måste utgå från att äldre dekorativt måleri på trä är mer eller mindre känsligt för vatten oavsett vilken färgtyp det rör sig om.

Limfärg är känsligare än oljefärg men kan ändå tåla en viss mängd vatten om man inte rör vid den. Ett sprinklersystem med fina vattendroppar som ”vattendimma” måste i alla händelser vara ett föredrag framför konventionella sprinkler med mycket vatten. Underlaget, en trävägg, kan då hinna suga upp överskottet. Att limfärg är känsligt beror på att det inte innehåller särskilt mycket bindemedel i förhållande till pigment och fyllmedel. Pigmentet är svagt bundet men nyuppstruken limfärg löser sig ändå inte omedelbart i vatten, den sväller först. Det krävs ofta mekanisk påverkan. Mekanisk påverkan kan till exempel vara rinnande vatten som inte hinner sugas upp av väggen. I gammalt limfärgsmålteri, till exempel ett målat kyrktak, är bindemedlet ofta helt nedbrutet och borde vara extremt känsligt för vattenbegjutning, men i praktiken kan olika konserveringsmedel ha tillkommit. Detta påverkar givetvis känsligheten liksom fett, smuts, osv. vilket tillförts kontinuerligt. Teoretiskt ”klarar” limfärg i princip måttligt med vatten/fukt. Avgörande är hur vattnet tillförs och hur länge.

Känsligheten hos ett oljefärgsmålteri beror till stor del på underlaget. I historiska sammanhang ligger ofta en vattenlöslig kritgrund under oljefärgsskiktet. Detta skyddas då till en viss gräns av oljefärgen men tål inte att utsättas för vatten under längre tid.

Tempera har liknande egenskaper som oljefärgen. Skillnaden mellan tempera och oljefärg kan man troligen bortse från i detta sammanhang.

Vilken typ av måleri det än handlar om, förutsatt att det överlevt vattenbegjutningen, tar det skada vid upptorkningen, antingen genom flagning och/eller att det får omfattande fuktränder orsakat av kringtransporterad smuts eller andra föroreningar som tvättats ur träunderlaget. Flagning kan, så länge något finns kvar att fästa, åtgärdas genom en konserveringsinsats, missfärgningar är irreversibla. En skada som inte behöver synas, men som kan vara värd att ta med i beräkningen, är att färgen ofta förändras till sin struktur efter svällning och torkning. Den blir då ofta sprödare och känsligare. Detta kan troligen tillskrivas molekylförändringar. Att färgen efter torkning ser likadan ut som innan den utsattes för vatten betyder inte att den återfått sin ursprungliga hållfasthet.

3 Provkroppar och karaktärisering av provkroppar

3.1 Provkroppar

3.1.1 Nyttillverkade provkroppar

De nyttillverkade provkropparna bestod av hyvlat trä och hade dimensionerna 140 mm × 70 mm. Tjockleken var 20 mm. Provkropparna beströks med tre olika typer av färg:

1. **Limfärg**, animaliskt varmlim (hudlim) på kredering.
2. **Äggoljetempera på kredering**. Temperan har blandats av lika delar ägg, vatten och linolja. Det är osäkert om det var just denna typ av tempera som användes under den aktuella tiden men det motsvarar den tempera som använts under 1900-talet och som också förekommer i nyare kyrkobyggnader.
3. **Oljefärg**, kokt linolja och terpentin 1:1, på tunn limfärgsgrundering (kredering). Oljefärgen hölls mager för att det troligen bäst motsvarar äldre målningssätt i detta sammanhang.

Nästan allt äldre måleri oavsett bindemedel är utfört på en ljus grundering oftast krita och animaliskt lim, därför används detta på provkropparna.

Som pigment har endast jord och oxidpigment använts eftersom det var det vanligaste. Mängden pigment och typen av pigment i förhållande till bindemedlet är givetvis av betydelse men kan knappast beräknas i detta sammanhang. Färgerna är blandade med en viss sparsamhet med pigment.

Provkropparna numrerades med schablonmålade siffror (1 – 3) med samma typ av färg som provkroppen men med en röd kulör.

Kasein uteslöts eftersom det är omständligt att åstadkomma och det kan tillverkas på så många olika sätt. Det är också ovisst om det använts alls i sammanhanget.

3.1.2 Autentiska provkroppar

De autentiska provkropparna är hämtade från bitar av bemålade bräder från en numera riven 16 eller 1700-tals byggnad. Den dekorativa målningen är troligen tidigt 1700-tal och troligtvis ett limfärgsmålteri på en vattenlöslig kredering. Provkropparna bestod av trä och hade dimensionerna 140 mm × 70 mm. Tjockleken var cirka 25 mm.

3.2 Åldring

De nyttillverkade provkropparna åldrades innan försöken för att färgen skulle få karaktär mer liknande den hos färgen i verkliga äldre målningar. Åldringen utfördes genom accelererad åldring i en så kallad Weather-Ometer där proverna utsattes för xenonbåge-ljus filtrerat för att bäst efterlikna det solljus som filtreras genom fönsterglas in i byggnader. Under åldringstestet var lufttemperaturen ca 43°C och temperaturen på en svartstandardpanel 65±3°C. Den relativa luftfuktigheten var ca 50%. Exponeringen utfördes enligt standarden ISO 4892-2, metod B, och pågick under 100 timmar.

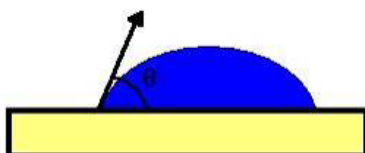
Vad denna exponering motsvarar i verklig åldringstid är mycket svårt att bedöma, dels beroende på att åldringsförloppen och därmed accelerationsfaktorerna hos färg är starkt materialberoende. Dels för att färgsammansättning och även ålder hos verkliga väggmålningar varierar mycket. Avsikten med åldringen var därför inte att åstadkomma åldring motsvarande den hos verkliga äldre väggmålningar utan att åtminstone få en mild åldring som gav mer realistiska förhållanden i försöken jämfört med att använda helt nymålade färg.

3.3 Karaktärisering av provkropparna

3.3.1 Mätning av vattenavvisande förmåga

Färgernas känslighet för vatten har sannolikt koppling till den vattenavvisande förmågan hos färgerna. Den vattenavvisande förmåga påverkas av åldring och resulterar normalt i att färgerna blir mindre vattenavvisande, det vill säga mindre hydrofoba och mer hydrofila, på grund av att färgens yta bryts ner och fler hydrofila grupper bildas i ytan samtidigt som färgen luckras upp. För att karaktärisera de tre färger som de nytillverkade provkropparna var målade med när det gällde den vattenavvisande förmågan mättes kontaktvinkel med vatten upp före och efter åldring av proverna. Kontaktvinkeln (θ) är den vinkel som bildas mellan provytan och tangenten till droppen i dess kontaktpunkt med provytan, se figur 3.

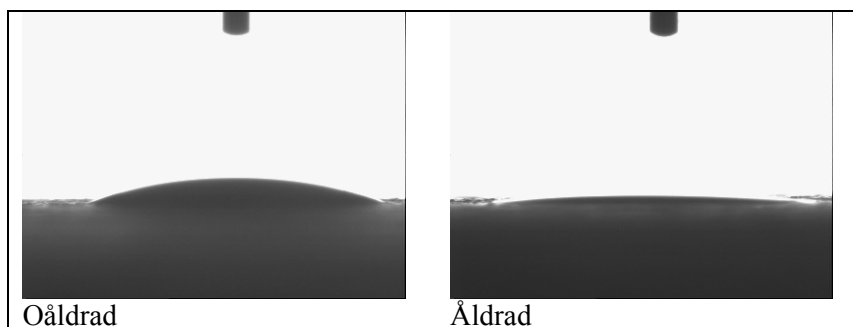
Ju större vinkel, desto mer avvisande är ytan mot den aktuella vätskan. För mätningarna användes avjoniserat vatten och en ansats att mäta statisk kontaktvinkel gjordes. Dock förekom spridning av vattendroppen på vissa av proverna varför angivna värden på kontaktvinklar får ses som en fingervisning och ej som exakta värden. Skillnader mellan färgerna kunde dock observeras tydligt. Resultaten redovisas här med värden på kontaktvinklar samt foton av vattendroppar på proverna från mätningen.



