

Syntetpolymerbaserade Produkter Inom Svensk Målerikonservering

Ingalill Nyström Larsson



G Ö T E B O R G S U N I V E R S I T E T
Institutionen för Miljövetenskap och Kulturvård

AVDELNINGEN FÖR KULTURVÅRD

2003:14

***SYNTETPOLYMERBASERADE PRODUKTER INOM SVENSK
MÅLERIKONSERVERING***

INGALILL NYSTRÖM LARSSON

Handledare: Jonny Bjurman

Magisteruppsats, 20 poäng

GÖTEBORG UNIVERSITY
Department of Environmental
Science and Conservation
Institute of Conservation
P.O. Box 130
SE-405 30 Göteborg, Sweden

<http://www.miljo-kultur.gu.se/icug>

Tel +46 31 7734700

Fax +46 31 7734703

Master Course in Integrated Conservation
Graduating thesis, MA/Sc, 2003

By: Ingalill Nyström Larsson
Mentor: Jonny Bjurman

Painting Conservation Products Based on Synthetic Polymers

ABSTRACT

This thesis is about synthetic polymers and polymeric products used in the Swedish painting conservation field. The aim has been to accumulate and systematize facts about the synthetic polymers used in conservation: to describe the chemistry of the products, their manufacture and their field of uses. Thereby, I hope that the thesis also will function as a practical user-guide to synthetic products used in the field. The research questions used in the study are: How is the chemistry of these conservation products? What kind of synthetic polymers are used? What additives are used? Do the polymers and the products affect the original material and how do they degrade? Are they reversible? How toxic are they? The thesis consists of two parts. The first part concerns polymeric chemistry in general. It is mainly based on textbooks in polymeric chemistry and techniques, and research from the field of conservation. The second part is based on a questionnaire sent to Swedish conservation institutes in order to acquire information about what products are used in conservation. The synthetic polymers are then listed with reference to their product type, as it is described in materials safety data sheets from the producers and articles describing synthetic polymers used in conservation.

Titel in original language: Syntetpolymerbaserade produkter inom svensk måleri-konservering

Language of text: Swedish

Number of pages: 103

Keywords: Painting conservation, Synthetic Polymers, synthetic products

ISSN 1101-3303
ISRN GU/KUV—03/14—SE

Förord

Under mina 11 yrkesverksamma år som konservator har jag ofta undrat över vad som ingår i olika syntetiska konserveringsprodukter och hur hälsovådliga de är. Ofta har det gått att uppsöka informationen via produktinformationsblad, vilka för det mesta skickas med vid leverans av en produkt. Det är dock inte alltid information om produkten finns att få eller så är den informationen som ges alltför knapphändig. Då har det inneburit att jag på olika, vanligtvis ganska tidskrävande, sätt har fått söka informationen på egen hand. Allt eftersom har jag samlat på mig produktblad och artiklar om olika ämnen. Som skyddsombud på SVK, Västsvensk Konservatorsateljé har jag även haft möjlighet att erhålla viss kunskap om kemiska hälsorisker och risker med syntetiska ämnen i yrkeslivet genom de kurser jag haft möjlighet att delta i. Dessutom har jag utökat mina kemikunskaper via kurser vid universitetet för att kunna ta del av produkternas kemiska data. Jag har på senare tid insett att det borde finnas en handbok för konservatorer som samlar upp och på ett, för konservatorn, begripligt sätt, förklarar konserveringsprodukternas kemiska data. Detta är några av anledningarna till valet av uppsatsämne.

Att arbeta med denna uppsats har både varit berusande och frustrerande. Likt en drog har jag längtat efter de få stunder som jag kunnat ägna åt uppsatsarbetet. Frustrerande har det varit eftersom jag fått invänta min dotter Almas få sovstunder. Att dessutom arbeta heltid med ett uppsatsarbete hängande över sig, har förstås också bidragit till denna frustration. Att försöka kombinera uppsatsskrivande, yrkeskarriär och privatliv har många gånger varit svårt. Förlåt Alma att jag under hela ditt 2-åriga liv ofta haft tankarna åt ett annat håll. Jag vill samtidigt tacka min man Bengt för visad hänsyn och inte minst min handledare Jonny Bjurman som inte bara fått läsa min ofärdiga uppsats ett otal gånger, utan också haft flera mycket goda synpunkter på arbetet.

Innehållsförteckning

Kapitel 1. Inledning	4
1.1. Bakgrund	4
1.2. Syfte	4
1.3. Frågeställningar	4
1.4. Avgränsningar och problem	4
1.5. Metod och material	5
Del 1. Polymervetenskap	
<hr/>	
Kapitel 2. Polymerkemiska grunder	8
2.1. Historisk bakgrund	8
2.2. Polymerers storlek	10
2.3. Bindningstyper	12
2.4. Reaktionstyper	14
2.5. Polymerisationsmekanismerna	16
2.6. Polymerers struktur	17
2.7. Kristallina och amorfa polymerer	20
2.8. Faser och fastransitioner	22
2.9. Polymerers viskoelasticitet	27
2.10. Upplösning av polymerer och polymerlösningar	29
Kapitel 3. Från polymer till färdig produkt	34
3.1. Polymerisationsteknik	34
3.2. Polymertyper	36
3.2.1. Termoplaster	36
3.2.2. Elastomerer	42
3.2.3. Härdplaster	43
3.3. Polymerprodukter	45
3.3.1. Adhesiver	45
3.3.2. Färg	48
3.3.3. Fernissor/Lacker	51
3.3.4. Geler	53
3.3.5. Gjutmassor	54
3.3.6. Spackel	55
3.3.7. Vaxer	56
3.3.8. Additiver	56
Del 2. Syntetprodukter inom svensk målerikonservering	
<hr/>	
Kapitel 4. Syntetiska konserveringsprodukter	60
4.1. Adhesiver	60
4.2. Färg	77
4.3. Fernissor/Lacker	82
4.4. Geler	87
4.5. Gjutmassor	91
4.6. Spackel	96
4.7. Vaxer	100
Sammanfattning	102
<u>Appendix 1</u>	
<u>Appendix 2</u>	
<u>Referenser</u>	
<u>Tillverkare och leverantörer</u>	
<u>Produktindex</u>	

Kapitel 1. Inledning

1.1. Bakgrund

Inom konservering är det av stor vikt att de produkter som används för konserveringsändamål är väl kända och att vi vet hur de åldras, hur de påverkar föremålet samt ifall de är hälsovådliga. Vi vet ganska lite om dessa produkter som vi dagligdags använder. De syntetiska produkterna har en kort historik, oftast endast något eller några decennier bakom sig, vilket innebär att de är relativt oprövade. Dessutom är det mycket vanligt att vi konservatorer inte ens reflekterat över att många av de produkter som används inom konserveringen faktiskt är syntetpolymerer, eller att de överhuvud är polymerer, det vill säga makromolekyler. Det finns med andra ord ett stort behov av samlad information om syntetpolymerprodukter inom konserveringsfältet.

1.2. Syfte

Syftet med uppsatsen är således att ta fram fakta om syntetpolymerer och syntetprodukter inom målerikonserveringsfältet. Arbetet avser att beskriva produkternas polymerkemi, tillverkningsprocess och användningsområden. Sista delen av uppsatsen är uppbyggd som en uppslagshandbok där de vanligaste konserveringsprodukterna står att finna utifrån användningsområde, dessutom finns ett produktindex i alfabetisk ordning med sidhänvisningar allra längst bak. Kemiska data, användningssätt, eventuella risker med mera skall beskrivas. Min ambition är att presentera informationen på ett så lättillgängligt sätt som möjligt.

1.3. Frågeställningar

De frågeställningar som har styrt studien har varit hur fungerar den syntetiska produkten rent kemiskt, vilken eller vilka polymerer ingår och hur ser dess kemiska formel och struktur ut? Vilka additiver ingår? Hur påverkar de syntetiska ämnena originalmaterialet och hur åldras de? Är de reversibla? Och sist men inte minst hur hälsovådliga är produkterna? Dessa och andra frågor är viktiga vid val av konserveringsprodukter.

1.4. Avgränsningar och problem

Uppsatsen inriktar sig på syntetiska polymerer och alltså inte biopolymerer. Några exempel på biopolymerer inom målerikonserveringsfältet nämns dock i andra kapitlets första avsnitt. På grund av syntetpolymerernas omfattning har jag

valt att framför allt beskriva de produkter som används inom målerikonservering i Sverige. Jag har dock valt att beteckna målerikonserveringsfältet som relativt brett, där allt som är bemålat hamnar inom fältet.

Jag kommer dock inte att behandla produkter som används vid förgyllning och konservering av förgyllda föremål. Att förgyllningsprodukter, såsom syntetiska oljeogrunder, guldfärger etc inte förekommer, är endast på grund av att jag vill begränsa mig till de bemålade föremålen. Jag kommer inte heller att ta upp den typen av redan polymeriserade och förädlade produkter, som exempelvis adhesivfilmer, tyger och skumplaster, vilka användas i samband med konservering och ibland även som packmaterial vid transport eller magasinering. Texten kommer således endast att behandla de för uppsatsämnet relevanta termoplaster och elastomerer i emulsions/dispersions- eller hartsform samt härdplaster (för definition av ovannämnda termer se kapitel 3).

Ett problem jag stött på under arbetets gång är att polymerprodukter ibland heter samma som den syntetpolymer som ingår i produkten. Vanligtvis menar man dock den rena polymeren, då polymernamnet används. I de fall då produkten trots allt heter samma som polymeren ska man vara medveten om att det i stort sett aldrig är en ren polymer i en produkt, eftersom olika typer av additiver, det vill säga tillsatser, nästan alltid ingår. Ett annat problem har varit att produkterna fortfarande kan ha samma produktnamn men ingredienserna och ibland även huvudpolymeren kan ha bytts ut under åren.

Ett sista problem som blivit tydligt under arbetets gång är att många polymerprodukter från tillverkare av konserveringsprodukter, i princip kan vara samma produkt som de, vilka en konservator ibland köper direkt från råvarupolymertillverkaren men då med ett annat produktnamn. Omedveten om detta, kan därför exakt samma polymerprodukt förekomma för helt skilda konserveringsmoment i tron om att det är två helt olika produkter.

1.5. Metod och material

Uppsatsen innehåller två delar. Den första behandlar polymervetenskap, det vill säga polymerkemi, polymerers egenskaper och tillverkningsprocesser. Kursen *inledande polymerkemi* vid Chalmers Tekniska Högskola och dess kursmaterial, med bland annat boken *Inledande polymervetenskap –kompendium för K3* av Hjertberg, har varit väsentligt för detta arbete. Annan viktig litteratur i ämnet har varit *Polymerteknik –materiallära* av Höjfors och Palmgren, *Byggnadsmaterial –uppbyggnad, tillverkning och egenskaper* av Burström, *Materials for Conservation –Organic consolidants, adhesives and coatings* av Horie, *Adhesives and Coatings, Volume 3* med redaktören Ashley-Smith, *The Organic Chemistry of*

Museum Objects av Mills och White, *La Chimica nel Restauro –I Materiali dell' Arte Pittorica* av Matteini och Moles samt *Adhesiver för impregnering av måleri på duk* av Hermerén.

Dessutom har jag haft stor nytta av tidigare kemistudier vid universitet och dess kurslitteratur såsom, *Chemical Principles* av Zumdahl, *Organic Chemistry* av McMurry, *Biochemistry* av J Matthews och Van Holde. Utöver detta har olika typer av lexikon varit till stor nytta. Ett som jag speciellt vill framhäva är *Lexikon i KEMI* av Mackenzie Miall och Sharp.

Den andra delen av uppsatsen tar upp de vanligast förekommande syntetprodukterna inom målerikonservering. Dessa produkter ska beskrivas utifrån användnings-/applikationsområde, där användningssätt, tillverkare, leverantör, kemiska data, för och nackdelar, och eventuell hälsovådlighet etc beskrivs.

Denna del baseras huvudsakligen på en enkät där syftet var att kartlägga vilka syntetpolymerer som förekommer inom svensk målerikonservering i dag (se appendix). Utskicket gjordes på basis av ett sorts strategiskt urval, där framför allt de större konserveringsinstitutionerna samt vissa privatpraktiserande konservatorer, alla i Sverige och med inriktning på olika bemålade materialkategorier valdes ut för studien. I samband med enkätutformningen hade jag stor nytta av framför allt tre böcker *Som man frågar får man svar* av Andersson, *Att fråga –om frågekonstruktion vid intervjuundersökningar och postenkäter* av Wärneryd och *Praktisk intervjuteknik* av Ekholm & Fransson

Postenkätmetoden, som jag valde, har vissa svagheter eftersom missuppfattningar lätt kan ske. Exempelvis skrev jag i enkäten att jag endast ville ha de produkter som verkligen användes och inte dem som bara stod och dammade på hyllorna. Detta gjorde att vissa produkter, som trots allt förekommer inom svensk konservering, inte nämndes i enkätsvaren. En annan tolkning av de uteblivna produkterna kan bero på att respondenten inte reflekterat över att vissa produkter *de facto* är syntetpolymerer. Dessa missuppfattningar skulle kunna ha undvikits genom enkätintervjuer exempelvis med hjälp av telefon. Vid direkt kontakt är det lättare att förklara vad som avses och därmed undvika missförstånd. Nackdelen är dock att denna metod är mer tidskrävande, varför den också utslöts.

På grund av att vissa produkter kan ha uteblivit har jag valt att behandla även sådana produkter som, mig veterligen, används inom svensk målerikonservering. Dessutom har jag valt att tillföra några produkter som är vanliga inom målerikonserveringsfältet i andra västerländska länder. Detta för att få en mer täckande produktredovisning för målerikonserveratorer. De produkter som

således tillkom har valts ut utifrån aktuella artiklar i konserveringstidskrifter, såsom *Studies in Conservation* och *Journal of the American Institute for Conservation*. Dessutom har konserveringsprodukter från större återförsäljare, exempelvis Lascaux, Archival aids och Talas, fått ligga till grund för urval av produkter. Sökandet efter konserveringsprodukter har huvudsakligen gjorts via internet och återförsäljarnas hemsidor.

Vid den kemiska beskrivningen av de olika produkterna har utgångspunkten varit varuinformationsblad. Dessutom har jag telefon- och brevlades varit i kontakt med leverantörer och återförsäljare av olika produkter för att få ytterligare produktinformation. Vid beskrivningen av hälsovådigheter har dessutom CD-romdatabasen *kemiska ämnen*, utgiven av Prevent, varit till stor nytta.

Ovanstående litteratur har framförallt sökts via olika databaser såsom *BCIN*, Bibliografic Conservation Information Network och via Universitets bibliotekets *Libris* samt via *CHANS*, Chalmers tekniska Högskolans bibliotek. De böcker som erhållits vid dessa sökningar har i sin tur genererat ytterligare litteratur genom de referenshänvisningar som funnits.

Del 1. Polymervetenskap¹

Kapitel 2. Polymerkemiska grunder

2.1. Historisk bakgrund

Polymerer är stora makromolekyler, *poly-* kommer av grekiska *poly's* och betyder *mången* och *-mer* kommer av grekiska *me'ros* och betyder *del*. Polymerers *molekylvikt* kan variera från några tusen upptill flera miljoner. De små molekylenheter som en polymer är uppbyggd av kallas monomerer. Skillnaden i storlek mellan ett lågmolekylärt ämne, exempelvis en monomer, och en polymer kan demonstreras i figuren nedan.



Figur 1. Skillnaden i storlek mellan *iso*-propylbensen och polystyren, där *n* står för polymeringsgrad som i det här fallet är >1000 (Hjertberg 2001, s 1).

Polymerer är mycket vanliga i biologiska system. Ett exempel är proteiner. Sedan mitten på 1800-talet och framförallt under 1900-talet och framåt har människan syntetiserat fram nya polymerer. För att kunna särskilja mellan de olika typerna av naturliga och syntetiska polymerer har man kommit att kalla dem för *biopolymerer* respektive *syntetpolymerer*. Denna uppsats kommer att inrikta sig på den senare. Trots detta vill jag kort nämna några för målerikonserveringen viktiga biopolymerer, naturliga produkter som fortfarande används och vilka många gånger är goda alternativ till syntetpolymerprodukterna.

Animaliskt lim är ett exempel som består av proteinet *kollagen*, vilket vanligtvis har en molekylvikt på ca 50 000. Vetestärkelse är en annan polymer med en molekylvikt mellan 40 000 och 650 000. Stärkelse är baserad på *glukos* och förekommer i två olika polymera former, amylos ca 20% och amylopektin ca 80% (Mathews & al -99, s 299-301). Amylos är en oöppen spiralformad polymer som vid uppkokning tvärbinds till den grenade amylopektinmolekylen. Då polymeren tvärbinder får den högre molekylvikt och sväller till en viskös pasta. Även dammarharts är en naturlig polymer. Detta är dock en lågmolekylär

¹ Del 1 baseras framför allt på Hjertbergs *Inledande polymervetenskap* från 2001, då ingen annan författare är hänvisad är det således hans text som ligger till grund för resonemangen.

polymer med den ringa molekylvikten 488. Polymeren bör därför kallas för en oligomer (se avsnitt 2.2). Biopolymererna har en stor spännvidd i polymerstorlek. I tabell 1 finns ytterligare exempel på naturliga konserveringsprodukter och deras molekylvikt.

<i>Naturlig konserveringsprodukt</i>	<i>biopolymer</i>	<i>Molekylvikt</i>
Bivax	kolvätestrar/-syror	lågmolekylär
Dammar	triterpenoider	488
Shellack	huvudsakligen auretsyra	lågmolekylär
Kasein	kalciumkaseinat	~30 000
Animaliskt lim	kollagen	~40 000-50 000
gummi arabicum	polysackarid + Ca, Mg, K	~580 000
Vetestärkelse	α -glukos	~650 000
linolja	triglycerider	Högmolekylär

Tabell 1. Några traditionella biopolymerer som fortfarande kan förekomma inom målerikonservering.

Under första delen av 1800-talet började man modifiera biopolymerer till en sorts *semi-syntetpolymerer*. Exempel på detta är *naturgummit* som Goodyear lyckades tvärbinda med hjälp av en vulkaniseringsprocess med svavel. Tidigare hade gummit en tendens att flyta ut och vara alltför klabbigt. Nu erhöles ett mer gummiartat material som inte flöt ut och inte var lika klabbigt. Naturgummi, även kallat latex, används än i dag. Inom konservering förekommer naturlig latex i bland annat textillim.

Även cellulosan var tidigt en utgångsprodukt för nya polymerer. Genom att delvis nitrera cellulosan samt att mjukgöra den med hjälp av kamfer, lyckades Hyatt erhålla *celluloid* som var ett formbart material. Cellulosanitrat har, förutom att det använts för att forma olika föremål, även använts för ytbehandling av olika material och föremål. Fram till idag har cellulosanitratet, även kallat nitrocellulosa, förekommit som isoleringsharts till kittningar inom målerikonservering.

Under andra världskriget, då linolja och andra produkter var en bristvara, utvecklades många nya syntetpolymerer exempelvis *akrylharts*er och *alkydoljor*. På nästa sida följer en tabell med årtal för när, några för konservering viktiga, polymerer utkom i handeln (se tabell 2).

Hela 1900-talets stora produktion av nya polymerer har haft stor betydelse för dagens konservering. Inom svensk målerikonservering används många syntetpolymerer och störst användning har de polymerer som tillhör gruppen *termoplaster*, vilka går att få plastiska vid uppvärmning. Akrylharts, alkyder och nylon är några exempel på termoplaster. Utöver denna grupp finns

ytterligare två grupper, *hårdplaster* och *elastomerer/gummipolymerer* (jfr Burström 2001, s 395). Dessa båda grupper är inte lika vanliga inom konserveringsfältet eftersom båda tvärbinder. De kan dock förekomma som speciallimmer eller i samband med avgjutning och injutning. Till de senare två grupperna hör exempelvis epoxy respektive silikongummi. Ovanstående polymergrupper förklaras närmare i kapitel 3 avsnitt 2.

Årtal	Polymer	Uppfinnare
1844	Vulkaniserat gummi	Goodyear, Hancock
1870	Cellulosanitrat	Hyatt, Parks
1909	Fenolharts	Baekeland
1927	Akrylharts	Röhm
	Alkyder	Kienle
1930	Polystyren	Staudinger
1931	Polyvinylklorid	Klatte, Semon
1939	Nylon 66	Carothers
1943	Nylon 6	Schlag
	Siliconer	Rochow, Hyde, Andrianov
1949	Epxi	Castan, Greenlee
1950	Polyuretan	Bayer
1959	Polycarbonat	Schnell, Fox

Tabell 2. Några för målerikonservering viktiga polymerers historia ur kommersiell synpunkt (jmf Hjertberg 2001, s 4).

2.2. Polymerers storlek

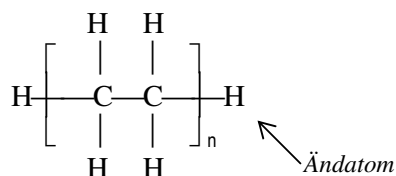
En polymer är tillverkad genom polymerisation av ett antal enklare molekyler, så kallade monomerer. I en färdig polymer går det alltid att definiera en *repetrande enhet*, det vill säga minsta struktur som upprepas. Förenklat kan man säga att den repeterande enheten är lika med antalet monomerer som åtgått vid polymerkedjans uppbyggnad. Antalet repeterande enheter benämns som *polymerisationsgraden*.

Ibland kan det vara svårt att säga när ett lågmolekylärt ämne övergår till att benämnas som en högmolekylär polymer. Så kallade *oligomerer*, en sort förpolymerer, är ett exempel på detta. *Oligo* kommer av grekiska *oligo* och betyder liten, ringa. Oligomerers polymerisationsgrad är vanligtvis $\leq 10 - 20$. För riktiga polymerer sägs polymerisationsgraden ofta behöva ligga i storleksordningen 100 – 3000. Polymerisationsgraden kan dock ligga betydligt högre, ibland upp till ca 30 000 (jmf. Burström 2001, s 396). Tredimensionella polymerer, som tvärbinder till ett sorts nätverk, kan till och med vara oändligt stora, det vill säga polymerisationsgraden går inte att bestämma.

Atom	Kemiskbeteckning	Atommassa
Väte	H	1,008
Kol	C	12,011
Kväve	N	14,007
Syre	O	16,000
Kisel	Si	28,086
Svavel	S	32,064
Klor	Cl	35,453

Tabell 3. Atommassor och kemiskbeteckning.

Det är inte alltid som storleken för en polymer beskrivs genom polymerisationsgraden. Vanligtvis används molekylvikten för att ange detta. Molekylvikten för en polymer räknas ut på liknande sätt som ett lågmolekylärt ämne, det vill säga genom att addera atomvikterna i molekylen. Vatten har exempelvis en molekylvikt på 18 (jmf tabell 3). För att räkna ut molekylvikten hos en polymer tar man den repeterande enhetens massa och multiplicerar den med antalet repeterande enheter, n i polymerkedjan, dessutom behöver man ta i beaktande de två ändgrupper/-atomer som finns i början och i slutet av varje molekyl, se exemplet nedan (figur 2).



Atommassan för Kol, $C = 12$

Atommassan för Väte, $H = 1$

Polymerisationsgraden, $n = 1150$

Molekylvikt för polyeten = $[2C + 4H] n + 2H =$
 $[2 \times 12 + 4 \times 1] \times 1150 + 2 \times 1 = \underline{32202}$

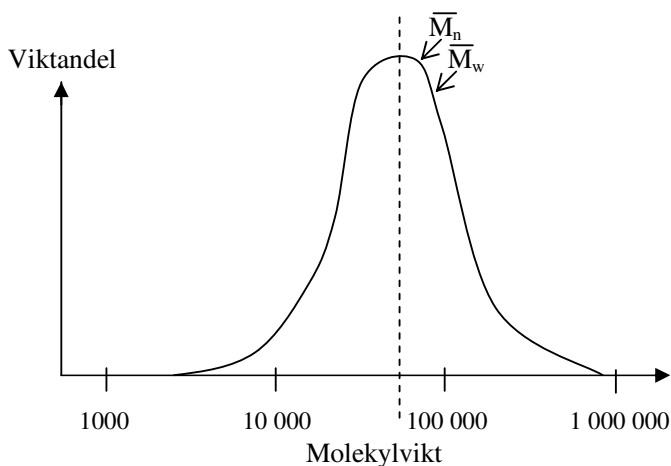
↖ 2 st ändatomer

Figur 2. Uträkning av molekylvikten hos en polymer. Polymerisationsgraden, n , det vill säga antalet repeterande enheter, är i detta fall 1150. Molekylvikten blir 32202 i detta fall.

I praktiken får man flera molekylvikter i samband med en polymerisation, eftersom polymerisationsgraden är svår att styra. Denna så kallade *molekylviktsfördelning* kan variera mellan 10^3 till 10^7 . På grund av molekylviktsfördelningen kan man aldrig ange den exakta molekylvikten för en polymer (se figur 3).

Beroende på vilken analysmetod som används för bestämning av en polymers molekylvikt får man olika *medelmolekylvikter*. De två vanligaste analysmetoderna anger antingen antalmedelmolekylvikten, \bar{M}_n eller viktmedelmolekylvikten, \bar{M}_w . Det förstnämnda erhålls genom en mätmetod där man effektivt räknar antalet polymermolekyler i en blandning med känd vikt. Det sistnämnda fås genom att separera ut olika polymermolekyler efter storlek och därefter väga varje storlek för sig. Detta görs genom att polymerlösningen

filtreras genom en gelkolonn, där de större molekylerna separeras ut först och de mindre molekylerna sist. Detta eftersom de mindre fördröjs inne i de porösa gel kulorna. Denna metod är dock inte lika känslig för riktigt små molekyler, varför viktmedelmolekylvikten alltid blir lite större än antalmedelmolekylvikten, se figuren nedan (Höjfors 1977, s 10).



Figur 3. Exempel på molekylviktsfördelning hos ett typiskt PVC-prov (jmf Höjfors 1977,s 10).

2.3. Bindningstyper

Polymerkemin tillhör den organiska kemin med några få undantag såsom kiselinnehållande polymerer, exempelvis silikoner. Mererna hålls ihop av primära kovalenta bindningar. De atomer och bindningar som bygger upp huvudkedjan är -C- , -O- , -N- , -C= , -S- , -N= , -Si- . Turordningen i uppräkningsen av atomer och bindningstyper får representera hur vanligt förekommande de är i syntetpolymerer. Kol med enkelbindningar är helt klart vanligast. Utöver ovanstående kan ytterligare atomer och bindningar förekomma som sidogrunder -H , -Cl , =O , -F.

De intermolekylära krafterna för en polymer är vanligtvis mycket större än för ett lågmolekylärt ämne. Trots att den kemiska grundstrukturen ibland kan vara den samma för de båda ämnena skiljer krafterna, eftersom den långa polymeren har möjlighet till så många fler sekundära bindningspunkter. Detta kan mätas genom att undersöka ångtrycket och kokpunkten för olika ämnen (se tabell 4).

De vanligaste sekundära krafterna för polymerer, uppbyggda av kolväten, är *van der Waals*-bindningar. Dessa är mycket svaga bindningar men eftersom de är många i en polymer, är de tillsammans mycket starka. Då kolvätaet dominerar blir ämnet opolärt. En kolvätekedja däremot, som har tillräckligt många polära

grupper, så som $-O-$, $-OH$, kan bilda vätebindningar med varandra. *Dipol-dipol*-bindningar kan bildas då polymeren innehåller starkt laddade grupper, så som exempelvis $=N-$. De båda sistnämnda bindningstyperna ger därför polära egenskaper åt ett ämne.

<i>Antal kol</i>	<i>Ämne</i>	<i>smältpunkt (C°)</i>	<i>kokpunkt (C°)</i>	<i>Tillstånd</i>
1	Metan		-162	Gas
2	Etan		-88	Gas
4	Butan		0	Gas
5	Pentan		36	Flytande, bensin
16	Hexadekan	18	292	Flytande
20	Eikosan	36		Fett
16-30	Paraffinvax	45-60		Vax
350-1500	Lågmolekylär polyeten	80-100		Segt fastämne
>30 000	Högmolekylär polyeten	ca 130		Hårt/starkt fastämne

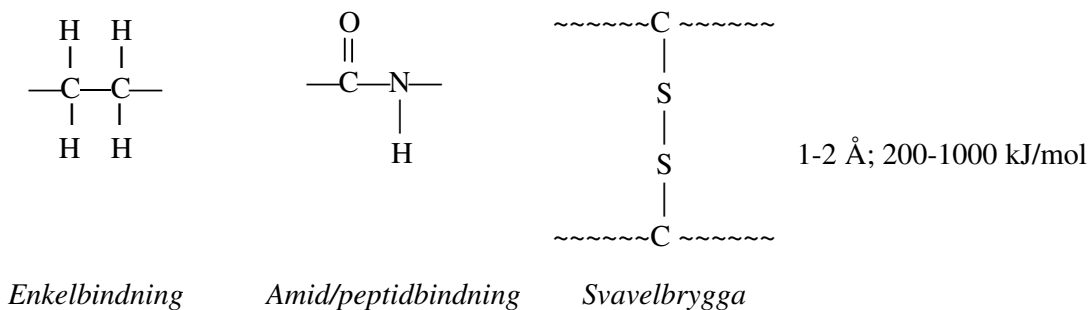
Tabell 4. Egenskaper hos kolväten med formeln C_nH_{2n+2} genom variation i molekylvikt (Horie 1990, s 14)

Kovalenta starka bindningar mellan polymerkedjorna finns bara i hårdplaster och i gummipolymerer. Generellt gäller att styrkan hos en bindning minskar med avståndet mellan de involverade strukturerna. Några exempel på de vanligaste bindningstyperna, deras avstånd och styrka ges i figur 4, nästa uppslag.

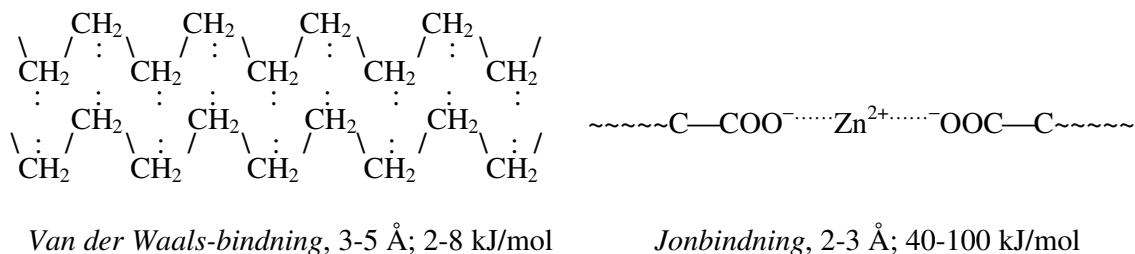
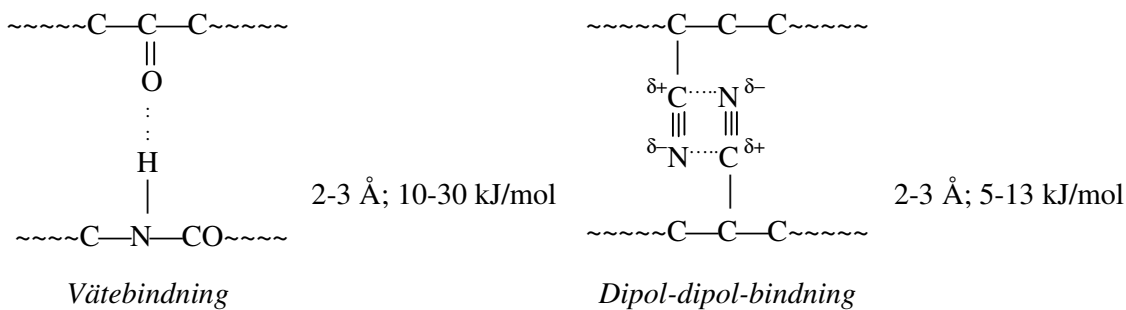
Även om det kan verka vara ett ganska fåtal kombinationer av atomer och bindningstyper i en polymer, finns det i stort sett ett oändligt antal sätt att variera deras strukturer och därigenom erhålla material med olika egenskaper. Ett exempel är polyeten $[-CH_2-CH_2-]$. Trots sin enkla kemiska struktur har vi redan i tabell 3 sett att genom endast förändring i kedjelängd och molekylvikt, förändras egenskaperna avsevärt. Om dessutom ändringar i förgreningsgraden² och/eller polymeren tvärbinds och/eller additiver av olika slag tillförs, kan de mekaniska egenskaperna varieras inom mycket vida gränser (se avsnitt 3.3, stycket om additiver).

² Förgreningsgraden kan varieras genom antalet förgreningar/sidogrupper och längden på förgreningarna.

Primära kovalenta bindningar



Sekundära bindningar

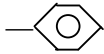
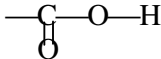
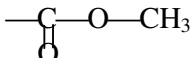
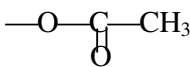


Figur 4. Bindningstyper i polymerer (Hjertberg 2001, s 9).

2.4. Reaktionstyper

De kemiska reaktioner som är vanligast i samband med polymerisation är antingen *kondensations-* eller *additionsreaktioner*. Men för att det över huvudtaget ska bildas en polymer krävs dessutom att reaktanterna³ åtminstone är *difunktionella*, det vill säga mer än en ände av molekylerna måste ha en grupp som potentiellt kan reagera med andra molekyler och skapa kovalenta bindningar.

³ Reaktanter är de ämnen som ska reagera med varandra. Produkten är det som bildas.

Monomerer	-X	Struktur
Eten	-H	
Vinylklorid	-Cl	
Styren	-C ₆ H ₅	
Akrylsyra	-COOH	
Metylakrylat	-COOCH ₃	
Vinylacetat	-OOCCH ₃	

Tabell 5. Några för målerikonserveringen viktiga vinylmonomerer.

2.5. Polymerisationsmekanismerna

Polymerisationsreaktioner kan generellt beskrivas som:



Två typer av polymerisationsmekanismer är möjliga. Den ena är en *stegvis* och den andra en *kedjevis* polymerisation. I den stegvisa polymerisationen kan x och y anta alla värden. Medan i den kedjevisa polymerisationen, kan bara x anta alla värden medan y endast kan ha värdet 1.

I den stegvisa polymerisationen kan således alla typer av molekylstorlekar ha reaktiva ändgrupper, vilka kan reagera med varandra i alla möjliga kombinationer. Kondensationsreaktionen från förra avsnittet är ett exempel på en stegvis polymerisation.

Vid kedjevis polymerisation däremot, är det alltid en monomer som adderas till den växande kedjan. För att den kedjevisa reaktionen ska starta krävs alltid någon typ av reaktivt ämne som initiator, exempelvis en fri radikal. Den kedjevisa mekanismen kan delas in i tre steg:

- 1) *Initiering*; aktiv initiatorradikal adderas till den första monomeren.
- 2) *Propagering*; radikalen som finns på kedjeändan reagerar med x -antal monomerer.
- 3) *Terminering*; radikalerna reagerar med varandra och terminerar varvid aktiviteten försvinner.

