

Lagning av revor i textilt målningsunderlag

Långsiktig stabilitet och karaktäristiska egenskaper hos adhesiv och metoder



Marie Rådesson

Uppsats för avläggande av filosofie kandidatexamen i
Kulturvård, Konservatorprogrammet

15 hp

Institutionen för kulturvård
Göteborgs universitet

2013:18

Naturvetenskapliga
fakulteten



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Lagning av revor i textilt målningsunderlag

Långsiktig stabilitet och karaktäristiska egenskaper hos adhesiv och metoder

Författare
Marie Rådesson

Handledare: Ingalill Nyström

Kandidatuppsats, 15 hp
Konservatorprogram
Läsåret 2012/13

UNIVERSITY OF GOTHENBURG
 Department of Conservation
 P.O. Box 130
 SE-405 30 Goteborg, Sweden

www.conservation.gu.se
 Ph +46 31 786 4700
 Fax +46 31 786 4703

Program in Integrated Conservation of Cultural Property
 Graduating thesis, BA/Sc, 2013

By: Marie Rådesson
 Mentor: Ingalill Nyström

Tear Mending in textile painting support

Longterm stability and characteristic properties of adhesive and methods

Abstract

The purpose of this thesis is to examine how adhesives and methods used for tear mending affects the painting and the textile support in the long term. The aim is to create a greater understanding of the adhesives and the methods used and also to highlight their individual qualities and character. The central questions in the study are: How do the adhesives and methods work and what qualities are needed in an adhesive for tear mending? How stable are the methods and adhesives in long-term? How should bridging be designed to get the best results? Do the various methods require different types of adhesives?

Two tear mending methods, tread-by-tread tear mending and bridging, are studied and compared. The adhesives tested for tear mending are Evacon-R, Plextol D 360 and Bind-flex 1161. The long-term stability of the two different tear mending methods and the adhesives were tested by exposing samples to heat and in that way accelerate the aging. Tensile strength of the samples was tested. The solubility of the adhesives were tested and studied before and after the accelerated aging process. The results shows that tread by tread tear mending affect the canvas structure less then bridging but it gives a weaker mending. Therefore it requires a strong adhesive. Plextol D 360 was the weakest among the adhesive but it showed a good solubility. Bind-flex was the strongest adhesive but also the most yellowing over time which indicates instability. Evacon-R showed good results, none yellowing and strong, the solubility test indicates that Evacon-R gets less soluble by aging.

Title in original Language: Lagning av revor i textilt målningsunderlag: långsiktig stabilitet och karaktäristiska egenskaper hos adhesiv och metoder.

Language of text: Swedish

Number of pages: 39

Keywords: Tears, mending, conservation, Evacon-R, Plextol D 360, Bind-flex 1161, bridging, Tread- by-tread

ISSN 1101-3303

ISRN GU/KUV—13/18--SE

Förord

När jag läste igenom flera äldre kandidatuppsatser för att ta reda på vilka ämnen som behandlats tidigare och förhoppningsvis få uppslag till ett eget ämne hittade jag uppsatsen *Adhesiver för sammanfogning av revor på duk* skriven 1994 av Per Borglin. Det var ett ämne som intresserade mig och författaren hade själv föreslagit hur man skulle kunna gå vidare med studien, till exempel genom att också undersöka effekten av så kallade trådbryggor. Jag fastnade för idén men hade också egna ingångar i ämnet. Under min praktikperiod fick jag tillfälle att jobba mycket med lagning av revor, det väckte vidare frågor och funderingar kring tekniker och material. Borglins uppsats skapade flera frågor som kanske kan besvaras genom att gå vidare där den avslutats och delvis utforma studien på ett annorlunda sätt. Arbetet med uppsatsen har varit givande och gett mig möjlighet att djupdyka i ett ämne som väckt mitt intresse. Det har på flera områden ökat min förståelse för samspelat mellan material. Med förhoppningen om att även du som läsare ska komma till nya insikter önskar jag dig trevlig läsning.

Jag vill passa på att tacka de som hjälpt mig att styra uppsatsen i rätt riktning. Till att börja med vill jag tacka min handledare Ingalill Nyström som varit positiv till ämnet från starten och varit till stor hjälp under arbetets gång. Jag riktar också ett stort tack till Jonny Bjurman vid institutionen för kulturvård som med intresse och engagemang tagit sig tid att hjälpa mig i samband med det accelererade åldrandet och vid mätningen av pH-världen. Hjälpsamma och kunniga Malin Borin vid Göteborgs konstmuseum förtjänar också att tackas för bra synpunkter och hjälp i sökandet efter produkter till den experimentella delen. Tack också till Erik Stenvall, doktorand vid institutionen för Material- och tillverknings teknik på Chalmers tekniska högskola. Till sist vill jag också tacka mina kloka medstudenter på konservatorsprogrammet, som kommit med tips, synpunkter under arbetet.

Innehållsförteckning

Kapitel 1. Inledning	11
1.1. Bakgrund	11
1.2. Syfte	11
1.3. Frågeställningar	11
1.4. Tidigare forskning	11
1.5. Uppsatsens teori och metod	12
1.6. Avgränsningar och urval	13
1.7. Disposition	14
Kapitel 2. Lagning av revor – metoder och utveckling	15
2.1. Vad är en reva?	16
2.2. Moderna metoder för lagning av revor.	17
2.3. Sammanfattning metoder.	20
Kapitel 3. Centrala egenskaper hos syntetiska adhesiv för lagning av revor	21
3.1. Adhesiver för lagning av revor	23
3.2. Evacon-R	23
3.3. Plextol D 360	24
3.4. Bind-flex 1161	24
Kapitel 4. Tester på simulerade lagningar	25
4.1. Adhesiv- och lagningsprover	25
4.2. Mätning av pH.	27
4.3. Artificiellt åldrande	27
4.4. Resultat av okulär besiktning efter accelererat åldrande	28
4.5. Löslighetstest	29
4.6. Resultat av löslighetstest med icke åldrade adhesiver	30
4.7. Resultat av löslighetstest med artificiellt åldrade adhesiver	30
4.8. Draghållfasthetstest	31
4.9. Resultat av draghållfasthetstest	32
Kapitel 5. Slutledning	33
5.1. Felkällor och variabler	33
5.2. Diskussion	33
5.3. Slutsats	35
Kapitel 6. Sammanfattning	36
Käll- och litteraturförteckning	37
Bild- och tabellförteckning	39
Bilaga 1. Lagningsprover	
Bilaga 2. Diagram över draghållfasthet för Bind-flex 1161	
Bilaga 3. Diagram över draghållfasthet för Evacon-R	
Bilaga 4. Diagram över draghållfasthet för Plextol D 360	

Kapitel 1. Inledning

1.1. Bakgrund

I dagsläget är det allmän praxis att så långt det är möjligt undvika lamineringar. Men det finns en osäkerhet kring hur mycket olika metoder för lagning av revor verkligen kan bära. Det är därför intressant att kartlägga egenskaperna hos de vanligaste lagningsmetoderna. Förhoppningsvis kan det underlätta valet av metod och göra det lättare att avgöra när laminering är nödvändigt. Inom svensk konservering och i litteratur förekommer huvudsakligen två metoder. Den ena är den som i engelsk litteratur omnämns som *thread-by-thread tear mending*, vilket innebär att man åter flätar samman duken och limmar ihop varje tråd för sig. I Sverige finns inget vedertaget begrepp för metoden, i den här studien kommer metoden kallas för trådflättningsmetoden. Den andra metoden innebär att revan på ett rationellare sätt försluts genom att lim placeras i fogen. Därefter förstärks lagningen med så kallade trådbryggor. Det är små trådar som fästs med adhesiv tvärs över revan. Det är också relevant att undersöka hur olika adhesiver fungerar för ingreppet. Därför kommer lagningarna att undersökas i relation till tre olika adhesiver.

1.2. Syfte

Syftet med uppsatsen är att undersöka hur adhesiv och metoder som används för att laga revor i textila målningsunderlag påverkar målningen och revan i ett långsiktigt perspektiv. Uppsatsen syftar också till att skapa en djupare förståelse för adhesivens och metodernas individuella egenskaper och karaktär. Uppsatsen utförs främst i lärande syfte men förhoppningen är att den också ska kunna bidra till ökad förståelse hos läsaren.

1.3. Frågeställningar

De centrala frågeställningarna är:

- Vilka för- och nackdelar finns det med metoderna och hur påverkar de duken?
- Lämpar sig olika adhesiver olika väl för olika metoder?
- Vad krävs av ett adhesiv för lagning av revor?
- Hur fungerar adhesiven och metoderna i ett långsiktigt perspektiv?
- Hur ska trådbryggor utformas för att uppnå bästa hållfasthet, även i ett långsiktigt perspektiv.

1.4. Tidigare forskning

En betydande källa har varit *Adhesives for Thread-by-Thread Tear Mending in Torn Fabric-Supported Paintings*, från CCI.¹ Där beskrivs tester som utförts på en stor mängd adhesiver för trådflätning. Adhesiven testades enbart för limning av enskilda polyester- och linnertrådar, dvs. inte som en del av en väv. Det innebär att metoden trådflätning i egentlig mening inte testades, snarare testades fogtypen som metoden ger. Proverna utsattes för accelererat åldrande med hjälp av värme och varierad luftfuktighet. Efter en rad tester och gallringsprocesser visade sig Mowilith D50, Evacon-R, Lineco och två typer av störlimsblandningar vara de adhesiv som uppvisade bäst hållfasthet. De var också lämpliga utifrån övriga konserveringsaspekter. CCI har också gjort betydelsefulla tester av adhesiver för konserveringsändamål.² I en rapport beskrives ett testprogram som utarbetats för att utvärdera adhesiver utifrån olika önskvärda och icke önskvärda egenskaper. Nicolaus har beskrivit metoder för lagningar av revor och generell strukturell konservering i *Handbok för restaurering av målningar*.³ Nicolaus berättar också om förgrundsgestalten för *thread-by-thread tear mending*, Gabler. Tyvärr har ingen originaltext av Gabler kunnat

¹ Adhesives for Thread-by-Thread Tear Mending in Torn Fabric Supported Paintings, 2011

² Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute, 1992

³ Nicolaus, 2001

användas då de är skrivna på tyska och kan vara svåra att få tillgång till. Men flera av källorna refererar till hans texter. Däribland Rose och Sauerberg som i sitt referat från en workshop 2002 också beskriver efterföljaren Heibers viktiga arbete med tekniken. Heiber är professor vid *The Academy of fine Arts i Dresden*, han har under åren hållit flera workshops och föreläsningar om trådflättningsmetoden.⁴ Under arbetet med uppsatsen har återkoppling till kandidatuppsatsen *Adhesiver för sammanfogning av revor på duk* gjorts.⁵ I den uppsatsen ingick följande adhesiver, Araldit, Cascol trälim 3304, Mowilith 0540 S, Paraloid B72, Plexigum P24 och Polyamid svetspulver nr 5060. I studien testades adhesiven dels utifrån sin förmåga att hålla samman en svetsad reva utan trådbryggor dels utifrån sin förmågan att hålla revan plan. I båda fallen utvärderades adhesiven efter artificiellt åldrande med värme. Av de testade adhesiven visade sig de båda Polyvinylacetatbaserade adhesiven bäst lämpade för ändamålet. Innehållet i den tidigare forskningen kommer löpande att presenteras mer ingående i texten.

1.5. Uppsatsens teori och metod

När det gäller aktiva konserveringsingrepp finns det flera riktlinjer och yrkesetiska regler att förhålla sig till som konservator. En av de källor som utgör grunden för uppsatsens teoretiska referensram är E.C.C.O. Professional Guidelines (II) Code of Ethics som fastställdes av European Confederation of Conservator-Restorers Organisations i mars 2003. Artikel 8 och 9 har en konkret koppling till de moment uppsatsen behandlar. Artikel 8 handlar om *minsta möjliga åtgärd* och säger att konservatorn ska betänka alla aspekter av *preventiv konservering* innan aktiva ingrepp utförs på objektet. Ingreppet ska dessutom begränsas till bara det nödvändiga. Artikel 9 säger att konservatorn endast ska använda material och tillvägagångssätt som, enligt beprövad kunskap inte ska skada vare sig det kulturella arvet, miljön eller människor.⁶ I Contemporary theory of Conservation för Muñoz Viñas ett resonemang kring begreppen reversibilitet, återbehandlingsbarhet och ”*minsta möjliga åtgärd*”. Muñoz Viñas tankegångar utgör en viktig hållpunkt i uppsatsens teoretiska referensram. Han skriver att reversibilitet är ouppnåeligt i praktiken. Han menar att ursprungstanken i principen ”*minsta möjliga åtgärd*” pekar i samma riktning, men dragen till sin spets snarare står i direkt motsats till reversibiliteten. Det beror på att om ett ingrepp verkligen var reversibelt skulle man inte behöva hålla sig till ”*minsta möjliga åtgärd*”. Därför vinner begreppet ”*minsta möjliga åtgärd*” mark i spåren av misslyckanden med att utveckla och använda reversibla metoder. Trots detta används ofta båda begreppen för att nå samma mål. Vidare menar Muñoz Viñas att principen för ”*minsta möjliga åtgärd*” måste stå i relation till konserveringens mål, annars skulle det innebära att ingen åtgärd utfördes.⁷ När vi idag använder polymererbaserade produkter inom konservering ser vi framför oss att materialen ska fungera och vara stabila under minst 20, gärna 100 år framåt.⁸ Men man bör betänka att i relation till vilka krav på livslängd som ställs på samma produkter i övriga samhället kan idén vara hisnande. Horie menar dock att man inom de flesta områden inom konservering måste vara beredd på att alla påförda material nån gång måste tas bort och ersättas. Ett område där vi ofta har lättare att acceptera det, är fernissor som vi vet måste bytas ungefär vart hundra år. Vilka krav vi ställer på en viss produkts livslängd är helt beroende på vilket ingrepp den ingår i.⁹ Ett material som används som fernissa förväntas som tidigare antytts ha en livslängd på ca 100 år; medan ett material som används för kittning kanske har helt andra krav på sig. Produkter som används för lagning av revor bör ha relativt höga krav på långsiktig stabilitet. Eftersom ingreppet är komplicerat, kan skapa stress och involverar hela måleriets uppbyggnad måste såväl metod som material ha en god långskiktig stabilitet.

