

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2022

Bc. Lenka Gondová

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek  
Oddělení nátěrových hmot a organických povlaků

**Vliv struktury a chemického složení latexů s inkorporovanými  
nanočásticemi La na antimikrobiální, chemickou a korozní odolnost  
ochranných povlaků**

Diplomová práce

**AUTOR PRÁCE:**

Bc. Lenka Gondová

**VEDOUCÍ PRÁCE:**

prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.

**KONZULTANT PRÁCE:**

Ing. Jana Machotová Ph.D.

2022

Univerzita Pardubice  
Faculty of Chemical Technology  
Institute of Chemistry and Technology of Macromolecular Materials  
Department of Paints and Organic Coatings

**Influence of chemical structure and composition of latexes with  
incorporated La nanoparticles on antimicrobial, chemical and corrosion  
resistence of protective coatings**

Thesis

**AUTHOR:**

Bc. Lenka Gondová

**SUPERVISOR:**

prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.

**CONSULTANT:**

Ing. Jana Machotová Ph.D.

2022

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	<b>Bc. Lenka Gondová</b>
Osobní číslo:	<b>C20537</b>
Studijní program:	<b>N2808 Chemie a technologie materiálů</b>
Studijní obor:	<b>Organické povlaky a nátěrové hmoty</b>
Téma práce:	<b>Vliv struktury a chemického složení latexů s inkorporovanými nanočásticemi La na antimikrobiální, chemickou a korozní odolnost ochranných povlaků</b>
Zadávací katedra:	<b>Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek</b>

## Zásady pro vypracování

1. Proveďte literární rešerši na dané téma.
2. Připravte latexy daného složení, věnujte pozornost koncentraci La nanočástic a typu dalšího síťování. Připravené latexy charakterizujte.
3. Stanovte vybranými postupy antimikrobiální, chemickou, mechanickou a korozní odolnost, dále i sklon k bleskové korozi. Výsledky porovnejte s modelovými nátěry obsahujícími částice oxidu titaničitého.
4. Připravte s vybranými latexovými systémy modelové nátěrové hmoty s obsahem antikorozičního pigmentu a vybraných plniv při OKP/KOKP=konst.
5. Syntetizované latexy aplikujte na skleněné panely a stanovte fyzikální vlastnosti povrchu nátěrů, zejména povrchovou tvrdost nátěrů v závislosti na době zasychání (metodou útlumu kyvadla dle Perzose).
6. Syntetizované latexy aplikujte na ocelové panely a proveďte testy fyzikální odolnosti nátěrů, zhodnoťte odolnost vůči ohybu, úderu, hloubení a stupeň přilnavosti dle příslušných norem CSN EN ISO.
7. Pro získání výsledků vlivu pigmentů na korozní odolnost nátěrů proveďte testy ke zjištění antikoroziční účinnosti nátěrů. Jako zkušební korozní prostředí použijte atmosféru s obsahem SO<sub>2</sub>, atmosféru s obsahem 5% NaCl neutrální povahy, popř. další typy korozního nebo chemického prostředí.
8. Syntetizované latexy aplikujte na ocelové panely a připravené povlaky podrobte elektrochemickému testu lineární polarizace. Získané výsledky porovnejte s výsledky cyklických korozních zkoušek.
9. Charakterizujte korozní odolnost testovaných filmů v závislosti na pH korozního prostředí.
10. Výsledky rovněž diskutujte podle typu korozního prostředí a podle vlivu na mechanické vlastnosti nátěrů. Závěrem doporučte, do jakého typu prostředí a pro jaké aplikace lze nátěry doporučit.
11. Stručně popište nové poznatky, závěry, přínosy práce pro vědu a praxi.

Rozsah pracovní zprávy:  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.**  
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek  
Konzultant diplomové práce: **Ing. Jana Machotová, Ph.D.**  
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek  
Datum zadání diplomové práce: **17. prosince 2021**  
Termín odevzdání diplomové práce: **6. května 2022**

**prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.** v.r.  
děkan

L.S.

**doc. Ing. David Veselý, Ph.D.** v.r.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 22. února 2022

Prohlašuji:

Práci ..... s ..... názvem ..... jsem  
..... vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci  
využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze  
zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským  
a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, 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.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o  
změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších  
předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání,  
zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude  
práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích 2022

Bc. Lenka Gondová

Diplomová práce vznikla za podpory projektu Modernizace praktické výuky a zkvalitnění praktických dovedností v technicky zaměřených studijních programech, reg. Číslo CZ.02.2.67/0.0/0.0/16\_016/0002458 operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání. Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií.



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych ráda poděkovala prof. Ing. Andrée Kalendové, Dr. za odborné vedení, ochotu, konzultaci a cenné rady při tvorbě této práce. Dále bych ráda poděkovala Ing. Janě Machotové Ph.D. za pomoc, konzultaci, cenné rady a trpělivost při vykonávání experimentální části práce. V neposlední řadě patří velké díky mé rodině a přátelům za podporu v průběhu studia.

## **ANOTACE:**

Práce se zabývá začleněním nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$  a zavedením mechanismu samo-síťování do vodou ředitelných pojiv na bázi akrylátového latexu. Latexy byly připraveny semi-kontinuální emulzní polymerací. K získání trojrozměrné makromolekulární sítě akrylátového latexového polymeru byly použity tyto samo-síťující mechanismy: keto-hydrazidová reakce, reakce acetoacetátové skupiny s diaminem, samo-kondenzace N-methylolakrylamidu a samokondenzace N-(2-hydroxy-propyl)methakrylátu. U pojiv na bázi akrylátového latexu byla sledována chemická, fyzikálně-mechanická odolnost, odolnost v korozním prostředí C3 a antimikrobiální účinnost. Pro dosažení antimikrobiální účinnosti byly během syntézy akrylátového pojiva začleněny nanočástice lanthanu o ověřené funkční koncentraci 1,5 % hmotn. Ze syntetizovaných akrylátových pojiv byly formulovány nátěrové hmoty s 10 % objem. pigmentu  $\text{TiO}_2$ . Na základě výsledných hodnot charakterizace pojiv a nátěrových hmot byly formulovány nátěrové hmoty z nejlépe hodnocených pojiv s antikorozními pigmenty rozdílného složení při OKP 10 % s obsahem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  při  $Q = 35$  %. Účinnost připravených pojiv byla porovnána s latexem bez obsahu nanočástic a dle začleněných typu pigmentů a plniva a bez mechanismu samo-síťování.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Nátěrová hmota, vodou ředitelné nátěrové hmoty, antimikrobiální aditiva, nanočástice  $\text{La}_2\text{O}_3$ , samo-síťování, inter-částicové zesíťování, latexy, emulzní polymerace



## **ANNOTATION**

The thesis discusses the incorporation of  $\text{La}_2\text{O}_3$  nanoparticles and the self-crosslinking mechanism into a water-soluble acrylate latexes. Latexes were prepared by semi-continuous emulsion polymerization. To obtain the three-dimensional chemical structure of acrylate latex were used keto-dihydrazide crosslinking mechanism, reaction of the acetoacetate group with diamine, self-condensation of N-methylolacrylamide or N-(2-hydroxypropyl) methacrylate. Chemical, physical-mechanical resistance, also resistance in the corrosive environment C3 and antimicrobial efficiency was monitored.  $\text{La}_2\text{O}_3$  nanoparticles with a verified functional concentration of 1,5 % by weight were incorporated during the synthesis of an acrylate latex to achieve antimicrobial efficiency. Coatings were formulated with pigment  $\text{TiO}_2$  with concentration 10 % volume. Based on the results of characterization of latexes and formulated coatings, were coatings with anticorrosion pigments at OKP 10 % with  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  at Q = 35 % formulated. The effectiveness of the prepared latexes was compared with latexes without nanoparticles and without crosslinking mechanism.

## **KEYWORDS**

Paint-coatings, water-borne coatings, antimicrobial additives,  $\text{La}_2\text{O}_3$  nanoparticles, self-crosslinking mechanism, interparticle crosslinking, latexes, emulsion polymerization

# SEZNAMY

## Seznam zkratek

AAEM – 2-(acetoacetoxy)ethylmethakrylát

ADH – dihydrazid kyseliny adipové

BA – butylakrylát

BMA – butylmethakrylát

CFU – kolonotvorná jednotka (Colony Forming Unit)

CMC – kritická micelární koncentrace (Critical micelle concentration)

DAAM – diacetonakrylamid

DLS – dynamický rozptyl světla (Dynamic Light Scattering)

DNA – deoxyribonukleová kyselina

EA – ethylakrylát

EHA – 2-ethylhexylakrylát

EPA – agentura pro ochranu životního prostředí (U. S. Environmental Protection Agency)

EP – emulzní polymerace

HPMA – 2-hydroxypropylmethakrylát

In – iniciátor

KMA – kyselina methakrylová

MEK – methylethylketon

MFFT – minimální filmotvorná teplota (Minimal Film Forming Temperature)

MMA – methylmethakrylát

MO – mikroorganismy

NH – nátěrová hmota

$n\text{La}_2\text{O}_3$  – nanočástice oxidu lanthanitého

NMA – N-methylolakrylamid

PAL – povrchově aktivní látka

PU – polyurethanové vodou ředitelné disperze

PVAc – polyvinylacetát

RNA – ribonukleová kyselina

VŘNH – vodou ředitelná nátěrová hmota

VOC – těkavá organická rozpouštědla (Volatile Organic Compounds)

$T_f$  – teplota tečení

$T_g$  – teplota skelného přechodu

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Chemický vzorec alkydové pryskyřice.....	29
Obrázek 2 Chemická struktura kyseliny akrylové (a) a kyseliny methakrylové (b).....	32
Obrázek 3 Chemická struktura MMA (a), BMA (b), EHA (c), EA (d) BA (e).....	33
Obrázek 4 Mechanismus zesítnění, případ a: intra-částicové zesítnění, případ b: inter-částicové zesítnění.....	39
Obrázek 5 Chemická struktura dihydrazidu kyseliny adipové.....	40
Obrázek 6 Chemická struktura N-methylolakrylamidu.....	42
Obrázek 7 Chemická struktura (2-acetoacetoxy)ethylmethakrylátu.....	43
Obrázek 8 Chemická struktura 2-hydroxypropylmethakrylátu.....	45
Obrázek 9 Mechanismus tvorby nátěrového filmu z latexu.....	46
Obrázek 10 Morfologie nanočástic La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ze skenovacího elektronového mikroskopu.....	49
Obrázek 11 Aparatura k emulzní polymeraci.....	59
Obrázek 12 pH metr Mettler Toledo FE20.....	71
Obrázek 13 Rotační viskozimetr Brookfield LVDV-E Viscometer.....	72
Obrázek 14 Přístroj MFFT 60 ke stanovení minimální filmotvorné teploty.....	72
Obrázek 15 Přístroj Litesizer 500 používaný ke stanovení velikosti částic a Zeta potenciálu.....	73
Obrázek 16 Tříbodový tloušťkoměr (vlevo); elektromagnetický tloušťkoměr MINITEST 1100 (vpravo).....	80
Obrázek 17 Přístroj k měření lesku, Leskoměr Micro Tri – Gloss.....	81
Obrázek 18 Vlevo přístroj Elcometer k testování odolnosti nátěru vůči ohybu; vpravo Erichsenův přístroj k testování odolnosti nátěru vůči hloubení.....	83
Obrázek 19 Spektrometr UltraScan PRO – HunterLab.....	87
Obrázek 20 Jodometrická stupnice.....	88
Obrázek 21 Kritéria k hodnocení stupně tvorby puchýřů dle ASTM D 714-87.....	92
Obrázek 22 Kritéria k hodnocení korozních projevů dle ASTM 610-85.....	93
Obrázek 23 Vizualizace obtiskové metody.....	96
Obrázek 24 Hodnocení absorpce vody volného filmu u nepigmentovaných nátěrových filmů.....	161
Obrázek 25 Hodnocení lesku nepigmentovaných nátěrových filmů.....	162
Obrázek 26 Hodnocení tvrdosti nepigmentovaných nátěrových filmů.....	163
Obrázek 27 Hodnocení mechanické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů.....	164
Obrázek 28 Hodnocení odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů vůči MEK.....	166
Obrázek 29 Projevy zblednutí nepigmentovaného nátěrového filmu po 48 hodinách.....	167
Obrázek 30 Projevy vzniku puchýřů u nátěrových filmů v závislosti na pH korozního prostředí.....	168
Obrázek 31 Projevy koroze podkladu u nátěrových filmů v závislosti na pH 2 korozního prostředí.....	168
Obrázek 32 Projevy bleskové koroze nepigmentovaného nátěrového filmu bez inhibitoru bleskové koroze po zrychleném laboratorním cyklu.....	170
Obrázek 33 Projevy bleskové koroze nepigmentovaného nátěrového filmu s inhibitorem bleskové koroze po zrychleném laboratorním cyklu.....	170
Obrázek 34 Korozní odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vlhkým atmosférám v čase.....	171
Obrázek 35 Korozní odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči solnému elektrolytu v čase.....	173

Obrázek 36 Korozní odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči povětrnostní zkoušce UV záření v čase .....	174
Obrázek 37 Korozní odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči cyklické zkoušce v čase .....	175
Obrázek 38 Ukázka hodnocení antibakteriální účinnosti obtiskovou metodou.....	176
Obrázek 39 Ukázka hodnocení antifungální účinnosti; vlevo 100% účinnost, vpravo 0% účinnost.....	176
Obrázek 40 Výsledné hodnoty MFFT pojiv po zvýšené teplotě v porovnání s výslednými hodnotami MFFT pojiv po syntéze.....	177
Obrázek 41 Hodnocení lesku pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO <sub>2</sub> .....	181
Obrázek 42 Srovnání hodnot lesku pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO <sub>2</sub> a nepigmentovaných nátěrových filmů 35 den .....	181
Obrázek 43 Hodnocení tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO <sub>2</sub> .....	182
Obrázek 44 Srovnání hodnot tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO <sub>2</sub> a nepigmentovaných nátěrových filmů 35 den .....	182
Obrázek 45 Hodnocení celkové mechanické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO <sub>2</sub> .....	183
Obrázek 46 Hodnocení chemické odolnosti vůči MEK pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO <sub>2</sub> v čase .....	185
Obrázek 47 Srovnání hodnot chemické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO <sub>2</sub> s 10 % objem. pigmentem TiO <sub>2</sub> a nepigmentovaných nátěrových filmů vůči MEK 35 den .....	185
Obrázek 48 Srovnání hodnot měrné elektrické vodivosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO <sub>2</sub> .....	187
Obrázek 49 Srovnání hodnot měrné elektrické vodivosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO <sub>2</sub> a nepigmentovaných nátěrových filmů 28 den.....	187
Obrázek 50 Projevy koroze podkladu u nátěrových filmů s pigmentem TiO <sub>2</sub> v závislosti na pH 4 korozního prostředí.....	189
Obrázek 51 Porovnání korozní odolnosti nátěrového filmu s pigmentem TiO <sub>2</sub> s nátěrovým filmem surového pojiva bez pigmentu v závislosti na pH korozního prostředí .....	189
Obrázek 52 Projevy bleskové koroze pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. TiO <sub>2</sub> bez inhibitoru bleskové koroze v porovnání s nátěrovým filmem s 10 % objem. TiO <sub>2</sub> s inhibitorem bleskové koroze po zrychleném laboratorním cyklu .....	191
Obrázek 53 Korozní odolnost pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. TiO <sub>2</sub> vůči vlhké atmosféře v čase .....	193
Obrázek 54 Korozní odolnost pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. TiO <sub>2</sub> vůči solného elektrolytu v čase .....	194
Obrázek 55 Korozní odolnost pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. TiO <sub>2</sub> vůči cyklické povětrnostní zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci s korozní zkouškou solným elektrolytem.....	196
Obrázek 56 Hodnocení lesku pigmentovaných nátěrových filmů s antikorozními pigmenty dnech (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 %) .....	199

Obrázek 57 Hodnocení tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů s antikoroziními pigmenty po 35 dnech (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 %)	200
Obrázek 58 Hodnocení tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů s antikoroziními pigmenty po 35 dnech (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 %)	201
Obrázek 59 Hodnocení chemické odolnosti vůči MEK pigmentovaných nátěrových filmů s antikoroziními pigmenty po 35 dnech (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 %)	203
Obrázek 60 Hodnocení měrné elektrické vodivosti pigmentů a plniv v čase	204
Obrázek 61 Projevy koroze podkladu u nátěrových filmů s antikoroziními pigmenty po 720 hodinách v závislosti na pH koroziního prostředí 4 (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 %)	206
Obrázek 62 Projevy koroze podkladu u nátěrových filmů s antikoroziními pigmenty po 720 hodinách (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 %)	206
Obrázek 63 Koroziční odolnost nátěrových filmů s antikoroziními pigmenty po 720 hodinách v závislosti na pH koroziního prostředí (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 %)	207
Obrázek 64 Koroziční odolnost pigmentovaného nátěrového filmu vůči vlhké atmosféře s antikoroziními pigmenty v čase (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 %)	209
Obrázek 65 Koroziční odolnost pigmentovaného nátěrového filmu vůči vlhké atmosféře s obsahem SO <sub>2</sub> s antikoroziními pigmenty v čase (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 %)	210
Obrázek 66 Koroziční odolnost pigmentovaného nátěrového filmu s antikoroziními pigmenty v čase (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 %) vůči atmosféře solného elektrolytu	212
Obrázek 67 Koroziční odolnost pigmentovaného nátěrového filmu s antikoroziními pigmenty a vrchním nátěrovým filmem, (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 %) vůči atmosféře solného elektrolytu	212
Obrázek 68 Koroziční odolnost pigmentovaného nátěrového filmu s antikoroziními, (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 %) vůči cyklické zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci se solným elektrolytem v čase	214

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Seznam použitých monomerních látek .....	53
Tabulka 2 Základní vlastnosti monomerních látek .....	54
Tabulka 3 Seznam použitých nízkomolekulárních síťujících činidel .....	54
Tabulka 4 Základní vlastnosti nízkomolekulárních síťujících činidel .....	55
Tabulka 5 Nanočástice $\text{La}_2\text{O}_3$ začleněné do akrylátového latexu během syntézy .....	55
Tabulka 6 Základní vlastnosti emulgátoru Disponil FES 993 IS .....	55
Tabulka 7 Základní vlastnosti peroxidisíranu amonného.....	55
Tabulka 8 Základní vlastnosti uhličitanu sodného .....	56
Tabulka 9 Základní vlastnosti použitých pigmentů a plniv .....	56
Tabulka 10 Vlastnosti odpěňovače Dehydran® 1239.....	57
Tabulka 11 Vlastnosti inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA 179 .....	57
Tabulka 12 Složení polymeračního systému kopolymerace DAAM a NMA.....	61
Tabulka 13 Použité monomery a jejich poměr pro latex bez samo-síťování .....	61
Tabulka 14 Použité monomery a jejich poměr pro latex s keto-hydrazidovým samo-síťováním .....	61
Tabulka 15 Použité monomery a jejich poměr pro latex se samo-síťováním na bázi kopolymerovaného NMA .	62
Tabulka 16 Složení polymeračního systému na bázi kopolymerovaného AAEM a HPMA .....	62
Tabulka 17 Použité monomery a jejich poměr pro latex se samo-síťováním na bázi kopolymerovaného AAEM	62
Tabulka 18 Použité monomery a jejich poměr pro latex se samo-síťováním na bázi kopolymerovaného HPMA	63
Tabulka 19 Použité monomery a jejich poměr pro latex bez kovalentního síťování obsahující $\text{nLa}_2\text{O}_3$ .....	64
Tabulka 20 Použité monomery a jejich poměr pro latex s kovalentním síťováním DAAM obsahující $\text{nLa}_2\text{O}_3$ ...	65
Tabulka 21 Použité monomery a jejich poměr pro latex s kovalentním síťováním AAEM obsahující $\text{nLa}_2\text{O}_3$ ....	65
Tabulka 22 Použité monomery a jejich poměr pro latex s kovalentním síťováním HPMA obsahující $\text{nLa}_2\text{O}_3$ ....	65
Tabulka 23 Použité monomery a jejich poměr pro latex s kovalentním síťováním NMA obsahující $\text{nLa}_2\text{O}_3$ .....	65
Tabulka 24 Formulace antikoročních nátěrových hmot s obsahem pigmentů o OKP 10 % a s obsahem $\text{Fe}_2\text{O}_3$ při Q = 35 %.....	67
Tabulka 25 Charakterizace ocelových panelů.....	68
Tabulka 26 Kritéria hodnocení vzhledu nátěrového filmu.....	80
Tabulka 27 Kritéria hodnocení vzhledu nátěrového filmu.....	83
Tabulka 28 Kritéria k ohodnocení celkové mechanické odolnosti nátěrového filmu.....	84
Tabulka 29 Vyhodnocení lomu .....	85
Tabulka 30 Kritéria k ohodnocení poškození nátěrového filmu methylethylketonem .....	86
Tabulka 31 Změny vzhledu nátěrového filmu .....	88
Tabulka 32 Kritéria hodnocení antikoroční odolnosti.....	93
Tabulka 33 Stupně korozní agresivity.....	94
Tabulka 34 Stanovení životnosti nátěrového filmu v daném korozním prostředí .....	95
Tabulka 35 Hodnocení růstu bakterií obtiskovou metodou .....	96
Tabulka 36 Základní vlastnosti hodnocených vodou ředitelných pojiv.....	97
Tabulka 37 Výsledné hodnoty velikosti částic a Zeta potenciálu .....	98
Tabulka 38 Výsledné hodnoty síťové hustoty a látek extrahovatelných organickými rozpouštědly.....	99

Tabulka 39 Výsledné hodnoty množství nanočástic pomocí obsahu popela a ICP-OES .....	99
Tabulka 40 Výsledné hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti výluhu nepigmentovaného volného filmu .....	100
Tabulka 41 Výsledné hodnoty korozních úbytků ve vodném výluhu nepigmentovaného volného filmu.....	100
Tabulka 42 Výsledné hodnoty absorbované vody volným filmem.....	101
Tabulka 43 Výsledné hodnoty mrazuvzdornosti a mechanické stability .....	102
Tabulka 44 Výsledné hodnoty vzhledu nepigmentovaných nátěrových filmů .....	103
Tabulka 45 Výsledné hodnoty tloušťky nepigmentovaných nátěrových filmů .....	103
Tabulka 46 Výsledné hodnoty lesku nepigmentovaných nátěrových filmů .....	104
Tabulka 47 Výsledné hodnoty tvrdosti nepigmentovaných nátěrových filmů.....	105
Tabulka 48 Výsledné hodnoty odolnosti proti vtisku nepigmentovaných nátěrových filmů.....	105
Tabulka 49 Výsledné mechanické vlastnosti nepigmentovaných nátěrových filmů .....	106
Tabulka 50 Výsledné hodnoty odolnosti vůči odtrhu nepigmentovaného nátěrového filmu.....	107
Tabulka 51 Výsledné hodnoty odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči MEK .....	107
Tabulka 52 Výsledné hodnoty odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči zblednutí .....	108
Tabulka 53 Výsledné hodnoty nepigmentovaného nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí....	109
Tabulka 54 Výsledné hodnoty odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči bleskové korozi s 0,4 % hmotn. inhibitorem bleskové koroze Nalzin® FA 179 .....	110
Tabulka 55 Výsledné hodnoty odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči bleskové korozi s 0,4 % hmotn. inhibitorem bleskové koroze Nalzin® FA 179 .....	110
Tabulka 56 Výsledné hodnoty odolnosti vůči vlhkým atmosférám.....	111
Tabulka 57 Výsledné hodnoty odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu v atmosféře solného elektrolytu .....	112
Tabulka 58 Výsledné hodnoty odolnosti povětrnostní zkouškou UV zářením nepigmentovaného nátěrového filmu .....	112
Tabulka 59 Výsledné hodnoty odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu v cyklické korozní zkoušce s expozicí v UV v kombinaci se solným elektrolytem.....	113
Tabulka 60 Výsledné hodnoty antibakteriální odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu.....	114
Tabulka 61 Výsledné hodnoty antifungální odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu.....	115
Tabulka 62 Výsledné hodnoty MFFT pojiv po zvýšené teplotě v porovnání s pojivy měřenými po syntéze .....	116
Tabulka 63 Výsledné hodnoty velikosti částic a Zeta potenciálu latexů po 1 měsíci při 50 °C .....	116
Tabulka 64 Výsledný rozdíl hodnot změny stability latexů po 1 měsíci při 50 °C.....	117
Tabulka 65 Výsledné hodnoty vzhledu nátěrového filmu po zvýšené teplotě.....	118
Tabulka 66 Výsledné hodnoty vzhledu nátěrového filmu po provedení testu mrazuvzdornosti při -5 °C .....	118
Tabulka 67 Výsledné hodnoty vzhledu nátěrového filmu po mrazuvzdornosti při -10 °C.....	119
Tabulka 68 Výsledné hodnoty vzhledu nátěrového filmu po mrazuvzdornosti při -18 °C.....	120
Tabulka 69 Výsledné hodnoty lesku nátěrového filmu po zvýšené teplotě .....	120
Tabulka 70 Výsledné hodnoty lesku nátěrového filmu po snížené teplotě -5 °C.....	121
Tabulka 71 Výsledné hodnoty lesku nátěrového filmu po snížené teplotě -10 °C.....	122
Tabulka 72 Výsledné hodnoty lesku nátěrového filmu po snížené teplotě -18 °C.....	123
Tabulka 73 Výsledné hodnoty tvrdosti nátěrového filmu po zvýšené teplotě .....	124

Tabulka 74 Výsledné hodnoty tvrdosti nátěrového filmu po snížené teplotě $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .....	124
Tabulka 75 Výsledné hodnoty tvrdosti nátěrového filmu po snížené teplotě $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .....	125
Tabulka 76 Výsledné hodnoty tvrdosti nátěrového filmu po snížené teplotě $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .....	125
Tabulka 77 Výsledné hodnoty odolnosti nátěrového filmu po zvýšené teplotě vůči MEK.....	126
Tabulka 78 Výsledné hodnoty vzhledu nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu $\text{TiO}_2$ .....	127
Tabulka 79 Výsledné hodnoty tloušťky nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu $\text{TiO}_2$ .....	128
Tabulka 80 Výsledné hodnoty lesku nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu $\text{TiO}_2$ .....	128
Tabulka 81 Výsledné hodnoty tvrdosti nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu $\text{TiO}_2$ .....	129
Tabulka 82 Výsledné hodnoty mechanické odolnosti nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu $\text{TiO}_2$ .....	130
Tabulka 83 Výsledné hodnoty odolnosti vůči odtrhu nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu $\text{TiO}_2$ .....	131
Tabulka 84 Výsledné hodnoty odolnosti nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentem $\text{TiO}_2$ vůči methylethylketonu.....	131
Tabulka 85 Výsledné hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti vodného výluhu volného filmu s 10 % objem. pigmentem $\text{TiO}_2$ .....	132
Tabulka 86 Výsledné hodnoty korozních úbytků ve vodném výluhu volného filmu s 10 % objem. pigmentem $\text{TiO}_2$ .....	133
Tabulka 87 Výsledné hodnoty nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentem $\text{TiO}_2$ , v závislosti na pH korozního prostředí.....	134
Tabulka 88 Odolnost nátěrového filmu vůči bleskové korozi s 10 % objem. pigmentem $\text{TiO}_2$ .....	134
Tabulka 89 Odolnost nátěrového filmu vůči bleskové korozi s 10 % objem. pigmentem $\text{TiO}_2$ a 0,4 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA 179.....	135
Tabulka 90 Výsledné hodnoty odolnosti vůči vlhkým atmosférám nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu $\text{TiO}_2$ .....	136
Tabulka 91 Výsledné hodnoty odolnosti v atmosféře neutrální solné mlhy nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu $\text{TiO}_2$ .....	137
Tabulka 92 Výsledné hodnoty odolnosti v cyklické zkoušce nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu $\text{TiO}_2$ , 137	
Tabulka 93 Výsledné hodnoty antibakteriální účinnosti akrylátového latexu 10 % objem. pigmentu $\text{TiO}_2$ .....	138
Tabulka 94 Výsledné hodnoty antifungální odolnosti nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentem $\text{TiO}_2$ .....	139
Tabulka 95 Výsledné hodnoty vzhledu nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem $\text{Fe}_2\text{O}_3$ při Q = 35 %.....	140
Tabulka 96 Výsledné hodnoty vzhledu nátěrového filmu s antikorozními pigmenty a vrchním nátěrem při OKP 10 % s obsahem $\text{Fe}_2\text{O}_3$ při Q = 35 %.....	141
Tabulka 97 Výsledné hodnoty lesku nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem $\text{Fe}_2\text{O}_3$ při Q = 35 %.....	142
Tabulka 98 Výsledné hodnoty tvrdosti nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem $\text{Fe}_2\text{O}_3$ při Q = 35 %.....	144
Tabulka 99 Výsledné hodnoty odolnosti vůči vtisku nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem $\text{Fe}_2\text{O}_3$ při Q = 35 %.....	144
Tabulka 100 Výsledné hodnoty mechanické odolnosti nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem $\text{Fe}_2\text{O}_3$ při Q = 35 %.....	145



Tabulka 101 Výsledné hodnoty odolnosti vůči odtrhu nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 % .....	146
Tabulka 102 Výsledné hodnoty odolnosti nátěrového filmu s antikorozními pigmenty vůči methylethylketonu při OKP 10 % s obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 % .....	147
Tabulka 103 Výsledné hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti výluhu pigmentů a plniv .....	148
Tabulka 104 Výsledné hodnoty korozních úbytků ve vodném výluhu pigmentů a plniv .....	149
Tabulka 105 Výsledné hodnoty nátěrového filmu s antikorozními pigmenty v závislosti na pH korozního prostředí při OKP 10 % s obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 % .....	149
Tabulka 106 Výsledné hodnoty elektrochemické lineární polarizace nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 % .....	150
Tabulka 107 Výsledné hodnoty odolnosti vůči vlhkým atmosférám nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 % .....	151
Tabulka 108 Výsledné hodnoty odolnosti vůči atmosféře s obsahem SO <sub>2</sub> nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 % .....	152
Tabulka 109 Výsledné hodnoty odolnosti v atmosféře solného elektrolytu nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 % .....	153
Tabulka 110 Výsledné hodnoty odolnosti v atmosféře solného elektrolytu nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 % .....	153
Tabulka 111 Výsledné hodnoty odolnosti v atmosféře solného elektrolytu nátěrového filmu s vrchním nátěrem a antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 % .....	154
Tabulka 112 Výsledné hodnoty odolnosti nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 % povětrnostní zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci s korozní zkouškou v atmosféře solného elektrolytu .....	155
Tabulka 113 Změna nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> při Q = 35 % v cyklické zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci se solným elektrolytem .....	156

## Seznam rovnic

Příprava polyvinylacetátových vodou ředitelných disperzí .....	28
Příprava epoxidových vodou ředitelných disperzí .....	30
Příprava polyurethanových vodou ředitelných disperzí .....	31
Iniciace .....	36
Propagace .....	36
Terminace .....	37
Mechanismus keto–hydrazidového zesítní .....	40
Mechanismus zesítní za pomoci NMA .....	42
Michaelovu adiční reakci diaminu na enolovou formu acetoacetoxy skupin .....	43
Hydrolytické štěpení AAEM .....	44
Mechanismus zesítní za pomoci AAEM .....	44
Mechanismus zesítní za pomoci HPMA .....	45
Příprava nanočástic oxidu lanthanitého .....	48
Obsah koagulátu .....	70
Obsah sušiny .....	70
Síťová hustota .....	73
Obsah solů .....	74
Obsah popela .....	75
Korozní úbytky .....	76
Absorpce vody .....	76
Olejové číslo .....	77
Hodnota kritické objemové koncentrace pigmentu .....	78
Tvrдость nátěrového filmu dle Persoze .....	81
Celková fyzikálně–mechanická odolnost .....	84
Odtrhová pevnost .....	85
Zbělení nátěrového filmu .....	86
Barevnost nátěrového filmu .....	87
Elektrochemická lineární polarizace .....	88
Celková antikorozi odolnost .....	94

# OBSAH

ÚVOD .....	25
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	26
1.1. VODOU ŘEDITELNÉ NÁTĚROVÉ HMOTY .....	26
1.2. VODOU ŘEDITELNÉ AKRYLÁTOVÉ DISPERZE .....	32
1.3. PŘÍPRAVA VODOU ŘEDITELNÝCH AKRYLÁTOVÝCH DISPERZÍ .....	33
1.4. VODOU ŘEDITELNÉ SAMO-SÍŤUJÍCÍ POLYMERNÍ AKRYLÁTOVÉ DISPERZE .....	37
1.5. ANTIMIKROBIÁLNÍ ÚČINEK NANOSTRUKTURNÍCH ČÁSTIC .....	47
2 CÍLE PRÁCE.....	51
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....	53
3.2.1. <i>Přístroje použité k přípravě akrylátových latexů .....</i>	<i>57</i>
3.2.2. <i>Přístroje použité ke stanovení charakteristických vlastností akrylátových latexů .....</i>	<i>57</i>
3.2.3. <i>Přístroje použité k přípravě nátěrových filmů a charakterizaci pigmentů a plniv .....</i>	<i>58</i>
3.2.4. <i>Přístroje ke stanovení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů .....</i>	<i>58</i>
3.2.5. <i>Přístroje ke stanovení chemické a antikorozní odolnosti nátěrových filmů .....</i>	<i>58</i>
3.2.6. <i>Přístroje ke stanovení antimikrobiální účinnosti nátěrových filmů .....</i>	<i>58</i>
3.3.1. <i>Syntéza akrylátových latexů bez začleněných nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.....</i>	<i>59</i>
3.3.2. <i>Syntéza akrylátových latexů s obsahem 1,5 % nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.....</i>	<i>63</i>
3.4.1. <i>Dispergace akrylátových latexů s 10 % objem. pigmentu TiO<sub>2</sub>.....</i>	<i>66</i>
3.4.2. <i>Formulace antikorozních nátěrových hmot .....</i>	<i>66</i>
3.5.1. <i>Příprava zkušebních vzorků na skleněných panelech .....</i>	<i>67</i>
3.5.2. <i>Příprava zkušebních vzorků ve formě volných filmů .....</i>	<i>67</i>
3.5.3. <i>Příprava zkušebních vzorků na dřevěném podkladu .....</i>	<i>68</i>
3.5.4. <i>Příprava zkušebních vzorků na ocelových panelech .....</i>	<i>68</i>
3.6.1. <i>Příprava fyziologického roztoku .....</i>	<i>69</i>
3.6.2. <i>Příprava živného agaru No. 2 – MPA .....</i>	<i>69</i>
3.6.3. <i>Příprava živného MALT agaru .....</i>	<i>69</i>
3.6.4. <i>Příprava sbírkových mikrobiálních kultur .....</i>	<i>70</i>
3.7.1. <i>Charakterizace vodou ředitelných polymerních disperzí .....</i>	<i>70</i>
3.7.1.1. <i>Stanovení obsahu koagulátu (ČSN 630002) .....</i>	<i>70</i>
3.7.1.2. <i>Stanovení obsahu sušiny (ČSN EN ISO 3251, 673031) .....</i>	<i>70</i>
3.7.1.3. <i>Stanovení pH (ČSN EN ISO 787–9, 670520).....</i>	<i>71</i>
3.7.1.4. <i>Stanovení zdánlivé viskozity dle Brookfielda (ČSN EN ISO 2555, 640346).....</i>	<i>71</i>
3.7.1.5. <i>Stanovení minimální filmotvorné teploty (ISO 2115:1996).....</i>	<i>72</i>
3.7.1.6. <i>Stanovení velikosti částic a Zeta potenciálu .....</i>	<i>73</i>
3.7.1.7. <i>Stanovení síťové hustoty (ČSN 630002).....</i>	<i>73</i>
3.7.1.8. <i>Stanovení látek extrahovatelných organickými rozpouštědly (ČSN EN ISO 6427, 640240).....</i>	<i>74</i>
3.7.1.9. <i>Stanovení obsahu popela (ČSN EN ISO 3451–1, 640219) .....</i>	<i>75</i>

3.7.1.10.	Stanovení obsahu elementárního lanthanu metodou ICP-OES.....	75
3.7.1.11.	Stanovení morfologie práškových nanočástic $\text{La}_2\text{O}_3$ metodou SEM-EDX.....	75
3.7.1.12.	Stanovení pH a měrné elektrické vodivosti výluhu volného filmu .....	76
3.7.1.13.	Stanovení korozních úbytků ve vodném výluhu volného filmu.....	76
3.7.1.14.	Stanovení absorpce vody volného filmu.....	76
3.7.1.15.	Stanovení stability latexu vlivem dlouhodobého skladování .....	77
3.7.1.16.	Stanovení mrazuvzdornosti.....	77
3.7.1.17.	Stanovení mechanické stability.....	77
3.7.2.	Charakterizace pigmentu pro formulaci nátěrových hmot .....	77
3.7.2.1.	Stanovení olejového čísla (ČSN EN 12878, 671301).....	77
3.7.2.2.	Stanovení měrné hmotnosti pigmentu (ČSN EN ISO 787-10, 670520).....	78
3.7.2.3.	Stanovení kritické objemové koncentrace pigmentu (ČSN EN ISO 670531).....	78
3.7.2.4.	Stanovení pH (ČSN EN ISO 787-9) a měrné elektrické vodivosti vodného výluhu pigmentu a plniva (ČSN EN ISO 787-14).....	79
3.7.2.5.	Stanovení korozních úbytků ve vodném výluhu pigmentu a plniva.....	79
3.7.3.	Fyzikálně-mechanická odolnost nátěrového filmu.....	79
3.7.3.1.	Hodnocení vzhledu nátěrového filmu.....	79
3.7.3.2.	Stanovení tloušťky nátěrového filmu (ČSN ISO 2808, 673061).....	80
3.7.3.3.	Stanovení lesku nátěrového filmu (ČSN EN ISO 2813, 673066).....	80
3.7.3.4.	Stanovení povrchové tvrdosti nátěrového filmu kyvadlovým přístrojem (ČSN EN ISO 1522, 673076).....	81
3.7.3.5.	Stanovení tvrdosti dle Buchholzovy vrypové zkoušky (ČSN EN ISO 2815, 673072).....	82
3.7.3.6.	Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči hloubení (ČSN EN ISO 1520, 673081).....	82
3.7.3.7.	Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči úderu závaží (ČSN EN ISO 6272-1, 673088) .....	82
3.7.3.8.	Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči ohybu (ČSN EN ISO 1519, 673079).....	82
3.7.3.9.	Stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou (ČSN ISO 2409, 673085).....	83
3.7.3.10.	Stanovení celkové mechanické odolnosti nátěrového filmu.....	84
3.7.3.11.	Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči odtrhu (ČSN EN ISO 4624, 673077).....	85
3.7.4.	Chemická a korozní odolnost nátěrového filmu.....	86
3.7.4.1.	Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči methylethylketonu (ASTM D4752-10) .....	86
3.7.4.2.	Stanovení zblednutí nátěrového filmu vystaveného kontaktu s vodou a barevnosti nátěrového filmu vystaveného cyklické korozní zkoušce .....	86
3.7.4.3.	Stanovení odolnosti nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí .....	87
3.7.4.4.	Zrychlený laboratorní test bleskové koroze (ČSN EN ISO 8501-4, 038221).....	88
3.7.4.5.	Stanovení antikorozi účinnosti pomocí elektrochemické lineární polarizace.....	88
3.7.4.6.	Stanovení odolnosti vůči vlhkým atmosférám (ČSN EN ISO 6270-2,673108) .....	89
3.7.4.7.	Stanovení odolnosti v atmosféře solného elektrolytu $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ a NaCl (ASTM G85 A5) .....	89
3.7.4.8.	Stanovení odolnosti v atmosféře s oxidem siřičitým při zvýšené vlhkosti (ČSN EN ISO 3231, 673096).....	90
3.7.4.9.	Stanovení odolnosti povětrnostní zkouškou UV zářením.....	90

3.7.4.10.	<i>Cyklická korozní zkouška při expozici v síranu amonném v kombinaci s povětrnostní zkouškou (ASTM D 5894-96).....</i>	91
3.7.5.	<i>Hodnocení vzhledu nátěrového filmu a stupně koroze .....</i>	91
3.7.5.1.	<i>Hodnocení stupně tvorby puchýřů (ASTM D 714-87) .....</i>	91
3.7.5.2.	<i>Hodnocení koroze v okolí zkušebního řezu (ASTM D 1654-92) .....</i>	92
3.7.5.3.	<i>Hodnocení stupně koroze v ploše nátěrového filmu a v ploše zkušebního podkladu .....</i>	92
3.7.5.4.	<i>Celkové hodnocení korozní odolnosti (ČSN EN ISO 2409).....</i>	93
3.7.6.	<i>Stanovení životnosti organických povlaků .....</i>	94
3.7.7.	<i>Antimikrobiální odolnost nátěrového filmu .....</i>	95
3.7.7.1.	<i>Stanovení antibakteriální účinnosti akrylátových latexů obtiskovou metodou.....</i>	95
3.7.7.2.	<i>Stanovení antifungální účinnosti nátěrového filmu (ISO 22196: 2011) .....</i>	96
4	<b>VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ .....</b>	97
4.1.1.	<i>Vyhodnocení charakterizace vodou ředitelných polymerních disperzí .....</i>	97
4.1.1.1.	<i>Výsledné základní vlastnosti pojiv .....</i>	97
4.1.1.2.	<i>Výsledné hodnoty velikosti částic a Zeta potenciálu.....</i>	98
4.1.1.3.	<i>Výsledné hodnoty síťové hustoty a látek extrahovatelnými organickými rozpouštědly .....</i>	98
4.1.1.4.	<i>Výsledné množství nanočástic začleněných do syntetizovaného latexu pomocí ICP–OES .....</i>	99
4.1.1.5.	<i>Výsledné hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti výluhu nepigmentovaného volného filmu .....</i>	100
4.1.1.6.	<i>Výsledné hodnoty korozních úbytků ve vodném výluhu volného filmu .....</i>	100
4.1.1.7.	<i>Výsledné hodnoty absorbované vody volným filmem.....</i>	101
4.1.1.8.	<i>Výsledné hodnoty mrazuvzdornosti a mechanické stability.....</i>	102
4.1.2.	<i>Vyhodnocení fyzikálně–mechanické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů.....</i>	102
4.1.2.1.	<i>Vyhodnocené vizuální vlastnosti nepigmentovaných nátěrových filmů .....</i>	102
4.1.2.2.	<i>Vyhodnocená mechanická odolnost nepigmentovaných nátěrových filmů .....</i>	106
4.1.2.3.	<i>Vyhodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči odtrhu .....</i>	106
4.1.3.	<i>Vyhodnocení chemické a korozní odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů .....</i>	107
4.1.3.1.	<i>Vyhodnocení odolnosti vůči methylethylketonu .....</i>	107
4.1.3.2.	<i>Vyhodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči zbělení .....</i>	108
4.1.3.3.	<i>Vyhodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí.....</i>	109
4.1.3.4.	<i>Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči bleskové korozi .....</i>	109
4.1.3.5.	<i>Vyhodnocení odolnosti vůči vlhkým atmosférám nepigmentovaného nátěrového filmu .....</i>	111
4.1.3.6.	<i>Vyhodnocení odolnosti vůči atmosféře neutrální solné mlhy nepigmentovaného nátěrového filmu.....</i>	111
4.1.3.7.	<i>Vyhodnocení odolnosti povětrnostní zkouškou UV zářením nepigmentovaného nátěrového filmu.....</i>	112
4.1.3.8.	<i>Vyhodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu v cyklické korozní zkoušce s expozicí v UV v kombinaci se solným elektrolytem nepigmentovaného nátěrového filmu ...</i>	113
4.1.4.	<i>Vyhodnocení antimikrobiální odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů.....</i>	114
4.1.4.1.	<i>Vyhodnocení antibakteriální účinnosti akrylátových latexů obtiskovou metodou.....</i>	114

4.1.4.2.	<i>Vyhodnocení antifungální účinnosti nepigmentovaného nátěrového filmu</i> .....	115
4.2.1.	<i>Vyhodnocení vlastností akrylátových pojiv vystavených zvýšené teplotě</i> .....	116
4.2.2.	<i>Vyhodnocení fyzikálně–mechanické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů</i> .....	118
4.2.2.1.	<i>Vyhodnocení vizuálních vlastností nátěrového filmu po zvýšené teplotě a testování mrazuvzdornosti</i> .....	118
4.2.3.	<i>Vyhodnocení chemické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů vystavených zvýšené teplotě</i> .....	125
4.2.3.1.	<i>Vyhodnocení odolnosti nátěrového filmu po zvýšené teplotě vůči methylethylketonu</i> .....	125
4.3.1.	<i>Vyhodnocení charakterizace nátěrových filmů s TiO<sub>2</sub></i> .....	127
4.3.1.1.	<i>Vyhodnocení vizuálních vlastností nátěrových filmů s TiO<sub>2</sub></i> .....	127
4.3.1.2.	<i>Vyhodnocení mechanické odolnosti nátěrových filmů s TiO<sub>2</sub></i> .....	130
4.3.1.3.	<i>Vyhodnocení odolnosti vůči odtrhu nátěrového filmu s pigmentem TiO<sub>2</sub></i> .....	130
4.3.2.	<i>Vyhodnocení chemické a korozní odolnosti nátěrových filmů s pigmentem TiO<sub>2</sub></i> .....	131
4.3.2.1.	<i>Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů s pigmentem TiO<sub>2</sub> vůči methylethylketonu</i> .....	131
4.3.2.2.	<i>Výsledné hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti výluhu volného filmu s pigmentem TiO<sub>2</sub></i> .	132
4.3.2.3.	<i>Výsledné hodnoty korozních úbytků ve vodném výluhu volného filmu s pigmentem TiO<sub>2</sub></i> .....	133
4.3.2.4.	<i>Vyhodnocení odolnosti nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí</i> .....	133
4.3.2.5.	<i>Vyhodnocení odolnosti nátěrového filmu s pigmentem TiO<sub>2</sub> vůči bleskové korozi</i> .....	134
4.3.2.6.	<i>Vyhodnocení odolnosti vůči vlhkým atmosférám nátěrového filmu s pigmentem TiO<sub>2</sub></i> .....	136
4.3.2.7.	<i>Vyhodnocení odolnosti nátěrového filmu s pigmentem TiO<sub>2</sub> vůči atmosféře solného elektrolytu nátěrového filmu</i> .....	136
4.3.2.8.	<i>Vyhodnocení odolnosti nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu TiO<sub>2</sub> v cyklické korozní zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci se solným elektrolytem</i> .....	137
4.3.2.9.	<i>Vyhodnocení antibakteriální účinnosti akrylátových latexů s pigmentem TiO<sub>2</sub> obtiskovou metodou</i> .....	138
4.3.2.10.	<i>Vyhodnocení antifungální účinnosti nátěrového filmu s pigmentem TiO<sub>2</sub></i> .....	139
4.4.1.	<i>Vyhodnocení charakterizace antikorozních nátěrových filmů</i> .....	140
4.4.2.	<i>Vyhodnocení chemické a korozní odolnosti antikorozních nátěrových filmů</i> .....	147
5	<b>DISKUZE VÝSLEDKŮ</b> .....	157
5.1.1.	<i>Charakterizace vodou ředitelných akrylátových latexů</i> .....	157
5.1.1.1.	<i>Základní vlastnosti latexů</i> .....	157
5.1.1.2.	<i>Velikost částic a Zeta potenciálu</i> .....	158
5.1.1.3.	<i>Síťová hustota a látky extrahovatelné organickými rozpouštědly</i> .....	158
5.1.1.4.	<i>Skutečný obsah nanočástic začleněných do syntetizovaného latexu dle obsahu popela a ICP–OES</i> .....	159
5.1.1.5.	<i>pH a měrná elektrická vodivost vodného výluhu volného filmu a korozní úbytky</i> .....	159
5.1.1.6.	<i>Množství absorbované vody nepigmentovaným volným filmem</i> .....	160
5.1.2.	<i>Hodnocení fyzikálně–mechanické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů</i> .....	161
5.1.2.1.	<i>Vlastnosti nepigmentovaných nátěrových filmů</i> .....	161
5.1.2.2.	<i>Hodnocení mechanické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů</i> .....	164

5.1.2.3.	<i>Hodnocení odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů vůči odtrhu.....</i>	165
5.1.3.	<i>Hodnocení chemické a korozní odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů .....</i>	165
5.1.3.1.	<i>Hodnocení odolnosti vůči methylethylketonu .....</i>	165
5.1.3.2.	<i>Hodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči zblednutí.....</i>	166
5.1.3.3.	<i>Hodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí.....</i>	167
5.1.3.4.	<i>Hodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči bleskové korozi .....</i>	169
5.1.3.5.	<i>Hodnocení odolnosti vůči vlhkým atmosférám nepigmentovaného nátěrového filmu.....</i>	171
5.1.3.6.	<i>Hodnocení odolnosti vůči atmosféře solného elektrolytu nepigmentovaného nátěrového filmu.....</i>	172
5.1.3.7.	<i>Hodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči povětrnostní zkoušce UV záření.....</i>	173
5.1.3.8.	<i>Hodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu v cyklické povětrnostní zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci s korozní zkouškou solným elektrolytem.....</i>	174
5.1.4.	<i>Hodnocení antimikrobiální účinnosti nepigmentovaných nátěrových filmů .....</i>	175
5.2.1.	<i>Hodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů.....</i>	178
5.2.1.1.	<i>Vlastnosti nepigmentovaných nátěrových filmů.....</i>	178
5.3.1.	<i>Hodnocení fyzikálně mechanických vlastností nátěrových filmů.....</i>	180
5.3.1.1.	<i>Vlastnosti nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> .....</i>	180
5.3.1.2.	<i>Hodnocení mechanické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub>.....</i>	183
5.3.1.3.	<i>Hodnocení odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> vůči odtrhu.....</i>	184
5.3.2.	<i>Hodnocení chemické a korozní odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů.....</i>	184
5.3.2.1.	<i>Hodnocení odolnosti nátěrového filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> vůči methylethylketonu .....</i>	184
5.3.2.2.	<i>pH a měrná elektrická vodivost vodného výluhu pigmentovaného volného filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> a korozní úbytky.....</i>	186
5.3.2.3.	<i>Hodnocení odolnosti pigmentovaného nátěrového filmu s obsahem 10 % objem. TiO<sub>2</sub> v závislosti na pH korozního prostředí .....</i>	188
5.3.2.4.	<i>Hodnocení odolnosti pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> vůči bleskové korozi.....</i>	190
5.3.2.5.	<i>Hodnocení odolnosti vůči vlhkým atmosférám pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> .....</i>	192
5.3.2.6.	<i>Hodnocení odolnosti vůči solnému elektrolytu pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> .....</i>	194
5.3.2.7.	<i>Hodnocení odolnosti pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> v cyklické povětrnostní zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci s korozní zkouškou solným elektrolytem.....</i>	195
5.3.3.	<i>Hodnocení antimikrobiální účinnosti pigmentovaných nátěrových filmů .....</i>	196
5.3.3.1.	<i>Hodnocení antimikrobiální účinnosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub>.....</i>	196

6	POZNATKY A PŘÍNOSY DIPLOMOVÉ PRÁCE .....	215
7	ZÁVĚR .....	217
8	LITERATURA: .....	219
9	PŘÍLOHY .....	19



## ÚVOD

Vodou ředitelné nátěrové hmoty se díky zvyšujícímu důrazu na ochranu životního prostředí, snížení nákladů za likvidaci odpadu a zdravotní aspekty dostávají do popředí zájmu společnosti. Z hlediska vyššího výskytu infekčních onemocnění jsou kladeny vysoké nároky na veškeré aspekty lidského zdraví spojené s místy s vysokou koncentrací lidí, např.: zdravotnické instituce, školy, úřady ale i domácnosti. Ke snížení šíření infekčních onemocnění napomáhají hygienické povrchové úpravy obsahující nanočástice oxidů kovů. V nejnovějším výzkumu se ukázalo, že tyto nanočástice je možné stabilně začlenit do vodou ředitelných latexových pojiv během jejich syntézy. Takto připravené vodou ředitelné nátěrové hmoty mohou mít úspěch díky svému ekologickým charakteru a antimikrobiálnímu účinku a představují skvělou alternativu k rozpouštědlovým nátěrovým hmotám.

Mezi nanočástice oxidů kovů, které vykazují požadovaný antimikrobiální účinek a mají potenciál zlepšit strukturní vlastnosti nátěrového filmu, spadají nanočástice oxidu lanthanitého. Z důvodu poměrně vysoké citlivosti vodou ředitelných nátěrů na vlhkost, organická rozpouštědla a vyšší teplotu je žádoucí upravit chemickou strukturu vodou ředitelné disperze a tím docílit vyšší bariérové vlastnosti nátěrového filmu. Samo-sít'ující proces u vodou ředitelných disperzí nabízí vznik trojrozměrné polymerní sítě, která bude vykazovat vyšší odolnost ve výše zmíněných aspektech. Výsledné vlastnosti vodou ředitelného pojiva a následně i nátěrového filmu závisí na konkrétním typu mechanismu samo-sít'ování. Začlenění samo-sít'ujícího mechanismu společně s vhodnými nanočásticemi oxidů kovů a příslušnými aditivami nabízí způsob, jak dosáhnout potencionálně chemicky, mechanicky a korozně odolných vodou ředitelných nátěrů s antimikrobiální účinností.

Předmětem předkládané diplomové práce je studium a porovnání latexových pojiv využívajících různé samo-sít'ující mechanismy a nanočástice oxidu lanthanitého. Zájem byl soustředěn zejména na chemickou odolnost a antimikrobiální účinnost nátěrů.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1. Vodou ředitelné nátěrové hmoty

První záznam o použití nátěrové hmoty (NH) se datuje do období mladého paleolitu, přibližně před 40 000 lety, kdy kmeny na území Evropy, Austrálie a Indonésie vyobrazovaly postavy lovců a pastevců na stěny jeskyní. Mezi prvními zdroji surovin používaných k malbě byly přírodní ekologicky nezávadné materiály, např. hlínky, oxidy, okry a zeminy.

Nyní se společnost určitým způsobem inspiruje těmito ekologicky nezávadnými NH používanými našimi předky a hledá kontinuitu mezi požadovanými vlastnostmi NH a šetrností k přírodě [1].

Za NH je považován jakýkoliv materiál, který obsahuje filmotvorné látky a lze ho souvisle aplikovat v tenké vrstvě na daný povrch za vzniku nátěru. Důležitou roli v tomto systému tedy hrají filmotvorné látky, které jsou obvykle netěkavého charakteru, spojují tuhé částice dalších složek NH v celek a mohou být organického nebo minerálního původu. NH jsou tedy zpravidla tvořeny z několika komponent o různém skupenství, které vytváří jejich základní strukturu, jako jsou těkavé složky (rozpuštědla a ředidla) a netěkavé složky (pigmenty, plniva, změkčovadla, aditiva, organická barviva a další pomocné látky). Dle přítomné filmotvorné látky se NH nejčastěji rozdělují na rozpouštědlové, vodou ředitelné, vysokosušinové, práškové a UV zářením tvrditelné NH.

Výsledný účel NH spočívá v jejich estetické povaze a zároveň ve schopnosti ochrany materiálu vůči danému prostředí. S rostoucími požadavky ze strany společnosti ale také z hlediska legislativy na ochranu životního prostředí by měly být připraveny takové NH, které budou splňovat všechny tyto aspekty. Snaha o snížení znečištění životního prostředí postupně vede společnost k variantě vodou ředitelných nátěrových hmot (VŘNH), které obsahují ve srovnání s rozpouštědlovými NH nižší obsah těkavých organických rozpouštědel, tj. VOC (volatile organic compounds). Abychom mohli považovat VŘNH za ekologickou nátěrovou hmotu, musí splňovat předpisy dle EPA, tj. U. S. Environmental Protection Agency a BPD, tj. Biocidal Products Directive, které udávají maximální hodnotu VOC 350 g/l vody. Tyto typy NH jsou vynikající alternativou k rozpouštědlovým produktům, protože jsou cenově dostupné, mají vyšší potenciál ke snížení uhlíkové stopy a snižuje se závislost na ropných surovinách [2,3].

### 1.1.1. Rozdělení vodou ředitelných nátěrových hmot dle velikosti částic

VŘNH se nejčastěji rozdělují na emulzní a disperzní systémy. Používá se i jiné rozdělení dle příslušných kritérií, např. na základě fyzikálních a chemických vlastností pojiva. Mezi tyto vlastnosti se řadí především velikost částic, molekulová hmotnost a druh použitého pojiva nebo přítomnost funkčních skupin v pojivu.

VŘNH jsou rozděleny dle velikosti částic pojiva na koloidní systémy, koloidně disperzní systémy a disperze.

*Koloidní systémy* obsahují částice o velikosti přibližně 0,001  $\mu\text{m}$  a molekulová hmotnost se pohybuje v řádech  $1 \times 10^3$ – $1 \times 10^4$  g/mol. Do těchto systémů se řadí pryskyřice, které jsou ve vodě rozpustné díky polárním skupinám. Jedná se převážně o polykarboxylové polymery, které dosahují rozpustnosti pomocí neutralizace čpavkem nebo sekundárními/terciálními aminy, které se během tvorby filmu postupně odpařují.

*Koloidně disperzní systémy* jsou tvořeny částicemi o velikosti od 0,01 do 0,1  $\mu\text{m}$  a molekulová hmotnost se pohybuje v rozmezí  $1 \times 10^4$ – $1 \times 10^5$  g/mol. Rozpustnost těchto systémů je dána přítomností polárních skupin, které jsou zde zastoupeny v menším množství než v koloidních systémech [4].

*Disperze* patří mezi nejvýznamnější typ VŘNH, které obsahují jen velmi malé množství polárních skupin nebo neobsahují žádné. Tyto systémy pojiv jsou na rozdíl od koloidních a koloidně disperzních systémů neprůsvitné a velikost částic se zde pohybuje v rozmezí od 0,1 až 1  $\mu\text{m}$ . Molekulová hmotnost je zpravidla okolo  $1 \times 10^6$  g/mol, přičemž obsah organických rozpouštědel je maximálně 3 %. Disperze se dále mohou rozdělovat na: (i) homopolymerní disperze s vnějším plastifikátorem, které obsahují větší částice stabilizované ochranným koloidem, např. polyvinylacetátové disperze s přidaným dibutylftalátem. (ii) Kopolymerní disperze vnitřně plastifikované, do kterých se řadí kopolymerní vinylacetátové disperze. (iii) Kopolymerní disperze s tvrdšími částicemi polymeru, u kterých je nutný přídavek koalescentní látky, která má funkci modifikovat viskoelastický charakter polymeru během filmotvorného procesu. Polymer je tedy změkčován a film může být vytvořen za normální teploty. Nejčastěji používanou koalescentní látkou je ethoxydiethylenglykolacetát, butoxyethylenglykolacetát či diethylenglykolethylether. (iiii) Core-shell disperze, které jsou připraveny pomocí dvoustupňové emulzní polymerace, při které vznikají heterogenní částice s rozdílným složením a vlastnostmi. V první fázi syntézy je připraven polymer o daném složení a následuje příprava druhého polymeru s odlišným složením v přítomnosti prvního polymeru. O složení jádra (core) a slupky (shell) částice rozhoduje mnoho parametrů, např. kinetika a termodynamika polymerace, polarita jednotlivých fází apod. (iiiii) Power-feed disperze, u kterých je možné

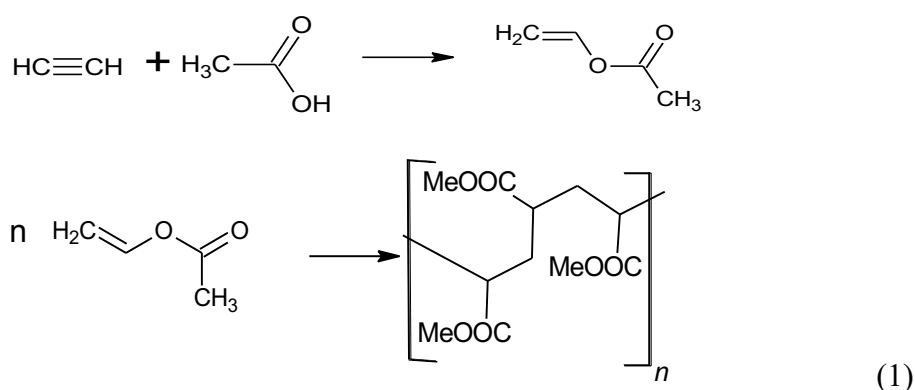
připravit částice s kontinuálně proměnným složením, kdy se složení polymeru postupně mění od centra částice směrem k jejímu povrchu [4].

### 1.1.2. Rozdělení vodou ředitelných nátěrových hmot dle pojivové báze

Základem VŘNH je v první řadě pojivo neboli filmotvorná látka, v druhé řadě pak změkčovadla, ochranné koloidy, voda, emulgátory a odpěňovač. Dále se mohou do systému VŘNH začlenit pigmenty, plniva, zahušťovadla, baktericidní a antikoroziční prostředky nebo koalescentní látky. Filmotvorná látka má schopnost na sebe vázat rozptýlené částice pigmentu a plniv v suchém stavu a vytvořit tak spojitou fázi, tj. film. Pojiva, která se využívají pro přípravu VŘNH, jsou nejčastěji na bázi vodných disperzí polymerů, které jsou ve vodě nerozpustné. Mezi základní typy patří polyvinylacetátové, alkydové, epoxidové, polyuretanové a akrylátové disperze ale také jejich kombinace.

Charakter polymeru, tj. makromolekulární látky jako hlavní složky vodné disperze významně určuje výsledné vlastnosti nátěrové hmoty. Makromolekulární látka je tvořena opakující se stavební jednotkou, nazývanou monomer. Jestliže je polymer vystaven pouze ze stavebních jednotek stejného typu, jedná se o homopolymer. Naopak řetězec tvořen odlišnými monomerními jednotkami je znám pod pojmem kopolymer [4,5].

*Polyvinylacetátové vodou ředitelné disperze* patří mezi první disperzní pojiva, která byla využita pro výrobu VŘNH. Struktura polymeru je tvořena opakující se stavební jednotkou vinylacetátu, který se připravuje reakcí acetylenu a kyseliny octové za katalýzy rtuťnatých solí (rovnice 1).

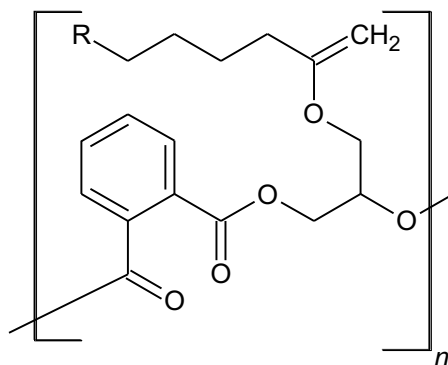


Polymerace je řízena z hlediska dosaženého polymeračního stupně (tj. počtu opakujících se stavebních jednotek), protože žádoucím produktem je nízemolekulární pryskyřice. Monomer je polymerizován, někdy i kopolymerován s dalšími monomery, a dispergován ve vodě za vzniku disperze mléčné barvy. Polymerace probíhá za katalýzy

anorganických peroxidů a v přítomnosti emulgátorů a ochranných koloidů, které zůstávají ve výsledném filmu. [1,4,5]

Mezi typické vlastnosti tohoto materiálu se řadí čírost, voděodolnost, termoplastičnost, stálost na světle a omezená mechanická odolnost. Vzniklá mléčná disperze může být zpracována do latexových barev, kde tvoří silný, pružný a přilnavý film, nebo může sloužit jako maltová přísada. Výhodou těchto disperzí je nízká cena, jelikož je použita voda jako rozpouštědlo a také jednoduchá syntéza. Vzniklé filmy jsou ve vodě nerozpustné, ale propouští vodní páru a plyny [1].

Vodou ředitelné alkydové pryskyřice jsou pro VRNH jednou z oblíbených možností. Příprava alkydových pryskyřic vychází z mastných kyselin reagujících s polyoly a více funkčními kyselinami (obrázek1).



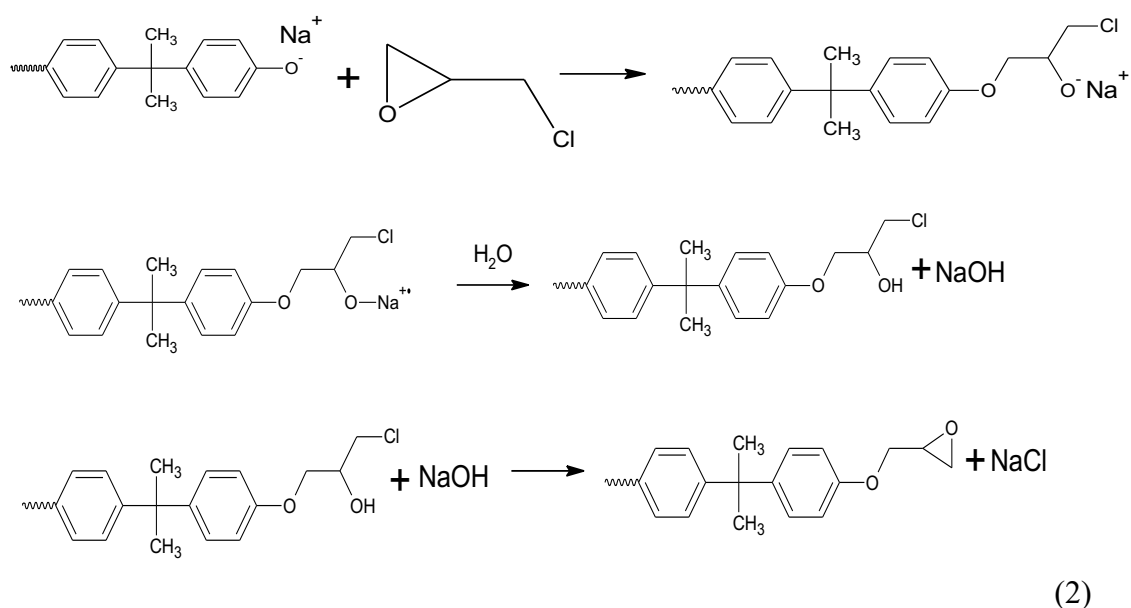
Obrázek 1 Chemický vzorec alkydové pryskyřice

Převážná část alkydových pryskyřic může být převedena na vodo rozpustnou (redukovatelnou) formu. Tyto pryskyřice jsou podobné rozpouštědlovým alkydům, ale hlavní rozdíl spočívá v jejich formulaci. Abychom dosáhli alkydu, který je rozpustný ve vodě, musí mít připravená pryskyřice vysoké číslo kyselosti (v rozmezí 40–65 mg KOH/g). Z tohoto důvodu se do polymerního řetězce alkydových redukovatelných pryskyřic zavádějí karboxylové skupiny reakcí s různými karboxylovými kyselinami, např: kyselinou citrónovou nebo anhydridem kyseliny trimelitové. Následně tyto zavedené kyselé skupiny mohou být neutralizovány bazickými sloučeninami za vzniku ve vodě rozpustného alkydového polymeru. Vodou ředitelné alkydové pryskyřice mají zpravidla delší dobu zasychání než rozpouštědlové alkydy, ale jejich filmy jsou svým leskem obdobné. Nevýhodou je, že vzniklý film po aplikaci alkydové disperze na skleněný či kovový podklad je zbarven do žluta [1, 6].

Alkydové vodou ředitelné disperze připravené z alkydových pryskyřic, vody a emulgátoru mají všestranné použití, jelikož mohou být ředěny na požadovanou viskozitu. Výhody jejich nátěrů zahrnují vynikající mechanickou odolnost a odolnost vůči vysoké teplotě. Významnou nevýhodou je rozpustnost jejich filmů v běžných organických rozpouštědlech.

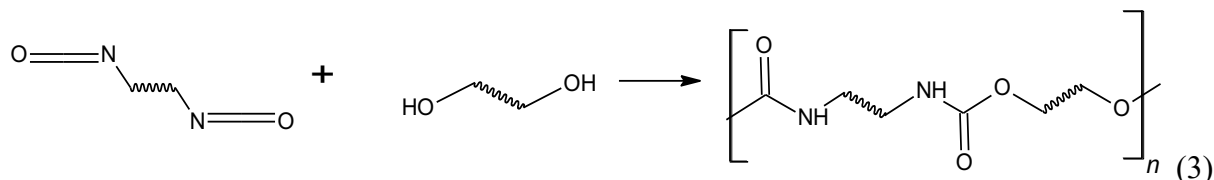
Nátěrové filmy se nejlépe rozpouští ve směsi voda:aceton (8:2). Alkydové disperze mohou zasychat na vzduchu anebo jsou druhy, které se vypalují při 120 °C a mohou se kombinovat s močovinoformaldehydovou pryskyřicí. Využívají se často při předúpravě dřevěných a ocelových povrchů [8].

Vodou ředitelné epoxidové pryskyřice lze rozdělit na základě toho, zda ve vodě tvoří emulzní či disperzní systém. Způsob výroby emulze a disperze je obdobný a vychází z bisfenolu A (rovnice 2).



Navržené postupy výroby vodou ředitelných pojiv na bázi epoxidů vycházely ze znalosti o procesu emulzní polymerace. První generací, tj. typem I, je tekutá epoxidová pryskyřice, která je díky povrchově aktivním látkám (PAL) rozptýlena v koloidní roztok a vytváří emulzi. Typ II je disperze, která vzniká díky přidavku kosolventů a tepelným procesům. Třetí generaci, tedy typ III, představuje směs vodné epoxidové disperze s akrylátovou disperzí. V typu IV se do epoxidové pryskyřice přidávají adukty a jedná se rychletvrdnoucí vodné disperze. Poslední pátá generace vychází z vodné směsi, ve které byly nahrazeny hydrofilní PAL neutrálními PAL, které nenarušují hydrofobní vlastnosti epoxidového nátěru. Využití vodou ředitelné epoxidové pryskyřice se nachází na místech, kde je potřebná vysoká adheze nátěru k povrchu, chemická a tepelná odolnost. Tyto vlastnosti se zužitkují ve stavebnictví, při zvýšení životnosti betonu, těsnících hmot či cementu [9,10].

Polyurethanové (PU) vodou ředitelné disperze zasahují méně do životního prostředí na rozdíl od PU na bázi rozpouštědel, které jsou připravovány polyadiční reakcí (rovnice 3) vícefunkčních isokyanátů s polyalkoholy.



Díky začlenění hydrofilní skupiny do chemické struktury PU mohou být tyto polymery dispergovány do vody a vytvořit disperzi, která má nízkou viskozitu. Podle charakteru začleněné hydrofilní skupiny (karboxylové, sulfonátové, fosfátové apod.) mohou být vodou ředitelné PU rozděleny na neionogenní, aniontové a kationtové. Neionogenní PU obsahují ve své struktuře hydrofilní polyethery, jako je např.: polyethylenglykol nebo polypropylenglykol, zatímco kationtové PU využívají přítomnosti inkorporace terciálních aminů a aniontové PU obsahují sulfátové, sulfonátové, karboxylové nebo fosfátové skupiny, díky nimž mohou být dispergovány do vody za vzniku vodných disperzí [11].

PU disperze mohou být rozděleny na jednosložkové, tj. termoplastické NH a dvousložkové, tj. reaktoplastické NH. Výroba jednosložkových PU spočívá v reakci vícesytného alkoholu s mastnou kyselinou a po následném ochlazení dojde k přidání vícefunkčního isokyanátu. Takto připravené PU zasychají oxopolymeračním mechanismem, tzn., obsahují také vhodné sikativy. Jednosložkové PU nátěry mohou být také ve formě vypalovacích laků, kdy se jedná o maskované isokyanáty ve směsi s polyhydroxysloučeninami. K zesítnění dochází při vyšších teplotách nad 150 °C, a proto jsou pro přípravu vhodná i vodná rozpouštědla, která se v prvním kroku odpaří, a následně dochází k odblokování isokyanátové skupiny. Při formulaci NH se využívají látky, které na sebe váží vodu, např. zeolity a reakci lze urychlit katalyzátory, např. aminy nebo organocínicími sloučeninami [12,13].

Vzniklé PU filmy mohou mít nižší roztažnost a odolnost vůči vodě než v případě rozpouštědlových PU. K tomu, abychom zvýšili mechanické vlastnosti vodou ředitelných PU, se mohou použít vysoce reaktivní monomery, nebo monomery tvořící vodíkovou vazbu, např.: isoforon diisokyanát nebo kombinace s akrylátovou skupinou.

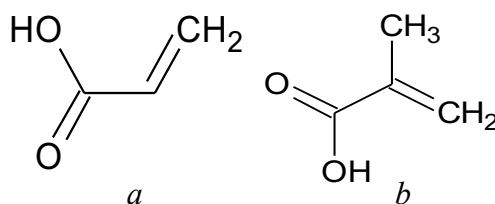
Vodou ředitelné PU disperze v kombinaci s dalšími disperzemi, např. na bázi akrylátů, se používají jako nátěry na plastové interiéry v autech a kamiónech, dále se používají do papíru, textilií a inkoustů [13].

## 1.2. Vodou ředitelné akrylátové disperze

Vodou ředitelné disperze na bázi akrylátových latexů se řadí do skupiny polymerních pryskyřic. Latex je mléčná vodná disperze polymeru, kterou lze připravit z vhodných monomerů polymerační reakcí. Polymerní složka akrylátového latexu může být ve formě homopolymeru, tj. polymerní struktura vychází z jednoho typu monomeru nebo ve formě kopolymeru, tj. její struktura vychází z kopolymerace dvou nebo více typů monomerů. Ve větším množství jsou využívány kopolymery, které nejčastěji vychází z kyseliny akrylové, kyseliny methakrylové a jejich derivátů (esterů, nitrilů, kyanakrylátů a amidů) [14].

Kyselina akrylová, systematickým názvem prop-2-enová kyselina, je bezbarvá kapalná látka, která obsahuje jednu dvojnou vazbu ve své chemické struktuře (obrázek 2). Jedná se tedy o nenasycenou karboxylovou kyselinu, která patří mezi hlavní stavební jednotky akrylátových latexů. Kyselina akrylová je hořlavá kapalina a taktéž její páry, které mohou způsobit podráždění dýchacích cest. Při normálních podmínkách je kyselina akrylová stabilní. Pokud se dostane do kontaktu s kůží, dochází k jejímu poleptání a případnému poleptání očí. Je také vysoce toxická pro vodní organismy. Široké využití mají také estery kyseliny akrylové, jejichž polymery mají nízkou hodnotu teploty tečení, ( $T_f$ ) a nízkou teplotu skelného přechodu ( $T_g$ ), tudíž nátěrové filmy z těchto polymerů zasychají za běžných teplot [15].

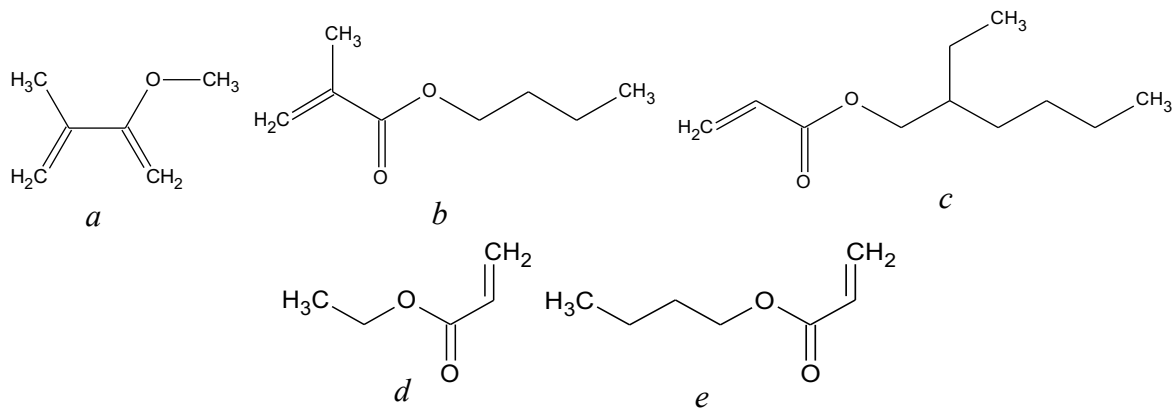
Kyselina methakrylová, systematickým názvem 2-methylprop-2-enová kyselina, je bezbarvá, viskózní kapalina s dráždivým zápachem. Esterifikační reakcí v kyselém prostředí se připravují estery kyseliny methakrylové, tj. methakryláty. Na rozdíl od esterů kyseliny akrylové obsahují methakryláty ve své struktuře navíc methylovou skupinu (obrázek 2). Kromě odlišné chemické struktury mají methakryláty vyšší  $T_g$  a nižší hodnotu propagační konstanty.



Obrázek 2 Chemická struktura kyseliny akrylové (a) a kyseliny methakrylové (b)

Mezi nejběžnější monomery na bázi kyseliny akrylové a methakrylové, ze kterých jsou akrylátové latexy syntetizovány, patří methylmethakrylát (MMA), butylmethakrylát (BMA), ethylakrylát (EA), butylakrylát (BA) a 2-ethylhexylakrylát (EHA) (obrázek 3) [1].





**Obrázek 3 Chemická struktura MMA (a), BMA (b), EHA (c), EA (d) BA (e)**

Akrylátové latexy se používají na výrobu nátěrových hmot, které mají velmi dobrou snášenlivost s dřevěným, kovovým i plastovým podkladem. Nespornou výhodou VŘNH na bázi akrylátových latexů je rychlé zasychání, odolnost vůči UV záření, povětrnostním vlivům a dobrá chemická i mechanická odolnost. Nevýhodou tohoto typu nátěrů je jejich vyšší citlivost na vlhkost, kdy dochází k difúzi vody do nátěru a snížení adheze nátěru k podkladovému povrchu. Nesporný vliv na adhezi nátěru k podkladu mají přítomné mikroorganismy, jelikož voda je nosičem nejen mikroorganismů, ale i plynů  $\text{CO}_2$  a  $\text{SO}_2$ . Vodou ředitelné akrylátové disperze nachází využití pro výrobu lepidel, fólií pro bezpečnostní skla, aditiv do papíru, tiskařských barev a inkoustů, kosmetiky, podlahových leštidel a vosků, k ochraně historických památek, např: soch a nástěnných maleb [16,17,18,19].

Pro výrobu VŘNH se využívají akrylátové disperze, které mají termoplastický i reaktoplastický charakter. Termoplasty jsou nejpočetnější skupinou plastů, jejichž nejdůležitější vlastností je jejich tavitelnost teplem. Dosažením plastického stavu je možné jejich ohýbání, tažení, lisování nebo vyfukování. Reaktoplasty, které mají hustě zesíťnou strukturu, byly dříve označovány jako termosety nebo duroplasty a na rozdíl od termoplastů je možná jejich tvrditelnost teplem nebo vhodným tvrdidlem. Vlastnosti akrylátových disperzí vychází z použitého monomeru (monomerů), výsledné molekulové hmotnosti polymeru a způsobu jejich přípravy. Fyzikální a výsledné vlastnosti akrylátových disperzí vyplývají také z počtu uhlíkových atomů v alkoholovém zbytku substituovaného esteru [20].

### 1.3. Příprava vodou ředitelných akrylátových disperzí

Syntéza vodou ředitelných akrylátových latexů z hlediska mechanismu probíhá převážně procesem emulzní polymerace. Dále je polymerní latex možné získat miniemulzní a mikroemulzní polymerací, ale tyto mechanismy nemají v průmyslu takový význam. Při emulzní

polymeraci jsou k dispozici tři samostatná místa pro průběh polymerační reakce. První místo, kde reakce může probíhat, je v kontinuální vodné fázi, druhé místo reakce je na povrchu latexových částic a třetí varianta je uvnitř částic latexu. Tyto aspekty poskytují emulzní polymeraci širokou škálu možností pro syntézu různých typů polymerů a latexů, mezi něž patří polymery s vysokou molekulovou hmotností, těžce kopolymerovatelné monomery, povrchově modifikované latexy, multi-penetrační polymery, roubované nebo core-shell latexy [21,22].

Emulzní radikálová polymerace byla poprvé v průmyslovém měřítku využita během druhé světové války pro výrobu syntetického kaučuku a pryže, kde bylo cílem uspokojit poptávku po přírodním kaučuku z důvodu jeho nedostatečného množství. Přírodní kaučukový latex se získává se stromu *Hevea brasiliensis* a jedná se o vodnou disperzi polyisoprenových částic stabilizovanou proteinovými PAL. Polymerní latex vyroben emulzní radikálovou polymerací je analogicky v podobě vodné disperze, která je stabilizována koloidním stabilizátorem. Nespornou výhodou emulzní polymerace je snadné odstraňování polymeračního tepla, nízká viskozita připraveného latexu při vysokých koncentracích polymeru, schopnost řídit velikost a morfologii submikronových částic, snadná separace polymeru a pohodlná přímá aplikace v podobě nátěru. Ve srovnání s jinými radikálovými polyreakcemi má emulzní polymerace schopnost dosahovat vyšší polymerační rychlosti a molekulové hmotnosti polymerních produktů [23].

Nyní se emulzní polymerace využívá k výrobě milionů tun syntetických latexů, které v sobě zahrnují většinu syntetických elastomerů, vodou ředitelných NH a významnou část plastů. V roce 2016 bylo spotřebováno okolo 13,3 milionů tun latexových polymerů. Tržní hodnota připravených polymerů byla 36,4 miliardy USD, která rostla rychlostí 6,9 % ročně od roku 2016 do roku 2020. Tímto tempem se tedy dostáváme na nárůst 30,6 % za 4 roky, který je z největší části řízen z ekologického hlediska s cílem snížení použití VOC [24].

### *1.3.1. Mechanismus emulzní radikálové polymerace*

Emulzní radikálová polymerace je založena na emulgaci monomeru (relativně nerozpustného ve vodě) ve vodném roztoku PAL a jeho přeměně radikálovou reakcí na polymer. Výsledným produktem reakce je latex, což je vodná disperze kulových částic polymeru s průměrem v rozmezí desetin až jednotek mikrometru. Do reakční nádoby kromě disperzního média (voda), monomeru, PAL a rozpouštědla se mohou přidávat i další přísady, jako jsou pufry, soli nebo přenašeče, které slouží k regulaci pH, iontové síly nebo molekulové hmotnosti polymeru. Existují i postupy provedení emulzní polymerace, které nezahrnují klasické PAL, přičemž ke stabilizaci latexu postačují pouze zbytky iniciátoru,

polymerizovatelné amfifilní látky (látky s lipofilními a hydrofilními vlastnostmi), polární komonomery nebo pevné částice za účelem poskytnutí určité formy elektrosterické stabilizace.

V přítomnosti nenasycených monomerů jsou generovány volné radikály z iniciátoru, které reagují s přítomnou dvojnou vazbou monomeru za vzniku rostoucího radikálu. Tento nově vzniklý radikál může volně reagovat s jinou molekulou monomeru stejným mechanismem, čímž dojde k prodloužení délky řetězce o jednu monomerní jednotku. Navázání jedné monomerní jednotky na konec řetězce probíhá v milisekundách a aktivní místo rostoucího řetězce se udržuje na konci řetězce. Ukončení růstu řetězce nastává, když řetězec ztratí své aktivní místo růstu terminační reakcí s jiným volným radikálem, rekombinační reakcí nebo disproportcionační reakcí [25].

Dle Harkinsovy teorie se proces emulzní polymerace skládá ze tří fází. Dochází ke smísení monomeru, PAL, iniciátoru a disperzního vodného média. Monomer je dispergován do kapiček o průměru 10  $\mu\text{m}$ , které jsou stabilizovány adsorpcí PAL na rozhraní monomer–voda. Pokud je PAL obsažena v disperzním mediu v množství nad kritickou micelární koncentrací (CMC – critical micelle concentration), vyskytuje se pak v podobě kulových agregátů, tzv. micel, tvořených většinou 50–100 molekulami PAL. Molekuly PAL jsou orientovány tak, že jejich hydrofobní část směřuje směrem ke středu micely, zatímco hydrofilní část je v kontaktu s vodou nebo zasahuje do vodné fáze. Dle hydrofilní části se mohou emulgátory rozdělovat na anionaktivní, kationaktivní a také neionogenní [26].

Následuje nabobtnání micel díky absorbování molekul monomeru do jejich nitra na průměr okolo 10 nm. Povrchové napětí se na styku fází snižuje, a pokud je v disperzním mediu přítomno dostatečné množství molekul PAL, je velmi usnadněno další dělení micel na částice s menšími rozměry. Polymerační reakce je zahájena zpravidla zahřátím systému a přidáním iniciátoru, který je rozpustný ve vodné fázi, přičemž dochází k difúzi volných radikálů do micel. Volné radikály mohou vznikat řadou reakcí, např. tepelným rozkladem termolabilních molekul, oxidačně-redukční reakcí, zářením o vysoké energii, elektrochemickou iniciací či fotolytickým rozkladem. Z velké části se používají redoxní systémy na bázi peroxodisíranů, peroxidu vodíku nebo organických peroxidů jako oxidační složky a alkalických siřičitanů, disiřičitanů, dithioničitanů, hydrogensiřičitanů nebo solí vícemocných kovů (železa, mědi, chromu) jako redukční složky. Ve fázi I se částice polymeru tvoří z větší části v micelách a ze zbylé části ve vodní fázi. Fáze I je definována zvýšením rychlosti polymerace, protože se tvoří větší počet polymeračních center.

Ve fázi II vzniklé latexové částice nabobtnalé monomerem polymerují při konstantní rychlosti, protože při spotřebování monomeru uvnitř částice může monomer difundovat

z kapiček (rezervoárů) monomeru do vodné fáze a poté do rostoucích částic. V průběhu propagační, tj. rostoucí fáze vznikají polymerní částice, které jsou stabilizovány adsorbovanými molekulami PAL.

Ve fázi III jsou všechny kapičky monomeru spotřebovány a začne klesat koncentrace monomeru v latexových částicích, polymerační rychlost se postupně snižuje a zastaví se ve chvíli, kdy je monomer plně polymerizován. Během třetí fáze je možné pozorovat zvýšení nebo snížení polymerační rychlosti. Náhle zvýšení polymerační rychlosti nastává z důvodu zvýšené hodnoty vnitřní viskozity a snížení rychlosti terminační reakce, tj. Trommsdorffova jevu, nebo-li gelefektu [26,4].

### 1.3.2. Mechanismus emulzní radikálové polymerace

Mechanismus emulzní radikálové reakce vychází z radikálové polymerace, která je tvořena třemi fázemi, tj. iniciací, propagací a terminací.

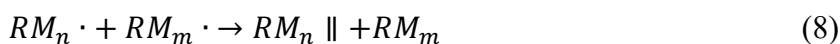
Iniciace zahajuje radikálovou polymeraci a probíhá díky dodání vnější energie či přidáním vysoce reaktivní látky a převedením monomeru do reaktivní formy. Během iniciace dochází k rozštěpení valenčního elektronového páru iniciátoru (In) za vzniku dvou volných radikálů dle (rovnice 4), které následně reagují s molekulou monomeru dle (rovnice 5) [4,27].



