

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
**FAKULTA CHEMICKO – TECHNOLOGICKÁ**

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE MAKROMOLEKULÁRNÍCH LÁTEK  
Oddelenie náterových hmôt a organických povlakov

**Náterové hmoty na báze vodou riediteľných spojív na báze latexov  
s dispergovanými ZnO časticami, s antikoróznym a antimikrobiálnym  
efektom náterového filmu**

**DIPLOMOVÁ PRÁCA**

**AUTOR PRÁCE:**

Bc. Martina Danková

**VEDOUĆÍ PRÁCE:**

prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.

**KONZULTANT PRÁCE:**

Ing. Jana Machotová Ph.D.

2018

**UNIVERSITY OF PARDUBICE**  
**FACULTY OF CHEMICAL TECHNOLOGY**

INSTITUTE OF CHEMISTRY  
AND TECHNOLOGY OF MACROMOLECULAR MATERIALS  
Department of paints and organic coatings

**Coatings based on water-based binders on latex dispersed ZnO particles,  
with anticorrosion and antimicrobial  
effect of coating film**

THESIS

**AUTHOR:**

Bc. Martina Danková

**SUPERVISOR:**

prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr

**CONSULTANT WORK:**

Ing. Jana Machotová, Ph.D.

2018



Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martina Danková**  
Osobní číslo: **C16494**  
Studijní program: **N2808 Chemie a technologie materiálů**  
Studijní obor: **Organické povlaky a nátěrové hmoty**  
Název tématu: **Nátěrové hmoty na bázi vodouředitelných pojiv na bázi latexů s dispergovanými ZnO částicemi, s antikoročním a antimikrobiálním efektem nátěrového filmu**  
Zadávající katedra: **Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek**

## Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vypracujte rešerši na zadané téma.
2. Připravte a charakterizujte vybraná pojiva na bázi samosíťujících latexů s MeO dispergovanými částicemi. Charakterizujte základní vlastnosti připravených poživ v kapalném stavu a vyjádřete rychlost zasychání nebo vývoj povrchové tvrdosti filmu v čase a fyzikální vlastnosti zaschlého filmu. Stanovte odolnost nepigmentovaného filmu vůči chemickým popř. korozním vlivům a mechanickým vlivům. Stanovte další lakařské vlastnosti filmů.
3. Určete na základě dostupných mikrobiologických zkoušek vlastnosti filmu z hlediska odolnosti filmů proti přerůstání plísněmi a bakteriemi vybraných typů.
4. Charakterizuje příspěvek vybraných plniv a pigmentů na mikrobiologickou odolnost filmu v závislosti na chemickém složení a koncentraci plniv. Výsledek porovnejte s dalšími typy plniv a zjistěte úsporu biocidního přípravku.
5. Připravte NH s obsahem syntetizovaných latexů se ZnO částicemi a na bázi srovnávacích poživ s antikorozními vlastnostmi. Stanovte korozní odolnost NH v závislosti na složení antikorozního pigmentu a definujte pigment pro vysokou korozní odolnost filmu. Stanovte odolnost těchto nátěrových filmů mechanickým vlivům.
6. Připravte NH s obsahem syntetizovaných latexů s ZnO částicemi a s obsahem srovnávacích poživ s obsahem vybraných fungicidů pro vybraná nejlepší plniva, na základě předchozích výsledků. Proveďte testy antimikrobiální odolnosti a vyjádřete případnou úsporu fungicidu. Stanovte odolnost těchto nátěrových filmů mechanickým vlivům.
7. Proveďte stejné zkoušky s dalšími vybranými typy vodouředitelných a výsledky porovnejte a určete výhody/nevýhody vůči ostatním typům poživ.
8. Závěrem zhodnoťte vhodnost jednotlivých testovaných poživ pro dané nátěrové systémy. Vyjádřete nové poznatky, závěry a přínosy pro vědu a praxi.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné 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:

**2. prosince 2017**

Termín odevzdání diplomové práce:

**11. května 2018**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.  
děkan

L.S.



Ing. David Veselý, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2018

Prehlásenie:

Túto prácu som vypracovala samostatne. Všetky literárne zdroje a informácie, ktoré som využila vo svojej práci, sú uvedené v zozname použitej literatúry.

Bola som oboznámená s tým, že sa na moju prácu vzťahujú práva a povinnosti vyplývajúce zo zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, najmä so skutočnosťou, že Univerzita Pardubice má právo na uzatvorenie licenčnej zmluvy o použití tejto práce ako školského diela podľa § 60 odstavec 1 autorského zákona a s tým, že pokiaľ dôjde k použitiu tejto práce mnou alebo bude poskytnutá licencia k použitiu inému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávnená odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré na vytvorenie diela vynaložila, a to podľa okolností až do ich skutočnej výšky.

Súhlasím s prezenčným sprístupnením svojej práce v Univerzitnej knižnici Univerzity Pardubice.

V Pardubiciach dňa 11.5. 2018

.....  
Bc. Martina Danková

### Pod'akovanie:

Na tomto mieste by som rada poďakovala vedúcej svojej práce prof. Ing. Andrée Kalendovej, Dr., za odborné vedenie, ochotu, pomoc a poskytnutie cenných rad pri tvorbe tejto práce. Veľké ďakujem patrí aj konzultantke mojej práce Ing. Jane Machotovej, Ph.D. za ochotu a pomoc pri riešení experimentálnej časti práce.

V neposlednom rade samozrejme patrí veľké poďakovanie mojej rodine a priateľom za ich podporu a pomoc pri mojom štúdiu na vysokej škole.

## **ANOTÁCIA**

Táto diplomová práca sa zaoberá štúdiom vodou riediteľných náterových hmôt na báze samo - sieťujúcich latexov s obsahom nanočastíc ako spojív pre náterové hmoty so zvýšenou antimikrobiálnou či antikoróznou ochranou. V teoretickej časti práce sú rešeršným spôsobom spracované témy týkajúce sa charakteristiky, syntézy a použitia vodných disperzií polymérov a problematiky náterových hmôt z hľadiska antimikrobiálnej ochrany. Pre experimentálnu časť tejto práce bolo syntetizované akrylové spojivo s obsahom 1,5 % nanočastíc oxidu zinočnatého. Boli sledované fyzikálne – chemické, mechanické, antikorózne a antimikrobiálne vlastnosti tohoto nového spojiva ako samotného, tak aj pigmentovaného v porovnaní so spojivom bez obsahu nanočastíc a priemyslovo vyrábanými spojivami. Výsledky testovania preukázali dobré antimikrobiálne vlastnosti a v prípade vhodne zvoleného pigmentu aj možnosť formulovať tieto spojiva ako antikorózne nátery na kovové podklady.

## **KLÚČOVÉ SLOVÁ**

Vodou riaditeľné náterové hmoty, antimikrobiálne látky, nanočastice ZnO, samo sieťujúci akrylový latex

## **ANNOTATION**

This thesis is focused on study of water-based paints with self-crosslinking latexes who contains nanoparticles as a binder for coatings. These materials should increase many properties such as antimicrobial and anti-corrosion protection. Topics are included characterization, synthesis and application of these polymers and paints are presented in theoretical part. The main aim of this work was antimicrobial and anti-corrosion protection. For the experimental part of this work was a synthesized acrylic binder with content of 1.5% zinc oxide nanoparticles. The physico – mechanical, chemical, anti-corrosive and antimicrobial properties of this new binder. The system was evaluated individually and pigmented. Samples were monitored as compared to a nanoparticle free binder and binders made industrially. The test results proved good antimicrobial properties and the possibility of formulating these binders as anti-corrosive coatings on metal substrates in the case of a suitably chosen pigment

## **KEYWORDS**

Water-borne coatings, antimicrobial agent, zinc oxide nanoparticles, self-crosslinking acrylic latex

## OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>14</b>
<b>1 TEORETICKÁ ČASŤ .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Náterové hmoty .....</b>	<b>15</b>
1.1.2 Základné zložky náterových hmôt .....	15
1.1.3 Rozdelenie náterových hmôt .....	17
<b>1.2 Vodou riediteľné náterové hmoty.....</b>	<b>18</b>
1.2.1 Rozdelenie vodou riediteľných náterových hmôt .....	19
1.2.2 Typy disperzných vodou riediteľných náterových hmôt.....	20
1.2.3 Funkčné aditíva pre vodou riediteľné náterové hmoty .....	22
<b>1.3 Akrylové vodné disperzie .....</b>	<b>26</b>
1.3.2 Teplotné vlastnosti polymérov .....	26
1.3.2 Emulzná polymerizácia .....	27
1.3.3 Polymérne disperzie využívajúce keto-hydrazidové post-sieťovanie .....	28
1.3.4 Polyméry a kopolyméry kyseliny akrylovej, methakrylovej a ich derivátov .....	29
1.3.5 Fyzikálny mechanizmus tvorby latexových filmov.....	30
<b>1.4. Antimikrobiálne náterové hmoty.....</b>	<b>32</b>
1.4.1 Antimikrobiálne činidlá – inhibítory mikroorganizmov .....	33
1.4.2 Mikroorganizmy s hľadiska hygienických náterov.....	36
1.4.3 Metódy stanovenia antimikrobiálnej odolnosti .....	41
<b>2 CIEĽ PRÁCE .....</b>	<b>45</b>
<b>3 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ .....</b>	<b>46</b>
<b>3.1 Zoznam použitých chemikálii .....</b>	<b>46</b>
3.1.1 Monomery a ďalšie látky použité pre syntézu latexu.....	46
3.1.2 Použitie pigmenty a plniva .....	48
3.1.3 Použitie plniva .....	51
3.1.4 Použitie porovnávacie spojiva .....	51
3.1.5 Aditíva a iné použité chemikálie.....	53
<b>3.2 Použité zariadenia a prístroje.....</b>	<b>57</b>
3.2.1 Postup syntézy akrylového latexu .....	58
<b>3.3 Charakterizácia použitých spojív .....</b>	<b>60</b>
3.3.1 Stanovenie obsahu sušiny (ČSN EN ISO 3251).....	60
3.3.2 Stanovenie zdanlivej viskozity podľa Brookfielda (ČSN ISO 2555).....	60
3.3.3 Stanovenie pH (ČSN EN ISO 787-9).....	60
3.3.4 Stanovenie obsahu popola (ČSN EN ISO 3451-1) .....	61
3.3.5 Stanovenie veľkosti častíc a zeta-potenciálu .....	61
3.3.6 Stanovenie obsahu nanočastíc ZnO metódou ICP-OES .....	62
3.3.7 Stanovenie minimálnej filmotvornej teploty .....	62
3.3.8 Stanovenie zmien vlastností po vystavení zvýšenej teplote .....	63
<b>3.4 Fyzikálne – mechanické a chemické skúšky náterových filmov spojív.....</b>	<b>64</b>
3.4.1 Príprava skúšobných vzoriek pre fyzikálne – mechanické a chemické testy .....	64
3.4.2 Hodnotenie vzhľadu náterového filmu.....	64
3.4.3 Stanovenie hrúbky náterových filmov (ČSN ISO 67 3061) .....	65
3.4.4 Stanovenie relatívnej povrchovej tvrdosti náterového filmu kyvadlovým prístrojom (ČSN 67 3076).....	66
3.4.5 Buchholzova vrypová skúška (ČSN ISO 2815).....	67
3.4.6 Stanovenie lesku náterového filmu (ČSN 67 3063 ) .....	68
3.4.7 Methyl-ethyl-ketónový test (ASTM D 4752-10) .....	68
3.4.8 Zrýchlený laboratórny test pre zistenie bleskovej korózie .....	69



3.4.9 Stanovenie odolnosti voči náhlym zmenám teplôt (ČSN 73 2581) .....	70
3.4.10 Skúška odolnosti voči tvorbe osmotických bublín (ČSN 673086) .....	70
<b>3.5 Mechanické skúšky .....</b>	<b>71</b>
3.5.1 Stanovenie odolnosti proti oteru za mokra (ČSN ISO 11998) .....	71
3.5.2 Stanovenie prílnavosti náterového filmu mriežkovou metódou (ČSN 67 3085) .....	72
3.5.3 Stanovenie odolnosti náterového filmu hĺbením (ČSN 67 3081) .....	73
3.5.4 Stanovenie odolnosti náterového filmu voči ohybu (ČSN 67 3079) .....	73
3.5.5 Stanovenie deformácie náterového filmu úderom (ČSN 67 3082) .....	74
3.5.6 Stanovenie celkovej mechanickej odolnosti .....	75
<b>3.6. Formulácie pigmentovaných náterových hmôt.....</b>	<b>76</b>
3.6.1 Charakterizácia pigmentov.....	77
3.6.2 Príprava pigmentovaných modelových náterových hmôt .....	78
3.6.3 Zrýchlené laboratórne skúšky odolnosti voči korózií.....	79
3.6.4 Metódy hodnotenia stupňa korózie a vzhľadu náterového filmu.....	81
3.6.5 Celkové hodnotenie zrýchlených korózných skúšok .....	83
<b>3.7 Testovanie antimikrobiálnej účinnosti náterových filmov .....</b>	<b>84</b>
3.7.1 Príprava fyziologického roztoku a živných pôd .....	84
3.7.2 Príprava čistých mikrobiálnych kultúr.....	85
3.7.3 Príprava vzoriek pre testovanie antimikrobiálnej účinnosti .....	85
3.7.4 Testovanie antibakteriálnych účinkov náterových filmov .....	86
3.7.5 Testovanie antifungálnych účinkov náterových filmov.....	86
<b>4 VÝSLEDKY .....</b>	<b>87</b>
<b>4.1 Výsledky charakterizácie spojív.....</b>	<b>87</b>
4.1.1 Výsledky základných vlastností testovaných spojív.....	87
4.1.2 Výsledky zrýchleného laboratórneho testu pre zistenie bleskovej korózie .....	88
4.1.3 Výsledky testu odolnosti voči náhlym teplotným zmenám .....	88
<b>4.2 Výsledky fyzikálne – mechanických, chemických a vizuálnych vlastností náterových filmov spojív .....</b>	<b>89</b>
4.2.1 Výsledky celkového vzhľadu náterových filmov spojív.....	89
4.2.2 Výsledky hrúbky náterových filmov spojív.....	90
4.2.3 Výsledky zmeny lesku náterových filmov spojív.....	91
4.2.4 Výsledky relatívnej povrchovej tvrdosti náterových filmov spojív.....	93
4.2.5 Výsledky odolnosti voči vrypu podľa Buchholza .....	94
4.2.6 Výsledky odolnosti spojív voči MEK.....	95
4.2.7 Výsledky mechanickej odolnosti náterových filmov spojív.....	95
<b>4.3 Výsledky formulovaných náterových hmôt.....</b>	<b>97</b>
4.3.1 Výsledky hodnotenia fyzikálne – mechanických a chemických skúšok antikorózných náterových hmôt.....	97
4.3.1 Výsledky lesku náterových filmov formulovaných antikorózných náterových hmôt.....	98
4.3.2 Výsledky povrchovej tvrdosti a hrúbky náterových filmov antikorózných náterových hmôt .....	99
4.3.3 Výsledky odolnosti voči vrypu podľa Buchholza .....	100
4.3.4 Výsledky MEK testu antikorózných náterov.....	101
4.3.5 Výsledky bleskovej korózie formulovaných antikorózných náterových hmôt .....	102
4.3.6 Výsledky mechanickej odolnosti a hrúbky antikorózných náterov .....	103
<b>4.4 Výsledky zrýchlených korózných skúšok .....</b>	<b>105</b>
4.4.1 Výsledky korózne odolnosti po expozícií v komore zo soľnou hmlou .....	105
4.4.2 Výsledky korózne odolnosti po vystavení hmle NaCl v kombinácií so striedaním teplôt .....	110
4.4.3. Výsledky korózne odolnosti po vystavení kondenzovanej vlhkosti .....	112
4.4.5 Výsledok celkovej priemernej účinnosti antikorózných náterových hmôt .....	113
4.4.6 Výsledky ponorového testu chemickej odolnosti podľa Machu a Schiffmana .....	114