Att gå in i detalj i ovanstående polymerisationsmekanismer är långt över ambitionsnivån för denna text. Däremot vill jag nämna något om hur man kan styra molekylvikten och därmed kedjelängden på polymererna vid tillverkning. Vid den stegvisa polymerisationen kan molekylvikten kontrolleras dels genom nedkylning, dels genom iblandning av en liten mängd monofunktionella grupper i polymerblandningen.

Vid nedkylningen avstannar reaktionsförloppet eftersom energin är för låg. Detta är dock ingen bra teknik, eftersom risken finns för att polymerisationen kan starta upp igen vid eventuell uppvärmning. Detta på grund av de reaktiva ändgrupperna som fortfarande finns kvar. Att använda sig av en mindre mängd monofunktionella merer i reaktionsblandningen är ett mer tillförlitligt sätt. När de difunktionella mererna slutligen är förbrukade kommer de monofunktionella mererna, som tidigare var i underskott, att vara i överskott och därmed blir sannolikheten att polymererna ska reagera med dessa större. Polymerisationen upphör så sakteliga.

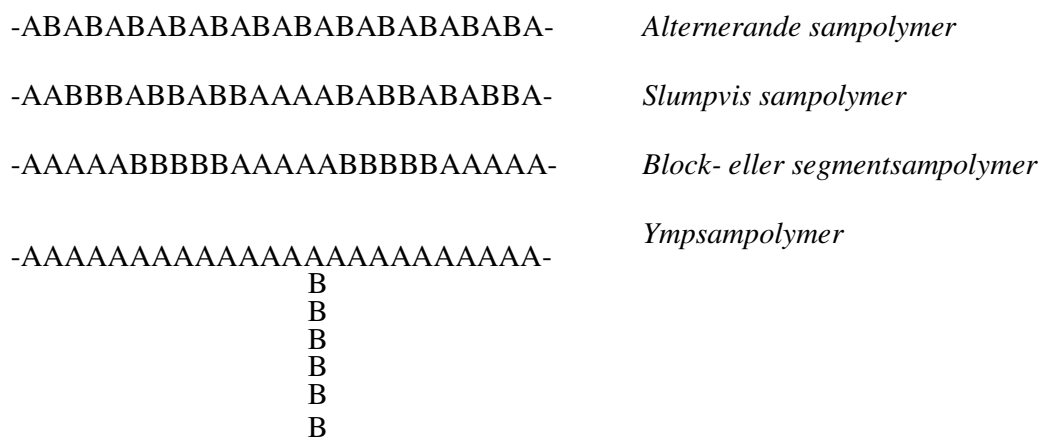
Avstanningen av den kedjevisa polymerisationen sker, som redan nämnts, genom terminering. Detta innebär att polymerradikalen träffar på en annan radikal varpå de två fria elektronerna bildar ett gemensamt elektronpar och därmed en kovalent bindning. Propageringen skulle egentligen fortgå tills alla monomerer var förbrukade ifall inte radikaler hade tendensen att attraheras till varandra. Denna reaktionsbenägenhet, radikaler emellan, gör att halten aktiva radikaler måste hållas mycket låg i samband med polymerisationsprocessen, annars finns risk för att processen aldrig sätts i gång eftersom radikalerna terminerar med varandra.

2.6. Polymerers struktur

På grund av att polymerer är så stora kan man tala om deras struktur på olika plan. Man brukar då tala om *konstitution*, *konfiguration* och *konformation*. Det förstnämnda beskriver vilka atomer som ingår och i vilken ordning de kommer i molekylens. Det andra beskriver molekylens tredimensionella uppbyggnad och omfattar de strukturer och kemiska bindningar som måste brytas ifall konfigurationen ska ändras. Det tredje och sista betyder förändringar i rymdarrangemanget genom vridning av kemiska bindningar.

Den repeterande enheten som tidigare nämnts, ingår i konstitutionsnivån. Strukturen beskriver vilka eller vilken monomer som gett upphov till polymeren. Polymerer som endast består av en typ av repeterande enhet kallas för *homopolymerer*. Polymerer som innehåller olika sorters repeterande enheter kallas *sampolymerer*, alternativt kopolymerer. Sampolymerer kan vara alter-

nerande, slumpvisa, blockvisa eller av inympad karaktär. De olika arrangemangen visas i figuren nedan, där A respektive B står för två olika repeterande enheter (figur 7).



Figur 7. Olika typer av sampolymerer även kallade kopolymerer (Hjertberg 2001,s 15).

Polymerer kan vara *linjära*, *förgrenade* eller *förnätade*. De två först nämnda tillhör gruppen termoplaster och den sist nämnda tillhör framför allt gruppen härdplaster. Är dock tvärbindingarna relativt få tillhör polymeren elastomerna som är en egen grupp.

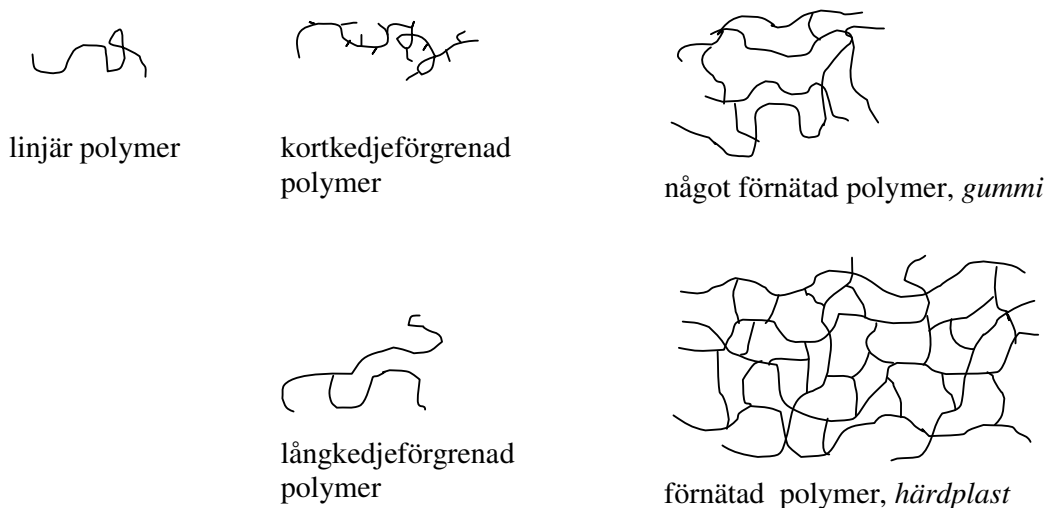
Linjära polymerer är uppbyggda av difunktionella monomerer utan sidokedjor. Små sidogrupper som till exempel metylgrupper, $-\text{CH}_3$, räknas ej som förgreningar. En linjär polymers konformation är likt kokt spaghetti. På grund av att kedjorna framför allt innehåller enkelbindningar kan polymerkedjorna potentiellt vrida sig i alla riktningar. Innehåller polymeren däremot några dubbelbindningar blir kedjan lokalt stel, där dubbelbindningen finns. En dubbelbindnings konfiguration är sådan att ingen rotation är möjlig. Beroende på dubbelbindningens konstitution, det vill säga ifall dubbelbindningen är i trans- eller cisposition⁴, blir dessutom kedjan rak respektive gör en knyck där dubbelbindningen finns. Detta påverkar i sin tur en eventuell kristallstruktur hos polymeren, se nästa avsnitt.

Förgrenade polymerer kan variera mycket i struktur och därmed i egenskaper. Sidogrupperna, det vill säga förgreningarna kan vara många och korta eller stora och få eller mycket långa och då oftast inte heller så många. Konformationen påminner om de linjära polymererna, likt kokt spaghetti, men ofta lite mer intrasslade. Rörlighet beror på hur långa och hur stora sidogrupperna är. Stora

⁴ Cis- eller transposition är beroende av hur substituenterna är arrangerade relativt dubbelbindningen. Är substituenterna, det vill säga i det här fallet kedjorna placerade på samma sida om dubbelbindningen är den i cis-ställning. Är däremot substituenterna på motsatt sida är dubbelbindningen i transställning.

sidogrupper, så som fenylgrupper⁵, kan på grund av steriskt hinder⁶ göra polymeren lokalt lite orörligare (se figur 12 i avsnitt 2.8). Generellt gäller dock att ju längre en sidogrupp/-kedja är desto rörligare blir den. Riktigt långa sidokedjor kan exempelvis uppstå ifall polymeren innehåller några slumpvisa flerfunktionella⁷ grupper. Flerfunktionella grupper kan även ge upphov till förnätade strukturer.

Förnätade polymerer är på grund av sin tvärbundna tredimensionella struktur generellt ganska orörliga. Ju fler förnätningpunkter, det vill säga tvärbindingar, desto orörligare blir polymeren och desto styvare blir materialet. Är däremot tvärbindingarna relativt få är polymermolekylerna fortfarande något rörliga och materialet blir därmed gummiartat och flexibelt. Förnätade polymerers konfiguration gör dock att bindingar måste brytas för att polymeren ska bli helt rörlig och kunna vrida sig i alla riktningar.



Figur 8. Schematisk representation av linjära, kortkedjeförgrenade, långkedjeförgrenade, lite förnätade och förnätade polymerer.

Ovanstående polymerstrukturer får betydelse för hur polymererna tätpackar sig till eventuella kristallstrukturer. Nästa avsnitt behandlar just dessa fenomen. Ytterligare strukturparametrar är polymerens molekylviktsfördelning som redan beskrivits i avsnitt 2.2.

⁵ En fenylgrupp är i princip en bensenring med formeln C_6H_5 . Styren har denna sidogrupp/substituent.

⁶ Steriskt hinder sker då en reagerande grupp påverkas av de angränsande atomernas tredimensionella anordning (Lexikon i Kemi, -90).

⁷ Flerfunktionell betyder att meren kan potentiellt binda på fler punkter än 2, som hos en dimer.

2.7. Kristallina och amorfa polymerer

Det finns inga syntetpolymerer som kristalliseras till 100%, den maximala *kristalliniteten* är ca 98%. Detta beror framförallt på polymerkedjornas längd och därigenom den viskositet som en polymerblandning uppvisar i flytande form. Polymerkedjorna hinner inte och har heller ingen möjlighet, på grund av intrasslingar, att inordna sig i perfekta kristallstrukturer vid nedkylning⁸. På grund av ovanstående faktorer finns det få högkristallina polymerer. Ett exempel är dock högdensitetspolyeten (HDPE), som är en polymer helt utan sidogrupper⁹.

Däremot finns det polymerer som är helt och hållet *amorfa*. Amorfa material uppvisar en fullkomligt oordnad struktur. Då temperaturen understiger T_g , se nästa avsnitt, kommer alla större molekylrörelser att frysa in mer eller mindre ögonblickligen. Exempel på helt amorfa polymerer är polystyren (PS), polycarbonat (PC) och olika akrylater så som polymetylmetakrylat (PMMA dvs plexiglas). Gemensamt för alla dessa material är att de är transparenta. Genomsiktighet är alltså en indikator på att materialet är helt amorf.

De flesta polymerer innehåller dock både kristallina och amorfa partier. Den större ordningen mellan molekylerna hos ett kristallint material leder generellt till högre *densitet*, varför densiteten kan vara en indikator på hur omfattande kristalliniteten är för en polymer.

Polymerens grundstruktur är förutsättningen för ifall polymeren tenderar att bilda kristallina eller amorfa strukturer. De grundläggande faktorerna för att kristallinitet ska befrämjas är, för det första att polymerkedjan är någorlunda regelbunden och inte har för stora och voluminösa sidogrupper, långa sidokedjor är dock inte lika negativa för kristallinitet som stora sidogrupper. För det andra måste tillräckligt med sekundära bindningskrafter finnas mellan polymerkedjorna. Innehåller polymeren dessutom polära grupper, vilka ger upphov till väte- eller dipol-dipolbindningar, gynnas de intramolekylära krafterna ytterligare.

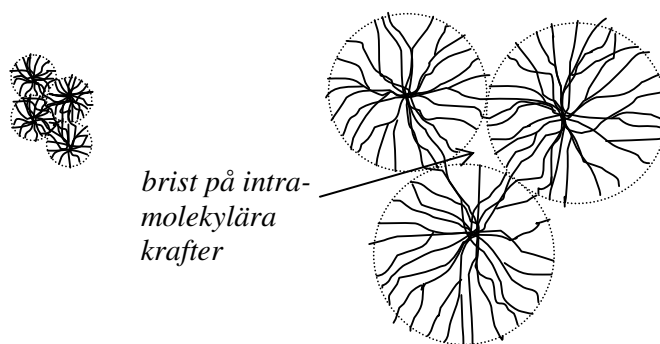
Ifall en polymer innehåller dubbelbindningar med substituenten i transposition¹⁰ gagnas kristallisation, eftersom kedjan lokalt blir rak där den rigida dubbelbindningen finns. Om det dessutom finns flera dubbelbindningar, i transposition, blir de intramolekylära krafterna stora och en kristallisation blir mycket sannolik. Däremot kommer kristallisation att förhindras ifall dubbelbindningen är i cisposition, eftersom dessa polymerer gör en knyck där bindningen finns.

⁸ Det går generellt att höja kristalliniteten hos polymerer genom att öka orienteringsgraden mellan polymerkedjorna, vilket åstadkoms genom dragning av polymermassan. Detta utnyttjas vid fibertillverkning.

⁹ Metylgrupper räknas inte som sidogrupper hos linjära polymerer.

¹⁰ Se sid 18 fotnot 4.

Detta förklarar exempelvis varför naturgummi, kautschuk, är mjukt medan guttaperka är hårt trots att den kemiska grundstrukturen är den samma hos dem båda. Skillnaden är bara positionen av substituenterna vid dubbelbindningarna, det vill säga naturgummit i cis- och guttaperkan i transposition.



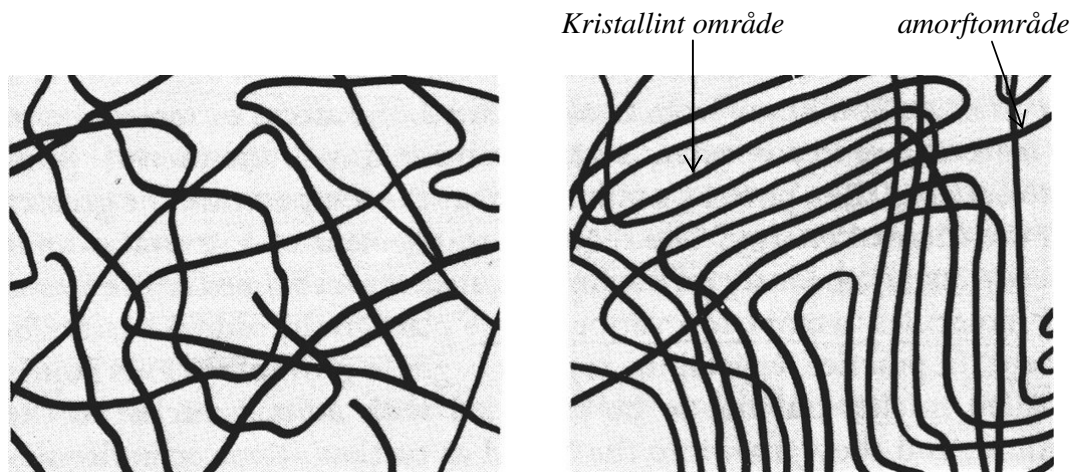
Figur 9. Små sfärliter har möjlighet till fler kontaktpunkter mellan sfärliterna jämfört med stora sfärliter. De intramolekylära krafterna är därför större för kristallstrukturer med små kristallaggregat än för kristallstrukturer med stora aggregat.

Då en kristallin polymer kristalliserar från smälta uppstår ofta så kallade *sfärliter*. Sfärliter är sfäriska aggregat som bildas utifrån en *nuklieringspunkt* och växer radiellt, på ett tredimensionellt sätt, tills de stöter på ett annat aggregat. Nuklieringspunkterna kan vara föroreningar i polymerblandningen eller medvetet tillförda nuklieringsagens. Ju fler nuklieringspunkter desto fler sfärliter bildas och desto mindre blir därmed sfärliterna. Detta förstärker de kristalliserade områdenas mekaniska styrka. Ju större sfärliter ju sprödare blir materialet, eftersom det blir få kontaktpunkter mellan de sfäriskaaggregaten (se figur 9).

Det går att påvisa kristallina strukturer som kristalliserat genom bildandet av tredimensionella sfärliter med hjälp av polarisationsmikroskop. Ifall ett korsat polarisationsfilter används, där inget ljus passerar, kan olika kristallina strukturer bli synliga. Detta beror på att kristaller bryter ljuset så att ljuset trots filtren kan passera igenom dem. Sfäriska kristaller transporterar det enkelriktiga ljuset som passerat det första polarisationsfiltret, *polarisatorn*, genom att vrida det ett halvtplan. Det vridna ljuset kommer därmed att kunna passera det korsade polarisationsfiltret, *analysatorn*, så att det passerade ljuset syns i form av små runda ljuspunkter med ett mörkt, tydligt kors i.

Hos kristallina och semikristallina polymer kan ofta lokala mer ordnade partier observeras (se figur 10). Dessa områden har inte börjat kristallisera på grund av att nuklieringspunkter funnits, utan genom att polymeren lokalt haft förutsättning för att bilda kristallinitet, på grund av starka intramolekylära krafter.

Ifall en polymerblandning däremot är kraftigt utspädd kristalliserar den ofta genom att bilda lameller, vilka påminner om små flak eller fjäll. Beroende på hur snabb nedkylningen är erhålls olika tjocklek på lamellerna. Ju snabbare nedkylning desto tunnare blir lamellerna.



Figur 10. Amorf respektive kristallin polymer (Ashley-Smith 1992, s 42).

Oavsett ifall polymeren är i lösning eller ej gäller dock alltid att kristallina polymerer ska kylas ned långsamt för bästa möjliga kristallisation. Annars finns risk för att material lokalt blir svagare och därmed får sämre hållfasthet. Dessutom kan materialet tendera att skapa spänningar vid eventuell uppvärmning. Detta eftersom polymererna startar upp sin ofullbordade kristallisering igen, varpå materialet kan krympa ställvis och därmed bli skevt. Ovanstående faktorer kan vara viktiga att tänka på vid användandet av termoplaster i samband med konservering. Det vill säga var noga med att inte forcera en svalning.

2.8. Faser och fastransitioner

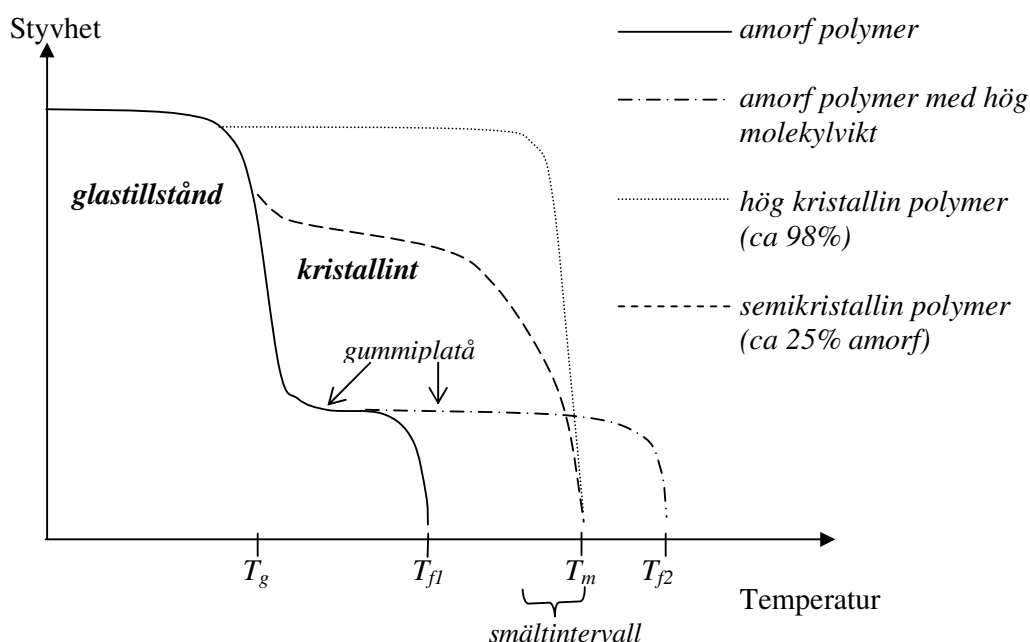
Om en polymer värms upp från en låg temperatur kommer de fysikaliska beteendena att förändras med olika intervall, från ett hårt och sprött material till ett mer gummiartat och slutligen till en högviskös vätska. Övergångarna mellan de olika faserna, tillstånden, kallas *transitioner*.

I fast tillstånd är alla amorfa material glaslika och spröda, så även en amorf polymer. Fasen kallas *glastillsåndet* och har fått namnet från vårt vanligaste amorfa material –glas. Då temperaturen höjs kommer materialet vid ett skede att dramatiskt ändra sina fysikaliska och mekaniska egenskaper. Denna transitions-temperatur kallas för *glasomvandlingstemperaturen*, T_g . Ovanför T_g övergår alla amorfa polymerer att bli gummilika, det vill säga mjuka och elastiska, detta

tillstånd kallas således *gummitillståndet* eller gummiplatån (se figur 11). När temperaturen höjs ytterligare kommer den amorfa polymeren förr eller senare att övergå till flytande fas, denna övergång kallas *flyttemperaturen* och betecknas med T_f .

Ifall en polymer är högkristallin kommer inte gummi fasen att märkas, eftersom en så liten andel är amorf. Likt ett kristallint lågmolekylärt ämne kommer polymerens kristallstruktur vid uppvärmning, förr eller senare, att smälta. Denna transition kallas *smälttemperaturen* och betecknas med T_m . Vad som dock skiljer den kristallina polymeren från det lågmolekylära ämnet är att smältintervallet är betydligt bredare (se figur 11). Ovanför T_m är polymeren en högviskösa vätska.

Vidare kan nämnas att kristallina polymerer som innehåller polära grupper kommer att ha en högre smältpunkt än kristallina polymerer utan polära grupper. Detta eftersom de intramolekylära krafterna är högre mellan polära grupper. Högt smältpunkt kan därför vara en indikator på polaritet hos en kristallin polymer.

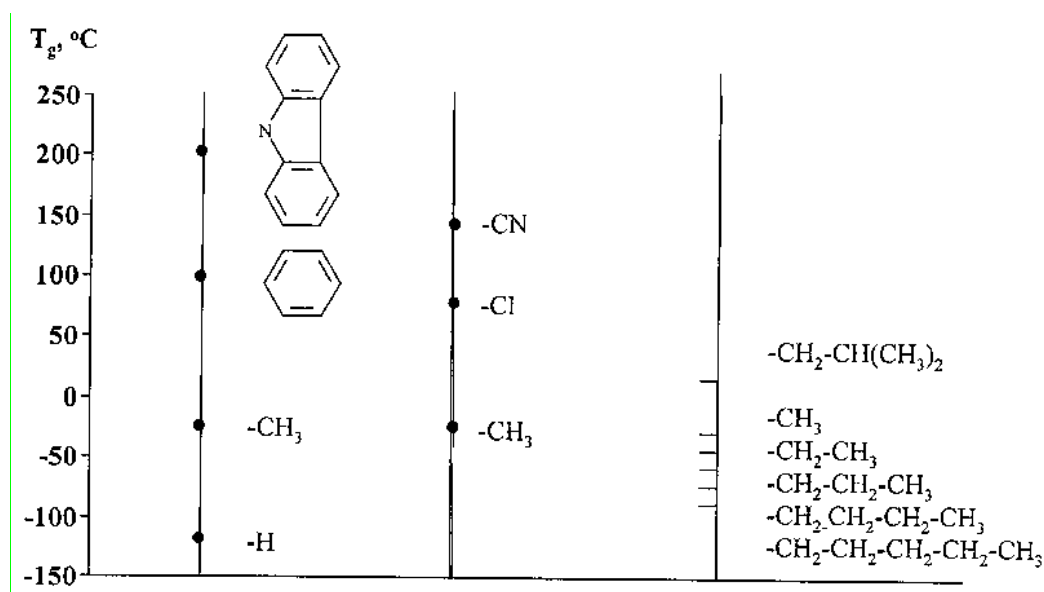


Figur 11. Styvhetens temperaturberoende för amorfa och kristallina polymerer. Den första kurvan för det högkristallina materialet visar en teoretisk smältpunkt, vilket inte förekommer i verkligheten hos polymerer. Kurvan för det semikristallina materialet är mer talande för hur smältintervallet ser ut för högkristallina polymerer (jmf Hjertberg 2001, s 97).

Men vad är det som händer rent kemiskt-fysikaliskt i samband med de olika faserna och fastransitionerna? Fasförändringarna är fullständigt reversibla, varför endast sekundära bindningar bryts. Fasförändringar gäller därför inte

hårdplaster, utan framför allt termoplaster. Hårdplasterna förblir i fast fas vid uppvärmning. Materialet bryts slutligen ned, då temperaturen och därmed energin är tillräcklig för att förstöra de kovalenta tvärbindingarna i nätverksstrukturen. Förändringen är irreversibel.

Termoplasternas fasförändringarna beror på molekylernas möjlighet till rörelse. I glastillståndet och likaså i det kristallina tillståndet är polymerkedjornas flexibilitet näst intill noll. Endast kortare segment har möjlighet till vibration och det framför allt ju närmare T_g respektive T_m man kommer i temperatur. Detta medför att materialen generellt är mycket stela i dessa tillstånd. I glastillståndet ger materialet upphov till spröda brott vid eventuell dragprovning¹¹. Ett kristallint polymermaterial däremot, ger upphov till ett mer komplext deformationsförlopp i samband med en dragprovning. Detta eftersom ett kristallint, tätpackat, material alltid är starkare än ett amorft material (se figur 14, sid).




Figur 12. Strukturer och T_g hos vinylpolymerer, $[-CH_2-CHR-]$. Ju större, volymmässigt, en sidogrupp är desto högre T_g . Ju längre en sidokedja är desto lägre T_g (Hjertberg 2001, s 92).

Hos det kristallina materialet kommer de ordnade strukturerna att successivt dras isär i samband med ökande temperatur och därmed ökande energi. Den ökande energin ger kraft åt polymerkedjorna att rotera, varpå kedjorna hamnar längre ifrån varandra och de intramolekylära krafterna bryts successivt. Detta sker under ett långt tidsintervall eftersom det är mycket energikrävande. När de kristallina strukturerna är helt upplösta har polymerkedjorna fri rörlighet och de rör

¹¹ Dragprovet är utformat enligt följande: en provstav, i det material man vill testa, spänns fast i en dragprovare. Ett av fästena är fast medan det andra rör sig med en konstant hastighet. Den kraft som åtgår för att töja provet mäts. Dessutom mäts den förändring i längd och tvärsnittsytan som sker i samband med dragningen. Den pålagda spänningen och provets töjning plottas sedan mot varandra i ett spännings-töjningsdiagram, se figurerna 13, 14 och 18.

sig oavbrutet. Materialet är nu en högviskös vätska. En polymer kan aldrig bli en lättflytande vätska, såvida inte den är kraftigt utspädd. Orsaken till detta är att polymerer är makromolekyler.

Även hos det amorfa materialet ökar rörelseenergin i samband med temperaturökningen. När energin är tillräcklig kommer kedjorna att kunna rotera runt huvudkedjans axel, varpå de intramolekylära krafterna mellan kedjorna bryts, T_g är uppnådd. Eftersom de intramolekylära krafterna inte är lika starka hos ett oordnat amorft material, krävs mycket lägre temperaturer för att detta ska ske än för ett kristallint material. Den amorfa polymeren övergår nu från glastillståndet till gummitillståndet.

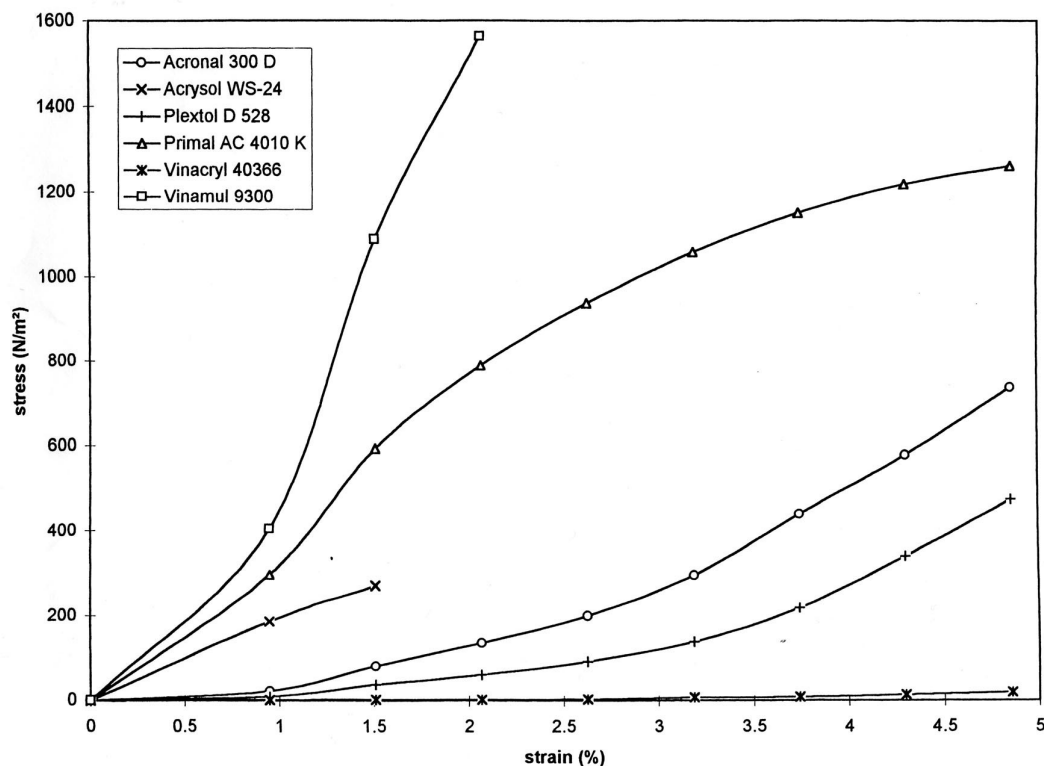
<i>Monomer</i>	<i>Polymer struktur</i>	T_g (C°)
Butylmetylakrylat	$n \text{ Bu}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}_2$	22
Etylakrylat	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OOC}-\text{CH}=\text{CH}_2$	-22
2-etylhexylakrylat	$\text{C}_4 \text{ H}_9-\overset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{OOC}-\text{CH}=\text{CH}_2$	-70
2-hydroxypropylmetakrylat	$\text{CH}_3-\overset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{OOC}-\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}_2$	76
Metakrylsyra	$\text{HO}-\overset{\text{OCH}_3}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2$	210
Metylmetylakrylat	$\text{CH}_3-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}_2$	105
Styren	$\text{CH}_2=\text{CH}$ 	100
Vinylacetat	$\text{CH}_2=\text{CH}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$	30

Tabell 6. Olika akrylaters T_g . Notera att där fri rotation kan ske eller där stora sidogrupper finns blir T_g betydligt lägre än där rotationen är förhindrad på grund av antingen ett steriskt hinder eller på grund av stela dubbelbindningar (Lambourne, R 1987, s 69).

I gummitillståndet kan tillfälliga interaktioner inom polymererna uppstå, varpå polymerkedjorna lokalt krullar ihop sig. Men framför allt är det, långa segment av polymerkedjorna som rör sig fritt. Molekylerna ändrar konformation kontinuerligt. Delar av kedjorna kan ibland låsas och hindras från rörelse genom så kallade *entanglements*, det vill säga intrasslingar mellan polymerkedjorna. När temperaturen ökas ytterligare kommer kedjorna att få högre rörelseenergi, varpå de slutligen lyckas trassla sig ur intrasslingarna. De stora och kontinuerliga rörelserna gör det dessutom svårare för polymerkedjan att lokalt krulla ihop

sig igen. Materialet flyter ut och T_f kommer att passeras. I det flytande tillståndet rör sig polymererna kontinuerligt, likt kokande spaghetti eller levande maskar.

Glasomvandlingstemperaturen, T_g är helt beroende av polymerens kemiska struktur. Ifall kedjan innehåller föreningar som underlättar fri rotation, såsom $[-CH_2-CH_2-]$, $[-CH_2-O-CH_2-]$, $[-Si-O-Si-]$, kommer polymeren att ha låga temperaturvärden på T_g . Finns däremot grupper som bromsar rotationen, exempelvis sidogrupper av typen fenyl i kedjan, blir kedjan styvare och högre T_g erhålls (se figur 12 och tabell 6).



Figur 13. Spännings-töjnings diagram som visar sex vanliga adhesiver inom målerikonservering. **Vinamul 9300** (T_g 36.3°C)¹² är ganska styvt och stark. Brottet är något sprött. **Primal AC 4010 K** (T_g okänt) är seg. **Acrysol WS-24** (T_g 46°C) är svag. **Akronal 300 D** (T_g 22.6°C)* är gummilik. Polymererna orienterar sig något på slutet av dragningstestet. **Plextol D 528** (T_g 22°C)* är gummilik likt Akronal. **Vinacryl 40366** (T_g 7°C) är mycket mjuk och gummilik (Diagrammet är taget ur Phenix *et al* 1997, s 104)

I samband med konservering kan det vara viktigt att veta konserveringsproduktens specifika T_g , så att rätt egenskaper erhålls (se figur 13 och tabell 7). T_g definierar arbetstemperaturen hos en polymerprodukt. Speciella applikationer kräver att polymeren antingen är i sitt glastillstånd eller i sitt gummitillstånd. Exempelvis kräver trycksensitiva adhesiv, som ofta används vid laminering, att

¹²* T_g enligt kontrollmätningar utförda av Phenix *et al*, det vill säga inte samma temperaturvärden som tillverkaren uppger.

polymeren är i sitt gummitillstånd. En fernissa däremot måste vara i sitt glastillstånd, så att den inte samlar damm (Schilling 1990, s 111).

Även polymeremulsioner, såsom emulsionslim och -färg, är beroende av i vilket tillstånd polymeren befinner sig i. Ifall polymeren är i sitt glastillstånd, då emulsionsfärgen appliceras, kommer inte någon sammansmältning av färgen att ske, när vattnet i färgen avdunstat. Detta eftersom polymerkedjorna kommer att vara för styva och orörliga. Det här är anledningen till att den, så kallade, lägsta filmbildningstemperaturen är så viktig. Lägsta filmbildningstemperaturen är alltid några grader ovanför polymerens T_g (Schilling 1990, s 111). Emulsionsprodukter har således alltid mycket lågt T_g kring 0°C .

