

**UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA RESTAUROVÁNÍ**

**SROVNÁNÍ TRADIČNÍCH A MODERNÍCH
KONSOLIDAČNÍCH PROSTŘEDKŮ
PRO ZPEVNĚOVÁNÍ BAREVNÉ VRSTVY
NÁSTĚNNÉ MALBY**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**AUTOR PRÁCE: Magdalena Třesohlavá
VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Karol Bayer**

2006

Fakulta restaurování
Katedra chemické technologie
Akademický rok: 2005 – 2006

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE - T

Pro: **Magdalena Třesohlavá**

Studijní program: **Výtvarná umění**

Studijní obor: **Restaurování a konzervace nástěnné malby a sgrafita
(8206R049)**

Název tématu: **Srovnání tradičních a moderních konsolidačních prostředků
pro zpevňování barevné vrstvy nástěnné malby**

Zásady pro zpracování:

- literární rešerše na téma zpevňování barevné vrstvy nástěnné malby
- příprava vhodných substrátů pro odzkoušení účinností vybraných prostředků
- aplikace a srovnání základních vlastností vybraných zpevňovacích prostředků na připravených substrátech
- srovnání jednotlivých prostředků z hlediska jejich odolnosti vůči degradaci

Seznam odborné literatury:

- Philippot, P.; Mora, P.; Mora, L.; *The conservation of wall paintings*, 1984
- Vaněček, I.; *Nástěnná malba*, STOP
- Genkinger, K., *Festigung von Wandmalereien mit Celluloseethern und Kieselsäureester: Wirkungsweisen und Möglichkeiten einer Überprüfung. (Conservation of wall paintings with cellulose ethers and ethyl silicate: efficiencies and the possible use of different Examination techniques.)*, dipl., Fachhochschule Postdam. Germany (2001)
- Časopisy Restauro, Studies in Conservation
- Databáze AATA – *Abstracts of International Conservation Literature*

Rozsah: 60 – 80 stran

Vedoucí práce: Ing. Karol Bayer

Vedoucí katedry: Ing. Karol Bayer

Datum zadání práce: 9. 12. 2005

Termín odevzdání práce: Pět týdnů před termínem konání zkoušky

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice (pobočka FR Litomyšl)

V Litomyšli dne

Magdalena Třesohlavá

Za spolupráci, cenné rady a odbornou pomoc při vzniku této práce bych ráda poděkovala Ing. Karolu Bayerovi, Ing. Renatě Vyskočilové, PhMr. Bronislavě Bacílkové a Dr. Ing. Michalu Ďurovičovi.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá srovnáním konsolidačních prostředků používaných pro upevňování barevné vrstvy nástěnné malby. První část práce pojednává o problémech degradace nástěnných maleb a možnostech jejich ochrany nejrůznějšími fixážními prostředky. V této části jsou představeny materiály používané pro konsolidaci barevné vrstvy jak v současné době, tak i v minulosti. V druhé, praktické, části jsou představeny vybrané fixativy z řad historických i současných a v několika testech jsou porovnány jejich vlastnosti. Pro laboratorní testy bylo zhotoveno několik tělísek imitujících různé techniky nástěnné malby, dále byla připravena inertní sklička a také vzorky pro zkoumání biologické odolnosti fixativů. Zkoumány byly především optické vlastnosti, změny barevné vrstvy po umělém stárnutí a reversibilita jednotlivých prostředků.

This bachelor work is about consolidation materials used for painted layers in wall paintings. The first part of the work describes different techniques of wall paintings, problems of their degradation and possibilities of their preservation by different fixatives. Many kinds of consolidants used in restoration in the past and also modern synthetic ones are described here. The second part of the work is practical. We chose the most used historical and modern consolidants and we compared their properties. We prepared substrates which imitate four techniques of wall paintings, inert pieces of glass and also samples for laboratory testing on biological degradation. We compared their optical properties, changes in the painted layer after accelerated ageing, and their reversibility.

Obsah

1. Úvod	9
TEORETICKÁ ČÁST	10
2. Nástěnné malby a jejich koroze	10
2.1. Techniky nástěnné malby.....	10
2.2. Degradace nástěnných maleb.....	11
2.3. Degradace a konsolidace barevné vrstvy nástěnné malby.....	13
2.4. Degradace a konsolidace barevné vrstvy nástěnné malby.....	15
3. Fixážní prostředky nástěnné malby	18
3.1. Použití fixážních prostředků.....	18
3.2. Vlastnosti fixážních prostředků.....	20
3.2.1. Požadavky na fixážní prostředky.....	20
3.2.2. Chemické složení, struktura a vlastnosti.....	21
3.3. Dělení fixážních prostředků.....	24
3.3.1. Anorganické konsolidanty.....	26
a) Vodní sklo.....	26
b) Vápenná voda.....	26
c) Vápenná disperze v alkoholu.....	28
3.3.2. Organické konsolidanty.....	28
3.3.2.1. Přírodní materiály.....	28
a) Polysacharidy.....	30
b) Proteiny.....	33
c) Rostlinné oleje – vysychavé.....	36
d) Pryskyřice.....	37
e) Vosky.....	41
3.3.2.2. Syntetické materiály.....	42
a) Polyvinylacetát.....	44
b) Polyvinylalkohol.....	44
c) Akryláty.....	44
d) Deriváty celulózy.....	46
3.3.3. Organokřemičitany.....	52

PRAKTICKÁ ČÁST	54
4. Vybrané fixážní prostředky	54
4.1. Primal SF016.....	55
4.2. Paraloid B72.....	56
4.3. Fungosil Steinfestiger 100.....	57
4.4. Tylose MH 300.....	58
4.5. Klucel G.....	58
4.6. Kožní klič.....	59
4.7. Čpavkový kasein.....	60
4.8. Vaječná emulze.....	60
5. Příprava substrátů pro laboratorní zkoušky	62
5.1. Tělíska imitující techniky nástěnné malby.....	62
5.2. Barevná sklíčka.....	63
5.3. Čirá sklíčka.....	64
5.4. Vzorčky na zkoušky bioodolnosti.....	65
6. Metody zkoumání	65
6.1. Tělíska imitující techniky nástěnných maleb.....	65
6.1.1. Optické pozorování změn na tělískách.....	65
6.2. Barevná sklíčka.....	66
6.2.1. Optické pozorování změn na barevných sklíčkách.....	66
6.2.2. Měření barevných změn na sklíčkách kolorimetrem.....	66
6.2.3. Scotch tape test.....	67
6.2.4. Test stíhatelnosti barevné vrstvy.....	67
6.3. Čirá sklíčka.....	68
6.3.1. Optické vlastnosti filmu.....	68
6.3.2. Zkoušky reversibility.....	68
6.4. Vzorčky na zkoušky bioodolnosti.....	69
6.4.1. Antifungální vlastnosti.....	69
6.4.2. Podpora nárůstu plísní.....	70
7. Výsledky měření	71
7.1. Tělíska imitující techniky nástěnných maleb.....	71
7.1.1. Optické pozorování změn na tělískách.....	71
7.2. Barevná sklíčka.....	74

7.2.1.	Optické pozorování změn na barevných sklíčkách.....	74
7.2.2.	Měření barevných změn na sklíčkách kolorimetrem.....	75
7.2.3.	Scotch tape test.....	77
7.2.4.	Test stíhatelnosti barevné vrstvy.....	78
7.3.	Čirá sklíčka.....	78
7.3.1.	Optické vlastnosti filmu.....	78
7.3.2.	Zkoušky reversibility.....	79
7.4.	Vzorky na zkoušky bioodolnosti.....	80
7.4.1.	Antifungální vlastnosti.....	80
7.4.2.	Podpora nárůstu plísní.....	80
8.	Závěr.....	82
9.	Poznámky.....	85
10.	Literatura.....	88
11.	Prameny.....	90
11.1.	Studijní materiály.....	90
11.2.	Internetové adresy.....	90
11.3.	Technické listy.....	90
11.4.	Propagační materiály.....	91
12.	Textová příloha.....	92
12.1.	Vlastnosti etherů celulosy.....	92
12.2.	Recepty na vaječnou temperu (emulzi).....	94
12.3.	Kasein pro fixáž maleb přenesených na novou podložku.....	96
13.	Obrazová příloha.....	97
14.	Údaje pro knihovnickou databázi.....	133

1. Úvod

Výzkum a vývoj technologií a materiálů není nikdy u konce a stále se objevují nové prostředky a materiály. Tato skutečnost se dotýká všech oborů lidské činnosti včetně péče o památky. Restaurátor se ve své praxi setkává s velkým množstvím materiálů s různými vlastnostmi a způsobem použití. Široký výběr umožňuje použít co nejvhodnější prostředek na konkrétní problematiku, proto je však důležité znát vlastnosti jednotlivých konzervačních materiálů, dokázat je porovnat a vybrat tu nejvhodnější variantu. Orientace na tak širokém poli však může být mnohdy obtížná a často chybí objektivní srovnání.

Náplní této bakalářské práce je porovnání vlastností různých konzervačních prostředků pro fixaci barevné vrstvy nástěnné malby. Pro srovnání byly vybrány jak současné materiály, tak i dříve tradičně používané přírodní látky.

První část bakalářské práce je věnovaná teoretickému pojednání o nástěnných malbách a jejich korozi, zejména v souvislosti s degradací barevné vrstvy. Dále jsou v první části představeny jednotlivé typy fixačních prostředků.

Druhá část je zaměřena na experimentální zkoušky vybraných materiálů. Zkoušky jsme prováděli na různých substrátech. Naším cílem bylo porovnání optických změn způsobených fixací barevné vrstvy, změn způsobených stárnutím, zkoušení reversibility a testování biologické odolnosti.

TEORETICKÁ ČÁST

2. Nástěnné malby a jejich koroze

Pro pochopení problematiky nástěnné malby je nutné se jí zabývat jako celkem, který je nedílnou součástí architektury. Vlastnosti, chování a postupná degradace závisejí na mnoha činitelích, které úzce souvisejí s umístěním a provedením malby.

Za nástěnné malby jsou obecně považovány veškeré malby na nepřenosném silikátovém podkladu, kterým je ve většině případů omítnutá zeď nebo strop (výjimku tvoří transfery). Není zájmem této práce zmapovat veškeré typy a výjimky co se týče nástěnného malířství, ale spíše přiblížit základní techniky a jejich korozní procesy.

Nejčastějším podkladem pro nástěnnou malbu je vápenná omítka, jejíž základními složkami je hašené vápno jako pojivo a písek jako plnivo. Technika nanášení omítkových vrstev prodělala svůj vývoj od dob antiky až dodnes. Tradičním případem výstavby omítkových vrstev je způsob, kdy se na hrubou jádrovou omítku nanese po jejím zavadnutí jemnější a tenčí arriccio, na které se nakonec natáhne subtilní vrstva intonaca, které se nejčastěji skládá z mramorové moučky a vápna. Postup výstavby se však může lišit podle lokality, období a slohových požadavků.

2.1. Techniky nástěnné malby

Není záměrem této práce podrobně se zabývat jednotlivými technikami nástěnných maleb, kterých je mnoho. Pro orientaci jsou zde nastíněny pouze základní typy maleb, na kterých byly fixážní prostředky testovány. Ostatní typy nástěnných maleb jsou pouze vyjmenovány. Způsob vytvoření nástěnné malby má určující faktor pro stanovení metody restaurování, neboť různé typy maleb jsou náchylné k odlišným a pro ně specifickým korozním pochodům. Dalšími faktory ovlivňujícími stav malby je celkový stav stěny a celé stavby, klimatické podmínky a další souvislosti.

Pravá freska (*buon fresco*)

Freska je klasický způsob provedení nástěnné malby. Je to malba pigmenty rozpuštěnými pouze ve vodě (někdy také ve vápenné vodě) do vlhké omítky. Při vysychání dochází ke karbonatizaci, čímž se pigmenty s podkladem pevně spojí a malba se stane nerozpustnou. Barvy po vyschnutí omítky značně zesvětlají. Omítka je silně alkalická, což ovlivňuje výběr pigmentů – musíme vyloučit pigmenty, které jsou citlivé na alkalické prostředí. Fresky byly často dokončovány technikou secco.

Pravá freska je z nástěnných maleb po staletí nejodolnější. Ale i přesto trpí dnešním znečištěným ovzduším, kyselými dešti a smogem.

V našem případě jsme pro účel zkoušek vytvořili imitaci klasické freskové techniky, tj. malba pigmenty smíchanými s vodou do čerstvé omítky.

Malba vápennými barvami

Existuje několik podobných postupů, které lze označit jako malbu vápennými barvami (*fresco-secco*, nebo také v německý název *Kalkmalerei*). Může to být jak zmiňovaná freska s pigmenty spojenými vápenným mlékem (tzv. *mezzo-fresco*), tak malba malovaná ve fresce na čerstvý vápenný nátěr. Tyto techniky mohou být také různě modifikované, např. přidávkem klišu, nebo kaseinu, čímž se přibližují technice secco. Malba může být provedena také na omítku, která byla nanesena den předem, a ze které se odstraní tenká povrchová křusta uhličitanu vápenatého a povrch se poté ožíví vápenným nátěrem. Pokud je omítka již stará, je nutné ji předem očistit, odrhnout a omýt horkou vodou a poté opatřit vápenným nátěrem. Jelikož jsou pigmenty rozdělané s vápenným mlékem alkalické, je nutné si při jejich výběru počínat stejně jako u fresky. Také v tomto případě barvy po zaschnutí zesvětlají.

V našem případě jsme vytvořili vzorky, připravené z pigmentu spojeného vápnem (částečně nahrazeném vápencovou moučkou) nanášeného na vyschlou omítku.

Secco

Při této technice se maluje na starou omítku pigmenty s pojivem rozpuštěným ve vodě. Pojivem může být kaseinový roztok připravený třením tvarohu s vápnem, nebo pojiva na bázi klišu, žloutku či bílku.

V případě secco techniky jsme si pro naše účely připravili vzorky imitující malbu vápenným kaseinem, kdy je malováno pigmentem pojeným roztokem kaseinu a vápna na vyzrálou omítku. Z receptů jsme vybrali ten nejjednodušší, bez dalších přísad.

Tempera

Na zeď se maluje pigmenty pojenými určitým přírodním pojítkem s emulgačními vlastnostmi. Nejčastěji používanou tradiční technikou je malba vaječnou emulzí (temperou), která obsahuje celé vejce nebo pouze vaječný žloutek, a menší díl lněného oleje (nejčastěji 1/2). Emulze je rozmíchaná ve vodě a může být dále modifikována různými přísadami, které upravují vlastnosti filmu po vyschnutí nebo ho chrání před napadením mikroorganismy. Při malbě temperovou technikou na zeď může být podklad upraven podobně jako podklad tradiční deskové malby, na kterou byla tato technika v době svého největšího rozkvětu uplatňována. Zeď může být v tomto případě opatřena klišokřídovým nátěrem pro vyrovnání savosti a struktury podkladu. Je to mastná technika.

V našem případě nabyl podklad barevné vrstvy nijak upravován a zvolen byl opět nejjednodušší způsob přípravy bez dalších modifikací.

Další techniky nástěnné malby:

Enkaustika - Malba na hladkou omítku horkým voskem s pryskyřičným balzámem. Jedná se o starověkou techniku.

Olejomalba na zdi - Po snížení savosti zdi (nátěrem šelaku v lihu, nebo vodným roztokem kaseinu) se na zeď nanese klasický podklad užívaný pod olejomalbu na plátně, na kterou se poté maluje olejovými barvami. Tato technika je však velmi problematická.

Marouflage - Způsob přenesení malby na plátně na zeď.

Malba silikátovými barvami (tzv. stereochromie) Tato technika souvisí s vodním sklem, které se používalo od poloviny 19. století jako konzervační prostředek na kámen, omítky a nástěnné malby. Malba pigmenty pojenými nejčastěji draselným vodním sklem na vyzrálou omítku. Tato metoda je sporná neboť často způsobuje druhotné zasolení a snadno se zakaluje. Je alkalická, podobně jako fresková technika.

Malba akrylovými barvami

2.3. Degradace nástěnných maleb

Stanovení příčin poškození je u nástěnné malby obtížnější než v jiných oborech restaurování. Je to tím, že nástěnná malba je pevně spojena se stěnou, respektive s celou stavbou, ať už je umístěná v interiéru či v exteriéru. Tato skutečnost vytváří pro malbu určité podmínky, které nemusí být vždy optimální. Nevhodné podmínky jsou často příčinou koroze nástěnných maleb a nezřídka se stává, že jeden typ poškození dává vhodné podmínky pro další korozní proces a může tak vzniknout nezadržitelná řetězová reakce vedoucí až k zániku samotné malby. Aby k takovým případům nedocházelo, je nezbytné nalézt a odstranit prvotní příčinu korozního procesu.

Kromě podmínek, ve kterých se malba vyskytuje, nám může být dobrým vodítkem právě způsob vytvoření malby, použité materiály, způsob výstavby podkladu, nebo také doklady o předchozích restaurátorských či jiných zásazích. Jedním z nejdůležitějších aspektů je samozřejmě dobrý celkový stav objektu, se kterým je malba spjatá.

Příčiny poškození rozdělujeme na vnitřní, které jsou dané vlastnostmi materiálů a použitou technologií a na vnější, které souvisejí s působením okolí.

Použití rozdílných materiálů v přípravě podkladu, tj. kombinace cihel a kameniva, které mají rozdílnou prodyšnost tepelnou vodivost. V důsledku toho vznikají v místech s rozlišnými vlastnostmi tzv. tepelné mosty a dochází zde ke kondenzaci vodních par.

Zanedbání přípravy podkladu může mít za následek slabou přídržnost, která způsobuje odpukávání omítky a tvoření dutin pod povrchem.

Další příčina může být ve špatném složení omítek, a to jak zvolením nevhodného či nekvalitního materiálu, nebo špatným poměrem mísení vápna s pískem. Nevhodným postupem při zpracování omítky může docházet k tvorbě prasklin.

Nástěnná malba vyžaduje pečlivý výběr pigmentů. Jedním z požadavků je světlostálost, tedy aby se odstín neměnil vlivem slunečního záření (především působením jeho UV složky). Mnohé z nástěnných technik jsou alkalické, je to freska, malba vápennými barvami, kaseinová tempera a technika malby vodním sklem. Tyto techniky si tudíž vyžadují použití pigmentů stálých v alkalickém prostředí¹.

U techniky secco hrozí při použití přebytku organických pojiv, tzv. překlížení, nebezpečí vzniku neprodyšného filmu, který se vysycháním smršťuje a praská, odlupuje se v miskovitých šupinkách a může s sebou odtrhávat i

podkladovou omítku. Podobná situace může nastat i při použití nevhodného, nebo příliš koncentrovaného fixativu. Historicky používaná přírodní pojiva jsou také snadno napadnutelná mikroorganismy a degradují vlivem škodlivin obsažených ve vzduchu. Degradace organických pojiv je často doprovázena barevnými změnami, např. žloutnutím a tmavnutím.

Zasolení je vážným problémem nástěnných maleb, navíc bývá často spojeno se vztlínající vlhkostí, která urychluje korozní proces solí. Přirozená vlhkost zdiva se pohybuje mezi 2 - 5% hmotnosti², ale v praxi může být toto množství několikrát překročeno. Zavlhčení objektu může mít různý původ:

- zatékající vlhkost (poruchy střechy)
- vsakování dešťové vody
- vztlínající vlhkost
- kondenzace vlhkosti
- hygroskopická vlhkost

Pokud dojde k zamrznutí vody ve zdivu, může dojít k jejímu rozpínání a praskání. Voda může ze zdiva vyplavovat pojivo, čímž zdivo i malba postupně práškovaní a drolí se. Vodorozpustné soli, migrující se vztlínající vlhkostí, mohou na povrchu nebo i pod povrchem krystalizovat, přičemž působí mohutnými krystalizačními tlaky, které mohou omítku či barevnou vrstvu odtrhávat. Různé soli mají rozdílné vlastnosti i původ. V nástěnné malbě se nejčastěji setkáváme s chloridy, dusičnany a sírany.

Na chování solí mají značný vliv klimatické podmínky prostředí. Nejhorším případem je kolísavá vlhkost, kdy soli neustále cyklicky krystalizují a hydratují. Při náhlém snížení vlhkosti dochází často k subflorescenci. Dalším hlediskem, je velikost a rozložení pórů zdiva a omítky.

Při konzervování nástěnné malby, u které není možné úplné odsolení³, je nutné použít takové konsolidační a fixační materiály, které neomezují prodyšnost omítkových vrstev. Pokud by došlo k ucpání struktury a vytvoření filmu na povrchu, mohla by se malba s intonakem (v závislosti na hloubce zpevnění povrchu) odtrhnout působením subflorescence solí, vznikajících pod touto neprodyšnou vrstvou.

I sama dešťová voda je pro nástěnné malby často velmi agresivní. Největším problémem jsou kyselé deště. Z kyselého deště se na nástěnnou malbu přenášejí nečistoty z ovzduší jako je prach, kyselinotvorné plyny, především sírany a oxidy dusíku. Na povrchu může docházet k tvorbě krust, v případě silného splachování se může vápenné pojivo vymývat.

Kondenzační vlhkost je zvláště nebezpečná v nevětraných objektech kde

dochází nárazově ke zvýšení teploty a vlhkosti vzduchu, který kondenzuje na chladných zdech (typickým příkladem je větrání prochladlých kostelů v prvních teplých dnech na jaře).

Vlivem extrémních teplot se nástěnné malby vysušují, mohou také popraskat. Přesušení má negativní dopad zejména na organické pojivo, které tak snadno práškovatí a odlupuje se.

Nástěnné malby a jejich podklad můžou narušovat také výkyvy teplot. Zejména v případě, kdy jsou při sobě použity materiály s rozdílnou teplotní roztažností. Na jejich plochách dochází při rozdílné roztažnosti ke smykovému tření a může dojít až k odpuknutí.

Dalším problémem nástěnných maleb je mikrobiologické napadnutí. Ve většině případů počíná napadením bakteriemi, které povrch osídlí pokud mají pro sebe vhodné podmínky (vlhkost, nečistoty,...). Tyto organismy vytvářejí živnou půdu pro další potencionální osadníky, jakými jsou řasy, plísně a další. Biologické napadení může mít dvojí charakter: Chemický (např. poškozování povrchu vylučováním organických kyselin působením mikroorganismů) a fyzikální (např. mechanické narušování omítky kořeny rostlin). Zejména organická pojiva jako je vejce nebo kliš jsou snadno napadnutelná plísněmi.

Naposledním činitelem je také vliv světla na barevnost nástěnné malby a také na pojivo. Kromě blednutí dochází časem v některých případech k tzv. fotooxidaci, která se projevuje žloutnutím, tmavnutím, křehnutím a odpadáváním zestárlého pojiva, případně i fixativů. Součástí denního světla je také ultrafialová složka, která negativně působí zvláště na některé syntetické polymery používané jako fixativy.

2.4. Degradace a konsolidace barevné vrstvy nástěnné malby

Všechny popisované faktory a korozní procesy, ovlivňující stav nástěnné malby, nedílně působí na barevnou vrstvu, která je v podstatě nejdůležitější součástí malby.

Korozní procesy působí na pojivo barevné vrstvy, případně i na fixážní prostředek. V některých případech jsou negativně ovlivňovány i pigmenty samotné, nebo probíhá současně degradace pojiva i pigmentů. Barevnou vrstvu ovlivňuje zejména celkový stav nástěnné malby, klimatické podmínky (světlo,

teplo, vlhko) a biologické napadení. Životnost barevné vrstvy dále ovlivňují použité pigmenty, pojivo a také restaurátorské zásahy, které bohužel nemusí vždy vést jen k zachování malby.

Vliv korozních procesů na barevnou vrstvu nástěnné malby:

Odpukávání podkladu – ztráta barevné vrstvy

Světlo, UV záření (fotooxidace) – blednutí pigmentů, žloutnutí, křehnutí a odpukávání pojiva

Extrémní teploty a výkyvy teplot – vysušování a práškovatění organického pojiva, odloupávání způsobené smykovým třením při různé teplotní roztažnosti materiálů

Kondenzační vlhkost – dlouhodobé zavlhnutí povrchu, podpora biologického napadnutí

Děšť, zatékání – vymývání pojiva, rozpouštění barevné vrstvy, vyplavování nečistot, tvorba skvrn a zateklin, podpora biologického napadení

Kyselé deště – tvorba síranových krust s nečistotami, vymývání pojiva, změna barevnosti některých pigmentů

Eflorescence solí – nečitelnost nebo ztráta barevné vrstvy, trvalé zavlhnutí způsobené hygroskopicitou

Nevhodně zvolené pigmenty – degradace a barevné změny způsobené vlivem vlhka, UV záření, působením vzdušného kyslíku, kyselých dešťů a citlivosti na alkálie

Přebytek organického pojiva / fixativu (nevhodný restaurátorský zásah) – odloupávání barevné vrstvy, vytvoření neprodyšného filmu s následným odtrháváním, biologické napadení

Stárnutí organického pojiva – tmavnutí nebo blednutí, žloutnutí

Usazování prachu a nečistot – ztmavnutí povrchu, zhoršená čitelnost, chemické působení nečistot, podpora biologického napadení

Biologické napadnutí – vylučování organických kyselin a enzymů mikroorganismy má za následek tvorbu barevných skvrn a rozklad organického pojiva; dále mohou mikroorganismy mechanicky narušovat podklad a způsobit tím ztrátu barevné vrstvy

Důsledky degradace barevné vrstvy:

a) degradace pojiva

- práškovatění, odloupávání, odpukávání, křehnutí
- biologické napadení
- blednutí, tmavnutí, žloutnutí
- vymytí pojiva

b) degradace pigmentů

- chemická degradace pigmentu
- změna barevnosti
- ztráta pigmentu způsobená rozpadem pojiva

c) degradace konsolidačního (fixážního) prostředku

- práškovatění, odloupávání, odpukávání, křehnutí
- zesíťování
- biologické napadení
- blednutí, tmavnutí, žloutnutí
- vymytí pojiva

Aby mohla být barevná vrstva nástěnné malby zachována, musí být zastaveny nebo alespoň omezeny korozní procesy a povrch malby musí být ošetřen tak, aby nebyl nadále ohrožován a obnovily se zhoršené mechanické vlastnosti.

Fixáž barevné vrstvy a konsolidace povrchu je způsob, jak zachovat povrch nástěnné malby. V minulosti se využívaly přírodní materiály, běžně používané ve výtvarné praxi, s některými se vyjímečně můžeme setkat i dnes. V současné době je na trhu velké množství syntetických polymerních materiálů na různé bázi. Různé fixážní prostředky mají rozdílné chemické složení a vlastnosti, podle kterých by jsme je měli vybírat pro konkrétní případy nástěnných maleb.

Fixáží by mělo dojít k obnovení vazeb mezi pigmenty a povrchem malby a mezi pigmenty samotnými. Aby byl zákrok úspěšný a trvalý, je vhodné aby fixativ také mírně prostoupil povrchovou vrstvou malby. Aplikovaný fixativ v podstatě nahrazuje ztracené, či degradované pojivo. Fixace však nesmí být přílišná, aby nebyl ucpan mikroporézní systém malby a tím snížena paropropustnost, což by vedlo k další degradaci malby. Fixáž má za úkol pouze obnovit ztracené vazby a ochránit povrch, nikoli vyplnit všechny meziprostory. Dalším důsledkem přílišného zpevnění vedle degradačních procesů je také prosycení a ztmavnutí malby způsobené zvýšením indexu lomu světla.

3. Fixážní prostředky nástěnné malby

3.1. Použití fixážních prostředků

Fixáž či konsolidace barevné vrstvy nástěnné malby je součástí většiny konzervačních a restaurátorských zásahů. V podstatě se jedná o obnovu zhoršených mechanických vlastností povrchu, respektive o nahrazení chybějícího nebo nedostatečně působícího degradovaného pojiva novým materiálem. Fixativ chrání malbu před působením atmosférických podmínek a mechanickým namáháním. Aplikace fixativu může být provedena v různých fázích restaurování. V případě že je povrch malby příliš degradovaný a neunesl by některé zásahy, je vhodné přistoupit k prekonsolidaci slabě koncentrovaným fixativem.

Zhoršené mechanické vlastnosti povrchu se projevují nejčastěji ztrátou pojiva, tvorbou šupinek a práškovatěním barevné vrstvy. Tento stav je nejčastěji způsoben rozpadem původního pojiva a vlivem vnějších a vnitřních podmínek. Pokud je degradace materiálu hloubková a dochází k dezintegraci materiálu, je nutné přistoupit zároveň i k hloubkové konsolidaci. Mnohé konsolidační prostředky lze použít na obě problematiky – jak na hloubkovou konsolidaci, tak i na fixáž povrchu. V každém případě, pokud se rozhodneme třeba jen pro povrchovou fixaci, měli bychom vybrat takový prostředek, který i přesto pronikne alespoň minimálně do povrchové vrstvy (cca 1 - 3 mm). A to z důvodu, aby bylo zpevnění alespoň částečně rovnoměrné a nevznikl na povrchu uzavřený a nepropustný film, který by se za určitých atmosférických podmínek mohl začít oddělovat od povrchu malby.

Vymezení pojmů: fixáž a konsolidace

V problematice zpevnování povrchu nástěnné malby často splývají pojmy fixáž a konsolidace. Fixáží rozumíme povrchové zpevnění barevné vrstvy, zatímco konsolidace je hloubkové zpevnění struktury. V češtině existuje několik výrazů pro tyto materiály a neexistuje mezi nimi přesné rozhraní. V této práci chápeme pod pojmem fixace, fixativ nebo fixážní prostředek (materiál / látka) substanci určenou pouze pro ošetření povrchu. Zatímco výraz konsolidant (konsolidační prostředek / materiál / látka) používáme pro hloubkové zpevnění, ale v případě, že je tato látka prakticky použitelná i pro zpevnění povrchu, používáme tento výraz stejně i pro ošetření povrchu. Vždy záleží na kontextu o jaký způsob použití jde. Naopak pojem adhezivum se pro tyto látky příliš nehodí

a záměrně není používán⁴. Tento pojem popisuje spojení dvou látek (povrchů) a je výstižnější např. při restaurování papíru, knih, nebo obrazů na plátně.

Významová hranice mezi slovy fixážní a fixační je také mlhavá, ale pojem fixační chápeme jako nějaký prostředek který zajišťuje zpevnění, ale není se zpevňovanou látkou neoddělitelně spojen (jako příklad pro srovnání uvádím zubní protézu). Zatímco fixážní prostředek chápeme jako něco co umožní zpevnění aktivním podílením, resp. propojením se zpevňovanou látkou, které dodává pojivové schopnosti.

Způsoby aplikace

Fixativ můžeme aplikovat nástřikem, nátěrem přes japonský papír či netkanou textilií (Netex). Pokud upevňujeme větší nesoudržné šupinky malby, můžeme aplikovat fixativ prostřednictvím injekční stříkačky s jehlou a následně šupinku jemně přitlačit k podkladu (pro přitlačení se osvědčil polštářek vytvořený z PE sáčku vycpaný vatou).

Pokud je malba velmi zpráškovatělá a šupinkovitě se odlupuje od podkladu, je vhodné aplikovat fixativ nátěrem přes netkanou textilií, nebo japonský papír. Po aplikaci fixativu je vhodné přitlačit barevnou vrstvu špachtlí nebo gumovým válečkem.

Pro fixování volíme vždy raději nižší koncentraci konsolidantu, která se pohybuje obvykle mezi 0,5 – 2 %, každý typ fixativu má ovšem různé pojivové schopnosti a rozsah vhodné koncentrace se tedy mění. Pokud se použitá koncentrace ukáže jako nedostatečná a malba se i po aplikaci konsolidantu stírá, je vhodnější aplikaci raději zopakovat, než zvyšovat koncentraci. Pokud je stěna na kterou je fixativ aplikován nedostatečně savá a fixativ se hůře vstřebává, je nezbytné zbytky fixativu ihned po aplikaci odstranit tampónem vaty, abychom zabránili vzniku lesků.

Dalším faktorem který ovlivňuje vlastnosti fixativu je také volba vhodného rozpouštědla, to platí zejména pro syntetické polymerní materiály (akryláty a syntetické pryskyřice).

Způsob nanášení a výběr fixativu volíme vždy individuálně, podle typu a poškození malby a ostatních podmínek. Fixáží se do malby vnáší nové pojivo, proto je důležité, aby svými vlastnostmi odpovídalo původnímu materiálu, ale zároveň bylo odlišitelné a umožňovalo jeho pozdější odstranění bez rizika poškození originálu.

Reverzibilita fixativu je jednou z podmínek jeho výběru, ovšem neexistuje žádný vhodný prostředek, který by byl snadno a beze zbytku odstranitelný, proto je nutné klást vysoké požadavky na vlastnosti fixativu.

3.2. Vlastnosti fixážních prostředků

Kritéria pro výběr fixativu jsou velmi omezující a je v podstatě nemožné nalézt ideální materiál, který by vyhovoval všem požadavkům. Proto musí být výběr konsolidantu vždy pečlivě zvažován vzhledem k tomu na jaký materiál a do jakých podmínek bude aplikován. Musíme si ujasnit, které vlastnosti fixativu jsou pro konkrétní nástěnnou malbu určující a podle těch se zaměřit při výběru. (např.: pokud je nástěnná malba umístěna v dlouhodobě stabilních a vyhovujících klimatických podmínkách – v extrémním případě je to transfer umístěný v muzejní expozici – mohou být použity i prostředky u kterých by za jiných podmínek hrozilo riziko mikrobiologického napadnutí).

Každý fixativ by se měl před použitím na konkrétním materiálu nejprve vyzkoušet ve zvolené koncentraci a rozpouštědle, případně srovnat různě připravené fixativy. Vlastnosti fixativu se totiž mohou lišit nejen použitým pojídlem, ale také rozpouštědlem a způsobem použití. Pro lepší penetraci do konsolidovaného materiálu je vhodné zvolit méně těkavé rozpouštědlo.

3.2.1. Požadavky na fixážní prostředky

Vysoká stabilita (biologická, chemická a fyzikální - zvláště optická a mechanická) - Vlastnosti fixativu by se neměly měnit s jeho stárnutím. Nemělo by docházet k žloutnutí ani jiné změně optických vlastností působením UV záření, tepla a dalších povětrnostních vlivů. Působením paprsků UV by také nemělo docházet ke křehnutí, nebo síťování filmu.

Inertní k ošetřovanému materiálu – Konsolidační prostředek by neměl nijak chemicky působit na ošetřovaný objekt a také by neměl vytvářet žádné vedlejší produkty.

Fyzikální vlastnosti blízké původnímu materiálu – Tento bod může být částečně v rozporu s požadavkem na reversibilitu materiálu, protože ve většině

případů by bylo obtížné po letech odstraňovat materiál, který je chemicky shodný s originálem. Ale my tento požadavek chápeme spíše jako snahu přiblížit vlastnosti použitého prostředku vlastnostem původního materiálu.

Optické vlastnosti – Fixativ by v žádném případě neměl na povrchu restaurovaného objektu vytvořit lesklý či neprodyšný film, neměl by měnit jeho vzhled ani strukturu. Vytvořený film by měl být bezbarvý a barevně stabilní, nemělo by docházet k jeho tmavnutí.

Index lomu světla by měl být co nejnižší, aby nedocházelo k tmavnutí a nežádoucímu prosycení barev.

Adheze a penetrace – Film by měl mít dobré adhezivní vlastnosti a také dobrou penetraci, aby při fixáži nedocházelo k zadržování přebytku konsolidantu na povrchu a tím k tvorbě neprodyšného filmu a případně i lesků. Z toho důvodu je vhodné volit spíše materiály s nižší viskozitou (a nízkou molekulovou hmotností), které lépe penetrují mikroporézním systémem.

Reverzibilita je jedním z nejobtížněji splnitelných požadavků, ve většině případů se nedá úplná reverzibilita konzervačního materiálu zajistit.

Snadná zpracovatelnost a aplikace, materiál by neměl být toxický ani škodlivý.

Cenová dostupnost

Typy fixativů používané v minulosti a dnes se značně liší, ale i v současné době se můžeme v některých případech setkat s použitím tradičních a „osvědčených“ prostředků, je to zejména vaječná emulze, která má stále své příznivce.

Pro testování na vzorcích byly vybrány jak současné materiály (Primal SF016, Paraloid B72, Funcosil Steinfestiger 100, Tylose MH 300 a Klucel G), tak pro srovnání i nejtýpější zástupci přírodních historických materiálů (klíh, čpavkový kasein a vaječná emulze).

3.2.2. Chemické složení, struktura a vlastnosti

Konsolidační látky jsou ve většině případů látky složené z makromolekul – polymerů. Polymery můžeme rozdělit do dvou významných skupin – na polymery přírodní a syntetické, tyto kategorie v podstatě odpovídají tradičním a současným fixačním prostředkům. Základními kategoriemi přírodních polymerů jsou: polysacharidy (rostlinné gummy, škrob, dextransy), proteiny (vaječný bílek a žloutek, kasein, klíh, želatina a albumin), oleje, vosky a pryskyřice.

Množství molekul v polymeru, monomerů, ovlivňuje jeho vlastnosti. S rostoucí molekulovou hmotností roste teplota varu, viskozita a pevnost, naopak klesá rozpustnost, zpracovatelnost a viskozita.

Podle chování při mechanickém namáhání dělíme polymery na termoplasty, u kterých viskozita narůstá a na termosety, které naopak při mechanickém namáhání tuhnou.

Struktura řetězce polymerů může být lineární (tu mívají termoplastické látky), rozvětvená a síťovaná (termosety - jsou málo elastické, víceméně nerozpustné).

Mezi molekulami polymeru působí mezimolekulové síly. Ty jsou slabší než síly působící mezi jednotlivými atomy. Dělíme je do třech kategorií:

- Vodíkové můstky
- Dipólové přitažlivé síly
- Disperzní síly

Elasticita polymerů závisí na jejich tokovém chování, které je charakterizováno modulem pružnosti (E). Polymery s vysokým modulem pružnosti jsou křehčí. Křivka elasticity je charakterizována sklovitým stavem, který při teplotě skelnění (T_g) přechází do elastického stavu a při teplotě tavení (T_m) přechází do plastického stavu. Nízkomolekulární látky přecházejí do plastického stavu rychleji než vysokomolekulární. Tlakem na polymerní látku dochází k deformaci, podle toho zda je deformace vratná či trvalá je dělíme na plastické a elastické.

Pro zvýšení elasticity mohou být použita změkčovadla, která snižují teplotu skelnění čímž setrvává polymer elastický i při nižších teplotách. Vnější změkčovadla jsou nízkomolekulární látky, které jsou přimíchávány do polymerů a oddělují jejich molekuly od sebe (např. ftaláty v PVC). Jejich nevýhodou je, že časem migrují k povrchu, který se poté stává lepkavým, avšak uvnitř materiál křehne). Vnitřní změkčovadla jsou částice, které se naváží přímo na řetězce polymerů a tím je oddělují. V minulosti se jako změkčovadla používal například med a šťáva z fíkovníkových výhonků, dále také glycerol a jiné polysacharidy.

Rozpouštění - polymery, stejně jako ostatní látky, jsou rozpustné v rozpouštědlech s podobnou polaritou. Každou látku charakterizuje poměrové zastoupení mezimolekulárních sil (vodíkové můstky, dipólové síly a disperzní síly). Výsledné působení sil se znázorňuje v trojúhelníkovém diagramu, ve kterém jako vhodné rozpouštědlo hledáme látku s podobným rozvržením mezimolekulárních sil.

V případě fixáže nástěnné malby se s rozpouštědly setkáváme především

ve dvou případech a to při přípravě polymeru jako roztoku v rozpouštědle a při jeho odstraňování z povrchu restaurovaného materiálu. V případě, kdy se jedná o odstranění starého fixativu nastává problém se změnou vlastností polymeru způsobenou stárnutím, kdy může významně klesnout jeho předpokládaná rozpustnost a vlivem oxidace často vzrůstá polarita. Z tohoto důvodu je vhodné si před odstraňováním starých fixačních prostředků udělat vzorky několika rozpouštědel.

Důležitou vlastností při aplikaci fixáže je dobrá smáčivost povrchu, která závisí na viskozitě kapaliny a jejím povrchovém napětí, které musí být nižší než materiál na který je látka nanášena. Povrchové napětí může být sníženo povrchově aktivními látkami.

Vytvoření filmu - film může vznikat několika způsoby, podle toho jakým způsobem je polymer připraven:

- fyzikálně – odpařením rozpouštědla z roztoku nebo dispergační látky z disperze (při vzniku filmu z disperze je nutné aby byla dodržena minimální filmotvorná teplota⁵ - MFT)
- ztuhnutím kapaliny (např. vosky)
- chemicky – např. vznikem příčných vazeb

Film může také vzniknout kombinací více mechanismů.

Stárnutí ovlivňuje vlastnosti polymerů. Působením vysokých teplot může docházet ke štěpení a vzniku vedlejších produktů, nebo k síťování. Světlo, zejména jeho ultrafialová složka způsobuje štěpení řetězců a vznik radikálů. Působením světla dochází k fotodegradaci, která se projevuje také změnou barevnosti. Na polymery mohou negativně působit atmosférické škodliviny, také molekuly kyslíku mohou způsobovat oxidaci a síťování. Voda, nebo zvýšená vlhkost mohou vést k rozkladu hydrolyzou. U filmů z akrylátových disperzí může dlouhodobé působení vody, nebo vlhkosti vést k bobtnání a zakalení filmu. Neposledním činidlem je biodegradace.

Tyto vlivy vedou ke změně optických a mechanických vlastností:

- optické změny: žloutnutí, tmavnutí, tvorba zákalů, ztráta transparence a zvýšení indexu lomu
- mechanické změny: křehnutí, zhoršení rozpustnosti, případně tvorba lepivého povrchu

Abychom zabránili některým korozivním procesům, můžeme do polymerů přidat antioxidanty, které reagují s kyslíkem za vzniku stabilních

sloučenin, UV absorbéry, které přijímají UV záření a vytváření stabilní radikály, poslední ochranou jsou fungicidní nebo biocidní látky. V případě použití polymerů v restaurování jako fixativ nástěnné malby je však vhodné aby byla použita látka co nejčistší a bez dalších příměsí.

3.3. Dělení fixážních a konsolidačních prostředků

Fixážní a konsolidační prostředky nástěnné malby můžeme rozdělit podle několika kritérií: podle původu, podle chemického složení a také je můžeme dělit na historické a současné, průmyslově vyráběné materiály.