Figur 3 Kontaktvinkeln (θ) mellan en droppe och en provyta.

Limfärg (Färg 1)

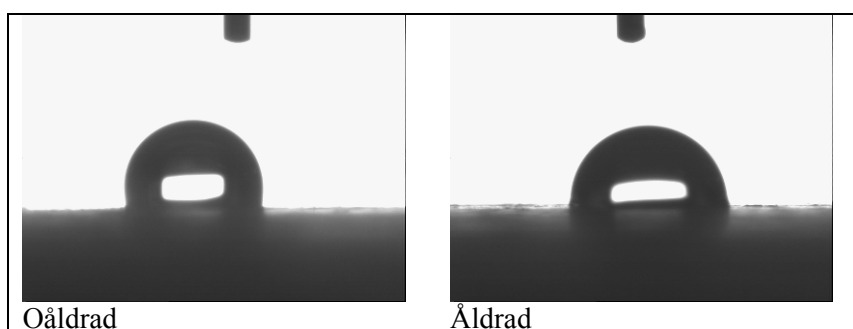
För det oåldrade provet var medelvärdet av fyra mätpunkter 25° . Kontaktvinklarna var relativt stabila. För det åldrade provet erhöles total vätning och ingen vinkel kunde mätas upp.



Figur 4 Kontaktvinklar för färg 1, limfärg.

Äggoljetempera (Färg 2)

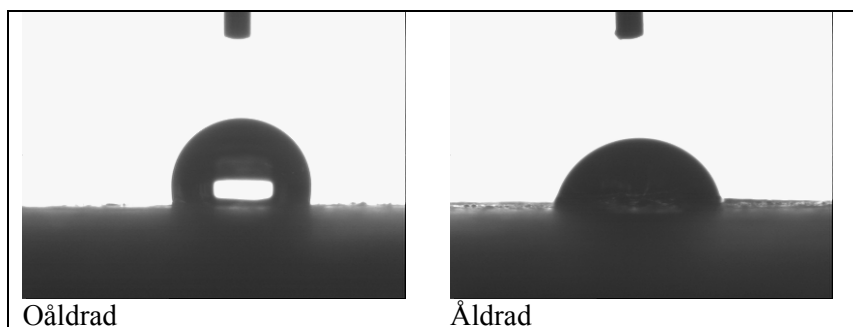
För det oåldrade provet var medelvärdet av åtta mätpunkter 107° . Kontaktvinklarna var relativt stabila. För det åldrade provet var medelvärdet av sex mätpunkter 91° . Kontaktvinklarna var relativt stabila i bägge fall.



Figur 5 Kontaktvinklar för färg 2, äggoljetempera.

Oljefärg (Färg 3)

För det oåldrade provet var medelvärde av åtta mätpunkter 103° . Kontaktvinklarna var relativt stabila. På det åldrade provet spred sig vattendropparna ganska mycket. Initialt medelvärde, uppmätt inom ca 2,5 sekunder, av fyra mätpunkter var 91° , men detta värde var inte alls stabilt. Medelvärde av mätning efter några sekunder, då vätningförloppet hade stabiliserats något, i fem mätpunkter var 76° . Mätning med jämna mellanrum under 15 sekunder i tre mätpunkter visade att kontaktvinkeln sjönk från 99° till 85° , från 106° till 87° samt från 100° till 74° i respektive mätpunkt. Detta visar också att det fanns stora variationer över provytan för detta prov.



Figur 6 Kontaktvinklar för färg 3, oljefärg.

Sammanställning av resultaten vid relativt stabila förhållanden för de tre färgerna visas i nedanstående tabell.

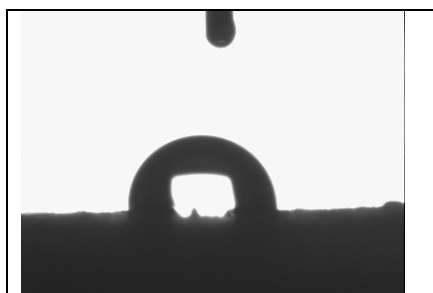
Tabell 1 Sammanställning av kontaktvinkelmätningar.

	Oåldrad	Åldrad
Limfärg	25°	- (ca 0°)
Äggoljetempera	107°	91°
Oljefärg	103°	76°

Autentiska provkroppar

Som en jämförelse gjordes försök att mäta kontaktvinkel på en av de autentiska provkropparna. Den ojämna provytan och spridning av vattendropparna på provet försvårade mätningarna. Det konstateras dock att den initiala kontaktvinkeln, innan droppen började sprida sig på provytan, var relativt hög, närmare 100°. Det initiala läget var dock inte stabilt, utan dropparna spred sig därefter för att i de flesta fall till slut helt väta ytan (motsvarar kontaktvinkel 0°). Denna process gick olika snabbt på olika ställen på provet, men tog normal mellan 10 sekunder och 2 minuter.

I jämförelse med resultat från mätningar på de nytillverkade provkropparna liknar beteendet hos den autentiska provkroppen mest det hos den åldrade oljefärgen. För att vara en limfärg, som det antas att den autentiska provkroppen är målad med, uppvisar den dock en förvånansvärt vattenavvisande yta initialt, jämfört med den nymålade limfärgen. Kanske kan detta bero på att det autentiska provet är mycket gammalt och att färgytan kan ha genomgått kemiska förändringar svåra att förutspå alternativt att ytan är täckt av ett fetare smutslager som påverkar mätningarna.



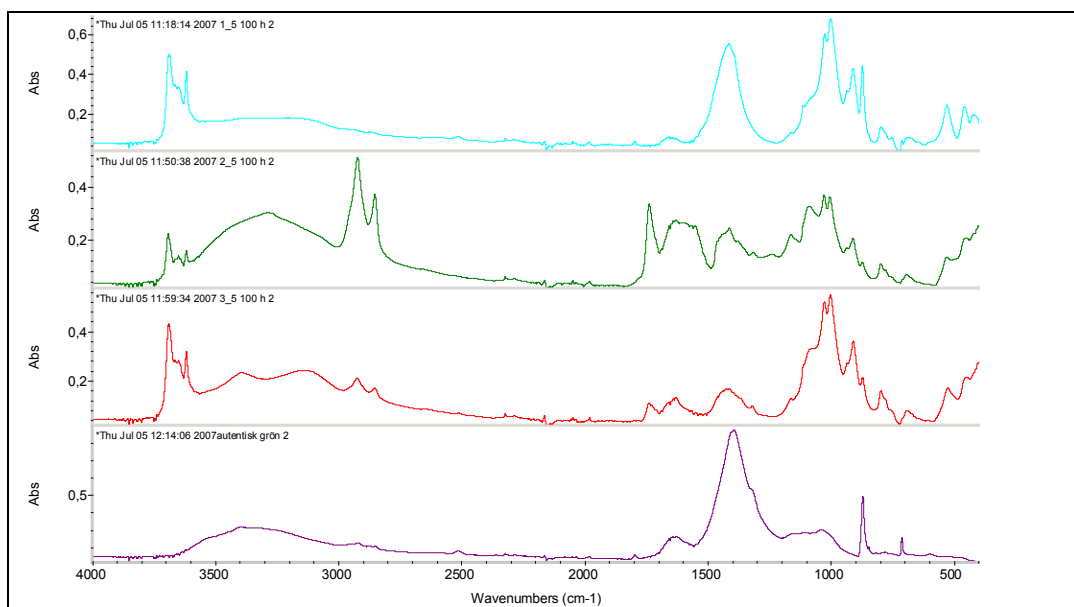
Figur 7 Initial kontaktvinkel för en av de autentiska provkropparna.