⁴ Rose & Sauerberg, 2002

⁵ Borglin, 1994

⁶ E.C.C.O. Professional Guidelines (II) Code of Ethics, 2003

⁷ Muñoz Viñas, 2005, s. 188 ff.

⁸ Horie, 1987, s. 37

⁹ Ibid.

De adhesiv som används bör alltså motsvara följande krav, de ska inte ha skadlig påverkan på originalmaterialet, vara miljöfarliga eller hälsoskadliga, de ska gå lätt att avlägsna. Metoder och material bör inverka på objektet så lite som möjligt. Ingreppen bör också begränsas till så små ytor som det är möjligt förutsatt att de ändå kan åstadkomma nödvändig hållfasthet. Därför är avväganden mellan lagning av enskilda revor och hel laminering central.

Uppsatsarbetet har delats in i två huvudsakliga delar. Den ena innefattar litteraturstudier som ett första skedet tjänade till att samla information för att möjliggöra ett relevant urval av lagningsmetoder och adhesiv, samt att orientera och definiera arbetet i relation till tidigare forskning. Den andra delen innefattade förberedande och genomförande av den experimentella delen. I den experimentella delen skapades artificiella revor i opreparerad linneduk. På dessa utfördes lagningsprover med de olika metoderna och de olika adhesiven. Parallellt med utförandet av den experimentella delen genomfördes en mer djupgående litteraturstudie som behandlade egenskaper hos adhesiver, främst de för experimentet utvalda. De valda metoderna granskades, såväl utifrån utförande som historik och egenskaper. Även litteratur om etiska förhållningssätt och artificiellt åldrande togs fram.

1.6. Avgränsningar och urval

Studien har sin utgångspunkt i ovan nämnda kandidatuppsats från 1994¹⁰, därför har fokus legat på att under arbetet, i avgränsning och urval förhålla studien till den. Strävan har varit att ta vid där den har sina avgränsningar och behandla det den utelämnar men också att samspråka med den och annan forskning i området. Grundtanken med den experimentella delen var tidigt att gå vidare med de adhesiv som visade sig bäst lämpade i studien från 1994 men också att lägga till ytterligare adhesiver utifrån en litteraturstudie. Då de båda adhesiven som visade sig bäst lämpade i ovan nämnda studie var PVAc-baserade utsågs i det här fallet endast en representant för PVAc-limmen. Detta för att få ett bredare urval i denna studie. Valet föll på bokbindarelimmet Bindflex 1161 som inte förekom i Borglins studie men valdes ut eftersom det idag har börjat användas flitigt till lagning av revor i Sverige. Utanför Sverige är det osäkert i vilken utsträckning adhesivet används. Från en djupare litteraturstudie hämtades Evacon-R. Det används idag i liten utsträckning inom svensk målerikonservering, men de goda resultaten i en rapport från CCI gör det intressant att undersöka vidare för detta område. I samma rapport förekommer även fyra Plextol-limner.¹¹ Deras egenskaper skiljer sig mycket från de limmer man normalt förknippar med lagning av revor. Av den anledningen kändes det intressant att studera någon av dem närmare. Det första valet var plectol B 500 men på grund av praktiska omständigheter utfördes testen senare med Plextol D 360.

Det slutgiltiga urvalet bestod av tre adhesiv, Bind-flex 1161, Plextol D 360 och Evacon-R. Förhoppningen är att dessa tre ska ge bredd åt studien genom sina olika sammansättningar. De ger också en möjlighet att studera om och hur adhesivens pH påverkar duken, eftersom de valda adhesiven har skilda pH-värden från surt till basiskt. Testerna utförs på opreparerad linneduk vars pH har uppmätts till ca 6,9 i studien. Metoder och adhesiv kommer i störst utsträckning relateras till just linneduk även i den del av uppsatsen som baserar sig på litteraturstudier. Två metoder för lagning av revor kommer att granskas i den experimentella delen, kapitel två kommer även att behandla andra metoder och tänkbara variationer.

Åldrade prover simuleras med hjälp av värmeugn. Accelererat åldrande i värme valdes eftersom adhesiver för lagning av revor sällan kommer i kontakt med ljus då de applicerats på ett objekt. Tiden för åldrandet bestämdes till ca 4 veckor för att ligga inom uppsatsens tidsram men det är

¹⁰ Borglin, 1994.

¹¹ Adhesives for Thread-by-Thread Tear Mending in Torn Fabric Supported Paintings, Demuth et. al. 2011, s 17 f.

svårt att veta vad det motsvarar i verkligt åldrande. Det hade varit av intresse att även studera hur proverna reagerade på fukt eller fluktuerande RF i samband med värmen, det var tyvärr inte möjligt inom den givna tidsramen och med tillgängliga resurser.

1.7. Disposition

Efter denna inledande del följer två kapitel som helt baseras på litteraturstudier, så som konserveringslitteratur med fokus på metoder, forskningsrapporter kring metoder och produktinformation. Studiens andra kapitel fokuserar på konserveringsmetoder, både den historiska utvecklingen och dagens tekniker. Kapitlet innehåller en redogörelse för de två tekniker som granskas närmare i den fjärde delen. I det tredje kapitlet beskrivs de egenskaper som är avgörande för funktionen hos de adhesiver som används till lagning av revor. Sedan presenteras de tre adhesiver som undersöks i det fjärde kapitlet. Som tidigare antytts innehåller den fjärde delen empiriska studier av metoder och adhesiver. Med den långsiktiga stabiliteten i fokus utvärderas olika egenskaper. Adhesivens och dukens pH presenteras efter mätningar med yt-pH-meter. Provernas löslighet/reversibilitet och draghållfasthet undersöks efter att de utsatts för accelererat åldrande. I det femte och avslutande kapitlet presenteras olika variabler och felkällor som kan ha påverkat resultaten. Därefter diskuteras studiens resultat och till sist de faktiska slutsatser studien bidragit till.

Kapitel 2. Lagning av revor – metoder och utveckling

I detta avsnitt beskrivs utvecklingen från generella strukturella konserveringsingrepp, där lagning av revor ingår, till dagens förfinade ingrepp för strukturell konservering. Eftersom terminologin bitvis är invecklad avslutas kapitlet med en sammanfattning av de centrala metoderna.

En bra bit in på 1900-talet lagades revor och försvagade dukar med vävlappar, impregnering av duken eller dubblering av hela målningen.¹² Dubbleringar genomfördes för att avhjälpa en mängd olika skador, t.ex. deformationer i duken, revor, slitna och smala omvickningskanter, spröda dukar och skiktseparation. Under senare delen av nittonhundratalet började kritiska röster höjas mot uppfostringsmetoder. 1974 hölls en betydande konferens med namnet *Greenwich Conference on Comparative Lining Techniques*. Genom att titta på och dokumentera skadebilder och negativa effekter hos tidigare behandlade objekt kom man till en viktig brytpunkt i synen på dubbleringar. Möjligen kan den förändrade synen på ingreppets påverkan härledas till den mer akademiska utbildningen av konservatorer som här börjar få genomslag. Det var viktigt att man började se de enskilda problemen och utveckla metoder för de olika skadorna. Lamineringar och konsolideringar utvecklades från denna brytpunkt som två helt separata ingrepp. Skiktseparering konsoliderades och svaga dukar stabiliserades genom laminering som anses skonsammare än dubblering då bindemedelstillförseln är mindre. Många av de tillfällen då man tidigare valde att dubblera målningar på grund av deras svaga kanter ersattes också med det separata momentet kantförstärkning. Revor som också utgjorde en vanliga anledning till dubblering eller laminering började man nu också att utveckla lämpliga separata moment för. På så sätt minskade användningen av den tidigare universalmetoden dubblering då den började ersättas med flera separata och välanpassade ingrepp.¹³

Laglappar eller vävlappar har historiskt sett varit flitigt använt för att stabilisera lokala skador som till exempel hål, revor eller deformationer i duk. Laglappar är fyrkantiga tygstycken som klippts ut för att med några centimeter överlappa det skadade området storlek. För att få en mjuk övergång vid laglappens kanter kunde man ibland repa upp dem så att bara trådar i en riktning återstod den yttersta centimetern. Tyger som hade en liknande struktur och var av samma material som det ursprungliga underlaget lämpade sig väl för ingreppet, men man använde det man hade, ofta spillbitar eller gamla dubbleringsdukar. Laglapparna fästes mot dukens baksida med olika adhesiver så som animaliskt lim, vaxhartsblandning, blyvitt(ofta rivet i olja), stärkelseklister, grunderingsmassa eller syntetlim. Idag har många av dessa lagningar skadat och deformerat målningarna. Till en början trodde man att lagningsmetoden i sig gav upphov till skadebilden men senare undersökningar pekar på att valet av adhesiv var avgörande menar Nicolaus.¹⁴ Adhesiver som reagerar på omgivande fukt, som exempelvis Animaliskt lim, verkar i större utsträckning ha bildat spänningar i materialen och på så sätt gett upphov till skador. Blyvitt började användas omkring 1830 och dessa laglappar är idag nästintill omöjliga att avlägsna. Vaxhartsblandningarna användes som häftmedel för laglappar från nittonhundratalets mitt. Dessa verkar inte ha påverkat målningarna negativt. Bland de senare syntetiska limmen var PVAc och Beva vanliga för ingreppet.¹⁵ Petéus hävdar däremot att alla målningar som lagats med vävlappar fått genomslag i bildskiktet, delvis relaterat till de använda adhesiven men också till följd av mot-sättningar i materialen.¹⁶

¹² Nicolaus, 2001, s.105

¹³ Hackney, 2004, s. 3-5

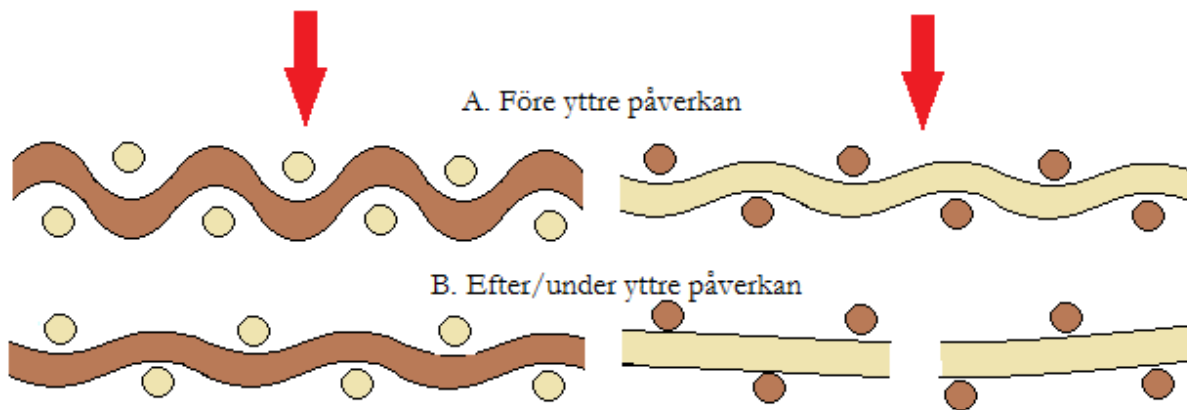
¹⁴ Nicolaus, 2001, ss. 105-107, 123.

¹⁵ ibid

¹⁶ Petéus, 1985, s. 33

2.1. Vad är en reva?

Revor är långsgående skador i väven som uppkommit av kraftiga spänningar eller töjningar av duken, vanligt på äldre, spröda dukar. Liknande skador kan också uppkomma till följd av kraftig lokal belastning mot textilunderlaget, ofta någon form av stötskada. Olämplig hantering, upphängning eller förvarings är tänkbara orsaker. Revor skiljer sig från hål genom att inget eller obetydligt lite material i duken saknas. Området för skadan har ofta deformerats på grund av inre eller yttre krafter, statusen kan variera genom en rad omständigheter.¹⁷ Vissa kraftiga deformationer som kan vara svåra att återställa går att härleda till yttre krafter. När något trycker mot målningen brister normalt inslaget först medan varpen rätas och dras ut. Det beror på att varpen ligger vågigare i duken än inslaget. Dessa deformationer beror därför ofta på att varpen fått en planare sträckning än den hade, se figur 2. Ytterligare en deformationsorsak beror på inre spänningar och kan till exempel leda till krympning av duken. En sådan deformation som pågått under flera år är mer svårbehandlade än den ovan beskrivna eftersom de kan innebära att materialet inte räcker till för att laga revan trots att inget material saknas.¹⁸ En reva skapar ojämna spänningar i uppspända målningar. Normalt är spänningen jämt fördelad på dukens alla trådar. När trådar i en målning brister, fördelas den spänning de tidigare uppburit på de närmaste trådarna vid sidan om revan. I det området finns det man kallar *spänningskoncentration*, vilket innebär en lokalt ökad påfrestning, se figur 3. Det exakta värdet på den påfrestningen kan man räkna ut med formeln $S(1+2(L/r)^{0,5})$ =spänningskoncentration. S står för den normala spänningen i området. L ska motsvara revans längd och r står för radien vid revans ände. Radien avser här kurvradien, vilken är den samma som radien hos en cirkel som matematiskt bäst passar mottet vid revans ände. Eftersom radien i änden av en reva är mycket liten genererar det enligt formeln en stor spänningskoncentration vid sidan om revan. Det ligger kanske inte inom ramen för konservatorsyrket att beräkna spänningskoncentration men formeln är ändå intressant. Ur den kan vi utläsa att en vidare reva skapar mindre spänningar än en smal. Längre revor och hårdare spänning av hela duken ökar spänningskoncentrationen och därmed risken att revan utvidgas. Så länge duken inte spänns ytterligare är risken för utvidgning dock liten, den motverkas också av färgfilmen.¹⁹



➔ Yttre kraft

● Varp

● Inslag

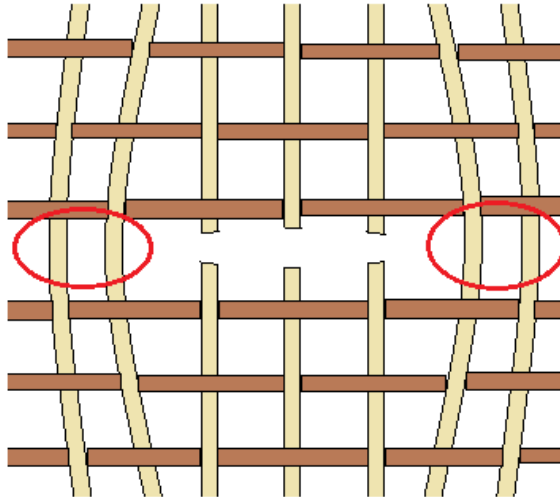
Figur: 2

Bilden visar i genomskärning vad som händer med varpen respektive inslaget när en yttre kraft trycker mot duken. Bilden till vänster visar hur varpen, som normalt ligger vågigare, sträcks ut. Bilden till höger visar hur inslaget, som redan är relativt sträckt spänns ytterligare och brister.