Propagace, tj. růst řetězce, je druhou fází radikálové polymerace, která navazuje na iniciační fázi a je zahájena srážkou rostoucího radikálu (produktu z rovnice (5)) s monomerem, čímž dochází k růstu řetězce. Radikál reaguje s molekulou monomeru obsahující dvojnou vazbu nebo cyklus dle (rovnice 6). Jedná se o reakci s adičním mechanismem, která je mnohonásobně opakována a jejím výsledkem je nárůst molekulové hmotnosti produktu (rovnice 7). Vzniklé radikály na počátku reakce musí být stabilní a mít dostatek energie, aby mohly reagovat s monomerem v dalších krocích. Obecně platí, že čím více je nepárový elektron sdílen s jinými atomy molekuly, tím vyšší je stabilita radikálu [27].



Reakce je ukončena terminací, která může probíhat dvěma způsoby, a to disproportionací dle (rovnice 8) či rekombinací dle (rovnice 9). Terminace disproportionací nastane, když jeden z radikálů vytrhne z druhého radikálu vodík, čímž vzniká nasycená a nenasycená makromolekula s dvojnou vazbou na konci řetězce. Jedná se o energeticky náročnější reakci, než je rekombinace. Terminace rekombinací způsobí vznik kovalentní vazby mezi radikály, čímž se reakce ukončí. Rekombinace není závislá na teplotě a díky vzájemné reaktivitě radikálů je její průběh pravděpodobnější. Terminace může probíhat reakcí aktivního centra s iniciátorem, rozpouštědlem, monomerem či polymerní molekulou. Přenosem aktivního centra na jinou molekulu, dochází k zastavení růstu na daném místě v řetězci a vznikem aktivního centra na jiné molekule [4].



#### 1.4. Vodou ředitelné samo-sít'ující polymerní akrylátové disperze

Akrylátové latexy nabízí širokou škálu využití, tj. barvy a laky na dřevěné povrchy, nátěry na ochranu kovů či dekorativní systémy. Navzdory svému všestrannému využití mají akrylátové latexy své nedostatky, které omezují jejich použití, jako je vysoká citlivost na vodu, nízká odolnost vůči rozpouštědlům, tvorba bleskové koroze, vysoká křehkost při nízkých teplotách, nízká odolnost vůči poškrábání a lepivost při vyšší teplotě okolí. Ke vzniku nátěrového filmu je důležité vycházet z polymerních akrylátových disperzí s  $T_g$  nižší, než je teplota při aplikaci filmu. Nízká  $T_g$  podporuje koalescenci a inter-difúzi mezi latexovými částicemi, ale výsledné filmy jsou měkké a méně odolné. Jednou z cest, jak tyto nedostatky vyřešit, je zavedení síťování, díky kterému se z latexů stávají reaktoplastické materiály disponující vyšší mechanickou a chemickou odolností [28].

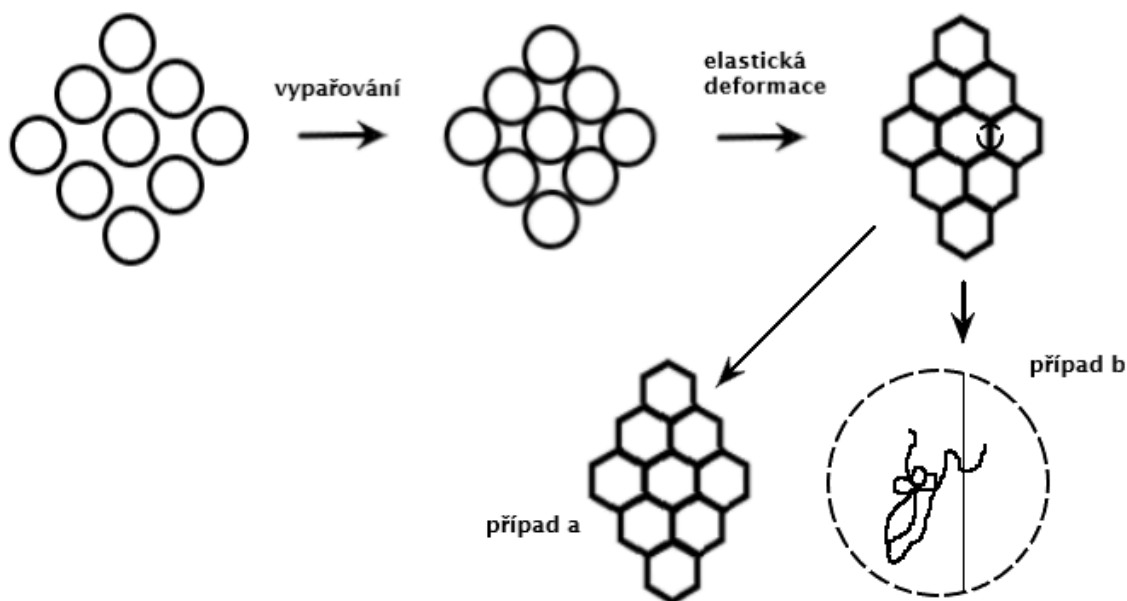
Během procesu chemického síťování dochází ke spojení dvou polymerních řetězců primárními nebo sekundárními vazbami za vzniku trojrozměrné sítě, která vzniká při určité koncentraci příčných vazeb. Reakcí síťovacího činidla a polymerních řetězců dochází ke změně mechanických, chemických a teplotních vlastností. Důležitým parametrem pro síťovací reakce je funkčnost síťovacího činidla, která musí být vyšší než hodnota 2. Pro dodatečné zesílení se do latexového polymeru často začleňují funkční reaktivní skupiny, jejichž reaktivita může být

ovlivněna teplotou, UV zářením a vnějšími podmínkami, tj. kyslíkem, vlhkostí, změnou pH apod. [29].

Typ, ale i koncentrace síťujícího činidla ovlivňují výsledné vlastnosti vzniklého latexového polymeru. V případě síťovadel s chemickou strukturou obsahující aromatické cykly dochází ke zvýšení teplotní stability než u síťovadel s alifatickou strukturou. Ke zlepšení tepelné odolnosti polymerní látky přispívá také hydrofilní charakter síťujícího činidla. Se zvyšujícím se stupněm zesítení dochází k poklesu velikosti pórů a tím ke snížení bobtnavosti, která udává schopnost polymeru absorbovat rozpouštědlo [30].

Zesítení akrylátových disperzí může probíhat intra–časticovým nebo inter–časticovým mechanismem. Intra–časticové síťování je proces zesítení, který probíhá během syntézy uvnitř latexových částic. Nevýhodou tohoto typu síťování je, že nedochází k provázání se sousedními polymerními částicemi a výsledný materiál má nižší mechanickou, chemickou i tepelnou odolnost [31].

Inter–časticové síťování probíhá až během procesu zasychání nátěrového filmu a síťující činidlo, které je rozpuštěno ve vodné fázi a s latexem nevytváří kopolymerní sloučeniny. Při tomto typu síťování latexu dochází k provázání latexové částice se sousedními částicemi a materiál disponuje vyšší odolností (obrázek 4, případ a) než v případě intra–časticového zesítení. Pro dosažení maximální pevnosti nátěrového filmu by měly polymerní částice v disperzi zůstat bez zesítení až do okamžiku vzniku nátěrového filmu, odkdy by mělo teprve docházet k rozsáhlému zesítení. Je to z důvodu inter-difúze makromolekul mezi sousedními latexovými částicemi, která musí proběhnout ještě před zesítením a je nezbytná k dosažení vysoké pevnosti nátěrového filmu [32].



**Obrázek 4 Mechanismus zesítnění, případ a: intra-částicové zesítnění, případ b: inter-částicové zesítnění**

Na síťování akrylátových latexů lze také pohlížet na základě počtu složek (balení) tvořících reaktoplastický latex, tj. zda-li se jedná o jedno-složkové nebo dvou-složkové síťované latexy.

Dvousložkové reaktoplastické latexy jsou obvykle tvořeny funkcionalizovaným latexem a nízkomolekulárním síťujícím činidlem. Využívají obvykle reakce hydroxylové skupiny s melaminem, karboxylové skupiny s aziridinem, karboxylové skupiny s karbodiimidem nebo hydroxylové skupiny s polyisokyanátem. Síťovací reakce je započata přidáním síťovacího činidla, které je zpravidla přidáváno do nátěrové kompozice bezprostředně před aplikací nátěru, aby k síťovací reakci došlo až po aplikaci nátěru na daný podklad. Takto připravené filmy obvykle disponují velmi dobrou přilnavostí k povrchu, voděodolností, teplotní odolností a odolností vůči korozi. Z hlediska krátké doby zpracovatelnosti a toxicity mnohých síťujících činidel, které se musí skladovat a aplikovat za určitých podmínek, se s větší oblibou využívá samo-síťujících jednosložkových latexových kompozic, které nachází vyšší potenciál k využití u nátěrových hmot [33].

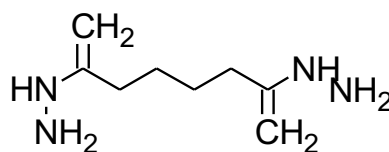
Jednosložkové reaktoplastické latexy, tzv. samo-síťující latexy, jsou tvořeny pouze jednou komponentou (jedním balením). Jejich zesítnění probíhá po aplikaci nátěrového filmu na podklad a dochází k reakci mezi příslušnými funkčními skupinami polymerních řetězců. Trojrozměrná zesítněná struktura tedy vzniká během procesu tvorby filmu, kdy dochází

k postupnému odpařování vody, koalescenci latexových částic a následnému zesítnění. Jednosložkové reaktoplastické latexy pro síťování využívají např. reakci keto–hydrazidovou, založenou na reakci aminové a karbonylové skupiny, reakci skupin acetoacetátové a aminové, síťování UV světlem, samo-kondenzaci N–methylolakrylamidu nebo N-(2-hydroxypropyl)methakrylátu, popř. organofunkčních silanů [33,34].

#### 1.4.1. Keto–hydrazidové samo-síťování

Tento typ síťování spočívá v reakci karbonylové skupiny vnesené do polymerního řetězce kopolymerací diacetonakrylamidu (DAAM) a diaminu, kterým obvykle je dihydrazid kyseliny adipové (ADH), rozpuštěného ve vodné fázi latexu. Kromě DAAM může ADH reagovat také s jinými karbonylovými funkčními monomery, jako např. vinylmethylketon nebo akrolein. Výsledným produktem této síťující reakce je imin, enamín nebo směs obou (rovnice 10). Ve studii o keto-hydrazidové reakci uvedli N. Kessel a kol.[35], že výsledným produktem této reakce je pouze imin, reakce je kyselě katalyzovaná a iniciována odpařením vody a amoniaku při tvorbě nátěrového filmu.

ADH je bílá krystalická látka, která se využívá jako síťující činidlo (obrázek 5). Aminové skupiny, které jsou přítomné v chemické struktuře ADH, vykazují vysokou nukleofilitu a tedy i dobré reakční vlastnosti. ADH se skladuje při teplotě -20 °C a rozpustnost ve vodě činí 50 g ADH / 1000 g vody. Dle studií provedených *in vivo* a *in vitro* není látka považována za genotoxickou, tj. nezpůsobuje poškození DNA (deoxyribonukleová kyselina) nebo chromozomů, a na základě mikronukleárního testu *in vivo* se nepovažuje za klastogenní, tj. nenarušuje funkci chromozomů. V případě styku nátěru obsahujícího ADH s potravinami, by migrace ADH neměla překročit 0,05 mg/kg potravin. Nátěr obsahující síťující činidlo ADH se nedoporučuje pro přímý styk s potravinami, ale může být použit do vnitřních vrstev plastových laminátů, které do styku s potravinami přijít mohou za všech časových i teplotních podmínek [36,37].



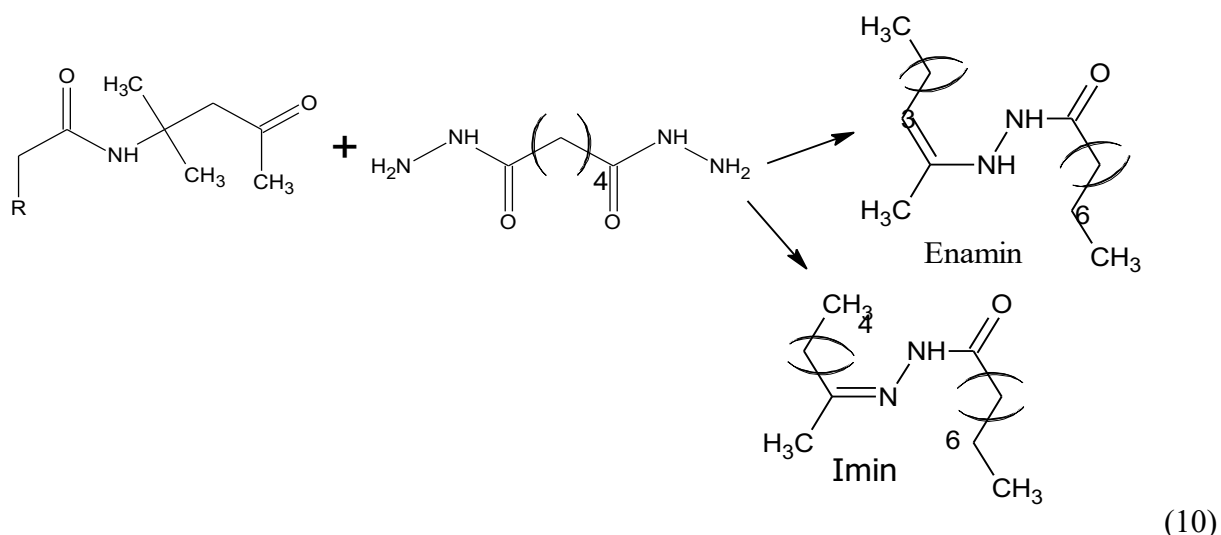
Obrázek 5 Chemická struktura dihydrazidu kyseliny adipové

DAAM je krystalická látka s teplotou tání 57 °C a vysokou rozpustností ve vodě (minimálně 100 g DAAM / 100 g vody), který může kopolymerovat s vinylacetátem, estery kyseliny akrylové a methakrylové, akrylamidem, styrenem aj. Důležitou vlastností tohoto



reaktivního monomeru je jeho relativně nízká toxicita, v porovnání s epoxidovými, aziridinovými nebo isokyanátovými síťovacími systémy. Z tohoto důvodu je vhodný pro vysoce mechanicky namáhané, ekologické a zdravotně nezávadné nátěry [38].

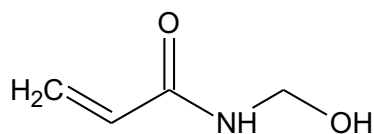
Výhoda keto–hydrazidového zesítení je rychlý průběh reakce při laboratorní teplotě a jednosložková kompozice. Výsledný nátěr je díky keto–hydrazidovému zesítení obohacen vysokým leskem, dobrou adhezí, vynikající chemickou odolností, sníženou křehkostí filmu při nízkých teplotách a lepivostí při zvýšené teplotě. U tiskařských barev se také využívá zvýšené adheze k podkladu, které je docíleno prostřednictvím vodíkových vazeb na rozhraní substrátu nebo vytvořením polárních kovalentních vazeb mezi hydrazidovými a karbonylovými skupinami polymerního řetězce. Nevýhodou je zvýšená absorpce vody do filmů, daná přítomností hydrofilních keto–hydrazidových vazeb [39].



#### 1.4.2. Samo-síťování na bázi *N*-methylolakrylamidu

*N*-methylolakrylamid (NMA) je bezbarvá až nažloutlá kapalina, která se využívá ve vodou ředitelných formulacích s aplikací na textilní úpravy, lepidla, úpravy papíru (obrázek 6). Připravuje se reakcí akrylamidu s formaldehydem ve vodném prostředí. Začlenění NMA do pojivové formulace zvyšuje pevnost v tahu, odolnost vůči nárazu, oděru za mokra i za sucha, pevnost v odlupování, odolnost vůči vodě a chemikáliím a zajišťuje vysoký lesk. Nicméně na výsledné vlastnosti zesíteného produktu má také vliv koncentrace a umístění jednotlivých jednotek NMA v jeho morfologické struktuře. Například vyšší koncentrace NMA na povrchu částic latexu podpoří inter-částicové zesítení než vyšší koncentrace NMA v jádru latexových částic. Vyšší koncentrace jednotek NMA v jádru latexových částic může mít vliv na nižší

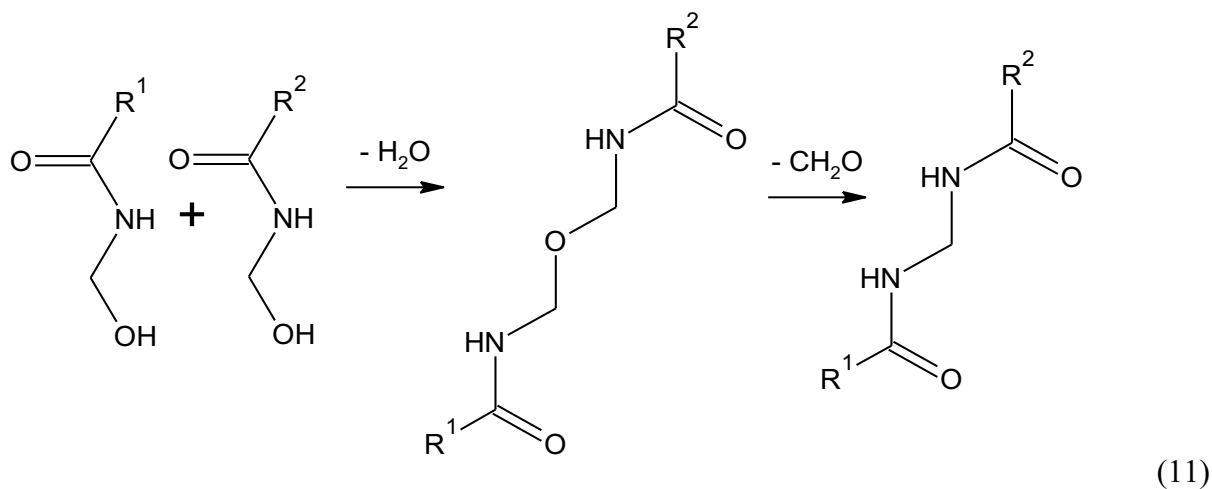
výslednou stabilitu latexu, protože jsou zde jednotky NMA náhodně distribuovány podél polymerních řetězců a síťovací reakce uvnitř a mezi jednotlivými řetězci jsou omezeny. Pojiva obsahující NMA jednotky penetrují do dřevěného podkladu, kde reagují methylolové skupiny NMA s hydroxylovými skupinami celulózy a dochází k zesílení pojiva [40].

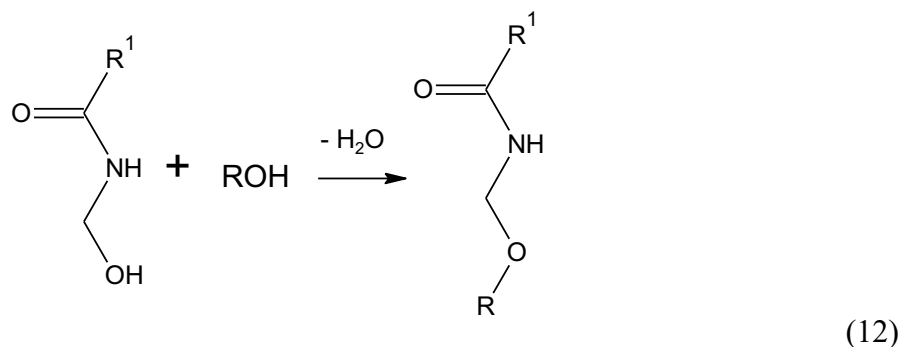


Obrázek 6 Chemická struktura N-methylolakrylamidu

Latexové pojivo vychází z polymerní reakce směsi monomerů, která obsahuje NMA. Tento jednosložkový samo-síťovací systém vychází z kondenzační reakce methylolových skupin za vzniku methyletherových můstků, které jsou ale nestabilní a dochází k uvolnění formaldehydu za vzniku methylenových můstků. Formaldehyd však představuje riziko pro lidské zdraví v podobě bolesti hlavy a podráždění sliznic. K zamezení vzniku formaldehydu je možné namísto NMA vycházet z N-ethylolakrylamidu, který je schopen eliminovat tvorbu formaldehydu. Nevýhoda N-ethylolakrylamidu spočívá v uvolňování acetaldehydu, který by mohl vést k tvorbě polymerů s nízkou molekulovou hmotností a nedostatečné mechanické pevnosti nátěru [41].

Zesílení za pomoci NMA probíhá účinným tepelným vytvrzením, kyselou nebo zásaditou katalýzou při tvorbě nátěrového filmu. Síťovací reakce může probíhat také kondenzační reakcí methylolové skupiny NMA s hydroxylovou skupinou příslušného alkoholu (rovnice 11, 12).

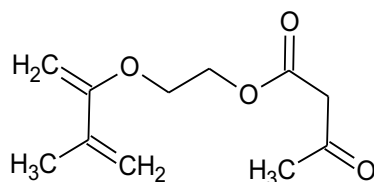




Latexová pojiva s kopolymerovaným NMA se využívají jako pojiva pro netkané textilie, jsou součástí výplachů pro ropné vrty, modifikátory viskozity, komponenty pro přípravu iontoměničových pryskyřic, k přípravě chemicky modifikované celulózy, k výrobě obuvi, syntetické kůže a fotografického papíru [42].

#### 1.4.3. Samo-síťování na bázi 2-(acetoacetoxy)ethylmethakrylátu

2-(Acetoacetoxy)ethylmethakrylát (AAEM) je bezbarvá kapalina (obrázek 7) vynikající ve srovnání s ostatními síťujícími monomery nízkou toxicitou, díky které je vhodným monomerem pro vodou ředitelné nátěry vyznačující se svým ekologickým charakterem. Začlenění monomeru AAEM zvyšuje adhezi nátěru na kovovém podkladu, tvrdost povlaků, odolnost vůči korozi a jeho předností je snadná reakce se síťovacími činidly [43,44].

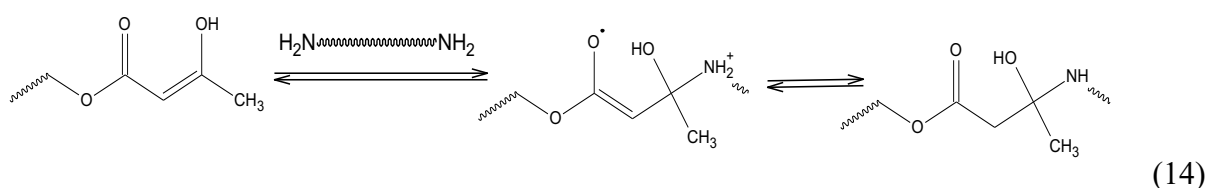
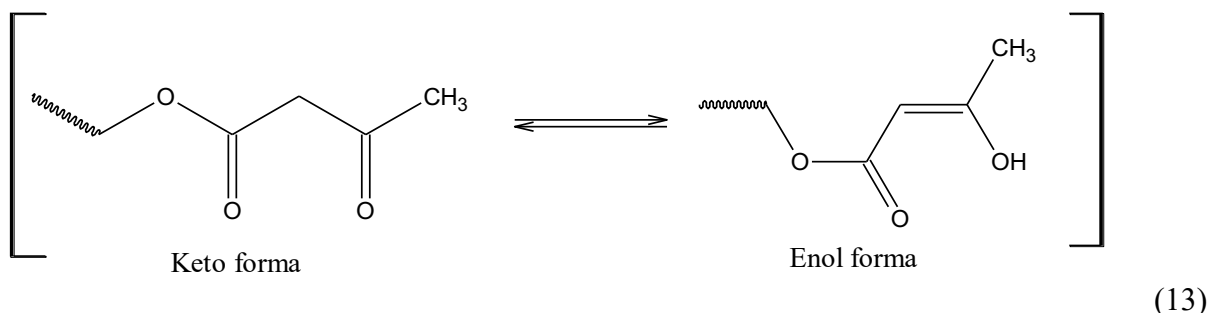


**Obrázek 7 Chemická struktura (2-acetoacetoxy)ethylmethakrylátu**

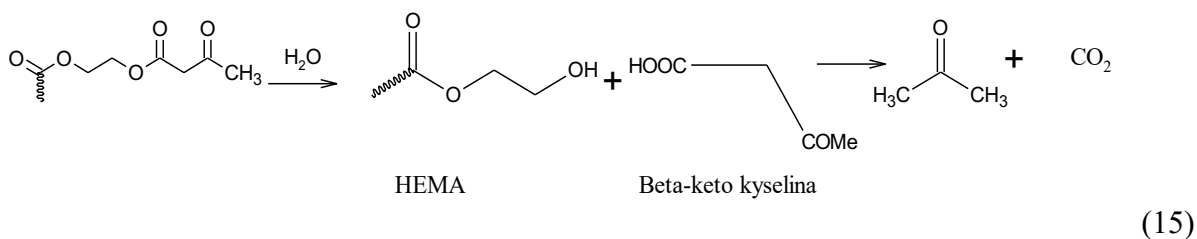
Síťovací reakce 2-acetoacetoxy skupiny upoutala pozornost koncem 80. let. Methakrylátová část AAEM může snadno reagovat radikálovou polymerací a 2-acetoacetoxy skupina může poskytnout samo-síťující reakci s vhodnými reakčními skupinami, jako jsou např. diaminy nebo isokyanáty, které se používají z důvodu dobré reaktivity s acetoacetoxy skupinami při laboratorní teplotě [45,46].

Reakce s diaminem může probíhat dvěma způsoby, díky tautomerizaci acetoacetoxy skupiny na formu enolovou či ketonovou (rovnice 13), kde výsledný produkt je v obou případech stejný, tj. ester enamín. Reakce probíhá při zásaditém pH, a proto je ketonová cesta

nepravděpodobná, zatímco enolová cesta může probíhat v alkalickém prostředí a zahrnuje Michaelovu adiční reakci diaminu na enolovou formu acetoacetoxy skupin (rovnice 14) [47].

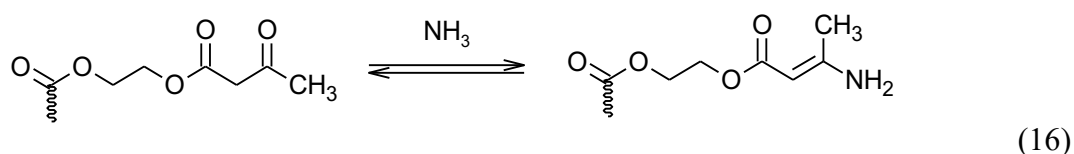


U akrylátových latexů může 2-acetoacetoxy skupina za vyšších teplot podléhat hydrolytickému štěpení a následné dekarboxylační reakci, což vede ke vzniku 2-hydroxyethylové skupiny (v řetězci vzniká jednotka kopolymerovaného 2-hydroxyethylmethakrylátu) a beta-ketokyseliny, která se rozkládá na aceton a oxid uhličitý (rovnice 15). Ztrátou acetoacetoxy skupin dochází ke snížení účinnosti zesíťení, jelikož vznikající 2-hydroxyethylmethakrylát nereaguje s diaminy. Tato hydrolytická reakce je nežádoucí nejen z hlediska snížení míry zesíťení, ale i z důvodu zvýšení MFFT (Minimální filmtvorná teplota) [48].



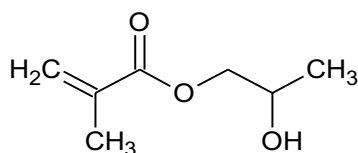
K potlačení hydrolyzy a zachování funkčních skupin AAEM je akrylátový latex v posledním kroku syntézy alkalizován vodným roztokem amoniaku na pH 8–9 (rovnice 16). 2-Acetoacetoxy skupina je převedena reakcí s amoniakem na stabilnější enaminovou formu, která není tolik citlivá na hydrolytickou reakci a nereaguje tak ochotně s diaminy. Díky těmto vlastnostem lze latex a diamin skladovat v jednom balení. Během tvorby filmu dochází k vytěkání amoniaku, acetoacetoxy skupiny se regenerují a stávají se dostupnými pro síťovací

reakce s diamine. Tariq a kol. [49] za pomoci infračervené spektrometrie ověřili, že síťující reakce může probíhat při laboratorní teplotě. Nicméně, zahřátím nátěrového filmu při 60 °C síťující reakce probíhala podstatně rychleji a výsledná polymerní struktura vykazovala vyšší stupeň zesítnění [48,49].



#### 1.4.4. Samo-síťování na bázi 2-hydroxypropylmethakrylátu

N-(2-hydroxypropyl)methakrylát (HPMA) je bezbarvá kapalina s nepříjemným zápachem, která snadno kopolymeruje se širokou škálou monomerů (obrázek 8). Hydroxylové skupiny zvyšují adhezní vlastnosti a účastní se síťujících reakcí, ale během tvorby filmu mají tendenci migrovat na mezifázové rozhraní vzduch–film, čímž snižují odolnost nátěrových filmů vůči vodě. Samo-síťování je způsobeno dehydratační reakcí hydroxylových skupin za vzniku etherových vazeb. Kopolymerace s HPMA se používá pro získání trvalého vysokého lesku, odolnosti vůči poškrábání, odolnosti vůči rozpouštědlům a povětrnostním vlivům u akrylátových pojiv vhodných do vysoce mechanicky namáhaných nátěrů [50].

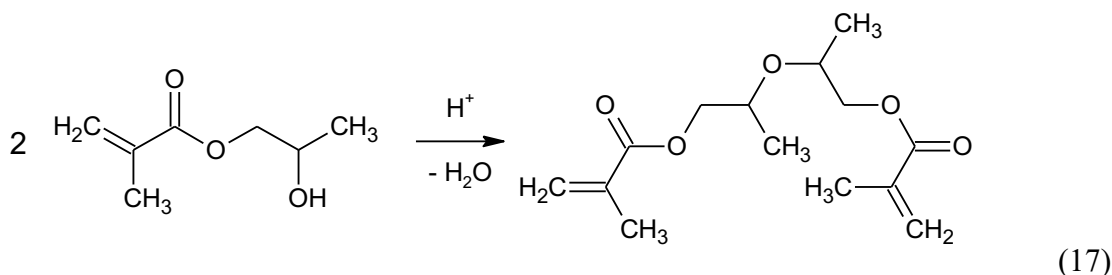


**Obrázek 8 Chemická struktura 2-hydroxypropylmethakrylátu**

Zavedením HPMA do akrylátového polymerního řetězce dochází ke zvýšení hydrofility kopolymeru a pevnosti výsledného materiálu díky síťovací reakci (rovnice 17) [50, 51].

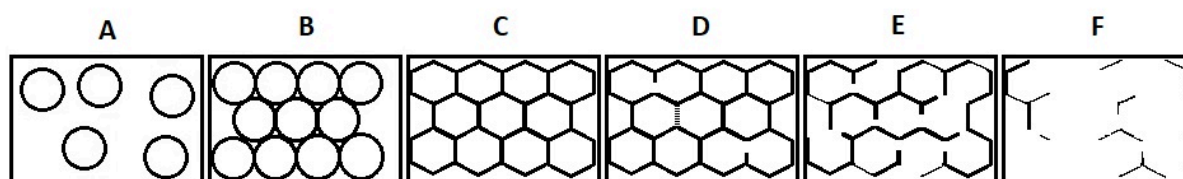
Polymery obsahující kopolymerovaný HPMA se využívají jako složky inteligentních polymerních látek. Jedná se o speciální druh měkkých polymerních materiálů s trojrozměrnými zesítněnými strukturami, tzv. hydrogely, které mohou absorbovat velké množství vody nebo vodných roztoků. Hydrogely jsou zpravidla tvořeny interpenetrující polymerní sítí, což je směs dvou nebo více polymerů v zesítněné formě, kde alespoň jeden polymer je syntetizován nebo je zesítněn v přítomnosti ostatních polymerních látek. Výhodou těchto inteligentních polymerních

látek je přizpůsobení jejich struktury, případně jejich vlastností na fyzikální nebo chemické změny prostředí, jako je např. pH, teplota, iontová síla, elektrické pole, magnetické pole atd. V posledních letech si hydrogely získávají svou pozornost díky své schopnosti zvýšit mechanické vlastnosti a odolnost vůči povětrnostním vlivům nebo kombinovat vícesložkové polymerní materiály bez jakékoli separace fází [52].



#### 1.4.5. Mechanismus tvorby filmu z akrylátových latexů

Latexový film vzniká postupným odpařováním vody a stejně tak i pomocných rozpouštědel z povrchu filmu. Proces tvorby filmu je podmíněn teplotou skelného přechodu polymeru, která se musí nacházet pod aplikační teplotu, aby mohlo docházet ke kvalitní koalescenci a interdifúzi polymerních řetězců mezi polymerními latexovými částicemi. Tímto procesem, který je zvaný jako koalescenční proces, dochází k přeměně koloidní polymerní disperze na nátěrový film, (obrázek 9). Koalescence je tvořena ze tří kroků, kdy v prvním kroku (A–B) dochází k odpaření největšího množství vody a latexové částice se přiblíží k sobě a vytváří vrstvu s nejnižším energetickým stavem. Druhý krok (B–C) probíhá mnohem pomaleji než krok první, vypařuje se zbylé množství vody (pokud obaly částic nejsou příliš tuhé) a latexové částice se deformují do těsně sbalené šestihranné struktury, čímž je druhý krok ukončen. Ve třetím kroku závisí tvorba filmu na povaze polymeru a teplotě, jelikož polymerní řetězce mohou interdifundovat v různém rozsahu (D–F). Voda z filmu se stále vypařuje a latexové částice postupně splývají až do vymizení volného prostoru mezi částicemi. Dochází ke vzájemnému splétání polymerních řetězců a vzniku spojitého latexového filmu, pokud je aplikační teplota nad hodnotou MFFT [53,54].



Obrázek 9 Mechanismus tvorby nátěrového filmu z latexu

U vývoje samo-sítujících akrylátových latexů je důležité sladit chemii sítování s fyzikálním procesem tvorby filmu. Voda se z povrchu filmu odpařuje v největším množství v prvním kroku koalescence a pokud by v tomto okamžiku došlo k sítovací reakci, sítování by začalo na rozhraní polymerních částic, což by vedlo ke zvýšení  $T_g$  na rozhraní částic. Zesítnění na rozhraní částic by zabránilo pokračující difúzi sítovacího činidla do částice a výsledný film by měl sice vyšší tvrdost, ale velmi nízkou chemickou odolnost, odolnost vůči vodě a mechanickou odolnost než film nezesítněný. K získání homogenní polymerní sítě je nutné dosáhnout inter-částicového i intra-částicového zesítnění. Sítovací reakce by měla probíhat až poté, co dojde v dostatečné míře k difúzi polymerních řetězců mezi sousedními latexovými částicemi(b). Během tvorby filmu se rovněž vyvíjí pH latexového povlaku, což může mít katalytický vliv na sítování. Zároveň lze v některých případech dle hodnoty pH určit zahájení sítovací reakce [55].

### **1.5. Antimikrobiální účinek nanostrukturních částic**

Nanočástice jsou základní stavební jednotky v nanotechnologii a jedná se o částice syntetické nebo přírodní s alespoň jedním rozměrem od 1–100 nm. Nanočástice existují ve formě dokonalých krystalů, u kterých nečistoty i defekty krystalické mřížky migrují na povrch krystalu v krátkém časovém rozmezí. Tento typ částic se využívá v několika průmyslových odvětvích, např. elektronika, biomedicína, farmacie, kosmetika, katalýza nebo materiálové aplikace. Nanotechnologie nachází uplatnění ve zlepšování kvality ovzduší, vody a půdy, kde detekuje znečišťující látky a pomáhá při vývoji nových technologií k detekci. Přicházející nové technologie jsou spojeny také s obavou ohledně ohrožení životního prostředí, a proto je nutné věnovat dostatečnou pozornost a provést pečlivý výzkum vzhledem k bezpečnosti nanotechnologií [56].

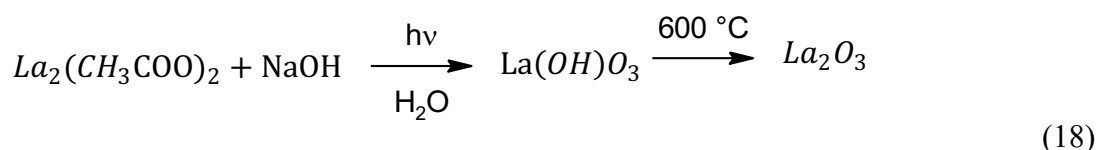
Nanočástice získaly svou pozornost také díky svým antimikrobiálním účinkům a využívají se tak k formulaci látek, u kterých je cílená regulace nebo nejlépe inhibice růstu mikroorganismů (MO). Antimikrobiální odolnost nanočástic vychází z jejich tvaru, velikosti a koncentrace a spočívá ve snadné penetraci do biologické bariéry, buněčné membrány a vysoké reaktivitě, která způsobuje narušení procesu tvorby ribonukleové kyseliny (RNA) a DNA v buňkách. Jedná se tedy o antimikrobiální aditiva, jejichž účinnost lze zvýšit jejich začleněním na povrch materiálu, aby mohly přijít do kontaktu s MO a snížit tak riziko kontaminace [57].

Nanočástice na anorganické bázi vykazují lepší stabilitu za vysoké teploty než na organické bázi, a proto jsou nejvíce používané nanočástice kovů nebo oxidů kovů.

Antimikrobiální působení nanočástic bylo potvrzeno u oxidu stříbra, hořčíku, zinku, mědi a další jsou nadále zkoumány. Inhibice růstu MO za pomoci nanočástic se využívá na povrchu implantátů, ve vakcínách k rychlejšímu hojení ran apod. [58].

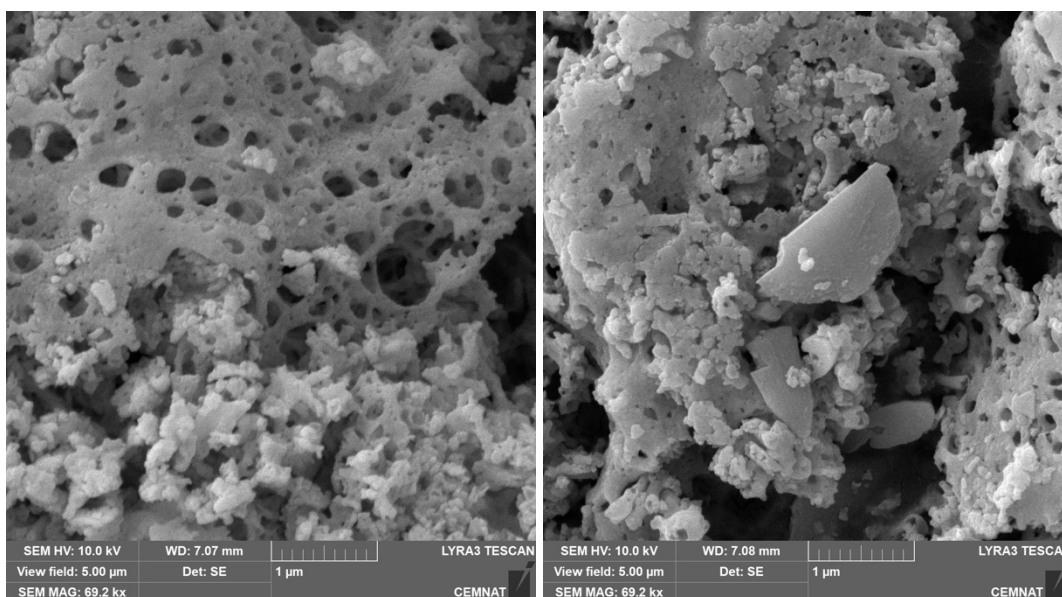
### 1.5.1. Nanočástice oxidu lanthanitého

Nanočástice oxidu lanthanitého ( $n\text{La}_2\text{O}_3$ ) lze připravit z hydroxidu lanthanitého kalcinační reakcí při teplotě  $600\text{ }^\circ\text{C}$  (viz rovnice 18). Hydroxid lanthanitý vychází ze sonochemické reakce lanthanité soli kyseliny octové s hydroxidem sodným.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  mají sférickou strukturu a jedinečné fyzikálně–chemické vlastnosti, díky kterým se využívají v senzorech, elektronice, palivových článcích nebo v katalýze [59].



Nanočástice  $\text{La}_2\text{O}_3$  jsou využívány v průmyslu, biomedicíně a zemědělství a díky jejich širokému uplatnění se pouze v Evropě do životního prostředí uvolní okolo 900 kg lanthanu (nejen z nanočástic), což je padesátkrát více než v případě mědi nebo kadmia. Jelikož mezi vlastnosti lanthanu patří schopnost narušit buněčné membrány, je důležité si uvědomit následky dlouhodobého vystavení nanočástic na lidské zdraví. Toxicita  $n\text{La}_2\text{O}_3$  se projevuje plicním zánětem a fibrózou jater a závisí na chemickém složení nanočástic, resp. jejich čistotě, povrchovém náboji, tvaru, struktuře, distribuci, aglomeraci a koncentraci.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  jsou velmi dobře rozpustné v kyselém buněčném prostředí, např. v přítomnosti fagolyzozómu, který je nezbytný k destrukci MO a patogenů. V porovnání s ostatními prvky vzácných zemin mají  $n\text{La}_2\text{O}_3$  velmi dobrou schopnost narušit integritu buněčné membrány, ale zatím není úplně jasné, jakým způsobem dochází k této degradaci [60].





**Obrázek 10 Morfologie nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$  ze skenovacího elektronového mikroskopu**

$\text{nLa}_2\text{O}_3$  mají tendenci k aglomeraci, která závisí na velikosti částic a její distribuci, zeta potenciálu a pH. Při zvýšené hodnotě pH dochází k potlačení vzniku aglomerátů. Nanočástice o menších rozměrech prochází snadněji buněčnými membránami a penetrují hlouběji do buňky, pokud se dostanou do krevního oběhu, nastává jejich kumulace a ukládání primárně v mozku, srdci, slezině, ledvinách, játrech a reprodukčním systému [60].

Balusamy a kol. uvedli, že  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  vykazují antimikrobiální chování vůči *S. Aureus* a také dalším gram pozitivním bakteriím, u kterých se při delším působení nanočástic projevuje mírná degradace. Gram pozitivní bakterie však nejsou vůči  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  tak náchylné jako gram negativní bakterie, např. *Escherichia coli*, kterým postačuje mnohem kratší doba působení nanočástic, aby došlo k úplné degradaci bakterie. Kromě bakterií potlačují  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  také růst plísní a kvasinek. Inhibice růstu MO probíhá obdobně jako u nanočástic oxidu zinečnatého a je založena na pozvolném uvolňování reaktivních forem kyslíku, které narušují buněčnou membránu a umožňují procházení iontů kovů do buňky, čímž dochází k narušení DNA buněk. Ionty kovů působí uvnitř buňky negativně na funkci mitochondrií, u kterých dochází ke snížení mitochondriálního membránového potenciálu, což vede k oxidativnímu stresu a inhibici růstu buněk [61].

### 1.5.2. Oxid titaničitý

NH s antimikrobiálním účinkem by měly být bezpečné pro životní prostředí, ale zároveň vykazovat efektivní působení vůči bakteriím, plísním, řasám a zabraňovat šíření infekcí. Nejvíce se antimikrobiální nátěry využívají ve stavebnickém průmyslu, převážně na interiérové

a exteriérové použití, kde je vyžadován vysoký stupeň hygieny, jako jsou např. nemocnice, pečovatelské domy, školy apod. Byly vyvinuty fotoaktivní pigmenty na bázi oxidu titaničitého a oxidu zinečnatého se samočisticím efektem, které mají schopnost snížit znečištění ovzduší. Zpravidla se začleňují do nátěrových hmot za účelem snížení kontaminace MO. V této diplomové práci jsme se zaměřili na začlenění pigmentu  $\text{TiO}_2$  do syntetizovaných akrylátových latexů z důvodu zvýšení antimikrobiální odolnosti pojiva [62].

Oxid titaničitý ( $\text{TiO}_2$ ), tj. titanová běloba, se vyskytuje ve třech odlišných krystalických modifikacích a jedná se o rutil, anatas a brookit, ale pro přípravu pigmentů se využívá pouze modifikace anatasu a brookitu. Rutilová forma vychází z anatasové při teplotě okolo  $900\text{ }^\circ\text{C}$  a definuje ji vysoký index lomu ( $n = 2,7$ ), tvrdost, krycí schopnost, bělost a velmi dobré optické vlastnosti. Anatasová forma není vhodná pro vysokoteplotní aplikace z důvodu změny struktury při vyšších teplotách. Z hlediska bělosti je rutilový pigment mírně zbarven do žluta, zatímco anatasový se jeví více do bílé barvy [63].

Titanová běloba působí fotokatalytickým efektem a využívá se pro své schopnosti čištění vzduchu, antibakteriální efekt a udržení čistoty povrchu materiálu. Tento pigment však zároveň dokáže poškodit nátěr, jelikož titanová běloba funguje jako katalyzátor fotochemické reakce a při expozici slunečnímu záření může docházet k degradaci polymerního pojiva samotným pigmentem.  $\text{TiO}_2$  je polovodič, který se v kontaktu s kyslíkem po expozici UV zářením aktivuje a dochází k jeho oxidaci nebo redukci za vzniku hydroxylových radikálů, peroxidu vodíku nebo superoxidovým aniontům. Takto vzniklé radikály v kombinaci s reaktivním molekulárním kyslíkem degradují organické molekuly představující pojiva v nátěrových hmotách, nečistoty nebo buněčné organismy. Zvýšení nebo snížení odolnosti pojiva přidavkem titanové běloby závisí převážně na daném pojivu, velikosti částic pigmentu, homogenním rozptýlení pigmentu v pojivu, vhodné povrchové úpravě pigmentu apod. Následkem fotokatalytické reakce titanové běloby je křídování nátěrů, které je způsobeno přístupem kyslíku k pigmentu [63,64].

## 2 CÍLE PRÁCE

Cílem této diplomové práce byla příprava a studium samo-síťujících akrylátových latexů s teoretickým obsahem 1,5 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  vykazujících dobrou chemickou odolnost a antimikrobiální účinek. Emulzní polymerací byly připraveny akrylátové latexy využívající různých mechanismů síťování. Tyto latexy byly porovnány s latexy obdobného chemického složení, u nichž nebyl zaveden mechanismus síťování, a také s latexy, do kterých nebyly začleněny  $n\text{La}_2\text{O}_3$ . U latexů byly sledovány základní vlastnosti nátěrového filmu, stabilita při vyšší a snížené teplotě. Dále byla hodnocena chemická, fyzikálně–mechanická a mikrobiální odolnost. Další cíl spočíval ve zjištění antikorozní účinnosti připravených pojiv a odolnosti vůči bleskové korozi kovového podkladu, jelikož běžné vodou ředitelné disperze vykazují v tomto směru nízkou korozi odolnost. K dosažení vyšší chemické, mechanické, mikrobiální a korozi odolnosti byl při syntéze pojiva využit proces samo-síťování a začlenění  $n\text{La}_2\text{O}_3$ . U takto připravených pojiv byla předpokládána zvýšená chemická odolnost a antimikrobiální účinek.

Následně byly ze syntetizovaných akrylátových latexů připraveny dispergací NH obsahující 10 % objem. pigmentu  $\text{TiO}_2$ , u kterých byl cíl zjistit chování a vlastnosti připravených vodou ředitelných pojiv s pigmentem. Byla hodnocena chemická, fyzikálně–mechanická, mikrobiální odolnost a korozi účinnost. Na základě výsledných hodnot připravených vodou ředitelných pojiv a pojiv s pigmentem  $\text{TiO}_2$  byla vybrána tři pojiva na formulaci NH s antikorozními pigmenty. Cíl formulace NH s antikorozními pigmenty a inhibítorem bleskové koroze spočíval v dosažení zvýšené korozi odolnosti pro korozi prostředí C3.

Předpokládaným výstupem práce je NH na bázi samo-síťujícího vodou ředitelného akrylátového pojiva se začleněnými  $n\text{La}_2\text{O}_3$ , která bude antimikrobiální účinek, bude odolná vůči chemickým vlivům, bude vykazovat nulový nebo velmi nízký sklon k bleskové korozi na kovovém podkladu a mít antikorozní vlastnosti pro korozi prostředí C3. K dosažení těchto cílů byly provedeny testy charakterizující základní vlastnosti antikorozních pigmentů, antikorozního nátěrového filmu a jeho fyzikálně–mechanickou, chemickou a korozi odolnost a také byly provedeny antimikrobiální testy. K posouzení antimikrobiální odolnosti výsledné NH byl hodnocen antimikrobiální účinek syntetizovaného pojiva, které tvořilo základní složku formulované NH.

## Souhrn cílů práce

- Příprava a studium samosíťujících latexů s předpokládanou chemickou a antimikrobiální účinností
  - Stanovení obsahu koagulátu, sušiny, pH, zdánlivé viskozity a MFFT syntetizovaných akrylátových latexů
  - Stanovení velikosti částic a Zeta potenciálu
  - Stanovení síťové hustoty a obsahu elementárního lanthanu
  - Stanovení pH a měrné elektrické vodivosti vodného výluhu volného filmu
  - Stanovení fyzikálně-mechanické, chemické a antimikrobiální odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů
- Studium stability latexu vlivem dlouhodobého skladování
  - Stanovení změny MFFT a síťové hustoty
  - Stanovení odolnosti vůči mrazuvzdornosti
  - Stanovení fyzikálně-mechanické a chemické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů
- Hodnocení pigmentovatelnosti připravených latexů s 10 % objem. pigmentu  $\text{TiO}_2$ 
  - Charakterizace pigmentu
  - Stanovení fyzikálně-mechanické, chemické a antimikrobiální odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů
  - Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči bleskové korozi a tendenci nátěrového filmu k absorpci vody a tvorbě puchýřů
- Studium předpokládaných antikoročních vlastností vybraných latexů při OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  při Q = 35 %
  - Studium vlivu antikoročních pigmentů na korozní odolnost vybraných akrylátových latexů
  - Studium pH měrné elektrické vodivosti vodných výluhů antikoročních pigmentů a elektrochemické lineární polarizace
  - Studium fyzikálně-mechanické a chemické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů

### 3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

#### 3.1. Přehled použitých surovin a chemikálií při syntéze akrylátových latexů

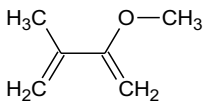
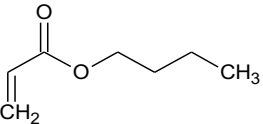
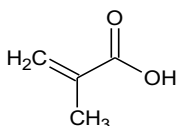
K přípravě vodných akrylátových disperzí, tj. latexů, byly použity monomerní látky, destilovaná voda, iniciátor, emulgátor a síťující činidlo. Jako výchozí nízkomolekulární monomerní látky byly použity: methyl-methakrylát (MMA), n-butyl-akrylát (BA), kyselina methakrylová (KMA), diacetonakrylamid (DAAM), 2-(Acetoacetoxy)ethylmethakrylát (AAEM), N-(hydroxymethyl)akrylamid (NMA) a N-(2-hydroxypropyl)methakrylát (HPMA). Latexy s kopolymerovaným DAAM obsahovaly také dihydrazid kyseliny adipové (ADH), zatímco do latexů s kopolymerovaným AAEM byl předložen hexamethyldiamin (HMDA) jako síťující činidla.

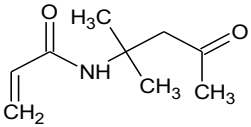
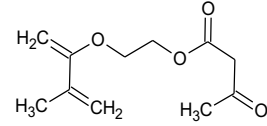
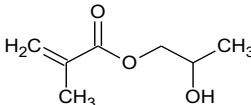
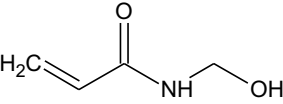
Do samo-síťujících polymerních disperzí byly začleněny  $n\text{La}_2\text{O}_3$  v práškové formě o koncentraci 1,5 % hmotn. (vztaženo na celkovou monomerní násadu), které byly přidány během syntézy. Paralelně byly připraveny samo-síťující disperze, které  $n\text{La}_2\text{O}_3$  neobsahovaly.

##### 3.1.1. Monomerní látky a jejich vlastnosti

Syntéza akrylátových disperzí byla provedena za použití monomerů uvedených v Tabulkách 1 a 2, kde jsou uvedeny základní informace o těchto látkách.

**Tabulka 1 Seznam použitých monomerních látek**

Monomer	Chemický vzorec	Zkratka	Výrobce
<i>Methyl-methakrylát</i>		MMA	Sigma-Aldrich s.r.o.
<i>n-butyl-akrylát</i>		BA	Sigma-Aldrich s.r.o.
<i>Kyselina methakrylová</i>		KMA	Sigma-Aldrich s.r.o.

<i>Monomer</i>	<b>Chemický vzorec</b>	<b>Zkratka</b>	<b>Výrobce</b>
<i>(N-(1,1-dimethyl-3-oxobutyl) akrylamid</i>		DAAM	Sigma-Aldrich s.r.o.
<i>2-(Acetoacetoxy)ethyl methakrylát</i>		AAEM	Sigma-Aldrich s.r.o.
<i>N-(2-hydroxypropyl) methakrylát</i>		HPMA	Sigma-Aldrich s.r.o.
<i>N-(hydroxymethyl) akrylamid</i>		NMA	Sigma-Aldrich s.r.o.

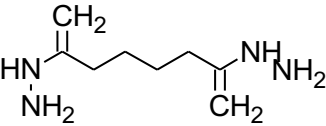
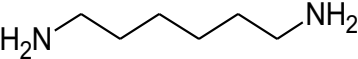
**Tabulka 2 Základní vlastnosti monomerních látek**

<i>Monomer</i>	<b>Mr [g/mol]</b>	<b>Bod varu [°C]</b>	<b>Bod tání [°C]</b>	<b>Hustota [g/cm<sup>3</sup>]</b>	<b>CAS No.</b>
<i>MMA</i>	100,1	100	-48	0,943	80-62-6
<i>BA</i>	128,2	147	-64	0,883	141-32-2
<i>KMA</i>	86,1	160	15	1,018	79-41-4
<i>DAAM</i>	169,2	120	56	0,965	2873-97-4
<i>AAEM</i>	214,22	100	-	1,122	21282-97-3
<i>HPMA</i>	144,17	240	-58	1,029	27813-02-1
<i>DAAM</i>	101,1	277	74-75	1,082	924-42-5

### 3.1.2. Síťující činidla a jejich vlastnosti

Důležitou součástí samo-síťujících akrylátových disperzí jsou síťující činidla, jejichž vlastnosti jsou vypsány v tabulkách 3 a 4.

**Tabulka 3 Seznam použitých nízkomolekulárních síťujících činidel**

<i>Síťující činidlo</i>	<b>Chemický vzorec</b>	<b>Zkratka</b>	<b>Výrobce</b>
<i>Dihydrazid kyseliny adipové</i>		ADH	Sigma-Aldrich s.r.o.
<i>Hexamethyldiamin</i>		HMDA	Sigma-Aldrich s.r.o.

**Tabulka 4 Základní vlastnosti nízkomolekulárních síťujících činidel**

<i>Síťující činidlo</i>	Mr [g/mol]	Bod varu [°C]	Bod tání [°C]	Hustota [g/cm <sup>3</sup> ]	CAS No.
<i>ADH</i>	174,2	519,3	180-182	1,186	1071-93-8
<i>HMDA</i>	116,2	204	42	0,840	124-09-4

### 3.1.3. Nanočástice

Informace o použitých nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> jsou uvedeny v tabulce 5.

**Tabulka 5 Nanočástice La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> začleněné do akrylátového latexu během syntézy**

Název	Sumární vzorec	CAS No.	Čistota	Velikost primárních částic [nm]	Výrobce
<i>Oxid lanthanitý</i>	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1312-81-8	≥99 %	<100	Sigma-Aldrich s.r.o.

### 3.1.4. Další chemikálie pro syntézu akrylátových latexů

Vlastnosti ostatních chemikálií, které byly používány pro syntézu latexů, jsou uvedeny v tabulkách 6–8.

**Tabulka 6 Základní vlastnosti emulgátoru Disponil FES 993 IS**

Disponil FES 993 IS	
<b>Funkce:</b>	Emulgátor
<b>Hustota</b>	1,1 g/cm <sup>3</sup>
<b>CAS No.</b>	68891-38-3
<b>Výrobce:</b>	BASF Inc.

**Tabulka 7 Základní vlastnosti peroxidisíranu amonného**

Peroxodisíran amonný	
<b>Funkce:</b>	Iniciátor
<b>Sumární vzorec:</b>	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>
<b>Molární hmotnost:</b>	228,2 g/mol
<b>Hustota</b>	1,98 g/cm <sup>3</sup>
<b>CAS No.</b>	7727-54-0
<b>Obsah aktivní složky:</b>	99,9 %
<b>Výrobce:</b>	Sigma-Aldrich s.r.o.

**Tabulka 8 Základní vlastnosti uhličitanu sodného**

Uhličitan sodný	
<b>Funkce:</b>	Regulátor pH
<b>Sumární vzorec:</b>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
<b>Molární hmotnost:</b>	105,98 g/mol
<b>Hustota</b>	2,52 g/cm <sup>3</sup>
<b>CAS No.</b>	497-19-8
<b>Výrobce:</b>	Sigma-Aldrich s.r.o.

**3.1.5. Srovnávací vodou ředitelné disperze**

Jako srovnávací vodou ředitelné disperze byly použity stejným způsobem syntetizované latexy se začleněným pigmentem TiO<sub>2</sub> rutilového typu o koncentraci 20 hmotn. % pigmentu na 100 g akrylátové disperze.

**3.1.6. Pigmenty a plniva**

Vlastnosti pigmentů a plniv, které byly používány pro formulaci antikoročních NH v tabulce 9.

**Tabulka 9 Základní vlastnosti použitých pigmentů a plniv**

Pigmenty	Chemický vzorec		Hustota [g/cm <sup>3</sup> ]	Olejové číslo [g/100 g pigm.]	KOKP
<b>Oxid titaničitý RO-2</b>	TiO <sub>2</sub>	Ti <sup>4+</sup>	4,06±0,02	25,21	47,43
<b>Oxid hořečnato-železitý (laboratorní příprava)</b>	MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Mg <sup>2+</sup> /Fe <sup>3+</sup>	4,42±0,02	13,27	61,15
<b>Oxid hořečnato-titaničitý (laboratorní příprava)</b>	MgO·TiO <sub>2</sub>	Mg <sup>2+</sup> /Ti <sup>4+</sup>	3,81±0,02	25,1	49,11
<b>Tetraoxid diolovnatolovičitý</b>	Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Pb <sup>2+</sup> /Pb <sup>4+</sup>	8,77±0,02	4,68	69,22
<b>Bayferrox–hematit 120 M</b>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sup>3+</sup>	5,06±0,02	17,72	50,75
<b>Orthofosforečnan zinečnatý, hydrát</b>	Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·xH <sub>2</sub> O (x = 2-4)	Zn <sup>2+</sup> /(PO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>	3,88±0,02	24,31	49,46
<b>Wollastonit KS–3</b>	CaSiO <sub>3</sub>	Ca <sup>2+</sup> /(SiO <sub>3</sub> ) <sup>2+</sup>	2,92±0,02	36,23	46,59
<b>Plastorit (směsné křemičitanové plnivo)</b>	Mg <sub>5</sub> Al(OH) <sub>8</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )/SiO <sub>2</sub>	Mg <sup>2+</sup>	2,51±0,02	26,33	58,28



### 3.1.7. Aditiva

**Tabulka 10 Vlastnosti odpěňovače Dehydran® 1239**

<b>Dehydran® 1239</b>	
<b>Funkce:</b>	Odpěňovač
<b>Složení:</b>	Modifikované siloxany
<b>Viskozita:</b>	5-15 mPa.s
<b>Hustota</b>	0,89-0,93 g/cm <sup>3</sup>
<b>Výrobce/dodavatel:</b>	Henkel KGaA, Německo

**Tabulka 11 Vlastnosti inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA 179**

<b>Nalzin® FA 179</b>	
<b>Funkce:</b>	Inhibitor bleskové koroze
<b>Složení:</b>	Komplexní sloučenina zinku ve směsi rozpouštědel
<b>Viskozita:</b>	250 mPa.s
<b>Hustota</b>	1,080 g/cm <sup>3</sup>
<b>Výrobce/dodavatel:</b>	Elementis, UK

## 3.2. Použité přístroje a zařízení

### 3.2.1. Přístroje použité k přípravě akrylátových latexů

Laboratorní váhy, KERN & Sohn GmbH, Německo; polymerační aparatura pro přípravu vodné disperze, ultrazvuková lázeň KRAINTEK K-12.F., Kraittek s.r.o., Slovenská republika; dispergátor SilentCrusher M, Heidolph, Německo.

### 3.2.2. Přístroje použité ke stanovení charakteristických vlastností akrylátových latexů

Laboratorní váhy, KERN & Sohn GmbH, Německo; laboratorní vakuová sušárna VO400, Memmert GmbH, Německo; přenosný pH metr Mettler Toledo FiveEasy FE20, Merck KGaA, Německo; rotační viskozimetr Brookfield LVDV-E Viscometer, Brookfield Engineering Laboratories, USA; analytické váhy, OHAUS, Švýcarsko; Litesizer 500, Anton Paar, GmbH, Německo; Minimum film forming temperature bar, BYK GARDNER, Německo; Zetasizer Nano ZS, Velká Británie; laboratorní elektrická muflová pec 3013, Classic, Česká republika; konduktometr, Handylab LF1, Schott, Německo; ICP spektrometr ThermoScientific iCAP 7000 Series (Thermo Fisher Scientific, Německo)

### 3.2.3. *Přístroje použité k přípravě nátěrových filmů a charakterizaci pigmentů a plniv*

Laboratorní váhy, KERN & Sohn GmbH, Německo; analytické váhy, OHAUS, Švýcarsko; disperger DISPERMAT, Donventa AG, Švýcarsko; Míchadlo Heidolph RK3, Německo; Autopyknometr Micrometrics 1320, USA; laboratorní sušárna, Memmert, Německo; silikonové formy pro přípravu volných filmů; krabicová nanášecí pravítka se šterbinou 100–150  $\mu\text{m}$  a 200–250  $\mu\text{m}$ .

### 3.2.4. *Přístroje ke stanovení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrových filmů*

Leskoměr Micro-Tri-Gloss, BYK GARDNER, Německo; kyvadlový přístroj 3034M001 Perzos, König, Elcometer, Německo; tloušťkoměr MINITEST 1100, ElektroPhysik, Německo; magnetický tloušťkoměr 3635, BYK GARDNER, Německo; řezací nůž ke stanovení přilnavosti SPRL, Elcometer Instruments GmbH, Německo; přístroj ke stanovení odolnosti úderem 1615, Elcometer, Anglie; přístroj ke stanovení odolnosti ohybem 1506, Elcometer, Anglie; přístroj ke stanovení odolnosti hloubením 1620, ERICHSEN, Německo; spektrometr UltraScan PRO, HunterLab, USA; Optický mikroskop, Nikon Eclipse LV100, Japonsko; Odtrhový přístroj COMTEST®OP3P, Coming plus, a.s., Praha.

### 3.2.5. *Přístroje ke stanovení chemické a antikorozní odolnosti nátěrových filmů*

Kondenzační komora, Kovofiniš Ledec nad Sázavou, Česká republika; Korozní komora SKB400ATR s kondenzací solné mlhy, Liebisch, Německo; Korozní komora s kondenzací oxidu siřičitého V400, Liebisch, Německo; VIS Spektrometr ColorQuest XE Hunterlab, USA; Kondenzační box – QUV/SI, Anglie.

### 3.2.6. *Přístroje ke stanovení antimikrobiální účinnosti nátěrových filmů*

Mikropipety Discovery Comfort, HTL, Polsko; počítačka kolonií LBK 2002, POL-EKO-APARATURA sp.j., Polsko; optický mikroskop Eclipse E200, Nikon, Japonsko; UV-světlo, biologický termostat BT 120M, laboratorní přístroje Praha, Česká republika; preventol DipSlides, Lanxess, Německo; ostatní běžné vybavení mikrobiologické laboratoře.

## 3.3. Postup syntézy akrylátových latexů

Syntetizováno bylo deset akrylátových latexů, které se od sebe lišily přítomností  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  a zavedeným mechanismem síťování. První série latexů neobsahovala  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  a u každého latexu byl použit jiný typ síťování. Druhá série latexů obsahovala  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  o koncentraci 1,5 % hmotn. vztaženo na polymerní složku, které byly do pojiva začleněny během syntézy, a u

každého latexu byl opět použit jiný typ síťování. V rámci obou sérií byl rovněž syntetizován latex, u něhož nebyl použit žádný mechanismus síťování.

Akrylátové latexy byly připraveny procesem semikontinuální emulzní polymerace na aparatuře znázorněné na obrázku 11.



**Obrázek 11** Aparatura k emulzní polymeraci, 1 – míchadlo, 2 – emulgační baňka, 3 – termostat, 4 – vodní lázeň s ohřívacím tělesem, 5 – těsnící kryt na polymerační reaktor, 6 – přívod inertního plynu, 7 – přívod monomerů, 8 – zpětný chladič, 9 – polymerační reaktor; převzato a upraveno z [65]

### 3.3.1. Syntéza akrylátových latexů bez začleněných nanočástic $La_2O_3$

Syntéza latexů s odlišným kopolymerním složením byla provedena dle receptur uvedených v Tabulkách 12–18.

V prvním kroku bylo do reakční nádoby odměřeno dané množství destilované vody, emulgátoru (Disponil FES 993 IS) a nádoba byla vložena do vodní lázně vyhřáté na 85 °C (v případě latexu AAEM na 80 °C) se zapnutým míchadlem. Přívod inertního plynu ( $N_2$ ) se nastavil tak, aby vodním uzávěrem zpětného chladiče procházely bubliny.

Do emulgační baňky byla připravena směs destilované vody s roztokem iniciátoru  $(NH_4)_2S_2O_8$ , emulgátorem Disponil FES 993 IS a monomery. Tato směs tvořila 1. fázi, která mícháním za použití míchadla vytvořila emulzi monomerů. Po získání homogenní fáze v emulgační baňce byl do reakční nádoby přidán iniciátor. Následně bylo zahájeno přikapávání emulze monomerů do reakční nádoby. Doba přikapávání byla 60 minut a po ukončení přikapu

byla teplota reakční směsi udržována na 85 °C (v případě latexu AAEM na 80 °C) po dobu 15 minut.

Mezitím, kdy probíhala polymerace 1. fáze latexových částic, byla připravena emulze monomerů, která tvořila 2. fázi. Do Ehrlenmayerovy baňky (500 ml) byla navážena destilovaná voda, monomery a dále byl přidán iniciátor  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ , emulgátor Disponil FES 993 IS. Následně byla tato směs přelita do emulgační baňky a bylo spuštěno příkapávání. Příkapávání do reakční nádoby probíhalo po dobu 60 minut.

Po ukončení příkapu emulze monomerů byla teplota reakční směsi udržována na 85 °C (v případě latexu AAEM na 80 °C) po dobu 120 minut. Po uplynutí daného času byl vzniklý latex za stálého míchání ochlazován v reakční nádobě pod inertní atmosférou na teplotu 25 °C. Vychladlý latex byl přefiltrován a uložen do PE lahve. Latex byl následně zalkalizován 10% vodným roztokem amoniaku na pH 9.

Do akrylátového latexu, který obsahoval kopolymerovaný DAAM, bylo po ukončení syntézy začleněno síťovací činidlo v podobě 10% vodného roztoku ADH. Jednalo se o 5 g ADH ve 45 g destilované vody a rozpouštění bylo podpořeno v UZ lázni. Roztok ADH byl přidán do latexu za stálého míchání. Vytvrzení nátěrů, u nichž byl využit tento mechanismus síťování, probíhalo při laboratorní teplotě.

Do akrylátového latexu, který obsahoval kopolymerovaný AAEM, byl po ukončení syntézy vnesen za neustálého míchání 10% vodný roztok HMDA. Jednalo se o 10,84 g HMDA ve 97,56 g destilované vody. Vytvrzení nátěrů s tímto mechanismem síťování probíhalo také při laboratorní teplotě.

Do latexů, které obsahovaly jako součást polymeru síťující monomer HPMA nebo NMA, nebylo přidáno žádné nízkomolekulární síťující činidlo a nátěry byly vytvrzovány 24 hodin při laboratorní teplotě a následně při teplotě 70 °C po dobu 24 hodin.

U výsledných latexových poživ byl stanoven obsah koagulátu, sušina, pH, viskozita, velikost částic, zeta potenciál, mechanická stabilita, mrazuvzdornost a stabilita při vyšší teplotě.

**Tabulka 12 Složení polymeračního systému pro latexy bez a latexy se samo-sít'ováním za pomoci kopolymerace DAAM a NMA**

<b>Násada do reaktoru</b>		<b>g</b>
destilovaná voda		110
Disponil FES 993 IS		1
Roztok peroxodisíranu amonného (0,8 g (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + 30 ml H <sub>2</sub> O)		30,8
<b>Emulze monomerů 1. fáze</b>		<b>g</b>
destilovaná voda		120
Disponil FES 993 IS		14,8
roztok peroxodisíranu amonného (0,8 g (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + 30 ml H <sub>2</sub> O)		30,8
monomery		200
<b>Emulze monomerů 2. fáze</b>		<b>g</b>
destilovaná voda		220
Disponil FES 993 IS		14,8
roztok peroxodisíranu amonného (0,8 g (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + 30 ml H <sub>2</sub> O)		30,8
monomery		200

**Tabulka 13 Použité monomery a jejich poměr pro latex bez samo-sít'ování**

<b>Akrylátový latex s 0 % nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (L0)</b>				
<b>Monomer</b>	<b>1. fáze [%]</b>	<b>1. fáze [g]</b>	<b>2. fáze [%]</b>	<b>2. fáze [g]</b>
BA	53	106	53	106
MMA	43	86	43	86
KMA	4	8	4	8

**Tabulka 14 Použité monomery a jejich poměr pro latex s keto-hydrazidovým samo-sít'ováním**

<b>Akrylátový latex s 0 % nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (L0 DAAM)</b>				
<b>Monomer</b>	<b>1. fáze [%]</b>	<b>1. fáze [g]</b>	<b>2. fáze [%]</b>	<b>2. fáze [g]</b>
BA	53	106	52	104
DAAM	–	–	5	10
MMA	43	86	39	78
KMA	4	8	4	8

**Tabulka 15 Použité monomery a jejich poměr pro latex se samo-sít'ováním na bázi kopolymerovaného NMA**

Akrylátový latex s 0 % nLa <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (L0 NMA)				
Monomer	1. fáze [%]	1. fáze [g]	2. fáze [%]	2. fáze [g]
BA	52	104	45	104
MMA	45	90	52	90
NMA	3	12,5	3	12,5

**Tabulka 16 Složení polymeračního systému pro latexy se samo-sít'ováním na bázi kopolymerovaného AAEM a HPMa**

Násada do reaktoru		g
destilovaná voda		110
Disponil FES 993 IS		1
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		1,2
Roztok peroxodisíranu amonného (0,8 g (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + 30 ml H <sub>2</sub> O)		30,8
Emulze monomerů 1. fáze		g
destilovaná voda		120
Disponil FES 993 IS		14,8
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		1,2
roztok peroxodisíranu amonného (0,8 g (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + 30 ml H <sub>2</sub> O)		30,8
monomery		200
Emulze monomerů 2. fáze		g
destilovaná voda		220
Disponil FES 993 IS		14,8
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		1,2
roztok peroxodisíranu amonného (0,8 g (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> + 30 ml H <sub>2</sub> O)		30,8
monomery		200

**Tabulka 17 Použité monomery a jejich poměr pro latex se samo-sít'ováním na bázi kopolymerovaného AAEM**

Akrylátový latex s 0 % nLa <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (L0 AAEM)				
Monomer	1. fáze [%]	1. fáze [g]	2. fáze [%]	2. fáze [g]
BA	53	106	43	86
AAEM	–	–	20	40
MMA	43	86	33	66
KMA	4	8	4	8

**Tabulka 18 Použité monomery a jejich poměr pro latex se samo-sít'ováním na bázi kopolymerovaného HPMA**

Akrylátový latex s 0 % nLa <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (L0 HPMA)				
Monomer	1. fáze [%]	1. fáze [g]	2. fáze [%]	2. fáze [g]
BA	52	104	52	104
MMA	45	90	45	90
HPMA	3	6	3	6

### 3.3.2. Syntéza akrylátových latexů s obsahem 1,5 % nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Syntéza byla provedena dle receptur uvedených v Tabulkách 19–23. Zároveň bylo respektováno kopolymerní složení latexových polymerů popsanych v kapitole 3.3.1. Složení polymeračních systémů se shoduje s příslušnými recepturami uvedenými v kapitole 3.3.1. a z tohoto důvodu jsou uvedeny pouze použité monomery, jejich poměr a množství nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> v daném systému.

V prvním kroku bylo do reakční nádoby odměřeno dané množství destilované vody, emulgátoru (Disponil FES 993 IS) a nádoba byla vložena do již vyhřáté vodní lázně na 85 °C (v případě latexu AAEM na 80 °C) se zapnutým míchadlem. Přívod inertního plynu (N<sub>2</sub>) se nastavil tak, aby vodním uzávěrem zpětného chladiče procházely bubliny.

Do emulgační baňky byla připravena směs destilované vody s roztokem iniciátoru (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, emulgátorem Disponil FES 993 IS a monomery. Tato směs tvořila 1. fázi, která mícháním za použití míchadla vytvořila emulze monomerů. Po získání homogenní fáze v emulgační baňce byl do reakční nádoby přidán iniciátor. Následně bylo zahájeno přikapávání emulze monomerů do reakční nádoby. Doba přikapávání byla 60 minut a po ukončení přikapu byla teplota reakční směsi udržována na 85 °C (v případě latexu AAEM na 80 °C) po dobu 15 minut.

Mezitím, kdy probíhala polymerace 1. fáze latexových částic, byla připravena emulze monomerů, která tvořila 2. fázi. Do Ehrlenmayerovy baňky (250 ml) byla navážena voda, iniciátor (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, emulgátor Disponil FES 993 IS a nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Tato směs byla dispergována po dobu 20 minut za pomoci dispergátoru Heidoph M při 20 000 rpm. Následně byla baňka uzavřena zátkou a vložena do ultrazvukové lázně (stupeň 9), na dobu 60 minut a teplota lázně byla udržována pod 25 °C. Během toho, co byla baňka v ultrazvukové lázni, byla připravena směs monomerů. Do druhé Ehrlenmayerovy baňky (250 ml) byly naváženy monomery dle receptury a směs byla krátce promíchána. Po uplynutí 60 minut byla baňka z ultrazvukové

lázně odebrána a opět dispergována pomocí dispergátoru Heidoph M při 20 000 rpm po dobu 2 minut a následně přilita k druhé Ehrlenmayerově baňce s monomery. Tato vzniklá směs byla následně dispergována po dobu 2–3 minut při otáčkách 20 000 rpm, ihned přelita do emulgační baňky a bylo spuštěno přikapávání směsi. Přikapávání do reakční nádoby probíhalo po dobu 60 minut.

Po ukončení příkapu emulze monomerů byla teplota reakční směsi udržována na 85 °C (v případě latexu AAEM na 80 °C) po dobu 120 minut. Po uplynutí daného času byl vzniklý latex za stálého míchání ochlazován v reakční nádobě pod inertní atmosférou na teplotu 25 °C. Vychladlý latex byl přefiltrován a uložen do PE lahve.

Do akrylátového latexu, který obsahoval kopolymerovaný DAAM, bylo po ukončení syntézy začleněno síťovací činidlo v podobě 10% vodného roztoku ADH. Jednalo se o 5 g ADH ve 45 g destilované vody a rozpouštění bylo podpořeno v UZ lázni. Roztok ADH byl přidán do latexu za stálého míchání. Vytvrzení nátěrů, u nichž byl využit tento mechanismus síťování, probíhalo při laboratorní teplotě.

Do akrylátového latexu, který obsahoval kopolymerovaný AAEM, byl po ukončení syntézy vnesen za neustálého míchání 10% vodný roztok HMDA. Jednalo se o 10,84 g HMDA ve 97,56 g destilované vody. Vytvrzení nátěrů s tímto mechanismem síťování probíhalo také při laboratorní teplotě.

U výsledných latexových poživ byl stanoven obsah koagulátu, sušina, pH, viskozita, velikost částic, zeta potenciál, mechanická stabilita, mrazuvzdornost a stabilita za vyšší teploty.

**Tabulka 19 Použité monomery a jejich poměr pro latex bez kovalentního síťování obsahující nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Akrylátový latex s 1,5 % nLa <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (LA)				
Monomer	1. fáze [%]	1. fáze [g]	2. fáze [%]	2. fáze [g]
BA	53	106	53	106
MMA	43	86	43	86
KMA	4	8	4	8
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	3	6



**Tabulka 20 Použité monomery a jejich poměr pro latex s kovalentním síťováním DAAM obsahující nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Akrylátový latex s 1,5 % nLa <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (LA DAAM)				
Monomer	1. fáze [%]	1. fáze [g]	2. fáze [%]	2. fáze [g]
BA	53	106	53	106
MMA	43	86	43	86
KMA	4	8	4	8
DAAM	–	–	5	10
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	3	6

**Tabulka 21 Použité monomery a jejich poměr pro latex s kovalentním síťováním AAEM obsahující nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Akrylátový latex s 1,5 % nLa <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (LA AAEM)				
Monomer	1. fáze [%]	1. fáze [g]	2. fáze [%]	2. fáze [g]
BA	53	106	43	66
MMA	43	86	33	86
KMA	4	8	4	8
AAEM	–	–	20	40
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	3	6

**Tabulka 22 Použité monomery a jejich poměr pro latex s kovalentním síťováním HPMA obsahující nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Akrylátový latex s 1,5 % nLa <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (LA HPMA)				
Monomer	1. fáze [%]	1. fáze [g]	2. fáze [%]	2. fáze [g]
BA	52	104	52	90
MMA	45	90	45	104
HPMA	3	6	3	6
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	3	6

**Tabulka 23 Použité monomery a jejich poměr pro latex s kovalentním síťováním NMA obsahující nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Akrylátový latex s 1,5 % nLa <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (LA NMA)				
Monomer	1. fáze [%]	1. fáze [g]	2. fáze [%]	2. fáze [g]
BA	52	104	52	90
MMA	45	90	45	104
NMA	3	12,5	3	12,5
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	–	–	3	6

### 3.4. Příprava modelových nátěrových hmot

#### 3.4.1. Dispergace akrylátových latexů s 10 % objem. pigmentu $TiO_2$

Byly připraveny pojivové systémy obsahující akrylátový latex obsahující 10 % objem. titanové běloby rutilového typu (koncentrace pigmentu je vztažena na vodnou akrylátovou disperzi) ke zjištění vlivu pigmentu na antimikrobiální účinnost a povětrnostní odolnost nátěrových povlaků. Dispergace pigmentu byla provedena na míchadle Heidolph RK3 při otáčkách 960 ot./min po dobu 20 minut, čímž bylo dosaženo homogenního rozptýlení pigmentu v pojivové složce.

#### 3.4.2. Formulace antikoročních nátěrových hmot

K přípravě NH byla použita syntetizovaná akrylátová latexová pojiva při objemové koncentraci pigmentu (OKP) 10 % a formulace byla provedena v programu „FORMUL“. Akrylátové latexy obsahovaly 0 % a 1,5 % hmotn. nanočástic  $La_2O_3$  (teoretický obsah, vztaženo na polymerní frakci). Formulace byla provedena s pigmenty: orthofosforečnan zinečnatý, hydrát ( $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$ ), magnesium ferit ( $MgFe_2O_4$ ), tetraoxid diolovnatu-olovičitý ( $Pb_3O_4$ ), oxid hořečnato titaničitý ( $MgO \cdot TiO_2$ ), Wollastonit KS-3 ( $CaSiO_3$ ) a systém pouze s pigmentem Hematit (-). Formulované antikoroční NH obsahovaly plnivo Plastorit® Micro při OKP 15 % Plastorit® Micro a Hematit Bayferroxu 120 M, kterým byl upraven parametr pigmentového systému na  $Q = 35$  %. Formulace pro jednotlivé NH jsou uvedeny v Tabulce 24.

Antikoroční NH byly připraveny dispergací na přístroji Dissolver DISPERMAT. V dispergační nádobě bylo dispergováno pojivo s rychlostí míchání 3 m/s, do kterého byl přidán odpěňovač DEHYDRAN® 1239 (0,3 % hmotn.) a inhibitor bleskové koroze Nalzin® FA 179 (0,4 % hmotn.). Následně byl do systému postupně předložen zhomogenizovaný pigmentový podíl a podíl plniv. Po přidání byly otáčky dispergátoru zvýšeny na 10–15 m/s po dobu 20 minut.

**Tabulka 24 Formulace antikorozních vodou ředitelných nátěrových hmot s obsahem pigmentů o OKP 10 % a s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %**

Systém s OKP 10 %		Hmotnostní % na 100 g nátěrové hmoty			
Pojivo	Pigment	Pojivo [% hmotn.]	Pigment [% hmotn.]	Plnivo [% hmotn.]	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> [% hmotn.]
L0	Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	63,83	22,39	3,77	10,01
	CaSiO <sub>3</sub>	80,21	9,37	4,73	5,69
	Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·xH <sub>2</sub> O	77,15	11,97	4,55	6,33
	MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	73,11	12,93	4,31	9,65
	MgO·TiO <sub>2</sub>	77,32	11,78	4,56	6,34
	–	78,03	0	12,45	9,52
LA	Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	61,37	23,92	4,03	10,68
	CaSiO <sub>3</sub>	78,53	10,19	5,15	6,13
	Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·xH <sub>2</sub> O	75,24	12,98	4,94	6,85
	MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	70,94	13,94	4,65	10,46
	MgO·TiO <sub>2</sub>	75,39	12,76	4,95	6,90
	–	76,21	0	13,50	10,29
LA HPMA	Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	63,24	22,80	3,84	10,12
	CaSiO <sub>3</sub>	79,76	9,57	4,85	5,82
	Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·xH <sub>2</sub> O	76,65	12,23	4,65	6,48
	MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	72,52	13,18	4,39	9,90
	MgO·TiO <sub>2</sub>	76,80	12,03	4,65	6,51
	–	77,56	0	12,71	9,73

### 3.5. Příprava zkušebních vzorků

#### 3.5.1. Příprava zkušebních vzorků na skleněných panelech

Ke stanovení fyzikálně-mechanické a chemické odolnosti byly testované NH aplikovány na skleněné panely o rozměrech 200 x 100 x 5 mm. Skleněné panely byly před použitím očištěny vodou s tenzidy a následně odmaštěny chloroformem. K aplikaci NH bylo použito nanášecí krabicové pravítko se šterbinou 150 až 250 μm a byla aplikována pouze jedna vrstva nátěru. Aplikace NH na ocelové panely probíhala při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50±5 %. Při těchto podmínkách byly NH ponechány i vysychat. NH obsahující latexová pojiva na bázi kopolymerovaného HPMA nebo NMA vysychaly při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50±5 % po dobu 24 hodin a následně byly ponechány v sušárně při teplotě 70 °C po dobu 24 hodin.

#### 3.5.2. Příprava zkušebních vzorků ve formě volných filmů

Ke stanovení síťové hustoty, obsahu gelu, obsahu popela, reálného množství nanočástic metodou emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES) a antimikrobiální

účinnosti byly testované NH odlity do silikonových forem. Silikonové formy byly před použitím očištěny vodou s tenzidy a osušeny. NH byly do silikonové formy odlity při teplotě  $23\pm 2$  °C a relativní vlhkosti vzduchu  $50\pm 5$  %. NH obsahující monomery HPMA a NMA vysychaly při teplotě  $23\pm 2$  °C a relativní vlhkosti vzduchu  $50\pm 5$  % po dobu 24 hodin a následně byly ponechány v horkovzdušné sušárně při teplotě 70 °C po dobu 24 hodin. Následně byly zkušební vzorky ponechány vyschnout ve vakuové sušárně při 25 °C do konstantní hmotnosti.

### 3.5.3. Příprava zkušebních vzorků na dřevěném podkladu

Antifungální účinnost byla testovaná na dřevěném podkladu o rozměrech 20 x 20 mm. Před natřením dřevěného podkladu byla pracovní plocha, kovové pinzety a štětce sterilizovány roztokem 70% ethanolu. Dřevěný podklad byl natřen ve dvou na sebe kolmých směrech ve čtyřech vrstvách, a to z každé strany, přičemž mezi jednotlivými nátěry byl časový odstup minimálně 4 hodin. Nanášení bylo provedeno při teplotě  $23\pm 2$  °C a relativní vlhkosti vzduchu  $50\pm 5$  %. Při těchto podmínkách byly vzorky ponechány vysychat po dobu 8 hodin. NH obsahující monomery HPMA a NMA vysychaly při teplotě  $23\pm 2$  °C a relativní vlhkosti vzduchu  $50\pm 5$  % po dobu 24 hodin a následně byly ponechány v horkovzdušné sušárně při teplotě 70 °C po dobu 24 hodin.

### 3.5.4. Příprava zkušebních vzorků na ocelových panelech

Ke stanovení fyzikálně-mechanických a korozních vlastností byly testované NH aplikovány na řádně očištěné a odmaštěné ocelové panely od firmy Q-LAB z nízkouhlíkové ocelové panely třídy 11 dle normy ISO 1514. Ke stanovení korozní odolnosti byly použity ocelové panely S36 a S46, pro elektrochemické zkoušky byly využity panely QD. Fyzikálně mechanické zkoušky byly provedeny na ocelové panely typu DC01.

**Tabulka 25 Charakterizace ocelových panelů**

Panel	Velikost (v × š) [mm]	Tloušťka [mm]	ISO materiál. specifikace	Drsnost [μm]	Povrch
S36	76 × 152	0,81	3574 typ CR1	0,51 – 1,14	zdrsňený
S46	102 × 152	0,81	3574 typ CR1	0,51 – 1,14	zdrsňený
DC01	215 × 45	0,81	3574 typ CR1	0,51 – 1,14	zdrsňený
QD	51 × 102	0,51	3574 typ CR1	<0,51	hladký

K vytvoření nátěru bylo použito nanášecí krabicové pravítko se šterbinou 150 až 250 μm a byly aplikovány minimálně dvě vrstvy nátěru. Aplikace NH na ocelové panely probíhalo při teplotě  $23\pm 2$  °C a relativní vlhkosti vzduchu  $50\pm 5$  %. Při těchto podmínkách byly NH ponechány i vysychat. NH obsahující monomery HPMA a NMA vysychaly při teplotě  $23\pm 2$  °C a relativní vlhkosti vzduchu  $50\pm 5$  % po dobu 24 hodin a následně byly ponechány

v horkovzdušné sušárně při teplotě 70 °C po dobu 24 hodin. Následně byly okraje ocelových panelů oblepeny samolepící páskou, aby nedošlo k prokorodování plechů.