Podle původu:

- a) rostlinné, živočišné, minerální
- b) syntetické
- c) přírodní modifikované látky

Podle chemického složení:

- a) anorganické látky – vodní sklo, vápenná voda, vápenná disperze v alkoholu
- b) organické látky – přírodní látky: želatin a klíh, kasein, mléčné a vaječné bílkoviny rostlinné gumy, oleje, vosky, pryskyřice
- syntetické: akryláty, étery celulózy
- c) organokřemičitany (estery kyseliny křemičité) – pohybují se na rozhraní mezi organickými a anorganickými látkami

Historické: vaječné proteiny, kaseináty, klíh a želatiny, arabská guma, tragant, vysychavé oleje, vosky, šelak, pryskyřice
(existuje nespočet receptur, kombinací, přísad a postupů vyvíjených po staletí; některé se z hlediska restaurátorské praxe mohou osvědčit, jiné jsou z dnešního pohledu nepoužitelné)

Syntetické: akrylátová disperze, organokřemičitany, étery celulózy, vodní sklo, akryláty a syntetické pryskyřice
(rozvoj syntetických látek můžeme počítat zhruba od první poloviny

20. století; i v této oblasti byly vyzkoušeny pro restaurování nejrůznější materiály, z nichž jen některé se ukázaly po čase jako vyhovující)

V současné době se začíná opět experimentovat s přírodními anorganickými látkami, které mají v mnoha směrech přijatelnější vlastnosti a složení než syntetické polymery - použití vápenné, nebo vápenné disperze v alkoholu ke konsolidaci nástěnných maleb a omítek

V Japonsku se běžně používá při restaurování papíru a jiných materiálů funuri – bílkovinné pojivo získávané z mořských řas.

Porovnání vlastností anorganických a organických konsolidantů:⁶

I. VÝHODY	
ORGANICKÉ	<ul style="list-style-type: none"> • Podobná struktura původnímu materiálu • Dobrá penetrace (malá molekulární hmotnost) • Vysoká stabilita • Nenarušuje hydrofilní vlastnosti původního materiálu
ANORGANICKÉ	<ul style="list-style-type: none"> • Dobrá adheze • Pružnost • Spojení a zpevnění větších prostor a částic • Reversibilita (u některých) • Snadná aplikace
II. NEVÝHODY	
ORGANICKÉ	<ul style="list-style-type: none"> • Vyplní pouze malé prostory ≤ 50 – 100 μm • Obtížná aplikace • Nereverzibilní • Nelze použít pro prekonsolidaci
ANORGANICKÉ	<ul style="list-style-type: none"> • Nízká penetrace (vysoká molekulová hmotnost) • Některé jsou nestabilní vůči působení UV, O₂, O₃, kyselin a zásad

3.3.1. Anorganické konsolidanty

Anorganické konsolidační látky jsou svojí strukturou podobné materiálům ze kterých se skládá nástěnná malba. Jsou odolné a stálé. Mají však také mnoho nevýhod, zejména jejich neodstranitelnost a možnost tvorby zákalů. U konsolidantů na bázi vápenné vody je to také vysoká míra zavlhčení a zdlouhavá aplikace.

a) Vodní sklo

Vodní sklo je alkalický silikát. Připravuje se tavením oxidu křemičitého s příslušným uhličitanem (alkalické tavení). Rozpouští se ve vodě. Výsledná látka se podobá se sklu. Obsahuje asi 30 % pevné složky, má silně alkalické $\text{pH} > 7$. U tohoto materiálu je riziko vzniku zákalů a výkvětů solí, draselné vodní sklo (K_2CO_3) je častěji používané než sodné (Na_2CO_3), protože má menší destruktivní účinky.

Vodní sklo bylo objeveno 1818 Johanesem Nepomukem von Fuchs, jako konsolidant kamene. Od 19. století se vyrábí nátěrové systémy na bázi draselného vodního skla, které se používají i na památkové objekty, firmu založil Wilhelm Keim. Malba je velmi trvanlivá, nazývá se také stereochromie. Vodní sklo je odolné vůči biologickému napadení i vysokým teplotám. Používá se ke konzervaci kamene a omítek (má podobné vlastnosti křemenu, ale je měkčí). K jeho negativním vlastnostem patří malá penetrace, riziko tvorby zákalů, krust a zasolení. Je obtížně odstranitelné, pouze mechanicky, nebo za použití kyseliny fluorovodíkové, která je však k malbě příliš agresivní. Pro konzervaci nástěnných maleb je vodní sklo ze současného hlediska nevhodné.

V současné době se vyrábí také tzv. desalkalizované vodní sklo, u kterého nehrozí tvorba výkvětů solí, má však nižší míru zpevnění (výrobek Tosil, fa. Tonaso, ČR).

b) Vápenná voda

Vápenná voda obsahuje asi 1,7 g $\text{Ca}(\text{OH})_2$ / l. Nízká rozpustnost hydroxidu vápenatého má za následek jen nízkou účinnost. Nátěry, nebo nástřiky vápennou vodou se musí opakovat cca. 40 x – 100 x, aplikace se provádí do mokré

omítky. Proces se nesmí přerušit, v případě že by omítka vyschla a aplikoval se do ní další nátěr, vzniká riziko vzniku bílého zákalu. Když je omítka nasycená a nepřijímá již další nátěry, musí se proces ukončit.

Hydroxid vápenatý se karbonatizací (reakcí s oxidem uhličitým) mění na uhličitán vápenatý. Výhodou je aplikace stejnorodého materiálu, který se chemicky dobře naváže na původní vápennou omítku. Rizikem této konsolidace je zvýšená náchylnost nově vzniklých jemnozrnných částic uhličitánu vápenatého na kyselé deště, kdy hrozí reakce za vzniku síranu vápenatého. Konsolidace vápennou vodou vede k velkému zavlhčení zdiva a proto není vhodné tuto metodu aplikovat na objekty s rizikem zasolení. Tato metoda je vhodná pro konsolidaci vápenných omítek. Používání jako fixativu pro barevnou vrstvu (pro fresku, vápenné secco a podobné techniky) je diskutabilní.

V Dánsku je metoda impregnace nástěnných maleb vápennou vodou s úspěchem používaná již několik desítek let, v článku *Limewater Impregnation of Wall Painting*⁶ se píše, že v Dánsku bylo touto metodou ošetřeno již několik stovek středověkých maleb. Jedná se především o vápenné secco malby, bez použití organického pojiva. V případě secco malby která byla pojená také jiným organickým pojivem, které je již degradované lze tuto metodu použít pouze v případě že nehrozí mikrobiologické napadení, které by dlouhodobé vlhčení ještě podpořilo. Tuto metodu také nelze použít na zasolené objekty, nebo pokud se v malbě vyskytuje například sádra. Zavlhčení by vedlo k aktivaci a pohybu solí. Nevýhodou vápenné vody je také silná alkalita, pH 12,5. Nemůže být proto použita na malbu obsahující pigmenty citlivé na alkalické prostředí.

Postup je následující: přes noc se nechá rozpustit 1 díl vápenné kaše s 6 - 8 díly vody, při 20 °C se rozpustí 1,7 g Ca(OH)_2 / l. Rozpustnost hydroxidu vápenatého závisí na teplotě, při 0 °C se rozpustí 1,85 g / l, avšak při teplotě 100 °C pouze 0,77 g / l. Nerozpuštěné vápno usazené na dně může být použito pro přípravu dalších disperzí, některé receptury doporučují postup opakovat 5 – 6 x. Aplikace se obvykle provádí nástřikem, tak aby disperze po malbě nestékala. Dalším způsobem je napouštění malby přes několik kontaktních bodů, například přes stále napouštěnou houbu. Vápenná voda může být také aplikovaná zábalem, v buničině přes japonský papír. Aplikace velmi řídkého konsolidantu si vyžaduje několik opakování, postup nesmí být v průběhu přerušen. V případě, kdyby došlo k předčasnému vyschnutí stěny v průběhu aplikace, by se na povrchu mohl vytvořit bělavý vápenný zákal. Absorpce závisí na porositě a tloušťce podkladu. Aplikace musí přestat ve chvíli, kdy už stěna více neabsorbuje. Karbonatizace by měla probíhat pomalu, při vyšší relativní vlhkosti, aby se voda z omítky příliš

rychle neodpařovala.

Experimenty prokázaly, že efektivní zpevnění vápennou vodou je pouze do hloubky 2 mm, tudíž je tato metoda vhodná pouze na konsolidaci povrchově degradovaných omítek a nástěnných maleb. Vápenná voda není schopná vyplnit a zajistit větší úbytky ve struktuře. Při aplikaci 70 nátěrů, která trvala 10 dní bylo na plochu 90 x 38 cm nanášeno 10 275 ml vápenné vody. Výsledek byl patrný po 80 dnech, ačkoli první krystaly uhličitanu vápenatého byly mikroskopicky pozorovatelné již po 14 dnech.

Obdobou této techniky je dále popisovaná aplikace vápenné disperze v alkoholu, která je určena přímo na zpevňování barevné vrstvy nástěnné malby.

c) Vápenná disperze v alkoholu

Vápenná disperze v alkoholu (nejčastěji izopropylalkoholu) se připraví mícháním, nebo namixováním 0,5 g vápenné kaše na 100 ml alkoholu. Vzhledem k vyšší koncentraci stačí méně nátěrů než u vápenné vody. V případě alkoholové disperze není riziko rozpuštění, migrace a krystalizace vodorozpustných solí. Aplikace se provádí nástřikem, nátěrem přes Netex, nebo formou zábalů. Stejně jako u vápenné vody musí být stěna neustále vlhká. Tato metoda se začala používat ve Florencii, ale rozšířila se například i do Dánska.

Při testování⁷ byla disperze aplikována dvakrát v 90 minutových intervalech, při spotřebě 2 ml disperze na dm². Při mikroskopickém pozorování po 15-ti dnech byla na nábrusu vzorku cihly patrná 50 – 70 µm silná ochranná vrstva a na vzorku omítky byl patrný nárůst pojiva v povrchové vrstvě (měřeno optickým mikroskopem a SEM-EDX).

3.3.2. Organické konsolidanty

3.3.2.1. Přírodní materiály

Přírodní konsolidační materiály, používané v historii a zčásti i dnes jako fixativy, jsou makromolekulární látky rostlinného a živočišného původu. Kromě využití jako fixační prostředky, mohou být použity jako lepidla, pojiva barev a tmelů, laky a zpevňovací prostředky. Základním předpokladem je dobrá adheze

(k podkladu nebo k pojeným částicím) a koheze (vnitřní pevnost a soudržnost vlastního pojiva).

Rozdělení pojiv:

Podle původu: a) rostlinná

b) živočišná

c) minerální

Podle způsobu zpracování: a) vodní (vodorozpustné)

b) olejové (rozpustné v organických rozpouštědlech)

c) smíšené systémy (tempery, emulze, disperze)

Podle způsobu vysychání: a) fyzikálně schnoucí (po odpaření rozpouštědla či dispergační látky)

b) chemicky schnoucí (chemickou reakcí pojiva – změna struktury)

c) termoplasticky tuhnoucí pojiva (přechod to tuhého stavu po ochlazení)

Podle chemického složení: a) polysacharidy

b) bílkoviny

c) vysychavé oleje

d) pryskyřice

e) vosky

Přírodní pojiva pro konzervování nástěnných maleb se přirozeně vyvíjela z tradičně používaných malířských materiálů. Vznikaly různě připravované receptury s přísadami rozličných látek, které zlepšovaly jejich mechanické vlastnosti a odolnost. Receptury se liší podle oblastí a dostupnosti materiálů. Dnes můžeme řadu návodů nalézt v malířských receptářích z různých období. Zachovaly se jak starověké prameny, tak středověké traktáty (např. Lucca Manuskript z 8. století, Manuskript z hory Athos ze 12. století, Kniha o umění od Cennino Cenniniho z 15. století a mnoho dalších). I z teoretických knih o malířských technikách vzniklých ještě kolem poloviny 20. století lze čerpat, protože i v té době byly některé techniky stále používané (to se týká především dekorativního nástěnného malířství).

Nejčastěji používané tradiční materiály pro konzervaci nástěnné malby byly: vaječné bílkoviny, klíž, kaseináty, arabská guma, tragant, šelak, vysychavé oleje, pryskyřice a včelí vosk. Většina z nich se používala také jako pojívko pigmentů různých malířských technik, ke kterým musíme přičíst ještě fresku a

malbu vápennými barvami. Dnes můžeme jako o fixáčním prostředku uvažovat jen u některých z nich, nejčastěji diskutovaným fixativem jsou vaječné bílkoviny (zejména žloutek).

a) Polysacharidy (cukry)

- *rostlinné gummy, škrob, dextrans, funori*

Polysacharidy jsou součástí rostlinných tkání a také tvoří jejich zásobárnu energie. Vznikají polykondenzací z monosacharidů (glukóza, arabinóza, fruktóza, galaktóza,...).

Jsou rozpustné, nebo alespoň bobtnatelné ve vodě. Ve své struktuře mají vodíkové můstky, jsou tak schopné vázat velké množství vody, a mají silnou retenci vody (schopnost dlouhodobě zadržovat vodu v struktuře, cca 10%). Polysacharidy tvoří viskózní roztoky i při nízkých koncentracích. Některé obsahují povrchově aktivní látky, které působí jako emulgátory.

Film vzniká fyzikálně, odpařením rozpouštědla, je reverzibilní. Filmy jsou křehké, z tohoto důvodu se do nich často přidávají změkčovadla (glycerin, glykol, cukr, med, ...). Ve vlhkém klimatu jsou snadno biologicky napadnutelné. Jsou relativně odolné vůči UV záření, ale vlivem zvýšené teploty, sucha a škodlivin dochází ke ztrátě zbytkové vody a štěpení struktury, křehnutí a praskání.

Rostlinné gummy

Rostlinné gummy jsou lepkavé látky, které vytékají při poranění rostlin, poté zasychají a sklovitě křehnou. Jsou to chemicky různorodé sloučeniny, rozpustné ve vodě. S vodou tvoří lepivé, viskózní roztoky. Jsou to složité polysacharidy s delším řetězcem než mají škroby, často obsahují další nečistoty. Mají kyselý charakter, který je způsoben solemi (vápenaté, hořečnaté či draselné) komplexních organických kyselin (k. glukuronová a galakturonová). Rostlinné gummy jsou rozpustné ve vodě, alkoholu a některých dalších polárních rozpouštědlech. Film vzniká fyzikálně, odpařením rozpouštědla, je reverzibilní. Film je křehký, používají se změkčovadla (glycerin, glykol, med,...). Vícemocné kationy (Ca^{2+} , Al^{3+} ,...) mohou vytvářet s karboxylovými skupinami komplexy, které mají charakter příčných vazeb, což vede ke snížení rozpustnosti. Používají se nejčastěji jako lepidla a do akvarelových barev. V současné konzervátorské praxi nemají velké využití.

Arabská guma se získává ze sekretu stromů z rodu akácií (*Acacia arabica*, *Acacia senegal*). Sbírá se zaschlá pryskyřice vytékající z ran stromů, která se poté drtí na prášek. Arabská guma má slabě nažloutlou barvu, je rozpustná ve vodě, roztok je kyselý (pH 2 - 3), vysoce koncentrované roztoky jsou velmi viskózní. Film je po zaschnutí křehký, proto se používají změkčovadla jako je med a glycerol. Arabská guma má výborné emulgační vlastnosti.

Známa byla již ve starověku. Používá se a jako pojivo do akvarelových barev, inkoustů, křehkých a temperových barev, dále také jako lepidlo. Jsou zmínky o použití arabské gummy i v nástěnné malbě, jako pojivo barev a to i při restaurování, jako pojivo retuší. Silně zředěný roztok arabské gummy lze užít také jako konsolidační prostředek zpráškovatělých barev. Použití při restaurování v nástěnné malbě nelze z dnešního pohledu příliš doporučit. Arabská guma je snadno biologicky napadnutelná, a může u ní docházet časem k tmavnutí a křehnutí filmu. Její výhodou je relativně snadná odstranitelnost.

Tragant je další požívanou rostlinnou gumou, získává se z pryskyřice keřů rodu *Astragalus*, rostoucích jihovýchodní Evropě a na Blízkém východě. Tragant ve vodě pouze bobtná, gel je zakalený a aby se zcela rozpustil, musí se nejprve nechat nabobtnat v lihu. Použití je podobné jako u arabské gummy.

Dále se používají **gummy ovocných stromů** (třešňová, višňová, meruňková,...). Způsob jejich získávání je stejný jako u předešlých, jsou méně rozpustné ve vodě, pouze bobtnají, po nabobtnání je nutné je přepasírovat přes plátno nebo síto. Roztoky mají vysokou viskozitu, filmy jsou elastičtější než u arabské gummy. Používají se též jako pojivo do barev, ve středověku se používaly jako pojivo do barev pro iluminace.

Škrob

Škrob je zásobním zdrojem energie rostlin, zejména v semenech, hlízách, kořenech, plodech a dřeni. Základním prvkem je makromolekulární glukosa ($C_6H_{10}O_6$)_n, n = 600 až 1000. Škrob je tvořen dvěma typy makromolekul – lineární amylozou a rozvětveným amylopektinem. Škrob se skládá ze zrn, která jsou specifická pro určitý typ rostlin. Ve vodě pouze bobtná, při zahřátí na teplotu 50 - 80 °C (teplota mazovatení) dochází k silnému bobtnání škrobových zrn a jejich nereverzibilnímu rozpadu a vzniku škrobového mazu. Při zahřátí na vyšší teplotu dochází k rozpadu molekul, zvýšení rozpustnosti a zhoršení mechanických vlastností.

Škrob se používá jako lepidlo papíru, zahušťovadlo a pojivo. Škrobové lepidlo kleistr se používalo na dublování pláten. Škrob se také používá pro

výrobu dextrinu – modifikovaného škrobu. V restaurování nástěnné malby se však nepoužívá.

Škrobu podobnou strukturu má celulóza, ta je však zcela nerozpustná. Její modifikací však vznikají deriváty, které jsou ve vodě rozpustné. Deriváty celulózy mají na rozdíl od škrobu využití v restaurování nástěnné malby. Podrobně v kapitole 3.3.2.2. Syntetické materiály.

Dextriny

Dextriny vznikají modifikací škrobu, od kterého mají odlišné vlastnosti. Nejpodstatnějším rozdílem je rozpustnost při nižších teplotách, čímž se snáze připravují. Mají však také horší mechanické vlastnosti a sklony k žloutnutí. Používají se jako lepidla a některých malířských technikách, v konzervátorské praxi nemají příliš využití.

Funori (*Gloiopeltis furcata*)

Funori je mořská řasa získávaná a využívaná především v Japonsku, kde se pěstuje již od 17. století. Vzniklý čistý polymer se nazývá Jun Funori. Používá se jako adhezivum a fixáž barevné vrstvy. Nejčastěji se používá při restaurování papíru a archiválií. Biologická odolnost tohoto materiálu je srovnatelná s odolnějšími typy éterů celulózy (např. Klucel E). Oproti jiným konzervačním materiálům má funori výborné optické vlastnosti, nemění barevnost ošetřovaného materiálu. Vytváří jemné, elastické filmy s matným povrchem. Dobře odolává UV záření.

Příprava: 6 g funori necháme přes noc bobtnat v 200 ml vody, poté delší dobu zahříváme, dokud se nerozpustí na gel, nesmí se vařit. Gel necháme vychladnout a přecedíme jej přes bavlněnou tkaninu. Před použitím je potřeba gel opět zahřát. Obvykle se používá v koncentraci okolo 1 %. Rozpuštěné funori lze skladovat po určitou dobu v chladničce.

Použití v nástěnné malbě zatím není příliš rozšířené. Nepodařilo se nám získat konkrétní reference. Výhodnou vlastností je tvorba sametově matného filmu. Biologická odolnost a stabilita funori se zdá být pro nástěnnou malbu také dostačující.

b) Proteiny (bílkoviny)

- *želatina a kliš, kasein, vaječné bílkoviny, albumin*

Proteiny jsou v mnoha různých formách obsaženy ve všech živých organismech. Mají různé funkce, od stavebních tkání přes zásobní zdroje až po speciální funkce jako je třeba přenos genetických informací.

Bílkoviny se skládají z α -aminokyselin. Reakcí aminokyselin vznikají peptidy a dále pak polykondenzací polypeptidy. Kromě uhlíku, vodíku a kyslíku obsahují dusík a některé i síru nebo fosfor (fosfolipidy). Na stavbě molekul se podílejí různé aminokyseliny, především asi 20 typů, na jejich zastoupení a upořádání pak závisí vlastnosti bílkovin. Bílkoviny jsou dále uspořádány do nadmolekulárních struktur:

- primární struktura – určená primárními vazbami v molekule
- sekundární struktura – uspořádání makromolekul následkem mezimolekulárních sil (nejčastější uspořádání je α -spirála, uspořádaná především vodíkovými můstky)
- terciální struktura – prostorové uspořádání celých molekul

Nadmolekulární struktura může ovlivňovat některé vlastnosti bílkovin (např. pevnost přírodních vláken – hedvábí).

Působením vnějších činitelů jako je teplo, UV nebo RTG záření, mechanické namáhání či chemikálie dochází k denaturaci bílkovin, což znamená narušení nadmolekulární struktury.

Bílkoviny mají různou rozpustnost ve vodě, některé v ní pouze bobtnají. Některé musí být pro rozpuštění upraveny přísadkou určité látky.

Bílkoviny tvoří viskózní koloidní roztoky, mají tendenci ke gelování (gely jsou obvykle reversibilní). Podobně jako aminokyseliny mají amfoterní charakter (díky aminové a karboxylové skupině). Při určitém pH jsou kladné a záporné náboje v molekule v rovnováze a bílkoviny mají extrémní vlastnosti, je to tzv. izoelektrický bod. Působením kyselin a alkálií dochází k hydrolytickému štěpení makromolekul.

Film vzniká fyzikálně, odpařením rozpouštědla, je reverzibilní. Část vody zůstává ve filmu vázána i nadále a odpaří se až při vysokých teplotách. Bílkovinný film může po čase zesíťovat v důsledku vzniku příčných vazeb mezi kationy kovů a karboxylovými skupinami, k síťování dochází také při reakci aminových skupin s aldehydy nebo ketony (tyto filmy jsou obvykle nereverzibilní). Filmy stárnutím křehnou a stávají se hůře rozpustnými. Lze je elastifikovat přidáním změkčovadel (glycerin, glykol, cukr, med,...). Bílkoviny a jejich filmy jsou bohužel dobrou

živnou půdou pro mikroorganismy, proto se do nich často přidávají biocidy.

Želatina a kliš

Zdrojem jsou živočišné tkáně (kůže, kosti, chrupavky, ...). Hlavní složkou je protein – glutin. Získávají se částečnou hydrolyzou kolagenu v živočišných tkáních. Štěpením dochází ke snížení molekulové hmotnosti kolagenu. V klišu jsou často obsaženy, na rozdíl od želatiny, ještě další vedlejší produkty štěpení kolagenu. Proces výroby želatiny je mírnější než u klišu a narušovány jsou jen nadmolekulární vazby v kolagenu, hlavní řetězce v molekulách se příliš nemění. Nejvyšší kvality klišy se vyrábějí z plovacích měchýřů jeseterových ryb (vyza a jeseter). Tyto typy byly často používány jako malířský i konzervační materiál, z dnešního ohledu je však pro účel restaurování nelze doporučit.

Želatina je průhledná, na rozdíl od klišu, který je zakalený. Ve studené vodě oba pouze bobtnají, po zahřátí na 35 °C se rozpouští a tvoří viskózní roztoky, při ochlazení přechází reverzibilně v gel. Rostoky klišu se nejčastěji používají za tepla. Jsou nerozpustné ve většině organických rozpouštědel. Při nadměrném zahřátí nad 55 °C klesá viskozita a také molekulová hmotnost, klesá pevnost a zhoršují se pojivové vlastnosti. Štěpení urychluje působení kyselin, alkálií i enzymů. Želatina a kliš jsou snadno napadnutelné mikroorganismy. Film je poměrně elastický, ale lze jej dále plastifikovat přidáním změkčovadel. Filmy jsou citlivé na vlhkost – bobtnají, tomu lze zamezit přidáním kamence, nebo ošetřením klišových nátěrů formaldehydy či chromany. Příliš koncentrované roztoky se při schnutí smršťují a praskají, mohou mít také lesklý povrch. V nevhodných klimatických podmínkách může být klišový film lepkavý. Časem dochází k tmavnutí a křehnutí. Želatina a kliš se používají jako pojivo sádrových a křídových podkladů, izolací, pojivo klišových barev, podklady pro zlacení, lepidlo na papír a dřevo. S klišem se můžeme setkat při restaurování nástěnné malby jako s historickým fixáčním prostředkem.

Kasein

Kasein se získává z kravského mléka (sušina obsahuje: 3 - 6 % tuku, 3-4 % proteinů, cca 5 % laktosy a 0,7 % minerálních látek). Kasein se skládá z několika bílkovin, které jsou složeny cca z 20 aminokyselin, má vysoký obsah fosforu (0,8 %). Získává se srážením mléka (po kysání mléka, nebo pomocí kyselin a enzymaticky) a jeho odfiltrováním, praním a vysoušením. Pro přípravu se doporučuje použít nízkotučný tvaroh, který nadrobíme a několikrát propláchneme a poté usušíme.

Kasein se ve vodě nerozpouští, pouze bobtná; rozpouští se pomocí alkálií za vzniku kaseinátů (KOH , NaOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NH_4OH , NH_4CO_3 , $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$). Roztoky jsou viskózní, mají malou biologickou odolnost. Filmy jsou tvrdé, mají vysokou přilnavost, ale i velké pnutí (vyšší než kliš), jsou snadno napadnutelné mikroorganismy. S formalinem vzniká voděodolný pevný film.

Kaseináty síťují, čímž se stávají nerozpustnými a voděodolnými, to umožňuje jejich použití v exteriéru. Vápenný kasein se používá jako pojivo v nástěnné malbě, do fasádních nátěrů a jako přísada do malt. Kaseináty mají dobré emulgační schopnosti, proto se používají také jako součást temper, fixativ pastelů (jako roztok v alkoholu), lepidlo dřeva a papíru. Kasein je znám již od 8. století, jako pojivo secco maleb nebo přísada do freskových malt (Lucca Manuskript).

Vaječné bílkoviny

Slepičí vejce se používala jako součást výtvarných i konzervátorských materiálů buď celá nebo jen jejich žloutek či bílek. Žloutek obsahuje 16 % proteinů, 22 % tuků, 10 % lecitinu (fosfoproteid) a 52 % vody. Bílek obsahuje 13 % proteinů, 0,2 % tuků a 86 % vody.

Žloutek je mastné pojivo, díky obsahu lecitinu má výborné emulgační schopnosti. Film se při vysychání jen málo smršťuje a přidavkem kamence či formalinu lze zvýšit jeho odolnost vůči vodě. Filmy tvořené bílkem jsou lesklé a velmi křehké, lze je plastifikovat přidavkem změkčovadel. Bílek se používal nejčastěji jako pojivo pro malbu středověkých iluminací. Žloutek, nebo celé vejce se používají ve formě vaječné emulze jako pojivo temperových barev, které lze použít i v nástěnné malbě a též jako konzervační materiál (jeho použití je však sporné pro vysoký obsah oleje). Vaječná tempera je známá již ve starověku, kdy byla touto technikou vytvářena desková malba. Ve středověku se vejce používalo též jako pojivo sádrových podkladů. Ve špatných klimatických podmínkách (ve vlhku) je dobrou živnou půdou pro mikroorganismy.

Albumin

Albumin je látka rozpustná ve vodě, získávaná z krevního séra. Po přidání vápna síťuje a mění se na nerozpustný film. Používal se jako levné pojivo v nástěnné malbě v 19. a první polovině 20. století.

c) Rostlinné oleje (lipidy) – vysychavé

- *lněný, makový, ořechový, slunečnicový, dřevný (tungový)*

Jako výtvarného a konzervačního materiálu se používají některé oleje rostlinného původu schopné tvořit po vyschnutí pevné, hladké a elastické filmy. Nazýváme je vysychavé oleje. Jsou to estery trojsytného alkoholu (glycerolu) a mastných kyselin s nepatrnou příměsí dalších látek (volné mastné kyseliny, vyšší alkoholy a aldehydy, uhlohydráty, vosky, pryskyřice,...).

V rostlinách mají funkci energetické rezervy (mají vyšší energetickou hodnotu než polysacharidy) a další specifické funkce.

Získávají se lisováním nebo extrakcí v organických rozpouštědlech a následným čištěním (destilací) od rozpouštědla.

Vlastnosti závisí na typu mastných kyselin navázaných na glycerinu. Rychlost vysychání závisí na stupni nasycenosti (obsahu nenasycených mastných kyselin – obsahují dvojné vazby).

Podle rychlosti vysychání se oleje dělí na:

- rychle vysychavé (jodové číslo 160 - 200)
vyschnou během 2 - 4 dnů: lněný, tungový
- pomalu vysychavé (polovysychavé, jodové číslo 120 - 150)
schnou déle: makový, ořechový, slunečnicový, konopný
- nevysychavé (jodové číslo < 100)
netvoří pevné filmy, mají velké množství nasycených mastných kyselin: ricinový, olivový
(ricinový a olivový olej se používají v malbě po úpravách, zmýdlením olivového oleje vzniká tzv. benátské mýdlo a dehydratací ricinového oleje se připravuje pomalu vysychavý olej)

Schnutí olejů není fyzikální proces spojený s odpařováním rozpouštědla, ale jde o vznik větších molekul a síťované struktury. Proto aby mohl olej síťovat je nezbytná přítomnost dvojných vazeb, jedná se o autooxidaci (autooxipolymerace). Mechanismem reakce je radikálová řetězová reakce. V první fázi síťování zvyšuje olej svou hmotnost o 28 % a roste také jeho objem, proto musí být olej nanesen jen v tenké vrstvě. Výsledný olejový film nazýváme linoxyn.

Čerstvé oleje jsou dobře rozpustné v organických rozpouštědlech (benzin, terpentýn), ale linoxyn lze bobtnat nebo rozpustit jen některými rozpouštědly (dimethylformamid, chloroform). Chemicky lze strukturu olejů narušit zmýdlením, kdy se řetězec rozštěpí na glycerin a mastné kyseliny nebo jejich

soli. Rychlost vysychání lze ovlivnit sikativy (sloučeniny olova, manganu nebo kobaltu; rezináty, oleáty,...). Schnutí dále mohou urychlovat i některé pigmenty (př. pruská modř, olovnatá běloba, železitá červeně), jiné pigmenty schnutí naopak zpomalují (př. lampová, révová a kostní černě).

Na vzhled a vlastnosti olejových filmů má velký vliv stárnutí. Teplo, světlo, vlhkost, přístup vzduchu a přítomnost iontů těžkých kovů jsou faktory vedoucí k štěpení řetězců a současně ke vzniku dalších příčných vazeb a nových reaktivních skupin. Tyto změny se projevují úbytkem vlhkosti, ztmavnutím, žloutnutím (vznikem chromoforů), ztrátou pružnosti, sníženou adhezí, deformací a praskáním. V olejomalbě dochází ke zmenšování rozdílu indexu lomu mezi pojivem (olejem) a pigmenty, čímž se malba stává průsvitnější.

Lněný olej

Lněný olej se získává lisováním lněných semínek. Je to nažloutlá kapalina. Olej je rozpustný v aromatických rozpouštědlech, éterech, terpentýnu. Vysychá do pěti dnů, tvoří elastický film. Zahuštěný (polymerovaný) lněný olej (*stand oil*) vzniká předpolymerací, při které vznikají větší makromolekuly, dříve se takový olej vyráběl ponecháním oleje bez přístupu vzduchu (nebo jen s omezeným přístupem), nebo se zahuštěný olej nechával bělit na slunci. Takto připravené oleje mají velkou tendenci ke žloutnutí. Dnes se olej upravuje tepelným zpracováním v ochranné atmosféře, což vede k dosažení lepší viskozity, barvy a odolnosti vůči žloutnutí.

Lněná fermež je olej (někdy zahuštěný) s příměsí sikativ. Používá se jako pojivo olejových barev a laků, součást temperových systémů, olejopryskyřičných laků a jako podklad pro zlacení.

d) Pryskyřice

Pryskyřice jsou amfoterní, sklovité, transparentní, někdy částečně zbarvené látky, nerozpustné ve vodě. Mají různou tvrdost, můžeme je dělit na měkké a tvrdé. Získávají se z exkretů (balzámů) vylučovaných z poraněných míst stromů. Výjimkou je šelak, který je produktem hmyzu.

Balzámů jsou měkké, tekuté a lepkavé látky, jsou směsí prchavé složky (rozpouštědla – éterických olejů) a vlastní pryskyřice. Po odpaření éterických olejů dojde k ztvrdnutí. Obě složky jsou oddělitelné destilací. Na rozdíl od gum nejsou rozpustné ve vodě. Mají komplikované složení (pryskyřičné

kyseliny, alkoholy, estery, fenoly,...). Podle stáří je lze rozdělit na recentní a fosilní. Měkké pryskyřice jsou rozpustné v organických rozpouštědlech a tvrdé pryskyřice v horkých olejích. Po chemické stránce můžeme zařadit pryskyřice k terpenoidům, jejich základní jednotkou je isopren (uhlovodík s 5 atomy uhlíku v molekule). Reakcí molekul isoprenu, případně jeho derivátů vznikají složité sloučeniny. Reakcí dvou molekul isoprenu vznikají jednoduché terpeny (monoterpeny, 10C), ze tří molekul sesquiterpenoidy (15 C), ze čtyř diterpenoidy (20 C) a z šesti molekul triterpenoidy (30 C).

Pryskyřice mají sklovitý amfoterní charakter, různorodé složení a nepravidelnou strukturu jednotlivých složek. Vytvářejí poměrně křehké filmy, které mají tendenci ke vzniku krakel. Jsou tavitelné, do kapalného stavu však přecházejí pozvolna. Pokud jsou nanášeny na barevné vrstvě (např. v olejomalbě), pak zvýrazňují její barevnost. Jsou rozpustné v organických rozpouštědlech a některé jsou také rozpustné v olejích, případně v éterických olejích. Pryskyřice tvoří hladké, lesklé a povrch uzavírající filmy. Mají dobrou adhezi k různým povrchům, tendenci k žloutnutí, tmavnutí a křehnutí. Pryskyřičné kyseliny reagují s kovy a jejich sloučeninami za vzniku pryskyřičných mýdel – rezinátů, které se využívají jako sikativy v olejových pojivech.

Pryskyřice se nejčastěji používají do olejových barev, obrazových laků a při dublování obrazů. V nástěnné malbě se můžeme setkat s použitím voskopryskyřičných laků jako konzervačního prostředku, podobná technika se používala k ošetřování povrchu nástěnných maleb již ve starověku (Pompejské malby), dnes jsou však tyto materiály pro nástěnnou malbu zcela nevyhovující.

Rostlinné - éterické oleje (terpentýnový olej)

- balzámy a terpentýny (elemi, peruánský, copaiva balzám)
- vlastní pryskyřice (jantar, kopál, damara, mastix, sandarak, kalafuna...)
a barevné pryskyřice (gumiguta, dračí krev)

Živočišné – šelak

Pryskyřice se dělí podle přítomnosti di- a triterpenoidů na diterpenoidní a triterpenoidní. Diterpenoidy a triterpenoidy jsou tuhé látky, v pryskyřicích se nevyskytují současně. Oba typy mohou obsahovat mono- a sesquiterpenoidy, které jsou kapalné a mají v pryskyřicích funkci rozpouštědla.

balzámy a terpentýny

- *diterpenoidní balzámy:*

Modřínový terpentýn (benátský balzám / terpentýn) Pryskyřice se získává

z modřinů (*Larix*), převážně z oblast jižního Tyrolska. Je to světležlutá až nažloutlá lepivá hmota, medovité konzistence. Rozpustný je v terpentýnu, benzinu a alkoholech. Tvoří průhledné elastické filmy, které jsou dlouhou dobu lepidelné. Časem křehne a zakaluje se. Používá se do olejoprskyřičných laků.

Kanadský a štrasburský balzám se získává z jedlí (*Abies*). Štrasburský balzám má podobné vlastnosti a vzhled jako benátský balzám. Tvoří průhledné, elastické filmy, které se stárnutím zakalují a křehnou. Používá se jako složka olejových barev, pro zvýšení jejich lesku a transparency. Kanadský balzám se získává z americké jedle (*Abies balsamea*), je velmi světlý, v tenkých vrstvách bezbarvý, rozpustný ve stejných rozpouštědlech jako benátský balzám. Používá se především pro zalévání mikroskopických preparátů.

- *triterpenoidní balzámy*:

Elemi balzám se získává ze stromu rodu *Vanadium*, který roste v Jižní Americe, na Filipínách a v Africe. Má světlou barvu s načervenalým nebo nazelenalým nádechem, je lepivý, velmi viskózní. Rozpouští se v aromátech a alkoholech. Používá se jako elastifikátor laků a nátěrů, ale jen zřídka.

pryskyřice

- *diterpenoidní pryskyřice*:

Kalafuna je nejlevnější pryskyřicí, je to v podstatě destilační zbytek při výrobě terpentýnu. Časem hnědne, křehne a klesá její rozpustnost. Kalafuna má kyselý charakter, rozpouští se v alkoholech, esterech, aromátech, ketonech, chlorovaných uhlovodících a v terpentýnu. Film je velmi křehký, proto vyžaduje přidání oleje. Při vysoké vlhkosti se zakaluje. Používala se jako součást voskopryskyřičných nažehlovacích směsí nebo jako fixativ v lihovém roztoku. Používá se při výrobě pryskyřičných mýdel – rezinátů. V malbě se prakticky nepoužívá (existují pouze zmínky o použití v olejoprskyřičných lacích).

Sandarak se získává ze stromů rodu cypřišovitých, má lepší vlastnosti než kalafuna, ale rovněž kyselý charakter, nažloutlou až nahnědlou barvu.

Často se používá ve směsi s kalafunou. Sandarak je rozpustný v alkoholech, acetonu a éterech. Film časem křehne a mění se do červena. V 19. století se používal na rychleschnoucí laky (rozpuštěný v alkoholu), byl součástí

olejoprskyřičných laků, laků na kovech nebo kovových fóliích (imitace zlata).

Kopály jsou pryskyřice získávané z různých druhů kopálů rostoucí v teplých krajích celého světa. Většinou jsou tvrdé, tavitelné až při vyšších teplotách (200-300°C). Po tavení s horkým lněným olejem je lak dále rozpustný v terpentýnu. Vzniklý film je nerozpustný. Kopály se používají jako součást olejoprskyřičných laků, které jsou tvrdé, lesklé a odolné vůči atmosférickým vlivům. Kopálový lak je rozpustný v amylalkoholu a v amylacetátu, některé kopály jsou rozpustné v alkoholu.

Jantar je fosilní pryskyřice, jeho stáří se odhaduje na 60 - 70 milionů let (období křídly). Vznikal z borovicových stromů, nejčastěji se vyskytuje na pobřeží Baltského a Severního moře a na pobřeží Barmy. Spolu s některými kopály patří k nejtvrdějším pryskyřicím. Laky se připravovaly tavením a rozpouštěním ve lněném oleji. Tvoří velmi tvrdé a odolné laky.

- *triterpenoidní pryskyřice* (z listnatých stromů):

Damara se získává ze stromů z rodu *Dipterocarpaceae*, které rostou především na Sumatře. Je rozpustná v amylacetátu, amylalkoholu, benzenu, chlorovaných uhlovodících, petroletheru a terpentýnu, bez zahřívání. Roztoky mohou být lehce zakalené. Damara tvoří elastický film s dobrou adhezí k různým povrchům. Je opětovně rozpustná. Používá se jako obrazový lak, izolace podkladů, do olejoprskyřičných barev a laků a jako součást temperových emulzí u kterých zvyšuje jejich lesk a transparentci a také jako fixativ pastelů. Damara se také používá jako součást voskopryskyřičných dublovacích směsí. Laky časem žloutnou a síťují, jsou citlivé na vlhkost jejímž působením se zakalují (odolnost se zvyšuje přidáním oleje).

Mastix se získává z keřů rodu *Pistacia*, které rostou především v Řecku. Je rozpustný v acetonu, benzinech, éteru, terpentýnu a alkoholu. Využití má podobné jako damara. Tvoří lesklé a elastické filmy, které jsou tvrdší než damarové, časem žloutne (více než damara). Používá se do olejových a temperových barev a jako závěrečného laku.

Šelak je produktem parazitického hmyzu (mšic) *Lacifer lacca* (dalšími druhy jsou *Coccus lacca*, *Tachardia lacca*) žijících hlavně v jihovýchodní Asii. Jejich exkret slouží k ochraně larev, získává se tavením a vypíráním z větví s hmyzem. Produkt je světložlutý (bělené typy šelaku) až hnědočervený. Neobsahuje terpenové kyseliny. Je rozpustný v etanolu a jiných

alkoholech (skladováním roztoku však rozpustnost pomalu klesá). Šelak je silně polární, rozpustný i v alkalických roztocích (roztoky amoniaku, sody, borax). Tvoří tvrdé ale křehké filmy s velmi dobrou mechanickou odolností. Ve vlhkém prostředí vykvétají a tmavnou, časem síťují a stávají se nerozpustnými. Šelak se používá jako izolační látka při malbách a

zlacení, fixativ, součást inkoustů a tuší, nábytková politura a izolace porézních materiálů. S šelakem se také můžeme setkat v nástěnné malbě jako s dříve použitým fixážním prostředkem, který má bohužel pro nástěnnou malbu zcela nevhodné vlastnosti.

e) Vosky

Vosky jsou po chemické stránce různorodé látky, které mají podobné vlastnosti blížící se včelímu vosku. Jsou tavitelné v rozmezí teplot 50 - 90 °C, po zahřátí jsou plastické, lehce tvarovatelné. Díky nepolárním molekulám mají vosky vodoodpudivý charakter. Jsou odolné vůči kyselinám, rozpustné v organických rozpouštědlech (nejlépe za tepla).

Definice vosku z r. 1953: „*Vosk je technologické souhrnné označení pro látky které mají zpravidla následující vlastnosti: při teplotách kolem 20 °C jsou pevné a tvarovatelné nebo lámavé a tvrdé, hrubě- až jemněkrystalické, průsvitné až opakní, ale ne sklovité, při teplotách nad 40 °C se taví bez rozkladu a nemají tendenci tvořit vlákna, konzistence i rozpustnost je silně závislá od teploty, působením mírného tlaku jsou leštitelné.*“

V přírodě se nachází asi 100 druhů vosků, ale využívá se z nich jen malá část. Obsahují převážně estery vyšších nasycených kyselin s vyššími jednosytnými alkoholy a volné kyseliny, alkoholy, ketony a uhlovodíky. Mají krystalický charakter. Vosky mají různý původ – živočišný produkt (včelí vosk), rostlinný původ (karnaubský vosk) nebo z ropy (parafiny).