3.3.2 Färganalys

Färg från de nytillverkade provkropparna, både oåldrade och oåldrade, samt från den autentiska provkroppen analyserades med Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). FTIR ger ett "kemiskt fingeravtryck" av varje prov och kan användas för att jämföra olika provers karaktär, exempelvis färgtyp. Till analysen användes en utrustning med s.k. mikro-ATR för att begränsa analysen till ytan av provet vilket möjliggjorde analys direkt på provkropparna.

Analysen påvisar kemiska förändringar hos de åldrade nytillverkade provkropparna i jämförelse med de oåldrade. Förändringarna är störst för färg 3, oljefärgen. Det kan tilläggas att detta prov även var det som även visade störst synbar förändring efter åldring då det hade bleknat avsevärt.

De åldrade proverna borde vara de mest relevanta att jämföra det autentiska provet med. En jämförelse mellan åldrade nytillverkade prover och autentiskt prov visas i figur 8. Det autentiska provet visar hög halt av oorganiska ämnen, främst kalciumkarbonat/kalk och något jordmineral. Bedömning av färgtyp baserat på organiskt bindemedel är därför svår. Det autentiska färgprovet är inte identiskt med någon av de tre nytillverkade färgerna. Störst övergripande likhet verkar vara med limfärgen, men det är inte tillräckligt tydliga likheter för att dra några säkra slutsatser avseende färgtypen på det autentiska provet.



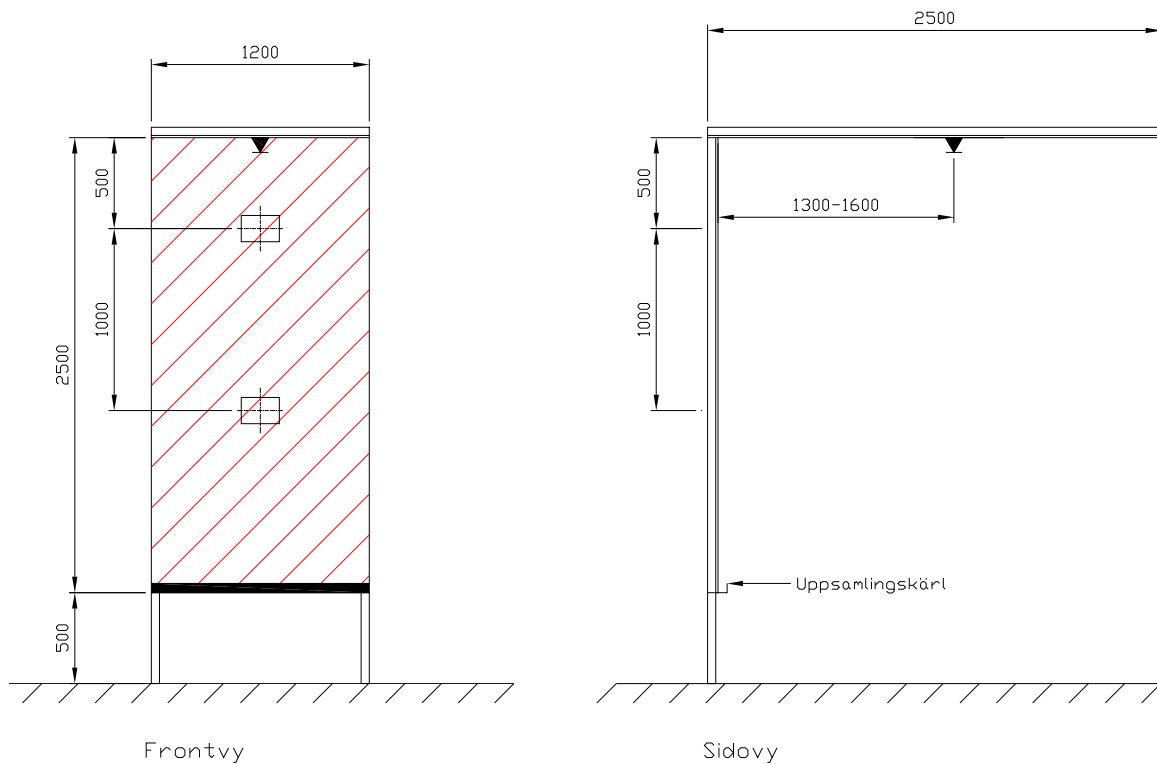
Figur 8 FTIR-spektrum av åldrad färg 1, limfärg, (ljusblå linje), av åldrad färg 2, äggoljetempera, (grön linje), av åldrad färg 3, oljefärg, (röd linje) samt av autentiskt prov (lila linje).

4 Försöksuppställning och försöksprogram

Försöksuppställningen var relativt enkel, en vertikal väggyta bestående av en 12 mm tjock, lackerad plywoodskiva med måtten 2,5 m × 1,2 m (3 m²) och ett takparti med liknande mått. Frontytan var lackerad och strukturen var glatt, vilket förhindrade att vatten absorberades i väggen, istället rann den snabbt ned längs väggytan.

Skivan fästes mot ett ramverk bestående av 95 mm × 45 mm träreglar så att skivans nedre kant var 50 cm över golvnivå. I nederkant monterades en smal ränna av stålplåt. Avsikten var att samla upp allt vatten som rann ned längs väggen. Rännan var kopplad till en slang som leddes till en separat behållare.

En 12 mm tjock spånskiva monterades som ett 'tak' i 90° vinkel mot väggen. Det var i detta tak som sprinklermunstyckena monterades och avståndet till väggen varierades enkelt eftersom de löpte i en slits i skivan.



Figur 9 Schematisk ritning av försöksuppställningen.

4.1 Montering av provkroppar

Provkropparna monterades på två höjder, 50 cm respektive 150 cm mätt från taket.

Vid försöken monterades de tre olika nytillverkade provkropparna sida vid sida enligt figur 10, så att de var i nivå med väggsnivån frontyta. Provkropparna fästes med tejp på baksidan av skivan. De autentiska provkropparna monterades på samma sätt, men där användes tejp för att fylla öppningen mellan provkroppen och väggen.



Figur 10 Montering av de nytillverkade provkropparna genom en öppning i väggskivan, 1) limfärg, 2) äggoljetempera på kredering och 3) oljefärg.

4.2 Sprinkler och munstycken

Tre olika typer av munstycken användes vid försöken, dels en vanlig sprinkler, dels två stycken munstycken av typen 'vattendimma', ett låg- och ett högtryckmunstycke.

4.2.1 Sprinkler

Här användes en nedåtriktad spraysprinkler. Sprinklern används normalt i Låg och Normal riskklass enligt både SS-EN 12845:2002 [5] och 2007 års utgåva av NFPA 13 [6] och har en nominell K-faktor motsvarande $80 \text{ L/min/bar}^{1/2}$.

Maximal tillåten täckningsyta är beroende på riskklass. För kyrkor och andra kulturbyggnader med låg brandbelastning torde en dimensionering i enlighet med Låg riskklass enligt SS-EN 12845:2002 i många fall vara fullt tillräckligt. Men vissa detaljkrav medför att en dimensionering enligt Normal riskklass, grupp 1 (OH1) är troligast. För Normal riskklass är den maximalt tillåtna täckningsytan per sprinkler $12,0 \text{ m}^2$ och maximalt avstånd mellan sprinkler 4,0 m. Det innebär att det maximala avståndet till en vägg är 2,0 m.