Ocelové plechy s nátěrovým filmem o tloušťce 90±5 µm bylo nutné před vložením do korozních komor oblepit lepící páskou, aby do kontaktu s korozním prostředím přišel pouze testovaný nátěr. Pokud by došlo ke kontaktu ocelového plechu s korozní atmosférou, hrozilo by podkorodování testovaného nátěru. U ocelového plechů byly oblepeny všechny strany, celá zadní strana a lepící páska zasahovala do nátěru přibližně 1 cm.

Ke stanovení antikorozi odolnosti byl proveden zkušební řez do nátěrového filmu za pomoci řezného nože se šířkou 0,5 mm, který způsobil destrukci nátěrového filmu až na kovový podklad dle normy ASTM D 1654-92.

### 3.6. Příprava surovin pro mikrobiální testování

#### 3.6.1. Příprava fyziologického roztoku

Fyziologický roztok (výrobce Lachema a.s., ČR) byl připraven rozpuštěním 8,5 g NaCl v 1000 ml demineralizované vody a sterilizován v autoklávu po dobu 20 minut při teplotě 121 °C a tlaku 215 kPa. Roztok byl následně skladován v lednici při teplotě v rozmezí 2–5 °C.

#### 3.6.2. Příprava živného agarů No. 2 – MPA

Živný agar No. 2 (výrobce HIMEDIA, Indie) byl připraven rozpuštěním 40 g práškového agarů v 1000 ml demineralizované vody a sterilizován v autoklávu po dobu 20 minut při teplotě 121 °C a tlaku 215 kPa. Práškový agar je složen z masového peptonu, hovězího extraktu, chloridu sodného a agarů. Následně byl roztok ochlazen na teplotu 45 °C a přelit do Petriho misek. Agar byl skladován půdou vzhůru v lednici při teplotě v rozmezí 2–5 °C.

#### 3.6.3. Příprava živného MALT agarů

Živný agar MALT (výrobce HIMEDIA, Indie) byl připraven rozpuštěním 45 g práškového agarů v 1000 ml demineralizované vody a sterilizován v autoklávu po dobu 20 minut při teplotě 121 °C a tlaku 215 kPa. Práškový agar je složen ze sladového extraktu a agarů. Následně byl roztok ochlazen na teplotu 45 °C a přelit do Petriho misek. Agar byl skladován půdou vzhůru v lednici při teplotě v rozmezí 2–5 °C.

### 3.6.4. Příprava sbírkových mikrobiálních kultur

K testování antimikrobiální odolnosti NH byly použity níže popsané sbírkové kultury.

Bakterie: *Staphylococcus aureus* (CCM 4223) a *Escherichia coli* (CCM 4517)

Plísně: *Penicillium chryseogenum* (CCM 8034) a *Aspergillus brasiliensis* (CCM 8222)

Sbírkové kultury bakterií byly ponechány k růstu na MPA agaru v termostatu při teplotě 37 °C po dobu 24 hodin. Sbírkové kultury plísní byly ponechány k růstu na MALT agaru při laboratorní teplotě 23±2 °C po dobu 168 hodin.

K provedení testování byly použity čerstvé přeočkované kolonie, které byly připraveny ze zásobních kultur. Před provedením antimikrobiálních testů byla laboratoř a její vybavení podroben sterilizaci, aby nedošlo k nežádoucí kontaminaci testovaného materiálu.

## 3.7. Metody hodnocení vodou ředitelných nátěrových hmot

### 3.7.1. Charakterizace vodou ředitelných polymerních disperzí

#### 3.7.1.1. Stanovení obsahu koagulátu (ČSN 630002)

Množství koagulátu udává, kolik disperze se v průběhu polymerace srazilo. Po ukončení polymerační reakce, byla disperze oddělena od zkoagulovaných částic na jemném síti a koagulát byl vysušen v sušárně při teplotě 105 °C. Po vysušení byly částice zváženy a stanovil se obsah koagulátu dle rovnice 19.

$$\text{obsah koagulátu (\% hmotn.)} = \frac{m_{\text{koagulát}}}{\frac{\text{sušina (\%)}}{100} \cdot m_{\text{emulze}} + m_{\text{koagulát}}} \cdot 100 \quad (19)$$

#### 3.7.1.2. Stanovení obsahu sušiny (ČSN EN ISO 3251, 673031)

Obsah sušiny udává hmotnostní podíl netěkavých složek ve vodné disperzi syntetizovaného latexu. Do Petriho misek bylo na analytických vahách naváženo 1,0±0,2 g pojiva, které bylo následně umístěno do sušárny vyhřáté na teplotu 105 °C po dobu 60 minut a poté do exsikátoru. Poté, co byly vzorky vychladlé na laboratorní teplotu, byly znovu zváženy na stejných analytických vahách. Pro každou připravenou vodou ředitelnou polymerní disperzi byly připraveny 3 vzorky a z naměřených hodnot byl vypočítán aritmetický průměr. Obsah sušiny byl zjištěn z rovnice 20, do které byly dosazeny zjištěné hodnoty.

$$\text{Obsah sušiny (\% hmotn.)} = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100 \quad (20)$$

$m_0$  – hmotnost vzorku před vysušením [g];  $m_1$  – hmotnost vzorku po vysušení [g]

### 3.7.1.3. Stanovení pH (ČSN EN ISO 787–9, 670520)

Hodnota pH syntetizovaného latexu byla stanovena na pH metru s kombinovanou elektrodou (viz obrázek 12), který byl před měřením kalibrován technickými pufrů o pH 4 a 7. Elektroda se před měřením očistila destilovanou vodou a vysušila filtračním papírem. Následně se ponořila do kádinky se vzorkem (latexem), který byl důkladně promíchán a po ustálení potenciálu se odečetla hodnota pH z displeje přístroje. Měření se stejným způsobem provedlo třikrát a výsledná hodnota pH se vypočetla jako aritmetický průměr naměřených hodnot.



**Obrázek 12 pH metr Mettler Toledo FE20**

### 3.7.1.4. Stanovení zdánlivé viskozity dle Brookfielda (ČSN EN ISO 2555, 640346)

Metoda stanovení zdánlivé viskozity je určena pro tzv. neneutonské kapaliny, jejichž rychlost deformace není přímo úměrná napětí. Vzorek je během stanovení vystaven působení rychlostního gradientu, na kterém závisí měřená viskozita. Zdánlivá viskozita udává vnitřní tření v proudící kapalině. Pro stanovení viskozity byl použit rotační viskozimetr Brookfield LVDV-E (obrázek 13), který obsahuje čtyři výměnná vřetena a souosý stacionární válec. Dle hodnoty kroutícího momentu byla zvolena vhodná velikost vřetena, který musí být v rozmezí 10–100 %. Kapalina byla umístěna mezi rotující vřeteno a válec, rychlost rotace byla nastavena na 100 otáček/min a hodnota zdánlivé viskozity byla odečtena z displeje viskozimetru. Měření bylo provedeno třikrát stejným způsobem a výsledná hodnota se vypočetla jako aritmetický průměr naměřených hodnot.

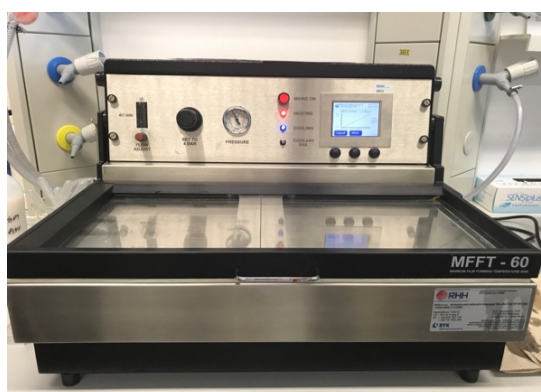


**Obrázek 13 Rotační viskozimetr Brookfield LVDV-E Viscometer**

### **3.7.1.5. Stanovení minimální filmotvorné teploty (ISO 2115:1996)**

MFFT je charakteristická hodnota pro každou polymerní disperzi. Jedná se o nejnižší teplotu, při které ještě dochází ke vzniku spojitého filmu. U nepigmentovaných vodných NH se MFFT nachází blízko  $T_g$ . Princip měření MFFT je založen na vytvoření tepelného spádu na poniklované měděné desce.

Stanovení MFFT bylo provedeno na přístroji MFFT 60 (obrázek 14), na jehož měděnou desku byly nanášeny nátěry krabicovým pravítkem se šterbinou 150  $\mu\text{m}$  a doba měření byla 120 minut. Poté se stanovila hodnota MFFT na rozhraní, kde čirý film přecházel v popraskaný. Každý vzorek byl změřen třikrát a výsledná hodnota MFFT byla stanovena z aritmetického průměru těchto hodnot.



**Obrázek 14 Přístroj MFFT 60 ke stanovení minimální filmotvorné teploty**



### 3.7.1.6. Stanovení velikosti částic a Zeta potenciálu

Stanovení velikosti částic a Zeta-potenciálu bylo stanoveno metodou dynamického rozptylu světla na přístroji Litesizer 500 (obrázek 15). Podstatou stanovení je měření fluktuace intenzity světla z laserového zdroje, která je spjata s interferenčním zesilováním a zeslabováním světla rozptýleného na nestacionárních částicích disperzní fáze. Fotonásobič zaznamenává intenzitu rozptýleného světla a následně je vypočtena rychlost difúze částic a také jejich velikost.



**Obrázek 15** Přístroj Litesizer 500 používaný ke stanovení velikosti částic a Zeta potenciálu

### 3.7.1.7. Stanovení síťové hustoty (ČSN 630002)

Stanovení síťové hustoty vychází z vysušených volných filmů zkoumaných NH, ze kterých byl vystřižen vzorek o hmotnosti v rozmezí 0,1–0,5 g. Vzorky byly zváženy na analytických vahách a umístěny do lékovek naplněných toluenem po dobu jednoho týdne při teplotě 40 °C v horkovzdušné sušárně. Po uplynutí určené doby byly vzorky vyjmuty z toluenu pomocí sítky, osušeny a znovu zváženy na stejných analytických vahách. Byla vypočítána průměrná molekulová hmotnost mezi uzly ( $M_c$ ) dle rovnice 21, která obsahuje objemový podíl  $\phi$  polymeru ve zbobtnalém polymerním gelu, jehož hodnotu lze vypočítat dle rovnice 22, a také interakční parametr  $\chi$ , jehož hodnotu lze získat dle rovnice 23. Síťovou hustotu (vyjádřenou jako moly polymerních uzlů/cm<sup>3</sup> polymerní sítě) lze zjistit dle rovnice 24.

$$M_c = \frac{V_1 \rho_p [\Phi^{\frac{1}{3}} - \frac{\phi}{2}]}{-[\ln(1-\phi) + \phi + \chi \phi^2]} \quad (21)$$

$V_1$  – molární objem toluenu je 106,3 cm<sup>3</sup>/mol;  $\rho_p$  – hustota měřeného polymeru, pro kopolymer BA/MMA/KMA v poměru 53/43/4 je  $\rho_p = 1,11$  g/cm<sup>3</sup>

$$\phi = \frac{W_p \rho_s}{W_p \rho_s + W_s \rho_p} \quad (22)$$

$\phi$  – objemový podíl zgelovaného polymeru ve zbobtnalém gelu;  $\rho_s$  – hustota toluenu je 0,8669 g/cm<sup>3</sup>;  $W_p$  – hmotnostní podíl polymeru ve zbobtnalém polymerním gelu;  $W_s$  – hmotnostní podíl rozpouštědla (toluenu) ve zbobtnalém polymerním gelu

$$\chi = 0,34 + \frac{V_1}{RT} (\delta_1 - \delta_2)^2 \quad (23)$$

$\chi$  – interakční parametr mezi polymerem a rozpouštědlem;  $\delta_1$  – parametr rozpustnosti polymeru, pro kopolymer BA/MMA/KMA v poměru 53/43/4 je  $\delta_1 = 9,18$  (cal/cm<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup>;  $\delta_2$  – parametr rozpustnosti toluenu 8,9 (cal/cm<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup>

$$\text{Hustota zesítnění} = \frac{\rho_p}{M_c} \quad (24)$$

### 3.7.1.8. Stanovení látek extrahovatelných organickými rozpouštědly (ČSN EN ISO 6427, 640240)

Metoda stanovuje množství látek, které je možné extrahovat z polymerního filmu za pomoci organických rozpouštědel. Extrahovatelné látky mohou být monomery, oligomery, polymery, stabilizátory apod.

Stanovení bylo provedeno ze vzorků akrylátových latexů ve formě volného filmu, které byly zváženy na analytických vahách a umístěny do celulózových patron vysušených do konstantní hmotnosti. Patrony se vzorky byly umístěny do Soxhletova extraktoru o objemu 100 ml a extrakce byla provedena za pomoci organického rozpouštědla tetrahydrofuranu (THF) umístěného v baňce o objemu 200 ml. Baňka s THF byla umístěna v topném hnízdě a celá aparatura byla připojena ke zpětnému chladiči. Extrakce probíhala při teplotě varu THF po dobu 24 hodin. Po uplynutí stanovené doby byly patrony se vzorkem umístěny do sušárny při teplotě 70 °C, vysušeny do konstantní hmotnosti a následně umístěny do exsikátoru a zváženy. Podíl solu byl vypočten dle rovnice 25 a výsledné hodnoty byly uvedeny v procentech. Pro každou připravenou vodou ředitelnou polymerní disperzi byly připraveny 2 vzorky a z naměřených hodnot se vypočítal aritmetický průměr.

$$\text{Podíl solu ( \% hmotn. )} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100 \quad (25)$$

$m_0$  – hmotnost vzorku před extrakcí [g];  $m_1$  – hmotnost vzorku po extrakci [g]

### 3.7.1.9. Stanovení obsahu popela (ČSN EN ISO 3451-1, 640219)

Obsah popela poskytuje přibližné informace o množství anorganických sloučenin vyskytujících se v testovaných nepigmentovaných NH. Tato metoda byla využita ke zjištění množství začleněných  $n\text{La}_2\text{O}_3$  v syntetizovaných akrylátových latexech. Ke stanovení byl použit žíhací kelímek, který byl vyžhán při teplotě o  $600\text{ }^\circ\text{C}$  do konstantní hmotnosti a následně ponechán k vychladnutí v exsikátoru. V momentu, kdy teplota žíhacího kelímku dosáhla laboratorní teploty, byl žíhací kelímek znovu zvážen na analytických vahách. Následně byl do kelímku vložen předem zvážený vysušený vzorek volného filmu NH. Žíhací kelímek se vzorkem byl umístěn po dobu 30 minut v muflové peci vyhřáté na  $600\text{ }^\circ\text{C}$  a poté byl kelímek umístěn do exsikátoru a zvážen na analytických vahách. Tento proces byl opakován, dokud nebylo dosaženo konstantní hmotnosti. Obsah popela byl vypočítán dle uvedené rovnice 26 a výsledná hodnota byla uvedena v hmotnostních procentech. Pro každou připravenou vodou ředitelnou polymerní disperzi byly připraveny 3 vzorky a z naměřených hodnot se vypočítal aritmetický průměr.

$$\text{obsah popela (\% hmotn.)} = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100 \quad (26)$$

$m_0$  – hmotnost suché navážky [g];  $m_1$  – hmotnost získaného popela [g]

### 3.7.1.10. Stanovení obsahu elementárního lanthanu metodou ICP-OES

Optický emisní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem byl využit ke stanovení obsahu lanthanu v nepigmentovaných latexových nátěrových filmech. Měření spektrometru vychází z detekce emisního záření ionizovaných prvků přítomných ve vzorku. Zdrojem iontů je argonová plazma o příkonu  $1000\text{ W}$  a rychlosti průtoku  $1,5\text{ ml/min}$ . Spektrometr je možné propojit s laserovou sondou a vzorek byl testován ve formě aerosolu.

### 3.7.1.11. Stanovení morfologie práškových nanočástic $\text{La}_2\text{O}_3$ metodou SEM-EDX

U práškových  $n\text{La}_2\text{O}_3$ , které byly během syntézy zakomponovány do akrylátového latexu, byla stanovena morfologie pomocí skenovací elektronové mikroskopie s energiově disperzní rentgenovou analýzou (SEM-EDX – Scanning Electron Microscopy – energy dispersive X-ray). Bylo sledováno rozmístění  $n\text{La}_2\text{O}_3$  v ploše lomu nátěrového filmu, který byl připraven v prostředí kapalného dusíku. Před zahájením měření byly vzorky pokryty vrstvou zlata o tloušťce  $0,20 - 0,25\text{ nm}$  přístrojem SCD 050 a následně byly sledovány sekundární a zpětně odražené elektrony s urychlovacím napětím  $30\text{ kV}$  a při zvětšení  $1000-30000$ . Stanovení bylo provedeno v Centru materiálů a nanotechnologií (CEMNTA) na Univerzitě v Pardubicích.

### 3.7.1.12. Stanovení pH a měrné elektrické vodivosti výluhu volného filmu

Vodivost a pH výluhu volných nepigmentovaných filmů byly stanoveny z vysušených volných filmů, které byly ponechány k vyschnutí po dobu 1 měsíce do konstantní hmotnosti. Následně byly jednotlivé vzorky nastříhány na menší útvary, zváženy na analytických vahách (5 g) a doplněny 45 ml redestilované vody. Hodnota měrné elektrické vodivosti a pH výluhů byla stanovena po 7, 14, 21 a 28 dnech za pomoci pH metru Mettler Toledo FE20 a konduktometru Handylab LF1.

### 3.7.1.13. Stanovení korozních úbytků ve vodném výluhu volného filmu

Korozní úbytky napomáhají stanovit hmotnostní a rozměrové změny na ocelových panelech, které jsou vystaveny plošné korozi. Ocelové panely byly ponořeny ve vodných výluzích z předešlého měření pH a měrné elektrické vodivosti. V prvním kroku byly ocelové panely očištěny, zváženy na analytických vahách a vloženy do skleněných lékovek s výluhem o daném pH a měrné elektrické vodivosti. Po uplynutí jednoho týdne byly ocelové panely z lékovek vyjmuty, očištěny od korozních zplodin, osušeny a opět zváženy na analytických vahách. Z naměřených hodnot byl vypočten hmotnostní korozní úbytek dle rovnice 27.

$$Km [g/m^2] = 10^4 \cdot \frac{(m_1 - m_2)}{2 \cdot S} \quad (27)$$

$m_1$  – Hmotnost čistého panelu [g];  $m_2$  – Hmotnost zkorodovaného panelu [g];  $S$  – Plocha korozního panelu [cm<sup>2</sup>]

### 3.7.1.14. Stanovení absorpce vody volného filmu

Množství absorbované vody filmem z akrylátové vodné disperze může být podmíněno inter-/intra-částicovým zesítním, přítomností povrchově aktivních látek nebo začleněním anorganických nanočástic.

Absorpce vody byla stanovena z vysušených nepigmentovaných volných filmů vodné akrylátové disperze. Jednotlivé vzorky byly zváženy na analytických vahách a umístěny do kelímku s destilovanou vodou. Po uplynutí 1, 3, 7, 14, 21, 35 a 60 dnů byly vzorky osušeny, zváženy a byl zjištěn hmotnostní přírůstek. Pro každou připravenou polymerní disperzi byly připraveny 3 vzorky a z naměřených hodnot byl vypočítán aritmetický průměr. Výsledná hodnota absorbované vody byla vypočtena z uvedené rovnice 28.

$$A (\% \text{ hmotn.}) = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \cdot 100 \quad (28)$$

$m_0$  – hmotnost suchého volného filmu [g];  $m_1$  – hmotnost volného filmu po absorpci vody [g]

#### 3.7.1.15. Stanovení stability latexu vlivem dlouhodobého skladování

Stabilita připravených vodných akrylátových disperzí byla stanovena odlitím 50 ml zkoumaného latexu do skleněné lékovky, která byla uzavřena víčkem a umístěna do sušárny vyhřáté na 50 °C. Vzorky byly hodnoceny před umístěním do sušárny a po uplynutí stanovené doby, tj. 1 měsíce. U latexů byl hodnocen Zeta potenciál, velikost částic, MFFT, vzhled, lesk, tvrdost a odolnost vůči methylethylketonu (MEK).

#### 3.7.1.16. Stanovení mrazuvzdornosti

Hodnocení mrazuvzdornosti bylo provedeno metodou „freeze–thaw cycle“. Tato metoda se převážně používá u kapalných produktů, u kterých mohou nastat komplikace se separací jedné z fází vlivem poklesu teploty pod bod mrazu. K těmto extrémním změnám teploty může docházet např. při přepravě produktu.

Testování mrazuvzdornosti bylo provedeno vystavením akrylátové disperze teplotám –5, –10 a –18 °C po dobu 24 hodin a následně byly vzorky disperzí ponechány při laboratorní teplotě 23±2 °C po dobu 24 hodin. Tento cyklus byl proveden třikrát a následně byly zhotoveny nátěrové filmy, u nichž byl hodnocen vzhled, lesk a tvrdost nátěrového filmu.

#### 3.7.1.17. Stanovení mechanické stability

Hodnocení mechanické stability bylo provedeno bezprostředně po syntéze akrylátových latexů, kdy 10 ml vzorku bylo umístěno do centrifugačního zařízení MPW 351e. Plastové lékovky se vzorkem byly umístěny do kovové patrony, byly váhově sjednoceny a umístěny naproti sobě do kříže. Centrifuga zvyšuje sílu gravitačního pole díky odstředivé síle a je schopna oddělit látky na základě jejich hustoty.

Mechanická stabilita byla u hodnocených vzorků stanovena v centrifuze při otáčkách 4500 otáček/minutu po dobu 15 minut. Následně byla u vzorků sledována percipitace částic filtrací a v případě nepřítomnosti koagulátu byla u vzorků potvrzena dostatečná mechanická stabilita.

### 3.7.2. Charakterizace pigmentu pro formulaci nátěrových hmot

#### 3.7.2.1. Stanovení olejového čísla (ČSN EN 12878, 671301)

Olejové číslo vychází ze spotřeby lněného oleje, který v kombinaci s testovaným pigmentem vytváří pastu v misce s tloučkem. 0,5 – 1,5 g pigmentu bylo naváženo do třecí

misky a lněný olej byl postupně přikapáván za pomoci skleněné byrety. S každou kapkou oleje byl pigment v misce tloučkem promíchán a měření bylo ukončeno v okamžiku, kdy veškeré množství pigmentu ulpělo na tloučku. V této fázi byla odečten objem spotřebovaného lněného oleje. Stanovení spotřeby lněného oleje bylo pro každý pigment provedeno třikrát při laboratorní teplotě  $23 \pm 2$  °C a relativní vlhkosti vzduchu  $50 \pm 5$  %. Z naměřených hodnot se vypočítal aritmetický průměr, se kterým bylo počítáno v následující rovnici 29.

$$\text{Olejové číslo (g/100 g}_{PIG}) = \frac{100 \times V_{LO} \times \rho}{m_{PIG}} \quad (29)$$

$V_{LO}$  – objem spotřebovaného lněného oleje [ml];  $\rho$  – hustota lněného oleje [ $\text{g/cm}^3$ ];  $m_{PIG}$  – hmotnost navážky pigmentu [g]

### 3.7.2.2. Stanovení měrné hmotnosti pigmentu (ČSN EN ISO 787–10, 670520)

Měrná hmotnost, tj. hustota pigmentu definuje charakter pigmentu, který udává použitelnost daného pigmentu v pojivu. Stanovení hustoty proběhlo na plynovém autopyknometru Micrometrics Auto Pyknometr 1320 a spočívá ve vytěsnění plynu helia testovaným pigmentem. Následně byla ze zadané hmotnosti pigmentu a teploty přístrojem zjištěna hustota pigmentu s přesností na  $1 \times 10^3$   $\text{g/cm}^3$ .

### 3.7.2.3. Stanovení kritické objemové koncentrace pigmentu (ČSN EN ISO 670531)

Hodnota kritické objemové koncentrace pigmentu, tj. KOKP udává chování výsledné formulace NH, ale také vlastnosti a vzhled nátěrového filmu. V dané hodnotě OKP dochází ke změně vlastností nátěrového filmu v oblasti lesku, tvrdosti a tvorby puchýřů. V případě, že je OKP rovna KOKP je veškerý volný prostor mezi částicemi pigmentu vyplněn příslušným pojivem. Hodnota KOKP byla vypočtena z uvedené rovnice 30, kde byly zapotřebí zjištěné hodnoty spotřeby olejového čísla a hustoty použitého pigmentu.

$$KOKP (-) = \frac{\frac{10000}{\rho_{PIG}}}{\frac{100}{\rho_{PIG}} + \frac{o.č.}{\rho_{LO}}} \quad (30)$$

$\rho_{LO}$  – hustota lněného oleje [ $\text{g/cm}^3$ ];  $\rho_{PIG}$  – hustota pigmentu [ $\text{g/cm}^3$ ]; O.Č. – olejové číslo [g/100 g<sub>PIG</sub>]

#### *3.7.2.4. Stanovení pH (ČSN EN ISO 787-9) a měrné elektrické vodivosti vodného výluhu pigmentu a plniva (ČSN EN ISO 787-14)*

Elektrická vodivost a pH vodného výluhu pigmentu a plniva se využívá ke zjištění přítomnosti vodou rozpustných složek pigmentu, které vykazují určitou hodnotu měrné elektrické vodivosti dané suspenze. Hodnota elektrické vodivosti roste s vyšším obsahem vodou rozpustných složek. Hodnota pH se využívá ke kontrole vymytí pigmentů, které může ovlivnit výslednou kvalitu nátěrového filmu.

Vodivost a pH výluhu byla stanovena u pigmentů použitých k formulaci modelových NH. Jednotlivé pigmenty byly zváženy na analytických vahách (5 g) a doplněny 45 ml redestilované vody do kelímku a uzavřeny víčkem. Hodnota měrné elektrické vodivosti a pH výluhů byla stanovena po 7, 14, 21 a 28 dnech za pomoci pH metru Mettler Toledo FE20 a konduktometru Handylab LF1.

#### *3.7.2.5. Stanovení korozních úbytků ve vodném výluhu pigmentu a plniva*

Korozní úbytky napomáhají stanovit hmotnostní a rozměrové změny na ocelových panelech, které jsou vystaveny plošné korozi. Ocelové panely byly ponořeny ve vodných výluzích z předešlého měření pH a měrné elektrické vodivosti. V prvním kroku byly ocelové panely očištěny, zváženy na analytických vahách a vloženy do skleněných lékovek s výluhem o daném pH a měrné elektrické vodivosti. Po uplynutí jednoho týdne byly ocelové panely z lékovek vyjmuty, očištěny od korozních zplodin, osušeny a opět zváženy na analytických vahách. Z naměřených hodnot byl vypočten hmotnostní korozní úbytek dle rovnice 27, viz kapitola 3.7.2.1.

#### *3.7.3. Fyzikálně–mechanická odolnost nátěrového filmu*

##### *3.7.3.1. Hodnocení vzhledu nátěrového filmu*

Nátěry na skleněných panelech byly po nanesení krabicovým pravítkem s velikostí štěrbin 150 až 250  $\mu\text{m}$  a zaschnutí, podrobeny kontrole a vizuálnímu hodnocení. Byla sledována přítomnost zákalu, cizí částice, bubliny, praskliny a celkový vzhled povrchu podle kritérií uvedených v tabulce 26.

**Tabulka 26 Kritéria hodnocení vzhledu nátěrového filmu**

	<b>Zákal</b>	<b>Částice</b>	<b>Bubliny</b>	<b>Praskliny</b>	<b>Povrch</b>
<b>1</b>	bez zákalu	0 částic/cm <sup>2</sup>	bez bublin	bez prasklin	hladký slitý
<b>2</b>	slabý zákal	3 částice/cm <sup>2</sup>	ojedinělé bubliny	ojedinělé praskliny	stopy po pravítku
<b>3</b>	silný zákal	10 částice/cm <sup>2</sup>	bubliny po celé ploše	praskliny po celé ploše	pomerančová kůra, dolíčky
<b>4</b>	Zbělení	>10 částice/cm <sup>2</sup>			

### 3.7.3.2. Stanovení tloušťky nátěrového filmu (ČSN ISO 2808, 673061)

Tloušťka nátěrového filmu na skleněných panelech byla stanovena za pomoci tříbodového tloušťkoměru (obrázek 16 – vlevo). U skleněných panelů se jedná o destruktivní metodu, jelikož nátěr musí být v jednom bodě nebo ve dvou bodech odstraněn. Střední bod tloušťkoměru byl umístěn do místa zbaveného nátěru, tak aby se dotýkal pouze skleněného podkladu. Boční body tloušťkoměru byly umístěny na nátěrovém filmu a výsledná hodnota byla odečtena z ciferníku. Tloušťka nátěru byla změřena na třech různých místech, z nichž byl vypočten aritmetický průměr.

Tloušťka nátěrového filmu na ocelových panelech byla stanovena elektromagnetickým tloušťkoměrem (viz obrázek 16 – vpravo), který byl přiložen elektrodou na nátěrový film. Výsledná hodnota byla odečtena z displeje přístroje. Tloušťka nátěru byla změřena na třech různých místech, z nichž byl vypočten aritmetický průměr.



**Obrázek 16 Tříbodový tloušťkoměr (vlevo); elektromagnetický tloušťkoměr MINITEST 1100 (vpravo)**

### 3.7.3.3. Stanovení lesku nátěrového filmu (ČSN EN ISO 2813, 673066)

Lesk udává optické vlastnosti povrchu testovaného materiálu, kdy povrch tohoto materiálu je schopný odrážet dopadající světelné paprsky. Změny lesku byly sledovány v čase, jelikož mohou indikovat destruktivní pochody v nátěru. Cílem zkoušky je stanovit lesk nátěru, na který má vliv rovnoměrnost, struktura nátěru a velikost úhlu, pod kterým dopadají světelné paprsky na nátěr. Ke stanovení lesku byl použit přístroj Micro-TRI-9/gloss (obrázek 17) při



úhlu pozorování 20°, 60° a 85°. Přístroj stanovil intenzitu odraženého elektromagnetického záření, které dopadlo na nátěr pod daným úhlem. Intenzita odraženého světla je měřena fotometricky a výsledná hodnota udaná v jednotkách GU se vztahuje na standart, který představuje černé sklo s definovaným refrakčním indexem 1,567. Vzorek nátěrového filmu o tloušťce 50±10 µm potažený na černém skle byl změřen třikrát na třech místech při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50±5 %. Z naměřených hodnot byl vypočten aritmetický průměr.



**Obrázek 17** Přístroj k měření lesku, Leskoměr Micro Tri – Gloss

#### 3.7.3.4. Stanovení povrchové tvrdosti nátěrového filmu kyvadlovým přístrojem (ČSN EN ISO 1522, 673076)

Tvrdość nátěrového filmu byla stanovena za pomoci tlumení kyvadlového přístroje Elcometer (obrázek 18) metodou Persoz. K měření bylo použito kyvadlo s váhou 500 g, délkou 435 mm a rozsahem amplitudy od 12° do 4°. Na počátku byl změřen skleněný standart, jehož tvrdost je udána jako 100 %. Následně byl skleněný panel s nátěrovým filmem vložen do přístroje na testovací plochu tak, aby se kyvadlo dotýkalo nátěru dvěma ocelovými kuličkami s průměrem 8 mm. Poté bylo kyvadlo vychýleno a zajištěno v poloze 12°, displej s počítadlem byl nastaven na nulovou hodnotu a kyvadlo mohlo být následně odjištěno. Měření probíhalo na třech místech nátěrového filmu o tloušťce 50±10 µm při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50±5 %. Na závěr měření byl znovu proměřen skleněný standart. Výsledná hodnota tvrdosti byla odečtena z displeje přístroje a ze získaných hodnot byl vypočten aritmetický průměr. Výsledná tvrdost nátěru byla zjištěna z vypočteného aritmetického průměru vztaženému k tvrdosti skleněného standartu a vyjádřena v procentech dle rovnice 31.

$$\text{tvrdost (rel. \%)} = \frac{\text{počet kmitů}_{\text{vzorek}}}{\text{počet kmitů}_{\text{standard}}} \cdot 100 \quad (31)$$

### 3.7.3.5. Stanovení tvrdosti dle Buchholzovy vrypové zkoušky (ČSN EN ISO 2815, 673072)

Buchholzova vrypová zkouška definuje odolnost nátěrového filmu na skleněném panelu za pomoci vytvoření vrypu ostřím o specifikovaném tvaru a rozměru. Zařízení s ostřím bylo přiloženo na nátěrový film a zatíženo  $500 \pm 5$  g definovaný závažím po dobu 35 s. Měření probíhalo na třech místech nátěrového filmu o tloušťce  $50 \pm 10$   $\mu\text{m}$  při teplotě  $23 \pm 2$  °C a relativní vlhkosti vzduchu  $50 \pm 5$  %. Následně byla délka vrypů vyhodnocena na optickém mikroskopu. Z naměřených hodnot byl vypočten aritmetický průměr a výsledná hodnota délky vrypu byla udána v mm.

### 3.7.3.6. Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči hloubení (ČSN EN ISO 1520, 673081)

Metodou hloubení byla zjištěna odolnost nátěrového filmu vůči popraskání či oddělení od podkladu, za pomoci Erichsonova hloubicího přístroje 1620 (obrázek 21). Při měření dochází k vtlačování ocelové kuličky o průměru 10 mm do ocelového panelu se zkoumaným nátěrem o tloušťce  $50 \pm 10$   $\mu\text{m}$ . Hloubení bylo provedeno při konstantní rychlosti, až do první degradace nátěru nebo dokud nebyla dosažena daná hodnota hloubky vtisku. Každý vzorek byl měřen třikrát při teplotě  $23 \pm 2$  °C a relativní vlhkosti vzduchu  $50 \pm 5$  %. Z naměřených hodnot byl vypočten aritmetický průměr a výsledná hodnota hloubky vtisku byla udána v mm.

### 3.7.3.7. Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči úderu závaží (ČSN EN ISO 6272-1, 673088)

Deformací úderem o hmotnosti 1000 g byla zjištěna odolnosti nátěrového filmu za pomoci přístroje Elcometer. Hodnocena byla odolnost nátěrového filmu o tloušťce  $50 \pm 10$   $\mu\text{m}$  na ocelovém panelu vůči popraskání či oddělení nátěru od podkladu při teplotě  $23 \pm 2$  °C a relativní vlhkosti vzduchu  $50 \pm 5$  %. Měření bylo pro každý vzorek provedeno třikrát a z naměřených hodnot byl vypočten aritmetický průměr.

### 3.7.3.8. Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči ohybu (ČSN EN ISO 1519, 673079)

Deformací ohybem byla zjištěna odolnost nátěrového filmu za pomoci přístroje Elcometer 1506 určeného pro ohybovou zkoušku se sadou trnů (obrázek 21). Ocelový panel se zkoumaným nátěrem byl ohýbán přes válcový trn směrem ven do  $180^\circ$ . Postupně se ohýbalo přes nižší válcové trny, dokud nedošlo k degradaci nátěru. Nejnižší hodnota trnu, který mohl být použit byla 4. Hodnotila se odolnost nátěrového filmu o tloušťce  $50 \pm 10$   $\mu\text{m}$  na ocelovém panelu vůči popraskání či oddělení nátěru od podkladu při teplotě  $23 \pm 2$  °C a relativní vlhkosti vzduchu  $50 \pm 5$  %. Měření bylo pro každý vzorek provedeno třikrát. Z naměřených hodnot byl vypočten aritmetický průměr.



*Obrázek 18 Vlevo přístroj Elcometer k testování odolnosti nátěru vůči ohybu; vpravo Erichsenův přístroj k testování odolnosti nátěru vůči hloubení*

### 3.7.3.9. Stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou (ČSN ISO 2409, 673085)

Deformací řezem byla zjištěna odolnost nátěrového filmu za pomoci řezacího nože Cross Cut se šesti paralelními noži vzdálenými od sebe 1 mm. Na Ocelovém panelu se zkoumaným nátěrem byla zhotovena mřížka, řezem vodorovným a horizontálním. Následně byla hodnocena odolnost nátěrového filmu o tloušťce  $50 \pm 10 \mu\text{m}$  při teplotě  $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  a relativní vlhkosti vzduchu  $50 \pm 5 \%$ . Měření bylo pro každý vzorek provedeno třikrát a ze získaných hodnot byl vypočten aritmetický průměr. Mřížka byla hodnocena podle klasifikační škály od 0 do 5 (tabulka 27).

*Tabulka 27 Kritéria hodnocení vzhledu nátěrového filmu*

Stupeň poškození	Popis poškození	Vzhled
0	Řezy jsou hladké a nedochází k odlupování nátěru	
1	Dochází k mírnému odlupování v místech, kde se řezy kříží. Poškození nátěru je 5 %	
2	Dochází k mírnému odlupování v místech, kde se řezy kříží nebo podél řezů. Poškození nátěru je 5–15 %	
3	Nátěr je částečně nebo úplně odloupen z podkladu v místech křížení řezů či podél řezů. Poškození nátěru je 5–35 %	
4	Nátěrový film je znatelně poškozen v místě mřížky v rozmezí 35–65 %	
5	Poškození je větší než ve 4 stupni	

### 3.7.3.10. Stanovení celkové mechanické odolnosti nátěrového filmu

Mechanické zkoušky, které zahrnovaly stanovení odolnosti vůči hloubení, odolnosti vůči úderu závažím, odolnosti vůči ohybu a stanovení přilnavosti nátěrového filmu, sloužily ke stanovení celkové mechanické odolnosti nátěrového filmu o tloušťce  $50 \pm 10 \mu\text{m}$  na ocelovém panelu při teplotě  $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  a relativní vlhkosti vzduchu  $50 \pm 5 \%$ . Výsledná hodnota odolnosti nátěru byla hodnocena dle stupnice (tabulka 28) vhodnou pro hodnocení mechanických vlastností nátěrů a následně vypočítána dle rovnice 32.

**Tabulka 28 Kritéria k ohodnocení celkové mechanické odolnosti nátěrového filmu**

Stupnice hodnocení	Úder [cm]		Hloubení [mm]	Přilnavost [stupeň]	Ohyb [mm]
	Rub	Líc			
100	100	100	10	0	4
95					
90	80	80	8	1	6
80					
75					
70	60	60	6	2	8
65					
60					
55					
50	40	40	4	3	10
45					
40					
35					
30					
20	20	20	2	4	12
15					
10					
5					
0	0	0	0	5	16

$$\text{celková fyzikálně – mechanická odolnost} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4}{5} \quad (32)$$

$X_1$  – hodnota odolnosti nátěru vůči úderu (rub);  $X_2$  – hodnota odolnosti nátěru vůči úderu (líc);  $X_3$  – hodnota odolnosti nátěru vůči hloubení;  $X_4$  – hodnota přilnavosti nátěru;  $X_5$  – hodnota odolnosti nátěru vůči ohybu

### 3.7.3.11. Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči odtrhu (ČSN EN ISO 4624, 673077)

Odrhová zkouška definuje přilnavost jednovrstvých, ale i vícevrstvých nátěrů nanesených na ocelovém podkladu. Hodnota odtrhu udává minimální tažné napětí, které je potřebné k odtržení nátěru kolmo k danému podkladu. Výsledkem zkoušky může být adhezní lom, tj. rozrušení nejslabší mezifáze, kohezní lom, tj. rozrušení nejslabší složky zkušebního uspořádání nebo adhezní–kohezní lom.

Před zahájením odtrhového testu byly ocelové panely s nátěrovým filmem opatřeny ocelovými panenkami, tj. válečky o průměru 20–30 mm, které byly na ocelový panel nalepeny EA LOCTITA EA 9466 epoxidovým lepidlem a byly ponechány ke schnutí po dobu 24 hodin. Zkouška byla provedena za pomoci přístroje určeného pro tahově–pevnostní zkoušky CONTEST®OP3, jehož nástavec byl upevněn na příslušnou panenku na ocelovém panelu a bylo stanoveno tažné napětí postačující k poškození nátěrového filmu. Následně byla vyhodnocena plocha lomu a výsledek byl udán jako procenta podílu plochy panenky, příslušející určité hodnotě lomu daného systému (viz tabulka 28). Zkouška byla provedena na nátěrovém filmu o tloušťce  $50 \pm 10 \mu\text{m}$  při teplotě  $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  a relativní vlhkosti vzduchu  $50 \pm 5 \%$ . Měření bylo pro každý vzorek provedeno třikrát a ze získaných hodnot byl vypočten aritmetický průměr. Následně byla naměřená odtrhová síla převedena na odtrhovou pevnost dle rovnice 33.

$$\sigma \text{ [MPa]} = \frac{4F}{\pi \cdot d^2} \quad (33)$$

F – odtrhová síla [N]; d – průměr zkušebního válečku [20 mm];  $\sigma$  – odtrhová pevnost

**Tabulka 29 Vyhodnocení lomu**

Typ lomu	Symbol
Kohezní lom v podkladu	A
Adhezní lom mezi podkladem a 1. nátěrem	A/B
Kohezní lom 1. nátěru	B
Adhezní lom mezi 1. a 2. nátěrem	B/C
Kohezní lom 2. nátěru	C
Adhezní lom mezi posledním nátěrem a lepidlem	-/Y
Kohezní lom v lepidle	Y
Adhezní lom mezi lepidlem a zk. válečkem	Y/Z

### 3.7.4. Chemická a korozní odolnost nátěrového filmu

#### 3.7.4.1. Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči methylethylketonu (ASTM D4752–10)

Deformací nátěrového filmu otěrovým testem MEK byla zjištěna chemická odolnost nátěrového filmu vůči účinkům chemického rozpouštědla. MEK má schopnost degradovat organické polymerní řetězce a měření bylo provedeno na skleněných panelech s nátěrovým filmem o tloušťce  $50 \pm 10 \mu\text{m}$  při teplotě  $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  a relativní vlhkosti vzduchu  $50 \pm 5 \%$ . Vatová tyčinka absorbovala MEK a byly jí následně prováděny dvojtahy po dobu 50 sekund. Jeden dvojtah trval přibližně jednu sekundu. Pokud nedošlo k úplné destrukci nátěrového filmu, hodnotilo se poškození dle tabulky 29. Následně byly dvojtahy prováděny dalších 250 sekund. Pokud nedošlo k obnažení skleněného podkladu, byl test ukončen.

**Tabulka 30 Kritéria k ohodnocení poškození nátěrového filmu methylethylketonem**

Stupeň poškození	Stav poškození
0	Úplné obnažení podkladu
1	Značné a hluboké porušení nátěrového filmu, ale ne až na podklad
2	Zřetelné poškození nátěrového filmu
3	Lehké poškození nátěrového filmu
4	Nátěrový film nepoškozen, pouze vyleštěn a na vatové tyčince je nepatrné množství nátěrového filmu
5	Nátěrový film bez vyleštění a nejsou žádné zbytky nátěru na vatové tyčince

#### 3.7.4.2. Stanovení zblednutí nátěrového filmu vystaveného kontaktu s vodou a barevnosti nátěrového filmu vystaveného cyklické korozní zkoušce

Absorpce vody zkoumanými nátěry na skleněných podložkách byla stanovena za pomoci spektrometru UltraScan PRO (obrázek 19) ve formě zblednutí nátěru. Hodnota zblednutí nátěru byla vyjádřena jako pokles transmitance při vlnové délce 500 nm. Nátěrový film byl testován v daném místě plochy, která byla nejprve proměřena na spektrometru jako standardní oblast a následně byla proměřena plocha pokryta vatou nasáklou destilovanou vodou a přikryta Petriho miskou. Po 2 hodinách byla testovaná oblast opatrně osušena a ihned byla změřena na spektrometru. Poté byla tato oblast opět pokryta nasáklou vatou. Měření testované oblasti proběhlo po 2, 16, 24 a 48 hodinách od počátečního pokrytí nátěru nasáklou vatou. Testovaná oblast nátěru byla měřena vždy na 3 různých místech a ze získaných hodnot byl vypočten aritmetický průměr. Zblednutí bylo vyjádřeno dle rovnice 34.



**Obrázek 19** Spektrometr UltraScan PRO – HunterLab

$$Z(\text{rel. \%}) = \frac{T_0 - T_t}{T_0} \cdot 100 \quad (34)$$

$T_0$  – transmittance na počátku;  $T_t$  – transmittance vzorku v čase  $t$ .

Barevnost nátěrového filmu s antikorozními pigmenty byla hodnocena na spektrofotometru v souvislosti se zjištěním odolnosti nátěrového filmu vůči cyklické expozici vzorků UV záření a následném ponoru v 0,35% roztoku  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  s 0,05% NaCl, tj. Harrisonovově roztoku. Barevnost nátěrových filmů byla hodnocena u nátěrových filmů před vystavením UV záření a následně po 120 a 240 hodinách. Byla hodnocena intenzita odražené vlnové délky a následně byla zjištěna odchylka v jas, sytosti a barevném tónu nátěrového filmu. K měření byl využit systém CIE Lab, který pracuje se třemi osami, kde osa  $L^*$  definuje jas mezi černou ( $L^* = 0$ ) a bílou ( $L^* = 100$ ). Souřadnice  $a^*$  definuje změnu sytosti mezi červenou ( $+a^*$ ) a zelenou barvou ( $-a^*$ ) a souřadnice  $b^*$  definuje změnu sytosti mezi žlutou ( $+b^*$ ) a modrou barvou ( $-b^*$ ). Celková barevná změna byla zjištěna dle následující rovnice (35).

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2] \quad (35)$$

$L^*$  – jas;  $a^*$ ,  $b^*$  – barevný tón

#### 3.7.4.3. Stanovení odolnosti nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí

Korozní odolnost nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí byla provedena na ocelových panelech o rozměrech 152 x 102 x 0,8 mm. Na ocelové panely byly za pomoci epoxysterové pryskyřice upevněny skleněné válečky, do kterých byly nality pufry o dané hodnotě pH, tj. 2, 4, 6, 8, 10, 12. Pufry byly připraveny na základě 0,2 mol/l roztoku NaOH a 0,04 mol/l roztoků  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$  a  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Pufry byly ve válečkách ponechány na nátěrovém filmu o tloušťce  $50 \pm 10 \mu\text{m}$  při teplotě  $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , relativní vlhkosti vzduchu  $50 \pm 5 \%$  po dobu 5 dní. Následně byly pufry vylity a nátěrový film byl ponechán působení vzdušnému

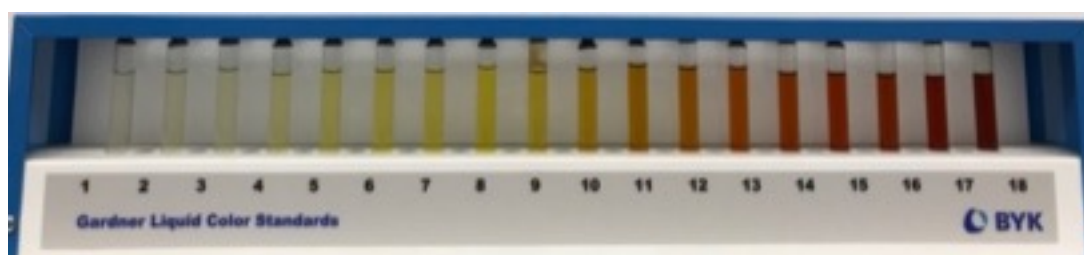
kyslíku po dobu 48 hodin. Takto popsaný cyklus byl proveden třikrát a byla hodnocen vzhled nátěrového filmu dle tabulky 31, koroze v ploše a podkladu.

**Tabulka 31 Změny vzhledu nátěrového filmu**

Stupeň	Vzhled nátěrového filmu
0	Nátěrový film je beze změny
1	Vznik ojedinělých puchýřů
2	Puchýře jsou v celé ploše
3	Vrásnění nátěrového filmu/ztráta adheze
4	Rozrušení integrity filmu

#### 3.7.4.4. Zrychlený laboratorní test bleskové koroze (ČSN EN ISO 8501–4, 038221)

Ke stanovení korozní odolnosti zrychleným laboratorním testem bleskové koroze byl podroben nátěrový film o tloušťce  $50 \pm 10 \mu\text{m}$  na ocelovém panelu při teplotě  $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  a relativní vlhkosti vzduchu  $50 \pm 5 \%$ . Nátěrový film byl ponechán k zaschnutí po dobu 120 minut a po uplynutí této doby byly u vzorků vyhodnoceny korozní projevy dle stupnice ASTM D 610-85 a jodové číslo dle Jodometrické stupnice (obrázek 20). Následně byly ocelové panely s nátěrovým filmem umístěny na 16 hodin do lednice s teplotou vzduchu  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Po uplynutí 16 hodin byly vzorky pokryty filtračním papírem vlhčeným destilovanou vodou po dobu 120 minut. Nakonec byl ze vzorků odstraněn filtrační papír, byly osušeny a vyhodnoceny korozní projevy dle stupnice ASTM D 610-85 a jodové číslo dle Jodometrické stupnice. Měření bylo pro každý vzorek provedeno třikrát a výsledná hodnota byla vypočtena jako aritmetický průměr naměřených hodnot.



**Obrázek 20 Jodometrická stupnice**

#### 3.7.4.5. Stanovení antikorozi účinnosti pomocí elektrochemické lineární polarizace

Lineární polarizace napomáhá sledovat rychlost průběhu korozního procesu nátěrového filmu a stanovení polarizačního odporu. Hodnota lineární polarizace byla zjištěna za pomoci elektrochemického článku, který byl tvořen referentní kalomelovou elektrodou, indikační platinovou elektrodou a pracovní elektrodou, kterou tvořil hodnocený vzorek. Cela



člátku byla připojena ke galvanostatu a prostředí pracovní elektrody tvořil roztok NaCl o koncentraci 3,5 hm.%. Nátěrové filmy byly vystaveny roztoku NaCl po dobu 24 hodin a následně byly proměřeny za pomoci polarizace od  $-10$  mV/EOC do  $+10$  mV/EOC o rychlosti  $0,166$  mV/s. U nátěrového filmu byl vyhodnocen samovolný korozní potenciál ( $E_{kor}$ ), sklony tafelových oblastí ( $\beta_a$  a  $\beta_c$ ), proudová hustota ( $I_{kor}$ ), polarizační odpor ( $R_p$ ) a rychlost koroze ( $v_{kor}$ ) dle rovnice 36, 37 a 38.

$$I_{corr} [\mu A] = \frac{B_k}{R_p} \quad (36)$$

$I_{corr}$  – korozní proudová hustota;  $B_k$  – Stern – Gearyho koeficient;  $R_p$  – proudový odpor [ $\Omega$ ]

$$B_k = \frac{\beta_a \cdot \beta_c}{2,3 \cdot (\beta_a + \beta_c)} \quad (37)$$

$\beta_a$  a  $\beta_c$  – sklony tafelových oblastí [mV]

$$C_R = \frac{I_{corr} \cdot K \cdot EW}{\rho \cdot A} \quad (38)$$

$K$  – konstanta [ $3272$  mm/A cm za rok];  $EW$  – ekvivalentní hmotnost [g];  $A$  – plocha vzorku [ $cm^2$ ]

#### 3.7.4.6. Stanovení odolnosti vůči vlhkým atmosférám (ČSN EN ISO 6270-2, 673108)

Odolnost nátěrového filmu vůči vlhkým atmosférám byla zjištěna na ocelových panelech umístěných v kondenzační komoře s atmosférou o 100% relativní vlhkosti vzduchu s teplotou  $38 \pm 2$  °C. Jednotlivé vzorky s nátěrovým filmem o tloušťce  $90 \pm 10$   $\mu m$  byly před umístěním do komory oblepeny samolepicí páskou. Následně byly exponované vzorky vyhodnoceny dle normy ASTM D 714-87 (hodnocení stupně tvorby puchýřů) a dle normy ASTM D 610-85 (hodnocení korozních projevů). Na závěr byl nátěrový film odstraněn za pomoci odstraňovače nátěrů a byly vyhodnoceny stupně koroze v ploše zkušebního podkladu dle ASTM D 610-85.

#### 3.7.4.7. Stanovení odolnosti v atmosféře solného elektrolytu ( $(NH_4)_2SO_4$ a NaCl (ASTM G85 A5)

Odolnost nátěrového filmu vůči neutrální solné mlze má za účel simulovat prostředí se zvýšeným obsahem chloridů, např. přímořské oblasti nebo zasolené silnice. Na rozdíl od stanovení odolnosti v atmosféře neutrální solné mlhy, kdy je zkouška provedena v solné komoře s atmosférou o vysoké relativní vlhkosti vzduchu při teplotě  $38$  °C s 5% vodným roztokem NaCl a neutrálním pH prostředí, představuje tato korozní zkouška mírnější korozní prostředí, které simuluje dešťovou vodu a působení iontů  $SO_4^{2-}$ ,  $NH_4^+$  a  $Cl^-$ . Zkouška byla

provedena v atmosféře solného roztoku 0,05 hm % NaCl s 0,35 hm % (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Jednotlivé vzorky s nátěrovým filmem o tloušťce 90±10 µm byly před umístěním do komory oblepeny samolepící páskou a opatřeny zkušebním řezem na podklad o délce 8 cm. Po uplynutí stanovené doby byly exponované vzorky vyhodnoceny dle normy ASTM D 714-87 (hodnocení stupně tvorby puchýřů), dle normy ASTM D 610-85 (hodnocení korozních projevů) a dle normy ASTM D 1654-92 (hodnocení koroze v řezu). Na závěr byl nátěrový film odstraněn za pomoci odstraňovače nátěrů a byly vyhodnoceny stupně koroze v ploše zkušebního podkladu dle ASTM D 610-85.

#### *3.7.4.8. Stanovení odolnosti v atmosféře s oxidem siřičitým při zvýšené vlhkosti (ČSN EN ISO 3231, 673096)*

Odolnost nátěrového filmu vůči atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub> má za účel simulovat prostředí s průmyslově znečištěným ovzduším. Zkouška byla provedena v korozní komoře s atmosférou o 100% relativní vlhkosti vzduchu při teplotě 38 °C. Jednotlivé vzorky s nátěrovým filmem o tloušťce 90±10 µm byly před umístěním do komory oblepeny samolepící páskou a opatřeny zkušebním řezem na podklad o délce 8 cm. Po uplynutí stanovené doby byly exponované vzorky vyhodnoceny dle normy ASTM D 714-87 (hodnocení stupně tvorby puchýřů), dle normy ASTM D 610-85 (hodnocení korozních projevů nátěrového filmu a podkladu ocelového panelu) a dle normy ASTM D 1654-92 (hodnocení koroze v řezu).

#### *3.7.4.9. Stanovení odolnosti povětrnostní zkouškou UV zářením*

Odolnost nátěrového filmu vůči povětrnostním podmínkám byla provedena z důvodu napodobení degradace v přírodních podmínkách. Zkouška zahrnuje faktor slunečního a UV záření, které způsobují fotodegradaci, tj. degradaci chemických vazeb polymeru a povrchových vrstev nátěrového filmu. Degradace chemických vazeb polymeru způsobí následné vymývání, prašnost a reakci pigmentů s ostatními složkami. Nátěrový film je nejvíce poškozován zářením o krátkých vlnových délkách a z tohoto aspektu můžeme záření rozdělit na UV–A o vlnových délkách v rozmezí 315–400 nm (způsobuje opálení nátěrového filmu), UV–B o vlnových délkách v rozmezí 280–315 nm (způsobuje poškození většiny polymerních látek) a UV–C o vlnových délkách pod hodnotou 280 nm (způsobuje abnormální degradaci nátěrového filmu).

Zkouška byla provedena ve fluorescenční UV komoře, kde zdroj světla představuje xenonový oblouk s regulací teploty 60 °C po dobu 4 hodin a 100% vlhkosti při 50 °C po dobu 8 hodin. Jednotlivé vzorky s nátěrovým filmem o tloušťce 90±10 µm byly před umístěním do komory oblepeny samolepící páskou a opatřeny zkušebním řezem na podklad o délce 8 cm.

Následně byly exponované vzorky vyhodnoceny dle normy ASTM D 610-85 (hodnocení korozních projevů nátěrového filmu a podkladu ocelového panelu) a dle normy ASTM D 1654-92 (hodnocení koroze v řezu). Dále byla u vzorků posouzena ztráta lesku a projevy změny barvy nátěrového filmu.

#### *3.7.4.10. Cyklická korozní zkouška při expozici v síranu amonném v kombinaci s povětrnostní zkouškou (ASTM D 5894-96)*

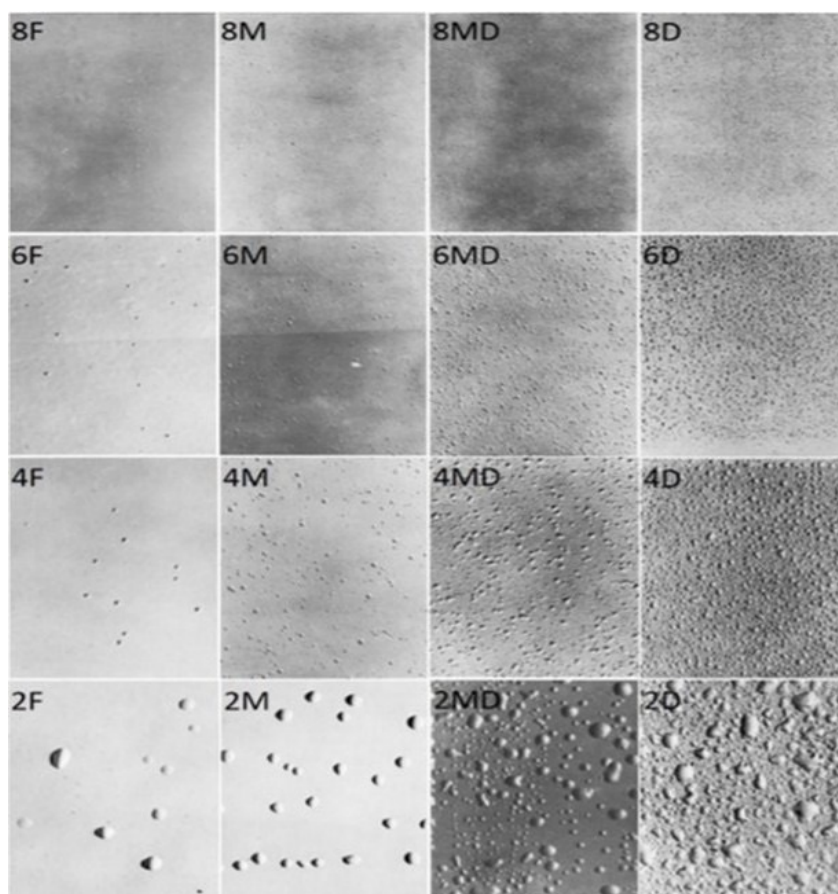
Odolnost nátěrového filmu vůči cyklické expozici vzorků UV záření a následném ponoru v 0,35% roztoku  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  s 0,05% NaCl, tj. Harrisonovově roztoku. Jednotlivé vzorky s nátěrovým filmem o tloušťce  $100 \pm 10 \mu\text{m}$  byly před umístěním do komory oblepeny samolepicí páskou a opatřeny zkušebním řezem na podklad o délce 8 cm. V prvním týdnu byly vzorky na ocelových panelech umístěny do QUV komory, kde byly vystaveny kontinuální expozici světlu při 60 °C po dobu 4 hodin a 100% vlhkosti při 50 °C po dobu 8 hodin. Následující týden byly vzorky přesunuty do korozní komory, kde byly vzorky vystaveny vodnému elektrolytu 0,35%  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  s 0,05% NaCl s rychlostí průtoku 0,5–1,5 ml/hod. Následně byly exponované vzorky vyhodnoceny dle normy ASTM D 714-87 (hodnocení stupně tvorby puchýřů), dle normy ASTM D 610-85 (hodnocení korozních projevů nátěrového filmu a podkladu ocelového panelu) a dle normy ASTM D 1654-92 (hodnocení koroze v řezu).

#### *3.7.5. Hodnocení vzhledu nátěrového filmu a stupně koroze*

Korozní projevy byly hodnoceny dle stupnice tvorby puchýřů ASTM D 714-87. Dále byly hodnoceny korozní projevy nátěrového filmu a podkladu ocelového panelu dle normy ASTM D 610-85. V případě provedení zkušebního řezu byla hodnocena koroze v řezu dle normy ASTM D 1654-92. Ze zjištěných hodnot bylo provedeno shrnutí definující celkovou antikorozi odolnost nátěrového filmu.

##### *3.7.5.1. Hodnocení stupně tvorby puchýřů (ASTM D 714-87)*

Množství a velikost vzniklých puchýřů bylo hodnoceno dle stupnice, která stanovuje odolnost nátěrového filmu vůči tvorbě defektů díky difúze prostředí nátěrovým filmem. Stupnice hodnocení (obrázek 21) je rozdělena dle velikosti puchýřů na 4 oblasti (od největších 2, 4, 6, 8) a dle koncentrace puchýřů s označením od nejvyšší D (dense), MD (medium dense), M (medium) a F (few).



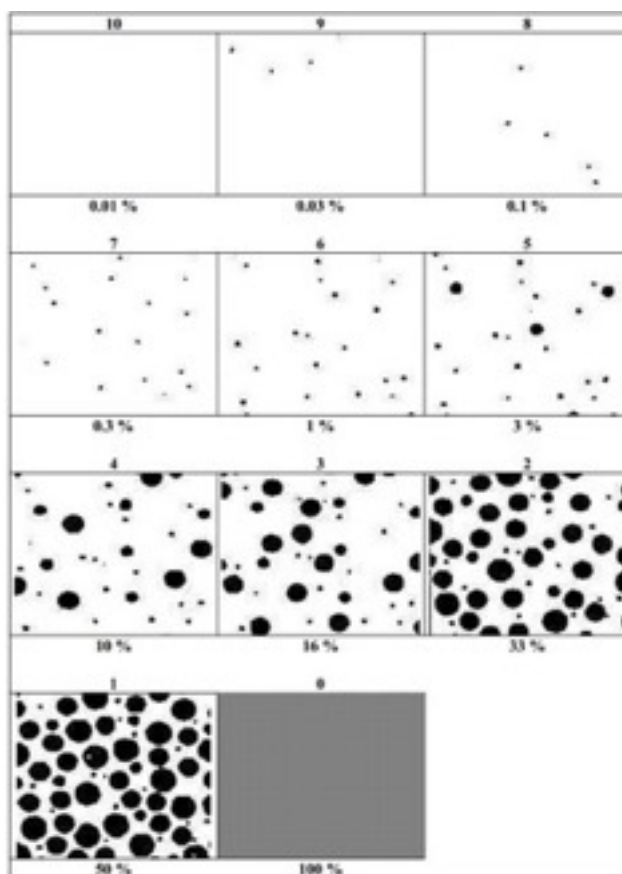
**Obrázek 21** Kritéria k hodnocení stupně tvorby puchýřů dle ASTM D 714-87

### 3.7.5.2. Hodnocení koroze v okolí zkušebního řezu (ASTM D 1654-92)

Koroze v řezu byla hodnocena dle normy, která stanovuje odolnost nátěrového filmu vůči šíření koroze z místa mechanického poškození. Vyhodnocení bylo provedeno vizuálně za pomoci pravítka po odstranění nátěrového filmu. Hodnocena byla šířka korozivního působení na ocelovém podkladu a hodnoty byly měřeny a udány milimetrech.

### 3.7.5.3. Hodnocení stupně koroze v ploše nátěrového filmu a v ploše zkušebního podkladu (ASTM D 610-85)

Koroze v ploše nátěrového filmu a v ploše zkušebního podkladu byla hodnocena dle příslušné normy na nátěrovém filmu a následně na ocelových panelech po odstranění nátěrového filmu. Vyhodnocení bylo provedeno vizuálně dle standardů (viz obrázek 22). Tímto způsobem byl hodnocen také urychlený test bleskové koroze.



Obrázek 22 Kritéria k hodnocení korozních projevů dle ASTM 610–85

#### 3.7.5.4. Celkové hodnocení korozní odolnosti (ČSN EN ISO 2409)

Celková antikoroziční odolnost nátěrového filmu byla vyhodnocena z předešlých provedených korozních zkoušek a výsledky z těchto zkoušek byly sjednoceny dle stupnice, viz tabulka 32. Výsledné hodnoty celkové antikoroziční odolnosti byly uvedeny ve formě grafů v diskuzi výsledných hodnot.

Tabulka 32 Kritéria hodnocení antikoroziční odolnosti

Stupnice hodnocení	Hodnocení dle ASTM D 714-87 [st.]	Hodnocení dle ASTM D 1654-92 [mm]	Hodnocení dle ASTM D 610-85 [%]
100		0	< 0,03
95			0,1
90		0 – 0,5	0,3
85			
80		0,5 – 1,0	1
75	8F		
70	6F	1,0 – 2,0	3
65	4F		
60	2F	2,0 – 3,0	10
55	8M		

Stupnice hodnocení	Hodnocení dle ASTM D 714-87 [st.]	Hodnocení dle ASTM D 1654-92 [mm]	Hodnocení dle ASTM D 610-85 [%]
50	6M	3,0 – 5,0	
45	4M		
40	2M	5,0 – 7,0	16
35	8MD		
30	6MD	7,0 – 10	
25	4MD		
20	2MD	10 – 13	33
15	8D		
10	6D	13 – 16	
5	4D		
0	2D	> 16	> 50

Dle rovnice 39 byla zjištěna celková antikorozi odolnost.

$$\text{Antikorozi odolnost} = \frac{A+B+C}{3} \quad (38)$$

A – hodnota ASTM D 714-87; B – hodnota ASTM D 1654-92; C – hodnota ASTM D 610-85

### 3.7.6. Stanovení životnosti organických povlaků

Životnost organických povlaků byla stanovena dle normy ČSN EN ISO 12944-2 (038241), která definuje stupeň korozní agresivity v závislosti na druhu atmosféry venkovního a vnitřního prostředí. Stanovení životnosti nátěrového filmu napomáhá určit typ prostředí, kterému může být organický povlak vystaven dle tabulky 33 a 34.

**Tabulka 33** Stupně korozní agresivity

Stupnice hodnocení	Příklady typického venkovního prostředí	Příklady typického vnitřního prostředí
<b>C1 velmi nízká</b>		Vytápěné budovy s čistou atmosférou, např. kanceláře, školy, obchody, hotely
<b>C2 nízká</b>	Atmosféra s nízkou úrovní znečištění, venkovské prostředí	Nevytápěné budovy, kde může docházet ke kondenzaci, např. sklady, sportovní haly
<b>C3 střední</b>	Městské průmyslové atmosféry s mírným znečištěním SO <sub>2</sub> ; přímořské prostředí	Výrobní prostory s vysokou vlhkostí a malým znečištěním ovzduší, např. výroby potravin, pivovary, mlékárny
<b>C4 vysoká</b>	Průmyslové prostředí a přímořské prostředí s nízkou salinitou	Chemické závody, plavecké bazény, loděnice a doky na mořském pobřeží
<b>C5 – velmi vysoká (průmyslová)</b>	Průmyslové prostředí s vysokou vlhkostí a agresivní atmosférou a pobřežní oblastí s vysokou salinitou	Budovy nebo prostředí s převážně trvalou kondenzací a s vysokým znečištěním ovzduší
<b>CX extrémní</b>	Přimořské prostředí s vysokou salinitou a průmyslové oblasti s extrémní vlhkostí a agresivní atmosférou a subtropické a tropické atmosféry	Průmyslové oblasti s extrémní vlhkostí a agresivní atmosférou

**Tabulka 34 Stanovení životnosti nátěrového filmu v daném korozním prostředí**

Stupnice korozní agresivity	Životnost	Neutrální solná mlha ISO 9227 [hod]	Kondenzace vody ISO 6270 [hod]
<b>C2 nízká</b>	Nízká	–	48
	Střední	–	48
	Vysoká	–	120
<b>C3 střední</b>	Nízká	120	48
	Střední	240	120
	Vysoká	480	240
<b>C4 vysoká</b>	Nízká	240	120
	Střední	480	240
	Vysoká	720	480
<b>C5-I velmi vysoká (průmyslová)</b>	Nízká	480	240
	Střední	720	480
	Vysoká	1440	720

### 3.7.7. Antimikrobiální odolnost nátěrového filmu

#### 3.7.7.1. Stanovení antibakteriální účinnosti akrylátových latexů obtiskovou metodou (na základě ISO 22196: 2011)

Stanovení antimikrobiální odolnosti bylo provedeno na připravených volných filmech akrylátové vodné disperze, ze kterých byly vystřiženy čtverce o rozměrech 25 x 25 mm. Volné filmy byly následně sterilizovány UV zářením z obou stran po dobu 20 minut. Poté byly připraveny čtverce z krycí polypropylenové fólie o rozměrech 20 x 20 mm, které byly sterilizovány v roztoku 70% ethanolu.

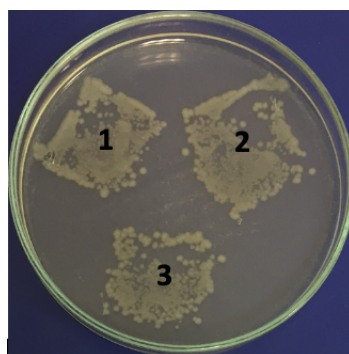
Z připravené bakteriální kultury staré 24 hodin bylo za pomoci sterilní bakteriální kličky odebráno malé množství a rozpuštěno ve sterilním fyziologickém roztoku. Byl připraven zákal s hodnotou 1 dle McFarlandovy zákalové stupnice a následným ředěním byla dosáhnuta denzita 106 cfu/ml. Pro zjištění přesného množství bakterií byla bakteriální suspenze vyočkována na čistý živný MPA agar. Následně byly Petriho misky s bakteriálními kulturami umístěny do inkubátoru s teplotou 35 °C po dobu 24 hodin. Po uplynutí určené doby bylo spočteno přesné množství bakterií použitých pro testování.

Sterilizované volné filmy byly umístěny do Petriho misek. V jedné Petriho misce byly umístěny tři volné filmy od jednoho stejného pojiva, na které bylo napipetováno 0,1 ml bakteriální suspenze. Vzorky byly překryty krycí fólií, tak že byla bakteriální suspenze pouze mezi vzorkem a fólií. Následně byly vzorky umístěny do inkubátoru s teplotou 35 °C po dobu 24 hodin. Po uplynutí určené doby byla krycí fólie smegma ze vzorku odstraněna sterilní pinzetou a vzorek byl třikrát obtisknut na MPA agar (MPA s přidaným lecitinem a Tweenem) v Petriho misce. Vždy v tripletu. Poté byly vzorky umístěny do inkubátoru s teplotou 35 °C po

dobu 24 hodin. Následující den byla zjištěna bakteriální kontaminace dle tabulky 35 a ze získaných hodnot byl vypočten aritmetický průměr. Na obrázku 23 je znázorněna obtisková metoda se stupněm kontaminace 4.

**Tabulka 35** *Hodnocení růstu bakterií obtiskovou metodou*

Stupeň kontaminace	Hodnocení kontaminace
0	Bez nárůstu
1	Odečitatelné množství (jednotlivé kolonie)
2	Odečitatelné množství (spojené kolonie)
3	2. otisk rozeznatelné kolonie, 3. otisk lze odečíst
4	3. otisk rozeznatelné kolonie
5	Přerostlé, souvislý film



**Obrázek 23** *Vizualizace obtiskové metody*

### 3.7.7.2. Stanovení antifungální účinnosti nátěrového filmu (ISO 22196: 2011)

Antifungální účinnosti byla stanovena u předem (5–7 dní) osporovaných kultur, které byly kultivovány ve zkumavkách na šikmém MALT agaru při teplotě 25 °C. Po uplynutí daného času byl do zkumavek přidán fyziologický roztok (5 ml) a stabilizační roztok TWEEN® (100  $\mu$ m). Následně byla protřepáním zkumavky vytvořena suspenze, která byla přelita do titrační baňky obsahující skleněné perly. Skleněné perly rozrušily shluky spor a zajistily jejich rozprostření po celém objemu. Denzita 106 buněk/ml byla zprostředkována ředěním a zjištěna spočítáním spor v Bürkerově komůrce pomocí světelného mikroskopu. Pro kontrolu denzity byla suspenze naočkována na čistý MALT agar. Vzorek byl umístěn sterilní pinzetou do středu Petriho misky s MALT agarem nátěrem vzhůru. Následně byl na vzorek a agar odpipetováno 0,1 ml suspenze spor o denzitě 106 buněk/ml, která byla pomocí L-hokejky rozprostřena po celém povrchu vzorku a agaru. Vzorky byly inkubovány při teplotě 24–25 °C po dobu 5 a 14 dní. Po uplynutí stanovené doby byla stanovena antifungální účinnost nátěrového filmu. Pro každý vzorek bylo provedeno testování ve třech opakováních a ze získaných hodnot byl vypočten aritmetický průměr.



## 4 VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ

### 4.1. Vyhodnocení vodou ředitelných nátěrových hmot

Testováno bylo 10 akrylátových vodných disperzí. Z těchto disperzí bylo syntetizováno 5 latexů/pojiv – nevím, jak to chcete nazvat s různým typem síťování bez začlenění  $n\text{La}_2\text{O}_3$  a 5 latexů se stejným složením jako předešlé akrylátové disperze, ale se začleněnými  $n\text{La}_2\text{O}_3$  o teoretické koncentraci 1,5 % hmotn vztaženo na polymerní podíl.

Byl syntetizován latex bez síťovacího mechanismu s 0 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (L0), latex bez síťovacího mechanismu s 1,5 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (LA), latex se síťovacím činidlem N-ethylolakrylamidem s 0 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (L0 NMA), latex se síťovacím činidlem N-methylolakrylamidem s 1,5 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (LA NMA), latex se síťovacím mechanismem na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (L0 HPMA), latex se síťovacím mechanismem na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (LA HPMA), latex se síťovacím mechanismem na bázi acetoacetoxyethylmethakrylátu s 0 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (L0 AAEM), latex se síťovacím mechanismem na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (LA AAEM), latex se síťovacím mechanismem ADH/DAAM s 0 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (L0 DAAM), latex se síťovacím mechanismem ADH/DAAM s 1,5 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (LA DAAM).

#### 4.1.1. Vyhodnocení charakterizace vodou ředitelných polymerních disperzí

##### 4.1.1.1. Výsledné základní vlastnosti pojiv

V tabulce 36 jsou shrnuty základní charakteristické vlastnosti testovaných pojiv, které byly získány pomocí metod uvedených v kapitolách 3.7.1.1.–3.7.1.5.

**Tabulka 36** Základní vlastnosti hodnocených vodou ředitelných pojiv

Použitá pojiva	Hodnocené parametry				
	Obsah koagulátu [% hmotn.]	pH* [-]	Viskozita [ $\text{mPa}\cdot\text{s}^{-1}$ ]	Obsah sušiny [% hmotn.]	MFFT [°C]
L0	1,461	2,88	366,3	27,71	4,25
LA	0,289	5,36	3781	38,42	9,06
L0 NMA	0	2,31	19,96	41,47	4,12
LA NMA	0	6,93	35,99	41,49	4,25
L0 HPMA	0	8,9	11,85	42,32	6,45
LA HPMA	0	10,55	11,54	41,64	7,15
L0 AAEM	0	6,04	13,62	36,81	25,95
LA AAEM	0,288	6,86	11,82	38,56	26,55
L0 DAAM	0	2,10	582	38,32	3,70
LA DAAM	0,295	5,24	871	38,64	6,31

\* Hodnota pH je uvedena před alkalizací amoniakem na pH 8,4–8,5.

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.1.1.2. Výsledné hodnoty velikosti částic a Zeta potenciálu

Ke stanovení velikosti částic a Zeta potenciálu u syntetizovaných pojiv byla využita metoda uvedená v kapitole 3.7.1.6. Tabulka 37 popisuje hodnoty velikosti částic a Zeta potenciálu získané po syntéze pojiv. Zvýšení iontové síly díky pufru, snížení zeta potenciálu. Snížení díky rozpuštění nanočástic.

**Tabulka 37 Výsledné hodnoty velikosti částic a Zeta potenciálu**

Použitá pojiva	Hodnocené parametry		
	Velikost částic [nm]	Zeta potenciál [mV]	Index polydisperzity [%]
L0	94,88 ± 1,06	-43,0 ± 1,3	3,3 ± 2,5
LA	119,52 ± 1,41	-42,4 ± 0,9	10,7 ± 1,7
L0 NMA	141,02 ± 2,55	-36,8 ± 1,2	4,6 ± 2,8
LA NMA	129,25 ± 1,60	-26,6 ± 0,3	6,1 ± 3,0
L0 HPMA	179,94 ± 3,11	-42,0 ± 0,6	7,3 ± 5,6
LA HPMA	172,19 ± 3,78	-37,7 ± 0,5	5,4 ± 4,5
L0 AAEM	187,92 ± 3,81	-32,8 ± 0,2	5,0 ± 3,1
LA AAEM	186,05 ± 2,46	-27,3 ± 0,7	5,0 ± 4,4
L0 DAAM	104,07 ± 1,93	-44,2 ± 0,5	7,3 ± 2,8
LA DAAM	123,64 ± 0,87	-41,6 ± 0,5	2,8 ± 1,4

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.1.1.3. Výsledné hodnoty síťové hustoty a látek extrahovatelnými organickými rozpouštědly

Ke stanovení síťové hustoty a látek extrahovatelných organickými rozpouštědly u syntetizovaných pojiv byla využity metody uvedené v kapitolách 3.7.1.7. – 3.7.1.8. Tabulka 38 popisuje hodnoty síťové hustoty a látek extrahovatelných organickými rozpouštědly získané po syntéze pojiv.

**Tabulka 38 Výsledné hodnoty síťové hustoty a látek extrahovatelných organickými rozpouštědly**

Použitá pojiva	Hodnocené parametry		
	Obsah solu [% hmotn.]	Molekulová hmotnost mezi uzly [g/mol]	Síťová hustota [mol/cm <sup>3</sup> × 10 <sup>-5</sup> ]
L0	89,1±2,5	–*	–*
LA	18,5±1,0	26789±6048	4,30±1,05
L0 NMA	16,9±0,6	24312±2638	4,60±0,49
LA NMA	25,1±3,9	82219±5096	1,35±0,09
L0 HPMA	41,4±5,0	220742±2115	0,51±0,05
LA HPMA	16,6±0,9	232950±1024	0,48±0,02
L0 AAEM	3,80±1,5	8740,00±427	12,72±0,61
LA AAEM	3,01±0,1	5026,00±656	22,27±2,91
L0 DAAM	30,1±0,5	56780±8862	1,99±0,32
LA DAAM	6,90±5,0	16330,0±414	6,80±0,17

–\* Vzorek se rozpustil nebo jej nebylo vzhledem k jeho konzistenci možné kvantitativně odebrat

L0 je latex s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA je latex s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### 4.1.1.4. Výsledné množství nanočástic začleněných do syntetizovaného latexu pomocí ICP–OES

Ke stanovení skutečného obsahu nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> v syntetizovaném latexu byla použita metoda ke stanovení obsahu kovu metoda ICP-OES, která je popsána v kapitole 3.7.1.10. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 39.

**Tabulka 39 Výsledné hodnoty množství nanočástic pomocí obsahu popela a ICP-OES**

Použitá pojiva	Hodnocené parametry	
	Stanovení pomocí ICP-OES	
	Obsah kovu [mg/kg]	Obsah kovu [% hmotn.]
L0	0	0
LA	8505	0,99
L0 NMA	0	0
LA NMA	2689	0,32
L0 HPMA	0	0
LA HPMA	10515	1,23
L0 AAEM	0	0
LA AAEM	7741	0,91
L0 DAAM	0	0
LA DAAM	8112	0,95

L0 je latex s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA je latex s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 %

nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.1.1.5. Výsledné hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti výluhu nepigmentovaného volného filmu

Ke stanovení pH a měrné elektrické vodivosti výluhu z volného filmu byla použita metoda uvedená v kapitole 3.7.1.12. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 40.

**Tabulka 40** Výsledné hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti výluhu nepigmentovaného volného filmu

Použitá pojiva	Hodnocené parametry							
	pH vodného výluhu				Měrná elektrická vodivost [ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ]			
	Dny							
	7.	14.	21.	28.	7.	14.	21.	28.
L0	7,78±0,01	6,95±0,01	6,30±0,01	6,28±0,01	8,00±0,5	21,0±0,5	44,0±0,5	55,0±0,5
LA	7,70±0,01	7,44±0,01	6,60±0,01	6,30±0,01	55,0±0,5	73,0±0,5	78,0±0,5	83,0±0,5
L0 NMA	6,80±0,01	6,34±0,01	6,02±0,01	5,89±0,01	63,5±0,5	72,0±0,5	73,0±0,5	81,0±0,5
LA NMA	7,10±0,01	6,40±0,01	5,93±0,01	5,38±0,01	40,1±0,5	50,0±0,5	48,0±0,5	57,0±0,5
L0 HPMA	7,64±0,01	7,01±0,01	6,24±0,01	6,07±0,01	51,7±0,5	60,0±0,5	82,0±0,5	84,0±0,5
LA HPMA	7,57±0,01	7,18±0,01	6,69±0,01	6,35±0,01	61,4±0,5	68,0±0,5	68,0±0,5	74,0±0,5
L0 AAEM	8,01±0,01	7,81±0,01	7,46±0,01	7,03±0,01	106,9±0,5	127,0±0,5	142,0±0,5	147,0±0,5
LA AAEM	7,67±0,01	8,06±0,01	7,20±0,01	6,82±0,01	79,1±0,5	89,0±0,5	86,0±0,5	107,0±0,5
L0 DAAM	7,28±0,01	7,16±0,01	6,46±0,01	6,11±0,01	94,3±0,5	106,0±0,5	113,0±0,5	121,0±0,5
LA DAAM	7,44±0,01	7,17±0,01	6,54±0,01	6,22±0,01	51,7±0,5	59,0±0,5	60,0±0,5	65,0±0,5

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.1.1.6. Výsledné hodnoty korozních úbytků ve vodném výluhu volného filmu

Ke stanovení korozních úbytků ve vodném výluhu z volného filmu byla použita metoda uvedená v kapitole 3.7.1.13. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 41.

**Tabulka 41** Výsledné hodnoty korozních úbytků ve vodném výluhu nepigmentovaného volného filmu

Použitá pojiva	Hodnocené parametry		
	Korozní úbytky		
	$\Delta m$ [mg]	Km [g·m <sup>-2</sup> ]	XH [%]
L0	6,0	2,9885	110,68
LA	8,6	4,2835	158,65
L0 NMA	8,2	4,0842	151,27
LA NMA	5,9	2,9386	108,84

Použitá pojiva	$\Delta m$ [mg]	Km [g·m <sup>-2</sup> ]	XH [%]
L0 HPMA	4,2	2,0919	77,48
LA HPMA	5,8	2,8888	106,99
L0 AAEM	6,3	3,1379	116,22
LA AAEM	6,6	3,2873	121,75
L0 DAAM	6,1	3,0383	112,53
LA DAAM	6,0	2,9885	110,68

L0 je latex s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA je latex s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### 4.1.1.7. Výsledné hodnoty absorbované vody volným filmem

Ke stanovení množství absorbované vody volným filmem byla použita metoda uvedená v kapitole 3.7.1.14. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 42.

**Tabulka 42 Výsledné hodnoty absorbované vody volným filmem**

Použitá pojiva	Absorpce vody volného filmu						
	Hmotnost [g]						
	Dny						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0	7,479	8,616	12,325	48,247	38,470	68,018	71,421
LA	12,756	16,176	51,118	72,181	99,638	103,008	106,510
L0 NMA	20,334	27,895	39,725	56,208	123,514	136,275	138,417
LA NMA	13,690	16,080	18,767	43,842	73,496	118,672	121,709
L0 HPMA	14,688	25,920	26,910	34,212	71,108	116,224	119,254
LA HPMA	10,906	14,723	9,671	15,152	21,329	29,900	35,096
L0 AAEM	18,702	21,059	22,106	15,964	13,838	12,768	10,247
LA AAEM	11,324	16,836	11,738	30,760	9,884	5,587	4,653
L0 DAAM	17,902	21,178	30,035	31,931	75,419	99,882	104,713
LA DAAM	23,891	20,811	22,236	18,569	16,079	17,317	18,825

L0 je latex s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA je latex s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### 4.1.1.8. Výsledné hodnoty mrazuvzdornosti a mechanické stability

Ke stanovení mrazuvzdornosti a mechanické stability syntetizovaného latexu byly použity metody uvedené v kapitole 3.7.1.16. – 3.7.1.17. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 43.

**Tabulka 43 Výsledné hodnoty mrazuvzdornosti a mechanické stability**

Použitá pojiva	Hodnocené parametry			
	Mechanická stabilita	Mrazuvzdornost		
		-5 °C	-10 °C	-18 °C
<b>L0</b>	Ano	Ano	Ano	Ne
<b>LA</b>	Ano	Ano	Ano	Ne
<b>L0 NMA</b>	Ano	Ano	Ne	Ne
<b>LA NMA</b>	Ano	Ano	Ne	Ne
<b>L0 HPMA</b>	Ano	Ano	Ano	Ano
<b>LA HPMA</b>	Ano	Ano	Ne	Ne
<b>L0 AAEM</b>	Ano	Ano	Ano	Ano
<b>LA AAEM</b>	Ano	Ano	Ano	Ano
<b>L0 DAAM</b>	Ano	Ano	Ano	Ne
<b>LA DAAM</b>	Ano	Ano	Ano	Ne

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.1.2. Vyhodnocení fyzikálně–mechanické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů

##### 4.1.2.1. Vyhodnocené vizuální vlastnosti nepigmentovaných nátěrových filmů

Ke stanovení vizuálních vlastností byly nátěrové filmy nechány vysychat po dobu 10 dní (vyjma lesku, tvrdosti a odolnosti vůči vtisku). Vzhled, tloušťka, lesk a tvrdost nátěrového filmu byly hodnoceny metodami, které jsou uvedeny v kapitolách 3.7.3.1. – 3.7.3.5. Vizuálně byl stanoven a hodnocen vzhled nátěrových filmů a výsledky jsou uvedeny v tabulce 44. Výsledky tloušťky nátěrových filmů jsou uvedeny v tabulce 45. Lesk, tloušťka a odolnost vůči vtisku nátěrových filmů byl vyhodnocen po 1, 7, 14, 21, 28, 35 dnech a výsledky jsou uvedeny v tabulkách 46-48.

