



LAKOVI VARNISHES

Rene De La Rie
Jill Whitten
Robert Proctor

Universidad Politécnica de Valencia, Španjolska
27, 28 i 29.01.2014. godine

Magdi Vlaho,
viši restaurator-tehničar
Odjel za štafelajno slikarstvo, Odsjek III, Zagreb, HR
07.2014.

*Zahvaljujem dragom Bogu,
izvoru svakog znanja.*



Sadržaj tečaja:

- ❖ Stabilnost i optička svojstva prirodnih i sintetskih smola za lakiranje i retuš.
- ❖ Povijest i karakteristike stabilnih današnjih smola, otapala i aditiva.
- ❖ Lakovi: Damar, Laropal A81, Regalrez 1094, MS2A, Paraloid B72.
- ❖ Recepti lakiranja. Dodavanje aditiva: Tinuvin 292, Kraton 1650.
- ❖ Primjeri i strategije za lakiranje.
- ❖ Radionica.

Predavači:



René de la Rie

René de la Rie je diplomirao i doktorirao Kemijsku znanost na Sveučilištu u Amsterdamu (UvA), Nizozemska.

Od 1989. do 2012. godine bio je direktor Odjela za znanstvena istraživanja u National Gallery of Art, u Washingtonu DC, SAD.

Radio je u Metropolitan Museum of Art u New Yorku, na Sveučilištu u Amsterdamu kao profesor konzervatorima i restauratorima, te u glavnom laboratoriju za istraživanja u znanosti i umjetnosti u Amsterdamu.

Također predavao je na Sveučilištu u New Yorku, te radio kao koordinator za doktorate na Sveučilištu u Amsterdamu.

Od 1994. do 2011. godine bio je urednik časopisa „Studies in conservation“, te je objavio mnoge članke iz područja konzervacije i restauracije.

U zadnje vrijeme radi kao istraživač (znanstvenik) u Centre de Recherche Sur la Conservación des Collections (CRCC / CNRS) u Parizu, i kao gost istraživač u UvA-u.



Jill Whitten

Jill Whitten je studirala slikarstvo na Sveučilištu Teksas u Austinu, SAD. Poslijediplomski u Konzervaciji i doktorat završila je 1992. godine na Buffalo State College u New Yorku.

Zahvaljujući stipendiji Mellon Fellowship stažirala je tri godine u Art Institute Chicago.

1995. godine dobila je stipendiju od Udruge Kress kako bi radila kao konzervator-restaurator u J. Paul Getty Museum, u kojem je bila dio projekta istraživanja o novim restauratorskim bojama za retuš.

1996. godine bila je profesorica u State Collegeu, na Odjelu Konzervacije u Buffalo, SAD.

Od 1996. do 1998. godine radila je u National Gallery of Art u Washingtonu DC u Znanstvenom odjelu; kao istraživač na novim materijalima za retuš, te kao konzervator-restaurator slika 20. stoljeća.

Od 1993. godine Jill bavi se istraživanjem i održava predavanja i radionice za restauratore o novim materijalima za lakiranje i retuš umjetnina, u Europi i SADu.



Robert Proctor

Robert Proctor studirao je povijest umjetnosti na Sveučilištu Tulane u New Yorku, SAD. Diplomirao je 1980 godine. Završio je poslijediplomski studij 1991. godine na Državnom sveučilištu u Buffalo, SAD.

Poslijediplomsku praksu završio je u Bayerisches National Museum u Münchenu, Njemačka.

Među njegovim radovima ističe se rad na slikama autora Maxa Beckmanna u Muzeju umjetnosti u Saint Louisu, SAD.

Također je radio u Muzeju umjetnosti u Indianapolisu, te na brojnim zidnim slikama.

Specijalist je za rekonstrukcije nosioca te lakiranje umjetnina i na tu temu održavao je radionice kroz nekoliko godina.

Od 1999. godine do danas radi u privatom atelieru u Houstonu, Texas, SAD.

Uvod

Ova istraživanja prirodnih i sintetskih smola pri izradi lakova u restauraciji i konzervaciji započela su 80-ih godina u muzeju Metropolitan u Washingtonu i nastavljena su u Galeriji umjetnosti u Washingtonu, SAD. Nedavno su učinjena dodatna istraživanja o optičkim svojstvima raznih lakova koja su također uključena na ovom predavanju.



Lakiranje slike Luce Giordano: „Abduction of the Sabine Women“, Institut of Art, Chicago, SAD

U ovom istraživanju korišten je cijeli niz različitih metoda u kojima su se koristile sintetske i prirodne smole, primjenjujući ih na staklu i kvarcnim pločama ubrzavajući starenje uz pomoć prirodnog svjetla i povećanjem temperature.

Korištene su različite metode: kromatografija (SEC, GCMS, FTIR), UVvis spektroskopija, fluorescentna spektroskopija, testovi uklanjanja otapala (topivost), konfokalni mikroskop za lasersko skeniranje (LSCM), profilometrija, mjerenja sjaja, razlike u slikanom sloju, itd.

Teme:

- Što je lak?
- Tradicionalni lakovi (prirodne smole).
- Degradacija lakova, problematika za uklanjanje laka.
- Proces auto-oksidacije.
- Degradacija damara te učinci stabiliziranih dodataka.
- Sintetske smole, polimerne smole i smole niske molekularne mase.
- Stabilnost sintetskih smola i učinci stabilizatora.
- Pruža li lak zaštitu slikanom sloju?
- Optičke razlike među lakovima.
- Retuširanje slika (ukratko).
- Primjeri (ukratko).

Lak

Lak je završni prozirni sloj. Nanosi ga sam umjetnik ili neka druga osoba kasnije. Lakovi se na slike nanose jedinstvenim postupkom, što se koristilo do kraja 19. Stoljeća, iako nalazimo i slike bez laka. Lak moramo smatrati integralnim dijelom slike.

Ponekad susrećemo slojeve laka koji nisu originalni. Lak degradira i oksidira vremenom, pa ga povremeno treba ukloniti.

Tradicionalne lakove možemo podijeliti u dvije vrste: **uljni** i **smolni lakovi**.



Kuhalo za preparaciju uljnog laka, drvorez, Zahn 1658

Uljni lakovi sastoje se od prirodne smole u kombinaciji sa sušivim uljima a dobivaju se postupkom zagrijavanja. Postupak sušenja ulja je kemijski proces oksidacije, te dovodi do umrežavanja polimernih molekula. Od 16. stoljeća na dalje ovi lakovi postepeno su zamjenjeni lakovima prirodnih smola.



Smola mastiks

Trenutno najčešće korišteni su smolni lakovi. To su prirodne smole koje se razrjeđuju otapalima. Proces sušenja je fizikalni proces (isparivanje otapala), a kao primjer možemo navesti smolu mastiks u terpentinu. Damar smola je materijal modernijeg datuma koja se počela upotrebljavati krajem 19. i početkom 20. stoljeća.

Tradicionalne smole:

- **Uljni lakovi.**
- **Smolni lakovi.**

Lak je najosjetljiviji dio slike jer se nalazi na površini i najviše je izložen vanjskim utjecajima. Kako je vrlo malo materijala rasprostranjeno na veliku površinu, njegova je izloženost vanjskim utjecajima vrlo velika. Uz to, lakovi ne sadrže pigment koji bi mogao poslužiti kao stabilizator upijanja svjetla.

Degradacija je uzrokovana fotooksidacijom. Ova oksidacija uzrokuje gubitak sjaja, gubitak prozirnosti, požutjelost i gubitak topivosti u ugljikovodičnim otapalima. Neki se lakovi pretvaraju u nešto sasvim neotopivo.

Degradirani lakovi mogu se uklanjati pomoću polarnih otapala, što povećava rizik za slikani sloj, te u nekim slučajevima mogu uzrokovati bubrenje, abraziju, filtraciju, te zamagljivanje.



„Jan ten Compe the Restorer“, Jan van Dijk 1754.

Ovdje možemo vidjeti sliku autora Jana van Dijka iz muzeja u Amsterdamu.

Na ovoj slici prikazan je Jean ten Compe, restaurator Van Dijka.

Vidimo ga kako u ruci drži krpu s kojom čisti površinu slike i to nas upućuje na proces čišćenja slika tijekom stoljeća.

Kemija degradacije laka



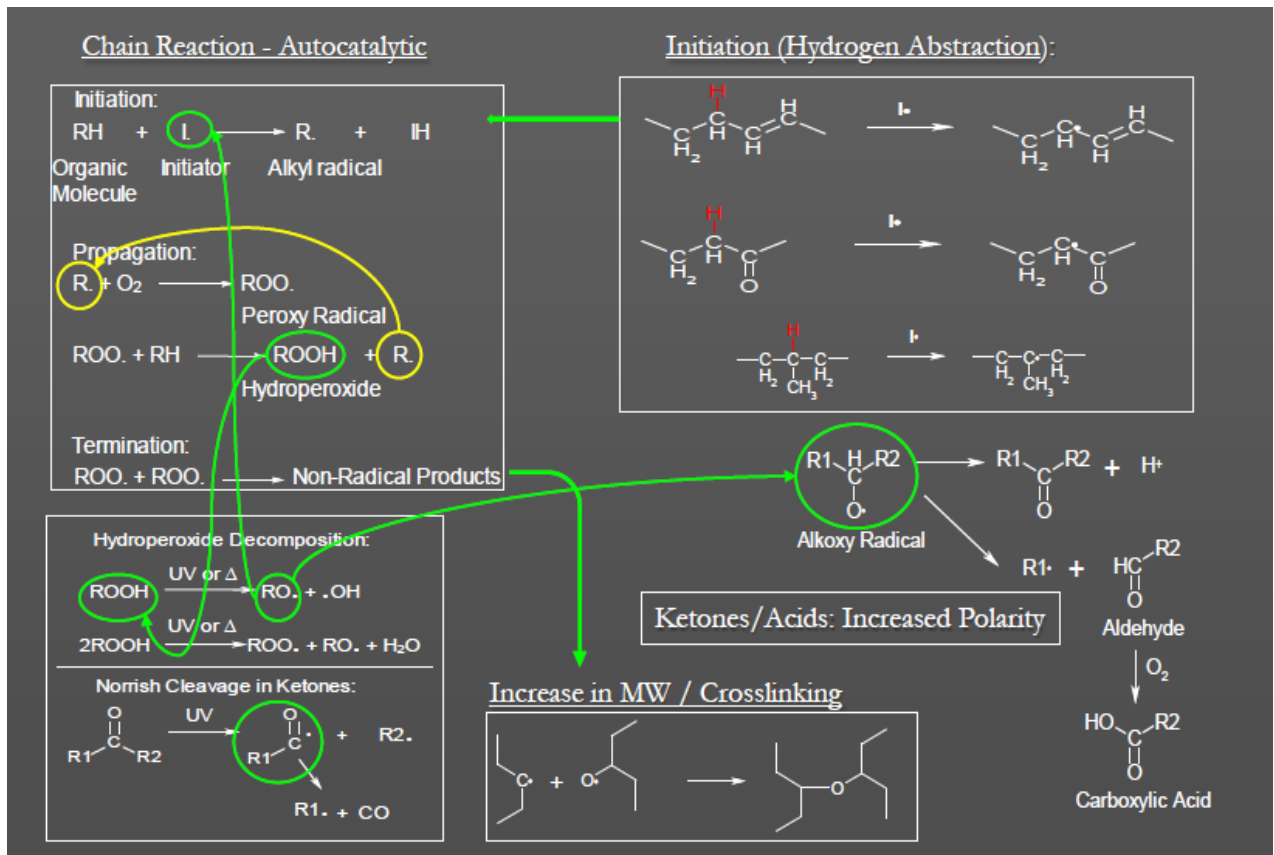
Uklanjanje laka, Turner 1801, Metropolitan Museum of Art

Auto-oksidacija je lančana reakcija autokatalitičnih slobodnih radikala. To je univerzalni proces organskih materijala, koji se ne događa samo na lakovima i slikarskim materijalima. Svi organski materijali degradiraju na taj način. Naravno, neki materijali degradiraju se brže od drugih.

Proces auto-oksidacije može pridonijeti mnogim oštećenjima. Jedna od njih je promjena topivosti zbog kisika unutar molekula, što uzrokuje povećanje polarnosti.

Auto-oksidacija uzrokuje promjene topivosti:

- unošenjem kisika: povećava se polarnost
- netopivost u ugljikovodičnim otapalima
- topiv u polarnim otapalima
- ovo je značajan proces u prirodnim smolama
- povećanje molekularne mase
- ne uzrokuje potpunu netopivost
- fenomen „crosslinking“ dovodi do netopivosti nekih polimera

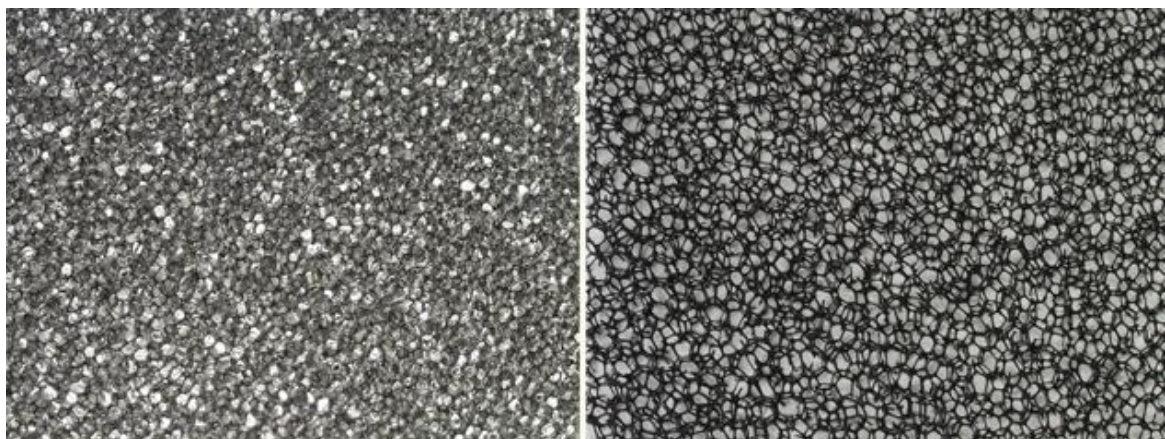


Na slici vidimo kako nastaju ove skupine. U formiranju ovih grupa stvara se netopivost u ugljikovodičnim otapalima i zbog toga ih je vrlo teško ukloniti.

Ove reakcije kao posljedicu imaju povećanje molekularne mase. To se događa u prirodnim smolama kao i u sintetskim smolama što ne uzrokuje potpunu netopivost.

Ovo umrežavanje (*crosslinking*) i povećanje molekularne mase, rezultat je dvaju radikala koji se umrežuju što dovodi do pojave veće molekule (polimer) i ogromne potpuno netopive trodimenzionalne mreže.

Kao što je spomenuto, to može uzrokovati proces umrežavanja (*crosslinking*) u prirodnim i u sintetskim smolama, ali one ne moraju nužno postati netopive.



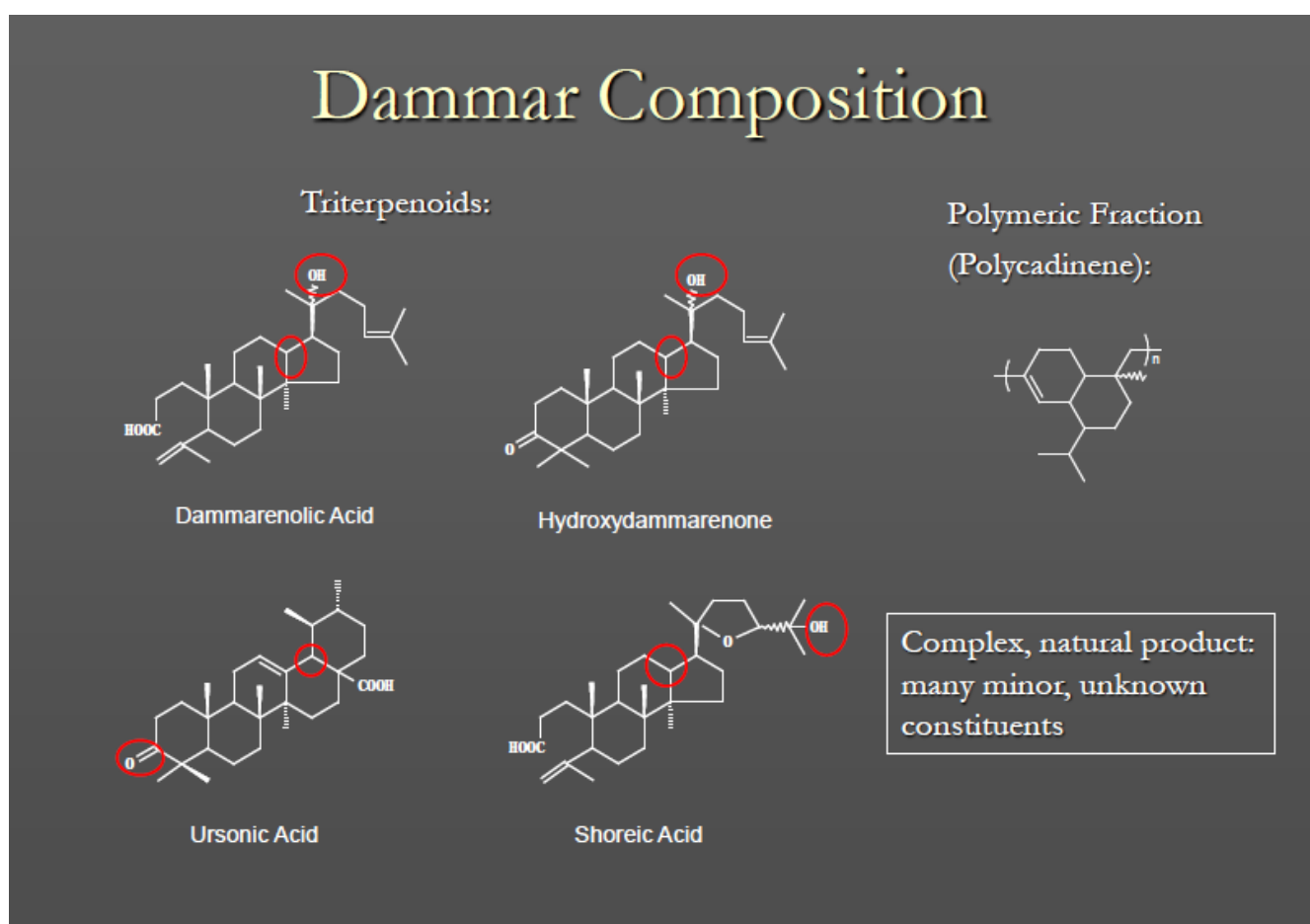
Oksidacija - crosslinking

Damar: Istraživanja

Damar je svjetlo žuta prozirna smola, blagog aromatičnog mirisa. Dobiva se u Indoneziji, od stabala iz porodice *Dipterocarpaceae*. Najkvalitetnija vrsta damar smole dobiva se od stabla *Shorea wiesneri*.