Motsvarande, men något mer detaljerade, krav återfinns i NFPA 13, där en dimensionering motsvarande Låg riskklass (Light Hazard) är sannolik. Vid en värdering av maximalt tillåten täckningsyta tas även hänsyn till takkonstruktion, huruvida den är av brännbart material och till vilken grad balkar kan påverka spridningsbild och aktiveringstid. För ett brännbart, relativt slätt tak är maximalt tillåtna täckningsytan per sprinkler $20,6 \text{ m}^2$ och maximalt avstånd mellan sprinkler 4,3 m. Det innebär att det maximala avståndet till en vägg är 2,3 m.

Den sprinkler som användes i försöken kan fås med både snabb (fast response) och normal (standard response) glasbulb och med olika nominell aktiveringstemperatur. Vid försöken togs dock glasbulben bort och sprinklern aktiverades manuellt.

Sprinklern monterades med en flat täckbricka så att avståndet mätt från spridarplattan till taket var 44 mm. Sprinkler orienterades så att sprinkleroket var parallellt med väggen. Det är normal praxis att sprinkler monteras med sprinkleroket antingen parallellt eller vinkelrätt mot närmsta vägg. Den valda orientering bedömdes vara den som ger mest vätning av väggen.

4.2.2 Vattendimma (lågtryck)

Det lågtrycksmunstycke som användas är designmässigt snarlik den sprinkler som användes. Munstycket har samma typ av sprinkleroket men en helt annan spridarplatta och en betydligt mindre munstycksöppning. Munstyckets nominella K-faktor var $6,3 \text{ L/min/bar}^{1/2}$.

Munstycket är försett med en snabb (fast response) glasbulb men kan fås med olika nominell aktiveringstemperatur. Vid försöken togs glasbulben bort och munstycket aktiverades manuellt. Munstycket monterades och orienterades enligt samma filosofi som för sprinklern, se ovan.

4.2.3 Vattendimma (högtryck)

Munstycket består av en kropp tillverkad i rostfritt stål med sex stycken små mikromunstycken. Den nominella K-faktorn är $1,5 \text{ L/min/bar}^{1/2}$.

Munstycket är försett med en snabb (fast response) glasbulb men kan fås med olika nominella aktiveringstemperaturer. Vid försöken togs glasbulben bort och munstycket aktiverades manuellt.

Munstyckskroppen monterades så att ett av de mindre mikromunstyckena var riktat rakt mot väggen eftersom det bedömdes ge mest vätning. Samma typ av flat täckbricka som beskrivs ovan användes och avståndet mätt från mikromunstyckena till taket var cirka 15 mm.

Tabell 2 redovisar den sprinkler och de två munstycken som användes vid försöken samt de installationsanvisningar som ges av respektive tillverkare.

Tabell 2 Den sprinkler och de två munstycken av typen vattendimma som användes vid försöken.

Sprinkler eller munstycke	Nominell K-factor [L/min/bar ^{1/2}]	Lägsta rekommenderade tryck [bar]	Högsta rekommenderade tryck [bar]	Största tillåtna avstånd (S) [m]	Maximalt avstånd till vägg (S/2) [m]
Sprinkler	80	0,5	12,1	4,00 ¹⁾	2,00
Vattendimma (lågtryck)	6,3	12,0	17,1	4,27 ²⁾	2,13
Vattendimma (högtryck)	1,5	100	130	3,50 ²⁾	1,75

1) Enligt SS-EN 12845:2002, enligt 2007 års utgåva av NFPA 13 tillåts 4,30 m.

2) Enligt tillverkare.

4.3 Försöksprogram

Vattenflödet genom en munstycksöppning varierar med trycket enligt nedanstående samband:

$$Q = K\sqrt{p}$$

där,

Q = vattenflöde i L/min

K = sprinklern eller munstyckets flödeskoefficient (K-faktor) i (L/min)/bar^{1/2}

p = vattentryck i bar

Ett traditionellt sprinklersystem ger ett betydligt högre vattenflöde när den första sprinklern aktiverar jämfört med när samtliga sprinklern i en verkningsyta aktiverat. Det beror på att systemen ofta använder centrifugalpumpar, vilka ger ett högt tryck vid lågt vattenflöde. Därefter sjunker trycket vartefter vattenflödet ökar, det vill säga när fler sprinkler aktiverar. Det här är en av förklaringarna till varför traditionella sprinklersystem statistiskt sett kontrollerar eller släcker en brand med ett fåtal aktiverade sprinkler.

Normalt är lägsta rekommenderade vattentryck 0,5 bar och högsta rekommenderade vattentryck 12,1 bar för sprinklersystem, det vill säga en stor procentuell variation. Det lägsta rekommenderade vattentrycket motsvarar det statiska tryck som krävs för att sprinklern skall aktivera och det högsta trycket normalt det högsta konstruktionstrycket. Normalt är en sprinklerpump dimensionerad för mellan 6 till 12 bar. Därmed kan vattenflödet när första sprinkler aktiverar vara flera hundra procent högre jämfört med när alla sprinkler i en verkningsyta aktiverat.

För system av typen 'vattendimma' (högtryck) används ofta kolvpumpar, som i stort sett ger ett konstant tryck oavsett vattenflöde. Trycken är högre och den procentuella variationen mellan lägsta och högsta rekommenderade tryck relativt sett litet. Eftersom vattenflödet genom ett munstycke är proportionellt mot kvadratroten av trycket, enligt ovanstående ekvation, kommer vattenflödet att variera tämligen lite, oberoende av hur många munstycken som aktiverats.

Tabell 3 visar hur vattenflödet varierar inom det rekommenderade tryckområdet för den sprinkler och de två munstycken som användes vid försöken.

Tabell 3 Vattenflöde inom det rekommenderade tryckområdet för den sprinkler och de två munstycken som användes vid försöken.

Sprinkler eller munstycke	Vattenflöde vid lägsta rekommenderade tryck	Vattenflöde vid högsta rekommenderade tryck
Sprinkler	57 L/min @ 0,5 bar	278 L/min @ 12,1 bar
Vattendimma (lågtryck)	22 L/min @ 12,0 bar	26 L/min @ 17,1 bar
Vattendimma (högtryck)	15 L/min @ 100 bar	17 L/min @ 130 bar

Försöken genomfördes med ett vattentryck som motsvarar det vattentryck som kan anses vara representativt för trycket i ett verkligt system, det vill säga någonstans mellan det lägsta och högsta rekommenderade trycket. Det horisontella avståndet mätt till vägen motsvarade $\frac{3}{4}$ av det minsta rekommenderade avståndet. Tabell 4 visar de tryck, flöden och det horisontella avstånd till väggen som användas vid försöken.

Tabell 4 Vattenflöde, tryck och det horisontella avstånd till väggen som användes vid försöken.

Sprinkler eller munstycke	Vattenflöde och tryck [L/min]	Horisontellt avstånd till vägg [m]
Sprinkler	179 L/min @ 5,0 bar	1,50
Vattendimma (lågtryck)	24,4 L/min @ 15,0 bar	1,60
Vattendimma (högtryck)	16,4 L/min @ 120 bar	1,30

4.4 Utvärdering av provkropparna efter försöken

Efter försöken där provkropparna vattenbegöts fick de torka i cirka två veckor i rumstemperatur innan utvärdering. Kulör mättes sedan hos proverna och de uppmätta värdena jämfördes med referensprover. Referensproverna var åldrade provkroppar (N) som inte hade utsatts för vattenbegjutning.

Kulör mättes med en spektrofotometer av modell Spectraflash SF 600 Plus från Datacolor enligt standard ISO 7724/2. Kulörskillnaderna beräknades i L*a*b*-systemet enligt standard ISO 7724/3. Utvärdering skedde också genom att provkropparna inspekterades visuellt för att detektera flagnings eller andra ytdefekter som uppkommit under försöken.