Včelí vosk

Včelí vosk je metabolickým produktem včel (stavební materiál pro plástvy). Získává se vytavením ve vodě, dále se pročišťuje ve vodě a prodělává bělení (sluncem, nebo chemikáliemi). Skládá se především z alkylesterů mastných voskových kyselin (70 – 80 %), volných voskových kyselin (15 %) a volných uhlovodíků s lichým počtem uhlíků (10 – 16 %). Je nažloutlý, lehce tavitelný, plastický, odolný vůči kyselinám, hydrofobní, vysoce odolný vůči

stárnutí, leštitelný a snášenlivý se všemi pigmenty. Včelí vosk je rozpustný v aromatických rozpouštědlech, benzinech, chlorovaných uhlovodících, olejích, olejích, terpentýnu. Je jemněkrystalický, jeho oblast tání je 61 – 69 °C.

Včelí vosk se používá již od starověku (nejstarší deskové obrazy pochází z Egypta z 2. a 3. století – portréty mrtvých). Vosková mýdla, která se vyrábí zmýdelněním, varem s alkáliemi, se používají v emulzích s pryskyřicemi, oleji, balzámy i klihy. Vosk může být využíván jako podkladový materiál pro zlacení, matovací složka laků, modelovací materiál, konzervační prostředek, a součást voskopryskyřičných nažehlovacích směsí.

V nástěnné malbě se můžeme s voskem setkat například u povrchové úpravy pompejských maleb, nebo také jako nevhodně použitého fixativu. Vosk se používal při konzervování nástěnných maleb s cílem prosytit barvy a dosáhnout hedvábně lesklého povrchu. Pro nástěnnou malbu je to však materiál zcela nevhodný, neboť brání paropropustnosti, ve vlhkém prostředí se na něm mohou tvořit bělavé zákaly a svým lepkavým povrchem zachytává prach a nečistoty.

Další vosky:

- Karnaubský vosk
- Montánní vosk
- Parafinové vosky
- Ozokerit (zemní vosk)
- Lanolin
- Mikrokrystalický vosk

3.3.2.2. Syntetické materiály

Syntetické látky používané v restaurátorství pro fixáž barevné vrstvy mají mnohé společné vlastnosti s přírodními látkami a to především po stránce jejich vlastností a způsobu použití. Jsou to makromolekulární látky, polymery, vyráběné průmyslovou cestou. Ve většině případů nešlo o přímou výrobu za účelem vyvinutí konzervačních materiálů pro restaurátorské účely, ale zkoušely se různé výrobky určené například pro průmysl. Velkou výhodou syntetických materiálů je oproti přírodním látkám jejich přesně stanovené a neměnné složení a vlastnosti. Stejně jako přírodní látky, tak i syntetické mohou mít v restaurování mnohá použití. Určité látky můžeme v některých případech použít jako fixážní prostředek, konsolidant, injektážní materiál, pojivo do barev a tmelů, nebo jako pojítka retuší. V tomto případě je výhodné použít vhodný materiál pro

různé zákroky, tak aby se na restaurovaném objektu vyskytovalo co možná nejméně nepůvodních materiálů. Tento postup může také usnadnit restaurování v budoucnu.

Většina syntetických materiálů se používá v restaurování ve formě kapaliny, aplikace je obdobná jako u přírodních materiálů, pokud některé látky nevyžadují odlišný postup. Důležitou vlastností je dobrá smáčivost povrchu, která závisí na viskozitě kapaliny a jejím povrchovém napětí, které musí být nižší než materiál na který je látka nanášena. Povrchové napětí může být sníženo povrchově aktivními látkami. Pro lepší průnik je vhodné volit látky s kratšími polymerními řetězci, které mají menší molekulovou hmotnost a také nižší viskozitu.

Se syntetickými materiály se začalo experimentovat na přelomu 19. a 20. století. Byly většinou na bázi přírodních vosků, parafinického vosku (vzniklý destilací ropy), nebo zemního vosku (tzv. ozokerit). Mohly do nich být přidávány přírodní látky (včelí nebo karnaubský vosk), nebo vysychavé oleje působící jako hydrofobizanty, ovšem s nevhodným účinkem.

Prvními umělými polymery byly polyamidy (PA), které jsou po chemické stránce, i svými vlastnostmi podobné proteinům. Polyamidy jsou termoplastické polymery. Používají se především v textilním průmyslu. Rozpustný nylon byl používán jako lepidlo a adhezivum, ale protože stárnutím mění své vlastnosti (ztrácí pevnost a rozpustnost), neosvědčil se.⁸

Rozdělení syntetických materiálů :

- a) podle chemického složení
- b) podle způsobu zpracování – v jakém rozpouštědle a jakým způsobem se rozpouštějí, nebo jinak zpracovávají
- c) podle způsobu tvorby filmu

Rozdělení syntetických polymerů podle způsobu výroby:

- a) polymerizace – monomery se spojují pomocí dvojných vazeb (např. polyetylén)
- b) polykondenzace – monomery se spojují pomocí funkčních skupin, za vzniku vedlejšího produktu (např. vznik polyesterů z vícesytných karboxylových kyselin a alkoholů, vedlejším produktem je voda). Polykondenzací vznikají nejčastěji umělé pryskyřice.
- c) polyadice – podobná polykondenzaci, ale nevzniká vedlejší produkt

Homopolymer – při reakci reaguje pouze jeden typ monomeru

Kopolymer – reakce se účastní dva typy monomerů

a) Polyvinylacetát (PVAc)

Polyvinylacetát se používá od poloviny 20. století dodnes. Má horší stabilitu, rozkládá se na kyselinu octovou, a může také hydrolyzovat na vodorozpustný polyvinylalkohol, který je napadnutelný mikroorganismy. Má sklony k žloutnutí a hnědnutí. Rozpouští se v organických rozpouštědlech a některých alkoholech; ve vodě pouze bobtná. Nejčastěji se používá ne formě roztoku na konsolidaci omítek a fixáž barevné vrstvy. V kombinaci s disperzemi je použitelný do omítek a tmelů. V současné době se od jeho použití pouští.

b) Polyvinylalkohol (PVA)

Polyvinylalkohol je polymer vznikající hydrolýzou polyvinylacetátu. Je to bílý nebo nažloutlý prášek, rozpouští se zahříváním ve vodě. Při překročení teploty varu tmavne a rozkládá se. Filmy vytvořené z vodného roztoku mají dobré optické vlastnosti a odolnost vůči UV záření. Je snadno biologicky napadnutelný. Film je rozpustný ve vodě. V organických rozpouštědlech se nerozpouští, pro tuto vlastnost bývá v restaurování často použit jako separační nátěr. Používá se také jako konsolidant barevné vrstvy nástěnné malby v interiéru se stabilním klimatem, bez rizika mikrobiologického napadnutí.

c) Akryláty

Akryláty vznikají polymerací esterů kyseliny metakrylové a akrylové. V průmyslové výrobě se objevují od roku 1927⁹. V restaurování se používá polymethylmetakrylát, polybutylmetakrylát a jejich kopolymery. Nejznámější je polymethylmetakrylát (PMMA), který je nejstabilnější za syntetických polymerů. Má výbornou světelnou stabilitu a odolnost vůči UV záření. Nesíťuje ani při vysokých teplotách, nepodléhá hydrolýze ani v alkalickém prostředí. PMMA se rozpouští v esterech, ketonech, aromatických a chlorovaných uhlovodících a v ledové kyselině octové. Může být měkčen běžnými změkčovadly. Má výborné optické vlastnosti: index lomu $n_D = 1,49$, propouští 91 – 92 % viditelného skla a 75 % UV záření (o vlnové délce nad 320 nm). V důsledku elektrostatického náboje přitahuje na povrch prachové částice, tento nedostatek, kterým trpí většina plastů lze odstranit antistatickými nátěry.

Pro restaurování se nejčastěji používají kopolymery. Vodné disperze

dobře odolávají povětrnostním podmínkám a používají se nejčastěji při konzervaci nástěnných maleb. Používají se také pro výrobu disperzních barev. Problémem všech akrylátových disperzí, používaných v restaurování, je jejich absolutně odlišné chemické složení a vlastnosti od původního materiálu.

Paraloid B72 (fa. Rohm & Haas, v USA pod názvem Acryloid B72)

Paraloid B72 je akrylátová pryskyřice, kopolymer etylmetakrylátu s metylakrylátem (70 : 30). Vyrábějí se i jiné modifikace, ale Paraloid B72 je nejpoužívanější. Vyrábí se již od roku 1965, v roce 1970 došlo ke změně výrobce a také k pozměnění receptury, díky tomu je rozpustný také v etylalkoholu). Používá se při konzervaci a restaurování kamene, nástěnné malby, obrazů, dřeva, skla a keramiky. Používá se jako fixativ, konsolidant, lepidlo i jako závěrečný lak na obrazy. Patří k nejstabilnějším syntetickým pryskyřicím. Je velmi transparentní a má dobré optické vlastnosti. Dobře odolává stárnutí, UV paprskům a biologickému napadení. Rozpouští se v organických rozpouštědlech. Výběr rozpouštědel ovlivňuje vlastnosti a způsob použití. Při aplikaci příliš koncentrovaného roztoku vzniká riziko tvorby neprodyšného filmu, přílišného prosycení povrchu a vzniku lesků. Pro použití ve vlhkém prostředí se doporučuje rozpouštět Paraloid v trichloretanu.

V restaurování se používá na nejrůznější materiály. Podle účelu se používá v koncentracích 1 – 7 %. Aplikuje se nejčastěji nástřikem, nebo nátěrem. Při restaurování nástěnné malby bývá nejčastěji použit jako konsolidant zpraškovatělé barevné vrstvy, fixáž odlupujících se šupinek a jako pojítka retuší.

Akrylátové disperze

Většina akrylátů je k dostání ve formě disperzí. Všeobecně platí, že disperze mají horší vlastnosti a aplikační schopnosti než roztoky. Velikost dispergovaných částic polymeru se pohybuje mezi 1 - 10⁻³μm. Akrylát tvoří pevnou složku, dispergovanou v kapalině (nejčastěji ve vodě). Stabilitu systému zajišťuje dispergační činidlo, po odpaření rozpouštědla vzniká homogenní film, který již nelze převést na původní disperzi. Aby měl film vytvořený z disperze dobré mechanické vlastnosti, musíme dodržovat některé zásady:

- aplikovat disperzi jen v nízkých koncentracích, abychom dosáhly nízké viskozity a tím i lepší penetrace
- ředit je před použitím, neboť při dlouhém skladování naředěných disperzí dochází k jejich koagulaci a tím k zhoršení mechanických vlastností
- při aplikaci akrylátových disperzí je třeba dodržovat minimální filmotvornou

teplotu daného akrylátu (MFT; obvykle mezi 5 – 10 °C)

- ideální relativní vzdušná vlhkost pro aplikaci se pohybuje mezi 60 – 70 %
- akrylátové disperze by měly být uchovávány v neředěné, při teplotě nad 5 °C, není vhodné je skladovat v kovových nádobách

Pro zlepšení penetrace akrylátových disperzí, do nich bývá často přidávám etanol. Tento problém je často diskutovaný a z technologického hlediska většinou odsuzovaný.¹⁰ Zlepšení penetrace může být jen zdánlivé, neboť je zde riziko nabobtnání částic disperze, která následkem zvětšení objemu zůstane na povrch a do podkladu proniká pouze zředěný alkohol. Výsledný film může mít následkem toho zhoršené vlastnosti a nižší stabilitu.

Akryláty se často kopolymerují s jinými monomery, aby se zlepšili jejich vlastnosti, především teplota zesklnění a u vodných disperzí minimální filmotvorná teplota (MFT). Z českých výrobků je to například **Sokrat** (používá se často při úpravě vlastností omítek, pro konzervaci nástěnné malby se nehodí, protože má kyselé pH). Ze zahraničních výrobků je to **Primal** fy. Rohm & Haas a **Hydrogrund** fy. Lascaux. Akryláty jsou odolné UV záření a škodlivinám, jsou však citlivé na vlhkost (filmy vzniklé z roztoku jsou odolnější než disperze).

d) Deriváty celulózy

Veškeré deriváty celulózy pocházejí z jednoho zdroje – z čisté celulózy ze dřeva nebo bavlny. Je to přírodní makromolekulární látka, tvořící základ většiny rostlinných tkání. Tvoří ji lineární polymer složený z jednotek D-glukózy. Její molekulová hmotnost je velmi vysoká, polymerizační stupeň DP je mezi 10 000 až 15 000 (tzn. jakým počtem glykosidických jednotek je tvořen řetězec). Na základní struktuře jsou navázány karboxylové skupiny, esterové vazby a vazby na jiné molekuly cukrů. Díky těmto funkčním skupinám je celulóza vysoce polární.

Hydroxylové skupiny umožňují vytvářet vodíkové můstky. Díky vysokému počtu hydroxylových skupin má velkou afinitu k vodě, ale kvůli silným mezimolekulovým přitažlivým silám se v ní nerozpouští, pouze jí ochotně absorbuje až do rovnovážného stavu (při RH 50 % je obsah vody ve struktuře celulosy cca 5 %; při RH 100 % cca 22 %). Tato absorpce vyvolává bobtnání, které vede k objemovým změnám. Celulóza bobtná v silných alkáliích (např. v hydroxidu sodném), což umožňuje modifikovat její vlastnosti. Alkalická celulóza je rozpustná v některých rozpouštědlech a může být tak převedena

na rozpustné deriváty. Rozpustnost je nejnápadnější vlastností derivátů oproti přírodní celulóze. Hydroxylové skupiny (celkem tři na každé glukopyranózové jednotce) umožňují substituci, při které vznikají její deriváty. Jsou to estery (xantát, nitrát a acetát celulosy), nebo étery celulosy (viz. dále).

Stupeň substituce (tzn. kolik hydroxylových skupin bylo v řetězci nahrazeno) ovlivňuje vlastnosti, mezi nimi např. mikrobiologickou odolnost a rozpustnost v organických látkách. Dále záleží na chemickém složení substituentu. Polymerizační stupeň (DP) ovlivňuje přímou úměrou lepivost a viskozitu. Deriváty celulózy jsou všeobecně velmi viskózní látky a to i při nízkých koncentracích.

Některé z těchto produktů mají uplatnění v restaurátorské a konzervátorské praxi, především při restaurování papíru, ale také jako fixační prostředek, nebo zahušřovadlo. Struktura přírodní celulózy je snadno nabouratelná hydrolytickým štěpením řetězců, nebo oxidačními procesy a to zvláště vlivem světla. Za normální teploty je celulóza relativně stabilní a nedochází k autooxidaci.

Étery celulózy

Étery celulózy tvoří významnou skupinu jejích derivátů. Uplatňují se především jako lepidla, adheziva, konsolidanty, pojiva barev a retušů, a také jako zahušřovadla. Největší využití mají v konzervaci papíru, kde jsou používána jako kličidla, neboť mají papíru podobnou strukturu).

V molekule celulózy mohou být nahrazeny (etherifikovány¹¹) tři skupiny –OH a to skupinami: metyl, etyl, karboxymetyl, hydroxyetyl a hydroxypropyl. Substituenty jsou k řetězci připojeny éterickou vazbou, tedy přes atom kyslíku. Éterifikační činidla jsou např. metylchlorid pro metylcelulózu a propylenoxid pro hydroxypropylcelulózu. Pro přípravu směsného éteru je třeba použít rozličná éterifikační činidla a to buď současně, nebo postupně.

Počet éterifikovaných skupin definuje stupeň substituce (DS), u éterů celulózy se může pohybovat v rozmezí 1 – 3 a je vždy průměrnou hodnotou, protože není možné řídit chemické reakce probíhající při éterifikaci; to znamená, že počet substituovaných skupin –OH může být na jednotlivých jednotkách glukosy různý. Molární substituce (MS) znamená, když se na vodíkový atom hydroxylové skupiny glukózové jednotky naváže substituent, na jehož vlastní hydroxylovou skupinu je substituována další substituční skupina. Hodnota MS je teoreticky neomezená, ale vždy je vyšší než DS daného éteru. Obecně platí, že čím větší počet hydroxylových skupin je nahrazen (tzn. čím vyšší je DS), tím menší je rozpustnost těchto éterů ve vodě, a naopak roste rozpustnost v organických

rozpouštědlech. Většina z nich je však rozpustná ve vodě nebo ve vodě a etanolu. Délka řetězce odpovídá polymerizačnímu stupni DP.

Většina éterů celulózy má výborné optické vlastnosti, tvoří bezbarvý, relativně pevný a pružný film, nevytváří lesky ani nedochází k tmavnutí. pH je neutrální až mírně zásadité. Jsou netoxické a zdravotně nezávadné.¹² Étery celulózy mají výbornou odolnost vůči stárnutí. C. V. Horie¹³ je řadí do skupiny B, stabilita v rozmezí 20 – 100 let. Mezi nejstabilnější patří metyl-, metylhydroxyethyl-, metylhydroxypropyl celulóza, ke středně stabilním patří například hydroxypropylcelulóza a k nejméně stabilním karboxymethylcelulóza a etylcelulóza. Jejich nevýhodou je hygroskopicitata a u některých typů slabší biologická stabilita (odolnost stoupá se stupněm substituce). Étery celulózy mají všeobecně dobrou reversibilitu.

Všechny vodorozpustné ethery lze používat v rozsahu pH 3 – 11 s výjimkou NaCMC, která vyžaduje pH v rozmezí 4 – 10. Reakcí se silnými zásadami a kyselinami se podobně jako přírodní celulóza rozkládají, ale všeobecně jsou vůči působení kyselin a zásad odolnější.

Vlastnosti výsledného éteru ovlivňuje zejména substituční skupina, stupeň substituce (DS), molární substituce (MS) a délka polymerního řetězce (tj. stupeň polymerizace; DP).

Obecně platí, že čím vyšší je DS a MS, tím rozpustnější jsou étery v organických rozpouštědlech; čím vyšší je DP nebo DS derivátu, tím vyšší je jeho bod zákalu.¹⁴ DP má také vliv na viskozitu roztoku, čím je DP vyšší, tím je i viskozita vyšší.¹⁵ DP éterů je často mnohem nižší, než DP původní celulózy, např. bavlna má DP = 2 000 i vyšší a étery mohou mít DP = 50 i nižší.¹⁶ Vysoká viskozita má za následek obtížnou penetraci do ošetřovaného materiálu.

Zástupci éterů celulózy:

• **Methylcelulóza (MC)**

- Methylan (fa. Henkel, SRN)
- Methocel A (fa. Dow, USA)
- Tylose MB (fa. Hoechst, SRN)
- výroba: reakcí alkalické celulózy s metylchloridem
- methylcelulóza má nejčastěji stupeň substituce (DS) mezi 1,4 – 2,0, kdy je rozpustná ve studené a vlažné vodě (při teplotě nad 56 °C dojde k vysrážení ve formě gelu, gel se po ochlazení opět rozpustí); díky vysokému substitučnímu stupni je i mikrobiologicky odolná
- dobře odolává stárnutí

- metylcelulózu lze připravit například rozmícháním v 1/3 objemu vody ohřáté na 80 - 90 °C, po zgelovatění se přidají zbylé 2/3 vody (studené)
 - z organických rozpouštědel se rozpouští pouze v dimetylformamidu a dimetylsulfoxidu ¹⁷
 - má neionogenní charakter
 - odolná proti horké vodě (vyschlý film nelze horkou vodou rozpustit)
 - má velmi vhodné vlastnosti pro použití v konzervátorské praxi
- **Hydroxyetylcelulóza (HEC)**
 - Tylose H (fa. Hoechst, SRN)
 - Natrosol (fa. Hercules, USA)
 - výroba: reakcí etylenoxidu s hydroxylovými skupinami celulózy
 - má neionogenní charakter
 - nevýhodou je vyšší mikrobiologická citlivost
- **Metyldihydroxyetylcelulóza (MHEC)**
 - Tylose MH (fa. Hoechst, SRN)
 - Glutofix (fa. Hoechst, SRN)
 - výroba: reakcí alkalické celulózy s metylchloridem a etylchloridem
 - stupeň substituce (DS) se pohybuje mezi 1,5 – 2,0, vyrábí se typy s různou viskozitou
 - viskozita roztoku klesá s narůstající teplotou
 - rozpustná ve studené a vlažné vodě; z horké vody se vylučuje
 - pro přípravu se doporučuje použít mixér nebo magnetickou míchačku, ale menší množství lze snadno připravit i ručním mícháním (míchat alespoň 30 minut)
 - pro rychlejší přípravu je vhodné Tylosu nejprve rozpustit v malém množství vody ohřáté na cca 80 °C a poté doplnit studenou vodou
 - má podobné vlastnosti jako metylcelulóza, v restaurování je často používaná Tylose MH 50, 300, 1000, 3000 (udávaná čísla za názvem značí viskozitu, tj. čím vyšší číslo, tím viskóznější typ)
 - používá se jako fixáž zpráškovatělé barevné vrstvy, na ochranné přelepy a jako zahušťovadlo
- **Hydroxypropylcelulóza (HPC)**
 - Klucel (fa. Aqualon, USA)
 - výroba: reakcí propylenoxidu s hydroxylovými skupinami celulózy

- vzhledem ke svým hydroxylovým skupinám je hydroxypropylcelulóza náchylná k substituci již substituovaných skupin, takže je u ní důležitější hodnota molární substituce (MS), než substituční stupeň (DS); při MS 3,5 – 4,5 je rozpustná ve studené vodě, při zahřátí nad 45 °C se začíná vylučovat a nerozpouští se; při MS vyšší než 4,5 je rozpustná v organických rozpouštědlech (např. v toluenu, ale je vhodnější tato rozpouštědla do roztoku pouze přidávat)
- výhodnou vlastností Klucelu je rozpustnost v nižších alkoholech, glykolech a chlorovaných uhlovodících; díky tomu se může použít i na materiály citlivé na vodu; často bývá rozpuštěn ve směsích: aceton : voda (9 : 1), butanol : voda (9 : 1), isopropanol : voda
- lze jej také kombinovat s mnoha syntetickými polymery, např. s akrylátovými disperzemi
- Klucel patří k vysoce viskózním éterům, ale dnes se vyrábí i nízkoviskózní typy: mezi nízkoviskózní patří např. Klucel E (Mr 60 000) a G (Mr 300 000), mezi vysoce viskózní patří Klucel M a MH (Mr 1 000 000)
- má vysokou stabilitu a dobrou adhezi, v důsledku vysoké viskozity má horší penetraci, ale zmiňované nízkoviskózní typy mají přijatelné vlastnosti
- velmi dobře odolává mikrobiologickému napadení
- používá se jako fixáž zpráškovatělé barevné vrstvy a odlupujících se šupinek, na ochranné přelepy, a jako zahušťovadlo (např. do retuší)
- v restaurování se používá od roku 1976¹⁸

• **Karboxymethylcelulóza**¹⁹ (CMC, KMC)

- Lovosa (fa. Lovochemie, a.s., Lovosice, ČR)
- Tylose C (fa. Hoechst, SRN)
- Cellulose Gum (fa. Hercules, USA)
- Cellofas (fa. ICI, GB)
- výroba: reakcí alkalické celulózy s kyselinou chlorooctovou
- samotná CMC je ve vodě nerozpustná, proto se užívá její sodná sůl (NaCMC), z toho důvodu je silně ionogenní a také je velmi hydrofilní (ze vzdušné vlhkosti může absorbovat až 100 % vody vzhledem ke své hmotnosti;²⁰ tyto vlastnosti jí oproti jiným materiálům znevýhodňují
- vzhledem k obsahu sodíku je NaCMC zásaditá (pH 8,2), což vede k urychlení blednutí některých organických pigmentů (např. karmínu)²¹
- má mírně nažloutlou barvu a časem tmavne, což také omezuje její využití pro restaurátorské účely²²

- z hlediska optické stability nemá příliš dobré vlastnosti a snadno podléhá fotooxidaci a také je snadno biologicky napadnutelná; napadením mikroorganismy se snižuje její viskozita
- polymerizační stupeň (DP) pro nízkoviskózní typy je 300 – 400 a 500 – 600 pro typy se střední viskozitou
- rozpustnost a viskozitu karboxymethylcelulózy ovlivňuje přítomnost solí a kyselin
- rozpouští se ve vodných roztocích metanolu, etanolu a glycerinu
- je rozpustná ve studené i horké vodě i při substitučním stupni DS 0,4 – 1,4, má tixotropní chování
- v organických rozpouštědlech není rozpustná
- při koncentraci do 10 % ve vodě vznikají roztoky, při vyšší koncentraci tvoří gely
- reaguje s ionty železa, hliníku a dalšími polyvalentními ionty za vzniku příčných vazeb; příčné vazby tvoří také s aldehydy

• **Etylcelulóza (EC)**

- etylcelulóza je éter rozpustný pouze v organických rozpouštědlech, neboť je obtížné jej vyrobit s dostatečně nízkým substitučním stupněm, DS je nejčastěji mezi 2,4 – 2,8²³
- ve 20. letech se používala jako lak na olovo²⁴

Příprava: Étery celulózy jsou k dostání ve formě prášku, nebo granulí; granule jsou snadněji rozpustné. V suchém stavu by měly být skladovány v pevně uzavřených nádobách, ve sterilním a temném prostředí.

Roztoky, nebo práškovité preparáty mají dlouhou životnost. Roztoky vodorozpustných éterů se mohou směšovat s jakýmkoli organickým rozpouštědlem (směsi mohou obsahovat až 50 % rozpouštědla vzhledem k roztoku; pokud je rozpouštědla příliš, začne se éter z roztoku oddělovat, tento stav je vratný přidáním vody.

3.3.3. Organokřemičitany

Organokřemičitany patří do skupiny silikonů; jsou to konsolidační prostředky na pomezí organických a anorganických látek. Tvoří je estery kyseliny křemičité, nejčastěji etylester. Je to relativně moderní konsolidační materiál.

Z molekul tetraetoxysilanu (TEOS - tetraethylortosilikát), který je většinou již částečně kondenzovaný na oligomerní složky, aby se snížila jeho přílišná prchavost, vzniká hydrolyzou koloidní roztok kyseliny křemičité, který se mění na pevný oxid křemičitý.

Výhodou tohoto pojiva je struktura příbuzná původnímu minerálnímu materiálu (-Si-O-Si-). Organokřemičitany snadno penetrují do porézního materiálu a zpevňují jeho strukturu. Nejčastěji se používají na hloubkové zpevnění kamene, ale také zdiva a omítek, případně i jako konsolidant povrchu nástěnné malby. Vytvořený film má hydrofobní vlastnosti.

Organokřemičitany mají vynikající stabilitu i při vysokých teplotách, dobře odolávají UV záření a dalším povětrnostním vlivům; nejsou biologicky napadnutelné. Nemění fyzikální vlastnosti zpevňovaného materiálu a nevytváří vedlejší produkty. Mají výbornou adhezi, neboť aplikací na silikátový materiál dochází k pevnému propojení vazbami mezi konsolidantem a ošetřovaným objektem. Struktura konsolidovaného materiálu zůstává paropropustná, nehrozí ucpání pórů.

Při nesprávné aplikaci, může dojít k prosycení a mírnému ztmavnutí. Proto je vhodné přebytečný konsolidant z povrchu ihned po aplikaci odstranit. Organokřemičitany lze aplikovat pouze na zcela suchý povrch a i po aplikaci musí být objekt minimálně tři týdny chráněn před vodou a zvýšenou vlhkostí. V případě kontaktu s vodou by došlo k tvorbě neodstranitelných zákalů. Nevýhodou organokřemičitanů je nereverzibilita, ale jedná se v podstatě o stálý materiál bez rizika nežádoucích změn.

Reakci vytvrzování je nutné řídit katalyzátory, podle toho je dělíme na:

- jednosložkové: organokovový katalyzátor (např. organociničitý)
katalyzátor do kaučuku (C21)
- dvousložkové: kyselé katalyzátory (HCl, H₃PO₄)
 - jednosložkové v rozpouštědle, ředitelné etanolem či acetonem

Komerční prostředky:

- **Etylsilokát** 40 a 25 – čistý oligomerní ethylester kyseliny křemičité
rozpuštědla: etanol, aceton
koncentrace: 10-50% (nejčastěji 20-30%)
katalyzátor: C21 (2-3%), HCl, H₃PO₄
- **Funcosil Steinfestiger** 100, 300 (fa. Remmers)–
jednosložkové prostředky (etalester kyseliny křemičité
v organických rozpouštědlech), udávané číslo značí
množství gelu (g) vytvořeného z 1 litru roztoku
- **Wacker OH** – jednosložkový prostředek (75%), možnost
ředit acetonem
- **Porosil Z** - dvousložkový, nehydrofobní prostředek,
rozpuštědlo etanol
- **Motema Steinfestiger** 28 – nekatalyzovaný prostředek,
vysoká penetrace, ale velmi pomalá hydrolýza

PRAKTICKÁ ČÁST

4. Vybrané fixážní prostředky

Pro účel testování bylo vybráno osm fixativů zastupujících tradiční i současné materiály. Spektrum používaných materiálů je samozřejmě mnohem širší a mohou se vyskytovat i kombinace různých materiálů a nejrůznější receptury. Snažili jsme se vybrat jednak prostředky, se kterými se v současné době setkáváme v praxi nejčastěji, ale také ty které lze pro účel fixace nástěnných maleb použít, ale nejsou ještě dostatečně odzkoušené (étery celulózy, organokřemičitany). Z tradičních materiálů jsme vybrali ty, které se nejčastěji vyskytovali v historických restaurátorských zásazích. Nejdiskutabilnějším fixážním prostředkem je vaječná emulze, kterou jsme zařadili mezi historické materiály, ale i dnes se můžeme setkat s jejím použitím, na které jsou různé názory.

Záměrem této práce je porovnat vlastnosti různých fixážích prostředků a rozdíly mezi tradičními a moderními materiály. Neočekáváme, že by se některý z materiálů ukázal být po všech stránkách vyhovující a všestranně použitelný. Většina přípravků má mnoho dobrých vlastností, ale často nevyhovují v některých požadavcích a nemohou být použity bez předchozího průzkumu restaurovaného objektu. Je nezbytné vybrat právě takový fixážní prostředek, který splňuje podmínky kladené restaurovaným dílem a prostředím, ve kterém se vyskytuje. Proto ani nemůžeme předem zcela vyloučit možnost použití některých přírodních materiálů. Je zřejmé, že tyto látky mohou být omezené zejména po stránce biologické stability, ale jak ukázaly některé případy, tak ani syntetické materiály nemusejí zcela vyhovovat.

Vybrané fixážní prostředky byly připraveny v nízkých koncentracích podobných hodnot, ale tak aby to odpovídalo jejich charakteru, pojivovým schopnostem a způsobu použití.

4.1. Primal SF016

(fa. Röhm & Haas)

Akrylátová disperze; 1 % roztok ve vodě

Primal SF016 je vodná akrylátová disperze a 50 % obsahem sušiny. Pro účel fixace barevné vrstvy nástěnné malby se nejčastěji používá v koncentracích 0,5 – 2 %, v závislosti na charakteru povrchu malby. Stejně jako jiné disperze, je vhodné Primal používat v nižších koncentracích, aby dosáhl nízké viskozity a dobré penetrace. Primal se a jiné akrylátové disperze se kvůli optimálním vlastnostem doporučuje ředit destilovanou vodou, neboť přítomnost iontů v užitkové vodě může způsobovat menší stálost disperze. Naředěné disperze není vhodné delší dobu skladovat.

Primal má dobré mechanické vlastnosti, UV i biologickou stabilitu, lze jej použít i na mírně vlhký podklad. K jeho nevýhodám patří omezení paropropustnosti a riziko tvorby lesklých povrchů, nebo tzv. „gumového“ povrchu a také určité prosycení barevné vrstvy. Reverzibilita filmu se časem zhoršuje, může docházet k síťování. Čerstvě vytvořený film lze smýt etanolem, ale po delší době je rozpustný pouze v organických rozpouštědlech (aceton, xylen, toluen, etylacetát a chlorovaná rozpouštědla). Reverzibilita je také ovlivněná použitou koncentrací, tj. filmy vzniklé z koncentrovanějších disperzí jsou hůře odstranitelné.

V některých případech se můžeme setkat se snahou zlepšit penetrační vlastnosti Primalu přidáním etanolu do disperze, nebo s předvlhčováním ošetřovaného povrchu lihovou vodou (1:1). Tento postup je kritizován některými technologi, jeho efektivita nebyla zatím potvrzena ani zcela vyvrácena. Při subjektivním hodnocení lze konstatovat, že touto aplikací dochází ke zlepšení penetrace – konsolidant se snadněji vsakuje a na povrchu nezůstávají kaplička po rozstříkávání. Z technologického pohledu se však dá předpokládat nabobtnání makromolekul akrylátu a tím může naopak dojít k zhoršení vlastností vzniklého filmu. Kvůli tomuto nebezpečí, se dá postup, kdy je povrch malby pouze předmáčen lihovou vodou, považovat za bezpečnější.

Primal lze modifikovat étery celulózy, pro dosažení vyšší viskozity při retuších. Lze předpokládat, že příměs éterů celulózy může pomoci snadnější reversibilitě filmu, tato domněnka však zatím nebyla potvrzena.

Technické parametry:²⁵ vzhled: bílá tekutina, vodou ředitelná, nevznětlivá

- zápach: po čpavku
- bod tavení 0 °C

- bod varu 100 °C
- hustota 1,0 – 1,2 g / cm³
- pH 9,0 – 9,9
- viskozita při 20 °C 7500 mPas.

4.2. Paraloid B72

(fa . Rohm & Haas, v USA pod názvem Acryloid B 72)

Syntetická akrylátová pryskyřice; 1 % roztok v xylenu

Paraloid B72 je akrylátová pryskyřice – kopolymer etylmetakrylátu a metylakrylátu (70 : 30). Je to středně tvrdá, termoplastická látka. Patří mezi nejstabilnější syntetické pryskyřice. Je zcela transparentní, má dobré optické vlastnosti. Dobře odolává stárnutí, UV paprskům a biologickému napadení. Odolává kyselým dešťům, netvoří vedlejší produkty. Má dobrou elasticitu, dobře penetruje a má dobrou adhezi k minerálním povrchům. Po zaschnutí nelepí, nešpiní se. V restaurování se používá zhruba od 50. let 20. století.

Rozpouští se v organických rozpouštědlech (xylen, toluen, aceton, etylacetát, trichlotetan, chloroform). Výběr rozpouštědel ovlivňuje vlastnosti a způsob použití. Při přípravě roztoku je nutné Paraloid, který je distribuován jako sklovitá látka ve formě granulí, nechat bobtnat v rozpouštědle do druhého dne.

Jako konsolidant barevné vrstvy nástěnné malby se nejčastěji aplikuje nástřikem (doporučováno pro roztoky v xylenu a toluenu), nebo nátěrem, v koncentracích 1 – 3 %. Je vhodnější používat roztoky s nižší koncentrací (na nerovnoměrně nasákové povrchy) a aplikaci nástřikem případně podle potřeby opakovat. Aplikace se provádí metodou wet to wet (mokré do mokrého), až do nasycení. Nevsáklý roztok musí být po aplikaci z povrchu odstraněn (např. toluenem), aby se zabránilo vytvoření lesků.

Technické parametry:²⁶ -vzhled – čirý granulát

- teplota zeskenění (Tg) 40 °C
- bod měknutí 70 °C
- bod tavení 150 °C
- viskozita (40 % roztok při 25 °C)
 - v acetonu 200 cps
 - v toluenu 600 cps
 - v xylenu 980 cps

4.3. Funcosil Steinfestiger 100

(fa. Remmers)

Etylester kyseliny křemičité (20 % hm.) v etanolu

Funcosil Steinfestiger 100 je organokřemičitý konsolidační prostředek na bázi etylesteru kyseliny křemičité. Číslo za názvem značí, kolik gramů křemičitého gelu se vyloučí z 1 litru dodávaného roztoku, v tomto případě je to 100 g, tj. 10 %. Jde o typ s nízkou hodnotou vyloučeného gelu.

Tento prostředek je vhodný ke zpevňování jemně porézních křemičitých materiálů. Původně je určen pro zpevňování zvětralého kamene, ale stále více se používá i pro zpevňování omítek a nástěnných maleb.

Má hydrofobizující vlastnosti. Díky nízkému obsahu etylesteru kyseliny křemičité má vysokou schopnost pronikat hlouběji do povrchu, lépe zpevňuje i nízkoporézní materiály. Nehrozí, že povrch materiálu příliš zpevňený, ani riziko vzniku lesklého filmu. Přípravek reaguje s kapilární vodou (příp. s vzdušnou vlhkostí), přitom vylučuje čistě minerální, amorfní vodnatý oxid křemičitý sloužící jako pojivo. Z roztoku se reakcí vylučuje gel. Na průběh a trvání reakce má vliv teplota a vzdušná vlhkost. Za normálních podmínek (20 °C, 50 % RH) je proces ukončen po třech týdnech. Ošetřený povrch nesmí po dobu minimálně jednoho týdne²⁷ přijít do kontaktu s vodou, na povrchu by se tím mohl vytvořit neodstranitelný zákal. Ošetřený materiál by měl být zpočátku také chráněn před slunečními paprsky aby nedocházelo k přílišnému odparu rozpouštědla. Ideální aplikační teploty jsou v rozmezí 10 - 20 °C. Po aplikaci je vhodné ošetřit povrch rozpouštědlem a zbavit ho tak přebytečného konsolidačního materiálu. Nově vzniklé pojivo je odolné vůči erozi. Paropropustnost materiálu není po aplikaci téměř omezena. Odolnost vůči povětrnostním vlivům a vůči UV záření je vysoká.

Jedná se o jednosložkový systém s jednoduchým a bezpečným zpracováním; katalyzátor je neutrální. Výrobek je bezbarvý; hustota (při 20 °C) 0,79 kg/l.

4.4. Tylose MH 300

(fa. Hoechst, SRN), 0,5 % roztok ve vodě

Éter celulózy - Metylhydroxyetylcelulóza (MHEC)

Metylhydroxyetylcelulóza se vyrábí reakcí alkalické celulózy s metylchloridem a etylchloridem. Tylose MH 300 má polymerizační stupeň DS 1,25, patří mezi typy s nižší viskozitou. Je rozpustná ve studené a vlažné vodě do teploty cca 50 °C, kdy se začíná z roztoku vylučovat ve formě gelu.

Pro přípravu je vhodné použít magnetickou míchačku, ale malé množství lze připravit i ručním mícháním. Pro urychlení přípravy je vhodné Tylosu nejprve rozpustit malém množství vody (1/3 předpokládaného množství vody) ohřáté na cca 80 °C a poté doplnit studenou vodou (2/3). Tylose se vyrábí ve formě prášku nebo granulátu, který je údajně snáze rozpustný.

U Tylosy je vyšší obava z biologické napadnutelnosti, než např. u Klucelu, ale i přesto ji můžeme považovat za poměrně stabilní. Má neionogenní charakter (netvoří nerozpustné komplexy s kovovými ionty, jako např. NaCMC). Roztok je viskózní i při koncentraci okolo 1 %. Je rozpustná ve vodě i v etanolu. Roztoky by se měl připravovat těsně před použitím, neboť v rozpuštěné formě je snáze biologicky napadnutelná.

4.5. Klucel G

(fa. Aqualon, dříve Hecules, USA), 0,5 % roztok ve vodě

Éter celulózy - Hydroxypropylceluloza (HPC)

Klucel G patří mezi étery celulózy s dobrou odolností vůči stárnutí i biologickému napadnutí. Nepodléhá barevným změnám.

Vyrábí se reakcí propylenoxidu s hydroxylovými skupinami celulózy. Tvoří relativně elastické filmy. I po stárnutí je snadno odstranitelný. Klucel je rozpustný ve studené a vlažné vodě. Prášek je nutné pomalu a pravidelně míchat. Klucel G je při teplotě nad 45 °C nerozpustný. Ředitelný je vodou ale i některými alkoholy (ethanol), nebo v roztoku vody a alkoholu, proto může být použitý i na materiály citlivé na vodu. Příprava roztoku v etanolu se provádí přidáváním práškového Klucelu do přehřátého alkoholu, za stálého míchání, rozpustit lze 1 - 30 g prášku v 1 litru. Připravený roztok je vhodné skladovat ve skleněných dózách.

Při restaurování nástěnné malby jej lze použít jako konsolidační

prostředek barevné vrstvy, na přelepy, nebo také jako pojítka retuší. Lze jej také použít jako dočasný fixážní prostředek, který lze kdykoliv snadno odstranit (studenou vodou). Podobným způsobem lze také snímat povrchové nečistoty: Povrch malby natřeme cca 2 – 3 % roztokem, vytvořený film po několika dnech snadno odstraníme vodou, spolu s nečistotami.²⁸

Lze jej také používat spolu s některými akrylátovými disperzemi, např. jako zahušťovadlo do retuší. Při retuších barokní nástěnné malby provedené ve vápenném seccu se nám osvědčilo medium připravené z 2 % Klucelu E a 1% Hydro-Grundu (1:1).²⁹

Technické údaje:³⁰ - polymerizační stupeň DP = 150 – 400

- molekulová hmotnost Mh 300 000

- viskozita 2 % roztoku ve vodě je 3 000 mPa.s

(nižší substituční stupeň DS)

4.6. Kožní klič

Kožní klič je tradiční přírodní látka. V nástěnné malbě se s ním setkáváme například v dekorativním malířství 19. století. V dnešní době se s ním v praxi při restaurování nástěnné malby s největší pravděpodobností nestkáváme, neboť má mnohé negativních vlastnosti, pro které nemůže být zodpovědně použit.

V minulosti byl však klič poměrně používaným konsolidačním prostředkem. Setkali se s ním například italští restaurátoři, kteří v 80. letech restaurovali strop Sixtinské kaple.³¹ Ti uvádějí, že Michelangelova freska byla několikrát natírána kličem. Předpokládáme, že klič byl aplikován za tepla, aby se snížila jeho viskozita a mohl více penetrovat do malby a způsobil prosycení barev. Tento efekt byl žádaný, oproti dnešku, kdy se snažíme zachovat původní výraz malby, zvláště v případě fresky. Nevýhodou kliču je způsob jeho stárnutí, kdy dochází k tmavnutí a tvorbě obtížně rozpustného film. Povrch opatřený nátěrem kliču je navíc snadno biologicky napadnutelný, především plísněmi. Čerstvý, ne zcela vyschlý, film působí jako lapač prachu a nečistot, což k zachování malby také nepřispívá. V případě použití velmi koncentrovaného roztoku (cca 3 – 5 % a více), může kontrakcemi při sesychání filmu dojít k jeho praskání a odlupování.

Důsledkem snahy o konsolidaci a prosycení malby kličem je tedy naopak ztmavnutí, degradace barevné vrstvy a riziko biologického napadení.