Ova smola ima nisku molekularnu masu. Koristi se zbog radnih i optičkih svojstava. Mnogo je u upotrebi za lakiranje od kraja 19. do početka 20. stoljeća.

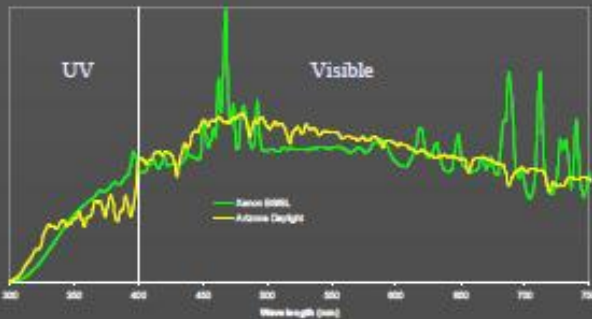
Damar smola je vrlo složen prirodni proizvod koji sadrži primjese donekle nepoznatih sastojaka. Mnogi od njih igraju važnu ulogu u njezinom degradiranju i starenju.



Na slici vidimo sastav damar smole.

U crveno su označene skupine koje su osjetljive na svjetlo.

Accelerated Aging



- Light Aging:
 - Xenon Arc “Weather-ometer”
 - Glass Filters (simulation of indoor conditions)
 - Sometimes additional (UV) filters
 - 0.90 W/m²/nm at 420 nm
 - Black Panel 55°C
 - Dry Bulb 35°C
 - RH 40%
- Thermal Aging:
 - Dark Oven

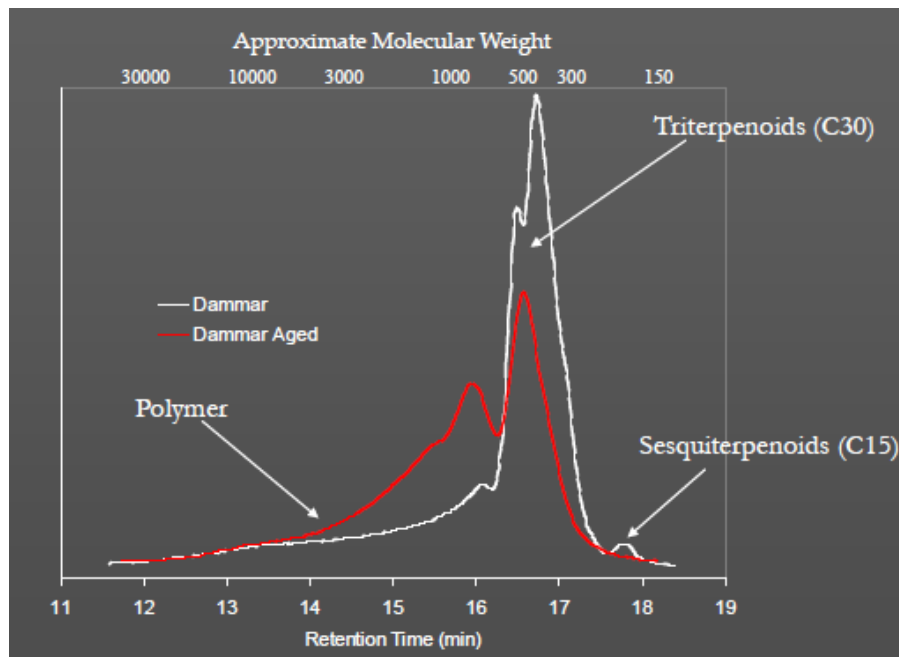
Zabilježena su brojna istraživanja o ubrzanom starenju pomoću Xenon arc uređaja: tzv. „weather-ometer“.

Ovaj uređaj simulira dnevno svjetlo kroz staklo stvarajući uvjete unutarnjeg prostora. Korišteni su i dodatni filteri zbog potpunog blokiranja UV zračenja s temperaturom i relativnom vlagom.

Analitičke metode:

- SEC: Kromatografija isključenja po veličini.
- GCMS: Plinska kromatografija / Spectrometrija masa.
- FTIR: Fourier transform infrared spectroscopy.
- UV/vis: Ultraviolet Visible Spectroscopy.
- „Odstranjenje“ otapalom.

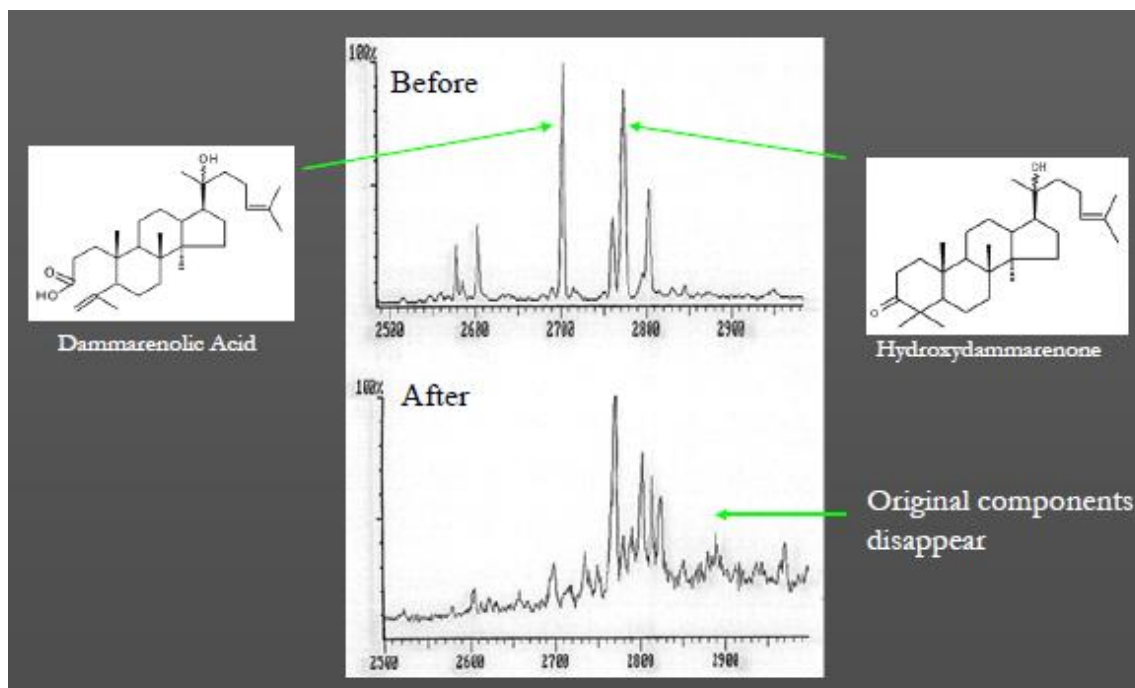
Kromatografija SEC je tehnika tekuće kromatografije koja odvaja materijale na temelju njihove molekularne mase i veličine. Ako umjetno ostarimo sloj damara i analiziramo uzorak pomoću ove metode vidjet ćemo promjene u molekularnoj masi.



Kromatografija SEC

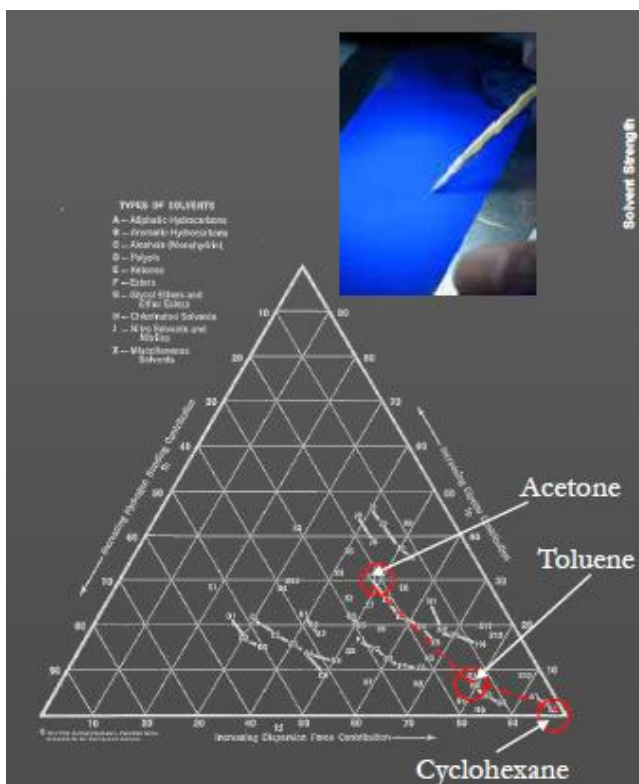
Vidimo u gornjem grafikonu najveće frakcije (triterpeni C30) i polimerne materijale u manjoj frakciji. Možemo jasno vidjeti kako raste s lijeve strane prema desnoj strani.

Nakon umjetnog starenja utvrđeno je da se frakcija triterpena vrlo brzo razgrađuje proizvodeći veću molekularnu masu. Govorimo o molekularnim masama u tisućama koje uzrokuju oksidaciju, ali nisu dovoljno visoke da bi bile potpuno netopive.



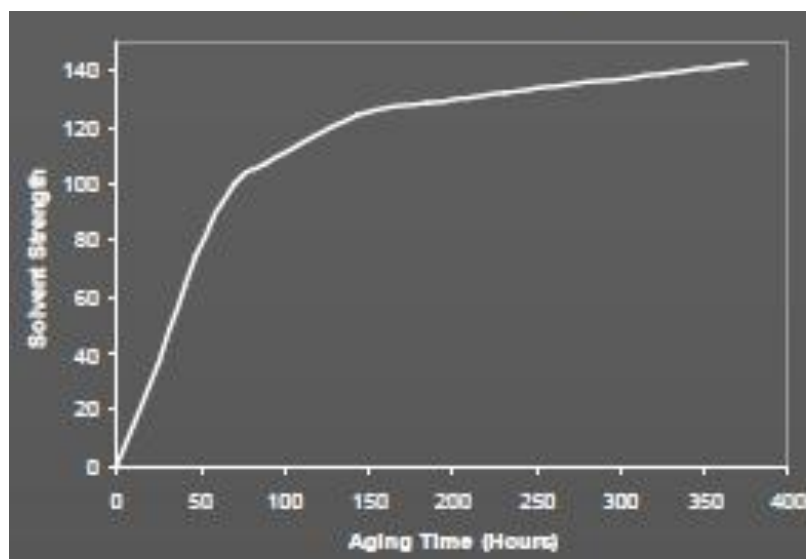
Kromatografija GCMS

Ovdje vidimo plinsku kromatografiju (GCMS) triterpenske frakcije u kojoj se je analizirala plinska faza, a zatim razdvajanje i mjerenje pojedinih komponenata. Ako umjetno ostarimo komponente damara, originalni djelovi u određenom trenutku nestaju kao što je prikazano na slici.



Prije nekoliko godina izmjerena je promjena topivosti korištenjem smjese otapala koje je uveo Robert Feller.

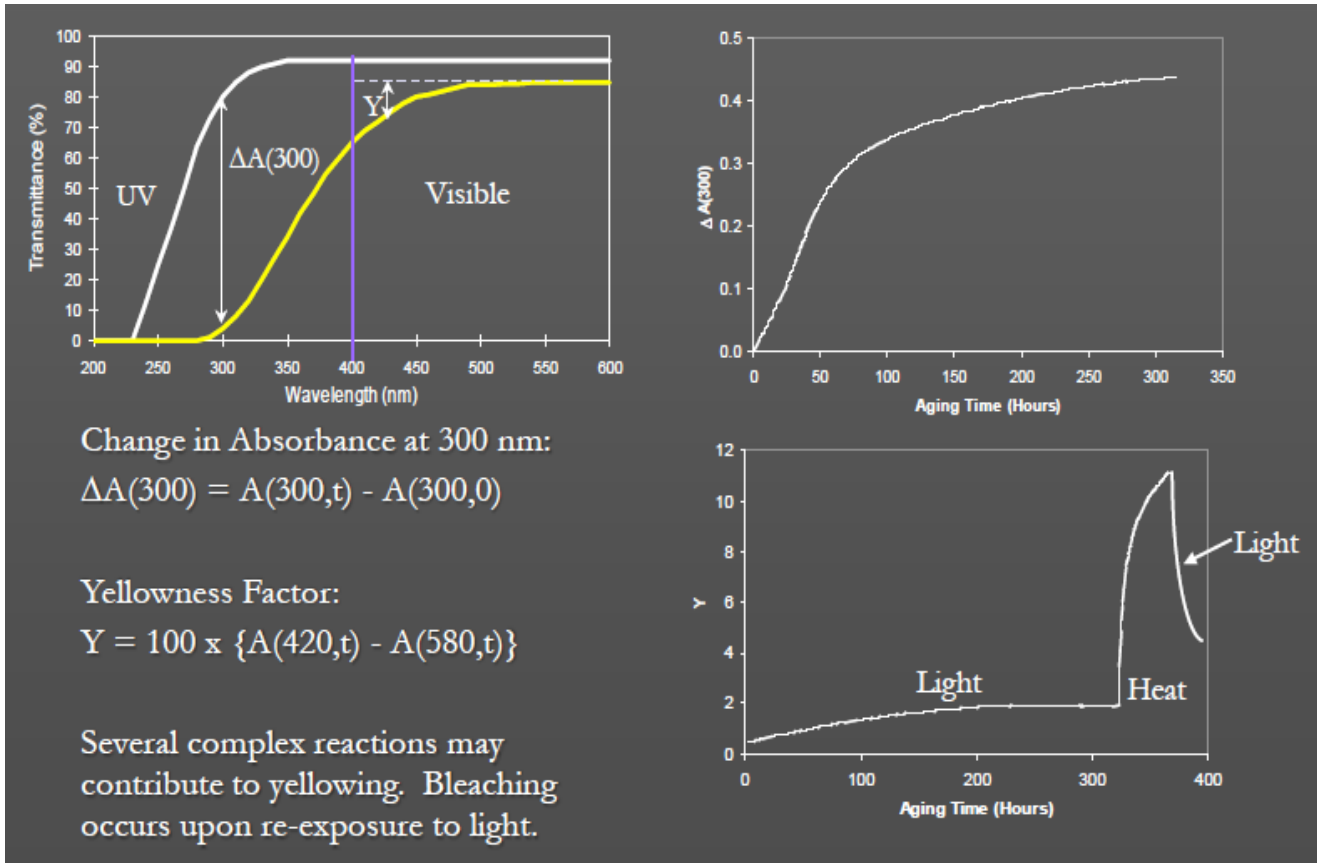
Na fotografiji vidimo kemikalije korištene u ovom istraživanju: cikloheksan, toluen i acetone.



%CH	%T	%A	"Strength"	Teas ξ_d
100	0		0	96
75	25		25	92
50	50		50	88
25	75		75	84
0	100	0	100	80
	75	25	125	72
	50	50	150	64
	25	75	175	56
	0	100	200	47

Umjetno ostareni sloj damara promatra se pod mikroskopom zbog analize površine. Izmjerena je snaga otapala s vrijednostima u rasponu od 0 do 200.

Kada se umjetno ostari sloj damara, snaga otapala povećava se vrlo brzo: u roku od nekoliko sati.



Promjene u apsorpciji svjetla i požutjelost damara

Na ovim grafikonima možemo vidjeti požutjelost sloja damara.

Tijekom umjetnog starenja, kada se povećava apsorpcija svjetla na 300 nanometara, vidljivo je značajno vizualno starenje na sloju damara.

Važno je razjasniti da kad se damar stavi pod jako svjetlo, on ne žuti.

Nije lako razumijeti taj proces žutjenja jer damar ne požuti pod jakim svjetlom. Ali ako uz utjecaja svjetla se postavi umjetnina u tamnijem prostoru, na sobnoj temperaturi ili u pećnici, dobit ćemo vrlo brzo povećanje požutjelosti.

Damar je vrlo nestabilan materijal koji vrlo brzo ostari, pogotovo u unutarnjem prostoru. Osim toga oksidacija uzrokuje povećanje polarnosti i gubitak topivosti ugljikovodičnim otapalima, zato su potrebna polarnija otapala za njezino uklanjanje. Požutjelost je izraženija kad se procesu umjetnog starenja primjenjuje veća temperatura.

Važno je naglasiti da se mastiks smola ponaša slično kao damar.

Zbog svih ovih čimbenika istraživalo se bi li se moglo usporiti starenje i mijenjati njegov rezultat.