¹⁷ Nicolaus, 2001, s. 105

¹⁸ Tomkiewicz, Scharff, & Levenson, 2012, ss. 389-390

¹⁹ Berger & Russell, 1993, ss. 113-115



Figur 3:
Bilden visar hur duken påverkas när en reva bildas. De två röda ringarna visar områden med förhöjd belastning. I dessa områden talar man om spänningskoncentration.

2.2. Moderna metoder för lagning av revor

Det första steget man bör gå igenom inför lagning av en reva är att säkra färgfilmen runt revan, där sitter flagor ofta bara fast i enstaka fibrer. Dessa behöver fästas med adhesiv vid underlaget så att de finns kvar efter ingreppet och är möjliga att återgå till i samband med kittning och retuschering.²⁰

De flesta mindre revor kan lagas med små ingrepp utan att lossa målningen från spänramen. Större revor som uppgår till omkring hälften av målningens storlek kan kräva någon form av stödduk. Det är viktigt att området runt revan plangörs innan lagningen påbörjas. Plangöringen utförs lokalt vid revan med hjälp av tyngder, värmespatel och fuktat läskpapper. Det är viktigt att trådarna vid revan är ordnade och att de når varandra vilket möjliggör en precis sammanfogning.²¹ Det är också möjligt att fixera trådarna med till exempel metylcellulosa för att underlätta den slutgiltiga nedfästningen av dem.²² I vissa fall kan man efter plangöring märka att duken deformerats så att kanterna längs revan överlappar varandra. Det kan då bli nödvändigt att skära bort den överlappande delen med skalpell för att i slutändan åstadkomma en jämn nivå på sammanfogningen. Det kan också visa sig att revan har utsatts för spänningar som gör att revans kanter inte går att lägga samman. I de flesta fall kan man töja ut området kring revan genom att försiktigt bearbeta det med fukt. Man kan minska påfrestningarna på målningen under ingreppet genom att utföra det i en fuktkammare som gör hela målningen mer följsam.²³ Professor Heiber vid *The Academy of Fine Arts i Dresden* anser i motsats till många andra att fukt inte får användas för att plangöra eller få ihop revor. Glipande revor anser han att man i det flesta fall kan få ihop med hjälp av vikter och nålar.²⁴ Heiber får medhåll från Berger och Russell²⁵ som menar att man i möjligaste mån bör undvika fukt eftersom det kan leda till krympning. De menar att man lättast för samma revor genom att lägga målningen på en plan yta som täckts med ett silikonbelagt papper. Här menar de troligtvis att målningens yta ska glida lätt på silikonpappret så att det blir lättare att föra materialet mot den riktning man vill ha det.

²⁰ Rose & Sauerberg, 2002, s. 39

²¹ Hackney, 2004, s. 5

²² Petéus, 1985, s. 34

²³ Nicolaus, 2001, s.105

²⁴ Rose & Sauerberg, 2002, s. 39

²⁵ Berger & Russell, 1993, s. 115

I vissa fall kan det vara lämpligt att ta hjälp av verktyg som är speciellt utformade för att på ett skonsamt sätt kunna töja ut målningens underlag. En av de vanligaste redskapen för detta är så kallade *treckers*. En trecker är en metallkonstruktion som spänns fast på ramen som en tving. Det gör att man kan arbeta utan att behöva lossa spännramen, beroende på hur prydnadsramen ser ut kan det till och med vara möjligt att låta den sitta kvar under behandlingen. Ingreppet sker med målningens framsida ner och treckern placeras på båda sidor av ramen, längs med revan. Flera bokbindartrådar fästa i treckern hålls sträckta parallellt med duken och fästs intill revan på motsatt sida med tygremsor och bevafilem. Beroende på hur revan ser ut så fästs remsor parallellt eller vinkelrätt mot revan. Trådarna är anslutna till skruvar som gör det möjligt att gradvis spänna dem. Revan dras sedan samman under bevakning i mikroskop, det måste göras långsamt och över en längre tid så att den komplext sammansatta målningen får tid att anpassa sig. Om den typ av svårbehandlad deformation av varpen som beskrivs i ett tidigare stycke har uppstått kan man försöka kompensera för de förlängda varptrådarna genom att dra samman revan mer än ursprungligt, det förutsätter naturligtvis att färgfilmen inte är bevarad närmast revan. Flera konstruktioner som bygger på treckerns funktion har konstruerats och fått olika stort genomslag.²⁶

Ibland kan man se äldre lagningar där revor har sytts ihop. Man har då ofta använt grova nålar och tjock tråd. Detta gav i längden sällan tillfredställande resultat. 1992 introducerades en metod för att sy ihop revor med kirurgnålar vilket tycks ha gett goda resultat. Beltinger som skrev om metoden använde sig av en tunn nylontråd. Tråden fästs på lagom avstånd från revan och sy därefter vinkelrätt tvärs över revan, över och under vävstrukturen (likt en flätning). Tråden hakas fast med en knut när man dragit igenom tråden tillräckligt långt från revan för att säkra området. Därefter upprepas samma procedur vid sidan om den första tills man säkrat hela revan. Lagningen avslutas med att trådändarna vävs in och eventuellt limmas fast.²⁷ Metoden kan liknas vid den metod som används för lagning av revor eller bristningar inom textilkonservering. Då tillämpas läggsöm som innebär att långa stygn placeras parallellt tvärs över revan och avslutas en bit ifrån skadan för att säkra området. De långa stygnen hålls nere med korta stygn som placeras tvärs över de längre med jämna mellanrum.²⁸ Vid lagning av textilt målningens underlag får istället väven själv fungera som de kortare stygnen som håller nere sömmen mot underlaget.

I det följande stycket kommer olika termer för metoder och deras olika definitioner att studeras närmare. Terminologin kan inom vissa delar av konservering vara något vag och det är svårt att likställa betydelsen inom olika språk. När det gäller just lagning av revor finns flera termer med oklar betydelse. Därför presenteras här olika författares uppfattningar efter varandra. Därefter följer en sammanfattning där termerna separeras och definieras utifrån de uppfattningar som framkommit.

Nikolaus skriver om **limning av reva** som i sin vidaste bemärkelse innebär att man sammanfogar revan med ett bindemedel, ”limning” fungerar då som ett samlingsbegrepp. Metoden innebar från början att trådarna längs revans kanter tvinnades upp, åter flätades samman och limmades ihop med animaliskt lim eller naturharts. På 1960-talet kunde man till följd av de syntetiska bindemedlens utveckling börja rationalisera processen. Det innebar att man droppade ner lim i revan från baksidan, täckte fogen med skyddande plast och placerade en tyngd över. Efter torkningen återstod ett syntetiskt ilägg som fyllde upp revan och band samman kanterna.²⁹

²⁶ Tomkiewicz, Scharff, & Levenson, 2012, s. 386 ff.

²⁷ Nicolaus, 2001, ss. 108, 112

²⁸ Lagnesjö, 1997 [s.44-47]

²⁹ Nicolaus, 2001, s. 107 f.

Det som i den här texten kallas **Trådflättningsmetoden** finns för första gången omskrivet i en publikation av Gabler i tyska *Mitteilungen des Deutschen Restauratorenverbandes* 1980-81. Varje tråd har då limmats samman var för sig med små droppar Araldit. Tekniken går ut på att trådarna ordnas så att varje tråd som hört samman före brottet åter flätas samman igen. Adhesiv påförs på de enskilda trådarna och värms sedan med lödnål tills det fått trådarna att hålla samman.³⁰ Det tycks motsvara den äldre av teknikerna som beskrivs ovan. I Engelsk litteratur omskrivs metoden ofta som *Thread-by-thread tear mending*. Professor Heiber har under 20 år förfinat och utvecklat metoden i Gablers fotspår. Under åren har han hållit flera workshops och föreläsningar om metoden, det är genom ett referat från en av dessa workshops som vi får lära oss mer om hans tankar och teknik.³¹ Heiber understryker att en huvudtanke med metoden är att den påverkar strukturen minimalt och att man därigenom kan bibehålla dukens flexibilitet även i det skadade området. Men han är också noga med att påpeka att det finns tillfällen då tekniken inte lämpar sig, till exempel när man ställs inför en duk som är för nedbruten för att fungera som underlag. Då är man istället hänvisad till en klassisk uppfodringsteknik. När revan ska limmas ihop tråd för tråd måste arbetet utföras under mikroskop, såväl ordnandet av fibrer som själva hoplimningen. Som tidigare nämnts menar Heiber att fukttilförsel för plangöring är skadligt för målningen. Lagningsmetoden i sig ska kunna göra området plant. Heiber förespråkar att trådarna ska fästas med en överlappning på en millimeter för att uppnå god hållfasthet. Under workshopen utfördes av deltagarna överlappande sammanfogningar av enstaka trådar med 1:1 blandning av 10% stärkelseklistor och 20% störlim. Fogarnas draghållfasthet testades med hjälp av en fjädervåg och flera av dessa höll till och med för en belastning på 500 g. Det framgår inte huruvida proverna testades utifrån hur länge de klarade belastningen. Uppgifter om hur länge proverna klarade belastningen hade tillfört viktig information men vi får anta att testerna inte utfördes i syfte att undersöka detta.³²

Trådsvetsning eller **svetsning** innebär enligt Nicolaus att trådarna beströs med ett adhesiv i pulverform eller utdraget i trådar. Nylon är ett vanligt bindemedel vid detta förfarande. Sedan värms bindemedlet med lödnål så att trådarna klibbar samman.³³ Svetsningen kan också utföras på lågtrycksbord, en svag bindemedelslösning påförs då först från baksidan med fin pensel. Detta kan också upprepas med en starkare lösning. När bindemedlet torkat vänds målningen och den starkare lösningen appliceras från framsidan.³⁴ Svetsning av revor är ett allmänt vedertaget begrepp även om metoden snarare borde liknas vid lödning eftersom lödning av metall innebär att en fog utförs med hjälp av ett utomstående material.³⁵ Enligt Borglin betyder begreppet svetsa inom målerikonservering att man fogar samman revans två sidor genom att med en värmespatel smälta ned en termoplast i fogen. Svetsning kan enligt Borglin också genomföras tråd för tråd för att tillföra så lite bindemedel som möjligt. Metoden är tidskrävande och därför sällan använd³⁶ Exakt vad Petéus inbegriper i begreppet svetsning av reva framgår inte tydligt men han uppger att tekniken är så pass hållbar att lyckade försök att fästa kantförstärkning med svetsning utförts på dåvarande Stiftelsen västsvensk konservatorsateljé. Detta verkar ha utförts med PVAc-lim på lågtrycksbord. Enligt Nicolaus innebär både svetsning och trådlimning att väven åter flätas samman och i båda fallen kan trådar som är för korta eller svåra att fläta in förlängs genom att trådar fästs med bindemedel i de kvarvarande trådändarna. De förlängda trådarna kan också vara en god hjälp för att hålla samman och dra ihop revan. En skickligt utförd flätning kan ge ett

³⁰ Nicolaus, 2001, s. 107 f.

³¹ Rose & Sauerberg, 2002, s. 38 f.

³² ibid

³³ Nicolaus, 2001, s. 107 f.

³⁴ Petéus, 1985, s. 34

³⁵ Nicolaus, 2001, s. 107 f.

³⁶ Borglin, 1994, s. 5

resultat som gör det omöjligt att upptäcka revan med blotta ögat.³⁷ Borglin menar att lagningar som sker med adhesiv som påförs i dispersion eller lösta i lösningsmedel inte kan anses vara svetsning.³⁸ Man kan förstärka lagningar och ge stadga åt området genom att med adhesiv fästa trådar tvärs över revan, såkallade trådbryggor. Bryggorna kan ibland dränkas in i bindemedel innan de fästs mot duken, de kan också fästas i en sträng med adhesiv som i förväg placerats över revan.³⁹ Vanligtvis så väljer man att variera längden på bryggorna något för att undvika general-skarvar som kan ge genomslag och spänningar. Det är svårt att hitta ingående beskrivningar på hur bryggor utformas eller när den började användas.

2.3. Sammanfattning av lagningsmetoder

Svetsning tycks i de flesta fall tydligt anspela på att revan sammanfogas med värme. Det förutsätter att man använder ett adhesiv med termoplastiska egenskaper. Adhesiver som används i dispersion eller lösning innefattas inte i begreppet svetsa utan går snarare under termen limning. Dock kan ett lim i dispersion också ha termoplastiska egenskaper. Begreppen svetsning och limning måste alltså knytas till hur man väljer att använda ett adhesiv för ingreppet. Limning har också tidvis använts i en bredare bemärkelse för olika typer av lagningar av revor, dvs. som ett allmänt samlingsbegrepp. De båda limningssätten (svetsning och limning) kan också kombineras med metoderna för sammanfogning. Den äldsta av dessa metoder är trådflättningsmetoden, man kan lätt tro att metoden utvecklats under på senare tid men så är alltså inte fallet. Det är en mycket tidskrävande metod och förutsätter också god vana hos konservatorn. För att utföra en lagning med metoden krävs ett mikroskop. En klart positiv effekt med metoden är att den innebär att minimal mängd adhesiv tillförs. Metoden möjliggör under goda förutsättningar, då den utförs av en erfaren konservator, en helt osynlig lagning, vilket kan vara nödvändig för målningar utan grundering och med tunt måleriskikt eller målningar med helt omålade ytor. Metoden kan alltså endera förslutas genom limning eller svetsning. Det är också möjligt att förlänga trådarna för att underlätta flätningen och lättare kunna dra samman revan. Den andra metoden för sammanfogning är en rationaliserad och betydligt mindre tidskrävande variant som möjliggjordes med syntetiska limmer. Den innebär att man lägger en tunn adhesivsträng i fogen från baksidan så att en syntetisk iläggning mellan fibrerna bildas. Metoden i sig har inget vedertaget namn men omnämns ofta som svetsning. Förmodligen eftersom den ofta försluts genom svetsning, dvs. med värme. Denna typ av lagning är det vanligt att man förstärker genom att lägga trådbryggor tvärs över revan.