<b>4.5 Výsledky skúšok antimikrobiálnej odolnosti .....</b>	<b>115</b>
4.5.1 Výsledky testovania antimikrobiálnej odolnosti syntetizovaných latexov s prídavkom 2 a 10 hm. % pigmentu.....	115
4.5.2 Výsledky testovania antimikrobiálnej odolnosti syntetizovaných latexov s prídavkom inhibítorov mikrobiálneho rastu. ....	118
4.5.3 Výsledky testovania antimikrobiálnej odolnosti syntetizovaných latexov s prídavkom inhibítora Zinc Omadine v kombinácií s 2 hm. % vybraných pigmentov.....	122
4.5.4 Testovanie antimikrobiálnej odolnosti formulovaných interiérových náterových hmôt ..	126
<b>4.6. Výsledky odolnosti voči oteru pre formulované interiérové náterové hmoty.....</b>	<b>128</b>
<b>5 DISKUSIA VÝSLEDKOV .....</b>	<b>129</b>
<b>5.1 Hodnotenie charakteristických vlastností spojív .....</b>	<b>129</b>
5.1.1 Hodnotenie spojív testom bleskovej korózie .....	129
5.1.2 Hodnotenie odolnosti spojív vystatvovaniu náhlym teplotným zmenám a podrobeniu „Sandwich“ testu.....	130
<b>5.2 Hodnotenie výsledkov fyzikálne – mechanických, chemických a vizuálnych vlastností spojív .....</b>	<b>130</b>
5.2.1 Hodnotenie relatívnej povrchovej tvrdosti spojív .....	131
5.2.2 Hodnotenie odolnosti filmov spojív voči vrypu podľa Buchholza .....	132
5.2.3 Hodnotenie spojív voči odolnosti MEK .....	132
5.2.4 Hodnotenie mechanickej odolnosti nepigmentovaných spojív .....	133
5.2.5 Hodnotenie zmeny fyzikálne - mechanických a vizuálnych vlastností náterových filmov spojív po vystavení zvýšenej teplote. ....	134
<b>5.3. Hodnotenie výsledkov fyzikálne – mechanických a chemických skúšok antikoročných náterových hmôt .....</b>	<b>137</b>
5.3.1 Hodnotenie lesku antikoročných náterových filmov .....	138
5.3.2 Hodnotenie povrchovej tvrdosti antikoročných náterových filmov.....	138
5.3.3 Hodnotenie Buchholzovej vrypovej skúšky.....	139
5.3.4 Hodnotenie odolnosti antikoročných náterov voči MEK .....	140
5.3.5 Hodnotenie ponorového testu chemickej odolnosti antikoročných náterov podľa Machu a Schiffmana .....	141
5.3.6 Hodnotenie bleskovej korózie antikoročných náterov .....	142
5.3.7 Hodnotenie mechanických skúšok antikoročných náterov.....	144
<b>5.4 Hodnotenie výsledkov korózných skúšok.....</b>	<b>146</b>
5.4.1 Hodnotenie korózneho skúšky v atmosfére neutrálnej soľnej hmly .....	146
5.4.2 Hodnotenie odolnosti po vystavení hmla NaCl v kombinácií so strádaním teplôt .....	148
5.4.3 Hodnotenie korózneho odolnosti vystaveniu kondenzovanej vlhkosti .....	149
5.4.4 Celkové zhodnotenie zrýchlených korózných skúšok .....	150
<b>5.5 Hodnotenie výsledkov antimikrobiálnej odolnosti čistých spojív a formulovaných interiérových náterových hmôt .....</b>	<b>152</b>
5.5.1 Hodnotenie oteru vzdornosti interiérových náterových hmôt .....	156
<b>5.6 Prínosy a poznatky práce .....</b>	<b>157</b>
<b>6 ZÁVER .....</b>	<b>158</b>
<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>	<b>159</b>
<b>ZOZNAM OBRÁZKOV .....</b>	<b>169</b>
<b>ZOZNAM TABULIEK .....</b>	<b>172</b>
<b>PRÍLOHY .....</b>	<b>175</b>

## ZOZNAM SKRATIEK A SYMBOLOV

<b>ADH</b>	dihydrazid kyseliny adipovej
<b>AML</b>	antimikrobiálne látky
<b>AX1</b>	porovnávacie spojivo Axilat 2431
<b>AX2</b>	porovnávacie spojivo Axilat 6402
<b>AX3</b>	porovnávacie spojivo Axilat 2802na
<b>CAPP</b>	antikorózny pigment zmes $\text{AlPO}_4$ , $\text{SiO}_2$ , $\text{CaO} \cdot x\text{H}_2\text{O}$
<b>CHP</b>	antikorózny pigment $\text{CaHPO}_4$
<b>CLP</b>	klasifikácia, označovania a balenia látok a zmesí (z angl. Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures)
<b>CMP</b>	antikorózny pigment zmes $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ a $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$
<b>CREA</b>	agar s keratínom a bromkresolovým purpúrom (z angl. Creatine Agar)
<b>CYA</b>	Czapkov agar (z angl. Czapek Yeast Agar)
<b>DLS</b>	dynamický rozptyl svetla
<b>EP</b>	emulzná polymerizácia
<b>EPX</b>	porovnávacie spojivo CHS Epoxy 200 v 55
<b>FDA</b>	úrad pre kontrolu potravín a liečiv (z angl. Food and Drug Administration)
<b>HDS</b>	porovnávacie spojivo CHS Hydrospol D101
<b>IBK</b>	inhibitor bleskovej korózie
<b>ICP-OES</b>	Emisná spektroskopia s indukčne viazanou plazmou
<b>KOKP</b>	Kritická objemová koncentrácia pigmentu
<b>L0</b>	syntetizované spojivo bez obsahu nanočastíc
<b>LZn</b>	syntetizované spojivo 1,5 % $\text{ZnO}$ nano
<b>MFFT</b>	minimálna filmotvorná teplota (z angl. Minimal Film Forming Temperature)
<b>MO</b>	mikroorganizmy
<b>MST</b>	antikorózny pigment $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
<b>NČ</b>	nanočastice
<b>NH</b>	náterová hmota
<b>OKP</b>	objemová koncentrácia pigmentu
<b>PAL</b>	povrchovo aktívne látky
<b>Q</b>	kvocient náterovej hmoty
<b>T<sub>f</sub></b>	teplotu viskózneho toku
<b>T<sub>g</sub></b>	teplota skleneného prechodu
<b>VOC</b>	Prchavé organické látky (z angl. Volatile Organic Compounds)
<b>VRNH</b>	vodou riediteľné náterové hmoty
<b>WOLL</b>	antikorózny pigment $\text{CaSiO}_3$
<b>ZP</b>	Zinc Omadine – Zinc pythione
<b>ζ</b>	grécke písmeno zeta

# ÚVOD

Podľa súčasných trendov a údajov sa predpokladá, že približne u 5 – 10 % chorých ľudí prijatých do zdravotníckych zariadení dochádza k vzniku nemocničných infekcií. Dôraz kladený na zníženie výskytu infekčných ochorení, získaných v súvislosti s pobytom zdravotníckych zariadeniach je nutnou medicínskou a spoločenskou požiadavkou dnešnej pokročilej doby. Takisto, ako aj dosiahnuť zníženia zmien dekoratívnych vlastností a ochrannej funkcie fasádových či interiérových náterových hmôt spôsobených mikrobiálnou kolonizáciou. Práve pre tieto dôvody a mnoho ďalších sa začali vyvíjať náterové hmoty so zvýšenou antimikrobiálnou ochranou. Veľkú pozornosť a záujem v dnešnej dobe vyvolávajú, najmä náterové hmoty s obsahom nanočastíc kovov. Vzhľadom k tomu, že samotné nanočastice majú negatívny vplyv na mikroorganizmy, existuje možnosť zníženia prídavku organických či iných biocídov, čo môže byť ekologicky aj ekonomicky prospešné. Antimikrobiálne zložky vo forme nanočastíc sú dispergované v spojive tak, aby chránili povrch materiálu a nemali pritom žiadny negatívny dopad na životné prostredie a ľudské zdravie. Pre výrobu náterových hmôt so zvýšenou antimikrobiálnou účinnosťou sú často používané vodné disperzie polymérov. Na rozdiel od svojich rozpúšťadlových náprotivkov obsahujú menej škodlivých látok a vyrábajú sa ekologicky šetrnejším spôsobom. Náterové hmoty sú formulované tak, aby sa dosiahlo, čo najvyššej dlhodobej antimikrobiálnej ochrany ošetrených materiálov a zároveň sa zachovali fyzikálne a chemické vlastnosti vzniknutých flimov.

# 1 TEORETICKÁ ČASŤ

## 1.1 Náterové hmoty

Pod pojmom náterové hmoty (NH) si môžeme predstaviť všetky látky, ktoré obsahujú filmotvorné zložky a nanášajú sa v jednej či viacerých vrstvách na povrch výrobku, kde po určitej dobe vytvoria pevný a pružný film – tzv. náter. NH existujú v niekoľkých formách napríklad práškové, gélové, tekuté či pastové. Hlavnou funkciou NH je ochranný účinok povrchu, dôležité sú však aj ďalšie špecifické účely ako dekoratívne vlastnosti, účinnosť voči mikroorganizmom, antikorózna ochrana, svietiaci či maskovací efekt a iné. Aby bola zaručená, čo najvyššia kvalita a odolnosť náterového filmu, je nutné dodržiavať mnoho kritérií, nie len pri príprave podkladu, ale tiež behom vlastného nanášania NH a jej vytvrdzovania. Podľa toho k akému účelu NH slúžia, rozoznávame nátery vnútorné, vonkajšie, antikorózne, elektroizolačné, ohňovzdorné, odolné proti agresívnemu chemickému prostrediu, vlhkosti, vysokým teplotám a iné [1,2].

### 1.1.2 Základné zložky náterových hmôt

NH pozostávajú z niekoľkých základných zložiek. Bežne sa rozdeľujú na látky prchavé a neprchavé [3].

#### 1.1.2.1 Prchavé zložky

Do tejto veľkej skupiny zapadajú predovšetkým rozpúšťadla, čo sú v podstate organické kvapaliny. V prchavých látkach dochádza k rozpusteniu filmotvornej zložky, upravujú viskozitu a umožňujú nanášanie NH. Prchavé zložky v priebehu zasychania z náteru vyprchávajú alebo difundujú do podkladového materiálu. Výber rozpúšťadla závisí na rozpustnosti filmotvornej zložky, najbežnejšie sa používa terpentínová silica, ľahký benzín, toluén, benzén, etylalkohol, acetón, voda a iné. Podľa rýchlosti odparovania sa tieto látky dela na ťažké, stredné a ľahké. Riedidlami nazývame rozpúšťadla alebo ich zmesi, ktorými sa upravuje tekutosť NH na predpísanú konzistenciu pre určitú technologickú aplikáciu, prípadne na očistenie použitého náradia.

### 1.1.2.2 Neprchavé zložky

Neprchavé zložky NH sú látky vytvárajúce po zaschnutí pevný náterový film.

**Spojivá** – tzv. Filmotvorné látky, tvoria hlavnú zložku NH, ich chemické zloženie podmieňuje aplikačné vlastnosti NH. Tieto látky sú prevažne organického pôvodu a po zaschnutí, vytvárajú súvislý tuhý film o rôznej hrúbke. Patria sem vysychavé oleje, deriváty kaučuku, prírodné a syntetické živice, vodné disperzie a iné. Za filmotvorné látky môžeme považovať aj zmäkčovadla, bežne sú viskózne až tuhej konzistencie, neprchajú, nezasychajú a ani nevytvárajú filmy požadovaných vlastností. V NH podporujú rozpúšťanie filmotvorných zložiek a zároveň upravujú ich vlastnosti, najmä vláčnosť a ťažnosť suchého náteru.

**Pigmenty** – práškové nerozpustné farbivá organického či anorganického pôvodu. Zhotovenému náteru dodávajú predovšetkým kryciu schopnosť. Pigmenty môžu slúžiť, ako plniva, prípadne zlepšovať špecifické vlastnosti náteru, napríklad ich antikoroziu účinnosť, hydrofobitu či optické vlastnosti.

**Farbivá** – väčšinou ide o látky organického pôvodu, výborne rozpustné v spojive. Vytvárajú síce farebné odtiene, ale postrádajú kryciu schopnosť. Výsledné nátery sú teda, farebné, ale transparentné.

**Aditíva** – tieto pomocné prísady v určitom množstve vhodne upravujú fyzikálne a technologické vlastnosti NH. Medzi najpoužívanejšie aditíva patria emulgátory, stabilizátory, sušidla, tužidla, katalyzátory, urýchľovače či látky pôsobiace antimikrobiálne.

**Plniva** – v spojive sú spravidla nerozpustné, sú to malé pevné častice anorganických látok. Do spojiva sa pridávajú za účelom zvýšenia pevnosti, tvrdosti, na zlepšenie odolnosti voči korózii či horeniu. Prídavok plniva je v drvivej väčšine prípadov z ekonomického hľadiska, tzn. vyšší obsah plniva znižuje cenu výsledného produktu. Všeobecne najpoužívanejšími plnivami sú mastek  $[Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2]$ , kaolín  $[Al_4(OH)_8Si_4O_{10}]$ , uhličitan vápenatý  $[CaCO_3]$  či kremenná múčka  $[SiO_2]$  [1,2,3].

### 1.1.3 Rozdelenie náterových hmôt

Všetky látky považované za NH je možné rozdeliť do niekoľkých skupín. Najbežnejšie sa delia na základe ich chemického zloženia, obsahu pigmentov a plnív, spôsobu ich zasychania, počtu zložiek, odolnosti či účelu použitia.

#### Podľa chemického zloženia

- Rozpúšťadlové – obsahujú hlavne zmesi organických rozpúšťadiel
- Vodou riediteľné – NH na báze vodných disperzií polymérov

#### Podľa obsahu pigmentov a plnív

- Pigmentované – v tomto prípade je v spojive jemne rozdispergovaný pigment, plnivo či ďalšie prídavné látky. Po zaschnutí sa tieto NH vyznačujú dobrou krycou schopnosťou, výsledný film je nepriehľadný a môže byť matný či lesklý. Podľa obsahu pigmentu a plniva sa tieto NH ďalej rozdeľujú na farby, tmely, plniče a emaily.
- Transparentné – tieto látky vytvárajú na dokončenom povrchu nepriehľadný náterový film. Väčšinou sa delia na vrchné a základné laky. Od vrchných lakov sa požadujú dobré fyzikálne-mechanické vlastnosti, predovšetkým dobrý rozplav a priľnavosť. Pre základné nátery zas platí dobrá plnivosť, brúsiteľnosť či adhezivita.

#### Podľa spôsobu zasychania

- Fyzikálne – zasychanie tu prebieha na základe odparovania rozpúšťadiel alebo stuhnutím hmoty, ktorá sa pred nanášaním roztavila.
- Chemicky – v prípade chemicky zasychajúcich NH sa jedná o chemické reakcie medzi polymérmi. Z pôvodných nízkomolekulárnych látok sa stávajú vysokomolekulárne. Medzi chemické pochody patrí polymerizácia, oxidácia, polykondenzácia, polyadícia a pod.

#### Podľa počtu zložiek

- Jednozložkové – k zasychaniu (vytvoreniu filmu) nepotrebujú ďalšiu zložku.
- Dvojjložkové – k vytvrdnutiu či zaschnutiu potrebujú ďalšiu zložku.

**Podľa účelu použitia** – Na minerálne podklady (omietky, betón), drevo, kovy, kožu či ako elektroizolačné nátery [4,5,6].

## 1.2 Vodou riediteľné náterové hmoty

V súčasnosti sú vodou riediteľné náterové hmoty (VRNH) jedny s najviac používaných a najprogressívnejších NH, hlavne vďaka tomu, že dokonale nahradzujú svoje náprotivky na báze rozpúšťadiel. Poskytujú povlaky s výnimočným vzhľadom a výbornými fyzikálno-mechanickými vlastnosťami [7].

Jednou z dôležitých úloh formulácie VRNH je dosiahnutie prijateľnej rovnováhy ich vlastností, ako behom procesu nanášania a sušenia tak aj vo finálnom povlaku. Táto obťaž je úzko spätá s predpismi týkajúcimi sa redukcie škodlivých látok [8].