➤ Antioxidants (Free Radical Scavengers)

➤ Hindered Phenols

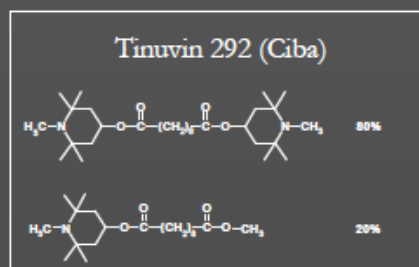
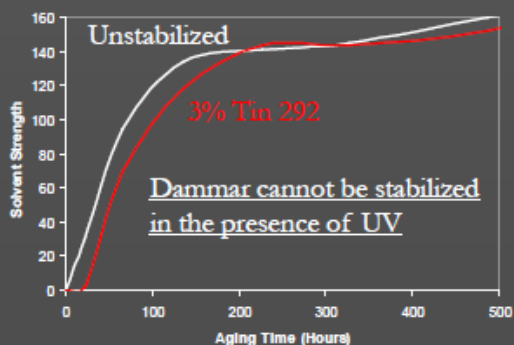
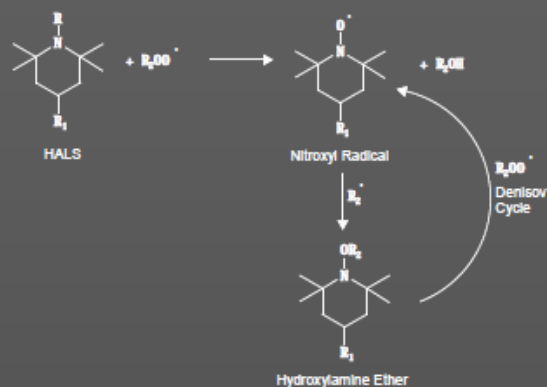
- Most common, e.g. BHT
- Thermal stabilizers
- Break down and discolor under light

➤ Hindered Amine Light Stabilizers (HALS)

- Very powerful in the presence of light

➤ Ultraviolet Absorbers

- Work by absorbing UV radiation



Damar i dodaci (aditivi) za stabilizaciju

Za ovo istraživanje upotrebljavali su se antioksidansi.

Najpoznatiji su tzv. fenoli. Njihove molekule reagiraju s peroksidima stvarajući radikal fenoksil, to jest stvara se stabilna struktura. Ova reakcija uzrokuje usporavanje procesa starenja.

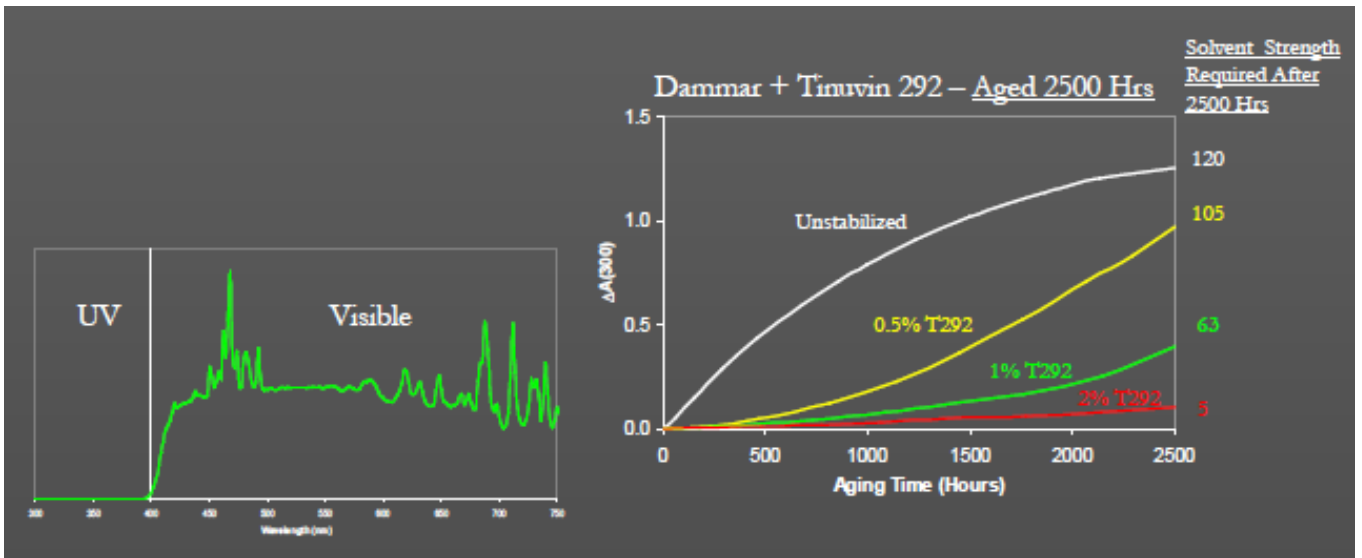
Nažalost do degradacije dolazi i u prisutnosti svjetla, te se lakovi razgrađuju mjenjajući boju. Zato ovaj dodatak nije prikladan za prozirne slojeve.



Zbog ovog rezultata, istraživanje se usmjerilo prema aminostabilizatorima svjetla (HALS), koji su vrlo snažni antioksidansi. Mnogo se koriste u industriji plastike u proizvodima od polipropilena koji ne bi postojali bez ovih stabilizatora.

Oni reagiraju sa peroksil-radikalima i u toj kombinaciji tvore drugi proizvod sa hidroksil-radikalom, koji je mnogo stabilniji. Na ovom istraživanju testirani su mnogi stabilizatori, te je odobren proizvod Tinuvin 292.

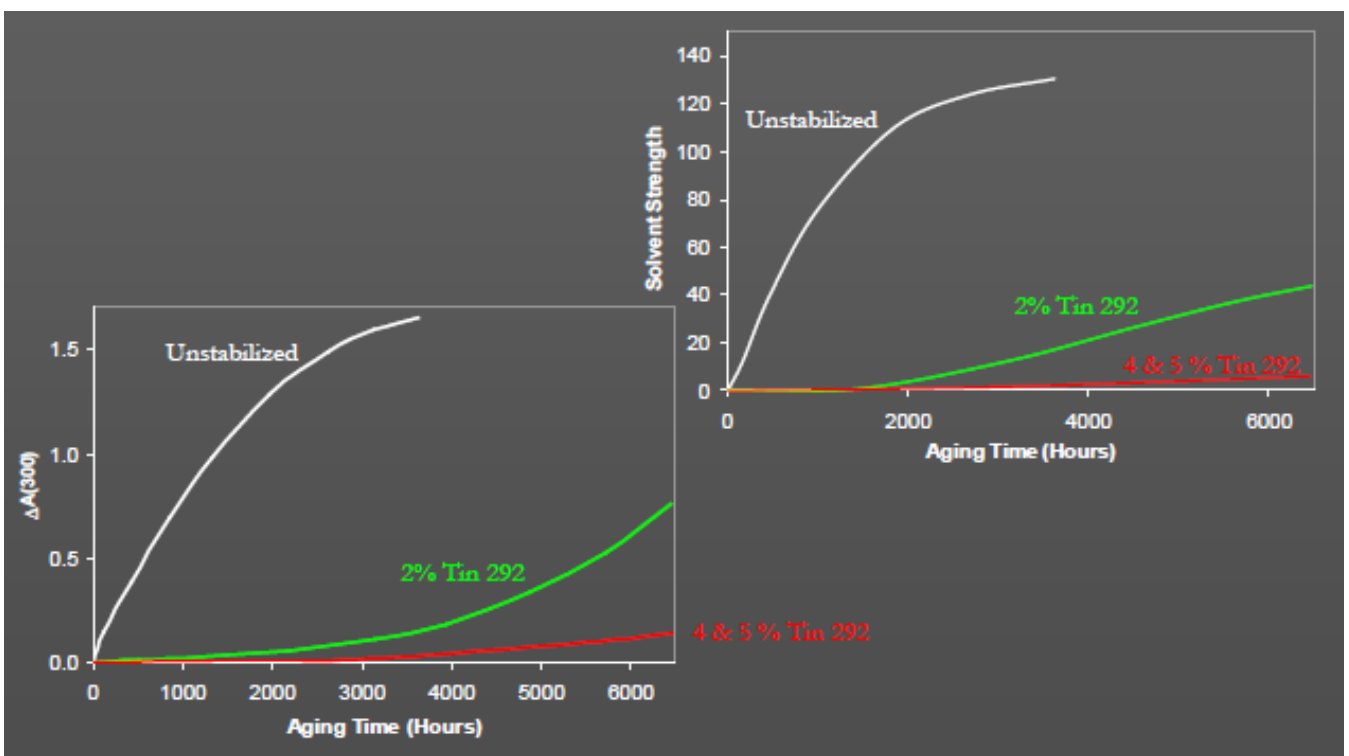
Tinuvin 292 je tekućina koja je kompatibilna s apolarnim otapalima. Ovaj i mnogi drugi dodaci su se koristili u različitim koncentracijama.



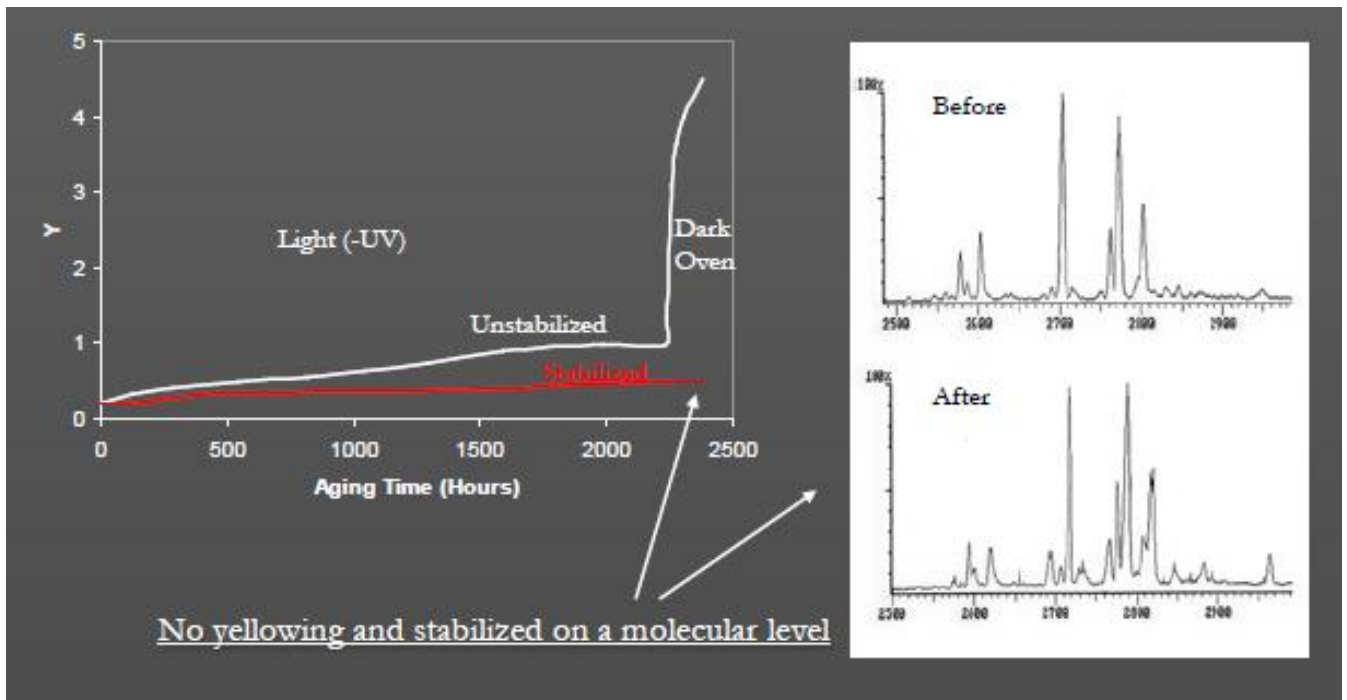
Grafikon prikazuje starenje damara u simuliranom okruženju muzejskog tipa pod utjecajem UV zračenja.

U tom procesu prekinuto je UV zračenje do 406 nanometara, ostavljajući samo dnevnog svjetla sa Xenon-uređajem.

Bijela crta označava nestabilizirani materijal, ali nakon dodatka 0,5 % aditiva Tinuvin 292 postiže se nevjerovatno stabiliziranje.



Gornji grafikon pokazuje umjetno starenje smole damar u šest tisuća sati bez prisutnost UV zraka. Bijela crta prikazuje damar smolu bez stabilizacije, a preostale crte u bojama prikazuju smolu s različitim postotkom aditiva.



Kromatografija GCMS

U ovoj kromatografiji triterpentske frakcije (GCMS) možemo vidjeti molekularne razine.

Na grafikonima s desne strane, prije starenja i sa starenjem, možemo uočiti jednu pravu stabilizaciju smole.

Što se tiče požutjelosti sloja za vrijeme procesa umjetnog starenja (u kojem se prvo ostari pod svjetlom te se nakon toga primjenjuje termičko starenje) možemo primijetiti jednu veliku razliku u stabilnosti.

Kao zaljučak, možemo naglasiti da stabilizirani materijal ne žuti.

Zaključci o stabilizaciji damar smole:

- ✓ Damar smola se ne može stabilizirati u prisutnosti UV zraka.
- ✓ Može se učinkovito stabilizirati ako uklonimo UV zrake ispod 400 nanometara, te ako dodamo stabilizator Tinuvin 292.
- ✓ Preporučena koncentracija ovog aditiva je 3 % težine smole (za prirodne smole).
- ✓ Ovi se rezultati temelje na prirodnom starenju i ubrzanom umjetnom starenju, koji potvrđuju ponašanje ove smole.

Sintetske smole

Polimerne smole:

❖ PVA (Polivinil acetat):

Polivinil acetat se počeo koristiti 1930. godine. Smola je relativno stabilna i vrlo je brzo ušla u široku upotrebu. Kao lak više se koristio u SAD-u nego u Europi. Ova smola je stabilna, ali ima vrlo nisku temperaturu kristalizacije, zbog čega se u njoj vrlo lako zadržavaju prašina i nečistoća.

❖ Poli alkid metakrilati:

Ova smola se koristi od 1950 godine. Na primjer Paraloid B72 (kopolimer metil akrilata). Kada on ostari u njemu se ne događa *crosslinking*. Ova smola je vrlo stabilna, ali njezin nedostatak je, da za otapanje zahtjeva aromatska otapala.

❖ Poli butil metakrilat:

Ove smole imaju četiri atoma ugljika. Starenjem u velikoj mjeri dolazi do *crosslinkinga*. Zato su provedena dodatna istraživanja o starenju ovog materijala.



Paraloid B72

Glavni problem polimernih lakova je završni izgled, koji je drugačiji od onog s prirodnim smolama. Nažalost, nije se mogao pojasniti razlog zašto se to događa.

Sintetske smole niske molekularne mase (NMM):

Na raspolaganju su nam mnoge smole niske molekularne mase. One su topive u ugljikovodičnim otapalima i već su korištene u prošlosti. Mogu proizvesti izgled sličan onome koji se postiže sa prirodnim smolama.

Vrlo dobar primjer su ketonske smole koji se nazivaju Policiklohexanonske. Počele su se koristiti 1950. godine.

Bile su dostupne od različitih proizvođača pod različitim imenima: MS2, AW2, Laropal K80. One nisu stabilne, te su vrlo sklone reagirati na UV zrake razdvajajući se na molekularnoj razini. U međuvremenu su povučene s tržišta.

Što se tiče ketonskih smola proizvedena je alternativa: to su modificirane ketonske smole MS2A i MS2B. One postoje od 1960 godine. Prodaju se u malim količinama i vrlo su skupe. Kod njih je ketonska skupina reducirana na hidroksilnu skupinu koja je stabilnija. Zbog svog kemijiskog sastava su vrlo krhke.

- Ketonske smole (1950. god.): **MS2, AW2, Laropal K80.**
- Modificirane ketonske smole (1960. god.): **MS2A, MS2B.**

U 1990. godini uvedene su nove smole za restauraciju umjetnina, koje su dostupne na industrijskom tržištu.

To su urea-aldehidne smole kao što su **Laropal A81 i Laropal A101**, te ugljikovodične smole kao što su **Regalrez 1094 i Arkon P90.**

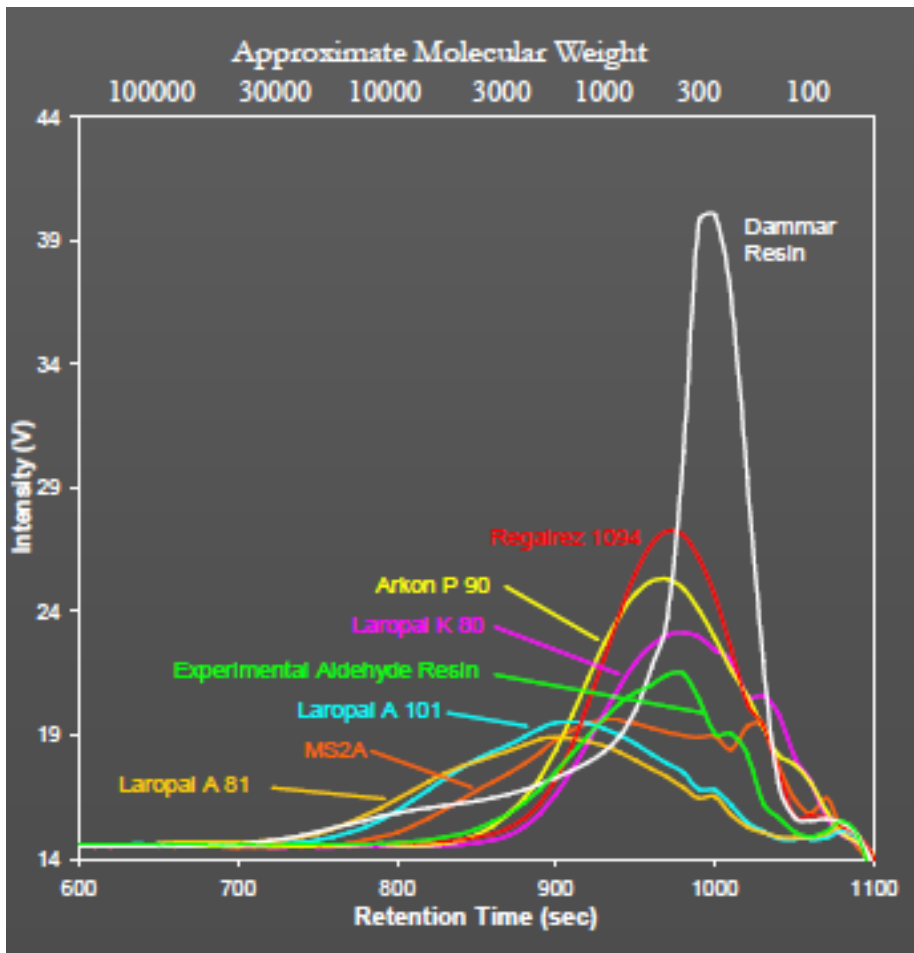
Za otapanje urea-aldehidnih smola potrebno je koristiti aromatska otapala između 30 i 50 % prema težini smole.