<i>Polymer</i>	T_g ($^\circ\text{C}$)
polyeten (PE)	-35 till -90
naturligt gummi	-75
polyamid/nylon 6 (PA 6)	50
polyvinylklorid (PVC)	85
polystyren (PS)	95
polymetylmetakrylat (PMMA)	105
cellulosaacetat	105

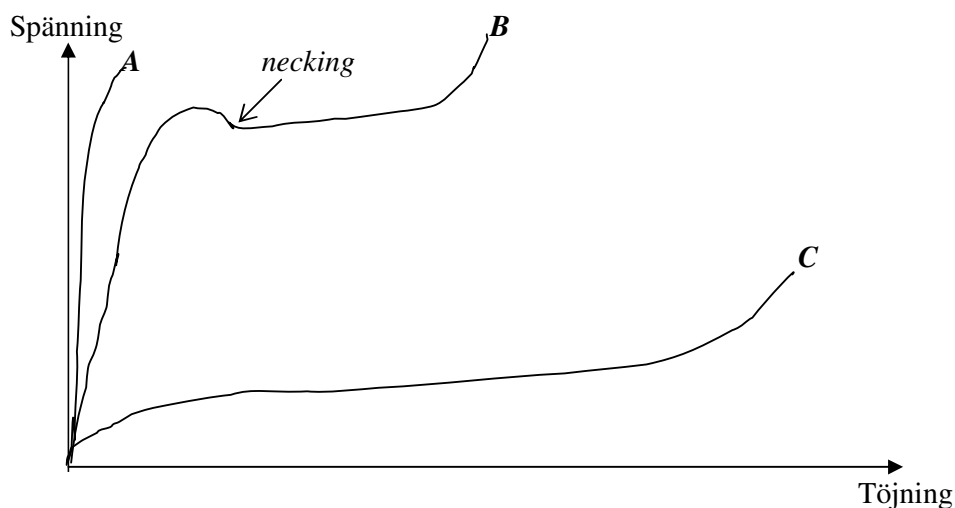
Tabell 7. Ungefärliga glastemperaturer för några vanliga polymerer (Ashley-Smith -92b, s 43).

Polymerens T_g går att förändra och anpassa genom tillförsel av olika additiver (se vidare i kapitel 3.3.3). Även sampolymerisation mellan olika polymerer ger möjlighet till förändring av de mekaniska egenskaperna hos en slutprodukt (se vidare i kapitel 3.2).

2.9. Polymerers viskoelasticitet

I gummitillståndet har polymerer en unik egenskap som kallas för *viskoelasticitet*. Denna egenskap beror på polymerers makromolekyler, det vill säga deras långa molekyllängder. Ett lågmolekylärt ämne kan aldrig bli elastiskt på grund av sin ringa molekyllängd. Polymerkedjornas benägenhet att krulla ihop sig och trassla in sig i varandra gör inte bara att materialet blir gummiartat och elastiskt, utan bidrar också till att ge materialet viskösa egenskaper under vissa omständigheter. Elastiska egenskaper innebär att materialet vid utdragning, likt ett gummiband, till större del återtar sin ursprungliga form så fort dragkraften upphävs. Viskösa egenskaper innebär en trögflytande vätska, vilken skulle flyta ut vid eventuellt dragtest (se figur 14).

I gummitillståndet kommer det polymera materialet att vara elastiskt vid ett dragtest. Detta eftersom de utdragna polymerkedjorna tenderar att dra ihop sig till slumpvisa intrasslade nystan igen, då dragkraften upphör. Ifall dragningen fortgår över en viss gräns kommer materialet successivt att flyta ut, eftersom intrasslingarna mellan polymerkedjorna slutligen glider isär. En sorts fiberkristallisering sker dock alltid på slutet, eftersom polymererna i samband med utdragningen orienteras i samma riktning (se figur 14, kurva B).

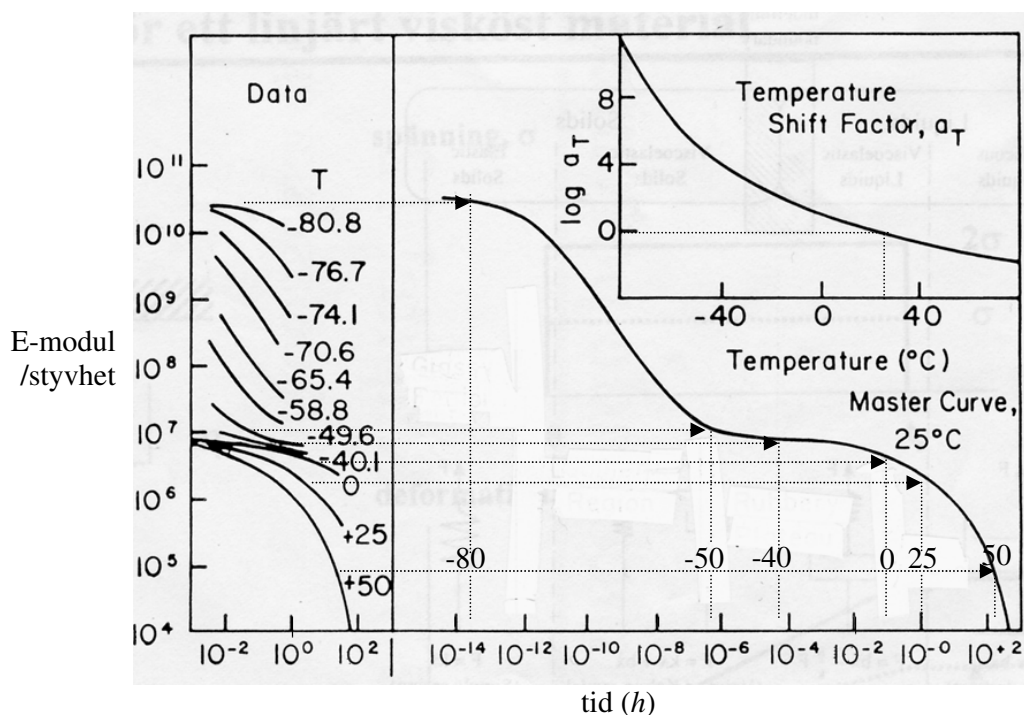


Figur 14. Dragtest, spännings-töjningsdiagram för olika polymertyper. **A)** En amorf polymer i glastillstånd, materialet är styvt och har ett sprött brott. **B)** En kristallin polymer som genomgår necking, materialet flyter tillfälligt. Vid fortsatt dragning orienteras polymerkedjorna och en sorts återkristallisering sker, där av det spröda brottet. **C)** Ett gummimaterial, där entanglements mellan kedjorna successivt dras ut. Även här uppstår en sorts kristallisering på slutet. Längden på dragtöjningen varierar med antalet tvärbindningar. Ju fler tvärbindningar desto mindre töjning och desto mindre flyttendens.

För att kunna behålla elasticiteten hos ett polymert material, utan att materialet riskerar att flyta ut, måste molekylerna/kedjorna vara hopknutna på några ställen. Detta är precis vad som görs då naturgummi vulkanisereras med hjälp av svavel. Svavelbryggorna är kovalenta, starka bindningar mellan polymerkedjorna, som gör att materialet inte flyter ut vid dragtest. Fortsätter dragningen kommer materialet slutligen att brista (se figur 14, kurva C). Ju fler kovalenta tvärbindningar som tillförs mellan polymerkedjorna, desto stelare blir gummipolymeren och därmed materialet. Tillförs allt för många tvärbindningar övergår polymeren till att bli en hårdplast.

Då en semikristallin eller amorf polymer utsätts för en hastig dragkraft uppstår ett sprött brott, likt det brott som materialet vanligtvis har under T_g . Sker dragningen däremot under en längre tidsperiod beter sig materialet mer gummilikt och kommer att flyta ut, eftersom intrasslingar successivt dras ut likt det som sker vid uppvärmning av polymer. Detta beror på att polymera material

har en sorts *tid-temperatursuperposition* (se figur 15), det vill säga tid och temperatur parametrarna är utbytbara. Detta innebär att termoplasters mekaniska egenskaper kan förutsägas under ett längre tidsperspektiv, vilket exempelvis kan utnyttjas inom konservering då man exempelvis vill veta om en limfog kommer att hålla för en viss belastning.



Figur 15. Tids-temperatursuperposition för polyisobuten. Polymerers olika egenskaper under ett längre tidsförlopp, vid 25° C kan förutses genom ett enkelt test, där materialets styvhet testas vid olika temperaturer och under ett kortare tidsintervall som sedan överförs till ett diagram med en lång tidsaxel (jmf Hjertberg 2001,s 105).

2.10. Upplösning av polymerer och polymerlösningar

Polymerers beteende i lösning är inte bara intressant vid produktion av lacker och färger, även konservatorer har stort intresse i detta. Många gånger beter sig polymerer något annorlunda än lågmolekylära ämnen, så även i samband med lösningar. Generellt gäller förstås "lika löser lika" principen, där polära lösningsmedel löser polära polymerer och opolära lösningsmedel löser opolära polymerer. Ofta ger likhet i den kemiska strukturen en indikation om att löslighet kan förväntas. Exempel på ovanstående resonemang kan vara vatten, H₂O, som är starkt polärt och löser polyvinylalkohol, PVAI, vars alkoholgrupp är polär. Polystyren som är opolärt löses av toluen, båda innehållande en fenyl/bensenring (se figur 16).



Figur 16. ”Lika löser lika principen” redan strukturen kan ge indikation om att en upplösning av polystyren kan ske med hjälp av toluen.

Förutom lika löser lika principen, gäller att polymerers löslighet i olika lösningsmedel ökar med ökning av temperaturen. Utöver detta gäller att kristallina partier är svårare att lösa upp än de amorfa partierna, på grund av kristallstrukturens tätpackning. Tätpackningen gör det svårare för lösningsmedlet att penetrera in i strukturen. Detta är också skälet till att ju fler kortsideförgreningar en polymer har desto lättare är det att lösa upp den. Sidogrupperna förhindrar polymer-kedjorna att komma riktigt nära varandra. Ifall en polymer däremot har långa sidokedjor försvåras upplösning. Detta beror dels på att de långa sidokedjorna och de övriga polymererna trasslar in sig i varandra och dels på att sidokedjorna har lättare att lägga sig tätt utmed huvudkedjan, varpå starka interaktioner dem emellan skapas.

Vidare gäller att tvärbindingar hos polymerer förhindrar upplösning. Gummi-polymerer kommer exempelvis, trots sina relativt få tvärbindingar, att endast svälla vid tillförsel av lösningsmedel. Härdplaster däremot går vanligtvis vare sig att svälla eller att lösa upp. Generellt gäller att ju högre molekylvikt en polymer har ju svårare att lösa upp den, vilket också talar för svårigheten att lösa upp härdplaster, vars molekylvikt i vissa fall kan vara oändligt stor. Skulle en polymer, med mycket hög molekylvikt, trots allt lösas upp, erhålls mycket sega och högviskösa lösningar. Viskositeten är följaktligen, till viss del, avhängig av molekylvikten men också av lösningsmedlets beskaffenhet, vilket vi kommer att erfara lite längre ner i detta avsnitt.

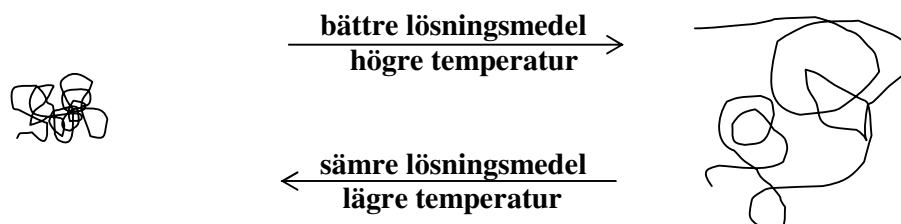
Förutsättningen för att ett material ska lösas upp, är således att lösningsmedlet ska ha en möjlighet att angripa det, genom en sorts ömsesidig attraktion och därefter ha möjligheten att diffundera in i polymerens struktur. När lösningsmedlet penetrerat in i ett material uppstår molekylära interaktioner mellan lösningsmedel och det upplösta materialet.

Det går att förutse vilka lösningsmedel som är lämpligast för en polymer genom så kallade *lösningsmedelsparametrar*¹³, δ . Lösningssmedelsparametrarna för de

¹³ Lösningssmedelsparametrar för lågmolekylära ämnen, så som lösningsmedel, erhålls genom att studera ämnets förångningstemperatur. Vid förångningen finns inga interaktioner mellan molekylerna hos det undersökta ämnet, det är helt upplöst. Högmolekylära ämnen går dock inte att förångas, då de bryts ner före förångningspunkten.

båda ämnena, lösningsmedlet δ_1 och polymeren δ_2 , bör vara så lika som möjligt för att få bäst upplösning. Skillnaden mellan de båda ämnenas löslighetsparametrar måste vara lägre än 4, det vill säga $\delta_1 - \delta_2 < 4$, för att en upplösning ska ske. Vid undersökning av en specifik polymers löslighetsparameter, låter man polymeren svälla i olika lösningsmedel med kända löslighetsparametrar. Värdet för det lösningsmedel där maximal svällning/upplösning observeras, ger värdet på polymerens löslighetsparameter.

Polymerlösningar beter sig mycket annorlunda jämfört med lågmolekylära ämnen. Polymerkedjorna tenderar, på grund av starka interaktioner, att föredra sitt egna sällskap. Detta är anledningen till att upplösta polymerer ofta befinner sig i så kallade *slumpvisa nystan*. Bildandet av slumpvisa nystan blir än mer tydligt i utspädda koncentrationer. De slumpvisa nystanen sväller, det vill säga breder ut sprider sig maximalt, i ett bra lösningsmedel. Detta eftersom lösningsmedlet upptar plats, då det lyckats tränga in i polymernystanets struktur. Ett för polymeren dåligt lösningsmedel däremot, kan inte bryta de slumpvisa nystanens interaktioner. Eftersom lösningsmedlet inte lyckas tränga in i polymernystanets struktur, sker ingen svällning (se figur 17).



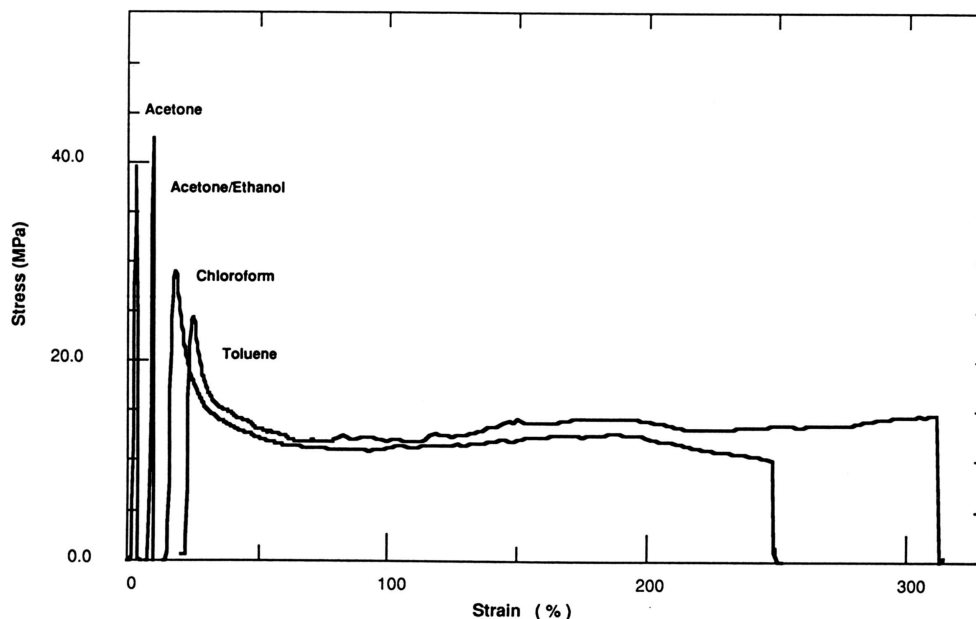
Figur 17. Utspädda polymerlösningar beter sig på ett speciellt vis. Då polymeren befinner sig i lösning i ett för polymeren bra lösningsmedel kommer de långa polymernystanet att svälla till maximal volym. I ett dåligt lösningsmedel kommer polymeren däremot att krympa ihop eftersom kedjesegmenten föredrar sitt egna sällskap, kedjan blir tätpackad, varpå lösningen blir mer lättflytande.

De slumpvisa nystanen är alltså anledningen till att polymerlösningar är mer viskösa i bra lösningsmedel, där $\delta_1 \cong \delta_2$, än i dåliga lösningsmedel, där $\delta_1 - \delta_2 \sim 4$. Likaså är polymerlösningar mer viskösa vid högre temperaturer än vid lägre. Detta är precis tvärtemot vad man kan förvänta sig av ett ämne. Dessa, för syntetpolymerer, specifika egenskaper kan utnyttjas inom olika områden.

Inom lackfärgstillverkning nyttjar man exempelvis dessa egenskaper. Vid målning vill man inte att färgen ska droppa innan applicering. Därför krävs det att färgen är tjock. Men vid själva appliceringen vill man ha en tixotrop¹⁴ färg, en färg som flyter ut och bidrar till lätt penselföring. Dessa egenskaper kan erhållas genom att man tillför två olika sorters lösningsmedel till lackfärgen.

¹⁴ Övergång från gel- till flytandeform genom mekaniskpåverkan.

Högst halt ska finnas av det lösningsmedel som är bäst. Det bra lösningsmedlet ska vara lättflyktigt, så att det evaporerar bort snabbt. Detta gör att färgen är viskös i burken och fram till den yta, där färgen ska appliceras. Den lilla mekaniska energin som tillförs, då färgen stryks på ytan, ska vara tillräcklig för att det sista av det bra lösningsmedlet försvinner helt. Det sämre lösningsmedlet måste vara mindre flyktigt, så att färgen blir lättflytande och lättpåstruken. Den mekaniska energin, som uppstår vid penselföringen, bidrar även till att vissa intrasslingar mellan polymerkedjorna trasslas ur och färgen blir därmed ännu lite mer flytande.



Figur 18. Spännings-töjningsdiagram för polyvinylacetat (PVAc) som torkat i 180 dagar efter att varit upplöst i olika lösningsmedel. I de, för PVAc, sämsta lösningsmedlen det vill säga aceton/etanol och ren aceton, vilka båda har något polära egenskaper, blir polymeren mycket styv och hård efter avdunstning. I kloroform och toluen, båda opolära lösningsmedel, erhåller PVAc efter avdunstning, en något mjukare karaktär. Den mekaniska styrkan är lägre, än där de båda polära lösningsmedlen använts, men polymeren ter sig mer flexibel och seg, den flyter ut vid mekanisk stress (diagrammet taget ur Hansen *et al* 1991, s 209).

Polymerers löslighetsegenskaper kan även påverka den slutgiltiga produkten. Detta eftersom dåliga respektive bra lösningsmedel ger så olika konformation hos en polymer (Hansen *et al* 1991 s 203). Vid avdunstning kommer polymerens beskaffenhet att variera beroende på ifall ett gott eller dåligt lösningsmedel använts. Det goda respektive dåliga lösningsmedlet påverkar polymerens framtida mekaniska samt utseendemässiga egenskaper. Det bra lösningsmedlet sväller inte bara upp de slumpvisa nystanen, utan binder dessutom hårdare till polymeren på grund av interaktioner ämnena emellan. Därför kommer det bättre lösningsmedlet att stanna kvar längre i polymeren, varpå lösningsmedlet fungerar som en sorts mjukgörare (se kapitel 3.3.3). Den mjukgjorda polymeren, i det bättre lösningsmedlet, kommer därför att ge ett annorlunda dragning-

töjnings-diagram, än ifall polymeren varit löst i ett sämre lösningsmedel (se figur 18). Att det bättre lösningsmedlet stannar kvar längre i polymeren än det sämre kan även vara förklaringen till att polymerer generellt blir blankare då ett, för polymeren, bättre lösningsmedel används.

Kapitel 3. Från polymer till färdig produkt

3.1. Polymerisationsteknik

Tillverkningen av polymerer kan göras genom 4 olika polymerisationstekniker: *Bulk-*, *Lösnings-*, *suspensions-* och *emulsionspolymerisation*. Eftersom polymerisationsreaktioner är starkt exoterma¹⁵ ställer det höga krav på avkylningssystem i samband med produktion i stor skala. Eftersom polymerer får högre viskositet ju längre polymerkedjorna är, blir detta allt mer märkbart vid höga koncentrationer. Det blir svårt att röra om reaktionslösningen och därmed svårare att kyla ner den. Dessutom kan termineringen radikalt avstanna, vilket innebär en kraftig *geleffekt*. Eftersom de långa växande polymerkedjorna får allt svårare att röra sig minskar möjligheten att stöta på en annan polymerkedja för en terminering. Däremot har fortfarande de små monomererna rörelsekapacitet, vilket gör att propageringshastigheten snarare ökar. Följden blir att temperaturen hela tiden ökar och explosionsrisk kan föreligga.

Bulkpolymerisation är den teknik där man erhåller den absolut renaste produkten. En typisk reaktionsblandning innehåller endast monomer och monomerlöslig initiator, produkten blir därmed helt koncentrerad utan tillsatser. På grund av den höga värmeproduktionen kan tillverkningen endast ske på sådant vis att en av dimensionerna håller ett litet avstånd, maximalt 2-3 cm, för att möjliggöra snabb nedkylning vid eventuell geleffekt. På grund av geleffekten finns stor risk att farliga restmonomerer finns kvar i den slutliga produkten. Denna teknik används vid plexiglastillverkning. Vid ingjutning av färgprover kan man säga att en sorts småskalig bulkpolymerisation sker.

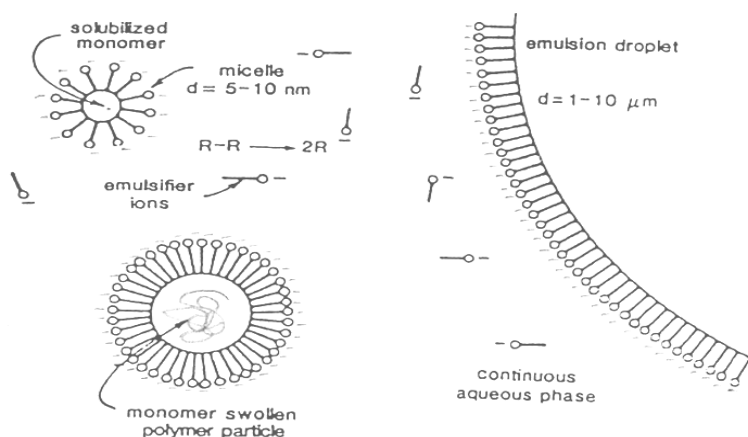
Lösningspolymerisation innebär att ett inert lösningsmedel tillsätts ovanstående reaktionsblandning, varför produkten inte blir lika koncentrerad. Utspädningen innebär att viskositeten sjunker och därmed blir geleffekten och den okontrollerbara temperaturhöjningen mindre. Nackdelen med tekniken är att farliga lösningsmedel måste användas. Lacker och lackfärger tillverkas ofta på detta vis.

Suspensionspolymerisation, även kallat pärlpolymerisation, är en sorts bulkpolymerisation i liten skala. Denna teknik innebär vanligtvis att monomererna suspenderas i vatten. Dropparna som då bildas är ca 0,05-0,5 mm i diameter. Varje droppe kan ses som en liten bulkreaktor. När polymererna växer tenderar kulorna att slås samman till fibrösa trådar och det blir allt svårare att röra om blandningen. För att förhindra detta tillsätts en *skyddskolloid*.

¹⁵ Exoterm är en reaktion där värme utvecklas. I motsats till endoterm reaktion där värme åtgår vid reaktionen.

Skyddskolloiden har en hydrofob och en hydrofil del. Detta gör att den anrikas i gränsytan mellan vattnet och polymerkulan och det bildas ett skyddande ytskikt som förhindrar att kulorna slås ihop när de kolliderar. Delvis hydrolyserad PVAc, det vill säga en sampolymer av PVAc och PVAI, används ofta som skyddskolloid eftersom alkoholgruppen i PVAI är hydrofil. När vattnet avlägsnats kvarstår en sorts granulät eller pellets. Hartser såsom *Paraloid* och *Laropal* erhålls ofta i denna form. Granulaten löses upp i lämpligt lösningsmedel före användning.

Emulsionspolymerisation påminner om suspensionspolymerisationen men i detta fall är dropparna i den slutgiltiga produkten mycket mindre, ca 10 µm i diameter. I stället för en skyddskolloid tillsätts en emulgator, det vill säga en sorts tensid till monomerblandningen. Oftast är det ett salt av en organisk syra, exempelvis $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{COO}^-$. När en viss koncentration av emulgeringsmedlet är tillfört vattenlösningen uppstår den så kallade *kritiska micellkoncentrationen*, CMC. Detta är den punkt då emulgeringsmolekylerna agglomererar till sfäriska miceller, av storleksordningen 5-10 nm.



Figur 19. I vattenfasen initieras polymerisationsreaktionen av radikaler, R. De hydrofoba monomererna dras in i micellerna och växer till långa polymerer. På grund av micellernas lika laddning repellerar de varandra, vatten- och oljefasen förblir därmed i homogen blandning (Kursmaterial, Inledande polymervetenskap).

Emulgeringsmedlets laddade *huvud* riktas nu ut mot vattenfasen medan den hydrofoba *kolvätesvansen* dras in i micellens centrum. Varje micells likaladdade yttre bidrar till att de kommer att repellerar varandra, vilket gör emulsionen stabil. En vattenlöslig initiator tillförs reaktionsblandningen, varpå monomerer börjar adderas till växande kedjor. När en polymerkedja börjat växa till sig tenderar den, på grund av sina hydrofoba egenskaper, att dras in i micellerna. Även monomererna tenderar att dras in i micellerna (se figur 19).

Så fort ytterligare en växande polymerkedja kommer in i en micell kommer kedjorna omedelbart att terminera med varandra, eftersom det är så trångt där

inne. När polymerisationen är färdig brukar micellerna som nu kallas partiklar ha en diameter på 1-10 μ m. Produkten heter nu dispersion. Detta eftersom polymerer har en fastform som är upplöst i en vattenfas. Den färdiga dispersionen kan även kallas latex. Latexfärger är producerade på detta vis, likaså vitlim av typen PVAc samt vattenbaserad akryl- och vinylfärg etc.

Nackdelen med emulsionpolymerisationstekniken är att polymerprodukten inte blir så ren. Tensiden måste finnas kvar i dispersionen, så att den hålls stabil. Produkten kommer således att förbli något vattenlöslig även efter att vatten avgått och polymererna sammansmält (Howells *et al* 1984, s 36).

3.2. Polymertyper

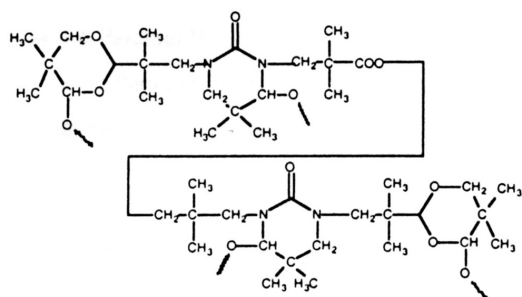
Som nämnts tidigare delas syntetpolymerer in i tre olika kategorier: termoplast, härdplast och elastomer/gummipolymerer. Den sistnämnda gruppen benämns inte alltid som en egen grupp, eftersom den till stora delar liknar termoplasterna i egenskaper. Gummipolymererna bör dock vara en egen grupp¹⁶, då de till struktur även liknar härdplasterna. Gummipolymererna befinner sig mittemellan termoplasterna och härdplasterna, varför de vare sig kan tillhöra den förstnämnda eller sistnämnda gruppen och därmed bör bli en egen grupp. Detta avsnitt kommer således att delas in i, *termoplast*, *elastomer* och slutligen *härdplast*. Grupperna kommer endast att exemplifieras av de polymerer som förekommer inom målerikonservering.

3.2.1 Termoplast

Termoplasterna utgör den största delen, ca 80%, av alla syntetpolymerer. Termoplasterna är linjära eller förgrenade. Den ursprungliga definitionen var att de mjuknar vid uppvärmning, är formbara och styvnar vid nedkyllning, vilket påminner om elastomerns egenskaper. Tilläggas bör att termoplast har en benägenhet att flyta ut vid gummitillstånd, det vill säga temperaturer ovanför T_g .

Aldehyder tillverkas genom en kondensationsreaktion mellan formaldehyd och urea, varpå en aldehyd-ureapolymer bildas (se figur 20). Det är en amorf polymer med T_g runt 58° C. Aldehydhardtser är mycket stabila, fotokemiska eller termiska faktorer påverkar dem inte (Arslanoglu *et al* 2001).

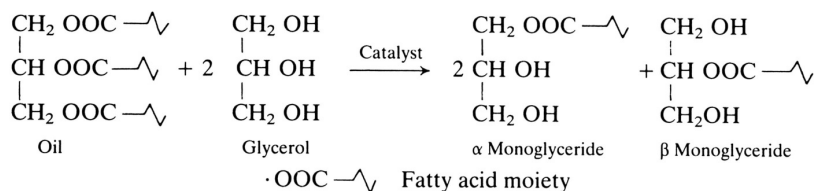
¹⁶ Höjfors och Palmgren, väljer att i sin bok *Polymerteknik –materiallära* från 1973 att göra en uppdelning mellan två grupper, men då i grupperna plaster och gummi. Första delen som behandlar plaster innefattar både termoplaster och härdplast. Burström däremot väljer i sin bok *Byggnadsmaterial* från 2001 att dela in polymererna i tre grupper det vill säga termoplast, härdplast och gummi.



Figur 20. Föreslagen kemisk struktur av Laropal A81. Möjlig produkt vid kondensation av formaldehyd och urea (Arslanoglu *et al* 2001, s 3).

Alkyder är polymerer som tillverkas genom syntes av naturlig olja eller ett oljederivat till en polyesterstruktur. Själva alkyden är en ester mellan en flerfunktionell fettsyra och en flerfunktionell alkohol. Alkyden kan modifieras med hjälp av en torkande olja (Mills *et al* 1994, s 134).

Oljemodifikationen görs genom att kondensera en naturlig olja och en polyol, exempelvis glycerol till en polyester. På detta vis förändras den naturliga oljepolymerens mekaniska egenskaper, dess torkningsegenskaper och hållbarhet (Lambourne 1987, s 52 ff). Oljan och polyolen utsätts för hög temperatur under basisk katalys, varpå en monoglycerid bildas. *Mono* syftar i det här fallet på den syraradikal som bildats där den ena hydroxylgruppen suttit (figur 21).



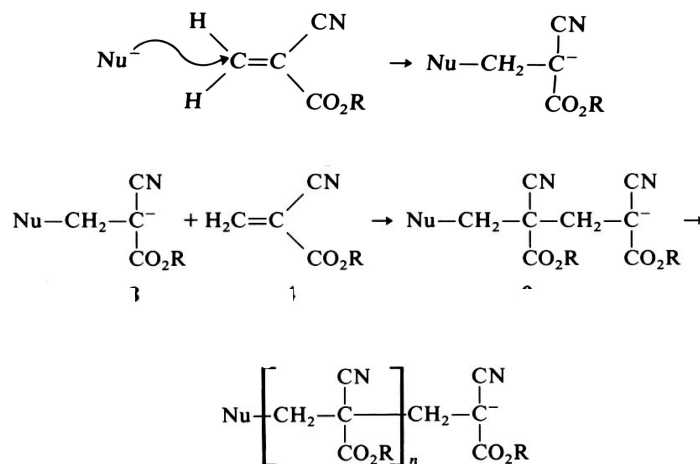
Figur 21. Schematisk presentation av bildande av monoglycerid (Lambourne 1987, s 53).

Monoglyceriden behandlas sedan med ftalanhydrid och antingen mer olja eller glycerol. Alkyder beskrivs som kort-, medium- eller långoljor beroende på halten ftalanhydrid i förhållandet till glycerid. Ju längre alkydoljelängden är desto mer löslig blir den i alifatiska kolväten samt desto längre torktid kräver den (Marrion 1994, s 127). Därför är långoljealkyden vanligast för konstnärs bruk.

Alkyden tvärbinder till en nätstruktur då lösningsmedlet i polymeren avdunstnar. Detta sker genom autooxidation men kan påskyndas genom tillförelse av sickativ, exempelvis kobalt-naftanat (Marrion 1994, s 127). Alkydoljor är svårslösligare än en polymeriserad linolja (Mills *et al* 1994, s 135). Detta gör dem olämpliga för konserveringsbruk, när det gäller retuschering.

Cellulosaderivat är semisyntetpolymerer. De första cellulosaderivaten var cellulosanitrat (se avsnitt 2.1) och cellulosaacetat, båda polymererna är relativt instabila. Även cellulosaetrar, såsom metylcellulosa (MC) är cellulosaderivat. Denna typ av cellulosaerivat tillverkas genom att tillföra alkylgrupper, exempelvis metyl-, etyl- eller propylgrupper, till β -glukosenheterna i cellulosan. Cellulosaetrarna är vanligtvis vattenlösliga och relativt spröda. Ju fler alkylgrupper som adderas per glykosenhet desto mer opolär och plastisk blir polymeren dock (Horie 1990, 124 ff). Även karboxylgrupper och hydroxylgrupper kan tillföras cellulosan. Då hydroxylgrupper tillförs, såsom hos hydroxipropylcellulosa (HPC), blir polymeren löslig i polära lösningsmedel såsom etanol och aceton. Alla cellulosaetrar åldras genom oxidation, där polymerkedjan spjälkas tillkortare enheter.

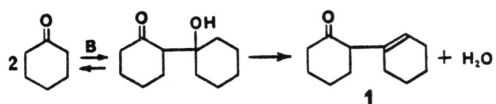
Cyanoakrylat (CA). Cyanoakrylater polymeriserar genom kedjevis radikalpolymerisation i kontakt med fukt, H_2O . Polycyanoakrylat (PCA) är en helt amorf polymer varför den är transparent. De produkter som används inom konservering består av cyanoakrylatmonomerer, $-CH_2=C(CN)CO_2R$, som polymeriserar *in situ* med hjälp av exempelvis den fukt som finns i luften (se figur 22). **R** kan vara en metyl-, etyl- eller butylgrupp (Horie 1990, s 104-105). Cyanoakrylatpolymeren har olika brytningsindex beroende på vilken alkylgrupp som finns i grund-strukturen. En metylgrupp ger brytningsindex, n 1.4406, en etylgrupp ger n 1.4349 och butyl ger n 1.4330 (Hartshorn 1986, s 256). PCA är relativt ljus-känsliga, de bryts ner och blir spröda. Cyanoakrylatprodukter är kraftigt allergena innan de polymeriserat.



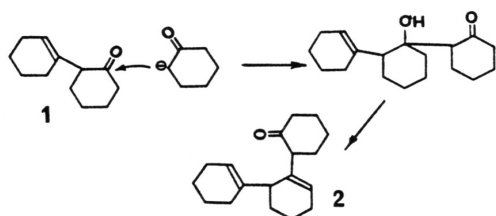
Figur 22. Polymerisation av cyanoakrylat med hjälp av en nukleofil, exempelvis en hydroxidjon eller vatten (Hartshorn 1986, s 257-258).