Tieto látky sa označujú ako prchavé organické látky - VOC (z angl. Volatile Organic Compounds), čo sú akékoľvek organické zlúčeniny alebo zmesi organických zlúčenín, s výnimkou metánu, ktoré majú pri teplote 20 °C tlak pár  $\geq 0,01$  kPa, alebo majú odpovedajúcu prchavosť za konkrétnych podmienok ich použitia, a ktoré môžu v priebehu svojej prítomnosti v ovzduší reagovať za spolupôsobenia slnečného žiarenia s oxidmi dusíku (NO<sub>x</sub>) za vzniku fotochemických oxidantov. V súvislosti s nízkym obsahom rozpúšťadiel vo VRNH rastie ich protipožiarna ochrana a predovšetkým sa znižujú negatívne vplyvy na životné prostredie [9].

Vo VRNH je filmotvorná zložka dispergovaná vo vodnom prostredí. Voda tu môže zastupovať úlohu riedidla aj rozpúšťadla. Obsah vody sa pohybuje väčšinou v rozmedzí 10 - 65 % hmotnostných. V menšej miere (cca 1 – 20 hm. %) obsahujú aj pomocné organické rozpúšťadla - viacsýtne alkoholy označované koalescenty. V súčasnosti existujú aj VRNH, ktoré neobsahujú žiadne organické rozpúšťadla [2].

VRNH patria k dobre plniacim materiálom. Kvalita dokončených povrchov býva dostatočne vysoká a veľkou výhodou je možnosť nanášania všetkými dostupnými metódami. Mechanická odolnosť a odolnosť voči tekutinám býva u jednozložkových hmôt dostatočná, vyššie požiadavky splňujú prevažne dvojzložkové alebo UV žiarením tvrditeľné systémy. Tieto NH majú vysoký obsah sušiny. Pri nanášaní sa musí dbať na vlhkosť a teplotu, pretože pri vysokej relatívnej vlhkosti vzduchu dochádza k pomalému odparovaniu vody a vzniku defektov, naopak pri nízkej vlhkosti je schnutie príliš rýchle. Veľmi významnou vlastnosťou, ktorú je nutné poznať u VRNH je minimálna filmotvorná teplota, ktorá uvádza teplotu optimálnu pre vytvorenie súvislého a kvalitného filmu. Pod túto hraničnú teplotu, je ešte možné NH nanášať, ale kvalita a odolnosť výsledného náteru budú veľmi nízke. Použitím vodou riediteľných farieb a lakov pre povrchovú úpravu je možné dosiahnuť vysoko odolného trvanlivého povrchu [10].



Pri dokončovaní povrchu VRNH je nutné si uvedomiť, že sa v mnoho smeroch chovajú úplne inak ako ostatné NH. Obecne platí, že vyžadujú úplne iný prístup a návyky. Existuje niekoľko základných odlišností medzi VRNH a ostatnými rozpúšťadlovými NH.

- VRNH viac napúčajú drevené vlákna, preto je vhodné nanášať základný nános s menšinou hmotnosťou na meter štvorcový, odporúča sa 60-80 g/m<sup>2</sup>
- pri nanášaní VRNH je vhodné zaistiť minimálnu teplotu prostredia cca 20°C a intenzívnu výmenu vzduchu
- VRNH majú vyšší obsah sušiny, preto je treba nanášať na plochu menšie množstvo
- pri nanášaní je vhodné používať zariadenie alebo aspoň časti, ktoré prichádzajú do priameho styku s NH, z nerezovej oceli, plastu či gumy
- po nanosení na plochu zasychajú dlhšie než liehové, či nitrocelulózoové NH a vyznačujú sa tzv. efektom dolepovania – už zaschnuté filmy môžu po zaťažení opäť začať lepiť
- filmy z týchto NH sa obťažnejšie brúsia, menej zaprašujú, viac zalepujú brusný papier a pri zaťažení dochádza k zahrievaniu plôch
- pri dokončovaní plôch namorených vodou rozpustným moridlom sa objavujú na povrchu farebné škvrny, spôsobené uvoľňovaním moridla do náterového filmu
- zariadenie na nanášanie aj znečistené miesta je nutné okamžite po nanosení umyť a odstrániť zbytky NH, pretože po zaschnutí sa vytvorí náterový film, ktorý už nie je odstrániteľný riedidlom ani rozpúšťadlom
- voda použitá na čistenie pomôcok môže byť použitá ako riedidlo
- VRNH sa odporúča nanášať v dodanom stave alebo pridať maximálne 5 % vody, bez toho, aby došlo k zníženiu kvality výsledného filmu či znehodnoteniu samotnej NH [11].

### **1.2.1 Rozdelenie vodou riediteľných náterových hmôt**

VRNH môžu byť rozdelené napríklad na základe fyzikálnych, či chemických vlastností spojiva. Medzi tieto vlastnosti patrí predovšetkým veľkosť častíc spojiva, molekulová hmotnosť, prítomnosť funkčných skupín v spojive, obsah a druh prchavých zložiek a iné [2].

### Rozdelenie VRNH podľa veľkosti častíc:

**Koloidné systémy** - medzi koloidné systémy radíme systémy o veľkosti častíc cca 0,001  $\mu\text{m}$ . Patria sem predovšetkým vo vode rozpustné živice, u ktorých sa dosahuje rozpustnosti pomocou polárnych skupín. Väčšina z nich sú v podstate polykarboxylové kyseliny, u ktorých sa dosahuje rozpustnosť neutralizáciou, prevažne amínmi. Druhá menšia skupina sú naopak spojivá bázickej povahy a rozpustnosti sa dosahuje pomocou organických kyselín. Molekulová hmotnosť týchto spojív je pomerne nízka rádovo asi  $1 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^4$  g/mol. Roztoky týchto spojív sú pri určitom pH číre a priehľadné [12].

**Koloidné – disperzné systémy** - veľkosť častíc koloidne – disperzného systému sa pohybuje od 0,01 do 1  $\mu\text{m}$ . Riediteľnosť vodou je zároveň docieľovaná zabudovaním ionizovateľných skupín do molekuly spojiva, avšak podstatne menším množstvom než u prvej skupiny. Pre udržanie dostatočnej stability disperzie je niekedy nutné pridať emulgátor. Molekulová hmotnosť sa pohybuje radovo asi  $1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^5$  g/mol. Systém je väčšinou priehľadný a pre docielenie riediteľnosti vodou vyžaduje niekedy malé množstvo neutralizačného činidla. Spojiva obsahujú podstatne menej organických rozpúšťadiel než koloidné systémy [2].

**Disperzie** – tzv. Hrubé disperzie patria medzi najrozšírenejší typ VRNH. Obsahujú len veľmi málo alebo žiadne funkčné reaktívne skupiny. Veľkosť častíc je v tomto prípade 0,1  $\mu\text{m}$  až 1 mm. Systém nie je priehľadný. Pre dosiahnutie dobrej stability je nutné používať emulgátory. Disperzie prakticky neobsahujú žiadne organické rozpúšťadla alebo len stopové množstvo. Molekulová hmotnosť je približne  $1 \cdot 10^6$  g/mol [13].

### **1.2.2 Typy disperzných vodou riediteľných náterových hmôt**

Spojivom vo vodných disperzných NH sú vodné disperzie polymérov. Disperzie polymérov sú dvojzložkové systémy, kde polymér tvorí dispergovanú (rozptýlenú) zložku vo vode, ktorá vytvára spojité prostredie. Polymér je vo vode nerozpustný. Disperzie polymérov sa obvykle vyrábajú emulznou polymerizáciou z vhodných monomérov za prítomnosti iniciátora a látok, ktoré stabilizujú nie len emulziu polyméru, ale aj vznikajúci polymér. Ako stabilizátory sa najčastejšie používajú buď ochranné koloidy alebo povrchovo aktívne látky (PAL), ktoré znižujú napätie na medzifázovom rozhraní nemiešateľných

kvapalín. Pre dosiahnutie požadovaných výsledných parametrov má každá zložka svoj špecifický význam. Pri samotnej formulácii NH je nutné hľadať kompromisné riešenia medzi antagonistickými požiadavkami. Napríklad dobrá odolnosť s nízkou minimálnou filmotvornou teplotou – MFFT (z angl. Minimal Film Forming Temperature) proti zmrazovacím cyklom sa spája s hrubými disperznými systémami o veľkej relatívnej molekulovej hmotnosti a s malým obsahom zmäkčovadla, naopak tvorba filmu je priaznivo ovplyvnená malými časticami, malou relatívnou molekulovou hmotnosťou a veľkým obsahom zmäkčovadla. Disperzné NH sa obecné skladajú zo spojivovej zložky, tzn. disperzie a zmäkčovadla ďalej pigmentov, plnív, ochranných koloidov, vody, zmáčadla, odpeňovadla, zahusťovadla, tlmivého roztoku, baktericídnych/fungicídnych a antikoročných prostriedkov, koalescentných látok atď. [10].

**Polyvinylacetátové - PVAc** vodou riediteľné disperzie sú využívané ako spojiva pre polymérne povlaky a maltové prísady. V tzv. nemäkčenej forme zasychajú v tenkej vrstve na krehký film, aby sa zvýšila pevnosť filmu pridávajú sa do disperzií zmäkčovadla. Výhodou týchto disperzií je ich výborná priľnavosť, fotostabilita vzniknutých povlakov, nízka cena a pomerne jednoduchá syntéza. Tvoria vo vode nerozpustné filmy, ktoré majú schopnosť dobre prepúšťať vodnú paru a plyny. Existuje však niekoľko nevýhod, napr. slabšie mechanické vlastnosti, migrácia zmäkčovadla do podkladu či jeho čiastočné vyprchávanie. Nevhodné vlastnosti homopolymérnych disperzií sú z veľkej časti odstraňované kopolymerizáciou [14].

**Epoxidové (resp. epoxyesterové)** – Epoxidové živice sú jedny z najdôležitejších materiálov používaných v náterovom priemysle. Systémy založené na vodných disperziách sa dnes svojimi vlastnosťami obecné zhodujú s ich rozpúšťadlovými náprotivkami, a to v mnoho aplikačných oblastiach. Na výrobu vodou riediteľnej epoxidovej disperzie, je nevyhnutné použitie emulgátorov. Pre dosiahnutie dobrej dispergovateľnosti vo vode, sa živice chemicky modifikujú. Modifikácia spočíva v zavedení polárnych skupín do polymérneho reťazca. Disperzie epoxidového typu sú používané predovšetkým v stavebníckom priemysle. Ich náterové filmy sa vyznačujú dobrými mechanickými a chemickými vlastnosťami, tiež dobrou odolnosťou voči vode aj bežným rozpúšťadlami. Jedinou z väčších nevýhod je ich nestálosť voči UV žiareniu a znížená priľnavosť [15].

**Polyuretánové** - Pod pojmom polyuretány (PUR) chápeme veľkú skupinu polymérnych látok, vzniknutých reakciou izokyanátovej skupiny s látkami obsahujúcimi najčastejšie hydroxylové

skupiny. Vodné disperzie polyuretánov sú jedným s najviac rastúcich segmentov pre priemysel povrchových úprav, vďaka technologickému pokroku sa stali dokonalou náhradou rozpúšťadlových PUR. Vzhľadom ich nízkemu množstvu emisií VOC a škodlivých látok sú používané v mnoho priemyslových a komerčných aplikáciách. Vodou riediteľné polyuretány sú formulované, ako na vzduchu zasychajúce alebo vypaľovacie nátery pre pružné a tuhé podklady. Výsledné povlaky sú, lesklé, tvrdé a húževnaté, preto sú vhodné na použitie v náročnejších podmienkach. Okrem NH existujú aj lepidlá na báze vodných PUR disperzií, vyznačujú sa vynikajúcou priľnavosťou, tepelnou odolnosťou a krátkou dobou zasychania [16].

**Core-shell disperzie** - Takzvaný „Core-shell“ systém je technológia, ktorá používa špeciálne molekulárne zloženie, tzn. „tvrdé jadro – mäkký obal“. Táto nová technológia syntézy akrylových polymérov nahradzuje zloženie modifikovanej akrylovej živice. Disperzie sú pripravované dvojstupňovou emulznou polymerizáciou, čo je proces, pri ktorom vznikajú heterogénne častice obsahujúce oblasti o rozdielnom zložení a vlastnostiach. V prvom stupni sa pripraví polymér o danom zložení a následne je v jeho prítomnosti pripravený druhý polymér s odlišným zložením. O tom, ktorá časť bude na povrchu a teda bude obalom častice (shell) a ktorá bude centrom (core) rozhoduje mnoho parametrov, napríklad polarita jednotných fáz, kinetika a termodynamika polymerizácie, medzifázové napätie atď. „Core-shell“ disperzie vynikajú svojou homogénnosťou bez vzduchových bublínok vo filme a vysokou transparentnosťou. Používane sú predovšetkým ako vrchné NH v aplikáciách, ako je dokončovanie dverí či okien, prevažne tam, kde uplatnia svoje dobré mechanické vlastnosti [17,18].

**Polyakrylové** - Akrylové disperzné spojiva sú disperzie kopolymérov esterov kyseliny akrylovej, či methakrylovej, môžu byť čisté akrylové alebo disperzie kopolyméru styrénu, polyuretánov, epoxidov a iných látok s akrylovými esterami. Veľkou výhodou VRNH na báze akrylových disperzií je rýchle zasychanie, dobré fyzikálne a mechanické vlastnosti [2].

### 1.2.3 Funkčné aditíva pre vodou riediteľné náterové hmoty

Vysoké požiadavky, ktoré sú v dnešnej dobe kladené na NH, nie sú často splniteľné bez použitia malého množstva pomocných látok, všeobecne sa tieto látky označujú ako aditíva. Ich dávkovanie býva obvykle okolo 1 %, avšak ich účinok je podstatne významnejší. Pomocou

aditív sa dosahuje lepšej dispergácie, zabraňuje sa vzniku peny, želatínovania, sedimentácií, vytváraniu škrupiny, ďalej sa nimi zaisťuje lepší rozplav, zabraňuje sa vyplavovaniu pigmentov na povrch atď. Pomocou aditív je možné zvýšiť životnosť náterov proti poveternostným podmienkam a mikrobiálnemu napadnutiu. Dobré aditíva spravidla nemajú univerzálny, ale len špecifický účinok. Následkom ich často extrémne vysokej účinnosti je bezpodmienečne nutné dodržiavať presné dávkovanie. Vzhľadom k veľmi početným variáciám pri formulácii lakovacích receptúr, nie je možné bez veľkého množstva porovnávacích pokusov obecné zadať potrebné množstvo pomocných látok. Aditíva prinášajú pri správanom použití lepšie vlastnosti príslušného systému, prípadne znižujú náklady pri výrobe a spracovaní NH [2].

**Dispergačné aditíva** - Látky, ktoré uľahčujú dispergáciu pigmentov sa zaradujú medzi najvýznamnejšie aditíva v obore NH. Prevažná väčšina pigmentov sú silne hydrofilne látky a táto ich vlastnosť im sťažuje zmáčanie a následnú dispergáciu hydrofóbnymi spojivami. Urýchliť proces dispergácie a zároveň zlepšiť stabilitu pigmentovaných disperzií je možné prídavkom PAL [2].

PAL sú látky, ktoré dokážu znižovať povrchové napätie resp. medzi povrchové napätie na fázovom rozhraní. PAL obsahujú vo svojej molekule dve chemicky úplne odlišné skupiny. Molekuly sú zložené z polárnej časti, ktorá sa vyznačuje dobrou afinitou k vode, je teda čiastočne rozpustná a nazýva sa hydrofilna. Nepochopiteľná časť molekuly je tvorená napr. zvyškom mastnej kyseliny je dobre znášateľná s tukmi olejmi či voskami a zároveň neznášateľná s vodou - je lipofilna alebo tiež hydrofóbná [19].

Pigmentová stabilita vo vodou riediteľných systémoch je spôsobená vzájomným elektrostatickým odpudzovaním jednotlivých pigmentových častíc. Ako dispergačné aditíva sa v týchto prípadoch používajú obecné polyelektrolyty – vysoko molekulárne zlúčeniny, ktoré majú na svojich postranných reťazcoch veľké množstvo elektrických nábojov. Polyelektrolyty sa absorbujú na povrch pigmentu a tým na neho prenášajú svoj elektrický náboj [5].