Ugljikovodične smole su hidrogenizirane smole. Hidrogenizacija znači, da su dvostruke veze eliminirane kako bi ugljikovodici postali potpuno zasićeni. Ove su smole topive u alifatskim ugljikovodicima, pa nije potrebno koristiti aromatska otapala. Netopivi su u acetonu i u alkoholima.

Ove smole znatno su stabilnije od ketonskih i prirodnih smola. One se svakako moraju stabilizirati dodatkom aditiva Tinuvin 292, čak i u prisutnosti UV zraka.

Od svih navedenih smola **Regalrez 1094 i Laropal A81** su najprikladniji proizvodi za uspješno lakiranje umjetnina.

- Ugljikovodične smole (1990. god.): **Regalrez 1094, Arkon P90.**
- Urea-aldehidne smole (1990. god.): **Laropal A81, Laropal A101.**

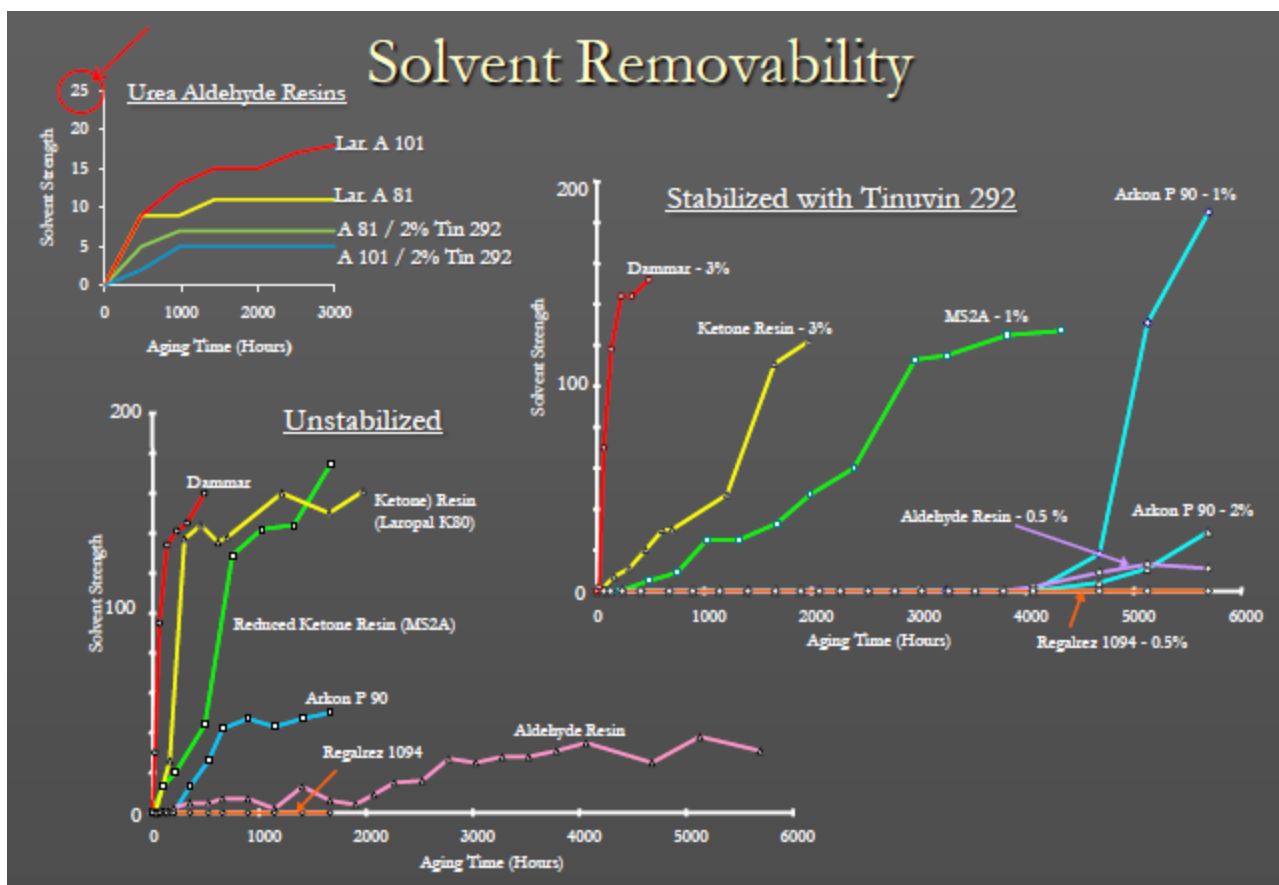


Na grafikonu možemo vidjeti kromatografiju SEC navedenih smola, te molekularnu masu pojedinačnih smola.

Resin	Composition	n_d	\overline{M}_w
Regalrez® 1094	Hydrogenated Hydrocarbon Resin	1.52	815
MS2A	Chem. Reduced Polycyclohexanone Resin	1.52	1773
Dammar	Triterpenoid Resin	1.54	1463
Laropal® A81	Urea Aldehyde Resin	1.50	3566
Mastic	Triterpenoid Resin	1.54	6537
Paraloid® B-67	Poly (Isobutylmethacrylate)	1.48	24876
Paraloid® B-72	Ethylmethacrylate/ Methylacrylate Copol.	1.49	75455
AYAT	Polyvinylacetate	1.47	209596

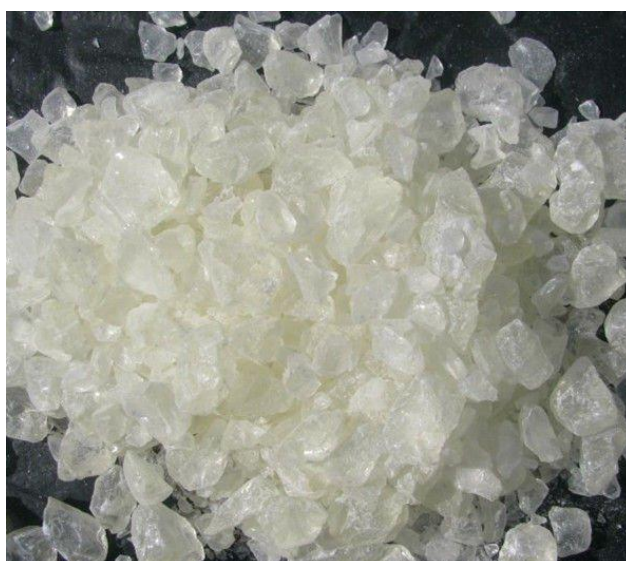
n_d = refractive index \overline{M}_w = weight-average molecular weight

Stabilizacija laka



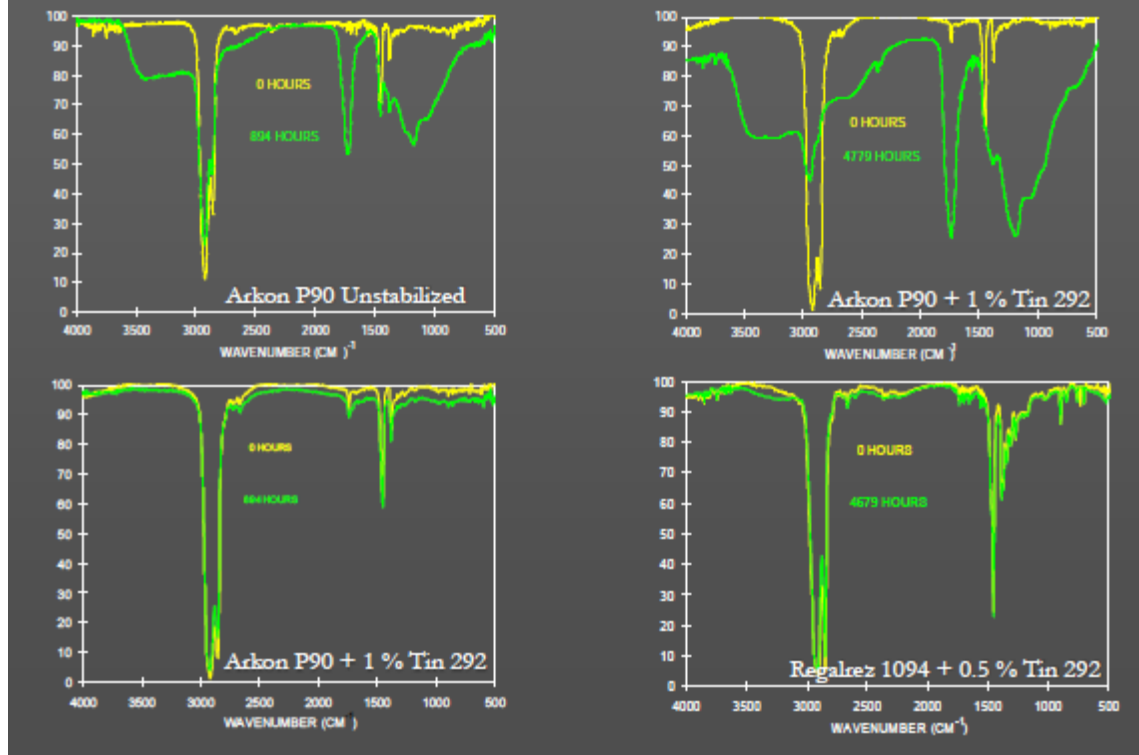
Možemo vidjeti istraživanje o uklanjanju smola niske molekularne mase različitim otapalima, stabiliziranih Tinuvinom 292 i bez stabilizacije, pod utjecajem UV zraka. Možemo vidjeti da se urea-aldehidne i ugljikovodične smole mjenjanju značajno u topivosti nakon dodatka stabilizatora.

Uz to vidimo da damar smola ne postiže stabilizaciju zbog prisutnosti UV zraka.



Laropal A81

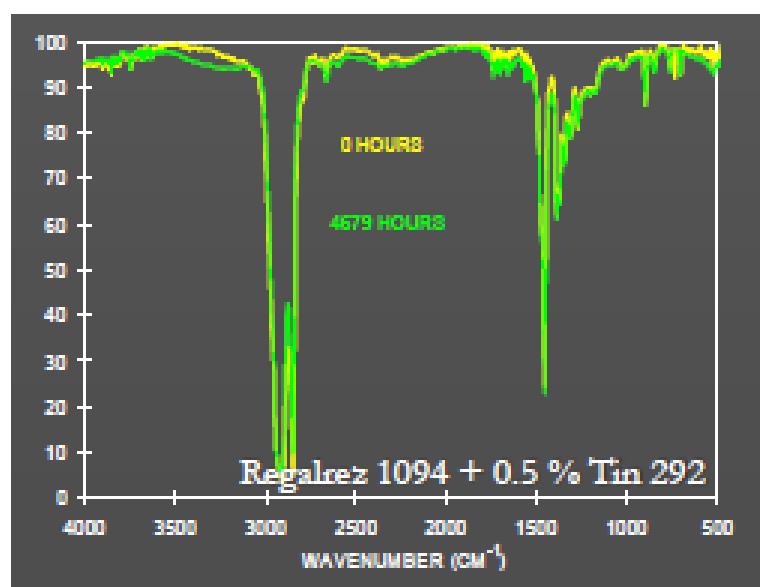
FTIR: Hydrogenated Hydrocarbon Resins

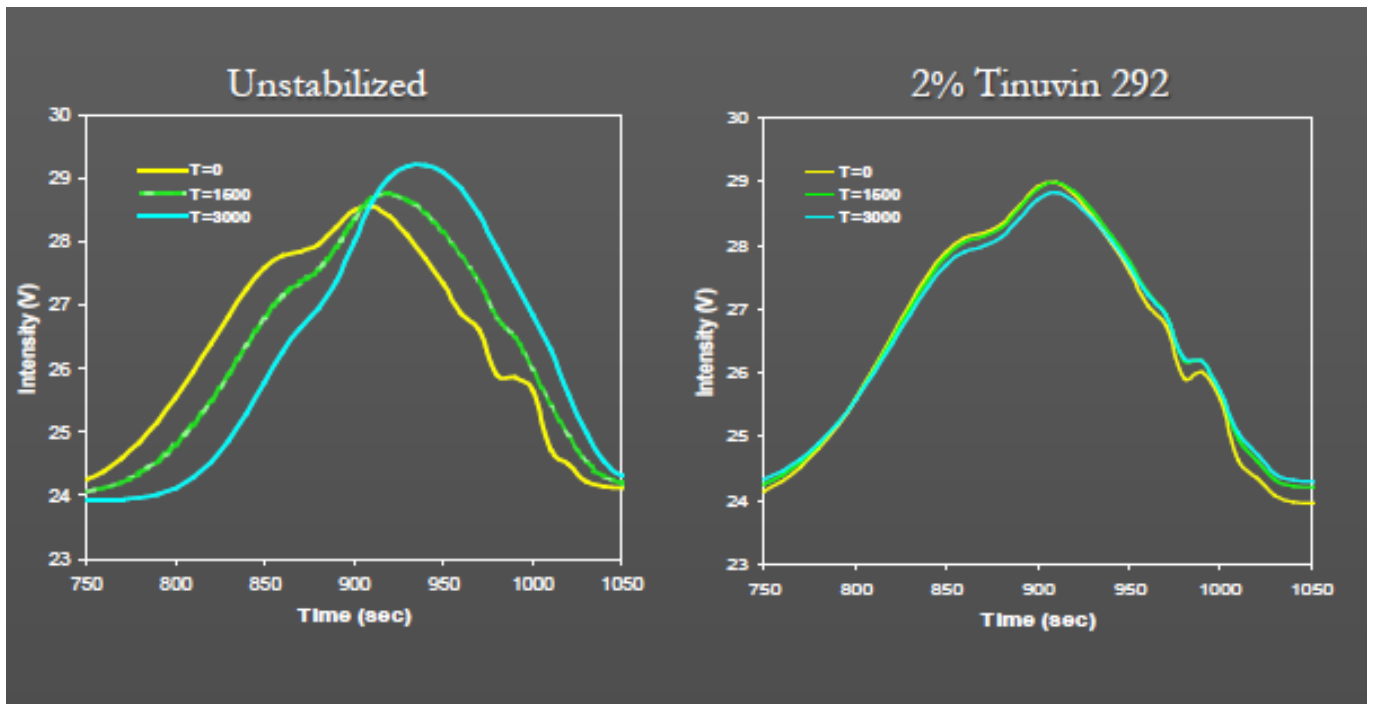


Ovdje vidimo testiranje spektroskopije FTIR hidrogeniziranih ugljikovodičnih smola pod utjecajem UV zraka.

Smola Arkon P90 manje je stabilna nakon 900 sati starenja. Zamjetna je oksidacija, a potpuno je oksidirana nakon 4700 sati starenja.

Na donjem grafikonu vidimo smolu Regalrez 1094 savršeno stabiliziranu sa 0,5 % Tinuvina nakon 4600 sati starenja.





U ovom grafikonu kromatografije (SEC) vidimo smolu Laropal A81 pod utjecajem UV zraka. Možemo primijetiti kako se mijenja molekularna masa.

Vidimo značajnijih promjena nakon dodatka 2 % Tinuvina 292, to jest, možemo vidjeti snažan utjecaj tih stabilizatora.

Zaključci:

- ✓ Sintetski polimeri razlikuju se po stabilnosti. Osnovni problem je u tome što oni daju drugačiji izgled od prirodnih smola.
- ✓ Sintetske smole niske molekularne mase su znatno stabilnije od prirodnih i ketonskih smola, čak i u prisutnosti UV zraka.
- ✓ Hidrogenizirane ugljikovodične smole i urea aldehidne smole opsežno su testirane, i to već duže vrijeme. One su dokazano najprikladnija zamjena za prirodne smole.
- ✓ Za maksimalnu stabilnosti preporuča se dodatak aditiva HALS (Hindered Amine Light Stabilizator) kao što je Tinuvin 292. Njime se postiže vrlo dobra stabilizacija dodatkom od 2 % za sintetske smole.

Svojstva lakova

Već je mnogo rečeno o fizikalnim svojstvima laka, a zapravo je upitno štiti li lak dovoljno umjetninu. Često se spominju zaštitne funkcije sloja laka, ali Rene de la Rie vjeruje da oko toga ima mnogo zabluda.

Rene de la Rie je spomenuo da sloj laka zapravo pruža vrlo malo zaštite. Degradacija slikanog sloja zapravo je prvenstveno fotokemijiski proces koji uključuje kisik i svjetlo. Oba elementa vrlo lako prodiru kroz lakirani sloj.

Zračenje vidljive svjetlosti i UV zračenje prodiru kroz sloj laka. I kisik i drugi plinovi prodiru vrlo lako kroz taj tanki sloj. To su sastojci koji su potrebni za fotokemijisku razgradnju slikanog sloja. U tom smislu sloj laka pruža vrlo malu zaštitu.

Ali taj isti sloj laka pruža zaštitu od raznih naslaga i ogrebotina, čim se lakše uklanja i nečistoća.

Po njegovom mišljenju sloj laka koji se nanese na slikani sloj može uzrokovati poteškoće u trenutku kad bude potrebno njegovo uklanjanje. Većina smola za lakiranje su krhki, nedovoljno jaki materijali na fizikalnoj razini.