5 Vattendistributionsförsök

Innan försöksserien med provkroppar genomfördes vattendistributionsförsök där väggytan täcktes med brunt omslagspapper med ett kvadratisk rutmönster med 20 cm × 20 cm stora rutor. Avsikten var att visuellt bedöma den direkta vätningen av väggen och taket efter två minuters varaktighet. Eftersom taket var tillverkat av spånskiva kunde vätningen bedömas visuellt utan hjälp av papper.

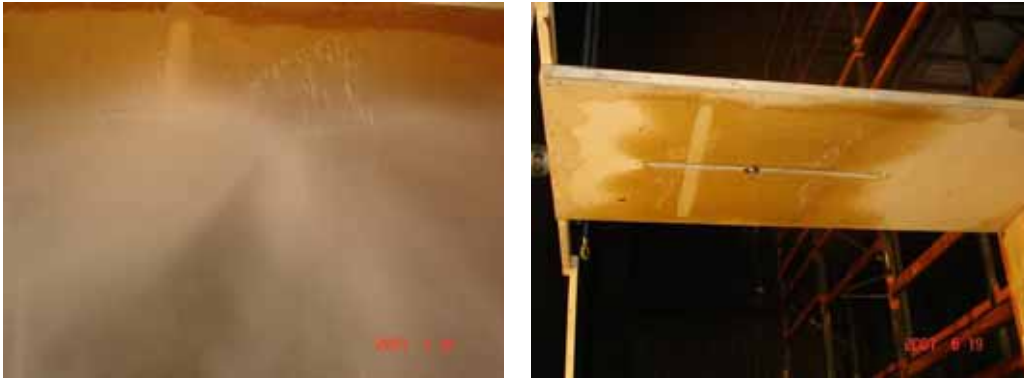
5.1 Försök D1 - Sprinkler

Sprinklern var placerad 1,50 m från väggen, vattentrycket var 5,0 bar och vattenflödet 179 L/min.

Spridningsbilden träffade vägen cirka 60 cm ned från taket och vätning erhöles dessutom cirka 20 cm ovanför denna yta av vatten som virvlade upp. De övre 20 cm var dock helt torra och även taket var helt torrt i ett område mätt 90 cm ut från väggen. Området närmast runt sprinklern utsattes för kraftig vätning av vatten som stänkte upp från spridarplattan. Området var cirka 90 cm långt och hela takytans bredd (120 cm).



Figur 11 Spridningsbild från sprinklern vid 5,0 bars tryck (179 L/min). Fotot taget vid försöket med autentiska provkroppar, försök A1.



Figur 12 Närbild av området runt sprinklern och vätningen av takytan efter försöket.

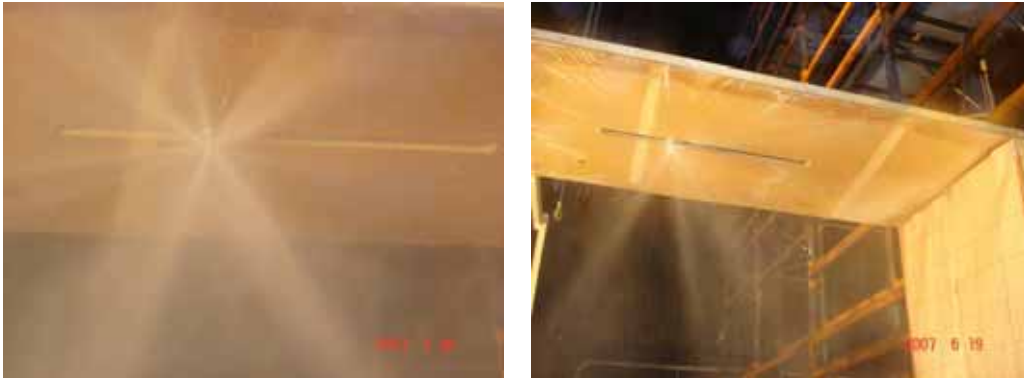
5.2 Försök D2 - Vattendimma (lågtryck)

Munstycket var placerat 1,60 m från väggen, vattentrycket var 15,0 bar och vattenflödet 24,4 L/min.

Spridningsbilden från munstycket består av åtta övre ”komponenter” med en mycket horisontell spridning och fyra komponenter med en spridningsvinkel omkring 45°. Det innebär att den övre tredjedelen av väggen erhöll direkt träff och de nedre två tredjedelarna inte erhöll direkt vätning. Den nedre delen av väggen väts därför endast av vatten som rinner ned längs ytan. Takytan var helt våt, förutom en yta 50 cm – 60 cm närmast väggen.



Figur 13 Spridningsbild från munstycket vattendimma (lågtryck) vid 15,0 bars tryck (24,4 L/min). Fotot taget vid försöket med nytillverkade provkroppar, Försök N2.



Figur 14 Närbild av området runt munstycket och vätningen av takytan under försöket. Observera att takytan närmast väggen inte erhöll någon vätning, men resten av takytan var blöt.

5.3 Försök D3 - Vattendimma (högtryck)

Munstycket var placerat 1,30 m från väggen, vattentrycket var 120 bar och vattenflödet 16,4 L/min.

Vattensprayen träffade väggen på en yta centriskt och cirka 80 cm ned från taket, strax under provkropparnas övre position. Väggytan var dock i princip helt våt, med undantag för en mycket lite yta nära taket, på grund av vatten som virvlade runt. Takytan var våt i hela sin bredd i ett område som sträckte sig drygt 20 cm ut från väggen. Runt munstycket var taket vått i ett oregelbundet område som var cirka 70 cm brett och 40 cm långt.

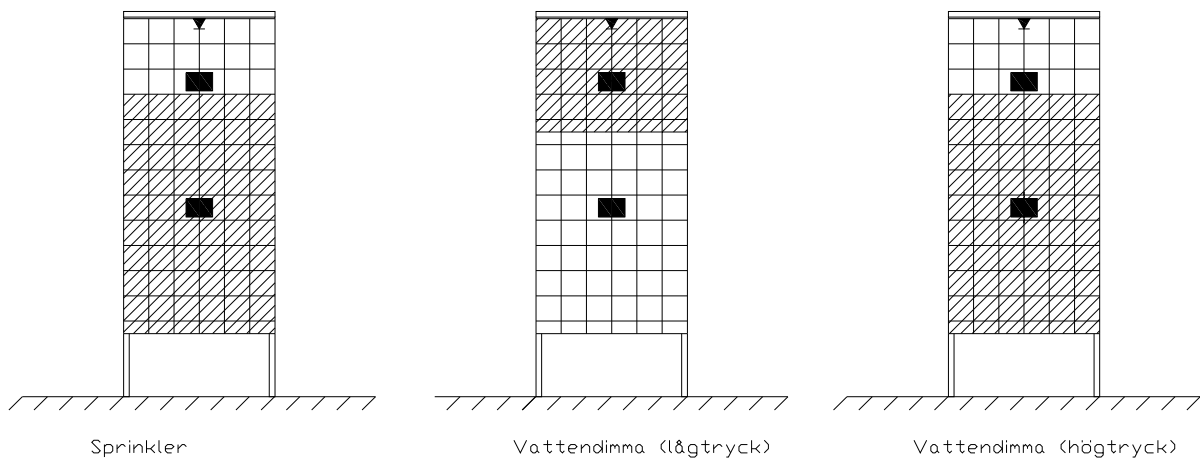


Figur 15 Spridningsbild från munstycket vattendimma (högtryck). Fotot taget vid försöket med nytillverkade provkroppar, Försök N3.



Figur 16 Närbild av området runt sprinklern och vätningen av takytan efter försöket. Observera att takytan närmast väggen erhöll vätning av uppvirvlande vatten.

Den direkta vätningen av väggytan kan sammanfattas med nedanstående figur.