Cyclohexanon framställs genom en kondensationsreaktion mellan metylcyclohexanoner och/eller cyclohexanoner i metanolhaltig alkalisk miljö (se figur 23 och 24). Polymeren som bildas kallas vanligtvis ketonharts. Det är en amorf polymer som egentligen borde kallas för oligomer, eftersom molekylvikten

endast ligger på 400-900. Polymerens glasomvandlingstemperatur är beroende av förhållandet mellan metylcyklohexanon och hexanon. Ifall produkten endast innehåller cyklohexanon blir T_g 115-120°C¹⁷. T_g kan sänkas genom tillförelse av metylcyklohexanon (de la Rie *et al* 1989, s 9-10). Ketonharts innehåller en stor mängd karbonyl-, $-C=O$ och hydroxylgrupper, $-OH$. Dessa funktionella grupper är mycket oxiderings-benägna. Fria radikaler bildas lätt vid oxideringen som på så vis påskyndar nedbrytningen av polymeren. Polymeren gulnar inte men blir mer polär i samband med oxideringen och åldrandet.



Figur 23. Kondensationsreaktion mellan två cyklohexanoner, där 1-cyklohexanol-2-cyklohexenon, det vill säga ketol bildas. Denna struktur dehydreras lätt till 2-cyklohexenylcyklohexanon (de la Rie *et al* 1989).



Figur 24. Fortsatt kondensationsreaktion mellan cyklohexanon och 2-cyklohexenylcyklohexanon (de la Rie *et al* 1989).

Polyamid (PA) är de syntetpolymerer som innehåller amidgruppen, $-CONH-$ i huvudkedjan. Det är en semikristallin produkt, ca 50 % är kristallint. PA erhålls genom en stegvis kondensationsreaktion mellan en amin, $-NH_2-$ och en karboxylsyra, $-COOH$. Ett annat namn för PA är nylon. De två vanligaste polyamiderna är PA 6, $[-NH(CH_2)_5CO-]_x$ och PA 6,6, $[-NH(CH_2)_6NHCO(CH_2)_4CO-]_x$. Båda har T_g på ca 50° C samt har relativt höga smältpunkter, T_m , 225° C respektive 265° C. PA6 och PA 66 är hydrofila på grund av sina amidgrupper. Ökar man däremot kolatomerna i kedjan blir materialet mindre vattenkänsligt och dessutom erhålls en lägre smältpunkt. PA 12, $[-NH(CH_2)_{11}CO-]_x$ har därför ett lägre T_m på ca 90° C och är mindre hydrofil. Detta är den PA som framför allt används inom målerikonserveringen. Den lägre smältpunkten innebär dock att även T_g hamnar närmre rumstemperatur, varför materialet kan samla damm och tenderar att flyta vid alltför stor belastning. PA är på grund av sin kristallinitet generellt ett slitstarkt material men då T_g är nära rumstemperaturen kommer materialet att vara nära sitt gummitillstånd och därmed mindre slitstarkt.

¹⁷ De la Rie *et al* skriver egentligen att det är smältpunkten, T_m , som blir 115-120° C. Detta måste dock vara felaktigt, då amorf material inte har någon smältpunkt utan endast glasomvandlingstemperatur, T_g .

Polyester (se även alkyder) består vanligtvis av en omättad förpolymer/oligomer som är löst i en reaktiv monomer, till exempel styren. Förpolymeren kan vara en ester av propylenglykol, maleinanhydrin och ftalanhydrin. Sampolymerisationen av styrenmonomeren och den omättade polyesteroligomeren sker genom tillförsel av en peroxid. Reaktionen katalyseras dessutom genom att en accelerator, såsom koboltnaftanat, finns inkorporerad i ursprungsblandningen av styren och esteroligomeren (Horie 1990, s 161-162). Polyester ska ses som en mycket hälsovådlig produkt innan den polymeriserat helt. Den styreninnehållande ursprungsblandningen är cancerogen.

Polyeten (PE) finns både i högkristallin och i lågkristallin form. Inom målerikonservering är det dock endast den lågkristallina varianten, som används. Lågkristallin polyeten, LDPE kristalliserar ca 35-50%. Denna polymer innehåller ett flertal längre sidokedjor som förhindrar kristallisation. PE polymeriserar genom en radikalpolymerisation, det vill säga en kedjereaktion. Etenmonomeren, $H_2C=CH_2$, är den enklaste av vinylgrupperna. Paraffin- och mikrokristallint vax är exempel på polyetenbaserade produkter. Båda har relativt låg molekylvikt 300 respektive 600 (Horie 1990, s 85-86). Då paraffinvax stelnar bildas relativt stora kristallaggregat, vilket gör att paraffin- är mer sprött än mikrokristallint vax. Molekylvikten och lågkristalliniteten gör att vaxerna har låga smältpunkter, T_m omkring 50-70° C.

Polyakrylater framställs genom polymerisation av estrar, $-CO-O-$ till akrylsyra, $-CH_2=CHCOOR$ eller metakrylsyra, $-CH_2=C(CH_3)COOR$. Genom att variera **R**-gruppen och genom att sampolymerisera olika akrylater kan olika polyakrylater med varierande egenskaper erhållas. Ifall en metakrylsyra innehåller en metylgrupp, där **R** är markerat, fås en polymetylmetylakrylat men ifall det är en etylgrupp där **R** är markerat erhålls istället en polyetylmetylakrylat (PEMA). Ju längre R-gruppen är desto rörligare blir sidogruppen och desto lägre blir polyakrylatens alternativt polymetylmetylakrylatens T_g . Likaså gäller att akrylsyrans derivat kommer att ha lägre T_g än metakrylsyrans derivat. Detta eftersom metakrylsyran är en större molekyl och som därmed utgör ett steriskt hinder, vilket medför högre T_g . Akryl- och metakrylsyrorna polymeriseras vidare genom en kedjevis radikalpolymerisation till en färdig akrylat. Akrylater är amorfa polymerer och de är den största gruppen av syntetpolymerer inom konservering. Fördelen med akrylater är att de är relativt stabila och har mindre tendens att gulna.

Polystyren (PS) förekommer inom målerikonservering men inte som konserveringsprodukt utan vid ingjutning av prover. PS polymeriserar genom en radikalpolymerisation. PS är en amorf polymer, varför den är helt transparent. Inom konserveringen är det en tvåkomponent produkt som används, där den ena delen består av en förpolymeriserad, polystyrenoligomer och den andra delen består av

en härdare. Styrenmonomeren, $-\text{CH}_2=\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)$, misstänks vara cancerogen, varför man ska vara försiktig med dessa produkter innan de polymeriserat färdigt. Ifall fel proportioner används och ifall omrörning inte utförs ordentligt vid tillblandning av en tvåkomponentbaserad polymerprodukt, finns risk för att restmonomerer finns kvar i det härdade materialet. Polystyren missfärgas, då det bryts ned. Detta eftersom konjugerade dubbelbindningar bildas som fungerar som kromoforer¹⁸.

Polyvinylalkohol (PVAI). Vinylalkohol som monomer existerar inte, eftersom den är alltför instabil. Därför utgår man från PVAc vid tillverkning av PVAI. Genom att göra en alkoholys¹⁹ av PVAc, där acetat gruppen, $-\text{OOCCH}_3$, ersätts av en alkoholgrupp, $-\text{OH}$ erhålls PVAI. Det är svårt att göra en fullständig alkoholys av alla vinylacetatenheterna i polymeren, varför PVAI alltid är en sorts sampolymer mellan vinylalkohol och vinylacetat (Horie 1990, s 96-97). PVAI är en hydrofil polymer som löses i varmt vatten. Den är stabil mot UV-ljus och syreoxidation. Vid nedbrytning, som ofta är i samband med värme, kan tvärbinding ske, vilket gör materialet mer svårslösligt. Detta innebär att PVAI är olämpligt som termoplastiskt adhesiv inom konservering.

Polyvinylacetat (PVAc) framställs genom en kedjevis radikalpolymerisation. Polymeren som erhålls är vanligtvis något förgrenad (Horie 1990, s 92). PVAc är en amorf polymer. Den är relativt stabil mot ljusåldrande men kan oxidera något i luftens syre, varpå materialet gulnar. T_g ligger nära rumstemperatur, därför finns risk för dammupptagning och att materialet flyter vid långtidsbelastning. Enligt studier gjorda i Canada har en sampolymer mellan vinylacetat och eten, det vill säga etylenvinylacetat, visat sig vara den mest stabila och mest lämpade syntetpolymeren för konserveringsändamål (Down 1995).

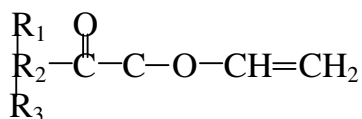
Polyvinylklorid (PVC) är inte vanlig inom målerikonserveringen men den förekommer som komponent i bland annat Akronal D300, se del 2, varför jag väljer att ta med den. PVC polymeriserar genom radikalpolymerisation. Vinylkloridmonomeren är mycket reaktiv och därmed farlig för det biologiska systemet och den har också visat sig vara cancerframkallande. Däremot anses inte den färdigpolymeriserade produkten vara farlig för människan. PVC är mycket ljus- och fuktkänslig. Vid nedbrytning och förbränning bildas saltsyra, HCl. Polyvinylkloriden har dessutom högt T_g , ca 75-80 °C, vilket innebär att den behöver mycket mjukgöringsmedel. Ovanstående faktorer gör att PVC inte är lämplig som konserveringsprodukt. Dessutom missfärgas och gulnar produkten kraftigt, då materialet bryts ned, saltsyran som avgår gör att konjugerade dubbelbindningar skapas.

¹⁸ Kromoforer är kemiska grupper som ger färg åt ett material. Kromoforgrupper innehåller ofta multipelbindningar. Exempel på kromoforer är $-\text{C}=\text{C}-$, $-\text{C}=\text{O}$, $-\text{N}=\text{N}-$ (Lexikon i Kemi, -90).

¹⁹ En alkoholys liknar en hydrolys, förutom att alkohol används istället för vatten.

Siloxaner, silikonolja, framställs genom en stegvis kondensationsreaktion. Vanligtvis består en siliconolja av dimetylsiloxan, $[-\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{O}-]_n$, där oljans viskositet är beroende av molekylvikten, det vill säga antal enheter, n . Siloxanens polymerkedja kan tvärbinda ifall passande reaktivgrupp tillförs oljan (Horie 1990, s 156).

Vinylversatat (Veova) är en blandning av starkt förgrenad C_9 och C_{10} vinyl-estrar. Den myckna förgreningen gör att meren blir mycket mjuk vid polymerisation. Därför används den ofta i samband med sampolymerisation med andra hårdare vinylpolymerer, detta för att göra dem mjukare och flexiblare. Framför allt används Veova i sampolymerisation med PVAc för att sänka dess T_g .



Figur 25. R_1 , R_2 och R_3 är alkylgrupper ($\text{C}_n\text{H}_{2n+1}$) där en eller fler är en metylgrupp.

3.2.2 Elastomerer

Elastomerer påminner om termoplasterna så till vida att de mjuknar vid uppvärmning, är något formbara och styvnar vid nedkyllning. Skillnaden är bara att elastomererna, i sitt gummitillstånd, inte flyter ut vid mekanisk påverkan. Ju fler dubbelbindningar en elastomer innehåller desto mer övergår dess egenskaper att bli lika hårdplasterna. Detta medför exempelvis att kraftigt tvärbundna elastomerer inte är termoplastiska.

Naturgummi, även kallat för latex²⁰, är uppbyggd av monomeren isopren, $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}=\text{CH}_2$, som polymeriserat till kautschuk (cis-1,4-polyisopren), $[-\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)=\text{CHCH}_2-]$. I naturtillståndet är kautschuk en linjärpolymer med mycket hög molekylvikt. Kautschukens höga molekylvikt är svårbehandlad, varför polymeren styckas upp genom en *masticeringsprocess*. Därefter vulkaniseras, det vill säga tvärbinds, kautschukpolymeren med hjälp av svavel, varpå en nätliknande polymerstruktur erhålls. Svavelatomer har möjlighet att binda till de ställen där dubbelbindningen sitter. Flera svavelatomer kan sitta på rad i en svavelbrygga. Ju fler svavelbryggor som tvärbinder polymeren, desto stelare och styvare blir gummit. Naturgummi är från början en semikristallinpolymer men då den tvärbinds blir den amorf. Naturgummi är mycket oxidations- och ljuskänsligt på grund av de kvarvarande dubbelbindningarna i polymerstrukturen.

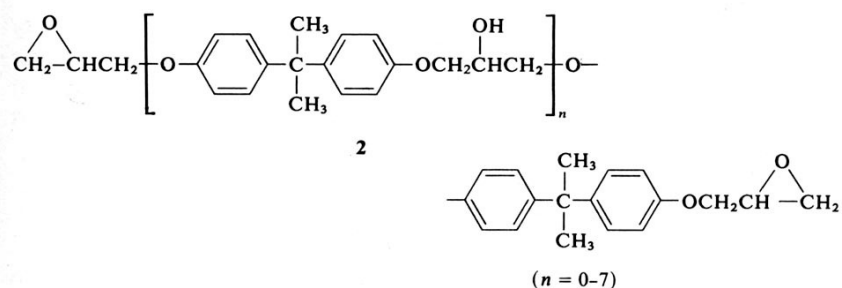
²⁰ Namnet latex kan vara lite missvisande, då även alla typer av emulsionspolymeriserade produkter, det vill säga polymerdispersioner, kallas för latex.

Silikongummi används framför allt som ett avgjutningsmaterial inom konservering och är därför ingen direkt konserveringsprodukt. Silikongummi framställs genom en stegvis kondensationsreaktion där polydimetylsiloxan, $[-\text{Si}(\text{CH}_3)_2\text{O}-]$ bildas. Siloxanen kan sedan tvärbindas för att erhålla gummi-egenskaper. Metylgruppen kan delvis ersättas med en fenylgrupp, C_6H_5 . Silikongummi tillhör en av de få oorganiska polymererna inom syntetpolymerkemin.

3.2.3. Härdplaster

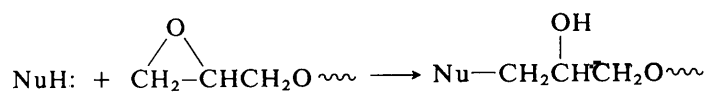
Härdplaster är förnätade polymerer som uppstår genom polymerisering av flerfunktionella reaktanter. Nätstrukturen gör att polymeren förblir olöslig i lösningsmedel. Härdplasterna är dessutom osmältbara i samband med uppvärmning. Då temperaturen är tillräckligt hög för att bryta tvärbindingarna i nätstrukturen bryts materialet ner –det *förkolnar*.

Epoxi är en tvåkomponent polymer bestående av en förpolymeriserad oligomer, ofta kallad för harts och en härdare som antingen kan vara en syraanhydrid, alkohol eller amin. Det finns många typer av epoxioligomerer. Den vanligaste är den aromatiska hartsen bestående av en flerfunktionell bisfenol A-epiklorhydrinkondensat, där den reaktiva tresidiga epoxiringen finns i var ände (se figur 26).

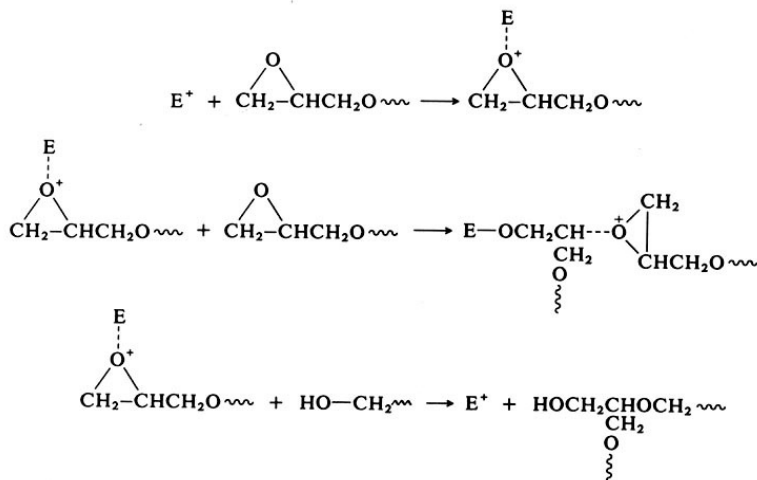


Figur 26. Epoxioligomer bestående av ett bisfenol A-epiklorhydrinkondensat. Ju högre polymerisationsgrad, n , desto viskösare är hartsen (Hartshorn 1986, sid 115).

Beroende på polymerisationsgrad, n och därmed molekylvikt kommer förpolymeren/oligomeren att vara en flytande eller en viskös, sirapliknande, vätska. Den reaktiva epoxiringen kan antingen reagera med en *nukleofil*, det vill säga en elektron-donator, exempelvis en amin eller med en *elektrofil*, det vill säga en proton-donator, exempelvis en syraanhydrid (Hartshorn 1986, sid 114 ff). Då epoxioligomeren reagerar med härdaren kommer den att polymerisera genom att tvärbinda, varpå en nätliknande struktur bildas. Epoxihartser är mycket allergena, det är framför allt härdaren och speciellt ifall det är en amin, som är farlig för människan. Trots att Epoxi-polymeren är en härdplast går den att svälla i metylenklorid, det vill säga diklor-metan. Epoxiprodukter är kända för sin goda adhesionsförmåga (Marrion 1994, s 94).

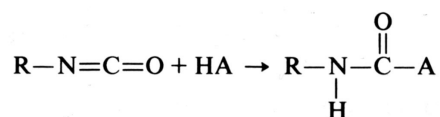


Figur 27. Polymerisering av epoxioligomer med hjälp av en nukleofil (Hartshorn 1986, s 115).



Figur 28. Polymerisering av epoxioligomer med hjälp av en elektrofil. När ringen öppnats med hjälp av elektrofilen kan den fortsätta att reagera med en epoxiring i en av oligomererna alternativt binda till en hydroxidgrupp som exempelvis finns i epiklorhydrindelen av oligomeren (Hartshorn 1986, s 116).

Polyuretan är en tvåkomponent som karakteriseras av att den innehåller uretanbindningar -N-C-O- . Uretanbindningen erhålls inte, som man kan tro, genom polymerisation av uretanmonomerer, utan genom reaktioner mellan hydroxyl- och isocyanatgrupper, -N=C=O . Hydroxylgruppen, där det aktiva vätet finns, härstammar från en polyol²¹ exempelvis en polyester (se figur 29). Isocyanaterna, som finns i härdaren, består vanligtvis av aromater. Isocyanaterna är mycket allergena, vilket gör att man ska vara extra försiktig med härdaren. Polyuretan produkter är kända för att vara mycket starka och stöttåliga (Marrion 1994, s 94).



Figur 29. Polymerisation av polyuretan. HA står för det aktiva vätet och är en polyol, exempelvis polyester (Hartshorn 1986, sid 182).

²¹ Polyoler är flervärd alkohol, det vill säga en produkt innehållande flera hydroxylgrupper, -OH.

3.3. Polymerprodukter

Polymervetenskapen delar in syntetpolymererna i fem olika applikationsområden: plast, gummi, fibrer, färg och lack samt lim. För konserveringsfältet är det framförallt de två sista grupperna som är intressanta. Dessutom skulle jag vilja tillägga ytterligare appliceringsområden som är viktiga för målerikonserveringen –geler, gjutmassor²², spackel och vaxer. Det faktum att man inom polymervetenskapen ofta väljer att gruppera in färg och lack inom en och samma grupp, anser jag inte lämpligt för konserveringsfältet. Därför väljer jag att dela in syntetpolymererna i följande sju appliceringsområden, helt anpassade för målerikonserveringen: *adhesiver*²³, *färg*, *fernissor/lack*, *geler*, *gjutmassor*, *spackel* och *vaxer*. Att jag valt att separera ut geler från adhesiver är på grund av att jag inte bara anser dem vara adhesiv/klister, utan även ser gelerna som hjälpmedel i samband med olika konserveringsmoment, såsom exempelvis rengöring. Vid rengöring kan gelformen fungera som en bärare av lösningsalternativt rengöringsmedlet.

Polymerernas kemiska struktur ger polymeren dess specifika egenskaper. Dessa grundegenskaper hos polymeren går att använda inom olika appliceringsområden, exempelvis går det att utnyttja gummipolymerer både inom gummiindustrin och inom limindustrin. För att få ytterligare användningsområden kan polymererna modifieras på ett flertal sätt. Ett enkelt sätt är att använda olika *additiver*. Dessa ger möjlighet att variera egenskaperna hos polymererna ofantligt mycket. I slutet av detta delkapitel nämns några av de vanligaste additiverna.

Inom konservering behöver man dock sträva efter så rena polymerprodukter som möjligt. Detta eftersom alla tillförda ämnen, såsom additiver av olika slag, potentiellt kan reagera med originalmaterialen i artefakten, det vill säga det konserverade föremålet. Exempelvis kan mjukgörare med tiden migrera ut ur polymerprodukten och transporteras in i originalmaterialet. Polymerprodukten blir därmed inte bara stel och spröd, utan mjukgöraren kan bli mycket svår, om inte omöjlig, att avlägsna från föremålet.

3.3.1. Adhesiver

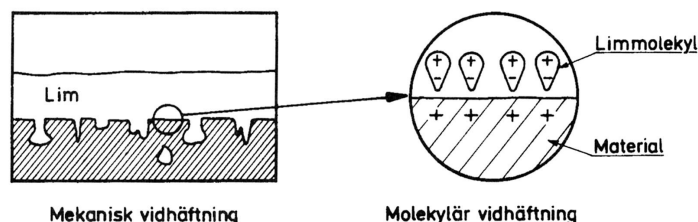
Adhesiv kan antingen fungera genom *mekanisk* eller *molekylär vidhäftning*. Mekanisk vidhäftning innebär att adhesivet tränger in i porer och fördjupningar hos det material som ska limmas ihop. Då adhesivet stelnar²⁴ erhålls en mekanisk förankring (se figur 30). Förutsättningen är att det material som ska limmas ihop är poröst eller har en grov ytstruktur. Vid limning av mycket släta ytor, såsom glas och metall, är det framför allt molekylär vidhäftning som sker.

²² Här avser jag produkter både vid injutning och avgjutning.

²³ Adhesiver är en lämpligare fackterm för olika lim och klister.

²⁴ Adhesiv stelnar antingen på grund av avdunstning av lösningsmedel, härdning eller avsvälning.

Molekylär vidhäftning innebär att adhesivet och det material som ska limmas har kontakt på molekylnivå, det vill säga ett maximalt avstånd på 5 Å (1 Å = 10^{-10} m). Så nära kan aldrig två fasta material komma varandra. Adhesivet måste därför ha låg ytspänning, så att det kan komma tillräckligt nära materialet (Bjurström 2001, s 441 ff). Ifall syntetpolymeren i adhesivet innehåller polära sidogrupper kan dipol-dipolbindningar bildas till det limmade materialet.



Figur 30. Schematisk bild över limningseffekterna uppkomst (Bjurström 2001 s 441 ff).

Exempel på mekanisk vidhäftning är de trycksensitiva adhesiven, vilka är vanligt förekommande inom målerikonservering.

Den viktigaste beståndsdel och därmed basen i ett adhesiv är polymeren alternativt sampolymeren. Polymeren kombineras ofta med andra naturliga och syntetiska polymerer för att få så optimala egenskaper som möjligt. I de flesta fall ingår även lösningsmedel och fyllnadsmedel samt ibland ytterligare additiver. För att ett adhesiv ska fungera bra, bör det vara anpassat efter det material som ska limmas ihop – är materialet styvt eller flexibelt? I det första fallet kan ett styvt och stelt adhesiv med T_g över rumstemperatur gå bra. I det andra fallet bör däremot adhesivet och därmed polymeren antingen vara en termoplast i gummifas (T_g under rumstemperatur) eller vara en elastomer. Elastomerer är att föredra eftersom de inte tenderar att flyta ut i samma utsträckning vid långvarig belastning som polymerer i gummitillstånd tenderar att göra.

Lösningsmedlet i adhesivet kan antingen vara ett organiskt lösningsmedel, ifall det är ett *lösningsmedelsadhesiv*, eller vatten²⁵, ifall det är ett *dispersionsadhesiv*. Den flytande fasen har i uppgift att underlätta appliceringen och ge god vätning. Fyllnadsmedlet är till för att ge *kropp* åt adhesivet, det ska fylla ut ojämnheter samtidigt som tillräckligt med adhesiv ska finnas kvar på ytan mellan de båda materialen som ska limmas/fogas ihop. Fyllnadsmedlet motverkar dessutom krympning, det vill säga kontraktioner hos adhesivet i samband med torkning.

²⁵ Observera att vattnet egentligen inte löser polymeren, utan ett emulgeringsmedel krävs för att hålla polymeren i lösning.

Lösningssmedelsadhesiv är vanligtvis tillverkade genom en lösningsspolymerisation men inom konservering²⁶ kan det även röra sig om suspensionspolymerisation. I det senare fallet får man ett rent granulat som man kan lösa upp med ett organiskt lösningsmedel. De adhesiv som är i flytande form innehåller ibland fyllmedel såsom krita. Fyllnadsmedlet ger limmet en opacitet men sänker krympningseffekten vid torkning. Krympningen sker när lösningsmedlet avdunstar och adhesivet övergår från flytande till fast form. Ytterligare additiv såsom mjukgörare etc kan förekomma.

Dispersionsadhesiv är tillverkade genom emulsionspolymerisation, där polymeren finns dispergerad i en vattenfas med hjälp av ett emulgeringsmedel. Dispersionsadhesiv innehåller ibland fyllnadsmedel och mjukgörare. T_g hos produkten måste vara under användningstemperaturen för att adhesivet ska kunna sammansmälta och bilda film. Dispersionsadhesiv tål vanligtvis inte frost, detta på grund av det stora vatteninnehållet.

Härdlim/-adhesiv kan antingen vara ett adhesiv av typen tvåkomponentadhesiv, såsom exempelvis epoxy eller vara ett enkomponent adhesiv såsom cyanoakrylat. Det senare innehållande reaktiva monomerer som reagerar i direktkontakt med luftburet vatten, H_2O . HHärdlimmer innehåller sällan fyllnadsmedel.

Utöver ovanstående adhesiv vill jag även nämna något om de, så kallade, trycksensitiva, ibland även kallade termoplastiska, adhesiven. Dessa är vanligtvis av typen dispersionsadhesiv men även lösningssmedelsadhesiv förekommer. De trycksensitiva adhesiven används ofta vid laminering och kantförstärkning. Men de kan också nyttjas vid eventuella lappningar²⁷ av revor.

För att adhesivet ska vara mjukt och tryckkänsligt krävs att dess molekylvikt är relativt låg samt att det har ett lågt T_g (under rumstemperatur). Båda faktorerna bidrar nämligen till polymerens viskoelastiska och klibbiga egenskaper²⁸. Inom konservering har det visat sig att de trycksensitiva adhesiven, baserade på akrylestrar,²⁹ är de mest lämpliga (Roche 1996 s 45).

²⁶ Inom konservering vill man ofta ha en så ren produkt som möjligt utan fyllnadsmedel och andra additiv, vilket är ett av skälen till att syntetiska adhesiv i granulatform ofta används.

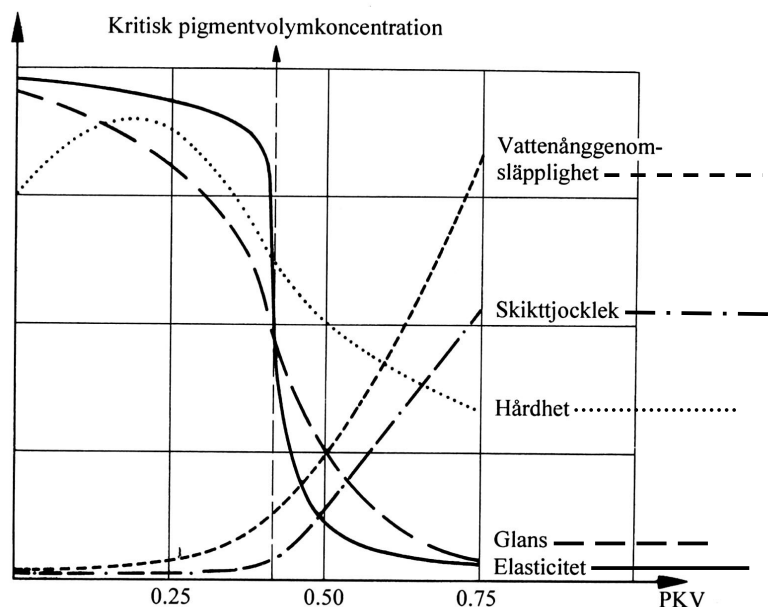
²⁷ Inom målerikonservering försöker man undvika lappning av skador, då dessa kan ge genomslag på framsidan med tiden

²⁸ Ofta innehåller de trycksensitiva adhesiven en syntetisk elastomer, såsom styren/butadien sampolymerer.

²⁹ Exempelvis Mowilith 491, Mowilith DM 46, Mowilith DM 56, Akronal V 205 och Akronal 85 D. Enligt A Roches studie visade det sig att det var Mowilith DM 46 och Mowilith DM 56 som hade bäst åldringsegenskaper och var mest reversibla.

3.3.2. Färg

Färg består vanligtvis av bindemedel, pigment, lösningsmedel och fyllnadsmedel. Ibland ingår ytterligare additiver, såsom mjukgörare, biocider etc. En färgs egenskaper bestäms av vilken typ av och vilken kvalitet bindemedlet, pigmentet eller fyllnadsmedlet har. Även volymförhållandena dem emellan är avgörande för färgens kvalitet och utseende. Dessutom kan lösningsmedlet och additivernas egenskaper påverka färgens egenskaper och slutresultat. De sistnämnda har stort inflytande på färgens viskositet, torkning, filmbildning och vätningsförmåga (Burström 2001, s 425ff).



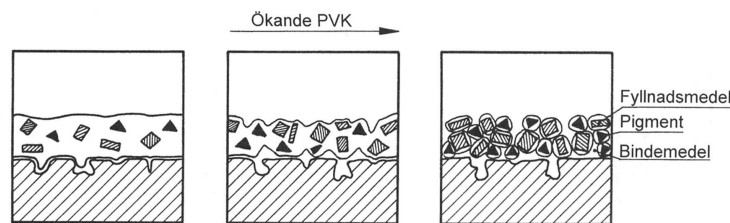
Figur 31. Förändringar av egenskaper hos färgskikt med olika pigmentvolymkoncentrationer (Buström 2001 s 426)

Beroende på vilken bindemedelstyp, det vill säga polymertyp och beroende av vilken tillverkningsprocess som gett upphov till polymeren i bindemedlet, kallas färgen³⁰ för olika namn exempelvis *lack-*, *olje-* eller *dispersionsfärg*³¹, dessa har alla olika glans eller matthet. Vad som avgör ifall en färg ska vara glansig respektive matt är inte bara bindemedlets beskaffenhet, utan även *pigmentvolymkoncentrationen*, PVK, det vill säga förhållandet mellan pigmentet/fyllnadsmedlet och bindemedlet, har en avgörande betydelse (se nedan samt figurerna 31 och 32).

$$PVK = \frac{\text{pigment} + \text{fyllnadsmedel}}{\text{pigment} + \text{fyllnadsmedel} + \text{bindemedel}}$$

³⁰ Färgtyper såsom limfärg eller härdande färger av typen epoxifärg tas inte med här eftersom dessa vanligtvis inte används inom målerikonserveringen.

³¹ Borde egentligen heta dispersionsfärg eftersom polymeren är i fast form.



Figur 32. Färgskiktets uppbyggnad vid olika värden på PVK (Buström 2001 s 427)

Utöver ovanstående faktorer är det av största vikt att det bindemedel som används för färg är så transparent och ofärgat³² som möjligt. Därför är det framför allt de amorfa syntetpolymererna, det vill säga de som är helt transparenta, som används som bindemedel. Emulsionsfärgerna är trots detta opaka och mjölkiga innan applicering. Detta beror på att polymerdropparna sprider ljuset så att bindemedlet upplevs som mjölkvitt. När lösningsmedlet, det vill säga vattnet avdunstar blir bindemedlet/polymeren transparent. Detta är sannolikt förklaringen till varför akryl- och vinylfärger blir mörkare när de torkar (författarens egen slutsats).

Lack-/hartsfärger tillverkas genom en lösningspolymerisation. Färgen består av en hartspolymer upplöst i ett organiskt lösningsmedel. Hartsen kan exempelvis vara en akrylharts. Utöver hartsen och lösningsmedlet ingår torrpigment och fyllnadsmedel. En filmbildning av färgen sker då lösningsmedlet avgår varpå polymererna bildar sekundära bindningar till varandra. På grund av att färgen är lösningsmedelsburen blir vidhäftningen till underlaget mycket bra. Lösningsmedlet bidrar till god penetrations- och vätningsförmåga, vilket i sin tur ger god mekanisk förankring till underlaget (Buström 2001 s 427).

Oljefärger tillverkas genom en lösningspolymerisation. De syntetiska oljefärgerna är alkydoljefärger, vilka består av en oljemodifierad polyester. En olja, exempelvis modifierad linolja, eller en fettsyra med polyfunktionella alkoholgrupper får reagera med en dibasisk phtaloanhydrid (French 1989, s 21). Alkydoljan är ofta modifierad med rosin, phenolharts, epoxyhartser, styren, akrylhartser, polyamider eller siliconer. Vanligast är dock den styrenmodifierade alkydoljan (Cappitelli 2002, s 243). Utöver oljan/hartsen finns lösningsmedel, torrpigment och fyllnadsmedel.

Alkydoljefärg torkar betydligt snabbare än en traditionell linoljafärg. Detta beror framför allt på skillnaden i molekylvikt. Alkydoljan har en avsevärt högre molekylvikt och stelnar således snabbare (Learner 1995, s 77). Den högre molekylvikten är också skälet till varför högre halt lösningsmedel krävs till en alkydoljefärg. Torkningsprocessen hos en alkydoljefärg är för övrigt mycket lik

³² Inom konservering är det dessutom mycket viktigt att bindemedlet inte gulnar alltför mycket med tiden.

den för linoljefärg. Först sker en avdunstning av lösningsmedlet. Därefter börjar de omättade fettsyror att oxidera och sedermera tvärbinda till varandra. Denna kemiska process är beroende av funktionella grupper, såsom dubbelbindningar. Då fettsyror tvärbinder till varandra sker en nätbildning, varpå stor molekylviktökning sker och därmed stelning (Marrion 1994, s 50).

Emulsionsfärger tillverkas genom en emulsionspolymerisation. Exempel på en emulsionsfärg är vanliga akryl- och vinylfärger. Akrylfärger innehåller vanligtvis en akrylat, vatten, emulsions-/dispersionsmedel, och pigment (se figur 33). Dessutom ingår flera additiver, såsom skyddskolloider, mjukgörare (exempelvis glykol), fungicider/biocider, fyllnadsmedel, pH-buffert (vanligtvis ammoniak), UV-stabilisatorer och förtjockningsmedel (ofta cellulosa derivat). Beroende på vilka egenskaper som önskas hos färgen, kan man utgå från olika akryl- och metakrylsyror eller färdiga akrylater. Det är dock viktigt att ha en mjuk polymer, det vill säga en med ett lågt T_g . Ett T_g runt 4° C är inte ovanligt. Lågt T_g är viktigt för att polymeren ska kunna bilda film (French 1989, s 21). Metakrylater är vanligtvis för styva men det går att erhålla en akrylat med lågt T_g , genom att använda sig av en sampolymer mellan den lite styvare metylmetakrylat och den betydligt mjukare etylakrylaten (Learner 1995, s 77). Filmbildningen sker först när vattnet avgått, varpå färgfilmen krymper. Krympningen kan liknas vid en sammansmältning av polymerkedjorna. Närheten mellan kedjorna ger upphov till sekundära bindningar som därmed ger en sammanhållande färgfilm.