Također vrlo je važno spomenuti optičku funkciju sloja laka.



Nelakirano

Lakirano

Na ovoj slici je vidljivo da lak pruža impresivne promjene: mijenja se disperzija svjetla, ujediniuje se i povećava sjaj, a boje su zasićene.



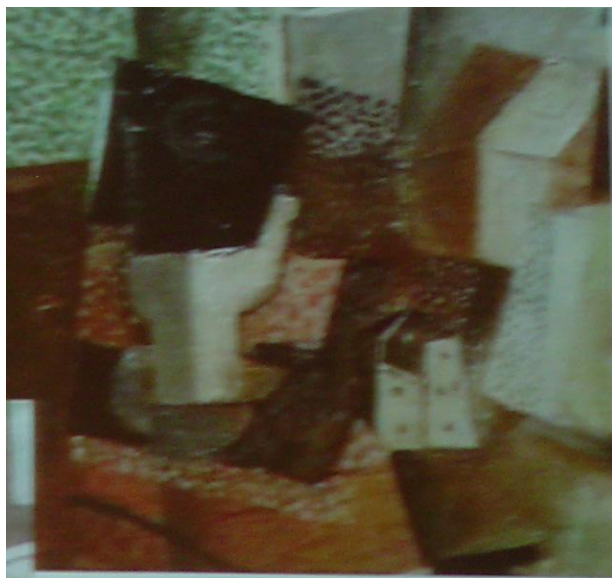
Braque, „L'homme à la guitare“, 1914, nelakirana slika

Rene de la Rie je spomenuo slikara Braquea. Mnogi slikari sredine 20. stoljeća slikali su s vrlo suptilnim mat nijansama, kao što vidimo na ovoj nelakiranoj slici.

Rene de la Rie je stručnjak koji provodi mnogo vremena u istraživanju lakova, ali tvrdi da slike koje su nelakirane imaju jednu neopisivu ljepotu i pokazuju da slike ponekad ne trebaju lak.

Ovdje imamo primjer slike s mat nijansama, a ispod nje vidimo dramatičan učinak laka koji je kasnije nanesen. Nije lako ukloniti sloj laka koji nije nanio sam autor.

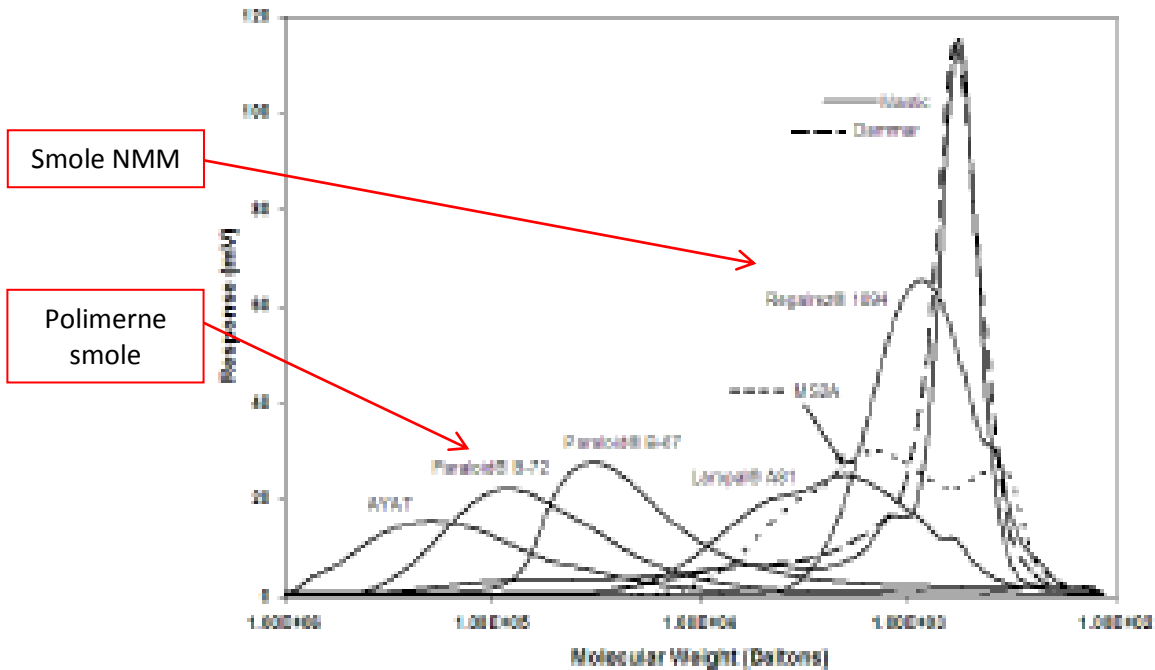
U pitanju je promjena izgleda slike nakon nametnutog laka.



Braque, „Cartes et De“ (detalj), 1914, lakirana

Razlike među različitim lakovima

Lakovi se prvenstveno razlikuju u odnosu **indeksa loma svjetlosti** i **molekularne mase**.



Resin	Composition	n_d	\bar{M}_w
Regalrez® 1094	Hydrogenated Hydrocarbon Resin	1.52	815
MS2A	Chem. Reduced Polycyclohexanone Resin	1.52	1773
Dammar	Triterpenoid Resin	1.54	1463
Laropal® A81	Urea Aldehyde Resin	1.50	3566
Mastic	Triterpenoid Resin	1.54	6537
Paraloid® B-67	Poly (Isobutylmethacrylate)	1.48	24876
Paraloid® B-72	Ethylmethacrylate/ Methylacrylate Copol.	1.49	75455
AYAT	Polyvinylacetate	1.47	209596

n_d = refractive index \bar{M}_w = weight-average molecular weight

Smole NMM

Polimerne smole

Ovdje su vrijednosti nekih smola koje se smatraju uobičajenim i vrijednosti nekih polimernih smola.

Općenito, indeks loma svjetlosti je veći kod prirodnih i sintetskih smola nego kod polimernih.

Što se tiče molekularne mase, vidimo jako velike razlike.

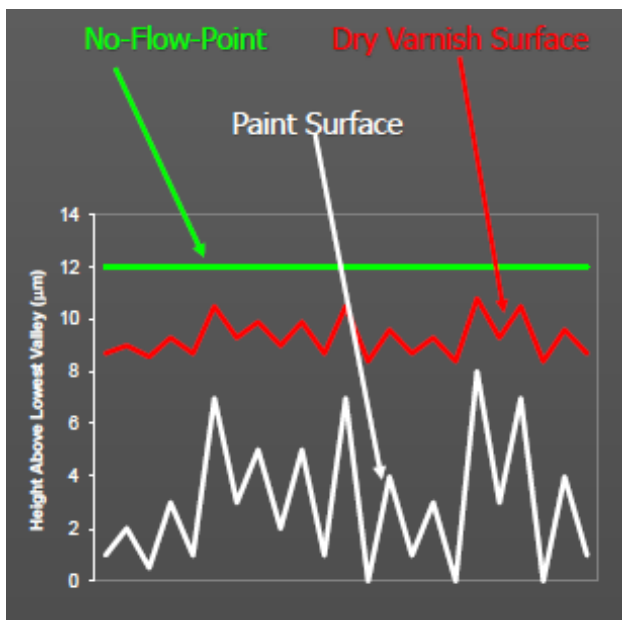
Također na gornjem grafikonu možemo vidjeti promjene koje su jako važne, od sto do milijun.

Nakon crvene crte, molekularne mase su mnogo veće. Smola mastiks, Paraloid B67, Paraloid B72 i smola AYAT imaju najveću polimernu frakciju.

Zašto je molekularna masa koja pokazuje razlike među smolama toliko važna?

Zamislimo sloj laka koji se suši na površini slikanog sloja. Ako pogledamo pod mikroskopom, ta površina izgleda gruba, zrnata, kao površina brusnog papira. Uslijed toga joj se umanjuje sjaj.

Kada nanosimo lak on se na toj površini suši. To je mobilan sloj, koji se nivelira u trenutku nanošenja. Daje nam mekanu i glatku površinu, a nanosimo je dok lak ne postigne određenu viskoznost. Sve to ovisi o isparavanju otapala koji smo koristili.



Model sušenja laka

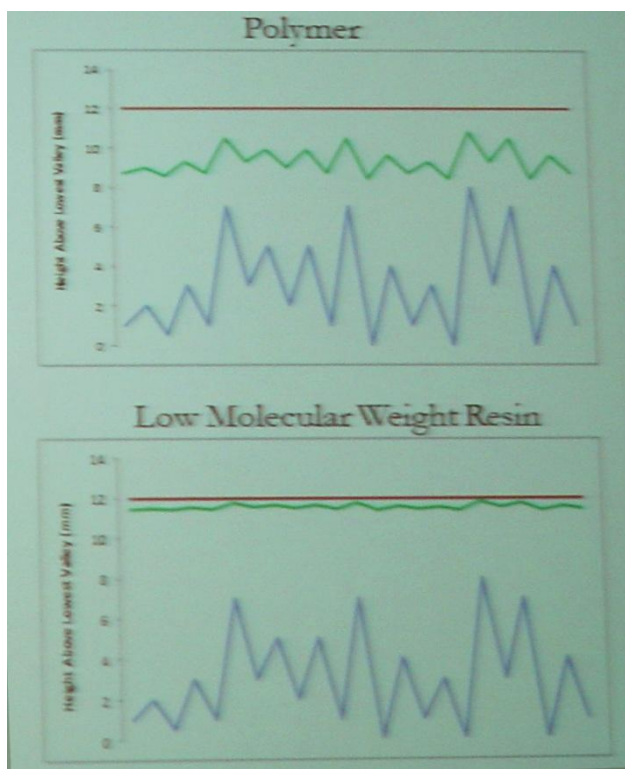
Kad je otapalo isparilo lak više nije mobilan. Taj trenutak se zove "No Flow Point" (NFP), što znači da je došlo do točke kada više nema protoka.

Ovo je faza u kojoj nema kretanja, u kojoj se sloj laka više ne nivelira.

Nakon isparavanja otapala, sloju laka se smanjuje volumen. Ovim postupkom postizemo da lak preuzme teksturu površine slikanog sloja.

Tijekom sušenja on dodatno ohrapavi (manje ili više). Ova naboranost ovisi o smoli i o količini korištenog otapala prisutnog u trenutku NFP.

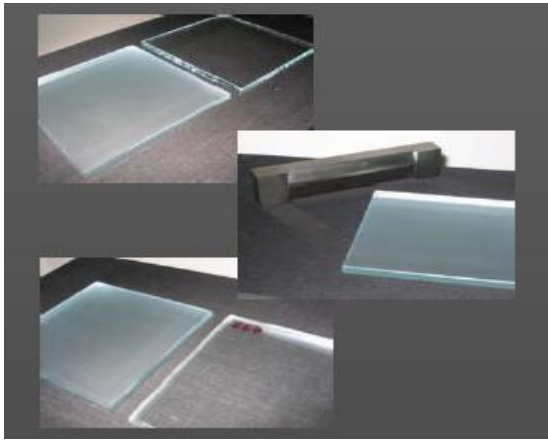
Razlike između sušenja polimerne smole i sušenja smole niske molekularne mase



Polimerne otopine imaju visoku viskoznost i mnogo brže dosežu točku NFP nego otopine smola niske molekularne mase.

Dakle polimerni lakovi se suše sa grubljom površinom na način da se više skupe, uslijed čega se više rasipa svjetlost, postiže se manji sjaj i nižu saturaciju boja.

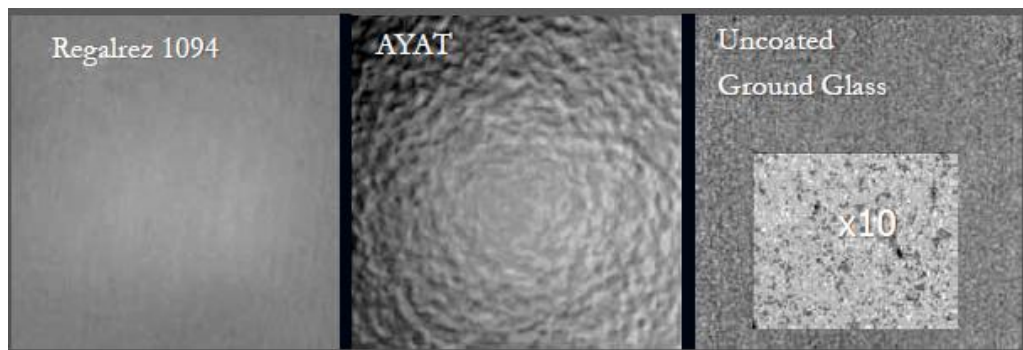
Naboranost i raspršivanje svjetlosti



Ovo istraživanje je provedeno primjenom tankog sloja laka na različitim staklenim pločama 2 x 2 mm. Prije toga proučavale su se te površine stakla pod mikroskopom.

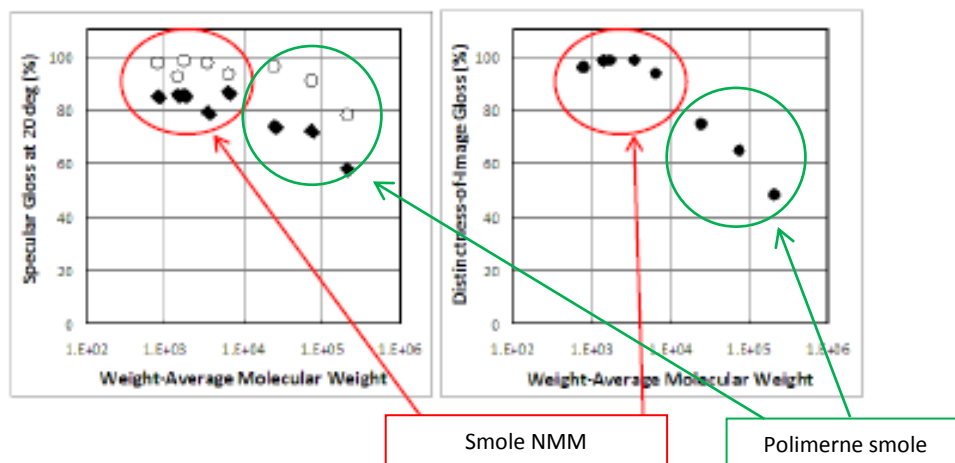
Zatim su premazane, u ovom slučaju smolom Regalrez 1094 (niske molekularne mase) i polimernom smolom AYAT (visoke molekularne mase).

Rezultat je pokazao da smole visoke molekularne mase (AYAT) suše tvoreći grublju površinu i stoga postižu manji sjaj.



Konfokalni mikroskop za lasersko skeniranje

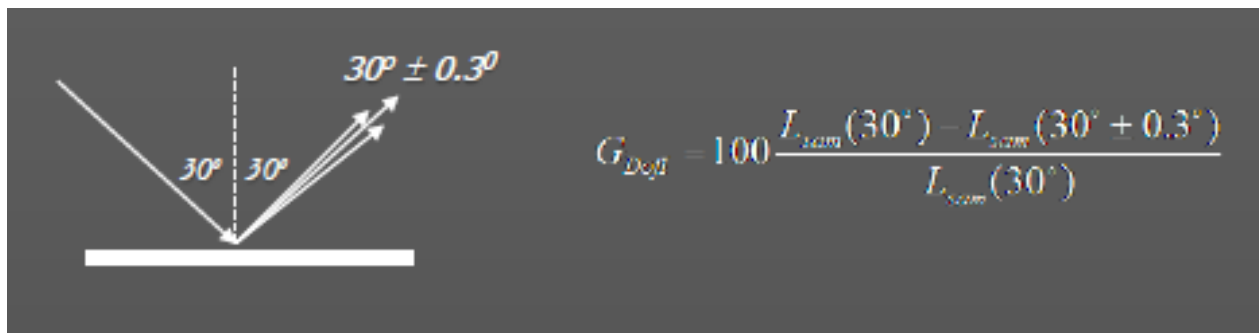
Uz to je izmjeren i sjaj pločica na temelju molekularne mase.



Ovdje možemo vidjeti različite smole niske molekularne mase i polimerne smole na kojima je provedeno istraživanje vezano uz njihovu molekularnu masu. Mjeren je lom svjetlosti (vrijednosti sjaja) na 20 i 30 stupnjeva pomoću odgovarajućih instrumenata.

Možemo vidjeti da oni koji su označeni crvenom bojom imaju visoke vrijednosti sjaja, a oni koji su označeni zelenom bojom imaju nižu vrijednosti sjaja. Zaključak: što je viša molekularna masa, sjaj će biti niži.

Uz to je izmjerena jasnoća sjaja (vizualna oštrina). Mjerenje se vrši na nagibu od 30 stupnjeva, zatim se udaljimo jednu frakciju od tog broja, a nakon toga se izmjeri razlika između obje vrijednosti.