³⁷ Nicolaus, 2001, ss. 107 f.

³⁸ Borglin, 1994, s. 5

³⁹ Nicolaus, 2001, s 108

Kapitel 3. Centrala egenskaper hos syntetiska adhesiv för lagning av revor

I det här kapitlet följer en redogörelse för polymerers grundläggande uppbyggnad. Kapitlet belyser begrepp som berör produkt tillsatser och egenskaper hos polymerer. Avslutningsvis presenteras de tre adhesiver som undersöks vidare i nästa kapitel.

Syntetpolymerer är synonymt med vad vi i dagligt tal kallar plaster, huvudparten i syntetiska adhesiver. Varje polymer består av ett antal sammanlänkade monomerer. Om dessa monomerer är av samma slag är polymeren en *homopolymer*. Vissa polymerer kan också bestå av monomerer av olika slag, en sådan polymerkedja kallas för en *sampolymer*.⁴⁰ Polymerer delas in i *amorfa* och *delkristallina* beroende på deras inneboende struktur. Delkristallina material kännetecknas av regelbunden struktur, det motsatta gäller för amorfa material. I sin renaste form kan en amorf polymer ge ett transparent material, dock förekommer ofta flera additiver som kan inverka på transparensen i olika produkter.⁴¹ Ett vanligt additiv är *Mjukgörare*. Inom konservering är det ofta en oönskad tillsats eftersom många är hälsoskadliga och instabila vilket innebär att de kan migrera till omgivningen när produkten åldras. När mjukgöraren lämnar produkten förändras den och blir sprödare. *Förtjockningsmedel* används för att få önskad konsistens på produkten.⁴² *Fyllmedel* används för att dryga ut produkter utan att förändra deras egenskaper, alltså enbart för att förbilliga produktionen. *Armeringsmedel* är ett liknande additiv men det fyller istället upp materialet för att förändra egenskaperna, ofta för att öka materialets styvhet.⁴³

Polymerers fysiska egenskaper växlar vid olika temperaturer. Förändringarna sker inte vid exakta temperaturer utan i olika temperaturintervaller. Intervallerna då material förändras är T_g *Glasomvandlingstemperaturen*, T_f *flytttemperaturen* och T_m *smälttemperaturen*. Vid temperaturer under ett amorft materials T_g är materialet i fast form s.k. *Glastillstånd*, då är det hårt och sprött. Då temperaturen höjs till T_g övergår materialet till *gummitillståndet* då det blir mer elastiskt och klibbigt. Vid en temperatur över T_f övergår materialet i flytande form. Detta gäller främst termoplaster men till viss del även elastomerer, se nedan.⁴⁴ Varje polymerprodukt har ett specifikt T_g - värde utifrån det kan man utläsa vilken fas materialet befinner sig i vid rumstemperatur. Det är viktigt att välja rätt adhesiv, ett mjukt riskerar att binda till sig damm om ytan är klibbig i rumstemperatur. Ett för hårt adhesiv riskerar däremot att inte klara påfrestningar.⁴⁵ Det är särskilt viktigt att tänka på när man arbetar med duk som är hygroskopisk och flexibel, då behövs ett flexibelt adhesiv.⁴⁶

Polymerers löslighet är centralt inom konservering, den beror på en mängd olika faktorer. Lösningssmedel med liknande polaritet som polymeren kommer ha lättare att lösa upp adhesivet, i enlighet med grundregeln att lika löser lika. Denna regel går i flera fall också att applicera på likheten i kemisk struktur, dvs. en liknande kemisk struktur ökar chanserna för löslighet. Dessutom löser sig polymerer lättare vid högre temperaturer. Tätare strukturer är generellt svårare för lösningssmedlet att komma åt vilket gör amorfa adhesiver mer lösliga än kristallina. Lösligheten hos en specifik polymer kan anges med så kallad löslighetsparameter δ_2 . Även lösningssmedel kan tillskrivas ett värde för löslighetsparameter δ_1 . För att på teoretisk väg ta reda på hur väl en

⁴⁰ Mills, White, 1994, ss. 129-130

⁴¹ Bruder, 2009, ss. 4-7

⁴² Nyström Larsson, 2003, ss.57-58

⁴³ Borglin, 1994, s. 11

⁴⁴ Nyström Larsson, 2003, ss. 22-23

⁴⁵ Horie, 1987, s. 22-23

⁴⁶ Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute, 1992, s. 17

polymer kan lösa sig i ett lösningsmedel jämför man löslighetsparametrarna. Differensen mellan δ_1 och δ_2 bör inte vara större än 4 för att god löslighet ska kunna erhållas.⁴⁷

Man kan dela in syntetiska polymerer i tre olika typer av plaster, *termoplaster*, *elastomerer/gummimaterial* och *hårdplaster*. Merparten av alla syntetpolymerer bildar termoplaster. Termoplaster är smidiga att bearbeta eftersom de går att smälta om och om igen.⁴⁸ De adhesiv som är aktuella i denna studie är alla termoplaster. Även adhesiver kan delas in i tre olika grupper, *dispersionsadhesiv*, *lösningsmedelsbaserade adhesiv* och *hårdlim*. Samtliga adhesiver i denna studie tillhör den första gruppen limmer. Det innebär att de endera kan vara i *dispersion* eller i *emulsion*. Limmer i dispersion bildar ett två-fas system, där en fas utgör droppar eller små partiklar i en annan sammanhängande fas. Det kan också röra sig om en blandning av två icke blandbara vätskor som förs samman med hjälp av ett *emulgeringsmedel* som gör dem blandbara.⁴⁹

Ett lim fungerar med hjälp av två olika krafter, *adhesion* och *kohesion*. Adhensionskraft är den kraft som håller samman limfogen med det omgivande materialet, kraften verkar mellan två skilda kroppar. Kohesionskraften är istället en kraft som värker mellan molekyler i ett material, den håller alltså samman limmet.⁵⁰ Detta gör att ett brott i anslutning till en lagning kan ske på olika sätt. Om den svagast kraften är kohesionskraften, alltså limmets inneboende kraft kommer bristningen att ske i fogen. Om adhesionskraften är den svagaste sker ett eventuellt brott mellan adhesiv och objekt. Det scenario man framförallt vill undvika är kohesions- och adhesionskrafter som båda är starkare än originalmaterialet vilket kan medföra brott i originalmaterialet.

Vid val av adhesiv bör man alltid ta hänsyn till den åtgärd man vill utföra. Varje ingrepp kräver ett adhesiv med specifika egenskaper som dessutom förblir stabila över tid. 1992 kom en rapport om tester av PVAc adhesiver och akryl adhesiver som utförts av Canadian Conservation Institute, CCI⁵¹ Testerna baserades till stor del på en metod kallad ATP (Adhesives Testing Program) som utarbetades redan 1984 och används för tester av adhesiver för konservering. Syftet med testerna är att undersöka adhesivens olika egenskaper för att möjliggöra för konservatorn att själv bedöma hur adhesivet kan fungera på ett verkligt objekt och hur det skulle kunna förändras över tid. För att utarbeta ATP sattes en grupp konservatorer och *conservator scientists* samman för att ringa in adhesivens olika problemområden. PVAc - och akryladhesiv visade sig vara de mest använda limmen inom konservering. Man identifierade dessutom sex egenskaper hos adhesiven som var av intresse att undersöka. Egenskaperna var följande: pH, avgivande av farliga nedbrytningsprodukter, flexibilitet eller sprödhet, krympning, gulning, löslighet eller reversibilitet. För varje område utarbetades tänkbara undersökningsmetoder.

I nästa kapitel kommer de adhesiv som valts ut för att granskas närmare att undersökas på följande sätt. Adhesivens *pH* kommer att mätas och presenteras i förhållande till linnedukens pH. *Lösligheten* före och efter åldrande kommer att undersökas i löslighetstest. *Gulning, flexibilitet och sprödhet* kommer efter artificiellt åldrande endast bedömas okulärt eller taktilt. *Nedbrytningsprodukter* presenteras i detta kapitel i den mån de finns upptagna i tidigare litteratur. Resultaten kommer att presenteras i anslutning till varje test.

De tester som utfördes på PVAc- och akryladhesiv enligt APT gav en mängd information som kan vara till hjälp vid val av adhesiv. De visade att majoriteten av de testade PVAc-limmen var sura. Dessutom tycktes tillsatser i PVAc-lim generellt göra dem surare. Testerna visade även att

⁴⁷ Nyström Larsson, 2003, ss. 29-31

⁴⁸ Bruder, 2009, ss. 4-7

⁴⁹ Petéus, 1985, s

⁵⁰ NE, *Kohesion*, 15/4 2013, NE *Adhesion*, 15/4 2013

⁵¹ Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute, 1992, s. 1 f.

homopolymerer generellt är surare än sampolymerer. Sampolymerer håller sig flexibla i större utsträckning än homopolymerer. Sampolymerer är generellt svagare än homopolymerer men bedömdes ändå ha tillräcklig kapacitet för konserveringsändamålet.⁵² I en text av textilkonservator Mieke Albers på Rijksmuseum Amsterdam beskrivs fördelarna med termoplastiska adhesiv generellt med att de är starka, flexibla, reversibla och kräver mindre tid att applicera.⁵³

3.1. Adhesiver för lagning av revor

För lagning av revor finns en mängd olika tänkbara adhesiv. Man använde tidigt epoxy för att åstadkomma starka fogar, det är idag sällsynt då det är mycket svårt att avlägsna. Professor Heiber som ägnat mycket tid åt trådflättningsmetoden använder som tidigare nämnts helst en blandning av vetestärkelse och störlim.⁵⁴ 2011 gjordes den första större undersökningen av adhesiver för lagning av revor.⁵⁵ Studien syftade till att undersöka stabiliteten i överlappande skarvar som sammanfogar en enda linnetråd eller Polyamid 6 tråd. 33 olika limmer utvärderades, däribland Plextol D 360 och Evacon-R. Tio av de testade adhesiven baserades på animaliska eller vegetabiliska produkter, resterande syntetiska. Adhesiven användes för sammanfogning av trådar med ett överlapp på ca 1mm. Proverna delades in i olika serier som utsattes för olika typer av stress i form av accelererat åldrande med värme och fluktuerande relativ luftfuktighet. I testserie ett testades alla adhesivs draghållfasthet för sammanfogning av linnetråd. Bland de adhesiv som uppvisade bäst resultat i draghållfasthetstester hittas Evacon-R. Allra bäst resultat fick Lineco, men även några typer av PVAc (Mowilith)-adhesiv samt ett par vegetabilisk/animaliska blandningar gav goda resultat. Plextol D 360 uppvisade sämst draghållfasthet tillsammans med bland annat andra akryloider, polyamider och rena stärkelseprodukter. Evacon-R och Lineco uppvisar enbart goda resultat under hela studien, båda är pH-neutrala, har god draghållfasthet och är smidiga att arbeta med och lätta att hantera. De sväller i vatten vilket är bra för reversibiliteten. Men innan det går att rekommendera dessa till lagning av revor finns det fler saker att utreda, däribland hur de reagerar på skiftande RF, deras kemiska sammansättning och åldringsegenskaper bör granskas.⁵⁶

3.2. Evacon-R

Polymertyp: (EVA)Etylen vinylacetat

Angivet pH: 7-8

Tg: -

Viskositet: 1000-1200 mPa.s



Figur 4. Evacon-R, prov på objektsglas.

Evacon-R är en etylen vinylacetat sampolymer i dispersion. Adhesivet specialutvecklades under 80-talet som en pH-neutral, arkivbeständig produkt utan mjukgörare. Produkten var ursprungligen tänkt för användning vid laminering av papper. Limmet ska även vara säkert att använda vid konservering av fotografier. Det är mindre benäget att framkalla sur hydrolys än de vanligaste PVAc-limmen som kan ge ifrån sig syror då de bryts ned.⁵⁷

Produkten är vattenbaserad, termoplastisk, stark, flexibel och reversibel. Främst använd för laminering inom papperskonservering och på läder, pergament, lin, bomull, kartong.⁵⁸

⁵² Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute, 1992, ss 7,18

⁵³ Albers, 2013

⁵⁴ Rose & Sauerberg, 2002, s. 39

⁵⁵ Adhesives for Thread-by-Thread Tear Mending in Torn Fabric-Supported Paintings 2011, ss. 2-18

⁵⁶ ibid

⁵⁷ Conservation by design limited (2001), Conservation by design limited, 10/4 2013

⁵⁸ Albers, 2013

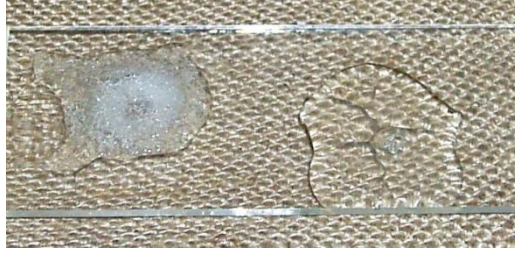
3.3. Plextol D 360

Polymertyp: P(MMA/BMA/EMA)

Angivet pH: 8

T_g: -8°C

Viskositet: 100-20000 mPa.s



Figur 5. Plextol D 360 t.h. med metylcellulosa t.v., prov på objektsglas.