Material	Wt %	Beskrivning	Tillverkare
Vatten	99,0	Vätskefas/lösningsmedlet	-
Mowilith DM 129	94,34	Bindemedel, polyvinylacetat	Clariant
Mergal K9N	1,89	Biocid	Troy Chemical
Calgon N neu	1,89	Dispergent/emulgeringsmedel, tensid	BK-Guilini
Lopon 894	4,7	Dispergent emulgeringsmedel, tensid	BK-Guilini
Agitan 295	3,78	Antiskummedel	Münzing Chemie GmbH
Bayertitan RKB 6	212,26	Pigment, titanvitt	Bayer AG
Speschwhite-Clay	47,17	Fyllnadsmedel	ECC
Hydrocarb	70,75	Fyllnadsmedel	Omya
Tylose H 6000 (4%)	117,9	Förtjockningsmedel, hydroxypropylcellulosa	Clariant
TARFAGEL PUR 50	4,7	Förtjockningsmedel, polyuretan	Münzing Chemie GmbH
NaOH (10%)	1,89	Neutralisering, bas	-
Mowilith DM 129	122,64	Bindemedel, polyvinylacetat	Clariant
<u>Mowilith LDM 1871</u>	<u>216,98</u>	Bindemedel, polyvinylacetat-etylen	Clariant
Totalt	1000		

Figur 33. Recept på en halvglansig emulsionsfärg, baserad på Mowilith DM129/DM1871. PVK är ca 32% (Münzing Chemie 2003).

Även vinylfärger innehåller polymer, vatten, emulsionsmedel, pigment. Dessutom innehåller alltid Polyvinylacetatemulsioner en mjukgörare. Detta eftersom polymeren i sig är för hård för att kunna sammansmälta och bilda film. Ofta

innehåller vinyl-emulsionsfärger phtalater. Ett annat sätt att göra polymeren mjukare är genom att sampolymerisera den med vinylversat som har lågt T_g (Learner 2001, s 233).

3.3.3. Fernissor/Lacker

Fernissa/lack kan antingen vara *upplöst* i lösningsmedel, vara i *granulatform* eller vara av tvåkomponenttyp, så kallade *härdlack*. Oavsett i vilken form de är i, är de vanligtvis mycket rena produkter. De bör dock innehålla stabiliseringsadditiver, såsom antioxidanter och UV-absorbenter. Detta eftersom transparenta produkter, som fernissor, lättare bryts ned. De har en mycket stor yta i förhållande till volym³³ (de la Rie 1988, s 9). Därför bör stabiliseringsadditiv ingå i produkten, så att nedbrytningen inhiberas³⁴ (se avsnittet om additiver nedan). Aldehydfernissor har dock visat sig vara så stabila att inga stabilisatorer krävs (de la Rie *et al* 1990; Arslanoglu *et al* 2001). Även mjukgörare kan finnas i syntetfernissor. Exempelvis innehåller polycyklohexanonharts ofta en mjukgörare (Learner 1995, s 78).

Fernissor, även kallade hartser, kan antingen vara lågmolekylära eller högmolekylära polymerer. De naturliga hartserna, som vanligtvis använts inom konservering, är nästan alla av lågmolekylär typ. Damar och mastix har båda en molekylvikt mellan 400 och 500. Lågmolekylära polymerer är generellt styvare, hårdare och därmed oftast sprödare än högmolekylära polymerer. De högmolekylära är vanligtvis mer flexibla. Givetvis är polymerens T_g avgörande för hur spröd eller hård polymeren är.

Utöver ovanstående har lågmolekylära hartser/fernissor bättre mättningsförmåga³⁵. Detta eftersom den lågmolekylära består av mindre molekyler som kan tränga längre in i den underliggande strukturen. Molekylvikten påverkar även fernissans slutgiltiga ytstruktur. Lågmolekylära fernissor får en slätare yta som minskar spridningen av ljuset och därmed ger både högre glans och mättnad. En högmolekylär fernissa däremot får en mycket grövre och ruggigare ytstruktur, som därför sprider ljuset mer. Även matteringsmedel (se avsnittet om vaxer) och appliceringsteknik påverkar ytstrukturen (de la Rie 1990, s 168). Exempelvis kan en manipulering av en nästan torkad fernissa göras med hjälp av penseln eller så kan den lite ruggiga ytan erhållas genom sprutning av en relativt utspädd harts. Fernissan kommer i det senare fallet att lägga sig som små droppar på ytan som sprider ljuset.

³³ Den stora ytan uppstår eftersom vare sig pigment eller fyllnadsmedel finns i produkten.

³⁴ Inhibera betyder hindra, bromsa, stanna upp ett skeende.

³⁵ Med mättningsförmåga menas förmågan att väta och ge djuphet åt en färg. Framför allt blir denna egenskap påtagligt på mörka kulörer. Generellt är det lättare för mindre molekyler att penetrera in i ett ämne än stora, i det här faller högmolekylära fernissor.

Fernissornas brytningsindex, n , påverkar också det återkastade ljuset, det vill säga mängden återkastat ljus. Idealt ska fernissan ha samma brytningsindex som bindemedlet i den underliggande färgen, detta för att minimera inre reflektioner (de la Rie *et al* 1990, s 168). Torkande oljor har vanligtvis ganska högt brytningsindex, exempelvis har linolja 1.48 och då den åldrats 1.57 (Horie 1990, s 27). De traditionella konstnärsfernissorna, såsom damar och mastix har båda ett brytningsindex på ungefär 1.54 (de la Rie *et al* 1990, s 168).

Lågmolekylära hartser kan blandas med högmolekylära hartser, varpå fernissan får bättre optiska och mekaniska egenskaper. Lågmolekylära fernissor kan även användas som slutfernissa i samband med användandet av en högmolekylär isolerings- eller mellanfernissa. Slutfernissan får på så vis den lågmolekylära fernissans optiska egenskaper (Arslanoglu *et al* 2001).

Upplöst fernissa och i **granulatform** är antingen tillverkade genom suspensionspolymerisation eller lösningsmedelpolymerisation. Suspensionspolymerisationen ger granulat som löses upp i lösningsmedel. Detta kan antingen göras av tillverkaren eller av brukaren. Att erhålla produkten i granulatform är att föredra inom konservering, då den inte åldras lika snabbt som en upplöst harts/fernissa. de la Rie menar dessutom att hartser innehållande stabilisatorer, såsom *HALS* (se avsnittet om additiver, 3.3.3) alltid bör förvaras i granulatform, eftersom de annars färgförändras (de la Rie *et al* 1990, s 172).

Syntetfernissorna/hartserna kan antingen vara högmolekylära, såsom Paraloid B-72 (akrylharts) eller lågmolekylära, såsom Laropal K80 (ketonharts). Laropal K80 har ett brytningsindex på 1.53, vilket är mycket nära det för damar- och mastixharts. Genom att blanda en lågmolekylär och en högmolekylär harts kan deras egenskaper förbättras. Fernissan blir både flexibel, det vill säga mindre krakeleringsbenägen, och får en slät ytstruktur och därmed bättre mättningsförmåga. Den slutgiltiga fernissablandningens egenskaper är förståss beroende av koncentrationen högmolekylär respektive lågmolekylär fernissa. Är den lågmolekylära i högst koncentration kommer fernissan ha mycket god mättningsförmåga och endast ringa flexibilitet och *vice versa* (Arslanoglu *et al* 2001).

Laropal K80 respektive Laropal A81 (aldeydharts) är båda lågmolekylära fernissor. Dessa kan med fördel blandas med en mindre mängd Paraloid B-72. När två olika polymerer är blandade kommer den ena polymeren dock att ligga som små sferuliter/kulor i en matrix av den andra polymeren. Man kan se det som ett tvåfasset system som inte är helt blandbart. I ovanstående blandning är det den sist nämnda, Paraloiden, som antar sferulitformen i en matrix av den lågmolekylära Laropalen (Arslanoglu *et al* 2001, s 11). Sferuliterna är dock i det här fallet såpass små att de har ringa påverkan på ljusspridningen.

Härdlack är en tvåkomponentsharts, där den ena delen är själva hartsen och den andra är härdaren. Härdlacken polymeriserar vanligtvis genom radikalpolymerisation. Polyuretanlack är en typ av härdlack. Härdlacker är hälsovådliga, ofta mycket allergena, varför produkter av denna typ ska hanteras med försiktighet. Dessutom är de svårösliga, då de tvärbinder till en nätstruktur. Härdlackerna är dock vanligtvis mycket vädertåliga.

3.3.4. Geler

Geler inom målerikonservering är nästan aldrig faktiska konserveringsmedel, utan används framför allt som bärare av olika sorters lösningsmedel och rengöringsmedel³⁶. Däremot kan gelpolymererna ibland ingå som förtjockningsmedel för olika produkter. Gelprodukterna erhålls i pulverform. De är tillverkade genom suspensionspolymerisation och består av amorfa polymerer.

I stort sett alla geler som används inom konserveringsfältet består av vattenlösliga polymerer, vilka därmed sväller i vatten. Några enstaka geler kan dessutom svällas med hjälp av polära eller opolära organiska lösningsmedel. Trots att alla gelerna till viss del är vattensvällande kan de delas in i tre kategorier; *vattensvällande geler*, *etanol/acetonsvällande* och *lösningsmedelssvällande geler*.

Vattensvällande geler består vanligtvis av cellulosaestrar, såsom metylcellulosa och karboxymetylcellulosa. Vattenlösliga cellulosaestrar har oftast bara en alkylsubstituent per glukosenhet. Cellulosaestrar är tillverkade genom suspensionspolymerisation. Ju högre molekylvikt, det vill säga ju längre polymerkedjor cellulosaetern har, desto mer viskös och flexibel blir gelprodukten. Cellulosaestrar inom konservering har i regel en molekylvikt mellan 50 000-600 000.

Etanol/acetonsvällande geler, det vill säga geler som sväller i polära organiska lösningsmedel. Även här används cellulosaestrar. Genom att tillföra en hydroxidgrupp till alkylgruppen på cellulosaamolekylen kommer polymeren/produkten att bli löslig i polära lösningsmedel, såsom etanol- och aceton. Det polära lösningsmedlet attraheras till den polära cellulosaetern, varpå polymeren ökar i volym och en gel bildas. Hydroxipropylcellulosa är ett exempel på en polär polymer som sväller i exempelvis etanol och aceton.

Lösningsmedelssvällande geler. Carbopol är ett exempel på en gelprodukt som sväller i olika organiska lösningsmedel, polära och opolära. Polymeren är en polyakrylsyra som är något vattenlöslig, det vill säga den sväller marginellt i vatten. Carbopolen, som är en svagt sur polymer, hydratiseras av vattnet. Polymeren sväller ytterligare ifall en bas tillförs. Den positivt laddade basen

³⁶ Cellulosaestrarna används även för fixering av pigment och lim- eller gouach flagor på papper.

attraheras till de negativa karboxylgrupperna på polyakrylsyran. Basen upptar nu plats inne i det ihopkrullade polymer nystanet, varpå det expanderar, det vill säga polymeren sträcker ut sig och en gel bildas. För att Carbopolprodukten ska gelatinera i ett organiska lösningsmedel, krävs att en organisk amin tillförs lösningsmedlet i en viss halt. Detta görs innan Carbopolpulvret siktats ned i lösningen. Genom att använda olika typer av aminer med Carbopolprodukten kan den svälla i olika organiska lösningsmedel (BFGoodrich 1987). Ethomeen C-25 och Ethomeen C-12 är exempel på aminer som fungerar för många lösningsmedel inom målerikonserveringsfältet.

3.3.5. Gjutmassor

Gjutmassor är vanligtvis av typen tvåkomponentpolymer. Gjutmassor kan vara produkter för injutning av prover eller produkter för avgjutning i samband med kompletteringar. De produkter som används för injutning kallas även för *inbäddningsmedium*. Inbäddningsmedium består alltid av amorfa, det vill säga klara och transparenta polymerer. Det är viktigt att känna till inbäddningsmediets brytningsindex, så att en optisk identifikation av prover i mikroskop möjliggörs. Antingen består inbäddningsmediet av en tvåkomponent harts eller ett trögflytande medium, det vill säga en upplöst harts. Avgjutningsmassorna är sällan transparenta. Opaciteten kan bero på att de antingen är semikristallina och/eller innehåller fyllnadsmedel. Avgjutningsmassorna har vanligtvis en lerliknande pastaform men trögflytande förekommer också. De flesta avgjutningsmassorna är härdande, det vill säga de är av typen *tvaikomponentmassor*, men det finns även icke härdande massor eller leror.

Inbäddningsmedium består vanligtvis av akrylbaserade produkter. Akrylpolymeren, som kan vara en akrylat eller kanske vanligare en metakrylat, erhåller olika brytningsindex genom att den innehåller olika alkylgrupper (se tabell 8). Inbäddningsmediumet, det vill säga akrylhartsen, är upplöst i ett lösningsmedel. Hartsen kan antingen tillverkas genom lösningsmedels- eller suspensionspolymerisation. Polymerens T_g bör vara en bra bit ovanför rumstemperatur, så att inbäddningsmediet inte samlar damm efter avdunstning. Detta är skälet till att inbäddningsmedium vanligtvis är av typen metakrylater (jmf tabell 8).

Tvaikomponentinbäddningsmedium inom konserveringsfältet är vanligtvis epoxi- eller styrenbaserade. Dessa produkter består av en harts och en härdare. Hartsen är en förpolymer, oligomer, som polymeriserar vid tillförsel av härdaren genom en radikalpolymerisation.

Avgjutningsmassa/lera är en enkomponentprodukt innehållande en polymer och fyllnadsmedel. Andra additiver såsom mjukgörare kan även ingå.

Avgjutningsmassa av **tvåkomponenttyp** består vanligtvis av en siliconbaserad produkt som härdar/vulkaniserar genom att en katalysator tillförs produkten. Katalysatorn kan antingen vara en kondensations- eller en additionshärdare. Den senare gör att avgjutningsmassan blir krympfri vid härdning (Wacker odat.). Avgjutningsmassan kan vara av knådbar eller gjutbar typ. Gjutbar innebär något trögflytande.

Sidokedja	Akrylatpolymer			Metakrylatpolymer		
	förkortning	T_g (° C)	n_D (25° C)	förkortning	T_g (° C)	n_D (25° C)
-CH ₃ (metyl)	PMA	8	1.479	PMMA	105	1.489
-C ₂ H ₅ (etyl)	PEA	-22	1.464	PEMA	65	1.484
-(CH ₂) ₃ CH ₃ (n-butyl)	PnBA	-54	1.474	PnBMA	20	1.483

Tabell 8. Exempel på hur olika akrylater och metakrylater erhåller olika T_g och brytningsindex, n_D genom ut byte av sidogrupperna .

3.3.6. Spackel

Spackel består vanligtvis av bindemedel och fyllnadsmedel. Dessutom kan lösningsmedel, antiskummedel alternativt emulgeringsmedel, biocider förekomma och ibland även pigment (Loew Craft *et al* 1998, s 24). Spackelprodukterna inom konservering är i regel *dispersionsspackel*, vilka är vinyl- eller akrylbaserade. Dessutom förekommer *olje-*, *vax-*, *tvåkomponent-* och *torrspackel*.

Dispersionsspackel är alltid tillverkade genom emulsionspolymerisation. Dispersionsspacklen inom konservering är oftast akryl- eller vinylbaserade. Akrylatet är vanligtvis en kombination av metyl-, etyl-, butylakrylater och metakrylater. Oavsett polymer innehåller dessa spackel fyllnadsmedel, vatten, emulgeringsmedel och biocider. Ibland kan även pigment och ammoniak ingå. Fyllnadsmedlet kan vara kalciumsulfat (gips), kalciumkarbonat (kalk, marmorpulver), bariumsulfat eller kaolin (Loew Craft *et al* 1998, s 25).

Oljespackel är tillverkade genom lösningsmedelspolymerisation. Oftast är det alkydoljespackel. Utöver olje- eller hartspolymeren innehåller spacklet fyllnadsmedel, lösningsmedel och ibland även pigment.

Vaxspackel är de spackel som baserats på vaxpolymerer. BEVA Gesso är ett exempel på vaxspackel. Polymeren eller polymerblandningen är tillverkad genom lösningspolymerisation och/eller suspensionspolymerisation. Spacklet innehåller förutom baspolymeren/-erna, lösningsmedel och fyllmedel. Andra additiv, såsom mjukgörare, klibbgivare etc kan förekomma.

Tvåkomponentspackel består av en hartssinnehållande del och en härdarinnehållande del. Den hartssinnehållande är en oligomer som tillsammans med härdaren polymeriserar/härdar. Båda delarna innehåller fyllnadsmedel och ibland även pigment. Produktens båda, högväskösa komponenter måste blandas väl, för att härda ordentligt. Tvåkomponentspacklen är vanligtvis epoxibaserade produkter.

Torr-/pulverspackel är sannolikt tillverkade genom suspensionspolymerisation. Vanligtvis är det en vinylpolymer innehållande fyllnadsmedel, såsom cellulosa (träfibrer) eller krita. Vatten tillförs produkten för att få den till en massa, ett kitt. Suspensionsmedlet som redan finns i polymerpulvret från tillverkningen skulle potentiellt kunna räcka som emulgeringsmedel i samband med att produkten löses upp med vatten. Sannolikt finns ytterligare tensider/emulgeringsmedel i produkten (författarens egna slutsatser).

3.3.7. Vaxer

Vax har generellt relativt låg molekylvikt. Vaxerna är oftast semikristallina. Mikrokristallint vax exempelvis har väldigt små kristaller, vilket gör vaxet mindre sprött trots sin låga molekylvikt. Vax kan användas för konsolidering av trä men också som matteringemedel till fernissor. Matteringseffekten uppstår dels på grund av vaxets kristallinitet och dels på grund av att vaxet lägger sig som små sfäruliter i en matrix av fernissa. Detta eftersom vax och harts fungerar som ett tvåfssystem (Arslanoglu *et al* 2001, s 2). Sfärulitformen gör att ljuset bryts annorlunda. Vaxerna inom konservering är alla polyetenbaserade.

3.3.8. Additiver

Additiv är de tillsatssämnen som ingår i en polymerprodukt. Detta för att ge produkten modifierade och anpassade egenskaper för det specifika ändamål som den är ämnat för. Dessutom tillsätts additiver för att förhindra en alltför snabb nedrytning. De senare additiven benämns oftast som stabilisatorer.

Emulsionsmedel är vanligtvis en sorts tensid. Ett emulgeringsmedel måste ha dualistiska egenskaper, det vill säga den måste ha en hydrofob och en hydrofil del. Emulgeringsmedlet bidrar på så sätt att två olika vätskefaser, en vatten- och en oljefas, blir blandbara. Vanligtvis är emulgeringsmedlet i mycket små koncentrationer, speciellt ifall det är en tensid. Polyvinylalkohol, PVAI, används ofta som emulgeringsmedel trots att det inte är en tensid. PVAI fungerar som emulgeringsmedel, eftersom den har en alkoholgrupp som är polär i varje repeterande enhet. Resterande delar av polymerkedjan är opolära.

Dispersionsmedel är samma sak som emulsionsmedel men här är det fasta partiklar i en vätskefas som ska dispergeras (Howells *et al* 1984, s 36).

Fyllnadsmedel utgörs vanligtvis av små partiklar i storleksordningen 0.2-30 μ m. Fyllnadsmedlet ska dryga ut och göra produkten billigare, helst utan att optiskt förändra produkten alltför mycket. Därför är fyllnadsmedlet vanligtvis en billig produkt, ofta med ett brytningsindex nära det för polymerprodukten³⁷. Ibland vill man däremot uppnå en optisk förändring, kanske göra produkten ljusare, mattare och porösare eller mer täckande. I dessa fall kan ett fyllnadsmedel användas, vars brytningsindex är så olikt polymerprodukten som möjligt. Även konsistensen och polymerens inneboende styrka samt tendens till krympning kan påverkas med hjälp av fyllnadsmedel (Burström 2001, s 429). Vanligt förekommande fyllnadsmedel är krita, talk, kaolin och bariumsulfat. Även sågspån och så kallade microballoons kan användas som fyllnadsmedel. Microballoons är ihåliga mikrosferer/bubblor med en diameter på omkring 50 μ m. De kan vara av glas eller plast, exempelvis fenolharts eller akrylonitril (Lewis 1997, 106-107).

Mjukgörare kan antingen bestå av ett lågmolekylärt ämne/lösningsmedel med högkokpunkt eller av en mjuk polymer (de Witte 1984, s 33).

Den första typen av mjukgörare fungerar bara som mjukgörare ifall ämnet kan inkorporeras mellan polymerkedjorna på ett sådant sätt att polymerkedjornas intermolekylära krafter störs. Eftersom polymerkedjorna då separeras något blir materialet mindre tätpackat och således mjukare (Ashley-Smith 1992, s 43). Lågmolekylära mjukgörare är oftast hälsovådliga. Det föreligger alltid en risk att de med tiden antingen migrerar ut ur produkten eller avgår, ofta på grund av sin flyktighet. Migrationen eller avdunstningen påskyndas vid förhöjda temperaturer. Exempel på mjukgörare är glykol och dibutylftalat.

Den andra typen av mjukgörare inkorporeras i produkten redan vid tillverkningen av huvudpolymeren. Detta görs genom att den mjukare polymeren, vanligtvis en kratigt förgrenad polymer, sampolymeriseras med huvudpolymeren. Det finns ingen risk för att mjukgöraren i detta fall ska evaporera eller migrera ut ur produkten. Därför ger denna typ av mjukgörare en mer stabil produkt. Exempel på en mjuk polymer som används på detta vis är vinylversat.

Förtjockningsmedel har i uppgift att ge viskositet, det vill säga rätt konsistens åt produkten. Förtjockningsmedel kan antingen bestå av ett organiskt lösningsmedel eller av en vattenlöslig polymer (de Witte 1984, s 33).

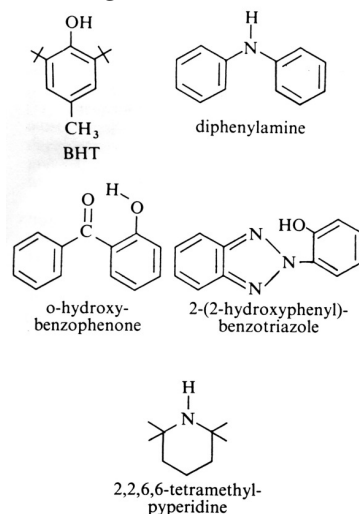
Den första typen av förtjockningsmedel fungerar eftersom ämnet/lösningsmedlet har förmågan att tränga in i och därmed svälla de slumpvisa polymernystanen.

³⁷ Liknande brytningsindex ger transparentens hos fyllnadsmedlet som därmed inte påverkar produktens färg.

Den andra typen av förtjockningsmedel fungerar eftersom det är en vattenlöslig polymer som därmed sväller i vattnet. Vattenmolekylerna fungerar som ett lösningsmedel och tränger in i och upptar plats i förtjockningsmedlets polymer-nystan. Exempel på den senare typen av förtjockningsmedel är cellulosaetrar.

Biocider är vanligtvis ett ämne som är giftigt för mindre organismer. Biociderna ska förhindra mögeltillväxt hos produkten. Biocider benämns ibland konserveringsmedel.

Stabilisatorer är ämnen som ska förhindra och motverka en alltför snabb nedbrytning av en produkt. De är ofta i mycket låga koncentrationer (0,25-3 %) i förhållande till den övriga produkten (de la Rie 1988). Oxidering av en produkt kan ske genom autooxidation eller fotooxidation³⁸. Det är framför allt de polymerer innehållande funktionella grupper, såsom dubbelbindningar eller karbonylgrupper, som är speciellt känsliga för oxidation.



Figur 34. Olika stabilisatorers kemiska struktur (del la Rie 1988, s 11).

Luftens syre och ljus, framför allt UV-strålning, kan ge upphov till spjälkning. Sker spjälkningen där de funktionella grupperna finns bildas fria radikaler. Radikaler kan vara av typen peroxid-, alkoxid- eller hydroxidradikaler (de la Rie 1988, s 11). Fria radikaler, vilka är mycket reaktiva ämnen, kan reagera vidare med polymererna så att de exempelvis tvärbinder. En fortsatt polymerisation, där tvär-bindning sker mellan de olika polymerkedjorna, ger mer svårslösliga produkter. UV-strålning kan även spjälka polymererna där funktionella grupper saknas. Polymererna kortas på så vis av. Syre binder lätt till ändarna, varpå kromoforer kan uppstå. Polymeren blir generellt mer polär då den spjälkas och

³⁸ Fotooxidation är en oxidation förorsakad av ljus. Ljus kan ha olika våglängd, där energin blir högre ju kortare våglängden är. Exempelvis har UV-strålning, med kortare våglängd än synligt ljus, så hög energi att den kan bryta kovalenta bindningar hos ett ämne.

syremolekyler binder till den. Avstyckade polymerer ger dessutom mer sköra och spröda produkter.

För att förhindra en fotooxidation kan *UV-absorbenter* eller *ljusstabilisatorer* användas. Autooxidering som orsakas av luftens syre kan förhindras genom användandet av *antioxidanter* av olika slag. Vid höga temperaturer påskyndas oxidering av produkter. Till produkter som ska användas vid relativt höga temperaturer tillsätts *värmestabilisatorer*. Exempel på produkter som kan innehålla denna typ av stabilisatorer, är det som inom konservering ofta kallas för ”termoplastiska” adhesiv, det vill säga värmeaktiva adhesiv.

Stabilisatorerna är oftast olika typer av fenolderivat. Exempel på sådana är butyl-hydroxytoluen (BHT), difenylamin, benzotriazol etc (se figur 34). Denna typ av ämnen är oftast hälsovådliga. Det föreligger alltid en risk att stabilisatorerna med tiden antingen migrerar ut ur produkten eller avgår på grund av sin flyktighet. Migrationen eller avdunstningen påskyndas vid förhöjda temperaturer. För att förhindra migrering är det viktigt att stabilisatorerna har så stor molekylvikt som möjligt. René de la Rie rekommenderar att så kallade *HALS*, hindered amine light stabilizers, vilka är derivat av 2,2,6,6-tetrametylpiperidin eller benzofon alternativt benzotriazol används till konserveringsprodukter (se figur 34). Dessa ämnen har visat sig vara mycket lovande för konsreveringsändamål (de la Rie 1988).

Del 2. Syntetprodukter inom svensk målerikonservering⁴⁰

Kapitel 4. Syntetiska konserveringsprodukter

4. 1. Adhesiver

Acrysol WS-24

Tillverkare/leverantör: Rohm & Haas.

Kemisk data: Amorf akrylsampolymer innehållande smärre mängd ammoniak, NH₃. Tillverkad genom emulsionspolymerisation.

Polymertyp/ repeterrandenhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Lägsta film- bildningstemp
butylmetakrylat		46°C (23°C)*	-	~7		~10°C

*Mätt värde

Hälsovådighet: Acetaldehyd är canerframkallande. I mycket små mängder anses risken dock mycket låg (Arbetskyddsstyrelsen 1994).

Materialkategori: Måleri på trä och puts.

Användningssätt: Konsolidering/fixering av färg. Späds i vatten och löses i aceton efter torkning.

Fördelar: God stabilitet och åldersegenskaper, gulnar inte mycket. Blir mer polär då den oxiderar (Phenix, A 1997, s 111).

Nackdelar: Dess höga T_g gör den ej lämplig för flexibla material.

Akronal D 300

Tillverkare/leverantör: BAFS.

Kemisk data: Amorf sampolymer av akrylester och PVC. Innehåller dessutom acetaldehyd. Tillverkad genom emulsionspolymerisation. 50% fast innehåll. Tester utförda av A Phenix har inte kunnat påvisa att Akronal innehåller någon mjukgörare (Phenix, A *et al* 1997, s 100). Detta ter sig märkligt eftersom PVC normalt har ett högt T_g (75-80°). Trots Akronalens PVC-innehåll har den ett lågt T_g runt rumstemperatur, vilket borde tyda på någon form av mjukgörare (författarens iakttagelser). Akronal D300 har utgått i produktion.

Polymertyp/ repeterrandenhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Lägsta film- bildningstemp
n-butylakrylat/ vinylacetat/ polyvinylklorid		26°C (23°C)	-	4.5-6	8-13mPas	17°C

⁴⁰ Produktinformationen i denna del är något varierad i omfång beroende på att vissa fakta varit svårt att få tag på från tillverkarna. Se dessutom appendix 1.

Hälsovådlighet: Ingen känd. Kan eventuellt orsaka klåda, sveda och irritation vid hudkontakt (BASF 1993).

Materialkategori: Måleri på trä, papper och textil.

Användningssätt: Konsolidering/fixering av färg. Adhesivet tillförs från ovasidan. Limmet spädes med vatten och löses med aceton efter att vattnet avdunstat. På mycket sugande material kan lacknafta användas lokalt före applicering av limmet. Detta för att isolera det sugande underlaget. Lacknaftan lägger sig som en barriär mellan underlaget och färgflagans undersida, så att limmet stannar kvar där det ska göra nytta. När vattnet avdunstat kan flagorna värmas fast ytterligare.

Fördelar: limmet har god penetrationsförmåga, detta på grund av sin mycket låga viskositet. Adhesivet är lätt att använda till tredimensionella objekt med kredering. Då adhesivet torkat är det både flexibelt och elastiskt, eftersom T_g är så nära rumstemperaturen.

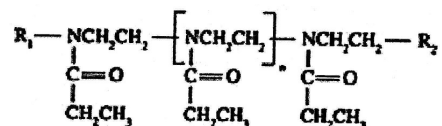
Nackdelar: limmet kan ge plastlika fläckar om det används felaktigt. Limmet är en färskvara. Ättiksyra och saltsyra bildas då produkten åldras och bryts ned. Ej lämpligt för syrakänsliga material. Akronal är mycket ljuskänslig varpå den gulnar och kan till och med bli mycket mörk. Vid värmeåldring (60° C) bildas fettfläckar på ytan av materialet, detta kan eventuellt vara mjukgörare som läcker ut. Limmet kan tvärbinda vid åldring (Phenix, A 1997, s 110).

Aquazol

Tillverkare/leverantör: Polymer Chemical Innovation / Conservation Materials Ltd.

Kemisk data: Amorf etyloxalinpolymer tillverkad genom emulsionspolymerisation. Amidgruppen i polymeren hydrolyseras i starka baser och syror. Produkten finns i olika molekylstorlek och har då olika nummer beroende på molekylvikt. Följande Aquazol finns 5, 50, 200 och 500 (Polymer Chemical Innovation 2003).

Kemiskstruktur:



Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T_g	T_m	pH	Viskositet <i>v</i>	Brytningsindex <i>n</i>
Poly(2-etyl-2-oxazilin)	5 000	69-71°C	-	7	2-3 cSt	1.52
	50 000				5-7 cSt	
	200 000				18-24 cSt	
	500 000				60-80 cSt	

Hälsovådlighet: ingen känd (Polymer Chemical Innovation 2003).

Materialkategori: Måleri på textil, papper och glas.

Användningssätt 1: Konsolidering/fixering. Spädes i polära lösningsmedel såsom vatten, etanol och aceton.

Användningssätt 2: Bindemedel för retuschering med torrpigment. Kan exempelvis användas för glas- och stafflimåleri samt akvarellmåleri. För akvareller används 10-20%-ig Aquazol 500 i vatten. Aquazol kan även användas som bindemedel i spackel, det blandas med kalciumkarbonat (Friend 2003, 1996).

Fördelar: Mycket god termiskstabilitet (Polymer Chemical Innovation 2003). Dessutom mycket åldersbeständig. Aquazol har samma brytningsindex som glas. Lättbearbetat och vattenlösligt vid användning som spackel (Friend 2003, 1996).

Nackdelar: I samband med fixering av färg på glas har det visat sig att limmet inte sprider sig homogent under flagan (Friend 2003, 1996).

AYAA

Tillverkare/leverantör: Union Carbide.

Kemisk data: Vinylacetat homopolymer utan tillsatser. Amorf polymer tillverkad genom suspensionspolymerisation.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
Vinylacetat	110 000	~25°C	-	5.7*		

*Torkad film

Hälsovådlighet: Beroende av vilket lösningsmedel som används.

Materialkategori: Måleri på metall och keramik.

Användningssätt: Limning av fog. Produkten erhålls i granulatform. Löses i aceton, aceton/etanol alternativt chloroform eller toluen. De två sistnämnda lösningsmedlen ger en mer plastisk produkt (Hansen *et al* 1991).

Fördelar: pH sjunker endast lite vid ålderstest i mörker och i ljusexponering (Down J L *et al* 1996, s 24).

Nackdelar: AYAA gulnar vid åldring. Flyktiga ämnen såsom etylacetat, metylacetat, acetaldehyd och etanol kan avges vid åldring beroende på ljus eller mörkerexponering. Aldehyd känsligt material såsom silver skulle kunna ta skada (Down J L *et al* 1996, s 28).

BEVA 371

Tillverkare/leverantör: Alois K. Diethelm AG / Lascaux.

Kemisk data: Namnet BEVA står för Bergers EVA, det vill säga etylenvinylacetat. EVA är en vaxartad sampolymer mellan eten och vinylacetat. Enligt Berger innehåller BEVA även Ketonharts N, Essowax 4610, Cellolyn 21. Ketonhartsen och Cellolyn 21 fungerar båda som mjukgörare. Cellolyn 21 är en ftalester av abietylalkohol. Essowaxet är ett paraffin utan olja. (Berger 1975, s 145, Berger 1976, s 179-180). Dessutom innehåller produkten 40% toluen och bensin i förhållandet 100/140 (Alois K. Diethelm AG).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
eten/vinylacetat, cyklohexanon, ftalester, polyeten	låg molekylär*		65°C**	7.5***		

* Antagande utifrån produktinnehåll ** Aktiveringspunkt *** Torkad film

Hälsovådlighet: Innehåller bland annat toluen som är hälsovådligt. Toluen skadar nervsystemet och misstänks även ge lever- och njurpåverkan (Arbets- skyddsstyrelsen 1994, Prevent 2001).

Materialkategori: Måleri på textil.

Användningssätt: Spädes med lacknafta eller bensin innan användning. Appli- ceras från baksidan.

Fördelar: pH sjunker endast lite vid ålderstest i mörker och i ljusexponering (Down J L *et al* 1996, s 24).

Nackdelar: BEVA gulnar vid åldring. Dessutom avger den Xylen under en längre period (Down J L *et al* 1996, s 28). Det senare är något märkligt, då det borde vara toluen, vilket produkten uppges innehålla.

Billys stenlim

Tillverkare/leverantör: Stenteknik AB.