Z kožního klišu byl připraven 1 % roztok:

2 g klišu jsme nechaly bobtnat několik hodin v 98 ml studené vody, poté se kliš rozpouštěl při teplotě 35 - 50 °C. Roztok jsme zředili na 1 %, aby odpovídal koncentracím ostatních fixačních prostředků, neboť 2 % roztok byl po vychladnutí poměrně viskózní.

4.7. Čpavkový kasein

Zvažovali jsme o použití vápenného kaseinu, který jsme použili jako pojítka barevné vrstvy na jedné ze vzorků technik nástěnné malby. Tento materiál byl v nástěnném malířství poměrně používán, ale pro účel fixace nástěnné malby se nehodí, zejména pro svůj mléčný charakter, kterým by ovlivňoval výrazně barevnost malby.

Kaseináty patří všeobecně mezi látky se silnými pojivovými účinky. Podobně jako u klišu, i v případě vysychání roztoku kaseinu dochází k silným kontrakcím a riziku praskání a odloupávání filmu.

Nevýhodou pojiv na bázi kaseinu je jejich obtížná reverzibilita. Vytvořený film je velmi obtížně odstranitelný. V dnešní době je snaha odstraňovat kaseináty působením enzymů, rozkládajících jeho bílkovinné složky. S kaseinem se v restaurátorské praxi setkáváme nejčastěji v přemalbách.

I přes obtížnou odstranitelnost je snadno biologicky napadnutelný, zejména plísněmi.

Čpavkový kasein byl připraven podle receptury B. Slánského:

40 g práškového kaseinu se smíchá s 1 litru studené vody a nechá se 2 hodiny bobtnat. Poté se směs zahřeje na 50 - 60 °C a pozvolna se přidá 10 g čpavku a po několika minutách míchání se nechá z mléčného roztoku usadit nečistota, která se oddělí dekantací. Takto připravený roztok se může použít pro malbu na různé podklady, pro naše účely jsme roztok naředili na 1%, aby se přiblížil koncentracím ostatních fixativů.

4.8. Vaječná emulze

Vaječná emulze či tempera patří k nejčastěji používaným přírodním pojivům. Setkáváme se s ní v různých historických malířských technikách, od

deskové malby až po malbu nástěnnou. Také v současné době má své příznivce, ač jiní ji zcela zavrhnou.

Vaječná emulze je mastné pojivo, tudíž se hodí pouze na techniky malby podobného charakteru. V případech, kdy byla vaječná emulze použita jako fixáž freskové malby, došlo k prosycení barevné vrstvy, což je z pohledu dnešní doby nežádoucí efekt.

S emulzí obdobného složení, jakou jsme použili pro testování, se můžeme setkat také jako s pojivem retuší. Nevýhodou tohoto pojiva i konsolidantu jsou sklony k tmavnutí. Je to jeden z důvodů, proč je doporučováno provádět retuše o něco světleji než je intenzita originální malby. Další nevýhodou vaječné emulze, stejně jako jiných přírodních organických pojiv, je snadná biologická napadnutelnost. Z tohoto důvodu by měla být emulze aplikována pouze na malby, které jsou v suchém prostředí se stálým klimatem.

Výhodou vaječné emulze, jako konsolidačního prostředku nástěnné malby, je její snadná odstranitelnost. I po čase jí lze odstranit, například teplou vodou.

Další možností vaječné emulze je použití jako prostředku při odstraňování povrchových nečistot nástěnné malby. Z technologického hlediska je však obtížné popsat působení této metody. S touto metodou se můžeme setkat jak u nás, tak i například v Rakousku. Emulze se nechá na malbě zaschnout, a po určité době (dny - týdny) jí lze stále snadno postupně odmyvat vlažnou vodou spolu s nečistotami, bez přílišného narušení spodních vrstev malby. Podobným způsobem lze používat také některé étery celulózy.

Příprava emulze.³²

Rozhodli jsme se připravit žloutkovou emulzi, podle stejné receptury jako při přípravě pojiva pro barevnou vrstvu na vzorcích omítky:

1 díl (1 ks) žloutku (15,44 g)

0,5 dílu polymerovaného lněného oleje

1 litr vody

Tato receptura byla vybrána jako optimální průměr z několika receptů. Nabyly přidány žádné konzervanty ani fungicidy aby nebyly ovlivněny výsledky testů. Emulze byla vytvořena pouze z vaječného žloutku, aby nebyl výsledný film příliš křehký.

Emulze obsahuje 1,3 % sušiny.

5. Příprava substrátů pro laboratorní zkoušky

Pro experimentální část této práce byly vybrány fixativy, které zastupují jak tradiční přírodní látky, tak i současně používané syntetické materiály. Fixativy byly porovnávány z různých hledisek. Vzorke fixativů byly aplikovány na dva typy podkladů – tělíska z omítkoviny imitující techniky nástěnné malby a zmatněná sklíček. Dále byly vytvořeny vzorky na filtračním papíru na zkoušky biologické stability.

5.1. Tělíska imitující techniky nástěnné malby

Prvním typem substrátu je imitace několika technik nástěnných maleb na tělískách z omítkoviny. Malta byla připravena z jemného křemičitého písku o průměru zrn do 1 mm a bílého vzdušného vápna, v poměru 2 : 1. Malta byla natažena v síle cca 0,5 cm na stůl potažený PE folií a nakrájena na čtverečky o velikosti 5 x 5 cm. Po zavadnutí, byla část vzorků zpracována freskovou technikou. Aby se snížila alkalita nevyzrálého vápna, byly vyschlé vzorky několik dní ponořeny do 10 % roztoku uhličitanu amonného a poté byly v několika cyklech naloženy v destilované vodě aby se z nich vymyly alkalické zbytky. Po urychleném procesu vyžrávání bylo měřeno pH vzorků na dotykovém pH metru. Po třech týdnech urychleného vyžrávání bylo na povrchu naměřeno pH 7,55 a na lomu pH 9,64.

Techniky nástěnných maleb:

(použitý pigment: oxid železa červený, 5 g / 100 ml pojiva)

- 1) **pravá freska** – Čistý pigment rozpuštěný ve vodě aplikovaný na zavadlou omítku. Tělíska mají světlou, lomenou červeno-růžovou barvu, jejich povrch je poměrně uzavřený.
- 2) **vápenné secco** – U této techniky bylo pojítko připraveno, tak aby imitovalo zpráškovatělou malbu a zároveň si zachovalo původní chemické složení. Byla připravena suspenze obsahující 20 % sušiny. Sušina obsahuje bílé vzdušné

vápno (cca 50 % sušiny) a jemně mletou vápencovou moučku v poměru 2 : 3. Mramorová moučka nahrazuje část vápna ale nemá pojivové vlastnosti. Takto upravená suspenze obsahuje pouze 5 % uhličitanu vápenatého, který má aktivní pojivové schopnosti. Tělíska mají sytě červenou lomenou barvu, jejich povrch je spíše uzavřený.

- 3) **vápenný kasein** – Vápenný kasein byl připraven podle tradiční receptury B. Slánského, podle které se utře 1 díl čerstvého (nejlépe nízkotučného) tvarohu s 1 - 2 díly bílého vzdušného vápna, tato směs se poté naředí podle potřeby a nechá se usadit přebytečné vápno a tekutina se slije). Směs byla naředěna v poměru 1 : 6 dílů vody (konečný obsah sušiny byl 3 %). Tělíska mají tmavší matnou červenou barevnost.
- 4) **vaječná emulze** – Pro přípravu vaječné emulze byl zvolen nejjednodušší recept bez dalších přísad. Emulze obsahuje 1 díl (1 ks) žloutku (15,44 g), 0,5 dílu lněného polymerovaného oleje a 1000 ml vody. Emulze obsahuje 1,3 % sušiny. Vaječný bílek nebyl přidán z důvodu aby vytvořený film nebyl příliš křehký. Tělíska jsou tmavší, mají sytou barevnost.

Tělíska byla natřena jednotlivými fixativy, s tím že na jednu polovinu tělíska byl aplikován jeden nátěr štětcem (přes Netex), a na druhou polovinu tři nátěry³³. Od každého fixativu byly připraveny dva exempláře od každé techniky nástěnné malby, abychom mohli srovnávat charakter a vlastnosti barevné vrstvy po aplikaci a po umělém stárnutí. Od každé techniky byla vždy dvě tělíska ponechána bez nátěru fixativu, aby mohly být srovnávány optické změny. Umělé stárnutí tělísek probíhalo v laboratořích ve Vídni.

Tato tělíska byla připravena pro optické pozorování změn barevnosti a charakteru barevné vrstvy, ošetřené fixážními prostředky, před a po umělém stárnutí.

5.2. Barevná sklíčka

Druhým typem vzorků byla aplikace fixážních prostředků na inertní materiál, kterým jsou v našem případě sklíčka se zmatněným (opískovaným) povrchem o velikosti 10 x 5 cm. Sklíčka byla připravena dvěma způsoby pro

různé účely.

První skupinou byla sklíčka s barevnou vrstvou červeného pigmentu (oxid železa červený), který byl pojený pouze vápennou vodou. Tyto vzorky byly připraveny obdobným způsobem, jako vzorky technik nástěnné malby.

Na jednu polovinu sklíčka byl vždy nanesen jeden nátěr fixativu (štetcem přes Netex) a na druhou polovinu tři nátěry³⁴. Od každého fixativu byly připraveny dva vzorky, aby mohly být srovnány optické změny po umělém stárnutí (UV zářením). Vzorky na sklíčkách podstoupili umělé stárnutí za stejných podmínek, jako tělíska imitující techniky nástěnných maleb. Jedno sklíčko bylo ponecháno bez fixáže, jako srovnávací vzorek.

U těchto sklíček bude kromě vizuálního hodnocení provedena také zkouška adheze k podkladu, tzv. Scotch tape test a test stíhatelnosti.

5.3. Čirá sklíčka

Druhý způsob úpravy vzorků na inertních sklíčkách byla aplikace čistého sklíčka fixativem (tj. bez barevné vrstvy pigmentu). Každé sklíčko bylo rozděleno na tři díly:³⁵

- 1) neošetřený čistý povrch pro srovnání (pás široký 2 cm)
- 2) jeden nátěr fixativem se Zn bělobou (pás široký 4 cm)
- 3) tři nátěry fixativem se Zn bělobou (pás široký 4 cm)

Od každého fixativu byly vytvořeny dva vzorky – první skupina vzorků byla ponechána bez příměsí, v druhé skupině byl do fixativu přidán pigment zinkové běloby (1 g / 100 ml fixativu). Vzorky obsahující pigment podstoupili umělé stárnutí ve Vídni, ve stejných podmínkách jako barevná sklíčka a tělíska imitující techniky nástěnné malby.

Vzorky jsou určeny na optické srovnání změn fixážních prostředků před a po umělém stárnutí a na zkoušky reversibility filmů (stárnuté vzorky s pigmentem zinkové běloby).

5.4. Vzorčky na zkoušky bioodolnosti

Pro zjištění biologické stability byly připraveny vzorky na filtračním papíru. Od každého fixativu (případně i pojiva pigmentu – vápenné secco a vápenný kasein) byly vytvořeny tři vzorky a rozměrech 2 x 2 cm a natřeny celkem třemi nátěry fixativu. Připravené vzorky byly selektivně zabaleny ve skupinách podle fixativů (ř 3 ks) a zaslány paní PhMr. Bronislavě Bacílkové do laboratoře Národního archivu v Praze na zkoušky biostability.

6. Metody zkoumání

Úkolem této práce je porovnat vlastnosti vybraných konsolidačních prostředků barevné vrstvy nástěnné malby. Vzorky s fixážními prostředky jsme hodnotili zejména po stránce jejich optické stability a změn způsobených stárnutím. Srovnávána byla jak tělíška ošetřená fixativy s neošetřeným vzorkem, tak tělíška ošetřená fixativy před a po umělém stárnutí. Hodnotili jsme změny barevné vrstvy (žloutnutí, tmavnutí) a kvality filmu (tvorba lesků, práškovatění, stírání barevné vrstvy). V vzorků na sklíčkách byla testována adheze fixované barevné vrstvy k podkladu před a po umělém stárnutí. Na čirých sklíčkách byla hodnocena optická stabilita samotného fixativu a reverzibilita filmu po umělém stárnutí. V laboratoři Národního archivu v Praze na Chodově podstoupily vzorky fixativů test biologické odolnosti.

6.1. Tělíška imitující techniky nástěnných maleb

6.1.1. Optické pozorování změn na tělíškách

Na tělíškách imitujících techniky nástěnných maleb byly hodnoceny optické změny barevné vrstvy před a po umělém stárnutí. Od každého fixativu

byly hodnoceny změny na filmu vytvořeného z jednoho a ze tří nátěrů fixážního prostředku.

Změny byly hodnoceny opticky, pohledem a mechanicky, stíráním barevné vrstvy. Porovnávány byly optické změny barevné vrstvy (tmavnutí, žloutnutí) a kvalita filmu (tvorba lesku, práškovatění a stírání). Hodnoceno bylo také to, jak se vybrané fixážní prostředky chovají vzhledem k různým technikám nástěnné malby.

Hodnocení bylo pouze subjektivní, formou srovnávání, mělo napomoci základnímu rozřídění vhodných a nevhodných fixážních prostředků, pro konkrétní případy nástěnné malby.

6.2. Barevná sklíčka

6.2.1. Optické pozorování změn na barevných sklíčkách

Vzorky byly po optické stránce hodnoceny stejným způsobem, jako tělíska imitující techniky nástěnných maleb. Opět se jednalo o srovnání optických vlastností barevné vrstvy před a po umělém stárnutí a také vzhledem k neošetřenému vzorku. Nejprve bylo provedeno optické pozorování změn barevné vrstvy a charakteru filmu, které bylo doplněno dalšími metodami.

6.2.2. Měření barevných změn na sklíčkách kolorimetrem

Změny barevné vrstvy byly přesně vyhodnoceny měřením kolorimetrem v Národním archivu v Praze na Chodově, ve spolupráci s Dr. Ing. Michalem Ďurovičem. Hodnoceny byly rozdíly v barevnosti mezi stárnutými a nestárnutými vzorky, vzhledem k neošetřenému sklíčku. Měření zaznamenává i nepatrné, okem nepozorovatelné tmavnutí, popřípadě světlání barevné vrstvy.

Přístroj: Spectrophotometer CM-2600d (Minolta CO. LTD., Made in Japan)

-měřeno na bílém standartu

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

ΔE – totální barevná diference (míra velikosti barevného rozdílu mezi fixovaným

a nefixovaným povrchem a stavy před a po UV stárnutím)

L ... černá (0) – bílá (100)

a ... červená (+) – zelená (-)

b ... žlutá (+) – modrá (-)

ΔL ... jasová odchylka (černá – bílá)

$\Delta L = L$ vzorku – L předlohy

Δa , Δb ... rozdíly pozic v ab diagramu

$\Delta L \geq 4$... velká barevná změna

$\Delta L \geq 12$... extrémní barevná změna

6.2.3. Scotch tape test

Zkouška fixážního efektu před a po umělém stárnutí, zároveň ve srovnání s nefixovaným vzorkem. Pro tuto zkoušku byl upraven normovaný Scotch tape test, kterým se obvykle zjišťuje adheze barevné vrstvy na omítce. V našem případě jsme test aplikovali na zkušební sklíčka, na která jsme skalpelem vyryli čtvercovou síť s políčky 1 x 1 cm (celkem 25 políček na polovině sklíčka). Na takto upravenou polovinu byla nalepena kobercová páska značky U-lith, s dobrým adhezivním účinkem, po lehkém přitlačení byla rovnoměrně stržena. Úbytky barevné vrstvy byly poté spočítány a procentuálně vyhodnoceny (tzn. kolik % barevné vrstvy chybí). U každého fixativu byla srovnávána adheze filmu před a po umělém stárnutí, testovány byly vždy úseky s jedním a třemi nátěry fixativu. Výsledky byly také srovnávány s adhezí nefixovaného povrchu (srovnávací sklíčko), na které byl nanesen pigment pojený pouze vápenným mlékem).

Hodnocení měření je pouze subjektivní, mělo by tedy pouze pomoci rozřadit fixážní prostředky do určité stupnice podle jejich adhezivních schopností.

6.2.4. Test stíhatelnosti barevné vrstvy

Jako doplnění Scotch tape testu byl proveden test stíhatelnosti barevné vrstvy. Povrch sklíčka byl vždy třikrát stejnoměrně setřen vatovým smotkem. Pro testování byla použita sklíčka, na kterých byl předtím proveden Scotch tape test. Srovnávány byly opět stejné případy. Výsledky jsou opět subjektivní. Míru

stíratelnosti jsme hodnotili stupnicí 0 – 4:

- 0 – nestírá se
- 1 – nepatrná stíratelnost
- 2 – mírná stíratelnost
- 3 – velká stíratelnost
- 4 – extrémní stíratelnost

6.3. Čirá sklíčka

6.3.1. Optické vlastnosti filmu

Vzorky fixážních prostředků na čirých inertních sklíčkách byly nejprve opticky posouzeny z hlediska barevných a mechanických změn filmu. Srovnávány byly opět série stárnutých a nestárnutých vzorků. Poté byla zkoušena reversibilita fixážích prostředků.

6.3.2. Zkoušky reversibility

Zkouška reverzibility se prováděla na stárnutých sklíčkách, která ve svém filmu obsahovala pigment zinkové běloby, ta má schopnost fluorescence v UV světle a tím může být zkontrolována míra úbytku vrstvy fixativu. Pro odstraňování jsme vybrali čtyři běžné druhy rozpouštědel:

- 1) horká destilovaná voda
- 2) etanol
- 3) aceton
- 4) izooktan

Snímání filmu bylo prováděno jemným stíráním vatovými smotky po dobu 30 vteřin. Na každé polovině sklíčka, resp. na části s jedním a se třemi nátěry, byla vedle sebe vždy vyzkoušena všechna vybraná rozpouštědla.

Výsledky byly nejprve vizuálně hodnoceny vizuálně pohledem na sklíčka a také pod mikroskopem ve viditelném světle a UV světle, kde nám zbytky neodstraněného fixativu prokázala fluoreskující zrníčka zinkové běloby. Zinková běloba byla úmyslně přidávána jen do stárnuté série vzorků, aby umožnila kontrolu odstraňování fixativu, nestárnuté vzorky byly ponechané bez

jejího přídavku aby se mohl posoudit vzniklý film. Navíc koncentrace zinkové běloby na stárnutých vzorcích je nízká a dají se i tak posoudit barevné změny (zejména tmavnutí a žloutnutí) po umělém stárnutí.

6.4. Vzorky na zkoušky bioodolnosti

Zkoušky na bioodolnost byly provedeny ve spolupráci s PhMr. Bronislavou Bacílkovou, v Národním archivu v Praze na Chodově, na Oddělení péče o fyzický stav archiválií.

Vzorky fixáží prostředků nanesené na filtračních papírcích byly testovány dvěma způsoby: 1) Test na antifungální vlastnosti
2) Test na podporu nárůstu plísní

Seznam a označení zkoušených látek:

Fixážní prostředky:

1. Primal SF016 (1 %, 3 nátěry)
2. Paraloid B72 (1 %, 3 nátěry)
3. Fungosil Steinfestiger 100 (3 nátěry)
4. Tylose MH 300 (0,5 %, 3 nátěry)
5. Klucel G (0,5 %, 3 nátěry)
6. Kožní kliš (1 %, 3 nátěry)
7. Čpavkový kasein (1 %, 3 nátěry)
8. Vaječná emulze (1,3 %, 3 nátěry)

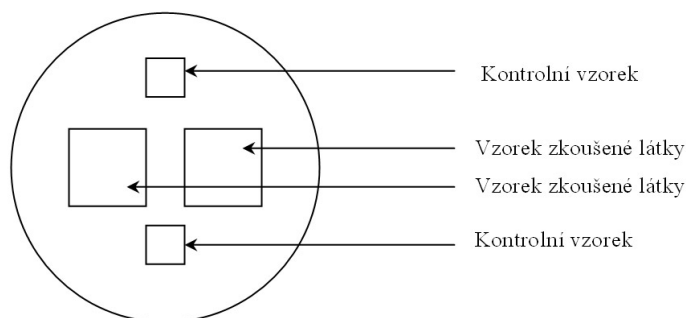
Techniky nástěnné malby:³⁶

- B. Vápenné secco
- C. Vápenný kasein

6.4.1. Antifungální vlastnosti

Zkouška je určena ke zjišťování fungicidních nebo fungistatických vlastností látek za podmínek masivní kontaminace plísněmi a dostatku živin v okolí testovaných látek.

Vzorky zkoušených látek byly naneseny na čtverečky filtračního papíru o rozměrech 2 × 2 cm. Ty byly za aseptických podmínek položeny na povrch živné půdy na Petriho misce,³⁷ která byly předem inokulována kulturou plísně *Penicillium chrysogenum* ze sbírky Národního archivu v Praze. Přitom na každou misku byly umístěny dva vzorky stejné zkoušené látky a dva kontrolní vzorky (čtverečky samotného filtračního papíru) podle uvedeného schématu:



Kultivace probíhala při 24 ± 4 °C po dobu 7 dní.

(fotografie viz. Obrazová příloha)

6.4.2. Podpora nárůstu plísni

Zkouška slouží ke zjištění schopnosti růstu plísni na testovaném materiálu za podmínek, kdy plísním slouží zkoušená látka jako jediný zdroj výživy. Pokud je jako nosič použit kvalitní filtrační nebo chromatografický papír, lze ho jako zdroj výživy pro tento typ zkoušky zanedbat, protože obsahuje vysoký podíl krystalické celulózy, která je pro většinu běžných druhů plísni obtížně rozložitelná.

Stejně připravené vzorky testovaných látek jako v předchozí zkoušce byly inokulovány sporama plísni *Penicillium chrysogenum* a *Aspergillus niger*. Poté byly zavěšeny v uzavřené komoře a kultivovány po dobu 14 dní při teplotě 24 ± 4 °C a relativní vzdušné vlhkosti 100 %. Nárůst plísni byl hodnocen mikroskopicky (stereomikroskop Nikon SMZ-U, zvětšení 7,5 – 75 ×).

7. Výsledky měření

7.1. Tělíska imitující techniky nástěnných maleb

7.1.1. Optické pozorování změn na tělískách

Hodnocení změny barevné vrstvy na tělískách je subjektivní. Porovnávání je navíc zhoršené mírnou nestejnorodostí tělísek samotných. Při přípravě vzorků se nepodařilo dosáhnout zcela rovnoměrného povrchu omítky a úplné vyváženosti barevné vrstvy (v některých místech měla barva větší tendenci se zapíjet do struktury apod.). Z tohoto důvodu jsou výsledky pouze orientační.

U tělísek imitujících techniky nástěnné malby, která nebyla ošetřena fixativy, nedošlo ani v jednom případě po umělém stárnutí k pozorovatelným změnám. Můžeme tedy předpokládat, že pozorování změn na tělískách s fixážními prostředky nebude ovlivňováno případnými změnami technik nástěnných maleb samotných.

Všeobecně lze říci, že konsolidační prostředky byly použity v poměrně nízkých koncentracích a ve většině případů proto k výrazným změnám nedošlo. Pouze na části se třemi nátěry se u některých fixážních prostředku projevilo tmavnutí. V některých případech došlo k tvorbě lesků, které ve většině případů po umělém stárnutí zmizeli. Mnohé filmy vytvořené z jednoho nátěru fixážního prostředku byli příliš slabé a barevná vrstva se stírala, tento efekt se po umělém stárnutí většinou ještě prohloubil.

Velmi špatných výsledků bylo dosaženo u Primalu SF016, který výrazně tmavl, zejména tři nátěry fixativu. Po stárnutí došlo k mírnému zesvětlení, ale i tak je výsledek alarmující. V případě jednoho nátěru dosáhl film vytvořený Primalem SF016 a Paraloidem B72 totožných, relativně uspokojivých výsledků, před i po stárnutí.

U Funcoslilu 100 se z negativních vlastností projevilo pouze mírné tmavnutí, v případě tří nátěrů, které po stárnutí v některých případech zmizelo, jinak dosáhl Funcosil uspokojivých výsledků.

Étery celulózy (Klucel G a Tylose MH 300) dosáhli výborných výsledků co se týče optických vlastností, pouze v některých případech došlo k nepatrnému tmavnutí u vzorků se třemi nátěry. U vzorků s jedním nátěrem došlo v některých případech ke stírání barevné vrstvy, způsobené pravděpodobně nízkou koncentrací roztoku (0,5 %).

Z přírodních materiálů prokázala největší tmavnutí vaječná emulze,

ale výsledky jsou celkem srovnatelné. U žádného z konsolidantů nedošlo k extrémním změnám oproti syntetickým materiálům. U vaječné emulze nedošlo, při aplikaci na tělíska imitující čpavkový kasein a malbu vaječnou emulzí, k žádným pozorovatelným změnám. Z hlediska optických vlastností ji tedy lze teoreticky doporučit na tyto a podobné techniky nástěnné malby.

Změny barevné vrstvy různých technik nástěnné malby podle použitých fixážních prostředků:

	Před UV stárnutím		Po UV stárnutí	
	1 nátěr	3 nátěry	1 nátěr	3 nátěry
Primal SF016	1. 0 2. t, s 3. 0 4. 0	1. 1, T 2. T 3. L, t 4. T, l	1. 0 2. t, s 3. 0 4. 0	1. 1, t 2. t 3. t 4. T
Paraloid B72	1. 0 2. t, s 3. 0 4. 0	1. 1, T 2. t 3. 0 4. 0	1. 0 2. t, s 3. 0 4. 0	1. 1, t 2. t 3. 0 4. 0
Funcosil 100	1. 0 2. s 3. 0 4. 0	1. t 2. t 3. t 4. 0	1. 0 2. 0 3. 0 4. 0	1. 0 2. t 3. t 4. 0
Tylose MH 300	1. 0 2. s 3. 0 4. 0	1. t 2. t 3. 0 4. 0	1. 0 2. s 3. 0 4. 0	1. 0 2. t 3. 0 4. 0
Klucel G	1. 0 2. 0 3. 0 4. 0	1. 0 2. t 3. 0 4. 0	1. 0 2. s 3. 0 4. 0	1. 0 2. t 3. 0 4. 0
Kožní klič	1. 1 2. 1 3. 0 4. 0	1. 1 2. t 3. t 4. t	1. 0 2. 0 3. 0 4. 0	1. 0 2. t 3. t 4. t
Čpavkový kasein	1. 0 2. s 3. 0 4. 0	1. 0 2. t 3. 0 4. 0	1. 0 2. 0 3. 0 4. 0	1. t 2. t 3. 0 4. 0
Vaječná emulze	1. 0 2. s 3. 0 4. 0	1. T 2. t 3. 0 4. 0	1. 0 2. 0 3. 0 4. 0	1. t 2. t 3. 0 4. 0

- Legenda:*
- 1. freska
 - 2. vápenná secco
 - 3. vápenný kasein
 - 4. vaječná emulze
 - 0...beze změn
 - t...mírné tmavnutí
 - T...výraznější tmavnutí
 - s...mírné stírání
 - S...výraznější stírání
 - l...mírný lesk
 - L...výraznější lesk

Vhodnost fixážních prostředků na vybrané techniky nástěnných maleb:³⁸

	1 nátěr fixážního prostředku				3 nátěry fixážního prostředku			
	Freska	Váp. secco	Váp. kasein	Vaj. emulze	Freska	Váp. secco	Váp. kasein	Vaj. emulze
Primal	+	-	+	+	-	-	-	-
SF016	+	-	+	+	-	-	+	+
Paraloid	+	-	+	+	-	-	-	+
B72	+	-	+	+	-	-	-	+
Funcosil	+	-	+	+	-	-	+	+
100	+	-	+	+	-	-	+	+
Tylose	+	-	+	+	-	-	+	+
MH 300	+	-	+	+	-	-	+	+
Klucel G	+	-	+	+	-	-	+	+
Kožní	-	-	+	+	-	-	-	-
kljeh	+	-	+	+	-	-	+	+
Čpavkový	+	-	+	+	-	-	+	+
kasein	+	-	+	+	-	-	+	+
Vaječná	+	-	+	+	-	-	+	+
emulze	+	-	+	+	-	-	+	+

- Legenda:* + vhodný fixážní prostředek
 - nevhodný fixážní prostředek

7.2. Barevná sklíčka

7.2.1. Optické pozorování změn na barevných sklíčkách

Primal SF016 – Po umělém stárnutí lze pozorovat degradaci kvality filmu: barevnost mírně zesvětlala (zejména část se třemi nátěry). Film se po UV stárnutí snadno stírá v celé ploše (před stárnutím se stíral pouze v místě jednoho nátěru), je matný a práškovatí.

Paraloid B72 – Tělísko po aplikaci fixativu výrazně ztmavlo v obou částech, po stárnutí intenzita části s jedním nátěrem odpovídá barevnosti neošetřeného tělíska, polovina se třemi nátěry jen mírně zesvětlala. Slabý lesk, který se vyskytoval na polovině s jedním nátěrem po stárnutí zmatněl. Film má po stárnutí mírně horší mechanické vlastnosti, ale ne tolik jako Primal SF016.

Funcosil Steinfestiger 100 – U Funcosilu došlo po aplikaci fixativů k výraznému ztmavnutí barevné vrstvy již před stárnutím (u jednoho i tří nátěrů), ztmavnutí se po ozařování UV paprsky nezměnilo. U tělísek z omítkoviny oproti tomu nedošlo k tak výraznému tmavnutí. Domníváme se, že efekt tmavnutí u vzorků na sklíčkách je způsoben tím, že konsolidační prostředek nemohl penetrovat do podkladu (jako v případě tělísek z omítkoviny) a vytvořil na povrchu silnou vrstvu filmu mastně lesklého filmu. Lesk na filmu zmizel po stárnutí pouze na vzorku s jedním nátěrem, na vzorku se třemi nátěry lesk zůstal. Vzorek s jedním nátěrem fixativu se začal po UV stárnutí mírně stírat.

Tylose MH 300 – U Tylosy nedošlo k téměř žádným optickým změnám ani po aplikaci, ani po stárnutí. Povrch se však po stárnutí začal více stírat a zmatněl, má tendenci k práškovatění. Jeden nátěr 0,5 % roztoku je z toho důvodu nedostatečný.

Klucel G – Klucel je po optické stránce srovnatelný s Tylosou, ani u něj nedošlo k změnám barevnosti. Zdá se jen, že tři nátěry po UV stárnutí mírně zesvětlaly. Povrch se však mírně stírá, což se stárnutím ještě zhoršuje. Práškovatění a stíratelnost je o něco výraznější než u Tylosy.

Kožní kliš – Po aplikaci jednoho a tří nátěrů klišu došlo v obou případech k tmavnutí, po stárnutí obě části mírně zesvětlaly. Část vzorku se třemi nátěry byla před i po stárnutí mírně lesklá. Jeden nátěr fixačního prostředku po stárnutí lehce zpráškovatěl. Barevná vrstva se stírala ve všech případech, kromě tří nátěrů před stárnutím.

Čpavkový kasein – Po aplikaci čpavkového kaseinu ztmavly obě části vzorku, část s jedním nátěrem měla mírný lesk, u tří nátěrů byl lesk výraznější. Po stárnutí

film na povrchu v obou částech zesvětlal a lesk se ztratil, u jednoho nátěru začala barevná vrstva práškovatět. Film se mírně stírá, zvláště v části s jedním nátěrem, po stárnutí se tento efekt ještě zhoršuje a stírají se i tři nátěry.

Vaječná emulze – Vaječná emulze po aplikaci mírně ztmavla, po umělém stárnutí se však barevnost jednoho nátěru vyrovnala intenzitou srovnávacímu vzorku a tři nátěry také mírně zesvětlaly. Mírně lesklý povrch se třemi nátěry po stárnutí zmatněl a začal lehce práškovatět. Část s jedním nátěrem se stírala již po aplikaci, stárnutím se mechanické vlastnosti filmu ještě zhoršily.

7.2.2. Měření barevných změn na sklíčkách kolorimetrem

- I. ΔE před UV stárnutím: barevná změna (tmavnutí) vzorků vzhledem ke srovnávacímu (nefixovanému) sklíčku
- II. ΔE po UV stárnutí: barevná změna (tmavnutí) vzorků po UV stárnutí vzhledem ke srovnávacímu (nefixovanému) sklíčku
- III. ΔE rozdíl před/po UV stárnutí: rozdíl hodnot vzorků, tmavnutí (+) nebo světlání (-), před a po UV stárnutí

Fixážní prostředky		I. před UV	II. po UV	III. rozdíl
1. Primal SF016 (1 %)	1x	2,90	2,20	- 0,70
	3x	5,02	5,38	+ 0,36
2. Paraloid B72 (1 %)	1x	3,89	1,76	- 2,13
	3x	8,09	5,91	- 2,18
3. Funcosil Steinfestiger 100	1x	6,22	5,57	- 0,65
	3x	6,94	7,12	+ 0,18
4. Tylose MH 300 (0,5 %)	1x	3,77	3,80	+ 0,03
	3x	4,84	3,92	- 0,92
5. Klucel G (0,5 %)	1x	3,35	1,60	- 1,75
	3x	4,29	3,75	- 0,54
6. Kožní klič (1 %)	1x	3,92	3,43	- 0,49
	3x	5,80	5,11	- 0,69
7. Cpavkový kasein (1 %)	1x	3,23	2,14	- 1,09
	3x	4,48	4,92	+ 0,44
8. Vaječná emulze (1,3 %)	1x	2,43	2,63	+ 0,20
	3x	5,30	2,41	- 2,89

Legenda: ΔE 1,00 - 2,50 ... nepatrné ztmavnutí

ΔE 2,51 - 3,99 ... tolerovatelné ztmavnutí

ΔE 4,00 - 6,00 ... velké ztmavnutí

ΔE 6,01 - 8,50 ... příliš velké ztmavnutí

Všechna tělíška po nanesení fixážního prostředku mírně ztmavla. U většiny z nich je patrný rozdíl mezi jedním a třemi nátěry fixativu. Po UV stárnutí bylo u většiny vzorků v různé míře patrné zesvětlení povrchu, jen u některých došlo k nepatrnému ztmavnutí (Primal SF016, 3x; Funcosil Steinfestiger 100, 3x; Tylose MH 300, 1x; Čpavkový kasein, 3x a Vaječná emulze, 1x). Výsledky měření jednotlivých vzorků jsme ohodnotili stupnicí podle míry tmavnutí (viz.legenda u tabulky).

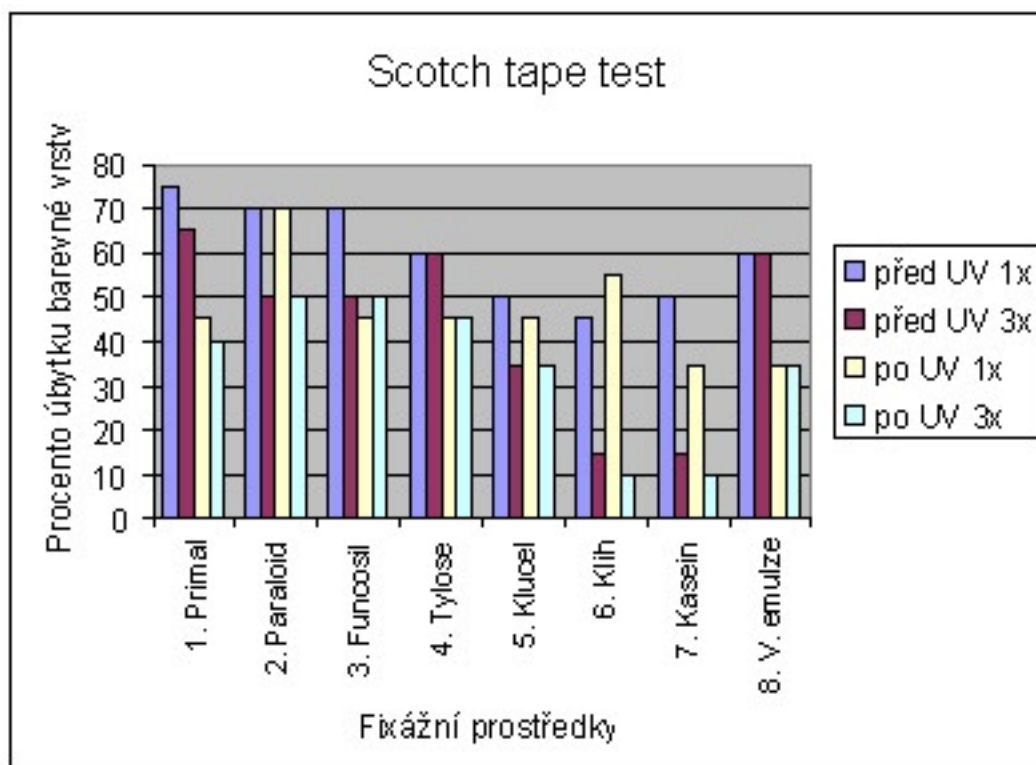
Ze syntetických materiálů dosáhly příznivých výsledků všechny vzorky s jedním nátěrem fixativu kromě Funcosilu Steinfestiger 100, který vykazoval velmi silné tmavnutí ve všech případech. Nejlepší naměřené hodnoty před UV stárnutím dosáhl Primal SF016 (2,90), naměřená hodnota navíc po stárnutí ještě klesla (2,20). Mezi hodnotami naměřenými po UV stárnutí však došlo k ještě markantnějšími poklesu hodnot (zesvětlení) u jednoho nátěru Paraloidu B72 (1,76; - 2,13) a jednoho nátěru Klucelu G (1,60; - 1,75). V několika málo případech došlo po UV stárnutí k nepatrnému ztmavnutí, je to u třech nátěrů Primalu SF016 (+ 0,36) a Funcosilu Steinfestiger 100 (+ 0,18) a u jednoho nátěru Tylosy MH 300, v jejím případě je však hodnota velmi blízká nule (+ 0,03). O použití více nátěrů, nebo koncentrovanějšího roztoku by se dalo podle našeho měření uvažovat pouze u Tylosy MH 300, nebo Klucelu G. Étery celulózy vykazují všeobecně velmi dobré optické vlastnosti.

Ze syntetických materiálů můžeme podle naměřených hodnot doporučit použití Primalu SF016 a Paraloidu B72, avšak jen v koncentraci max. 1 % a nejlépe pouze jednou aplikací (v případě, kdy je vhodnější provádět více aplikací doporučujeme používat nižší koncentrace). Dále se osvědčily étery celulózy (Tylose MH 300 a Klucel G), které byly testovány vzhledem ke své viskozitě pouze v 0,5 % koncentraci. Byly u nich naměřeny příznivé hodnoty a to i po třech nátěrech, takže je lze také doporučit. Extrémně vysoké hodnoty byly naměřeny ve všech případech u Funcosilu Steinfestiger 100 a vysoká hodnota se objevila také u po třech nátěrech Paraloidem B72. Ovšem při optickém srovnání se stejně ošetřenými omítkovými tělísky (1 a 3 nátěry; před a po UV stárnutí) zjišťujeme, že se u nich tak výrazné ztmavnutí neprojevuje. Je to pravděpodobně způsobeno aplikací na sklíčko, tím že zde nemohl fixativ proniknout dostatečně hluboko a vytvořil se tak příliš kompaktní film na povrchu.

Z přírodních látek uspěly všechny typy, které byly aplikovány jedním nátěrem. Nejlépe se z nich osvědčil Čpavkový kasein (3,24; 2,14). U vaječné emulze byla naměřená hodnota jednoho nátěru fixativu před UV stárnutím velmi příznivá (2,43), nejlepší ze všech zkoušených materiálů, ale po UV stárnutí

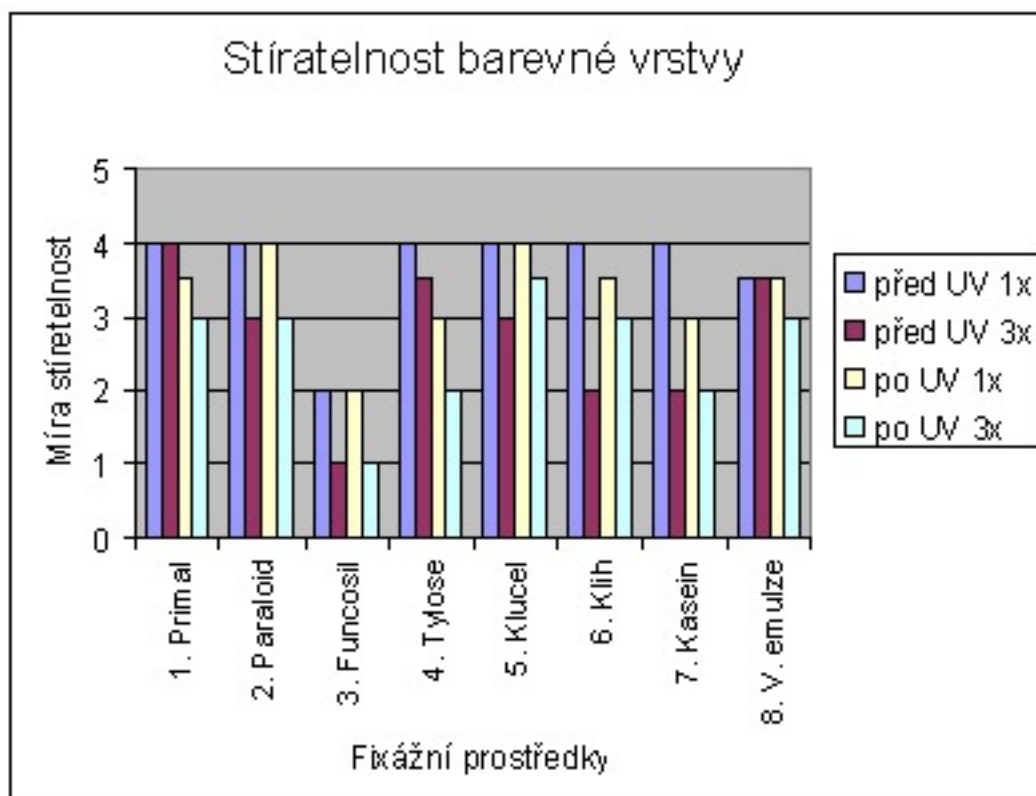
došlo k nepatrnému ztmavnutí (2,63; + 0,20), je to však okem nepozorovatelný rozdíl. Většina naměřených hodnot po UV stárnutí klesala (barva tělísek mírně zesvětlala), druhým případem mírného tmavnutí u přírodních materiálů byl po vaječné emulzi čpavkový kasein se třemi nátěry fixativu (+ 0,44). Příznivá hodnota u třech nátěrů fixativem se vyskytla pouze u vaječné emulze a to až po UV stárnutí kdy klesla na hodnotu 2,41.