**Tabulka 44 Výsledné hodnoty vzhledu nepigmentovaných nátěrových filmů, DFT = 35 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Vzhled nátěrového filmu				
	Zákal	Částice	Bubliny	Praskliny	Povrch
L0	1	1	1	1	1
LA	1	1	1	1	1
L0 NMA	2	1	1	1	1
LA NMA	2	1	1	1	1
L0 HPMA	1	1	1	1	1
LA HPMA	2	1	1	1	1
L0 AAEM	2	1	1	1	1
LA AAEM	2	1	1	1	3
L0 DAAM	1	1	1	1	1
LA DAAM	1	1	1	1	1

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 45 Výsledné hodnoty tloušťky nepigmentovaných nátěrových filmů**

Použitá pojiva	Tloušťka nátěrového filmu [μm]	
	Sklo	Ocel
L0	35±5	64±5
LA	39±5	78±5
L0 NMA	31±5	56±5
LA NMA	33±5	99±5
L0 HPMA	30±5	90±5
LA HPMA	31±5	92±5
L0 AAEM	38±5	117±5
LA AAEM	44±5	124±5
L0 DAAM	41±5	110±5
LA DAAM	35±5	88±5

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 46 Výsledné hodnoty lesku nepigmentovaných nátěrových filmů, DFT = 35 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Úhel	Lesk [GU]						
		Dny						
		1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0	20°	60,2	79,5	80,6	77,7	78,5	78,7	78,3
	60°	77,9	85,3	86,2	84,3	84,6	83,7	84,2
	85°	92,3	92,2	97,6	97,1	94,8	96,5	96,2
LA	20°	56,5	59,2	61,7	59,6	62,9	58,3	61,4
	60°	72,5	78,9	79,4	77,8	76,2	76,7	76,9
	85°	89,8	92,2	90,6	91,1	90,8	91,2	92,2
L0 NMA	20°	7,7	8	8,3	8,8	11,0	8,8	9,1
	60°	44,7	45,5	47,3	48,3	52,1	47,8	48,5
	85°	90,5	90,5	91,3	91,0	91,2	89,9	91,5
LA NMA	20°	65,9	67,2	67,2	66,6	67,9	65,5	66,2
	60°	82,1	81,9	82,5	80,9	81,3	80,7	81,6
	85°	97,7	97,2	96,7	96,2	87,5	96,8	97,4
L0 HPMA	20°	76,4	77,1	77,8	76,9	76,7	75,2	76,1
	60°	84,3	84,2	84,7	83,3	83,3	82,6	83,2
	85°	96,9	97,7	97,4	96,6	96,3	95,3	96,7
LA HPMA	20°	77,5	75,8	78,4	74,8	76,2	77,6	76,8
	60°	85,1	84,9	97,7	78,4	85,2	98,1	99,8
	85°	98,3	97,7	98,1	97,3	97,2	96,6	97,4
L0 AAEM	20°	42,4	43,9	41,2	43,0	39,4	43,3	43,6
	60°	69,4	69,1	68,5	68,0	67,8	68,2	69,6
	85°	94,2	94,7	93,2	92,7	93,2	93,3	94,1
LA AAEM	20°	47,6	55,2	52,5	52,1	57,6	56,2	55,8
	60°	75,5	77,2	77,6	77,0	79,1	77,8	78,2
	85°	96,7	97,5	95,9	96,6	95,4	96,3	97,2
L0 DAAM	20°	80,3	80,5	81,1	79,6	79,5	77,8	79,5
	60°	85,6	85,7	86,0	84,6	85,3	83,7	84,7
	85°	98,6	98,6	97,9	97,9	97,8	96,5	97,6
LA DAAM	20°	77,6	77,3	77,8	77,0	74,1	75,0	76,3
	60°	85,3	85,3	85,7	84,3	84,3	83,7	84,6
	85°	97,9	97,9	97,5	97,3	95,9	97,2	97,5

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je



latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Tabulka 47 Výsledné hodnoty tvrdosti nepigmentovaných nátěrových filmů, DFT = 35 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Tvrdost dle Persoze [%]						
	Dny						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0	16,843	18,711	16,400	21,740	23,170	22,530	21,640
LA	19,383	21,462	18,950	23,150	24,330	23,420	22,800
L0 NMA	10,082	12,972	14,880	11,750	12,340	12,210	11,110
LA NMA	8,753	9,552	8,840	11,200	11,290	10,870	10,650
L0 HPMA	10,238	10,495	19,530	11,980	12,460	12,030	11,340
LA HPMA	9,535	10,024	9,300	11,050	10,830	10,740	10,650
L0 AAEM	21,102	25,000	24,070	36,040	31,320	30,420	29,750
LA AAEM	16,999	19,929	19,770	24,210	25,730	26,540	27,210
L0 DAAM	19,617	22,484	19,420	25,970	25,960	25,410	25,350
LA DAAM	19,226	20,991	18,840	22,330	24,450	23,530	22,920

L0 je latex s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA je latex s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Tabulka 48 Výsledné hodnoty odolnosti proti vtisku nepigmentovaných nátěrových filmů, DFT = 35 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Odolnost proti vtisku [mm]						
	Dny						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0	1,639	1,518	1,439	1,191	1,060	1,048	0,950
LA	1,463	1,116	1,095	0,882	0,774	0,732	0,705
L0 NMA	1,419	1,236	1,157	0,955	0,943	0,855	0,807
LA NMA	1,579	0,956	0,840	0,727	0,693	0,672	0,632
L0 HPMA	1,824	1,788	1,589	1,490	1,427	1,353	1,286
LA HPMA	1,682	1,401	0,977	0,658	0,612	0,549	0,449
L0 AAEM	1,921	1,894	1,315	1,160	1,031	0,981	0,965
LA AAEM	1,927	1,770	1,723	1,108	0,960	0,947	0,903
L0 DAAM	1,269	1,115	0,914	0,902	0,898	0,889	0,699
LA DAAM	1,290	1,242	1,167	1,061	0,873	0,685	0,593

L0 je latex s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA je latex s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 %

nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.1.2.2. Vyhodnocená mechanická odolnost nepigmentovaných nátěrových filmů

Mechanická odolnost nátěrového filmu byla hodnocena pomocí odolnosti vůči úderu závažím, ohybu, hloubení a přilnavosti. Jednotlivé metody jsou popsány v kapitolách 3.7.3.6. – 3.7.3.9. Ze získaných hodnot byla následně zjištěna celková odolnost nátěrového filmu dle kapitoly 3.7.3.10. Nátěrové filmy byly ponechány k vyschnutí po dobu 10 dní a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 49.

**Tabulka 49** Výsledné mechanické vlastnosti nepigmentovaných nátěrových filmů,  $DFT = 40 \pm 10 \mu\text{m}$

Použitá pojiva	Mechanická odolnost						Celková odolnost [-]
	Úder		Ohyb [mm/trn]	Přilnavost [st.]		Hloubení [mm]	
	Rub [cm]	Líc [cm]		Sklo	Plech		
L0	> 100	> 100	> 4	0	0	> 10	100
LA	> 100	> 100	> 4	0	0	> 10	100
L0 NMA	> 100	> 100	> 4	2	1	> 10	96
LA NMA	> 100	> 100	> 4	1	0	> 10	98
L0 HPMA	> 100	> 100	> 4	0	0	> 10	100
LA HPMA	> 100	> 100	> 4	1	1	> 10	98
L0 AAEM	5	70	> 4	2	2	> 10	70
LA AAEM	15	80	> 4	1	1	> 10	79
L0 DAAM	> 100	> 100	> 4	0	0	> 10	100
LA DAAM	> 100	> 100	> 4	0	0	> 10	100

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.1.2.3. Vyhodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči odtrhu

Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči odtrhovému testu byl proveden dle kapitoly 3.7.3.11. Nátěrový film byl ponechán k vyschnutí po dobu 10 dní a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 50.

**Tabulka 50 Výsledné hodnoty odolnosti vůči odtrhu nepigmentovaného nátěrového filmu, DFT = 40 ±10 μm**

Použitá pojiva	Odolnost vůči odtrhu			
	Odtrhová síla [N]	Odtrhová pevnost [KPa]	Typ lomu	Průměrný nárůst [N]
L0	0,373	1,1	A/B	420,9
LA	0,313	1,0	A/B	427,5
L0 NMA	0,447	1,4	A/B	354,7
LA NMA	0,358	1,1	A/B	393,7
L0 HPMA	0,237	0,7	A/B	253,7
LA HPMA	0,461	1,4	A/B	417,9
L0 AAEM	0,152	0,4	A/B	176,6
LA AAEM	0,241	0,7	A/B	259,9
L0 DAAM	0,200	0,6	A/B	251,8
LA DAAM	0,639	2,0	A/B	472,3

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.1.3. Vyhodnocení chemické a korozní odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů

##### 4.1.3.1. Vyhodnocení odolnosti vůči methylethylketonu

Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči MEK byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.1. Odolnost byla stanovena na skleněných panelech v čase po dobu 35 dní. Nátěrový film byl vizuálně hodnocen po 50 dvojtazích (dle tabulky 29) a následně byl zaznamenán počet dvojtahů, při kterém došlo k obnažení skleněného podkladu. Test byl ukončen v případě hodnoty vyšší 300 dvojtahů. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 51.

**Tabulka 51 Výsledné hodnoty odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči MEK, DFT = 35 ±10 μm**

Použitá pojiva	Odolnost vůči methylethylketonu													
	Stupeň hodnocení po 50 dvojtazích							Počet dvojtahů [s]						
	Dny							Dny						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0	0	1	1	1	1	1	0	34	63	69	70	68	69	34
LA	3	3	3	3	4	4	4	85	79	81	87	129	127	131
L0 NMA	0	0	0	0	0	0	0	10	10	15	18	20	21	20
LA NMA	0	0	0	0	0	0	0	19	20	23	29	54	22	29

Použitá pojiva	Stupeň hodnocení po 50 dvojtazích							Počet dvojtahů [s]						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0 HPMA	0	1	1	1	2	0	0	48	60	62	59	86	43	48
LA HPMA	0	4	4	4	4	4	4	125	156	189	178	175	183	181
L0 AAEM	0	0	0	1	3	3	3	16	25	34	53	135	141	155
LA AAEM	3	3	2	3	3	4	4	155	124	103	127	169	157	161
L0 DAAM	0	0	0	0	0	0	0	13	11	19	27	29	21	28
LA DAAM	4	4	4	5	5	5	5	154	198	236	>300	>300	>300	>300

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.1.3.2. Vyhodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči zblednutí

Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vystaveného kontaktu s vodou vůči zblednutí byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.2. Odolnost byla stanovena na skleněných panelech po uplynutí 2, 16, 24 a 48 hodin. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 52.

**Tabulka 52 Výsledné hodnoty odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči zblednutí,  $DFT = 35 \pm 10 \mu\text{m}$**

Použitá pojiva	Odolnost vůči zblednutí [pokles transmitance %]			
	2 hod.	16 hod.	24 hod.	48 hod.
L0	7,57	20,09	20,55	31,19
LA	11,46	12,86	14,89	22,07
L0 NMA	16,35	49,66	55,23	57,92
LA NMA	17,70	54,35	55,08	61,41
L0 HPMA	4,38	35,29	37,46	43,04
LA HPMA	7,09	18,90	21,07	24,96
L0 AAEM	4,24	10,20	10,99	11,85
LA AAEM	5,56	11,38	10,88	11,12
L0 DAAM	2,98	38,43	39,34	46,20
LA DAAM	1,46	14,01	14,10	14,72

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 %

nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### 4.1.3.3. Vyhodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí

Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.3. Na ocelových panelech byl hodnocen vzhled nepigmentovaného nátěrového filmu (tabulka 30) a koroze podkladu po uplynutí 720 hodin. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 53.

**Tabulka 53 Výsledné hodnoty nepigmentovaného nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí, DFT = 90 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Odolnost nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí											
	Vzhled nátěrového filmu [st] – po 720 hodinách						Koroze podkladu [%] – po 720 hodinách					
	Hodnota pH											
	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12
<b>L0</b>	0	0	1	1	0	1	50	50	50	16	1	10
<b>LA</b>	1	3	1	1	0	0	33	33	50	10	0,3	0,01
<b>L0 NMA</b>	0	1	1	1	0	0	50	50	33	16	0,3	0,3
<b>LA NMA</b>	0	0	1	1	0	0	50	50	33	16	0,1	0,3
<b>L0 HPMA</b>	0	0	1	1	0	0	16	10	3	0,01	0,03	0,3
<b>LA HPMA</b>	0	0	1	1	0	0	50	50	10	3	1	1
<b>L0 AAEM</b>	0	1	1	1	0	0	50	50	50	33	0,01	0,01
<b>LA AAEM</b>	0	1	1	3	0	0	50	50	33	10	0,01	0,01
<b>L0 DAAM</b>	0	1	1	1	0	0	10	50	50	10	0,03	0,01
<b>LA DAAM</b>	0	0	1	1	0	0	50	50	50	16	0,01	0,01

L0 je latex s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA je latex s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### 4.1.3.4. Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči bleskové korozi

Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči bleskové korozi byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.4. U nátěrového filmu byla hodnocena plošná koroze dle ASTM D 610-85 a jodové číslo dle jodometrické stupnice (obrázek 20). Odolnost byla stanovena u nátěrového filmu, který obsahoval 0 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA 179 a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 54. Dále byl připraven nátěrový film, do kterého byl

začleněno 0,4 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA 179 a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 55.

**Tabulka 54 Výsledné hodnoty odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči bleskové korozi s 0,4 % hmotn. inhibitorem bleskové koroze Nalzin® FA 179, DFT = 90 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Blesková koroze bez inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA 179				
	2 hodiny po aplikaci nátěru		Po celém cyklu		
	BK [%]	JČ [st.]	BK [%]	JČ [st.]	Puchýře v ploše [st]
L0	50	11	50	12	6MD
LA	16	11	33	12	4F
L0 NMA	50	11	50	12	6MD
LA NMA	16	12	16	13	–
L0 HPMA	10	11	10	11	2F
LA HPMA	0,1	12	0,1	12	2MD
L0 AAEM	3	10	3	11	2M
LA AAEM	3	12	10	13	2D
L0 DAAM	0,03	10	100	11	6MD
LA DAAM	10	9	50	11	4M

L0 je latex s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA je latex s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Tabulka 55 Výsledné hodnoty odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči bleskové korozi s 0,4 % hmotn. inhibitorem bleskové koroze Nalzin® FA 179, DFT = 90 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Blesková koroze s inhibitorem bleskové koroze Nalzin® FA 179				
	2 hodiny po aplikaci nátěru		Po celém cyklu		
	BK [%]	JČ [st.]	BK [%]	JČ [st.]	Puchýře v ploše [st]
L0	0,3	8	1	10	2F
LA	0,01	–*	0,3	8	2M
L0 NMA	16	10	33	12	2MD
LA NMA	0,03	5	0,1	9	2F
L0 HPMA	0,01	–*	0,03	10	2M
LA HPMA	0,03	6	0,03	9	2F
L0 AAEM	0,01	–*	3	10	2D
LA AAEM	0,01	–*	1	11	2D
L0 DAAM	0,03	9	0,1	11	6D
LA DAAM	0,03	10	0,1	11	6MD

–\* nátěrový film nevykazoval žádné projevy korozního působení

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.1.3.5. Vyhodnocení odolnosti vůči vlhkým atmosférám nepigmentovaného nátěrového filmu

Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči vlhkým atmosférám byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.6. Nátěrový film obsahoval 0,4 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA 179 a byl ponechán k vyschnutí po dobu 10 dní a vyhodnocení bylo provedeno po expozici 480 a 720 hodin. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 56.

**Tabulka 56 Výsledné hodnoty odolnosti vůči vlhkým atmosférám, DFT = 90 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Expozice ve vlhké atmosféře				
	480 hodin		720 hodin		
	Puchýře v ploše [st]	Koroze v ploše [%]	Puchýře v ploše [st]	Koroze v ploše [%]	Koroze v podkladu [%]
L0	6M	16	—*	33	33
LA	—*	0,01	—*	0,01	0,01
L0 NMA	—*	50	—*	50	50
LA NMA	—*	0,3	—*	0,3	1
L0 HPMA	8F	0,03	8M	0,3	0,03
LA HPMA	—*	0,01	2D	16	16
L0 AAEM	—*	50	—*	50	50
LA AAEM	8D	100	8D	100	100
L0 DAAM	—*	0,3	—*	1	1
LA DAAM	—*	0,01	—*	0,03	0,03

—\* nátěrový film nevykazoval přítomnost puchýřů

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.1.3.6. Vyhodnocení odolnosti vůči atmosféře neutrální solné mlhy nepigmentovaného nátěrového filmu

Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči atmosféře neutrální solné mlhy byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.7. Nátěrový film obsahoval 0,4 % hmotn. inhibitoru bleskové

korozí Nalzin® FA 179 a byl ponechán k vyschnutí po dobu 10 dní a vyhodnocení bylo provedeno po expozici 240 a 480 hodin. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 57.

**Tabulka 57 Výsledné hodnoty odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu v atmosféře solného elektrolytu, DFT = 90 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Expozice v atmosféře s obsahem solné mlhy								
	240 hodin				480 hodin				
	Puchýře		Koroze		Puchýře		Koroze		Podklad
Plocha [st.]	Řez [st.]	Povlak [%]	Řez [mm]	Plocha [st.]	Řez [st.]	Povlak [%]	Řez [mm]	Podklad [%]	
L0	4M	4MD	3	12	4MD	4D	33	15	33
LA	8M	8M	10	8	8M	8MD	3	10	0,03
L0 NMA	8M	8F	10	0	8MD	8M	10	1	33
LA NMA	6D	6F	10	1	6D	6M	10	1,5	16
L0 HPMA	8F	–*	10	0,5	8F	–*	10	1	16
LA HPMA	6M	–*	0,03	0,5	4M	–*	0,1	0,5	0,3
L0 AAEM	2D	–*	100	2	2D	–*	100	2	100
LA AAEM	2D	–*	100	3	2D	–*	100	3	100
L0 DAAM	–*	8F	0,01	8	2F	8MD	0,01	10	33
LA DAAM	4MD	4MD	33	12	2MD	4D	33	15	33

–\* Nátěrový film nevykazoval přítomnost puchýřů

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.1.3.7. Vyhodnocení odolnosti povětrnostní zkouškou UV zářením nepigmentovaného nátěrového filmu

Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči UV záření byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.10. Nátěrový film byl ponechán k vyschnutí po dobu 10 dní a vyhodnocení bylo provedeno po expozici 120 a 240 hodin. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 58.

**Tabulka 58 Výsledné hodnoty odolnosti povětrnostní zkouškou UV zářením nepigmentovaného nátěrového filmu, DFT = 90 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Expozice UV záření				
	120 hodin		240 hodin		
	Puchýře v ploše [st]	Koroze v ploše [%]	Puchýře v ploše [st]	Koroze v ploše [%]	Koroze v podkladu [%]
L0	–*	0,03	–*	3	3
LA	–*	0,03	–*	0,1	0,1



Použitá pojiva	Puchýře v ploše [st]	Koroze v ploše [%]	Puchýře v ploše [st]	Koroze v ploše [%]	Koroze v podkladu [%]
L0 NMA	—*	0,1	—*	16	10
LA NMA	—*	0,01	—*	0,01	0,01
L0 HPMA	—*	0,01	—*	0,03	0,03
LA HPMA	—*	0,01	—*	0,01	0,01
L0 AAEM	2D	100	2D	100	100
LA AAEM	2D	100	2D	100	100
L0 DAAM	—*	0,01	—*	1	1
LA DAAM	—*	0,01	—*	0,03	0,01

—\* Nátěrový film nevykazoval přítomnost puchýřů

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.1.3.8. Vyhodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu v cyklické korozní zkoušce s expozicí v UV v kombinaci se solným elektrolytem nepigmentovaného nátěrového filmu

Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči UV záření v kombinaci se solným elektrolytem byla provedena dle kapitoly 3.7.4.11. Nátěrový film byl ponechán k vyschnutí po dobu 10 dní a vyhodnocení bylo provedeno po expozici 120 a 240 hodin. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 59.

**Tabulka 59 Výsledné hodnoty odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu v cyklické korozní zkoušce s expozicí v UV v kombinaci se solným elektrolytem, DFT =  $90 \pm 10 \mu\text{m}$**

Použitá pojiva	Expozice UV záření v kombinaci se solným elektrolytem				
	120 hodin		240 hodin		
	Puchýře v ploše [st]	Koroze v ploše [%]	Puchýře v ploše [st]	Koroze v ploše [%]	Koroze v podkladu [%]
L0	—*	0,03	—*	0,3	0,3
LA	—*	0,03	—*	0,03	0,03
L0 NMA	—*	0,1	—*	16	16
LA NMA	—*	0,01	—*	0,01	0,01
L0 HPMA	—*	0,03	—*	0,1	0,1
LA HPMA	—*	0,01	—*	0,01	0,01
L0 AAEM	2D	100	2D	100	100
LA AAEM	2MD	100	2MD	100	100
L0 DAAM	—*	0,01	—*	0,3	0,3
LA DAAM	—*	0,01	—*	0,03	0,03

—\* nátěrový film nevykazoval přítomnost puchýřů

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.1.4. *Vyhodnocení antimikrobiální odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů*

Metody ke stanovení antibakteriální a antifungální účinnosti byly popsány v kapitole 3.7.7.1. – 3.7.7.2. a příprava surovin pro mikrobiální testování v kapitole 3.6. Výsledné hodnoty antimikrobiální účinnosti syntetizovaných latexů jsou uvedeny v tabulce 61–62.

##### 4.1.4.1. *Vyhodnocení antibakteriální účinnosti akrylátových latexů obtiskovou metodou*

Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči bakteriím byla vyhodnocena dle tabulky 35. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 60.

**Tabulka 60** *Výsledné hodnoty antibakteriální odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu*

Použitá pojiva	Bakteriální kontaminace [stupně]	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
<b>L0</b>	4	5
<b>LA</b>	0	4
<b>L0 NMA</b>	0	0
<b>LA NMA</b>	0	0
<b>L0 HPMA</b>	4	5
<b>LA HPMA</b>	1	4
<b>L0 AAEM</b>	4	5
<b>LA AAEM</b>	0	3
<b>L0 DAAM</b>	4	5
<b>LA DAAM</b>	3	3

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.1.4.2. Vyhodnocení antifungální účinnosti nepigmentovaného nátěrového filmu

Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči plísním byla vizuálně vyhodnocena a výsledné hodnoty jsou uvedeny v % (tzn. 100 % – žádný nárůst MO, 0 % – narostlo 300±20 kolonií) v tabulce 61.

**Tabulka 61** Výsledné hodnoty antifungální odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu

Použitá pojiva	Antifungální účinnost					
	[%]					
	<i>P. chrysogenum</i>			<i>A. brasiliensis</i>		
	168 hodin	336 hodin	504 hodin	168 hodin	336 hodin	504 hodin
<b>L0</b>	90	70	70	100	90	50
<b>LA</b>	100	90	90	100	100	100
<b>L0 NMA</b>	90	20	0	80	30	0
<b>LA NMA</b>	100	100	100	100	100	100
<b>L0 HPMA</b>	90	90	90	80	60	30
<b>LA HPMA</b>	100	100	100	100	100	100
<b>L0 AAEM</b>	100	90	80	100	90	70
<b>LA AAEM</b>	100	100	100	100	100	90
<b>L0 DAAM</b>	90	60	60	100	90	90
<b>LA DAAM</b>	100	100	100	100	100	100

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.2. Vyhodnocení změn po vystavení pojiva zvýšené teplotě a mrazuvzdornosti

Hodnocená pojiva byla vystavena zvýšené teplotě 50 °C po dobu 1 měsíce s postupem popsáným v kapitole 3.7.1.15. Dále byla u pojiv stanovena mrazuvzdornost dle kapitoly 3.7.1.16. Testovaná pojiva, u kterých nedošlo ke vzniku koagulátu a vykazovaly stabilní chování byly provedeny zkoušky ke zjištění změny lakařských vlastností.

#### 4.2.1. *Vyhodnocení vlastností akrylátových pojiv vystavených zvýšené teplotě*

##### 4.2.1.1. *Výsledná hodnota MFFT akrylátových pojiv po zvýšené teplotě*

U pojiv vystavených zvýšené teplotě byla stanovena MFFT dle kapitoly 3.7.1.5 a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 63.

**Tabulka 62** *Výsledné hodnoty MFFT pojiv po zvýšené teplotě v porovnání s pojivy měřenými po syntéze*

Použitá pojiva	Výsledné hodnoty MFFT po zvýšené teplotě 50 °C [°C]	Výsledné hodnoty MFFT po syntéze pojiv [°C]
L0	3,7	4,3
LA	9,3	9,1
L0 NMA	4,8	4,1
LA NMA	4,6	4,3
L0 HPMA	5,6	6,5
LA HPMA	7,2	7,2
L0 AAEM	16,3	25,9
LA AAEM	20,3	26,6
L0 DAAM	3,6	3,7
LA DAAM	6,1	6,3

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

##### 4.2.1.2. *Výsledné hodnoty změny stability akrylátových pojiv po zvýšené teplotě*

Ke stanovení změny stability po zvýšené teplotě byly zjištěny velikosti částic a Zeta potenciál u syntetizovaných pojiv. Ke stanovení byla využita metoda uvedená v kapitole 3.7.1.6. Tabulka 64 popisuje hodnoty velikosti částic a Zeta potenciálu získané po 1 měsíci skladování pojiv v sušárně při 50 °C a tabulka 65 udává rozdíl hodnot stability latexů po syntéze a po 1 měsíci při 50 °C.

**Tabulka 63** *Výsledné hodnoty velikosti částic a Zeta potenciálu latexů po 1 měsíci při 50 °C*

Použitá pojiva	Hodnocené parametry po 1 měsíci při 50 °C		
	Velikost částic [nm]	Zeta potenciál [mV]	Index polydisperzity [%]
L0	94,88 ± 1,75	-44,7±0,6	5,1±3,2
LA	133,57±0,8	-45,5±0,3	16,7±0,5
L0 NMA	137,45±2,82	-30,1±1,3	3,5±2,2
LA NMA	130,40±1,04	-24,8±0,2	4,5±2,0

Použitá pojiva	Velikost částic [nm]	Zeta potenciál [mV]	Index polydisperzity [%]
L0 HPMA	184,09±3,31	-33,8±2,2	10,1±3,2
LA HPMA	170,42±2,74	-34,9±0,5	3,7±3,1
L0 AAEM	191,02±3,29	-30,5±0,4	5,8±0,4
LA AAEM	182,33±1,78	-32,5±0,5	4,8±4,0
L0 DAAM	104,16±1,49	-43,1±0,7	9,5±1,8
LA DAAM	146,91±2,54	-44,2±0,4	4,7±2,8

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 64 Výsledný rozdíl hodnot změny stability latexů po 1 měsíci při 50 °C**

Použitá pojiva	Změna stability latexů po 1 měsíci při 50 °C		
	Velikost částic [nm]	Zeta potenciál [mV]	Index polydisperzity [%]
L0	0	1,7	-1,8
LA	14,05	3,1	-6,0
L0 NMA	-3,57	-6,7	1,1
LA NMA	1,15	-1,8	1,6
L0 HPMA	4,15	-8,2	-2,8
LA HPMA	-1,77	-2,8	1,7
L0 AAEM	3,10	2,3	-0,8
LA AAEM	-3,72	5,2	0,2
L0 DAAM	0,09	-1,1	-2,2
LA DAAM	23,27	-2,6	-1,9

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.2.2. Vyhodnocení fyzikálně–mechanické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů

##### 4.2.2.1. Vyhodnocení vizuálních vlastností nátěrového filmu po zvýšené teplotě a testování mrazuvzdornosti

Ke stanovení vizuálních vlastností byly nátěrové filmy nechány vysychat po dobu 10 dní (vyjma lesku a tvrdosti) Vzhled, lesk a tvrdost nátěrového filmu byly hodnoceny metodami, které jsou uvedeny v kapitolách 3.7.3.1. – 3.7.3.5. Vizuálně byl stanoven a hodnocen vzhled nátěrových filmů a výsledky jsou uvedeny v tabulce 65–68. Lesk a tvrdost nátěrových filmů byl vyhodnocen po 1, 7, 14, 21, 28, 35 dnech a výsledky jsou uvedeny v tabulkách 69–72, 73–76.

**Tabulka 65 Výsledné hodnoty vzhledu nátěrového filmu po zvýšené teplotě**

Použitá pojiva	Vzhled nátěrového filmu po zvýšené teplotě				
	Zákal	Částice	Bubliny	Praskliny	Povrch
L0	1	1	1	1	1
LA	1	1	1	1	1
L0 NMA	2	1	1	1	1
LA NMA	2	1	1	1	1
L0 HPMA	1	1	1	1	1
LA HPMA	2	1	1	1	1
L0 AAEM	2	1	1	1	1
LA AAEM	2	1	1	1	3
L0 DAAM	1	1	1	1	1
LA DAAM	1	1	1	1	1

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 66 Výsledné hodnoty vzhledu nátěrového filmu po provedení testu mrazuvzdornosti při  $-5\text{ }^\circ\text{C}$**

Použitá pojiva	Vzhled nátěrového filmu po snížené teplotě $-5\text{ }^\circ\text{C}$				
	Zákal	Částice	Bubliny	Praskliny	Povrch
L0	1	1	1	1	1
LA	1	1	1	1	1
L0 NMA	2	1	1	1	1

Použitá pojiva	Zákal	Částice	Bubliny	Praskliny	Povrch
LA NMA	2	1	1	1	1
L0 HPMA	1	1	1	1	1
LA HPMA	2	1	1	1	1
L0 AAEM	2	1	1	1	1
LA AAEM	2	1	1	1	3
L0 DAAM	1	1	1	1	1
LA DAAM	1	1	1	1	1

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 67** Výsledné hodnoty vzhledu nátěrového filmu po mrazuvzdornosti při  $-10\text{ }^\circ\text{C}$

Použitá pojiva	Vzhled nátěrového filmu po snížené teplotě $-10\text{ }^\circ\text{C}$				
	Zákal	Částice	Bubliny	Praskliny	Povrch
L0	1	1	1	1	1
LA	1	1	1	1	1
L0 NMA	—*	5	—*	—*	5
LA NMA	—*	5	—*	—*	5
L0 HPMA	1	1	1	1	1
LA HPMA	—*	5	—*	—*	5
L0 AAEM	2	1	1	1	1
LA AAEM	2	1	1	1	3
L0 DAAM	—*	5	—*	—*	5
LA DAAM	—*	5	—*	—*	5

—\* Definuje pojivo, u kterého došlo ke vzniku koagulátu či jinému projevu nestabilního chování

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 68 Výsledné hodnoty vzhledu nátěrového filmu po mrazuvzdornosti při -18 °C**

Použitá pojiva	Vzhled nátěrového filmu po snížené teplotě -18 °C				
	Zákal	Částice	Bubliny	Praskliny	Povrch
L0	1	1	1	1	1
LA	1	1	1	1	1
L0 NMA	—*	5	—*	—*	5
LA NMA	—*	5	—*	—*	5
L0 HPMA	—*	5	—*	—*	5
LA HPMA	—*	5	—*	—*	5
L0 AAEM	2	1	1	1	1
LA AAEM	2	1	1	1	3
L0 DAAM	—*	5	—*	—*	5
LA DAAM	—*	5	—*	—*	5

—\* Definuje pojivo, u kterého došlo ke vzniku koagulátu či jinému projevu nestabilního chování

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 69 Výsledné hodnoty lesku nátěrového filmu po zvýšené teplotě**

Použitá pojiva	Úhel	Lesk [GU] po zvýšené teplotě						
		Dny						
		1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0	20°	80,1	79,8	80,2	78,9	79,3	78,4	79,1
	60°	85,6	85,4	85,6	84,2	84,2	83,7	84,6
	85°	97,6	97,5	98,4	97,1	94,3	96,3	96,6
LA	20°	79	79,2	79	77,4	78,4	77,7	78,3
	60°	85,4	85,2	85,1	84,2	84	83,6	84,4
	85°	98,2	97,8	97,3	96,5	97,1	96,7	97,2
L0 NMA	20°	5,8	5,1	5,6	5,4	5,2	5,1	5,6
	60°	37,5	35,8	37,3	36,4	36,5	36,2	36,5
	85°	85,6	84,3	85,8	84,7	84,5	83,9	84,6
LA NMA	20°	10,2	10,8	16,9	14,1	11,3	11,6	11,7
	60°	52,6	54,6	58,2	57,6	54,2	54,3	54,6
	85°	91,1	92,6	90,5	92,3	90,9	90,3	90,4
L0 HPMA	20°	69,4	69	70,2	71,9	72,8	71,8	71,4
	60°	83,9	84,3	83	82,8	82,9	82,7	82,9
	85°	98,9	98,4	97,4	96,9	96,8	96,8	97,9



Použitá pojiva	Úhel	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
LA HPMA	20°	72,2	73,1	71,5	73,3	74,4	74	74,2
	60°	85,1	84,9	97,7	78,4	85,2	98,1	99,8
	85°	96,8	97,9	97,6	96,9	97,6	96,5	96,9
L0 AAEM	20°	31,2	35,3	38,6	40,2	37,4	42,6	41,7
	60°	68,1	64,2	68,1	65	65,8	64,6	65,1
	85°	94,2	91,6	92,5	91,3	82,2	83,5	84,2
LA AAEM	20°	33,3	38,4	41	40,9	41,8	39,8	39,6
	60°	70,2	71,4	71	71,5	72,8	71,4	71,2
	85°	96,6	95,7	95,2	95,6	90,3	95,5	95,6
L0 DAAM	20°	80,1	80,3	80,2	79	78,6	78,3	79,1
	60°	85,8	85,8	85,7	84,4	84,2	83,8	84,8
	85°	99,1	98,6	98,2	97,5	97,3	97,2	98,1
LA DAAM	20°	79,6	79,7	77,4	77,7	78,7	77,4	78,6
	60°	85,9	85,6	85,2	84,2	84,4	84	84,9
	85°	96,8	98,6	97,5	96,5	97,6	97,7	97,8

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 70 Výsledné hodnoty lesku nátěrového filmu po snížené teplotě  $-5^\circ\text{C}$**

Použitá pojiva	Úhel	Lesk [GU] po snížené teplotě při $-5^\circ\text{C}$						
		Dny						
		1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0	20°	54,5	42,1	56,2	47,3	41,3	38,6	34,7
	60°	74,4	79,3	83,3	76,6	65,9	56,7	54,8
	85°	87,5	84,3	86,7	65,8	71,7	68,3	67,5
LA	20°	77,6	77,3	78,5	79,1	78,5	78,9	77,3
	60°	83,8	83,7	84,5	85,1	84,2	85,3	83,5
	85°	91,3	92,1	92	92,2	91,6	93,4	91
L0 NMA	20°	3,3	3,5	3,4	3,5	3,3	3,8	3,5
	60°	25,1	27,5	26,5	27	24,6	26,3	25,8
	85°	54	55,8	55,4	55,8	53,2	56,4	55,1
L0 HPMA	20°	75,3	76,3	77	71,6	65,3	69,4	65,6
	60°	82,7	83	83,8	84,1	83,2	83,7	82,9
	85°	97,2	96,8	96,7	94,9	84,7	91,3	91,2

Použitá pojiva	Úhel	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
LA HPMA	20°	73,8	76,5	76	77,5	77,4	77,2	76,8
	60°	83	83	84,1	84,4	84,1	84,3	84
	85°	92	97	97,3	97,6	96,2	96,9	96
L0 AAEM	20°	7,8	9,3	7,6	7,6	8,1	7,9	7,6
	60°	36,6	39,7	38,4	38	38,9	39,2	38,6
	85°	64	71,1	67,1	68,2	67,1	69,4	68,9
LA AAEM	20°	11,5	9,4	8,3	9,1	9,6	8,7	9,5
	60°	40,5	36,5	33	85,1	36,3	58,5	49,5
	85°	54,3	49,8	47,6	42,2	49,5	51,3	52,3
L0 DAAM	20°	75,9	75,3	74,8	75,8	76,8	75,7	74,9
	60°	84	83,4	84,6	84,8	84,4	84,6	84
	85°	96,3	94,9	96,2	96,3	94,8	96,7	95,3
LA DAAM	20°	76,3	77,4	78,2	77,2	77,2	73,6	74,3
	60°	83,3	83,2	84,4	84,4	85	85,4	84,3
	85°	96,8	95,2	97	96,3	95,6	95,9	95,8

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 71 Výsledné hodnoty lesku nátěrového filmu po snížené teplotě  $-10^\circ\text{C}$**

Použitá pojiva	Úhel	Lesk [GU] po snížené teplotě při $-10^\circ\text{C}$						
		Dny						
		1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0	20°	76,0	76,8	77,3	78,4	78,4	78,3	78
	60°	83,0	84,2	84,6	84,5	84,8	84,7	84,3
	85°	96,5	94,2	92,1	96,3	94,2	95,8	95,5
LA	20°	40,5	53,4	65,3	58,8	40,8	40,9	40,7
	60°	72,1	75,1	78,2	79,5	68,1	69,8	69,1
	85°	86,1	86,4	86,6	80,3	80,5	80,7	80,1
L0 HPMA	20°	50,5	49,2	50,2	45,8	49,4	48,5	49,5
	60°	64,9	63,1	67,6	63,7	64,5	70,8	74,9
	85°	90,6	89	91,4	91,2	90,6	90,9	90,9
L0 AAEM	20°	11,1	8,4	8,9	9,3	8,6	8,9	9,1
	60°	49,1	43,2	44,4	46,3	43,8	45,7	45,1
	85°	81,7	75,3	73,6	71,2	75,4	74,3	71,7

Použitá pojiva	Úhel	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
LA AAEM	20°	47,9	48,3	49,7	43,2	45,7	45,2	45,1
	60°	73,2	73,3	74,5	72,1	73,6	72,8	72,2
	85°	86,6	94,7	94,8	94,4	94,7	94,8	91,6
L0 DAAM	20°	75,5	73,4	75,8	74	74,7	74,5	75,5
	60°	84,4	84,3	79	82,3	82,8	82,6	82,4
	85°	96,0	79,5	86,7	91,5	92,1	91,9	91,0
LA DAAM	20°	63,2	64	76,7	74,3	73,1	74,2	68,7
	60°	80,2	84,9	85,1	83,5	85,3	84,8	82,2
	85°	92,1	90,6	95,9	92,7	96,2	95,4	94,8

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 72 Výsledné hodnoty lesku nátěrového filmu po snížené teplotě –18 °C**

Použitá pojiva	Úhel	Lesk [GU] po snížené teplotě při –18 °C						
		Dny						
		1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0 HPMA	20°	69,7	60,0	60,3	54,3	56,0	54,8	53,7
	60°	77,5	76,9	76,8	74,2	75,4	74,9	74,5
	85°	97,2	96,8	96,7	94,9	84,7	91,3	91,2
L0 AAEM	20°	3,2	3,2	3,3	3,0	3,6	4,1	4,2
	60°	22,3	22,2	22,5	22,0	23,1	23,4	22,3
	85°	33,8	33,1	33,3	32,5	32,6	32,6	31,8
LA AAEM	20°	5,3	5,4	5,5	5,5	5,5	5,4	5,2
	60°	30,6	30,9	31,4	31,0	32,4	31,7	30,8
	85°	57,1	63,4	61,9	54,8	64,6	63,3	59,7

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 73 Výsledné hodnoty tvrdosti nátěrového filmu po zvýšené teplotě**

Použitá pojiva	Tvrdost dle Persoze [%] při zvýšené teplotě						
	Dny						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
<b>L0</b>	21,96	24,92	24,03	27,11	26,76	26,74	27,36
<b>LA</b>	18,84	21,11	18,95	22,81	22,70	21,88	22,24
<b>L0 NMA</b>	8,09	8,84	8,02	10,58	9,78	10,76	11,09
<b>LA NMA</b>	8,83	9,91	8,72	10,81	10,13	11,23	11,84
<b>L0 HPMA</b>	9,03	9,32	8,49	10,22	10,59	10,53	11,23
<b>LA HPMA</b>	9,31	9,91	9,53	10,34	10,71	12,15	12,41
<b>L0 AAEM</b>	20,18	18,44	21,33	28,65	30,03	29,97	30,28
<b>LA AAEM</b>	19,46	33,73	26,28	34,67	48,56	55,56	56,16
<b>L0 DAAM</b>	17,59	20,76	21,86	25,73	27,24	26,39	27,19
<b>LA DAAM</b>	18,60	23,94	21,63	25,85	25,49	26,85	28,62

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 74 Výsledné hodnoty tvrdosti nátěrového filmu po snížené teplotě  $-5^\circ\text{C}$**

Použitá pojiva	Tvrdost dle Persoze [%] po snížené teplotě při $-5^\circ\text{C}$						
	Dny						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
<b>L0</b>	18,64	21,46	21,46	16,74	23,38	25	26,27
<b>LA</b>	33,05	20,51	20,519	17,33	20,92	19,95	21,88
<b>L0 NMA</b>	8,90	10,49	10,495	9,88	11,52	12,34	12,78
<b>L0 HPMA</b>	7,97	18,41	18,41	8,14	9,64	10,09	10,42
<b>LA HPMA</b>	8,44	9,21	9,21	8,023	9,53	9,74	9,68
<b>L0 AAEM</b>	20,78	24,26	24,26	22,79	29,73	31,57	32,41
<b>LA AAEM</b>	35,97	22,41	22,41	20,93	25,38	28,4	28,7
<b>L0 DAAM</b>	36,577	20,28	20,28	18,14	23,97	24,77	25,69
<b>LA DAAM</b>	19,695	20,05	20,05	18,72	24,09	23,94	26,04

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 75 Výsledné hodnoty tvrdosti nátěrového filmu po snížené teplotě –10 °C**

Použitá pojiva	Tvrdost dle Persoze [%] po snížené teplotě při –10 °C						
	Dny						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
<b>L0</b>	17,58	19,81	15,21	23,27	24,32	24,54	24,68
<b>LA</b>	17,81	18,75	17,36	20,92	21,48	21,64	21,19
<b>L0 HPMA</b>	8,32	8,73	8,75	10,46	10,68	11,34	11,32
<b>L0 AAEM</b>	21,57	23,27	21,75	32,41	26,88	32,41	31,79
<b>LA AAEM</b>	22,11	24,92	21,61	26,67	28,99	27,55	27,08
<b>L0 DAAM</b>	18,05	19,93	18,46	23,5	24,77	24,77	25,05
<b>LA DAAM</b>	22,50	49,06	36,87	26,67	27,11	27,21	27,50

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 76 Výsledné hodnoty tvrdosti nátěrového filmu po snížené teplotě –18 °C**

Použitá pojiva	Tvrdost dle Persoze [%] po snížené teplotě při –18 °C						
	Dny						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
<b>L0 HPMA</b>	6,35	7,73	7,82	8,42	9,31	10,15	9,48
<b>L0 AAEM</b>	20,32	22,18	20,63	28,19	28,43	31,11	29,51
<b>LA AAEM</b>	23,65	24,37	23,69	27,85	28,93	30,21	31,63

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.2.3. *Vyhodnocení chemické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů vystavených zvýšené teplotě*

##### 4.2.3.1. *Vyhodnocení odolnosti nátěrového filmu po zvýšené teplotě vůči methylethylketonu*

Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči MEK byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.1. Odolnost byla stanovena na skleněných panelech v čase po dobu 35 dní. Nátěrový film byl vizuálně hodnocen po 50 dvojtazích (dle tabulky 29) a následně byl zaznamenán počet dvojtahů, při kterém došlo k obnažení skleněného podkladu. Test byl ukončen v případě hodnoty vyšší 300 dvojtahů. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 77.

**Tabulka 77 Výsledné hodnoty odolnosti nátěrového filmu po zvýšené teplotě vůči MEK**

Použitá pojiva	Odolnost nátěrového filmu s pigmentem TiO <sub>2</sub> vůči methylethylketonu													
	Stupeň hodnocení po 50 dvojtazích							Počet dvojtahů [s]						
	Dny							Dny						
	1	3.	7.	14.	21.	28.	35.	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
<b>L0</b>	0	0	0	0	0	0	0	13	18	31	49	40	43	48
<b>LA</b>	2	1	0	1	3	3	2	68	59	50	57	115	113	128
<b>L0 NMA</b>	0	0	0	0	0	0	0	9	9	9	13	15	14	16
<b>LA NMA</b>	0	3	4	4	4	4	4	53	117	>300	>300	>300	>300	>300
<b>L0 HPMA</b>	1	1	1	1	2	2	2	60	56	54	57	69	65	69
<b>LA HPMA</b>	1	1	1	3	3	3	3	70	69	69	128	115	98	101
<b>L0 AAEM</b>	0	0	3	3	3	3	3	40	37	185	174	181	179	184
<b>LA AAEM</b>	0	0	0	0	0	0	0	14	15	16	31	38	36	41
<b>L0 DAAM</b>	0	2	2	2	2	2	2	37	67	69	68	69	66	63
<b>LA DAAM</b>	2	3	4	4	4	4	4	86	119	>300	>300	>300	>300	>300

L0 je latex s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA je latex s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### 4.3. Vyhodnocení vodou ředitelných nátěrových hmot s pigmentem TiO<sub>2</sub>

Testováno bylo 10 akrylátových latexů, kdy bylo syntetizováno 5 latexů s různým typem síťování bez začlenění nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a 5 latexů se stejným složením jako předešlé latexy, ale se začleněnými nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> o teoretické koncentraci 1,5 % hmotn. vztaženo na polymerní podíl.

Byl syntetizován latex bez síťovacího mechanismu s 0 % hmotn. nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (L0), latex bez síťovacího mechanismu s 1,5 % hmotn. nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (LA), latex se síťovacím činidlem N-methylolakrylamidem s 0 % hmotn. nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (L0 NMA), latex se síťovacím činidlem N-methylolakrylamidem s 1,5 % hmotn. nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (LA NMA), latex se síťovacím mechanismem na bázi N-(2-hydroxypropyl) methakrylátu s 0 % hmotn. nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (L0 HPMA), latex se síťovacím mechanismem na bázi N-(2-hydroxypropyl) methakrylátu s 1,5 % hmotn. nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (LA HPMA), latex se síťovacím mechanismem na bázi 2-(acetoacetoxyethyl)methakrylátu s 0 % hmotn. nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (L0 AAEM), latex se síťovacím mechanismem na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % hmotn. nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (LA AAEM), latex se síťovacím mechanismem ADH/DAAM s 0 % hmotn. nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (L0 DAAM), latex se síťovacím mechanismem ADH/DAAM s 1,5 % hmotn. nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (LA DAAM).

Z výše uvedených akrylátových latexů byly připraveny pojivové systémy obsahující 10 % objem. titanové běloby rutilového typu (koncentrace pigmentu je vztažena na vodnou akrylátovou disperzi) ke zjištění vlivu pigmentu převážně na antimikrobiální účinnost a povětrnostní odolnost nátěrových povlaků dle kapitoly 3.4.1. Na základě hodnocení vzhledových vlastností, tvrdosti, korozní a antimikrobiální účinnosti, byly vybrána tři surová pojiva bez pigmentu, ze kterých byly připraveny antikorozní nátěrové hmoty s OKP 10 % a pigmentem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %.

#### 4.3.1. Vyhodnocení charakterizace nátěrových filmů s TiO<sub>2</sub>

##### 4.3.1.1. Vyhodnocení vizuálních vlastností nátěrových filmů s TiO<sub>2</sub>

Ke stanovení vizuálních vlastností byly nátěrové filmy s pigmentem TiO<sub>2</sub> ponechány vysychat po dobu 10 dní (vyjma lesku, tvrdosti a odolnosti vůči vtisku). Vzhled, tloušťka, lesk a tvrdost nátěrového filmu byly hodnoceny metodami, které jsou uvedeny v kapitolách 3.7.3.1. – 3.7.3.5. Vizuálně byl stanoven a hodnocen vzhled nátěrových filmů a výsledky jsou uvedeny v tabulce 78. Výsledky tloušťky nátěrových filmů jsou uvedeny v tabulce 79. Lesk a tvrdost nátěrových filmů byl vyhodnocen po 1, 7, 14, 21, 28, 35 dnech a výsledky jsou uvedeny v tabulkách 80–87.

**Tabulka 78 Výsledné hodnoty vzhledu nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu TiO<sub>2</sub>, DFT = 50 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Vzhled nátěrového filmu s pigmentem TiO <sub>2</sub>				
	Zákal	Částice	Bubliny	Praskliny	Povrch
<b>L0</b>	1	1	1	1	1
<b>LA</b>	1	1	1	1	1
<b>L0 NMA</b>	1	4	2	1	1
<b>LA NMA</b>	1	4	2	1	1
<b>L0 HPMA</b>	1	4	1	1	2
<b>LA HPMA</b>	1	4	1	1	2
<b>L0 AAEM</b>	1	1	1	1	1
<b>LA AAEM</b>	1	1	2	3	1
<b>L0 DAAM</b>	1	1	1	1	1
<b>LA DAAM</b>	1	1	1	1	1

L0 je latex s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA je latex s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Tabulka 79 Výsledné hodnoty tloušťky nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu TiO<sub>2</sub>, DFT = 50 ±10 μm**

Použitá pojiva	Tloušťka nátěrového filmu s pigmentem TiO <sub>2</sub> [μm]	
	Sklo	Ocel
L0	39±5	107±5
LA	45±5	115±5
L0 NMA	36±5	105±5
LA NMA	39±5	102±5
L0 HPMA	49±5	89±5
LA HPMA	78±5	99±5
L0 AAEM	48±5	105±5
LA AAEM	50±5	98±5
L0 DAAM	47±5	83±5
LA DAAM	40±5	97±5

L0 je latex s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA je latex s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Tabulka 80 Výsledné hodnoty lesku nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu TiO<sub>2</sub>, DFT = 50 ±10 μm**

Použitá pojiva	Úhel	Lesk [GU] nátěrového filmu s pigmentem TiO <sub>2</sub>						
		Dny						
		1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0	20°	79,1	73,2	62,5	56,9	57,9	58,5	59,1
	60°	86,9	85	83,4	83,3	83,3	82,3	82,8
	85°	97,5	95,4	94,6	93,6	92,4	91,7	91,4
LA	20°	76,3	75,9	75,2	75,1	76,2	76,7	75,9
	60°	86,4	86,2	85,8	85,8	86,1	86,1	86,0
	85°	97,8	97,6	97,3	96,6	97	96,5	96,3
L0 NMA	20°	1,8	2,0	2,1	2,3	2,0	2,2	2,6
	60°	9,0	10,3	11,1	13,4	11,3	12,1	12,0
	85°	10,1	12,3	13,3	16,8	13,6	14,9	14,8
LA NMA	20°	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,5	1,5
	60°	6,7	6,6	6,5	6,6	6,9	7	7,2
	85°	4,3	4,3	4,3	4,5	4,6	4,7	4,8
L0 HPMA	20°	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,5	1,6
	60°	4,2	4,5	4,8	6,2	6,3	6,5	6,6
	85°	5,7	6,0	6,1	7,3	7,6	8,1	8,6



Použitá pojiva	Úhel	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
LA HPMA	20°	1,1	1,2	1,4	1,4	1,4	1,5	1,6
	60°	4,4	4,8	5,2	4,9	4,7	4,8	4,9
	85°	2,3	2,3	2,4	2,6	2,9	3,1	3,0
L0 AAEM	20°	8,4	8,9	9,7	12,5	15,7	17,5	18,1
	60°	33,6	38,5	41,3	48,4	52,4	55,2	54,8
	85°	67,9	68,8	72,1	75,6	85,3	87,5	87,9
LA AAEM	20°	7,2	9,4	10,3	11,2	11,8	12,3	12,4
	60°	24,5	25,7	27,6	35,7	39,4	49,9	24,5
	85°	63,2	64,2	65,4	70,3	72,6	76,4	76,8
L0 DAAM	20°	61,2	58,9	51,1	60,6	52,6	53,2	52,8
	60°	81,3	78,9	79,7	81,1	79,9	77,4	77,2
	85°	96,1	96,1	96,1	95	95	90,8	90,1
LA DAAM	20°	31	34,8	37,2	37,2	29,2	24,3	23,5
	60°	67,4	69,3	70,8	57,1	66,5	63	62,4
	85°	94,5	93,2	91	89,9	92,6	92,6	92,5

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 81 Výsledné hodnoty tvrdosti nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu  $\text{TiO}_2$ , DFT =  $50 \pm 10 \mu\text{m}$**

Použitá pojiva	Tvrdost dle Persoze [%] nátěrového filmu s pigmentem $\text{TiO}_2$						
	Dny						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0	15,95	15,21	14,86	16,87	16,11	16,43	16,67
LA	17,62	17,24	17,03	18,29	17,54	17,66	17,69
L0 NMA	9,29	9,15	9,11	9,26	9,00	9,05	9,12
LA NMA	6,67	6,79	6,95	7,36	7,58	7,42	7,87
L0 HPMA	5,34	5,34	5,29	5,63	5,64	5,95	5,99
LA HPMA	5,23	5,27	5,31	5,29	4,36	5,48	5,32
L0 AAEM	17,65	17,77	17,81	18,24	18,90	20,48	20,53
LA AAEM	18,84	18,81	18,75	19,32	20,67	21,71	21,86
L0 DAAM	20,48	21,43	22,01	22,80	22,99	22,36	22,73
LA DAAM	20,95	22,77	24,70	26,60	26,78	26,65	26,82

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je

latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.3.1.2. Vyhodnocení mechanické odolnosti nátěrových filmů s $\text{TiO}_2$

Mechanická odolnost nátěrového filmu byla hodnocena pomocí odolnosti vůči úderu závažím, ohybu, hloubení a přilnavosti u nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu  $\text{TiO}_2$ . Jednotlivé metody jsou popsány v kapitolách 3.7.3.6. – 3.7.3.9. Ze získaných hodnot byla následně zjištěna celková odolnost nátěrového filmu dle kapitoly 3.7.3.10. Nátěrové filmy byly ponechány k vyschnutí po dobu 10 dní a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 82.

**Tabulka 82 Výsledné hodnoty mechanické odolnosti nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu  $\text{TiO}_2$ , DFT =  $50 \pm 10 \mu\text{m}$**

Použitá pojiva	Mechanická odolnost nátěrového filmu s pigmentem $\text{TiO}_2$						Celková odolnost [-]
	Úder		Ohyb [mm/trn]	Přilnavost [st.]		Hloubení [mm]	
	Rub [cm]	Líc [cm]		Sklo	Plech		
L0	> 100	> 100	> 4	0	0	> 10	100
LA	> 100	> 100	> 4	0	0	> 10	100
L0 NMA	> 100	> 100	> 4	2	1	> 10	96
LA NMA	> 100	> 100	> 4	1	0	> 10	98
L0 HPMA	> 100	> 100	> 4	0	0	> 10	100
LA HPMA	> 100	> 100	> 4	1	1	> 10	98
L0 AAEM	5	70	> 4	2	2	> 10	71
LA AAEM	15	80	> 4	1	1	> 10	79
L0 DAAM	> 100	> 100	> 4	0	0	> 10	100
LA DAAM	> 100	> 100	> 4	0	0	> 10	100

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.3.1.3. Vyhodnocení odolnosti vůči odtrhu nátěrového filmu s pigmentem $\text{TiO}_2$

Odolnost nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu  $\text{TiO}_2$  vůči odtrhovému testu byl proveden dle kapitoly 3.7.3.11. Nátěrový film byl ponechán k vyschnutí po dobu 10 dní a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 83.

**Tabulka 83 Výsledné hodnoty odolnosti vůči odtrhu nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu TiO<sub>2</sub>, DFT = 50 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Odolnost vůči odtrhu nátěrového filmu s pigmentem TiO <sub>2</sub>			
	Odtrhová síla [N]	Odtrhová pevnost [KPa]	Typ lomu	Průměrný nárůst [N]
L0	0,321	1,0	A/B	446,0
LA	0,165	0,5	A/B	119,5
L0 NMA	0,408	1,2	A/B	472,8
LA NMA	0,266	0,8	A/B	301,9
L0 HPMA	0,167	0,5	A/B	273,0
LA HPMA	0,260	0,8	A/B	355,1
L0 AAEM	0,151	0,4	A/B	207,8
LA AAEM	0,158	0,5	A/B	146,4
L0 DAAM	0,238	0,8	A/B	350,1
LA DAAM	0,215	0,7	A/B	388,8

L0 je latex s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA je latex s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### 4.3.2. Vyhodnocení chemické a korozní odolnosti nátěrových filmů s pigmentem TiO<sub>2</sub>

##### 4.3.2.1. Vyhodnocení odolnosti nátěrových filmů s pigmentem TiO<sub>2</sub> vůči methylethylketonu

Odolnost nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu TiO<sub>2</sub> vůči MEK byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.1. Odolnost byla stanovena na skleněných panelech v čase po dobu 35 dní. Nátěrový film byl vizuálně hodnocen po 50 dvojtazích (dle tabulky 29) a následně byl zaznamenán počet dvojtahů, při kterém došlo k obnažení skleněného podkladu. Test byl ukončen v případě hodnoty vyšší 300 dvojtahů. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 84.

**Tabulka 84 Výsledné hodnoty odolnosti nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentem TiO<sub>2</sub> vůči methylethylketonu, DFT = 40 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Odolnost nátěrového filmu s pigmentem TiO <sub>2</sub> vůči methylethylketonu													
	Stupeň hodnocení po 50 dvojtazích							Počet dvojtahů [s]						
	Dny							Dny						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0	0	0	0	0	0	0	0	13	18	31	49	40	43	48
LA	2	1	0	1	3	3	2	68	59	50	57	115	113	128

Použitá pojiva	1. 3. 7. 14. 21. 28. 35.							1. 3. 7. 14. 21. 28. 35.						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0 NMA	0	0	0	0	0	0	0	9	9	9	13	15	14	16
LA NMA	0	3	4	4	4	4	4	53	117	>300	>300	>300	>300	>300
L0 HPMA	1	1	1	1	2	2	2	60	56	54	57	69	65	69
LA HPMA	1	1	1	3	3	3	3	70	69	69	128	115	98	101
L0 AAEM	0	0	3	3	3	3	3	40	37	185	174	181	179	184
LA AAEM	0	0	0	0	0	0	0	14	15	16	31	38	36	41
L0 DAAM	0	2	2	2	2	2	2	37	67	69	68	69	66	63
LA DAAM	2	3	4	4	4	4	4	86	119	>300	>300	>300	>300	>300

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.3.2.2. Výsledné hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti výluhu volného filmu s pigmentem $\text{TiO}_2$

Ke stanovení pH a měrné elektrické vodivosti výluhu z volného filmu s 10 % objem. pigmentem  $\text{TiO}_2$  byla použita metoda uvedená v kapitole 3.7.1.12. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 85.

**Tabulka 85** Výsledné hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti vodného výluhu volného filmu s 10 % objem. pigmentem  $\text{TiO}_2$

Použitá pojiva	Hodnocené parametry							
	pH vodného výluhu				Měrná elektrická vodivost [ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ]			
	Dny							
	7.	14.	21.	28.	7.	14.	21.	28.
L0	7,36±0,01	6,98±0,01	6,27±0,01	6,18±0,01	86,00±0,5	64,0±0,5	80,0±0,5	94,0±0,5
LA	7,20±0,01	6,85±0,01	6,78±0,01	6,49±0,01	52,0±0,5	64,0±0,5	79,0±0,5	117±0,5
L0 NMA	6,4±0,01	5,71±0,01	6,01±0,01	5,76±0,01	51,0±0,5	63,0±0,5	123±0,5	150±0,5
LA NMA	6,73±0,01	6,41±0,01	6,18±0,01	5,98±0,01	32,0±0,5	52,0±0,5	51,0±0,5	52,0±0,5
L0 HPMA	7,44±0,01	6,62±0,01	7,06±0,01	6,61±0,01	36,0±0,5	58,0±0,5	56,0±0,5	68,0±0,5
LA HPMA	7,37±0,01	6,71±0,01	6,64±0,01	6,17±0,01	50,0±0,5	94,0±0,5	91,0±0,5	144±0,5
L0 AAEM	7,96±0,01	7,42±0,01	6,95±0,01	6,91±0,01	311±0,5	372±0,5	396±0,5	393±0,5
LA AAEM	7,84±0,01	7,57±0,01	7,18±0,01	6,93±0,01	197±0,5	221±0,5	237±0,5	229±0,5
L0 DAAM	7,34±0,01	6,72±0,01	6,27±0,01	5,80±0,01	127±0,5	185±0,5	152±0,5	238±0,5
LA DAAM	7,37±0,01	6,53±0,01	6,35±0,01	6,15±0,01	256±0,5	307±0,5	317±0,5	326±0,5

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.3.2.3. Výsledné hodnoty korozních úbytků ve vodném výluhu volného filmu s pigmentem $\text{TiO}_2$

Ke stanovení korozních úbytků ve vodném výluhu z volného filmu s 10 % objem. pigmentem  $\text{TiO}_2$  byla použita metoda uvedená v kapitole 3.7.1.13. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 86.

**Tabulka 86** Výsledné hodnoty korozních úbytků ve vodném výluhu volného filmu s 10 % objem. pigmentem  $\text{TiO}_2$

Použitá pojiva	Hodnocené parametry Korozní úbytky		
	$\Delta m$ [mg]	Km [g·m <sup>-2</sup> ]	XH [%]
L0	6,5	3,2375	119,91
LA	8,6	4,2835	158,65
L0 NMA	7,5	3,7356	138,35
LA NMA	6,8	3,3869	125,44
L0 HPMA	6,3	3,1379	116,22
LA HPMA	7,4	3,6858	136,51
L0 AAEM	4,1	2,0421	75,63
LA AAEM	6,0	2,9885	110,68
L0 DAAM	4,1	2,0421	75,63
LA DAAM	4,6	2,2912	84,86

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.3.2.4. Vyhodnocení odolnosti nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí

Odolnost nátěrového filmu s pigmentem  $\text{TiO}_2$  v závislosti na pH korozního prostředí byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.3. Na ocelových panelech byl hodnocen vzhled nepigmentovaného nátěrového filmu (tabulka 30) a koroze podkladu po uplynutí 720 hodin. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 87.

**Tabulka 87 Výsledné hodnoty nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentem TiO<sub>2</sub>, v závislosti na pH korozního prostředí, DFT = 90 ±10 μm**

Použitá pojiva	Odolnost nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí nátěrového filmu s pigmentem TiO <sub>2</sub>											
	Vzhled nátěrového filmu [st] – po 550 hodinách						Koroze podkladu [%] – po 550 hodinách					
	Hodnota pH											
	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12
L0	0	0	1	2	1	0	0,01	0,03	0,3	1	0,03	0,01
LA	1	1	2	3	1	0	0,3	1	10	16	0,03	0,01
L0 NMA	3	3	1	3	2	2	0,3	3	10	16	3	3
LA NMA	3	2	2	1	2	2	10	3	3	1	0,3	0,3
L0 HPMA	1	2	2	0	1	1	0,1	3	3	0,1	0,3	0,1
LA HPMA	0	0	1	0	2	1	1	1	16	0,1	10	3
L0 AAEM	2	3	2	3	1	0	3	16	10	16	0,03	0,01
LA AAEM	3	3	3	3	0	1	33	33	33	33	0,03	0,03
L0 DAAM	1	1	2	2	1	1	3	3	33	33	0,03	0,1
LA DAAM	3	3	2	2	1	0	16	16	33	16	0,1	0,03

L0 je latex s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA je latex s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### 4.3.2.5. Vyhodnocení odolnosti nátěrového filmu s pigmentem TiO<sub>2</sub> vůči bleskové korozi

Odolnost nátěrového filmu s pigmentem TiO<sub>2</sub> vůči bleskové korozi byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.4. U nátěrového filmu byla hodnocena plošná koroze dle ASTM D 610-85 a jodové číslo dle jodometrické stupnice (viz obrázek 23). Odolnost byla stanovena u nátěrového filmu, který obsahoval 0 % a 0,4 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA 179 a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 88 a 89.

**Tabulka 88 Odolnost nátěrového filmu vůči bleskové korozi s 10 % objem. pigmentem TiO<sub>2</sub>, DFT = 90 ±10 μm**

Použitá pojiva	Blesková koroze nátěrového filmu s pigmentem TiO <sub>2</sub>				
	2 hodiny po aplikaci nátěru		Po celém cyklu		
	BK [%]	JČ [st.]	BK [%]	JČ [st.]	Puchýře v ploše [st]
L0	3	10	3	12	—*
LA	3	12	3	12	4D
L0 NMA	0,1	8	0,3	10	—*
LA NMA	16	10	33	10	—*

Použitá pojiva	BK [%]	JČ [st.]	BK [%]	JČ [st.]	Puchýře v ploše [st]
L0 HPMA	16	12	33	11	—*
LA HPMA	10	11	16	11	2D
L0 AAEM	0,1	12	0,1	12	2F
LA AAEM	0,3	12	1	10	2D
L0 DAAM	3	10	3	12	—*
LA DAAM	3	12	3	12	—*

—\* Definuje nátěrový film, u kterého nedošlo ke vzniku puchýřů v ploše nátěrového filmu

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

**Tabulka 89 Odolnost nátěrového filmu vůči bleskové korozi s 10 % objem. pigmentem  $\text{TiO}_2$  a 0,4 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA 179, DFT =  $90 \pm 10 \mu\text{m}$**

Použitá pojiva	Blesková koroze s inhibitorem bleskové koroze Nalzin® FA 179 nátěrového filmu s pigmentem $\text{TiO}_2$				
	2 hodiny po aplikaci nátěru		Po celém cyklu		
	BK [%]	JČ [st.]	BK [%]	JČ [st.]	Puchýře v ploše [st]
L0	0,01	—*	0,01	—*	4D
LA	0,01	—*	0,01	—*	2MD
L0 NMA	0,01	—*	0,01	—*	4MD
LA NMA	0,01	—*	0,01	—*	2MD
L0 HPMA	0,01	—*	0,01	—*	2M
LA HPMA	0,01	—*	0,01	—*	8D
L0 AAEM	0,01	—*	0,01	—*	2F
LA AAEM	0,01	—*	0,01	—*	2MD
L0 DAAM	0,01	—*	0,01	—*	4MD
LA DAAM	0,01	—*	0,01	—*	4MD

—\* Definuje nátěrový film, u kterého nedošlo ke koroznímu působení v ploše nátěrového filmu

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.3.2.6. Vyhodnocení odolnosti vůči vlhkým atmosférám nátěrového filmu s pigmentem TiO<sub>2</sub>

Odolnost nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu TiO<sub>2</sub> vůči vlhkým atmosférám byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.6. Nátěrový film byl ponechán k vyschnutí po dobu 10 dní a vyhodnocení bylo provedeno po expozici 240 a 480 hodin. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 90.

**Tabulka 90 Výsledné hodnoty odolnosti vůči vlhkým atmosférám nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu TiO<sub>2</sub>, DFT = 90 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Expozice ve vlhké atmosféře				
	240 hodin		480 hodin		
	Puchýře v ploše [st]	Koroze v ploše [%]	Puchýře v ploše [st]	Koroze v ploše [%]	Koroze v podkladu [%]
L0	—*	0,01	—*	0,01	1
LA	—*	0,01	—*	0,01	0,3
L0 NMA	8D	33	8D	50	100
LA NMA	8D	10	8D	16	100
L0 HPMA	—*	10	—*	10	33
LA HPMA	—*	0,03	—*	3	16
L0 AAEM	8D	33	8D	50	50
LA AAEM	8MD	33	8MD	33	33
L0 DAAM	8MD	3	8D	3	33
LA DAAM	—*	0,1	—*	0,3	3

—\* Definuje nátěrový film, u kterého nedošlo ke vzniku puchýřů v ploše nátěrového filmu

L0 je latex s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA je latex s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### 4.3.2.7. Vyhodnocení odolnosti nátěrového filmu s pigmentem TiO<sub>2</sub> vůči atmosféře solného elektrolytu nátěrového filmu

Odolnost nátěrového filmu s pigmentem TiO<sub>2</sub> vůči atmosféře neutrální solné mlhy byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.7. Nátěrový film byl ponechán k vyschnutí po dobu 10 dní a vyhodnocení bylo provedeno u nátěrových filmů s pigmentem TiO<sub>2</sub> po expozici 240 a 480 hodin. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 91.



**Tabulka 91 Výsledné hodnoty odolnosti v atmosféře neutrální solné mlhy nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu TiO<sub>2</sub>, DFT = 90 ±10 μm**

Použitá pojiva	Expozice v atmosféře s obsahem solné mlhy								
	240 hodin				480 hodin				
	Puchýře		Koroze		Puchýře		Koroze		Podklad
Plocha	Řez	Povlak	Řez	Plocha	Řez	Povlak	Řez	Podklad	
[st.]	[st.]	[%]	[mm]	[st.]	[st.]	[%]	[mm]	[%]	
L0	–*	–*	0,3	2	–*	–*	1	2	100
LA	–*	–*	1	0	–*	–*	3	1	50
L0 NMA	8M	8MD	16	4	6M	6MD	33	5	100
LA NMA	8M	8M	10	1	8M	8MD	16	2	100
L0 HPMA	8F	6F	10	3	8F	6F	16	5	33
LA HPMA	–*	–*	0,01	0	–*	–*	0,3	1	3
L0 AAEM	8F	8F	50	3	8F	8M	100	4	100
LA AAEM	–*	–*	50	1	8F	8F	100	1	100
L0 DAAM	8M	8MD	0,3	15	8MD	8D	1	20	16
LA DAAM	8F	8M	0,03	5	8F	8M	0,03	5	33

–\* Definuje nátěrový film, u kterého nedošlo ke vzniku puchýřů v ploše a řezu nátěrového filmu

L0 je latex s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA je latex s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

#### 4.3.2.8. Vyhodnocení odolnosti nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu TiO<sub>2</sub> v cyklické korozní zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci se solným elektrolytem

Odolnost nátěrového filmu s pigmentem TiO<sub>2</sub> vůči UV záření v kombinaci se solným elektrolytem byla provedena dle kapitoly 3.7.4.11. Nátěrový film byl ponechán k vyschnutí po dobu 10 dní a vyhodnocení u nátěrového filmu s pigmentem TiO<sub>2</sub> bylo provedeno po expozici 120 hodin v QUV komoře a dalších 120 hodin v atmosféře (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 92.

**Tabulka 92 Výsledné hodnoty odolnosti v cyklické zkoušce nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu TiO<sub>2</sub>, DFT = 90 ±10 μm**

Použitá pojiva	Expozice UV záření v kombinaci se solným elektrolytem								
	120 hodin				240 hodin				
	Puchýře		Koroze		Puchýře		Koroze		Podklad
Plocha	Řez	Povlak	Řez	Plocha	Řez	Povlak	Řez	Podklad	
[st.]	[st.]	[%]	[mm]	[st.]	[st.]	[%]	[mm]	[%]	
L0	–*	–*	0,01	0	8M	8MD	3	2	16
LA	–*	–*	0,01	0	8F	8M	0,03	0	10

Použitá pojiva	Puchýře		Koroze		Puchýře		Koroze		
	Plocha [st.]	Řez [st.]	Povlak [%]	Řez [mm]	Plocha [st.]	Řez [st.]	Povlak [%]	Řez [mm]	Podklad [%]
L0 NMA	—*	—*	0,01	0	8F	6M	1	4	33
LA NMA	—*	—*	0,01	0	—*	8M	10	3	0,3
L0 HPMA	—*	—*	0,01	0	—*	6F	10	3	0,3
LA HPMA	—*	—*	0,01	0	8M	8F	0,1	1	0,1
L0 AAEM	8F	—*	0,03	0	6M	6MD	50	40	100
LA AAEM	—*	—*	0,01	0	—*	4MD	16	10	16
L0 DAAM	—*	—*	0,01	0	4F	8M	33	7	16
LA DAAM	—*	—*	0,01	0	4M	8M	33	3	16

—\* Definuje nátěrový film, u kterého nedošlo ke vzniku puchýřů v ploše a řezu nátěrového filmu

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.3.2.9. Vyhodnocení antibakteriální účinnosti akrylátových latexů s pigmentem $\text{TiO}_2$ obtiskovou metodou

Odolnost ne nátěrového filmu s pigmentem  $\text{TiO}_2$  vůči bakteriím byla vyhodnocena dle tabulky 35. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 93.

**Tabulka 93 Výsledné hodnoty antibakteriální účinnosti akrylátového latexu 10 % objem. pigmentu  $\text{TiO}_2$**

Použitá pojiva	Bakteriální kontaminace [stupně]	
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>
L0	4	5
LA	1	4
L0 NMA	0	0
LA NMA	0	0
L0 HPMA	3	5
LA HPMA	0	4
L0 AAEM	4	5
LA AAEM	0	3
L0 DAAM	4	5
LA DAAM	4	3

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se

samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.3.2.10. Vyhodnocení antifungální účinnosti nátěrového filmu s pigmentem $\text{TiO}_2$

Odolnost nátěrového filmu s pigmentem  $\text{TiO}_2$  vůči plísním byla vizuálně vyhodnocena a výsledné hodnoty jsou uvedeny v % (tzn. 100 % – žádný nárůst MO, 0 % – narostlo  $300 \pm 20$  kolonií) v tabulce 94.

**Tabulka 94** Výsledné hodnoty antifungální odolnosti nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentem  $\text{TiO}_2$

Použitá pojiva	Antifungální účinnost [%]					
	<i>P. chrysogenum</i>			<i>A. brasiliensis</i>		
	168 hodin	336 hodin	504 hodin	168 hodin	336 hodin	504 hodin
<b>L0</b>	90	90	90	90	80	30
<b>LA</b>	100	100	100	90	90	70
<b>L0 NMA</b>	100	100	100	80	30	20
<b>LA NMA</b>	100	100	100	90	80	70
<b>L0 HPMA</b>	90	50	20	80	40	10
<b>LA HPMA</b>	100	90	40	90	90	90
<b>L0 AAEM</b>	90	60	0	70	0	0
<b>LA AAEM</b>	90	90	0	80	40	30
<b>L0 DAAM</b>	100	90	90	80	30	0
<b>LA DAAM</b>	100	100	100	90	90	80

L0 je latex s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA je latex s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu a 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA NMA je latex se samo-sítěním na bázi N-methylolakrylamidu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA HPMA je latex se samo-sítěním na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA AAEM je latex se samo-sítěním na bázi 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , L0 DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 0 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ , LA DAAM je latex se samo-sítěním na bázi ADH/DAAM s 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### 4.4. Vyhodnocení vlastností antikoročních nátěrových filmů

Pro dosažení antikoročních vlastností syntetizovaných vodných akrylátových disperzí byly naformulovány nátěrové hmoty s postupem popsáním v kapitole 2.4. Nejprve bylo sledována pigmentovatelnost s pigmentem  $\text{TiO}_2$  rutilového typu o 10 % objem. v příslušných pojivech. Na základě zjištěného chování pojiv s pigmentem byly připraveny antikoroční nátěrové hmoty s OKP 10 % a pigmentem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  při  $Q = 35$  %. Pro přípravu antikoročních NH

byly použity pojiva: latex bez kovalentního síťování s 0 % hmotn. nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (L0), latex bez kovalentního síťování s 1,5 % hmotn. nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (LA) a latex s kovalentním síťováním na bázi kopolymerovaného HPMA s 1,5 % hmotn. nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (LA HPMA). Byla studována kompatibilita antikoročních pigmentů a vybraných pojiv o různém chemickém složení. V textu jsou využity chemické vzorce pigmentů orthofosforečnan zinečnatý, hydrát (Zn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.xH<sub>2</sub>O), magnesium ferit (MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>), tetraoxid diolovnatu-olovičitý (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), oxid hořečnato titaničitý (MgO·TiO<sub>2</sub>), Wollastonit KS-3 (CaSiO<sub>3</sub>) a systém pouze s pigmentem Hematit (-) při OKP 10 %.

Antikoroční odolnost byla hodnocena u antikoročních nátěrových filmů, které byly opatřeny průmyslově vyráběným vrchním průmyslovým nátěrovým filmem. Jedná se o jednosložkovou vodou ředitelnou polyurethanovou NH s vysokou odolností vůči agresivním látkám a organickým rozpouštědlům.

#### 4.4.1. Vyhodnocení charakterizace antikoročních nátěrových filmů

##### 4.4.1.1. Vyhodnocení vizuálních vlastností antikoročního nátěrového filmu

Ke stanovení vizuálních vlastností byly antikoroční nátěrové filmy s pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 % ponechány vysychat po dobu 10 dní (vyjma lesku, tvrdosti a odolnosti vůči vtisku). Vzhled, tloušťka, lesk a tvrdost nátěrového filmu byly hodnoceny metodami, které jsou uvedeny v kapitolách 3.7.3.1. – 3.7.3.5. Vizuálně byl stanoven a hodnocen vzhled nátěrových filmů a výsledky jsou uvedeny v tabulkách 95–96. Výsledky tloušťky nátěrových filmů jsou uvedeny v tabulkách 97. Lesk, tvrdost a odolnost vůči vtisku nátěrových filmů byl vyhodnocen po 1, 7, 14, 21, 28, 35 dnech a výsledky jsou uvedeny v tabulkách 98–100.

**Tabulka 95 Výsledné hodnoty vzhledu nátěrového filmu s antikoročními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %, DFT = 50 ± 10 μm**

Použité pojivo a pigment	Vzhled nátěrového filmu s antikoročními pigmenty				
	Zákal	Částice	Bubliny	Praskliny	Povrch
L0 Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1	1	1	1	1
LA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1	1	1	1	1
LA HPMA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1	3	1	1	1
L0 CaSiO <sub>3</sub>	1	1	1	1	1
LA CaSiO <sub>3</sub>	1	1	1	1	1
LA HPMA CaSiO <sub>3</sub>	1	3	1	1	1

Použité pojivo a pigment	Zákal	Částice	Bubliny	Praskliny	Povrch
L0 Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	1	2	1	1	1
LA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	1	4	1	1	2
LA HPMA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	1	3	1	1	1
L0 MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1	1	1	1	1
LA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1	1	1	1	1
LA HPMA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1	4	1	1	2
L0 MgO·TiO <sub>2</sub>	1	1	1	1	2
LA MgO·TiO <sub>2</sub>	1	1	1	1	1
LA HPMA MgO·TiO <sub>2</sub>	1	4	1	1	2
L0 (-)	1	1	1	1	1
LA (-)	1	1	1	1	1
LA HPMA (-)	1	4	1	2	4

**Tabulka 96** Výsledné hodnoty vzhledu nátěrového filmu s antikorozními pigmenty a vrchním nátěrem při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %, DFT = 50 ± 10 μm

Použité pojivo a pigment	Vzhled nátěrového filmu s vrchním nátěrem				
	Zákal	Částice	Bubliny	Praskliny	Povrch
L0 Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1	1	2	1	1
LA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1	1	1	1	2
LA HPMA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1	3	1	1	2
L0 CaSiO <sub>3</sub>	1	1	1	1	1
LA CaSiO <sub>3</sub>	1	1	1	1	2
LA HPMA CaSiO <sub>3</sub>	1	3	1	1	2
L0 Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	1	2	1	1	1
LA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	1	4	1	1	1
LA HPMA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	1	3	1	2	1
L0 MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1	1	1	1	1
LA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1	1	1	1	1
LA HPMA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1	4	1	1	2

Použité pojivo a pigment	Zákal	Částice	Bubliny	Praskliny	Povrch
L0 MgO·TiO <sub>2</sub>	1	1	1	1	2
LA MgO·TiO <sub>2</sub>	1	1	1	1	1
LA HPMA MgO·TiO <sub>2</sub>	1	4	1	1	1
L0 (-)	1	1	1	1	1
LA (-)	1	1	1	1	1
LA HPMA (-)	1	3	1	1	1

**Tabulka 97 Výsledné hodnoty lesku nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %, DFT = 50 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Úhel	Lesk [GU] s antikorozními pigmenty						
		Dny						
		1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0 Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	20°	13,0	13,0	12,7	13,0	14,2	13,8	14,0
	60°	46,3	46,5	46,7	46,7	48	48,1	48,3
	85°	85,1	83,8	83,6	84,1	84,2	84	84,8
LA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	20°	1,1	1,0	1,0	0,9	1,1	1,0	1,1
	60°	10,8	10,3	9,3	9,2	10,4	9,5	9,9
	85°	39,9	36,5	34,9	34,1	37,6	34,9	35,2
LA HPMA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	20°	8,0	7,7	7,6	7,8	8,1	9,1	9,3
	60°	39,6	38,6	37,9	37,6	38,5	40,6	41,4
	85°	66,5	66,1	65,2	59	60,1	62,3	62,8
L0 CaSiO <sub>3</sub>	20°	21,7	20,3	19,9	20,9	22,3	22,6	22,9
	60°	55,2	54,7	53,6	54,9	55,8	56,5	56,9
	85°	87,2	86,4	84,9	86,5	85,3	85,5	85,2
LA CaSiO <sub>3</sub>	20°	3,0	2,9	2,8	2,7	2,9	2,8	3,1
	60°	19,1	18,9	18,2	17,9	18,6	18,4	18,1
	85°	42,5	40,4	39,4	38,6	40	39,2	38,9
LA HPMA CaSiO <sub>3</sub>	20°	8,6	7,3	7,7	7,9	8,3	6,2	6,1
	60°	36,5	30,5	25,1	34,7	35,1	29,5	30,5
	85°	42,7	36,2	28,8	40,3	40,2	43,7	42,7
L0 Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·xH <sub>2</sub> O	20°	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2
	60°	12,7	12,8	12,9	13	13,3	13,6	13,4
	85°	63,7	63,4	63,3	63,8	63,5	63,3	63,0
L0 Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·xH <sub>2</sub> O	20°	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	60°	4,5	4,5	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6
	85°	11,5	10,9	10,6	11,3	10,6	10,9	11,1

Použitá pojiva	Úhel	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
<b>L0</b> <b>Zn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·xH<sub>2</sub>O</b>	20°	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,3	3,5
	60°	21	21	20,9	22,6	22,8	24,1	24,6
	85°	56,7	55,3	51,2	55,2	54,8	56	56,3
<b>L0</b> <b>MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b>	20°	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8
	60°	8,2	8,2	8,3	8,3	8,7	9,1	9,2
	85°	45,9	45,7	45,5	44,9	45,5	45,8	45,9
<b>LA</b> <b>MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b>	20°	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8
	60°	8,7	8,7	8,7	8,6	8,8	8,9	9,1
	85°	44	43,9	43,8	42,8	41,9	42,9	43,4
<b>LA</b> <b>HPMA</b> <b>MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b>	20°	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,8	0,8
	60°	3,9	5,0	4,8	5,0	4,0	5,6	5,8
	85°	5,6	5,8	5,9	4,8	4,9	5,7	5,8
<b>L0</b> <b>MgO·TiO<sub>2</sub></b>	20°	4,4	7,8	11,3	8,4	8,7	8,2	8,4
	60°	25,9	28,6	26,1	29,6	28,9	30,6	35,9
	85°	62,7	63,8	64,1	60,8	56,8	61,2	62,7
<b>LA</b> <b>MgO·TiO<sub>2</sub></b>	20°	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	1,0	0,9
	60°	8,5	8,5	8,5	8,5	8,8	8,5	8,5
	85°	38	38	37	36,8	43,1	39,6	42,4
<b>LA</b> <b>HPMA</b> <b>MgO·TiO<sub>2</sub></b>	20°	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
	60°	1,4	1,6	1,7	1,4	1,5	2	2,4
	85°	0,4	0,6	0,8	0,7	0,8	1,1	1,4
<b>L0 (-)</b>	20°	5,5	6,2	7,4	7,2	6,8	7,6	7,7
	60°	31,5	33,2	36,3	36	34,8	36,4	36,7
	85°	72,2	74,8	76,4	75,2	72	73,4	73,6
<b>LA (-)</b>	20°	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	60°	31,5	33,2	36,3	36	34,8	36,4	36,5
	85°	27,8	26,9	26,4	26,5	26,1	26	26,8
<b>LA</b> <b>HPMA (-)</b>	20°	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	60°	0,3	0,3	0,5	0,7	0,4	0,4	0,6
	85°	0,2	0,3	0,4	0,5	0,3	0,2	0,2

**Tabulka 98 Výsledné hodnoty tvrdosti nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem  $Fe_2O_3$  při  $Q = 35 \%$ ,  $DFT = 50 \pm 10 \mu m$**

Použitá pojiva	Tvrdost dle Persoze [%] nátěrového filmu s antikorozními pigmenty						
	Dny						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0 $Pb_3O_4$	19,29	17,69	15,59	20,67	21,33	16,10	17,34
LA $Pb_3O_4$	21,43	19,47	18,47	23,28	22,99	21,00	21,43
LA HPMA $Pb_3O_4$	5,95	6,58	6,72	6,18	7,11	9,80	9,98
L0 $CaSiO_3$	23,81	20,69	18,23	24,70	24,41	22,87	22,93
LA $CaSiO_3$	25,00	26,33	26,38	26,37	26,30	24,50	24,68
LA HPMA $CaSiO_3$	10,48	10,49	10,55	9,03	10,19	10,00	10,56
L0 $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$	21,67	21,60	21,58	23,04	22,99	20,54	21,32
LA $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$	22,86	23,10	24,22	24,47	23,93	23,83	23,64
LA HPMA $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$	9,05	8,75	6,24	9,74	8,77	7,00	7,32
L0 $MgFe_2O_4$	17,14	18,33	18,23	18,77	18,72	16,80	16,93
LA $MgFe_2O_4$	22,62	23,69	25,18	24,23	24,65	23,47	23,75
LA HPMA $MgFe_2O_4$	8,81	9,50	10,55	9,98	10,19	8,87	9,32
L0 $MgO \cdot TiO_2$	20,24	21,94	23,26	23,81	23,70	21,00	22,62
LA $MgO \cdot TiO_2$	25,71	25,31	24,70	25,18	24,64	23,10	23,86
LA HPMA $MgO \cdot TiO_2$	9,05	10,27	10,55	11,16	10,43	9,33	9,45
L0 (-)	20,00	22,42	23,02	23,28	23,22	18,67	19,24
LA (-)	23,57	23,01	20,38	18,76	27,99	17,27	19,43
LA HPMA (-)	7,38	9,65	11,51	11,40	11,37	11,07	11,15

**Tabulka 99 Výsledné hodnoty odolnosti vůči vtisku nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem  $Fe_2O_3$  při  $Q = 35 \%$ ,  $DFT = 50 \pm 10 \mu m$**

Použitá pojiva	Odolnost proti vtisku [mm] nátěrového filmu s antikorozními pigmenty						
	Dny						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0 $Pb_3O_4$	1,266	1,203	1,198	1,117	1,549	1,210	1,143
LA $Pb_3O_4$	1,481	1,380	1,359	1,389	1,376	1,372	1,370
LA HPMA $Pb_3O_4$	1,612	1,472	1,389	1,152	1,453	1,297	1,243
L0 $CaSiO_3$	1,195	1,082	1,031	1,030	1,028	1,029	1,027
LA $CaSiO_3$	1,362	1,311	1,314	1,301	1,294	1,290	1,293
LA HPMA $CaSiO_3$	1,203	1,182	1,168	1,162	1,158	1,149	1,152



Použitá pojiva	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0 Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	1,734	1,421	1,229	1,257	1,284	1,446	1,241
LA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	1,631	1,616	1,585	1,562	1,528	1,455	1,438
LA HPMA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	1,504	1,473	1,424	1,447	1,426	1,424	1,413
L0 MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1,603	1,600	1,592	1,590	1,582	1,580	1,576
LA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1,277	1,260	1,265	1,243	1,238	1,232	1,229
LA HPMA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1,222	1,020	1,012	0,920	0,911	0,903	0,906
L0 MgO·TiO <sub>2</sub>	1,151	1,183	1,168	1,096	1,107	1,093	1,090
LA MgO·TiO <sub>2</sub>	1,306	1,293	1,308	1,304	1,302	1,285	1,262
LA HPMA MgO·TiO <sub>2</sub>	0,991	0,987	0,962	0,973	0,968	0,960	0,961
L0 (-)	1,327	1,118	1,081	1,125	1,116	1,116	1,110
LA (-)	1,321	1,338	1,532	1,431	1,353	1,324	1,313
LA HPMA (-)	0,831	1,032	1,214	1,240	1,045	0,826	0,827

#### 4.4.1.2. Vyhodnocení mechanické odolnosti antikoročních nátěrových filmů

Mechanická odolnost nátěrového filmu byla hodnocena pomocí odolnosti vůči úderu závažím, ohybu, hloubení a přilnavosti u antikoročních nátěrových filmů. Jednotlivé metody jsou popsány v kapitolách 3.7.3.6. – 3.7.3.9. Ze získaných hodnot byla následně zjištěna celková odolnost nátěrového filmu dle kapitoly 3.7.3.10. Nátěrové filmy byly ponechány k vyschnutí po dobu 10 dní a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 101.