Kemisk data: Tvåkomponent lim. Hartsen består av 70% omättad polyesterharts i ca 30% styren. Härdaren innehåller 50% dibensoylperoxid samt akrylamid- oligomerer och carboxylhaltiga monomerer (Stenteknik 2002).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
Polyester/akryl	hög	-	-	-		~1.15g/ml*

*Hartsen

Hälsovådlighet: Både hartsen och härdaren är mycket hälsovådliga och irriter- ande. Styren är bland annat klassad cancerogen (Prevent 2001). Styren kan upptas via andningssystemet och dermalt (Arbets- skyddsstyrelsen 1994). Benso- ylperoxiden är hudallergent och kan påskynda cancer som initierats av andra ämnen (Prevent 2001). OBS! Här föreligger därför synergiska effekter.

Materialkategori: måleri på puts och sten.

Användningssätt: Vid konsolidering av sten eller konststen. 1% härdare tillsätts stenlimmet. Konsolideringsmedlet tillförs genom injicering eller med pensel. Överskott kan avlägsnas något med hjälp av värme.

Fördelar: Limmet har stark bindekraft.

Nackdelar: Eftersom det är ett tvåkomponentlim härdar materialet och blir helt irreversibelt i framtiden.

Cascol Trälim 3304

Tillverkare/leverantör: Akzo Nobel DeCo.

Kemisk data: Polyvinylacetatbaserat adhesiv innehållande en smärre mängd, ~0.003%, konserveringsmedel. Konserveringsmedlet består av klormetylisotiazolinon och metylisotiazolinon. Dessutom ingår en liten mängd, ~0.1%, 2-brom-2-nitro-1,3-propandiol (Akzo Nobel 2002). Enligt 1996 års varuinformation ingår även butyldiglykolacetat (~5%), en sorts mjukgörare (Akzo Nobel 1996). Amorf polymer tillverkat genom emulsionspolymerisation.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T_g	T_m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Densitet <i>δ</i>
polyvinylacetat		~10°C*	-	~6	8000- 1200mPas	1.080 g/ml

*Antagande utifrån rekommenderad arbetstemp. 10-70°C.

Hälsovådighet: Kan eventuellt ge allergi vid hudkontakt (Akzo Nobel 2002). Det är framför allt biociden som är toxisk. Denna finns dock i mycket liten mängd.

Materialkategori 1: Måleri på textil och trä.

Användningssätt: Limning av fog och svetsning av reva. Appliceras med spatel eller pensel. Löses efter torkning med aceton/etanol, sväller något i vatten.

Materialkategori 2: Måleri på textil

Användningssätt: Modifierad dubbling. Adhesivet blandas med 5%-ig metylcellulosa i förhållandena 1:1.

Fördelar: -

Nackdelar: Gulnar vid åldrande. Svårt att helt avlägsna i framtiden.

HXTAL NYL-1

Tillverkare/leverantör: Conservation Materials Ltd / Archival Aids.

Kemisk data: 2-komponent, epoxibaserat adhesiv. Den härdade produkten är amorft. Polymerisationen är en sorts bulkpolymerisation.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T_g	T_m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Brytningsindex <i>n</i>
epoxy	högmolekylär	~40°C	-	-		1.520

Hälsovådighet: Epoxyhärdaren är allergen samt irriterande för hud och slemhinnor (Clydesdale 1990). De lösningsmedel som kan användas är även de är hälsovådliga. Särskilt ifall aromater används, dessa är bland annat skadliga för det centrala nervsystemet. Härdad produkt svälles med *metylenklorid som är klassat cancerogent samt kan skada nervsystemet och vara reproduktionstoxiskt (Prevent 2001).

Materialkategori: Måleri på glas, keramik/porslin och sten.

Användningssätt 1: Limning av fog. De porösa materialen isoleras lämpligen med Paraloid B-72. Först efter att lösningsmedlet avdunstat från isoleringen limmas delarna ihop med härdlimmet (Podany *et al* 2001).

Användningssätt 2: Ytbehandling eller bindemedel vid retuschering. Produkten kan spädas med aromater, exempelvis xylen, eller med ketoner, exempelvis aceton. HXTAL tillsammans med titanvitt, som är ett transparent pigment, kan användas vid imitering av porslinsglasyr.

Fördelar: Har ett brytningsindex som passar de flesta glastyper (Norman *et al* 1984). Gulnar inte lika mycket som övriga epoxibaserade produkter. HXTAL är vädertåligt och tål de flesta lösningsmedel efter härdning. Går att svälla efter härdning med bland annat metylenklorid* (Podany *et al* 2001, s 17).

Nackdelar: Reversibiliteten, HXTAL är svår att avlägsna i framtiden. Vid kemisk avlägsnande måste mycket hälsovådliga ämnen som metylenklorid* användas.

Lascaux P 550

Tillverkare/leverantör: Lascaux.

Kemisk data: 40%-ig akrylpolymerlösning i organiskt lösningsmedel, av typen nafta. Tillverkad genom suspensionspolymerisation. Amorf termoplastisk polymer. Polymerprodukten heter egentligen Plexisol/Degalan P550.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Densitet <i>δ</i>
butylmetakrylat		~34°C	-	-		

Hälsovådlighet: Lösningsmedlet är hälsovådligt, långvarig exponering för lacknafta kan ge nervskador (Prevent 2001).

Materialkategori: Måleri på textil och puts.

Användningssätt: Konsolidering av lös färg. Adhesivet löses med lacknafta och kan reaktiveras efter att lösningsmedlet avdunstat med värme ca 40° C. Överskott av adhesiv löses med lacknafta.

Fördelar: -

Nackdelar: Kan i vissa fall orsaka att färgflagorna flyter i samband med värmebehandling. Detta framför allt ifall lösningsmedlet ej avdunstat helt.

Lascaux 360HV

Tillverkare/leverantör: Lascaux.

Kemisk data: Butylakrylatmetylmakrylatsampolymer. >50% av polymeren består av butylakrylat. Amorf polymer tillverkad genom emulsionspolymerisation. Produkten innehåller biocider och <5% ammoniak (PolymerLatex 2001). Samma produkt som Plextol D360.

Polymertyp/ repetandenheter	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Lägsta film- bildningstemp
Butylakrylat/metylmetakrylat/ etylmetakryl		-8°C	-	7.8	500-4000 mPas*	0°C

*(PolymerLatex 2002)

Hälsovådlighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på textil.

Användningssätt: Laminering. För att inte det klubbiga limmet ska penetrera igenom den nya lamineringsduken vid applicering samt för att få mer kropp hos bindemedlet, kan adhesivet med fördel svällas med hjälp av tillförsel av akrylbutylester. Applicering av det uppsvällda adhesivet görs sedan med roller. 360 HV lämpar sig bra som lamineringsadhesiv där en bärare såsom ett non-wovenbelägg används. Det uppsvällda adhesivet appliceras på båda sidor om non-wovenduken med hjälp av roller. Belägget används sedan för laminering på värmevakuumbord.

Fördelar: Relativt revelsibel metod, eftersom bindemedlet appliceras enkom på den nya stödduken alternativt på belägget.

Nackdelar: Det låga T_g gör att adhesivet är klubbigt i rumstemperatur, vilket bidrar till risk för dammsamling. Vid mörkeråldring kan produkten avge n-butanol, vid ljusexponering kan dessutom etansyra (ättiksyra), metanol, toluen och xylen avges (Down J L *et al* 1996, s 30).

Lascaux 498HV

Tillverkare/leverantör: Lascaux.

Kemisk data: Butylakrylmetylmetakrylatsampolymer. 56 % av polymeren består av butylakrylat. Amorf polymer tillverkad genom emulsionspolymerisation. Produkten innehåller biocider (Lascaux odat.). Samma produkt som Plextol D 498.

Polymertyp/ repetandehet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Lägsta film- bildningstemp
Bytylakryl/metylmetakryl		13°C	-	9*	3-10000 mPas*	5°C

*(PolymerLatex 2002)

Hälsovådlighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på textil.

Användningssätt: Laminering och kantförstärkning. Kan svällas med hjälp av tillförsel av akrylbutylester. Applicering av det uppsvällda adhesivet görs med roller. 498HV kan användas som lamineringsadhesiv där en bärare, såsom ett non-wovenbelägg används. Det uppsvällda adhesivet appliceras på båda sidor om non-wovenduken med hjälp av roller. Belägget används sedan för laminering på värmevakuumbord.

Fördelar: Är inte lika dammsamlingsbenägen som Lascaux 360 HV.

Nackdelar: -

Mowilith 491

Tillverkare/leverantör: Hoechst.

Kemisk data: amorf akrylester i emulsionsform innehållande polyvinylalkohol som emulgeringsmedel.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Densitet <i>δ</i>
Butylakrylat/vinylacetat			-	5		

Hälsovådlighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på trä och puts.

Användningssätt: Konsolidering/fixering av färg. Spädes med vatten. Appliceras från ovan.

Fördelar: sväller i etylacetat före och efter åldring.

Nackdelar: -

MowilithDMC2

Tillverkare/leverantör: Hoechst / Lascaux.

Kemisk data: Polyvinylmalatsampolymer innehållande metylcellulosa och tensid (Down J L *et al* 1996, s 20). 35% av sampolymeren består av dibutyl malat. Polymeren är tillverkad genom emulsionspolymerisation, där 55% är fastform och resterande vatten. Emulgeringsmedelet är cellulosaeter (Horie 1990, s 95). Produkten går att få i en något utspädd form från Lascaux. Den kallas då Mowilith 35/73-25% och är löst i 25% Isopropanol/etylacetat, 4:1 (Lascaux odat.).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Lägsta film- formeringstemp
Vinylacetat/malatsyra- dibutylester		10°C	-	4	5-20 mPas 8000 mPas*	10°C

*Horie 1990, s 95.

Hälsovådlighet: Beror på lösningsmedel. Etylacetat kan påverka centrala-nervsystemet tillika toluen, som dessutom misstänks vara reproduktionstoxiskt och lever- och njurskadligt. Toluen upptas lätt dermalt (Prevent 2001, Arbets-skyddsstyrelsen 1994).

Materialkategori: Måleri på textil, trä och puts.

Användningssätt: Konsolidering och laminering. Spädes med vatten och löses i etanol (95%), aceton, etylacetat och toluen (Lascaux odat.).

Fördelar: Den torkade filmen har ganska neutralt pH. Ålderstest har visat att pH håller sig stabilt (Down J L *et al* 1996, s 24). Ljushärdig (Lascaux odat.).

Nackdelar: Produkten kan avge mindre mängder acetaldehyd, etylacetat, isobutanol, n-butanol, dibutyleter, 2-etoxyetylacetat och etandioldiacetat vid

åldring, beroende på mörker eller ljusexponering. Aldehydkänsligt material såsom silver kan ta skada (Down J L *et al* 1996, s 28).

MowilithDM5

Tillverkare/leverantör: Hoechst.

Kemisk data: Amorf polyvinylakrylsampolymer innehållande natriumkarboxymetylcellulosa (Down J L *et al* 1996, s 20). Enligt Horie är 35% av sam-polymeren dibutylakrylat (Horie 1990, s 95). Tillverkad genom emulsionspolymerisation där 53% är det fasta ämnet och resterande vatten.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Densitet <i>δ</i>
Vinylacetat/akrylester, dibutylakrylat		<21°C	-	4.5		

Hälsovådlighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på textil och trä.

Användningssätt: Laminering. Spädes med vatten.

Fördelar: -

Nackdelar: Produkten kan avge mindre mängder n-butanol, 2-etoxyetanol och 2-etoxyetylacetat vid åldring, beroende på ljus eller mörkerexponering (Down *et al* 1996, s 28).

Mowiol

Tillverkare/leverantör: Hoechst.

Kemisk data: Amorf polyvinylalkohol/vinylacetatsampolymer (Hoechst 1993). Tillverkad genom suspensionspolymerisation. Produkten erhålls i granulatform. Mowiol kan fås i olika hydrolysgrad. De 93-99%-iga polyvinylalkohol-produkterna är endast löslig i varmt vatten. I fall produkten endast är hydrolyserad till 90% och lägre är den löslig i kallt vatten (Horie 1987, s 97).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Densitet <i>δ</i>
Vinylacetat/akrylester, dibutylakrylat	~70 000	>21°C	-	4.5-7*	3-66 mPas*	0.4-0.6 g/ml*

*Beroende på hydrolyseringsgrad

Hälsovådlighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på textil och papper.

Användningssätt: Laminering och fixering av färg. Spädes med vatten. I samband med laminering kan Moviolen blandas med agar-agar eller någon cellulosaeater för att få ett mer uppsvällt adhesiv.

Fördelar: -

Nackdelar: Tvärbinder vid åldring (Horie 1987, s 97-99).

Paraloid B-72

Tillverkare/leverantör: Rohm & Haas / Lascaux, Archival Aid.

Kemisk data: Metylakrylatetylmetakrylatsampolymer. Tillverkad genom suspensionspolymerisation. Erhålls i granulat. Akryloid B 72 är samma produkt.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T_g	T_m	pH	Viskositet <i>v</i>	Brytningsindex <i>n</i>
Metylakryl/etylmetakryl	högmolekylär	41°C (36°C)*	~150°C	-		1.487

* Mätt värde

Hälsovådighet: De lösningsmedel som används vid upplösning av granulatet kan vara hälsovådliga. Xylen kan exempelvis påverka centrala nervsystemet samt kan ge yrsel och illamående. Ångorna kan dessutom vara irriterande för slemhinnor (Prevent 2001)

Materialkategori 1: måleri på glas, metall, keramik och enkaustik.

Användningssätt : Fixering av färg på glas eller metall. Adhesivet appliceras från ovan med pensel. Överskott avlägsnas med aceton. Paraloid fås i pärlform och löses i aceton och xylen. Kan spädas med etanol och högaromatisk lack-nafta.

Materialkategori 2: Måleri på puts, mur eller sandsten.

Användningssätt: Konsolidering. Paraloid kan användas i ren lösning eller blandas med kiselsyraester. Till kiselsyraestern tillsätts 2,5 % Paraloidlösning. Konsolideringsmedlet kan antingen appliceras med pensel eller injiceras med hjälp av spruta på den vittrade stenytan. Paraloid är lösligt i aceton och xylen. Ifall ett färgskikt på puts är mycket urlakat och pulveriserat, kan en kraftigt utspädd Paraloidlösning sprutas på ytan för fixering av färgpigmenten.

Fördelar: Bra penetrations- och bra bindeförmåga. Dessa egenskaper förbättras ytterligare i kombination med kiselsyraestern, eftersom denna har möjlighet att tränga mycket långt in i stenstrukturen, samtidigt som den förstärker stenmaterialet.

Materialkategori 3: Måleri på textil.

Användningssätt: Granulatet smälts med hjälp av värmespatel. Genom att dra i granulatet/pärulan samtidigt som värmen tillförs, erhålls långa polymerfibrer. Fibrerna används direkt vid svetsning av reva. Placera fiberänden mot revan och värm fast med hjälp av värmespatel/-spets.

Nackdelar: Det redan höga T_g samt den utdragning som sker, där polymerkedjorna orienteras gör svetsningen spröd och hård.

Plexisol P 550

Tillverkare/leverantör: Roehm.

Kemisk data: Butylmetylakrylat, amorf polymer. Tillverkad genom suspensionspolymerisation. Produkten erhålls i granulatform. Plexisol P550 har bytt namn hos tillverkaren och heter numer Degalan P550. Produkten har dock samma

innehåll som tidigare (Roehm 2002). Samma produkt som Lascaux P 550, denna är dock utspädd.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
butylmetylakrylat	låg molekylär	~34°C	-	-		

Hälsovådlighet: Långvarig exponering för lacknafta kan ge nervskador eller hudexem (Prevent 2001).

Materialkategori: Måleri på textil.

Användningssätt: Konsolidering av färgskikt. Plexisol erhålls i en granulatform och spädes med lacknafta. Adhesivlösningen appliceras från baksidan av målningen. Behandlas därefter på värme-vakuumbord vid ca 40° C.

Fördelar: Ljushärdig (Lascaux odat.). Duken känns mindre spröd. Bra där inte vattenbaserade adhesiv fungerar.

Nackdelar: Löst färgskikt kan i vissa fall flyta.

Plextol B 500

Tillverkare/leverantör: PolymerLatex.

Kemisk data: Amorf termoplastisk metakrylester/akrylestersampolymer. Tillverkad genom emulsionspolymerisation med hjälp av anjonemulgator. Produkten innehåller vare sig filmbildare eller mjukgörare (PolymerLatex 1997). 50% är fastpolymer resterande är vatten. Innehåller <5% ammoniak (PolymerLatex 2001).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Lägsta film- bildningstemp
metylmetakryl/etylakryl		9°C*	-	9,5-10	1100-4500 mPas	7° C*

*(PolymerLatex 2002)

Hälsovådlighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på textil.

Användningssätt: Laminering.

Fördelar: -

Nackdelar: Gulnar vid åldring (Howells *et al* 1984, s 38).

Plextol D 360

Tillverkare/leverantör: Polymer Latex.

Kemisk data: Amorf akrylsampolymer, tillverkad genom emulsionspolymerisation, där ungefär 60% består av polymer och resten av vatten. Produkten innehåller <5% ammoniak samt biocider (PolymerLatex 2001). Samma produkt som Lascaux 360 HV.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Lägsta film- bildningstemp
Metylmetylakryl/butylakryl/ etylmetakryl		-8°C*	-	7,5-10	100-20000 mPas	0°C

*(PolymerLatex 2002)

Hälsovådighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på textil.

Användningssätt 1: Laminering. För att inte det klubbiga limmet ska penetrera igenom den nya lamineringsduken vid applicering samt för att få mer kropp hos bindemedlet, kan adhesivet med fördel svällas med hjälp av tillförsel av Rohagit SD 15. Applicering av det uppsvällda adhesivet görs sedan med roller. Plextol D 360 lämpar sig bra som lamineringsadhesiv där en bärare av adhesivet används. Det uppsvällda adhesivet appliceras på båda sidor om en non-wovenduk med hjälp av roller. Belägget/inskottet används sedan för laminering på värmevakuumbord.

Fördelar: Relativt reversibel metod, eftersom bindemedlet appliceras enkom på den nya stödduken.

Användningssätt 2: Kantförstärkning. Plextolen svälls med Rohagit SD 15. Med en tandad spatel appliceras adhesivet på ett siliconbehandlat melinex. När limmet torkat, det blir då transparent, kan remsor klippas av adhesivet och användas som trycksensitivt adhesiv för kantförstärkning (Nyström 1997, s 5-6).

Fördelar: Reversibel metod

Nackdelar: Det låga T_g gör att adhesivet är klubbigt i rumstemperatur, vilket medför risk för dammsamling. Kantförstärkningsmetoden är något tidskrävande. Vid mörkeråldring kan produkten avge n-butanol, vid ljusexponering kan dessutom etansyra (ättiksyra), metanol, toluen och xylene avges (Down J L *et al* 1996, s 30).

Plextol 528-D

Fabrikör/levetrantör: Röhm GmbH.

Kemisk data: Akrylsampolymer. Amorf polymer tillverkad genom emulsionspolymerisation. 50% består av fast polymer resterande är vatten (Phenix *et al* 1997)

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Lägsta film- bildningstemp
Metylmetakryl/Butylakryl		27°C (22°C)*	-	9.5	200-2000 mPas	0°C

*Mätt värde.

Hälsovådighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på textil, trä, keramik och puts.

Användningssätt: Konsolidering/fixering av färgskikt. Adhesivet appliceras från ovan. Efter att lösningsmedlet, det vill säga vattnet avdunstat och polymermole-

kylerna sammansmält är polymeren löslig i aceton. För att förbättra penetrationsförmågan kan etanol eller lacknafta appliceras på ytan innan adhesivet tillförs. Bindemedlet som är en termoplast kan med fördel aktiveras med värme. Vanligtvis används värmespatel och en silikonbehandlad melinex. Åtgärden utförs först efter det att lösningsmedlet avdunstat.

Fördelar: Har enligt tester utmärkta åldersresultat, gulnar ej och förblir löslig i aceton och xylen. Har god penetrationsförmåga påminner om Akronal 300D (Phenix *et al* 1997, s 99ff).

Nackdelar: Kan ha sämre inträngningsförmåga i samband med små sprickor. Biter relativt långsamt, vilket gör att flagorna måste pressas på plats en längre stund. Det höga pHt är på gränsen till vad som är lämpligt för oljefärg, detta neutraliseras dock vid torkning. I samband med ålderstest har det visat sig att filmen närmar sig pH 4 (Phenix *et al* 1997, s 107).

Primal AC 33

Tillverkare/leverantör: Rohm & Haas.

Kemisk data: Akrylsampolymer. Amorf polymer tillverkad genom emulsionspolymerisation. Dispersionen innehåller 46% fast polymer (Horie 1987, s 111).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Lägsta film- bildningstemp
etylakryl/metymetakryl/ etylmetakryl		16°C	-	9.2	6000 mPas	8 °C

Hälsovådlighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på textil och trä.

Användningssätt: Konsolidering av färgskikt. Adhesivet appliceras från ovan och spädes med vatten. Produkten används som bindemedel inom färgindustrin. Primal skulle således potentiellt kunna användas som bindemedel för pigment i samband med retuschering.

Fördelar: -

Nackdelar: Gulnar vid åldring (Howells *et al* 1984, s 38).

Primal AC 4010K

Tillverkare/leverantör: Rohm & Haas.

Kemisk data: Akrylpolymer innehållande akrylester och ammoniak. Amorf polymer tillverkad genom emulsionspolymerisation.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Lägsta film- bildningstemp
n-butylakrylat/metymetakrylat	högmolekylär	~16°C*	-	8.5	500 cps	16-20°C

*Antagande utifrån lägsta filmbildningstemp, se dessutom figur 14 i avsnitt 2.9.

Hälsovådlighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på trä och pust.

Användningssätt: Konsolidering/fixering av färgskikt. Adhesivet appliceras från ovan, antingen med pensel eller med hjälp av spruta. Adhesivet kan spädas med etanol för att få bättre inträngningsegenskaper. Rester/överskott kan avlägsnas med aceton.

Fördelar: -

Nackdelar: Dålig reversibilitet. Adhesivet är svårslösligt när vattnet avdunstat. Primal löser sig nästan inte alls i aceton eller xylen. Ifall svårslösligheten beror på väldigt hög molekylvikt eller tvärbindingar mellan polymerkedjorna är oklart (Phenix, A 1997, s 111).

Renfert sekunden kleber1733

Tillverkare/leverantör: Renfert GmbH.

Kemisk data: Cyanoakrylat innehållande 60-80% cyanoakrylsyrametylester och 10-30% Etyl-2-cyanoakrylat (Renfert -01). Enkomponentadhesiv som polymeriserar med hjälp den fukt som finns i luften (Sheields -84). Amorf polymer.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
Cyanoakrylsyrametylester/ Etyl-2-cyanoakrylat		>21°C	-	-	2-2500 mPas	1.07-1.11 g/ml

Hälsovådighet: Cyanoakrylat är allergent. Irriterarande på hud, slemhinnor och ögon (Renfert 2001).

Materialkategori: Måleri på glas, porslin och metall.

Användningssätt: Foglimning exempelvis trasigt glas. Adhesivet har låg ytspänning. Går att lösa upp med aceton.

Fördelar: God penetrationsförmåga.

Nackdelar: Hälsovådligt.

Texicryl 13-002

Tillverkare/leverantör: Scott Bader Co. Ltd

Kemisk data: Amorf akrylatsampolymer, tillverkad genom emulsionspolymerisation.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Lägsta film- bildningstemp
Metylmetakryl/etylakryl/ etylmetakryl			-		Högviskös	

Hälsovådighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på textil och papper.

Användningssätt: Konsolidering/fixering.

Fördelar: -

Nackdelar: Gulnar vid åldring (Howells *et al* 1984, s 38).

Textillim 2955

Tillverkare/leverantör: Akzo Nobel DeCo.

Kemisk data: Emulsionsadhesiv innehållande naturgummi. Dessutom innehåller produkten konserveringsmedlet 1,2-benzotiazolin-3-on (~1%), en smärre mängd fyllnadsmedel zinkoxid samt tetrametyltiuramdisulfid. Tillverkad genom emulsionspolymerisation.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
naturlatex		~10°C*		~9		~0.950 g/ml

*Antagande då arbetstemperaturen är 15-20°C

Hälsovådlighet: Benzotiazolin kan verka irriterande eller hudsensibiliserande. Kan dessutom ha vissa effekter på levern (Prevent 2001). Halten är dock låg.

Materialkategori: Måleri på textil.

Användningssätt: För limning av kantförstärkning. Adhesivet appliceras med spatel eller pensel. Löses/spädes i vatten innan torkning.

Fördelar: Stark och rationell metod.

Nackdelar: Svårt att helt avlägsna adhesivet från den porösa textilien, gummi-rester blir kvar.

Textile Welding Powder 5065

Tillverkare/leverantör: Lascaux.

Kemisk data: Termoplastisk nylonharts. Polymeren är tillverkad genom suspensionspolymerisation där pulverform erhållits.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
Polyamid 12			90°C	-		

Hälsovådlighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på textil.

Användningssätt: Används som ett "hot-melt" svetsningsadhesiv. Revan tillrättaläggs och plangörs. Vid applicering av svetspulvret arbetar man från baksidan av målningen. Med hjälp av en het värmespets doppas i nylonpulvret. Därefter appliceras adhesivet mot revan. Lascaux föreslår även att pulvret kan läggas mellan två Hostaphan-/Melinexfilmer. Stryk därefter med ett strykjärn så att pulvret smälter. Efter avsvalnande klipps filmen i smala remsor som kan användas för att brygga över revan. Remsorna värms på (Lascaux odat.).

Fördelar: Enligt Lascaux en rationell metod (Lascaux odat.).

Nackdelar: Den relativt höga smältpunkten.

Vinacryl 40366

Tillverkare/leverantör: Vinamul Ltd.

Kemisk data: Tvärbunden akrylat innehållande tensid. Amorf polymer tillverkad genom emulsionspolymerisation.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T_g	T_m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Lägsta film- bildningstemp
Akryl		7°C	-	4	29-500 mPas	17°C

Hälsovådighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på textil och trä.

Användningssätt: Konsolidering/fixering.

Fördelar: -

Nackdelar: Det mycket låga T_g gör att polymeren är mycket mjuk och klibbig. Detta kan både bidra till att adhesivet flyter vid långvarig påfrestan/stress och att damm fastnar. Enligt tillverkaren tvärbinder produkten vid åldring. Detta skulle kunna försvåra framtida reversibilitet. Materialet gulnar något vid långvarig ljus och värmeexponering (60° V). Enligt Oddytest⁴¹ kan vinacryl avge skadliga flyktiga ämnen (Phenix *et al* 1997).

Vinamul 9300

Tillverkare/leverantör: Vinamul Ltd.

Kemisk data: Polyvinylacetat innehållande anjontensid. Amorf polymer tillverkad genom emulsionspolymerisation.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T_g	T_m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Densitet <i>δ</i>
polyvinylacetat		22°C (36°C*)	-	4.5-5.5	100-400 cps	

*Mätt värde.

Hälsovådighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på trä och puts.

Användningssätt: Konsolidering/fixering. Kan injiceras alternativt appliceras med pensel. Spädes med vatten. Överskott avlägsnas med aceton.

Fördelar: Kan vara bra vid punktfästning där spridning av bindemedlet ej eftersöks.

Nackdelar: Kan ge blanka fläckar kring fixeringsområdet.

⁴¹ Oddytest är ett test där man provar olika materials benägenhet att korrodera olika metaller, såsom koppar, bly, silver etc under artificiell långtidsförvaring. Testmaterial, metall och provrör innehållande avjonat vatten placeras i en helt sluten behållare som därefter utsätts för 60° C under några dygn. Utvärderingen av testet utförs dels okulärt och dels genom att jämföra metallens ursprungsvikt mot dess slutvikt.

Vinnapas CEF 19

Tillverkare/leverantör: Wacker.

Kemisk data: Information om produkten går ej att få via tillverkaren. Tillverkad genom emulsionspolymerisation.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ

Hälsovådighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på puts och mur.

Användningsätt: Adhesivet applicerat från ovan. Det spädes med vatten. Då vattnet avdunstat och polymeren sammansmält, löses det i aceton.

Fördelar: Adhesivet har god penetrationsförmåga.

Nackdelar: Kan ge blanka fläckar om inte överskott avlägsnas.

Vinnapas EPI

Tillverkare/leverantör: Wacker.

Kemisk data: Polyvinylacetatetyl-sampolymer innehållande vinylalkohol/vinylacetat samt en tensid, båda fungerar som emulgeringsmedel (Down, J L 1996, s 20). Tillverkad genom emulsionspolymerisation.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
vinylacetat/eten		>21°C	90°C*	3.8		

*Aktiveringstemp.

Hälsovådighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på textil.

Användningsätt: Laminering. Spädes med vatten och kan lösas upp med trikloretan efter avdunstning och torkning.

Fördelar: -

Nackdelar: Kan avge metylacetat, 2-metoxyetylacetat i samband med åldring (Down J L *et al* 1996, s 28).

4. 2. Färg

Artist's acrylic colour

Tillverkare/leverantör: Winsor & Newton.

Kemisk data: akrylfärg tillverkad genom emulsionspolymerisation. Information om produkten går ej att få från tillverkaren.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
akryl			-	9-10		1.2-1.5g/ml

Hälsovådighet: Endast i mycket stora mängder. Kan ge irritation vid hudkontakt (Winsor & Newton -02).

Materialkategori: Olje-, akryl- och temperamåleri.

Användningssätt: Retuschering av opakt *alla prima*-måleri. Spädes med vatten.

Fördelar: Akryl gulnar inte så mycket.

Nackdelar: Tät film.

Cryla

Tillverkare/leverantör: Daler-Rowney.

Kemisk data: akrylfärg tillverkad genom emulsionspolymerisation. Information om produkten går ej att få från tillverkaren. Enligt analyser är produkten baserad på en akrylsampolymer, där ca 67 % utgörs av etylakrylat och ca 33% utgörs av metylmetakrylat (Sonodo *et al* 1990, s 198).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
Etylakrylat/metylmetakrylat			-			

Hälsovådighet: Ingen känd.

Materialkategori: Olje-, akryl- och temperamåleri.

Användningssätt: Retuschering av opakt *alla prima*-måleri. Spädes i vatten och kan enligt tillverkaren lösas upp med metanol.

Fördelar: Akryl gulnar inte så mycket.

Nackdelar: Tät film.

Charbonnel restoration colour

Tillverkare/leverantör: Lefranc & Bourgeois/Charbonnel, ColArt Sweden AB.

Kemisk data: Ketonakrylhartssampolymer, amorf polymer. Antingen tillverkad genom en lösnings- alternativt suspensionpolymerisation. Innehåller lösningsmedel sannolikt någon petroleumnafta/lacknafta.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
Cyclohexanon/ Isobutylmetakrylat*			-	-		

*(ColArt personlig kommunikation 02-12-02).

Hälsovådighet: innehåller organiskt lösningsmedel. Långvarig exponering för lacknafta kan ge nervskador eller hudexem (Prevent 2001).

Materialkategori: Oljemåleri.

Användningssätt: Retuschering. Kan användas för skiktmåleri. Spädes med lacknafta eller liknande.

Fördelar: Gulnar ej och är kemiskt stabil enligt fabriken.

Nackdelar: -

Flash

Tillverkare/leverantör: Lefranc & Bourgeois, ColArt Sweden AB.

Kemisk data: Vinylfärg bestående av amorf polyvinylacetat, tillverkad genom en emulsionspolymerisation. Vid analysering av Flash har det visat sig att det är en sampolymer mellan PVAc och VeoVa, det vill säga vinylversat (Learner 1995, s 77; 2001, s 233). Dessutom innehåller emulsionsfärgen, enligt leverantören, 22% ammoniak, NH_3 . Sannolikt för att neutralisera den annars något sura vinylacetaten. Emulgeringsmedlet är sannolikt polyvinylalkohol, vilket även det är något surt.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
Vinylacetat/vinylversat	-		-	8*		

*Mätt värde.

Hälsovådighet: Ingen känd.

Materialkategori: Olje- och temperamåleri.

Användningssätt: Retuschering. Spädes med vatten. Kan användas för *alla prima*-oljemåleri eller som grundretusch.

Fördelar: Flashfärgen ger en matt färg som påminner mycket om äggtempera eftersom den går att polera till en nästan höglansig yta.

Nackdelar: -

Gamblin conservation colors

Tillverkare/leverantör: Gamblin Artists Colors Co.

Kemisk data: Urea-aldehyd harts (Laropal A81), amorf polymer tillverkad genom suspensionspolymerisation. Polymeren är löst i 25%-aromatisk lacknafta och en liten mängd aceton (propanon). Den upplösta polymeren är något polär och väter därför pigmenten bättre än mer opolära polymerhartser. Pigmentkoncentrationshalten är olika hög beroende på pigmentinnehåll. Detta för att inte

färgen ska sedimentera. Vissa kulörer får dessutom högre aromathalt för att inte färgen ska sedimentera och separera ut (Leonard *et al* 2000). Inga additiv utöver aluminiumhydrat (Gamblin 2000).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Brytningsindex n
Formaldehyd-urea	565	57°C	-	-		1.531

Hälsovådighet: lösningsmedlen är hälsovådliga. Långvarig exponering för lack-nafta kan ge nervskador eller hudexem (Prevent 2001). Aceton kan verka uttorkande och irriterande för slemhinnor. Isopropanol kan vara irriterande och ge förslöande symptom.

Materialkategori: Olje- och akrylmåleri på textil, trä och glas.

Användningssätt: Löses i etanol, isopropanol, aceton och 25%-aromatisk lack-nafta. Blandningar lösningsmedlen emellan är att rekommendera för att exempelvis fördröja evaporationen (Leonard *et al* 2000, s 113).

Fördelar: Mycket stabil polymer.

Nackdelar: Torkar lätt i burken.

Golden's Artists Colors PVA

Tillverkare/leverantör: Golden.

Kemisk data: Polyvinylacetatfärg, tillverkad genom en lösningspolymerisation, innehållande en 1:1 blandning av AYAA och AYAC i etanol. Polymeren är amorf. Enligt tillverkaren har den utmärkta åldersegenskaper och är tålig för så väl UV-strålning, vatten som syror/alkalier.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
polyvinylacetat			-	-		

Hälsovådighet: ingen känd.

Materialkategori: Olje-, akryl- och temperamåleri

Användningssätt: Löses i etanol och förblir lös i 95%-ig etanol, metanol, aceton även efter åldring.

Fördelar: -

Nackdelar: PVAc har en tendens att gulna.

Griffin

Tillverkare/leverantör: Winsor & Newton.

Kemisk data: Alkydoljefärg. Alkydoljan är tillverkad av ftalanhydrid (Learner 2001, s 234). Sannolikt är polymeren tillverkad genom lösningsmedelspolymerisation. Innehåller 10-30 % destillerad petroleum (Winsor & Newton 2001).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
Alkyd	högmolekylkär		-	-		

Hälsovådighet: Innehåller organiskt lösningsmedel. Kan ge irritation/retningar vid inhalation respektive hudkontakt (Winsor & Newton 2001).

Materialkategori: Oljemåleri.

Användningssätt: Retuschering. Spädes med lacknafta eller liknande.