7.2.3. Scotch tape test



Z provedeného testu je patrné, že tři nátěry fixážních prostředků mají lepší adhezi, než jeden nátěr. Po umělém stárnutí došlo u některých fixážních prostředků k vytvoření pevnějšího a hůře odstranitelného filmu. Jsou to Primal SF016, Funcosil 100 (1 nátěr), Klucel G (1 nátěr) a vápenný kasein. U Tylosy MH 300 a vaječné emulze nedošlo k ovlivnění adheze počtem nátěrů. U Paraloidu B72 nedošlo po umělém stárnutí ke změně adheze. K minimální změně došlo také u Klucelu G, který dosahuje středních hodnot mezi vybranými materiály. Nejsilnější adhezi z vybraných fixážních prostředků má podle testů kožní klič a vápenný kasein, oba aplikované třemi nátěry.

7.2.4. Test stíhatelnosti barevné vrstvy



Z testu vyšel nejlépe Funcosil Steinfestiger 100, který se stírá nejméně. Ostatní prostředky, kromě vaječné emulze, dosáhly největší míry stíhatelnosti u jednoho nátěru před UV stárnutím. Vzorky se třemi nátěry a většina měření po umělém stárnutí mají menší míru stíratelnosti. Vaječná emulze má téměř neměnné hodnoty, pouze tři nátěry emulze po stárnutí mají o něco nižší stíhatelnost.

7.3. Čirá sklíčka

7.3.1. Optické vlastnosti filmu

Pozorovali jsme optických vlastnosti filmů, vytvořených na čirých pískovaných sklíčkách, před a po umělém stárnutí. Film byl ve všech případech rovnoměrný a kompaktní, bez zjevných známek degradace způsobené stárnutím. Ani v jednom případě nedošlo k pozorovatelnému žloutnutí či tmavnutí samotného filmu. Můžeme konstatovat, že v nízkých koncentracích v jakých

byly fixážní prostředky připraveny, nedochází k výrazným optickým změnám způsobeným stárnutím.

7.3.2. Zkoušky reversibility

		Horká voda	Etanol	Aceton	Izooktan
Primal SF 016	1x	+	++	++	-
	3x	-	++	++	-
Paraloid B72	1x	-	+	+	++
	3x	-	+	++	++
Furcosil 100	1x	- +	- +	-	-
	3x	-	-	-	-
Tylose MH 300	1x	++	++	-	+
	3x	++	++	-	- +
Klucel G	1x	++	++	+	-
	3x	++	++	+ -	- +
Kožní kůh	1x	++	+	+	-
	3x	++	-	-	-
Čpavkový kasein	1x	+	-	-	-
	3x	+	-	-	-
Vaječná emulze	1x	++	++	- +	-
	3x	++	+	- +	- +

Legenda: ++ velmi dobrá odstranitelnost

+ dobrá odstranitelnost

+ - odstranitelnost

- neodstranitelnost

Na sklíčkách jsou po zkouškách reverzibility okem pozorovatelné úbytky. Předpokládané potvrzení mikroskopickou metodou však není zcela jednoznačné. Výsledky pozorování v UV světle pod mikroskopem jsou v mnohých případech nejasné a obtížně interpretovatelné. Z toho důvodu jsou výsledky testů spíše subjektivní a hodnocené větší mírou opticky, pohledem. Výsledky získané pozorováním pod mikroskopem, jsou brány jen jako doplňková zjištění. Nejasnost těchto výsledků je pravděpodobně způsobená opískovaným povrchem sklíček, který pozorování zkresluje.

Většina fixážních prostředků byla odstranitelná způsobem, odpovídajícím jejich chemickému složení. Pro Primal SF016 se nejlépe osvědčil etanol a aceton, pro Paraloid B72 aceton a izooktan, Fungosil Steinfestiger 100 je podle předpokladu téměř neodstranitelný, pouze film vzniklý z jednoho nátěru se podařilo částečně nabourat horkou destilovanou vodou a etanolem. Étery celulózy (Tylose MH 300 a Klucel G) jsou dobře rozpustné v horké destilované vodě a acetonu.

Přírodní konsolidační materiály jsou nejlépe rozpustné v horké destilované vodě. Nejhorší reverzibilitu z nich má kožní klič, nejsnáze rozpustná je vaječná emulze, tu lze kromě horké vody rozpustit také v etanolu a částečněji lze narušit také acetonem.

7.4. Vzorčky na zkoušky bioodolnosti

7.4.1. Antifungální vlastnosti

Ani v jednom případě nedošlo k inhibici růstu plísní, která by se projevila neporostlým povrchem vzorku, případně vznikem čiré zóny kolem něj. Žádná ze zkoušených látek tedy nemá významné protiplísňové vlastnosti - to znamená, že v reálných podmínkách v případě intenzivního plísňového nárůstu v okolí mohou být všechny zkoušené látky více či méně porostlé plísněmi.

7.4.2. Podpora nárůstu plísní

vzorek	mikroskopické hodnocení	makroskopické hodnocení	celkové hodnocení
1. Primal	žádný nárůst	žádný nárůst	+++
2. Paraloid	žádný nárůst	žádný nárůst	+++
3. Fungosil	žádný nárůst	žádný nárůst	+++
4. Tylose	nepatný nárůst, téměř bez sporulace	nárůst nepozorovatelný	++

5. Klucel	neznatelná ojedinělá vlákna	nárůst nepozorovatelný	++
6. Klih	silnější nárůst, bohatá sporulace	téměř neznatelné skvrny zeleně zabarvené (spory)	--
7. Kasein	silný nárůst, bohatá sporulace	zelené skvrny (spory), žlutohnědé zabarvení papíru (metabolity vylučované plísněmi)	---
8. Vaječná emulze	silný nárůst, bohatá sporulace	zelené skvrny (spory)	--
B. Vápenné secco	ojedinělý nárůst	nárůst nepozorovatelný	++
C. Vápenný kasein	silnější nárůst, sporulace	jemný zelený poprašek (spory)	--

Legenda: +++ ... výborná odolnost

++ ... velmi dobrá odolnost

-- ... snadno napadnutelné

--- ... extrémně napadnutelné

Nejsilnější nárůst bylo možné pozorovat u látek bílkovinného charakteru (čpavkový kasein, vaječná emulze, kožní klih), kdy bylo plísněvé mycelium viditelné i pouhým okem. Při obzvlášť silné metabolické činnosti se objevily i barevné skvrny odpadních produktů, vylučované plísněmi přímo do papírové podložky (čpavkový kasein). V případě Tylosy, Klucelu a vápenného secca se projevil téměř neznatelný nárůst, u ostatních látek žádný.

Zkouškou bylo potvrzeno, že zejména bílkovinné látky přírodního původu podporují velmi silně růst plísní a jejich použití v prostředí s nevhodnými klimatickými podmínkami je značně rizikové.

Deriváty celulózy mají všeobecně lepší vlastnosti i biologickou odolnost, než samotná celulózy. Jsou však sporné názory na jejich použití v prostředí s rizikem mikrobiologického napadnutí. Naše testy však prokázaly, že riziko napadení je u nich velmi malé, blížíci se k vlastnostem akrylátů a syntetických pryskyřic. Pouze ve velmi extrémních podmínkách se mohou stát zdrojem potravy plísní.

8. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo srovnat vlastnosti vybraných konsolidačních prostředků barevné vrstvy nástěnné malby, z řad současných i historických. Kromě zhodnocení optických a mechanických vlastností jednotlivých materiálů, jsme také porovnávali vhodnost použití těchto prostředků na konkrétní techniky nástěnné malby.

Ze současných prostředků byl vybrán Paraloid B72 (akrylátová pryskyřice), Primal SF016 (akrylátová disperze), Funcosil Steinfestiger 100 (organokřemičitan), Tylose MH 300 a Klucel G (étery celulózy). Z historických konsolidantů byl vybrán roztok kožního klihu, čpavkový kasein a často diskutovaná vaječná emulze.

Vzorky konsolidačních prostředků byly srovnávány na různých substrátech. Připravili jsme omítková tělíska imitující nejdůležitější techniky nástěnných maleb, abychom mohli srovnávat vlastnosti fixáčních prostředků vzhledem ke konkrétním technikám. Další vzorky byly připraveny na inertním materiálu – opískovaných sklíčkách a vzorky na biologickou stabilitu byly aplikovány na filtračním papíru.

Změny na vzorcích byly hodnoceny na principu umělého stárnutí, způsobeného ozařováním UV paprsky. Srovnávali jsme vždy neošetřený vzorek se vzorkem s aplikovaným fixáčním prostředkem před a po stárnutí. Jednotlivé fixáční prostředky jsme připravili v nízkých koncentracích, abychom se přiblížili reálnému použití. Koncentrace byla přizpůsobena charakteru jednotlivých prostředků. Pro podrobnější zjištění vlastností jednotlivých fixativů byly vzorky vždy připraveny s jedním a se třemi nátery příslušného prostředku.

Hodnoceny byly změny barevné vrstvy způsobené její fixací a změny takto ošetřených vzorků po umělém stárnutí. Kromě optických a mechanických změn byly změny fixované barevné vrstvy přesně hodnoceny kolorimetrem. Zkoumána byla také adheze barevné vrstvy před a po umělém stárnutí, upravením tzv. Scotch tape testu. Toto měření bylo navíc doplněno testem stíhatelnosti barevné vrstvy. Na inertních vzorcích s fixáčními prostředky byla zkoušena jejich reversibilita, vybranými, běžně používanými rozpouštědly. Poslední zkouškou byl test biologické odolnosti jednotlivých materiálů.

Primal SF016 nemá podle našich testů příliš vhodné optické vlastnosti. Po aplikaci došlo u tohoto fixativu ve většině případů k výraznému tmavnutí, které po umělém stárnutí pouze mírně zesvětlalo. Primal lze bezpečně doporučit pouze v nízkých koncentracích do 1 % a měl by být používán spíše na poréznější podklady. Primal nemá pravděpodobně ani ideální odolnost vůči stárnutí. Při našem testování, ozařováním UV paprsky došlo, u vzorku barevné vrstvy na sklíčku, k stírání a práškovatění. Naopak adhezivní schopnost filmu po umělém stárnutí vzrůstá, pravděpodobně u něj dochází k vnitřnímu síťování. Reversibilita Primalu je relativně dobrá, srovnatelná s Paraloidem B72.

U Paraloidu B72 jsme dosáhli lepších výsledků v hodnocení změn barevné vrstvy, než u Primalu, ale i v tomto případě došlo k mírnému tmavnutí. Paraloid B 72 je také vhodné používat v nízkých koncentracích a spíše na savější povrch.

Funcosil Steinfestiger 100 má relativně dobré optické vlastnosti, dochází u něj pouze k mírném tmavnutí, při aplikaci více nátěrů. Funcosil je vhodné aplikovat spíše na poréznější materiály, aby nedocházelo k prosycení barevné vrstvy, případně tvorbě lesků, jak se stalo u vzorků Funcosilu aplikovaných na sklíčka. Podstatnou nevýhodou Funcosilu je jeho neodstranitelnost. V testu stíratelnosti obstál Funcosil nejlépe.

Primal SF016, Paraloid B72 a Funcosil Steinfestiger 100 mají výbornou mikrobiologickou odolnost..

Z hlediska optických vlastností se velmi osvědčili étery celulózy (Tylose MH 300 a Klucel G), které vytvářejí filmy bez pozorovatelných změn. Při jedné aplikaci 0,5 % roztoku byl vzniklý film slabě pojený a měl tendence ke stírání, v tomto případě doporučujeme aplikovat více nátěrů. V testu adheze barevné vrstvy dosáhly tyto materiály průměrných hodnot ve většině měření. Po stránce biologické stability, která je u těchto materiálů často diskutovaná, dopadly testy uspokojivě. Jejich stabilita je dostatečná a riziko mikrobiologického napadení zanedbatelné. Tyto materiály jsou navíc snadno odstranitelné. Klucel G má podle našich výsledků o něco lepší optické vlastnosti a odolnost než Tylose.

Z přírodních materiálů dosáhla nejlepších výsledků vaječná emulze. Mírně tmavne, zejména po třech nátěrech, ale při aplikaci na tělíska imitující techniku malby vápenného kaseinu a vaječné emulze, nedošlo k výrazným změnám a teoreticky lze vaječnou temperu pro podobné techniky použít. Vaječná emulze má dobré vlastnosti i po umělém stárnutí, film je stále kompaktní a málo se stírá. Reversibilita je také velmi dobrá.

Čpavkový kliš má relativně dobré vlastnosti, ale vytváří příliš pevný film, což může být riskantní. Je obtížně odstranitelný.

Film z kožního klišu silně podléhá tmavnutí a po umělém stárnutí práškovatí. Film lze odstranit horkou vodou.

Největším problémem přírodních materiálů je jejich nízká mikrobiologická odolnost. Všechny byly napadeny, nejvíce se působení plísní projevilo na čpavkovém kaseinu.

Z přírodních materiálů lze tedy použít pouze vaječnou respektive žloutkovou emulzi, která má relativně vyhovující vlastnosti. Musí být však použita pouze emulze s nízkým obsahem oleje (max. " objemu vaječného žloutku) a obsahem sušiny do 1,5 %, tj. cca 1 žloutek na litr vody. Vaječnou emulzi lze použít pouze na malbu v interiéru která se nachází v suchém klimatu, bez rizika mikrobiologického napadení. Nástěnná malba by mít podobný charakter jako vaječná emulze, tj. secco malba pojená bílkovinným či jiným mastným pojivem, nebo přímo vaječná tempera.

Věřím, že se nám alespoň z části podařilo zhodnotit vlastnosti fixážních prostředků, které jsme vybrali pro testování v této práci. Většina výsledků je pouze subjektivního rázu, formou srovnávání vlastností jednotlivých materiálů. Ale i přesto jsou takové informace cenné, například při výběru vhodného konsolidačního prostředku za specifických podmínek, určených konkrétní malbou.

V některých případech se nám nepodařilo dosáhnout předpokládaného výsledku. Je to především zkouška reversibility, kdy jsme museli upustit od přesnějších výsledků z důvodu neefektivnosti mikroskopického pozorování úbytků fixáže.

Dalším nedostatkem našeho bádání bylo zvolení relativně nízkých koncentrací fixážních prostředků. Z toho důvodu nebyly výsledky pozorování optických změn před a po umělém stárnutí příliš výrazné. Nízce zvolené koncentrace však nepovažujeme za chybu, neboť bylo naším záměrem použít takové koncentrace fixativů, jaké by měly odpovídat restaurátorské praxi. Širší průzkum nebylo možné do této práce zahrnout.

Tuto práci můžeme považovat za jakýsi úvod či námět k širšímu a podrobnějšímu bádání. Bylo by vhodné zahrnout do průzkumu i další používané prostředky, pro které v této práci již nebyl prostor, a také zefektivnit metody, které jsme se zde pokusili aplikovat. Komplexní zhodnocení konsolidačních materiálů by zajisté pomohlo vyjasnit mnohé sporné otázky v restaurátorské praxi.

9. Poznámky

1. Citlivým pigmentem je azurit, který hydratuje na malachit, případně tmavne vlivem sulfidických iontů. Olovnatá běloba a červené minium na vzduch černají na oxid olvičitý a rumělka rekrystalizuje vlivem vlhkosti a světla na černý metacinabarit.
2. Vaněček, I., *Nástěnné malby*. STOP, Praha 2000.
3. V některých případech je v materiálu obsažené taková množství solí, že při odsolování na povrch neustále migrují nové soli a proces je nekonečný. V tomto případě je výhodnější zajistit a stabilizovat klimatické podmínky, tak aby k pohybu solí nedocházelo; nebo přistoupit ke stabilizaci solí.
4. Ačkoli v angličtině výraz adhesives poměrně dobře vystihuje pojem fixážní prostředky; adhesives and consolidants – fixážní a konsolidační prostředky.
5. Při aplikaci fixativu při nižší teplotě než je MFT může dojít ke vzniku nesourodého filmu se špatnými mechanickými vlastnostmi. Nesmíme přitom zapomínat, že teplota zdi je často o několik °C nižší než teplota vzduchu.
6. Brajer, I., Kalsbeek, N., Limewater Impregnation of Wall Paintings, in: *Royal Danish Academy of Fine Arts: School of Conservation: the Jubilee symposium preprints. Kongelig danske kunstakademi*. Konservatorskolen. 1998, s. 39-41.
7. *2nd international congress on „Science and technology for the safeguard of cultural heritage in the mediterranean basin“*. Vol. 2, 5-9 July 1999, Paris, France.
8. Kubička, R., Zelinger, J., *Výkladový slovník – malířství, grafika, restaurátorství*. Grada, Praha 2004.
9. Schoberová, L., *Konsolidační prostředky nástěnných maleb*. Rešerše vypracovaná v rámci předmětu chemická informatika ve školním roce 1996/1997 (Sborník VŠCHT).
10. Kopecká, I., *Základní informace o polymerních disperzích pro jejich použití při zpevňování omítek a nástěnných maleb*. Státní restaurátorské ateliéry Praha, květen 1991.
11. Etherifikace celulosy byla poprvé provedena na počátku dvacátého století, ale v průmyslové výrobě se rozšířila až po druhé světové válce (Schröder, S., Ter-Akopow, A., Deriváty celulosy pro restaurátorské účely, in: *X. Seminář restaurátorů a historiků Litomyšl 1997*, 24.-27. září 1997.)
12. Některé typy se používají také v potravinářství, lékárenství a v kosmetice.
13. Horie, C.V., *Materials for conservation; Organic consolidants adhesives and coatings*. Butterworth & Co., 1995.
14. Bod zákalu je teplota, při které se stane éter ve vodě nerozpustným; bod zákalu je také ovlivněn obsahem solí ve vodě použité jako rozpouštědlo – čím nižší je obsah solí ve vodě,

- tím vyšší je bod zákalu, tzn. že neionizovaná voda umožňuje vytvořit teplejší roztoky (Schröder, S., Ter-Akopow, A., Deriváty celulosy pro restaurátorské účely, in: *X. Seminář restaurátorů a historiků Litomyšl 1997*, 24.-27. září 1997.)
15. DP se často vyznačuje v číslech připojených za názvem – např. MC 400 by znamenalo metylcelulózu o viskozitě 400, měřeno v centipoisech (Schröder, S., Ter-Akopow, A., Deriváty celulosy pro restaurátorské účely, in: *X. Seminář restaurátorů a historiků Litomyšl 1997*, 24.-27. září 1997.)
 16. Schröder, S., Ter-Akopow, A., Deriváty celulosy pro restaurátorské účely, in: *X. Seminář restaurátorů a historiků Litomyšl 1997*, 24.-27. září 1997.
 17. Kubička, R., Zelinger, J., *Výkladový slovník – malířství, grafika, restaurátorství*. Grada, Praha 2004.
 18. Horie, C.V., *Materials for conservation; Organic consolidants adhesives and coatings*. Butterworth & Co., 1995.
 19. Přesněji sodná sůl karboxymethylcelulózy, NaCMC
 20. Vysoký obsah vlhkosti vede posléze k smršťování a rozkladu (Kubička, R., Zelinger, J., *Výkladový slovník – malířství, grafika, restaurátorství*. Grada, Praha 2004.)
 21. Schröder, S., Ter-Akopow, A., Deriváty celulosy pro restaurátorské účely, in: *X. Seminář restaurátorů a historiků Litomyšl 1997*, 24.-27. září 1997.
 22. Nejčastěji se využívá jako přísada do pracích proti redepozici nečistot na textil (Kubička, R., Zelinger, J., *Výkladový slovník – malířství, grafika, restaurátorství*. Grada, Praha 2004.)
 23. Schröder, S., Ter-Akopow, A., Deriváty celulosy pro restaurátorské účely, in: *X. Seminář restaurátorů a historiků Litomyšl 1997*, 24.-27. září 1997.
 24. Kubička, R., Zelinger, J., *Výkladový slovník – malířství, grafika, restaurátorství*. Grada, Praha 2004.
 25. Bezpečnostní list podle směrnice 91/155 EHS
 26. Z technického listu distributora (www.imesta-sro.cz)
 27. Doporučujeme však raději bránit kontaktu s vodou po dobu tří týdnů.
 28. Tento postup jsme vyzkoušeli při odstraňování nečistot z povrchu nástěnné malby provedené technikou vápenného secca (Třesohlavá, M., *Průzkum a restaurování části nástěnné malby na klenbě kaple Sv. Bernarda v kostele Nanebevzetí Panny Marie v Sedlci – Kutné Hoře*. Praktická bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Fakulta restaurování, 2006).
 29. Ibidem 28.
 30. Horie, C.V., *Materials for conservation; Organic consolidants adhesives and coatings*. Butterworth & Co., 1995.
 31. Jeffery, D., A Renaissance for Michelangelo, in: *National Geographic*, vol. 176, no. 6, December 1989, p. 688 – 713.
 32. Konzultace - Doc. Jaroslav Alt, akad. mal.

33. Kromě Funcosilu - ten má velmi dobrou smáčivost a penetraci způsobenou aplikací v etanolu, velmi rychle prostoupil celým povrchem; byli pro něj vytvořeny dva vzorky.
34. Ibidem 33.
35. Ibidem 33.
36. Fresku nelze testovat a vaječná emulze je již zahrnuta mezi fixážními prostředky.
37. Živná půda - Malt Extract Agar, HiMedia Laboratories Pvt Ltd.
38. Z tabulky vyplývá, že ani jeden fixážní prostředek není vhodný pro techniku vápenného secca. Příčinou tohoto výsledku je pravděpodobně to, že pro tento substrát jsme záměrně připravili ochuzené pojivo barevné vrstvy (viz. kapitola 5.1.).

10. Literatura

- Brajer, I., Kalsbeek, N., Limewater Impregnation of Wall Paintings, in:
*Royal Danish Academy of Fine Arts: School of Conservation:
the Jubilee symposium preprints. Kongelig danske kunstakademi.
Konservatorskolen.* 1998, s. 39-41.
- Cather, S., *The Conservation of Wall Paintings: Proceeding of a Symposium
Organized by Courtauld Institute of Art and The Getty Conservation
Institute.* Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 1991.
- De Silva, R.H., The problem of the binding medium particularly in wall
painting, in: *Wandmalerei.* 1968, s. 56-64.
- De Witte, E., Florquin, S., Goessens-Landrie, M., Influence of the modification
of dispersions on film properties, in: *Preprints of the Contributions
to the Paris Congress, 2-8 September 1984 – Adhesives and
Consolidants.* 1984, p. 32-35.
- Řurovič, M. a kolektiv, *Restaurování a konzervování archiválií a knih.* Paseka,
Praha a Litomyšl 2002.
- Evand, D., Funori: Short Description, Recipe and Source, in: *The Book and
Paper Group. ANNUAL. VOLUME THREE* 1984.
- Feller, R. L., *Accelerated Aging: Photochemical and Thermal Aspects.* Los
Angeles: The Getty Conservation Institute, 1994.
- Feller, R. L., Wilt, M. H., *Evaluation of Celulose Ethers for conservation.* The
Getty Conservation Institute, 1990.
- Hégr, M., *Malba, materiály a techniky.* Orbis, Praha 1995.
- Hloušková, D., *Problém fixace barevné vrstvy.* Státní restaurátorské ateliéry
Praha, leden 1991.
- Horie, C.V., *Materials for conservation; Organic consolidants adhesives and
coatings.* Butterworth & Co., 1995.
- Hřebíčková, B., *Chemie pro restaurátory I.* Akademie výtvarných umění, Praha
1995.
- Hřebíčková, B., *Chemie a historie výtvarných materiálů II.* Akademie
výtvarných umění, Praha 1996.
- Jeffery, D., A Renaissance for Michelangelo, in: *National Geographic*, vol. 176,
no. 6, December 1989, p. 688 – 713.
- Kiplik, D.I., *Technika malby.* Orbis, Praha 1952.

- Kopecká, I., *Základní informace o polymerních disperzích pro jejich použití při zpevňování omítek a nástěnných maleb*. Státní restaurátorské ateliéry Praha, květen 1991.
- Kubička, R., Zelinger, J., *Výkladový slovník – malířství, grafika, restaurátorství*. Grada, Praha 2004.
- Leitner, H., *The Examination and Conservation of Architectural surfaces* (Notes for the lecture of Heinz Leitner). ICCROM - ASC-96 – BDA-Vienna.
- Malá, P., *Porovnání fixáží prostředků nástěnných maleb z hlediska jejich reverzibility a biologické stability*. Absolventská teoretická práce. Litomyšl 1998.
- Mora, P., Mora, L., Phipipott, P., *Conservation of Wall Paintings*. ICCROM, 1984.
- Nikitin, M. K., Melnikova, E. P., *Chemie v konzervátorské a restaurátorské praxi*. Brno 2003.
- Philippot, P., Mora, P., *Technika a udržování nástěnných maleb*. Mezinárodní studijní středisko pro udržování kulturních památek a Výbor mezinárodní rady muzeí (ICOM) pro muzejní laboratoře, Společné schůze ve Washingtonu a New Yorku, 17.-23. září 1965.
- Rathauský, J., *Organokřemičité prostředky pro konzervaci přírodního kamene a stavebních materiálů*. Státní restaurátorské ateliéry Praha, březen 1990.
- Sborník Vysoké školy chemicko-technologické v Praze *S20 Polymery – chemie, vlastnosti a zpracování konzervace a restaurování kulturních památek*. Praha 1991.
- Schröder, S., Ter-Akopow, A., Deriváty celulosy pro restaurátorské účely, in: *X. Seminář restaurátorů a historiků Litomyšl 1997*, 24.-27. září 1997, s. 242-247.
- Slánský, B., *Technika malby I. – malířský a konzervační materiál*. Paseka, Praha a Litomyšl 2003.
- Suchan, J., *Použití vaječných bílkovin v restaurování*. Závěrečná absolventská práce, Litomyšl 1997.
- Vaněček, I., *Nástěnné malby*. STOP, Praha 2000.
- Zelinger, J., Heidingsfeld, V., Kotlík, P., Šimůnková, P., *Chemie v práci konzervátora a restaurátora*. Akademia, Praha 1987.
- 2nd international congress on „Science and technology for the safeguard of cultural heritage in the mediterranean basin“*. Vol. 2, 5-9 July 1999, Paris, France.

11. Prameny

11.1. Studijní materiály

Bacílková, B., *Biologická degradace materiálu*. 2000.

Schoberová, L., *Konsolidační prostředky nástěnných maleb*. Rešerše vypracovaná v rámci předmětu chemická informatika ve školním roce 1996/1997 (Sborník VŠCHT).

11.2. Internetové adresy

www.ceiba.cz (distributor Tylose a Klucel)

www.getty.edu

www.imesta-sro.cz (Paraloid B72)

www.lascaux.ch

www.neschen.com

www.remmers.cz

www.director.mfa.org/cameo

11.3. Technické listy

Funcosil® Steinfestiger 100, Technický list (www.remmers.cz)

Paraloid B 72 (www.imesta-sro.cz)

Primal SF016, Bezpečnostní list podle směrnice 91/155 EHS (dodavatel: Dr. Georg Kremer, 88317 Aichstetten/Deffner a Johann spol.s.r.o.)

Tyloses (www.lascaux.ch; Alois k. Diethelm AG, Lascaux Farbenfabrik, Zürichstrasse 42, CH-8306 Brüttisellen)

11.4. Propagační materiály

Optimizing paints with [®]Tylose (Celulose ethers). Clariant GmbH, marketing,
Cellulose ether / Dispersionspulver, D-65926, Frankfurt, Germany.

Klucel[®] - hydroxypropylcellulose; Physical and chemical properties. Aqualon.

Klucel /hydroxypropylceluloza/ - propagační materiál fy. Deffner & Johann,
Absolonova 73, Brno.

Graaff, J.D., Hydroxypropyl cellulose, a multipurpose conservation material.
1981.

12. Textová příloha

12.1. Vlastnosti etherů celulosy

(přejato z: Schröder, S., Ter-Akopow, A., Deriváty celulosy pro restaurátorské účely, in: X. Seminář restaurátorů a historiků Litomyšl 1997, 24.-27. září 1997, s. 244 - 246)

I. Rozpuštnost čtyř etherů celulosy v souvislosti s jejich substitučním stupně (DS) anebo molární substituce (MS)

Methylcelulosa (MC)	NaCMC	Hydroxypropylcelulosa (HPC)	Ethylcelulosa (EC)
DS 0,1 – 1,1 ... NaOH DS 1,4 – 2,0 ... W. S. (do 56 °C) DS 1,4 – 2,0 ... O. S.	DS 0,05 - 0,25 ... NaOH DS 0,4 – 1,4 ... W. S. (rozpuštná v horké a studené vodě, ale jen ve formě sodné soli, samotná CMC je ve vodě nerozpuštná)	U tohoto derivátu je důležitější MS: MS 0,25 – 0,35 ... NaOH MS 3,5 – 4,5 – W. S. (až do teploty 40 – 45 °C) MS > 4,5 ... O. S.	DS 0,8 – 1,7 ... W. S. (obtížně se připravuje) DS 2,4 – 2,8 ... O. S. (nejběžnější druhy)

legenda: NaOH – rozpuštný v louhu, W. S. – rozpuštný ve vodě, O. S. – rozpuštný v organických rozpuštnadlech

II. Odbarvení oxidací – Roztřídění čtyř etherů na stabilní, nestabilní a nebo přechodné podle restaurátorských norem

vzorek / ether	MC	NaCMC	HPC	EC
Práškovité	+	0 +	0 nízká viskozita (Klucel G, L) - vysoká viskozita (Klucel M, H)	0 -
Filmy	+	+(hmotnostní ztráta 10 %)	0 nízká viskozita - vysoká viskozita (hmotnostní ztráta 20 %)	0 +
Natřený papír	+	-	+	+

legenda: + stabilní (alespoň 100 let beze změny), 0 středně stabilní (beze změny po alespoň 20 až 100 let), - nestabilní (změna nastane do 20 let)

III. Tvorba filmu (film o tloušťce 2 mm) – Pevnost v tahu měřena v psi*; všechny údaje uvedeny podle obchodních dodavatelů. Tvorba peroxidů, fotochemická stabilita a odolnost vůči enzymům uvedeny jako srovnávací hodnoty

	MC	NaCMC	HPC	EC
Odolnost proti přehýbání	> 10 000	90 - 500	> 10 000	1 000
Pevnost v tahu	10 000	8 000	2 000	19 000
Obsah vlhkosti	nízký	18 % (velmi vysoký)	vysoký	nízký
Tvorba peroxidů	-	-	+	++
Fotochemická stabilita	++	++	++	-
Odolnost proti enzymům	++	-	++	+ (nerozpustná ve vodě)

legenda: ++ velmi odolná, + odolná, - špatně odolává

* psi – jednotka tlaku britské soustavy měř a vah; 1 psi = 6894,8 Pa.

12.2. Recepty na vaječnou temperu (emulzi)

I. Tempera B. Slánského:

a) 3 díl žloutku

1-2 díly polymerovaného lněného oleje

1 díl vody

+ zrnko kafru

b) 3 díly vajec

1,5 dílu polymerovaného lněného oleje

1/4 dílu glycerinu

II. Tempera P. Kremmerera:

1 díl žloutku

1/4 dílu olejového laku

1/8 dílu lněného oleje

1/8 dílu makového oleje

III. Tempera M. Doernera:

1 díl vejce

2/3 dílu oleje přírodního nebo vařeného

1/3 terpentinového laku

IV. Vaječná tempera méně mastná:

1 díl vejce

1/2 dílu vařeného oleje

1/2 dílu vinného octa

V. Tempera podle Kubíčků z Uherského Hradiště

1 díl vejce

0,5 dílu lněné fermeže

4,5 dílu vody

VI. Vaječná tempera Františka Urbana

1 l vinného octa

1/8 kg mýdla

1/4 l žloutků (cca 16 ks)

1/4 l vajec (cca 8 ks)

1/4 l lněné fermeže

glycerin

VII. Vaječná emulze podle doc. Jaroslava Alta, akad. mal.:

1 díl žloutku

1/2 dílu polymerovaného lněného oleje

- doplnit na 1 litr vody

VIII. Vaječná emulze podle Josefa Čobana, akad. mal.:

1 světlý žloutek

100 ml destilované vody

5 kapek polymerovaného lněného oleje

5 kapek 8% octa

(případně 3 kapky fungicidu, např. Lautercid)

IX. Vaječná emulze podle Petry Malé:

a) 1 díl žloutku

1/2 dílu polymerovaného lněného oleje

1 litr vody

b) 1 díl žloutku (16 d)

1/2 dílu polymerovaného lněného oleje (8d)

1 kávová lžička 8% octa (4d)

1 litr vody

c) 1 díl vejce

1/2 dílu polymerovaného lněného oleje

4 g kafru

1 litr vody

I. Slánský, B., Technika malby I – malířský a konzervační materiál. Paseka, Praha a Litomyšl 2003.

II. – IV. Kiplik, D.I., Technika malby. Praha 1952.

V. – VI. Hégr, M., Malba, materiály a techniky. Orbis, Praha 1995.

VII. konzultace

VIII. emulze, kterou jsme použili při malování kopie na vyzrálou vápennou omítku

IX. Malá, P., Porovnání fixáží prostředků nástěnných maleb z hlediska jejich reverzibility a biologické stability. Absolventská teoretická práce. Litomyšl 1998.

12.3. Kasein pro fixáž maleb přenesených na novou podložku

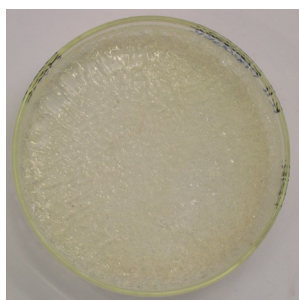
(Philippot, P., Mora, P., Technika a udržování nástěnných maleb, 1965)

Recept:

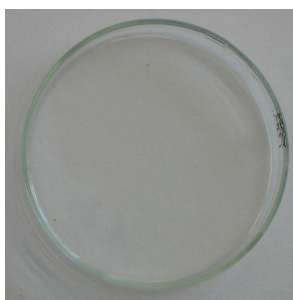
100 g kaseinu nechat bobtnat 12 hodin ve velkém množství vody (přebytečnou vodu vylít); smíchat s 900 g hašeného vápna; přidat 100 g polyvinilacetátu, nebo jiné akrylátové emulze, aby byla směs pružná. Vše se smíchá a procedí, může se přidat malé množství fungicidu.

Toto je příklad ještě v nedávné době používaného fixážního prostředku na bázi kaseinátu vápenatého. O vlastnostech tohoto materiálu se nám však nedostaly bližší informace.

I. Filmy a sušina některých fixážních prostředků



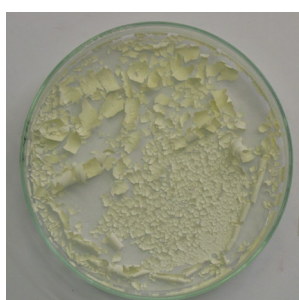
Primal SF016 - sušina z koncentrátu (50%)



Paraloid B72 - sušina z 6% roztoku v xylenu



Vaječná emulze - sušina z 1,3% emulze



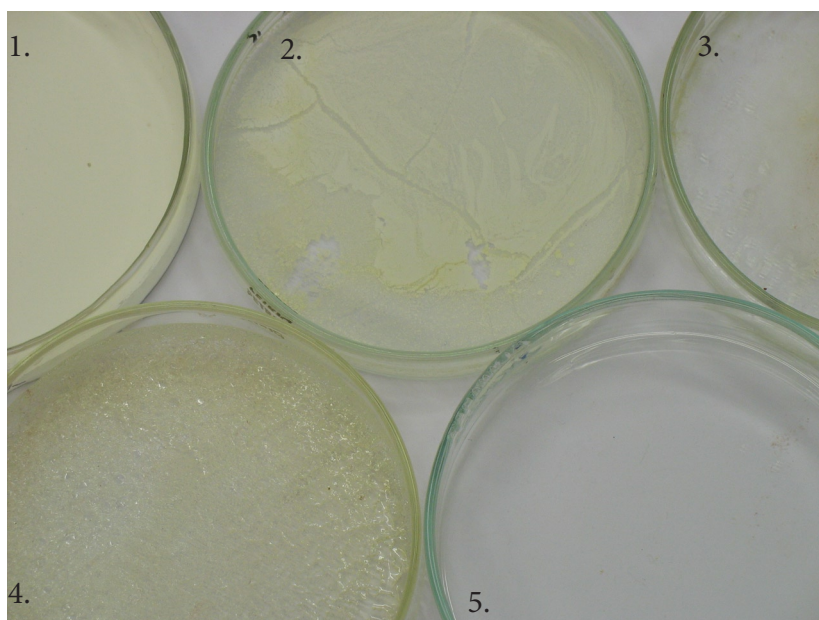
Vápenný kasein - sušina z 3,1% roztoku



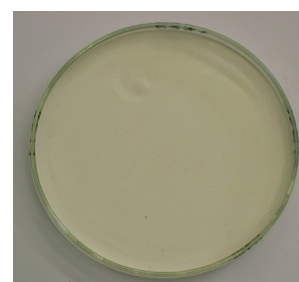
Detail předchozího snímku - struktura vysušeného filmu



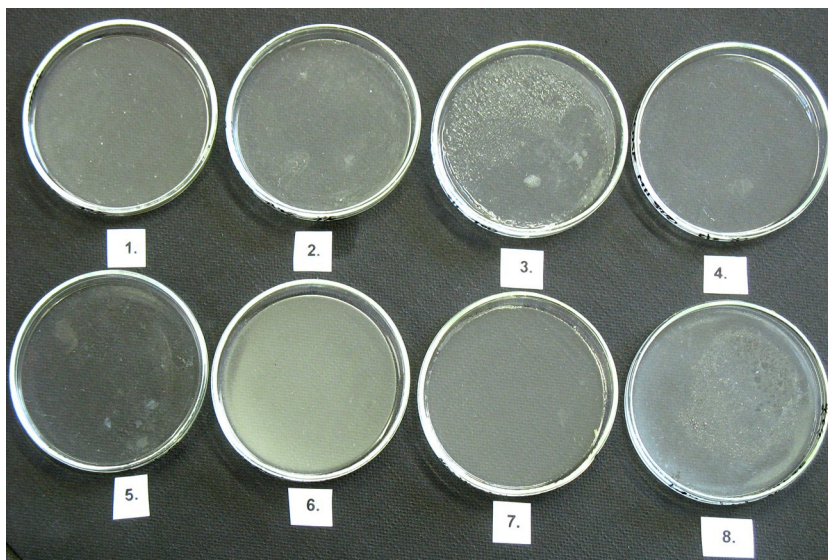
Vápenný kasein - sušina z 1% roztoku



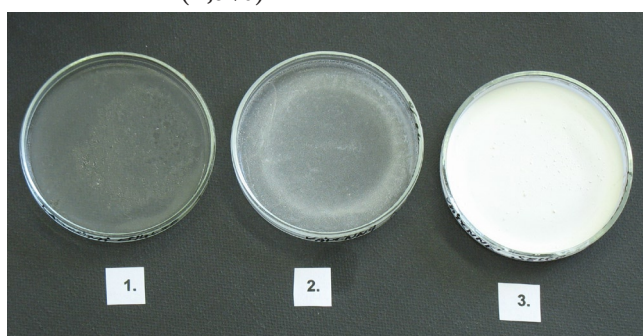
Ukázka sušiny vytvořené z některých látek: 1.) Vápenné secco, 2.) Vápenný kasein, 3.) Vaječná emulze, 4.) Primal SF016, 5.) Paraloid B72.