**Odpenovače** – Tvorba peny je v oblasti NH jedným s veľmi nežiadúcich dejov. Nedostatočná regulácia peny ovplyvňuje dekoratívne aj ochranné vlastnosti výsledného filmu. Problémy s penou sa môžu vyskytovať behom zavádzania a miešania pigmentu so spojivom, pri prenose hotovej NH do obalového materiálu alebo pri konečnej aplikácii – či už štetcom, striekaním alebo máčaním. Pri výrobe disperzií sa často používajú zmáčadla a dispergačné činidlá, tieto látky spolu vytvárajú veľké množstvo peny, ktorej stabilita je navyše podporovaná prítomnosťou zahusťovadiel, ako je napríklad polyvinylalkohol či hydroxyethylcelulóza.

Samotná povaha pigmentu je tiež jedným s podporujúcich faktorov, pretože jemne rozptýlené častice pigmentu majú tendenciu tvorbu peny podporovať [20].

Pre vodou riediteľné systémy je možné odpeňovače rozdeliť do dvoch skupín – minerálne odpeňovacie oleje a silikóny. Odpeňovacie oleje sú zložené z približne 80 % nosného oleja a 15 % hydrofóbnej pevnej látky. Zostávajúcich 5 % sú emulgátory a ostatné pomocné prostriedky. Čo sa týka látok na báze silikónov sú to prevažne hydrofóbne druhy kyseliny kremičitej. Odpeňovacie kvapaliny slúžia ako transportný prostriedok, ktorý vnáša pevné častice do penovej lamely. Hydrofóbne pevné častice potom pôsobia v hydrofilnej kvapalnej lamele ako cudzie telieska, ktoré spôsobujú zníženie kohéznych síl, až jej úplnú destabilizáciu. Vedľa toho na svojom povrchu adsorbujú tenzidové molekuly, čo podporujú ešte lepší rozpad penovej lamely [5].

**Inhibítory bleskovej korózie** – Vzniku bleskovej korózie pri nanášaní VRNH na oceľové či iné kovové podklady počas zasychania náteru a pri čistení kovových povrchov mokrým tryskaním je možné zabrániť, pridaním inhibítora bleskovej korózie. Tieto látky sú vo vode rozpustné, a účinkujú tak, že upravujú pH na hodnotu, pri ktorej korózia neprebíha a zároveň eliminujú koróznny vplyv kyslíku. Inhibítory bleskovej korózie môžu byť syntetické alebo prírodné látky. Ďalej sa rozdeľujú na základe ich chemickej povahy na organické a anorganické a podľa mechanizmu ich pôsobenia na katodické, anodické alebo kombinované anodicko-katodické [21].

**Rheologické aditíva (zahusťovadla)** – Rheologické aktívne prísady ovplyvňujú zmeny viskozity cez špecifický rozsah smykovej rýchlosti, čo vedie k tzv. newtonovskému toku. Tieto aditíva, teda môžu znižovať stiekavosť NH a tým umožňujú nanášanie vo vyššej mokrej hrúbke. Použitím sa zmiernuje prácnosť pri aplikácií, pretože môžeme znížiť počet vrstiev pri dodržaní predpísanej celkovej hrúbky náterového systému. Ďalej sa významne znižuje tendencia pigmentov a plnív k sedimentácií behom skladovania NH. U rozpúšťadlových systémov môžu byť tekuté vlastnosti úplne regulované cez molekulovú hmotnosť rozpusteného spojiva. V systémoch na báze vody je však spojivo dispergované vo forme polymérnych častíc, takže regulácia chovania toku zmenou molekulovej hmotnosti nie je možná. Pre úpravu prietokových vlastností VRNH je, teda nutné používať rheologické prísady [22,23].

**Prostriedky zlepšujúce rozlievanie náterových filmov** – V rade technológií nanášania, predovšetkým u striekania, niekedy dochádza k vzniku povrchovým vadám výsledného

povlaku. Obvykle to býva tzv. Pomarančová kôra alebo vznikajú krátery a bublinky. Pomarančová kôra vzniká v dôsledku odlišného povrchového napätia medzi spojivom a odparujúcim sa rozpúšťadlom. K tvorbe kráterov a bubliniek dochádza pri rýchlom odparovaní rozpúšťadla s nízkym bodom varu. K odstráneniu uvedených nežiadúcich efektov sa do formulácie pridávajú rozpúšťadla s vysokým bodom varu a výbornými rozpúšťacími schopnosťami na báze aromatických uhľovodíkov, ketónov a esterov. Tieto látky majú dlhú dobu odparovania, zabraňujú uzatváraniu povrchu filmu, a tak sa môže NH bez problémov rozliať [2].

**Zmäkčovadla** – Zmäkčovadla sa do disperzií pridávajú pre zlepšenie mechanických vlastností filmov. Zlepšujú predovšetkým pružnosť, pevnosť, ťažnosť a termoplasticitu. V disperziách sú rozptýlené vo forme emulgovaných kvapiek, difundujú vodnou fázou a následne sú absorbované polymérom. Rýchlosť celého procesu závisí na rýchlosti absorpcie zmäkčovadla polymérom. Tento proces je možné urýchliť prídavkom malého množstva rozpúšťadla, ktoré napučí polymérnu sústavu a umožní rýchlejšiu difúziu zmäkčovadla. Pri výrobe NH môžeme pomocou zmäkčovadla zlepšiť radu ich vlastností, napríklad rozplav, roztierateľnosť, odolnosť proti úderu či lesk [24].

**Koalescenty** – Formulácie NH obsahujú okrem polymérneho latexu, pigmentu či plnív aj tzv. koalescenčné činidlá. Do vodných disperzií sa pridávajú hlavne pre zlepšenie ich filmotvorných vlastností. Vytvorenie súvislého povlaku z disperzných častíc je možné len nad MFFT, pod touto teplotou sa polymér dostáva do sklovitého stavu a častice nie sú schopné vytvoriť film. Disperzie, ktoré majú MFFT nad 5 °C, vyžadujú vonkajšiu plastifikáciu prídavnými trvalými plastifikátormi (napr. ftalátmi). Výhodnejšie je však použitie koalescentných činidiel, tie sú svojou podstatou organické rozpúšťadla s nízkou prchavosťou. Tieto látky fungujú ako dočasné plastifikátory, pretože po určitej dobe náterový film opúšťajú [23].

Aby mohli byť látky použité ako koalescenty musia spĺňať určité kritéria:

- optimálne rozpúšťanie alebo napučanie polymérnych častíc
- nesmú negatívne vplyvať na stabilitu disperzie
- minimálne sa rozpúšťať vo vode, dobre v polyméri
- kompatibilita s všetkými zložkami NH
- rýchlo sa odparovať
- tvoriť filmy bez zápachu (dôležité pre interiérové použitie)

### 1.3 Akrylové vodné disperzie

Vodné disperzie akrylových latexov sa skladujú z častíc s riadenou morfológiou a samo sieťujúcim mechanizmom. V súčasnosti sú považované za najmodernejšie spojivá pre priemyslové povlaky kompatibilné s VOC pre drevo, kovy a plasty [25].

Zloženie disperzií sa volí podľa požadovaných aplikačných vlastností. Výsledné disperzie majú veľmi nízku viskozitu, pomer ich častíc je rádovo 0,2 mikrometrov, čím získavajú charakteristický nádych do modra. Obsah neprchavých zložiek sa pohybuje v rozmedzí 40 – 50 %. Pre zabezpečenie dobrej stability týchto jemne disperzných systémov je nutné použitie PAL (cca 7%, počítané na monoméry), ktoré v procese tvorby polyméru plnia dve úlohy; určujú smer polymerizácie a zároveň stabilizujú častice polyméru. Prítomnosť 1 – 2 % kyseliny akrylovej či methakrylovej zlepšuje odolnosť pri zmrazovacích cykloch a prispieva k zmáčaniu pigmentov [24].

Na výrobu akrylových disperzií sa využíva mechanizmus emulznej polymerizácie (EP), tento proces je ekologický a dokážme nim pripraviť širokú škálu polymérnych disperzií. Predtým, ako bude mechanizmus EP prebraný podrobnejšie, je dôležité porozumieť teplotným vlastnostiam polymérov [26].

#### 1.3.2 Teplotné vlastnosti polymérov

U polymérov podobne ako u iných látok, má na ich správanie zásadný vplyv teplota. V určitej oblasti teplôt sa však zmeny vlastností zrýchľujú/spomaľujú alebo sa môžu meniť nárazovo. Oblasti, kde dochádza k nárazovej zmene vlastností sa nazývajú prechodové teploty. V závislosti na teplote sa môže polymér nachádzať v stave sklovitom, kaučukovom a kvapalnom. Za najvýznamnejšie z prechodových teplôt, považujeme teplotu skleneného prechodu  $T_g$  a teplotu viskózneho toku  $T_f$  [27].

V prípade, že sa polymér nachádza v intervale pod  $T_g$ , je v stave sklovitom, tzn. že so stúpajúcou teplotou sú možné stúpajúce vibrácie, rotácie a torzné oscilácie atómov a malých molekulárnych skupín, prejavujúcich sa malou roztlačnosťou a nízkou elastickou deformáciou. Polymér je v tejto oblasti tvrdý a krehký. V prechodovej oblasti okolo  $T_g$  nastáva skoková zmena mechanických, optických a tepelných vlastností, tu polymér nadobúda kaučukovú pružnosť. Toto správanie je spôsobené zvýšenou pohyblivosťou segmentov makromolekúl, ktoré vykonávajú rotačný či kývavý pohyb a dochádza tu k poklesu medzimolekulárnych síl.



S ďalším nárastom teploty stráca polymér v teplotnej oblasti charakterizovanej  $T_f$  kaučukové elastické vlastnosti. Modul pružnosti v tejto oblasti klesá na nulu, čo umožňuje pohyb makromolekúl voči sebe navzájom a polymér sa tak mení na viskóznú taveninu. Prechod medzi viskoelastickým a plastickým stavom je neostrý, poloha  $T_f$  závisí na pôsobiacom napätí, relatívnej molekulovej hmotnosti, vetvení atď. [28].

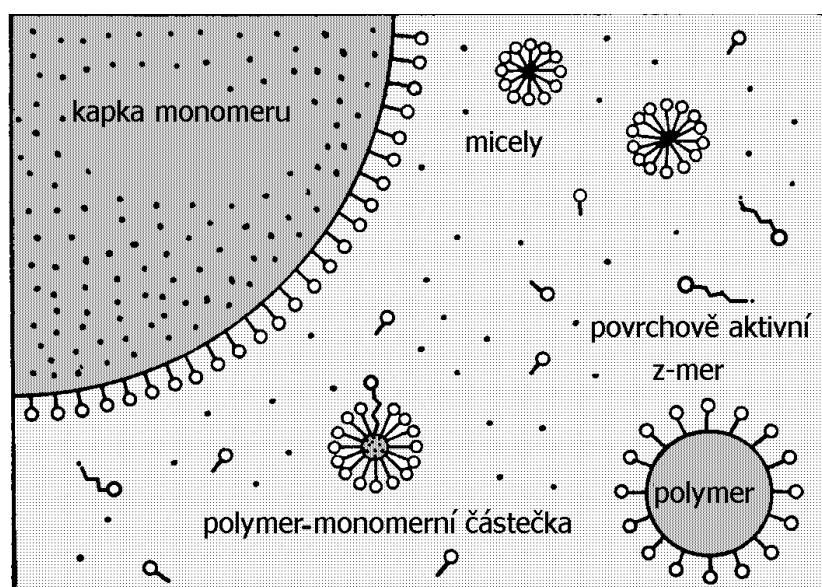
### 1.3.2 Emulzná polymerizácia

EP je špeciálny prípad radikálovej polymerizácie. Produktom tejto metódy je tzv. latex - vodná disperzia guľovitých častíc polyméru o veľkosti v stovkách nanometrov. Latexové častice sú v disperzií stabilizované emulgátormi alebo ochrannými koloidmi, ktoré sú adsorbované na ich povrchu. Výhodami EP je, že umožňuje získať polyméry v širokom rozmedzí molekulových hmotností, má vysokú polymerizačnú rýchlosť, dobrý odvod tepla a nízku reakčnú teplotu. Viskozita latexov je pri vysokých koncentráciách nízka a nezávislá na relatívnej molekulovej hmotnosti. Pre akrylové vodné disperzie majú väčší význam estery kyseliny akrylovej, pretože majú nižšiu  $T_g$  a  $T_f$  než estery kyseliny methakrylovej a sú schopné vytvárať filmy za štandardnej teploty (25°C). Najdôležitejšími monomérmi pre prípravu kopolymérnych latexov sú napr. etyl-, butyl- a 2-ethylhexylakrylát, ale aj metyl- a butylmethakrylát. Samotná kyselina akrylová má zvláštny význam, ak je použitá v množstve 1 - 3% ako komonomer, zlepšuje stabilitu disperzií a priľnavosť ich filmov [29].

Emulzný polymerizačný systém je veľmi zložitý a pozostáva z niekoľkých zložiek, z disperzného prostredia, monomérov, iniciátorov rozpustných v disperznom prostredí (napr. peroxozlúčeniny), emulgátorov a iných pomocných látok (pufry, regulátory povrchového napätia, ochranné koloidy, modifikátory). Rozhodujúcu úlohu pri EP má emulgátor, jeho funkcia nespočíva len vo vytvorení stabilnej emulzie monomeru vo vode, ale aj v sprostredkovaní interakcie radikálov iniciátora a monomeru. Pri prekročení tzv. Kritickej koncentrácie emulgátoru sa začne prebytočný emulgátor zhľukovať a vytvárať micely. Molekuly emulgátoru v micelách sú usporiadané tak, že uhl'ovodíková časť ich reťazca smeruje dovnútra micely a iónová časť smerom do vody. Väčšina monomeru je na začiatku polymerizácie dispergovaná v kvapkách monomeru ( $\varnothing \sim 0,1 - 1 \mu\text{m}$ ), ktoré sú stabilizované vrstvičkou emulgátoru, adsorbovaného na povrchu. Len minimálne množstvo monomeru je rozpustené vo vode, určitá časť je v uhl'ovodíkovej oblasti micel emulgátoru. Iniciátor je rozpustný vo vode, kde vznikajú radikáli prenikajúce do micel a zahajujú tak polymerizáciu (Obrázok 1). Vnikanie radikálov do monomérnych kvapiek je málo pravdepodobné, pretože

ich povrch je o niekoľko rádov menší než povrch micel. Pokračovaním polymerizácie micely rastú, difúziou monomeru do kvapiek cez vodnú fázu do micel [30].

Polymerizačný stupeň je pri EP v podstate rovný kinetickej dĺžke ich reťazca. Samotný proces sa dá dobre udržovať v požadovaných podmienkach. Výsledný vzniknutý polymér vo forme latexu sa môže izolovať buď zrážaním vhodným elektrolytom alebo vysušením (v prípade, že sa nepoužíva ako latex) [31].



Obrázok 1 Mechanizmus emulznej polymerizácie [31].

### 1.3.3 Polymérne disperzie využívajúce keto-hydrazidové post-sieťovanie

Jednou z možností, ako zlepšiť fyzikálne – chemické a mechanické vlastnosti polymérov je zvýšiť hustotu ich polymérnej siete. Hustotu môžeme zvýšiť dvoma spôsobmi, jedným je zasieťovanie polyméru pri samotnej syntéze, druhým je post-sieťovanie, ktoré prebieha až vo fáze vzniku polymérneho produktu [32].

Mechanizmus sieťovania jednozložkových spojív na báze tzv. samo sieťujúcich latexov je najčastejšie založený na reakcii karobonylovej skupiny, ktorá je súčasťou polymérnych latexových častíc a diamínu rozpusteného vo vodnej fáze latexu. Ako monomér nesúci karbonylovú funkčnú skupinu sa najčastejšie využíva diacetónakrylamid, ktorý sa pridáva do systému počas syntézy emulznou polymerizáciou ako komonomer a zabudováva sa do reťazca vzniknutého polyméru. Do vytvorenej disperzie sa pre úspešné zasieťovania musí pridať malé množstvo diamínu, obzvlášť hydrazidu. Ako zlúčenina s hydrazidovými skupinami ( $-NH-NH_2$ ) sa najčastejšie používa didydrazid kyseliny adipovej (ADH). ADH je rozpustný vo vodnej fáze, obvykle sa pridáva ako vodný roztok o koncentrácií 10 hm. % v stechiometrickom pomere k diacetónakrylamidu za vzniku jednozložkového systému.