Fördelar: -

Nackdelar: Polymeriserar vidare, tvärbinder och blir svårslöslig med tiden.

Maimeri Restauro Ketonic Resin Colours

Tillverkare/leverantör: Maimeri.

Kemisk data: Ketonharts i organiskt lösningsmedel, sannolikt nafta.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Brytningsindex n
cyklohexanon	531	43°C	~115°C	-		1.529

Hälsovådighet: Innehåller organiskt lösningsmedel. Långvarig exponering för lacknafta kan ge nervskador eller hudexem (Prevent 2001).

Materialkategori: Oljemåleri.

Användningssätt: Retuschering. Kan användas för skiktmaleri. Spädes med lacknafta eller liknande.

Fördelar: Lättslösligare än Maimeri Restauro hartsfärger (egen iakttagelse). Blir mer polär med tiden.

Nackdelar: -

Primacryl

Tillverkare/leverantör: Schmincke.

Kemisk data: Akrylatemulsion. Amorf polymer tillverkad genom emulsionspolymerisation. Enligt fabriken är det en ren polyakrylatpolymer som inte innehåller styren. Enligt nya forskningsrön har det visat sig att de rena akrylaterna i färg antingen består av polyetylakrylat/metylmakrylat, p(EA/MMA) eller polybutylakrylat/metylmakrylat, p(BA/MMA) (Learner 2001, s 227).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
etylakryl/metylmakrylat alternativt butylakryl/metylmakrylat			-			

Hälsovådighet: Ingen känd.

Materialkategori: olje-, akryl- och temperamåleri.

Användningssätt: Retuschering. Spädes med vatten. Kan användas för *alla prima*-oljemåleri.

Fördelar: Akryl gulnar inte mycket.

Nackdelar: Den starka kohesionen inom färgen medför att färgen lätt släpper i stora sjok i fall adhesionen mot underliggande skikt är dålig.

4. 3. Fernissor/Lacker

Acrylic Resin742

Tillverkare/leverantör: Lascaux.

Kemisk data: Akrylharts löst i etanol:Metoxipropanol (7:1). Tillverkad genom lösningsmedelspolymerisation (Lascaux odat.).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T_g	T_m	pH	Viskositet <i>v</i>	Brytningsindex <i>n</i>
etylmetylakrylat		~85°C	-	-		

Hälsovådighet: Metoxipropanol är slemhinneirriterande (Prevent 2001).

Materialkategori 1: Måleri på keramik och glas.

Användningssätt: Fernissa eller fixativ. Löses i etanol, isopropanol eller lacknafta. Appliceras med pensel.

Materialkategori 2: Fibrer.

Användningssätt: Ingjutning av prover. Hartsen droppas på provet och täcks med täckglas.

Fördelar: Stabil, ljushärdig och ålders resistent (Lascaux odat.).

Nackdelar: -

Conserv-Art Picture Varnish

Tillverkare/leverantör: Winsor & Newton

Kemisk data: Blandning av Paraloid B-67 och en mindre mängd Laropal K80. Amorf polymerblandning av en högmolekylär och en lågmolekylär polymer. Lösningsmedelspolymerisation alternativt suspensionspolymerisation, där polymererna löses och blandas till färdig produkt.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T_g	T_m	pH	Viskositet <i>v</i>	Brytningsindex <i>n</i>
polyisobutylmetakrylat/ polycyklohexanon			-	-		

Hälsovådighet: Lösningsmedlet innehåller aromater som är hälsovådliga. Långvarig exponering för lacknafta kan ge nervskador eller hudexem (Prevent 2001). Aromaterna kan påverka det centrala nervsystemet.

Materialkategori: Oljemåleri.

Användningssätt: Fernissa. Spädes med högaromatisk lacknafta.

Fördelar: Flexibel fernissa med goda optiska egenskaper. Gulnar inte enligt tillverkaren

Nackdelar: Dålig stabilitet (Arslanoglu *et al* 2001, s 2) Paraloid B-67 kan tvärbinda med tiden (Horie 1990, s 108).

Frigelen, zaponlack,

Tillverkare/leverantör: Frank W. Joel Ltd

Kemisk data: Nitrocellulosaharts. Sannolikt tillverkad genom lösningsmedelspolymerisation. Information om produkten går ej att få från tillverkaren.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T_g	T_m	pH	Viskositet <i>v</i>	Brytningsindex <i>n</i>
Nitrocellulosa			-	-		1.51

Hälsovådlighet: Aceton torkar ut slemhinnor.

Materialkategori: Måleri på textil, pannå.

Användningssätt: Till isolering av sugande grund/kittning. Löses i aceton.

Fördelar: -

Nackdelar: Gulnar, krakelerar och bryts ned vid åldring.

Laropal A 81

Tillverkare/återförsäljare: BASF / Lascaux.

Kemisk data: Amorf aldehydharts. Tillverkad genom suspensionspolymerisation.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T_g	T_m	pH	Viskositet <i>v</i>	Brytningsindex <i>n</i>
Formaldehyd-urea	565	57°C 48°C*	-	-		1.531 1.503*

*Mätt värde.

Hälsovådighet: Relativt hög aromathalt i lösningsmedlet. Långvarig exponering för lacknafta kan ge nervskador eller hudexem (Prevent 2001).

Materialkategori: Oljemåleri på textil och pannå.

Användningssätt 1: Fernissa. Löses i lacknafta med ca 15%-aromathalt, något lägre aromahalt kan gå (de la Rie *et al* 1990, s 172). Appliceras med pensel alternativt sprutpistol. Det senare alternativet kräver högre koncentration lösningsmedel. Blankheten kan korrigeras med mängden lösningsmedel. Kan användas som slutfernissa i samband med användandet av Paraloid B-72 som isoleringsfernissa. Fernissan får på så vis Laropal A81:s optiska egenskaper. Kan även blandas direkt med en högmolekylär fernissa, varpå fernissan får ännu bättre egenskaper, blir mer flexibel (Arslanoglu *et al* 2001).

Användningssätt 2: Kan användas som bindemedel för torrpigment.

Fördelar: Påminner mycket om naturlig damarfernissa i klarhet och glans. Har god mättningsförmåga samt har mycket goda ålderegenskaper, gulnar ej och är både fotokemiskt och termiskt stabil. Hartsen är fortfarande löslig efter åldrande (Arslanoglu *et al* 2001).

Nackdelar: På grund av att den är så lågmolekylär är den hård och styv.

Laropal K 80

Tillverkare/återförsäljare: BASF / Lascaux.

Kemisk data: Cyklohexanonoligomer även kallad ketonharts. Oligomeren är tillverkad genom en suspensionspolymerisation och innehåller således en smärre mängd suspensionmedel. Erhålls i granulatform. Ketonharts är amorft.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>v</i>	Brytningsindex <i>n</i>
polycyklohexanon	531	43°C 54°C*	~115°C	-		1.529

*(Schilling 1989, s 34).

Hälsovådlighet: Hög aromathalt i lösningsmedlet. Långvarig exponering för lacknafta kan ge nervskador eller hudexem (Prevent 2001).

Materialkategori: Oljemåleri på textil och panna.

Användningssätt 1: Fernissa. Löses i en högaromatisk lacknafta, ca 40% aromater krävs. Appliceras med pensel alternativt sprutpistol. Det senare alternativet kräver högre koncentration lösningsmedel. Blankheten kan korrigeras med mängden lösningsmedel.

Användningssätt 2: Kan användas som bindemedel för torrpigment.

Fördelar: Påminner mycket om naturlig damarfernis i klarhet och glans. Gulnar inte, däremot bildas snabbt UV-absorberande kromoforer (de la Rie *et al* 1989, s 15). Skulle därmed kunna användas som maskerande fernissa.

Nackdelar: Blir mycket spröd och kan även krackelera med tiden. Lokala mikrosprickor kan uppstå, vilka orsakar matta områden. Oxiderar genom autooxidation och blir mer polär vid åldrandet. Sprödheten kan enligt de la Rie och Shedinsky kopplas till de vätebindningar som finns mellan polymererna. Innehåller inte hindered amine light stabilisatorer (HALS) som skulle kunnat förhindra oxidationen (de la Rie *et al* 1989).

Paraloid B-72

Tillverkare/leverantör: Rohm & Haas / Lascaux.

Kemisk data: Metylakryletylmetakrylatsampolymer. Tillverkad genom suspensionspolymerisation. Akryloid B 72 är samma produkt.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>v</i>	Brytningsindex <i>n</i>
Metylakryl/etylmakryl	högmolekylär	41°C (36°C)*	-	-		1.487

* Mätt värde.

Hälsovådlighet: Lösningsmedlen, framför allt de aromatiska. Långvarig exponering för lacknafta kan ge nervskador eller hudexem (Prevent 2001).

Materialkategori 1: Oljemåleri på textil och panna.

Användningssätt: Fernissning. Eftersom Paraloid är högmolekylär kan det bli problem att mätta mörka ytor. Detta kan lösas genom att använda en lågmolekylär fernissa ovanpå den högmolekylära alternativt blanda paraloiden med en lågmolekylär fernissa (Arslanoglu *et al* 2001, s 2). Kan med fördel användas som isoleringsfernissa. Paraloid fås i pärlform och löses i aceton, xylen. Kan spädas med etanol och högaromatisk lacknafta.

Materialkategori 2: Måleri på keramik och glas

Användningssätt: Retuschering, används då som bindemedel för torrpigment.

Materialkategori 3: Måleri på textil och pannå. Porös sten och keramik.

Användningssätt: Till isolering av sugande grund/kittning och poröst material. Enligt en studie utförd av Podany *et al* har det visat sig att Paraloid B-72 är mycket lämplig som isolering av sugande sten/marmor eller keramik vid användande av härdlim såsom epoxi. Härdlimmet blir genom isoleringsskikten mer avlägsningsbart (Podany *et al* 2001).

Fördelar: Bredden av appliceringsområden.

Nackdelar: Studier av har visat att ifall felaktiga pigmentvolymkoncentrationer, PVK, använts med Paraloid B72 som bindemedel kan färgen få starka kontraktioner och krakelera (Whitmore, P M *et al* 1999, s 433 ff). UV-känsligt gulnar och bryts ned.

Perfection Varnish

Tillverkare/leverantör: International

Kemisk data: Två komponent polyuretanlack. Produkten består av en hartsdel och en härdare. Härdaren innehåller isocyanater. Lacken innehåller UV-filter och lösningsmedel, där torrhalten är 43% (International 2003).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
polyuretan		-	-	-		1.04 g/ml

Hälsovådlighet: innehåller isocyanater som är mycket allergent. Ämnet irriterar ögon, hud och slemhinnor (Prevent 2001).

Materialkategori: måleri på keramiskt material/majolika.

Användningssätt: Förekommer för utomhusbruk vid ytbehandling av retuscher på majolika. Blandas i förhållandena 3:1. Rör om burkarna var och en för sig innan de blandas. Produkten kan förtunnas med International förtunning nr 9 (International 2003).

Fördelar: Vädertåligt.

Nackdelar: Lacken härdar och blir irreversibel.

Tavelfernissa

Tillverkare/leverantör: Beckers "A"

Kemisk data: Syntetisk harts löst i 30% balsamterpentin och 10-30% petroleum-nafta. Finns i en blank och en matt variant. Den matta innehåller dessutom paraffin. Information om vilken polymer som ingår går ej att få från tillverkaren.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T_g	T_m	pH	Viskositet <i>v</i>	Brytningsindex <i>n</i>
- polyeten*			-	-		

*matt fernissa

Hälsovådlighet: Produkten innehåller balsamterpentin som kan ge allergi vid hudkontakt (Beckers "A"). Terpentin kan i höga koncentrationer skada lungorna och orsaka njurskador. Långvarig exponering för lacknafta kan ge nervskador eller hudeksem (Prevent 2001).

Materialkategori: oljemåleri på duk och pannå.

Användningssätt: Slutfernissa. Skaka flaskan väl ifall det är den matta varianten. Appliceras med pensel alternativt sprutas på med tryckluftspistol. Spädes med lacknafta.

Fördelar: -

Nackdelar: -

4. 4. Geler

Blanose 7

Tillverkare/leverantör: Hercules

Kemisk data: Karboxymetylcellulosa. Amorf polymer som tillverkats genom suspensionspolymerisation. Blanose finns i olika molekylvikt, HF är högmolekylär och LF är mer ”lågmolekylär”.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Densitet <i>δ</i>
natriumkarboxymetylcellulosa	550 000 90 000		-		13 000 mPas 40 mPas	

Hälsovådlighet: Ingen känd

Materialkategori 1: Måleri på papper och trä.

Användningssätt: Fixering/säkring av färg. Löses i både kallt och varmt vatten.

Kan användas som förtjockningsmedel för adhesiv.

Materialkategori 2: Diverse

Användningssätt: Bärare av vatten/vattenlösliga rengöringsmedel. Löses med vatten och blandas väl eftersom gelen lätt blir klimpig.

Fördelar: HF är tixotropisk.

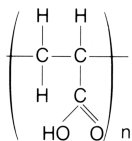
Nackdelar: Relativt instabil. Kan oxidera redan i pulverform, framför allt i fall den utsätts för ljus (Horie 1990 s 126-ff).

Carbopol

Tillverkare/leverantör: Noveon / Bio Nord AB

Kemisk data: Polyakrylsyra innehållande en karboxylgrupp per repeterande enhet. Akrylsyrepolymeren är tvärbunden med en polyalkenylpolyeter (BFGoodrich -87). Produkten innehåller 0.30 % bensen (Noveon -01). Carbopol finns i olika molekylvikt. Den som används inom konservering är den högmolekylära, Carbopol 934.

Kemiskstruktur:



Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Densitet <i>δ</i>
Akrylsyra/polyalkenyl/polyeter	3 000 000	100- 105°C	-	2.7- 3.5*	Högviskos**	0.19-0.24 g/ml

*0.5 % lösning i H₂O.

** Beroende av koncentration.

Hälsovådlighet: Bensen är cancerogent (Arbetskyddsstyrelsen 1994). Bensenmängden är dock mycket liten i sammanhanget.

Materialkategori: Diverse.

Användningssätt: Bärare av olika organiska lösningsmedel alternativt förtjockningsmedel. Carbopol sväller med hjälp av baser i olika lösningsmedel. För organiska lösningsmedel kan exempelvis aminen Etomeen C-25 användas. Blanda Etomeen med det lösningsmedel som ska svällas. Sikta ner Carbopolgelen i lösningen under stark omrörning.

Fördelar: Gelen är mycket tixotropisk vid applicering och bearbetning. Så fort friktionen avstannar blir gelen viskösare igen.

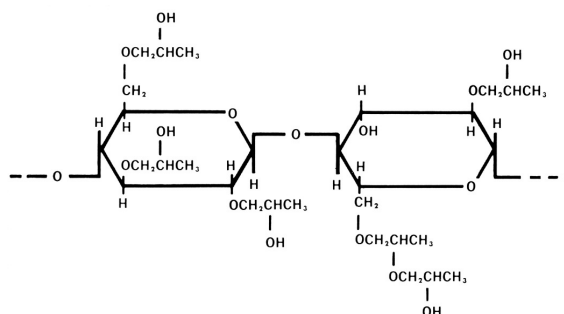
Nackdelar: -

Klucel

Tillverkare/leverantör: Hercules / Lascaux, VVR.

Kemisk data: Hydroxypropylcellulosa som tillverkats genom suspensionspolymerisation till pulverform. Partikel storleken är <0.84 mm. Polymeren är amorf. Klucel finns i olika molekylvikt. Produkterna heter antingen Klucel H, M, G, J, L eller E. Högsta molekylvikt har Klucel H medan Klucel E har lägst (Aqualon - 87).

Kemiskstruktur:



Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Densitet <i>δ</i>
Hydroxypropylcellulosa	80 000		-	6-8,5	7 mPas	
	95 000		-		-	
	140 000		-		-	
	370 000		-		300 mPas*	
	850 000		-		-	
	1 150 000		-		30000 mPas	

*Enligt Horie 3000 mPa.s (Horie 1990, s 127).

Hälsovådlighet: Ingen känd.

Materialkategori 1: Måleri på papper och trä.

Användningssätt: Fixering/säkring av färg. Genom att använda etanol som lösningsmedel kan Klucelen användas som adhesiv för fuktkänslig färg. Lös i kallt vatten och polära lösningsmedel såsom etanol. Kan användas som förtjockningsmedel för emulsionsadhesiv.

Materialkategori 2: Diverse.

Användningssätt: Bärare av vatten- alternativt etanollösliga ämnen/rengöringsmedel. Viktigt är att pulvret siktas och sedan blandas väl. Detta eftersom gelen lätt blir klimpig.

Fördelar: -

Nackdelar: -

Metylcellulosa

Tillverkare/leverantör: Roth.

Kemisk data: Cellulosaeter bestående av metylcellulosa. Amorf polymer tillverkad genom suspensionspolymerisation.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Densitet <i>δ</i>
metylcellulosa	3000		-	7		0.4 g/ml

Hälsovådlighet: Ingen känd (Roth -03).

Materialkategori: Måleri på papper och trä.

Användningssätt: Fixering/säkring av färg. Löses med vatten. Kan användas som förtjockningsmedel för adhesiv.

Materialkategori 2: Diverse.

Användningssätt: Bärare av vatten/vattenlösliga rengöringsmedel. Kan även lösas i dimetylformamid (Horie 1990 s 128). Löses med vatten och blandas väl, eftersom gelen lätt blir klimpig.

Fördelar: -

Nackdelar: -

Rohagit SD 15

Tillverkare/leverantör: Polymer Latex GmbH.

Kemisk data: Självtvärbindande akrylat. Polymetylakrylsyra som tillverkas genom emulsionspolymerisation, där 30% är fast innehåll, resterande är vatten (Polymer Latex 2002, de Witte *et al* 1984, s 33).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Lägsta film- bildningstemp
Etylakrylakrylat- /metylakrylsyra		0°C		3,2	5-30 mPas	71°C

Hälsovådlighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på textil.

Användningssätt: Förtjockningsmedel. Rohagit blandas med Plextol D360 och lite ammoniak (2,5:100:0,5). Den självvärbindande Rohagiten gör att adhesivet sväller. Det är framför allt tvärbindingen som bidrar till svällningen. Dessutom har Rohagiten, det vill säga metakrylsyran, en förmåga att penetrera plextol-

polymens slumpvisa nystan så att de sväller (de Witte *et al* 1984, s 33). Rohagiten fungerar likt ett bra lösningsmedel. Det krävs dock en viss omrörning så att de två produkterna blandas väl. Det låga pH-värdet hos Rohagiten neutraliseras vid blandning med Plextolen, pH 8, och ammoniak, pH 11.

Fördelar: Får Plextol att svälla.

Nackdelar:-

4. 5. Gjutmassor

Cargille meltmount

Tillverkare/leverantör: Cargille.

Kemisk data: Meltmount består av en amorf polymer som troligtvis tillverkats genom lösningsmedelspolymerisation. Polymertypen är en produkthemlighet men det rör sig sannolikt om en akrylharts. Produkten finns i olika brytningsindex. Den med brytningsindex 1.539 består bland annat av en ftalatester av väteabietylalkohol. De produkter, med brytningsindex mellan 1.582 och upp till 1.704, består bland annat av halogenerad difenyloxid och naturliga kolväten (Cargille 1995). Vilken typ av halogen, det vill säga F, Cl, Br eller I, som det rör sig om är inte specificerat.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Densitet δ	Brytningsindex <i>n</i>
?		<21°C	65°C	-		1.539
		-"	-"	-	1.3-1.7	1.662
		-"	-"	-	g/ml*	1.704.

* vid 25°C.

Hälsovådighet: Båda typerna av polymerprodukter kan vara irriterande för både hud och luftrör. De med högre brytningsindex är mer hälsovådliga (Cargille 1995).

Materialkategori: Ingjutning av pigment/krossprov.

Användningssätt: Den mest användbara Meltmount för pigment, är den med brytningsindex 1.662. Efter att ha fixerat provet värm Meltmount flaskan till ca 60°-70° C. Droppa inbäddningsmediet med en pipett på provet och täck med täckglas. Meltmount produkten är lösliga i toluen.

Fördelar: Kända brytningsindex. Produkten ska inte vara hälsovådlig enligt tillverkaren. Rationell metod.

Nackdelar: -

DG putty

Tillverkare/leverantör: Dentalgrossisten.

Kemisk data: Vinylpolysiloxan. Tvåkomponentmassa, bestående av baspasta och härdpasta, innehållande katalysator. 40-50% är fast innehåll (Heraus 2002, 2003). Samma produkt som Provil novo.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
Vinylpolysiloxan	mkt. högmolekylär			-		1.5-1.7g/ml

Hälsovådighet: Eventuell hälsovådighet försvinner då produkten blandats (Heraus 2003).

Materialkategori: Avgjutning.

Användningssätt: Innan applicering brukar ornamenten talkas något. Dentalmassan härdar snabbt, vilket gör att den lämpar sig bäst för mindre avgjutningar.

Fördelar: Billigare än Elastiolprodukterna.

Nackdelar: -

Easy Sections

Tillverkare/leverantör: Evode Specialty Adhesives. Ltd / VW Fecit.

Kemisk data: Tvåkomponent, amorf polymer. Hartsen, komponent A innehåller 65-75 % metylmetakrylat. Dessutom ingår ca 0.5 % hydroxyetyltoluiden. Härdaren, komponent B består av dibenzoylperoxid och dimetylftalat.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Densitet <i>δ</i>
metylmetakrylat	högmolekylär	-	-	-	-	1.0 g/ml

Hälsovådighet: Metylmetakrylaten är irriterande för ögon, hud och luftrör. Hydroxyetyltoluidenen är skadlig vid inandning.o och kan irritera ögonen. Dibenzoylperoxiden irriterar hud och ögon. Allergi benägna personer bör undvika kontakt med ämnet (Evode Specialty Adhesives odat.).

Materialkategori: Ingjutning av färgsnitt.

Användningssätt: Blandas enligt de proportioner som leverantören anger. Inbäddningsmediet används med fördel till förpreparerade plexiglaskuber.

Fördelar: -

Nackdelar: Hälsovådigheten.

Elastosil M

Tillverkare/leverantör: Wacker-Kemi AB / ABIC Kemi.

Kemisk data: Tvåkomponent Silicongummi som vulkaniserar vid rumstemperatur. Huvudkomponenten vulkaniserar genom tillsats av en härdare. Beroende av typ av härdare sker en kondensations- alternativt additionsreaktion (Wacker odat.). Kondensationshärdaren har krav på relativ hög luftfuktighet. Elastoil M produkterna finns i många olika varianter beroende på ändamål och material.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Densitet <i>δ</i>
	mkt. högmolekylär			-		

Hälsovådighet: Ingen känd. Härdaren i serie T kan dock osaka allergisymtom.

Materialkategori: Måleri på trä, puts och keramik

Användningssätt: Avgjutning. Blanda produkten efter rekommenderade mängdangivelser och blanda väl.

Fördelar: -

Nackdelar: -

Epofix

Tillverkare/leverantör: Bergman & Beving Lab AB.

Kemisk data: Tvåkomponent harts. Epoxibaserad amorf polymer. Epoxioligomer som härdar med hjälp av härdare innehållande trietylentetramin.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T_g	T_m	pH	Viskositet <i>v</i>	Brytningsindex <i>n</i>
Bisphenol-A-diglycidetyleter	mkt. högmolekylär	-	-	-	-	1.57

Hälsovådlighet: Härdaren är mycket allergen. Irriterande i hals och på hud, ger klåda. Kan även orsaka andnöd. Epoxibasen är även den hälsovådlig och kan ge irritation vid direktkontakt och inandning.

Materialkategori: Ingjutning av färgsnitt.

Användningssätt: Blandas enligt de proportioner som leverantören anger.

Fördelar: -

Nackdelar: Gulnar

Flexitime

Tillverkare/leverantör: Heraeus Kulzer

Kemisk data: Vinylpolysiloxan, bestående av baspasta och härdpasta. 60-80% är fast innehåll (Heraeus 2002).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T_g	T_m	pH	Viskositet <i>v</i>	Densitet <i>δ</i>
Vinylpolysiloxan	mkt. högmolekylär	-	-	-		1.5-1.7g/ml

Hälsovådlighet: Ingen känd.

Materialkategori: Avgjutning.

Användningssätt: Blandas enligt de proportioner som leverantören anger. Pastan används huvudsakligen för avgjutning av förgyllda ornament. Innan applicering talkas ornamenten något.

Fördelar: -

Nackdelar: -

Provil novo

Tillverkare/leverantör: Heraeus Kulzer

Kemisk data: Vinylpolysiloxan. Tvåkomponentmassa, bestående av baspasta och härdpasta. 40-50% är fast innehåll (Heraeus 2002).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T_g	T_m	pH	Viskositet <i>v</i>	Densitet <i>δ</i>
Vinylpolysiloxan	mkt. högmolekylär	-	-	-		1.5-1.7g/ml

Hälsovådlighet: Inga kända effekter. Eventuell hälsovådighet försvinner, då produkten blandats (Heraus 2003).

Materialkategori: Avgjutning.

Användningssätt: Blandas enligt de proportioner som leverantören anger. Pastan används huvudsakligen för avgjutning av förgyllda ornament. Innan applicering talkas ornamenten något. Pastan härdar snabbt vilket gör att den lämpar sig bäst för mindre avgjutningar.

Förderar: Billigare än Elastoilprodukterna.

Nackdelar: -

Quickmount

Tillverkare/leverantör: / Electron Microscopy Sciences.

Kemisk data: Akrylharts. Amorf polymer. Tvåkomponentprodukt, där den ena delen är i pulverform och den andra i flytandeform. Produkten härdar genom en exoterm reaktion.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
Akryl				-		

Hälsovådlighet: Bör ses som hälsovådlig eftersom tvåkomponentpolymerens hartsdel sannolikt är en oligomer (författarens slutsats).

Materialkategori: Ingjutning av färgsnitt

Användningssätt: Blanda de båda komponenterna i ca 2 min. Håll massan över provet som är fäst i en gummikub/-cylinder. Provkuben är redo att slipas efter ca 30 min.

Fördelar: Inte så hälsovådlig. Rationell metod, gjuthartsen torkar snabbt.

Nackdelar: Den flytande komponenten är en färskvara och håller ca 3 månader.

Serifix

Tillverkare/leverantör: Stuers.

Kemisk data: Tvåkomponent, styrenbaserad amorf polymer. Baspolymeren är en samoligomer bestående av styren och omättad polyester. Härdaren är en blandning av metyletylketonperoxid, metylketon och dimetylftalat (Struers 1999).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
Styren/polyester	mkt. högmolekylär	-	-	-	-	

Hälsovådlighet: Styren är listad cancerogen. Både baspolymeren och härdaren är farliga vid inandning och kontakt. Härdaren irriterar slemhinnorna och kan orsaka lungödem. Dessutom är den frätande vid hudkontakt.

Materialkategori: Ingjutning av färgsnitt.

Användningssätt: Blandas enligt de proportioner som leverantören anger.

Fördelar: Gulnar mindre än epoxibaserade injektionsprodukter.

Nackdelar: Hälsovådligheten.

4. 6. Spackel

Akrylatdispersion

Tillverkare/leverantör: Stenteknik AB.

Kemisk data: Innehåller Plextol 500 och H₂O i förhållandet 1:4 (Stenteknik personlig kommunikation 03-09-18). Plextol B 500 är en amorf polymer tillverkad genom emulsionspolymerisation. Polymeren består av en sampolymer mellan metakrylester och akrylester. Dispersionen innehåller ett nonjonemulgeringsmedel samt biocider. Produkten innehåller vare sig filmbildningshjälpmedel eller mjukgörare (Polymer Latex 1997).

<u>Polymertyp</u>	<u>Molekylvikt</u> <i>M_v</i>	<u>T_g</u>	<u>T_m</u>	<u>pH</u>	<u>Viskositet</u> <i>ν</i>	<u>Lägsta film- bildningstemp</u>
Metakrylester/akrylester		9°C		~9.5	100-500 mPas	7°C

Hälsovådlighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på puts och sten.

Användningssätt 1: Akrylatdispersionen blandas med stenlagningsbruk. Stenlagningsbruket kan vara kalk- eller sandstenslagningsbruk. Spacklet appliceras med spatel. Viktigt är att lagningen fuktas under ca tre dagar så att inga sprickor uppstår.

Fördelar: Bruket blir mycket lättarbetat då det innehåller akrylatdispersionen. Polymeren ger plasticitet åt bruket. Akrylaten ger en mycket hållbar lagning.

Nackdelar: Lagningar med akrylatdispersion kan skilja sig något i mätnadsgrad vid fuktfluktuationer i klimatet, vilket kan göra lagningarna mörkare alternativt ljusare i förhållande till det mer porösa originalmaterialet.

Användningssätt 2: Akrylatdispersionen spädes i vatten och används som bindemedel för torrpigment. Endast ilagningar retuscheras.

Fördelar: Färgförändras inte vid torkning.

Nackdelar: Ifall inte bindemedlet spädes tillräckligt kan retuschererna bli något blanka.

Beckers Latexspackel

Tillverkare/leverantör: Beckers

Kemisk data: Polyvinylacetat sampolymer. Tillverkad genom emulsionspolymerisation. Produkten innehåller fyllnadsmedel samt konserveringsmedlet kathon (0.0015 vikt-%). Kathon är giftigt och består av 5-klor-2-metyl-4-isotiazolin-3-on och 2-metyl-4-isotiazolin-3-on i förhållandet 3:1.

<u>Polymertyp/ repetrande enhet</u>	<u>Molekylvikt</u> <i>M_v</i>	<u>T_g</u>	<u>T_m</u>	<u>pH</u>	<u>Viskositet</u> <i>ν</i>	<u>Densitet</u> <i>δ</i>
Polyvinylacetat/?				9		1.800 g/ml

Hälsovådighet: Produkten är ej märkningspliktig. Sprutdimma kan orsaka irritation i luftvägarna. Långvarig/upprepad hudkontakt kan ge irritation (Beckers 2002)

Materialkategori: Måleri på textil, trä och puts.

Användningssätt: Kan appliceras med spatel eller spädas med vatten och då appliceras med pensel. Spacklet är vattenlösligt efter torkning.

Fördelar: Generellt gäller att färdiga spackel rationaliserar konserveringsarbetet. Detta eftersom en färdig produkt är mer tidssparande. Dessutom kan man vara säker på att spacklet har rätt egenskaper såsom hårdhet och homogenitet.

Nackdelar: Krymper när vattnet avgår/dunstar.

BEVA Gesso

Tillverkare/leverantör: Consevator's Products Co.

Kemisk data: Vaxspackel innehållande BEVA. BEVA består av polymeren etylenvinylacetat, EVA, vilket är en vaxartad sampolymer mellan polyeten och polyvinylacetat. Utöver EVA innehåller BEVA ketonharts, paraffin, ett inert kristallint mineralpulver, karbonater, toluen och ftalater (Loew Craft *et al* 1998, s 29-32). Ftalaterna är mjukgörare och mineral- och karbonatpulvren är fyllnadsmedlet. Enligt Loew Craft finns även en pH-buffert, oxidationsinhibitorer och UV-stabilisatorer i produkten.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T_g	T_m*	pH	Viskositet <i>v</i>	Densitet <i>δ</i>
eten/vinylacetat, cyklohexanon, polyeten		<0°C	65-70°C	8.5		

* Aktiveringspunkt

Hälsovådighet: Innehåller bland annat toluen som är hälsovådligt. Toluen skadar nervsystemet och misstänks även ge lever- och njurpåverkan (Arbets- skyddsstyrelsen 2001; Prevent 1994). Långvarig exponering för lacknafta kan ge nervskador eller hudeksem (Prevent 2001).

Materialkategori: Måleri på textil, keramik (porslin), glas och metall.

Användningssätt: Appliceras med spatel och värms sedan ned. Löses i petroleumdestilat, exempelvis lacknafta och bensin, ketoner, såsom aceton samt även aromater, såsom xylen etc.

Fördelar: Generellt gäller att färdiga spackel är mer tidssparande. Dessutom kan man vara säker på att spacklet har rätt egenskaper, såsom hårdhet och homogenitet. Eftersom BEVA gesso innehåller lösningsmedel fäster det mycket bra på icke porösa ytor, såsom glas, metall och porslin. Produkten har goda åldersegenskaper (Loew Craft *et al* 1998, s 24 och 30).

Nackdelar: Vax- och lösningsmedelsinnehållet.

China epoxy putty

Tillverkare/leverantör: Archival Aids Ltd / IB Wahlström AB.

Kemisk data: Epoxibaserad tvåkomponentlera.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Densitet <i>δ</i>
Epoxy	mkt. högmolekylär	-	-	-		

Hälsovådlighet: Epoxi härdaren är starkt kontaktallergen, varför skyddshandskar måste användas vid hantering.

Materialkategori: Majolika, glaserat kakel.

Användningssätt: Massan/leran är en tvåkomponent som blandas i lika delar och väl. Massan appliceras med spatel eller formas direkt med händerna

Fördelar: Massan ger en mycket hållbar lagning. Krymper ej.

Nackdelar: Epoxi härdar, det vill säga polymeriserar vidare vid blandning tillsammans med härdaren, vilket gör lagningen svåravlägsningsbar i framtiden.

Golden akrylic Gesso

Tillverkare/leverantör: Golden Artists Colors.

Kemisk data: Amorf akrylat tillverkad genom emulsionspolymerisation, innehållande förutom polymer och vatten, ammoniak, etylenglykol, amorft kisel, krita och vitt pigment.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Densitet <i>δ</i>
Akrylat				8		

Hälsovådlighet: Ingen känd.

Materialkategori: Måleri på textil och trä.

Användningssätt: Appliceras med spatel alternativt spädes och appliceras med pensel. Spädes i aceton, etanol och toluen.

Fördelar: -

Nackdelar: -

Milliput

Tillverkare/leverantör: Archival Aids Ltd / IB Wahlström AB.

Kemisk data: Epoxibaserad tvåkomponentlera.

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt <i>M_v</i>	T _g	T _m	pH	Viskositet <i>ν</i>	Densitet <i>δ</i>
Epoxy	mkt. högmolekylär	-	-	-		

Hälsovådlighet: Epoxihärdaren är starkt kontaktallergen, varför skyddshandskar måste användas vid hantering.

Materialkategorier: Majolika, glaserat kakel.

Användningssätt: Massan/leran är en tvåkomponent som blandas i lika delar och väl. Appliceras med spatel eller formas direkt med händerna.

Fördelar: Massan ger en mycket hållbar lagning. Krymper ej.

Nackdelar: Epoxi härdar, det vill säga polymeriserar vidare vid blandning tillsammans med härdaren, vilket gör lagningen svåravlägsningsbar i framtiden.

Polyfilla

Tillverkare/leverantör: Polycell Products Ltd.

Kemisk data: En blandning av polyvinylacetat och krita, det vill säga kalciumkarbonat. PVAc är tillverkat genom en suspensionspolymerisation till ett pulver.

Polymertyp/ repetande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
polyvinylacetat						

Hälsovådlighet: Ingen känd.

Materialkategorier: Måleri på trä.

Användningssätt: Blanda pulvret med vatten.

Fördelar: -

Nackdelar: -

Polyfilla fine surface

Tillverkare/leverantör: Polycell Products Ltd.