Vápenné secco - sušina z 2% disperze vápna ve vodě (z toho 5 % vápenná kaše a 15% vápencová moučka)



Film vzniklý z 1 ml fixáčních látek připravených pro zkoušky. 1.) Primal SF016 (1%), 2.) Paraloid B72 (1% v Xylenu), 3.) Funcosil Steinfestiger 100, 4.) Tylose MH 300 (1,5%), 5.) Klucel G (1,5%), 6.) Kožní kliš (1%), 7. Čpavkový kasein (1%), 8.) Vaječná emulze (1,3%)

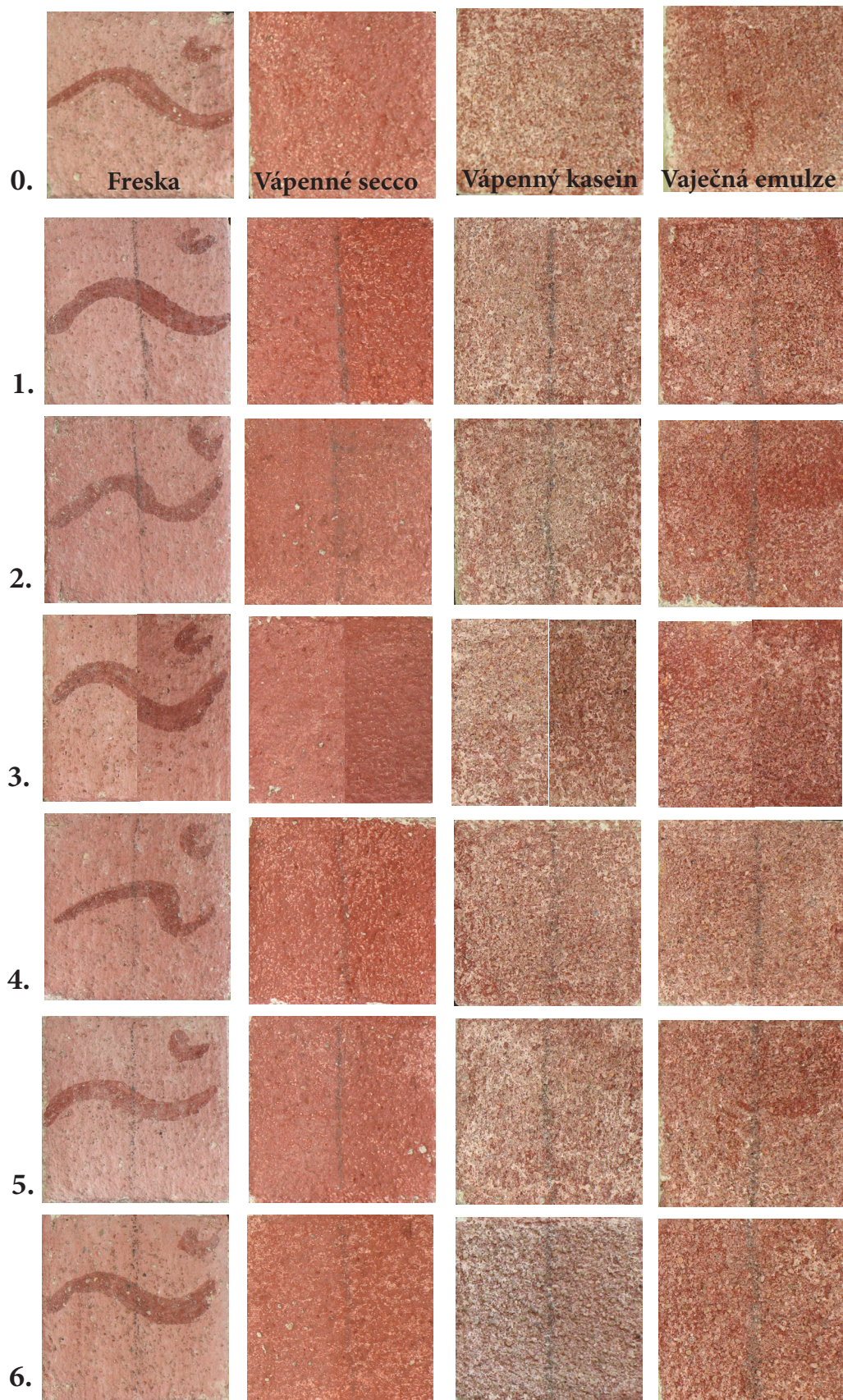


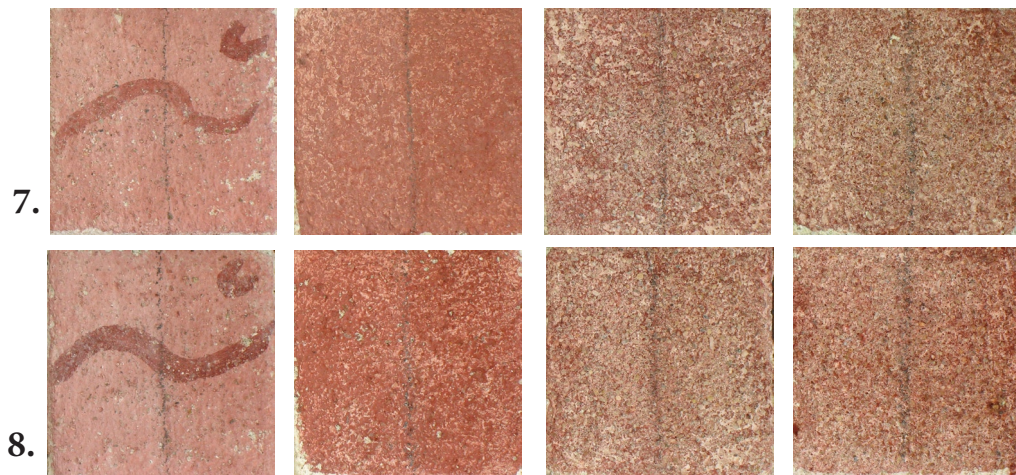
Film vzniklý z 1 ml látek připravených jako pojivo barevné vrstvy na tělíska imitující tehchniky nástěnné malby pro zkoušky fixáčních prostředků. 1.) Vaječná emulze (1,3%), 2.) Vápenný kasein (2%), 3.) Vápenné secco (20%)

Sušina vzniklá z fixáčních látek po odpaření rozpouštědla (k látkám v kádinkách byl přidán pigment Zn běloby 1 g / 50 ml)



II. Tělíska imitující techniky nástěnné malby s aplikovanými fixážními prostředky





Tělíska po aplikaci fixáčních materiálů. Na levé polovině tělíska je nanesen jeden nátěr fixativu a na pravé tři natěry.

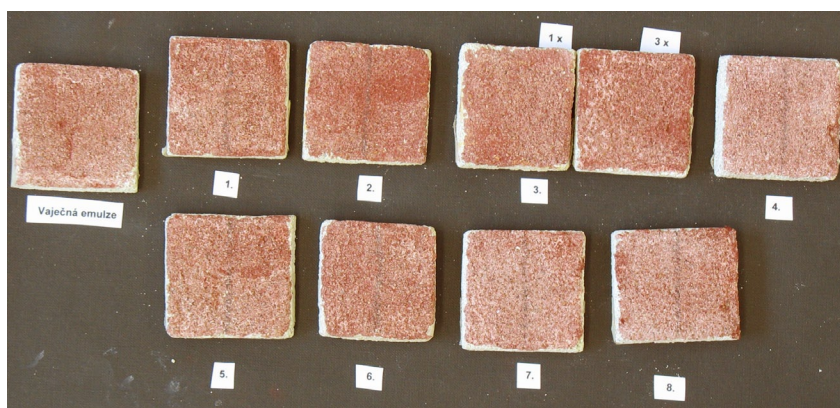
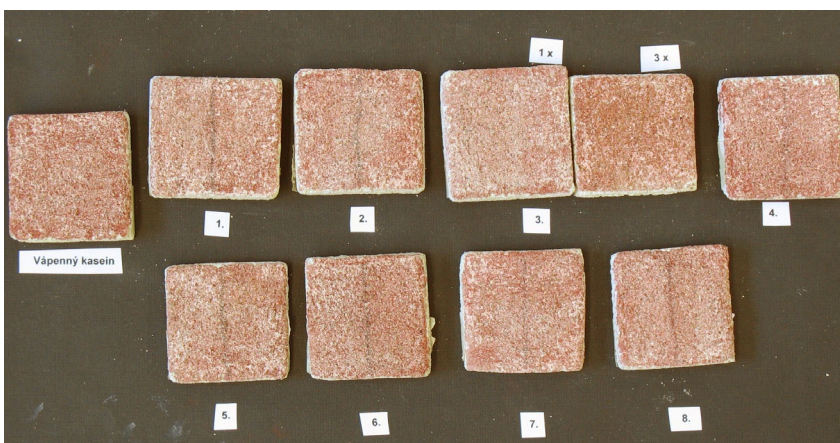
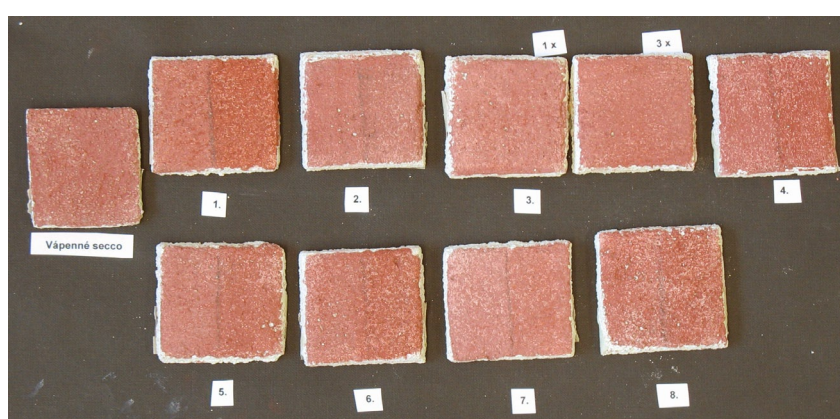
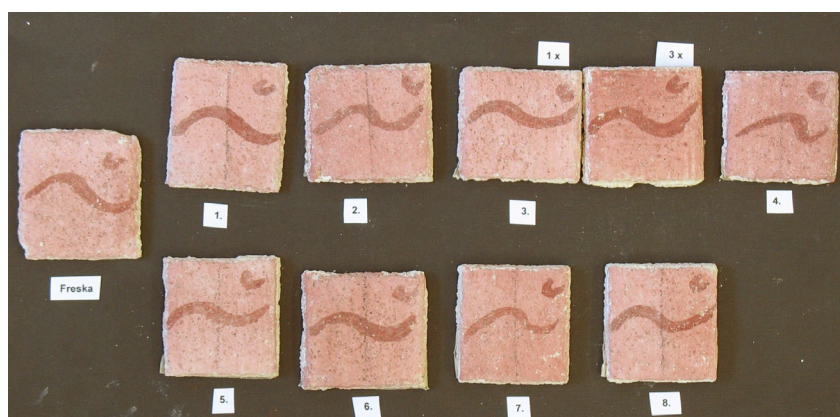
- Zhora: 1. Primal SF016 (1%)
 2. Paraloid B72 (1%)
 3. Funcosil Steinfestiger 100
 4. Tylose MH 300 (0,5%)
 5. Klucel G (0,5%)
 6. Kožní klič (1%)
 7. Čpavkový kasein (1%)
 8. Vaječná emulze (1,3%)



Celkový pohled ma tělíska po aplikaci fixáčních materiálů.

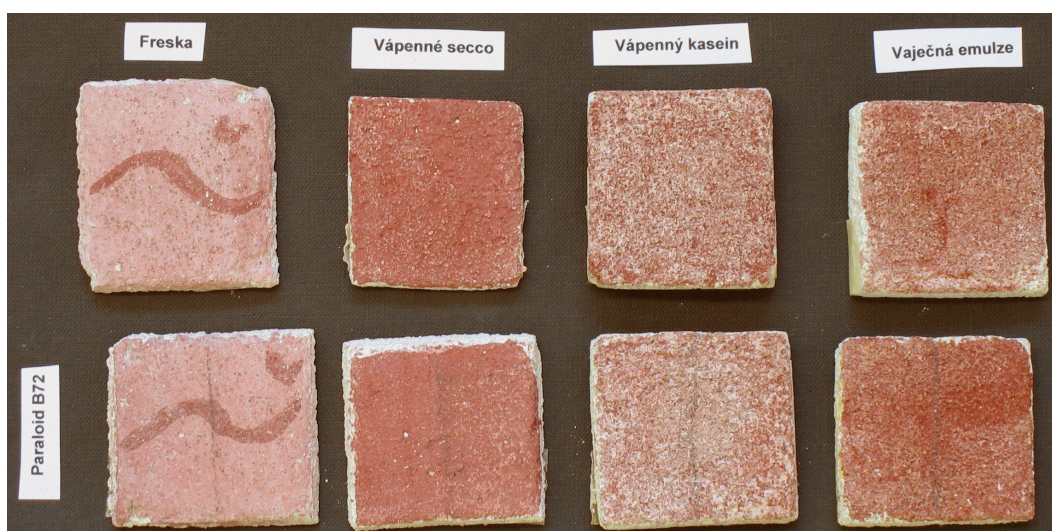
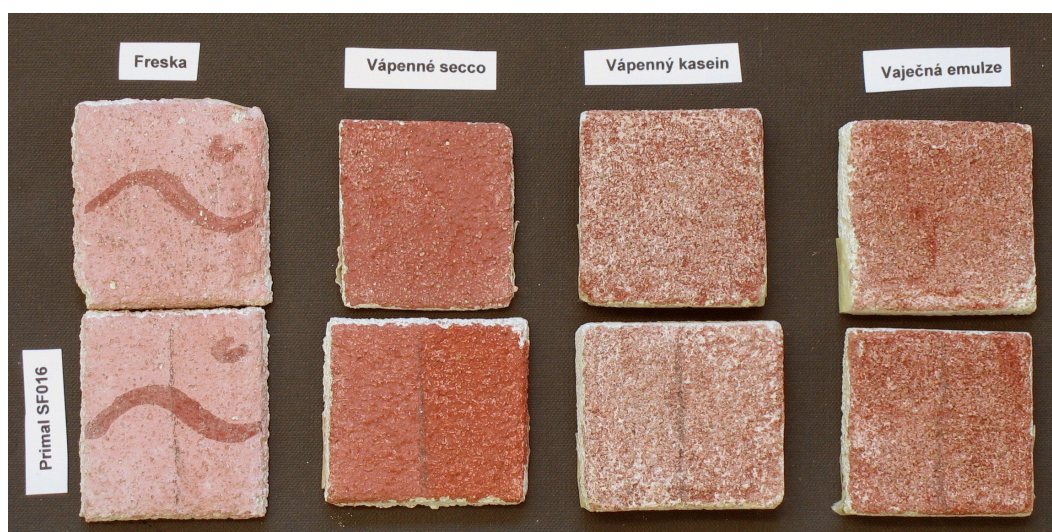
Jednotlivé techniky nástěnné malby s aplikovanými fixážními prostředky

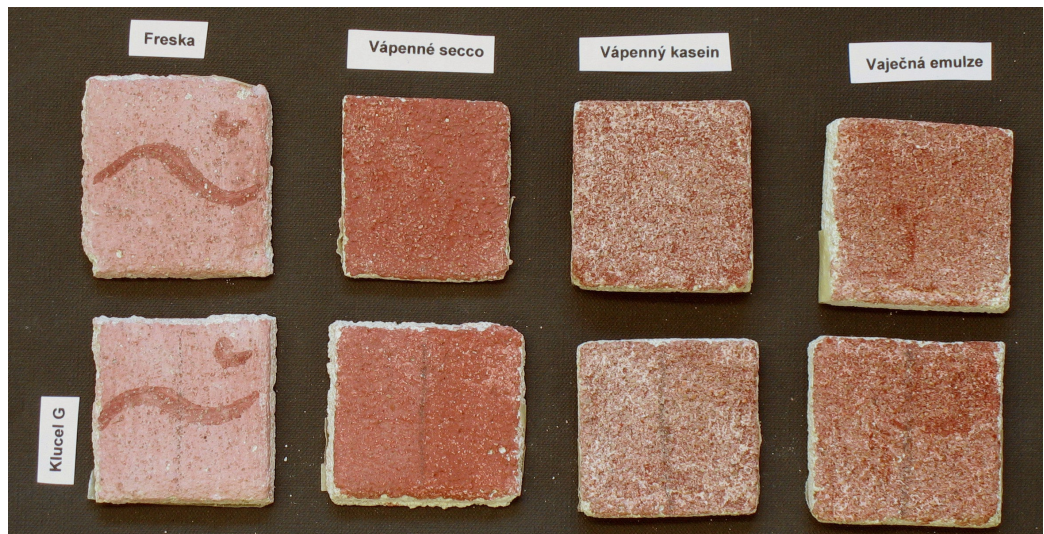
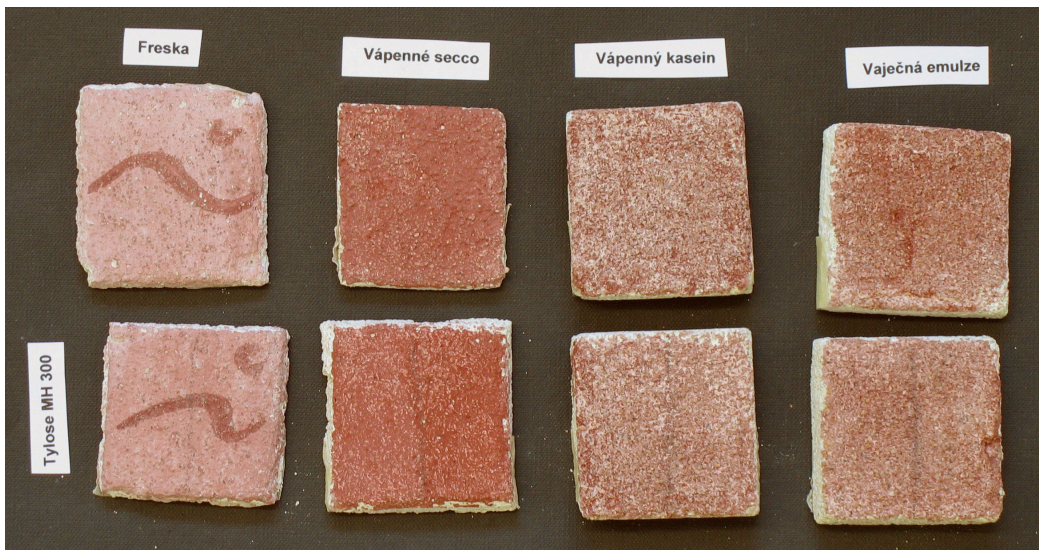
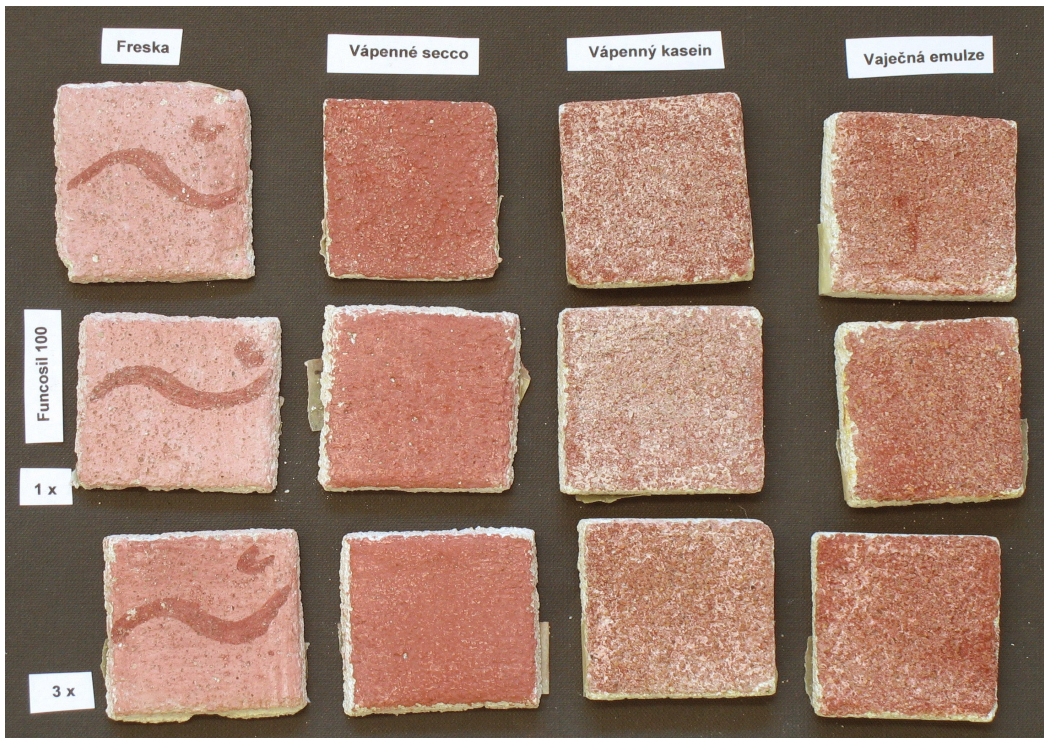
Jednotlivé techniky nástěnné malby s aplikovanými fixativy. První tělísko je neošetřené, na ostatních je aplikován vždy jeden nátěr (levá polovina) a tři nátěry fixativu (pravá polovina) - kromě Funcosilu, pro který musela být použita dvě tělíska. Techniky i fixativy jsou řazeny stejně jako v předchozí části.

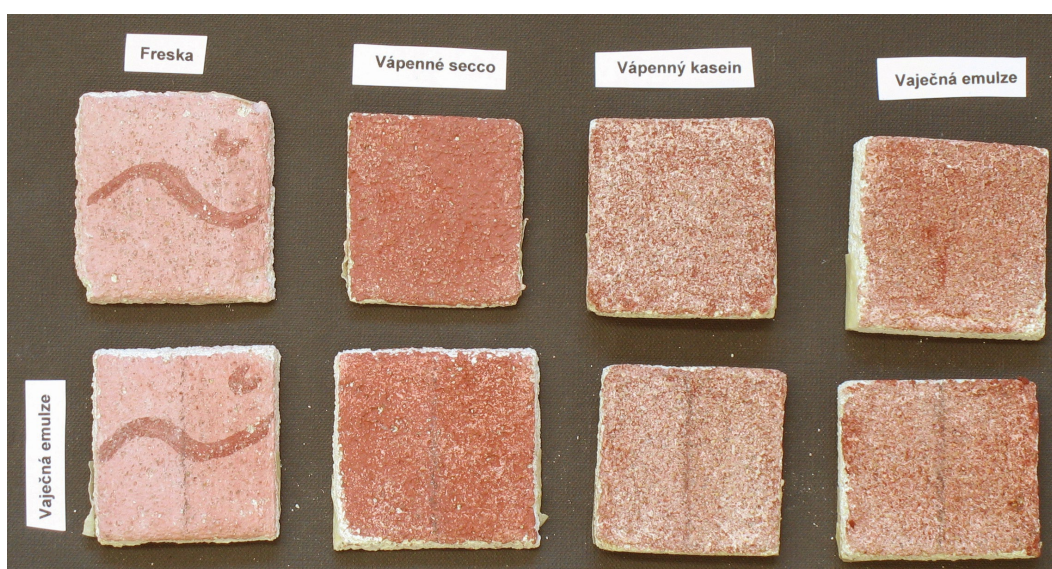
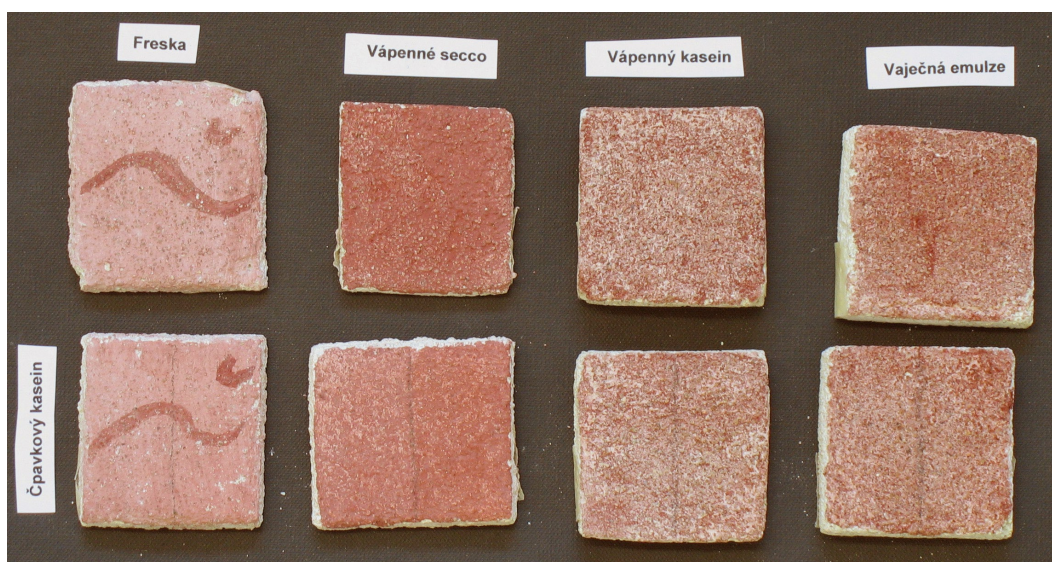
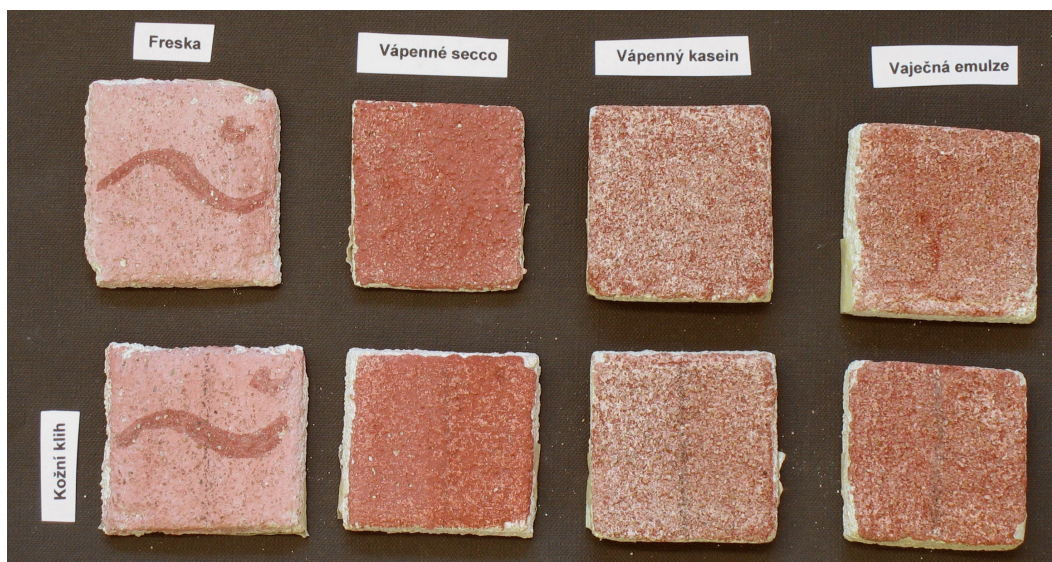


Jednotlivé fixážní prostředky použité na různé techniky nástěnné malby

Na následujících obrázcích jsou seřazena tělíska imitující různé techniky nástěnné malby vedle sebe ve skupinách podle jednotlivých fixážních prostředků. V horním řádku jsou pouze čistá tělíska imitující techniky bez fixativu. V dolním řádku jsou tělíska na které byl aplikován fixážní prostředek (jeden nátěr na levé polovině a tři nátěry na pravé polovině tělíska; s výjimkou Funcosilu, u kterého jsou tělíska opatřena jedním nátěrem v druhém řádku a třemi nátěry v třetím řádku).







III. Srovnání barevné změny tělísek imitujících techniky nástěnné malby po umělém stárnutí (ozařování UV paprsky)



Tato tělíška pouze imitují techniky nástěnné malby, nebyly na ně aplikovány žádné fixační prostředky. Tělíška v horní řadě nepodstoupila umělé stárnutí, tělíška v dolní řadě byla ozařována UV paprsky. Ani u jedné techniky nedošlo k výraznější barevné změně.

Srovnání tělísek před a po UV stárnutí

Freska

Vápenné secco

Vápený kasein

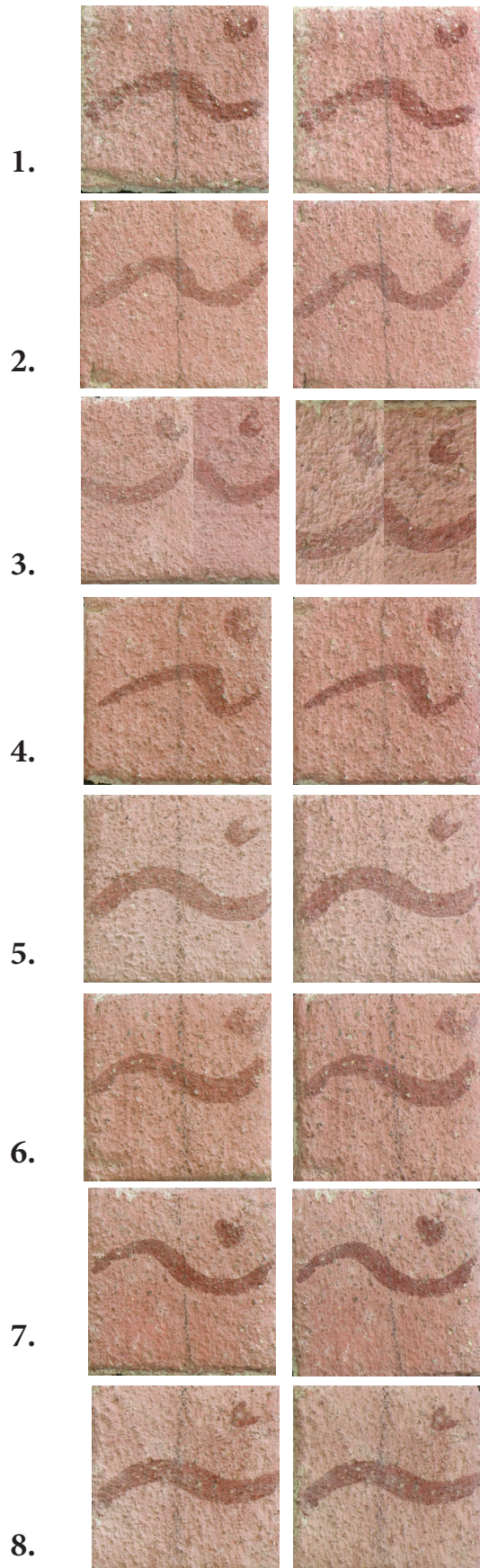
Vaječná emulze



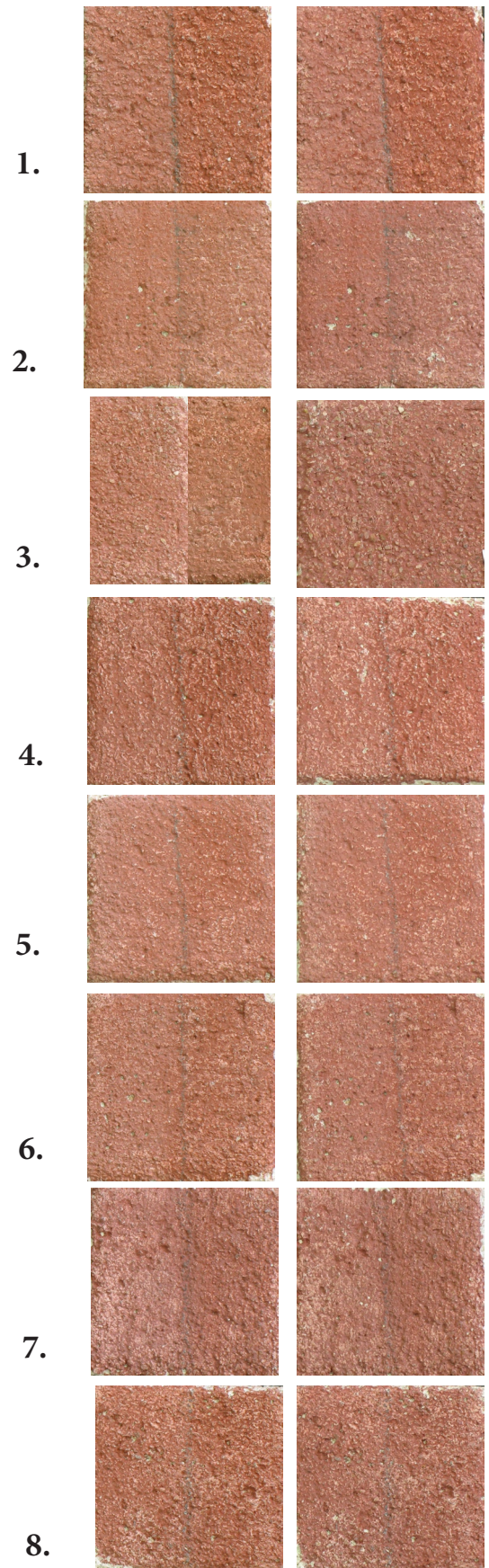
V prvním řádku (0.) jsou vzorky, které pouze imitují danou techniku malby, nejsou ošetřena fixativy. V levém sloupci jsou vždy tělíska nestárnutá a v pravém tělíska která podstoupila umělé stárnutí (ozařováním UV světlem).

Fixační prostředky: 1.) Primal SF016, 2.) Paraloid B72, 3.) Funcosil Steinfestiger 100 (a. jeden nátěr, b. tři nátěry), 4.) Tylose MH 300, 5.) Klucel G, 6.) Kožní klič, 7.) Čpavkový kasein, 8.) Vaječná emulze. Na následujících stranách jsou zobtažena tělíska podle jednotlivých technik nástěnné malby. V tomto případě se jedná o tatáž tělíska vyfocena před UV stárnutím (levý sloupec) a po něm (pravý sloupec). Označování jednotlivých fixativů je stejné.

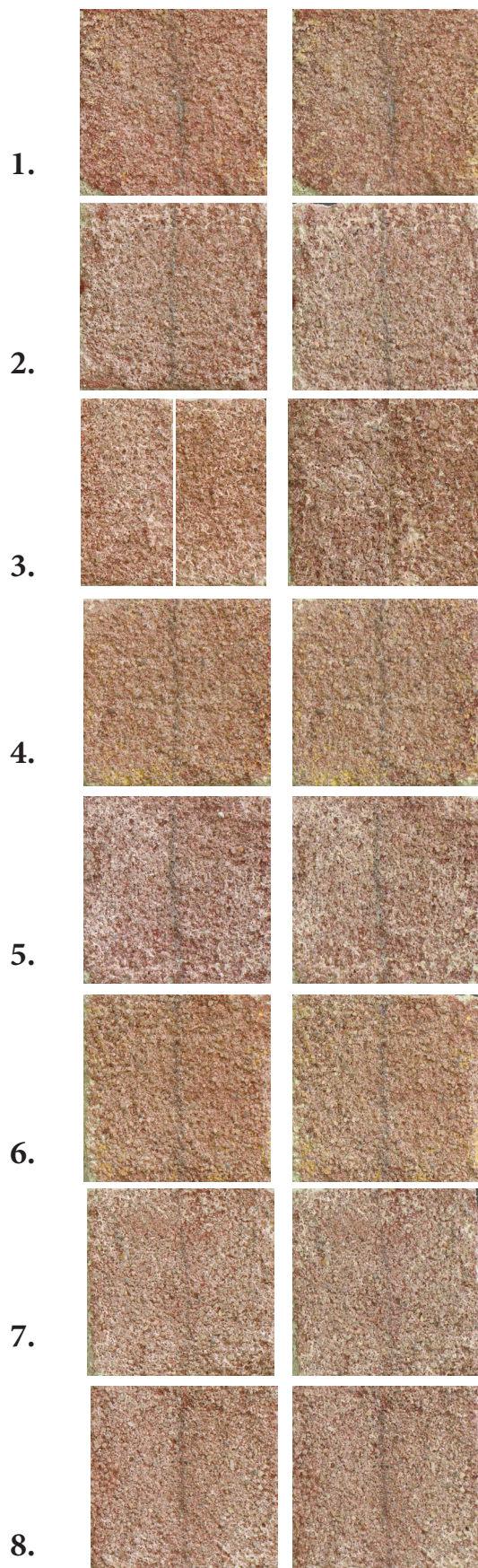
Freska



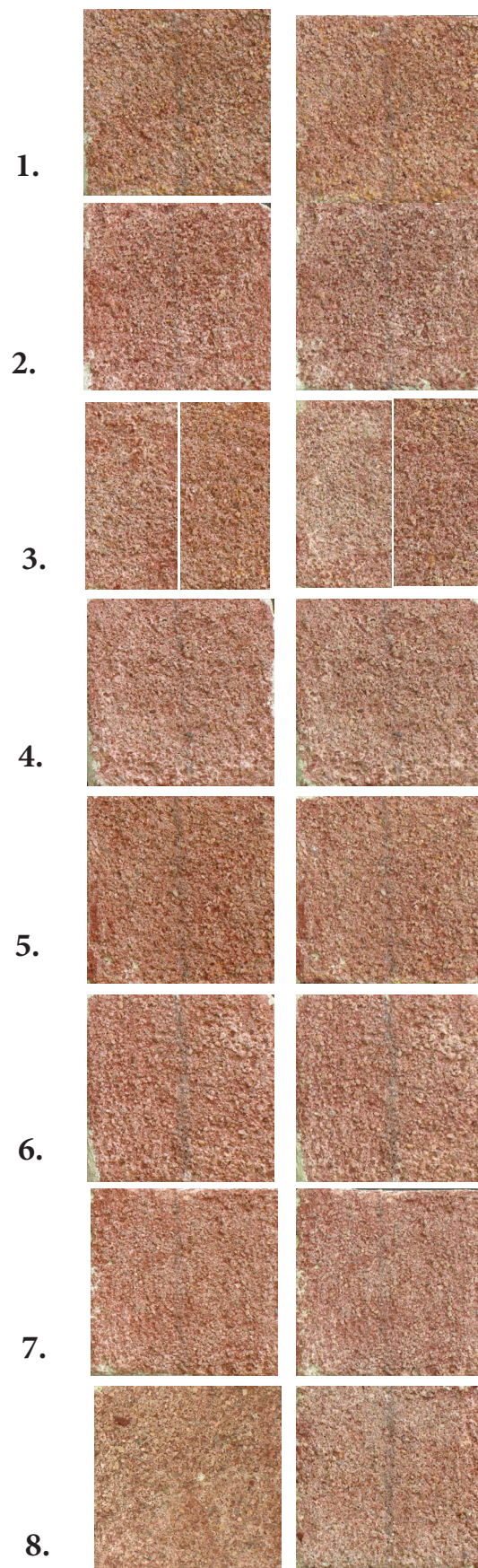
Vápenné secco



Vápenný kasein

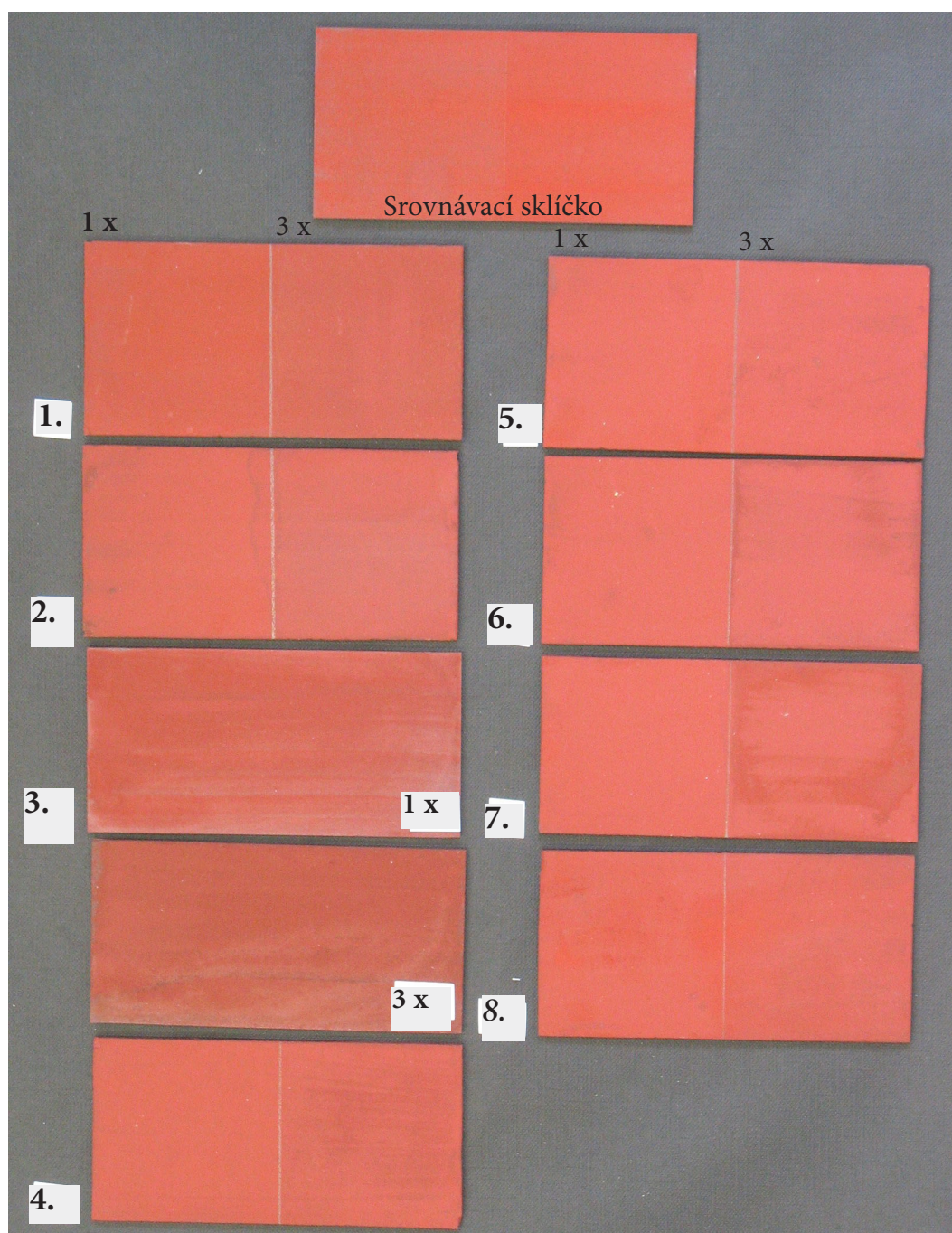


Vaječná emulze



IV. Změny před a po UV stárnutí na barevných sklíčkách a Scotch tape test

Barevná sklíčka s fixážními prostředky před UV stárnutím



Nahoře - srovnávací sklíčko bez fixáže (na levé polovině již byla odzkoušena přilnavost barevné vrstvy, tzv. Scotch tape test).

Sklíčka s fixativy před UV stárnutím: 1.) Primal SF016, 2.) Paraloid B72, 3.) Fungosil Steinfestiger 100, 4.) Tylose MH 300, 5.) Klucel G, 6.) Kožní klič, 7.) Čpavkový kasein, 8.) Vaječná emulze. Na levé polovině každého sklíčka je aplikován jeden nátěr a na pravé polovině tři nátěry fixativu (kromě Fungosilu).

Barevná sklíčka s fixážními prostředky po UV stárnutí

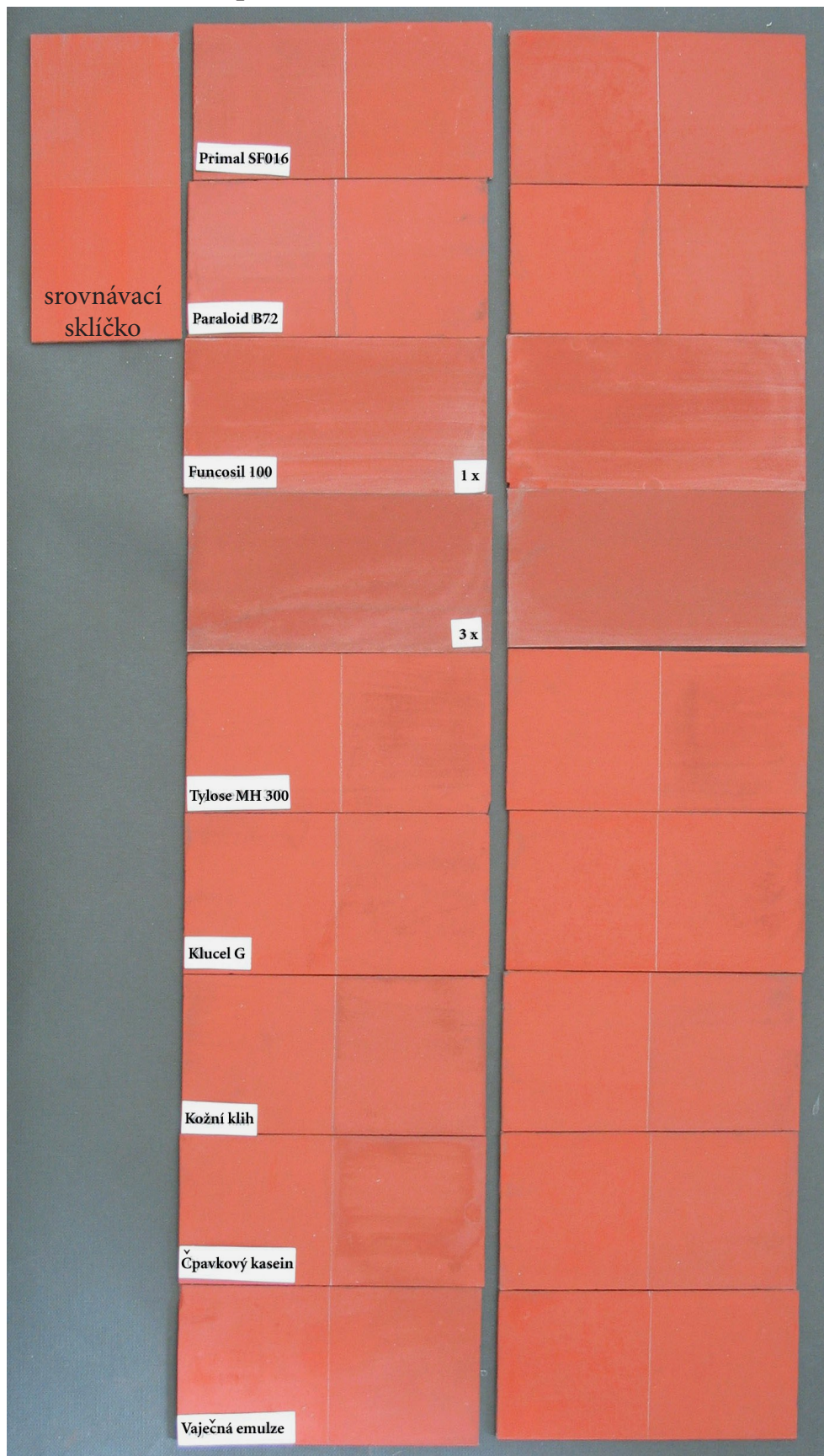


Sklíčka po umělém stárnutí jsou seřazena stejným způsobem jako na předchozím snímku.