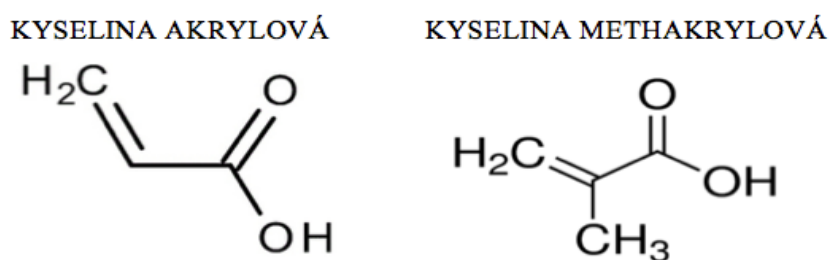
Keto-hydrazidová reakcia je kyslo katalyzovaná a vo významnej miere prebieha až po vyprchaní alkalizačných činidiel. Preto, aby bol systém počas skladovania stabilný je nutné upraviť pH latexov na hodnotu 8 – 9,5, najčastejšie vodným roztokom amoniaku. Rýchlosť vyprchávania amoniaku ovplyvňuje celkovú rýchlosť sieťovania, kedy s vyššou rýchlosťou vyprchávania rastie aj rýchlosť sieťovania.

Sieťovaním reakciou karbonylových skupín s hydrazidmi sa odstraňujú hlavné nevýhody bežných polymérnych disperzií, ako je nízka odolnosť voči rozpúšťadlám, lepivosť povrchu pri vyšších teplotách a krehkosť povrchu pri teplotách nižších a zlepšuje mechanické vlastnosti filmu pri bežných laboratórnych podmienkach. Keďže ide o reakciu dehydratačnú, kde je rovnováha vplyvom straty vody posunutá k produktom, je možné pripraviť stabilný jednozložkový náterový systém, kde k sieťujúcej reakcií dochádza až po odparení významného podielu vody behom procesu tvorby náterového filmu z vodnej disperzie [33].

### 1.3.4 Polyméry a kopolyméry kyseliny akrylovej, methakrylovej a ich derivátov

Pri syntéze vodných disperzií polymérov a kopolymérov akrylových monomérov sa v praxi často uplatňuje pomerne veľký počet rôznych akrylových zlúčenín [24].

Polyméry a kopolyméry kyseliny akrylovej či methakrylovej (Obrázok 2) a ich deriváty bývajú často označované ako polyakryláty. Medzi deriváty týchto kyselín zaradíme napríklad ich estery, amidy, nitrily či kyanakryláty. Kopolyméry rôznych esterov kyseliny akrylovej a methakrylovej je možné pripraviť v širokom rozmedzí hodnôt Tg. Všetky sa vyznačujú výbornou odolnosťou voči poveternostným vplyvom a dobrou stálosťou na svetle. Ich použitie závisí hlavne na type použitého monomeru, používajú sa na výrobu NH, plastov, vlákien a rôznych priemyslových látok. Tak isto, ako ich použitie aj ich vlastnosti závisia na type použitých monomérov, na spôsobe prípravy, molekulovej hmotnosti prípadne na rozsahu zasieťovania. Podľa typu hlavného monomeru sa v praxi tieto polyméry rozdeľujú do mnoho podskupín [34].



**Obrázok 2** Chemický vzorec kyseliny akrylovej a methakrylovej.

### 1.3.5 Fyzikálny mechanizmus tvorby latexových filmov

Vznik filmu z disperznej NH je fyzikálny dej, ktorý je založený na odparení vody a jej presiaknutí do porézneho podkladu. Častice polyméru, ktoré si môžeme predstaviť ako veľmi malé lepkavé guľičky, ktoré sa ukladajú vedľa seba, pozlepujú sa či zlejú dohromady a nakoniec vytvoria súvislý a odolný povlak (Obrázok 3) [35].

Voda a pomocné rozpúšťadla sa odstraňujú z povrchu NH odparovaním (fyzikálnym sušením alebo vypaľovaním bez chemického zasieťovania). Voda pod povrchom migruje na povrch, rýchlosťou závislou na rýchlosti difúzie povlaku do podkladu tento proces pokračuje, pokiaľ všetka voda nevystúpi na povrch a neodparí sa. Čas, za ktorý je povlak dokonale suchý, je závislý na množstve prítomnej vody a hrúbke povlaku. Rýchlosť odparovania závisí na rozdieli tlaku pár medzi vodou v povlaku a vzduchom, ktorý cirkuluje nad povrchom. Rozdiel tlaku pár je funkciou vlhkosťného pomeru tzn. teploty a relatívnej vlhkosti vzduchu [36].

Za vhodných podmienok vzniká po natrení polymérnych disperzií, číry, hladký a homogénny film. Pri tomto zložitom a komplexnom procese jeho tvorby, závisia vlastnosti filmu na povahe latexu a okolitých podmienkach, pri ktorých dochádza k jeho zasychaniu.

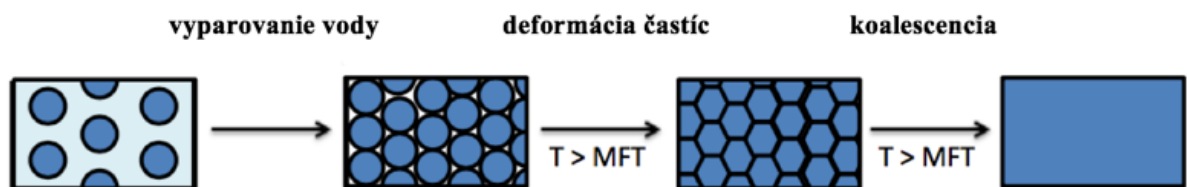
Tvorba filmu fyzikálnym mechanizmom sa obecne delí do troch krokov [37]:

**Koncentračný** – V prvom kroku sa voda od povrchu latexu odparuje a koncentruje sa obsah latexových pevných častíc. Počiatočná rýchlosť vyparovania vody obsiahlej v disperzii je veľmi blízka vyparovaniu čistej vody. Dochádza tu k zoskupovaniu a redistribúcií polymérnych častíc v snahe dosiahnuť, čo najnižší energetický stav. Z počiatku sa častice pohybujú voľným Brownovým pohybom, tento pohyb však ustáva vo chvíli, kedy sa odparí kritický objem vody. Prvý stupeň zasychania je najdlhší a trvá, pokiaľ polymér nedosiahne cca 60% objemovej frakcie. Častice sú rozmiestnené v závislosti na ich veľkosti, tzn. malé častice sa sústreďujú vo voľnom priestore medzi väčšími.

**Zhust'ovací** – Ďalším vyparovaním vody mizne z okolia častíc stabilizačná vrstva. Čím sú častice mohutnejšie, tým dlhšie stabilizačná vrstva zotráva, nakoniec však podľahe siliacemu zhust'ovaniu pri vyparovaní vody. V tomto štádiu sa výrazne znižuje rýchlosť odparovania vody. Zníženie rýchlosti vedie k lepšej kvalite výsledného filmu, tým, že majú častice pred flokuláciou viac času sa zabaliť do usporiadanej štruktúry. Dochádza k deformáciám častíc, čím končí druhý stupeň tvorby filmu.

**Koalescenčný** – Tretia fáza začína počiatočným vytvorením súvislého filmu. Aj v prípade, kedy sa zdá byť film úplne suchý, stále dochádza k vyparovaniu vody. Polymérne častice naďalej pozvoľna splývajú, pričom dochádza k interdifúzií polymérnych reťazcov medzi jednotlivými časticami, čím sa zmenšujú priestory medzi časticami, až úplne vymiznú [38].

Vlastnosti polymérnych filmov sa vyvíjajú pomaly a konečných podôb dosahujú až po niekoľkých dňoch. Aj keď sa film javí dokonale hladký a súmerný, tak ani v celkom suchom povlaku, nestrácajú častice svoju identitu [39].



**Obrázok 3** Schéma mechanizmu fyzikálneho zasychania náterových hmôt.

## 1.4. Antimikrobiálne náterové hmoty

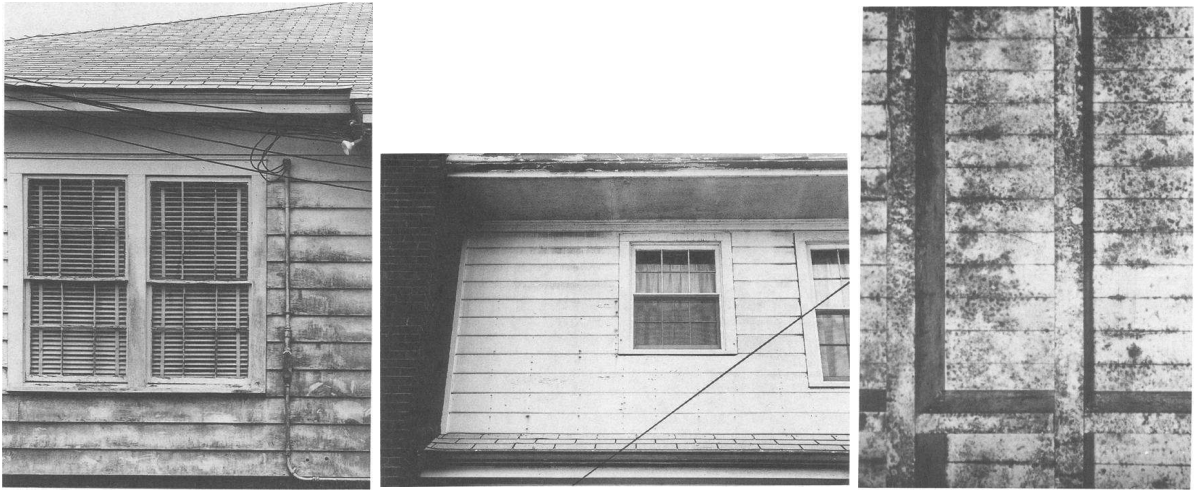
Interiérové a fasádne NH sú často formulované na báze vodou riediteľných disperzií, tieto NH ešte v tekutom stave môžu časom začať strácať svoju viskozitu, tvoriť plyny, meniť farbu či pH, toto všetko sa deje vplyvom degradácie niektorých, či všetkých prítomných organických látok. Zhoršovanie týchto vlastností môže byť spôsobené baktériami alebo plesňami, ktoré produkujú enzýmy a tým znehodnocujú výsledný náterový film. Zníženie viskozity VRNH môže byť spôsobené prítomnosťou oxidujúcich či redukujúcich zložiek v surovom materiáli [40]. Vodou riediteľné koloidné disperzie sú ekologicky nezávadné a predstavujú sľubnú alternatívu k rozpúšťadlovým NH.

Mikroorganizmy (MO) môžu zničiť ako ochranné, tak aj dekoračné vlastnosti náterového filmu. Výskyt baktérií či plesní môže spôsobiť zmenu mnohých vlastností vo vodou riediteľných aj rozpúšťadlových NH a úplne tak zničiť ich integritu. Mikrobiálna kolonizácia na náteroch spôsobuje hlavne estetické problémy, tvorbu bublín, odlupovanie povlaku či jeho úplnú degradáciu (Obrázok 4). Akonáhle MO narazia na povrch, priľnú a rastú rýchlosťou závislou na povahe náteru, podkladu a okolitých podmienkach prostredia. Hygrotermálne podmienky sú obzvlášť dôležité, pretože vysoká vlhkosť alebo kondenzácia vody so zvýšenou teplotou, vytvárajú pre rast plesní či baktérií ideálne podmienky. Niektoré ďalšie komponenty môžu ovplyvňovať mikrobiálny rast, tým, že pôsobia ako inhibítory či simulanti rastu. Napríklad materiály obsahujúce deriváty celulózy, môžu byť pre hubovité bunky živinami, naopak organické rozpúšťadla či ťažké kovy v pigmentoch ovplyvňujú ich vlastnosti negatívne [41].

Citlivosť náterových filmov proti napadnutiu MO je čiastočne určená chemickou povahou spojiva, voľbou pigmentu a objemovou koncentráciou pigmentu. V omnoho väčšej miere je citlivosť alebo rezistencia NH k mikrobiologickému napadnutiu, určená prítomnosťou a koncentráciou antimikrobiálnych látok (AML). AML sa skladujú z veľkého množstva organických, ale aj anorganických zložiek. Z anorganických látok je to predovšetkým, oxid zinočnatý (ZnO), ktorý je v povlakoch kľúčovou zložkou pri ochrane proti plesniam s účinnosťou na niekoľko rokov.

Antimikrobiálne NH by mali znižovať riziko šírenia infekcií v zdravotníckych zariadeniach, školách, úradoch, potravinárskom priemysle či ďalších objektoch navštevovaných verejnosťou a mali by byť účinné po dobu niekoľkých rokov. Taktiež sa

využívajú na ochranu vonkajších povrchov náchylných k plesniam, ako sú fasády, dna lodí, zábradlia, vypínače a pod. [22].



**Obrázok 4** Znehodnotenie obloženia domu po napadnutí plesňami [42].

#### **1.4.1 Antimikrobiálne činidlá – inhibítory mikroorganizmov**

Antimikrobiálne aditíva pre NH sú špecifické látky, ktoré môžu byť behom výrobného procesu zavedené do farby či laku, preto, aby boli povrchy odolné voči nežiadúcemu pôsobeniu MO. Vedecky overené aditíva poskytujú dlhodobú a účinnú ochranu proti baktériám, hubám, plesniam či vírusom [43].

Aditíva s antimikrobiálnym účinkom môžu byť prírodné a syntetické. Syntetické látky môžu byť vo forme organických biocídov, koloidných častíc, organických polymérov s reaktívnymi skupinami, fotokatalytických oxidov alebo nanočastíc (NČ) kovov. Nevýhodou niektorých syntetických látok sú možné vedľajšie účinky ako cytotoxicita, alergizačný účinok, vznik zápalových reakcií alebo fenomén vzniku rezistentných kmeňov. Lepšou alternatívou sú prírodné látky, ktoré sú ekologické a lepšie znášané, pretože sa v prírode bežne vyskytujú. Obvykle ide o antimikrobiálne peptidy, chitosan, bakteriolytické enzýmy či esenciálne oleje [44].

Medzi organické biocídy patria heterocykly, čo sú napríklad hydantoin alebo isothiazolony. Často sú používané aditíva na báze derivátov pyrithionu (2-mercaptopyridin-N-oxid), čo je fungistatická a antimikrobiálna zlúčenina, ktorej soli zinku sú rozšírené napríklad aj v kozmetike. Predpokladá sa, že jeho antimikrobiálny účinok je spôsobený

prienikom pyrithionu cez bunečnú stenu s následnou disociáciou do cytoplazmy. V bunke môže pôsobiť ako kofaktor enzýmov vďaka sulfonovej skupine [45].

Zníženie antimikrobiálneho rastu je možné dosiahnuť aj vysoko hydrofóbnymi látkami, tieto látky síce môžu riešiť problém mikrobiálnej kontaminácie, ale nezabránia distribúcií patogénnych infekcií, MO sa jednoducho presunú do inej oblasti. Hydrofóbne materiály je, preto vhodné kombinovať s inými aditívami [46].

S objavom nanotechnológií sa neustále nahrádzajú dodnes používané biocídy látkami v nano-veľkosti, najčastejšie sa využíva ZnO, oxid titaničitý či striebro. Záujem o antimikrobiálne aditíva na báze NČ je daný predovšetkým ich nízkou toxicitou pre ľudské bunky, dlhým biocídnym účinkom, vysokou tepelnou odolnosťou a nízkou prchavosťou, čo umožňuje ich použitie v rôznych priemyslových odvetviach, najmä v obore NH [47].