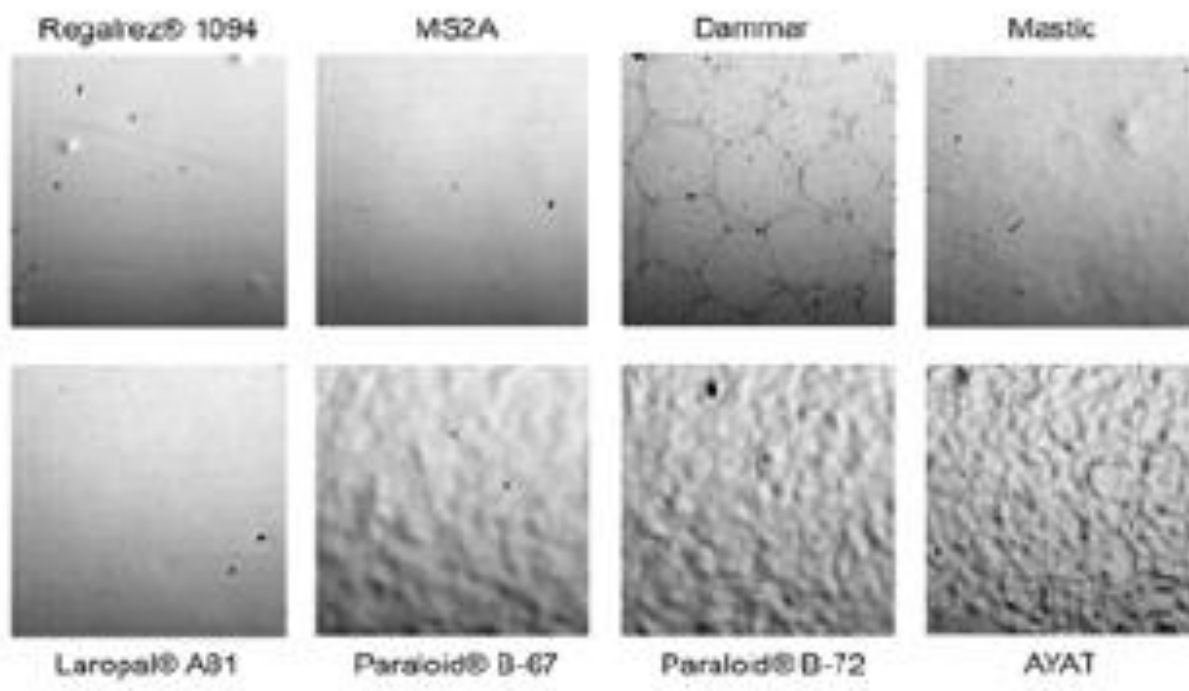
Što je niža ova vrijednost, to je viši indeks jasnoće ili bistrina sjaja slike.

Ako promatramo smole niske molekularne mase, one se približavaju broju 100. Polimerne smole imaju još nižu vrijednost. Razlika u ovim lakovima vidljiva je pod manjim nagibima, kao što se i jasnoća sjaja slike vidi u kontrastu sjaja (kada su na slici veliki kontrastni dijelovi).

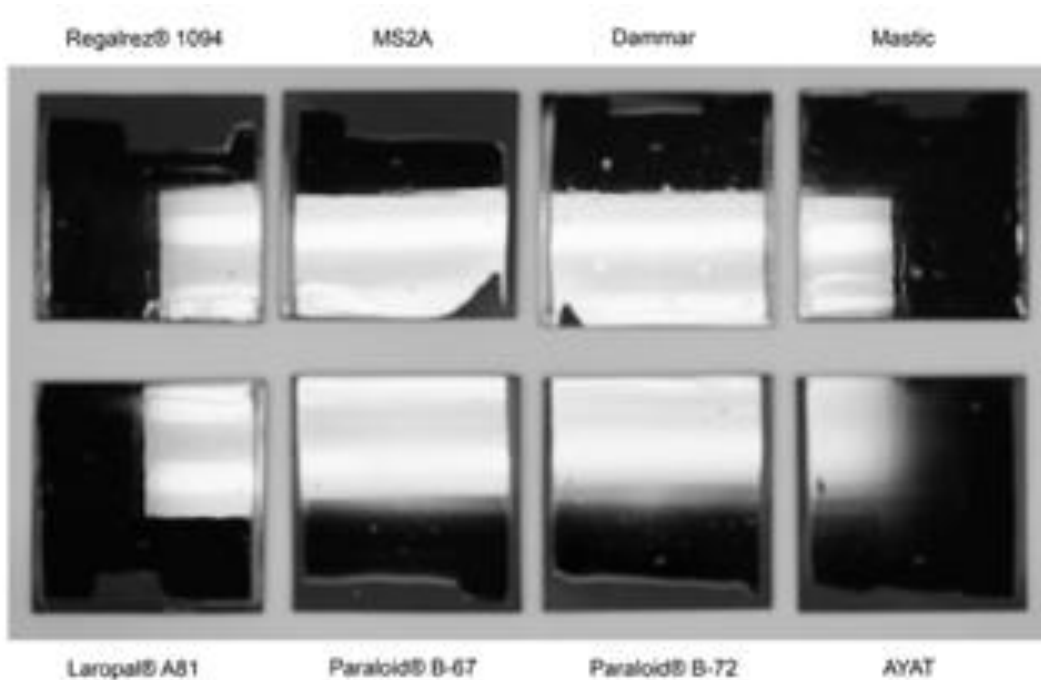
Ponekad ne možemo dobro razaznati prikaz na slici zato što sjaj nije adekvatan.

Hrapavost površine i odraz slike

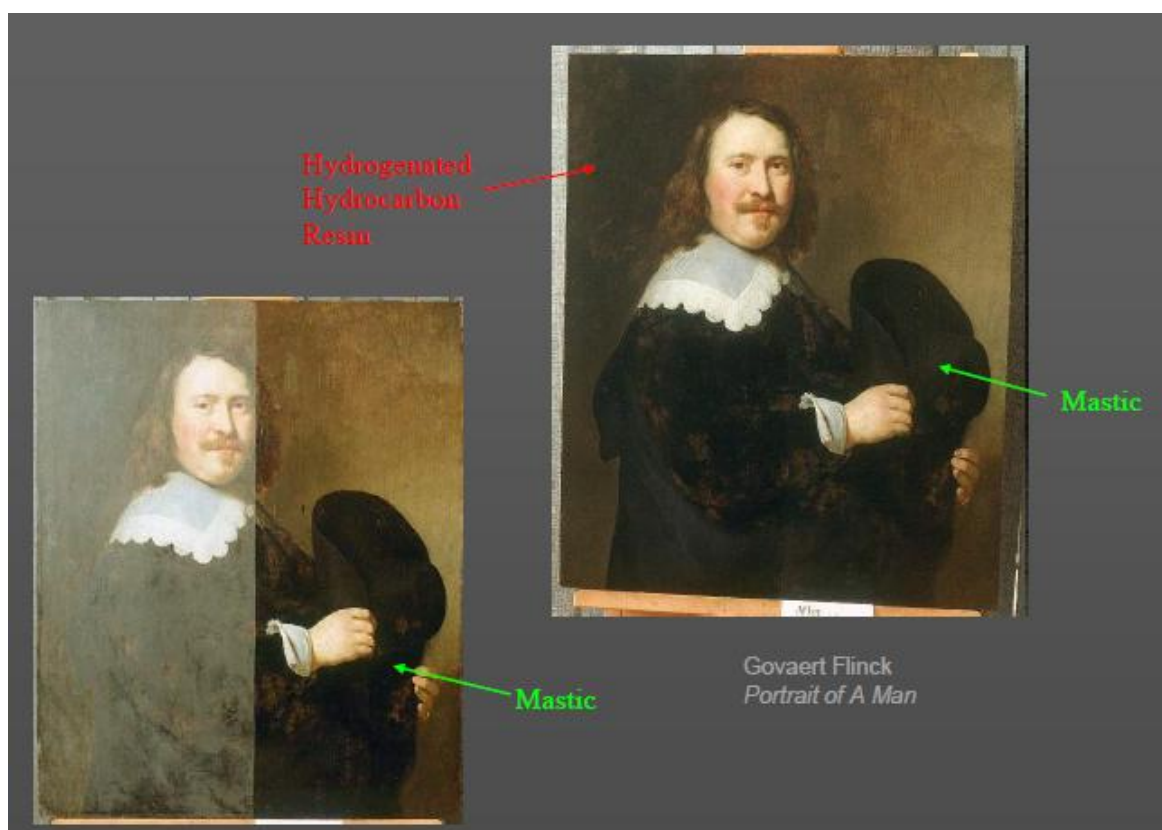
Ovdje su prikazane ploče glatkih površina (1 x 1 mm) na kojima su primijenjene različite smole.



Na mikroskopskim snimkama možemo jasno uočiti da što je veća molekularna masa smole, to se povećava hrapavost.



Ovdje vidimo fotografije ploča pri dnevnoj rasvjeti na kojima se vidljivo primjećuje da je jasnoća sjaja (vizualna oštrina) manja prema smoli AYAT. To dokazuje da što je viša molekularna masa smole, odraz slike na pločicama je manje oštar.



Ovo je primjer u praksi: na slici autora Flincka s lijeve strane prikazana je polovica slike koja je lakirana mastiks smolom. Kasnije se drugi dio slike lakirao Regalrez smolom, smolom niske molekularne mase.

U ovom istraživanju pozvalo se nekoliko stručnih konzervatora da izrade studiju o slici, ustanove koji dio slike je lakiran s prirodnom smolom, a koji sintetskom smolom.

Zapravo nitko od njih nije mogao sasvim potvrditi ovaj postupak. Bilo je vrlo teško naći razliku između tih lakova.



Zaključci:

- ✓ Funkcija zaštite laka je ograničena.
- ✓ Lakovi uvelike utječu na izgled slike.
- ✓ Smole niske molekularne mase, uključujući prirodne i sintetske smole, imaju nižu viskoznost te imaju sposobnost proizvesti glatke površine, manju disperziju, visoki sjaj, višu jasnoću i višu zasićenosti boja nego polimerni lakovi.
- ✓ Kada želimo koristiti stabilnije smole, moramo uzeti u obzir molekularnu masu kako bismo postigli optička svojstva slična onima prirodnih smola.
- ✓ Polimerni lakovi koriste se ako ne trebamo visoki sjaj ili prezasićenost boja.
- ✓ Možemo dobiti manje sjajne površine uz pomoć različitih koncentracija otapala i različitim načinom primjene.
- ✓ Bitno je i koristimo li više slojeva laka.
- ✓ Općenito, završni sloj je onaj koji određuje izgled površine.
- ✓ Možemo li pomoću više temperature dobiti nižu viskoznost? Mnogi faktori utječu na viskoznost otopine, a temperatura je jedna od tih faktora.
- ✓ Među ovim materijalima razlika u molekularnoj masi je vrlo visoka. To je dominantni faktor.
- ✓ Polimerni materijali sušenjem uvijek dobivaju hrapavu površinu.

Retuš

Mnogi restauratori koriste za retuš sintetske smole. Često su to polimerne smole, polimerni acetat ili akrilne smole.

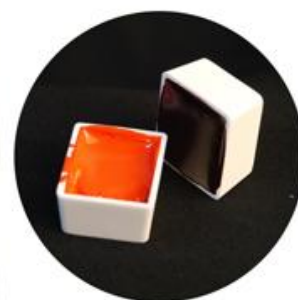
Također za retuš se koriste prirodne smole kao mastiks (Maimeri) i druge komercijalne boje na bazi prirodnih smola. Nedostatak je u tome da se ne može uvijek postići odgovarajuća zasićenost tamnih boja.

Kako bi se ovaj problem riješio, danas na tržištu postoje boje za retuš proizvedene sa smolama niske molekularne mase. Dakle ako koristimo ove boje, dobit ćemo manju disperziju i bolju zasićenosti boja i primjereni sjaj.

Eksperimentiralo se s raznim smolama. Na kraju su se rezultati pokazali vrlo uspješni kada se u proizvodnji koristila smola Laropal A81. Nakon provedenih testova mnogi konzervatori su ovaj proizvod topiv u alkoholu ili u izopropanolu su uveli u upotrebu.



Maimeri (mastiks)



Gamblin (Laropal A81)



Maimeri (ketonska smola)

Boje za retuš

Ovdje je nekoliko primjera slika koje su bile tretirane ovim bojama. Nekoliko ih je iz Nacionalne Galerije umjetnosti u Washingtonu, SAD.



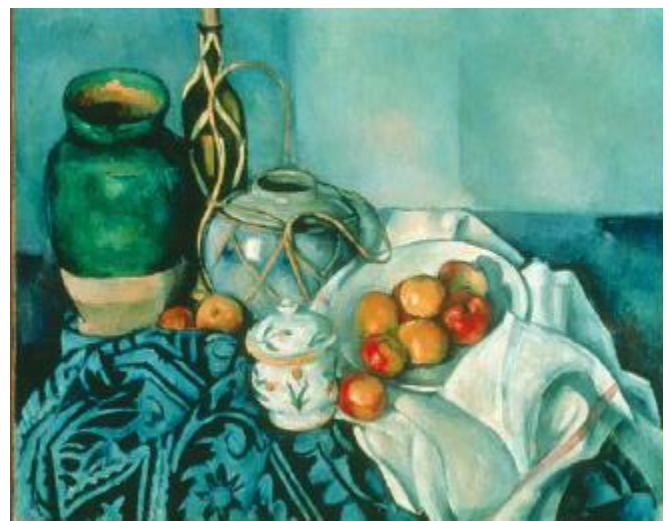
Henri Matisse, Open window, Collioure, 1905



Frans Hals, Portrait of an Eldery Lady, 1937



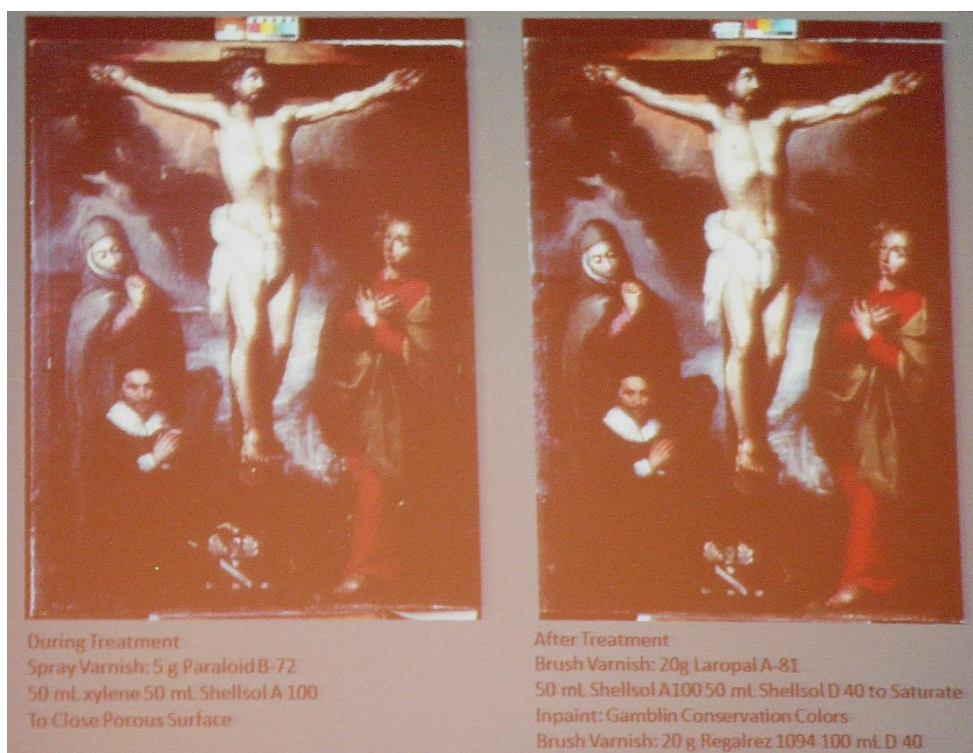
Turner, The Grand Canal, 1837



Cezanne, Still Life with Apples, 1893

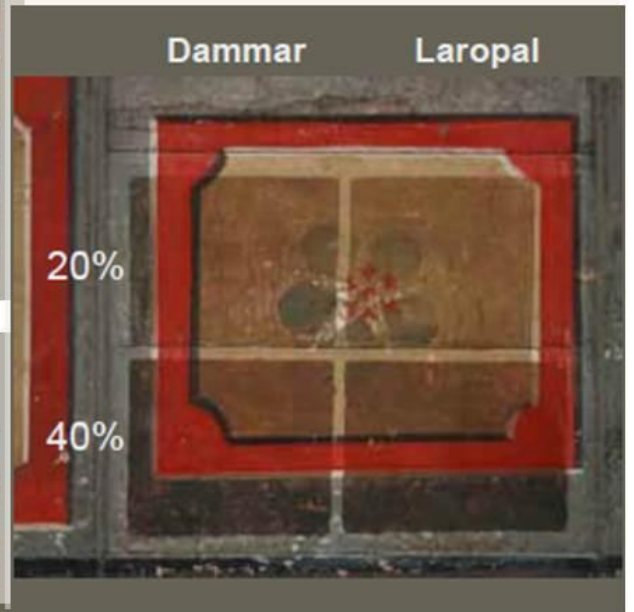


Ova slika iz 17. stoljeća lakirana je kistom s 20 gr. Laropala A81 uz dodatak stabilizatora Tinuvina 292. Nakon toga slika je retuširana bojama koje sadrže smolu niske molekularne mase, te završno lakirana kistom Regalrezom 1094 uz dodatak Tinuvina.



Vidimo sliku koja je stigla u njihov atelje. Slika je bila prethodno restaurirana, te u prilično lošem stanju. S obzirom na poroznost slike, koristio se Paraloid B72 kao prvi međulak, te Laropal A81 kao drugi međulak nanošen kistom. Zatim retuš, a nakon toga je kistom završno lakirana Regalrezom u Shellsolu D40.

Polikromija:



(sa voskom / bez voska)

Smjese otapala

Vrlo je važno aromatska otapala koristiti na što sigurniji način, za restauratore i za umjetninu. Za ispravno korištenje spomenutih važno je obratiti pažnju na njihovo vrijeme isparavanja.

Informacije o ovim otapalima možemo naći na internetu: www.shell.com/chemicals ⇒ Products and services
⇒ Hydrocarbons solvents.

Ako govorimo o mješavinama različitih otapala moramo paziti na vrijeme isparavanja i vrijednost Kauri Butanol koji označuje jačinu otapala.

Ako na primjer miješamo isopropanol i Shellsol D40, ta bi smjesa mogla biti jače otapalo nego neko aromatsko otapalo. Ponekad je ono što dobijemo nešto sasvim treće.