**Tabulka 100 Výsledné hodnoty mechanické odolnosti nátěrového filmu s antikoročními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %, DFT = 50 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Mechanická odolnost nátěrového filmu s antikoročními pigmenty						Celková odolnost [-]
	Úder		Ohyb [mm/trn]	Přilnavost [st.]		Hloubení [mm]	
	Rub [cm]	Líc [cm]		Sklo	Plech		
L0 Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	10	> 100	> 4	5	5	4	32
LA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	10	> 100	> 4	4	3	>10	80
LA HPMA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	40	> 100	> 4	1	1	>10	88
L0 CaSiO <sub>3</sub>	10	> 100	> 4	1	0	8	82
LA CaSiO <sub>3</sub>	30	> 100	> 4	1	1	>10	86
LA HPMA CaSiO <sub>3</sub>	25	> 100	> 4	3	2	>10	75
L0 Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	45	> 100	> 4	4	3	>10	76
LA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	10	> 100	> 4	3	2	>10	72

Použitá pojiva	Úder			Přilnavost [st.]			Celková odolnost [-]
	Rub [cm]	Líc [cm]	Ohyb [mm/trn]	Sklo	Plech	Hloubení [mm]	
LA HPMA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	25	> 100	> 4	4	3	>10	67
L0 MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	15	> 100	> 4	1	0	>10	84
LA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	10	> 100	> 4	1	0	5	77
LA HPMA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	25	> 100	> 4	5	4	>10	71
L0 MgO·TiO <sub>2</sub>	10	> 100	> 4	3	2	7	68
LA MgO·TiO <sub>2</sub>	15	> 100	> 4	2	2	9	76
LA HPMA MgO·TiO <sub>2</sub>	10	> 100	> 4	4	3	>10	63
L0 (-)	30	> 100	> 4	4	2	>10	71
LA (-)	15	> 100	> 4	2	2	9	76
LA HPMA (-)	30	> 100	> 4	1	0	>10	87

#### 4.4.1.3. Vyhodnocení odolnosti vůči odtrhu nátěrového filmu s antikorozními pigmenty

Odolnost antikorozních nátěrových filmů vůči odtrhovému testu byla stanovena dle kapitoly 3.7.3.11. Nátěrový film byl ponechán k vyschnutí po dobu 10 dní a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 102.

**Tabulka 101** Výsledné hodnoty odolnosti vůči odtrhu nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %, DFT = 50 ±10 μm

Použitá pojiva	Odolnost vůči odtrhu nátěrového filmu s antikorozními pigmenty			
	Odtrhová síla [N]	Odtrhová pevnost [KPa]	Typ lomu	Průměrný nárůst [N]
L0 Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,112	0,4	A/B	4,7
LA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,185	0,6	A/B	286,9
LA HPMA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,134	0,4	A/B	175,4
L0 CaSiO <sub>3</sub>	0,289	0,9	A/B	423,1
LA CaSiO <sub>3</sub>	0,313	1,0	A/B	425,4
LA HPMA CaSiO <sub>3</sub>	0,244	0,8	A/B	262,2
L0 Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	0,138	0,4	A/B	154,3
LA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	0,193	0,6	A/B	269,2
LA HPMA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	0,360	1,1	A/B	262,4
L0 MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,237	0,8	A/B	276,3
LA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,204	0,6	A/B	345,7

Použitá pojiva	Odrhová síla [N]	Odrhová pevnost [KPa]	Typ lomu	Průměrný nárůst [N]
LA HPMA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0,127	0,4	A/B	137,5
L0 MgO·TiO <sub>2</sub>	0,312	1,0	A/B	330,9
LA MgO·TiO <sub>2</sub>	0,168	0,5	A/B	230,9
LA HPMA MgO·TiO <sub>2</sub>	0,406	1,2	A/B	410,1
L0 (-)	0,345	1,0	A/B	445,6
LA (-)	0,363	1,2	A/B	525,3
LA HPMA (-)	0,404	1,3	A/B	300,1

#### 4.4.2. Vyhodnocení chemické a korozní odolnosti antikoročních nátěrových filmů

##### 4.4.2.1. Vyhodnocení odolnosti nátěrového filmu s antikoročními pigmenty vůči methylethylketonu

Odolnost antikoročních nátěrových filmů vůči MEK byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.1. Odolnost byla stanovena na skleněných panelech v čase po dobu 35 dní. Nátěrový film byl vizuálně hodnocen po 50 dvojtazích (dle tabulky 29) a následně byl zaznamenán počet dvojtahů, při kterém došlo k obnažení skleněného podkladu. Test byl ukončen v případě hodnoty vyšší 300 dvojtahů. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 103.

**Tabulka 102 Výsledné hodnoty odolnosti nátěrového filmu s antikoročními pigmenty vůči methylethylketonu při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %, DFT = 50 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Odolnost nátěrového filmu s antikoročními pigmenty vůči methylethylketonu													
	Stupeň hodnocení po 50 dvojtazích							Počet dvojtahů [s]						
	Dny							Dny						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0 Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	1	1	27	27	28	35	58	63	66
LA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	2	2	1	1	2	2	2	108	95	60	68	72	75	77
LA HPMA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	12	12	11	25	16	18	21
L0 CaSiO <sub>3</sub>	4	4	4	4	5	5	5	300	300	300	300	300	300	300
LA CaSiO <sub>3</sub>	3	3	3	3	4	4	4	178	178	179	189	300	300	300
LA HPMA CaSiO <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	53	38	24	37	39	41	44
L0 Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	3	3	2	3	3	3	3	120	115	108	175	183	192	197
LA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	1	1	0	1	2	3	3	70	65	55	64	130	142	163
LA HPMA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	0	0	0	1	1	1	1	58	56	48	68	65	66	69

Použitá pojiva	Stupeň hodnocení po 50 dvojtazích							Počet dvojtahů [s]						
	Dny							Dny						
	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.	1.	3.	7.	14.	21.	28.	35.
L0 MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	1	1	29	33	49	43	59	61	64
LA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	3	3	2	3	4	4	4	130	121	93	167	246	276	283
LA HPMA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	58	42	35	44	45	44	43
L0 MgO·TiO <sub>2</sub>	0	0	0	0	1	2	2	26	25	24	46	69	71	75
LA MgO·TiO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	58	47	38	36	45	46	49
LA HPMA MgO·TiO <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	32	36	43	33	21	28	31
L0 (-)	0	0	0	0	0	0	0	38	31	26	31	28	30	35
LA (-)	0	0	0	0	0	0	0	52	49	45	47	43	44	49
LA HPMA (-)	1	0	0	2	2	3	3	63	52	38	72	88	91	94

#### 4.4.2.2. Vyhodnocení pH a měrné elektrické vodivosti výluhu pigmentů a plniv

Ke stanovení pH a měrné elektrické vodivosti výluhu pigmentů a plniv byla použita metoda uvedená v kapitole 3.7.2.5. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 104, kdy průměrná odchylka výsledných hodnot pH vodného výluhu je  $\pm 0,01$  a v případě měrné elektrické vodivosti je  $\pm 0,5$ .

**Tabulka 103 Výsledné hodnoty pH a měrné elektrické vodivosti výluhu pigmentů a plniv**

Použité pigmenty a plniva	Hodnocené parametry							
	pH vodného výluhu				Měrná elektrická vodivost [ $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ]			
	Dny							
	7.	14.	21.	28.	7.	14.	21.	28.
TiO <sub>2</sub>	6,97	6,82	6,93	7,31	561	604	628	641
MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	10,55	10,63	10,67	10,69	1245	1273	1298	1336
MgO·TiO <sub>2</sub>	10,61	10,66	10,68	10,72	1517	1893	1914	1982
Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	9,08	8,68	8,38	9,36	256,04	291,15	557,08	603,21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,89	6,80	6,50	6,82	157,03	212,45	324,10	385,18
Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·xH <sub>2</sub> O	6,16	6,03	6,98	7,58	854,10	1126,20	1235,11	1261,07
CaSiO <sub>3</sub>	7,87	7,31	7,73	8,52	310,70	382,40	398,90	415,00
Mg <sub>5</sub> Al(OH) <sub>8</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )/SiO <sub>2</sub>	7,98	7,38	7,92	8,61	387,50	483,60	499,10	627,20

#### 4.4.2.3. Vyhodnocení korozních úbytků ve vodném výluhu volného s antikorozními pigmenty

Ke stanovení korozních úbytků ve vodném výluhu z pigmentů a plniv byla použita metoda uvedená v kapitole 3.7.2.5. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 105.

**Tabulka 104 Výsledné hodnoty korozních úbytků ve vodném výluhu pigmentů a plniv**

Použité pigmenty a plniva	Hodnocené parametry Korozní úbytky		
	$\Delta m$ [mg]	Km [ $g \cdot m^{-2}$ ]	XH [%]
TiO <sub>2</sub>	5,6	2,7924	103,42
MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	5,3	2,6428	97,88
MgO·TiO <sub>2</sub>	5,2	2,5929	96,03
Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	5,1	2,5402	94,08
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,0	2,9885	110,69
Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·xH <sub>2</sub> O	9,2	4,5823	169,71
CaSiO <sub>3</sub>	6,0	2,9885	110,69
Mg <sub>5</sub> Al(OH) <sub>8</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )/SiO <sub>2</sub>	7,6	3,7854	140,20

**4.4.2.4. Vyhodnocení odolnosti nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí**

Odolnost antikorozních nátěrových filmů v závislosti na pH korozního prostředí byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.3. Na ocelových panelech byl hodnocen vzhled nepigmentovaného nátěrového filmu (tabulka 30) a koroze podkladu po uplynutí 720 hodin. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 106.

**Tabulka 105 Výsledné hodnoty nátěrového filmu s antikorozními pigmenty v závislosti na pH korozního prostředí při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %, DFT = 90 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Odolnost nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí nátěrového filmu s antikorozními pigmenty											
	Vzhled nátěrového filmu [st] – po 720 hodinách						Koroze podkladu [%] – po 720 hodinách					
	Hodnota pH											
	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12
L0 Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0	0	1	1	3	0	16	33	33	50	3	0,1
LA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	1	2	1	1	0	0	33	50	33	33	0,03	0,01
LA HPMA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0	1	1	2	0	0	50	50	10	10	0,1	0,1
L0 CaSiO <sub>3</sub>	1	2	2	2	0	0	33	33	1	0,3	0,03	0,01
LA CaSiO <sub>3</sub>	2	1	2	2	0	0	50	33	50	33	0,01	0,01
LA HPMA CaSiO <sub>3</sub>	0	0	1	2	0	0	0,1	33	16	16	0,01	0,1
L0 Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·xH <sub>2</sub> O	3	2	2	2	0	0	100	50	16	16	0,01	0,01
LA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·xH <sub>2</sub> O	0	0	2	2	0	0	16	10	16	33	0,01	0,01
LA HPMA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·xH <sub>2</sub> O	0	1	1	1	0	0	50	33	33	16	16	16
L0 MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	1	0	2	2	0	0	100	10	16	10	0,01	0,01
LA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0	0	1	2	0	0	50	50	33	33	0,01	0,01

Použitá pojiva	Hodnota pH											
	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12
LA HPMA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	0	0	1	3	0	3	50	33	33	16	0,3	0,1
L0 MgO·TiO <sub>2</sub>	2	1	1	3	0	0	100	50	16	16	0,01	0,01
LA MgO·TiO <sub>2</sub>	0	0	1	3	1	0	16	10	3	10	0,01	0,01
LA HPMA MgO·TiO <sub>2</sub>	0	1	1	2	0	0	33	16	33	10	10	10
L0 (-)	0	2	2	2	3	0	0,01	33	33	16	0,1	0,01
LA (-)	3	2	2	2	0	0	100	100	10	33	0,01	0,01
LA HPMA (-)	0	0	0	1	1	0	50	50	33	33	3	3

#### 4.4.2.5. Vyhodnocení elektrochemické lineární polarizace nátěrového filmu s antikorozními pigmenty

Elektrochemická lineární polarizace byla stanovena dle kapitoly 3.7.4.5. a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 107.

**Tabulka 106** Výsledné hodnoty elektrochemické lineární polarizace nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %

Použitá pojiva	Elektrochemická lineární polarizace					CR [mm/rok]
	E <sub>kor</sub> [mV]	I <sub>kor</sub> [μA]	β <sub>a</sub> [mV]	β <sub>c</sub> [mV]	R <sub>p</sub> [Ω]	
L0 Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	-180	2,07x10 <sup>-1</sup>	33,1	34,2	3,53x10 <sup>4</sup>	0,31x10 <sup>-2</sup>
LA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	-182	2,05x10 <sup>-1</sup>	33,2	33,8	3,54x10 <sup>4</sup>	0,30x10 <sup>-2</sup>
LA HPMA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	-176	8,02x10 <sup>-1</sup>	32,8	33,9	9,03x10 <sup>3</sup>	0,12x10 <sup>-1</sup>
L0 CaSiO <sub>3</sub>	-174	9,11x10 <sup>-1</sup>	34,2	32,4	7,93x10 <sup>3</sup>	0,14x10 <sup>-1</sup>
LA CaSiO <sub>3</sub>	-174	6,55x10 <sup>-1</sup>	33,6	32,7	1,11x10 <sup>4</sup>	0,98x10 <sup>-2</sup>
LA HPMA CaSiO <sub>3</sub>	-176	6,54x10 <sup>-1</sup>	33,7	32,5	1,10x10 <sup>4</sup>	0,97x10 <sup>-2</sup>
L0 Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·xH <sub>2</sub> O	-175	8,74x10 <sup>-1</sup>	32,5	33,1	8,15x10 <sup>3</sup>	0,13x10 <sup>-1</sup>
LA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·xH <sub>2</sub> O	-172	7,45x10 <sup>-1</sup>	32,9	33,0	9,60x10 <sup>3</sup>	0,11x10 <sup>-1</sup>
LA HPMA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·xH <sub>2</sub> O	-178	8,98 x10 <sup>-1</sup>	31,9	33,5	7,90x10 <sup>3</sup>	0,13x10 <sup>-1</sup>
L0 MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	-179	9,11x10 <sup>-1</sup>	32,2	32,1	7,66x10 <sup>3</sup>	0,13x10 <sup>-1</sup>
LA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	-180	9,45x10 <sup>-1</sup>	31,5	32,1	7,31x10 <sup>3</sup>	0,14x10 <sup>-1</sup>
LA HPMA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	-179	8,45x10 <sup>-1</sup>	33,1	32,5	8,42x10 <sup>3</sup>	0,12x10 <sup>-1</sup>
L0 MgO·TiO <sub>2</sub>	-178	9,98x10 <sup>-1</sup>	33,5	32,7	7,21x10 <sup>3</sup>	0,15x10 <sup>-1</sup>
LA MgO·TiO <sub>2</sub>	-177	9,97x10 <sup>-1</sup>	32,4	32,7	7,20x10 <sup>3</sup>	0,15x10 <sup>-1</sup>
LA HPMA MgO·TiO <sub>2</sub>	-178	5,48x10 <sup>-1</sup>	33,0	32,8	1,30x10 <sup>4</sup>	0,81x10 <sup>-2</sup>
L0 (-)	-164	9,78x10 <sup>-1</sup>	31,1	32,1	7,01x10 <sup>3</sup>	0,14x10 <sup>-1</sup>
LA (-)	-165	7,95x10 <sup>-1</sup>	31,9	31,9	8,71x10 <sup>3</sup>	0,12x10 <sup>-1</sup>
LA HPMA (-)	-162	4,52x10 <sup>-1</sup>	31,8	31,8	1,53x10 <sup>4</sup>	0,67x10 <sup>-2</sup>

#### 4.4.2.6. Vyhodnocení odolnosti vůči vlhkým atmosférám nátěrového filmu s antikorozními pigmenty

Odolnost nátěrového filmu s antikorozními pigmenty vůči vlhkým atmosférám byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.6. Nátěrový film byl ponechán k vyschnutí po dobu 10 dní a vyhodnocení bylo provedeno po expozici 240 a 480 hodin. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 108.

**Tabulka 107 Výsledné hodnoty odolnosti vůči vlhkým atmosférám nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem  $Fe_2O_3$  při  $Q = 35 \%$ ,  $DFT = 90 \pm 10 \mu m$**

Použitá pojiva	Expozice ve vlhké atmosféře				
	240 hodin		480 hodin		
	Puchýře v ploše [st]	Koroze v ploše [%]	Puchýře v ploše [st]	Koroze v ploše [%]	Koroze v podkladu [%]
L0 $Pb_3O_4$	—*	0,01	—*	0,03	0,03
LA $Pb_3O_4$	—*	0,01	—*	0,03	0,03
LA HPMA $Pb_3O_4$	4MD	0,01	4MD	0,01	16
L0 $CaSiO_3$	—*	0,01	—*	0,03	0,1
LA $CaSiO_3$	—*	0,01	—*	0,03	0,03
LA HPMA $CaSiO_3$	6MD	0,03	6MD	0,1	10
L0 $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$	4M	0,1	4MD	0,3	3
LA $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$	—*	0,03	—*	0,1	16
LA HPMA $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$	—*	0,01	—*	0,01	33
L0 $MgFe_2O_4$	8D	0,03	8D	0,03	16
LA $MgFe_2O_4$	8D	0,01	8D	0,01	33
LA HPMA $MgFe_2O_4$	—*	0,01	—*	0,01	0,01
L0 $MgO \cdot TiO_2$	6MD	10	6D	16	16
LA $MgO \cdot TiO_2$	8D	0,01	8D	0,01	33
LA HPMA $MgO \cdot TiO_2$	—*	0,01	—*	0,01	0,3
L0 (-)	8F	1	8F	3	3
LA (-)	8F	0,3	8F	1	0,1
LA HPMA (-)	2M	0,1	2MD	1	3

—\* Definiuje nátěrový film, u kterého nedošlo ke vzniku puchýřů v ploše nátěrového filmu

#### 4.4.2.7. Vyhodnocení odolnosti vůči atmosféře s obsahem $SO_2$ nátěrového filmu s antikorozními pigmenty

Odolnost nátěrového filmu vůči atmosféře s obsahem  $SO_2$  byla stanovena u nátěrových filmů obsahující antikorozní pigmenty. Metoda byla provedena dle kapitoly 3.7.4.6.

Nátěrový film byl ponechán k vyschnutí po dobu 10 dní a vyhodnocení bylo provedeno po expozici 480 a 720 hodin. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 109.

**Tabulka 108 Výsledné hodnoty odolnosti vůči atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub> nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %, DFT = 90 ±10 μm**

Použitá pojiva	Expozice v atmosféře s obsahem SO <sub>2</sub>								
	480 hodin				720 hodin				
	Puchýře		Koroze		Puchýře		Koroze		Podklad
Plocha	Řez	Povlak	Řez	Plocha	Řez	Povlak	Řez	Podklad	
[st.]	[st.]	[%]	[mm]	[st.]	[st.]	[%]	[mm]	[%]	
L0 Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	–*	–*	0,1	2,5	–*	–*	0,3	3	0,03
LA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	8M	8M	0,1	0	6M	8M	0,1	0	16
LA HPMA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	6MD	8F	0,01	0	4MD	6MD	0,01	0	3
L0 CaSiO <sub>3</sub>	8M	8F	0,1	0	6MD	8M	0,1	0	10
LA CaSiO <sub>3</sub>	8F	–*	3	0	8M	–*	10	0	33
LA HPMA CaSiO <sub>3</sub>	8MD	8MD	0,01	0	6D	8D	0,01	0	10
L0 Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	8D	8M	3	3,3	4D	6M	10	4	16
LA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	–*	–*	0,01	0	–*	–*	0,01	0	0,03
LA HPMA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	8D	8M	1	0	8D	8M	3	0	3
L0 MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	6D	6D	0,01	0	2D	2D	0,01	0	33
LA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	6MD	6MD	0,3	0	4MD	4MD	1	0	16
LA HPMA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	6D	6D	100	15	6D	6D	100	20	50
L0 MgO·TiO <sub>2</sub>	8M	8MD	0,3	1	6MD	8D	1	1	100
LA MgO·TiO <sub>2</sub>	6D	6D	1	0	4D	4D	3	0	16
LA HPMA MgO·TiO <sub>2</sub>	–*	–*	0,01	0	–*	–*	0,3	0	10
L0 (-)	8F	8F	0,1	1	8F	8F	0,3	1	33
LA (-)	8M	8MD	0,01	0	6M	8D	0,01	0	0,1
LA HPMA (-)	8D	6D	0,01	0	6D	6D	0,01	0	33

–\* Definuje nátěrový film, u kterého nedošlo ke vzniku puchýřů v ploše a korozi v řezu nátěrového filmu

#### 4.4.2.8. Vyhodnocení odolnosti nátěrového filmu s antikorozními pigmenty vůči atmosféře neutrální solné mlhy

Odolnost nátěrového filmu s antikorozními pigmenty vůči atmosféře neutrální solné mlhy byla zjištěna dle kapitoly 3.7.4.7. U nátěrových filmů s antikorozními pigmenty a vrchním nátěrovým filmem bylo vyhodnocení provedeno po expozici 120 a 240 hodin. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 110–112.



**Tabulka 109 Výsledné hodnoty odolnosti v atmosféře solného elektrolytu nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem  $Fe_2O_3$  při  $Q = 35\%$ ,  $DFT = 90 \pm 10 \mu m$**

Použitá pojiva	Expozice v atmosféře s obsahem solného elektrolytu				
	120 hodin		240 hodin		
	Puchýře v ploše [st]	Koroze v ploše [%]	Puchýře v ploše [st]	Koroze v ploše [%]	Koroze v podkladu [%]
L0 $Pb_3O_4$	—*	0,3	—*	1	0,03
LA $Pb_3O_4$	—*	0,01	—*	0,01	0,03
LA HPMA $Pb_3O_4$	6D	0,1	4D	16	16
L0 $CaSiO_3$	—*	1	—*	3	16
LA $CaSiO_3$	—*	3	—*	10	10
LA HPMA $CaSiO_3$	4D	1	4D	1	3
L0 $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$	6M	10	6MD	33	33
LA $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$	—*	0,01	—*	0,01	16
LA HPMA $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$	6M	0,3	6M	10	50
L0 $MgFe_2O_4$	8D	0,01	6D	0,3	50
LA $MgFe_2O_4$	6F	3	6MD	33	50
LA HPMA $MgFe_2O_4$	—*	0,1	—*	0,3	33
L0 $MgO \cdot TiO_2$	—*	1	6M	10	100
LA $MgO \cdot TiO_2$	—*	33	—*	33	100
LA HPMA $MgO \cdot TiO_2$	—*	0,1	—*	1	3
L0 (-)	—*	0,1	—*	3	100
LA (-)	—*	0,1	8F	10	50
LA HPMA (-)	6M	3	4D	16	0,3

—\* Definuje nátěrový film, u kterého nedošlo ke vzniku puchýřů a koroze v ploše nátěrového filmu

**Tabulka 110 Výsledné hodnoty odolnosti v atmosféře solného elektrolytu nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem  $Fe_2O_3$  při  $Q = 35\%$ ,  $DFT = 90 \pm 10 \mu m$**

Použitá pojiva	Expozice v atmosféře s obsahem solného elektrolytu									
	120 hodin					240 hodin				
	Plocha [st.]	Řez [st.]	Povlak [%]	Řez [mm]	Plocha [st.]	Řez [st.]	Povlak [%]	Řez [mm]	Podklad [%]	
L0 $Pb_3O_4$	—*	8M	0,3	5	—*	6MD	1	8	1	
LA $Pb_3O_4$	—*	8M	0,01	10	—*	6M	0,01	31	10	
LA HPMA $Pb_3O_4$	6D	6M	0,1	3	6D	6MD	16	5	10	
L0 $CaSiO_3$	8M	8D	1	17	8MD	6MD	3	24	100	
LA $CaSiO_3$	—*	—*	3	8	—*	4M	10	6	16	
LA HPMA $CaSiO_3$	8D	8D	1	2	8D	8D	1	2	1	
L0 $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$	4F	6F	10	4	4M	6MD	33	7	10	
LA $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$	—*	—*	0,01	1	—*	—*	0,01	1	50	

Použitá pojiva	Puchýře		Koroze		Puchýře		Koroze		
	Plocha [st.]	Řez [st.]	Povlak [%]	Řez [mm]	Plocha [st.]	Řez [st.]	Povlak [%]	Řez [mm]	Podklad [%]
LA HPMA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	6M	6M	0,3	1	6D	6D	10	33	50
L0 MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	8D	6MD	0,01	1	6D	6MD	0,3	1	100
LA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	—*	6M	3	2	6M	6MD	33	1	50
LA HPMA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	—*	8F	0,1	1	4M	8MD	3	1	0,1
L0 MgO·TiO <sub>2</sub>	6F	6F	1	0,5	6D	6MD	10	10	100
LA MgO·TiO <sub>2</sub>	—*	6M	10	1	—*	6MD	33	1	100
LA HPMA MgO·TiO <sub>2</sub>	—*	—*	0,1	3	—*	—*	1	5	3
L0 (-)	8M	8F	0,1	4	8D	6F	3	10	100
LA (-)	—*	8M	0,1	2	8F	6M	3	8	33
LA HPMA (-)	6MD	6M	3	2	4D	6F	16	4	16

—\* Definuje nátěrový film, u kterého nedošlo ke vzniku puchýřů v ploše nátěrového filmu a korozi v řezu

**Tabulka 111 Výsledné hodnoty odolnosti v atmosféře solného elektrolytu nátěrového filmu s vrchním nátěrem a antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %, DFT = 115 ± 10 μm**

Použitá pojiva	Expozice v atmosféře s obsahem solného elektrolytu s vrchním nátěrem				
	120 hodin				
	Puchýře v ploše [st]	Puchýře v řezu [st]	Koroze v ploše [%]	Koroze v řezu [mm]	Koroze podkladu [%]
L0 Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	—*	4MD	16	3	50
LA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	—*	6MD	0,3	2	0,03
LA HPMA Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	2F	—*	0,03	3	10
L0 CaSiO <sub>3</sub>	—*	4M	0,3	6	33
LA CaSiO <sub>3</sub>	6F	8D	10	10	33
LA HPMA CaSiO <sub>3</sub>	2F	8D	0,03	12	100
L0 Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	—*	8MD	0,03	6	16
LA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	6D	6M	3	4	50
LA HPMA Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .xH <sub>2</sub> O	6M	4F	0,03	3	33
L0 MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	—*	—*	0,03	3	33
LA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	6M	8F	10	3	0,1
LA HPMA MgFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	8F	—*	0,01	5	50
L0 MgO·TiO <sub>2</sub>	6D	8F	3	5	16
LA MgO·TiO <sub>2</sub>	4M	8F	10	6	
LA HPMA MgO·TiO <sub>2</sub>	6M	8MD	3	9	100
L0 (-)	4M	2F	0,3	6	100
LA (-)	—*	8MD	0,1	8	50
LA HPMA (-)	6M	8F	0,3	4	50

—\* Definuje nátěrový film, u kterého nedošlo ke vzniku puchýřů v ploše a řezu nátěrového filmu

4.4.2.9. Vyhodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu v cyklické povětrnostní zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci s korozní zkouškou v atmosféře solného elektrolytu nátěrového filmu s antikorozními pigmenty a změny barevnosti nátěrového filmu po expozici UV záření

Odolnost nátěrového filmu s antikorozními pigmenty vůči UV záření v kombinaci s  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  byla provedena dle kapitoly 3.7.4.11. Nátěrový film byl ponechán k vyschnutí po dobu 10 dní a vyhodnocení nátěrového filmu s antikorozními pigmenty bylo provedeno po expozici 240 hodin v QUV komoře a dalších 480 hodin v atmosféře  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 113 a 114.

**Tabulka 112 Výsledné hodnoty odolnosti nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  při  $Q = 35\%$  povětrnostní zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci s korozní zkouškou v atmosféře solného elektrolytu,  $DFT = 90 \pm 10 \mu\text{m}$**

Použitá pojiva	Expozice UV záření v kombinaci se solným elektrolytem								
	240 hodin				480 hodin				
	Puchýře Plocha [st.]	Řez [st.]	Koroze Povlak [%]	Řez [mm]	Puchýře Plocha [st.]	Řez [st.]	Koroze Povlak [%]	Řez [mm]	Podklad [%]
L0 $\text{Pb}_3\text{O}_4$	–*	–*	0,01	0	8F	2F	0,01	1	0,3
LA $\text{Pb}_3\text{O}_4$	–*	–*	0,01	1	–*	2MD	0,01	4	0,01
LA HPMA $\text{Pb}_3\text{O}_4$	–*	–*	0,01	0	2MD	8MD	0,1	0	10
L0 $\text{CaSiO}_3$	–*	–*	0,01	1	8F	2M	0,01	3	0,1
LA $\text{CaSiO}_3$	–*	–*	0,01	0	–*	8F	0,01	1	3
LA HPMA $\text{CaSiO}_3$	–*	–*	0,01	2	–*	2F	0,03	3	33
L0 $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	–*	–*	0,01	3	6MD	8F	0,01	10	0,3
LA $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	–*	–*	0,01	1	6F	8MD	0,01	4	33
LA HPMA $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$	–*	–*	0,01	2	8D	4M	0,1	7	0,1
L0 $\text{MgFe}_2\text{O}_4$	–*	–*	0,01	6	–*	8M	0,01	16	0,1
LA $\text{MgFe}_2\text{O}_4$	–*	–*	0,01	1	–*	8F	0,01	3	0,01
LA HPMA $\text{MgFe}_2\text{O}_4$	–*	–*	0,01	2	6F	6F	0,1	4	0,03
L0 $\text{MgO} \cdot \text{TiO}_2$	–*	–*	0,01	8	4MD	4M	0,3	15	0,1
LA $\text{MgO} \cdot \text{TiO}_2$	–*	–*	0,01	5	6M	8MD	0,1	11	0,01
LA HPMA $\text{MgO} \cdot \text{TiO}_2$	–*	–*	0,01	0	8F	–*	33	2	0,3
L0 (-)	–*	–*	0,01	2	8M	6F	0,01	7	16
LA (-)	–*	–*	0,01	1	8F	4F	0,01	5	3
LA HPMA (-)	–*	–*	0,01	4	8F	4F	1	11	33

–\* Definuje nátěrový film, u kterého nedošlo ke vzniku puchýřů v ploše a řezu nátěrového filmu

Změna barevnosti nátěrového filmu byla sledována po vystavení nátěrových filmů s antikorozními pigmenty UV záření po dobu 120 a 240 hodin. Barevnost byla měřena na spektrofotometru a metoda je popsána v kapitole 3.7.4.2.

**Tabulka 113 Změna nátěrového filmu filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem  $Fe_2O_3$  při  $Q = 35 \%$  v cyklické zkušce s expozicí UV záření v kombinaci se solným elektrolytem,  $DFT = 50 \pm 10 \mu m$**

Použitá pojiva	Čas expozice [hodiny]	Změna barevnosti			
		L*	a*	b*	dE*
L0 $Pb_3O_4$	120	31,11	28,65	18,15	2,18
	240	33,03	27,02	16,4	3,07
LA $Pb_3O_4$	120	35,18	27,74	18,13	0,62
	240	35,77	26,74	17,16	1,52
LA HPMA $Pb_3O_4$	120	29,99	26,28	16,09	1,23
	240	31,18	25,22	14,6	2,18
L0 $CaSiO_3$	120	32,02	25,21	13,96	0,45
	240	32,8	24,53	13,71	1,07
LA $CaSiO_3$	120	31,1	26,23	14,59	1,27
	240	33,16	24,56	13,29	2,95
LA HPMA $CaSiO_3$	120	29,14	24,72	13,81	2,06
	240	31,94	23,38	12,08	3,56
L0 $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$	120	31,34	26,51	14,99	1,13
	240	30,35	27,97	16,74	2,49
LA $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$	120	33,37	24,84	13,58	0,19
	240	33,98	24,08	13,34	1
LA HPMA $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$	120	26,62	22,07	11,41	0,35
	240	31,24	22,48	11,67	0,47
L0 $MgFe_2O_4$	120	32,91	23,9	14,4	0,82
	240	33,86	23,35	14,06	1,15
LA $MgFe_2O_4$	120	32,64	19,95	12,71	0,52
	240	32,82	19,69	12,2	0,61
LA HPMA $MgFe_2O_4$	120	34,24	24,57	16,45	0,31
	240	34,43	24,37	16,14	0,42
L0 $MgO \cdot TiO_2$	120	40,59	23,09	11,13	1,13
	240	38,2	23,86	11,11	1,07
LA $MgO \cdot TiO_2$	120	40,2	23,51	11,07	0,55
	240	40,59	23,09	11,13	0,58
LA HPMA $MgO \cdot TiO_2$	120	37,59	20,04	8,95	0,16
	240	37,71	19,93	8,92	0,17
L0 (-)	120	29,7	26,74	15,18	1,02
	240	30,84	26,12	14,8	1,36
LA (-)	120	32,69	25,83	14,47	0,92
	240	33,5	25,05	13,85	1,28
LA HPMA (-)	120	29,2	20,73	10,55	0,62
	240	29,86	20,49	10,18	0,8

## 5 DISKUZE VÝSLEDKŮ

### 5.1. Hodnocení vodou ředitelných nátěrových hmot

Připravené latexy se samosíťovacími mechanismy na bázi NMA s 1,5 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (LA NMA), HPMA s 1,5 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (LA HPMA), 2-(acetoacetoxy)ethyl methakrylátu s 1,5 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (LA AAEM) a latex s keto-hydrazidovým síťováním s 1,5 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (LA DAAM) byly charakterizovány a výsledné hodnoty byly porovnány s latexy o stejném složení s 0 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  a s latexem bez síťovacího mechanismu s 0 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (L0) a latexem bez síťovacího mechanismu s 1,5 % hmotn.  $n\text{La}_2\text{O}_3$  (LA).

#### 5.1.1. Charakterizace vodou ředitelných akrylátových latexů

##### 5.1.1.1. Základní vlastnosti latexů

U všech syntetizovaných latexů, které byly využity k formulaci NH, bylo stanoveno množství koagulátu, obsah sušiny, pH, zdánlivá viskozita a MFFT (viz tabulka 36) metodami popsány v kapitolách 3.7.1.1–3.7.1.5. Výsledný obsah sušiny latexů byl srovnatelný a pohyboval se v rozmezí hodnot 36,81 – 42,32 %. Nižší obsah sušiny vykazoval jediný latex L0 a to 27,71 %. Hodnoty pH a zdánlivé viskozity se u jednotlivých latexů dosti lišily. L0 měl před alkalizací 10% vodný roztokem amoniaku pH 2,88, pojivo L0 NMA pH 2,31 a L0 DAAM pH 1,4, což bylo z důvodu reakce iniciátoru s vodou poskytující kyselinu sírovou a také díky přítomnosti sulfátových a karboxylových skupin na povrchu latexových částic. Tyto funkční skupiny byly na povrchu latexových částic díky adsorbovaným molekulám emulgátoru a reakci iniciátoru s monomerními jednotkami. Na závěr syntézy pojiva byl latex alkalizován na pH 8,4 – 8,5. Pojiva L0 HPMA a LA HPMA vykazovala vyšší hodnoty pH 8,9 a 10,55 a z toho důvodu nebyly tyto latexy ve finální fázi syntézy alkalizovány. Vyšší hodnota pH je pravděpodobně způsobena přítomností  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , jelikož druhou nejvyšší hodnotu pH vykazovaly latexy L0 AAEM a LA AAEM, které také obsahovaly  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . U pojiv se začleněnými nanočásticemi by vyšší hodnota pH mohla vycházet z bazického charakteru  $n\text{La}_2\text{O}_3$ , které jsou rozpustné v kyselém prostředí za vzniku iontů  $\text{La}^{3+}$  a  $\text{OH}^-$ . U pojiva LA byl pozorován nárůst zdánlivé viskozity po alkalizaci pojiva, pravděpodobně z důvodu tzv. alkali-swelling efektu. Hodnoty MFFT se pohybovaly v rozmezí 3,70 – 9,06 což poukazuje na schopnost pojiv vytvářet nátěrový film při pokojové teplotě. Jediná dvě pojiva L0 AAEM a LA AAEM dosahovala vyšší hodnoty MFFT a to 25,95 a 26,55, pravděpodobně z důvodu předčasně probíhajícího síťování již ve fázi skladování latexu, které vedlo k intra-částicovému zesílení a omezení schopnosti deformace latexových částic. [66].

## **Závěry z výsledků základních vlastností latexů**

- Výsledný obsah sušiny latexů byl srovnatelný a pohyboval se v rozmezí hodnot 36,81 – 42,32 %.
- Pojiva L0 HPMA a LA HPMA vykazovala vyšší hodnoty pH 8,9 a 10,55 a z toho důvodu nebyly tyto latexy ve finální fázi syntézy alkalizovány.
- U pojiv se začleněnými nanočásticemi by vyšší hodnota pH mohla vycházet z bazického charakteru  $n\text{La}_2\text{O}_3$ , které jsou omezeně rozpustné v kyselém prostředí za vzniku iontů  $\text{La}^{3+}$  a  $\text{OH}^-$ .

### *5.1.1.2. Velikost částic a Zeta potenciálu*

U syntetizovaných pojiv byla stanovena velikost částic a Zeta potenciál (viz tabulka 37) metodou popsanou v kapitole 3.7.1.6. Velikost latexových částic se pohybovala v rozmezí  $94,88 \pm 1,06 - 187,92 \pm 3,81$  nm, což jsou typické rozměry polymerních částic připravených klasickou emulzní polymerací. Nanočástice  $\text{La}_2\text{O}_3$  byly do pojiv vnášeny ve formě aglomerátů, jejichž velikost byla v řádech mikrometrů, a dle výsledných nízkých hodnot indexů polydisperzity lze usuzovat, že v průběhu syntézy latexů došlo rozrušení aglomerátů až na primární částice  $\text{La}_2\text{O}_3$ . Nejvyšší velikost částic vykazovalo pojivo L0 AAEM, naopak nejnižší velikost mělo pojivo L0. Zeta potenciál vykazoval vždy nižší (absolutní) hodnoty v případě pojiv se začleněnými  $n\text{La}_2\text{O}_3$  a hodnoty se pohybovaly v rozmezí  $-26,6 - -44,4$  mV.

## **Závěry z výsledků velikosti částic a Zeta potenciálu**

- Velikost latexových částic se pohybovala v rozmezí 94,88 – 187,92 nm.
- Nejvyšší velikost částic vykazovalo pojivo L0 AAEM, naopak nejnižší velikost mělo pojivo L0.
- Zeta potenciál vykazoval vždy nižší absolutní hodnoty v případě pojiv se začleněnými  $n\text{La}_2\text{O}_3$  a hodnoty se pohybovaly v rozmezí  $-26,6 - -44,4$  mV.

### *5.1.1.3. Síťová hustota a látky extrahovatelné organickými rozpouštědly*

U syntetizovaných pojiv byla stanovena síťová hustota nátěrových filmů a látky extrahovatelné organickými rozpouštědly (viz tabulka 38) metodou popsanou v kapitole 3.7.1.7–3.7.1.8. Pojivo L0? poskytuje téměř nezesítěné nátěrové filmy, pak by bylo dobré zmínit se i o LA bez samosíťujícího kovalentního mechanismu a pak mluvit o těch samosíťujících. Hodnoty síťové hustoty polymerních filmů se pohybovaly v rozmezí  $0,48 - 22,27 \cdot 10^{-5}$  mol/cm<sup>-3</sup>. Nejnižší stupeň zesíťení vykazovalo pojivo LA HPMA a L0 HPMA,

naopak pojivo LA AAEM vykazovalo přibližně oproti těmto materiálům přibližně dvacetkrát vyšší hustotu zesítení. Vysoká hustota zesítení je pravděpodobně z části způsobena vznikem iontových vazeb.

#### **Závěry z výsledků síťové hustoty a látek extrahovatelných organickými rozpouštědly**

- Hodnoty síťové hustoty pojiv se pohybovaly v rozmezí  $0,48 \pm 0,32 - 22,27 \pm 2,91$  mV.
- Nejnižší hodnotu zesítení vykazovalo pojivo LA HPMA a L0 HPMA, naopak pojivo LA AAEM vykazovalo přibližně dvacetkrát vyšší hustotu zesítení.

#### *5.1.1.4. Skutečný obsah nanočástic začleněných do syntetizovaného latexu dle obsahu popela a ICP-OES*

U syntetizovaných pojiv byl stanoven reálný obsah  $n\text{La}_2\text{O}_3$  a obsah La (viz tabulka 39) metodami popsány v 3.7.1.9–3.7.1.10. Díky oběma metodám byl zjištěn skutečný obsah nanočástic v nátěrových filmech, který se pohyboval v rozmezí 0,91 – 1,23 % a byl nižší než teoretický (vyjádřený množstvím  $n\text{La}_2\text{O}_3$  předložených do reakční směsi – 1,5 %) z důvodu tvorby koagulátu v rozmezí 3,288 – 8,426 s vysokým obsahem  $n\text{La}_2\text{O}_3$ .

#### *5.1.1.5. pH a měrná elektrická vodivost vodného výluhu volného filmu a korozní úbytky*

U syntetizovaných pojiv byla stanovena hodnota pH a měrná elektrická vodivost vodného výluhu volného filmu (viz tabulka 40 – 41) dle metod popsány v kapitolách 3.7.1.12 – 3.7.1.13. Hodnoty pH výluhů volných filmů se u všech vzorků s rostoucím časem snižovaly a nacházely se v mírně kyselé oblasti v rozmezí hodnot 5,38 – 6,82. Nejvíce zásaditý charakter vykazovalo pojivo L0 AAEM s hodnotou pH 7,03 a kyselý charakter pojivo LA NMA s hodnotou pH 5,38. Hodnoty pH se nacházely v kyselé oblasti z důvodu extrahování vodorozpustných látek obsažených v pojivu, jako je emulgátor a reakční produkty pocházející z iniciátoru.

Měrná elektrická vodivost vodných výluhů volných filmů se u všech vzorků s rostoucím časem zvyšovala a pohybovala se v rozmezí hodnot 55,0 – 147  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Nejnižší hodnotu měrné elektrické vodivosti vykazoval film z pojiva LA, a naopak nejvyšší hodnotu L0 AAEM. Ve vodném výluhu volných filmů byla následně stanoveny korozní úbytky, které se pohybovaly v rozmezí hodnot 2,092 – 4,284  $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ . Nejnižší hodnota korozního úbytku se projevila ve vodném výluhu filmu z pojiva L0 HPMA, naopak nejvyšší hodnotu korozního úbytku vykazoval vodný výluh filmu z pojiva LA. Hodnoty měrné elektrické vodivosti se s časem zvyšovaly, z důvodu neustálého extrahování vodorozpustných látek obsažených v latexovém filmu.

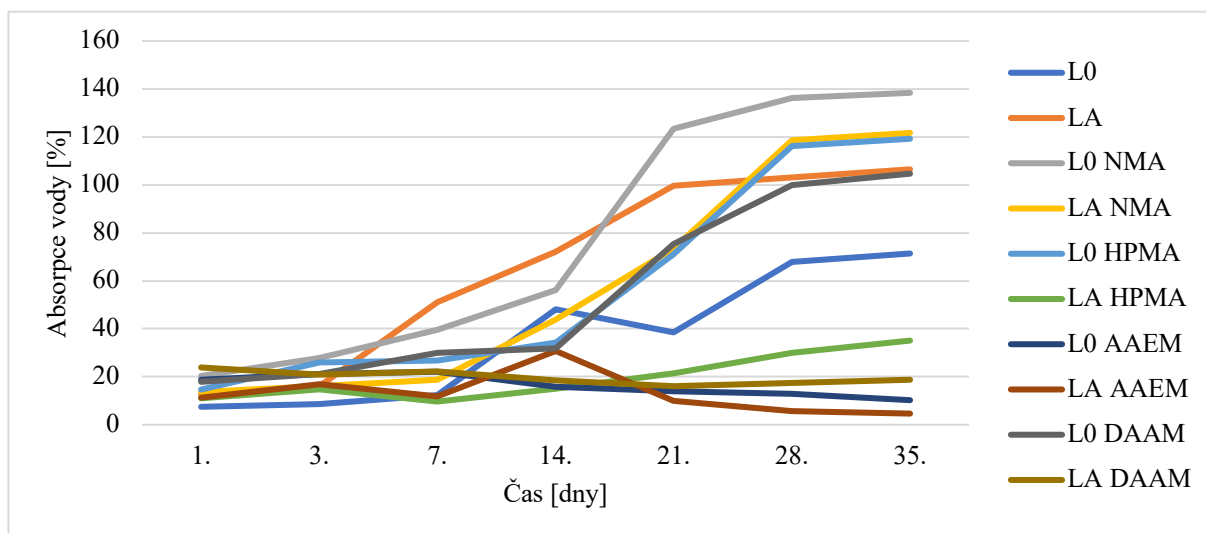
## Závěry z výsledků pH a měrné elektrické vodivosti vodného výluhu filmu a korozních úbytků

- Hodnoty pH výluhů volných filmů se u všech vzorků s rostoucím časem snižovaly a nacházely se v mírně kyselé oblasti v rozmezí hodnot 5,4 – 6,9.
- Nejvíce zásaditý charakter výluhu vykazoval L0 AAEM s hodnotou pH 7,03 a kyselý charakter LA NMA s hodnotou pH 5,4.
- Korozní úbytky se pohybovaly v rozmezí hodnot 2,092 – 4,284 g·m<sup>-2</sup>.
- Hodnoty měrné elektrické vodivosti se s časem zvyšovaly, z důvodu neustálého extrahování vodorozpustných látek obsažených v pojivu.

### 5.1.1.6. Množství absorbované vody nepigmentovaným volným filmem

U volných filmů syntetizovaných pojiv bylo sledováno množství absorbované vody (viz tabulka 42) dle metody popsané v kapitole 3.7.1.14. Nejvyšší množství vody absorbovaly filmy L0 NMA a LA NMA, které vykazovaly ve srovnání s ostatními filmy nízkou hodnotu síťové hustoty. Množství absorbované vody se u nátěrového filmu pohybovalo v rozmezí 138,417 – 4,653 % (viz obrázek 24). Nejnižší množství vody absorbovalo pojivo LA AAEM, které vykazovalo nejvyšší hodnotu síťové hustoty  $22,27 \times 10^{-5}$  mol/cm<sup>3</sup> a obsahovalo ve své struktuře nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Z obrázku 24 je viditelné, že pojivo LA AAEM zřetelně absorbovalo vodu do 14 dne, kdy absorpce pojiva klesala. Míra absorpce vody do latexových filmů závisí na několika faktorech, jako je kvalita koalescence, síťová hustota, chemická povaha polymerních řetězců (polarita), obsah vodo rozpustných látek, které jsou hnací silou transportu vody do nátěrového filmu. Absorpce vody je tedy komplexní jev, který závisí na kombinaci těchto faktorů a způsobuje odlišné chování jednotlivých nátěrových filmů. Vzhled nátěrových filmů po absorpci vody jsou znázorněny v příloze A.





**Obrázek 24** Hodnocení absorpce vody volného filmu u nepigmentovaných nátěrových filmů; pozn.: body měření byly propojeny spojnicí pro vizualizaci průběhu

### Závěry z výsledků množství absorbované vody volným filmem

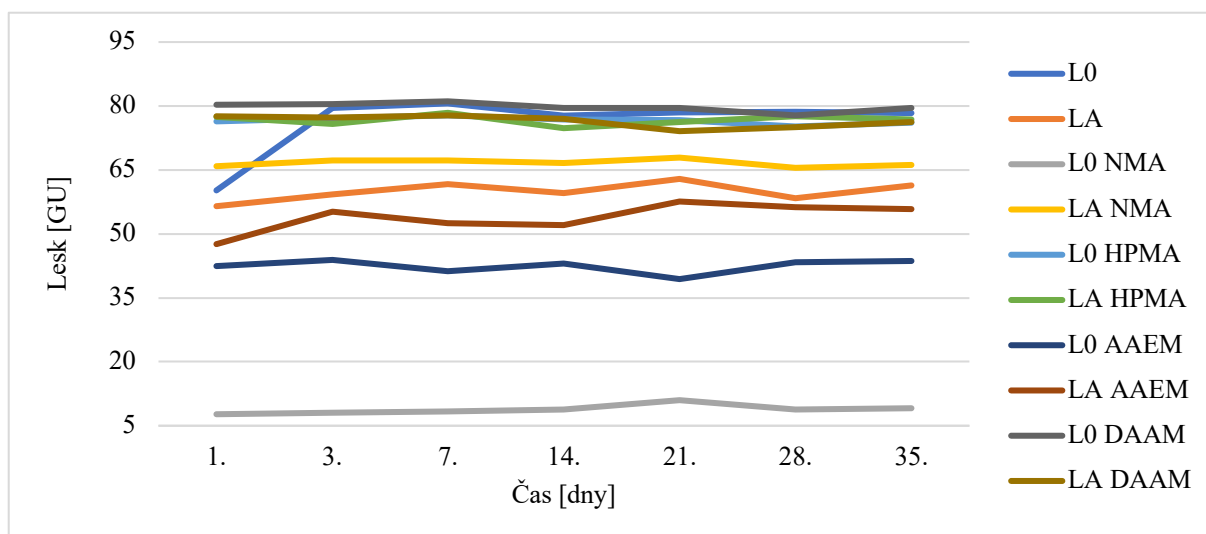
- Nejvyšší množství vody absorbovaly latexy L0 NMA a LA NMA, které vykazovaly nízkou hodnotu síťové hustoty.
- Nejnižší množství vody absorbovalo pojivo LA AAEM, které vykazovalo nejvyšší hodnotu síťové hustoty  $22,27 \times 10^{-5} \text{ mol/cm}^3$ .
- Vysoká hustota zesíťení souvisí se vznikem iontových vazeb, které spolu s kovalentními spoji mají schopnost fixovat polymerní řetězce a zabraňují absorbování vyššího podílu vody.

#### 5.1.2. Hodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů

##### 5.1.2.1. Vlastnosti nepigmentovaných nátěrových filmů

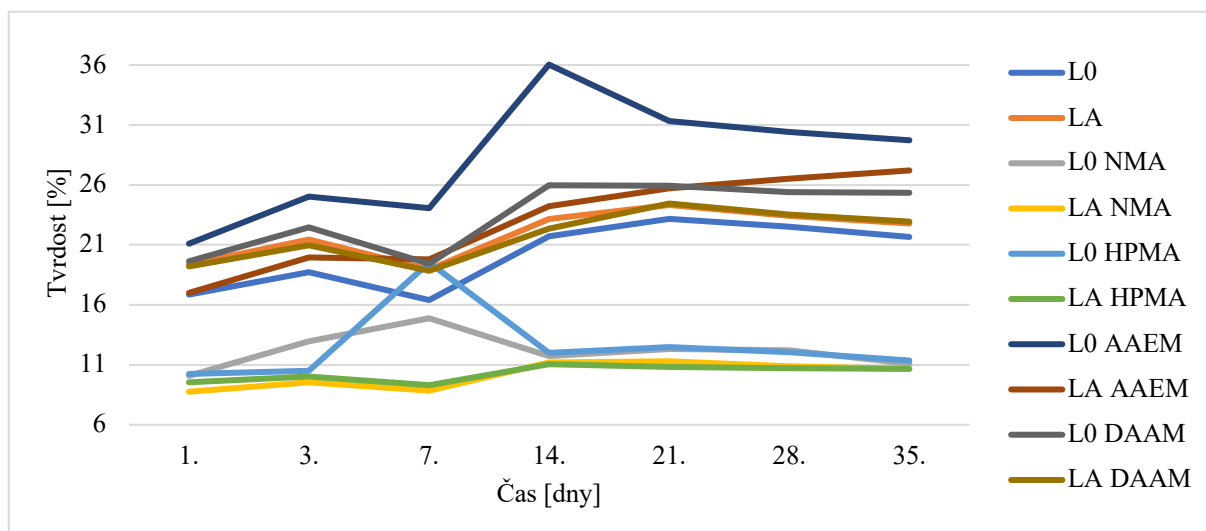
Vizuální vlastnosti a tvrdost byly hodnoceny u nepigmentového nátěrového filmu o tloušťce  $35 \pm 10 \mu\text{m}$  na skleněných panelech dle metod popsanych v kapitolách 3.7.3.1–3.7.3.5. Všechny nátěrové filmy vykazovaly velmi dobré vzhledové vlastnosti (viz tabulka 44). Syntetizovaná pojiva vytvářela nátěrový film bez částic, bublin, prasklin a slitým povrchem. U nátěrových filmů L0 NMA, LA NMA, LA HPMA, L0 AAEM a LA AAEM se projevil slabý zákal. Po dobu 35 dní byl u nepigmentovaných nátěrových filmů měřen lesk, tvrdost a odolnost proti vtisku (tabulky 46–48). Lesk nátěrového filmu byl hodnocen při úhlech  $20^\circ$ ,  $60^\circ$  a  $85^\circ$  a naměřené hodnoty se v průměru pohybovaly při geometrii  $60^\circ$  nad hodnotou 70 GU. Z tohoto důvodu byl brán zřetel na hodnoty získané při geometrii  $20^\circ$ , při které docházelo k největší

změně GU. Z obrázku 25 je viditelné, že lesk nepigmentovaných nátěrových filmů byl konstantní. Nejvyšší hodnotu lesku vykazoval nátěrový film L0 DAAM, zatímco matný nátěrový film byl L0 NMA.



**Obrázek 25** Hodnocení lesku nepigmentovaných nátěrových filmů; pozn.: body měření byly propojeny spojnicí pro vizualizaci průběhu

Tvrdoost nepigmentovaných nátěrových filmů byla měřena v čase po dobu 35 dní a dle obrázku 26 došlo v průběhu prvního a třetího dne k nárůstu relativní tvrdosti, z důvodu vysychání nátěrového filmu a procesu koalescence. Následně se tvrdost zvyšovala, což je nejvíce patrné u nátěrového filmu L0 AAEM a L0 HPMA v průběhu sedmého a čtrnáctého dne. Při porovnání nátěrových filmů se začleněnými  $n\text{La}_2\text{O}_3$  s nátěrovými filmy bez  $n\text{La}_2\text{O}_3$  nebyl shledán vliv  $n\text{La}_2\text{O}_3$  na výslednou tvrdost nátěrového filmu, jelikož nátěrové filmy neobsahující nanočástice vykazovaly vyšší tvrdost. Snížená tvrdost nátěrového filmu s  $n\text{La}_2\text{O}_3$  byla pravděpodobně způsobena hydroplastifikací emulzních kopolymerů díky vzniku  $\text{La}(\text{OH})_3$  iontům. Hydroplastifikace je dána neutralizací karboxylových skupin způsobenou  $\text{OH}^-$  ionty, které vznikly z reakce na povrchu  $n\text{La}_2\text{O}_3$  s vodou.



**Obrázek 26** Hodnocení tvrdosti nepigmentovaných nátěrových filmů; pozn: body měření byly propojeny spojnicí pro vizualizaci průběhu

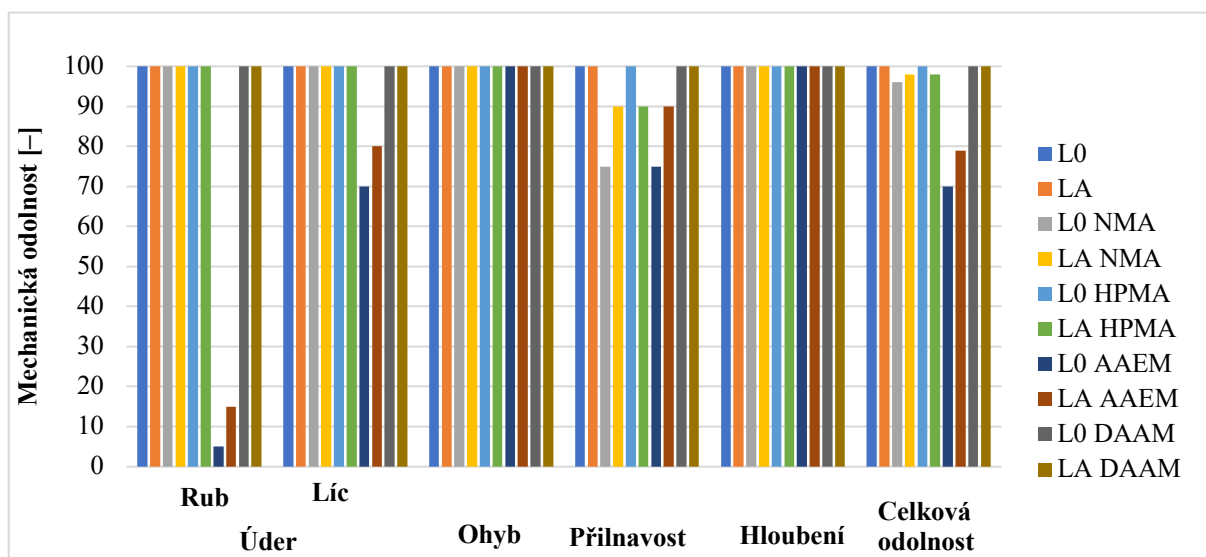
Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu proti vtisku se s časem zvyšovala a jednotlivé vtisky vykazovaly menší rozměry (viz tabulka 48). U měření tvrdosti dle Buchholze se projevila vyšší tvrdost u pojiva L0 DAAM (25,35 %), která koreluje s výsledky tvrdosti měřené dle Persoze. Sníženou tvrdost vykazovalo pojivo L0 HPMA (11,34 %), což může být způsobeno hydroplastifikací obdobně u tvrdosti dle Persoze.

### Závěry z výsledků vlastností nepigmentovaných nátěrových filmů

- Syntetizovaná pojiva vytvářela nátěrový film bez částic, bublin, prasklin a slitým povrchem. U nátěrových filmů L0 NMA, LA NMA, LA HPMA, L0 AAEM a LA AAEM se projevila slabý zákal.
- Lesk nepigmentovaných nátěrových filmů byl konstantní a nejvyšší hodnotu lesku vykazoval nátěrový film L0 DAAM (79,5 GU), zatímco matný nátěrový film byl L0 NMA (66,2 GU).
- Při porovnání nátěrových filmů se začleněnými  $n\text{La}_2\text{O}_3$  s nátěrovými filmy bez  $n\text{La}_2\text{O}_3$  nebyl shledán vliv  $n\text{La}_2\text{O}_3$  na výslednou tvrdost nátěrového filmu.
- Nižší tvrdost nátěrového filmu s  $n\text{La}_2\text{O}_3$  byla pravděpodobně způsobena hydroplastifikací emulzních kopolymerů díky neutralizaci karboxylových skupin vlivem přítomného  $\text{La}(\text{OH})_3$ , který vznikl reakcí  $n\text{La}_2\text{O}_3$  s vodou.

### 5.1.2.2. Hodnocení mechanické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů

Mechanická odolnost byla hodnocena u nepigmentovaných nátěrových filmů s tloušťkou  $40 \pm 10 \mu\text{m}$  na ocelových panelech dle metod popsanych v kapitolách 3.7.3.6–3.7.3.10. Hodnocené nátěrové filmy vykazovaly dobré mechanické vlastnosti (viz tabulka 49), ale u pojiv L0 AAEM a LA AAEM byla v porovnání s ostatními mechanická odolnost nižší (viz obrázek 27). Nátěrové filmy se začleněnými  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  vykazovaly převážně vyšší mechanickou odolnost než nátěrové filmy bez obsahu nanostrukturního  $\text{La}_2\text{O}_3$ . 100% mechanickou odolnost vykazovaly nátěrové filmy LA DAAM a LA, což je pravděpodobně způsobeno vznikem iontových vazeb mezi kationty  $\text{La}^{3+}$  a  $(-\text{COOH})$  skupinami na polymerních řetězcích. Oproti tomu nátěry L0 NMA (96), LA NMA (98), L0 AAEM (70) a LA AAEM (79) vykazovaly nižší přilnavost a odolnost vůči úderu na rub i líc, takže se jejich mechanická odolnost pohybovala v rozmezí hodnot 70 – 98 %.



Obrázek 27 Hodnocení mechanické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů

### Závěry z výsledků mechanické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů

- U nátěrových filmů L0 AAEM (70) a LA AAEM (79) byla v porovnání s ostatními celková mechanická odolnost nižší.
- Nátěrové filmy se začleněnými  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  vykazovaly převážně vyšší mechanickou odolnost než nátěrové filmy bez obsahu nanostrukturního  $\text{La}_2\text{O}_3$ .
- 100% mechanickou odolnost vykazovaly nátěrové filmy LA DAAM a LA, která je pravděpodobně způsobena vznikem iontových vazeb mezi kationty  $\text{La}^{3+}$  a  $(-\text{COOH})$  skupinami na polymerních řetězcích.

### 5.1.2.3. Hodnocení odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů vůči odtrhu

Odolnost vůči odtrhu byla hodnocena u nepigmentovaného nátěrového filmu s tloušťkou  $40 \pm 10 \mu\text{m}$  na ocelových panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.3.11. Hodnocené nátěrové filmy vykazovaly nízkou odolnost vůči odtrhovému testu (viz tabulka 50) a odtrhová síla se pohybovala v rozmezí 0,152 – 0,639 N. Nejvyšší odolnost vůči odtrhu vykazovaly nátěry LA DAAM (0,639 N), jejichž mechanická odolnost byla 100%. Oproti tomu nejnižší odolnost vůči odtrhu vykazovaly nátěrové filmy L0 AAEM, které vykazovaly i jednu z nejnižších mechanických odolností (viz obrázek 27).

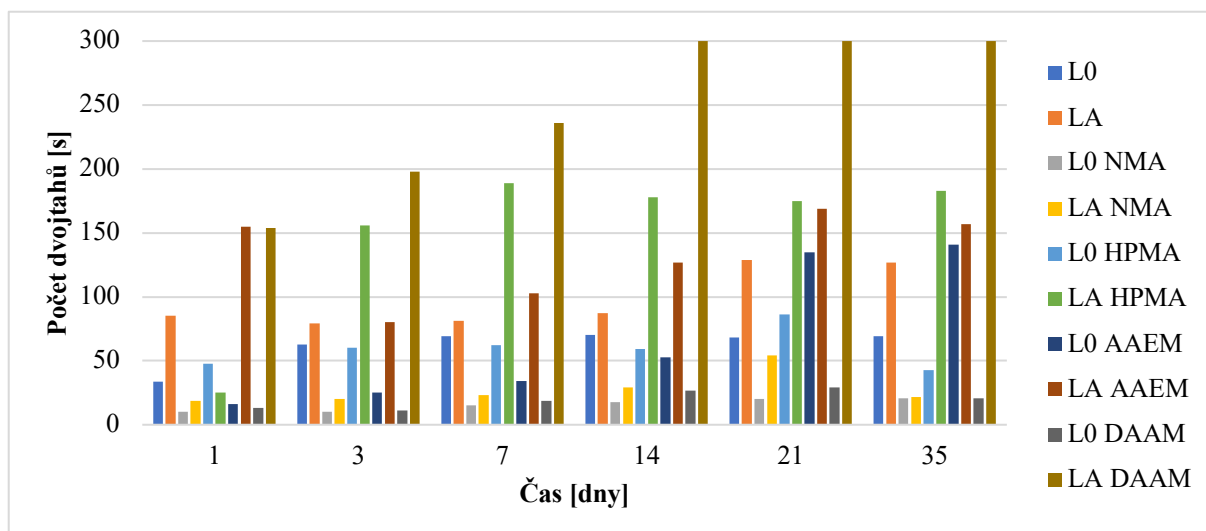
#### **Závěry z výsledků odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů vůči odtrhu**

- Hodnocené nátěrové filmy vykazovaly nízkou odolnost vůči odtrhovému testu a odtrhová síla se pohybovala v rozmezí 0,152 – 0,639 N.
- Nejvyšší odolnost vůči odtrhu vykazoval nátěrový film LA DAAM, jehož mechanická odolnost byla 100%.

### 5.1.3. Hodnocení chemické a korozní odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů

#### 5.1.3.1. Hodnocení odolnosti vůči methylethylketonu

Odolnost vůči MEK byla hodnocena u nepigmentovaného nátěrového filmu s tloušťkou  $35 \pm 10 \mu\text{m}$  na skleněných panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.1. po dobu 35 dní. Z tabulky 51 a obrázku 28 je zřejmá nízká odolnost u nátěrových filmů L0 NMA (20 s), LA NMA (29 s) a L0 DAAM (28 s), pravděpodobně z důvodu nízké síťové hustoty. Naopak vysokou odolnost vůči MEK vykazoval nátěrový film LA DAAM (>300 s), jehož odolnost vzrostla v rozmezí sedmého a čtrnáctého dne. Vysoká odolnost nátěrového filmu vůči MEK je pravděpodobně způsobena zvýšenou síťovou hustotou a zároveň chemickou povahou latexového polymeru, které v kombinaci zajišťují výbornou odolnost vůči MEK.



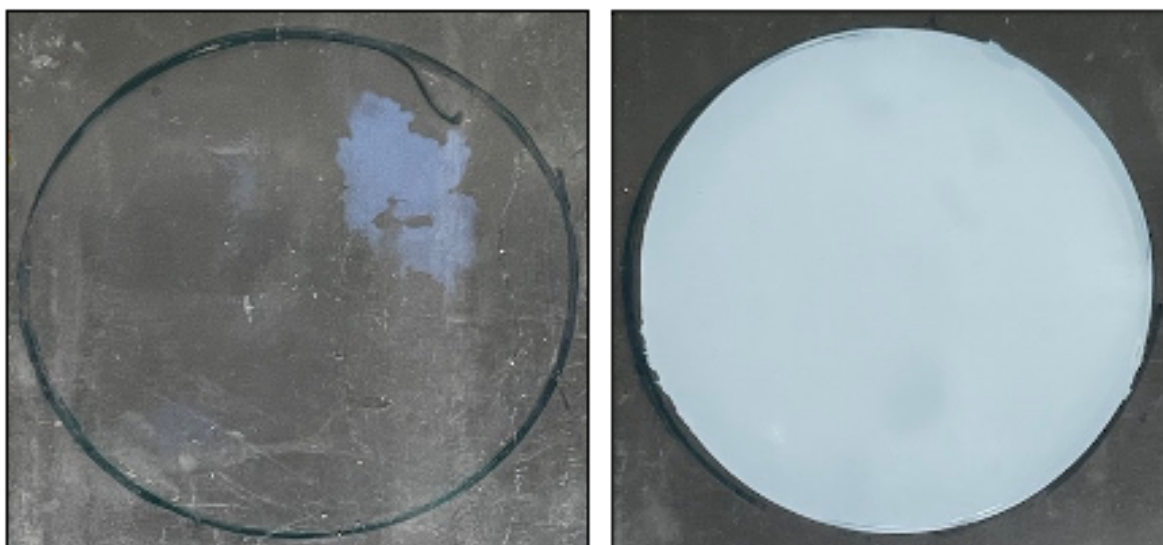
**Obrázek 28** Hodnocení odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů vůči MEK

### Závěry z výsledků odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů vůči MEK

- Je zřejmá nízká odolnost u pojiv L0 NMA (20 s), LA NMA (29 s) a L0 DAAM (28 s), pravděpodobně z důvodu nízké síťové hustoty.
- Vysokou odolnost vůči MEK vykazoval nátěrový film LA DAAM (>300), jehož odolnost je pravděpodobně způsobena zvýšenou síťovou hustotou a zároveň chemickou povahou latexového polymeru.

#### 5.1.3.2. Hodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči zblednutí

Odolnost vůči zblednutí byla hodnocena u nepigmentovaného nátěrového filmu s tloušťkou  $35 \pm 10 \mu\text{m}$  na skleněných panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.2. Z tabulky 52 je zřejmé, že odolnost vůči zblednutí se snižovala s rostoucím časem. Nejvyšší hodnotu zblednutí, a tedy nejnižší odolnost po 48 hodinách vykazovalo pojivo LA NMA (61,41 %). Oproti tomu pojivo LA AAEM (11,12 %) vykazovalo nejvyšší odolnost vůči zblednutí, což koreluje i s výsledky síťové hustoty z kapitoly 4.1.1.3. Vysoká odolnost vůči zblednutí vodou je pravděpodobně způsobena vysokou síťovou hustotou, k níž přispívá i přítomnost  $n\text{La}_2\text{O}_3$ . Na obrázku 29 je viditelný rozdíl v míře zblednutí nepigmentovaného nátěrového filmu pojiva LA AAEM a LA NMA. Zblednutí nátěrových filmů po 48 hodinách je znázorněno v příloze A.



**Obrázek 29** *Projevy zblednutí nepigmentovaného nátěrového filmu po 48 hodinách; vlevo: LA AAEM, vpravo: LA NMA*

### **Závěry z výsledků odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů vůči zblednutí**

- Nejnižší odolnost vůči zblednutí vykazovaly nátěrové filmy z pojiva LA NMA (61,41 %).
- LA AAEM (11,12 %) pojivo poskytovalo nátěrové filmy s nejvyšší odolností vůči zblednutí, což koreluje i s nejvyšší hodnotou síťové hustoty.

#### *5.1.3.3. Hodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí*

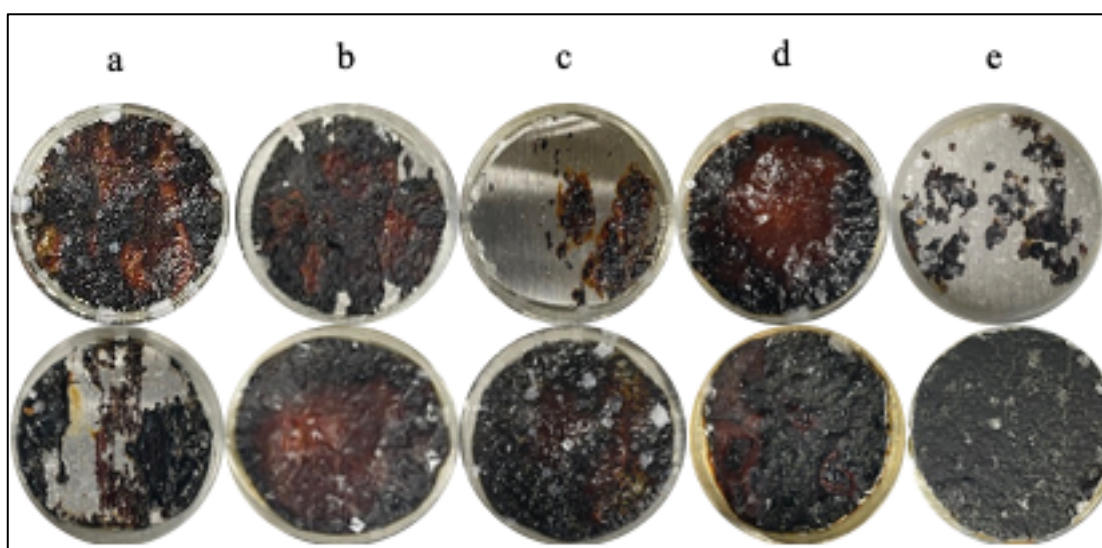
Odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí byla hodnocena u nátěru s tloušťkou  $90 \pm 10 \mu\text{m}$  na ocelových panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.3. Odolnost byla vyhodnocena po 720 hodinách (viz tabulka 53), kdy na nátěrový film působily roztoky pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10 a 12.

Po 7 a 14 dnech testování nebyly u nátěrových filmů viditelné změny. Po 21 dnech testování se projevil změny u nátěrového filmu LA při pH 4 a LA AAEM při pH 8 (viz obrázek 30). Ostatní nátěrové filmy nevykazovaly vznik puchýřů či jiné poškození nátěru ani po 30 dnech. Po 30 dnech testování došlo u všech nátěrových filmů ke vzniku ojedinělých puchýřů, a to v oblasti pH v rozmezí 6 – 8. Po odstranění nátěrového filmu z ocelového panelu byla hodnocena koroze podkladu, která byla u většiny pojiv při pH 2 – 4 v rozmezí hodnot 33 – 50 % prokorodování (viz obrázek 31). Pojivo L0 HPMa a L0 DAAM vykazovalo při pH 2 – 4 vyšší odolnost vůči prokorodování než ostatní pojiva. Začleněné  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  nevykazovaly vliv na zvýšení odolnosti nátěrových filmů v kyselé oblasti pH korozního prostředí, pravděpodobně z důvodu vyšší rozpustnosti  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  v kyselé oblasti. Naopak v zásadité oblasti lze konstatovat,

že  $n\text{La}_2\text{O}_3$  plní funkci inhibitoru koroze na základě jejich bazického charakteru, kdy dochází ke zvýšení pH oblasti blízké ocelovému podkladu a elektrochemická reakce je zde potlačena. Také je možné, že disociované  $\text{La}^{3+}$  interagují spolu s vrstvou směsných hydroxidů, brzdí průběh katodové reakce a dochází ke vzniku pasivní vrstvy na povrchu ocelového panelu. U nátěrových filmů obsahujících  $n\text{La}_2\text{O}_3$ , u kterých byla pozorována snížená antikorozní ochranná účinnost, lze usuzovat, že nanočástice se nacházely ve formě síranů, které byly příčinou korozní reakce. U všech nátěrových filmů bylo prokázáno vysokou antikorozní ochranu v prostředí o pH v rozmezí 10 – 12. L0 DAAM a L0 HPMA byla pojiva, která vytvářela nátěrové filmy s nejvyšší odolností ve všech prostředích.



**Obrázek 30** Projevy vzniku puchýřů u nátěrových filmů v závislosti na pH korozního prostředí; vlevo: LA při pH 4, vpravo: LA AAEM při pH 8



**Obrázek 31** Projevy koroze podkladu u nátěrových filmů v závislosti na pH 2 korozního prostředí; v první řadě jsou nátěrové filmy bez  $n\text{La}_2\text{O}_3$  ve druhé řadě jsou nátěrové filmy s  $n\text{La}_2\text{O}_3$ , a: L0, LA; b: L0 NMA, LA NMA; c: L0 HPMA, LA HPMA; d: L0 AAEM, LA AAEM; e: L0 DAAM, LA DAAM

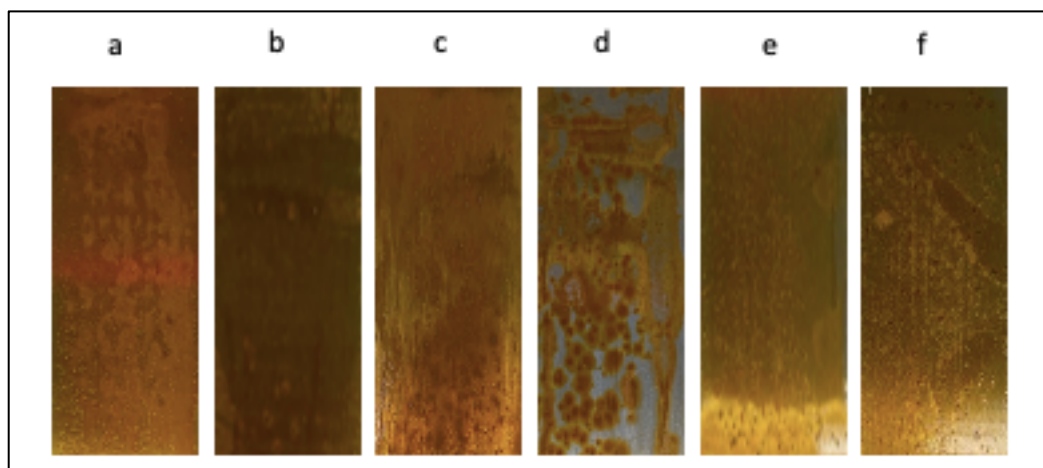


## **Závěry z výsledků odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů v závislosti na pH prostředí**

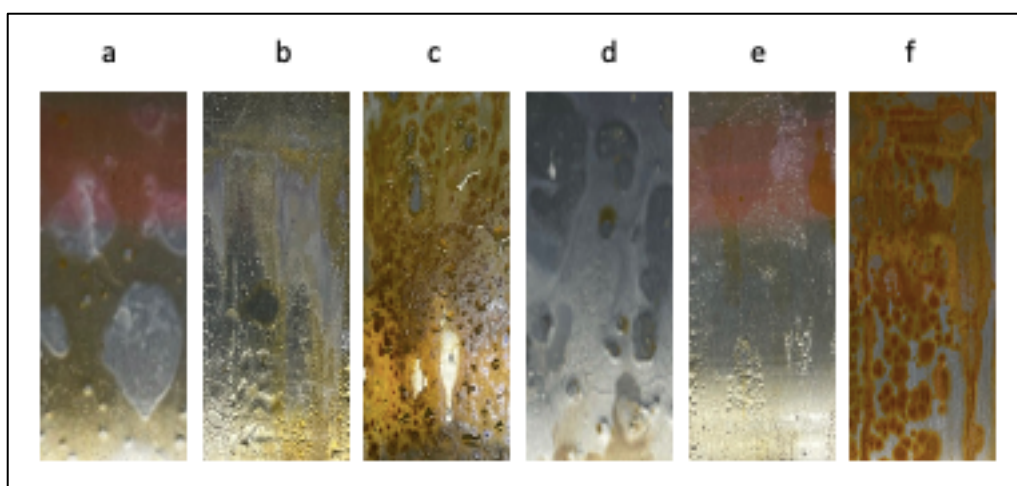
- Po 21 dnech testování se projevíly změny u nátěrového filmu LA při pH 4 a LA AAEM při pH 8.
- Pojivo L0 HPMA a L0 DAAM vykazovalo při pH 2–4 vyšší odolnost vůči prokorodování než ostatní pojiva.
- Začleněné nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nevykazovaly vliv na zvýšení odolnosti nátěrových filmů v kyselé oblasti pH korozního prostředí, pravděpodobně z důvodu vyšší rozpustnosti nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> v kyselé oblasti.
- V zásadité oblasti lze konstatovat, že nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> plní funkci inhibitoru koroze na základě jejich bazického charakteru, kdy dochází ke zvýšení pH oblasti blízké ocelovému podkladu a elektrochemická reakce je zde potlačena.

### *5.1.3.4. Hodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči bleskové korozi*

Odolnost vůči bleskové korozi byla hodnocena u nepigmentovaného nátěrového filmu s tloušťkou  $90 \pm 10$   $\mu\text{m}$  na ocelových panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.4. Odolnost byla stanovena u nátěrového filmu, který obsahoval 0 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA 179 (tabulka 54) a u nátěrového filmu, do kterého byl začleněno 0,4 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA (tabulka 55). Všechna pojiva vykazovala bleskovou korozi po 2 hodinách od aplikace nátěru a nejvíce bylo zasaženo pojivo L0 (50 %), LA (33 %), L0 NMA (50 %), LA NMA (16 %), L0 DAAM (100 %) a LA DAAM (50 %). Z tohoto důvodu byl do pojiv začleněn inhibitor bleskové koroze o ověřené funkční koncentraci začleněno 0,4 % hmotn. Po zrychleném laboratorním testu bleskové koroze u pojiv s přidaným inhibitorem bleskové koroze došlo ke korozi v nejvyšší míře u pojiva L0 NMA (33 %). Pro vizualizaci jsou uvedena pojiva L0, L0 NMA, LA NMA, L0 DAAM a LA DAAM obsahující inhibitor bleskové koroze v porovnání s pojivy, které inhibitor neobsahují po zrychleném laboratorním testu (viz obrázek 32 – 33). Blesková koroze se projevila ve vyšší míře u pojiv bez obsahu nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, díky tomu lze konstatovat, že nanočástice plní funkci inhibitoru koroze na základě jejich bazického charakteru, kdy dochází k posunutí pH do oblasti, kdy je elektrochemická korozní reakce, probíhající na ocelovém podkladu, potlačena. Také je možné, že disociované La<sup>3+</sup> interagují spolu s vrstvou směsných hydroxidů, brzdí průběh katodové reakce a dochází ke vzniku pasivní vrstvy na povrchu ocelového panelu.



**Obrázek 32** Projevy bleskové koroze nepigmentovaného nátěrového filmu bez inhibitoru bleskové koroze po zrychleném laboratorním cyklu; a: L0, b: LA, c: L0 NMA, d: LA NMA, e: L0 DAAM, f: LA DAAM



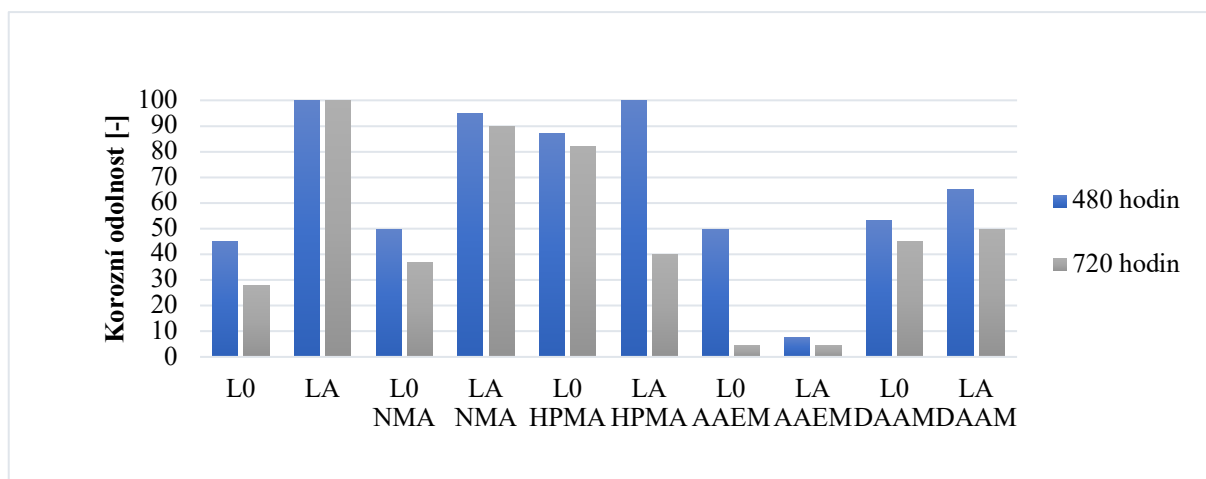
**Obrázek 33** Projevy bleskové koroze nepigmentovaného nátěrového filmu s inhibitory bleskové koroze po zrychleném laboratorním cyklu; a: L0, b: LA, c: L0 NMA, d: LA NMA, e: L0 DAAM, f: LA DAAM

### **Závěry z výsledků odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů vůči bleskové korozi**

- Všechna pojiva bez inhibitoru bleskové koroze vykazovala bleskovou korozi po 2 hodinách od aplikace nátěru a nejvíce bylo zasaženo pojivo L0 (50 %), LA (33 %), L0 NMA (50 %), LA NMA (16 %), L0 DAAM (100 %) a LA DAAM (50 %).
- Po zrychleném laboratorním testu bleskové koroze u pojiv s přidaným inhibitory bleskové koroze došlo ke korozi v nejvyšší míře u pojiva L0 NMA (33 %).
- Blesková koroze se projevila ve vyšší míře u pojiv bez obsahu  $n\text{La}_2\text{O}_3$ , díky tomu lze konstatovat, že nanočástice plní funkci inhibitoru koroze na základě jejich bazického charakteru, kdy dochází k posunutí pH do oblasti, kdy je elektrochemická korozní reakce, probíhající na ocelovém podkladu, potlačena.

### 5.1.3.5. Hodnocení odolnosti vůči vlhkým atmosférám nepigmentovaného nátěrového filmu

Odolnost vůči vlhkým atmosférám byla hodnocena u nepigmentovaného nátěrového filmu s tloušťkou  $90 \pm 10 \mu\text{m}$  na ocelových panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.6. Hodnocení nátěrového filmu byla provedena po 480 a 720 hodinách při expozici v atmosféře o 100% relativní vlhkosti vzduchu při teplotě  $38 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  (viz tabulka 57). Bylo zjištěno, že k výrazné korozi v ploše a podkorodování došlo u nátěrů L0 (33 %), LA AAEM (100 %), L0 AAEM (50 %) a L0 NMA (50 %). Z obrázku 34 je viditelný rozdíl korozní odolnosti mezi jednotlivými nepigmentovanými nátěrovými filmy vůči vlhkým atmosférám. V příloze B jsou pro vizualizaci uvedeny fotografie nepigmentovaných nátěrových filmů po expozici 720 hodin vlhkým atmosférám. Jednotlivé vzorky byly kontrolovány po uplynutí 120 hodin a k rapidnímu zhoršení korozního průběhu došlo u nátěrového filmu LA HPMA v rozmezí 480–720 hodin. Nízká antikorozi ochrana mohla být u pojiva L0 AAEM a L0 AAEM způsobena vysokou hodnotou síťové hustoty, která pravděpodobně potlačila schopnost kvalitní koalescence latexového filmu, který tak obsahoval velké množství nanoskopických kanálek, způsobujících výrazný transport vody k ocelovému podkladu. U ostatních systémů vykazujících nižší odolnost vůči vlhkým atmosférám může vysvětlení jejich nízké odolnosti souviset s přítomností větších intersticiálních prostorů v nátěrovém filmu, obsahujících vodorozpustné polární látky, jako jsou desorbované molekuly emulgátoru a zbytky iniciátoru. Příčina vzniku puchýřů mohla spočívat v rozpuštění určitého množství  $n\text{La}_2\text{O}_3$  za vzniku koncentračních článků a snížení přilnavosti nátěrového filmu k ocelovému panelu. Voda, která byla v kontaktu s nátěrovým filmem, způsobila postupné vymývání vodou rozpustných látek a pokles osmotického tlaku, jakožto hnací síly penetrace vody do filmu, čímž byl korozní proces ukončen.