Figur 17 Den direkta vätningen av väggytan av de tre olika munstycken som provades. Observera att väggytan även erhöll vätning av vatten som rann ned längs väggen och som virvlade upp. Denna vätning är inte markerad. Placeringen av provkropparna är markerad i figurerna.

6 Försök med nytillverkade provkroppar

6.1 Försök N1 - sprinkler

Sprinklern var placerad 1,50 m från väggen och vattentrycket var 5,0 bar. Mätningarna visade att 16,0 L/min träffade väggytan.



Figur 18 Provkroppar efter Försök N1 med sprinkler. På båda provkropparna med oljefärg (Nr 3) har kulören mörknat vid övre och nedre kanten.

6.2 Försök N2 - vattendimma (lågtryck)

Munstycket var placerat 1,60 m från väggen och vattentrycket var 15,0 bar. Mätningarna visade att 1,0 L/min träffade väggytan.



Figur 19 Provkroppar efter Försök N2 med vattendimma (lågtryck). Vid nedmonteringen berördes ytan oavsiktligt så att färgen släppte på den övre provkroppen med limfärg (Nr 1). En kvist framträder på provkropp med äggoljetempera (Nr 2) som var placerad på den nedre nivån. På båda provkropparna med oljefärg (Nr 3) har kulören mörknat vid övre och nedre kanten.

6.3 Försök N3 - vattendimma (högtryck)

Munstycket var placerat 1,30 m från väggen, vattentrycket var 120 bar. Mätningarna visade att 2,2 L/min träffade väggytan.



Figur 20 Provkroppar efter Försök N3 med vattendimma (högtryck). Kvistar framträder på båda provkropparna med äggoljetempera (Nr 2). På båda provkropparna med oljefärg (Nr 3) har kulören mörknat vid övre och nedre kanten.

Vattensprayen träffade väggen drygt 10 - 20 cm under den övre positionen, som alltså framförallt utsattes för uppvirvlande vatten. Den nedre positionen utsattes för en relativt mjuk direkträff och för nedströmmande vatten.

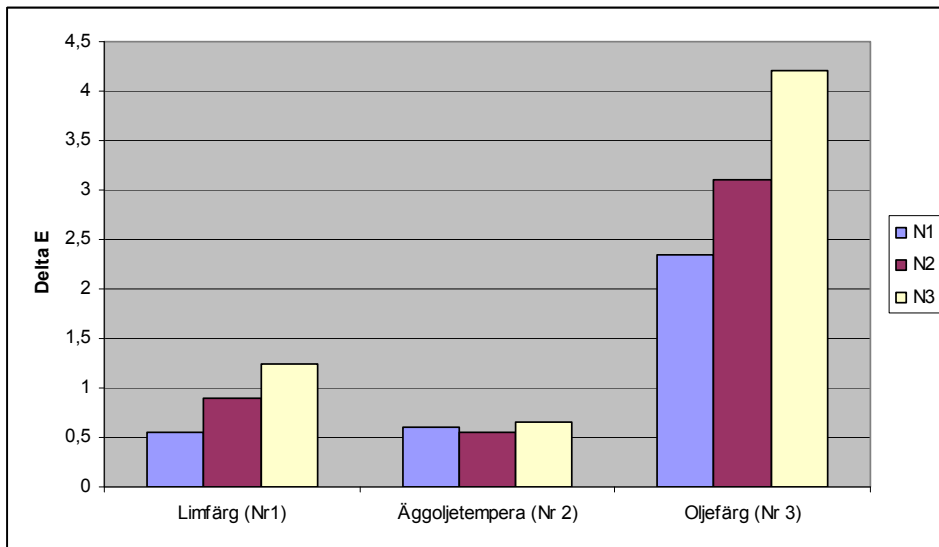
6.4 Visuell utvärdering och kulörmätning

Proverna visade inga drastiska förändringar så som flagnig eller sprickbildning vid den visuella utvärderingen. Däremot hade kulören på provkropparna med oljefärgen (Nr 3) mörknat i övre och nedre kant. Kvistar hade också framträtt på några av provkropparna med äggoljetempera (Nr 2). Dessa effekter kan ses i figur 20 och 21. Det är tydligt att den oavsiktliga beröringen av ett av limfärgsproverna i försök N2 förstörde ytan. Övriga limfärgsprover ser dock i princip oförstörda ut. Den mekanisk påverkan av samtliga tre sprinklersystem verkar ha varit så pass mild att den inte gjort att den uppblötta färgen spolats bort eller smetats ut under försöken.

ΔE (delta E) är ett mått på den totala kulördifferensen på ett prov. ΔE beräknas ur de enskilda färgkoordinaternas differenser. ΔE visar alltså den totala förändringen för färgkoordinaterna och inte förändringen av varje enskild koordinat. Ett ΔE större än 1-2 innebär vanligtvis en synlig förändring men det varierar dock mellan olika kulörer.

De kulörförändringar som uppmättes var relativt små men det går ändå att utläsa vissa tendenser. Figur 22 nedan visar att oljefärgen (Nr 3) är den färg som påverkades mest avseende kulörförändring. Detta kan troligen förklaras med att oljefärgen bleknade mycket vid åldringen och att den blekta och nedbrutna ytan då blev extra känslig för vatten, vilket medförde ökad kulörförändring vid vattenpåverkan. Slutsatsen är därför inte att oljefärg är känsligare för vatten än de två andra färgtyperna. Däremot har oljefärgsytan blivit extra vattenkänslig under åldringen, vilket gav utslag på kulören. Generellt

bekräftar kulörmätningarna den visuella bedömningen, inga drastiska förändringar har uppstått på någon av provkropparna.

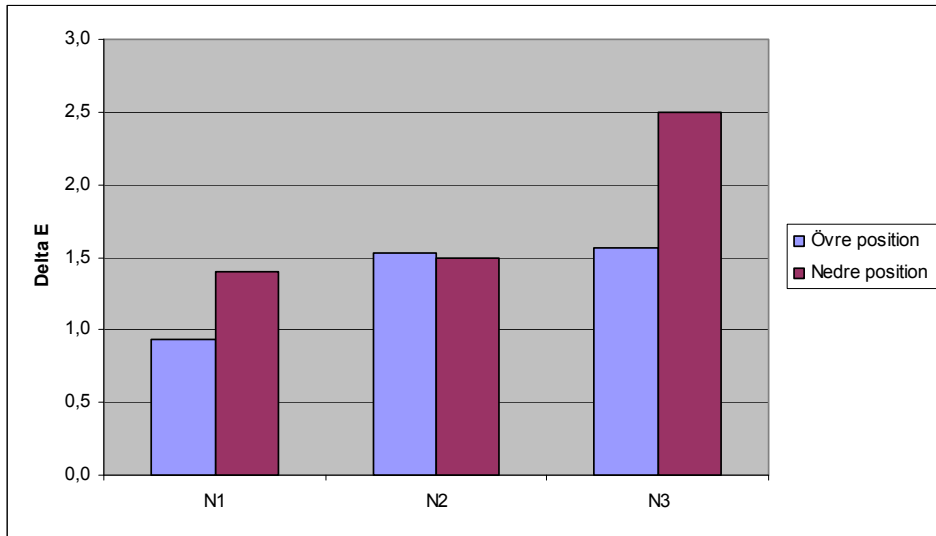


Figur 21 Medelvärden av den totala kulörförändringen ΔE för respektive färgtyp uppdelat på de olika försöken (N1, N2, N3). Oljefärgen (Nr 3) är den färg som kulörmässigt har påverkats mest vid försöken.

Vidare kan utläsas att provkropparna från Försök N3, vattendimma (högtryck), uppvisar störst kulörförändring för alla tre färgtyper, men det är generellt mycket marginella skillnader mellan samtliga tre system.