Ako na primjer miješamo otapala raznih kategorija, kao etanol s ugljikovodičnim otapalima ili s alkanima, možemo dobiti jednu izotropnu mješavinu. Izotropne mješavine su spoj od dva otapala koja nisu slična, te jedan od njih može uzrokovati ili potencirati brže isparavanje. Znači da jedan od njih djeluje kao glavni isparivač, te mješavina ispari puno brže nego je očekivano.

To znači da ako spojimo isopropanol sa Shellsolom D40, isopropanol će ispariti Shellsol zbog toga što nemaju istu brzinu isparavanja. Na izotropnim mješavinama brzina isparavanja je brža.

Kad miješamo razna otapala moramo obratiti pozornost na to da su ponekad te kombinacije vrlo opasne za restauratora i za umjetninu.

Otapala (razno)

White Spiriti imaju slične stope isparavanja kao petrolej, i mogu sadržavati aromate. White Spirit je sinonim za Mineral Spirit, a odlikuju se niskom polarnosti i obično imaju nisku hlapljivost.

Različiti proizvođači procesiraju određene dijelove nafte na različitim točkama vrelišta, te dobivaju razne tzv. frakcije. White Spirit nisu čisti materijali već su često mješavina tih različitih frakcija nafte. Dobivaju se od ostataka raznih industrijskih proizvoda, pa postoji mogućnost da se tijekom godina njihov sastav mijenja. Oni mogu ali i ne moraju zadržavati nečistoće. Također mogu sadržavati ugljikovodike dvostrukih veza, koji imaju tendenciju da budu manje stabilni.

Tvrtke poput Shella, Exxon ili Totala nastoje poboljšati ove proizvode. Jedan primjer je uklanjanje benzena iz određenog proizvoda. Uklanjanjem sulfida koji se hidrogeniziraju stabiliziraju se, jer eliminiraju dvostruke veze.

Na njihovim web stranicama obično se mogu naći informacije o tim različitim rafiniranim otapalima.

Za radove konzerviranja i restauriranja morali bi koristiti što čišće proizvode. Trebalo bi znati koja je snaga korištenog otapala (strength of the solvent) i stopu isparavanja (evaporation rate).

Svaka tvrtka ima svoje proizvode i trebali bi proučiti tehničke listiće kako bismo znali kako upotrebljavati određena otapala. Ti različiti proizvođači nude male razlike u podacima u tehničkim listićima. Na primjer naći ćemo da određeni proizvod ima vrijednost 0,50, a prema drugom proizvođaču ima 0,49. Tako male razlike nisu od važnosti.

Bilješke:

- ➡ **Regalrez** možemo otopiti vrlo blagim alifatskim otapalima. Ova smola je netopiva u alkoholu i acetonu.
- ➡ Mnogi konzervatori su navikli koristiti **Regalrez** kao završni lak. Moguće je postići jako dobar rezultat ako se zna kako kontrolirati sjaj. Može se, naravno, koristiti i kao međulak.
- ➡ Mješavina broj 7 **Regalrez** smole je najčešće korištena.
- ➡ Lak broj 6 (**Regalrez** + Shellsol T) se sporije isparava, pa je vrlo prikladan za **slike velikih dimenzija**, kod kojih je potrebno duže vrijeme nanošenja i četkanja.
- ➡ **Regalrez** lak ima tendenciju da se proširi po površini slikanog sloja zbog svoje niske površinske napetost: zbog toga pri lakiranju moramo imati na umu da prije nanošenja u posudi iscijedimo kist.
- ➡ **Regalrez** lak je vrlo dobar kao sredstvo za osvježavanje površine slike. Pogotovo ako je slika prekrivena starim lakom koji je izgubio sjaj, a kojeg ne želimo ukloniti.
- ➡ **Kako odlučiti** koju smolu koristiti za lakiranje? Odluke se donose pri radu s određenom umjetninom. Ako je na primjer slika osjetljiva na određeno otapalo, onda je **Regalrez** lak vrlo dobro rješenje. Ako želimo postići **maksimalnu zasićenost** boje na nekoj slici, treba uzeti u obzir količinu smole koja se koristi. Treba donijeti odluku hoće li se lak nanijeti kompresorom ili kistom. Uz to, može se smanjiti postotak smole.

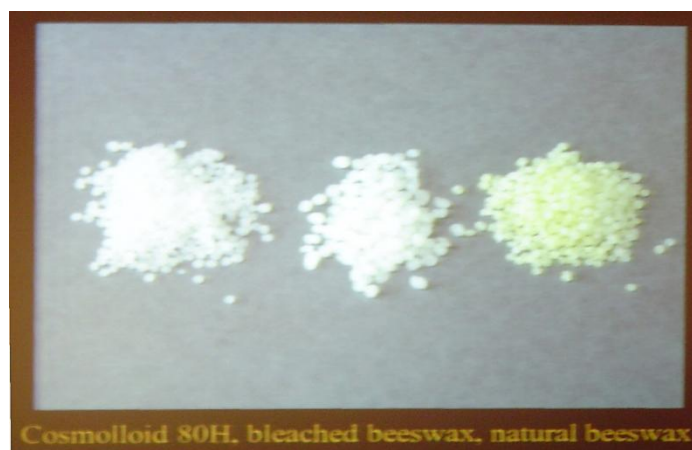
Moramo imati na umu:

- ✓ što su molekule manje, saturacija boja je viša
 - ✓ neke slikarske tehnike trebat će veće zasićenje boja
 - ✓ starost umjetnine
 - ✓ kakav završni izgled želimo da ima umjetnina
 - ✓ gdje će biti izlagana
 - ✓ da se mogu koristiti različiti lakovi, kao i različiti načini nanošenja na istoj slici
- ➡ Moramo biti vrlo pažljivi i strogi u odluci **pri biranju otapala** za lakiranje jer u budućnosti mješavina raznih otapala bi mogla postati netopiva.
 - ➡ Mikroskopski gledano, kada nekom laku dodamo **vosak**, tada njegova površina postaje izrazito glatka. Jedino stručni restaurator zna koliko su te razlike suptilne.
 - ➡ Koristi li se ista količina voska za **lakiranje s kompresorom i lakiranje kistom**? Kada koristimo kompresor dobit ćemo drugačije završno lakiranje. To ovisi i o brzini prskanja kompresora, a i o otapalu. **Na težinu smole za prskanje koristi se 10 % voska, što je ekvivalent na 5 % kada koristimo kist.** Ako želimo mat izgled slike bit će uspješnije ako lakiramo kompresorom, te koristimo otapalo brzog isparavanja. Kako otapalo ne bi isparilo prije no što su čestice laka stigle do površine slike, važno je odmjeriti udaljenost prskalice od slike.

- Ako smo lakirali sliku i primjećujemo da jedan dio ima **viši sjaj** od drugog dijela, možemo malim kistom proći tom površinom kako bi ujednačili sjaj.



- **Mikrokristalni vosak** je vrlo stabilan proizvod. Preporuča se Cosmoloid H80 jer je tvrdi i otapa se u blagim otapalima uz kraće zagrijavanje.
- Priprema **mat laka**: u staklenku stavimo otapalo i smolu. Kada se smola otopi dodajemo vosak, te staklenku ugrijemo u kupelji. Prije korištenja dodajemo aditiv Tinuvin.
- Završno **mat lakiranje** možemo postići: nižim omjerom smole niske molekularne mase (NMM), otapalom bržeg isparavanja i lakiranjem kompresorom.
- Mješavina mora biti mlaka da se **wosak** ne bi stvrdnuo u prskalici kompresora. Prskalica se može ostaviti na toplo mjesto (npr. radiatoru) kako bi se zagrijala.
- **Mat lak** je obično završni sloj laka.
- **Fummed silica (Cab-o-sil)** je komercijalni mat proizvod. Na radionici o lakovima u Norveškoj korišteno je ovo sredstvo za mat lakiranje, ali nakon uklanjanja laka s površine to je sredstvo ostalo između krakelira te se nikako nije moglo ukloniti. Iz tog razloga oni više ne koriste ovaj dodatak.



- **Kraton.** Kada su znanstvenici radili s Regalrez smolom namjera im je bila stvoriti jedan lak što sličiji damaru, ali da ostane neograničeno topiv. Kada se u početku počeo koristiti Regalrez, primijetilo se da je lak niske viskoznosti, vrlo tekuć. Zato je prof. Rene de la Rie istraživao razlike između damara i Regalreza. Damar smola ima polimernu frakciju koja je čini tvrdom ali također vrlo viskoznom u otopini. Zbog toga je prva ideja bila dodati Regalrezu jedan polimerni dodatak kako bi Regalrez bio sličan damaru. To se koristilo a i istraživalo tijekom zadnjih deset godina, pa se zaključilo da Kraton zapravo nije potreban i da ovaj proizvod nije stabilan. U članku koji je bio objavljen o Kratonu pisalo je da ga treba biti 10 % u otopljenoj smoli. Kasnije je objavljeno da Kraton kao dodatak nije potreban. Ima konzervatora koji su pročitali taj članak ali još uvijek ga koriste.

- Ako u lak dodamo previše **Tinuvina 292** dogodit će se faza razdvajanja, tj. aditiv će isplivati na površinu. Izvedeni su ekstremni testovi u laboratorijima, na primjer s damar smolom, u koju je dodano 10 % aditiva. Na kraju se otopina nije mogla stabilizirati i dogodila se faza razdvajanja.

- **Tinuvin 292** se prodaje u prozirnim staklenkama, ali bi one morale biti obložene aluminijskom folijom ili bi trebale biti skladištene u tamnoj prostoriji. Također, pripremljeni lak s Tinuvinom morao bi biti pohranjen na isti način.

- Najlakši način dodavanja **Tinuvina** je pomoću elektronske vage. Na nju postavimo staklenku s otopljenom smolom i dodajemo joj određenu količinu kapaljkom. Koristimo li samo kapaljku moramo biti oprezni, jer je otopina viskozna, pa dio sadržaja može zaostati u kapaljci. Također možemo označiti na kapaljci mjeru aditiva kako ne bismo morali svaki put brojati kapi, te uvijek koristiti istu kapaljku.



- Nakon dodavanja **Tinuvina** u lak, njegov rok upotrebe iznosi 6 mjeseci. Zato je važno na staklenku takvog laka zabilježiti taj datum.

- Smola **Paraloid B72** ima temperaturu tranzicije (Tg vrijednost) na 40 / 50 °C. Treba napomenuti da Tg vrijednost nije ista kao temperatura omekšavanja, koja je u ovim sintetskim smolama oko 80/90 °C. Broj 81 ili 1094 u imenima smola odnosi se na temperaturu omekšavanja. Ako je smola Paraloid B72 ljepljiva u normalnim okolnostima razlog tome može biti u otapalu niske kvalitete.

- ➡ Smoli **Paraloid B72** ne smijemo dodavati nikakav aditiv jer je vrlo stabilna.
- ➡ **Paraloid** smola je djelomično topiva u alkoholu i 100 % topiva u acetonu, ali za lakiranje se ne smije koristiti s ovim otapalima.
- ➡ **Paraloid B72** može zaštititi slikanu površinu od „grafittia“.
- ➡ Mnogi konzervatori lakirali su ili lakiraju s ketonskim smolama kao što je **Laropal K80**, ali kao što se već govorilo ona je vrlo nestabilna. Također postoji poteškoća pri nabavljanju tog materijala. Kako danas restauratori koriste ove industrijske materijale, neophodno je upoznavanje ovog tržišta. Iza ovih materijala postoje znanstvena istraživanja i godine testiranja koje su proveli stručnjaci u konzervaciji. Postoje proizvodi s kojima naviknemo raditi, ali odjednom nestanu s tržišta. To je zato što proizvodnja takvih materijala postaje vrlo skupa. Iz tog razloga nemamo nikakve garancije da će nam neki proizvod ostati dostupan, te ovisimo o istraživanjima koji na ovom polju provedu konzervatori. Primjerice smola Regalrez je dvadesetak godina na tržištu, testirana je mnogo puta i proizvođač je nastavlja proizvoditi, ali ne možemo biti sigurni da će tako biti zauvijek.
- ➡ **Boje za retuš** na bazi smole Laropal A81 tope se u etanolu ili u isopropanolu. Brzina isparavanja ovih otapala vremenski odgovara procesu retuša.



- ➡ Upotreba otapala **Dowanol PM**. Njegova toksičnost ne razlikuje se mnogo od toksičnosti Xilena. Problem s ovim otapalom je i da uzrokuje oticanje i bubrenje slikanog sloja, a i ostalih slojeva slike. Nikako ga ne bismo trebali nanositi na cijelu površinu slike. Mogao bi se koristiti za retuš, ali nikako za lakiranje. Prema Jill Whittenu, ljudi koji koriste ovo otapalo kažu da lak s dodatkom Dowanola daje bolje zasićenje slikanom sloju. Ali umjesto toga, ona preporučuje smolu za bolje zasićenje a ne otapalo, jer otapalo utječe na slikani sloj.
- ➡ Kada lakiramo neku sliku i dođemo do **točke NFP** (no flow point, što znači kad otapalo počinje isparavati iz laka), moramo imati na umu da smola djeluje kao difuzija na nivou slikanog sloja, a ne kroz površinu. Otapalo se probija gdje može dok ne nađe put za isparavanje. Zapravo, kada je lak u ovom stanju (NFP) smola je u geliranom stanju kao i otapalo.

- Za uspješno lakiranje testirana su mnogo otapala kako isparavanje otapala iz laka ne bi trajalo mjesecima.
- **MS2A smola** je malo polarnija od Regalreza i zbog toga se ne otapa lako u Shellsolu T. To možemo riješiti upotrebom magnetske mješalice. Ova se smola komercijalno prodaje u velikim komadima, pa je bolje smrviti je prije rastapanja.
- **MS2A smola** je mješavina niske i visoke molekularne mase. Topiva je u blagim otapalima, ali zahtjeva 1 % aromatskog otapala u otopini.
- **MS2A smola** reagira na visoku vlagu tako da blijedi (dodavanjem mikrokrystalnog voska postaje otpornija na vlagu).
- **MS2A smola** daje blagi sjaj.
- Razlika između **Toluena** i **Xilena**. Molekula Toluena je malo manja i jača od molekule Xilena i brže isparava. Toluen je aromat s prstenom a Xilen ima dvije metilne skupine (toluen jednu). Ako zapamtimo ove podatke, možemo pogledati tablice i usporediti s drugima. Toluen ima vrijednost 2, Xilen broj 0,76, Shellsol T 0,09. Zapamtimo da je Toluen najjači, brži u isparavanju, ima veću snagu rastapanja, a to nam može pomoći kad usporedimo s drugim otapalima. Jedan od načina da razumijemo i raspoznamo otapala je po vremenu isparavanja.
- **Laropal A81** je mješavina niske i visoke molekularne mase.
- **Laropal A81** traži danas viši postotak aromata nego u trenutku kad je predstavljena na tržištu.
- **Laropal A81** dobro zasićuje boje, slična je Damaru.
- Ponekad nam je potreban **vrlo tanki sloj laka**. To možemo postići tako da u lak umočimo lopticu vate umotanu u komad svile i time premažemo sliku.



- Ako koristimo 15 ili 20 % **Shellsol A** za otapanje smole damar dobit ćemo prozirniju otopinu.
- Lakovi koji su otopljeni u **Shellsolu A** brže će se sušiti.

- Za postizanje **manje sjajnog laka** možemo smanjiti postotak smole. No, problem je u tome da ako znatno smanjimo količinu smole, bit će vrlo teško postići savršenu površinu zbog razlike u apsorpciji. Zato je bolje dodati neko mat sredstvo u otopinu, umjesto smanjenja postotka smole.



- Što se tiče uporabe **terpentina** puno se govorilo o tome da ga se ne bi smijelo koristiti.

Rene de la Rie smatra da terpentini nije stabilno otapalo i zbog toga ga ne bi smijeli koristiti. Ako želimo postići stabilan lak, pitanje je želimo li za to koristiti nestabilno otapalo?

Njegov stav je da rezultati neće biti dobri ako koristimo nestabilne smole kao što su mastiks ili damar i otopimo ih u nestabilnom otapalu.

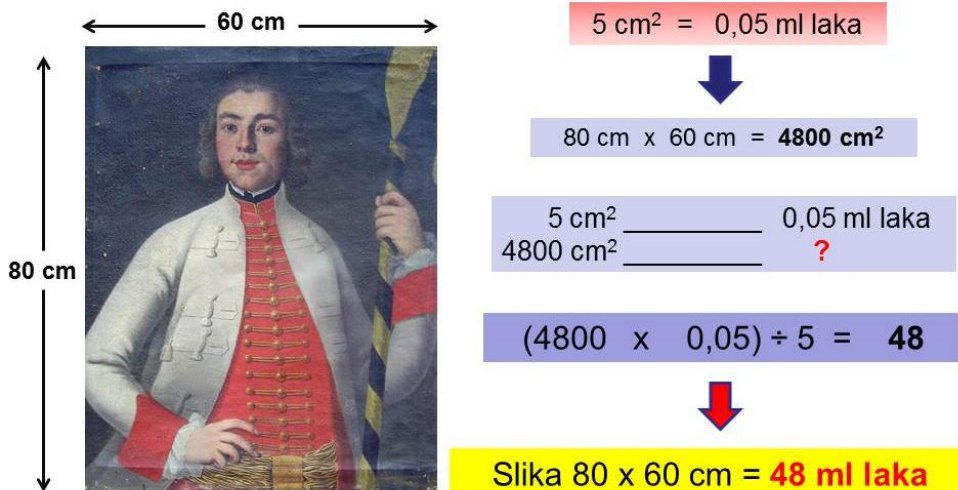
Tim znanstvenika iscrpno je testirao smole damar i mastiks u terpentinu i došlo je do različitih reakcija na slikanom sloju.

Prema Jill Whittenu terpentini treba mnogo vremena za isparavanje i dugo se zadržava na slici te slikani sloj bubri. Zbog toga se ne bi smio koristiti. Štoviše, može uzrokovati mnogo različitih oštećenja u budućnosti.