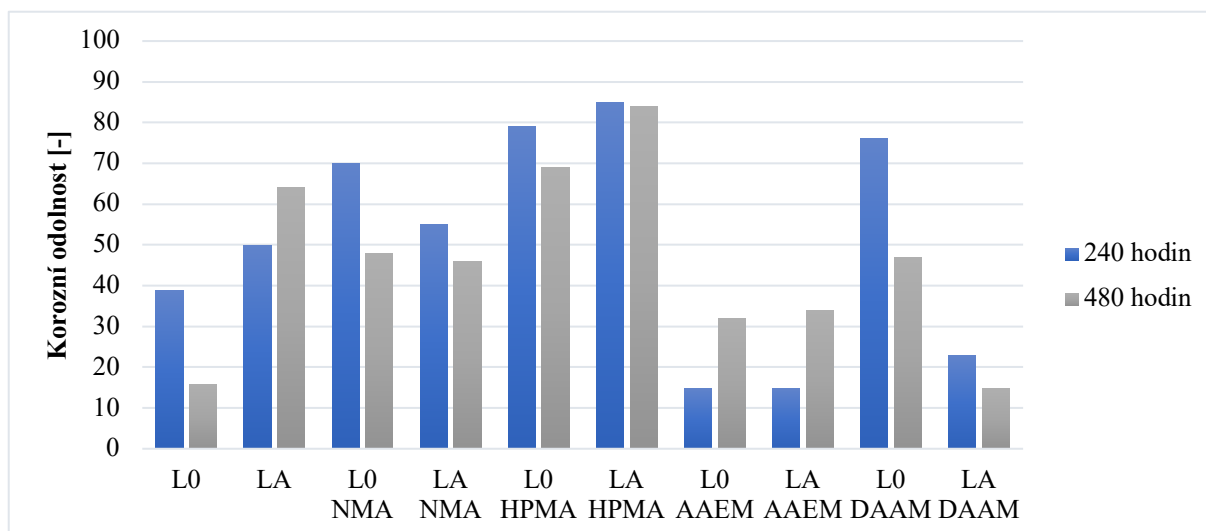
Obrázek 34 Korozní odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vlhkým atmosférám v čase

## **Závěry z výsledků odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů vůči vlhkým atmosférám**

- Výsledky odhalily, že došlo k výrazné korozi v ploše a podkorodování u nátěrů L0 (33 %), LA AAEM (100 %), L0 AAEM (50 %) a L0 NMA (50 %).
- Nízká antikorozi ochrana mohla být u pojiva L0 AAEM a L0 AAEM způsobena vysokou hodnotou síťové hustoty, která pravděpodobně potlačila schopnost kvalitní koalescence latexového filmu, který tak obsahoval velké množství nanoskopických kanálků, které způsobily výrazný transport vody k ocelovému podkladu.

### *5.1.3.6. Hodnocení odolnosti vůči atmosféře solného elektrolytu nepigmentovaného nátěrového filmu*

Odolnost vůči atmosféře solného elektrolytu byla hodnocena u nepigmentovaného nátěrového filmu s tloušťkou  $90 \pm 10 \mu\text{m}$  na ocelových panelech opatřených zkušebním řezem dle metody popsané v kapitole 3.7.4.7. Hodnocení nátěrového filmu byla provedena po 240 a 480 hodinách při expozici v atmosféře neutrální solné mlhy za zvýšené vlhkosti vzduchu při teplotě  $35 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Výsledné hodnoty měření po expozici 240 a 480 hodin jsou uvedeny v tabulce 58. Z výsledných hodnot je viditelná korozní ochranná bariéra nátěrového filmu LA (0,03 %), LA HPMA (0,3 %) a L0 DAAM (33 %), naopak systémy L0 AAEM (100 %) a LA AAEM (100 %) vykazovaly 0% korozní ochranu (viz obrázek 35). Jednotlivé vzorky byly kontrolovány po uplynutí 120 hodin a již po této době došlo ke 100% koroznímu napadení plochy u nátěrového filmu L0 AAEM a LA AAEM. K rapidnímu zhoršení korozního průběhu došlo také u nátěrového filmu L0 v rozmezí 240–480 hodin. Z výsledných hodnot lze konstatovat, že pro zajištění vysoké antikorozi ochranné účinnosti nátěrového filmu je třeba zajistit optimální úroveň hustoty polymerní sítě, tzn. vysoce hustě zesíťené ani velmi řídké zesíťené polymerní latexové filmy nevykazují dostatečnou odolnost vůči atmosféře neutrální solné mlhy. V příloze C jsou pro vizualizaci uvedeny fotografie nepigmentovaných nátěrových filmů po expozici 480 hodin v atmosféře neutrální solné mlhy.



*Obrázek 35 Korozní odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči solnému elektrolytu v čase*

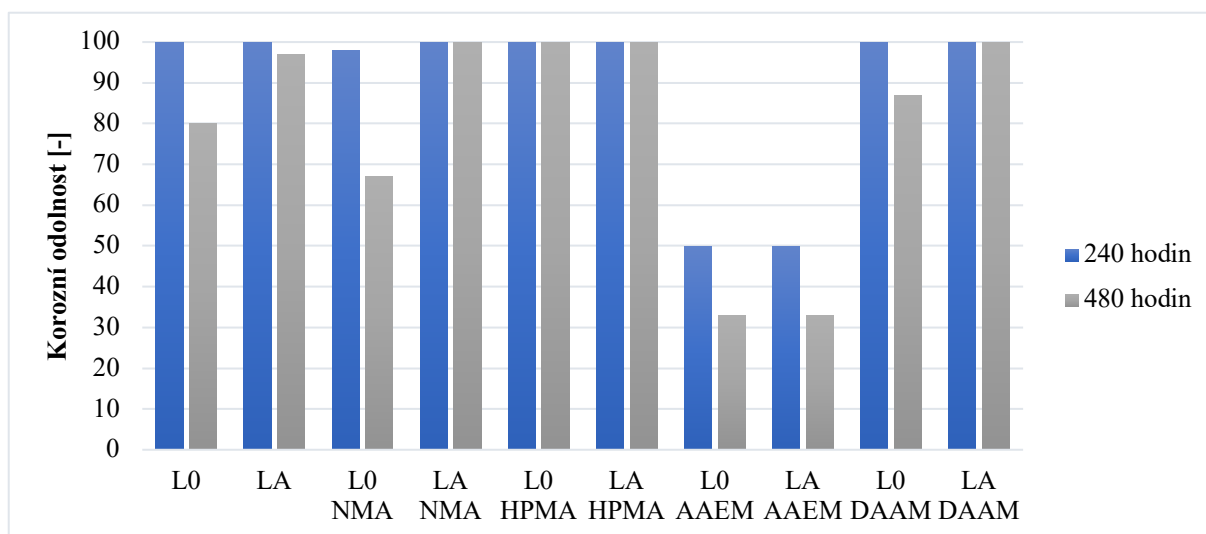
### **Závěry z výsledků odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů vůči solnému elektrolytu**

- Z výsledných hodnot je viditelná korozní ochranná účinnost nátěrových filmů LA (0,03 %), LA HPMA (0,3 %) a L0 DAAM (33 %), které vykazují síťovou hustotu v rozmezí hodnot  $0,48\text{--}4,30 \times 10^{-5} \text{ mol/cm}^3$ , zatímco naopak nátěrové filmy L0 AAEM (100 %) a LA AAEM (100 %) s vysokou síťovou hustotou ( $22,27 \pm 2,91 \times 10^{-5} \text{ mol/cm}^3$ ) vykazovaly 0 % korozní ochranu.
- Ukázalo se, že pro zajištění vysoké antikorozi ochranné účinnosti nátěrového filmu je třeba zajistit optimální úroveň hustoty polymerní sítě, tzn. vysoce hustě zesítěné ani velmi řídké zesítěné polymerní latexové filmy vykazují nízkou odolnost vůči atmosféře solného elektrolytu.

#### *5.1.3.7. Hodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu vůči povětrnostní zkoušce UV záření*

Odolnost vůči UV záření byla hodnocena u nepigmentovaného nátěrového filmu s tloušťkou  $90 \pm 10 \mu\text{m}$  na ocelových panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.10. Hodnocení nátěrového filmu byla provedena po 120 a 240 hodinách při expozici UV záření při teplotě  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  po dobu 4 hodin a 100% vlhkosti při  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  po dobu 8 hodin. Výsledné hodnoty měření po expozici 120 a 240 hodin jsou uvedeny v tabulce 59. Na ocelových panelech byly sledovány korozní projevy v ploše panelu, které byly výrazné u systémů L0 AAEM (100 %) a LA AAEM (100 %). U ostatních pojiv byla odolnost vůči povětrnostní zkoušce vyšší (viz obrázek 36). Výbornou odolnost vůči UV záření vykazovaly nátěrové filmy LA (0,1 %), LA

NMA (0,01 %), LA HPMA (0,01 %) a LA DAAM (0,01 %) což zřejmě souvisí s kvalitním slinutím latexového filmu (vysokou mírou interdifúze polymerních řetězců mezi sousedními polymerními částicemi).



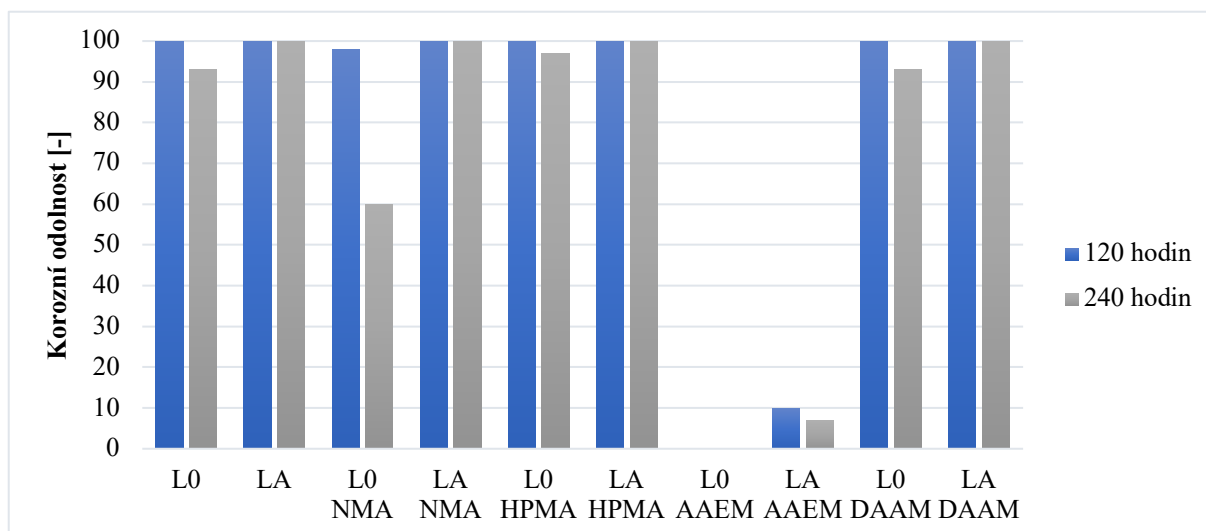
**Obrázek 36** Korozní odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči povětrnostní zkoušce UV záření v čase

### Závěry z výsledků odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů vůči UV záření

- Na ocelových panelech byly sledovány korozní projevy v ploše panelu, které byly výrazné u nátěrových filmů L0 AAEM (100 %) a LA AAEM (100 %). U ostatních systémů byla odolnost vůči povětrnostní zkoušce znatelně vyšší.

#### 5.1.3.8. Hodnocení odolnosti nepigmentovaného nátěrového filmu v cyklické povětrnostní zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci s korozní zkouškou solným elektrolytem

Odolnost vůči cyklické expozici UV záření a následnému ponoru v 0,35% roztoku  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  s 0,05% NaCl roztoku byla hodnocena u nepigmentovaného nátěrového filmu s tloušťkou  $90 \pm 10 \mu\text{m}$  na ocelových panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.11. Hodnocení nátěrového filmu byla provedena po 120 hodinách expozice UV záření při teplotě  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  a po 240 hodinách při expozici 100% vlhkosti při  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Výsledné hodnoty měření po expozici 120 a 240 hodin jsou uvedeny v tabulce 59. Na ocelových panelech byly sledovány korozní projevy v ploše panelu, které byly výrazné u systémů L0 AAEM (100 %) a LA AAEM (100 %). Z obrázku 37 lze pozorovat již zmiňované trendy v případě předešlých korozních zkoušek.



Obrázek 37 Korozní odolnost nepigmentovaného nátěrového filmu vůči cyklické zkoušce v čase

### Závěry z výsledků odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů vůči cyklické povětrnostní zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci s korozní zkouškou solným elektrolytem

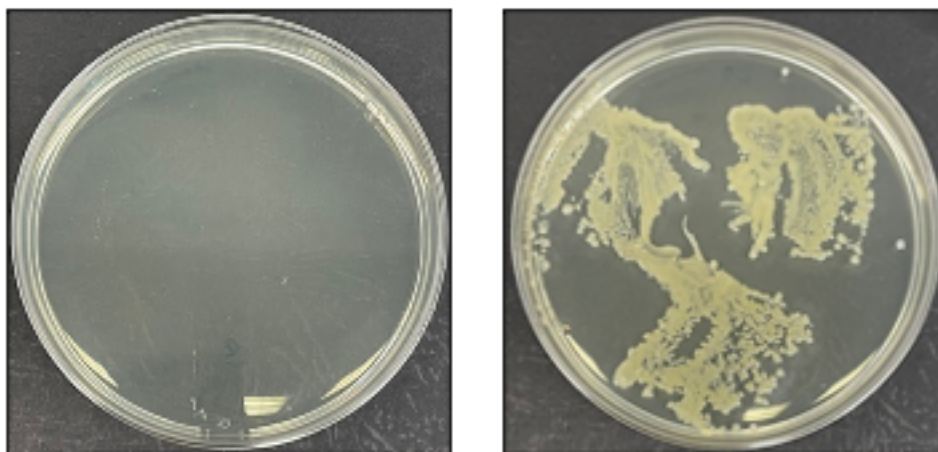
- Na ocelových panelech byly sledovány korozní projevy v ploše panelu, které byly znatelné u nátěrů L0 AAEM (100 %) a LA AAEM (100 %).
- U ostatních poživ byla odolnost vůči povětrnostní zkoušce vyšší, což nasvědčuje kvalitní koalescenci v důsledku optimální hustoty zesítnění, umožňující dostatečnou pohyblivost polymerních řetězců.

#### 5.1.4. Hodnocení antimikrobiální účinnosti nepigmentovaných nátěrových filmů

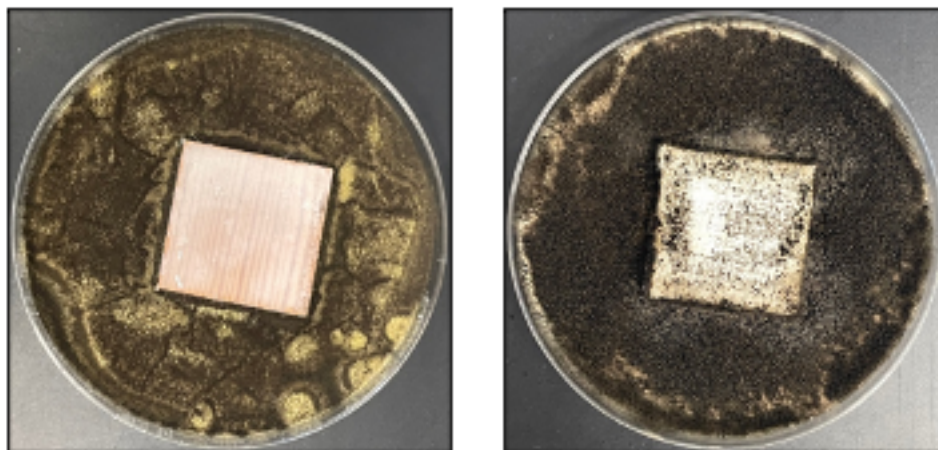
Antimikrobiální účinnost poživ byla hodnocena u zkušebních vzorků připravených dle postupu popsaném v kapitole 3.6. na kterých byla hodnocena antibakteriální a antifungální účinnost nepigmentovaných nátěrových filmů. Antibakteriální účinnost byla provedena obtiskovou metodou popsanou v kapitole 3.7.7.1. a antifungální účinnost dle metody popsanou v kapitole 3.7.7.2.

Výsledné hodnoty antibakteriální účinnosti volných nepigmentovaných filmů jsou uvedeny v tabulce 61. U pojiva LA, L0 NMA, LA NMA a LA AAEM byl zjištěn inhibiční efekt růstu MO v případě *E. Coli*. U bakterie *S. Aureus* byl zjištěn inhibiční efekt u pojiva LA NMA. Antifungální účinnost byla zjištěna u pojiva LA NMA, LA HPMA, LA AAEM a LA DAAM. Příznivé výsledky antimikrobiální účinnosti nátěrových filmů využívajících síťující mechanismus na bázi kopolymerovaného NMA lze vysvětlit přítomností formaldehydu, který se může v nízkých koncentracích uvolňovat z polymerního nátěru a jeho toxicitou vůči MO.

začleněných  $n\text{La}_2\text{O}_3$  nebyl doposud zjištěn mechanismus antimikrobiálního účinku. Nicméně byla dokázána peroxidace lipidů a také vznik reaktivních forem kyslíku, který je schopen inhibovat růst MO. Antibakteriální odolnost byla hodnocena dle tabulky 35 (tzn. 0 stupeň – žádný nárůst MO, 4 stupeň – nárůst  $300 \pm 20$  kolonií). Ukázka hodnocení antibakteriální účinnosti nátěrového filmu je na obrázku 38. Antifungální odolnost byla hodnocena vizuálně (tzn. 100 % – žádný nárůst MO, 0 % – narostlo  $300 \pm 20$  kolonií). Ukázka hodnocení antifungální účinnosti je na obrázku 39. Nárůst bakterií na otisku je zobrazen v příloze D.



**Obrázek 38** Ukázka hodnocení antibakteriální účinnosti obtiskovou metodou; vlevo stupeň 0, vpravo stupeň 5



**Obrázek 39** Ukázka hodnocení antifungální účinnosti; vlevo 100% účinnost, vpravo 0% účinnost

#### **Závěry z výsledků antimikrobiální účinnosti nepigmentovaných nátěrových filmů**

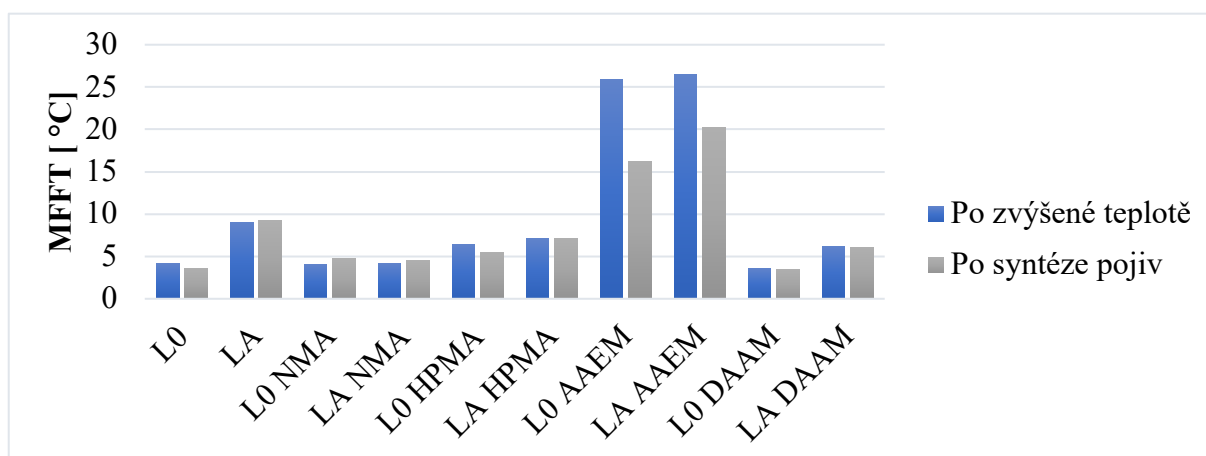
- U systémů LA, L0 NMA, LA NMA a LA AAEM byl zjištěn inhibiční efekt růstu MO v případě *E. Coli*.
- U bakterie *S. Aureus* byl zjištěn inhibiční efekt u nátěrového filmu LA NMA.



- Antifungální účinnost byla zjištěna u systémů LA NMA, LA HPMA, LA AAEM a LA DAAM.
- U začleněných  $n\text{La}_2\text{O}_3$  nebyl doposud zjištěn mechanismus antimikrobiálního účinku. Nicméně byla dokázána peroxidace lipidů a také vznik reaktivních forem kyslíku, který je schopen inhibovat růst MO.
- Antimikrobiální účinnost nátěrových filmů využívajících síťující mechanismus na bázi kopolymerovaného NMA lze vysvětlit přítomností formaldehydu, který se může v nízkých koncentracích uvolňovat z polymerního nátěru a jeho toxicitou vůči MO.

## 5.2. Hodnocení změn po vystavení pojiva zvýšené teplotě a mrazuvzdornosti

Pojiva byla hodnocena po vystavení zvýšené teplotě 50 °C po dobu 1 měsíce (viz. kapitola 3.7.1.15) a dále byla hodnocena odolnost pojiv vůči mrazuvzdornosti (viz. kapitola 3.7.1.16). Hodnocena byla MFFT a změny stability pojiv po zvýšené teplotě, fyzikálně-mechanická a chemická odolnost. Výsledné hodnoty MFFT u pojiv vystavených zvýšené teplotě byly srovnatelné s pojivy hodnocenými po jejich syntéze a k jedinému vychýlení došlo u pojiva L0 AAEM a LA AAEM, u kterých došlo k nárůstu MFFT v průměru o 30 % (viz. obrázek 40), což může svědčit o vzniku intra-částicového zesílení reakcí acetoacetoxy funkčních skupin s HMDA během skladování latexu. U pojiv L0 NMA (-3,57 nm), LA HPMA (-1,77 nm) a LA AAEM (-3,72 nm) došlo k jednoznačnému snížení velikosti částic a absolutní hodnoty Zeta potenciálu při vystavení zvýšené teplotě 50 °C po dobu 1 měsíce. Naopak u pojiv L0 (0 nm), LA (14,05 nm) a LA DAAM (23,27 nm) došlo ke zvýšení těchto hodnot a lze konstatovat, že došlo ke koloidnímu poklesu stability a k nezanedbatelné aglomeraci polymerních částic.



**Obrázek 40** Výsledné hodnoty MFFT pojiv po zvýšené teplotě v porovnání s výslednými hodnotami MFFT pojiv po syntéze

### 5.2.1. *Hodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů*

#### 5.2.1.1. *Vlastnosti nepigmentovaných nátěrových filmů*

Vizuální vlastnosti a tvrdost byly hodnoceny u pojiva vystaveného zvýšené teplotě 50 °C po dobu 1 měsíce a testu mrazuvzdornosti na skleněných panelech dle metod popsaných v kapitolách 3.7.3.1. Pojiva vystavená zvýšené teplotě 50 °C po dobu 1 měsíce nevykazovala žádné změny z hlediska vzhledu nátěrového filmu. Při hodnocení mrazuvzdornosti při teplotách -5 °C, -10 °C a -18 °C byla zjištěna nedostatečná stabilita u pojmiv L0 NMA, LA NMA, LA HPMA, L0 DAAM a LA DAAM při -10 °C. U těchto pojmiv došlo ke vzniku koagulátu, naopak pojiva L0, LA, L0 HPMA, L0 AAEM a LA AAEM vykazovaly stejné vzhledové vlastnosti jako pojiva po syntéze. Při teplotě -18 °C byly stabilní pouze pojiva L0, LA, L0 AAEM a LA AAEM, u kterých nedošlo ke zhoršení vzhledových vlastností. V příloze E je patrná stabilita jednotlivých pojmiv při snížené teplotě.

Lesk nátěrového filmu byl hodnocen v čase po dobu 35 dní na skleněných panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.3.3. při úhlech 20°, 60° a 85°. Naměřené hodnoty se v průměru pohybovaly při geometrii 60° nad hodnotou 70 GU a z tohoto důvodu byl brán zřetel na hodnoty získané při geometrii 20°, při které docházelo k největší změně GU. U všech pojmiv vystavených zvýšené teplotě došlo během 14. dne k mírnému poklesu lesku. U většiny pojmiv nedošlo k vychýlení hodnot od hodnot surových pojmiv, nicméně v případě pojiva L0 a LA došlo k mírnému zvýšení lesku nátěrového filmu. V případě pojmiv L0 NMA, LA NMA lesk nátěrového filmu poklesl v průměru o 16,11 a 35,9 %.

U všech pojmiv vystavených testu mrazuvzdornosti došlo během 7. a 14. dne k mírnému poklesu lesku. U většiny pojmiv nedošlo k vychýlení hodnot od hodnot surových pojmiv, nicméně v případě pojiva L0 DAAM (79,1 GU), L0 AAEM (41,7 GU) a LA AAEM (39,6 GU) došlo k celkovému poklesu lesku. Při teplotě -5 °C nastal výrazný pokles hodnot u pojiva L0 NMA v průměru o 43,85 %, u pojiva L0 AAEM o 47,26 % a u pojiva LA AAEM o 46,38 %. Při teplotě -10 °C nastal výraznější pokles hodnot u pojiva L0 HPMA a L0 AAEM. Ze získaných hodnot při -18 °C lze konstatovat, že pojivo L0 HPMA vykazuje nejvyšší stabilitu vzhledem ke svým vizuálním vlastnostem, jelikož u ostatních pojmiv vznikl koagulát a u pojmiv L0 AAEM a LA AAEM došlo k výraznému poklesu lesku v průměru až o 67,87 a 64,13 %.

Tvrdost nátěrového filmu o tloušťce  $35 \pm 10 \mu\text{m}$  byla hodnocena v čase po dobu 35 dní na skleněných panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.3.4. Tvrdost nátěrového filmu

vystaveného zvýšené teplotě vykazovala v průběhu 7 dnů mírný pokles hodnot. U většiny pojiv nedošlo k vychýlení hodnot od hodnot surových pojiv, nicméně v případě pojiva LA AAEM došlo k výraznému zvýšení tvrdosti a finální rozdíl hodnot 35. den činil nárůst o 51,52 %. Při snížené teplotě  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  nastal mírný pokles hodnot v průběhu 14 dne a většina pojiv se nevychylovala svými hodnotami od hodnot surových pojiv. Změna nastala u pojiva LA (21,88 %), LA AAEM (28,7 %) a L0 DAAM (25,69 %), u kterých byla počáteční hodnota tvrdosti výrazně vyšší v porovnání se surovými pojivy. Tvrdost u těchto pojiv s časem klesala, kdy rozdíl mezi počáteční hodnotou naměřenou 1. den a konečnou hodnotou ze dne 35 byl v průměru o 31,79 %. Pojiva vystavená teplotě  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  poskytovala nátěrové filmy, které vykazovaly mírný pokles tvrdosti v průběhu 7. dne, u všech pojiv se tvrdost s postupem času zvyšovala a výsledné hodnoty byly obdobné s hodnotami tvrdosti surového pojiva. Z výsledných hodnot při  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  lze konstatovat, že stabilní chování z hlediska tvrdosti vykazují pojiva LA AAEM (31,63 %) a L0 AAEM (29,51 %), u kterých došlo k zachování tvrdosti nátěrového filmu v porovnání se surovými pojivy. Naopak u pojiva L0 HPMA (9,48 %) došlo k mírnému poklesu tvrdosti.

Významné vychýlení hodnot nastalo v případě chemické odolnosti vůči MEK u pojiva LA NMA vystaveného po dobu 1 měsíce teplotě  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  u kterého se chemická odolnost rapidně zvýšila v průměru o 82 % v porovnání se surovým pojivem a ani po 300 dvojtazích nedošlo k narušení nátěrového filmu až na podklad. Toto chování vypovídá o změnách v polymerní struktuře, které pravděpodobně souvisí s nárůstem síťové hustoty vlivem intra-částicové samosíťující reakce probíhající vyšší mírou během skladování při zvýšené teplotě.

### **Závěry z výsledků nepigmentovaných nátěrových filmů vystavených zvýšené teplotě a mrazuvzdornosti**

- MFFT u pojiv vystavené zvýšené teplotě byly srovnatelné s pojivy hodnocenými po jejich syntéze a k jedinému vychýlení došlo u pojiva L0 AAEM ( $25,95\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a LA AAEM ( $26,55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
- U pojiv L0 NMA ( $-3,57\text{ nm}$ ), LA HPMA ( $-1,77\text{ nm}$ ) a LA AAEM ( $-3,72\text{ nm}$ ) došlo ke snížení velikosti částic a Zeta potenciálu při vystavení zvýšené teplotě  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  po dobu 1 měsíce.
- U pojiv L0, LA ( $14,05\text{ nm}$ ) a LA DAAM ( $23,27\text{ nm}$ ) došlo ke zvýšení těchto hodnot a v případě pojiv L0 NMA ( $-3,57\text{ nm}$ ), L0 HPMA ( $4,15\text{ nm}$ ) a LA DAAM ( $23,27\text{ nm}$ )

došlo ke snížení absolutní hodnoty Zeta potenciálu a lze konstatovat, že došlo ke koloidnímu poklesu stability a k nezanedbatelné aglomeraci polymerních částic.

- Pojiva vystavená zvýšené teplotě 50 °C po dobu 1 měsíce nevykazovala žádné změny z hlediska vzhledu nátěrového filmu. U všech poživ vystavených zvýšené teplotě došlo během 14. dne k mírnému poklesu lesku.
- Pojiva, u kterých byla hodnocena odolnost vůči mrazuvzdornosti při teplotě -5 °C, -10 °C a -18 °C, byla zjištěna stabilita pojiva L0, LA L0 HPMA, L0 AAEM a LA AAEM při -10 °C a u pojiva L0, LA, L0 AAEM a LA AAEM při -18 °C.
- Významné vychýlení hodnot nastalo v případě chemické odolnosti vůči MEK u pojiva LA NMA vystaveného po dobu 1 měsíce teplotě 50 °C u kterého se chemická odolnost rapidně zvýšila v průměru o 82 %.

### 5.3. Hodnocení vlastností nátěrových filmů s pigmentem TiO<sub>2</sub>

Ke zjištění chování všech syntetizovaných surových poživ s pigmentem byly připraveny pojivové systémy na bázi syntetizovaných akrylátových latexů. Na základě zjištění kompatibility akrylátových latexů s pigmentem TiO<sub>2</sub> byly připraveny pojivové systémy obsahující 10 % objem. titanové běloby rutilového typu (koncentrace pigmentu je vztažena na vodnou akrylátovou disperzi) ke zjištění vlivu pigmentu převážně na antimikrobiální účinnost a povětrnostní odolnost nátěrových povlaků dle kapitoly 3.4.1. Na základě hodnocení vzhledových vlastností, tvrdosti, korozní a antimikrobiální účinnosti, byly vybrány tři surová pojiva bez pigmentu, ze kterých byly následně připraveny antikorozní nátěrové hmoty s OKP 10 % a pigmentem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %.

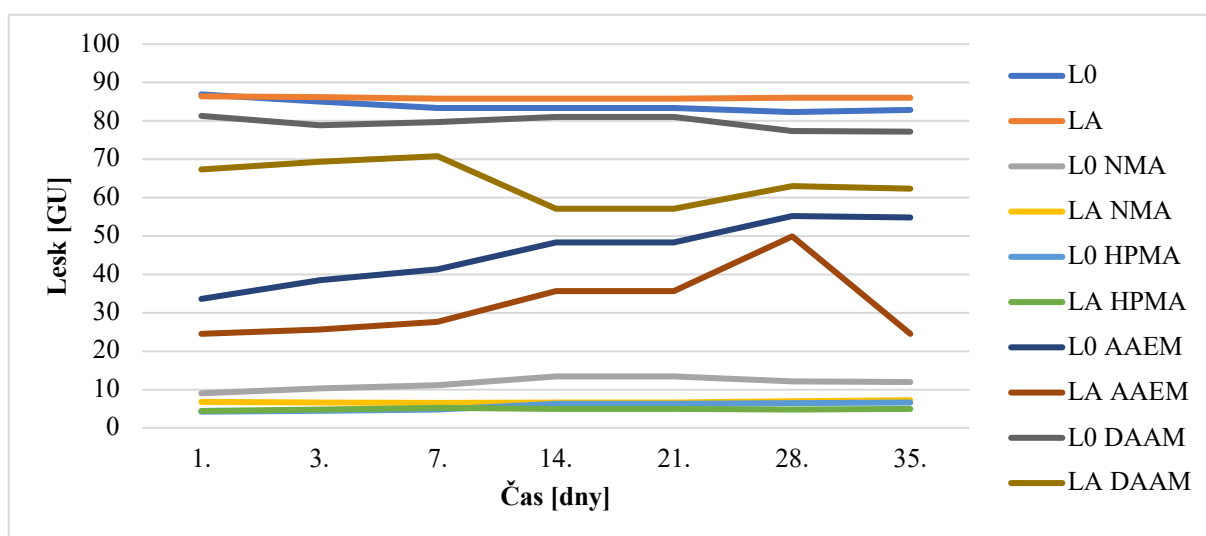
#### 5.3.1. *Hodnocení fyzikálně mechanických vlastností nátěrových filmů*

##### 5.3.1.1. *Vlastnosti nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub>*

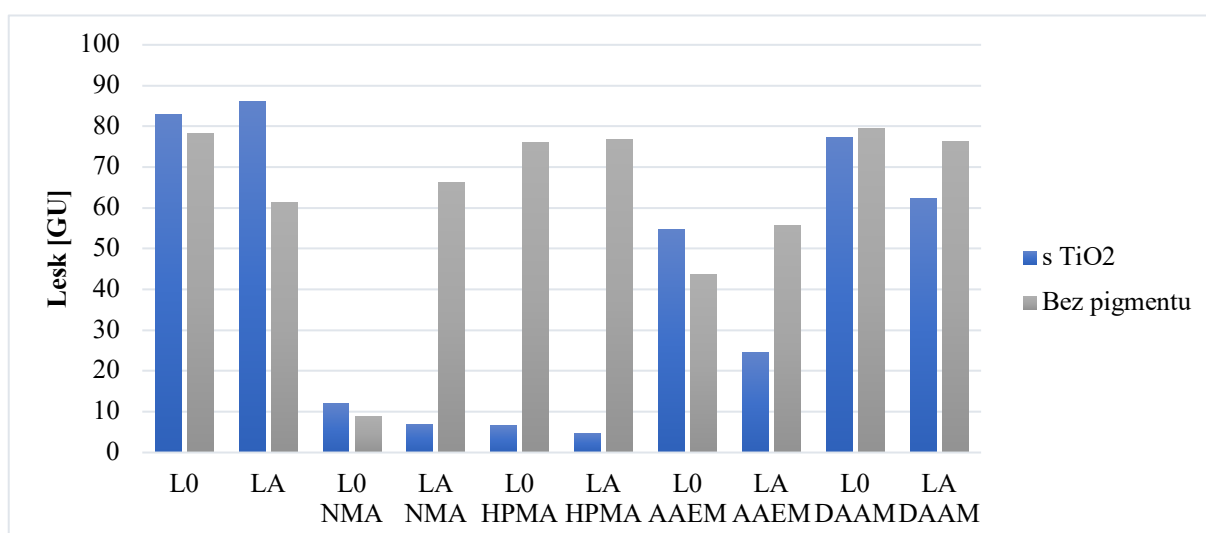
Vizuální vlastnosti a tvrdost byly hodnoceny u pigmentového nátěrového filmu o tloušťce 50 ± 10 μm na skleněných panelech dle metod popsanych v kapitolách 3.7.3.1–3.7.3.5. Nátěrové filmy s pigmentem TiO<sub>2</sub> vykazovaly velmi dobré vzhledové vlastnosti (viz tabulka 78), kromě pojiv L0 NMA, LA NMA, L0 HPMA a LA HPMA, u kterých bylo zvýšené množství částic a nastalo snížení lesku v porovnání se surovými pojivy bez pigmentu. Ostatní syntetizovaná pojiva vytvářela nátěrový film bez částic, bublin, prasklin a slitým povrchem.

Po dobu 35 dní byl u pigmentovaných nátěrových filmů měřen lesk, tvrdost a odolnost proti vtisku (viz tabulky 83–87). Lesk nátěrového filmu byl hodnocen při úhlech 20°, 60° a 85°

a naměřené hodnoty se v průměru pohybovaly při geometrii 60° pod hodnotou 70 GU. Z tohoto důvodu byl brán zřetel na hodnoty získané při geometrii 60°, při které docházelo k největší změně GU. Z obrázku 41 je viditelné, že lesk pigmentovaných nátěrových filmů s TiO<sub>2</sub> byl konstantní, kromě pojiv LA DAAM, L0 AAEM a LA AAEM. Nejvyšší hodnotu lesku vykazoval nátěrový film LA, zatímco matný nátěrový film byl LA HPMA. Z celkových hodnot vizuálních vlastností lze konstatovat, že pojivo L0 HPMA vykazovalo nejnižších hodnot vizuálních vlastností a také hodnot lesku. V porovnání s nepigmentovanými filmy došlo ke značnému poklesu lesku v případě L0 HPMA, LA HPMA a LA NMA (viz obrázek 42).

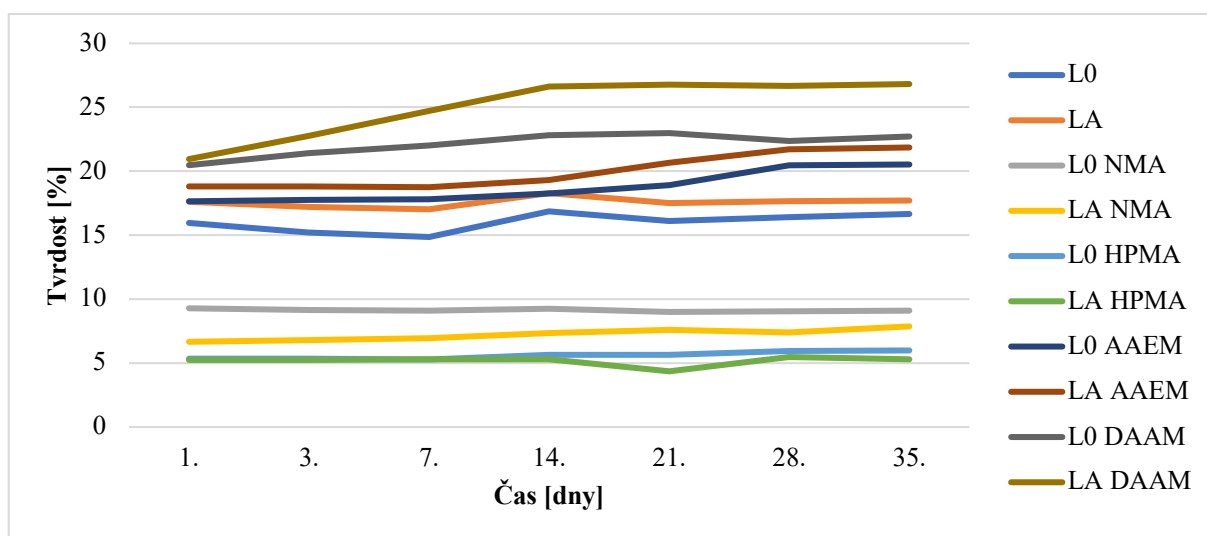


**Obrázek 41** Hodnocení lesku pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO<sub>2</sub>; pozn.: body měření byly propojeny spojnicí pro vizualizaci průběhu

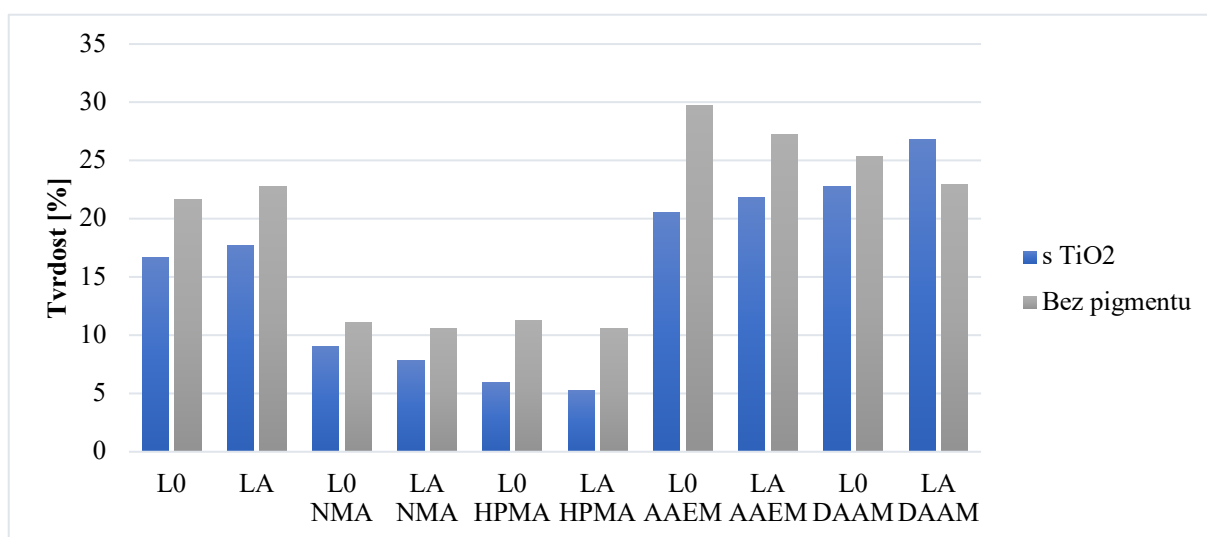


**Obrázek 42** Srovnání hodnot lesku pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO<sub>2</sub> a nepigmentovaných nátěrových filmů 35 den

Tvrdość dle Persoze u pigmentovaných nátěrových filmů s pigmentem  $\text{TiO}_2$  a antikoroziními pigmenty byla měřena v čase po dobu 35 dní a dle obrázku 43 došlo u systémů s  $\text{TiO}_2$  v průběhu prvního a třetího dne k mírnému nárůstu relativní tvrdosti, z důvodu vysychání nátěrového filmu a procesu koalescence, a to převážně u pojiva L0 DAAM (22,73 %) a LA DAAM (26,82 %). Následně se tvrdost zvyšovala, což je nejvíce patrné u nátěrového filmu L0 AAEM (20,53 %) a L0 HPMA (5,99 %) v průběhu sedmého a čtrnáctého dne. Z Výsledných hodnot tvrdosti nátěrových filmů s pigmentem  $\text{TiO}_2$  v porovnání s nátěrovými filmy bez obsahu pigmentu lze konstatovat, že začleněním pigmentu  $\text{TiO}_2$  došlo ke zřetelné snížení tvrdosti v případě téměř všech nátěrových filmů (viz obrázek 44).



**Obrázek 43** Hodnocení tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem  $\text{TiO}_2$ ; pozn.: body měření byly propojeny spojnici pro vizualizaci průběhu



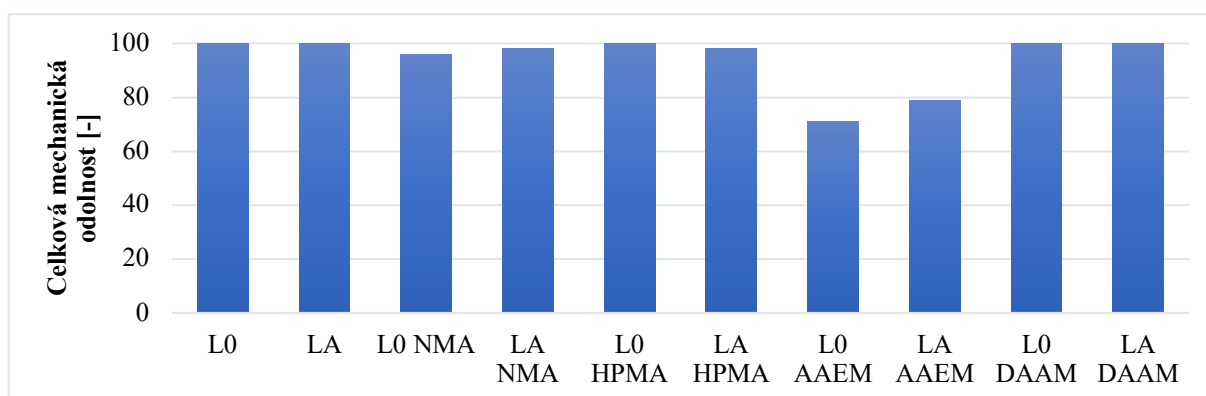
**Obrázek 44** Srovnání hodnot tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem  $\text{TiO}_2$  a nepigmentovaných nátěrových filmů 35 den

### Závěry z vlastností pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub>

- Nátěrové filmy s pigmentem TiO<sub>2</sub> vykazovaly velmi dobré vzhledové vlastnosti, kromě pojiv L0 NMA, LA NMA, L0 HPMA a LA HPMA, u kterých bylo zvýšené množství částic, kdy nastalo snížení lesku v porovnání se surovými pojivy bez pigmentu.
- Lesk pigmentovaných nátěrových filmů s TiO<sub>2</sub> byl konstantní, kromě pojiv LA DAAM, L0 AAEM a LA AAEM.
- Nejvyšší hodnotu lesku vykazoval nátěrový film LA, zatímco matný nátěrový film byl LA HPMA (1,6 GU).
- V průběhu prvního a třetího dne došlo k mírnému nárůstu relativní tvrdosti, z důvodu vysychání nátěrového filmu a procesu koalescence, a to převážně u pojiva L0 DAAM a LA DAAM.
- Z Výsledných hodnot tvrdosti nátěrových filmů s pigmentem TiO<sub>2</sub> v porovnání s nátěrovými filmy bez obsahu pigmentu lze konstatovat, že začlenění pigmentu TiO<sub>2</sub> došlo ke znatelné snížení tvrdosti v případě téměř všech nátěrových filmů.

#### 5.3.1.2. Hodnocení mechanické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub>

Mechanická odolnost byla hodnocena u pigmentovaných nátěrových filmů s tloušťkou 50 ±10 μm na ocelových panelech dle metod popsanych v kapitolách 3.7.3.6–3.7.3.10. Hodnocené nátěrové filmy s pigmentem TiO<sub>2</sub> vykazovaly velmi dobré mechanické vlastnosti (viz tabulka 82), ale u pojiv L0 AAEM a LA AAEM byla v porovnání s ostatními mechanická odolnost nižší (viz obrázek 45). Tyto výsledky odpovídají výsledkům mechanické odolnosti u surových pojiv, u kterých pojivo L0 AAEM a LA AAEM vykazovaly také nižší mechanickou odolnost.



Obrázek 45 Hodnocení celkové mechanické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO<sub>2</sub>

### **Závěry z mechanické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub>**

- Hodnocené nátěrové filmy s pigmentem TiO<sub>2</sub> vykazovaly velmi dobré mechanické vlastnosti, ale u pojiv L0 AAEM (71) a LA AAEM (79) byla v porovnání s ostatními mechanická odolnost nižší, což koreluje s výsledky surových pojiv bez obsahu pigmentu.
- Výsledné hodnoty mechanické odolnosti nátěrových filmů s pigmentem TiO<sub>2</sub> byly srovnatelné s mechanickou odolností nepigmentovaných nátěrových filmů a začleněním pigmentu nedošlo ke změně chování nátěru.

#### *5.3.1.3. Hodnocení odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> vůči odtrhu*

Odolnost vůči odtrhu byla hodnocena u pigmentovaného nátěrového filmu s TiO<sub>2</sub> s tloušťkou 50 ±10 μm na ocelových panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.3.11. Hodnocené nátěrové filmy vykazovaly nízkou odolnost vůči odtrhovému testu (viz tabulka 83) a odtrhová síla se u nátěrových filmů s TiO<sub>2</sub> pohybovala v rozmezí 0,112 – 0,406 N. Z výsledných hodnot je patrné, že začleněním pigmentu do pojiva nastalo snížení přilnavosti nátěrového filmu k ocelovému podkladu. U nátěrového filmu LA s TiO<sub>2</sub> klesla přilnavost filmu o 47,28 % a u nátěrového filmu LA HPMA s TiO<sub>2</sub> klesla přilnavost o 43,6 % v porovnání se surovými pojivy.

### **Závěry odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> vůči odtrhu**

- Hodnocené nátěrové filmy vykazovaly nízkou odolnost vůči odtrhovému a odtrhová síla se u nátěrových filmů s TiO<sub>2</sub> pohybovala v rozmezí 0,112 – 0,406 N.
- Z výsledných hodnot je patrné, že začleněním pigmentu do pojiva nastalo snížení přilnavosti nátěrového filmu k ocelovému podkladu.

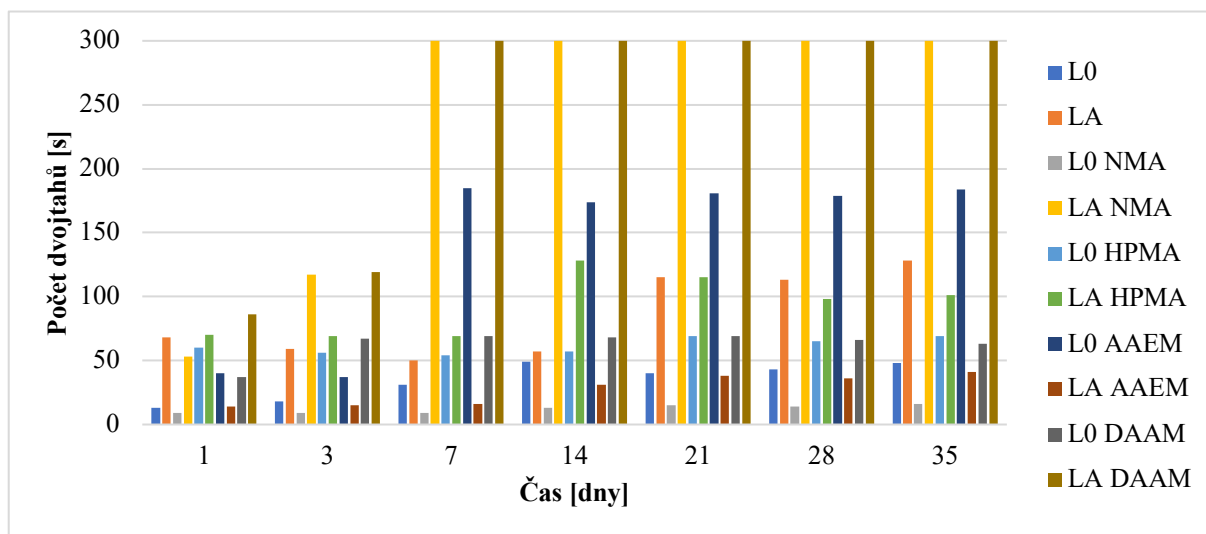
#### *5.3.2. Hodnocení chemické a korozní odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů*

##### *5.3.2.1. Hodnocení odolnosti nátěrového filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> vůči methylethylketonu*

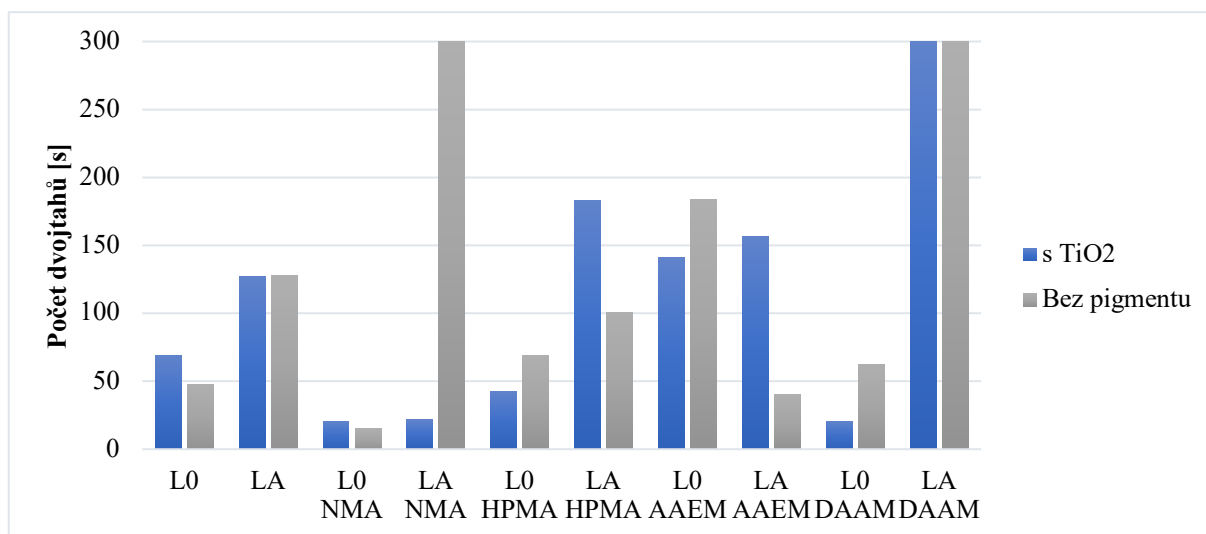
Odolnost vůči MEK byla hodnocena u pigmentovaného nátěrového filmu s TiO<sub>2</sub> s tloušťkou 50 ±10 μm na skleněných panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.1. po dobu 35 dní. Nátěrové filmy s pigmentem TiO<sub>2</sub> byly porovnány s nátěry ze surových pojiv bez pigmentů, kdy došlo k výraznému zvýšení odolnosti vůči MEK v případě LA NMA o 90,33 % a L0 DAAM o 55,55 % (viz obrázek 46). Zvýšená odolnost byla pravděpodobně způsobena



nízkou síťovou hustotou pojiv, které lépe interagovali se začleněným pigmentem TiO<sub>2</sub>. U ostatních pojiv došlo přidáním pigmentu TiO<sub>2</sub> ke snížení odolnosti vůči MEK (vi obrázek 47).



**Obrázek 46** Hodnocení chemické odolnosti vůči MEK pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO<sub>2</sub> v čase



**Obrázek 47** Srovnání hodnot chemické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO<sub>2</sub> s 10 % objem. pigmentem TiO<sub>2</sub> a nepigmentovaných nátěrových filmů vůči MEK 35 den

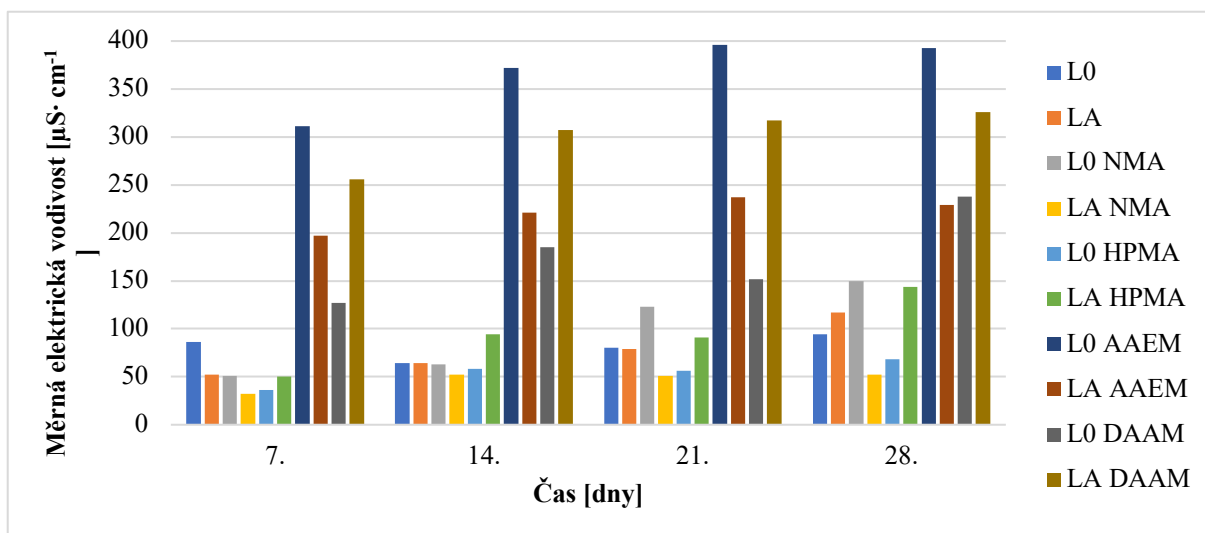
### Závěry odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> vůči MEK

- Došlo k výraznému zvýšení odolnosti vůči MEK v případě nátěrového filmu LA NMA o 90,33 % a L0 DAAM o 55,55 % v porovnání s nepigmentovanými nátěrovými filmy.
- Zvýšená odolnost byla pravděpodobně způsobena nízkou síťovou hustotou pojiv, které lépe interagovali se začleněným pigmentem TiO<sub>2</sub>.

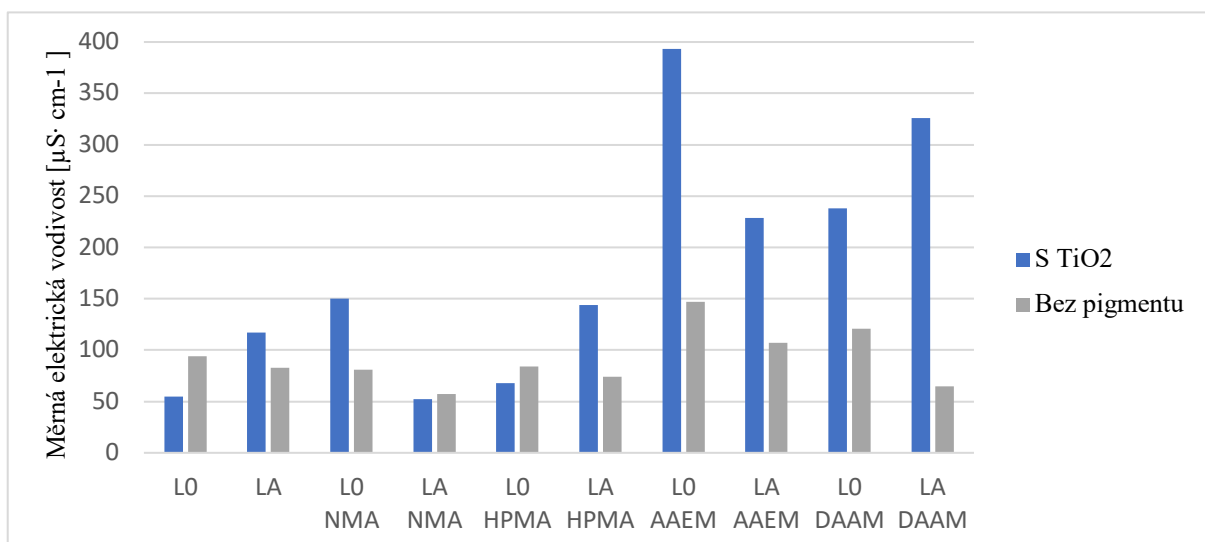
### 5.3.2.2. *pH a měrná elektrická vodivost vodného výluhu pigmentovaného volného filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> a korozní úbytky*

U volných filmů s obsahem 10 % objem. TiO<sub>2</sub> byla stanovena hodnota pH a měrná elektrická vodivost vodného výluhu volného filmu (viz tabulka 85) dle metod popsanych v kapitolách 3.7.1.12 – 3.7.1.13. Hodnoty pH výluhů volných filmů se u všech vzorků s rostoucím časem po dobu 28 dní snižovaly a nacházely se v mírně kyselé oblasti v rozmezí hodnot 5,76 – 6,93. Nejvíce zásaditý charakter vykazovalo pojivo LA AAEM s hodnotou pH 6,93 a kyselý charakter pojivo L0 NMA s hodnotou pH 5,76. Hodnoty pH se nacházely v kyselé oblasti z důvodu extrahování vodorozpustných látek obsažených v pojivu, tzv. iniciátor (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, pufr Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a začleněním pigmentu TiO<sub>2</sub> nedošlo k výrazné změny pH vodného výluhu.

Měrná elektrická vodivost vodných výluhů volných filmů s pigmentem TiO<sub>2</sub> se u všech vzorků s rostoucím časem po dobu 28 dní zvyšovala a pohybovala se v rozmezí hodnot 52,0 – 393 μS·cm<sup>-1</sup> (viz obrázek 48). Nejnižší hodnotu měrné elektrické vodivosti vykazovalo pojivo LA NMA, a naopak nejvyšší hodnotu L0 AAEM, u kterého se měrná elektrická vodivost zvýšila o 62,59 % v porovnání s výluhem nepigmentovaného volného filmu L0 AAEM. Hodnoty měrné elektrické vodivosti se s časem zvyšovaly, z důvodu neustálého extrahování vodorozpustných látek obsažených v pojivu, u kterých byl navíc začleněn pigment TiO<sub>2</sub>, takže v porovnání s nepigmentovanými nátěrovými filmy došlo k nárůstu výsledných hodnot (viz obrázek 49). Ve vodném výluhu volných filmů byla následně stanoveny korozní úbytky, které se pohybovaly v rozmezí hodnot 2,0421 – 4,2835 g·m<sup>-2</sup> (viz tabulka 86). Nejnižší hodnotu korozního úbytku se projevil ve vodném výluhu pojiva L0 DAAM, naopak nejvyšší hodnotu korozního úbytku vykazoval vodný výluh pojiva LA. Vliv na korozní úbytky má množství a chemická povaha extrahovaných vodorozpustných látek ve výluhu ale i hodnota pH výluhu. Spolupůsobení těchto všech faktorů udává výsledné množství korozních úbytků.



**Obrázek 48** Srovnání hodnot měrné elektrické vodivosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO<sub>2</sub>



**Obrázek 49** Srovnání hodnot měrné elektrické vodivosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentem TiO<sub>2</sub> a nepigmentovaných nátěrových filmů 28 den

### Závěry z výsledků pH, měrné elektrické vodivosti a korozních výluhů pigmentovaných volných nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub>

- Hodnoty pH výluhů volných filmů se u všech vzorků s rostoucím časem po dobu 28 dní snižovaly a nacházely se v mírně kyselé oblasti v rozmezí hodnot 5,76 – 6,93.
- Hodnoty pH se nacházely v kyselé oblasti z důvodu extrahování vodorozpustných látek obsažených v pojivu, tzv. iniciátor (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, pufr Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a začleněním pigmentu TiO<sub>2</sub> nedošlo k výrazné změny pH vodného výluhu.
- Měrná elektrická vodivost vodných výluhů volných filmů s pigmentem TiO<sub>2</sub> se u všech vzorků s rostoucím časem po dobu 28 dní zvyšovala a pohybovala se v rozmezí hodnot

52,0 – 393  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ , kdy nejnižší hodnotu vykazoval volný film LA NMA, a naopak nejvyšší hodnotu vykazoval volný film L0 AAEM.

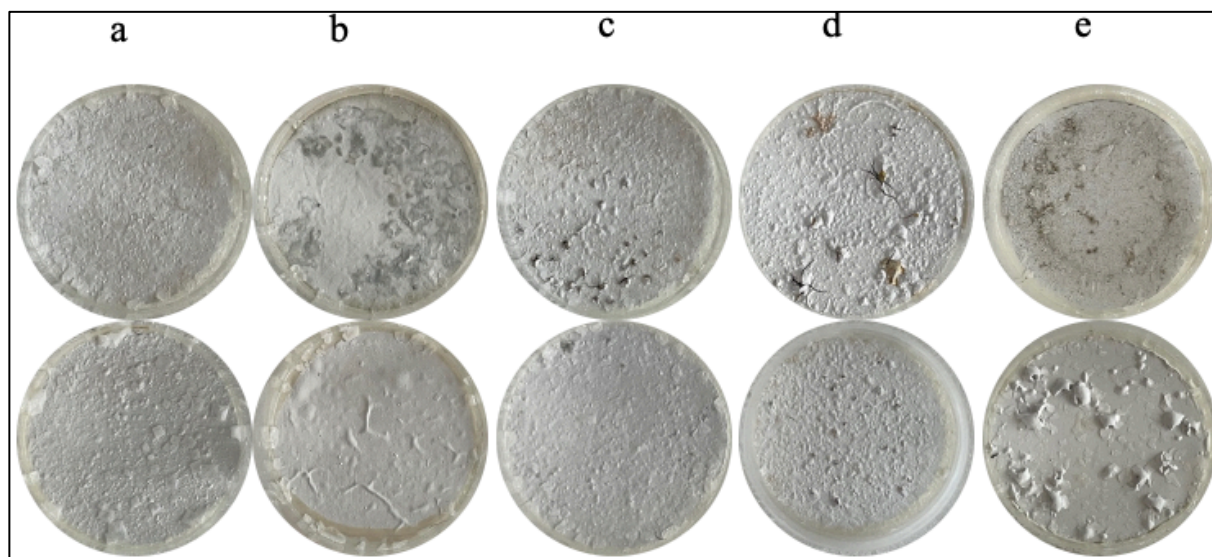
- Hodnoty měrné elektrické vodivosti se s časem zvyšovaly, z důvodu neustálého extrahování vodorozpustných látek obsažených v pojivu a v porovnání s nepigmentovanými nátěry vykazovala vyšší hodnoty z důvodu přítomnosti pigmentu  $\text{TiO}_2$ .
- Nejnižší hodnotu korozního úbytku se projevil ve vodném výluhu pojiva L0 DAAM s hodnotou  $2,0421 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , naopak nejvyšší hodnotu korozního úbytku vykazoval vodný výluh pojiva LA s hodnotou  $4,2835 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ .

### *5.3.2.3. Hodnocení odolnosti pigmentovaného nátěrového filmu s obsahem 10 % objem. $\text{TiO}_2$ v závislosti na pH korozního prostředí*

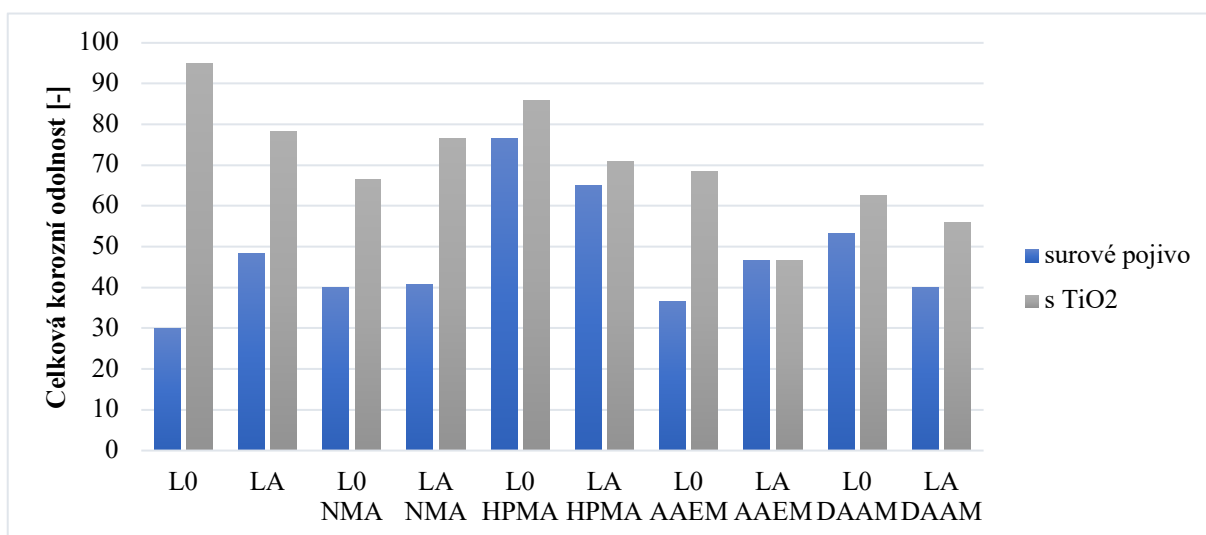
Odolnost pigmentovaného nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí byla hodnocena u nátěru s tloušťkou  $90 \pm 10 \mu\text{m}$  na ocelových panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.3. Odolnost byla vyhodnocena u nátěrového filmu s pigmentem  $\text{TiO}_2$  po 550 hodinách (viz tabulka 87), kdy na nátěrový film působily roztoky pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10 a 12.

Po 7 dnech testování nebyly u nátěrových filmů viditelné změny. Po 14 dnech testování se projevíly změny u nátěrových filmů s pigmentem  $\text{TiO}_2$ , a to nejvíce u pojiva L0 NMA, LA NMA, LA AAEM a LA DAAM v kyselé oblasti pH 2–4 (viz obrázek 50). Ostatní nátěrové filmy s pigmentem  $\text{TiO}_2$  vykazovaly vznik puchýřů či jiné poškození nátěru, a to převážně v kyselé oblasti 2–4, ojediněle v oblasti pH v rozmezí 6–8 a oblast s pH v rozmezí 10–12 byla bez výskytů puchýřů a projevu koroze. Po odstranění nátěrového filmu z ocelového panelu byla hodnocena koroze podkladu, která byla u většiny pojiv při pH 4–6 v rozmezí hodnot 3–33 % prokorodování (viz příloha F). Pojivo L0 a LA vykazovalo při pH 4–6 vyšší odolnost vůči prokorodování než ostatní pojiva. Nátěrové filmy s pigmentem  $\text{TiO}_2$ , který zde měl funkci inertního pigmentu, vykazovaly razantně nižší korozní projevy v porovnání se surovými pojivy (viz obrázek 51). Naopak začleněné  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  nevykazovaly vliv na zvýšení odolnosti nátěrových filmů v kyselé oblasti pH korozního prostředí, pravděpodobně z důvodu vyšší rozpustnosti  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  v kyselé oblasti. Naopak v zásadité oblasti lze konstatovat, že  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  plní funkci inhibitoru koroze na základě jejich bazického charakteru, kdy dochází ke zvýšení pH oblasti blízké ocelovému podkladu a elektrochemická reakce je zde potlačena. Také je možné, že disociované  $\text{La}^{3+}$  interagují spolu s vrstvou směsných hydroxidů, brzdí průběh katodové reakce a dochází ke vzniku pasivní vrstvy na povrchu ocelového panelu. U nátěrových filmů obsahující

$n\text{La}_2\text{O}_3$ , u kterých byla pozorována snížená antikoroziční ochranná účinnost, lze usuzovat, že nanočástice se nacházely ve formě síranů, které byly příčinou korozní reakce. U všech nátěrových filmů bylo prokázána vysoká antikoroziční ochrana v prostředí o pH v rozmezí 10–12 a pojiva. V porovnání s nepigmentovanými nátěrovými filmy došlo u všech pojiv přidáním pigmentu  $\text{TiO}_2$  ke zvýšení korozní odolnosti v závislosti na pH prostředí.



**Obrázek 50** Projevy koroze podkladu u nátěrových filmů s pigmentem  $\text{TiO}_2$  v závislosti na pH 4 korozního prostředí; v první řadě jsou nátěrové filmy bez  $n\text{La}_2\text{O}_3$ , a: L0, LA; b: L0 NMA, LA NMA; c: L0 HPMA, LA HPMA; d: L0 AAEM, LA AAEM; e: L0 DAAM, LA DAAM



**Obrázek 51** Porovnání korozní odolnosti nátěrového filmu s pigmentem  $\text{TiO}_2$  s nátěrovým filmem surového pojiva bez pigmentu v závislosti na pH korozního prostředí

### **Závěry z výsledků pigmentovaných volných nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> v závislosti na pH korozního prostředí**

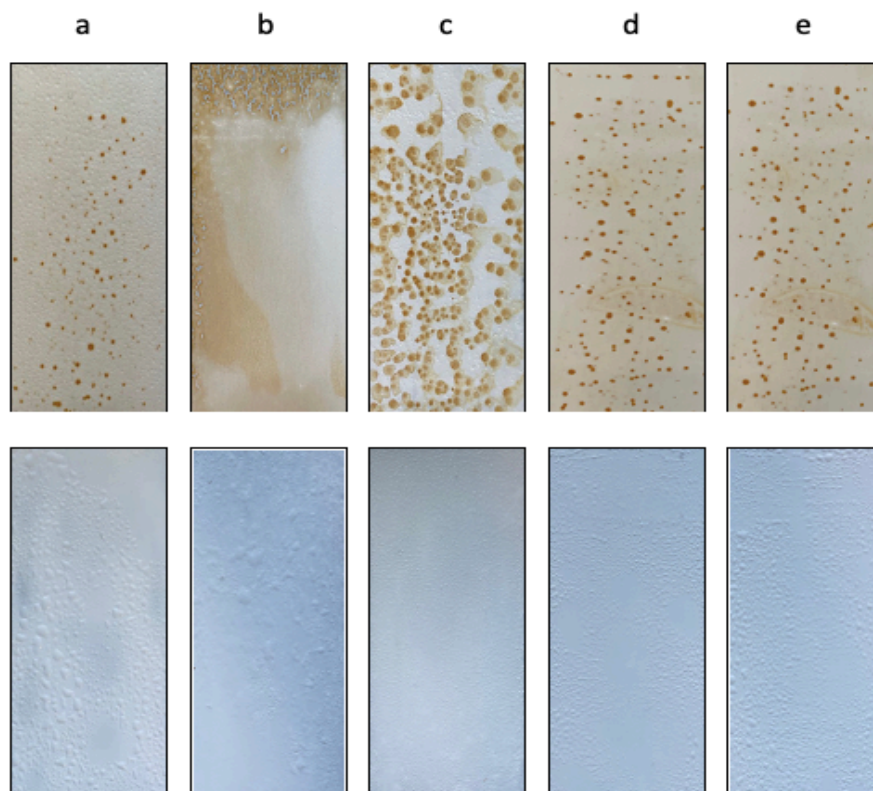
- V prvních 14 dnech se změna nejvíce projevila u pojiva L0 NMA, LA NMA, LA AAEM a LA DAAM v kyselé oblasti pH 2–4.
- Pojivo L0 a LA vykazovalo po 550 hodinách při pH 4–6 vyšší odolnost vůči prokorodování než ostatní pojiva.
- Nátěrové filmy s pigmentem TiO<sub>2</sub>, který zde měl funkci inertního pigmentu, vykazovaly razantně nižší korozní projevy v porovnání se surovými pojivy.
- V zásadité oblasti lze konstatovat, že nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> plní funkci inhibitoru koroze na základě jejich bazického charakteru, kdy dochází ke zvýšení pH oblasti blízké ocelovému podkladu a elektrochemická reakce je zde potlačena.
- U všech nátěrových filmů bylo prokázána vysoká antikorozi ochrana v prostředí o pH v rozmezí 10–12 a pojiva.

#### *5.3.2.4. Hodnocení odolnosti pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> vůči bleskové korozi*

Odolnost vůči bleskové korozi byla hodnocena u pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> a tloušťkou 90±10 µm na ocelových panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.4. Odolnost byla stanovena u nátěrového filmu, který obsahoval 0 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA 179 (tabulka 88) a nátěrový film, do kterého byl začleněno 0,4 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA (tabulka 89). Všechny nátěrové filmy s 0 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA 179 vykazovaly bleskovou korozi po 2 hodinách od aplikace nátěru, kdy byl nejvíce zasažen nátěrový film LA NMA, L0 HPMA a LA HPMA. Z tohoto důvodu byl do pojiv začleněn inhibitor bleskové koroze o ověřené funkční koncentraci začleněno 0,4 % hmotn. Po zrychleném laboratorním testu bleskové koroze u pojiv s přidaným inhibitorem bleskové koroze nedošlo u žádného nátěrového filmu ke korozi ocelového podkladu, nýbrž ke vzniku puchýřů v ploše nátěrového filmu, a to v mnohem vyšší míře než u nátěrových filmů s 0 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze. Pro vizualizaci jsou uvedeny nátěrové filmy obsahující inhibitor bleskové koroze v porovnání s pojivy, které inhibitor neobsahují po zrychleném laboratorním testu (viz příloha G). Blesková koroze se u nátěrových filmů obsahující inertní pigment TiO<sub>2</sub> projevila v mnohem menší míře než u nátěrových filmů surových pojiv bez obsahu pigmentu, což potvrzuje inhibiční účinek pigmentu TiO<sub>2</sub> vůči koroznímu působení. Z výsledných hodnot

bleskové koroze u surových poživ bylo možné konstatovat, že  $n\text{La}_2\text{O}_3$  plní funkci inhibitoru koroze na základě jejich bazického charakteru, kdy dochází k posunutí pH do oblasti, kdy je elektrochemická korozní reakce, probíhající na ocelovém podkladu, potlačena. Také je možné, že disociované  $\text{La}^{3+}$  interagují spolu s vrstvou směsných hydroxidů, brzdí průběh katodové reakce a dochází ke vzniku pasivní vrstvy na povrchu ocelového panelu. V případě nátěrových filmů s pigmentem  $\text{TiO}_2$  se neprojevil inhibiční účinek  $n\text{La}_2\text{O}_3$  vůči korozi, ale pouze vliv pigmentu  $\text{TiO}_2$  (viz obrázek 52).

Na základě Pourbaixova diagramu, který definuje chování kovu ve vodném roztoku a je popsán závislostí rovnovážného redox potenciálu elektrochemické reakce na pH vodného roztoku lze konstatovat, že při pH 10–12 se ocelový podklad pasivuje ochrannou pasivní vrstvou. Naopak v případě pH v rozmezí hodnot 2–8 dochází ke vzniku rozpustného korozního produktu, resp. vzniku  $\text{Fe}^{2+}$  iontů a ocelový podklad je tedy aktivní, tj. dochází k aktivnímu rozpouštění kovu, který přechází do vodného elektrolytu ve formě hydratovaného kationtu. V kyselém prostředí se také uplatňuje katodická reakce, kdy dochází k vylučování vodíku, z důvodu vyššího množství vodíku v kyselém prostředí [67].



**Obrázek 52** Projevy bleskové koroze pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem.  $\text{TiO}_2$  bez inhibitoru bleskové koroze v porovnání s nátěrovým filmem s 10 % objem.  $\text{TiO}_2$  s inhibitorem bleskové koroze po zrychleném laboratorním cyklu; v první řadě a: L0, b: L0 NMA, d: L0 AAEM, e: L0 DAAM; ve druhé řadě a: La, b: LA NMA, d: LA AAEM, e: LA DAAM

### **Závěry z odolnosti pigmentovaných volných nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> vůči bleskové korozi**

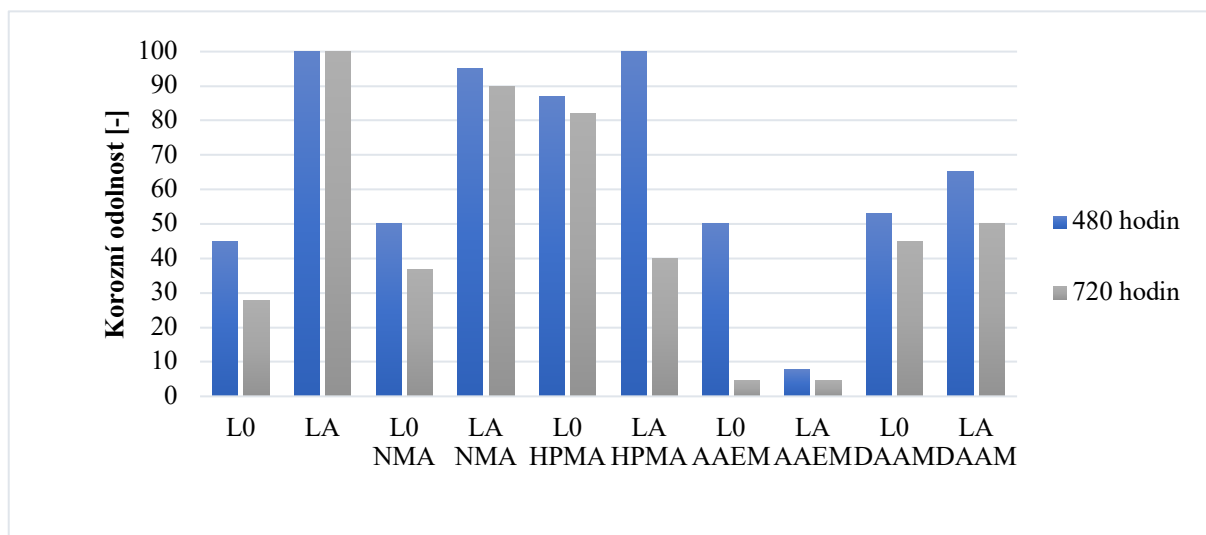
- Všechny nátěrové filmy s 0 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA 179 vykazovaly bleskovou korozi po 2 hodinách od aplikace nátěru, kdy byl nejvíce zasažen nátěrový film LA NMA (33 % bleskové koroze), L0 HPMA (33 % bleskové koroze) a LA HPMA (16 % bleskové koroze).
- Nátěrové filmy s 0,4 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA 179 vykazovaly vznik puchýřů v ploše nátěrového filmu, a to v mnohem vyšší míře, než nátěrové filmy s 0,4 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze.
- Blesková koroze se u nátěrových filmů obsahující inertní pigment TiO<sub>2</sub> projevila v mnohem menší míře než u nátěrových filmů surových poživ bez obsahu pigmentu.
- Byl indikován inhibiční účinek pigmentu TiO<sub>2</sub> vůči působení bleskové koroze.

#### *5.3.2.5. Hodnocení odolnosti vůči vlhkým atmosférám pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub>*

Odolnost vůči vlhkým atmosférám byla hodnocena u pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> a tloušťkou 90±10 μm na ocelových panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.6. Hodnocení nátěrového filmu byla provedena po 240 a 480 hodinách při expozici v atmosféře o 100% relativní vlhkosti vzduchu při teplotě 38±2 °C (viz tabulka 90). Z výsledných hodnot došlo po 480 hodinách k výrazné korozi v ploše a podkorodování u pojiva L0 NMA (100% koroze v podkladu), LA NMA (100% koroze v podkladu), L0 AAEM (33% koroze v podkladu) a LA AAEM (33% koroze v podkladu). Z obrázku 53 je viditelný rozdíl korozní odolnosti mezi jednotlivými pigmentovanými nátěrovými filmy vůči vlhkým atmosférám. V příloze F jsou pro vizualizaci uvedeny fotografie pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> po expozici 480 hodin vlhkým atmosférám. Jednotlivé vzorky byly kontrolovány po uplynutí 120 hodin a k rapidnímu zhoršení koroznímu průběhu došlo u pojiva L0 NMA, L0 AAEM a LA AAEM v rozmezí 240–480 hodin. Nízká antikorozní ochrana mohla být u pojiva L0 AAEM a L0 AAEM způsobena vysokou hodnotou síťové hustoty, která pravděpodobně potlačila schopnost kvalitní koalescence latexového filmu, který tak obsahoval velké množství nanoskopických kanálek, které způsobily výrazný transport vody k ocelovému podkladu. U ostatních systémů vykazující nižší odolnost vůči vlhkým atmosférám mohlo dojít ke vzniku intersticiálních prostorů v nátěrovém filmu, obsahující zbylé množství emulgátoru a iniciátoru. Příčina vzniku puchýřů mohla být z důvodu rozpuštění určitého množství nLa<sub>2</sub>O<sub>3</sub> za



vzniku koncentračních článků a snížení přilnavosti nátěrového filmu k ocelovému panelu. Voda, která byla v kontaktu s nátěrovým filmem způsobila postupné vymývání vodou rozpustných látek a zániku difúzního hnacího potenciálu, čímž byl korozní proces ukončen. V porovnání s nátěrovými filmy surových pojiv vystavených vlhké atmosféře, zde pigment  $\text{TiO}_2$  nepůsobil jako inhibitor koroze, ale zapříčinil tendenci nátěrového filmu k vyšší absorpci vody a vzniku puchýřů.



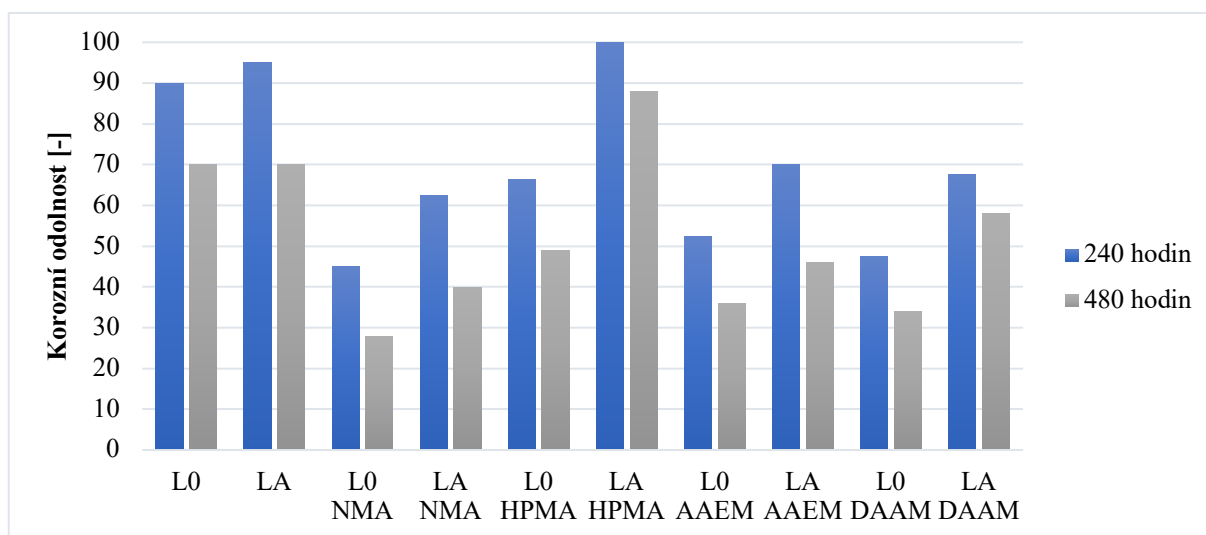
*Obrázek 53 Korozní odolnost pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem.  $\text{TiO}_2$  vůči vlhké atmosféře v čase*

### **Závěry z odolnosti pigmentovaných volných nátěrových filmů s 10 % objem. $\text{TiO}_2$ vůči vlhkým atmosférám**

- Z výsledných hodnot došlo po 480 hodinách k výrazné korozi v ploše a podkorodování u pojiva L0 NMA (100% koroze v podkladu), LA NMA (100% koroze v podkladu), L0 AAEM (33% koroze v podkladu) a LA AAEM (33% koroze v podkladu).
- Nízká antikorozi ochrana mohla být u pojiva L0 AAEM a L0 AAEM způsobena vysokou hodnotou síťové hustoty, která pravděpodobně potlačila schopnost kvalitní koalescence latexového filmu, který tak obsahoval velké množství nanoskopických kanálků, které způsobily výrazný transport vody k ocelovému podkladu.
- Pigment  $\text{TiO}_2$  zde nepůsobil jako inhibitor koroze, ale zapříčinil tendenci nátěrového filmu k vyšší absorpci vody, tedy docházelo k vzniku většího množství puchýřů a funkce ochranné korozní bariéry nátěrového filmu vůči ocelovému podkladu byla snížena.