I figur 23 redovisas medelvärdet av den totala kulörförändringen ΔE för alla färgtyper inom respektive försök uppdelat på övre och nedre positionen. Resultaten visar att provkropparna som har suttit på den nedre positionen uppvisar större kulörförändring än de prover som har suttit på den övre positionen, förutom i försök N2 där kulörförändringen är i princip likadan för övre och nedre position.

Även om kulörskillnaderna är mycket små, närmast marginella, så följer de ett mönster som är värt att kommentera. För försöken N1 och N3 förefaller det logiskt att provkropparna i den nedre positionen uppvisar större kulörskillnader än de i den övre, eftersom mer vatten runnit över de nedre än de övre provkropparna. I försök N2 träffade allt vatten den övre delen av väggytan och rann sedan nedåt. Provkropparna har därför påverkats av i princip lika stor vattenmängd, vilket återspeglas i resultatet.



Figur 22 Medelvärde av den totala kulörförändringen ΔE för alla färger inom respektive försök uppdelat på övre och nedre positionen.

Det bör kommenteras att kulörförändringarna främst tros vara orsakade av eventuella kemiska förändringar i färgen och genomlysning av underlaget. Till viss del har resultaten påverkats av de kvistar som framträder på proverna.

7 Försök med autentiska provkroppar

7.1 Försök A1 - sprinkler

Sprinklern var placerad 1,50 m från väggen och vattentrycket var 5,0 bar.

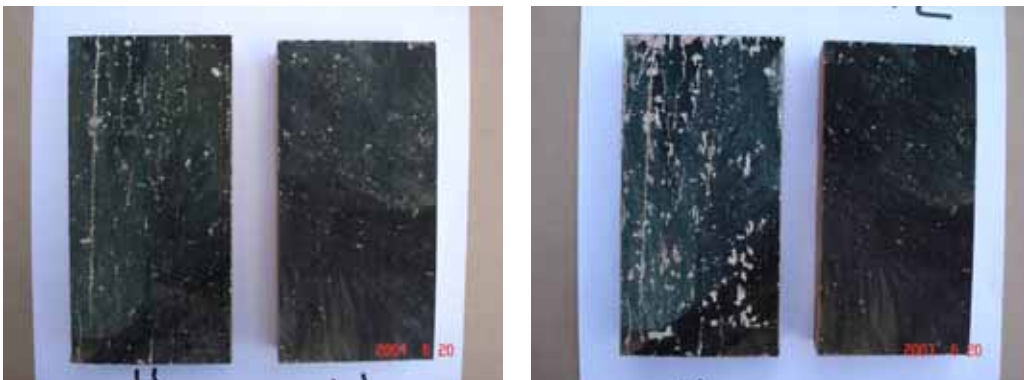


Figur 23 Försök A1 med sprinkler. Opåverkade (till vänster) och påverkade provkroppar. Provkropparna till vänster i respektive foto var placerade i den övre positionen.

Resultatet visar att båda provkropparna fått omfattande skador, både den underliggande krederingen och den rena träytan är synlig på stora delar. Något förvånande är att den övre provkroppen förefaller mer skadad, trots att den var placerad ovanför vattensprayens huvudsakliga träffbild. En förklaring kan vara att färgskiktet på den övre provkroppen uppvisade viss sprickbildning innan försöket och att den rent mekaniska påverkan av vattensprayen dessutom var större mot den övre provkroppen.

7.2 Försök A2 - vattendimma (lågtryck)

Munstycket var placerat 1,60 m från väggen och vattentrycket var 15,0 bar.



Figur 24 Försök A2 med vattendimma (lågtryck). Opåverkade (till vänster) och påverkade provkroppar. Provkropparna till vänster i respektive foto var placerade i den övre positionen.

Resultatet visar att den övre av provkropparna är mer skadad än den nedre. Även i detta fall uppvisade provkroppens färgskikt mer sprickbildning innan försöket, vilket sannolikt påverkat skadornas omfattning. Det bör observeras att detta var det försök där

allra minst vattenmängd träffade väggytan, endast 1,0 L/min och den mekaniska påverkan av vattenbegjutningen kan dessutom sägas vara liten, eftersom det mesta av vattnet träffade väggytans övre del och därefter rann nedåt.

7.3 Försök A3 - vattendimma (högtryck)

Munstycket var placerat 1,30 m från väggen och vattentrycket var 120 bar.

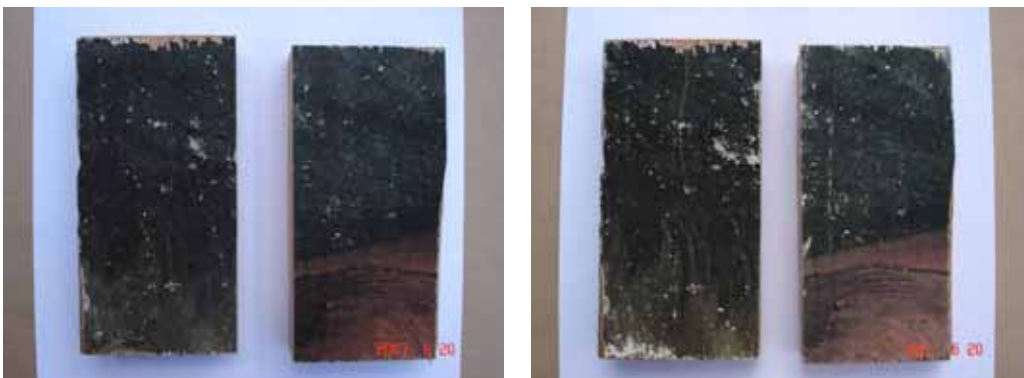


Figur 25 Försök A3 med vattendimma (högtryck). Opåverkade (till vänster) och påverkade provkroppar. Provkropparna till vänster i respektive foto var placerade i den övre positionen.

Resultatet visar att båda provkropparna är relativt skadade. Den övre av provkropparna är mer skadad än den nedre, trots att den inte utsatts för någon nämnvärd direkt påföring av vatten utan framförallt träffades av uppvirvlande vattendroppar. Den uppvisade dock mer sprickbildning innan försöket, vilket sannolikt har påverkat resultatet.

7.4 Försök A4 - vattendimma (högtryck)

Repetition av Försök A3.



Figur 26 Försök A4 med vattendimma (högtryck). Opåverkade (till vänster) och påverkade provkropparna. Provkropparna till vänster i respektive foto var placerade i den övre positionen.

Resultatet visar att skadorna är mindre omfattande än i det identiska Försök A3. I likhet med Försök A3 är den övre av provkropparna mer skadad än den nedre, trots att den inte utsatts för någon nämnvärd direkt påföring av vatten utan framförallt träffades av uppvirvlande vattendroppar. Men även i detta fall hade färgskiktet sannolikt mer ytdefekter redan innan försöket.

8 Diskussion

8.1 Spridningsbild och vätning

De tre munstyckena hade, förutom olika vattentryck och vattenflöde, helt olika spridningsbild. Sprinklern hade en spridningsbild som vätte de nedre två tredjedelarna av väggen. Munstycket för vattendimma (högtryck) hade en liknande spridningsbild, men mer vatten virvlade upp längs väggen ovanför träffytan. Munstycket för vattendimma (lågtryck) var helt annorlunda och uppenbart designat med en spridningsbild för effektiv kylning av brandgaslagret och för att väta den övre delen av en vägg.

Vad gäller vätningen av taket fanns också stora skillnader. Sprinklern vätte taket kraftigt i närområdet av sprinklern. Det beror på att en del av det vatten som träffar spridarplattan stänker tillbaka upp mot taket. Sannolikt minskar vätningen med minskande tryck och ökar med ökande tryck. Munstycket för vattendimma (lågtryck), som alltså var designat med en spridningsbild för effektiv kylning av ett brandgaslagret, åstadkom också kraftig vätning av taket. Munstycket för vattendimma (högtryck) hade en betydligt måttligare vätning av taket, även om en mindre yta runt sprinkler väts. Detta munstycke har minst spridningsvinkel av de tre provade. Däremot virvlade vatten upp i taket i närområdet av väggen.