Plextol D 360 är en amorf sampolymer som baseras på metylmetakryl, butylakryl och etylmetakryl i dispersion. Polymerkoncentrationen är ca 60%. Innehåller <5% ammoniak. Produktens låga T_g gör att adhesivet är klabbigt i rumstemperatur vilket kan leda till att den drar till sig damm. Produkten kan avge metanol, toluen, xylene och ättiksyra vid ljusexponering. Åldrande i mörker kan leda till att n-butanol utsöndras. Produkten är termoplastisk.⁵⁹ Den uppger ha bra ljusbeständighet och ger en mjuk flexibel film.⁶⁰ Ska vara löslig i ketoner, aromater, estrar och alkoholer.⁶¹ Metylcellulosa som använts till förtjockning är en cellulosaeter, produkten är amorf och pH-neutral.⁶²

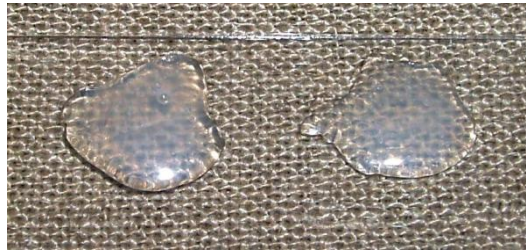
3.4. Bind-flex 1161

Polymertyp: PVAc

Angivet pH: 5

T_g: -

Viskositet: 22 000 mPa.s



Figur 6. Bind-flex 1161 på objektsglas

Bind-flex 1161 baseras på polyvinylacetat sampolymer i dispersion. Främst förknippad med användning inom bokbinderi. Innehåller < 2,5 % av mjukgöraren dipropylenglykoldibenzoat, klassad som miljöfarlig.⁶³ PVAc dispersioner löser sig i ketoner, estrar, alkoholer och sväller i vatten. Ren PVAc beskrivs generellt som glasklar, spröd, med stark vidhäftning, icke hygroskopisk, resistent mot mikrobiologiska angrepp, relativt god ljus- och värmebeständighet samt bra åldringsegenskaper. Klart negativa aspekter med PVAc-polymeren är att den bildar Saltsyra vid nedbrytning samt att den har dålig UV-beständighet.⁶⁴

⁵⁹ Nyström Larsson, 2003, s. 70

⁶⁰ Lascaux Restauro, 2013-04-10

⁶¹ Petéus, 1985, s 54

⁶² Nyström Larsson, 2003, s. 89

⁶³ Henkel 2011-01-13, Henkel 2004-03-10

⁶⁴ Petéus, 1985, s, 56; Nicolaus, 2001, s. 242; Bruder, 2009, s. 10.

Kapitel 4. Tester på simulerade lagningar

I det här kapitlet beskrivs de empiriska tester som utfördes. Kapitlet behandlar hur revor simuleras och lagas med två olika metoder och tre olika adhesiv. Alla lagningar utvärderas också med fokus på den långsiktig stabiliteten.

4.1. Adhesiv- och Lagningsprover

Provbitar skapades av opreparerad, gles och relativt grov linneduk som tvättades och efter att de torkat spändes upp på en ram. Med hjälp av en kniv som trycktes genom den uppspända duken skapades ca 4,5 cm långa revor parallellt med varpen så att främst inslaget skars sönder, dvs. i likhet med den vanligaste skadebilden för revor. Därefter demonterades duken från ramen och klipptes i mindre stycken med en reva på varje tygbit. Grundtanken var att de tre adhesiven skulle användas för att laga revor med två olika metoder. De två olika metoderna är trådflätning och svetsning med bryggor. Plextol D 360 visade sig olämpligt för trådflätning. Det berodde främst på att det tar lång tid för produkten att fästa vid trådarna. Eftersom metoden i sig är tidskrävande tog det oskäligt lång tid att genomföra lagningen då härdningstiden för varje enskild tråd behövde väntas ut. Med anledning av detta lagades de fyra prover där Plextol D360 användes genom svetsning av revan och förstärkning med bryggor. Dock utfördes två lagningar med Plextol D 360 förtjockad med metylcellulosa och två med enbart Plextol D 360. På detta sätt skapades sex olika lagningskombinationer, varje lagningskombination utfördes på två revor. Utöver lagningsproverna skapades dessutom renodlade adhesivprover i form av torkad film på objektsglas, se figur 4-6 föregående kap. Nedan följer en förteckning över de olika proverna, alla har också fått en beteckning.

1F	Bind-flex 1161 Torkad film	2F	Evacon-R Torkad film	3F	Plextol D 360 Torkad film
1T	Bind-flex 1161 Trådflätning	2T	Evacon-R Trådflätning	3Bm	Plextol D 360 +metylcellulosa Svetsning med bryggor
1T	Bind-flex 1161 Trådflätning	2T	Evacon-R Trådflätning	3Bm	Plextol D 360 +metylcellulosa Svetsning med bryggor
1B	Bind-flex 1161 Svetsning med bryggor	2B	Evacon-R Svetsning med bryggor	3B	Plextol D 360 Svetsning med bryggor
1B	Bind-flex 1161 Svetsning med bryggor	2B	Evacon-R Svetsning med bryggor	3B	Plextol D 360 Svetsning med bryggor

Tabell 1.

Lagningarna utfördes på följande sätt: Trådflätning utfördes under arbetsmikroskop. De verktyg som användes var, tandläkarverktyg, små virknålar, skalpell, pincett och pensel, se figur 9. Trådarna ordnades så att trådar som brustit hamnade mitt för varandra igen och långsgående trådar vävdes in i strukturen. De långsgående trådarna som var för korta att fläta in förlängdes med en tråd från kanten av provbiten och fästes med det aktuella adhesivet. Trådarna limmades sedan ihop var för sig genom att lite adhesiv applicerades med pensel eller tandläkarverktyg. Alla trådar limmades med ett överlapp på ca 1 mm. Arbetet utfördes från revans ena sida till den andra, samtliga trådar vävdes in efterhand för att i möjligaste mån återfå dukens ursprungliga struktur. Eftersom ingen värme tillfördes innebär det att lagningen förslöts genom limning. Metoden kan sammanfattas som trådflätning försluten genom limning, se figur 7

Under arbetet noterades att metoden kan vara lättare att använda då man har en ganska ojämn reva där trådar slitits av och då alla bristningar inte skett på samma ställe. Det kan lätt bli lite klumpigt om flera nya trådar måste skarvas fast på en liten yta, särskilt svårt är det om trådarna har skarpa snitt. Är de trasiga trådändarna däremot slitna och fransiga kan metoden vara mycket lämplig eftersom övergångarna då blir mer utdragna.



Figur 7. Prov med lagning av reva med trådflättningsmetoden.

Svetsning med bryggor utfördes genom att en smal sträng adhesiv placerades i revan med pensel och fästes med värmespatel med en temperatur på ca 80° C. Därefter fästes trådbryggor i något varierande längder tvärs över revan genom att de värmdes fast i en sträng av adhesiv. Bryggorna fästes med ca 4 mm mellanrum. Tråden till bryggorna repades från kanten av provbiten. Metoden kan sammanfattas som svetsning förstärkt med bryggor, se figur 8.



Figur 8. Prov med lagning av reva med trådbryggor

Bind-flex 1161 späddes något med vatten för att få en lämpligare konsistens. Evacon-R användes som ren produkt. Plextol D 360 förtjockades till lagom konsistens med metylcellulosa som i förväg svällts i vatten till ca 10% lösning, lösningen silades efter svällning för att undvika klumpbildning. Plextol D 360 användes också i sin ursprungsform till två prover. Samtliga prover späddes upp på en ram som häftades ihop av träpinnar i bokträ för att hålla duken i plant läge under åldringstestet.



Figur 9: Verktyg för lagning av reva.

4.2. Mätning av pH

Med hjälp av en pH-mätare för yt-pH mättes linnedukens och de uppstrukna adhesivfilmernas pH. Mätningen gjordes för att kunna ta ställning till om och hur ett adhesivs pH påverkar en duk med ett givet pH-värde. Kan till exempel ett surt adhesiv reagera och påverka en neutralare duk negativt. Om det efter att alla tester utförts kan ses någon tendens är det viktigt att kunna relatera den till pH-värdet, dvs. om ett adhesiv har påverkat duken negativt vill man kunna ta ställning till om det skulle kunna bero på deras olika pH-värden. Mätutrustningen kalibrerades till exakthet med tre decimaler. Linneduken fuktades kraftigt med avjoniserat vatten inför mätningen. På varje adhesivfilm placerades några droppar avjoniserat vatten, de fick ligga på under ca en halv timme innan första mätningen startade. Därefter skedde mätningar i vattendropparna. De först mätningarna gav i vissa fall resultat som avvek kraftigt från de förväntade värdena. Därför utfördes ytterligare tre mätningar under loppet av ca två timmar. Mätvärdena antecknades med en exakthet på en decimal. Då mätningarna avslutades hade samtliga adhesiver gett två eller flera mätvärden som låg nära varandra eller överrenstämde helt. Att de första värdena avvek i stor utsträckning beror troligtvis på att vattnet inte legat på tillräckligt länge, av detta skäl har de första mätvärdena inte tagits med i sammanställningen. Mätvärdena nedan överensstämmer med de sist uppmätta värdena.

Följande pH-värden uppmättes:

Linneduk: ca 6,9

Bind-flex 1161: ca 5,0

Evacon-R: 6,0

Plextol D 360: ca 7,1

4.3. Artificiellt åldrande

Artificiellt åldrande eller accelererat åldrande är ett grovt och otillräckligt instrument som aldrig helt kan motsvara den naturliga processen man vill efterlikna. Ändå är metoden vanlig för att skapa en uppfattning kring materials långsiktig stabilitet, det beror på att det saknas andra alternativ bortsett från att vänta ut det naturliga åldrandet.⁶⁵ Ett av huvudproblemen med artificiellt åldrande är att det finns så många faktorer som påverkar åldrandet, det innebär en stor mängd variabler som är svåra att kontrollera. En nedbrytningsprocess beror endera på någon form av kemisk reaktion eller på en fysisk förändring som sker via diffusion, det sker ofta flera olika reaktioner samtidigt.⁶⁶

Det finns olika miljöfaktorer att åstadkomma artificiellt åldrande med, huvudsakligen handlar det om ljus, luftfuktighet och värme. Antingen kan man använda en av dessa för att studera vad just den enskilda faktorn kan åstadkomma. Man kan också kombinera miljöfaktorerna på olika sätt så att det aktuella provet utsätts för dem samtidigt vilket naturligtvis kan ge en annan bild. Vanligtvis väljer man att använda de faktorer som sannolikt har störst påverkan och är mest troliga att testmaterialet skulle utsättas för i en autentisk situation. I de fall då sekundära material ska studeras i relation till ett objekt kan det artificiella åldrandet innebära reaktioner mellan materialen som i sin tur medför förändringar både av objektet och polymeren. Generellt gäller för artificiellt åldrande att en hög intensitet på den artificiella miljöfaktorn i kombination med en kort exponeringstid ger samma effekt som låg intensitet på miljöfaktorn i kombination med lång exponeringstid. Artificiellt åldrande med hjälp av värme går ut på att atomer börjar röra sig fortare med ökande temperatur. Vid den absoluta nollpunkten -273°C finns inga rörelser alls, ungefär 20°C (rumstemperatur) motsvara omständigheterna för normalt åldrande och normala atomrörelser. När temperaturen ökar ytterligare ökar atomrörelserna och risken för kemiska reaktioner. När det gäller polymerer är åldrande med värme komplicerat, om temperaturen överstiger polymerens T_g

⁶⁵ Horie, 1987, s. 44

⁶⁶ Wilks(Red.), 1983, s. 105 ff.

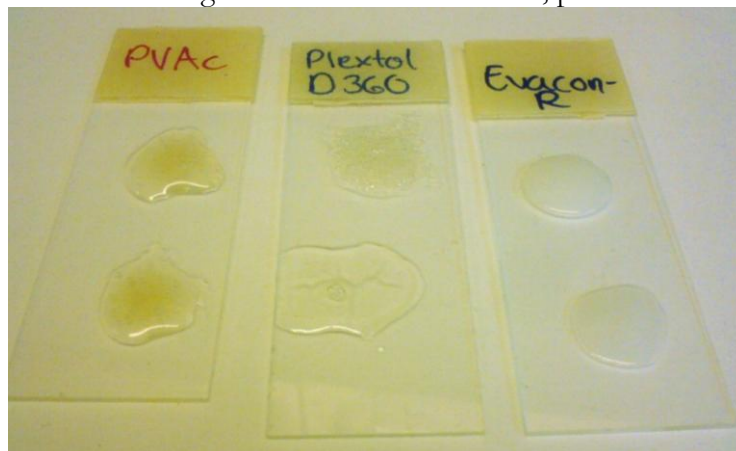
förändras egenskaperna. Man bör alltså se till att T_g inte överskrids i testet om det inte är troligt att det görs även vid naturligt åldrande.⁶⁷ Man kan relativt tillförlitligt räkna ut hur lång tid av naturligt åldrande accelererat åldrande i ljus motsvarar genom att räkna antalet luxtimmar föremålet utsätts för. En fördel med åldrande i ljus är också att ljus utgör en naturlig nedbrytningsfaktor medan värme snarare används för att snabba på kemiska reaktioner, vilket inte sker naturligt på samma sätt. Därför är det svårare att räkna ut hur lång tid åldrande med värme motsvarar i verkligheten. För denna studie har ändå accelererat åldrande i värme valts eftersom adhesiver för lagning av revor sällan kommer i kontakt med ljus då de applicerats på ett objekt. Tiden för åldrandet bestämdes till ca 4 veckor för att ligga inom uppsatsens tidsram men det är alltså svårt att veta vad det skulle kunna motsvara i verkligt åldrande.

Ugnen som användes till det artificiella åldrandet är av märket Memmert. Ugnens temperatur ställdes in på 60° C vilket ligger under valda adhesivs smältpunktsintervaller, (polymerer har sällan en specifik smältpunkt utan ett intervall då de förändras). När temperaturen stabiliserats till 60° C sattes de tolv proverna med revor på duk, samt ett objektsglas med torkad film av varje adhesiv in i ugnen. Ett reglage för ventilation i ugnen stod under hela processen på 2. Temperaturen hölls stabil och proverna låg i ugnen under 33 dygn. Det artificiella åldrandet skedde i mörker. Utifrån CCI:s tester av adhesiver kan man utläsa vissa tendenser. Bland annat att adhesiver gulnar fortare i ljust åldrande än i mörkt, detta gällde samtliga testade adhesiver utom några PVAc sam-polymerer som bleknade vid artificiellt värmeåldrande i ljus. Produkter som används inom konserveringsfältet bör gulna minimalt eller inte alls eftersom gulning är en indikation på nedbrytning och att produkten inte är stabil. CCI:s tester visar också att PVAc –limmen blev starkare men mindre flexibla och sprödare av åldrande i mörker.⁶⁸

4.4. Resultat av okulär besiktning efter accelererat åldrande

Proverna granskades okulärt efter det accelererade åldrandet. Hos de textila provbitarna fanns inga synbara skillnader före och efter åldrande. Flexibiliteten hade inte förändrats hos Plextol D 360 som har ett T_g under rumstemperatur vilket gör den mycket flexibel. Bind-flex 1161 och Evacon-R hade en något styvare fog. Hos dem hade de lagningar som förstärkts med bryggor märktes en viss stelhet i hela området där bryggorna var fästa.