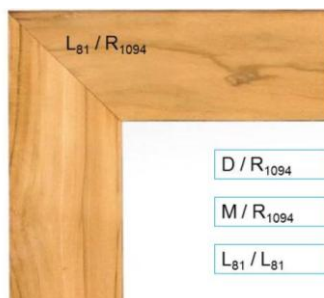
Prema Robertu Proctoru terpentini nije toliko polarno otapalo. On ne vjeruje da ima mnogo razlike u odnosu na druga jača otapala koja se danas koriste.

- **Maimeri boje** napravljene su na bazi mastiks smole. U znanstvenim testovima Rene de la Rie je dokazao da vremenom ova smola vrlo brzo diskolorira i oksidira, a da ju je vrlo teško ukloniti.

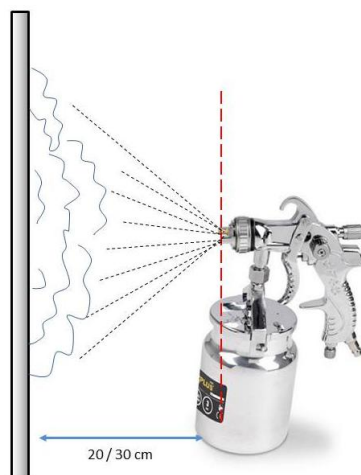
- Obično se za 5 cm² površine slike uzima 0,05 ml gotovog laka.



- Također, može se označiti na podokviru koji su se lakovi koristili (međulak / završni lak).



- ➔ Za lakiranje s **kompresorom** preporučena je udaljenost od 20 do 30 cm od slikane površine.



- ➔ Omjer smole i stabilizatora:

- ❖ 20 gr. sintetske smole 0,4 gr Tinuvina (2 %)
- ❖ 25 gr. sintetske smole 0,5 gr. Tinuvina
- ❖ 30 gr. sintetske smole 0,6 gr. Tinuvina

- ❖ 20 gr. prirodne smole 0,6 gr Tinuvina (3 %)
- ❖ 25 gr. prirodne smole 0,75 gr. Tinuvina
- ❖ 30 gr. prirodne smole 0,9 gr. Tinuvina

- ➔ **Kako rastopiti** sintetsku smolu za lak:

Dodati smolu u otapalo, i ostaviti preko noći da se rastopi u dobro zatvorenoj staklenci.
Provjeriti da li je slika suha. Neposredno prije lakiranja, obrišite je čistom i suhom krpom.
Drugi dan, dodati Tinuvin 292 i brzo izmiješati.

Umočiti kist u rastopljeni lak i ukloniti višak laka na rubu posude.

Početi na jednom kraju, završavati na drugom, i sustavno pokrivati cijelu površinu. Naneseni sloj laka može se četkati.

- ➔ Zbog svoje niske viskoznosti, **Regalrez** lako penetrira u poroznu površinu. U takvom slučaju, trebali bismo prvo nanijeti sloj Laropala A81 ili Damara (za izravnavanje), i na kraju Regalrez 1094 (kao završni lak).

Regalrez 1094 također se, na neporoznoj površini, može koristiti kao jedini zaštitni sloj laka.

VAŽNO!

Izneseni podaci valjani su dok nova istraživanja
ne pokažu drukčije ili suprotno,
kao što se dogodilo sa sintetskom smolom Laropal K80.

Stoga bi valjalo budno pratiti sva istraživanja na ovom području.

M. Vlaho

Tablice topivosti smola:

Damar	
Shellsol T, Shellsol TD	NP
Shellsol D40	TM
White Spirits	TM
Shellsol A / Shellsol A100	T
Terpentin	TM
Xilen	T
Toluen	TM
Isopropanol	NM
Etanol	NM
Aceton	N
Dowanol PM	N
Shellsol 71	NP
Shellsol 340 HT	TM
Shell Mineral Spirits 145	TM

T	Topivo	<i>Bistra otopina.</i>
TM	Topivo Maglovito	<i>U potpunosti otopljena, blago mutna otopina.</i>
TV	Topivo Viskozno	<i>Bistra, vrlo viskozna otopina.</i>
TT	Topivo s talogom	<i>Talog na dnu.</i>
DTG	Djelomično Topiv Gel	<i>Smola se otapa u obliku čistog mekanog gela u dvofaznoj smjesi s otapalom na vrhu.</i>
DTČG	Djelomično Topiv Čvrsti Gel	<i>Smola se otapa u obliku čvrstog gela u dvofaznoj smjesi s otapalom na vrhu.</i>
NM	Netopivo Mliječno	<i>Netopivo, ali ubrzo nabubri i izbljedi, otapalo izgleda mliječno.</i>
NP	Netopivo Prozirno	<i>Netopivo, ali mali dio smole nabubrio je do mjere da se zadržao na dnu, otapalo je bistro.</i>
N	Netopivo	<i>Netopivo, netopiva smola nepomično ostaje na dnu.</i>

MS2A	
Shellsol T, Shellsol TD	T
Shellsol D40	T
White Spirits	T
Shellsol A / Shellsol A100	T
Terpentin	T
Xilen	T
Toluen	T
Isopropanol	T
Etanol	TT
Aceton	NP
Dowanol PM	T
Shellsol 71	T
Shellsol 340 HT	T
Shell Mineral Spirits 145	T

T	Topivo	<i>Bistra otopina.</i>
TM	Topivo Maglovito	<i>U potpunosti otopljena, blago mutna otopina.</i>
TV	Topivo Viskozno	<i>Bistra, vrlo viskozna otopina.</i>
TT	Topivo s talogom	<i>Talog na dnu.</i>
DTG	Djelomično Topiv Gel	<i>Smola se otapa u obliku čistog mekanog gela u dvofaznoj smjesi s otapalom na vrhu.</i>
DTČG	Djelomično Topiv Čvrsti Gel	<i>Smola se otapa u obliku čvrstog gela u dvofaznoj smjesi s otapalom na vrhu.</i>
NM	Netopivo Mliječno	<i>Netopivo, ali ubrzo nabubri i izblijedi, otapalo izgleda mliječno.</i>
NP	Netopivo Prozirno	<i>Netopivo, ali mali dio smole nabubrio je do mjere da se zadržao na dnu, otapalo je bistro.</i>
N	Netopivo	<i>Netopivo, netopiva smola nepomično ostaje na dnu.</i>

Laropal A81	
Shellsol T, Shellsol TD	N
Shellsol D40	N
White Spirits	N
50 % Shellsol D40 + 50 % Shellsol A	T
Shellsol A / Shellsol A100	T
Terpentin	T
Xilen	T
Toluen	T
Isopropanol	T
Etanol	T
Aceton	T
Dowanol PM	T
Shellsol 71	N
Shellsol 340 HT	N
Shell Mineral Spirits 145	T

T	Topivo	<i>Bistra otopina.</i>
TM	Topivo Maglovito	<i>U potpunosti otopljena, blago mutna otopina.</i>
TV	Topivo Viskozno	<i>Bistra, vrlo viskozna otopina.</i>
TT	Topivo s talogom	<i>Talog na dnu.</i>
DTG	Djelomično Topiv Gel	<i>Smola se otapa u obliku čistog mekanog gela u dvofaznoj smjesi s otapalom na vrhu.</i>
DTČG	Djelomično Topiv Čvrsti Gel	<i>Smola se otapa u obliku čvrstog gela u dvofaznoj smjesi s otapalom na vrhu.</i>
NM	Netopivo Mliječno	<i>Netopivo, ali ubrzo nabubri i izbljedi, otapalo izgleda mliječno.</i>
NP	Netopivo Prozirno	<i>Netopivo, ali mali dio smole nabubrio je do mjere da se zadržao na dnu, otapalo je bistro.</i>
N	Netopivo	<i>Netopivo, netopiva smola nepomično ostaje na dnu.</i>

Paraloid B72	
Shellsol T, Shellsol TD	N
Shellsol D40	N
White Spirits	N
Shellsol A / Shellsol A100	T
Terpentin	DTČG
Xilen	T
Toluen	T
Isopropanol	DTG
Etanol	DTG
Aceton	T
Dowanol PM	T
Shellsol 71	N
Shellsol 340 HT	N
Shell Mineral Spirits 145	N

T	Topivo	<i>Bistra otopina.</i>
TM	Topivo Maglovito	<i>U potpunosti otopljena, blago mutna otopina.</i>
TV	Topivo Viskozno	<i>Bistra, vrlo viskozna otopina.</i>
TT	Topivo s talogom	<i>Talog na dnu.</i>
DTG	Djelomično Topiv Gel	<i>Smola se otapa u obliku čistog mekanog gela u dvofaznoj smjesi s otapalom na vrhu.</i>
DTČG	Djelomično Topiv Čvrsti Gel	<i>Smola se otapa u obliku čvrstog gela u dvofaznoj smjesi s otapalom na vrhu.</i>
NM	Netopivo Mliječno	<i>Netopivo, ali ubrzo nabubri i izblijedi, otapalo izgleda mliječno.</i>
NP	Netopivo Prozirno	<i>Netopivo, ali mali dio smole nabubrio je do mjere da se zadržao na dnu, otapalo je bistro.</i>
N	Netopivo	<i>Netopivo, netopiva smola nepomično ostaje na dnu.</i>

Regalrez 1094	
Shellsol T, Shellsol TD	T
Shellsol D40	T
White Spirits	T
Shellsol A / Shellsol A100	T
Terpentin	T
Xilen	T
Toluen	T
Isopropanol	N
Etanol	N
Aceton	NP
Dowanol PM	N
Shellsol 71	T
Shellsol 340 HT	T
Shell Mineral Spirits 145	T

T	Topivo	<i>Bistra otopina.</i>
TM	Topivo Maglovito	<i>U potpunosti otopljena, blago mutna otopina.</i>
TV	Topivo Viskozno	<i>Bistra, vrlo viskozna otopina.</i>
TT	Topivo s talogom	<i>Talog na dnu.</i>
DTG	Djelomično Topiv Gel	<i>Smola se otapa u obliku čistog mekanog gela u dvofaznoj smjesi s otapalom na vrhu.</i>
DTČG	Djelomično Topiv Čvrsti Gel	<i>Smola se otapa u obliku čvrstog gela u dvofaznoj smjesi s otapalom na vrhu.</i>
NM	Netopivo Mliječno	<i>Netopivo, ali ubrzo nabubri i izblijedi, otapalo izgleda mliječno.</i>
NP	Netopivo Prozirno	<i>Netopivo, ali mali dio smole nabubrio je do mjere da se zadržao na dnu, otapalo je bistro.</i>
N	Netopivo	<i>Netopivo, netopiva smola nepomično ostaje na dnu.</i>

Sažetak:

Paraloid B72	100 % aromatska otapala *
Laropal A81	30 - 50 % aromatska otapala
Damar	5 - 15 % aromatska otapala
MS2A	1 % aromatska otapala
Regalrez 1094	0 % aromatska otapala

* *Areni ili aromatski ugljikovodici su ciklični ugljikovodici specifične strukture. Prsten je građen od šest atoma ugljika koji su međusobno povezani u pravilan šesterokut s naizmjeničnom jednostrukom i dvostrukom kovalentnom vezom. Takav se prsten naziva aromatskom jezgrom.*

Areni su tekućine ili čvrste tvari karakterističnog mirisa. Vrelište im raste s porastom relativne molekularne mase. Ne otapaju se u vodi, ali se dobro otapaju u organskim otapalima. Imaju niska vrelišta te hlape na sobnoj temperaturi, a njihove su pare zapaljive te u smjesi sa zrakom eksplozivne. Osim toga, pare su štetne za zdravlje te se smatra da su kancerogene.

(wikipedia.org)

Priprema laka:

$$\begin{array}{c} \textit{odnos težina - težina} \\ \\ 20 \text{ g smole} \\ + \\ 80 \text{ g otapala} \\ \hline 100 \text{ g laka} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \textit{odnos težina - volumen} \\ \\ 20 \text{ g smole} \\ + \\ \text{otapalom napuniti do razine od 100 ml.} \end{array}$$

ili

$$\begin{array}{c} 20 \text{ g smole} \\ + \\ 80 \text{ ml otapala} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} 20 \text{ g smole} \\ + \\ 100 \text{ ml otapala} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} 20 \text{ g smole} \\ + \\ 100 \text{ g otapala} \end{array}$$

Dodavanje Tinuvina 292:

$$\begin{array}{c} 20 \text{ g Regalreza 1094} \\ \times \\ 0,02 \text{ (2 \% težine sintetske smole)} \\ \hline 0,4 \text{ g Tinuvina 292 (ili 0,4 ml)} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} 20 \text{ g Damara} \\ \times \\ 0,03 \text{ (3 \% težine prirodne smole)} \\ \hline 0,6 \text{ g Tinuvina 292 (ili 0,6 ml)} \end{array}$$

Osnovne proporcije za korištenje:

Damar:

- 1) 20 g Damara + 100 ml Terpentina + 0,6 g Tinuvina 292 (3 % težine smole).
- 2) 20 g Damara + 85 ml Shellsola D40 + 15 ml Shellsola A + 0,6 g Tinuvina.
- 3) 20 g Damara + 100 ml Shellsola D40 + 0,6 g Tinuvina.

Laropal A81:

- 4) 20 g Laropala + 50 ml Shellsola D40 + 50 ml Shellsola A + 0,4 g Tinuvina (2 % težine smole).
- 5) 20 g Laropala + 50 ml Shellsola D40 + 50 ml Shellsola A + 0,4 g Tinuvina + 1 g voska (5 %).

Regalrez 1094:

- 6) 20 g Regalreza + 100 ml Shellsola T + 0,4 g Tinuvina (2 % težine smole).
- 7) 20 g Regalreza + 100 ml Shellsola D40 + 0,4 g Tinuvina.
- 8) 20 g Regalreza + 100 ml Shellsola D40 + 0,4 g Tinuvina + 2 g voska (10 %).

Paraloid B72:

- 9) 10 g Paraloida + 50 ml Xilena + 50 ml Shellsola A.
- 10) 10 g Paraloida + 100 ml Shellsola A.
- 11) 5 g Paraloida + 100 ml Shellsola A.

MS2A:

- 12) 20 g MS2A + 100 ml Shellsola T + 0,4 g Tinuvina (2 % težine smole).
- 13) 20 g MS2A + 100 ml Shellsola D40 + 0,4 g Tinuvina + 2 g voska (10 %).

* Na težinu smole za prskanje koristi se 10 % voska, što je ekvivalent na 5 % kada koristimo kist.

Radovi s novim lakovima

Program 2013. godine

Odjel za štafelajno slikarstvo, Odsjek III, Zagreb

Voditeljica odsjeka: Jelena Pasarić



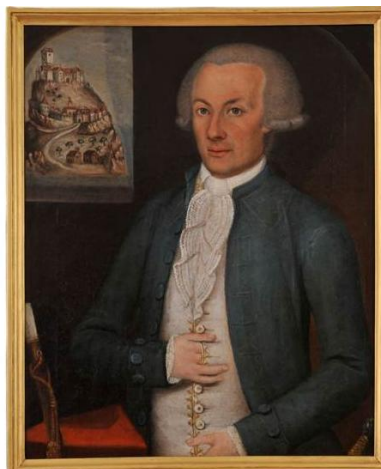
„Blago na potoku”, Galerija likovnih umjetnosti Osijek

Lak: Laropal A81



„Gašpar Orešković”, HPM Zagreb

Lak: Damar + Shellsol D40 + Shellsol A



„Josip Vinko Marochino”, HPM Zagreb

Međulak: Laropal A81

Završni lak: Regalrez 1094 + vosak



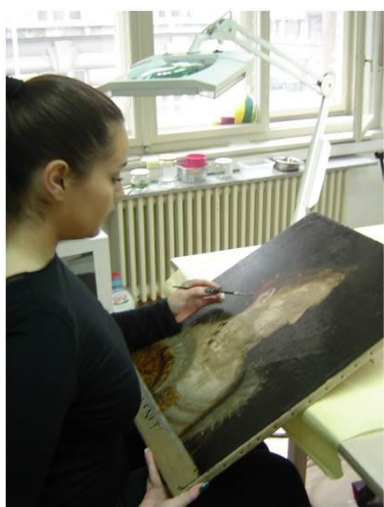
„Sveti Josip s djetetom”, Gradski muzej Varaždin

Međulak: Damar
Završni lak: Regalrez 1094 + vosak



Ukrasni okvir slike „Portret grofice Saracini”, Gradski muzej Vukovar

Međulak: Shellac
Završni lak: Regalrez 1094 u Shellsolu D40



„Portret nepoznate žene”, Dvorac Trakošćan

Međulak: Laropal A81
Završni lak: Regalrez 1094 + vosak



„Uznesenje i krunjenje Marijino”, Gradski muzej Varaždin

Međulak: Laropal A81

Završni lak: Regalrez 1094 + vosak

Radionica u HRZ-u:





Sadržaj

❖ Sadržaj tečaja	3
❖ Predavači	4
❖ Uvod	5
❖ Lak	6
❖ Kemija degradacije laka	8
❖ Damar: istraživanja	10
❖ Sintetske smole	18
❖ Stabilizacija lakova	21
❖ Svojstva lakova	24
❖ Razlika među različitim lakovima	26
❖ Razlike u sušenju smola	27
❖ Naboranost i raspršivanje svjetlost	28
❖ Hrapavost površine i odraz slike	29
❖ Retuš	32
❖ Smjese otapala	36
❖ Otapala (razno)	36
❖ Bilješke	37
❖ Tablice topivosti smola	44
❖ Priprema laka	50
❖ Osnovne proporcije za korištenje	51
❖ Radovi s novim lakovima	52
❖ Radionica u HRZ-u	55

Zahvaljujem voditeljici Odsjeka III Jeleni Pasarić na povjerenju i kolegama Vlatki Rudeš Vončina, Miji Krkač, Marku Begović, Mireli Mateljak, Dragutinu Furdju i Steli Grmoljez na nesebičnoj pomoći i strpljenju.