Srovnání barevných sklíček před a po UV stárnutí

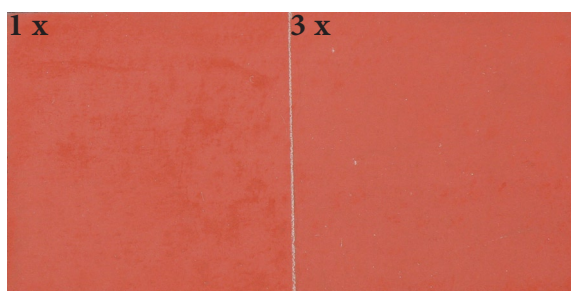
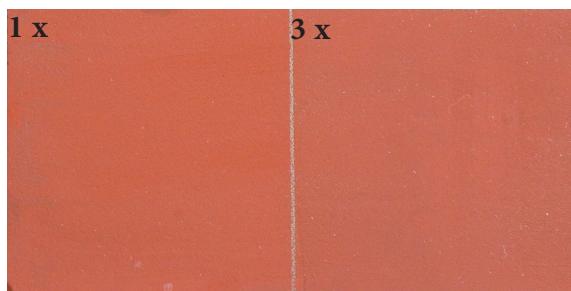
před UV stárnutím

po UV stárnutí

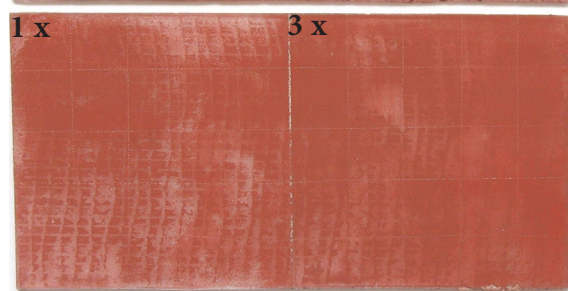
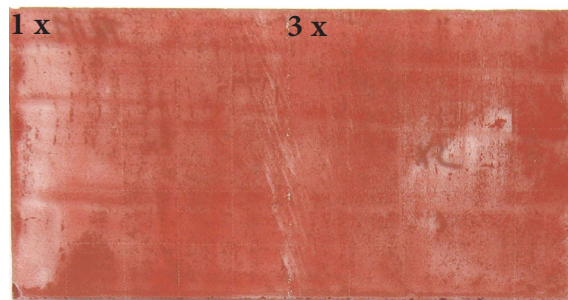


Primal SF016

Před a po UV stárnutí

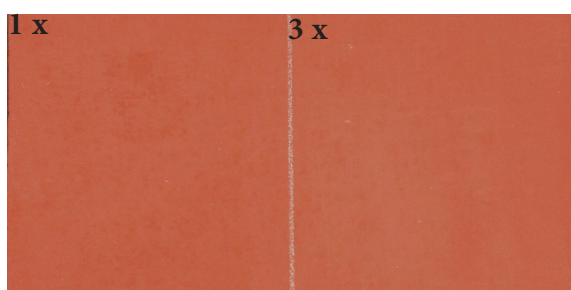
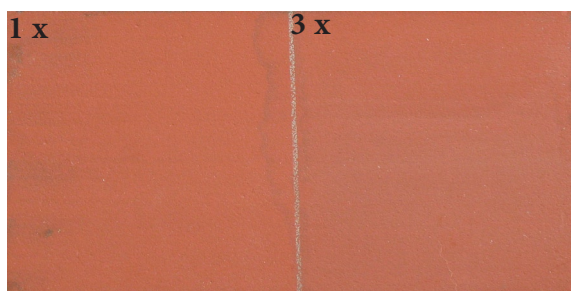


Scotch tape test

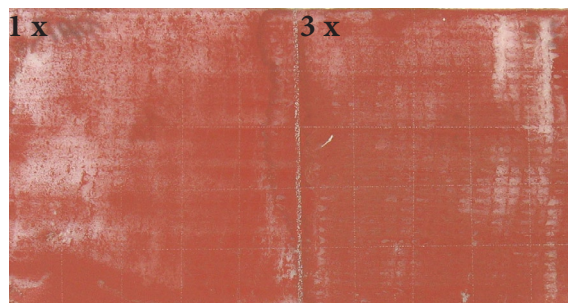


Paraloid B72

Před a po UV stárnutí

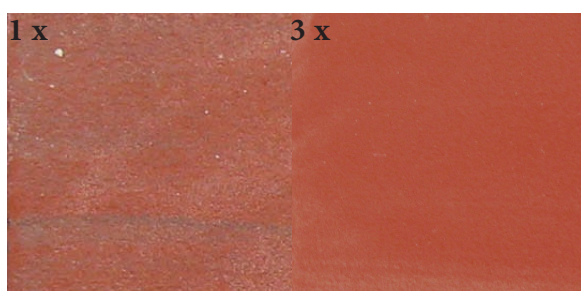
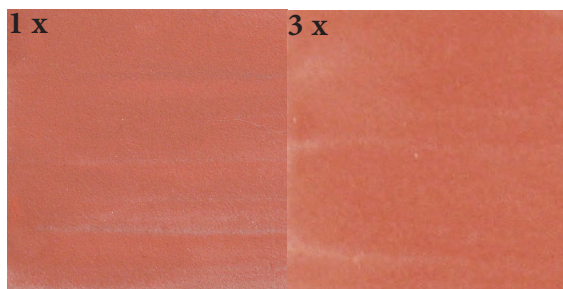


Scotch tape test

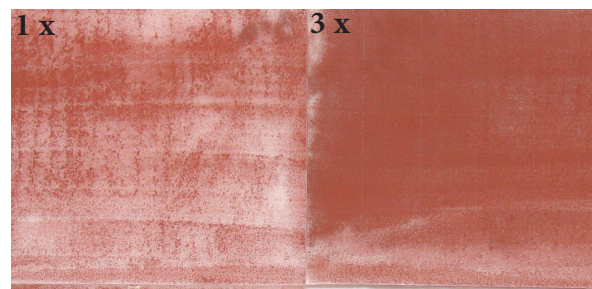


Funcosil Steinfestiger 100

Před a po UV stárnutí

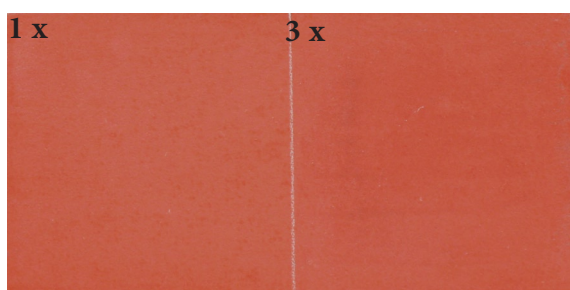
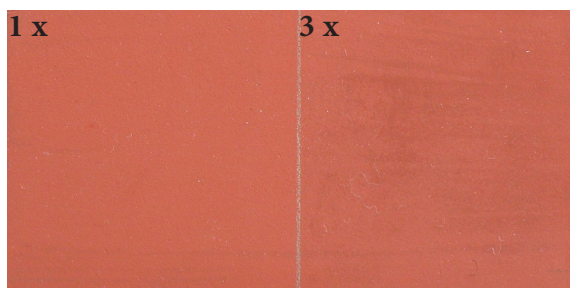


Scotch tape test

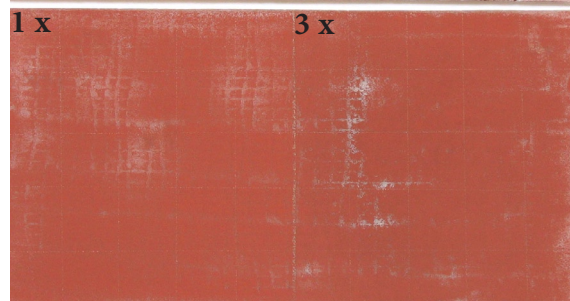
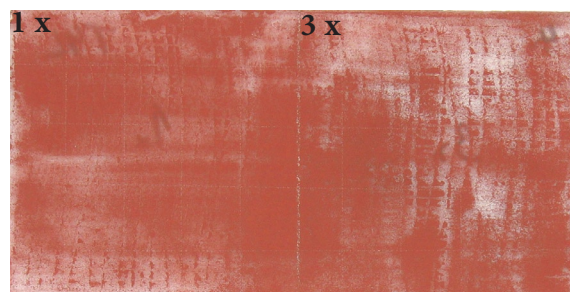


Tylose MH 300

Před a po UV stárnutí

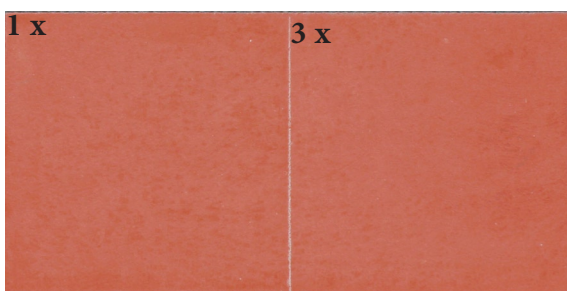
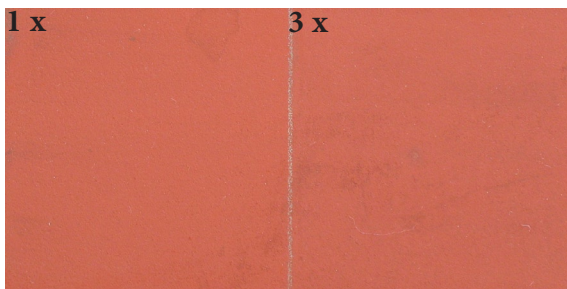


Scotch tape test

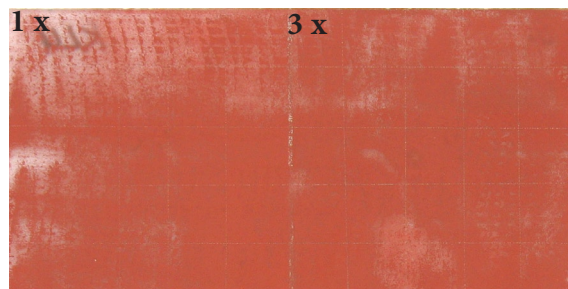


Klucel G

Před a po UV stárnutí

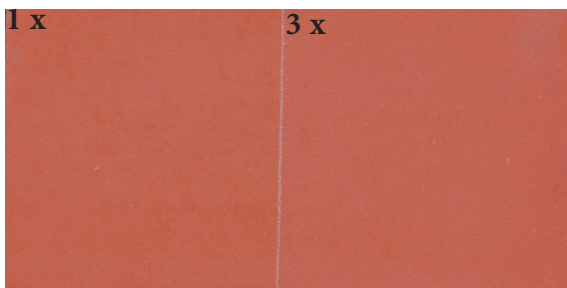
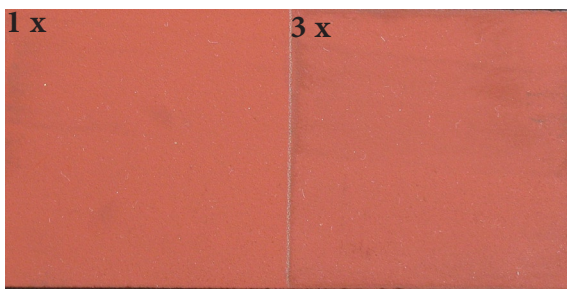


Scotch tape test



Kožní klič

Před a po UV stárnutí

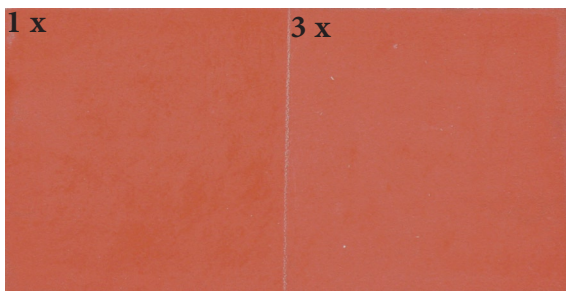
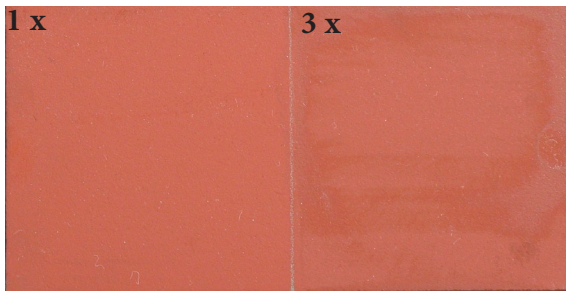


Scotch tape test

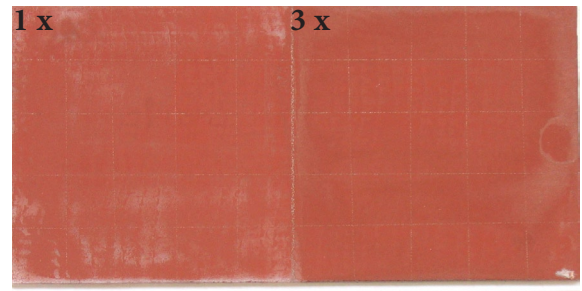


Čpavkový kasein

Před a po UV stárnutí

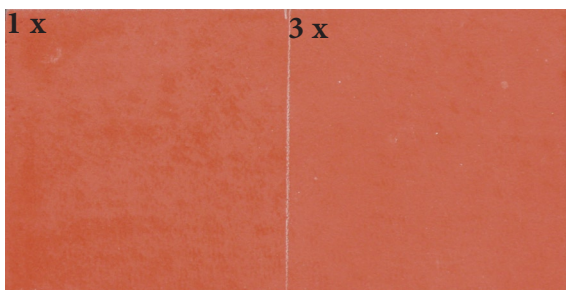
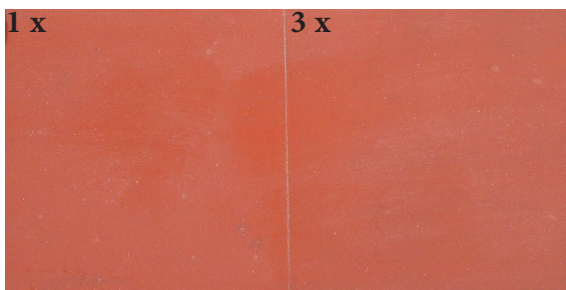


Scotch tape test

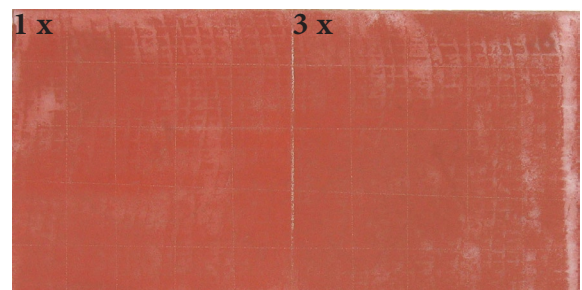


Vaječná emulze

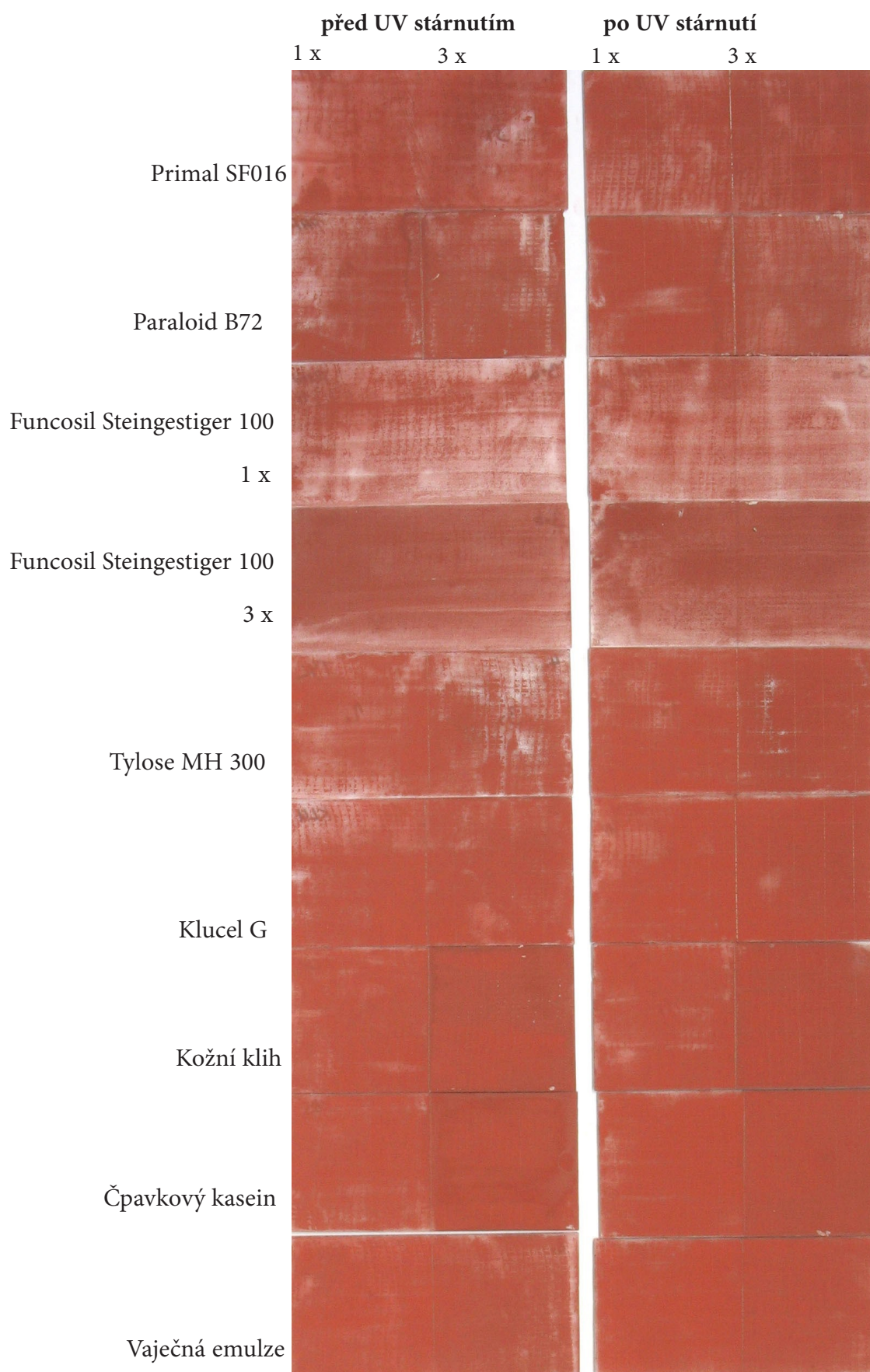
Před a po UV stárnutí



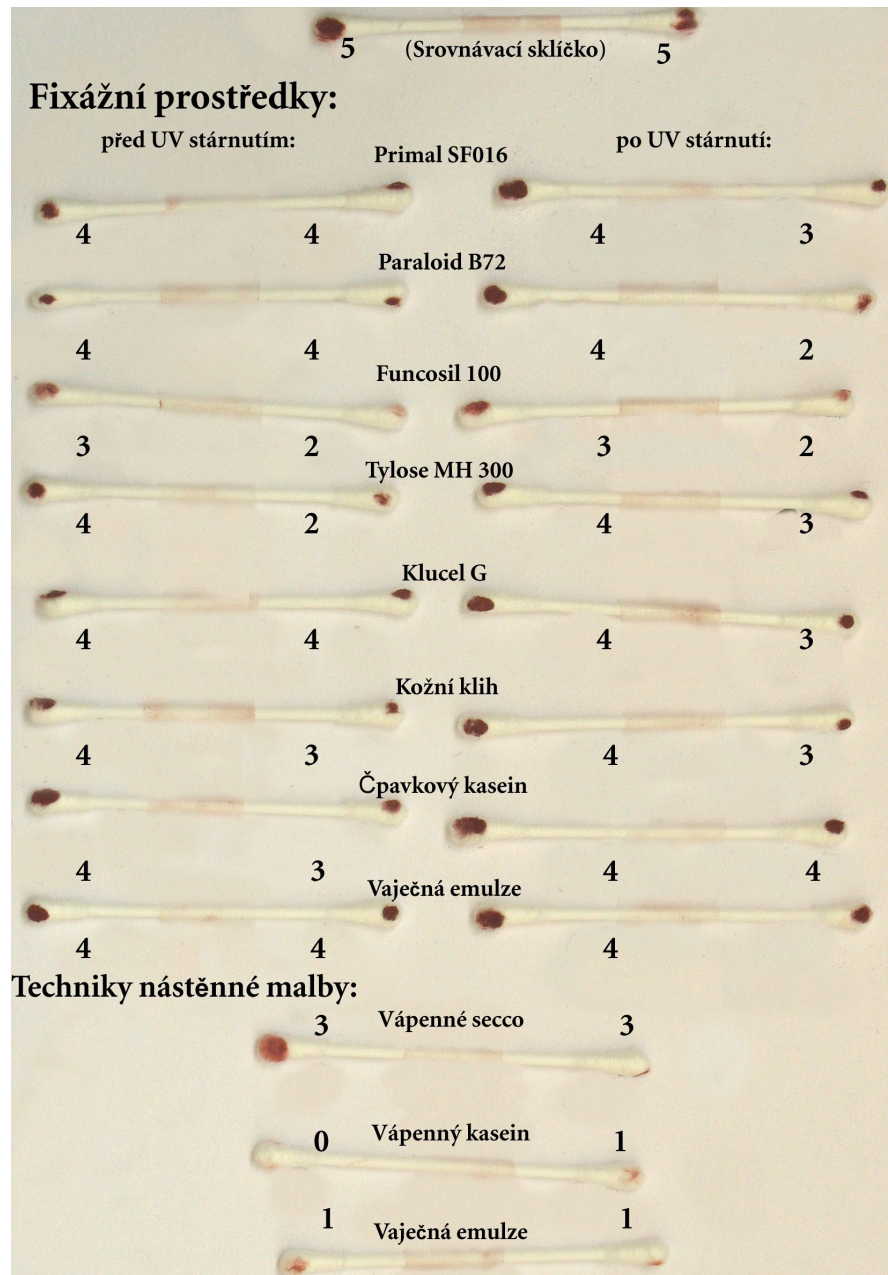
Scotch tape test



Barevná sklíčka před a po UV stárnutí



V. Test stíratelnosti barevné vrstvy na sklíčkách před a po UV stárnutí



Tento test byl vybrán jako doplnění výsledků získaných měřeními Scotch tape. Hodnoceny byly opět vzorky s jedním a třemi nátěry fixážního prostředku před a po umělém stárnutí. Barevná vrstva sklíček byla 3x po sobě jemně setřena vatovým smotkem. Podle ochoty ke stírání byly výsledky hodnoceny stupnicí 0- 4:

- 0 - nestírá se
- 1 - nepatrně se stírá
- 2 - málo se stírá
- 3 - velmi se stírá
- 4 - extrémně se stírá

VI. Čirá sklíčka před a po UV stárnutí a zkoušky reverzibility

Slkíčka bez Zn běloby,
nestárnutá

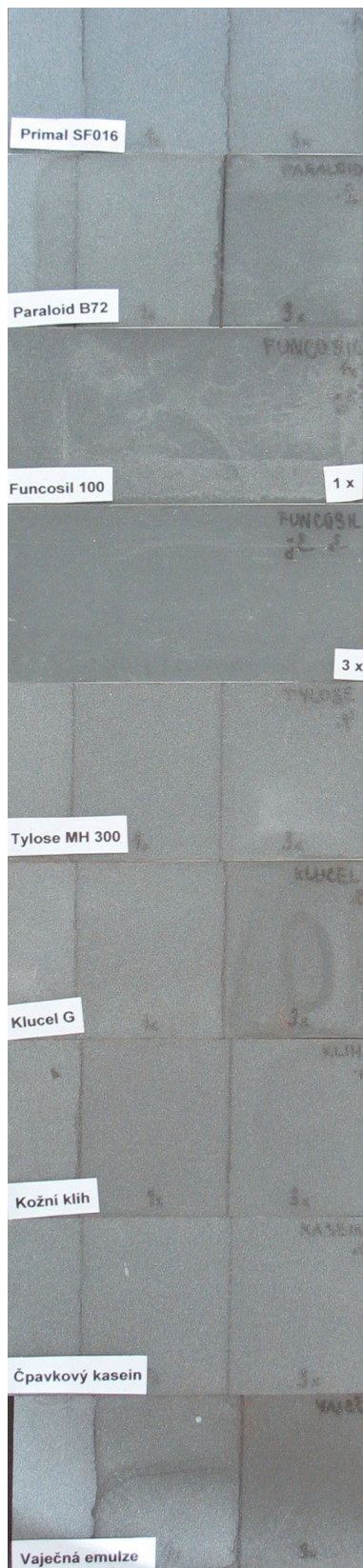
Slklíčka se Zn bělobou,
po UV stárnutí

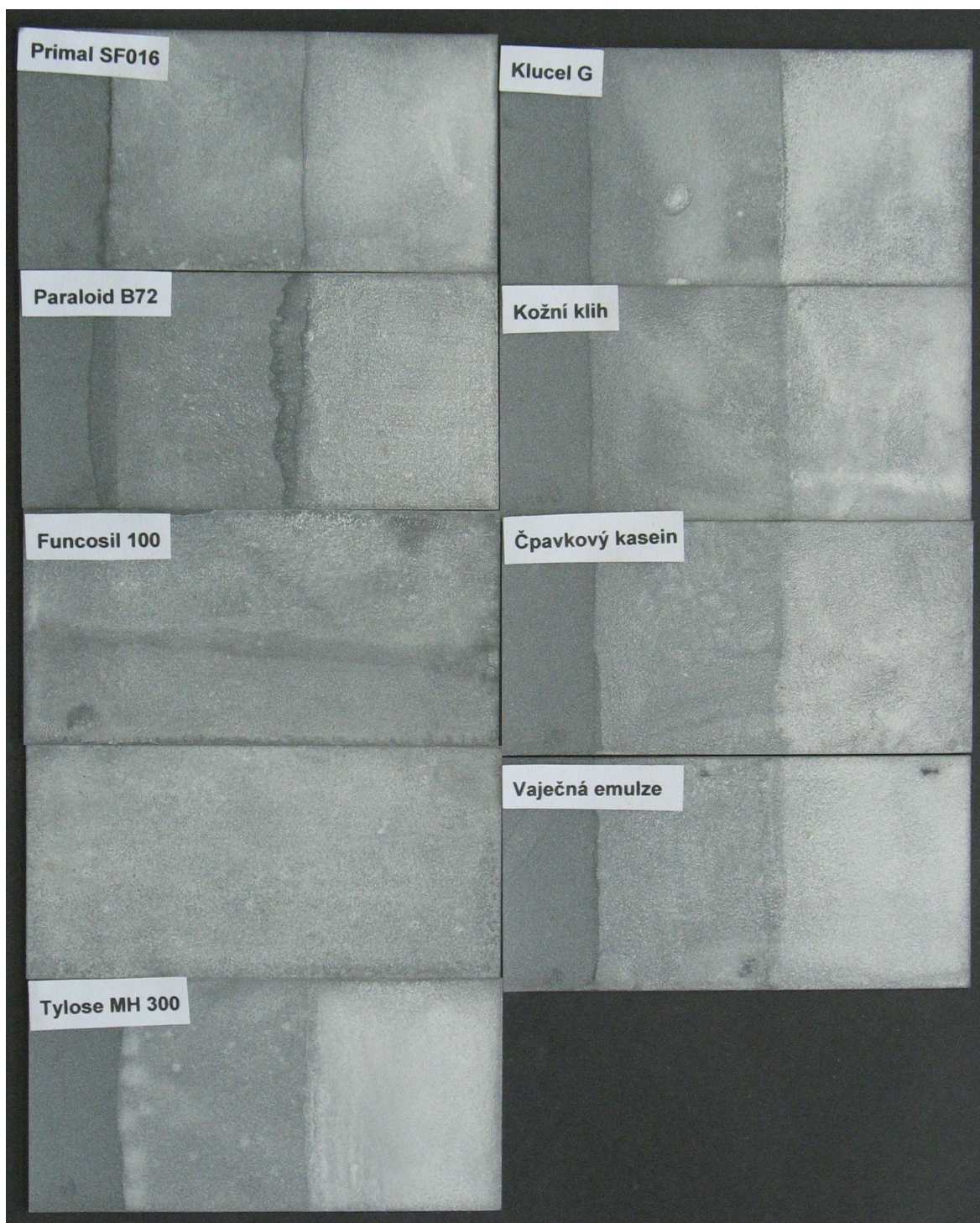
Levý sloupec:

Čirá sklíčka s aplikovanými fixativy (bez pigmentu Zn běloby). Okraj sklíčka na levé straně je bez fixativu; levá část sklíčka byla ošetřena jedním nátěrem a pravá třemi nátěry fixativu (s výjimkou Funcosilu - zvažť sklíčko s jedním a třemi nátěry)

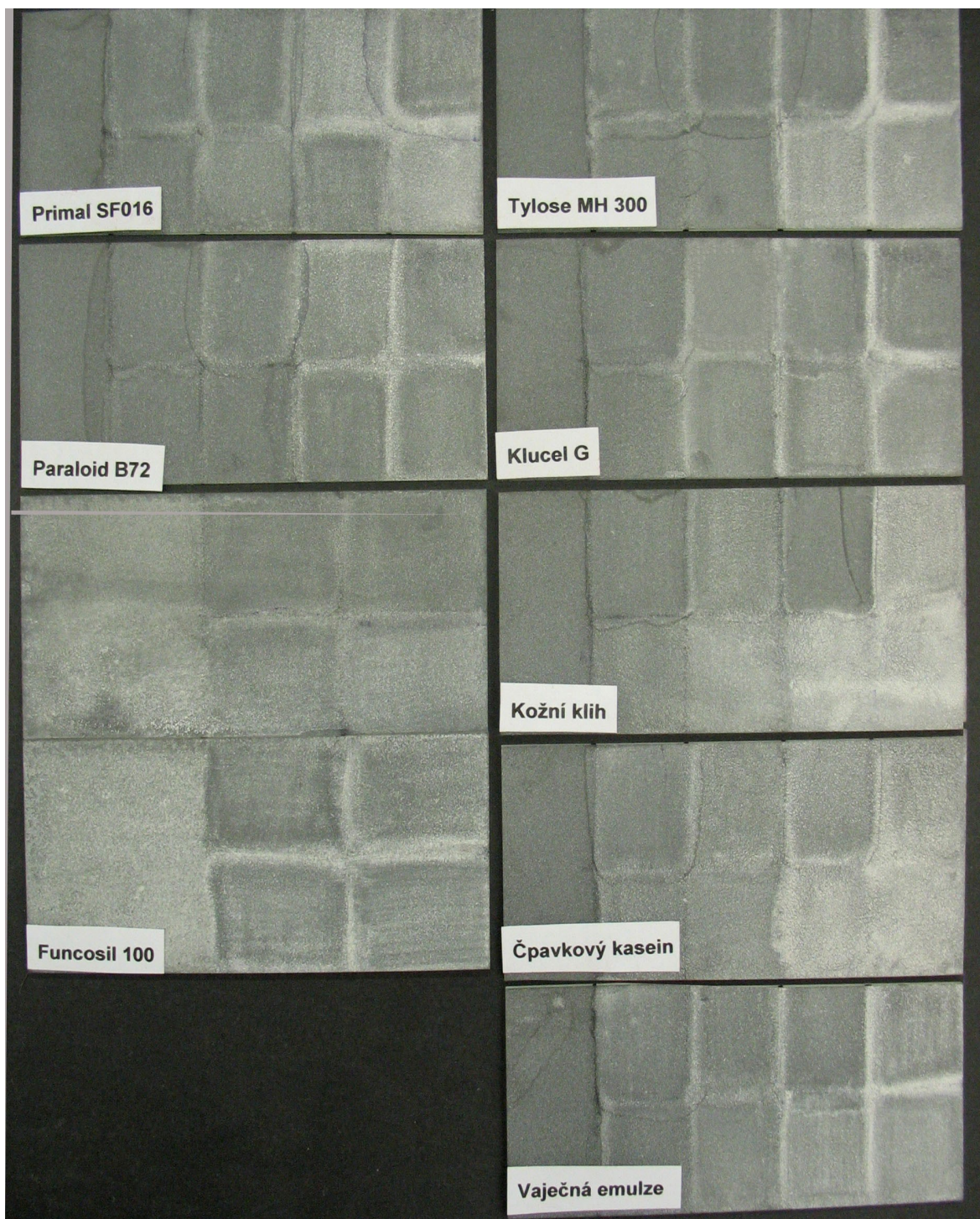
Pravý sloupec:

Obdobným způsobem připravená sklíčka, ale s přidavkem Zn běloby (1 g na 50 ml fixážního prostředku). Tyto vzorky podstoupili UV stárnutí a bude na nich zkoušena reverzibilita fixáže.





Sklička pripravená se pigmentem Zn běloby po UV stárnutí, pripravená na test reverzibility.

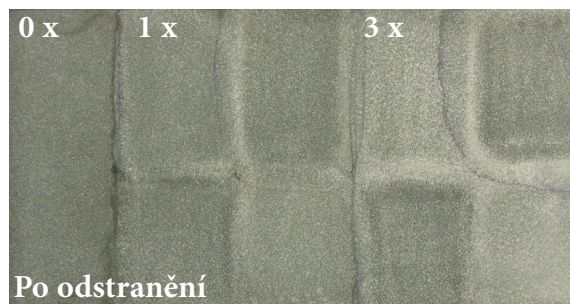
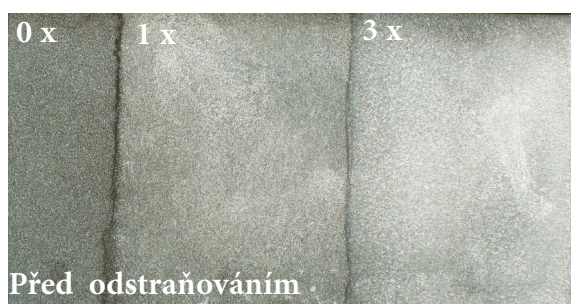


Uměle stárnutá sklíčka se Zn bělobou po zkoušce reverzibility fixáčních prostředků různými rozpouštědly: 1.) horká destilovaná voda

- 2.) etanol
- 3.) aceton
- 4.) izooktan

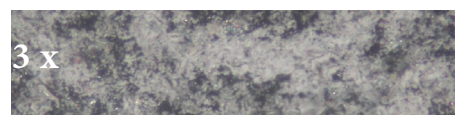
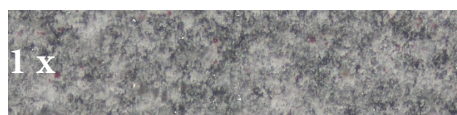
Jednotlivá sklíčka jsou dále podrobně rozebrána - každý úsek byl před a po odstraňování fotograficky dokumentován pod mikroskopem ve viditelném (VIS) a UV světle, aby mohly být pozorovány úbytky fixáže a Zn běloby z povrchu sklíčka.