Proven med adhesivfilm visade större variationer. Redan efter 14 dagars accelererat åldrande var provet med Bind-flex 1161 gulnat. Efter 33 dagar hade Bind-flex gulnat relativt kraftigt. Plextol D 360 uppvisade mycket svag gulning, provet som förtjockats med metylcellulosa hade gulnat obetydligt mer. Evacon-R visade sig vara stabil under åldrande, provet var oförändrat.



Figur 10. Bind-flex, Plextol och Evacon efter 33 dagars accelererat åldrande i 60°

⁶⁷ Horie, 1987, ss. 44-49

⁶⁸ Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute, 1992, ss. 18, 23

4.5. Lösighetstest

Reversibilitet och återbehandlingsbarhet är idealegenskaper för material och metoder som används på objekt under konservering. Detta är dock sällan eller aldrig en realitet. Appelbaum menar att en vanlig åsikt är att metoder och material bör vara reversibla eftersom många äldre behandlingar på senare tid visat sig vara dåliga.⁶⁹ Svårigheten i den tanken ligger i att de behandlingar som anses dåliga ofta har den inneboende problematiken att de är just irreversibla. Appelbaum skriver att fullständig reversibilitet är omöjligt att uppnå, ändå vet varje konservator som återbehandlat ett objekt vikten av reversibilitet. I Praktiken är det sällan möjligt att avlägsna adhesiver på duk med lösningsmedel, istället sker detta ofta mekaniskt till exempel med skalpell. För att skapa en överskådligare bild av de adhesiver som valts ut till försöken kommer ändå ett lösighetstest utföras både före som efter åldrande. Tanken är att detta ska bidra till bilden av materialen i olika situationer, hur de fungerar och hur de åldras. Testet kommer också fungera som en komparativ studie mellan de olika adhesiven.

Det lösighetstest som används i studien har utarbetats av ASTM (American Standard Testing Methods) men förenklats av Horie. Testet syftar till att på empirisk väg bestämma lösningsmedel för en polymer. Horie förespråkar att man bör utföra testen med lösningsmedel som konservatorn normalt använder. Testet utförs och beskrivs nedan i enlighet med redogörelsen av Winther.⁷⁰

För testet har lösningsmedel som är vanliga inom målerikonservering och dessutom har små eller obefintliga hälsoeffekter. Lösningsmedlen är etanol, isopropanol, aceton, vatten, etylacetat, samt en 1:1 blandning av lösningsmedlen etanol och aceton.

Etanol är den minst giftiga alkoholen och har den kemiska formeln C_2H_5OH .

Isopropanol är den enklaste sekundära alkoholen, den har kemisk formel $CH(CH_3)_2OH$.

Aceton är den enklaste formen av keton och har den kemiska formeln $OC(CH_3)_2$.

Etylacetat är en ester av etanol och ättiksyra, ämnet har formeln $CH_3COOC_2H_5$

Vatten är ett polärt lösningsmedel med kemisk formel H_2O .

En liten kvantitet av varje adhesiv placerades för att torka på objektsglas. Ett objektsglas med varje adhesiv åldrades på samma sätt som provdukarna medan adhesiv på ytterligare tre objektsglas användes till tester utan att åldras. En liten mängd av varje adhesiv skrapades med skalpell ned i 6 glasburkar med skruvlock av plast, i varje burk tillsattes 6 ml lösningsmedel. Burkarnas skruvlock i plast isolerades från lösningsmedlet med en bit aluminiumfolie under korken. På detta sätt skapades 18 provburkar där varje adhesives lösighet prövades gentemot sex olika lösningsmedel både före och efter accelererat åldrande. Proverna förvarades i burkar tillsammans med lösningsmedel under 24 timmar. det optimala hade varit att skaka burkarna med jämna mellanrum under hela tiden men av praktiska skäl skakades de med jämna mellanrum under de första och sist timmarna. Efter 24 timmar kontrollerades resultatet och varje prov tillskrevs en siffra från 1 till 4. Skalan för detta är utarbetad av Horie och används med följande betydelser:

1 : Klar vätska, adhesivet helt löst

2 : Grumlig vätska

3 : Svälld polymer, tvåfasssystem

4 : Opåverkad

⁶⁹ Appelbaum, 2007, s. 353 ff.

⁷⁰ Winther, 1990, s. 28 f.

4.6. Resultat av löslighetstest med icke åldrade adhesiver

Adhesiv → Lösningsmedel ↓	Bind-flex 1161	Evacon-R	Plextol D 360
Vatten	3 grumlig, vit Löstes lätt mekaniskt	3 mycket grumlig, vit Löstes mekaniskt	3 vit
Isopropanol	3	3	3
Etanol	3	3	2
Aceton	3	3	1 något grumlig
Etylacetat	3	3	1
Etanol/Aceton 1:1	3	3	1 något grumlig

Tabell 2.

Redan efter en timme kontrollerades proverna i ett försök att uppfatta tidiga tendenser och skillnader. Bind-flex och Evacon-R hade då redan blivit helt vita och opaka i vatten, se figur 11. Plextol var delvis upplöst i etanol/aceton-blandningen samt i ren aceton och helt upplöst i etylacetat, se figur 12. Samtliga limmer hade efter 24 timmar blivit vita och opaka i vatten, dock var Plextol oförändrad till sin karaktär men svälld medan Bind-flex löste sig mycket lätt och Evacon-R relativt lätt vid mekanisk bearbetning efter vattenförvaringen. Grumligheten tyder på att dessa två befann sig i ett läge mellan fas 3 till fas 2 eftersom de sedan löste sig lätt. Plextol visade sig vara mest lättlost i de flesta lösningsmedel, vatten undantaget.



Figur 11: Test av löslighet i vatten. Efter 1h har Evacon-R t.v. och Bind-flex 1161 mitten blivit vita och opaka. Plextol t.h. opåverkad



Figur 12: Test av löslighet i etanol/aceton. Efter 1h var Plextol D 360 i stort sett löst.

4.7. Resultat av löslighetstest med artificiellt åldrade adhesiver

Adhesiv → Lösningsmedel ↓	Bind-flex 1161	Evacon-R	Plextol D 360
Vatten	3, vit Löstes lätt mekaniskt	3 vit	3 vit
Isopropanol	3	3	3
Etanol	3	3	3
Aceton	3	3	2*
Etylacetat	3	3	2*
Etanol/Aceton 1:1	3	3	2*

Tabell 3.

*Med små partiklar jämt fördelade i vätskan, se figur 13 .

Det accelererade åldrandet tycks inte ha påverkat lösligheten hos Bind-flex 1161. Evacon-R blev något mer svårlöst i vatten efter accelererat åldrande, den svällde men höll fortfarande ihop och var svår att sönderdela mekaniskt. I övrigt påverkades inte lösligheten hos Evacon-R. Plextol D 360 som uppvisade bäst löslighet i de flesta lösningsmedel före åldringstestet var det adhesiv som påverkades mest av det accelererade åldrandet. I vatten och Isopropanol förblev lösligheten den samma. I aceton, etylacetat, etanol/acetone 1:1 samt i etanol försämrades lösligheten något. I de tre förstnämnda fallen bildades en grumlig vätska med små partiklar i. Etanol lyckades efter åldringstest enbart svälla provet.



Figur 13 Exempel på lösligheten hos Plextol D 360 med lösningsmedlen etanol/Aceton, Etylacetat eller aceton.

4.8. Draghållfasthetstest

Provernans draghållfasthet testades med hjälp av en Zwick Z 2.5. Testerna utfördes av Erik Stenvall vid institutionen för Material- och tillverkningsteknik på Chalmers tekniska högskola. Ett exemplar av varje prov testades för att ge en fingervisning om de olika lagningarnas hållfasthet. Det hade varit önskvärt att kunna göra tester på flera dubbelprover för att på så sätt öka säkerheten i testet. Tyvärr var det inte möjligt inom ramen för uppsatsen. Draghållfastheten testades på de åldrade provbitarna. Proverna förbereddes genom att de klipptes i stycken med måtten 5 x 2 cm. Revan fanns då placerad mitt på provet från sida till sida, parallellt med kortsidan. Totalt testades fem prover, 1B, 1T, 2B, 2T, 3B, se tabell 1. Proven drogs med en hastighet på 2 mm/min.



Figur 14. Zwick Z 2.5



Figur 15. Draghållfasthet testas.

4.9. Resultat av draghållfasthetstest

Kraften proverna utsattes för redovisas i newton, 1 Newton motsvarar ungefär 0,1kg. När proverna utsattes för dragkraften var det på grund av provens storlek och den begränsade adhesivmängden svårt att göra några betydande okulära observationer. Därför presenteras främst de faktiska data testen gav. Bind-flex uppvisade bäst draghållfasthet. Utan bryggor höll Bind-flex (1T) för en belastning mellan 25,8-29,3 N. Diagrammet för draghållfastheten hos provet 1T visar till skillnad från de andra flera brotttillfällen eftersom provet brustit i omgångar, se alla diagram i bilaga 2-4. Kraften vid det första brottet var ca 25,8 N. Delar av sammanfogningarna höll dock för ca 29,3 N. Det Bind-flex prov som förstärkts med bryggor (1B) höll för en belastning på 86,3 N. Bryggorna ökade i det här fall hållfastheten med omkring 200 %.

Evacon-R höll utan bryggor (2T) för en belastning på 27, 2 N innan lagningen gick upp. Förstärkt med bryggor klarade Evacon-R (2B) av en belastning upp till 60,1 N. Det innebär en effektökning med ca 120%.

Eftersom alla prover med Plextol utförts med bryggor testades endast ett av dessa prover, ett av proven utan metylcellulosa valdes ut (3B). Provet klarade minst belastning, vid 12, 1 N brast fogen.

Kapitel 5. Slutledning

I följande kapitel kommer studiens resultat att diskuteras. Inledningsvis kommer olika variabler som kan ha påverkat resultaten att läggas fram. Därefter följer ett resonemang kring resultaten samt ett avslutande stycke med de faktiska slutsatserna studien bidragit till.

5.1. Felkällor och variabler

En ny obehandlad duk överensstämmer naturligtvis aldrig helt med duken i ett autentiskt objekt och kan inte heller fungera som representant för alla linnedukar. De artificiella revorna skapades på ett liknande sätt som revor på autentiska objekt skulle kunna bildas för att i möjligaste mån efterlikna skadebilden, ändå gav detta ett tydligt och ganska skarpt snitt som sällan förekommer på en åldrad duk. Snittet karaktär kan försvåra sammanfogningen, främst vid flättningsmetoden, då alla trådar brustit likartat, är skadade på samma ställe och har en relativt skarp brottyta. Metodernas resultat är i stor utsträckning beroende av utförarens skicklighet och vana. Lagningar med Bind-flex 1161 utfördes först, sedan Evacon-R och till sist Plectol D 360, ordningsföljden kan ha påverkat vanan och därmed resultaten mellan de olika fogarna.

I den ugn där proverna utsattes för accelererat åldrande fanns under samma period andra produkter, det kan inte uteslutas att någon av dessa eller produkterna i mitt test gett ifrån sig ämnen som påverkat andra produkter. Som tidigare nämnts så är det svårt att översätta accelererat åldrande till motsvarande tid av naturligt åldrande. Det medför naturligtvis att det blir svårare att tolka resultaten. Effekten av åldrandet är också svår att direkt översätta. Om ett adhesiv visar sig instabilt och gulnar i åldringstestet är det ändå svårt att med säkerhet hävda att adhesivet är instabilt under naturliga förhållanden. Det man kan känna sig säkrare på är dock att ett adhesiv som håller sig stabilt genom det artificiella åldrandet förmodligen även är stabilt under naturligt åldrande.

Då lagningsproverna skapades limmades proverna som utfördes med trådflättningsmetoden utan värmestillsättning. De prover som förstärktes med bryggor, svetsades däremot med värme. Den olikheten kan vara betydelsefull då man bedömer de olika metodernas egenskaper.

Ett av proven i draghållfasthetstestet uppvisar flera toppar, det kan tänkas att detta är normalt eftersom en lagning med trådflättningsmetoden har flera separata fogar. Eftersom det andra provet som utförts med samma metod inte uppvisar samma resultat bör man ha i åtanke att fogarna kan ha fått olika egenskaper vid utförandet. Det är i så fall direkt kopplat till den utförande konservatorns skicklighet.

5.2. Diskussion

Litteraturstudien visar att det finns ett behov av ytterligare forskning kring lagning av revor med bryggor, texter kring bryggors utformning och effekt tycks saknas. Det kan anses konstigt att man inte närmare undersökt trådbryggors effekt trots att användningen av dem är utbredd och att man använt dem under lång tid. Dessutom indikerar åldringstestet i studien att bryggor med tiden tenderar att påverka originalmaterialet genom att göra lagningsområdet stelt. Genom att studera bilder av lagningar och lagningar på målningar jag kommit i kontakt med under min utbildning har jag fått uppfattningen att utformningen av bryggorna kan variera kraftigt, både vad gäller längd och hur tätt de placeras. Enligt min uppfattning borde dessa variabler påverka resultatet. I den här studien har det tyvärr inte heller funnits utrymme för att närmare studera utformningen praktiskt. Det skulle därför vara intressant att gå vidare med en studie kring hur man kan modifiera deras effekt genom att korrigera deras utformning.

Det artificiella åldrandet indikerade att vissa styvare adhesiver kan ge upphov till en något stel yta i hela lagningsområdet då bryggor används som förstärkning. Att samma stelhet inte märktes på

de prover som lagats med trådflättningsmetoden beror troligtvis på att mängden bindemedel är betydligt mindre. Det medför att adhesivens styvhet eller flexibilitet får mindre påverkan på materialet och därmed ger metoden oftare en fog med liknande flexibilitet som duken. Det är heller inte uteslutet att styvheten hänger samman med att värme användes för att fästa bryggorna. Det är svårt att säga om stelheten kan vara skadlig och skapa spänningar i duken. Eftersom strukturen i ett autentiskt fall även är låst av färgfilmen från målningens ovansida är det tänkbart att lagningen då bildar kritisk punkt.