Eventuellt kan vätningen av taket reduceras om sprinkler eller munstycke installeras ett stycke ned från takytan, men även detta borde utredas vidare.

8.2 Försök med nyttillverkade provkroppar

Till skillnad från försöken med de autentiska provkropparna är det sannolikt att de nyttillverkade provkropparnas inbördes egenskaper är betydligt mer likartade. En strikt jämförelse mellan de tre olika sprinklersystemens påverkan på de målade ytorna är därför bäst att göra baserat på dessa försök.

Däremot kan det diskuteras hur representativa de nyttillverkade provkropparna är med autentiska målningar, osäkerheter finns avseende exakt vilka ingredienser som användes förr, vi vet inte exakt hur ålder och miljö påverkar målningar, etc. Inte heller uppvisade färgen på provkropparna någon sprickbildning, något som förefaller ha påverkat försöksresultaten för de autentiska provkropparna. Det är därför svårt - för att inte säga omöjlig - att direkt översätta resultaten till verkliga förhållanden.

Efter försöken var provkropparna inte i något fall så skadade att den numrering som målats med schablon på ytan nämnvärt påverkats, den visuella påverkan var alltså relativt måttlig. De kulörförändringar som uppmättes var också relativt små men det går ändå att utläsa vissa tendenser. Kulörmässigt var oljefärgen den färgtyp som påverkades mest vid försöken, limfärgen och äggoljetemperan påverkades betydligt mindre. Detta kan troligen förklaras med att oljefärgen bleknade mycket vid åldringen och att den blekta och nedbrutna ytan då blev extra känslig för vatten, vilket medförde ökad kulörförändring vid vattenpåverkan. Slutsatsen är därför inte att oljefärg är känsligare för vatten än de två andra färgtyperna. Däremot har oljefärgsytan blivit extra vattenkänslig under åldringen, vilket gav utslag på kulören.

Limfärgen visade sig genom både kontaktvinkelmatning och de praktiska försöken vara den mest sugande färgen, men detta gav inte upphov till någon större kvarvarande kulörförändring efter torkning. Beröring av den uppblötta limfärgen ger dock uppenbara bestående skador.

Vidare kan utläsas att provkropparna från Försök N3, vattendimma (högtryck), hade störst kulörförändring för alla tre färgtyper, men det är generellt mycket marginella skillnader mellan samtliga tre system.

8.3 Försök med autentiska provkroppar

De autentiska provkropparna var hämtade från bitar av bemålade bräder från en numera riven 16 eller 1700-tals byggnad. Den dekorativa målningen är troligen tidigt 1700-tal och troligtvis ett limfärgsmålteri på en vattenlöslig kredering. Färgen analyserades med FTIR och jämfördes med de nytillverkade och åldrade proverna, men ett säkerställande av färgtyp är svår bland annat på grund av lågt innehåll av organiskt bindemedel och åldringseffekter.

Resultaten visar att provkropparna var mer eller mindre påverkade av vattenpåföringen. Störst var påverkan av sprinklern där 16,0 L/min träffade väggytan, det vill säga totalt 480 L under den 30 minuter långa varaktigheten. På en relativt stor yta av provkropparna blottades både den underliggande krederingen och den rena träytan.

Resultaten indikerar att det sannolikt fanns en skillnad i känslighet mellan de individuella provkropparna på grund av faktorer som sprickbildning och andra ytdefekter i färglagren, antal färglager, etc. En jämförelse mellan försöken A3 och A4 visar till exempel stora skillnader i påverkan, trots vattenbegjutning med samma system, vattendimma (högtryck).

Det står helt klart att även en relativt liten vattenmängd skadar känsliga ytor. I försöken med vattendimma (lågtryck) och vattendimma (högtryck) träffade 1,0 L/min respektive 2,2 L/min väggytan, alltså totalt 30 L respektive 66 L under den 30 minuter långa varaktigheten.

I praktiken är det troligt att en direkträff av vatten åsamkar större skador på grund av mer mekanisk påverkan. Denna teori kunde inte entydigt säkerställas i försöken med de autentiska provkropparna, eftersom det troligen var så stor individuell skillnad i känslighet.

Resultaten från försök A2 visar att även att rinnande vatten skadade provkropparna och resultaten från försök A3 och A4 att uppvirvlande vatten troligen också har en viss påverkan.

9 Slutsatser

Målsättning med det projekt som redovisas i denna rapport var att undersöka hur olika typer av färger påverkas av vattensprayen från både traditionell typ av sprinkler och den nyare typen av system med ”vattendimma”. Försöken kan anses vara orienterande eftersom det är mängder med parametrar; färgtyp, färgtjocklek, olika typer av sprinkler eller munstycken, olika fabrikat, avståndet från sprinkler till vägg, vattentryck, etc. som behöver undersökas för att få en fullständig bild av frågan.

Resultaten visar dock att även mycket små vattenmängder kan skada känsliga ytor, även om resultaten som förväntat pekar mot att högre vattenflöden bidrar till större påverkan.

En annan slutsats är att faktorer som sprickbildning och andra ytdefekter i färglagren, antal färglager, etc. har stor betydelse för hur stor skadan blir.

Resultaten accentuerar att det horisontella avståndet till väggar bör vara så stort att vätningen minimeras, men så pass kort att en brand i golvnivå, invid väggen kan dämpas. Se diskussion i kapitel 1.2 av rapporten. Försöken visar även att takytan i närområdet av en sprinkler eller ett munstycke av typen vattendimma kan utsättas för kraftig vattenbegjutning. Denna vätning är oerhört avhängigt hur munstycket är utformat, men borde tas i beaktande vid varje installation.

Slutligen bör understrykas att man i varje enskilt fall bör ställa sig frågan om man kan acceptera risken för en mindre vattenskada för att förhindra att en hel byggnad totalförstörs vid en brand. Som diskuteras i rapporten finns det systemtekniska lösningar för att reducera sannolikheten för att sprinklersystemet aktiverar oavsikligt.

Referenser

- 1 Arvidson, Magnus, "An overview of fire protection of Swedish wooden churches, Brandforsk project 500-061, SP Report 2006:42, SP Swedish National Testing and Research Institute, 2006
- 2 Jensen, Geir, "Water Mist Experience in Protecting Water Soluble Décor and Frangible Items", COWI AS, June 12, 2005.
- 3 Jensen, Geir, "Manual Fire Extinguishing Equipment for Protection of Heritage", Riksantikvarien, The Norwegian Directorate for Cultural Heritage, Oslo 2006.
- 4 Kerstin Karlsdotter Lyckman, "Färger, allmänt - Inledning", information hämtad från Materialguiden, www.raa.se/
- 5 SS-EN 12845:2002, "Fasta släcksystem – Automatiska sprinklersystem – Utförande, installation och underhåll", november 2004
- 6 "Standard for the Installation of Sprinkler Systems", NFPA 13, National Fire Protection Association, 2007 edition

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut utvecklar och förmedlar teknik för näringslivets utveckling och konkurrenskraft och för säkerhet, hållbar tillväxt och god miljö i samhället. Vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling. Vår forskning sker i nära samverkan med högskola, universitet och internationella kolleger. Vi är drygt 850 medarbetare som bygger våra tjänster på kompetens, effektivitet, opartiskhet och internationell acceptans.



SP är organiserat i åtta tekniska enheter och fyra dotterbolag.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

www.sp.se

Brandteknik

SP Rapport 2007:25

ISBN 91-7848-91-85533-75-0

ISSN 0284-5172

A Member of

 United Competence