### 5.3.2.6. Hodnocení odolnosti vůči solnému elektrolytu pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. $TiO_2$

Odolnost vůči atmosféře neutrálnímu solnému elektrolytu byla hodnocena u pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem.  $TiO_2$  s tloušťkou  $90 \pm 10 \mu m$  na ocelových panelech opatřených zkušebním řezem dle metody popsané v kapitole 3.7.4.7. Hodnocení nátěrového filmu byla provedena po 240 a 480 hodinách při expozici v atmosféře solného elektrolytu za zvýšené vlhkosti vzduchu při teplotě  $35 \pm 1 \text{ } ^\circ C$ . Výsledné hodnoty měření po expozici 240 a 480 hodin jsou uvedeny v tabulce 91. Z výsledných hodnot je viditelná ochranná bariéra vůči koroznímu působení u nátěrového filmu LA HPMA (3% koroze podkladu) a L0 DAAM (16% koroze podkladu), naopak systémy L0 AAEM, LA AAEM, L0 NMA a LA NMA vykazovaly 0 % ochrannou bariéru ocelovému podkladu. Jednotlivé vzorky byly kontrolovány po uplynutí 120 hodin a již po této době došlo ke značnému koroznímu napadení plochy u nátěrového filmu L0 AAEM a LA AAEM. Z obrázku 54 je viditelný rozdíl korozní odolnosti mezi jednotlivými pigmentovanými nátěrovými filmy s pigmentem  $TiO_2$  vůči atmosféře s obsahem solného elektrolytu a z výsledných hodnot lze konstatovat, že korozní ochranná bariéra nátěrového filmu nebyla zvýšena začleněním 10 % objem.  $TiO_2$ . V příloze G jsou pro vizualizaci uvedeny fotografie pigmentovaných nátěrových filmů po expozici 480 hodin v atmosféře neutrální solného elektrolytu.



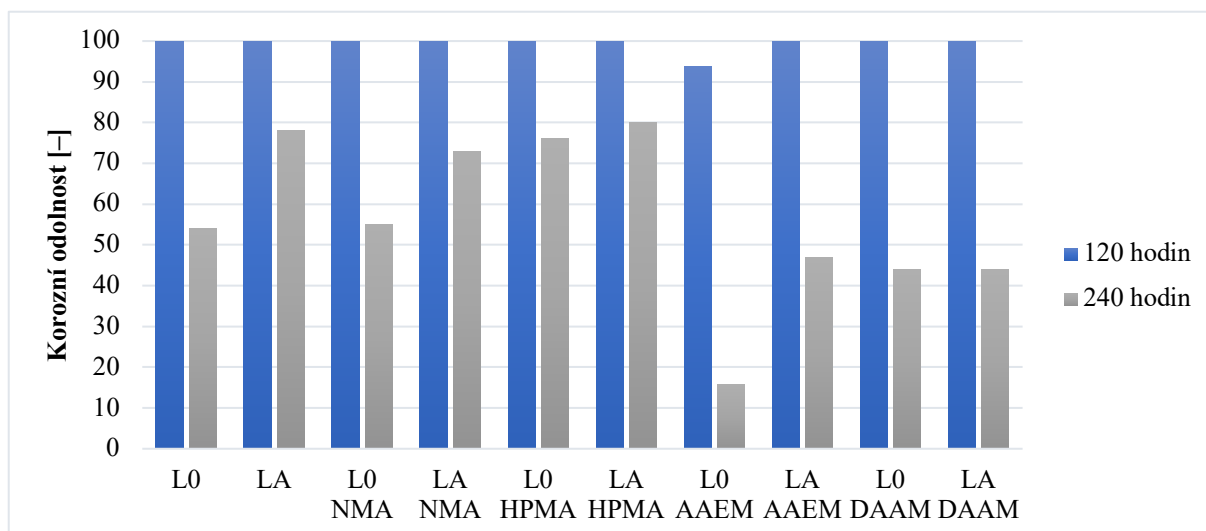
**Obrázek 54** Korozní odolnost pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem.  $TiO_2$  vůči solnému elektrolytu v čase

### **Závěry z odolnosti pigmentovaných volných nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> vůči solnému elektrolytu**

- Z výsledných hodnot je viditelná ochranná bariéra ocelového podkladu vůči koroznímu působení u nátěrového filmu LA HPMA (3% koroze podkladu) a L0 DAAM (16% koroze podkladu).
- Naopak systémy L0 AAEM, LA AAEM, L0 NMA a LA NMA vykazovaly 0 % ochrannou bariéru ocelového podkladu.
- Korozní ochranná bariéra nátěrového filmu nebyla zvýšena začleněním 10 % objem. TiO<sub>2</sub>, z důvodu vyšší absorpce vody, čímž docházelo k vzniku většího množství puchýřů a funkce ochranné korozní bariéry nátěrového filmu vůči ocelovému podkladu byla snížena.

#### *5.3.2.7. Hodnocení odolnosti pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> v cyklické povětrnostní zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci s korozní zkouškou solným elektrolytem*

Odolnost vůči cyklické expozici UV záření a následnému ponoru v 0,35% roztoku (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> s 0,05% NaCl roztoku byla hodnocena dle metody popsané v kapitole 3.7.4.11. u pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> s tloušťkou s tloušťkou 90±10 μm na ocelových panelech opatřených zkušebním řezem dle metody popsané v kapitole 3.7.4.7. Hodnocení nátěrového filmu byla provedena po 120 hodinách expozice UV záření při teplotě 60 °C a po 240 hodinách při expozici 100% vlhkosti při 50 °C. Výsledné hodnoty měření po expozici 120 a 240 hodin jsou uvedeny v tabulce 92. Na ocelových panelech byla sledována účinná ochranná korozní bariéra nátěrového filmu LA NMA (0,3% koroze podkladu), L0 HPMA (0,3% koroze podkladu) a LA HPMA (0,1% koroze podkladu) naopak sledovány korozní projevy v ploše panelu byly znatelné u nátěrového filmu L0 AAEM (100% koroze podkladu). U ostatních nátěrových filmů byla celková korozní odolnost vůči povětrnostní zkoušce obdobná ve srovnání s nátěrovými filmy surových pojiv bez pigmentu (viz obrázek 55). V příloze H jsou pro vizualizaci uvedeny fotografie pigmentovaných nátěrových filmů po expozici 240 hodin cyklické zkoušce.



*Obrázek 55 Korozní odolnost pigmentovaného nátěrového filmu s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> vůči cyklické povětrnostní zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci s korozní zkouškou solným elektrolytem*

### **Závěry z odolnosti pigmentovaných volných nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> vůči cyklické povětrnostní zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci s korozní zkouškou solným elektrolytem**

- Na ocelových panelech byla sledována účinná ochranná korozní bariéra nátěrového filmu LA NMA (0,3% koroze podkladu), L0 HPMA (0,3% koroze podkladu) a LA HPMA (0,1% koroze podkladu).
- Byly sledovány korozní projevy v ploše panelu byly znatelné u nátěrového filmu L0 AAEM (100% koroze podkladu).
- U ostatních nátěrových filmů byla celková korozní odolnost vůči povětrnostní zkoušce srovnatelná s nátěrovými filmy surových poživ bez pigmentu.

#### *5.3.3. Hodnocení antimikrobiální účinnosti pigmentovaných nátěrových filmů*

Antimikrobiální účinnost poživ byla hodnocena u zkušebních vzorků připravených dle postupu popsaném v kapitole 3.6. na kterých byla hodnocena antibakteriální a antifungální účinnost pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub>. Antibakteriální účinnost byla provedena obtiskovou metodou popsanou v kapitole 4.1.4.1. a antifungální účinnost dle metody popsanou v kapitole 4.1.4.2.

##### *5.3.3.1. Hodnocení antimikrobiální účinnosti pigmentovaných nátěrových filmů s 10 % objem.*

###### *TiO<sub>2</sub>*

Výsledné hodnoty antibakteriální účinnosti volných pigmentovaných filmů s 10 % objem. TiO<sub>2</sub> jsou uvedeny v tabulce 93. U pojiva LA, L0 NMA, LA NMA a LA AAEM byl

zjištěn inhibiční efekt na růstu MO v případě *E. Coli*. U bakterie *S. Aureus* byl zjištěn inhibiční efekt u pojiva L0 NMA a LA NMA. Antifungální účinnost u *P. chrysogenum* byla zjištěna u pojiva LA NMA, LA HPMA, LA AAEM a LA DAAM. Výsledné hodnoty nátěrových filmů s 10 % objem.  $\text{TiO}_2$  vykazovaly mírné zvýšení antifungální účinnosti v případě pojiva L0 NMA, L0 AAEM a LA AAEM v porovnání se surovými pojivy bez přidaného pigmentu a lze konstatovat, že pigment  $\text{TiO}_2$  má fungistatický účinek a zamezuje růstu MO v kombinaci s daným typem pojiva (viz tabulka 94). U začleněných  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  nebyl doposud zjištěn mechanismus antimikrobiálního účinku. Nicméně byla dokázána peroxidace lipidů a také vznik reaktivních forem kyslíku, který je schopen inhibovat růst MO. Antibakteriální odolnost byla hodnocena dle tabulky 35 (tzn. 0 stupeň – žádný nárůst MO, 4 stupeň – nárůst  $300 \pm 20$  kolonií). Antifungální odolnost byla hodnocena vizuálně (tzn. 100 % – žádný nárůst MO, 0 % – narostlo  $300 \pm 20$  kolonií). Nárůst bakterií na otisku je zobrazen v příloze CH.

#### **Závěry antimikrobiální účinnosti pigmentovaných volných nátěrových filmů s 10 % objem. $\text{TiO}_2$**

- U pojiva LA, L0 NMA, LA NMA a LA AAEM byla zjištěn inhibiční efekt na růstu MO v případě *E. Coli*.
- V případě bakterie *S. Aureus* byl zjištěn inhibiční efekt u pojiva L0 NMA a LA NMA.
- Výsledné hodnoty nátěrových filmů s 10 % objem.  $\text{TiO}_2$  vykazovaly mírné zvýšení antifungální účinnosti v případě pojiva L0 NMA, L0 AAEM a LA AAEM v porovnání se surovými pojivy bez přidaného pigmentu.
- Začleněný pigment  $\text{TiO}_2$  má fungistatický účinek a zamezuje růstu MO v kombinaci s daným typem pojiva.

#### **5.4. Hodnocení vlastností antikoročních nátěrových filmů**

Hodnocené antikoroční NH byly naformulovány ze syntetizovaných akrylátových pojiv postupem popsáním v kapitole 2.4. Cílem při formulaci antikoročních NH bylo dosažení antikoroční odolnosti v prostředí C3, kdy byla syntetizovaná pojiva formulována s pigmenty a plnivy uvedených v tabulce 8.

K formulaci byly zvoleny dle chování pojiv s pigmentem  $\text{TiO}_2$  tři pojiva, a to latex bez síťovacího mechanismu s 1,5 % hmotn.  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  (LA), latex se síťovacím mechanismem na bázi N-(2-hydroxy-propyl) methakrylátu s 1,5 % hmotn.  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  (LA HPMA) a pro srovnání latex bez síťovacího mechanismu s 0 % hmotn.  $\text{nLa}_2\text{O}_3$  (L0). Antikoroční NH byly formulovány

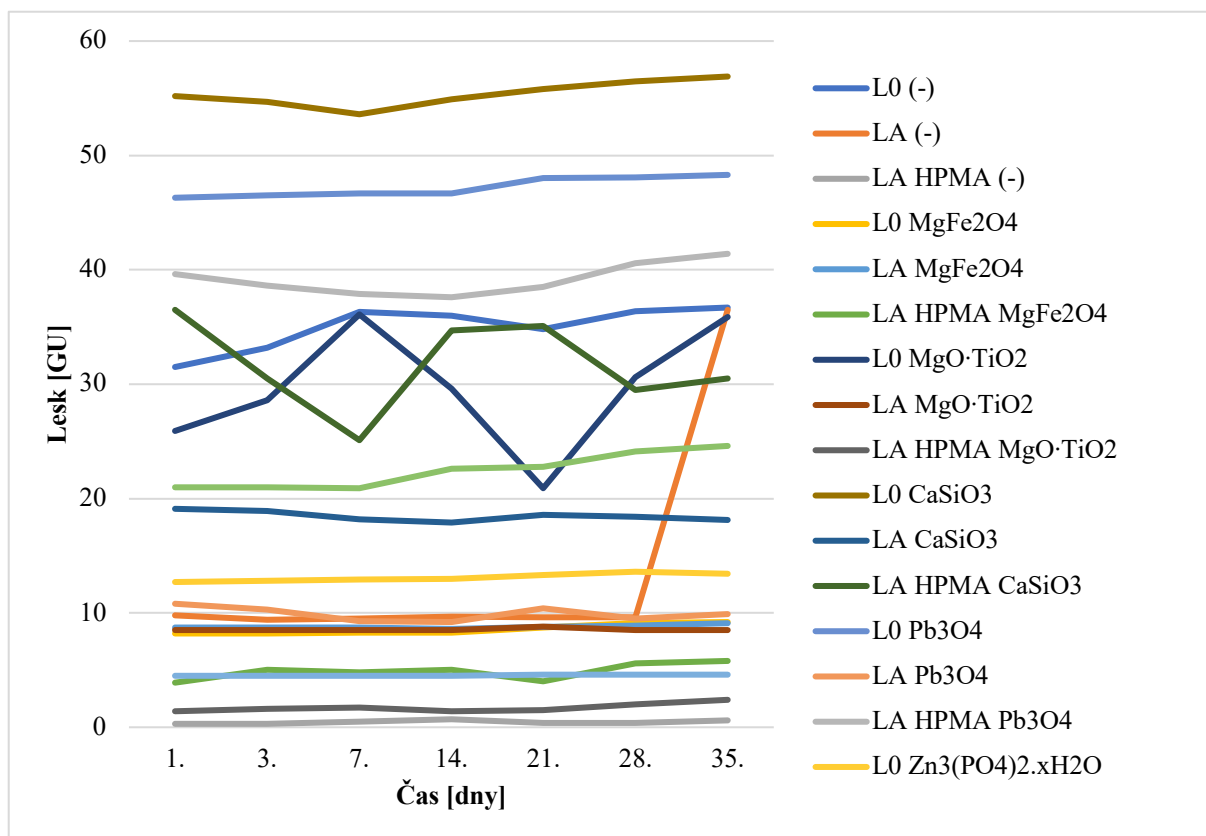
s pigmenty: orthofosforečnan zinečnatý, hydrát ( $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$ ), magnesium ferit ( $MgFe_2O_4$ ), tetraoxid diolovnatu-olovičitý ( $Pb_3O_4$ ), oxid hořečnato titaničitý ( $MgO \cdot TiO_2$ ), Wollastonit KS-3 ( $CaSiO_3$ ) a systém pouze s pigmentem Hematit (-) při OKP 10 %. Při OKP 15 % bylo přidáno plnivo Plastorit® Micro ( $Mg_5Al(OH)_8(AlSi_3O_{10})/SiO_2$ ) a pomocí Hematit Byferrox 120 M byl upraven pigmentový systém na  $Q = 35 \%$ .

#### 5.4.1. Hodnocení fyzikálně mechanických vlastností nátěrových filmů

##### 5.4.1.1. Vlastnosti nátěrových filmů s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem $Fe_2O_3$ při $Q = 35 \%$

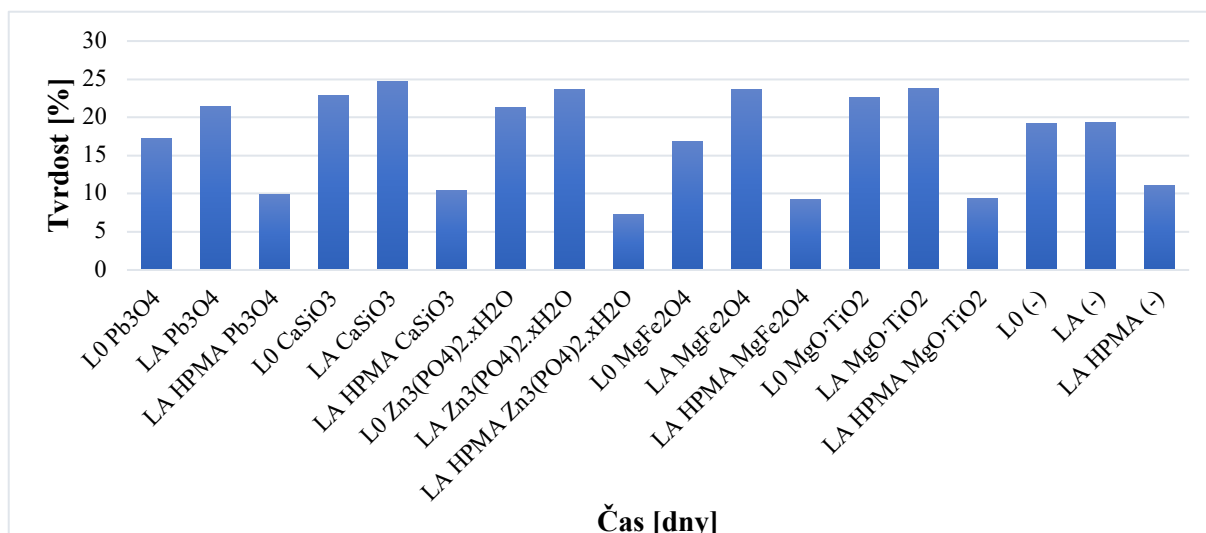
Vizuální vlastnosti a tvrdost byly hodnoceny u antikorozních nátěrových filmů o tloušťce  $50 \pm 10 \mu m$  na skleněných panelech s antikorozními pigmenty o OKP 10 %, plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a plnivem Hematit Byferrox 120 doplněno na  $Q = 35 \%$  dle metod popsanych v kapitolách 3.7.3.1–3.7.3.5, kdy byly hodnoceny vizuální vlastnosti, tvrdost dle Persoze a odolnost vůči vtisku. Z tabulky 79 je zřejmé, že nejlepší vzhledové vlastnosti vykazovaly systémy L0  $Pb_3O_4$  a LA  $Pb_3O_4$ ,  $CaSiO_3$ ,  $MgFe_2O_4$ ,  $MgO \cdot TiO_2$  bez částic, bublin, prasklin a slitý povrch. Zhoršené vizuální vlastnosti byly zaznamenány u systémů na bázi pojiva LA HPMA.

Po dobu 35 dní byl u pigmentovaných nátěrových filmů měřen lesk, tvrdost a odolnost proti vtisku (viz tabulky 95–100). Lesk nátěrového filmu byl hodnocen při úhlech  $20^\circ$ ,  $60^\circ$  a  $85^\circ$  a naměřené hodnoty se v průměru pohybovaly při geometrii  $60^\circ$  pod hodnotou 70 GU. Z tohoto důvodu byl brán zřetel na hodnoty získané při geometrii  $60^\circ$ , při které docházelo k největší změně GU. Z obrázku 56 je zřejmé, že u většiny antikorozních systémů je měřený lesk v čase konstantní. U systému L0  $CaSiO_3$  a LA HPMA  $CaSiO_3$  byl zaznamenán v průběhu 7 dne značný pokles v lesku nátěrového filmu. Systém L0  $MgO \cdot TiO_2$  a L0 (-) vykazovaly značný pokles lesku nátěrového filmu v průběhu 21 dne od nanesení. Nejvyšší hodnotu lesku vykazoval nátěrový film L0  $CaSiO_3$  s hodnotou 56,9 GU, zatímco matný nátěrový film byl LA HPMA (-) s hodnotou 0,6 GU.



**Obrázek 56** Hodnocení lesku pigmentovaných nátěrových filmů s antikoroziními pigmenty dnech (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem  $Fe_2O_3$  při  $Q = 35$  %); pozn.: body měření byly propojeny spojnicí pro vizualizaci průběhu

U antikorozičních systémů byla tvrdost s rostoucím časem konstantní a z toho důvodu byl sledován rozdíl tvrdosti mezi jednotlivými pigmenty (viz obrázek 57). Surové pojivo, které vykazovalo nejvyšší tvrdost bylo LA, viz kapitola 5.2.1.2 a to se potvrdilo i v momentu, kdy byly do pojiva začleněny antikoroziční pigmenty. Nejvyšší vliv na tvrdost vykazoval pigment  $CaSiO_3$  a  $MgO \cdot TiO_2$ . Naopak nejnižší tvrdost vykazovalo pojivo LA HPMA, u kterého nedošlo ke zvýšení tvrdosti ani po začlenění pigmentů. Pigment  $CaSiO_3$  má kromě pozitivního vlivu na chemické působení také vliv na soudružnost nátěrového filmu převážně způsobenou tvarem a velikostí částic pigmentu. Na základě tvaru se může pigment  $CaSiO_3$  řadit mezi jehlicovité anorganické částice, které se nejčastěji využívají jako plniva do polymerních kompozitů [68].



**Obrázek 57** Hodnocení tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů s antikorozními pigmenty po 35 dnech (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %)

Odolnost vůči vtisku byla hodnocena u systémů s antikorozními pigmenty a obdobně jako u tvrdosti měřené dle Persoze se hodnoty s časem zvyšovaly a jednotlivé vtisky vykazovaly menší rozměry (viz tabulka 100). U měření tvrdosti dle Buchholze se projevila vyšší tvrdost u systému na bázi pojiva LA HPMA, což mohlo být způsobeno přítomností vyššího množství částic na povrchu nátěrového filmu, který vykazoval horší vizuální vlastnosti než ostatní pojiva. Vyšší tvrdost vykazovaly systémy s pigmenty CaSiO<sub>3</sub>, MgO·TiO<sub>2</sub>, což koreluje s výsledky získanými z měření tvrdosti dle Persoze.

#### **Závěry z vlastností nátěrových filmů s antikorozními pigmenty OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %**

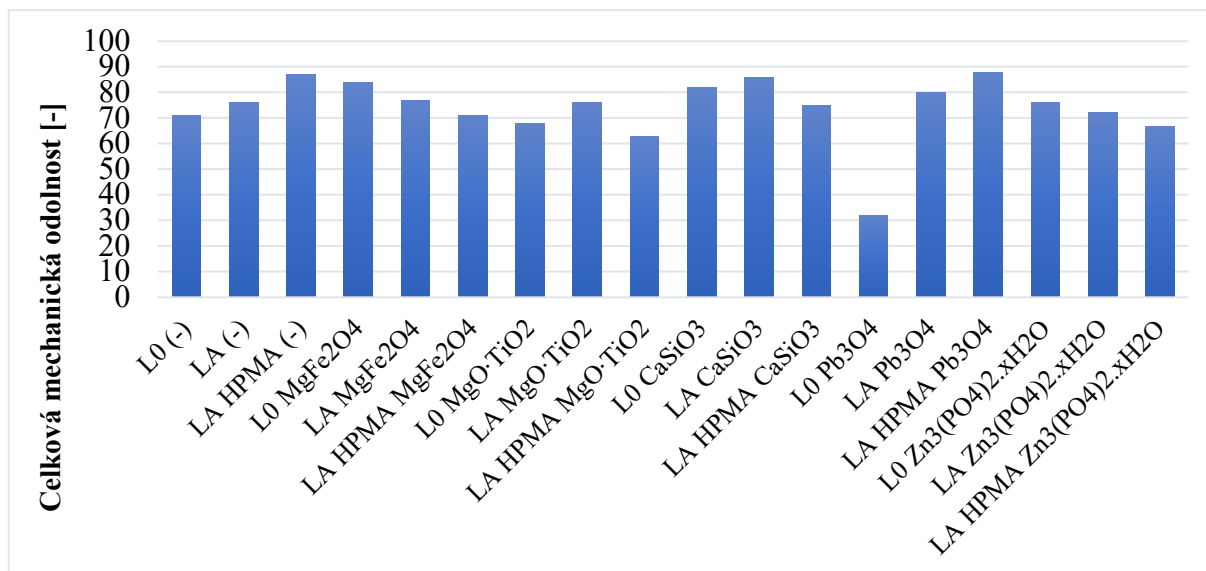
- Nejlepší vzhledové vlastnosti vykazovaly systémy L0 a LA s pigmenty Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, CaSiO<sub>3</sub>, MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, MgO·TiO<sub>2</sub> a (-) bez částic, bublin, prasklin a slitý povrch.
- Zhoršené vizuální vlastnosti byly zaznamenány u systémů na bázi pojiva LA HPMA.
- Nejvyšší hodnotu lesku vykazoval nátěrový film L0 CaSiO<sub>3</sub> s hodnotou 56,9 GU, zatímco matný nátěrový film byl LA HPMA (-) s hodnotou 0,6 GU.
- Nejvyšší vliv na tvrdost vykazoval pigment CaSiO<sub>3</sub> a MgO·TiO<sub>2</sub>.

#### *5.4.1.2. Hodnocení mechanické odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %*

Mechanická odolnost byla hodnocena u pigmentovaných nátěrových filmů s tloušťkou 50 ±10 μm na ocelových panelech dle metod popsanych v kapitolách 3.7.3.6–3.7.3.10. U antikorozních systémů byla mechanická odolnost (viz tabulka 101) porovnávána se surovými



pojivky, která vykazovala téměř 100% mechanickou odolnost. U všech antikoročních systémů došlo k výraznému poklesu odolnosti při úderu na rub a přilnavosti. Z výsledných hodnot je zřejmé, že pigmenty  $Pb_3O_4$ ,  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$  a  $MgO \cdot TiO_2$  nepřispěly ke zvýšení mechanické odolnosti, ale naopak k jejímu snížení. Na obrázku 58 je zachycena výsledná mechanická odolnost antikoročních systémů.



Obrázek 58 Hodnocení tvrdosti pigmentovaných nátěrových filmů s antikoročními pigmenty po 35 dnech (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem  $Fe_2O_3$  při  $Q = 35$  %)

### Závěry z mechanické odolnosti nátěrových filmů s antikoročními pigmenty OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem $Fe_2O_3$ při $Q = 35$ %

- U všech antikoročních systémů došlo k výraznému poklesu odolnosti při úderu na rub a přilnavosti v porovnání s nepigmentovanými nátěrovými filmy.
- Pigmenty  $Pb_3O_4$ ,  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$  a  $MgO \cdot TiO_2$  nepřispěly ke zvýšení mechanické odolnosti, ale naopak k jejímu výraznému snížení.

#### 5.4.1.3. Hodnocení odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů filmu s antikoročními pigmenty při OKP 10 % s obsahem $Fe_2O_3$ při $Q = 35$ % vůči odtrhu

Odolnost vůči odtrhu byla hodnocena u pigmentovaného u nátěrových systémů s antikoročními pigmenty s tloušťkou  $50 \pm 10$   $\mu m$  na ocelových panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.3.11. Hodnocené nátěrové filmy vykazovaly nízkou odolnost vůči odtrhovému testu (viz tabulka 102) a odtrhová síla se pohybovala v rozmezí 0,112 – 0,406 N. Nejnižší hodnotu odtrhové síly vykazoval systém L0  $Pb_3O_4$ , a naopak nejvyšší hodnotu odtrhové síly vykazoval systém LA HPMA  $MgO \cdot TiO_2$ . Z výsledných hodnot je patrné, že začleněním pigmentu do pojiva nastalo snížení přilnavosti nátěrového filmu k ocelovému podkladu

v porovnání se surovými pojivy. U antikoročních systémů nastal největší pokles přilnavosti u systémů s pigmentem  $Pb_3O_4$ , což koreluje s výsledky celkové mechanické odolnosti, kdy pokles činil u pojiva LA  $Pb_3O_4$  40, 89 %.

#### **Závěry z odolnosti nátěrových filmů s antikoročními pigmenty OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem $Fe_2O_3$ při Q = 35 % vůči odtrhu**

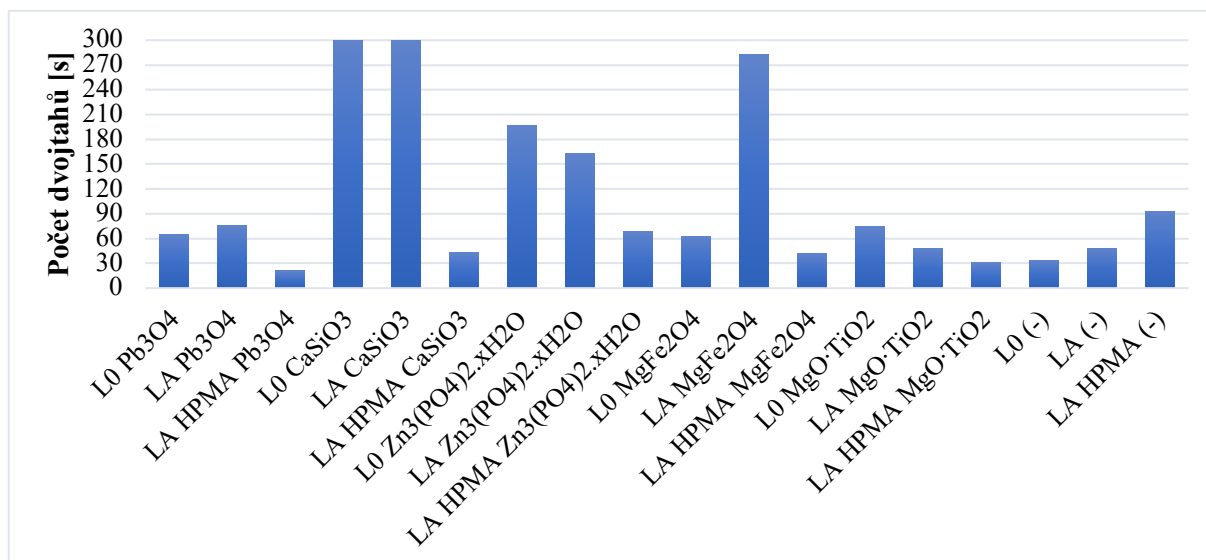
- Hodnocené nátěrové filmy vykazovaly nízkou odolnost vůči odtrhovému testu a odtrhová síla se pohybovala v rozmezí 0,151 – 0,408 N.
- Nejnižší hodnotu odtrhové síly vykazoval systém L0  $Pb_3O_4$ , a naopak nejvyšší hodnotu odtrhové síly vykazoval systém LA HPMA  $MgO \cdot TiO_2$ .
- Začleněním pigmentů do pojiva nastalo snížení přilnavosti nátěrového filmu k ocelovému podkladu v porovnání s nepigmentovanými nátěrovými filmy, kdy nejnižší přilnavost vykazoval systém s pigmentem  $Pb_3O_4$ .

#### *5.4.2. Hodnocení chemické a korozní odolnosti pigmentovaných nátěrových filmů*

##### *5.4.2.1. Hodnocení odolnosti nátěrového filmu s antikoročními pigmenty při OKP 10 % s obsahem $Fe_2O_3$ při Q = 35 % vůči methylethylketonu*

Odolnost vůči MEK byla hodnocena u systémů s antikoročními pigmenty s tloušťkou  $50 \pm 10 \mu m$  na skleněných panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.1. po dobu 35 dní. U antikoročních systémů nastal největší pokles odolnosti vůči MEK u systémů na bázi pojiva LA HPMA, které v surové formě bez pigmentu vykazovalo vysokou odolnost. Z výsledných hodnot tedy lze konstatovat, že začlenění antikoročních pigmentů v případě pojiva LA HPMA vedlo k rapidnímu snížení chemické odolnosti. Naproti tomu u pojiv L0, LA s pigmentem  $CaSiO_3$  (300 s) a  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$  (197 s a 163 s) došlo ke zvýšení odolnosti vůči MEK (viz obrázek 59).

Vyšší odolnost nátěrového filmu vůči MEK je pravděpodobně způsobena zvýšenou síťovou hustotou a zároveň chemickou povahou latexového polymeru a pigmentu, které v kombinaci zajišťují výbornou odolnost vůči MEK. Pigment  $CaSiO_3$  má kromě pozitivního vlivu na soudružnost nátěrového filmu také vliv na chemické působení vůči MEK a lze konstatovat, že se jedná o povlakový inhibitor. Systémy se začleněním pigmentem  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$  vykazovaly v porovnání s ostatními systémy vyšší chemickou odolnost pravděpodobně způsobenou dodatečným vznikem iontových vazeb.



**Obrázek 59** Hodnocení chemické odolnosti vůči MEK pigmentovaných nátěrových filmů s antikorozními pigmenty po 35 dnech (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem  $Fe_2O_3$  při  $Q = 35 \%$ )

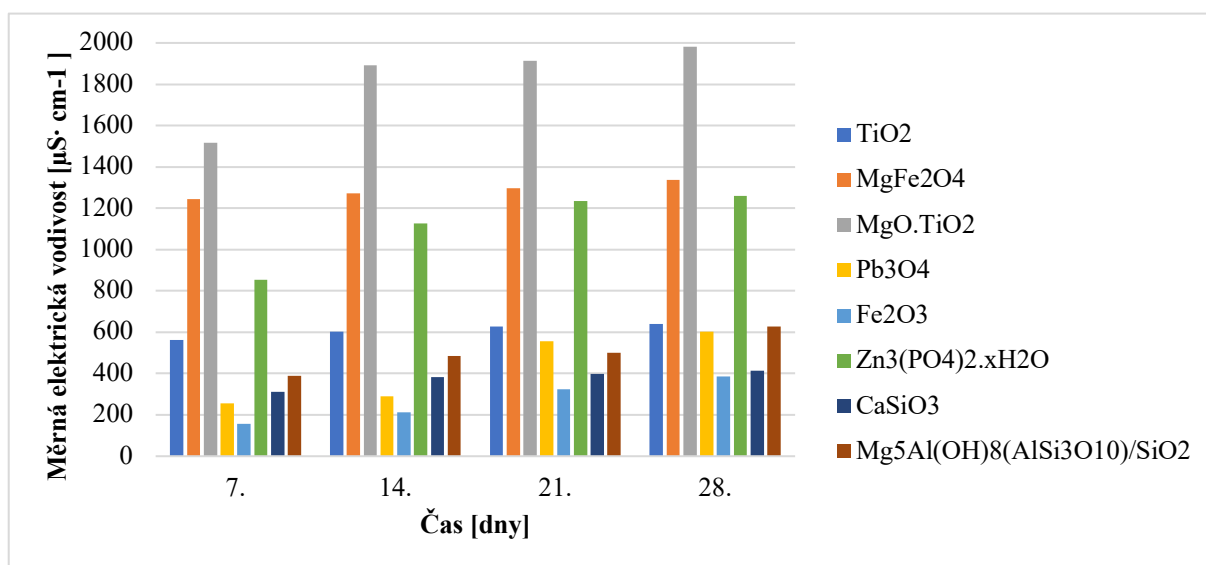
### Závěry z chemické odolnosti nátěrových filmů s antikorozními pigmenty OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem $Fe_2O_3$ při $Q = 35 \%$ vůči MEK

- U antikorozních systémů nastal největší pokles odolnosti vůči MEK u systémů na bázi pojiva LA HPMA, které v surové formě vykazovalo vysokou odolnost.
- U pojiv L0, LA s pigmentem  $CaSiO_3$  a  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$  došlo ke zvýšení odolnosti vůči MEK.
- Vyšší odolnost nátěrových filmů byla pravděpodobně způsobena chemickou povahou latexového polymeru a pigmentu, které v kombinaci zajišťují výbornou odolnost vůči MEK.
- Pigment  $CaSiO_3$  má kromě pozitivního vlivu na soudružnost nátěrového filmu také vliv na chemické působení vůči MEK a lze konstatovat, že se jedná o povlakový inhibitor.
- Systémy se začleněným pigmentem  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$  vykazovaly v porovnání s ostatními systémy vyšší chemickou odolnost pravděpodobně způsobenou dodatečným vznikem iontových vazeb.

#### 5.4.2.2. pH, měrná elektrická vodivost a korozní úbytky vodného výluhu pigmentů a plniv

U pigmentů a plniv použitých k formulaci byla stanovena hodnota pH a měrná elektrická vodivost 10% vodného výluhu po dobu 28 dní (viz tabulka 104 a 105) dle metody popsané v kapitole 3.7.2.5. Hodnoty pH výluhů volných filmů se u všech vzorků s rostoucím časem zvyšovaly a nacházely se v zásadité oblasti v rozmezí hodnot 6,82 – 10,72. Nejvíce

zásaditý charakter vykazoval pigment  $\text{MgO}\cdot\text{TiO}_2$ , který se pohyboval po celý čas měření v hodnotách okolo 10,7. Nejvyšší nárůst hodnoty pH byla zaznamenáno u pigmentu  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$  o 18,73 % a nejnižší hodnotu pH vykazoval pigment  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  s hodnotou 6,8. U ostatních pigmentů a plniv došlo ke změně pH v rámci desetinných míst. Měrná elektrická vodivost vodných výluhů pigmentů a plniv závisela na typu měřeného pigmentu nebo plniva. Vodivost vodného výluhu pigmentu byla porovnána s vodivostí redestilované vody, která vykazovala  $7,02 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Nejvyšší měrné elektrické vodivosti dosáhl pigment  $\text{MgO}\cdot\text{TiO}_2$ , která se pohybovala v rozmezí  $1517\text{--}1982 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Naopak nejnižší měrné elektrické vodivosti dosáhl pigment  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , která se pohybovala okolo  $385,18 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (viz obrázek 60). Ve vodném výluhu pigmentů a plniv byly následně stanoveny korozní úbytky, které se pohybovaly v rozmezí hodnot  $2,5402 - 4,5823 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ . Nejnižší hodnota korozního úbytku se projevila ve vodném výluhu pigmentu  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , naopak nejvyšší hodnotu korozního úbytku vykazoval vodný výluh pigmentu  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ . Vliv na korozní úbytky má množství a chemická povaha extrahovaných vodorozpustných látek ve výluhu ale i hodnota hodnota pH výluhu. Spolupůsobení těchto všech faktorů udává výsledné množství korozních úbytků.



Obrázek 60 Hodnocení měrné elektrické vodivosti pigmentů a plniv v čase

### Závěry z pH, měrné elektrické vodivosti a korozních úbytků vodných výluhů antikoročních pigmentů a plniv

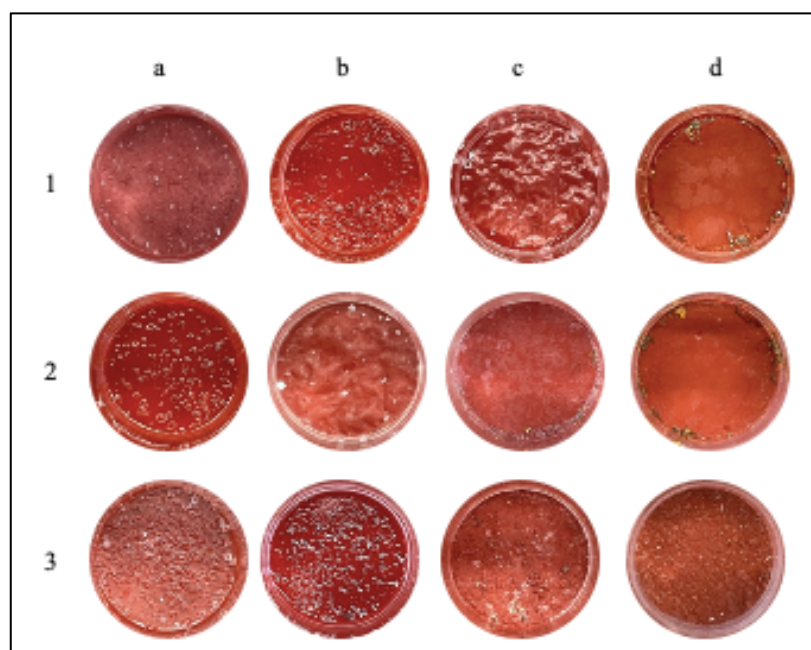
- Nejvíce zásaditý charakter vykazoval pigment  $\text{MgO}\cdot\text{TiO}_2$ , který se pohyboval po celý čas měření v hodnotách okolo 10,7. Nejvyšší nárůst hodnoty pH byla zaznamenáno u pigmentu  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$  o 18,73 % a nejnižší hodnotu pH vykazoval pigment  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  s hodnotou 6,8.

- Měrná elektrická vodivost vodných výluhů pigmentů a plniv závisela na typu měřeného pigmentu nebo plniva.
- Nejvyšší měrné elektrické vodivosti dosáhl pigment  $\text{MgO}\cdot\text{TiO}_2$ , která se pohybovala v rozmezí  $1517\text{--}1982 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  a nejnižších hodnot pigment  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , jehož hodnota byla okolo  $385,18 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .
- Nejnižší hodnota korozního úbytku se projevila ve vodném výluhu pigmentu  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , naopak nejvyšší hodnotu korozního úbytku vykazoval vodný výluh pigmentu  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ .

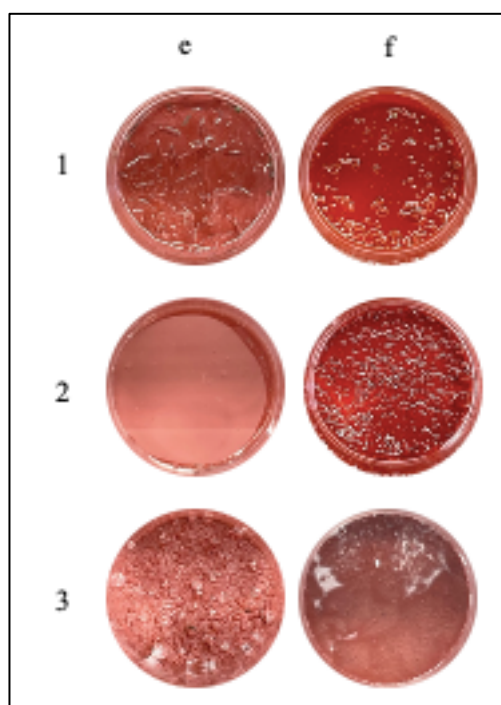
#### 5.4.2.3. Hodnocení odolnosti pigmentovaného nátěrového filmu s obsahem antikorozních pigmentů při OKP 10 % s obsahem $\text{Fe}_2\text{O}_3$ při $Q = 35 \%$ v závislosti na pH korozního prostředí

Odolnost pigmentovaného nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí byla hodnocena u nátěru s tloušťkou  $90\pm 10 \mu\text{m}$  na ocelových panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.3. Odolnost byla vyhodnocena u nátěrového filmu s antikorozními pigmenty o OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  při  $Q = 35 \%$  byly hodnoceny po 720 hodinách (viz tabulka 106), kdy na nátěrový film působily roztoky pufrů o pH 2, 4, 6, 8, 10 a 12.

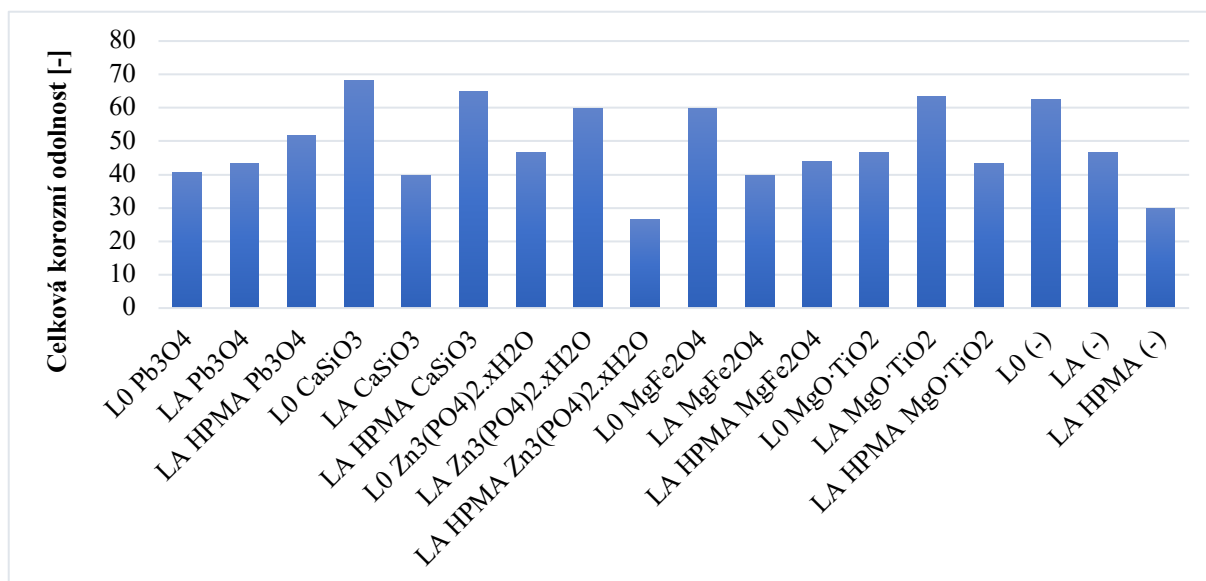
Po 7 a 14 dnech testování nebyly u nátěrových filmů viditelné změny. Po 21 dnech testování se projevily změny u nátěrových filmů, a to nejvíce u LA HPMA  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , L0  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2\cdot x\text{H}_2\text{O}$ , L0  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$ , L0  $\text{MgO}\cdot\text{TiO}_2$  a LA (-) v mírně kyselé oblasti pH 4–6 (viz obrázky 61–63). Po 30 dnech vykazovaly všechny nátěrové filmy vznik puchýřů či jiné poškození nátěru, a to převážně v pH oblasti 6–8, naopak oblast s pH v rozmezí 10–12 byla bez výskytů puchýřů a projevu koroze. Po odstranění nátěrového filmu z ocelového panelu byla hodnocena koroze podkladu, která byla u většiny pojiv při pH 4–8 v rozmezí hodnot 10–100 % prokorodování (viz příloha I). Pojivo LA vykazovalo s antikorozními pigmenty vyšší celkovou odolnost vůči prokorodování v porovnání s pojivy L0 a LA HPMA.



**Obrázek 61** Projevy koroze podkladu u nátěrových filmů s s antikorozními pigmenty po 720 hodinách v závislosti na pH korozního prostředí 4 (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem  $Fe_2O_3$  při  $Q = 35$  %); v první řadě jsou nátěrové filmy L0, ve druhé řadě nátěrové filmy LA, ve třetí řadě nátěrové filmy LA HPMA; pigmenty a: suřík; b: wollastonit; c: Zn-P; d: Mg-Fe



**Obrázek 62** Projevy koroze podkladu u nátěrových filmů s s antikorozními pigmenty po 720 hodinách (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem  $Fe_2O_3$  při  $Q = 35$  %); v první řadě jsou nátěrové filmy L0, ve druhé řadě nátěrové filmy LA, ve třetí řadě nátěrové filmy LA HPMA; pigmenty e: Mg-Ti; f: S



Obrázek 63 Korozní odolnost nátěrových filmů s antikorozními pigmenty po 720 hodinách v závislosti na pH korozního prostředí (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %)

#### Závěry z korozní odolnosti nátěrových filmů s antikorozními pigmenty OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 % v závislosti na pH korozního prostředí

- Po 21 dnech testování se projeví změny u nátěrových filmů, a to nejvíce u LA HPMA Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, L0 Zn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.xH<sub>2</sub>O, L0 MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, L0 MgO·TiO<sub>2</sub> a LA (-) v mírně kyselé oblasti pH 4–6.
- Po 30 dnech vykazovaly všechny nátěrové filmy vznik puchýřů či jiné poškození nátěru, a to převážně v oblasti 6–8, naopak oblast s pH v rozmezí 10–12 byla bez výskytů puchýřů a projevu koroze.
- Pojivo LA vykazovalo s antikorozními pigmenty vyšší celkovou odolnost vůči prokorodování v porovnání s pojivy L0 a LA HPMA.

#### 5.4.2.4. Hodnocení elektrochemické lineární polarizace nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %

Elektrochemická lineární polarizace byla stanovena u pigmentovaného nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 % a tloušťkou 50±10 μm na ocelových panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.5. Nátěrové filmy přišly do kontaktu s 1M roztokem NaCl po dobu 8 hodin a po uplynutí stanovené doby byly měřeny polarizační křivky. Výsledná korozní rychlost byla zjištěna na základě změřených polarizačních křivek a z nich zjištěných polarizačních odporů. Nejnižších korozní rychlosti

dosáhly nátěrové filmy s pigmentem  $Pb_3O_4$  a  $CaSiO_3$  s pojivem L0 a LA. Pigment  $CaSiO_3$  má kromě pozitivního vlivu na soudružnost nátěrového filmu také vliv na chemické působení vůči MEK a lze konstatovat, že se jedná o povlakový inhibitor. V případě pigmentu  $Pb_3O_4$  může docházet k dodatečnému vzniku iontových vazeb. Korozní odolnost se těchto nátěrů pohybovala v rozmezí hodnot  $0,98 \times 10^{-2} - 0,31 \times 10^{-2}$  mm/rok. Naopak ostatní systémy s antikorozními pigmenty dosáhly korozní rychlosti v rozmezí hodnot  $0,12 \times 10^{-1} - 0,15 \times 10^{-1}$  mm/rok.

#### **Závěry z elektrochemické lineární polarizace nátěrových filmů s antikorozními pigmenty OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem $Fe_2O_3$ při $Q = 35$ %**

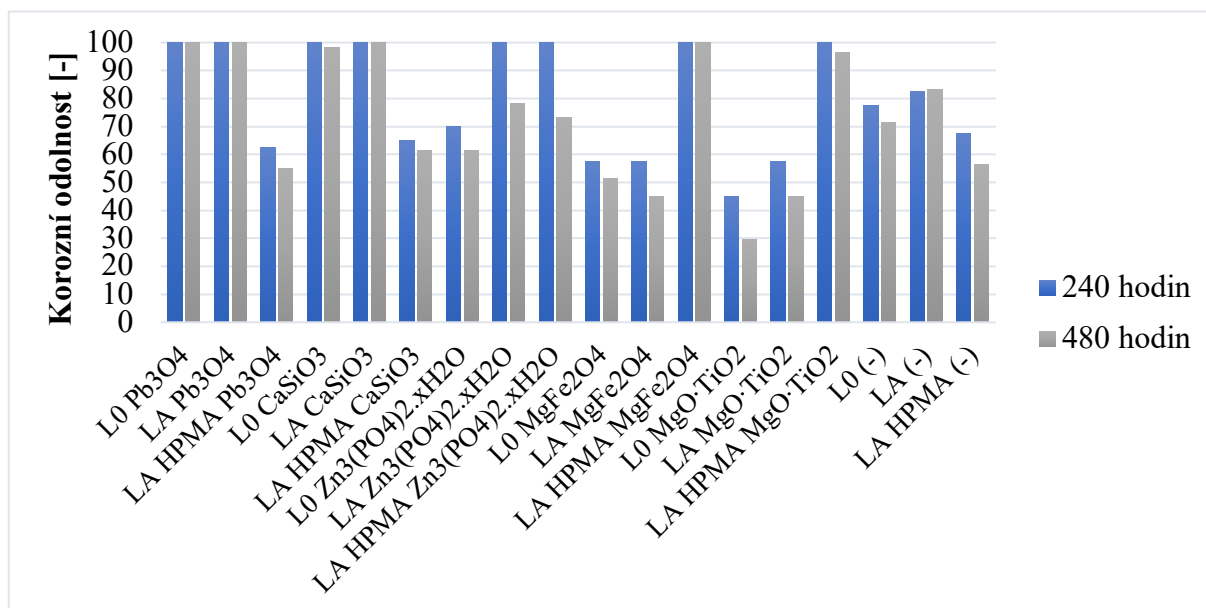
- Nejnižších korozní rychlosti dosáhly nátěrové filmy s pigmentem  $Pb_3O_4$  a  $CaSiO_3$  s pojivem L0 a LA. Korozní odolnost se těchto nátěrů pohybovala v rozmezí hodnot  $0,98 \times 10^{-2} - 0,31 \times 10^{-2}$  mm/rok.
- Pigment  $CaSiO_3$  má kromě pozitivního vlivu na soudružnost nátěrového filmu také vliv na chemické působení vůči MEK a lze konstatovat, že se jedná o povlakový inhibitor. V případě pigmentu  $Pb_3O_4$  může docházet k dodatečnému vzniku iontových vazeb.
- Ostatní systémy s antikorozními pigmenty dosáhly korozní rychlosti v rozmezí hodnot  $0,12 \times 10^{-1} - 0,15 \times 10^{-1}$  mm/rok.

#### *5.4.2.5. Hodnocení odolnosti vůči vlhkým atmosférám pigmentovaného nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem $Fe_2O_3$ při $Q = 35$ %*

Odolnost vůči vlhkým atmosférám byla hodnocena u pigmentovaného nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem  $Fe_2O_3$  při  $Q = 35$  % a tloušťkou  $90 \pm 10$   $\mu m$  na ocelových panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.6. Hodnocení nátěrového filmu byla provedena po 240 a 480 hodinách při expozici v atmosféře o 100% relativní vlhkosti vzduchu při teplotě  $38 \pm 2$   $^{\circ}C$  (viz tabulka 108). Z výsledných hodnot došlo po 480 hodinách ke korozi v ploše a podkorodování u systému LA  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$  (16% koroze podkladu), LA HPMA  $Zn_3(PO_4)_2 \cdot xH_2O$  (33% koroze podkladu), L0  $MgFe_2O_4$  (16% koroze podkladu), LA  $MgFe_2O_4$  (33% koroze podkladu), L0  $MgO \cdot TiO_2$  (16% koroze podkladu) a LA  $MgO \cdot TiO_2$  (33% koroze podkladu). V příloze J jsou pro vizualizaci uvedeny fotografie pigmentovaných nátěrových filmů s antikorozními pigmenty po expozici 480 hodin vlhkým atmosférám. Z obrázku 64 je viditelný rozdíl korozní odolnosti mezi jednotlivými pigmentovanými nátěrovými filmy s vůči vlhkým atmosférám v čase a z výsledných hodnot lze



konstatovat, že odolnost nebyla ovlivněna plnivem či vlivem pigmentu, který byl u každého systému rozdílný.



**Obrázek 64** Korozní odolnost pigmentovaného nátěrového filmu vůči vlhké atmosféře s antikorozními pigmenty v čase (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %)

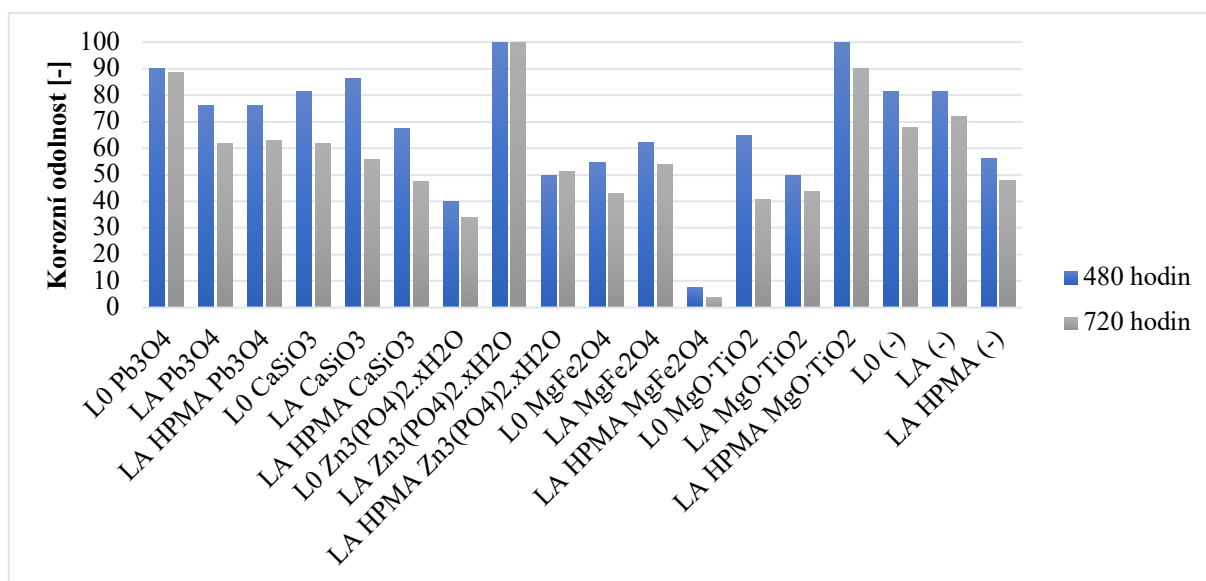
**Závěry z korozní odolnosti nátěrových filmů s antikorozními pigmenty OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 % vůči vlhké atmosféře**

- Po 480 hodinách došlo ke korozi v ploše a podkorodování u systému LA Zn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.xH<sub>2</sub>O (16% koroze podkladu), LA HPMA Zn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.xH<sub>2</sub>O (33% koroze podkladu), L0 MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (16% koroze podkladu), LA MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (33% koroze podkladu), L0 MgO·TiO<sub>2</sub> (16% koroze podkladu) a LA MgO·TiO<sub>2</sub> (33% koroze podkladu). Je viditelný rozdíl korozní odolnosti mezi jednotlivými pigmentovanými nátěrovými filmy s vůči vlhkým atmosférám v čase a z výsledných hodnot lze konstatovat, že odolnost nebyla ovlivněna plnivem či vlivem pigmentu, který byl u každého systému rozdílný.

**5.4.2.6. Hodnocení odolnosti vůči atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub> pigmentového nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %**

Odolnost vůči vlhkým atmosférám byla hodnocena u pigmentovaného nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 % a tloušťkou 90±10 μm na ocelových panelech dle metody popsané v kapitole 3.7.4.6. Hodnocení nátěrového filmu byla provedena po 480 a 720 hodinách při expozici v atmosféře o 100% relativní vlhkosti vzduchu při teplotě 38±2 °C s obsahem SO<sub>2</sub> (viz tabulka 109). Z výsledných

hodnot došlo po 720 hodinách ke korozi v ploše a podkorodování u systému LA CaSiO<sub>3</sub> (33% koroze podkladu) L0 MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (33% koroze podkladu) L0 (-) (33% koroze podkladu) a L0 MgO·TiO<sub>2</sub> (100% koroze podkladu). V příloze K jsou pro vizualizaci uvedeny fotografie pigmentovaných nátěrových filmů s antikorozními pigmenty po expozici 720 hodin atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>. Z obrázku 65 je viditelný rozdíl korozní odolnosti mezi jednotlivými pigmentovanými nátěrovými filmy s vůči vlhkým atmosférám v čase a z výsledných hodnot lze konstatovat, že odolnost nebyla ovlivněna plnivem či vlivem pigmentu, který byl u každého systému rozdílný.



**Obrázek 65** Korozní odolnost pigmentovaného nátěrového filmu vůči vlhké atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub> s antikorozními pigmenty v čase (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %)

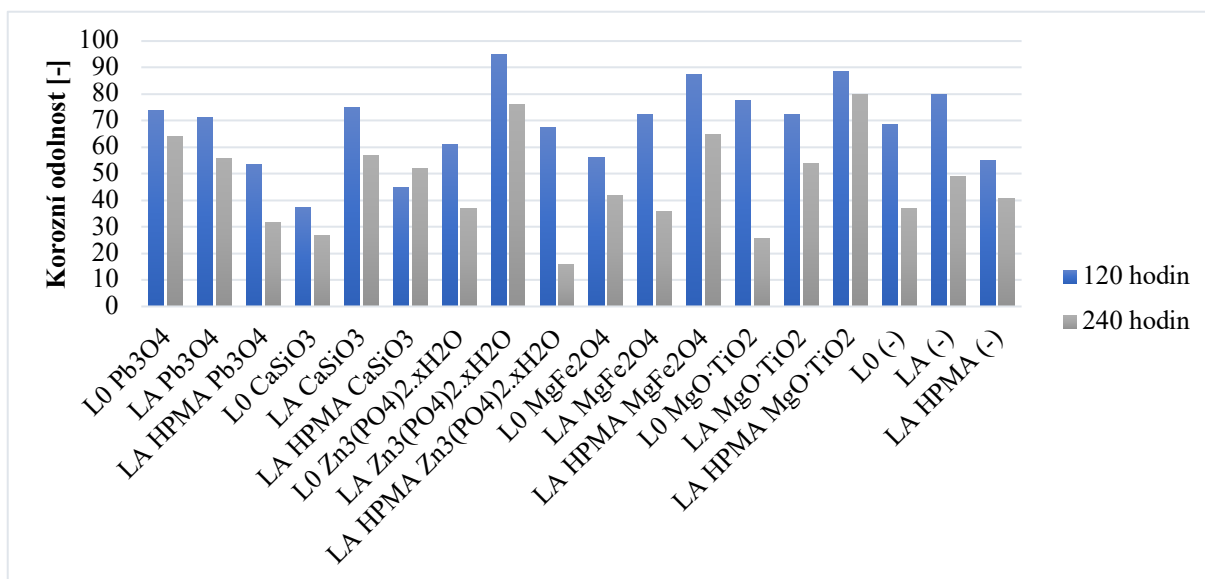
**Závěry z korozní odolnosti nátěrových filmů s antikorozními pigmenty OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 % vůči atmosféře s obsahem SO<sub>2</sub>**

- Po 720 hodinách došlo ke korozi v ploše a podkorodování u systému LA CaSiO<sub>3</sub> (33% koroze podkladu) L0 MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> (33% koroze podkladu) L0 (-) (33% koroze podkladu) a L0 MgO·TiO<sub>2</sub> (100% koroze podkladu).
- Je viditelný rozdíl korozní odolnosti mezi jednotlivými pigmentovanými nátěrovými filmy s vůči vlhkým atmosférám v čase a z výsledných hodnot lze konstatovat, že odolnost nebyla ovlivněna plnivem či vlivem pigmentu, který byl u každého systému rozdílný.

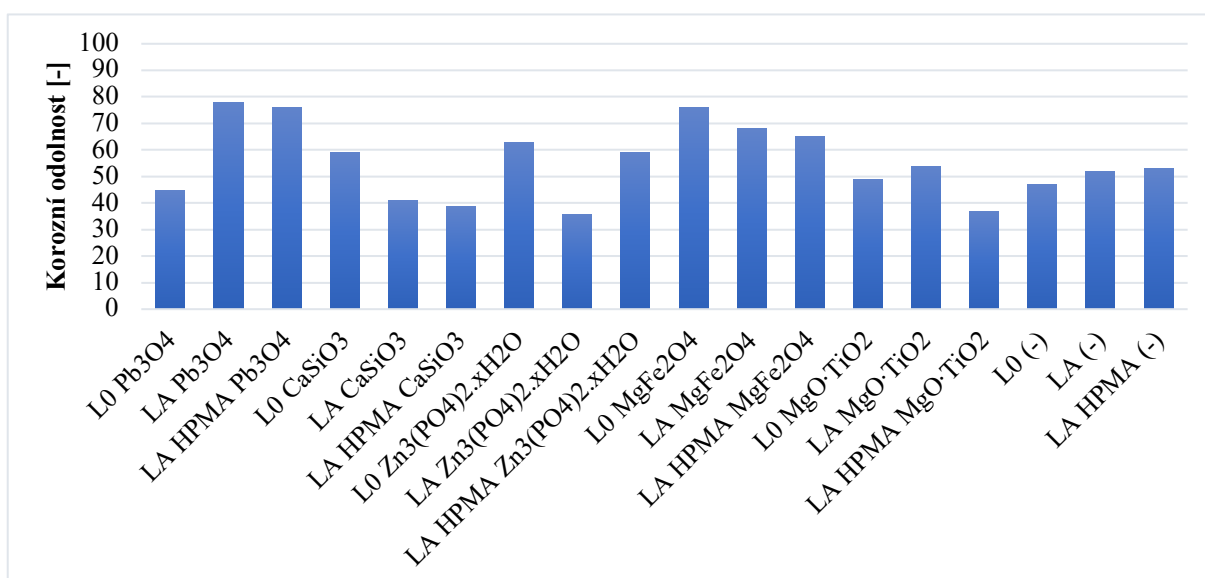
#### 5.4.2.7. *Hodnocení odolnosti vůči atmosféře solného elektrolytu nátěrového filmu s antikorozními pigmenty*

Odolnost vůči atmosféře solného elektrolytu byla hodnocena u pigmentovaného nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  při  $Q = 35\%$  a tloušťkou  $90 \pm 10 \mu\text{m}$  na ocelových panelech opatřených zkušebním řezem dle metody popsané v kapitole 3.7.4.7. Hodnocení nátěrového filmu byla provedena po 120 a 240 hodinách při expozici v atmosféře solného elektrolytu za zvýšené vlhkosti vzduchu při teplotě  $35 \pm 1^\circ\text{C}$ . Výsledné hodnoty měření po expozici 120 a 240 hodin jsou uvedeny v tabulce 110 – 112. Z výsledných hodnot je viditelná ochranná bariéra vůči koroznímu působení na ocelovém podkladu u nátěrového filmu L0  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  a LA  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  naopak systémy L0  $\text{MgO}\cdot\text{TiO}_2$ , LA  $\text{MgO}\cdot\text{TiO}_2$ , L0  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  a LA  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  vykazovaly 0 % ochrannou bariéru ocelovému podkladu. Jednotlivé vzorky byly kontrolovány po uplynutí 120 hodin a již po této době došlo ke značnému koroznímu napadení plochy u nátěrového filmu L0  $\text{MgO}\cdot\text{TiO}_2$ , LA  $\text{MgO}\cdot\text{TiO}_2$  a L0 (-). V příloze I jsou pro vizualizaci uvedeny fotografie pigmentovaných nátěrových filmů s antikorozními pigmenty po expozici 240 hodin v atmosféře solnému elektrolytu. Z obrázku 66 je viditelný rozdíl korozní odolnosti mezi jednotlivými pigmentovanými nátěrovými filmy s vůči vlhkým atmosférám v čase a z výsledných hodnot lze konstatovat, že odolnost nebyla ovlivněna plnivem či vlivem pigmentu, který byl u každého systému rozdílný.

Dále byla stanovena odolnost nátěrového filmu vůči atmosféře solného elektrolytu s antikorozními pigmenty opatřených vrchním nátěrovým filmem s tloušťkou  $115 \pm 10 \mu\text{m}$  na ocelových panelech opatřených zkušebním řezem dle metody popsané v kapitole 3.7.4.7. Hodnocení nátěrového filmu byla provedena po 120 hodinách při expozici v atmosféře solného elektrolytu za zvýšené vlhkosti vzduchu při teplotě  $35 \pm 1^\circ\text{C}$ . Z výsledných hodnot je viditelná nižší ochranná bariéra vůči koroznímu působení na ocelovém podkladu u všech nátěrových filmů. Nicméně nátěrový film, který vykazoval nejnižší ochrannou bariéru vůči koroznímu působení byl LA HPMA  $\text{MgO}\cdot\text{TiO}_2$ , L0 (-) a LA HPMA  $\text{CaSiO}_3$ . V přílohách L a M jsou pro vizualizaci uvedeny fotografie pigmentovaných nátěrových filmů s antikorozními pigmenty a vrchním nátěrovým filmem po expozici 240 hodin v atmosféře solného elektrolytu. Z obrázku 67 je viditelná celková korozní odolnost jednotlivých pigmentovaných nátěrových filmů vůči atmosféře solného elektrolytu a z výsledných hodnot lze konstatovat, že odolnost nebyla výrazně ovlivněna vrchním nátěrovým filmem.



**Obrázek 66** Korozní odolnost pigmentovaného nátěrového filmu s antikorozními pigmenty v čase (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %) vůči atmosféře solného elektrolytu



**Obrázek 67** Korozní odolnost pigmentovaného nátěrového filmu s antikorozními pigmenty a vrchním nátěrovým filmem, (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %) vůči atmosféře solného elektrolytu

**Závěry z korozní odolnosti nátěrových filmů s antikorozními pigmenty OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 % a vrchním nátěrovým filmem vůči atmosféře solného elektrolytu**

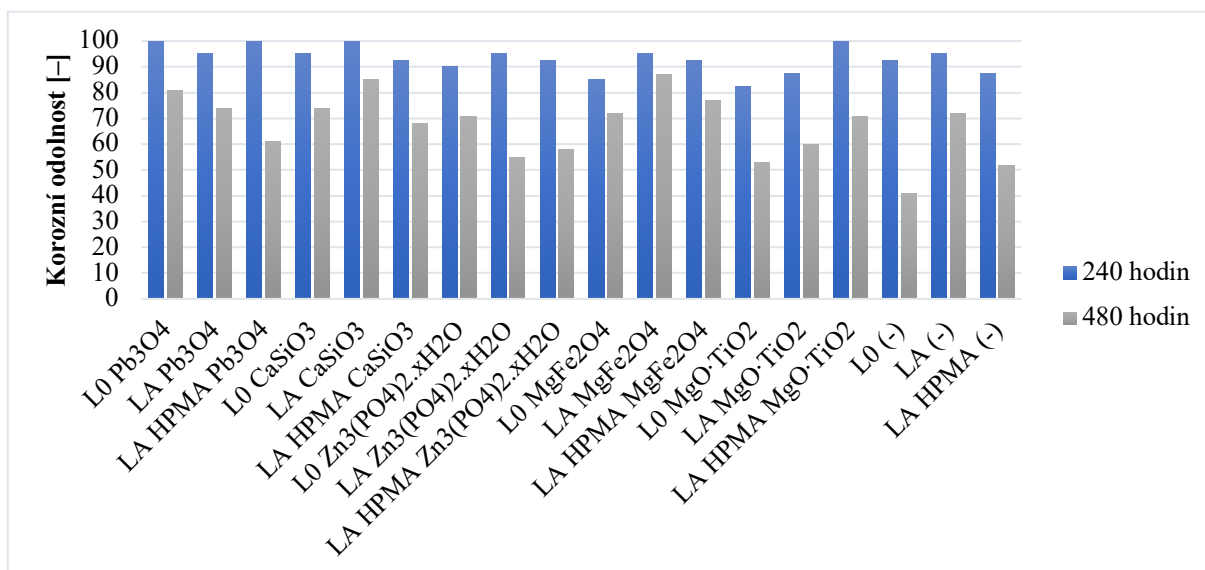
- U nátěrových filmů bez vrchního nátěru je viditelná ochranná bariéra vůči koroznímu působení na ocelovém podkladu u nátěrového filmu L0 Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> a LA Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> naopak systémy L0 MgO·TiO<sub>2</sub>, LA MgO·TiO<sub>2</sub>, L0 MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> a LA MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> vykazovaly 0 % ochrannou bariéru ocelovému podkladu.

- Lze konstatovat, že odolnost nátěrových filmů bez vrchního nátěru nebyla ovlivněna plnivem či vlivem pigmentu, který byl u každého systému rozdílný.
- U nátěrových filmů s vrchním nátěrem byla sledována nižší ochranná bariéra vůči koroznímu působení na ocelovém podkladu u všech nátěrových filmů, kdy docházelo k vyšší tvorbě puchýřů v porovnání s nátěrovým filmem bez vrchního nátěru.
- Nejnižší ochrannou bariéru vůči koroznímu působení vykazoval nátěrový film LA HPMA MgO·TiO<sub>2</sub>, L0 (-) a LA HPMA CaSiO<sub>3</sub>.

#### *5.4.2.8. Hodnocení odolnosti pigmentovaného nátěrového filmu s antikorozními pigmenty v cyklické povětrnostní zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci s korozní zkouškou solného elektrolytu*

Odolnost vůči cyklické expozici UV záření a následnému ponoru v 0,35% roztoku (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> s 0,05% NaCl roztoku byla hodnocena dle metody popsané v kapitole 3.7.4.11. u pigmentovaného nátěrového filmu s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 % a tloušťkou 90±10 μm na ocelových panelech opatřených zkušebním řezem dle metody popsané v kapitole 3.7.4.7. Hodnocení nátěrového filmu byla provedena po 240 hodinách expozice UV záření při teplotě 60 °C a po 480 hodinách při expozici 100% vlhkosti při 50 °C. Výsledné hodnoty měření po expozici 240 a 480 hodin jsou uvedeny v tabulce 112. Na ocelových panelech byla sledována účinná ochranná korozní bariéra nátěrového filmu s pigmentem Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, MgO·TiO<sub>2</sub> a MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, a naopak korozní projevy v ploše panelu byly znatelné u nátěrového filmu L0 AAEM. U ostatních nátěrových filmů byla celková korozní odolnost vůči povětrnostní zkoušce obdobná ve srovnání s nátěrovými filmy surových poživ bez pigmentu (viz obrázek 68) a fotografie jednotlivých nátěrových filmů po expozici 480 hodin jsou uvedeny v příloze N.

Po vystavení nátěrových filmů s antikorozními pigmenty UV záření byla hodnocena změna barevnosti dle kapitoly 3.7.4.2, kdy došlo u všech vzorků pouze k mírnému odchýlení od původní barevnosti (viz tabulka 114). Největší změna barevnosti nastala u systému L0 Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> o hodnotě 3,07 do modré oblasti, dále u systému LA HPMA CaSiO<sub>3</sub> o hodnotě 3,56 do modré oblasti.



**Obrázek 68** Korozní odolnost pigmentovaného nátěrového filmu s antikorozními, (OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 %) vůči cyklické zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci se solným elektrolytem v čase

**Závěry z korozní odolnosti nátěrových filmů s antikorozními pigmenty OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> při Q = 35 % vůči cyklické povětrnostní zkoušce s expozicí UV záření v kombinaci s korozní zkouškou solným elektrolytem**

- Byla zjištěna účinná ochranná korozní bariéra nátěrového filmu s pigmentem Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, MgO·TiO<sub>2</sub> a MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>.
- Korozní projevy v ploše panelu byly znatelné u nátěrového filmu L0 AAEM.
- U všech vzorků došlo pouze k mírnému odchýlení od původní barevnosti, která byla měřena po vystavení UV záření po dobu 120 a 240 hodin.
- U systému L0 Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub> došlo ke změně barevnosti o 3,07 do modré oblasti, dále u systému LA HPMA CaSiO<sub>3</sub> o 3,56 do modré oblasti.

## 6 POZNATKY A PŘÍNOSY DIPLOMOVÉ PRÁCE

Přínosem této diplomové práce bylo studium ekologicky nezávadných vodou ředitelných nátěrových hmot na bázi akrylátových disperzí se zavedením samo-síťujícího mechanismu a 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ . Akrylátové disperze byly syntetizovány emulzní radikálovou polymerací, kdy bylo pro porovnání připraveno 5 systémů s obsahem nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$  a o stejném složení 5 systému bez začleněných nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$ . Takto připravená pojiva vykazovala velmi dobré vzhledové vlastnosti, fyzikálně-mechanickou a chemickou odolnost. Skladování akrylátových disperzí při zvýšené teplotě a vystavení testu mrazuvzdornosti ukázalo, že všechny latexy byly stabilní minimálně po dobu 6 měsíců a v případě snížené teploty vykazovaly nejstabilnější chování bez tendence k aglomeraci částic latexy L0, LA, L0 AAEM a LA AAEM.

Testované latexy se začleněnými nanočásticemi  $\text{La}_2\text{O}_3$  vykazovaly dle předpokládaných vlastností vyšší chemickou odolnost, antimikrobiální účinek a odolnost vůči bleskové korozi v porovnání s latexy bez obsahu nanočástic. Bylo zjištěno, že začleněné nanočástice  $\text{La}_2\text{O}_3$  v případě bleskové koroze působí jako funkční inhibitor na základě jejich bazického charakteru. Ze získaných hodnot odolnosti nepigmentovaných nátěrových filmů vůči absorpci vody a také odolnosti vůči vlhké atmosféře, solného elektrolytu a cyklické zkoušce byl znatelný vliv síťové hustoty, která ovlivňovala chování jednotlivých nátěrových filmů. Vyšší hodnoty síťové hustoty byly změřeny u pojiv LA AAEM ( $22,27 \text{ mol/cm}^3 \times 10^{-5}$ ), L0 AAEM ( $12,72 \text{ mol/cm}^3 \times 10^{-5}$ ), u kterých byla zjištěna nízká citlivost na vodu, což neznamená že bude nátěrový film působit antikorozním mechanismem. Bylo zjištěno, že transport vody k ocelovému podkladu bude omezen v případě dosažení optimální úrovně hustoty polymerní sítě, tzn. vysoce hustě zesítěné ani velmi řídké zesítěné polymerní latexové filmy vykazují nízkou odolnost vůči vlhké atmosféře i atmosféře solného elektrolytu. Můžeme tedy konstatovat, že pojiva LA ( $4,30 \text{ mol/cm}^3 \times 10^{-5}$ ) a L0 NMA ( $4,60 \text{ mol/cm}^3 \times 10^{-5}$ ) se nejvíce přiblížila optimální hodnotě síťové hustoty.

Na základě chování syntetizovaných akrylátových disperzí s 10 % objem. pigmentem  $\text{TiO}_2$ , byly zvoleny tři latexy pro formulaci nátěrových hmot s antikorozními pigmenty a jednalo se o latex L0, LA a LA HPMA. Tyto latexy byly zvoleny na základě nejvyšší chemické a korozní odolnosti. Formulované nátěrové hmoty s antikorozními pigmenty L0  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , LA  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  a LA HPMA  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  vykazovaly antikorozní vlastnosti pro korozní prostředí typu C3 se střední životností, kdy v případě těchto pigmentů může docházet k dodatečnému vzniku

iontových vazeb. Nátěry jsou tedy vhodné do městské průmyslové atmosféry s mírným znečištěním SO<sub>2</sub> nebo přímořského prostředí. Jsou vhodné také do prostor s vyšší vlhkostí a nižším znečištěním ovzduší. Zvýšená korozní odolnost byla pravděpodobně způsobena posunutím pH nátěrového filmu do více alkalické oblasti pomocí pigmentu suřík a MgFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, které vykazovaly bazický charakter vodného výluhu pigmentu a z hlediska odolnosti nátěrového filmu v závislosti na pH korozního prostředí vyplývá, že nejvyšší korozní odolnosti je dosaženo při pH v rozmezí hodnot 10–12. Ostatní formulované nátěrové hmoty s antikorozními pigmenty vykazovaly vlastnosti pro korozní prostředí typu C2 s vysokou životností a nátěrový film je vhodný do atmosféry s nízkou úrovní znečištění nebo do nevytápěných budov, kde nedochází ke kondenzaci.

Z pigmentů nejvyšší chemickou odolnost vykazoval pigment Zn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>xH<sub>2</sub>O v kombinaci s latexem L0 a LA. Korozní i chemická odolnost nátěrových filmů převážně závisela na chemické povaze latexového polymeru a pigmentu, které v kombinaci zajišťovaly vyšší korozní i chemickou odolnost nátěrových filmů a byla důležitá kompatibilita jednotlivých složek. Systémy pigmentované Zn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>xH<sub>2</sub>O vykazovaly v porovnání s ostatními systémy vyšší chemickou odolnost pravděpodobně způsobenou dodatečným vznikem iontových vazeb.

Výsledné hodnoty z mikrobiálního testování potvrdily inhibiční efekt u pojiv se začleněnými nanočásticemi La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a lze konstatovat, že nanočástice vykazují určité antimikrobiální vlastnosti v důsledku kombinace s pojivem o určitém chemickém složení.



## 7 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala přípravou a studiem samo-síťujících akrylátových latexů s teoretickým obsahem 1,5 % hmotn. nanočástice  $\text{La}_2\text{O}_3$  vykazujících dobrou chemickou odolnost a antimikrobiální účinek. Emulzní polymerací byly připraveny akrylátové latexy využívající různých mechanismů síťování. K získání trojrozměrné makromolekulární sítě akrylátového latexového polymeru byly použity tyto samo-síťující mechanismy: keto-hydrazidová reakce, reakce acetoacetátové skupiny s diaminem, samo-kondenzace N-methylolakrylamidu a samokondenzace N-(2-hydroxy-propyl)methakrylátu. Tyto latexy byly porovnány s latexy obdobného chemického složení, u nichž nebyl zaveden mechanismus síťování, a také s latexy, do kterých nebyly začleněny  $n\text{La}_2\text{O}_3$ .

U syntetizovaných latexů byla bylo zjištěno, že transport vody k ocelovému podkladu bude omezen v případě dosažení optimální úrovně hustoty polymerní sítě, tzn. vysoce hustě zesíťené ani velmi řídké zesíťené polymerní latexové filmy vykazují nízkou odolnost vůči vlhké atmosféře i atmosféře solného elektrolytu a z výsledných hodnot antibakteriální a antifungální účinnost vyplývá, že začleněné nanočástice  $\text{La}_2\text{O}_3$  mají určité antimikrobiální vlastnosti, které v kombinaci s daným chemickým složením latexů zvyšují antimikrobiální účinnost a působí inhibičním efektem na růst MO.

Dále byla zjištěna velmi dobrá chemická a mechanická odolnost nepigmentovaných latexových nátěrových filmů, které po přidání 0,4 % hmotn. inhibitoru bleskové koroze Nalzin® FA 179 byly odolné vůči bleskové korozi a jedná se v tomto případě o univerzální nátěry. V případě latexu L0 AAEM a LA AAEM byla zjištěna nízká ochranná bariéra vůči korozi ocelového podkladu, kdy docházelo k propouštění zvýšeného množství vody nátěrovým filmem, což bylo pravděpodobně způsobeno daným mechanismem síťování. Naopak aktivní ochranná bariéra vůči korozi ocelového podkladu se projevila u latexů LA HPMA a LA, které byly zvoleny pro formulaci nátěrových hmot s antikorozními pigmenty při OKP 10 % s obsahem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  při  $Q = 35$  %. V případě pigmentu  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  a  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  mohlo dojít k dodatečnému vzniku iontových vazeb a formulované nátěrové hmoty s antikorozními pigmenty vykazovaly L0  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , LA  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , LA  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  a LA HPMA  $\text{MgFe}_2\text{O}_4$  antikorozní vlastnosti pro korozní prostředí typu C3 se střední životností.

K dalšímu výzkumu na základě zjištěného reálného množství nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$  by bylo vhodné se zaměřit na začlenění nanočástic nejen během syntézy akrylátových latexů ale i po syntéze pojiv. Zároveň by byla žádoucí mechanická úprava nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$  mletím

z důvodu rozrušení přítomných aglomerátů. Z hlediska zjištěné síťové hustoty syntetizovaných latexů a jejího vlivu na fyzikálně-mechanickou a chemickou odolnost je do budoucna vhodné se zaměřit na dosažení a zjištění optimální hodnoty síťové hustoty jednotlivých latexů. Antimikrobiální účinnost latexů by pravděpodobně mohla být zvýšena začleněním vyššího množství nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$  k docílení reálného obsahu 1,5 % nanočástic  $\text{La}_2\text{O}_3$  a začleněním dalších nanočástic  $\text{ZnO}$  nebo  $\text{MgO}$ .

V případě pigmentovatelnosti latexových pojiv by bylo vhodné brát zřetel na výběr vhodných plniv s obdobnými vlastnostmi jako  $\text{CaSiO}_3$ , který jehlicovitým tvarem anorganických částic zvyšuje houževnatost a chemickou odolnost nátěrového filmu. Dalé by bylo vhodné se soustředit na pigmenty  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ , který vykazoval velmi dobré vzhledové vlastnosti a také další pigmenty s obsahem zinku v širším rozsahu objemové koncentrace pigmentu pro srovnání a zjištění optimální hodnoty objemové koncentrace pigmentu v příslušném latexovém pojivu.

## 8 LITERATURA:

- [1] KALEDOVÁ, A., KALENDA, P. *Technologie nátěrových hmot I. – pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot*. Pardubice, Univerzita Pardubice, 2004, ISBN 80-7194-691-5.
- [2] ATHAWALE, V.D. a R.V. NIMBALKAR. *Waterborne Coatings Based on Renewable Oil Resources: an Overview*. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2011, (88), 159-185. DOI: 10.1007/s11746-010-1668-9. ISSN 1558-9331
- [3] PRAKASH, MAHANWAR. *Advances in self-crosslinking of acrylic emulsion: what we know and what we would like to know*. *Journal of Dispersion Science and Technology* 40(4):1-18 DOI: 10.1080/01932691.2018.1472012. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/327950142\\_Advances\\_in\\_selfcrosslinking\\_of\\_acrylic\\_emulsion\\_what\\_we\\_know\\_and\\_what\\_we\\_would\\_like\\_to\\_know](https://www.researchgate.net/publication/327950142_Advances_in_selfcrosslinking_of_acrylic_emulsion_what_we_know_and_what_we_would_like_to_know)
- [4] ŠŇUPÁREK, J. *Makromolekulární chemie: Úvod do chemie a technologie polymerů*. Vyd. 3; dopl. A upr. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2014. ISBN 978-80-7395-761-2.
- [5] JARUŠEK, J. *Technologie nátěrových hmot*. Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická, 1987.
- [6] HONZÍČEK, J. *Chemie filmotvorných látek [přednáška]*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta Chemicko-technologická, 2.11. 2022.
- [7] ŠULC, M. *Koroze a ochrana materiálů. Nátěry z nátěrových hmot ředitelných vodou*. Praha: Státní výzkumný ústav ochrany materiálů, 1999. s. 96.
- [8] WALLENHORST, C. a R. WINTER. *Modified alkyd emulsions for waterborne coatings*. *PPCJ Polymers Paint Colour Journal*. 2016, 206(4616), 32-36.
- [9] SHIMOKAWA, Wataru, et al. *Synthetic resin emulsion and its uses*. U.S. Patent No 4,350,788, 1982.
- [10] SOMMER, Harry J. *Oil-in-water polyepoxide emulsions*. U.S. Patent No 3,168,488, 1965.
- [11] COOPER, Stuart L. GUAN, Jianjun. (2016). *Advances in Polyurethane Biomaterials - 5.1.2 Synthesis of Polyurethanes*. Elsevier. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt010WLXL1/advances-in-polyurethane/synthesis-polyurethanes>
- [12] JONES, Frank N. NICHOLS, Mark E. Pappas, SOCRATES Peter. (2017). *Organic Coatings - Science and Technology (4th Edition)*. John Wiley & Sons. Dostupné z:

<https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpOCSTE001/organic-coatings-science/organic-coatings-s>

- [13] LALEVÉE, Jacques FOUASSIER, JEAN-PIERRE. (2018). *Photopolymerisation Initiating Systems - 13.1.1 Introduction*. Royal Society of Chemistry. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt011TWIJF/photopolymerisation-initiating/water-solu-int>
- [14] BROWN, Nicole Robitaille. *Understanding the role of N-methylolacrylamide (nma) distribution in poly(vinyl acetate) latex adhesives*. Prosinec 11, 2003 Blacksburg, Virginia. Dostupné z: <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/26446/DISS-FINAL-NO-CH-4-GOOD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [15] MLEZIVA, J., ŠŇUPÁREK, J. *Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Praha: Sobotáles, 2000, pp. 134, 136-139, 486, 487. ISBN 80-85920-72-7.
- [16] TOPCUOGLU, Ö., ALTINKAYA, A. S., BALKÖSE, D. „*Characterization of waterborne acrylic based paint films and measurement of their water vapor permeabilities*,“ *Progress in Organic Coatings*, č. 56, pp. 269-278, 2006.
- [17] *Acrylic Latex Coatings. Failure Analysis of Paints and Coatings*. Rev. ed. Chichester, U.K.: Wiley, 2009, s. 93-95. ISBN 0-470-69753-9.
- [18] MESTACH, D. *Reactive surfactants for commercial polymer dispersions*. TAUER, K.; ed. *Aqueous Polymer Dispersions* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004, 2004-06-07, s. 37-41 [cit. 2022-02-13]. DOI: 10.1007/978-3-540-36474-0\_8.
- [19] KESSEL, N., ILLSLEY, D.R. Published in *Journal of Coatings Technology Research* (2008) 5, 285-297. *The Diacetone Acrylamide Crosslinking Reaction And Its Influence On The Film Formation Of An Acrylic Latex*.
- [20] J. MACHOTOVÁ, Š. PODZIMEK, P. KVASNIČKA, H. ZGONI, J. ŠŇUPÁREK, M. ČERNÝ, *Effect of molar mass on film-forming properties of self-crosslinking latexes based on structured acrylic microgels*, *Prog. Org. Coat.*, 2016, vol. 92, 23-28.
- [21] KUMAR S, SHAYORAJ S, DEVIN, DUBEY S. K, KUMAR A, KUMAR S, GULATI K. *Preparation, Characterization and Properties of some Acrylic Base Latex: A Review*. *Orient J Chem* 2021;37(5).
- [22] YUSHENG SHI, CHUNZE YAN, YAN ZHOU, JIAMIN WU, YAN WANG, SHENGFU YU, YING CHEN, CHAPTER 4 - *Polymer material for additive manufacturing-filament materials*.