De pH-mätningar som gjordes gav tyvärr inte de exakta mätvärden som förväntats. Därför gjordes inga jämförande mätningar efter det accelererade åldrandet. Eftersom mätvärdena till slut stabiliserade sig så betraktar jag dem ändå som tillförlitliga. Det var också viktigt att få ett mått på dukens pH. I studien i övrigt har ingen specifik påverkan upptäckts som kan sammankopplas med adhesivens pH.

Det artificiella åldrandet visar också att Bind-flex, som idag används relativt frekvent, är instabilt och lätt bryts ned över tid eftersom det gulnade kraftigt. Som tidigare nämnts kan man inte vara helt säker på att samma utfall skulle visa sig under naturligt åldrande men det bör ses som en stark indikation på det. Om adhesivet verkligen är instabilt så kan det leda till att den miljöfarliga mjukgöraren dipropylenglykoldibenzoat migrerar till det omgivande materialet eller frigörs i luften. Det är mycket små mängder det handlar om så ur miljösynpunkt är det troligtvis ingen katastrof men det kan medföra att omgivande material påverkas negativt eller att adhesivet förlorar sin flexibilitet, vilket kan ställa till större skada. Litteraturen visar också att materialet kan avge sura restprodukter vid nedbrytning. Plextol D 360 gulnade minimalt vid åldrande vilket är en positiv indikation. Litteraturen ger dock en fingervisning om att plectol kan vara känsligare för åldrande i ljus än för åldrande i mörker. Det indikeras genom att man har uppmärksammat att produkten avger fler miljöfarliga och skadliga ämnen vid ljust åldrande än vid mörkt. Det är därför bra att plectol, inom konservering ofta används där det inte exponeras för ljus. Evacon-R visade stor motståndskraft i ålderstestet, det är därför troligt att det har god långsiktig stabilitet även under naturligt åldrande.

Studiens löslighetstest valdes för att få fram ett mätbart resultat som möjliggör jämförelser mellan de olika adhesiven och mellan de åldrade och icke åldrade adhesiven. Eftersom en liknande metod inte är tillämpbar då ett adhesiv måste avlägsnas på ett autentiskt objekt kan man diskutera testets betydelse i studien. Min bedömning är dock att testet mycket precist fyllde sin funktion och bidrog till en fördjupad bild av adhesiven. Troligtvis kan man förvänta sig att mekanisk påverkan också skulle öka möjligheterna till löslighet och reversibilitet. Sammantaget så visade sig alla adhesiv påverkbara av de relativt svaga lösningsmedlen. Alla produkter svällde vilket i en autentisk situation skulle underlätta mekanisk avlägsning. Klart bäst löslighet före accelererat åldrande visade dock plectol. En fördel med de två andra adhesiven är att de svällde lättast i vatten, det gör dem lätta att avlägsna mekaniskt utan farliga lösningsmedel. Det är dock tydligt att det accelererade åldrandet påverkade lösligheten negativt. De löslighetskombinationer som tidigare fungerat bäst var de som försämrades. Därför blev lösligheten hos plectol avsevärt försämrad av åldrande. Dock fanns inga tecken på att adhesiven skulle ha blivit helt opåverkbara, de löslighetskombinationer som endast svällt proven verkade inte ha försämrats.

Tillförlitligheten i det draghållfasthetstest som utfördes kan diskuteras eftersom endast ett prov av varje lagning testades. Sammanlagt med den kunskap vi sedan tidigare har om adhesivens beteenden verkar resultaten trovärdiga. CCI har i tester märkt att PVAc- limmer blev starkare men sprödare av åldrande i mörker, det är troligt att detta även skett med Bind-flex 1161. Det är därför inte konstigt draghållfastheten hos Bind-flex var bäst. Detta kan ha flera tänkbara orsaker. Det är inte omöjligt att mjukgöraren avgått och lämnat efter sig ett starkare och sprödare adhesiv.

Eftersom CCI:s tester visar detta resultat för flera PVAc-adhesiv där vi inte vet om en mjukgörare ingått eller ej kan man också tänka sig att adhesivet blivit starkare till följd av uppkomna tvärbindingar. Hur mycket och i vilken riktning det accelererade åldrandet kan ha påverkat styrkan är tyvärr svårt att bedöma. Eftersom inga tester av draghållfastheten gjordes innan det artificiella åldrandet blir det bara spekulationer. Som väntat var plectol det adhesiv som klarade minst belastning. Det indikerades redan då proverna förbereddes och Plectol D 360 visade sig för svagt för att hålla flättningsmetoden. Evacon- R uppvisade god draghållfasthet efter åldrande. Under studien har ingen tidigare forskning om hur Evacon-R reagerar på accelererat åldrande studerats. Därför vet vi inte hur styrkan efter det accelererade åldrandet förhåller sig till styrkan före åldrande. Av resultatet kan man utläsa att Evacon-R ger en tillräcklig styrka åt lagningarna.

5.3. Slutsats

Sammantaget tycks trådflättningsmetoden lämpa sig när man riskerar att få en lagning som är synlig även från framsidan eller när man bedömer att man har en extra känslig struktur. Metoden i sig ger ganska liten styrka, därför kräver den ett starkt lim. Förstärkning med bryggor ger ett önskvärt resultat och lämpar sig i de flesta fall. Bryggor ökar draghållfastheten väsentligt. I dagsläget finns inget som tyder på att metoden skulle vara skadlig trots att den påverkar originalduken i något större utsträckning än trådflättningsmetoden.

Plectol D 360 visade sig i studien lämplig för konserveringsändamål. Den visade sig relativt stabil i åldringstestet eftersom den gulnade minimalt. Den hade bäst löslighet även om den försämrades avsevärt efter artificiellt åldrande. Den gav god flexibilitet till lagningarna, även långsiktigt. Möjligen uppnådde inte limmet den önskade styrkan för ingreppet. Det var anledningen till att den inte lämpade sig för trådflättningsmetoden.

Bind-flex 1161 visade sig innehålla en oönskad mjukgörare. En gulnade också kraftigt under det accelererade åldrandet vilket tyder på instabilitet. Limmet svällde i alla lösningsmedel och löstes nästan helt i vatten, lösligheten påverkades inte av åldrandet. Adhesivet uppvisade bäst draghållfasthet, troligtvis gynnades denna egenskap av åldrandet i mörker.

Evacon-R uppvisade studien igenom goda resultat, dock försämrades lösligheten i vatten något efter åldrande. I den okulära besiktningen efter artificiellt åldrande fanns inga tecken på förändringar hos Evacon-R. Det tyder på god stabilitet. Limmet uppvisade också god hållfasthet. Resultaten gör Evacon-R fortsatt intressant att undersöka för användning inom svensk målerikonservering.

Kapitel 6. Sammanfattning

Uppsatsens syfte har varit att undersöka hur lim och metoder som används till lagning av revor i textila målningsunderlag påverkar målningen och revan på lång sikt. Frågeställningarna som studien grundar sig på har varit: Vilka för- och nackdelar finns det med metoderna och hur påverkar de duken? Lämpar sig olika adhesiver olika väl för olika metoder? Vad krävs av ett adhesiv för lagning av revor? Hur fungerar adhesiven och metoderna i ett långsiktigt perspektiv? Hur ska trådbryggor utformas för att ge bästa resultat?

Studien lutar sig mot de etiska riktlinjer som finns samlade i E.C.C.O. Professional Guidelines (II) Code of Ethics. Den teoretiska referensramen har även tagit fäste i Muñoz Viñas resonemang kring reversibilitet och minsta möjliga åtgärd. Då lämpligheten i metoder och material undersöktes och utvärdesart har dessa resonemang ständigt varit närvarande.

Den andra och tredje delen av uppsatsen bygger på litteraturstudier. Del två beskriver den historiska utvecklingen inom strukturell konservering. Historiska och moderna metoder beskrivs, bland dem de två metoder som undersöks närmare i den fjärde experimentella delen. Metoderna är trådflättningsmetoden som i engelsk litteratur omnämns som ”*Thread-by-thread tear mending*” och förstärkning med bryggor. I den tredje delen beskrivs generella egenskaper för adhesiver som lämpar sig för konservering. Dessutom beskrivs vilka egenskaper som efterfrågas hos ett lim som ska fungera för lagning av revor. Därefter presenteras också de adhesiv som ska studeras närmare tillsammans med metoderna i den fjärde delen.

Uppsatsens fjärde kapitel syftar till att empiriskt undersöka de valda metoderna och adhesiven utifrån de tidigare angivna kriterierna. Lagningsprover skapades där varje adhesiv användes tillsammans med de olika metoderna för lagning av reva i opreparerad linneduk. Därefter testades den långsiktiga stabiliteten genom att proverna utsattes för accelererat åldrande i 60°C under 33 dagar. Proven testades också utifrån draghållfasthet. Lösligheten testades och jämfördes både före och efter det accelererade åldrandet.

Trådflättningsmetoden är en tidskrävande metod som förutsätter god vana hos konservatorn. Den kräver också specifik utrustning. Med goda förutsättningar kan metoden ge en osynlig lagning. På grund av den minimala adhesivanvändningen har metoden mycket liten påverkan på originalstrukturen. På så sätt återskapas dukens egenskaper men det förutsätter också att ett starkt lim som fäster snabbt används. Att limma revan och förstärka med trådbryggor är den mest tids-effektiva metoden, den lämpar sig väl tillsammans med termoplastiska adhesiv. Bryggor visade sig i testet för draghållfasthet kunna öka hållfastheten med upp till dryga 200%. Studiens tester tyder på att metoden lokalt kan leda till minskad flexibilitet i lagningsområdet. Det är därför viktigt att man följer upp äldre lagningar med bryggor och vidare undersöker hur deras olika utformning påverkar resultatet. Sammantaget tycks trådflättningsmetoden lämpa sig när man riskerar att få en lagning som är synlig även från framsidan eller när man bedömer att man har en extra känslig struktur. Metoden i sig ger ganska liten styrka, därför kräver den ett starkt lim. Förstärkning med bryggor ger ett önskvärt resultat och lämpar sig i de flesta fall. Bryggorna ökar hållfastheten väsentligt. I dagsläget finns inget som tyder på att metoden skulle vara skadlig trots att den påverkar originalduken i större utsträckning än trådflättningsmetoden.

Plextol D 360 visade sig vara relativt långsiktigt stabil men uppvisade något svag draghållfasthet vilket gör den svår att använda tillsammans med trådflättningsmetoden som kräver ett starkt lim. Bind-flex 1161 visade tecken på instabilitet och innehåller dessutom en oönskad mjukgörare. Evacon-R uppvisade sammantaget det bästa resultatet. Det artificiella åldrandet tyckte inte förändra produkten och hållfastheten var god.

Käll- och litteraturförteckning

Tryckta källor

Böcker

Appelbaum, B. (2007). *Conservation Treatment Methodology*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Horie, C. (1987). *Materials for Conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*. London: Butterworth.

Mills, J. S., White, R. (1994). *The organic chemistry of museum objects*. London: Butterworth.

Muñoz Viñas, S. (2005). *Contemporary theory of Conservation*. Amsterdam: Elsevier Butterworth-Heinemann.

Nicolaus, K. (2001). Textila målningsunderlag. i K. Nicolaus, *Handbok för restaurering av målningar* (U.-m. Westerståhl, Övers.). Köln: Könemann.

Wilks (Red.), H. (1983). *Science for Conservators Book 3 Adhesives and Coatings*. London: Craft Council.

E-böcker

Tomkiewicz, C., Scharff, M., & Levenson, R. (2012). Tear mending and other structural treatments of canvas paintings, before or instead of lining. i (eds) I. J. H. Stoner, & R. A. Rushfield, *The conservation of easel paintings*. [Elektronisk] Abingdon, Oxon [England]: Routledge. ss. 384- 414 Tillgänglig: EBL: Göteborgs universitetsbibliotek.
<http://gu.eblib.com.ezproxy.ub.gu.se/patron/FullRecord.aspx?p=1016041&echo=1&userid=%2fW6MY6eVX0wSbTJmrowRRw%3d%3d&tstamp=1366709841&id=9EC0D855F49876C665851B02EF1BAF6E312A4FC7>

Elektroniska uppslagsverk

Kohesion [Elektronisk] Nationalencyklopedin. <http://www.ne.se.ezproxy.ub.gu.se/sve/kohesion> hämtat 2013-04-15

Adhesion [Elektronisk] Nationalencyklopedin <http://www.ne.se.ezproxy.ub.gu.se/sve/adhesion> hämtat 2013-04-15

Övriga tryckta källor

Berger, G. A., & Russell, H. W. (1993). Tears in Canvas paintings: Resulting Stress Changes and Treatment . i J. (Red.) Bridgland, *10th Triennial Meeting, Washington D.C., USA, 22-27 August 1993: preprints. Vol. 1*. Los Angeles: Allan Press.

Borglin, P. (1994). *Adhesiver för sammanfogning av revor på duk*, kand.upps. Göteborg: Institutionen för kulturvård.

Down, J. L., MacDonald, M. A., Tétreault, J., & Williams, R. (1992). *Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute*. Ottawa: CCI.

Nyström Larsson, I. (2003). *Syntetpolymerbaserade produkter inom svensk målerikonservering*. Mag. upps. Göteborg: Institutionen för miljövetenskap och kulturvård.

Petéus, T. (1985). *Moderna metoder för konservering av måleri på duk, faktorer och moment*. Göteborg: SVK - Stiftelsen Västsvensk konservatorsateljé.

Rose, J., & Sauerberg, M. L. (den nr 77 Mars 2002). Thread-by Thread Tear Mending Workshop. *Conservation news*, ss. 38-39. London: United Kingdom Group of the International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works

Winther, T. (1990). *Akryl, alkyd, vinyl- går de att skilja åt?: enklare identifikationsanalyser av syntetiske bindemedel i färg, deras historia och kemi*, kand.upps. Göteborg: Institutionen för kulturvård.