Od roku 2008 začala Európska únia vydávať rámec pravidiel týkajúcich sa uvádzania biocídnych prípravkov na trh, čím zaistila vysoký stupeň ochrany človeka a životného prostredia a správne fungovanie spoločného trhu. Z tohoto dôvodu sú v dnešnej dobe, niektoré v minulosti používané biocídy zakázané (napr. karcinogénny arzén v minulosti používaný na ošetrovanie dreva či vonkajšie nátery lodí, bol nahradený meďou). Vyplýva to z legislatívy smerníc a nariadení Európskej únie, ako sú Smernice Európskeho parlamentu a Rady č. 98/8/ES o uvádzaní biocídnych prípravkov na trh a Nariadení Európskeho parlamentu a Rady (ES) č. 1271/2008. Cieľom nariadení CLP – (z angl. Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures – Klasifikácia, označovania a balenia látok a zmesí) je zjednotiť kritéria pre klasifikáciu a označovanie látok a zmesí s platnosťou od 1.6.2015.

#### ***1.4.1.1 Nanočastice oxidu zinočnatého***

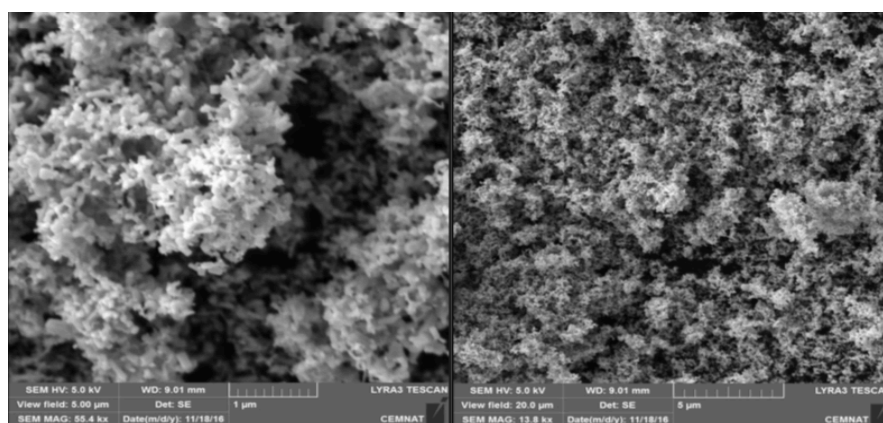
ZnO je anorganická zlúčenina, ktorá sa bežne používa v každodenných aplikáciách. NČ ZnO (Obrázok 5), ako anorganické antimikrobiálne činidlo priťahujú veľký vedecký a technologický záujem. Hlavným dôvodom je jeho oligodynamický účinok (tzn. špecifický účinok niektorých kovov, ktoré pôsobia už pri stopovom množstve baktericídne). Ďalšími výhodami sú jeho UV filtračné vlastnosti a vysoká katalytická a fotochemická aktivita [48]. ZnO je pre človeka zdravotne nezávadný a v súčasnej dobe všeobecne uznávaný a bezpečný materiál od FDA (z angl. Food and Drug Administration) [49,50]. Nevýhodou je vysoká toxicita voči vodným organizmom, ktorá môže vyvolať dlhodobé nepriaznivé účinky na vodné prostredie. Z tohto dôvodu je významne znížená povolená koncentrácia ZnO v NH.

NČ ZnO vykazujú atraktívne antimikrobiálne vlastnosti v dôsledku zvýšenia špecifického povrchu, pretože zmenšená veľkosť častíc vedie k zvýšeniu ich reaktivity.



Baktericídne účinky sú založené na tvorbe reaktívnych molekúl kyslíka, hydroxylových radikálov a peroxidov. Hlavným faktorom je reaktívny kyslík, ktorý poškodzuje bunecnú stenu. Do bunky tak prenikajú rozpustené toxické ióny zinku, čo vedie k oslabení mitochondrií, intracelulárnemu odtoku a uvoľneniu tzv. Oxidačného stresu, ktorý spôsobí inhibíciu rastu a následne usmrtenie bakteriálnych buniek [48]. U plesní NČ ZnO významne inhibujú rast. Vďaka obrázkom zo sledovania skenovacím elektrónovým mikroskopom a Ramanovým spektrám boli preukázané dve rôzne fungicídne aktivity. V prvom prípade NČ inhibujú rast ovplyvnením bunecných funkcií, čo spôsobí deformáciu hubovitých hýf s typickou čistou štruktúrou a hladkým povrchom. Po ich pôsobení vznikajú na hýfach neobvyklé výrastky, strácajú svoju hladkosť. Táto deformácia nakoniec vedie k samotnému usmrteniu hubovej hýfy. V druhom prípade NČ zabraňujú rozvoju konídiofórov a vzniku konídií. Nanooxid demonštruje rozvetvené konídie s guľatými aj reťazovými štruktúrami, zabraňuje ich klíčeniu a vývoju, čím sa ďalšiemu rastu plesní zabráni úplne [48, 51].

NČ zinku existujú v rôznej kvalite, buď vo forme prášku o vysokej čistote a často s povrchovou úpravou, alebo vo forme suspenzií vo vode či organických rozpúšťadlách. Veľkosť NČ sa pohybuje v rozmedzí 10 – 90 nm. Odporúčajú sa ako biocídne nátery na steny a strechy ako ochrana voči plesniam a riasam. Vo vrchných náteroch môžu byť využité NČ ZnO ako absorbenty UV žiarenia. Mnoho patentov uvádza použitie na fotokatalytické a antimikrobiálne nátery na rôzne substráty. Napríklad vonkajšie samočistiace NH formulované na báze NČ ZnO, akrylových disperzií a alkydov. V inom patente sú zas tieto častice kombinované s iónmi striebra derivátmi chitosanu v spojive akrylovom, alkydovom, epoxidovom či polyuretánovom. Antimikrobiálne NH môžu byť aplikované na drevo, plasty, lekárske prístroje či rôzne implantáty. Biocídne nátery na vnútorné aj vonkajšie steny, stropy a strechy sú väčšinou formulované na báze NČ Ag, ZnO, derivátov chinosanu a organických, aj anorganických spojív [52, 53].



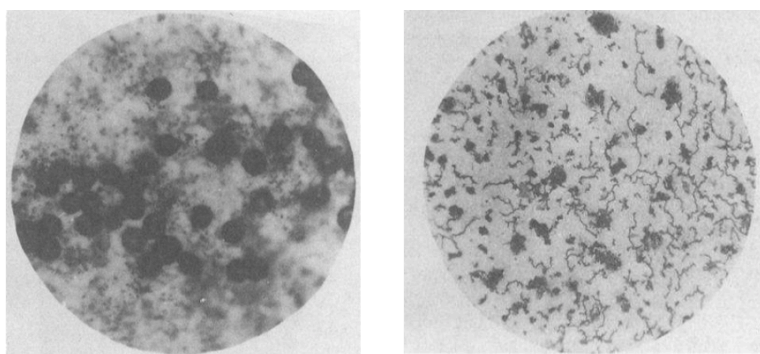
**Obrázok 5** Štruktúra nanočastíc ZnO pri rôznom zväčšení – skenovací elektrónový mikroskop.

## 1.4.2 Mikroorganizmy s hľadiska hygienických náterov

Medzi MO spojené s NH patria baktérie, plesne a vodné riasy. V najväčšej miere sa vyskytujú baktérie rodu *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Aerobacter* a iné. Z nich napríklad rod *Bacillus* je jedinečný v tom, že aj za stresových podmienok, ako je teplo, chlad či dehydratácia, sú niektoré jeho kolónie schopné tvoriť spóry odolné voči vysokým teplotám, suchému prostrediu a dokonca aj voči baktericídnym látkam. V kontaminovaných VRNH a surovinách, boli objavené prevažne anaeróbne baktérie. Bežne používané metódy anaeróbnej kultivácie, nie je možné použiť na detekciu baktérií, ktoré sú schopné čerpať živiny z organických zložiek NH [54,55].

Plesne môžu byť na povrchu filmu vo dvoch formách. Buď sú prítomné ako vláknité štruktúry, technicky nazývané micely alebo ako zhľuky sférických, obvykle čierne zafarbených spór (Obrázok 6). Tieto dva odlišné vzhľady plesní boli slangovo označované ako stromy a ovocie húb. V skutočnosti však predstavujú dve formy rastu celého životného cyklu plesní. Micelárne štruktúry sú pozorované hlavne, keď pleseň aktívne rastie a reprodukuje sa. Zhľuky spor sa nachádzajú, keď sú menej priaznivé podmienky pre rast a množenie. Spóry sú viac odolné zmenám životného prostredia a antimikrobiálnym látkam, než micelárne formy. Najviac prevládajú plesne rodu *Aspergillus* a *Penicillium* [56].

Riasy, ktoré obsahujú chlorofyl dokážu vyrobiť vlastný organický uhlík z atmosférického oxidu uhličitého a svetelnej energie získanej z fotosyntézy [57]. K rastu vyžadujú svetlo, vzdušnú vlhkosť a minerálne látky. Veľmi dobre rastu v miestach, kde je nijaký čas zadržovaná voda. Riasy sú agresívne voči stavebnému kameňu, predovšetkým svojimi metabolitmi, hlavne organickými kyselinami, farbivami a látkami spôsobujúcimi uvoľňovanie katiónov do stavebného materiálu procesom chelatizácie. Tvorbou chelatotvorných komplexov dochádza k vysávanou katiónov kovu z materiálu čím sa znižuje mechanická pevnosť.



Obrázok 6 Spóry (vľavo) a micely (vpravo) plesní [79].

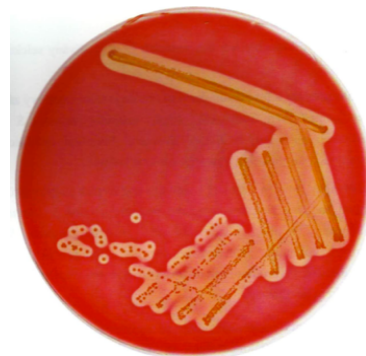
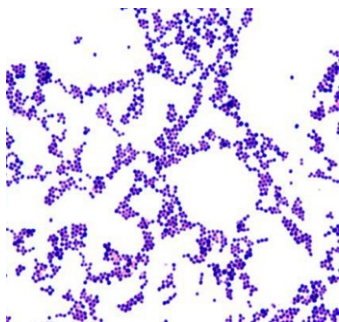
### 1.4.2.1 Baktérie

Baktérie sú jednobunečné prokaryotické organizmy, ktoré majú kokovitý či tyčinkový tvar, dosahujú veľkosti v rade niekoľkých mikrometrov. Typickou súčasťou bakteriálnych buniek je peptidoglykanová bunecná stena, jadro, plazmidy, ribozómy a DNA bez intrónov. Baktérie sú neoddeliteľnou súčasťou nášho života, pre ľudský organizmus môžu byť prospešné alebo naopak škodlivé (patogénne). Medzi baktérie najčastejšie spôsobujúce nozokomálne infekcie (nákaza vzniknutá v priamej súvislosti s pobytom v nemocnici) patrí *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* a *Escherichia coli*. [58,59]

#### *Staphylococcus aureus*

*S. aureus* je oportúnna patogénna baktéria a vzhľadom k významu a vysokej prevalencii v nozokomálnych infekciách, je jednou z najviac študovaných baktérií. Stafylokoky sú grampozitívne fakultatívne anaeróbne koky o priemere 1µm, usporiadané buď jednotlivo, v pároch, triádach či nepravidelných zhlukoch pripomínajúcich tvar hrozna (Obrázok 7). Sú nepohyblivé a netvorí spóry. *S. aureus* vyvoláva široké spektrum ochorení od pomerne neškodných kožných infekcií až po život ohrozujúce sepsy či syndróm toxického šoku [60].

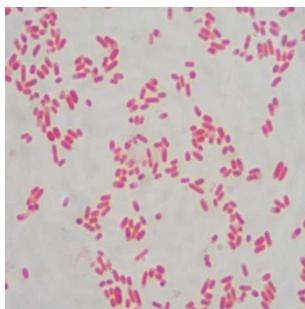
Pre tento druh je typická tvorba abscesov, ktoré sú nebezpečné najmä vtedy, keď zasiahnu vnútorné orgány. K ďalším ochoreniam, ktoré ohrozujú život patria pneumónie, meningitídy či akútne endokarditídy. Stafylokoky sú dosť odolné, vydržia dlhodobé vyschnutie a dobre znášajú zvýšené koncentrácie chloridu sodného. To súvisí s tým, že sa bežne vyskytujú na koži a slizniciach človeka. Prenášajú sa ľahko vzduchom a ešte ľahšie kontaktom. Čo sa týka kultivácie, stafylokoky rastú na všetkých bežných klinicko-mikrobiologických pôdach. Inkubačná doba je 24 hodín pri teplote 37°C. Výnimočná je ich schopnosť rasti na krvnom agare s prídavkom 10 % roztoku NaCl, kde tvorí zlaté kolónie, táto pôda sa používa ako selektívna (Obrázok 8) [61].



**Obrázok 7** *S. Aureus* - optický mikroskop [62]. **Obrázok 8** Kolónie *S. aureus* na selektívnom agare [63].

### ***Escherichia coli***

*E. coli* je fakultatívne anaeróbná, gramnegatívna pohyblivá baktéria v tvare tyčinky o rozmeroch približne 2-3  $\mu\text{m}$  (Obrázok 9). Je bežnou súčasťou črevnej mikroflóry človeka aj teplokrvných živočíchov, gastrointestinálny trakt kolonizuje už v prvých hodinách života. Zaraďujeme ju do skupiny Enterobacteriaceae a patrí medzi tzv. koliformné baktérie, tzn., že má priamy vzťah k fekálnemu znečisteniu. Jedným z pozitív tejto baktérie je, že produkuje vysokomolekulárny proteín - kolicín, ktorý pôsobí toxicky pre nežiadúce patogény (iba pre patogény rovnakého druhu, ako je producentský kmeň alebo blízko príbuzné druhy), a podieľa sa na výrobe vitamínu K. Zároveň je, ale podmienene patogénna a môže spôsobovať ochorenia dýchacieho, gastrointestinálneho i urogenitálneho traktu a tiež centrálnej nervovej sústavy. Patogénne *E. Coli* môžeme rozčleniť do niekoľkých kategórií, a to podľa toho, aké sú ich klinické príznaky. Ide o jedného z najčastejších pôvodcov u detských bakteriálnych hnačiek, ale tiež infekcií močových ciest, sepsi či meningitídy. Všetky druhy *E. coli* majú adherentné fimbrie, ktoré im umožňujú uchytenie sa na povrchu slizníc. Kultivácia je nenáročná, ako selektívne diagnostická pôda sa používa napr. Endov agar, na ktorom tvorí *E.coli* špecifické purpurové kolónie (Obrázok 10), kultivuje sa 24 hodín pri 37°C [58,64].



**Obrázok 9** *E.coli* optický mikroskop [65]



**Obrázok 10** Kolónie *E. Coli* na selektívnom agare [63]

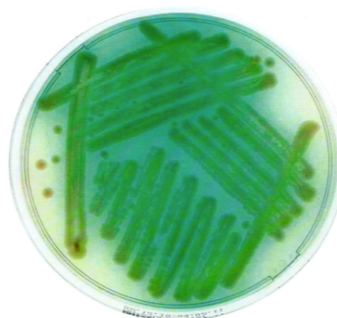
### ***Pseudomonas aeruginosa***

*P. aeruginosa* je gramnegatívna baktéria, patriaca do triedy  $\gamma$ -proteobaktérií (Obrázok 11). Táto približne 1,5 - 3  $\mu\text{m}$  dlhá tyčinka môže voľne žiť v pôde a vode, kde sa pohybuje pomocou polárne umiestnených bičikov. Má aeróbnny metabolizmus, avšak za prítomnosti dusičnanov môže prežiť aj pri anaeróbných podmienkach. Práve vďaka svojej metabolickej prispôbivosti rastie dobre aj na pôdach s nízkym obsahom živín. Je dobre odolná voči vysokým koncentráciám soli, slabým dezinfekčným prostriedkom a mnoho bežne používaným antibiotikom, čo jej umožňuje prežívať v nemocničnom prostredí a spôsobovať nozokomálne infekcie. *P. aeruginosa* je podmienený patogén, ktorý spôsobuje infekcie močových ciest, dýchacieho a gastrointestinálneho traktu, dermatitídy, bakterémiu, infekcie mäkkých tkanív,

kosti, kĺbov a iné systémové infekcie. Ich virulencia spočíva v schopnosti adherovať na hostiteľskú bunku vytvoriť biofilm a produkovať toxíny a hydrolytické zlúčeniny. Zdravý človek síce môže byť týmito baktériami kolonizovaný, ale infekcia vzniká hlavne u pacientov so zníženou imunitou, napríklad u ľudí s ťažkými popáleninami, rakovinou či cystickou fibrózou, pre ktorých môže byť opakovaná pseudomonádová infekcia fatálna. *P. aeruginosa* sa kultivuje za rovnakých podmienok ako stafylokok či escherichia. Pre diagnostiku postačuje obyčajný mäsopeptonový agar, na ktorom produkuje špecifický zelenomodrý pigment (Obrázok 12) [66,67].