Kemisk data: En sampolymer av polyvinylacetat och vinylversat (Veo Va). Veo Va mjukgör vinylpolymeren. Polymeren är tillverkat genom en emulsionspolymerisation. Utöver polymer och vatten ingår fyllnadsmedel såsom krita och förtjockningsmedel, ett celluloserivat. Utöver detta finns en vattenlöslig glykolester, 1,2-benzotiazolin-3-on, pesticiden boracid och aminer. Aminer fungerar som pH-höjare. Dessutom ingår någon flervärd alkohol (Loew Craft *et al* 1998, s 29).

Polymertyp/ repetande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
Polyvinylacetat/vinylversat				7-8		

Hälsovådlighet: Benzotiazolin kan verka irriterande eller hudsensibiliserande. Kan dessutom ha vissa effekter på levern (Prevent 2001). Halten är dock låg.

Materialkategorier: Måleri på textil, trä, och puts.

Användningssätt: Appliceras med spatel eller löses i vatten alternativt etanol för applicering med pensel.

Fördelar: Kan lätt lösas upp efter torkning med vatten.

Nackdelar: -

4. 7. Vaxer.

Lascaux Adhesiv Wax 443-95

Tillverkare/leverantör: Lascaux.

Kemisk data: Semikristallin sampolymer mellan mikrokristallint vax och syntetisk polyterpenharts (Lascaux odat.).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
Polyeten/polyterpen	låg molekylär		68°C	-		

Hälsovådlighet: Eventuella lösningsmedel ex lacknafta. Exempelvis kan långvarig exponering för lacknafta ge nervskador eller hudexem (Prevent 2001).

Materialkategori: Måleri på textil och panna.

Användningssätt 1: Vaxdubbling. Smälts i vattenbad. Appliceras med pensel på originaldukens baksida. Målningen läggs därefter på den temporärt uppspända nya duken. Hot-table alternativt värme-vakuumbord används vid regenereringen av vaxet. Vaxet mjuknar vid 60° C.

Användningssätt 2: Löses i lacknafta eller bensin och används som adhesiv i samband med säkring av ett vattenkänsligt måleri. OBS! används aldrig till naturligt matta färger.

Fördelar: -

Nackdelar: Irreversibelt, då vax har använts kan inga andra bindemedel användas i framtiden. Vax samlar lätt damm ifall värmen är relativt hög.

Mobilvax 2360

Tillverkare/leverantör: Mobil Oil AB.

Kemisk data: Mikrokristallintvax som är semikristallint med små kristaller. Polymeren är förgrenad och oregelbunden (Skriftlig information, produkttekniska avdelningen Mobil Oil, 1989).

Polymertyp/ repetrande enhet	Molekylvikt M_v	T_g	T_m	pH	Viskositet ν	Densitet δ
polyeten	Ca 600	-	76° C	-		

Hälsovådlighet: Eventuella lösningsmedel. Exempelvis kan långvarig exponering för lacknafta ge nervskador eller hudexem (Prevent 2001).

Materialkategori: måleri på trä

Användningssätt 1: För konsolidering av underlag. Upplöses i lacknafta eller värms i vattenbad till flytande form. Lösningen penslas på föremålet. Vaxet kan värmas ytterligare med värmepistol för att det ska penetrera in ytterligare i materialet. På grund av de små kristallerna är materialet inte lika sprött som

paraffinvax. Kan blandas med paraffinvax för att bli ännu starkare. Styrkan blir då större än styrkan hos vardera vaxsort.

Användningssätt 2: För egentillverkat vaxkitt. Värms i vattenbad till flytande form. Därefter kan lacknafta tillföras för att göra vaxet mjukt även i rumstemperatur. När vaxet är flytande tillförs ett fyllnadsmedel, exempelvis krita. Vaxet appliceras med spatel. Vaxkittet kan mjukgöras med värme, varpå måleriets yta och struktur kan efterliknas med en stämpel av något slag. På grund av vaxets små kristaller är det inte lika sprött som paraffinvax.

Fördelar: -

Nackdelar: -

Sammanfattning

Syftet med denna uppsats har varit att ta fram fakta om syntetpolymerer och syntetprodukter använda inom målerikonserveringsfältet. En viktig del av arbetet har därför varit att beskriva produkternas polymerkemi, tillverkningsprocess och användningsområden. Därutöver har ambitionen varit att skapa en slags handbok för målerikonserveratorer, där kemiska data, användningssätt, eventuella risker med mera tas upp på ett så lättbegripligt sätt som möjligt.

Med utgångspunkt i dessa två delsyften har de frågeställningar som styrts studien varit: –hur fungerar den syntetiska produkten rent kemiskt; vilken eller vilka polymerer ingår och hur ser dess kemiska formel och struktur ut? Vilka additiver ingår? Hur påverkar de syntetiska ämnena originalmaterialet och hur åldras de? Är de reversibla? Och sist men inte minst hur hälsovådliga är produkterna?

Uppsatsens första del innehåller tre kapitel. Det första är ett inledande kapitel. Det andra kapitlet behandlar syntetpolymerernas grundläggande kemi. Detta kapitel tar upp polymerernas polymerisationsmekanismer, deras vanligaste bindnings-typer och deras struktur på mikro- och makronivå, samt deras fasering och fastransitioner. Denna genomgång avser både att ge konservatorer en inblick i polymerkemin, och visa hur dessa produkters fysikaliska egenskaper kan nyttjas inom konserveringsfältet. Det tredje kapitlet är ett försök att beskriva tillverkningsprocessen och hur produkterna omformas, från rena grundpolymerer till användbara syntetprodukter. Här beskrivs bland annat polymerisationsprocesserna, de olika polymertyperna samt de olika appliceringsområdena, inom konserveringsfältet.

Den andra delen av uppsatsen innehåller kapitel 4. I detta kapitel presenteras de syntetiska konserveringsprodukterna utifrån samma appliceringsområden som tas upp i första delens sista kapitel. De produktuppgifter jag valt att koncentrera mig på är: tillverkarens, alternativt leverantörens, namn; kemisk data, så som polymertyp, typ av polymerisationsprocess, additiver, molekylvikt, glasomvandlingstemperatur, pH, viskositet, densitet och brytningsindex; eventuell hälsovådighet; materialkategori, det vill säga vad produkten används till; användningssätt, nämligen hur den används inom målerikonservering; vilka eventuella för- och nackdelar finns det med produkten.

Del 2 är baserat på dels de svar som erhållits i samband med ett enkätutskick, dels varuinformationsblad från tillverkare och dels de uppgifter som fås via publicerade artiklar inom forskning på syntetiska konserveringsprodukter. En begränsning som har haft en viss betydelse för detta avslutande kapitel är att det många gånger har varit svårt att få fram fullständig information angående

kemiska data från tillverkarna. Detta eftersom de vanligtvis är mycket förtegnade om produktinnehållet. Detta medför att informationen om de olika produkterna som ges i detta kapitel varierar något i omfattning.

Avslutningsvis vill jag nämna att jag försökt att framställa produktinformationen i denna uppsats på ett så neutralt sätt som möjligt. Jag vill inte ta någon ställning vare sig för eller emot syntetpolymerprodukterna i allmänhet eller i enskilda fall. Det är alltså upp till var och en, vilka produkter som anses lämpliga för olika konserveringssammanhang. För att säga något om vad jag själv dock alltid tar i beaktning, i samband med konservering, är att de produkter jag använder ska vara så lite hälsovådliga som möjligt.

Appendix 1

Enkätundersökning

Utformning och beskrivning

Den andra delen av uppsatsen baseras huvudsakligen på den enkät som skickades ut, under våren 2002, till 12 målerikonserveringsateljéer i Sverige. Enkäterna skickades framför allt till större institutioner samt några privatpraktiserande konserveringsateljéer. Följande fick enkäten tillsända: Helsingborgs museum, Jämtlands länsmuseum, Jönköpings länsmuseum, Läns-museet Västernorrland, Riksantikvarieämbetet, Statens konstmuseer, det vill säga Nationalmuseet och Moderna museet, Stiftelsen Nordiska museet, Stiftelsen Västsvensk konservatorsateljé, Östergötlands länsmuseum, Byggnads-hyttan Gotland och Konservatorsateljé Wildenstam.

Enkäten hade föregåtts av en provenkät som delades ut till de olika enheterna vid SVK, det vill säga trä, papper, textil, arkeologi och färg. Provenkäten omformades något efter inkomna svar. Exempelvis valde jag att begränsa mig till de produkter som faktiskt används, det vill säga inte dem som bara står i hyllorna och som aldrig används. Enkäten utformades med 11 öppna frågor, det vill säga inga givna svarsalternativ fanns, utan den tillfrågade fick själv formulera svaren (Lundal & Skärvad –82 s 125). Frågorna anpassades för målerikonserveringsmoment (se appendix 2).

De produkter som således finns i sista delen är baserade på de svar som erhöles i samband med enkäten. På grund av ett begränsat utskick och det att endast 8 av de tillfrågade svarade, kan vissa vanligt förekommande produkter inom svensk målerikonservering ha uteblivit. Därför har jag valt att tillföra några internationellt vanliga konserveringsprodukter som sannolikt används även i Sverige. Enkäten och det introduktionsbrev som medföljde i utskicket finns i appendix 2.

De produkter som enligt de tillfrågade används inom svensk målerikonservering idag är uppräknade nedan efter hur vanliga de är. Det vill säga de produkter som har högst frekvens, de som nämnts av flest respondenter, står först och därefter står de i alfabetisk ordning. BEVA 371, Paraloid B-72, Aktronal D 300, Plextol D 360/Lascaux 360HV, Metylcellulosa, Klucel, Cascol Trälim, Beckers latexspackel, Laropal K 80, Elastoil M, Gamblin conservation colors, Flash, Plexisol P 550/Lascaux P 550, Serifix, Meltmount, Artist's acrylic colour, Beckers "A" Tavelfernissa, Billys stenlim, Carbopol, Charbonell restauration colours, Cryla, DG putty, Easy Sections, Epofix, Flexitime, Frigelen, Griffin, HXTAL, Lascaux 498HV, Mobilvax, Milliput, Mowiol, Mowitith DM2, Mowitith DM105, Plextol B 500, Plextol 528-D, Polyfilla, Perfection Varnish, Primacryl, Primal AC 33,

Provil Novo, Renfert sekunden kleber, Rohagit SD 15, Scheisspulver 5065, Texicryl, Textillim 2955, Textile Welding Powder 5065, Vinamul, Vinnapas CEF 19, Vinnapas EP1.

Nedan följer de produkter som jag själv tillfört. Detta för att utöka produktinnehållet och därmed göra uppsatsen till en mer användbar handbok för målerikonservatorer. Produkterna har jag erhållit genom artikelsökning och genom att uppsöka hemsidor tillhörande olika större återförsäljare av konserveringsprodukter. Produkterna står inte i frekvensföljd i det här fallet då detta är svårt att uppskatta. Acrysol Ws-24, Acrylic Resin 742, Aquazol, AYAA, BEVA China epoxy putty, Gesso, Blanose, Conserv-Art Picture Varnish, Golden's Artists Colors PVA, Golden Acrylic Gesso, Laropal A81, Lascaux Adhesive Wax, Maimeri Restauro Ketonik Resin Colours, Mowilith 491, Mowilith DM5, Plextol 528-D, Polyfilla fine surface, Primal AC 4010K, Quickmount, Vinacryl 40366.

Akronal D 300 och Mowilith DM105 tillverkas inte längre. Akronal D 300 finns trots det med i del 2. Detta eftersom produkten fortfarande används och därför att ett nytillverkningsprojekt av Akronal, sedan några år, bedrivs i samarbete mellan Riksantikvarieämbetet och Lascaux.

Produkterna i del 2 är indelade utifrån olika användningsområden. Användningsområdena är de samma som jag argumenterat för i kapitel 3.3. Produkterna går att söka dels utifrån användningsområde och dels genom det produktindex, med sidhänvisningar, som finns sist i uppsatsen.

De faktauppgifter som beskrivs hos respektive produkt har framtagits dels utifrån varuinformationsblad från leverantören och återförsäljare av produkterna dels från artiklar och litteratur i ämnet. Tyvärr är många ingredienser produktbeteckningar, vilket har försvårat produktsammanställningen. Dessutom har det i enstaka fall varit svårt att hitta varuinformationsblad för vissa produkter. Därför skiljer det mycket i faktauppgifterna för de olika produkterna i del 2.

Litteraturen som använts för denna del har framför allt varit *Materials in conservation* av Hories samt olika handböcker och uppslagsverk såsom *Adhesives handbook* av Shields och *Lexikon i Kemi* av Mackenzie Miall och Sharp, *Chemicals in Conservation* av Clydesdale samt *Plaster 1999* utgiven av Plast- och kemibranscherna. Användningsättet av produkterna härstammar framför allt från de svar som erhållits i enkäterna men även artiklar om specifika produkter samt återförsäljarnas rekommendationer ligger till grund för denna del av produktbeskrivningen.

Appendix 2

Enkät angående syntetpolymerer använda inom svensk målerikonservering

Denna enkät syftar till att kartlägga vilka slags syntetpolymerer (lim, bindemedel, ingjutningsmaterial m.m.) som används inom svensk målerikonservering i dag. Av utrymmesskäl kommer inte redan polymeriserade material att ingå såsom tyger, packmaterial etc. Målerikonservering är enligt mig ett omfattande område där det kan röra sig om i stort sett allt bemålat material. Det innebär således att det bärande underlaget kan vara textil, trä, puts, metall, lera (dock ej glaserat), glas mm. Enkäten ingår i ett magisteruppsatsarbete vid Konservatorsprogrammet i Göteborg och skall beskriva de vanligast förekommande syntetpolymererna och bland annat vilka eventuella hälsorisker de medför. Studien kommer att ligga till grund för en handbok som samlar data och uppgifter om olika polymerer. Tanken är att denna handbok skall kunna vara till hjälp i det praktiska konserveringsarbetet och i val av material och produkter.

Som större institution är ni speciellt utvald för denna enkät. I handboken kommer inga uppgifter om enskilda institutioner finnas med, att sådana uppgifter ändå finns med på enkäten är enbart för att jag eventuellt ska kunna kontakta er. För att handboken skall bli så heltäckande och användbar som möjligt är det viktigt att alla enkäter besvaras och returneras. Om det är något Du/Ni undrar över så går det bra att kontakta mig på nedan angiven telefon/adress. Av tidsmässiga skäl bör enkäten vara mig tillhanda senast den **20/2-02**.

Som tack för deltagande i studien kommer ett exemplar av den färdiga handboken att tillsändas Er.

Med hopp om svar!

Ingalill Nyström, Stiftelsens Västsvensk Konservatorsateljé

Ingalill Nyström
Tredje Långgatan 5
413 03 Göteborg
Tel: 0046(0)31-145315
e-mail: ingalill.nystrom@hem.utfors.se

” Vanligt förekommande syntetpolymerbaserade produkter inom svensk målerikonservering.”

Följande frågor är av öppen karaktär, vilket innebär att du måste besvara dem skriftligen. Av utrymmesskäl vill jag endast ha reda på de syntetpolymerprodukter ni verkligen använder, skriv därför inte upp de produkter som bara står i skåpen utan att någonsin användas. För att göra det möjligt för mig att senare beskriva produktens kemiska data krävs att produktens fullständiga namn anges samt dess fabrikat alternativt leverantör. OBS! Ibland heter produkten samma som polymeren. Ifall ett fabrikat saluför flera varianter av samma produkt, där endast siffer- och/eller bokstavsbezeichnung skiljer sig åt, kan du skriva dem på samma rad. Efter varje produkt vill jag även att ni nämner något om produktens användningsområde samt dess för- och nackdelar, se exemplet nedan.

Exempel på svar till fråga 1) Vilka/vilken syntetpolymerbaserad produkt använder ni vid fixering av färg? Beskriv även till vilka typer av föremål/material som produkten används och dess användningssätt. Slutligen beskriv kortfattat för- och nackdelar med produkten.

Produktnamn: Akronal D300, Akronal D500

Fabrikat/leverantör: BAFS

Föremål/material: Måleri på trä, textil, papper

Användningssätt: Vid fixering av färg från ovan sidan. Limmet spädes med vatten och löses med aceton efter polymerisation. På mycket sugande material kan lacknafta användas lokalt före applicering av limmet. Då limmet är en termoplast värmes flagorna fast efter avdunstning av vatten.

För- och nackdelar: Fördelen är att limmet har god penetrationsförmåga (D500 har lite sämre) och är lätt att använda till tredimensionella objekt med kreddering, där störlim kan vara svårt. Nackdelarna är att limmet kan ge plastlika fläckar om det används felaktigt. Limmet är en färskvara och ättiksyra bildas då produkten åldras. Frågan är ifall detta kan påverka originalmaterialet?

Institution: _____

Kontaktperson: _____

Adress: _____

Tel: _____

E-mail: _____

1) Vilka/vilken syntetpolymerbaserad produkt använder ni vid fixering av färg? Beskriv även till vilka typer av föremål/material som produkten används och dess användningssätt. Slutligen beskriv kortfattat för- och nackdelar med produkten.

2) Vilka/vilken syntetpolymer baserad produkt använder ni vid konsolidering av material? Beskriv även till vilka typer av föremål/material som produkten används och dess användningssätt. Slutligen beskriv kortfattat för- och nackdelar med produkten.

3) Vilka/vilken syntetpolymer baserad produkt använder ni vid limning av fog? Beskriv även till vilka typer av föremål/material som produkten används och dess användningssätt. Slutligen beskriv kortfattat för- och nackdelar med produkten.

4) Vilka/vilken syntetpolymer baserad produkt använder ni vid laminering/dubblering? Beskriv även till vilka typer av föremål/material som produkten används och dess användningssätt. Slutligen beskriv kortfattat för- och nackdelar med produkten.

5) Vilka/vilken syntetpolymer baserad produkt använder ni vid ingjutning av prover? Beskriv även till vilka typer av föremål/material som produkten används och dess användningssätt. Slutligen beskriv kortfattat för- och nackdelar med produkten.

6) Vilka/vilken syntetpolymer baserad produkt använder ni vid avgjutningar? Beskriv även till vilka typer av föremål/material som produkten används och dess användningssätt. Slutligen beskriv kortfattat för- och nackdelar med produkten.

7) Vilka/vilken syntetpolymer baserad produkt använder ni vid ytbehandling/fer-nissning? Beskriv även till vilka typer av föremål/material som produkten används och dess användningssätt. Slutligen beskriv kortfattat för- och nackdelar med produkten.

8) Vilka/vilken syntetpolymer baserad produkt använder ni vid retuschering? Beskriv även till vilka typer av föremål/material som produkten används och dess användningssätt. Slutligen beskriv kortfattat för- och nackdelar med produkten.

9) Vilka/vilken syntetpolymer baserad produkt använder ni vid kittning/spackling? Beskriv även till vilka typer av föremål/material som produkten används och dess användningssätt. Slutligen beskriv kortfattat för- och nackdelar med produkten.

10) Vilka/vilken syntetpolymer baserad produkt använder ni vid kompletteringar? Beskriv även till vilka typer av föremål/material som produkten används och dess användningssätt. Slutligen beskriv kortfattat för- och nackdelar med produkten.

11) Vilka övriga syntetpolymer baserade produkter använder ni er av. Beskriv även till vilka typer av föremål/material som produkterna används och deras användningssätt. Slutligen beskriv kortfattat för- och nackdelar med produkterna.

Referenser

Akzo Nobel (1996) *Varuinformation*.

Akzo Nobel (2002) *Varuinformation*.

Alois K. Diethelm AG (odaterad) *Produktinformation*.

Andersson, B-E. (1990) 2:a uppl. *Som man frågar får man svar*. Kristianstad: Rabén och Sjögren.

Aqualon (1987) *Klucel[®] Hydroxypropylcellulose –A non-ionic water-soluble polymer. Physical and Chemical Properties*. Produktinformationshäfte.

Arbetskyddstyrelsen (1994) *Kemiska risker –En handbok om ämnena I AFS 1993:9 Hygieniska gränsvärden*. Solna: Arbetskyddsstyrelsens böcker.

Arslanoglu, J & Learner, T. (2001) "The Evaluation of Laropal A81: Paraloid B-72 Polymer blend Varnishes for Painted and Decorative Surfaces: Physical Properties and Stability". *2001 AIC Paintings Specialty Group Postprints*, Dallas, Texas May 30-June 5, 2001, pp 1-18.

Ashley-Smith, J. red. (1992) *Volume 3. ADHESIVES and COATINGS*. London: Routledge.

BASF (1993) *Varuinformation*.

BFGoodrich (1987) *Carbopol[®] Water Soluble Resins*. Cleveland: The BFGoodrich Company, Specialty Polymers & Chemicals Division.

Beckers (2002) *Varuinformation*.

Berger G.A. (1975) "A Heat-sealing of a torn painting with Beva 371". *Studies in Conservation* 20, pp 126-151.

Berger G.A. (1976) "Unconventional treatments for unconventional paintings". *Studies in Conservation* 21, pp 115-128.

Burström, P.G. (2001) *Byggnadsmaterial –Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Lund: Studentlitteratur.

Cappitelli, F. (2002) "The chemical characterisation of alkyd resin by thermally assisted hydrolysis and methylation-gas chromatography mass spectrometry and Fourier transform infrared spectroscopy". *Conservation Science 2002*. Conference held in Edinburgh 22-24 May 2002, pp. 242-248.

Cargille Laboratories INC (1995) *Material Safety Data Sheet*.

Clydesdale, A. (1990) 2nd ed. *Chemicals in Conservation –a guide to possible hazards and safe use*. Edinburgh: Conservation Bureau SDA, Scottish Society for Conservation & SSCR, Scottish Society for Conservation and Restoration.

Down, J.L. (1995) "Adhesive Projects at the Canadian Conservation Institute" *Resins -Ancient and Modern*, SSCR Conference held at the University of Aberdeen 13-14 September 1995, pp 4-12.

Down, J.L. (1996) "Adhesive Testing at the Canadian Conservation Institute –An Evaluation of Selected Poly(Vinyle Acetate) and Acrylic Adhesive". *Studies in Conservation* 4, pp 19-44.

Ekhholm, M & Fransson, A. (1989, 1975) *Praktisk intervjuteknik*. Göteborg: AWE/GEBERS.

Evode Specialty Adhesives. Ltd (odaterad) *Material Safety Data Sheet*.

French, A. (1989) "Modern day artists' colours". *Modern art: the restoration and techniques of modern paper and paints*. The proceedings of a conference jointly organised by UKIC and museum of London, may 22nd 1989, pp 21-23.

Friend, S. (2003-08-05) "Aquazol: One Conservator's Empirical Evaluation". *Waac Newsletter* vol 18 nr 2. May 1996. <http://palimpsest.stanford.edu/waac/wn/wn18/wn18-2/wn18-205.html>

Gamblin (2000) *Technical Data Sheet*.

Hansen, E.F, Derrick, M.R, Schilling, M.R & Garcia, R. (1991) "The Effects of Solution Application on Some Mechanical and Physical Properties of Thermoplastic Amphorous Polymers Used in Conservation: Poly(vinyl acetate)s". *Journal of the American Institute for Conservation* 30, pp 203-213.

Hartshorn, S.R. (1986) *Structural Adhesives. Chemistry and Technology*. New york: Plenum.

Heraus (2002) *Material Safety data Sheet*.

Heraus (2003) *Varuinformationsblad*.

Hermerén, K. (1990) *Adhesiver för impregnering av måleri på duk*. Examensarbete vt 1990. Konservatorslinjen. Göteborg: Institutionen för Kulturvård, Göteborgs universitet.

Hjertberg, T & Mauer, F. (2002) *Inledande polymervetenskap*. Kompendium för K3. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.

Hoechst (1993) *Varuinformationsblad*.

Horie, C.V. (1990) 2nd ed. *Materials for Conservation – Organic consolidants, adhesives and coatings*. London: Butterworths.

Howells R, Burnstock, A, Hedley G & Hackney, S. (1984) "Polymer Dispersions Artificially Aged". *Adhesives and Consolidants*. IIC Preprints of the Contributions to the Paris Congress, 2-8 September 1984, pp 36-43.

Höjfors, R & Palmgren, H. (1977) 2.a uppl. *Polymerteknik –materiallära*. Helsingborg: Schmidts boktryckeri AB.

- International (2003) *Produktinformationsblad*.
- Lambourne, R. ed. (1987) *Paint and Surface Coating –theory and practice*. Chichester: Ellis Horwood.
- Lascaux (odaterat) *Lascaux Colours & Restauro*. Brüttisellen: Alois K. Diethelm AG/ Lascaux Farbenfabrik
- Learner, T. (1995) "The Analysis of Synthetic Resins Found in the Twentieth Century Paint Media" *Resins –Ancient and Modern*, SSCR Conference held at the University of Aberdeen 13-14 September 1995, pp 76-84.
- Learner, T. (2001) "The Analysis of Synthetic Paints by Pyrllysis-Gas Chromatography-Mass Spectrometry (PyGCMS)". *Studies in Conservaytion* 46, pp 225-241.
- Leonard, M, Whitten, J, Gamblin, R & de la Rie, E.R. (2000) "Development of a New Material for Retouching". *Tradition and Innovation, Advances in Conservation*, IIC Congress in Melbourne 10-14 October 2000, pp. 111-113.
- Lewis M.V. (1997)"Filling in the Gaps; The Conservation of a 17thc English Panel Painting" *1997 AIC Paintings Specialty Group Postprints*, San Diego, California June 13-14, 1997, pp 106-113.
- Loew Craft, M & Solz, J.A. (1998) "Commercial Vinyl and Acrylic Fill Materialas". *Journal of the American Institute for Conservation* 37, pp 23-34.
- Lundahl, U & Skärvad, P-H. (1982) *Utredningsmetodik för samhällsvetare och ekonomer*. Lund: Studentlitteratur.
- Mackenzie Miall, L & Sharp, D.W.A. (1990) 2:a uppl. *Lexikon i kemi*. Malmö: Liber.
- Marrion, A. red. (1994) *The Chemistry and Physics Of Coatings*. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Mathews, C.K & van Holde, K.E. (1999) 2nd ed. *Biochemistry*. California: The Benjamin/Cummings publishing company.
- Matteini, M & Moles, A. (1989) *La Chimica nel Restauro – i Materiali dell' Arte Pittorica*. Firenze: Nardini Editore.
- McMurry, J. (1996) 4th ed. *Organic Chemistry*. Pacific Grove: Brooks/Cole.
- Mills, J.S & White R. (1994) 2nd ed. *The Organic Chemistry of Museum Objects*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Münzing-Chemie (2003-08-05) *Solventfri semi gloss paint, Mowilith DM 129/DM 1871*. http://www.munzing-chemie.com/en/fc/content/content_fcenrr_bau.php3?product=M...

Norman, H.T & Joyce H.T. (1984) "The Significance of the Refractive Index of Adhesives for Glass Repair". *Adhesives and Consolidants*. IIC Preprints of the Contributions to the Paris Congress, 2-8 September 1984, pp 205-212.

Noveon (2001) *Material Safety Data Sheet*.

Nyström, I. (1997) *Konservering och omkonservering – Några frågeställningar om laminering*. Opublicerad text. Stockholm: NKF-s.

Phenix, A, Gottschaller, P & Burnstock, A. (1997) "Accelerated Aging of Polymer Dispersion Consolidants". *Consolidants & Conservation*, NKF XIV Congress preprint, Oslo 20-23 mars 1997, pp 99-113.

Podany, J, Geraland, K. M, Freeman, W. R & Rogers, J. (2001) "Paraloid B-72 as a Structural Adhesive and as a Barrier Within Structural Adhesive Bonds: Evaluations of Strength and Reversibility". *Journal of the American Institute for Conservation* 40, pp 15-33.

Polymer Chemistry Innovation (2003) *Safety Data Sheet*.

Polymer Latex (1997) *Product Information Sheet*.

PolymerLatex (2001) *Safety Data Sheet*.

PolymerLatex (2002-11-29) *Productlist*.

<http://www.polymerlatex.de/index.asp?ln=2&tt=1&c=122&start=61>

PolymerLatex (2002-11-29) *Productlist*.

<http://www.polymerlatex.de/index.asp?ln=2&tt=1&c=122&start=71>

Prevent (2001) *Kemiska ämnen 8.0*. CD-rom. Stockholm: Prevent.

Renfert (2001) *Safety Data Sheet*.

de la Rie, E.R. (1988) "Polymer Stabilizer. A Survey with Reference to Possible Applications in the Conservation field". *Studies in Conservation* 33, pp 9-22.

de la Rie, E.R & Shedrinsky, A.M. (1989) "The Chemistry of Ketone Resin and the Synthesis of a Derivate with Increased Stability and Flexibility". *Studies in Conservation* 34, pp 9-19.

de la Rie, E.R & McGlinchey, C.W. (1990) "New Synthetic Resins for Picture Varnishes". *CLEANING, RETOUCHING AND COATINGS - Thechnology and Practice for Easel Paintings and Polychrome Sculpture*. IIC Brussels Congress, 3-7 September 1990, pp 168-173.

Roehm (2002-11-28) *What's new*. <http://www.roehm.com/en/lackrohstoffe/news/whatsnew>

Rocher, A. (1996) "Pressure-sensitive adhesives for the attachment of reinforcing canvases to the back of paintings", *Studies in Conservation* 41, pp 45-54.

Roth (2003) *Varuinformationsblad*.

Schilling, M.R. (1989) "The Glass Transition of Materials Used in Conservation". *Studies in Conservation* 34, pp 110-116.

Shields J. (1984) 3rd ed. *Adhesives handbook*. London: Butterworths.

Sonada, N & Rioux, J-P. (1990) "Identification des matériaux synthétiques dans les peintures modernes. I. Vernis et liants polymères", *Studies in Conservation* 35, pp 189-204.

Stenteknik (2002) *Varuinformationsblad*.

Struers (1999) *Varuinformationsblad*.

Wacker (odaterad) *Elastoil M –Det elastiska formmaterialet för exakta avgjutningar. Produktval och bearbetning*. Produktinformationshäfte.

Whitmore, P.M, Moran, D & Bailie, C. (1999) "Shrinkage Stresses in Art and Conservation Coatings Based on Synthetic Polymers". *Journal of the American Institute for Conservation* 38, pp 429-441.

Winsor & Newton (2001) *Safety Data Sheet*.

Winsor & Newton (2002) *Safety Data Sheet*.

de Witte, E, Florquin, S & Goessens-Landrie, M. (1984) "Influence of the Modification of Dispersion on Film Properties". *Adhesives and Consolidants*. Preprint of the Contributions to the Paris Congress, 2-8 September 1984, pp32-35.

Wärneryd, B. red. (1988) *Att fråga – om frågekonsruktion vid intervjuundersökningar och portenkäter*. Stockholm: Statistiska centralbyrån.

Zumdahl, S.S. (1998) 3th ed. *Chemical Principles*. Boston: Houghton Mifflin.

Tillverkare och leverantörer

ABIC Kemi AB

Tel: 011/14 90 30

Fax: 011/14 92 37

Archival Aids, U.K

Tel: 0044 332/850450

Fax: 0044 332/811907

Akzo Nobel DeCo

Tel: 08/743 40 00

Fax: 08/643 16 07

BASF

Tel: 031/63 98 00

Fax: 031/18 76 81

Bio Nord AB

Tel: 0303/81 860

Bergman & Beving Lab AB

Tel: 08/590 98 800

Fax: 08/590 98 899

Clariant AB

Tel: 031/67 85 00

Fax: 031/877960

ColArt Sweden AB

Tel: 08/709 34 31

Fax: 08/19 55 58

Conservation Materials Ltd, USA

Tel: 001 702/331 0582

Consevator's Products Co, USA

Tel: 001 201/927 4855

Electron Microscopy Sciences, USA

Tel: 001 215/646 1566

Fax: 001 215/646 8931

Heraus Kulzer

Tel: 08/585 77 755

Fax: 08/623 14 13

Hercules International Ltd, N.L

Tel: 0031 70 4/134 200

Hoechst

Tel: 031/67 85 00

Fax: 031/87 79 17

IB Wahlström AB

Tel: 08/151910

International

Tel: 031/92 85 00

Fax: 031/92 85 30

Lascaux Colours & Restauro, CH

Tel: 0041 1/833 07 86

Fax: 0041 1/833 61 80

Mobil Oil AB

Tel: 08/753 55 00

Fax: 08/812 67 15

Noveon Inc, USA

Tel: 001800/ 331 1144

Polycell Products Ltd, U.K

Tel: 0044 17/07 328 131

Polymer latex GmbH, D

Tel: 0049 2365/49 57 40

Fax: 0049 2365/49 69 00

Rohm & Haas Nordiska AB

Tel: 08/98 07 70

Fax: 0418/45 04 00

ROHT, Carl Roth GmbH, D
Tel: 0049 721/5606 0
Fax: 0049 721/5606 149

Stenteknik AB
Tel: 08/744 02 44

Struers, D.K
Tel: 0045 36/70 80 90

VW Fecit, U.K
Tel: 0044 171/261 1691
Fax: 0044 171/401 9049

Wacker-Kemi AB
Tel: 08/634 40 60

Union Carbide Norden AB
Tel: 08/447 69 90
Fax: 08/447 69 91

Produktindex

Acrysol WS-24	60
Acrylic Resin 742	82
Acryloid B-72	69, 84
Akrylatdispersion	96
Akronal D 300	60
Aquazol	61
Artist's acrylic colour	77
AYAA	62
Beckers "A" Tavelfernissa	86
Beckers Latexspackel	96
BEVA 371	62
BEVA Gesso	97
Billys stenlim	63
Blanose	87
Carbopol	87
Cargille meltmount	91
Cascol trälím 3304	64
China epoxy putty	98
Conserv-Art Picture Varnish	82
Cryla	77
Charbonnel restoration colour	77
Degalan P 550	69
DG putty	91
Easy Sections	92
Elastosil M	92
Epofix	93
Flash	78
Flexitime	93
Frigelen	83
Gamblin conservation colour	78
Golden Acrylic Gesso	98
Golden's Artists Colors PVA	79
Griffin	79
HXTAL	64
Klucel	88
Laropal A 81	83
Laropal K 80	84
Lascaux 360HV	65
Lascaux 498HV	66
Lascaux P 550	65
Lascaux Adhesiv Wax	100
Maimeri Restauro Ketonic Resin Colour	80
Meltmount	91
Metylcellulosa	89
Milliput	98
Mobilvax	100
Mowiol	68
MowilithDM5	68
MowilithDMC2	67
Mowilith 491	67

Paraloid B-72	69, 84
Perfection Varnish	85
Plexisol P 550	69
Plectol B 500	70
Plectol D 360	70
Plectol 528-D	71
Polyfilla	99
Polyfilla fine surface	99
Primacryl	80
Primal AC 33	72
Primal AC 4010K	77
Provil novo	93
Quickmount	94
Renfert sekunden kleber	73
Rohagit SD 15	89
Serifix	94
Texicryl	73
Textillim 2955	74
Textile Welding Powder 5065	74
Vinacryl 40366	75
Vinamul	75
Vinnapas CEF 19	76
Vinnapas EP1	76