Otryckta källor

Elektroniska källor

Albers, M. (2013). *The use of EVA CON-R as a Thermoplastic Adhesive in relation with the conservation of the silk curtains and hangings of the Kops Room at the Rijksmuseum Amsterdam*. [Elektronisk] Ottawa: CCI. <http://www.cci-icc.gc.ca/symposium/2011/Poster%20-%20Albers%20-%20English.pdf> Hämtat 2013-03-13

Bruder, U. (2009). Polymerer och plast. *Värt att veta om plast* nr 12, [Elektronisk] Plastforum. http://www.plastnet.se/iuware_files/user/plastnet.se/pdf/Vart_att_veta.pdf Hämtat 2013-03-22

Demuth, P., Vogel, H., Nägler, C., & Reuber, L. (2011). *Adhesives for Thread-by-Thread Tear Mending in Torn Fabric Supported Paintings*. Ottawa: CCI. [Elektronisk] <http://www.cci-icc.gc.ca/symposium/2011/Paper%2014%20-%20Demuth%20et%20al.%20-%20English.pdf> Hämtat 2013-02-27

E.C.C.O. professional Guidelines (II): Code of Ethics. (2003). [Elektronisk] Bryssel: E.C.C.O. http://www.ecco-eu.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=30 hämtat 2013-02-24

Hackney, S. (den 1 oktober 2004). *Paintings on Canvas: Ligning and Alternatives*. Tate Papers. [Elektronisk] <http://www.tate.org.uk/research/tateresearch/tatepapers/04autumn/hackney.htm> hämtat 2013-02-01

Produktinformation - Produktblad

Conservation by limited design – A Larson-Juhl Company, *Material Safety Data Sheet EVA CON - R*, [Elektronisk] (2001-09-03) <http://www.lionpic.co.uk/media/125871/evacon-r%20archival%20adhesive-msds.pdf> Hämtat 2013-03-10

Henkel KGaA, *Datablad Bind-flex 1161*, (2004-03-10) [Elektronisk]

Henkel KGaA *Säkerhetsdatablad enligt (EG) nr 1907/2006 Bind-flex 1161*, (Reviderad 2011-01-13) [Elektronisk] http://back.antalix.com/sitesweb/media/library/68455_2622_1358329324.pdf Hämtat 2013-04-07.

Lascaux Colors & Restauro, *Acrylic Resins Plectol B 500, Plectol D 360, Plectol D 498 and Acronal 500 D*, [Elektronisk], http://talasonline.com/photos/instructions/PLEXTOL_B500_INFO.pdf Hämtat 2013-04-07.

Övriga otryckta källor

Lagnesjö, G. (1997). *Baskurs i textilkonservering*. Opublicerad.

Bild- och tabell förteckning

Figur 1: Framsida. Reva uppkommen i samband med olämplig förvaring, foto Marie Rådesson

Figur 2: s.13. Illustration varp, inslag, Marie Rådesson

Figur 3: s.14. Illustration spänningskoncentration, Marie Rådesson

Figur 4: s.20 Evacon-R, film på objektsglas, foto Marie Rådesson

Figur 5: s.21 Plextol D 360, film på objektsglas, foto Marie Rådesson

Figur 6: s.21 Bind-flex 1161, film på objektsglas, foto Marie Rådesson

Figur 7: s.23 Exempel på lagning med trådflättningsmetoden, foto Marie Rådesson

Figur 8: s.23 Exempel på svetsning förstärkt med bryggor, foto Marie Rådesson

Figur 9: s.23 Verktyg lämpliga för lagning av revor, foto Marie Rådesson

Figur 10: s.25 Adhesiver efter accelererat åldrande, foto Marie Rådesson

Figur 11: s.27 Löslighet i vatten, Foto Marie Rådesson

Figur 12: s.27 Löslighet i etanol/acetone 1:1, foto Marie Rådesson

Figur 13: s.27 Exempel på löslighet hos Plextol efter åldrande, foto Marie Rådesson

Figur 14: s.28 Zwick Z 2.5, foto Emma Strömbom

Figur 15: s.28 Draghållfasthet testas, foto Emma Strömbom

Tabell 1 s.22 Förteckning över prover.

Tabell 2 s.26 Resultat av löslighetstest före accelererat åldrande

Tabell 3.s.27 Resultat av löslighetstest efter accelererat åldrande

Bilaga 1. Lagningsprover

s.1 av 2



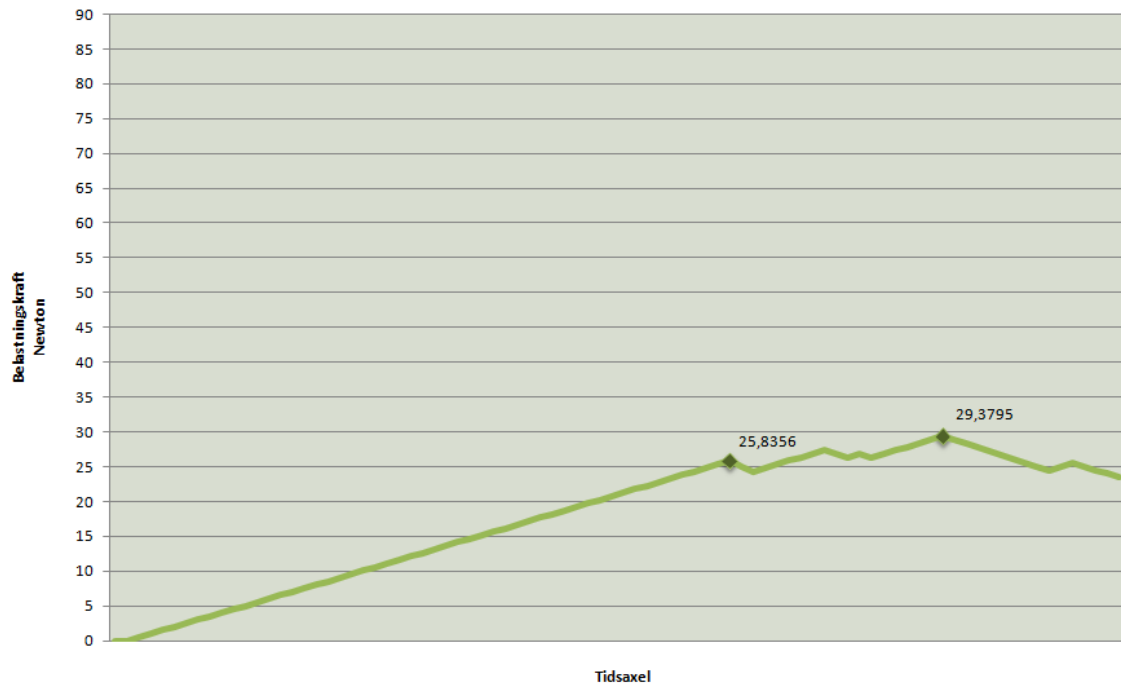
Bilaga 1. Lagningsprover

s. 2 av 2

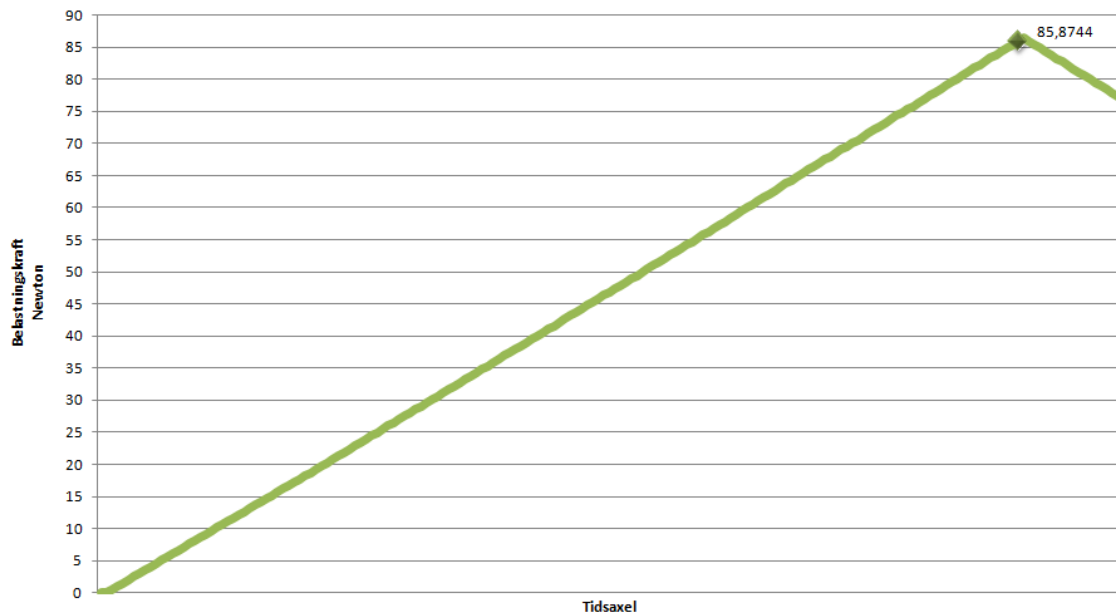


Bilaga 2. Diagram över draghållfasthet för Bind-flex 1161

Bind-flex trådflätning, 1T

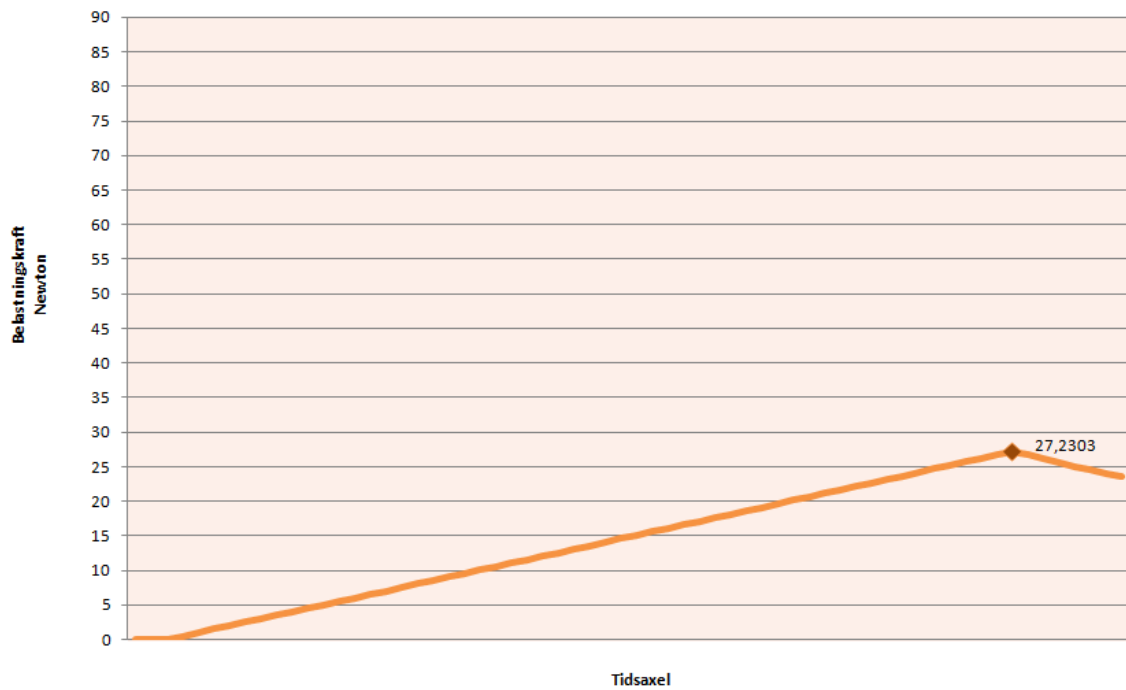


Bind-flex med bryggor, 1B

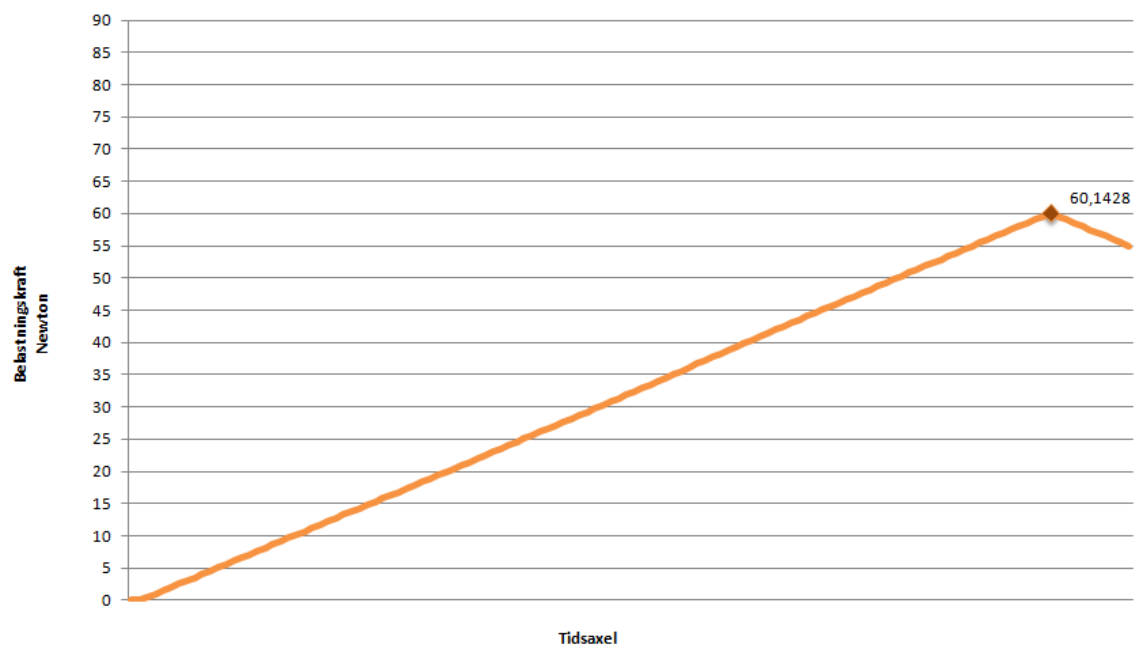


Bilaga 3. Diagram över draghållfasthet för Evacon-R

Evacon-R trådflätning, 2T



Evacon-R med bryggor, B2



Bilaga 4. Diagram över draghållfasthet för Plextol D 360

Plextol D360, T1