**Obrázok 11** *P.aeruginosa* optický mikroskop [68]



**Obrázok 12** Kolónie *P.aeruginosa* na selektívnom agare [63]

#### 1.4.2.2 Plesne

Plesne sú mikroskopické vláknité mikroorganizmy, ktoré zaradujeme medzi huby. Plesne majú prísne aeróbnu povahu, a preto sa rozmnožujú najčastejšie na povrchu napadnutého materiálu. Ich rozsiahle enzýmové vybavenie im umožňuje napadať najrôznejšie organické povrchy. Môžu sa uplatňovať tam, kde už väčšina baktérii nie je schopná metabolizmu, a to vďaka schopnosti rozmnožovať sa v prostredí z nízkym obsahom vody, nízkym pH a pri veľmi nízkej teplote (až do  $-10^{\circ}\text{C}$ ), naopak vystavovanie teplote nad  $70^{\circ}\text{C}$  neprežívajú [69].

Hlavným zásobníkom plesní je pôda, z ktorej sa uvoľňujú do vzduchu a napádajú organický materiál prevažne rastlinného pôvodu, exkrementy zvierat či priemyslové zariadenia uložené vo vlhkom prostredí. Niektoré plesne môžu byť pre človeka patogénne, iné zas vyvolávajú alergické reakcie. Medzi najvýznamnejšie skúmané plesne radíme rody *Penicillium*, *Aspergillus* a iné [70].

#### *Penicillium chrysogenum*

Kolónie plesní *P. chrysogenum* sa prirodzene vyskytujú vo vlhkých pôdach s dostatočným množstvom dusíku a uhlíku. Väčšinou sú žltozelenej až šedo zelenej farby a vyznačujú sa paprskovým ryhovaním prenikajúcim na ich spodnú stranu. Vzhľadovo



pripomínajú zamat (Obrázok 14). Často produkujú exsudát žltej až hnedej farby v podobe kvapiek, preto v mnoho prípadoch pri kultivácii pozorujeme charakteristickú difúziu žltého pigmentu do okolitej pôdy. Teplotné optimum pre dobrý rast je okolo 23°C [71].

*P. chrysogenum* sa vo veľkom množstve vyskytuje po celom svete, dá sa považovať za jeden z najbežnejších druhov rodu *Penicillium* kontaminujúcich potraviny rastlinného či živočíšneho pôvodu. Vyskytuje sa tiež často na zaplesnených stenách. Príležitostne bol tento druh zaznamenaný ako alergén, pôvodca astmy či rôznych mykóz. U ľudí s oslabenou imunitou môže spôsobovať pľúcne infekcie, pre zdravých jedincov nie je nebezpečný. Mimo všetky nežiadúce účinky tejto plesne je *Penicillium chrysogenum* producentom antibiotika – penicilínu [72].



Obrázok 13 *P. chrysogenum* optický mikroskop [73]



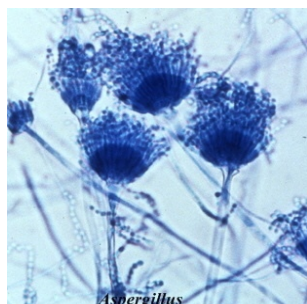
Obrázok 14 Obrovské kolónie *P. chrysogenum* [74]

### ***Aspergillus brasiliensis***

*Aspergillus brasiliensis* je ako samostatný druh vedený len krátko, donedávna sa radil do druhu *Aspergillus niger*. Od tejto skupiny bol rozoznaný na základe rozdielnosti génových sekvencií tzv.  $\beta$  tubulínov a kalmodulínov a tým, že nevykazoval tvorbu ochratoxínu A, toxínu charakteristického pre *A. niger*. Rast aspergila je na selektívnom agare veľmi rýchly, najprv sa vytvorí biele mycélium, ktoré z vrchu postupne hnedne až sčernie, spodná strana zostáva bezfarebná či mierne zažltnutá (Obrázok 16). *A. brasiliensis* bol izolovaný z pôdy v Brazílii, Austrálii, Holandska a z hroznových bobúľ z Portugalska. Fyziologické rysy, ako je veľmi dobrý rast a tvorba spór pri 37°C na CREA (keratín-surkoza agar) a CYA (kvasinkovo-glukózový agar) agare s 5 % NaCl, naznačujú veľmi blízky vzťah k *A. Niger* [75].

Silná produkcia kyselín na CREA agare naznačuje, že tento nový druh môže produkovať kyselinu citrónovú. Rovnako ako *A. niger* produkuje xylanasy a termostabilné  $\beta$ -xylosidázy, ďalej produkuje tzv. nafto- $\gamma$ -pyrony, tensidol A,B a pyrofén. Priemer kolónii je približne 4-8cm. Mykotoxíny produkované týmto druhom môžu spôsobovať ochorenia týkajúce sa ľadvín, dochádza k celkovému zhoršovaniu ich funkcie, k zápalu až nekróze. Jeho

zdrojom môžu byť obilniny, výrobky z obilnín, bravčové mäso a vnútornosti, káva, pivo, strukoviny, sušené ovocie, hrozno a iné [76].



**Obrázok 15** *A. brasiliensis* optický mikroskop [77]



**Obrázok 16** Obrovské kolónie *A. brasiliensis* [78]

### **1.4.3 Metódy stanovenia antimikrobiálnej odolnosti**

Mikrobiologická odolnosť samotných NH, ale aj z nich vytvorených filmov je dôležitou charakteristikou týchto látok. Značná pozornosť je v dnešnej dobe venovaná rozvoju nových a presnejších laboratórnych metód, ktoré by mali lepšie predpovedať odolnosť NH voči biologickému znehodnoteniu [79].

Prevažne ide o testy, ktoré dokazujú, že NH je odolná voči napadnutiu MO počas jej skladovania ešte v tekutom stave, alebo sa skúmajú biocídne účinky vytvoreného povlaku. Pre stanovenie antimikrobiálnej odolnosti existuje veľké množstvo testovacích metód, pre tieto metódy však neexistuje jednotná regulácia, ktorá by ustanovila, ako presne testy vykonávať. Väčšina používaných metód sa vyhodnocuje vizuálne – nárast/inhibícia baktérií či plesní na živnom médiu. Po kultivácii sa vyhodnocuje, buď veľkosť inhibičnej zóny v okolí vzorku alebo inhibícia rastu priamo na nátere či pod ním. Niektoré z používaných metód budú bližšie popísané v nasledujúcich kapitolách.

#### **1.4.3.1 Hodnotenie prežívania mikroorganizmov na povrchu filmu (ČSN EN 67 2031)**

Táto metóda sa používa prevažne pre stanovenie rastu baktérií, ale dá sa používať aj pre skúmanie plesní. Testované NH sú naniesú na filtračný papier. Po dokonalom zaschnutí sa vystrihnú vzorky o veľkosti cca 4 x 4 cm. Takto vytvorené vzorky sa umiestnia na Petriho misku so živným agarom, a to náterom smerom nahor. V prípade testovania baktérií sa v prvom kroku vytvorí bakteriálna suspenzia podľa McFarlandovej zákalovej rady s hodnotou 1. V ďalšom kroku sa desiatkovým riedením pripraví očkovací roztok s požadovaným obsahom buniek na 1 ml (CFU/ml). 100 µl tejto suspenzie sa rovnomerne rozotrie po celej ploche misky.

U plesní sa kultúry nechajú vyrasť v skúmavke so šikmým agarom. Suspenzia spór sa pripravuje tak, že sa do skúmavky s kultúrou pridá stabilizačný a sterilizačný roztok Tween 20 a sterilizovaná destilovaná voda. Skúmavka sa opatrne premieša a vzniknutá suspenzia sa vyleje do titračnej banky (bez živného média) a poriadne sa premieša, pre lepšiu homogenizáciu sa pridávajú do banky sklenené guľičky. Pre kontrolu sa v Bükerovej komôrke prepočítajú spóry, v prípade, že máme potrebné množstvo nanášame na Petriho misku rovnako ako baktérie. Takto pripravené misky sa vložia do biologického termostatu a nechajú sa kultivovať po dobu a pri teplote vhodnej pre danú kultúru. Po uplynutí tejto doby sa vyhodnotí inhibičná zóna, prípadne nárast MO na povrchu vzorku a pre kontrolu sa vzorky opatrne otláčia na čistú živnú pôdu. Kontrolné misky s otláčkami sa nechajú kultivovať za rovnakých podmienok ako v prvom kroku. Po kultivácii sa misky vizuálne vyhodnotia (nárast/inhibícia) a stanoví sa percentuálna účinnosť náteru, voči nárastu MO.

Existuje rada ďalších stanovení na podobnom princípe, s tým rozdielom, že sa vzorky môžu umiestňovať pod agar a zalievať ním alebo sa položia aktívnou stranou smerom dolu. Prípadne sa mikrobiálne kultúry zamiešajú priamo do živného média namiesto nanášania na povrch atď. [80,81].

#### ***1.4.3.2 Určenie odolnosti NH voči rastu plesní na povrchu interiérových náterových filmov v environmentálnej komore (ASTM D 3273).***

Tento test sa používa pre vyhodnotenie odolnosti interiérových NH, voči napadnutiu plesňami. Testované farby sú aplikované na podklady z bielej borovice alebo sadrokartónu v rozmeroch 7 x 10,2 x 1,3 cm. Náter sa aplikuje na obe strany panelu s výdatnosťou 11,1 m/l NH. Vzorky sú po aplikácii poslednej vrstvy udržiavané pri teplote 24°C a relatívnej vlhkosti 50 % po dobu 4 dní a následne vložené do testovacej komory. Komora môže byť akákoľvek, ale musí byť schopná udržať relatívnu vlhkosť 95 – 100 % a teplotu 32°C. Lôžko pre usadenie vzoriek je umiestnené vo vodnom kúpeli, podnos je vyrobený z nerezovej oceli a obsahuje sitko. Pôda je vysokej kvality, v stupni skleníkových substrátov s 25 % obsahom rašelinníku. Hodnota pH pôdy sa udržiava medzi 5,5 až 7,6. Pôda sa naočkuje suspenziou spor a micel odobraných z naklíčeného agaru po 10-14 dňoch. Pre akékoľvek testovanie je potrebné min. 14 dní inkubácie, práve táto doba je potrebná pre vytvorenie spór. Panely môžu byť v komore umiestnené v akomkoľvek potrebnom uhle. Očkovanie sa vykonáva pomocou prúdu vzduchu z ventilátora (300otáčok/min). Vzduch prúdi kontinuálne cez povrch pôdy tesne nad pletivovým zásobníkom umiestneným na vodou, čím sa udržiava potrebná vlhkosť a zaisťuje sa maximálny rast plesní. Testovacie panely sú určené k testovaniu po dobu 4 týždňov. Behom



správne vykonaného testu, by mali nenatreté dosky či dosky s náterom bez antimikrobiálneho činidla vytvoriť 4-6 rastových foriem hodnotenia rastu behom 2-3 týždňov. Výhodou metódy environmentálnej komory je možnosť neustáleho opakovania rovnakých podmienok merania.

#### **1.4.3.3 Antibakteriálna aktivita podľa JIS Z 2801 (2012)**

VRNH môžu byť testované podľa kvantitatívnej japonskej skúšobnej metódy JIS Z 2801, táto skúška slúži zisteniu, ako prežívajú baktéria na povrchu vzorku za mokrých podmienok. Stimuluje, teda situáciu, kde sú vzorky pokryté kontaminovanou kvapalinou. Prevažná väčšina metód na stanovenie antimikrobiálnej aktivity používa bakteriálne suspenzie, ktoré na povrch naočkuje. To však nie je úplne realistické, pretože kvapalina umožňuje, aby boli AML v lepšom kontakte s baktériami. Bakteriálna suspenzia o koncentrácii  $1 \times 10^5 - 3 \times 10^5$  CFU/ml sa očkuje priamo na povrchu vzorku. Na prípravu inokula sa používa živý bujón zriedený vodou v závislosti na danom MO. 150  $\mu$ l suspenzie sa pipetuje na pripravené vzorky, ktoré sa umiestnia na sterilnú Petriho misku a prekryjú polyetylénovou fóliou. Ihneď po inokulácii sa vzorky premyjú 10 ml tryptonovej vody. Počet baktérií v čase, sa stanovuje počítaním, pri ktorom sa počíta množstvo kolónií podľa desaťnásobného sériového riedenia [82].

#### **1.4.3.4 Bakteriálna rezistencia tekutých farieb**

Rezistencia vnútorného obalu emulzných NH, voči útoku baktérií môže byť stanovená v súlade s normou ASTM D 2574 - skúšobnou metódou únosnosti napadnutia emulzných farieb voči bakteriálnemu napadnutiu. Tento test predpovedá stabilitu zabalených vodou riediteľných emulzných latexových farieb, vo vzťahu k rastu baktérií v nátere a degradácií organických zložiek. Skúška sa skladá z dvoch častí. Testovaná farba je najprv kultivovaná na agare z tryptónovej glukózy pre určenie či vôbec farba obsahuje živé organizmy. Negatívny výsledok indikuje neprítomnosť baktérií, ale nemusí nutne znamenať odolnosť voči napadnutiu. Pre zistenie či testovací náter vydrží bakteriálne napadnutie, sa jeho „skazená“ vzorka laku napríklad s *Pseudomonas aeruginosa* vloží do farby a nechá sa inkubovať po dobu 6 týždňov. Výsledky sa zaznamenávajú v intervaloch 24, 48 a 72 hodín a pri týždenných intervaloch po zbytok skúšobnej doby. Aby sa farba mohla považovať za odolnú, nesmie po testovacej dobe 6 týždňov obsahovať žiadne živé organizmy. Naopak za farbu neodolnú voči bakteriálnemu napadnutiu považujeme tú, u ktorej sú živé organizmy zachytené kedykoľvek počas inkubácie. Hlavný rozdiel medzi testovacou metódou ASTM a v minulosti používanými metódami podobného typu je používanie „skazeného“ laku, ako inokula, namiesto vodnej suspenzie

baktérií odobraných z laboratórneho rastového média. Pri použití NH s obsahom *P. aueruginosa*, už prispôbenému lakovému prostrediu, je šok z drastickej zmeny životného prostredia vylúčený. Nevýhodou je potreba opakovanej inokulácie, pre získanie „skazenej“ farby ako inokula. Ako náhle je však pripravená, môže byť zachovávaná po neobmedzenú dobu [79].

#### **1.4.3.5 Skúška plesňami (ČSN 03 88 26)**

Táto normovaná skúška stanovuje odolnosť NH voči napadnutiu plesňami v prostrediach s odstupňovanými podmienkami pre rast plesní, podľa klasifikácie uvedenej v norme. Skúšobné vzorky sa pred skúškou aklimatizujú 10 dní za laboratórnych podmienok. Plesne sa kultivujú v skúmavkách, na Czapek-Dox živnom médiu. Suspenzia spór sa vytvorí z vyrastených kultúr, preliatím skúmavky 5-7 ml destilovanej vody. Vzniknutá suspenzia sa zbaví živín z pôdy odstredením alebo premytím destilovanou vodou v sklenenom filtračnom kelímku s fritou. Vyprané spory sa potom prevedú do 160ml destilovanej vody. Takto pripravená suspenzia sa na vzorky naniesie rozprašovačom. Veľkosť kvapiek by mala byť v rozmedzí 10 – 20 µm. Naočkované vzorky sa vložia do inkubátora pri teplote  $28 \pm 2$  °C, na dobu stanovenú podľa klasifikácie testovania uvedeného v norme (3 - 28dní).