- [23] Peter A. LOVELL a F. Joseph SCHORK, *Základy emulzní polymerace*. Biomakromolekuly 2020, 21, 11, 4396–4441, Datum zveřejnění: 16. června 2020. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.biomac.0c00769>
- [24] Particle Size and Particle Size Distribution of Emulsion Polymers: *A Review of Modeling Studies* Tulika Gaur and Ashwini Sood\* Department of Chemical Engineerin. School of Chemical Technology, Harcourt BUTLER Technical University, Kanpur, India
- [25] BÁRTOVSKÁ L., ŠIŠKOVÁ M., *Fyzikální chemie povrchů a koloidních roztoků*. VŠCHT Praha 6 (2010), ISBN 978-80-7080-745-3
- [26] LOTIERZO, A. *The role of solid particles in emulsion polymerization – synthesis and kinetic studies*. Department of Chemistry, University of Warwick, May 2019. [http://wrap.warwick.ac.uk/136898/1/WRAP\\_Theses\\_Lotierzo\\_2019.pdf](http://wrap.warwick.ac.uk/136898/1/WRAP_Theses_Lotierzo_2019.pdf)
- [27] KALENDA, P. *Polymerní materiály pro medic.aplikace* [souhrn přednášek]. Pardubice: Chemicko-technologická fakulta. Univerzita Pardubice Dostupné z: Studijní materiály.
- [28] SHERAZ, T., LOURDES, I., MERCEDES, F., PAULIS, M. *Kinetic study of crosslinking between acetoacetoxy and hexamethylene diamine functionalized waterborne latexes in two-pack systems*, Progress in Organic Coatings, Vol.165, 2022, 106732, ISSN 0300-9440, <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.106732>.
- [29] KEDDIE, A., ROUTH, J. *Fundamentals of Latex Film Formation*, in: *Fundamentals of Latex Film Formation*, 2010: p. XVIII, 308.
- [30] TAYLOR, J., WINNIK, M. *Functional latex and thermoset latex films*, *JCT Research* 2004 1:3. 1 (2004) 163–190. <https://doi.org/10.1007/S11998-004-0011-5>.
- [31] TILLET, G., B. BOUTEVIN a B. AMEDURI. Chemical reactions of polymer crosslinking and post-crosslinking at room and medium temperature. *Progress in Polymer Science*. 2011, **36**(2), 191-217. DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2010.08.003.
- [32] SRIVASTAVA, S. *Co-polymerization of Acrylates. Designed Monomers and Polymers*. 2012, **12**(1), 1-18. DOI: 10.1163/156855508X391103.
- [33] MACHOTOVÁ, Jana, Eva ČERNOŠKOVÁ, Jan HONZÍČEK a Jaromír ŠŇUPÁREK. Water sensitivity of fluorine-containing polyacrylate latex coatings: Effects of crosslinking and ambient drying conditions. *Progress in Organic Coatings* [online]. 2018, 120, 266-273 [cit. 2022-05-02]. ISSN 03009440. Dostupné z: doi:10.1016/j.porgcoat.2018.03.016
- [34] JOSHI, Ravi G., Theodore PROVIDER, Paul ZIEMER, Wenjing MAO, Weidian SHEN a Frank N. JONES. Investigation of the effect of precoalescence or postcoalescence crosslinking on film formation, properties, and latex morphology. *Journal of Coatings*

- Technology and Research [online]. 2009, 6(1), 47-65 [cit. 2022-05-02]. ISSN 1547-0091. Dostupné z: doi:10.1007/s11998-008-9115-7
- [35] KESSEL, N., D. R. ILLSLEY a J. L. KEDDIE. *The diacetone acrylamide crosslinking reaction and its influence on the film formation of an acrylic latex*. Journal of Coatings Technology and Research. 2008, 5(3), 285-297. DOI: 10.1007/s11998-008-9096-6.
- [36] Phillips DH, Arlt VM. *Genotoxicity: damage to DNA and its consequences*. EXS. 2009; 19157059., 99:87-110. doi: 10.1007/978-3-7643-8336-7\_4.
- [37] EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA), PARMA, ITALY. *Scientific Opinion on the safety assessment of the substance adipic acid dihydrazide, CAS No 1071-93-8, for use in food contact materials*. EFSA Panel on Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings and Processing Aids (CEF). This scientific output, published on 7 October 2015, replaces the earlier version published on 13 January 2015.
- [38] STEINEROVÁ, Denisa, Andréa KALEDOVÁ, Jana MACHOTOVÁ a Marcela PEJCHALOVÁ. Environmentally Friendly Water-Based Self-Crosslinking Acrylate Dispersion Containing Magnesium Nanoparticles and Their Films Exhibiting Antimicrobial Properties. Coatings [online]. 2020, 10(4) [cit. 2022-05-02]. ISSN 2079-6412. Dostupné z: doi:10.3390/coatings10040340
- [39] DE KROM, A., MULDER, H., MESTACHAKZO, D. *Samozesitující akrylové disperze předčí konvenční kapalně inkousty na bázi rozpouštědla*. Příspěvek přednesený na technické konferenci NPIRI18.–20. října 2000 Callaway Gardens Gruzie.
- [40] BROWN, Nicole R. a Charles E. FRAZIER. Cross-linking poly[(vinyl acetate)-co-N-methylolacrylamide] latex adhesive performance part I: N-methylolacrylamide (NMA) distribution. International Journal of Adhesion and Adhesives [online]. 2007, 27(7), 547-553 [cit. 2022-05-02]. ISSN 01437496. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijadhadh.2006.10.002
- [41] HU, Jianqing, Kaimei PENG, Jinshan GUO, et al. Click Cross-Linking-Improved Waterborne Polymers for Environment-Friendly Coatings and Adhesives. ACS Applied Materials & Interfaces [online]. 2016, 8(27), 17499-17510 [cit. 2022-05-02]. ISSN 1944-8244. Dostupné z: doi:10.1021/acsami.6b02131
- [42] *Low-formaldehyde self-crosslinking polymer latex composition*. EUROPEAN PATENT APPLICATION. Date of publication of application : Inventor : Novak, Ronald WILLIAM, 03.06.92 Bulletin 92/23.
- [43] Iñigo GONZÁLEZ, José M. ASUA, José R. LEIZA. *Síťování v acetoacetoxy funkčních vodou ředitelných síťovatelných latexech*. Svazek 243, vydání 1. Zvláštní vydání: Příspěvky z Polymer Reaction Engineering VI, listopad 2006. Strany 53-62.

- [44]OOKA, M. a H. OZAWA. Recent developments in crosslinking technology for coating resins. *Progress in Organic Coatings* [online]. 1994, 23(4), 325-338 [cit. 2022-05-02]. ISSN 03009440. Dostupné z: doi:10.1016/0033-0655(94)87002-0.
- [45]FENG, J., H. PHAM, P. MACDONALD a kol. Formation and crosslinking of latex films through the reaction of acetoacetoxy groups with diamines under ambient conditions. *Journal of Coatings Technology*. 1998, 70(6), 57-68. DOI: 10.1007/BF02730151.
- [46]BESHAH, K., DEVONPORT, W. *A study of acetoacetoxyethyl methacrylate hydrolysis in acrylic latex polymers as a function of pH*. *J Coat Technol Res* 10, 821–828 (2013). <https://doi.org/10.1007/s11998-013-9512-4>
- [47]I. GONZÁLEZ, J.M. ASUA, J.R. LEIZA, *Crosslinking in Acetoacetoxy Functional Waterborne Crosslinkable Latexes*. *Macromolecular Symposia*. 243 (2006) 53–62. <https://doi.org/10.1002/MASY.200651106>.
- [48]MURILLO, Edwin a Betty LÓPEZ. Waterborne hyperbranched alkyd-acrylic resin obtained by miniemulsion polymerization. *Polímeros* [online]. 2016, 26(4), 343-351 [cit. 2022-05-02]. ISSN 1678-5169. Dostupné z: doi:10.1590/0104-1428.2344.
- [49]TARIQ Sheraz, IRUSTA Lourdes, FERNÁNDEZ Mercedes, PAULIS María. 2022/04/01,106732. *Kinetic study of crosslinking between acetoacetoxy and hexamethylene diamine functionalized waterborne latexes in two-pack systems*. 165, 10.1016/j.porgcoat.2022.106732. *Progress in Organic Coatings*.
- [50]BERA, Rabin, Ayan DEY, Arpan DATTA SARMA a Debabrata CHAKRABARTY. Synthesis and characterization of acrylic acid-2-hydroxyethyl methacrylate IPN hydrogels. *RSC Advances* [online]. 2015, 5(93), 75870-75880 [cit. 2022-05-02]. ISSN 2046-2069. Dostupné z: doi:10.1039/C5RA12110H.
- [51]Yusheng Shi, Chunze Yan, Yan Zhou, Jiamin Wu, Yan Wang, Shengfu Yu, Chen Ying. *Materials for additive manufacturing*. 2021, vol 1, [cit. 2022-05-02]. ISBN 9780128193037.
- [52]MACHOTOVA, Jana, Eliska STRANSKA, Jiri SKORNOK, Lucie ZARYBNICKA, Klara MELANOVA, Jozef RYCHLY a Adela RUCKEROVA. Fluorine containing self-crosslinking acrylic latexes with reduced flammability and their application as polymer binders for heterogeneous cation-exchange membranes. *Journal of Applied Polymer Science* [online]. 2017, 134(43) [cit. 2022-05-02]. ISSN 00218995. Dostupné z: doi:10.1002/app.45467.
- [53]RŮCKEROVÁ, A., M. MEDUNOVÁ a J. MACHOTOVÁ. Síťování vodou ředitelných nátěrů za použití retardéru hoření. *Chemické listy*. 2018, **112**(7), 450-453.

- [54] KEDDIE, J. Film formation of latex. *Materials Science and Engineering: R: Reports*. 1997, **21**(3), 101-170. DOI: 10.1016/S0927-796X(97)00011-9.
- [55] MULDER, H., KROM, A. Self-crosslinking acrylic dispersions outperform conventional solventborne liquid inks. *American Ink Marker*. 2001, **79**(1), 30-36.
- [56] BISWAS, Pratim a Chang-Yu WU. Nanoparticles and the Environment. *Journal of the Air & Waste Management Association* [online]. 2012, **55**(6), 708-746 [cit. 2022-05-02]. ISSN 1096-2247. Dostupné z: doi:10.1080/10473289.2005.10464656.
- [57] LAGARÓN, J.M.; OCIO, M.J.; LÓPEZ-RUBIO, A. *Antimicrobial packaging polymers*. A general introduction. *Antimicrobial polymers*. Hoboken, N.J.: Wiley, 2012, s. 1-20. ISBN: 978-0-470-59822-1.
- [58] SALAVATI-NIASARI, Masoud, Ghader HOSSEINZADEH a Fatemeh DAVAR. Synthesis of lanthanum hydroxide and lanthanum oxide nanoparticles by sonochemical method. *Journal of Alloys and Compounds* [online]. 2011, **509**(10), 4098-4103 [cit. 2022-05-02]. ISSN 09258388. Dostupné z: doi:10.1016/j.jallcom.2010.07.083.
- [59] MALVANDI, Amir Mohammad, Sara SHAHBA, Abbas MOHAMMADIPOUR, Seyed Hamidreza RASTEGAR-MOGHADDAM a Mahmoud ABUDAYYAK. Cell and molecular toxicity of lanthanum nanoparticles: are there possible risks to humans?. *Nanotoxicology* [online]. 1-22 [cit. 2022-05-02]. ISSN 1743-5390. Dostupné z: doi:10.1080/17435390.2021.1940340.
- [60] BALUSAMY, Brabu, Yamuna Gowri KANDHASAMY, Anitha SENTHAMIZHAN, Gopalakrishnan CHANDRASEKARAN, Murugan Siva SUBRAMANIAN a Tirukalikundram S KUMARAVEL. Characterization and bacterial toxicity of lanthanum oxide bulk and nanoparticles. *Journal of Rare Earths* [online]. 2012, **30**(12), 1298-1302 [cit. 2022-05-02]. ISSN 10020721. Dostupné z: doi:10.1016/S1002-0721(12)60224-5.
- [61] HOCHMANNOVA, L. a J. VYTRASOVA. Photocatalytic and antimicrobial effects of interior paints. *Progress in Organic Coatings* [online]. 2010, **67**(1), 1-5 [cit. 2022-05-02]. ISSN 03009440. Dostupné z: doi:10.1016/j.porgcoat.2009.09.016.
- [62] KALEDOVÁ, Andrea. *Technologie nátěrových hmot I.: pigmenty a plniva pro nátěrové hmoty*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-576-5.
- [63] A. MARKOWSKA-SZCZUPAK, K. ULFIG, A.W. MORAWSKI. *The application of titanium dioxide for deactivation of bioparticulates: An overview*, *Catalysis Today*, Volume 169, Issue 1, 2011, Pages 249-257, ISSN 0920-5861, <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2010.11.055>.

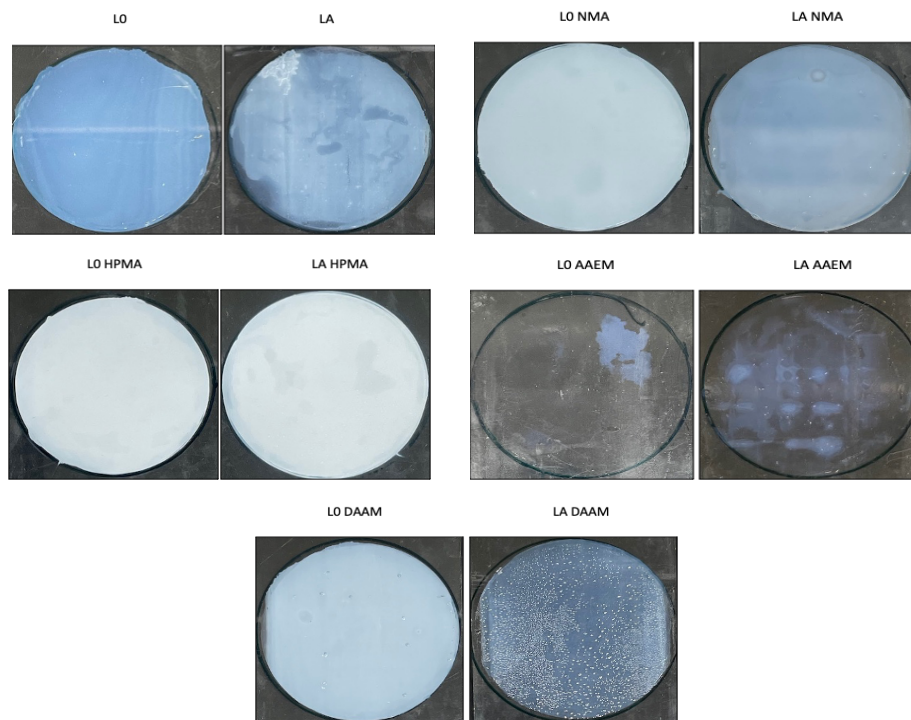


- [64] MARKOV, S.L. a A.M. VIDAKOVIC. Testing methods for antimicrobial activity of TiO<sub>2</sub> photocatalyst. *Acta periodica technologica*. 2014, 45(45), 141-152. DOI: 10.2298/APT1445141M.
- [65] *Laboratoř syntézy a charakterizace materiálů*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta Chemicko-technologická, 2.11. 2020.
- [66] ANSARI, Anees A., Maqsood A. SIDDIQUI, Aslam KHAN, N. AHMAD a Abdulaziz A. AL-KHEDHAIRY. Synthesis, optical properties and toxic potentiality of photoluminescent lanthanum oxide nanospheres. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* [online]. 2020, 607 [cit. 2022-05-03]. ISSN 09277757. Dostupné z: doi:10.1016/j.colsurfa.2020.125511.
- [67] NOVÁK, P. Koroze kovů, Ústav kovových materiálů a korozního prostředí, Fakulta chemické technologie, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, dostupné z: <http://ukmki.vscht.cz/files/uzel/0016736/Koroze%20kovů.pdf?redirected>
- [68] KENŠOVÁ, R., Hynek, D., Adam, V., Kizek, R. The influence of zinc to living organisms, *Journal of Metallomics and Nanotechnologies*, 3 (2014) 29-31.

## 9 PŘÍLOHY

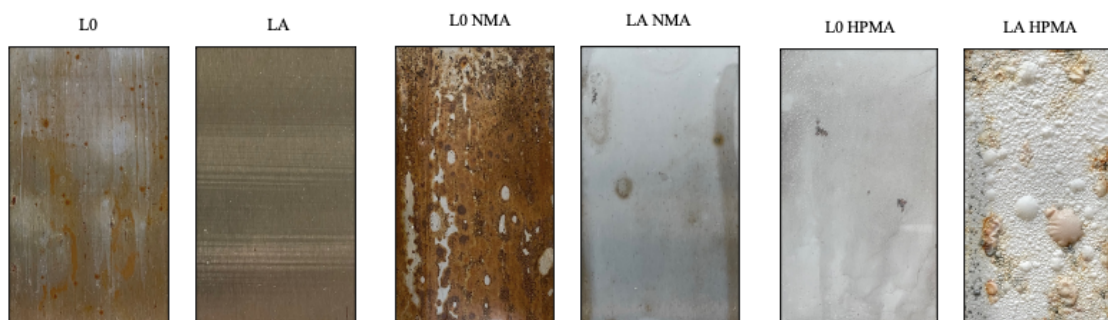
### Příloha A

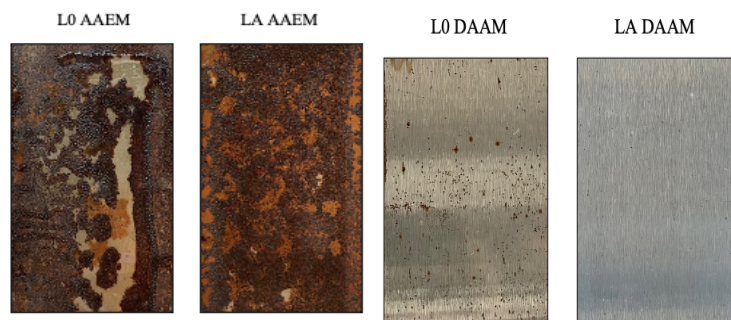
Fotografie nepigmentovaných nátěrových filmů ke zjištění odolnosti vůči zblednutí po 48 hodinách.



### Příloha B

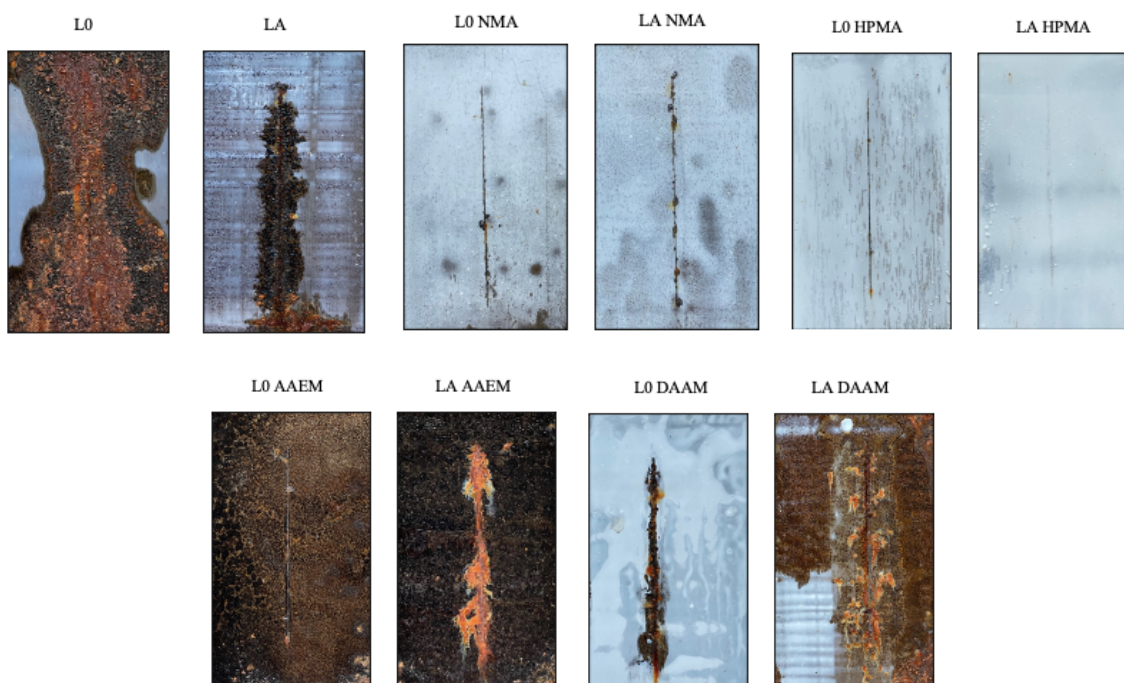
Fotografie plechů s nepigmentovaným nátěrovým filmem po jejich vystavení vlhké atmosféře po dobu 720 hodin.





### Příloha C

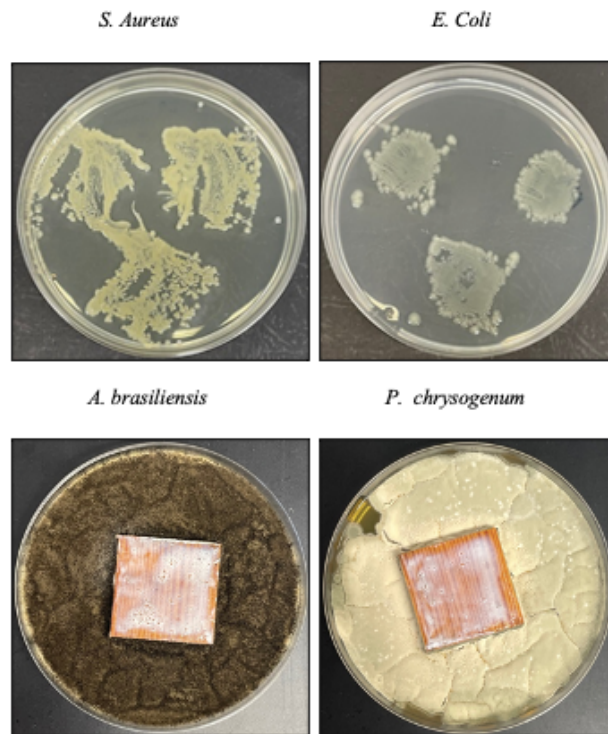
Fotografie plechů s nepigmentovaným nátěrovým filmem po jejich vystavení v atmosféře solného elektrolytu po dobu 480 hodin.



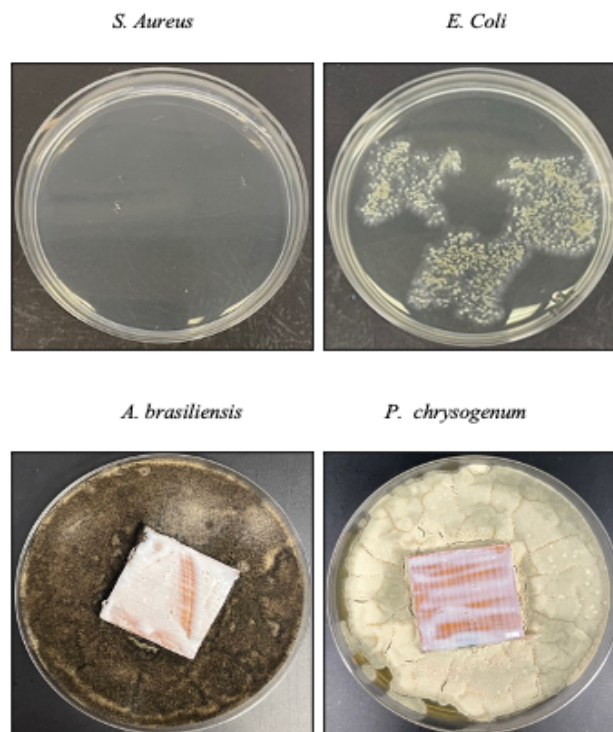
### Příloha D

Fotografie antimikrobiální účinnosti nátěrových filmů. Antibakteriální a antifungální účinnost.

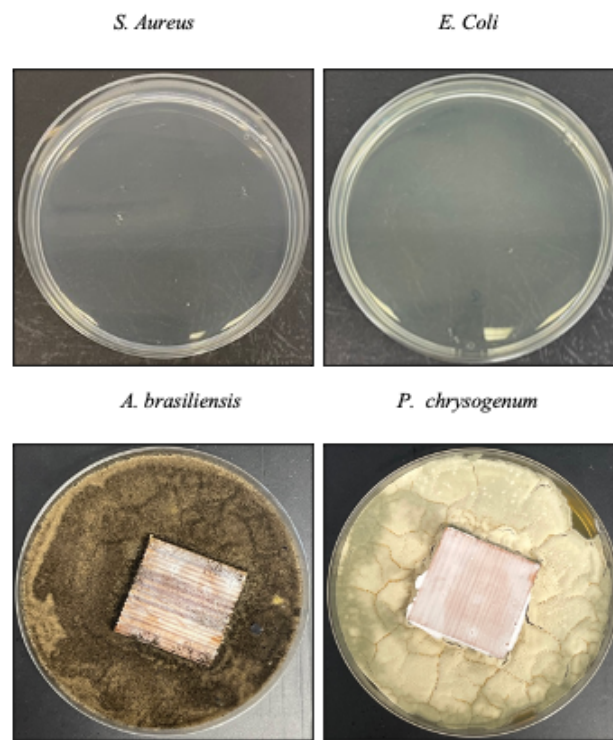
L0: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*



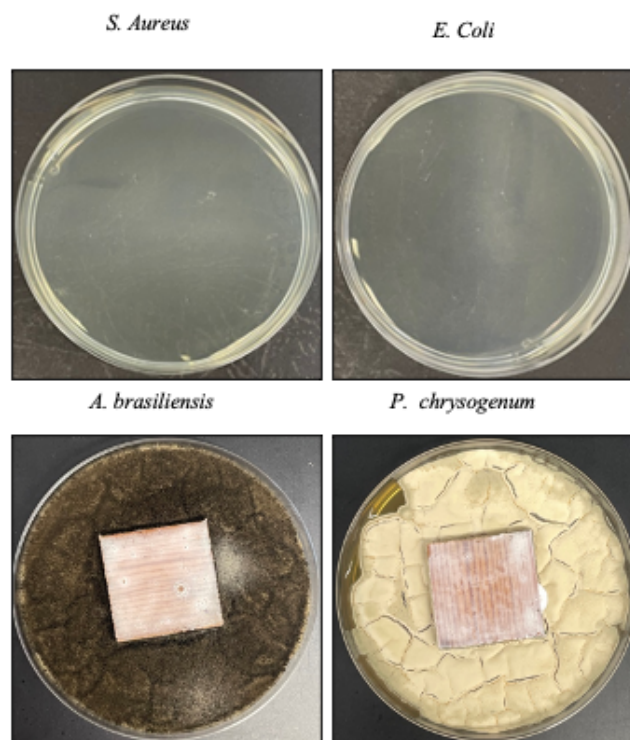
LA: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*



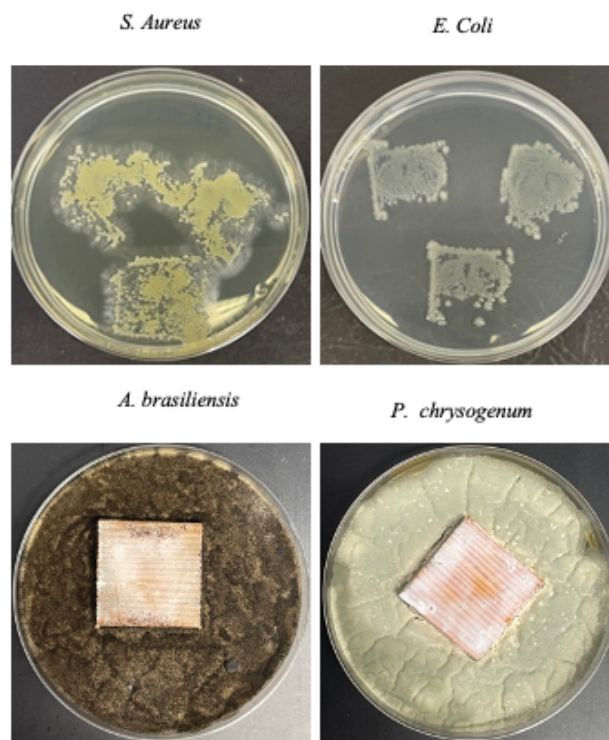
L0 NMA: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*



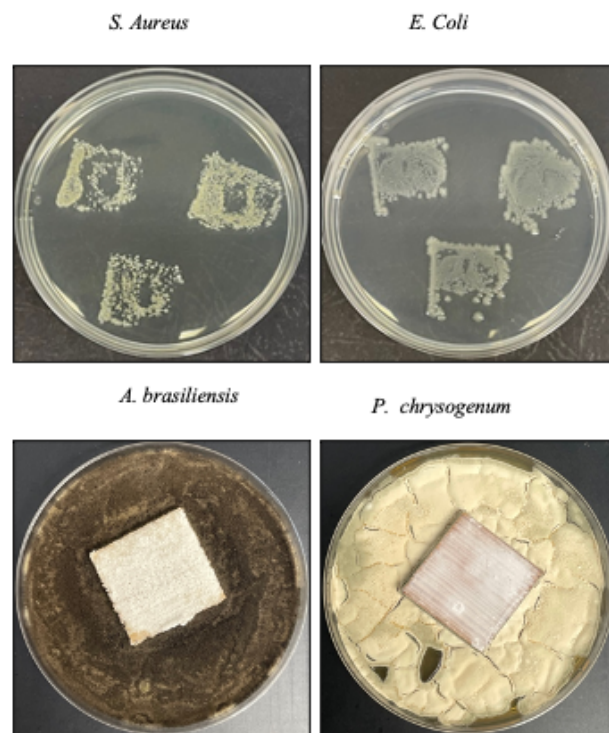
LA NMA: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*



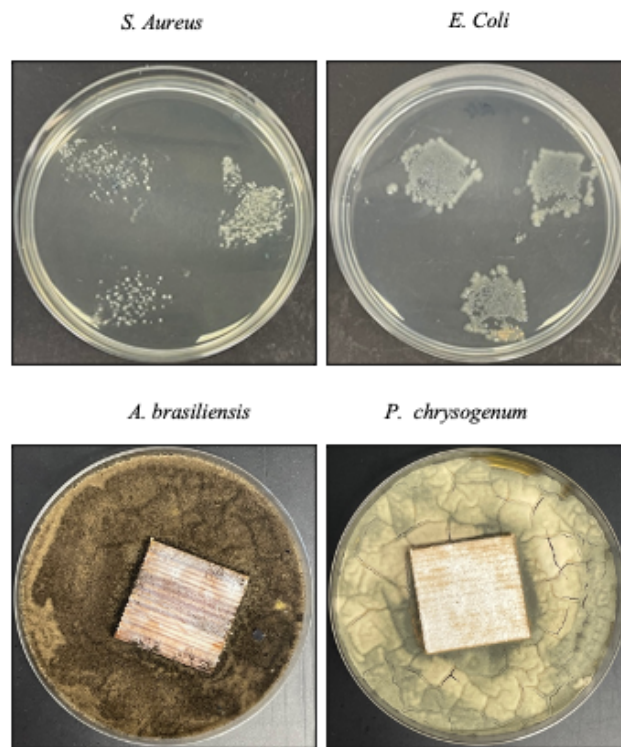
L0 HPMA: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*



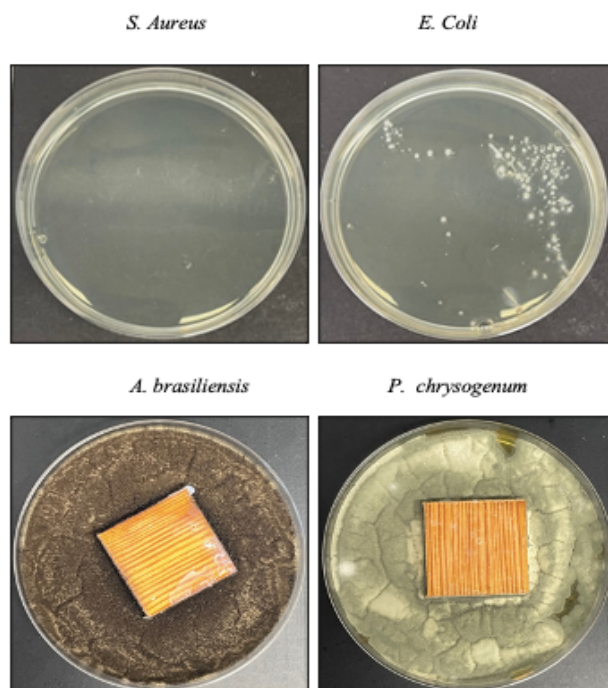
LA HPMA: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*



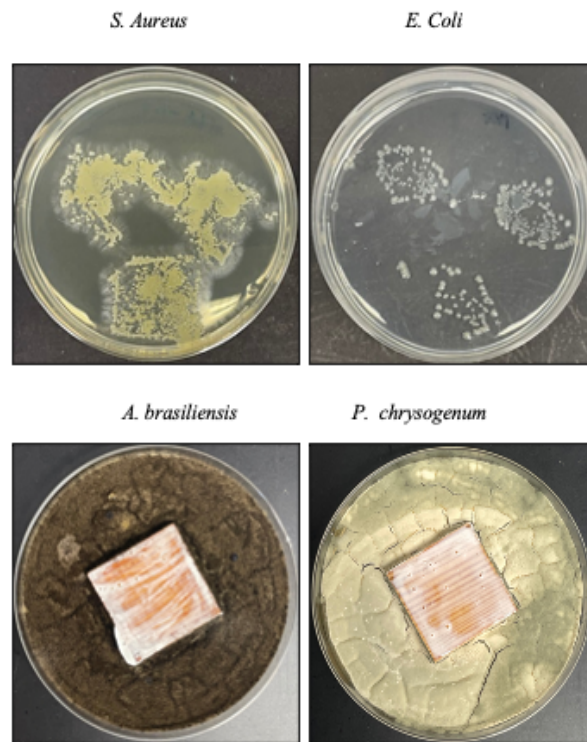
L0 AAEM: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*



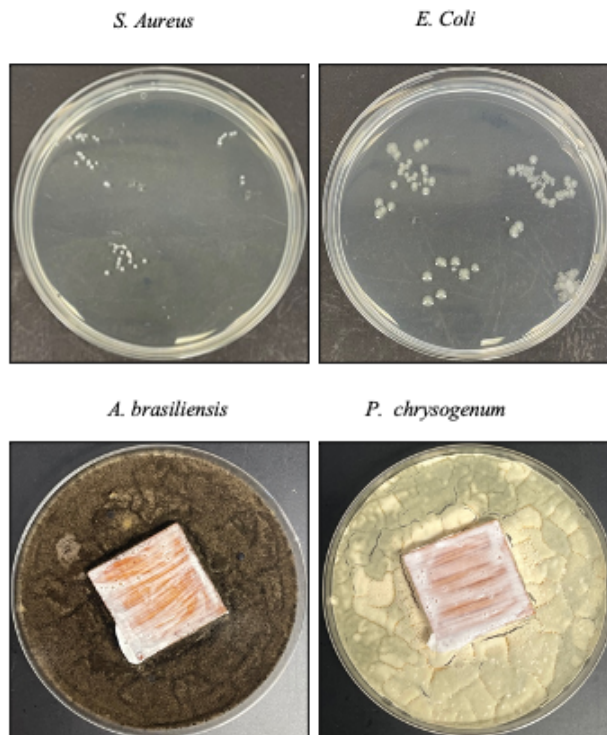
LA AAEM: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*



L0 DAAM: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*



LA DAAM: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*



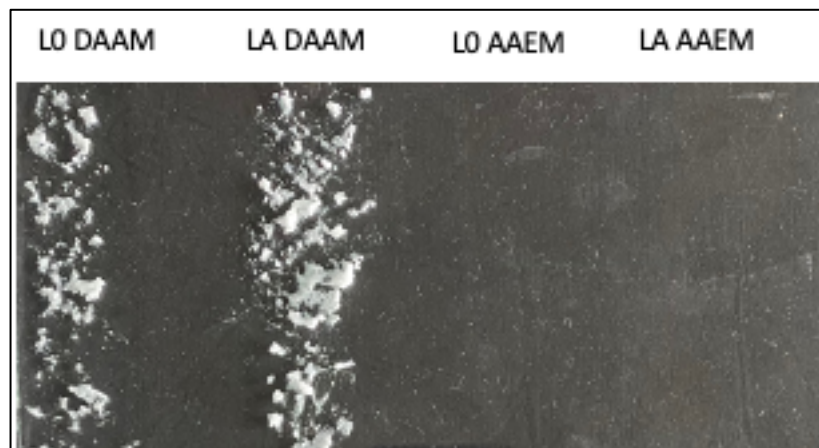
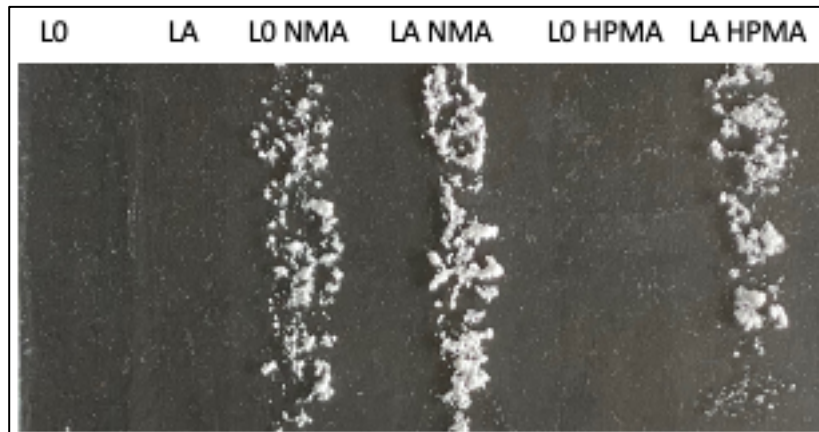


## Příloha E

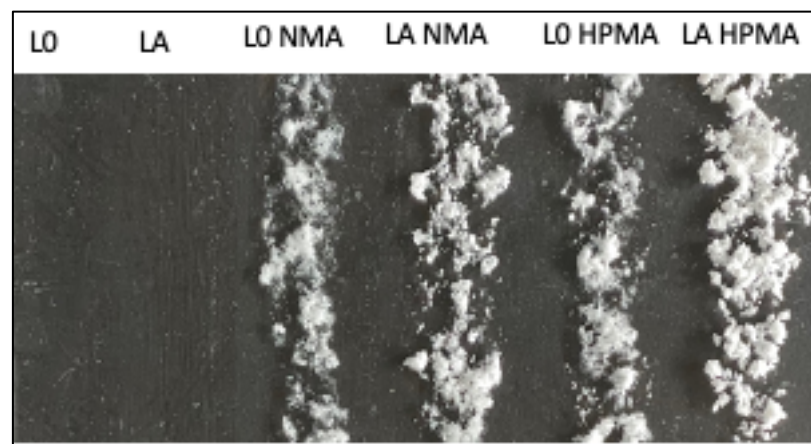
Fotografie stability nátěrových filmů po testu mrazuvzdornosti.

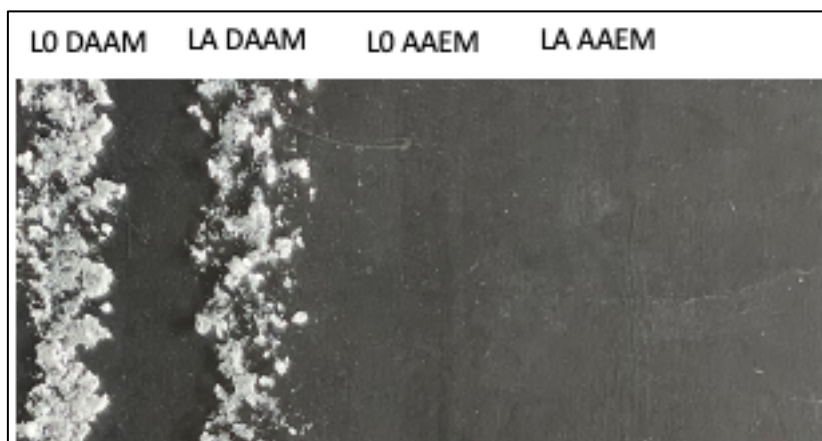
Vzhled nátěrových filmů při  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  byl totožný se vzhledem nátěrových filmů surových poživ a nedošlo u žádného pojiva k aglomeraci latexových částic.

Vzhled nátěrových filmů při  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



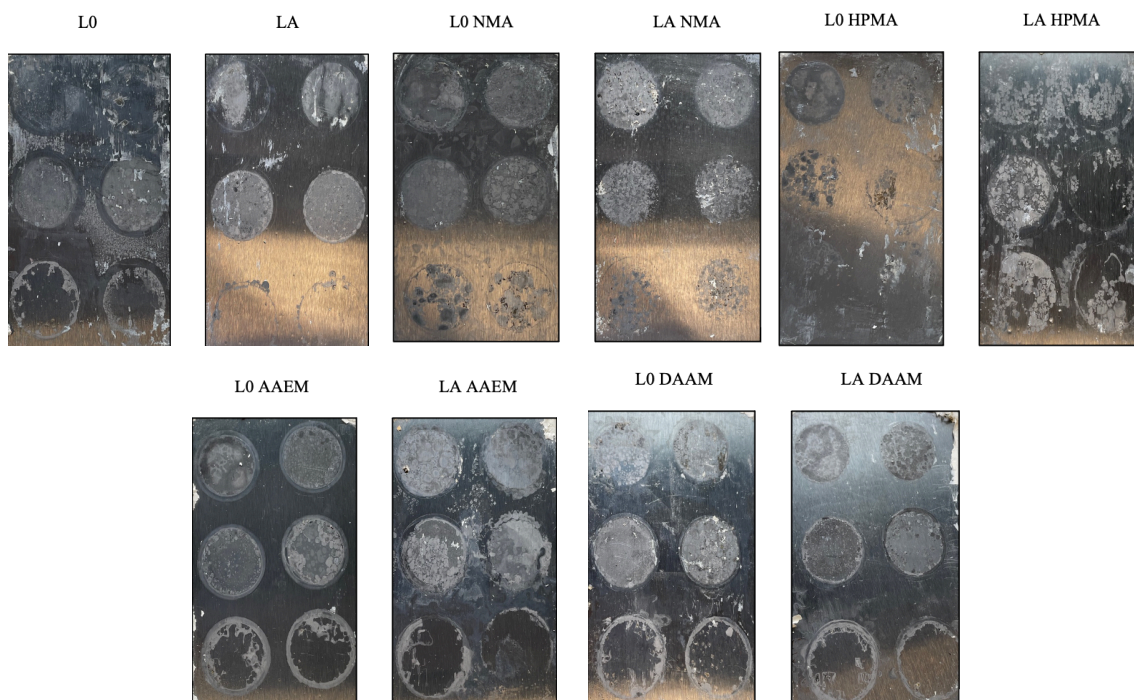
Vzhled nátěrových filmů při  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .





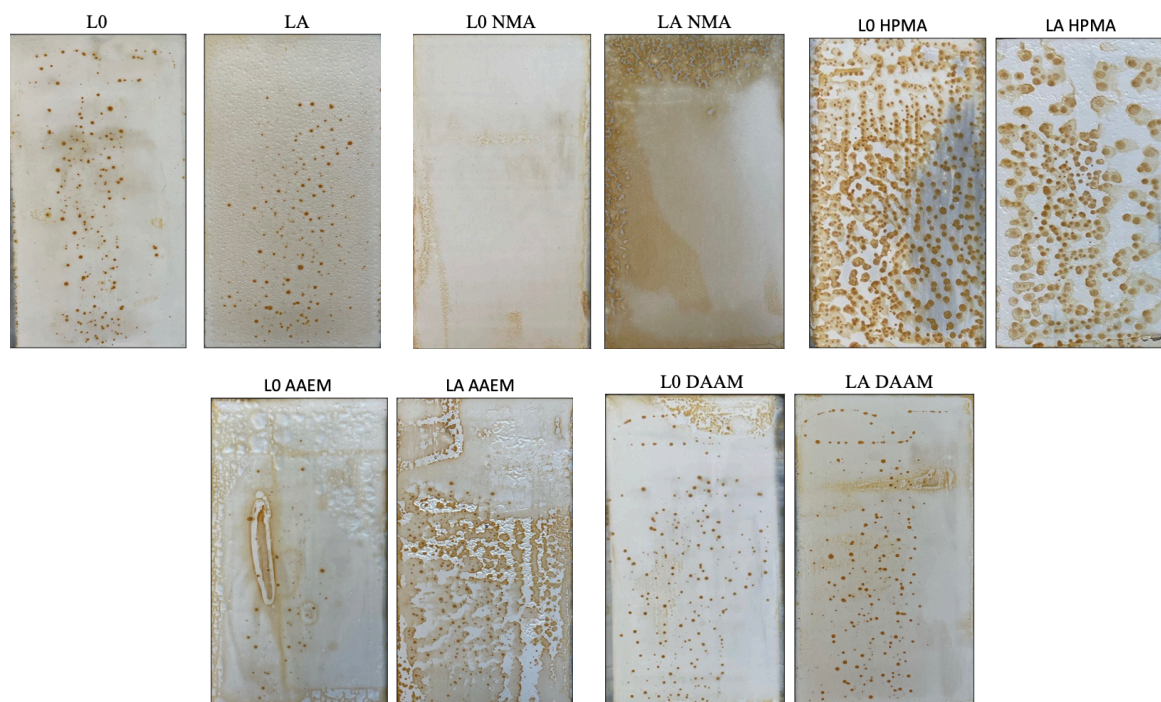
## Příloha F

Fotografie koroze podkladu po 550 hodinách u nátěrového filmu s 10 % objem. pigmentu  $\text{TiO}_2$  v závislosti na pH korozního prostředí.



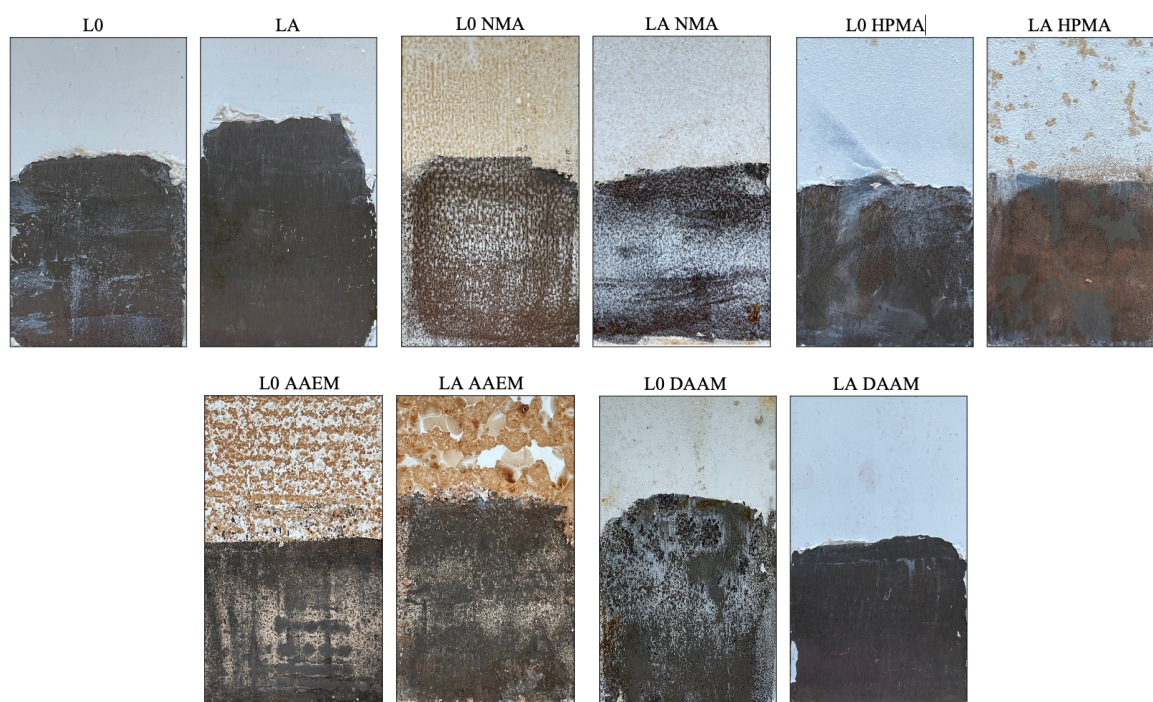
## Příloha G

Fotografie nátěrových filmů s 10 % objem. pigmentu  $\text{TiO}_2$  po cyklu bleskové koroze.



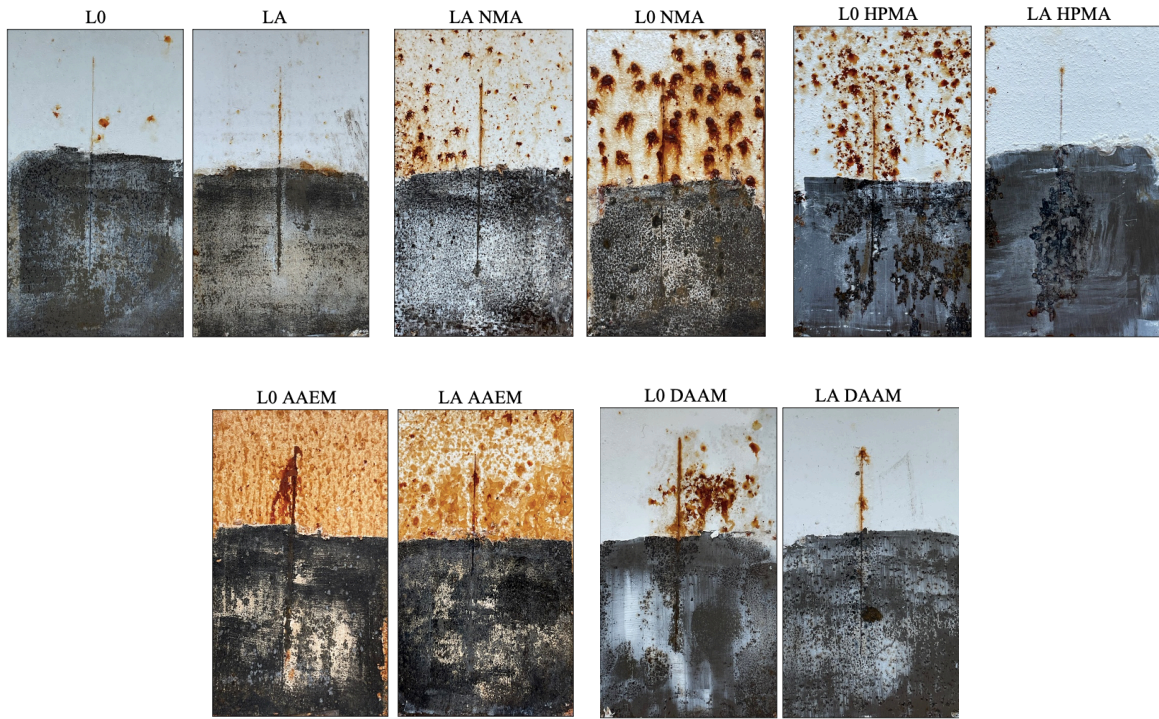
## Příloha F

Fotografie plechů s pigmentovanými nátěrovými filmy s 10 % objem. pigmentu  $\text{TiO}_2$  po jejich vystavení vlhké atmosféře po dobu 480 hodin.



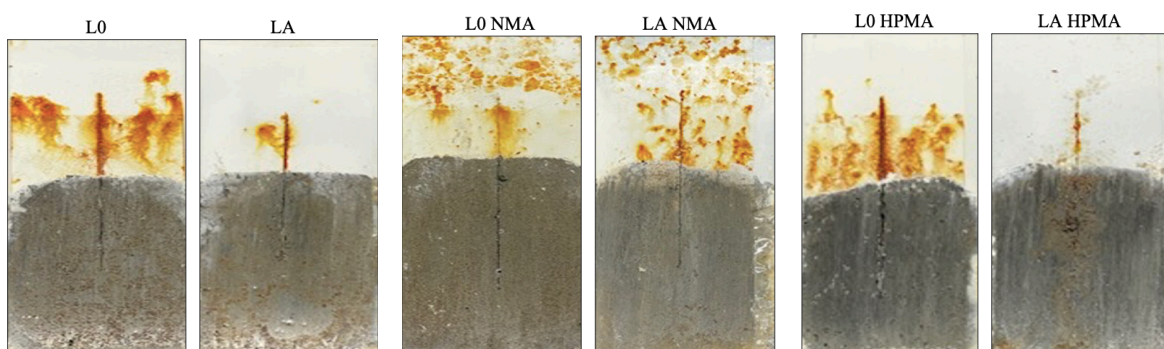
## Příloha G

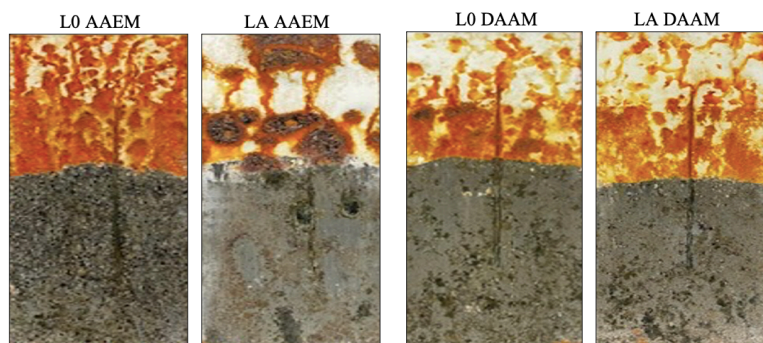
Fotografie plechů s pigmentovanými nátěrovými filmy s 10 % objem. pigmentu  $\text{TiO}_2$  po jejich vystavení atmosféře solného elektrolytu po dobu 480 hodin.



## Příloha H

Fotografie plechů s pigmentovanými nátěrovými filmy s 10 % objem. pigmentu  $\text{TiO}_2$  po jejich vystavení cyklické zkoušce s expozicí v QUV v kombinaci s  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  po dobu 240 hodin.

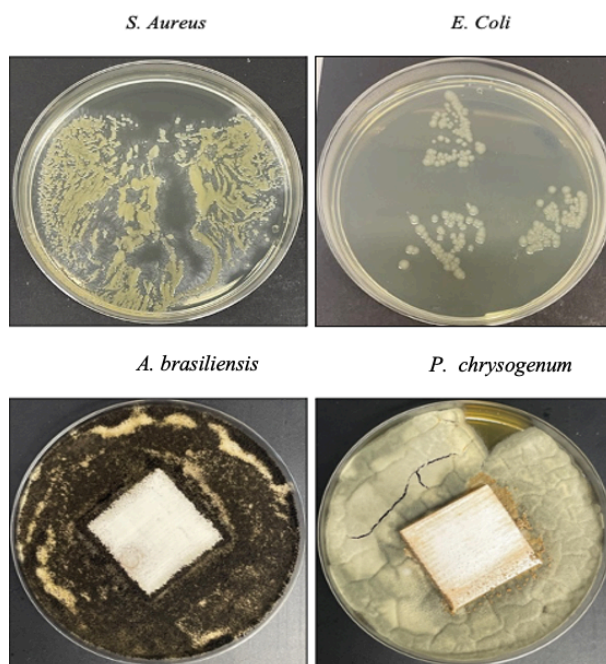




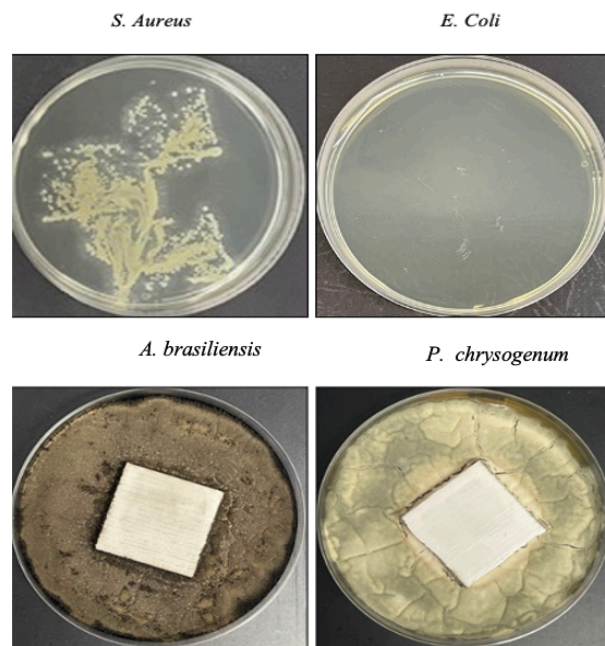
## Příloha CH

Fotografie antimikrobiální účinnosti pigmentovanými nátěrovými filmů s 10 % objem. pigmentu  $\text{TiO}_2$  nátěrových filmů. Antibakteriální a antifungální účinnost.

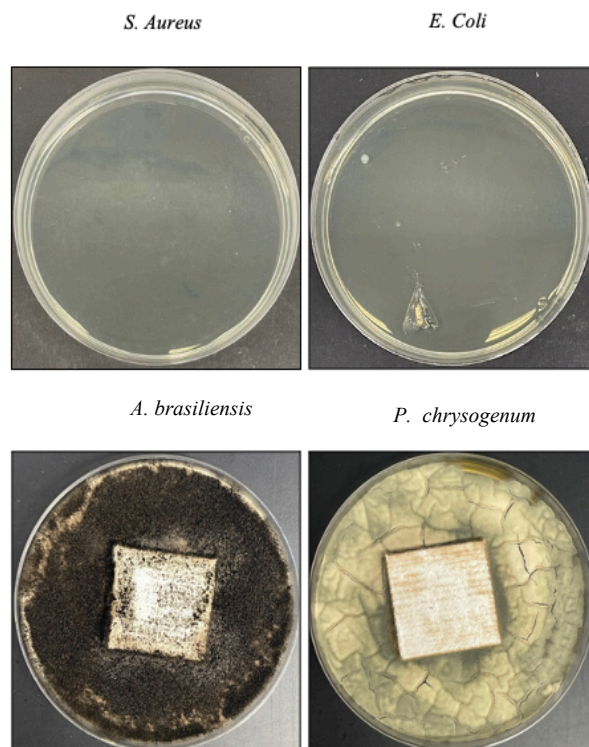
L0: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*



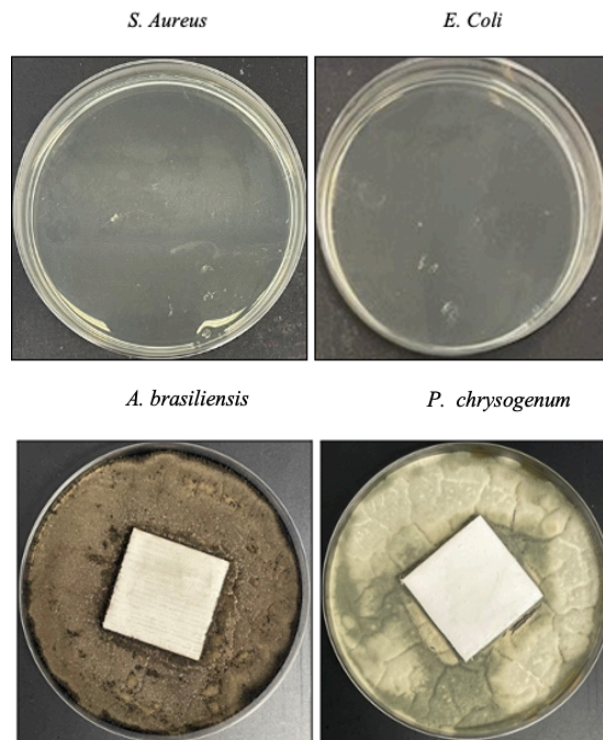
LA: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*



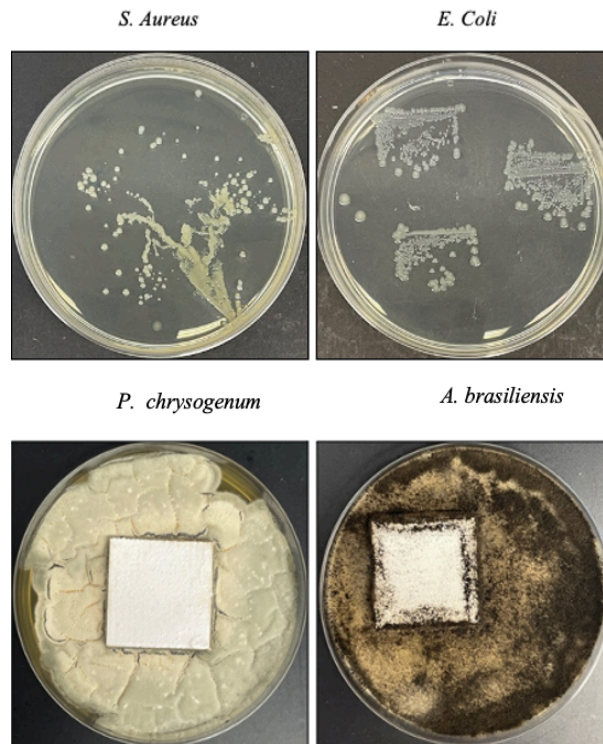
L0 NMA: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*



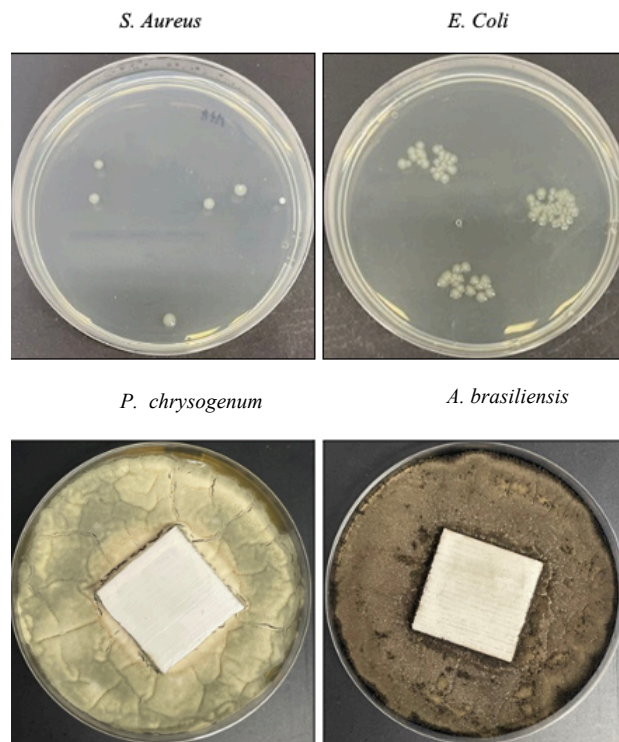
LA NMA: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*



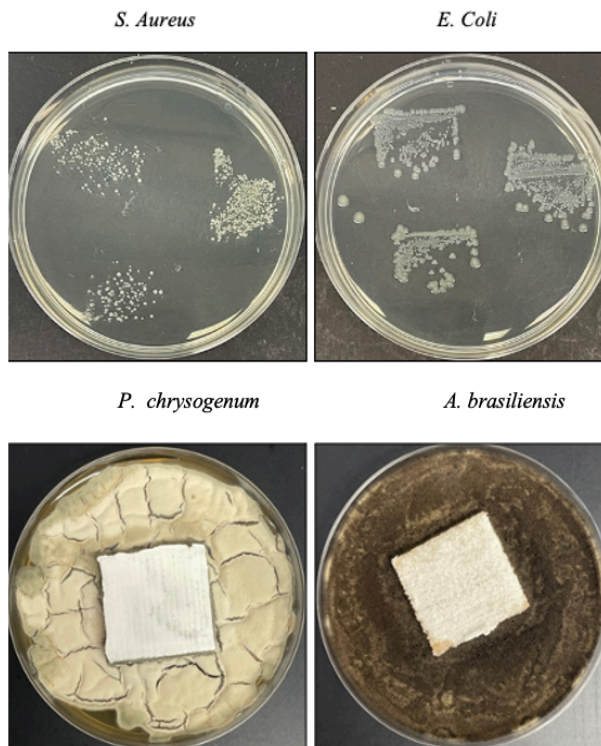
L0 HPMA: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*



LA HPMA: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E. Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*

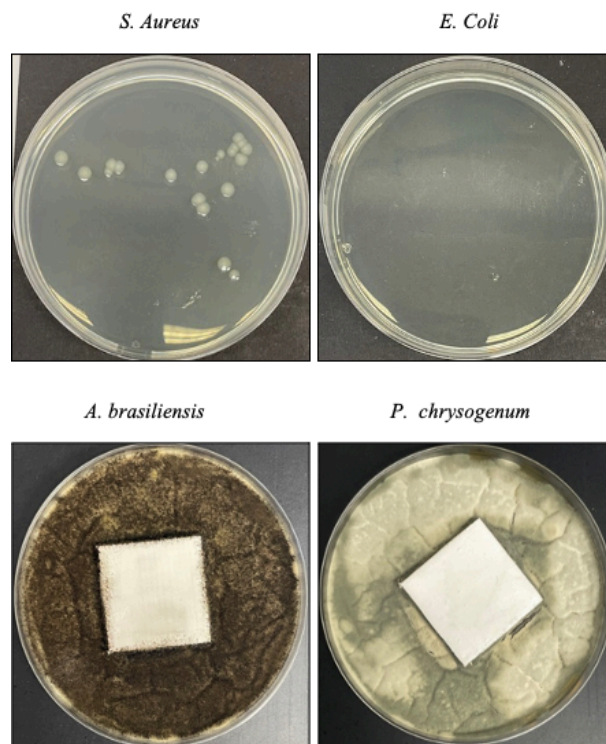


L0 AAEM: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E. Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*

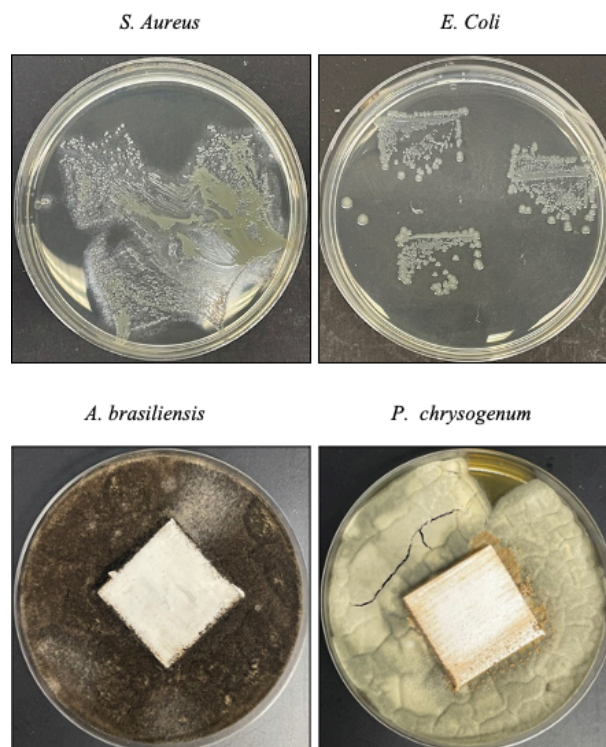




LA AAEM: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*

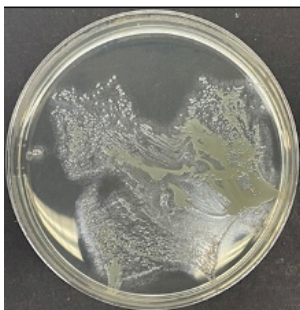


L0 DAAM: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*

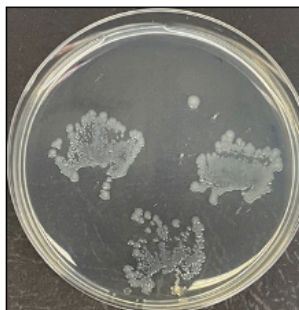


LA DAAM: vlevo nahoře *S. Aureus*, vpravo nahoře *E.Coli*, vlevo dole *A. brasiliensis*, vpravo dole *P. chrysogenum*

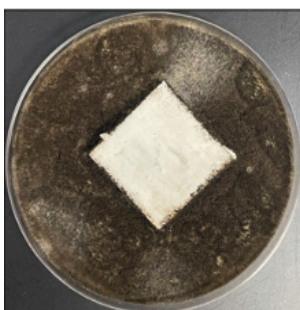
*S. Aureus*



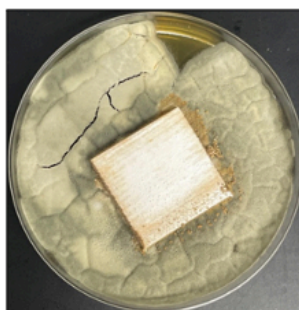
*E. Coli*



*A. brasiliensis*



*P. chrysogenum*



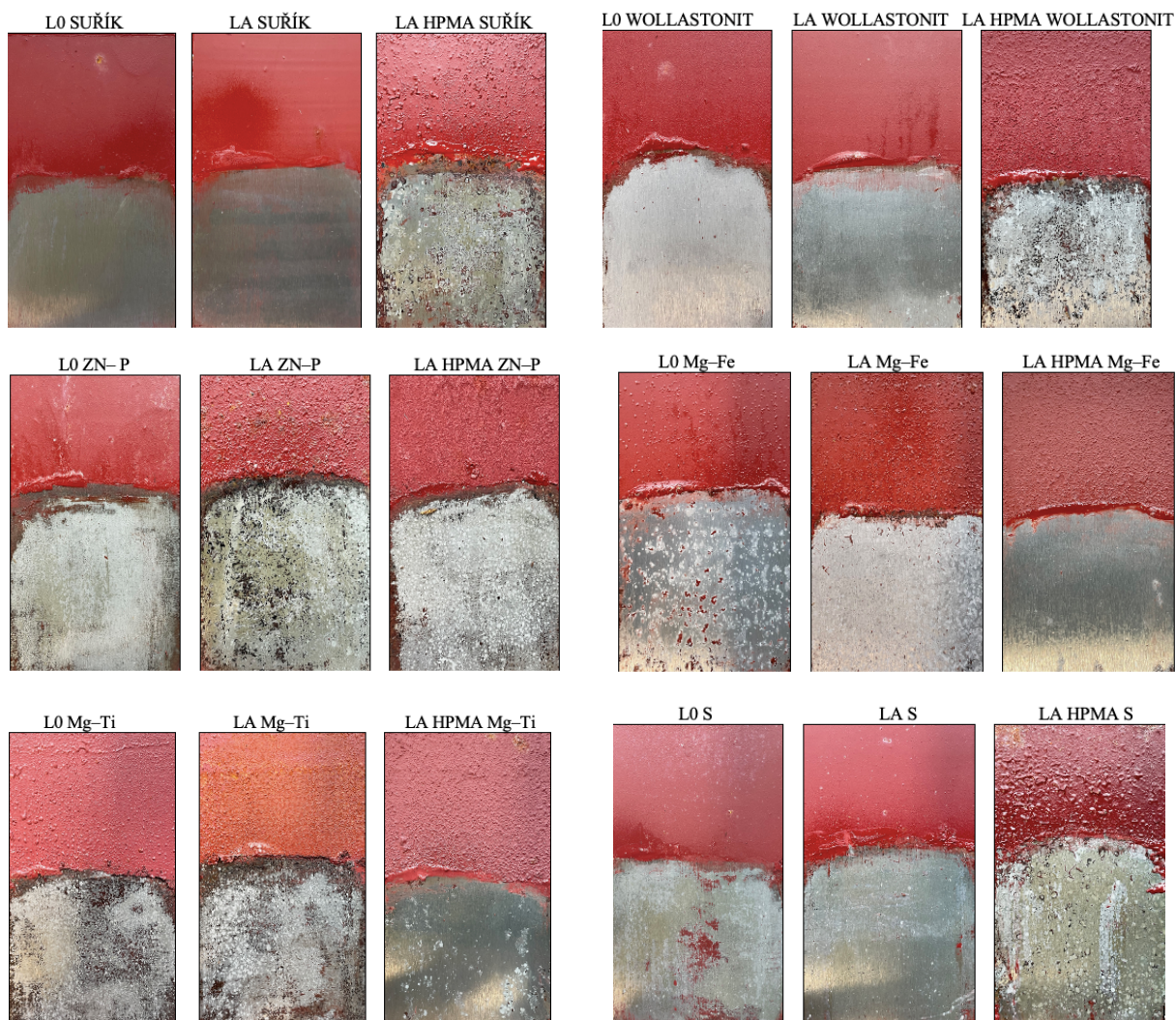
## Příloha I

Fotografie koroze podkladu u pigmentovaných nátěrových filmů s antikorozními pigmenty o OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  při  $Q = 35 \%$  v závislosti na pH korozního prostředí.



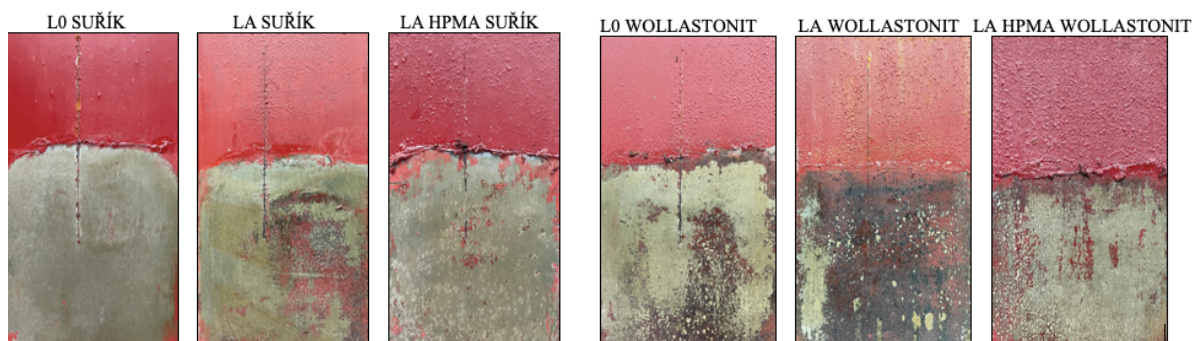
## Příloha J

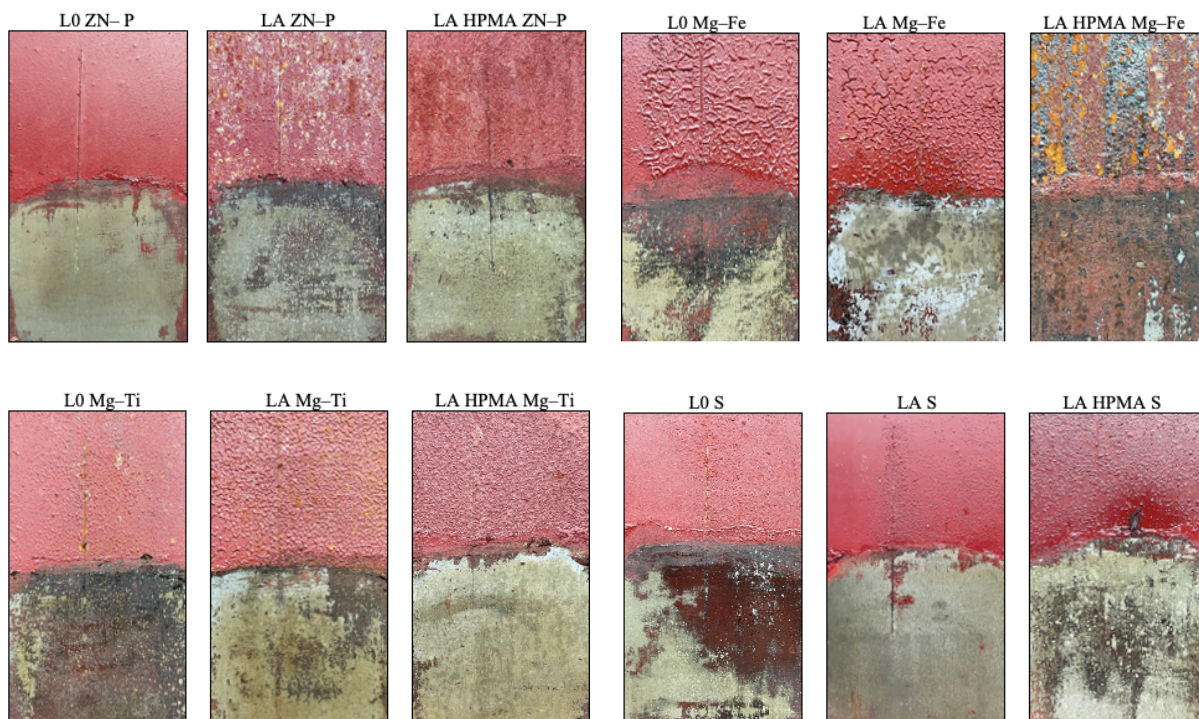
Fotografie koroze podkladu u pigmentovaných nátěrových filmů s antikorozními pigmenty o OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  při  $Q = 35 \%$  vystavených vlhkým atmosférám po dobu 480 hodin.



## Příloha K

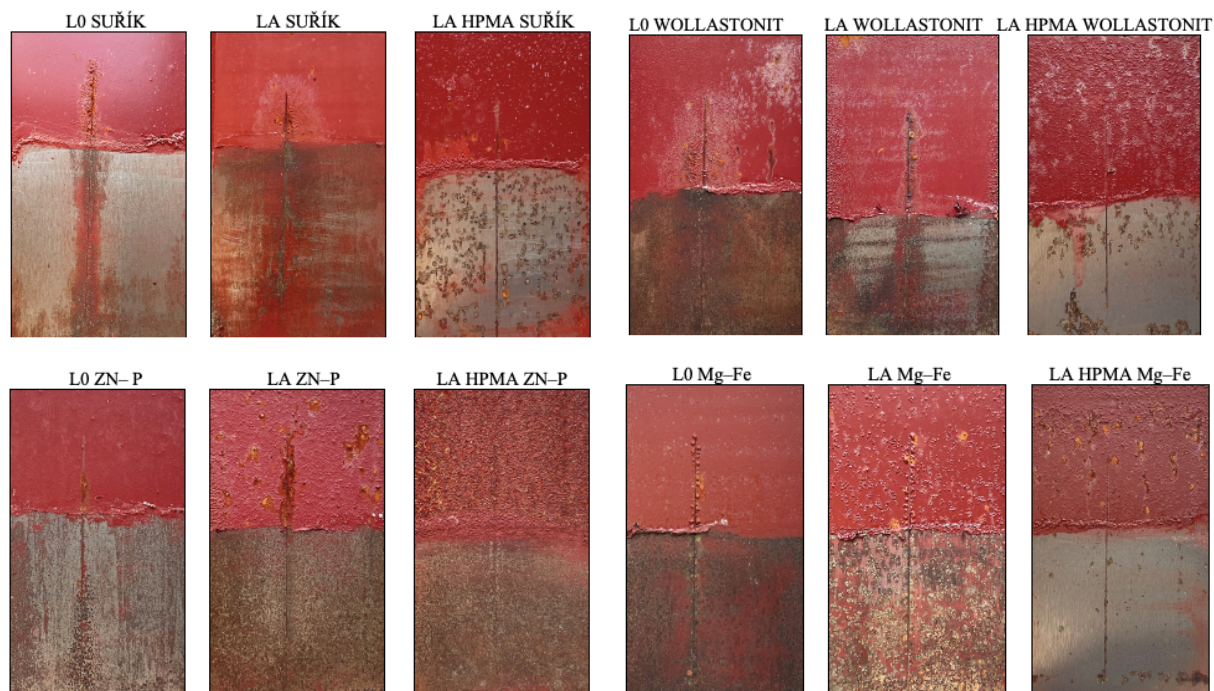
Fotografie koroze podkladu u pigmentovaných nátěrových filmů s antikorozními pigmenty o OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  při  $Q = 35\%$  vystavených atmosféře s obsahem  $\text{SO}_2$  po dobu 480 hodin.

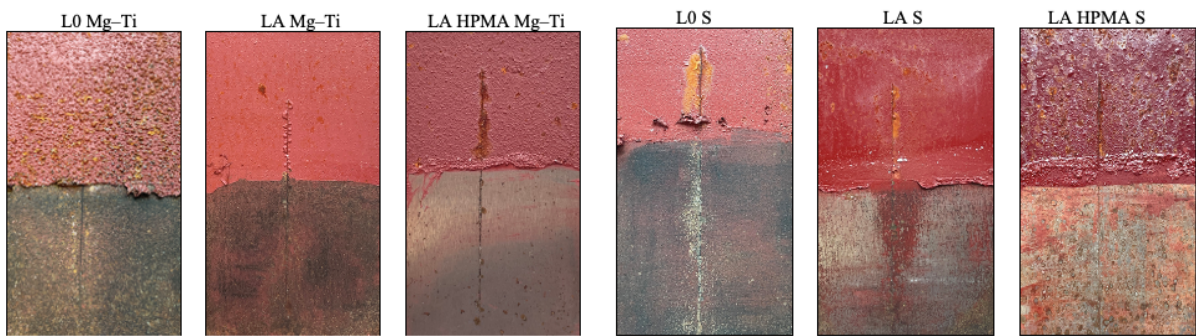




## Příloha L

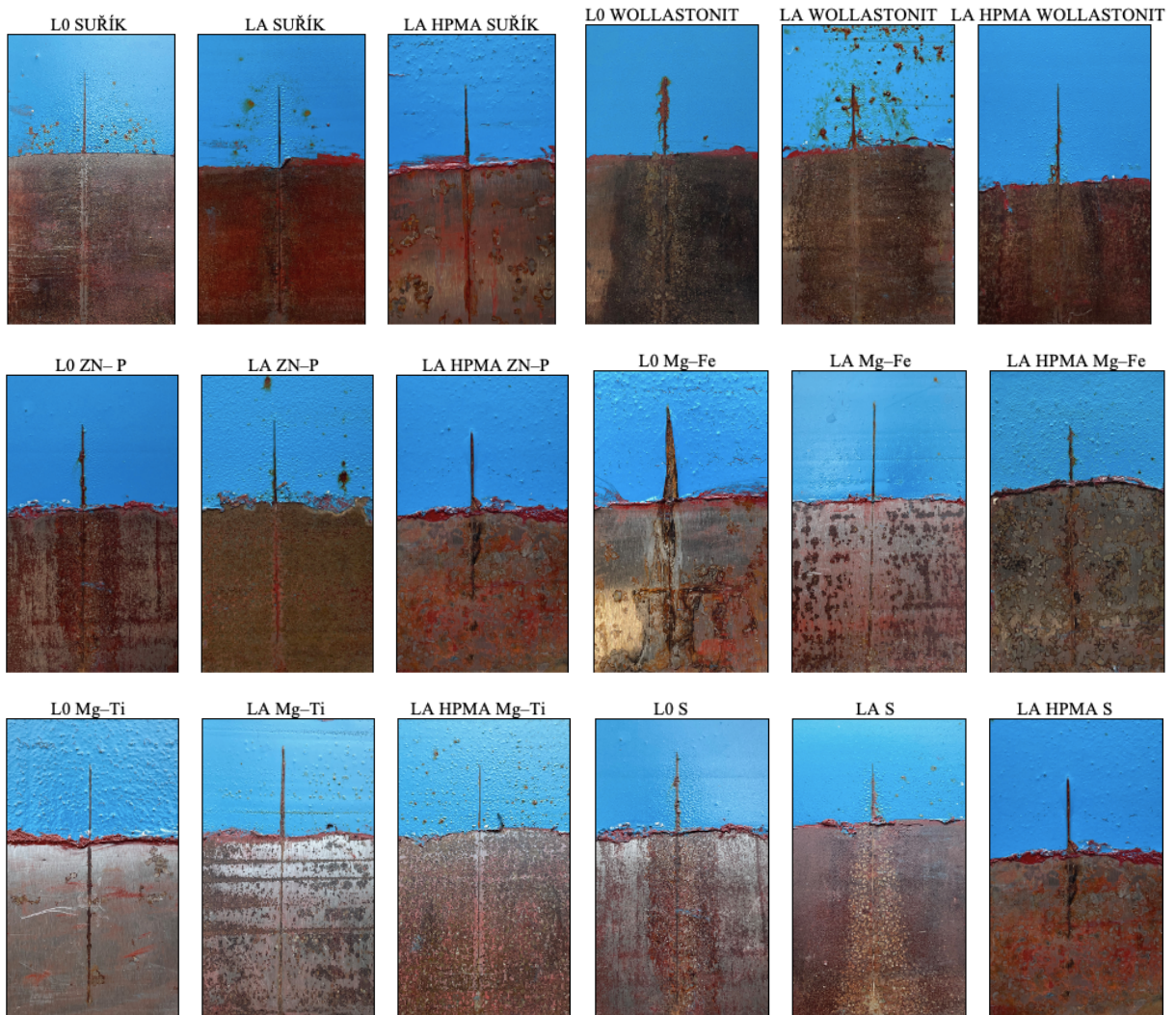
Fotografie koroze podkladu s řezem u pigmentovaných nátěrových filmů s antikorozními pigmenty o OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  při  $Q = 35$  % vystavených neutrální atmosféře solného elektrolytu po dobu 240 hodin.





## Příloha M

Fotografie koroze podkladu s řezem u pigmentovaných nátěrových filmů a vrchním nátěrovým filmem s antikoroziními pigmenty o OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  při  $Q = 35\%$  vystavených atmosféře solného elektrolytu po dobu 120 hodin.



## Příloha N

Fotografie koroze podkladu s řezem u pigmentovaných nátěrových filmů a vrchním nátěrovým filmem s antikorozními pigmenty o OKP 10 % s plnivem Plastorit® Micro o OKP 15 % a obsahem  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  při  $Q = 35\%$  vystavených atmosféře solného elektrolytu po dobu 120 hodin.