Primal SF016

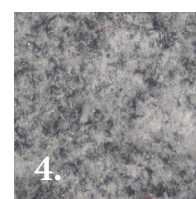
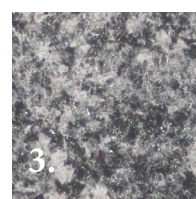
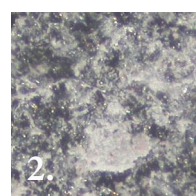
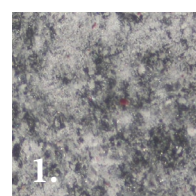
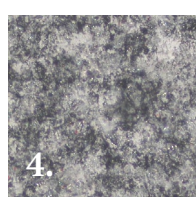
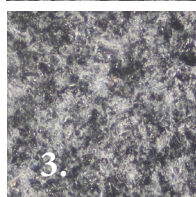
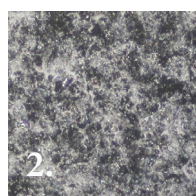
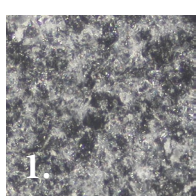


I. VIS

Před:



Po:

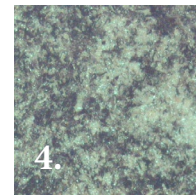
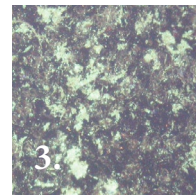
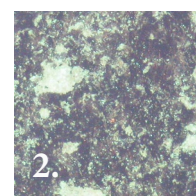
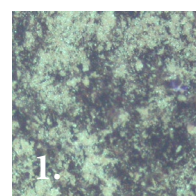
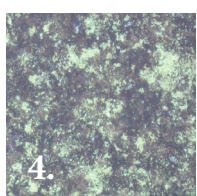
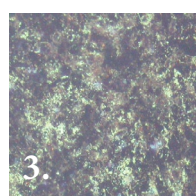
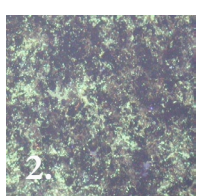
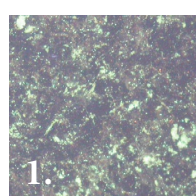


II. UV

Před:



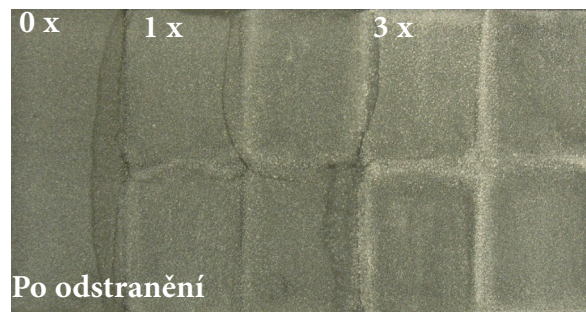
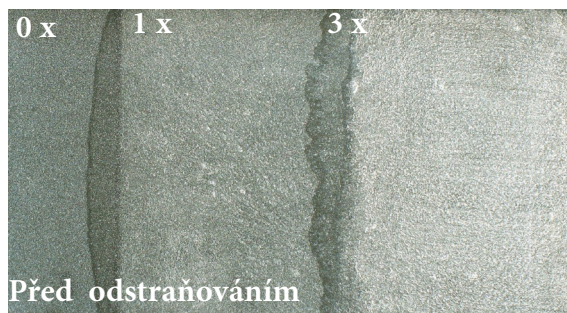
Po:



Rozpouštědla:

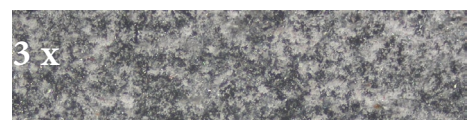
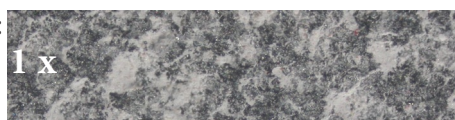
1. horká destilovaná voda
2. etanol
3. aceton
4. isooktan

Paraloid B72

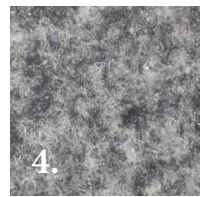
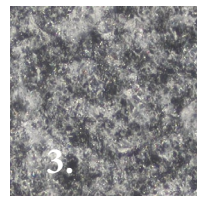
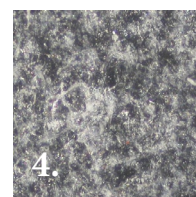
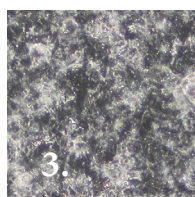
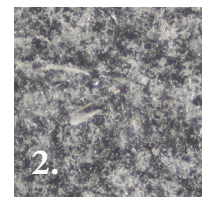
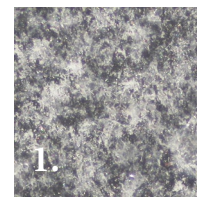
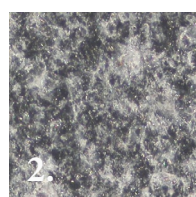
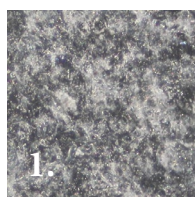


I. VIS

Před:

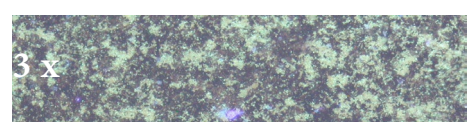
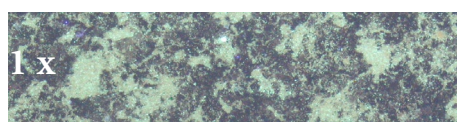


Po:

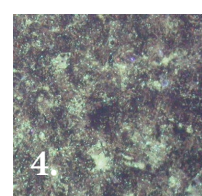
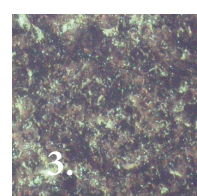
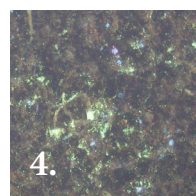
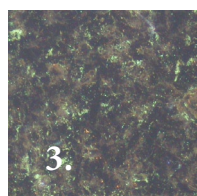
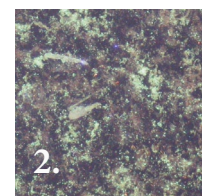
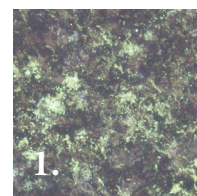
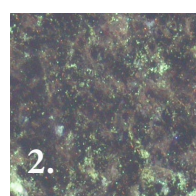
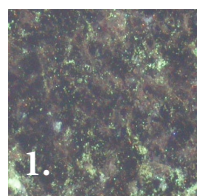


II. UV

Před:



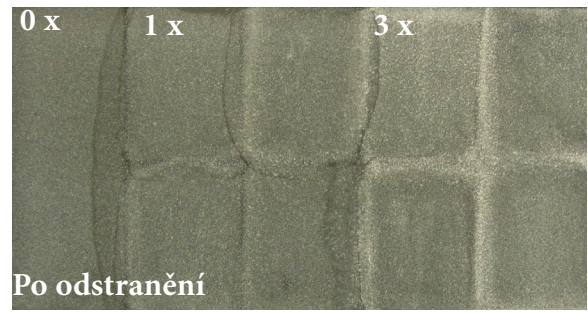
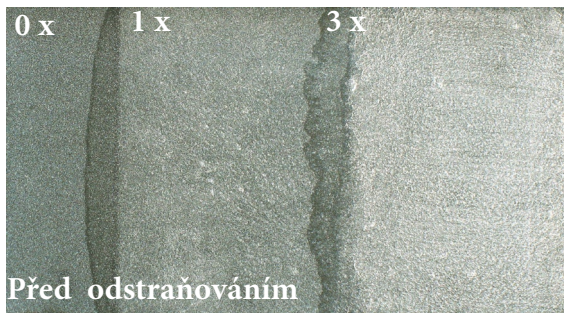
Po:



Rozpouštědla:

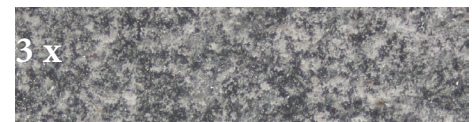
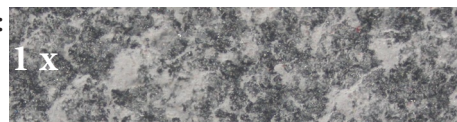
1. horká destilovaná voda
2. etanol
3. aceton
4. isooktan

Paraloid B72

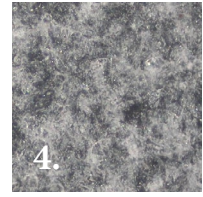
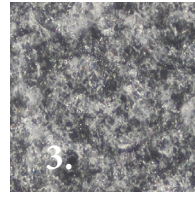
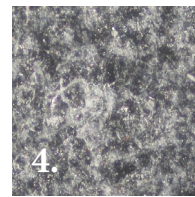
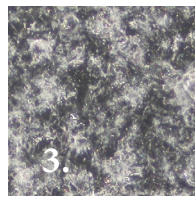
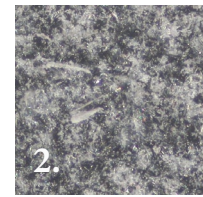
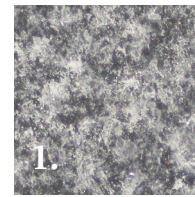
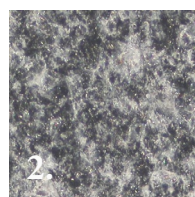
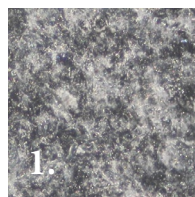


I. VIS

Před:

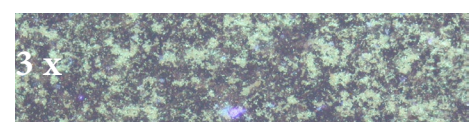
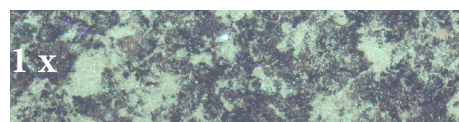


Po:

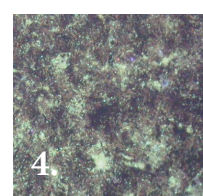
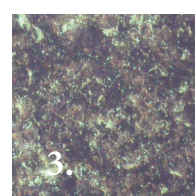
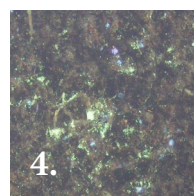
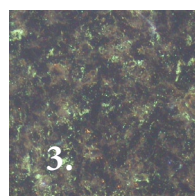
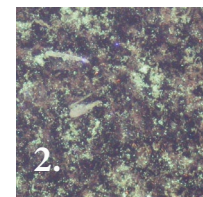
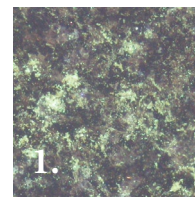
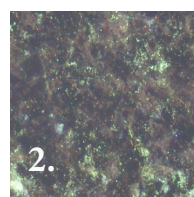
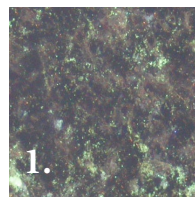


II. UV

Před:



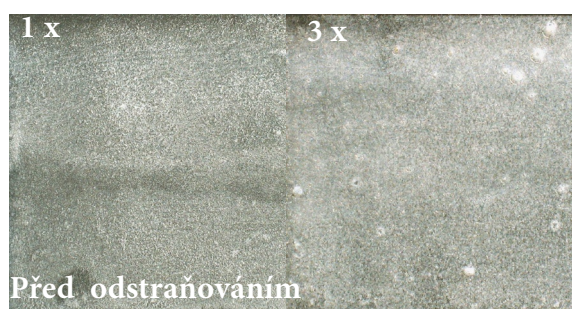
Po:



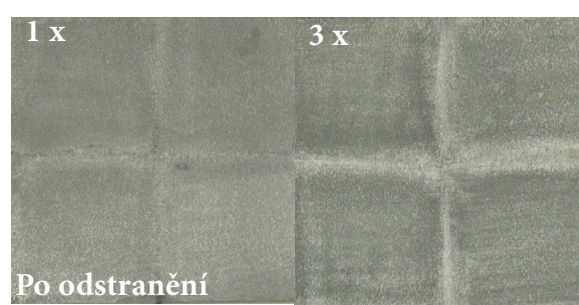
Rozpouštědla:

1. horká destilovaná voda
2. etanol
3. aceton
4. isooktan

Funcosil Steinfestiger 100



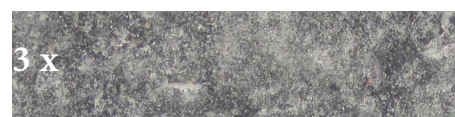
3 x



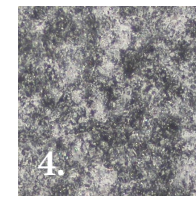
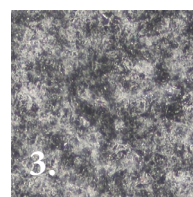
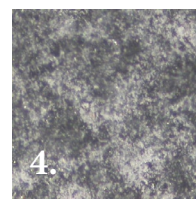
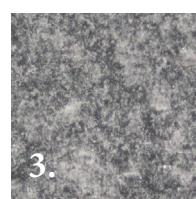
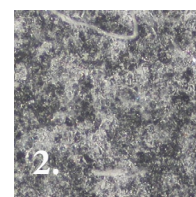
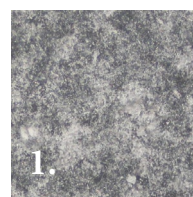
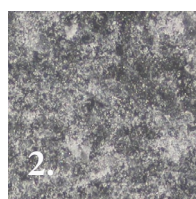
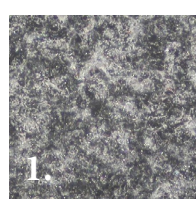
3 x

I. VIS

Před:



Po:

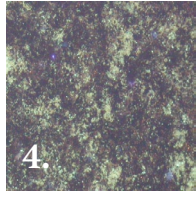
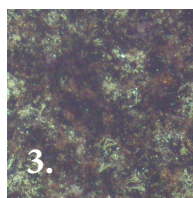
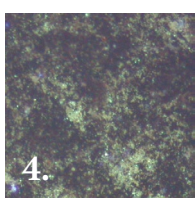
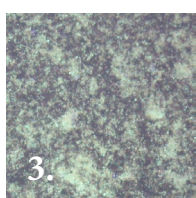
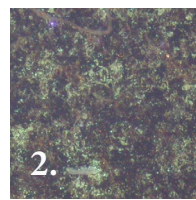
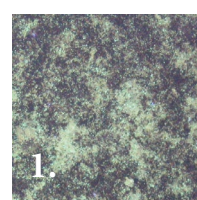
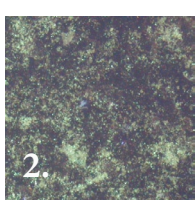
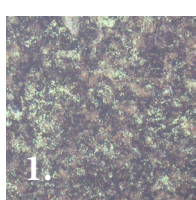


II. UV

Před:



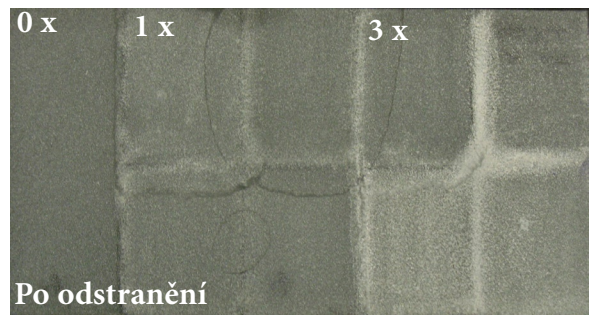
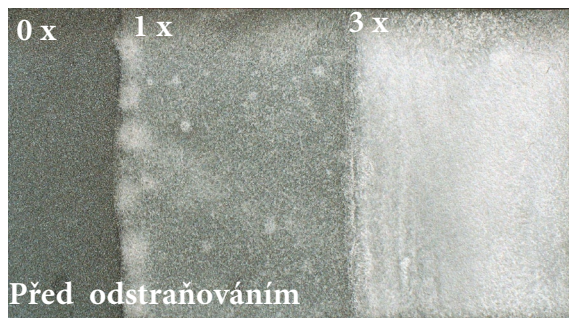
Po:



Rozpouštědla:

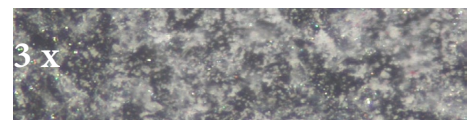
1. horká destilovaná voda
2. etanol
3. aceton
4. isooktan

Tylose MH 300

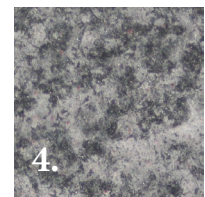
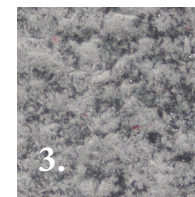
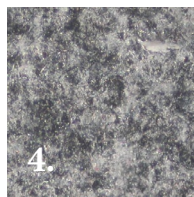
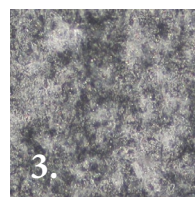
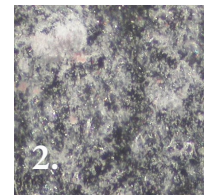
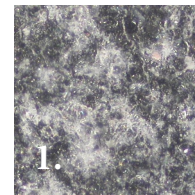
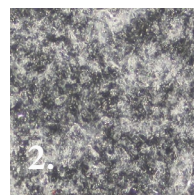
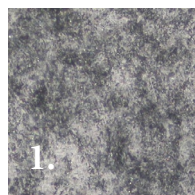


I. VIS

Před:

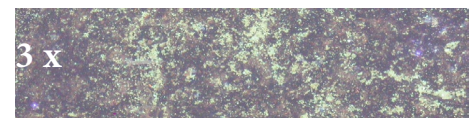


Po:

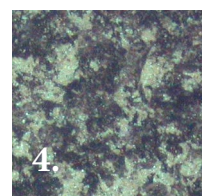
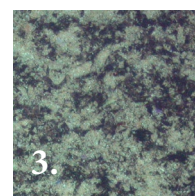
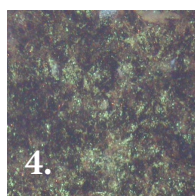
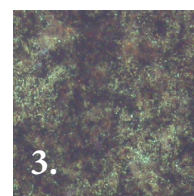
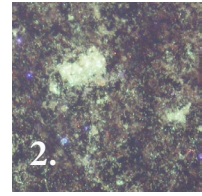
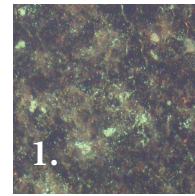
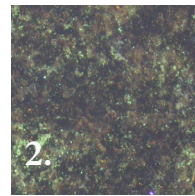
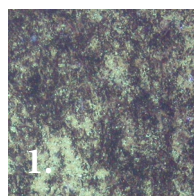


II. UV

Před:



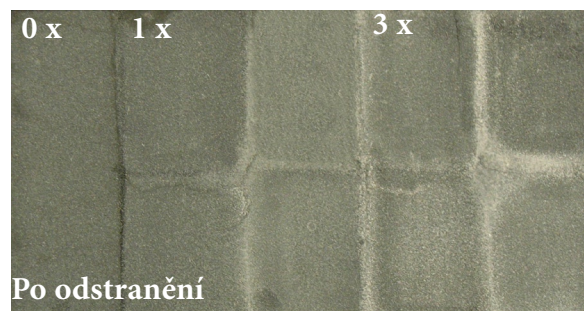
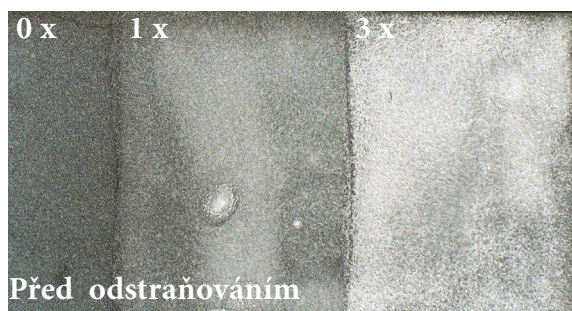
Po:



Rozpouštědla:

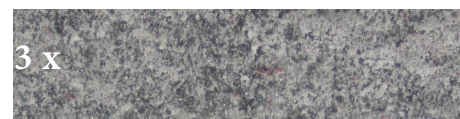
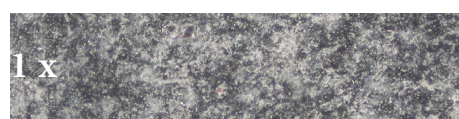
1. horká destilovaná voda
2. etanol
3. aceton
4. isooktan

Klucel G

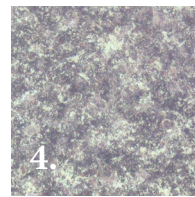
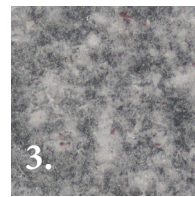
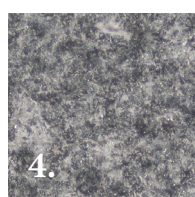
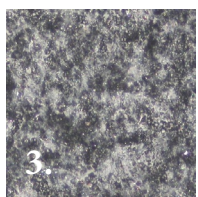
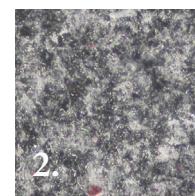
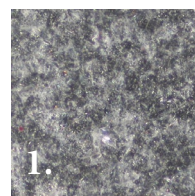
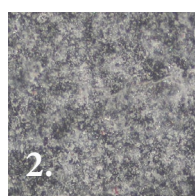
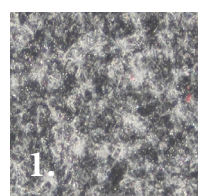


I. VIS

Před:

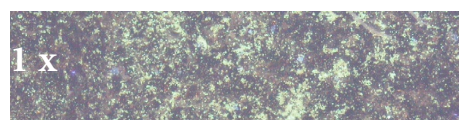


Po:

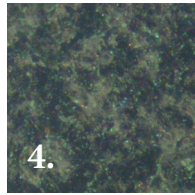
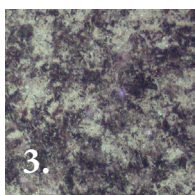
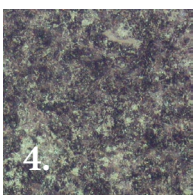
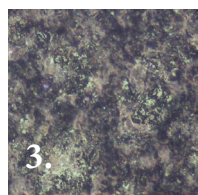
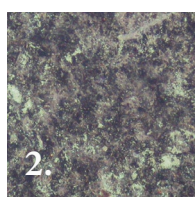
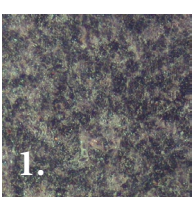
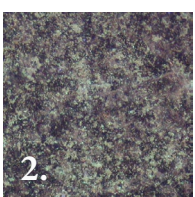
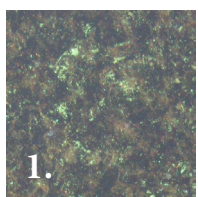


II. UV

Před:



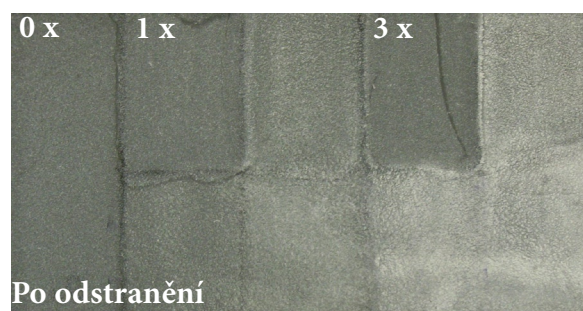
Po:



Rozpouštědla:

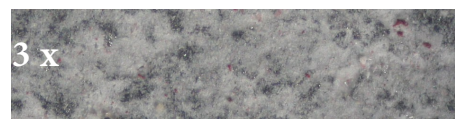
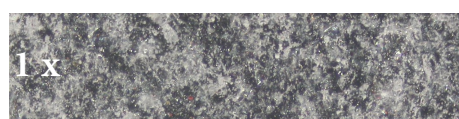
1. horká destilovaná voda
2. etanol
3. aceton
4. isooktan

Kožní klič

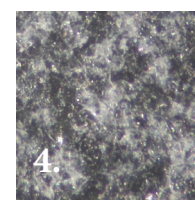
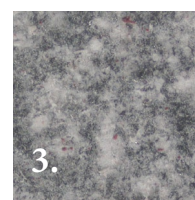
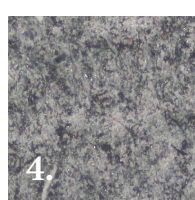
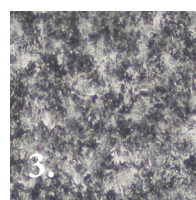
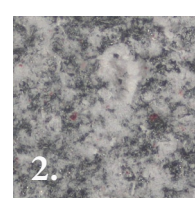
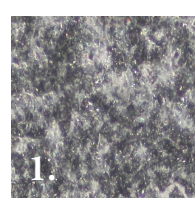
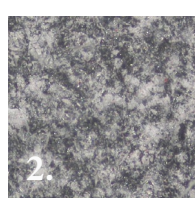
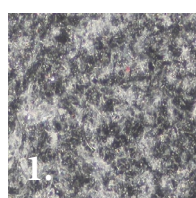


I. VIS

Před:

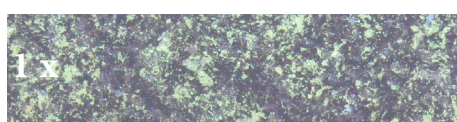


Po:

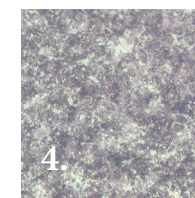
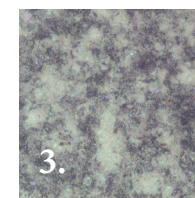
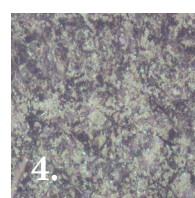
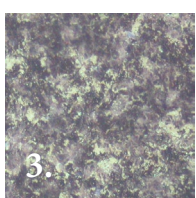
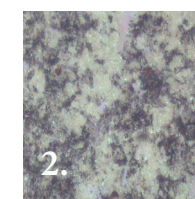
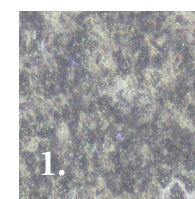
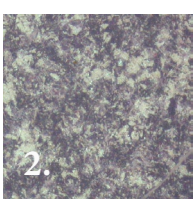
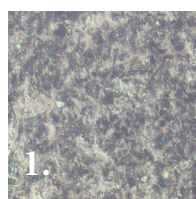


II. UV

Před:



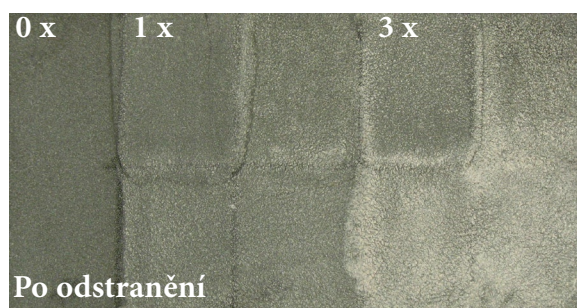
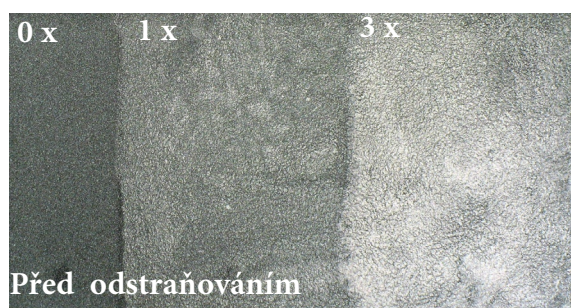
Po:



Rozpouštědla:

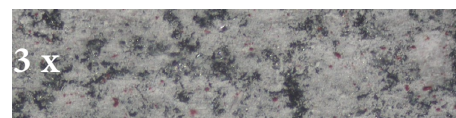
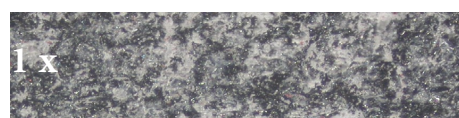
1. horká destilovaná voda
2. etanol
3. aceton
4. isooktan

Čpavkový kasein

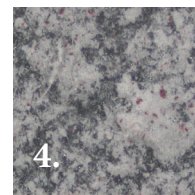
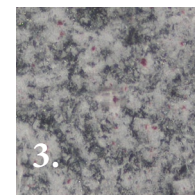
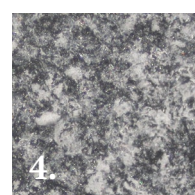
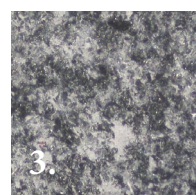
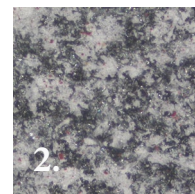
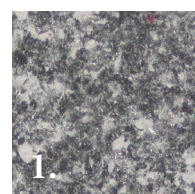
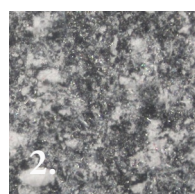
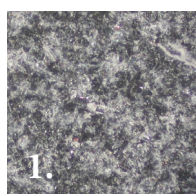


I. VIS

Před:

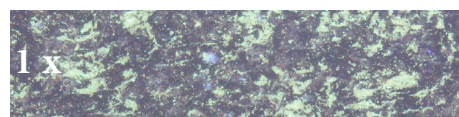


Po:

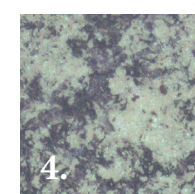
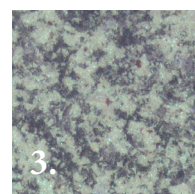
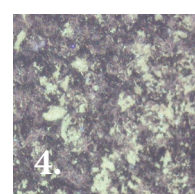
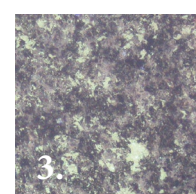
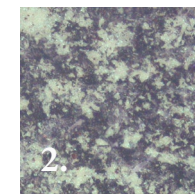
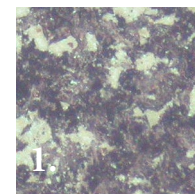
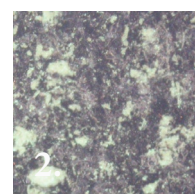
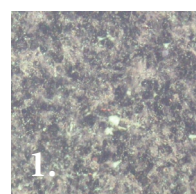


II. UV

Před:



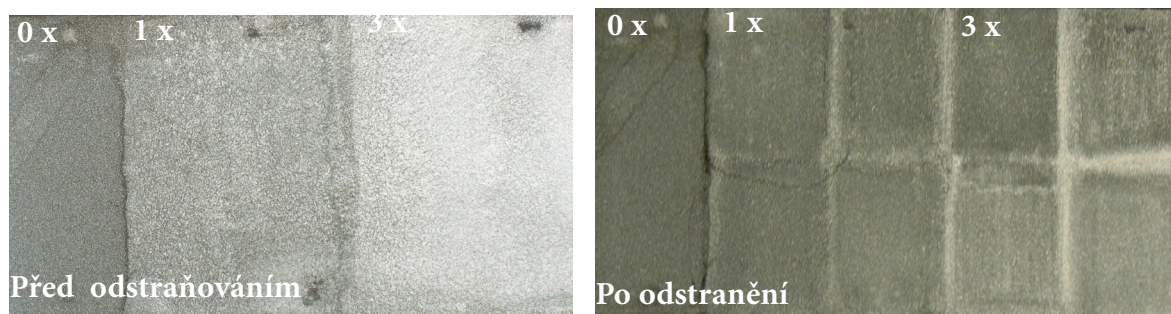
Po:



Rozpouštědla:

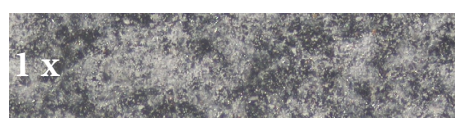
1. horká destilovaná voda
2. etanol
3. aceton
4. isooktan

Vaječná emulze

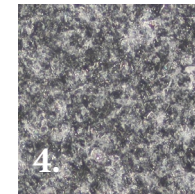
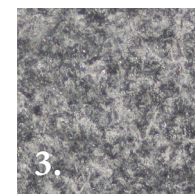
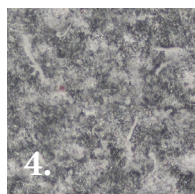
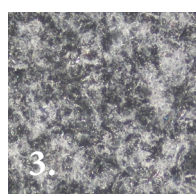
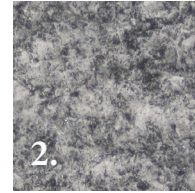
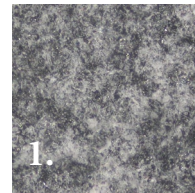
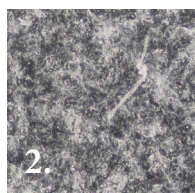
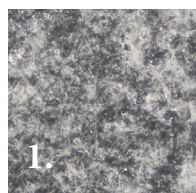


I. VIS

Před:

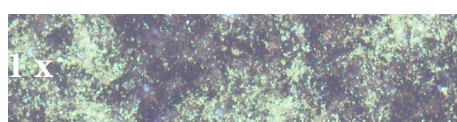


Po:

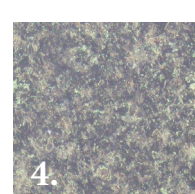
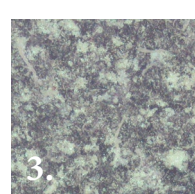
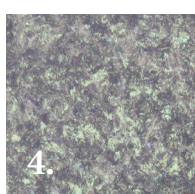
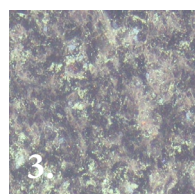
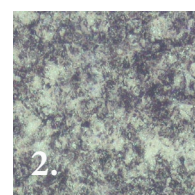
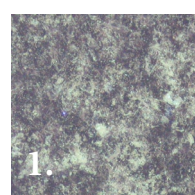
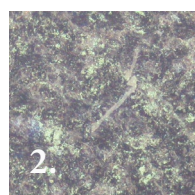
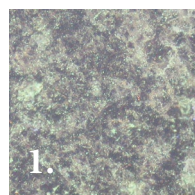


II. UV

Před:



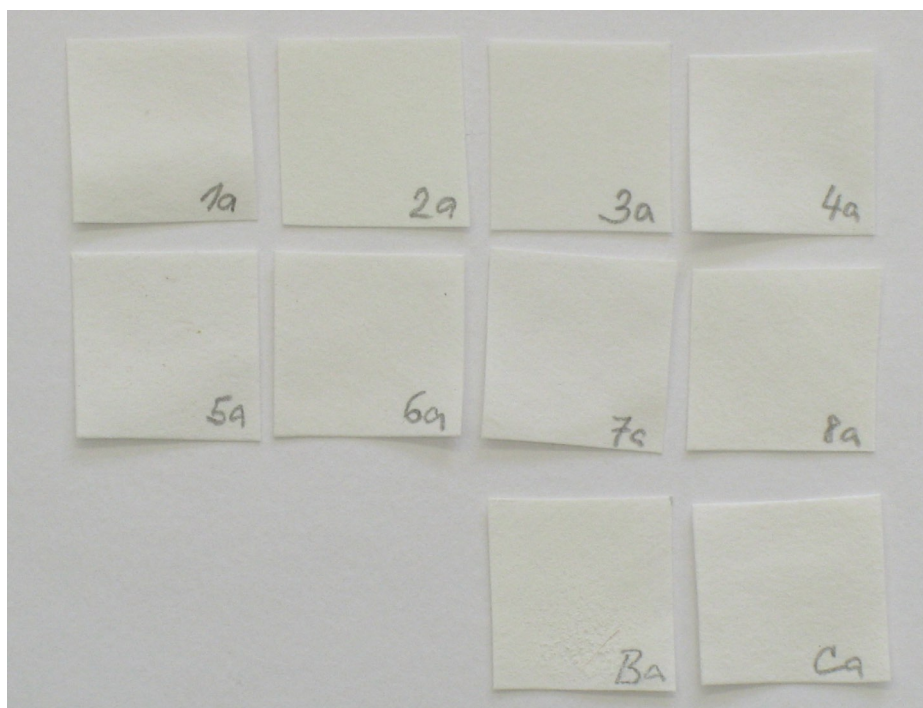
Po:



Rozpouštědla:

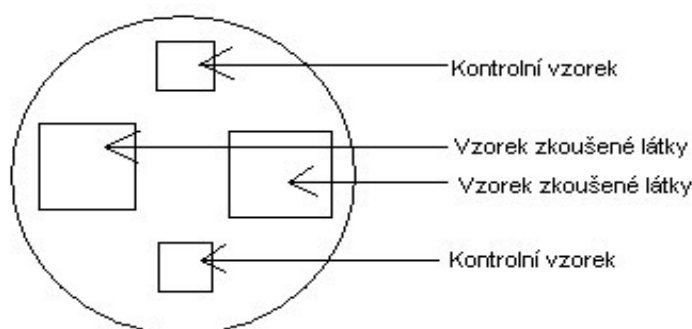
1. horká destilovaná voda
2. etanol
3. aceton
4. isooktan

VII. Zkoušky na bioodolnost

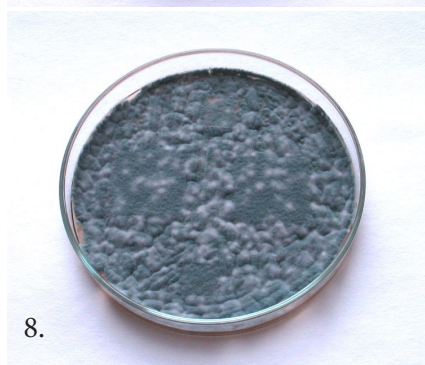
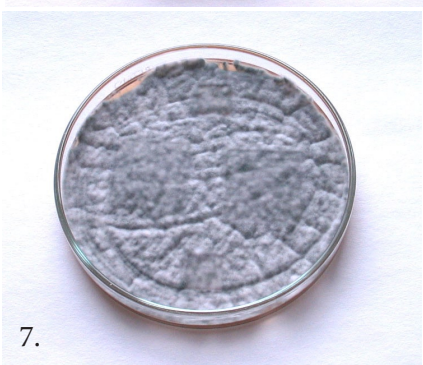
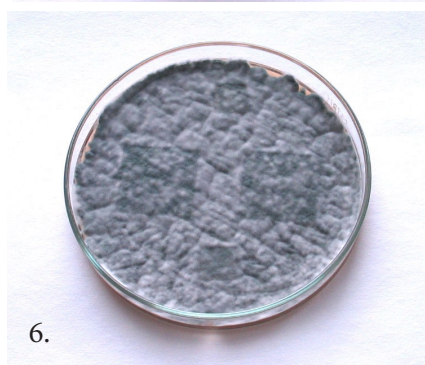
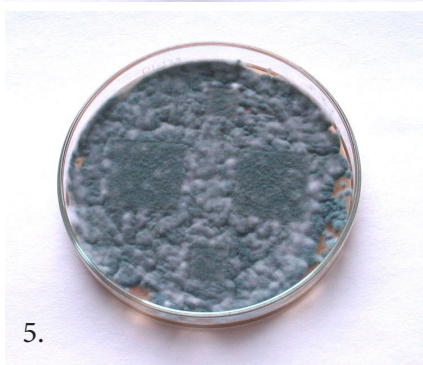
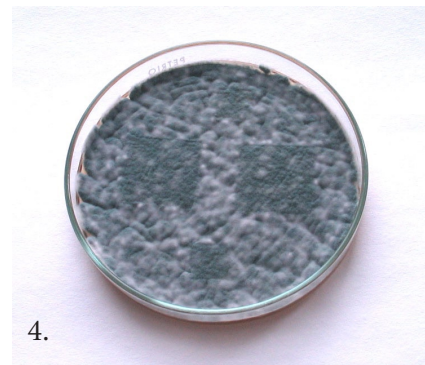
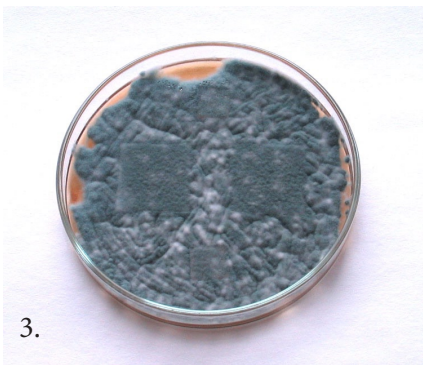
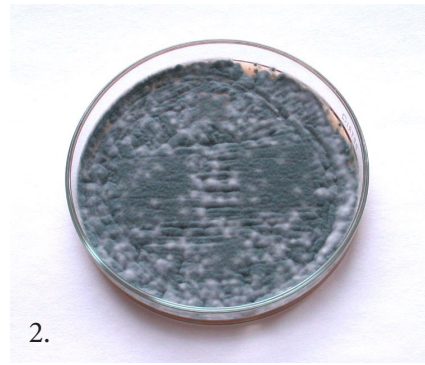
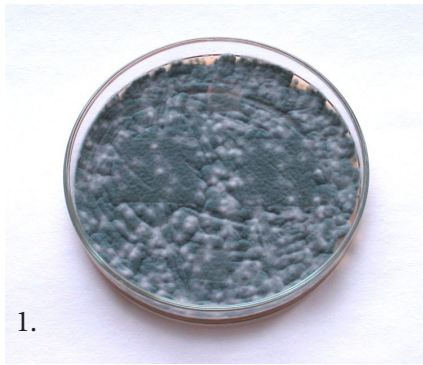


Vzorky fixáčních prostředků na filtračních papírcích připravené na zkoušky bioodolnosti. Na každý papírek (2x2 cm) byly naneseny tři nátěry daného fixáčního prostředku. Od každého fixativu byly vytvořeny tři vzorky.

I. Antifungální vlastnosti

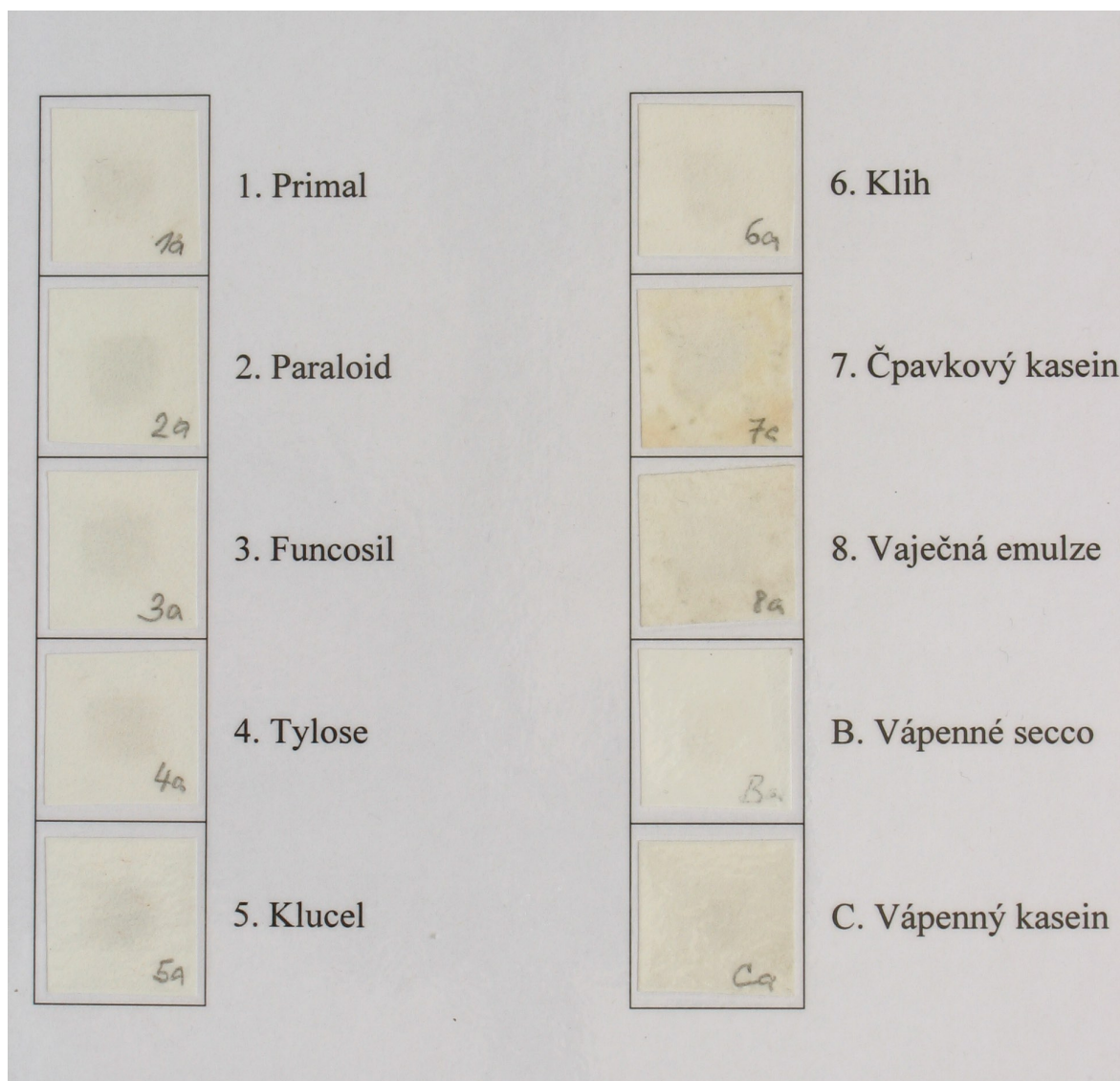


Test na antifungální vlastnosti zkoumal, zda mají jednotlivé fixativy schopnost bránit růstu plísní, zda obsahují nějaké fungicidní či fungistatické látky, díky kterým by dokázali odolat masivnímu výskytu plísní. Schéma představuje jak byly aplikovány filtrační papírky na Petriho misky do kterých na živnou půdu inokulována kultura plíně. Na každou misku byly aplikovány dva vzorky filtračního papírku s příslušným fixativem a dva kontrolní vzorky neošetřeného filtračního papíru. Následují fotografie Petriho misek s jednotlivými vzorky fixativů. Žádný s fixáčních prostředků neprokázal antifungální vlastnosti



- 1.) Primal SF016
- 2.) Paraloid B72
- 3.) Funcosil Steinfestiger 100
- 4.) Tylose MH 300
- 5.) KLucel G
- 6.) Kožní kliš
- 7.) Čpavkový kasein
- 8.) Vaječná emulze

II. Podpora nárůstu plísní



Test měl prokázat které látky jsou snadněji napadnutelné, respektive které mohou sloužit plísním jako živná půda, v prostředí kde se nevyskytují jiné látky kterými by se mohli plísně živit.

Pro test byly připraveny jak vzorky osmi fixáčních prostředků, tak i vzorky z technik nástěnné malby (B - vápenné secco, C - vápenný kasein; vaječná emulze je zahrnuta mezi fixáčními prostředky). Na filtrační papírky s jednotlivými fixáčními prostředky byly inokulovány plísně. Vzorky byly kultivovány 14 dní, zavěšené v uzavřeném prostoru při teplotě 24 °C a RH 100%.

Z fixáčních materiálů nejlépe odolal Primal, Paraloid a Funcosil, u éterů celulózy (4., 5.) bylo napadení zanedbatelné. Přírodní bílkovinné materiály byly napadeny nejvíce (6., 7., 8.; C.).

ÚDAJE PRO KNIHOVNICKOU DATABÁZI

Název práce	Srovnání tradičních a moderních konsolidačních prostředků pro zpevňování barevné vrstvy nástěnné malby
Autor práce	Magdalena Třesohlavá
Obor	Restaurování a konzervace nástěnné malby a sgrafita
Rok obhajoby	2006
Vedoucí práce	Ing. Karol Bayer
Anotace	Práce je zaměřená na srovnání konsolidačních prostředků barevné vrstvy nástěnné malby. V první části jsou popsány techniky nástěnných maleb a mechanismy jejich degradace, dále jsou zde popsány tradiční a moderní konsolidační prostředky. V druhé části jsou vybrané přírodní a syntetické prostředky testovány na tělískách imitujících různé techniky nástěnné malby a na inertních substrátech.
Klíčová slova	Konzervace, Restaurování, Nástěnná malba, Barevná vrstva, Fixážní prostředky, Konsolidace, Přírodní látky, Akryláty, Étery celulózy, Organokřemičitany, Biologická stabilita, Umělé stárnutí, Reverzibilita, Barevná změna.