Vyhodnotenie napadnutia plesňami sa posudzuje takto:

- a) Výrobok nie je napadnutý – mikroskopicky nie je pozorovateľný žiadny nárast plesní alebo len ojedinelý výskyt.
- b) Výrobok je napadnutý – z miesta naočkovania sa rozširuje súvislý povlak plesní, pozorovateľný mikroskopom alebo aj voľným okom.

V prípade, že nie je výrobok napadnutý vyhodnocuje sa ako vyhovujúci pre príslušne prostredie.

## 2 CIEĽ PRÁCE

Cieľom tejto práce bola formulácia, príprava a štúdium vlastností NH so spojivami samo sieťujúcich latexov s obsahom NČ ZnO, využitie ich antimikrobiálnych vlastností vo filme na základe prítomnosti ZnO. Boli využité predpokladané antimikrobiálne vlastnosti a chemická odolnosť pripravených samotných spojív, ale aj s nich pripravených NH, čo znamenalo úsporu biocídov a zároveň zlepšenú fyzikálnu a chemickú odolnosť náterov voči porovnávacím spojivám a rovnako, tak aj zrovnateľné antikoročné vlastnosti pripravených náterov. Ďalej bolo cieľom práce získať nátery s určitou minimálnou koróznou odolnosťou a efektom proti bleskovej korózii.

Výsledkom by mala byť NH s požadovanými úžitkovými vlastnosťami, dobrou stabilitou pri skladovaní, s možným znížením antimikrobiálnych aditív oproti klasickým latexom. Teda NH na báze samo sieťujúcich latexových častíc s dispergovanými ZnO časticami, ktorá je chemicky odolná, na kovových materiáloch vykazuje nízky sklon k bleskovej korózii, po formulácií s antikoročnými pigmentami a inhibítormi bleskovej korózie vykazuje antikoročné vlastnosti pre korózne prostredie typu C3.

Výsledky pripravených latexov oproti klasickým latexom by mali vykazovať vyššie úžitkové vlastnosti. V práci boli hodnotené vlastnosti nových latexových spojív pre NH určené pre minerálne a kovové podklady so zameraním na antimikrobiálne vlastnosti, chemickú a mechanickú odolnosť pripravených náterov.

Pre splnenie cieľov práce bolo syntetizované spojivo s obsahom 1,5 % NČ ZnO a bez obsahu anorganického oxidu tzv. nulák a boli vykonané ich základné hodnotenia (lakárske vlastnosti, antimikrobiálne testy, odolnosť voči teplotným a chemickým vplyvom, atď.). Bola hodnotená fyzikálna, chemická a mechanická odolnosť tohoto pripraveného spojiva na báze samo sieťujúceho latexu a porovnávacích spojív pomocou dostupných metód.

Boli vykonané testy tzv. bleskovej korózie, testy chemickej odolnosti a taktiež mechanické a korózne testy s pripravenými spojivami a s vybranými porovnávacími spojivami. Pomocou programu FORMUL, bola vytvorená formulácia náterovej hmoty a následne jej príprava dispergáciou s vybranými pigmentami, plnivami a aditívami. Boli hodnotené vlastnosti týchto nových spojív samotných, to je bez pigmentov a plnív a tiež vlastnosti pigmentovaných NH v formuláciách na rôznej spojivovej báze. Bol posúdený vplyv spojiva na antibakteriálnu odolnosť filmu a tiež vplyv jednotlivých pigmentov a aditív na tieto vlastnosti.

## 3 EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

### 3.1 Zoznam použitých chemikálii

#### 3.1.1 Monomery a ďalšie látky použité pre syntézu latexu

##### KYSELINA METHAKRYLOVÁ

- Molárna hmotnosť: 86,1 g/mol
- Bod tavenia: 15 °C
- Bod varu: 160 °C
- Hustota: 1,018 g/cm<sup>3</sup>
- CAS No.: 79-41-4
- Výrobca: Sigma-Aldrich s.r.o.

##### METHYLMETHAKRYLÁT

- Molárna hmotnosť: 100,1 g/mol
- Bod tavenia: -48 °C
- Bod varu: 100 °C
- Hustota: 0,943 g/cm<sup>3</sup>
- CAS No.: 80-62-6
- Výrobca: Sigma-Aldrich s.r.o.

##### BUTYLAKRYLÁT

- Molárna hmotnosť: 128,2 g/mol
- Bod tavenia: -64 °C
- Bod varu: 147 °C
- Hustota: 0,883 g/cm<sup>3</sup>
- CAS No.: 141-32-2
- Výrobca: Sigma-Aldrich s.r.o.

##### DIACETÓNAKRYLAMID

- Molárna hmotnosť: 169,2 g/mol
- Bod tavenia: 56 °C

- Bod varu: 120 °C
- Hustota: 0,965 g/cm<sup>3</sup>
- CAS No.: 2873-97-4
- Výrobca: Sigma-Aldrich s.r.o.

### **DISPONIL FES 993 IS**

- Použitie: aniónaktívny tenzid a báze sodnej soli mastnej kyseliny
- pH: 7 - 8,5
- Hustota: 1,1 g/cm<sup>3</sup>
- Výrobca: BASF, Nemecko
- CAS No.: 68891-38-3
- Funkcia: emulgátor

### **PEROXODISÍRAN AMÓNNY**

- Obsah aktívnej zložky: 99,9%
- Molárna hmotnosť: 228 g.mol<sup>-1</sup>
- Výrobca: Lach-Ner s.r.o, Česká Republika
- CAS No.: 772-54-0
- Funkcia: iniciátor

### **DIHYDRAZID KYSELINY ADIPOVEJ**

- Molárna hmotnosť: 174,2 g.mol<sup>-1</sup>
- Bod tavenia: 176-185 °C
- Výrobca: Sigma-Aldrich s.r.o., USA
- Chemický vzorec: NH2NHCO(CH2)4CONHNH2
- CAS No.: 1071-93-8
- Funkcia: siet'ovadlo

### **NANOČASTICE ZnO**

- Čistota: 99%
- Veľkosť častíc: <100nm
- Výrobca: Alfa Aesar, USA
- CAS No.: 1314-13-2

### 3.1.2 Použité pigmenty a plniva

#### 3.1.2.1 Pigmenty pre testovanie antimikrobiálnej odolnosti

##### TITANOVÁ BIELOBA

- Hustota: 3,7888 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 33,175 g/100 g pigmentu
- KOKP: 56,32
- Zloženie: TiO<sub>2</sub> – anatas

##### ZINKOVÁ BIELOBA

- Hustota: 5,9512 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 14,4 g/100 g pigmentu
- KOKP: 52,03
- Zloženie: ZnO

##### OMYACARB 1-VA

- Hustota: 2,7237 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 25,34 g/100 g pigmentu
- KOKP: 49,21
- Zloženie: CaCO<sub>3</sub> – kalcit

##### BLANC FIXE

- Hustota: 4,5122 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 16,06 g/100 g pigmentu
- KOKP: 63,41
- Zloženie: Ba(SO<sub>4</sub>)

##### SEUDA – MICA CELIA

- Hustota: 2,7126 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 75,57 g/100 g pigmentu
- KOKP: 29,36
- Zloženie: Muskovit KAl<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>

### **SULFID ZINOČNATÝ**

- Hustota: 4,1059 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 15,9 g/100 g pigmentu
- KOKP: 62,57
- Zloženie: ZnS

### **NANO OXID ZNIOČNATÝ**

- Hustota: 5.606 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 24,61 g/100 g pigmentu
- KOKP: 38,56
- Zloženie: ZnO – nano prášok

### **UHLIČITAN HOREČNATÝ**

- Hustota: 1,9979 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 85,79 g/100 g pigmentu
- KOKP: 34,75
- Zloženie: MgCO<sub>3</sub>

### **VK-Mg 30 F**

- Hustota: 3.5813 g/m<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 50,44 g/100 g pigmentu
- KOKP: 35,69
- Zloženie: MgO – nano

### **LITOPON**

- Hustota: 4.3643 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 14,04 g/100 g pigmentu
- KOKP: 56,01
- Zloženie: Ba(SO<sub>4</sub>) + ZnS

### 3.1.2.2 Antikorózne pigmenty

#### HEUCOPHOS CMP

- Hustota: 2,7991 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 14,04 g/100 g pigmentu
- KOKP: 40,55
- Zloženie: zmes Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> a Mg<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>

#### HEUCOPHOS CAPP

- Hustota: 2,6018 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 44,58 g/100 g pigmentu
- KOKP: 44,50
- Zloženie: zmes AlPO<sub>4</sub> a CaSiO<sub>3</sub>

#### MASTEK – TALC NAITSCH SA-20

- Hustota: 2,8217 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 59,57 g/100 g pigmentu
- KOKP: 35,62
- Zloženie: Mg<sub>3</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>

#### HEUCOPHOS CHP

- Hustota: 2,8773 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 39,73 g/100 g pigmentu
- KOKP: 44,85
- Zloženie: CaHPO<sub>4</sub>

#### WOLLASTONIT K 1025

- Hustota: 2,9042 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 32,71 g/100 g pigmentu
- KOKP: 49,46
- Zloženie: CaSiO<sub>3</sub>



### 3.1.3 Použité plniva

#### PLASTORIT MICRO

- Hustota: 2,7373 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 27,23 g/100 g pigmentu
- KOKP: 55,50
- Zloženie: zmes (Mg,Fe,Li)AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>8</sub>, SiO<sub>2</sub> a Mg<sub>3</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>2</sub>
- CAS No.: 12511-31-8

#### HEMATIT BAYFERROX 120 M

- Hustota: 5,0387 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 20,217 g/100 g pigmentu
- KOKP: 47,72
- Zloženie: α- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- CAS No.: 1309-37-1

#### OMYACARB 2 VA

- Hustota: 2,8372 g/cm<sup>3</sup>
- Olejové číslo: 24,99 g/100 g pigmentu
- KOKP: 56,12
- Zloženie: CaCO<sub>3</sub>
- CAS No.: 471-34-1

### 3.1.4 Použité porovnávacie spojiva

#### CHS EPOXY 200 V55

- Viskozita: 407 mPa.s
- pH: 7,76
- Hustota: 1,0831 g/cm<sup>3</sup>
- Epoxidový index: 1,88 – 2,22 mol/kg
- Tvrdidlo: Telalit 180 (100:27)
- Obsah sušiny: 58,24 %

- Rozpúšťadlo: demineralizovaná voda
- Zloženie: 55% vodná disperzia epoxidovej živice so strednou molekulovou hmotnosťou.
- Výrobca: Spolchemie a.s., Česká Republika

#### **AXILAT 2431**

- Viskozita: 510 mPa.s
- pH: 7,87
- Obsah sušiny: 50,64 %
- Hustota: 1,0471 g/cm<sup>3</sup>
- Zloženie: Vodná disperzia styrén-akrylového kopolyméru.
- Výrobca: Synthomer a.s., Česká Republika

#### **CHS HYDROSPOL D 101**

- Viskozita: 38,7 mPa.s
- pH: 5,34
- Obsah sušiny: 49,84 %
- Hustota: 1,0391 g/cm<sup>3</sup>
- Typ alkydu: rastlinný olej
- Zloženie: urethanizovaná alkydová emulzia s olejovou dĺžkou 26 %, bez obsahu organických rozpúšťadiel
- Výrobca: Synthomer a.s., Česká Republika

#### **AXILA 2802NA**

- Viskozita: 600 mPa.s
- pH: 7,5
- Obsah sušiny: 51,23 %
- Hustota: 1,g/cm<sup>3</sup>
- MFFT: 4°C
- Zloženie: Vodná disperzia styrén – akrylového kopolymér

- Výrobca: Synthomer a.s., Česká Republika

#### **AXILAT 6402**

- Viskozita: 789 mPa.s
- pH: 7,5 – 9
- Obsah sušiny: 49,55 %
- Hustota: 1,05 g/cm<sup>3</sup>
- MFFT: 2°C
- Zloženie: Vodná disperze akrylového kopolymeru
- Výrobca: Synthomer a.s., Česká Republika

### **3.1.5 Aditíva a iné použité chemikálie**

#### **DOWANOL PNB**

- Chemický názov: Propylén glykol n-butyl éter
- Chemický vzorec: C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OCH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)OH
- Hustota: 0.879 g/cm<sup>3</sup>
- Molekulová hmotnosť: 132,2 g/mol<sup>-1</sup>
- Bod varu: 171°C
- Bod vzplanutia: 63°C
- CAS No.: 5131-66-8
- Funkcia: koalescent

#### **BUTYLGLYKOL ACETÁT**

- Chemický vzorec: C<sub>8</sub>H<sub>16</sub>O<sub>3</sub>
- Hustota: 0,935 – 0,942 g/cm<sup>3</sup>
- Molekulová hmotnosť: 160,2 g/mol
- Bod varu: 192°C
- Bod vzplanutia: 78°C
- CAS No.: 112-07-2
- Funkcia: koalescent

### **TELALIT 180 ®**

- Zloženie: vodný roztok aduktu epoxidovej živice so zmesou amínov
- Sušina: 55%
- Hustota: 0,995 g/cm<sup>3</sup>
- pH: 10,0 – 13,0
- Viskozita: 950 – 1350 mPa.s
- Rozpúšťadlo: demineralizovaná voda
- Výrobca: Spolchemie a.s., Česká republika
- Funkcia: sikativ pre CH-S Epoxy 200V 55

### **NOPCOSPERSE N (HYDROPALAT 3043)**

- Zloženie: sodná soľ kyseliny akrylovej
- Výrobca: Henkel KGaA, Nemecko
- Funkcia: dispergačné aditívum

### **HYDROPALAT 1080**

- Zloženie: Mono funkčný blokový kopolymér oleo alkyleneoxidu
- Hustota: 1,03 g/cm<sup>3</sup>
- Výrobca: BASF, Nemecko
- Funkcia: dispergačné aditívum

### **DEHYDRAN 1239**

- Zloženie: modifikované polysiloxany
- Hustota: 0,89 – 0,93 g/cm<sup>3</sup>
- Viskozita: 5 – 15 mPa.s
- Výrobca: Henkel KGaA, Nemecko
- Funkcia: odpeňovač

### **BENTONE EW**

- Zloženie: smektitová hlina
- Hustota: 2,5 g/cm<sup>3</sup>
- Výrobca: Elementis GmbH, Nemecko

- Funkcia rheologické aditívum
- 

#### **SER-AD FA179**

- Zloženie: chelátové komplexné zlúčeniny Zn
- Hustota: 1,08 g/cm<sup>3</sup>
- Výrobca: Sigma – Aldrich, Nemecko
- Funkcia: inhibitor bleskovej korózie

#### **3.1.5.1 Antimikrobiálne aditíva**

##### **ZINC OMADINE**

- Účinná látka: Zinc pyrithione
- Chemický vzorec: (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S<sub>2</sub>Zn)
- Hustota: 3,5 g/cm<sup>3</sup>
- Molárna hmotnosť: 317,7 g.mol<sup>-1</sup>
- CAS No. 1121-31-9
- Výrobca : Arch Chemicals, Inc.

##### **PARMETOL A 28**

- Účinné látky: Methylisothiazolinone (MI)  
Methylchloroisothiazolinone(MCI)  
Bromonitropropandiol (BP)
- Hustota: 1,049 - 1,069 g/cm<sup>3</sup>
- Molárna hmotnosť: MI: 115,15 g/mol-1  
MCI: 149,59 g/mol<sup>-1</sup>  
BP: 199,98 g/mol<sup>-1</sup>
- CAS No.: MI: 2682-20-4  
MCI: 26172-55-4  
BP: 52-51-7
- Výrobca: Schülke&Mayr GmbH, Nemecko

##### **PARMETOL N 20**

- Účinné látky: Octylisothiazolinon (OC)  
Bromonitropropandiol (BP)
- Hustota: 1,161 – 1,173 g/cm<sup>3</sup>

- Molárna hmotnosť: OC: 213,34 g/mol<sup>-1</sup>  
BP: 199,98 g/mol<sup>-1</sup>
- CAS No.: OC: 26530-20-1  
BP: 52-51-7
- Výrobca: Schülke&Mayr GmbH, Nemecko

### **PARMETOL MBX**

- Účinné látky: Methylisothiazolinone (MI)  
Benzisothiazolinone (BIT)  
Laurylamine (LA)
- Hustota: 1,009-1,021 g/cm<sup>3</sup>
- Molárna hmotnosť: MI: 115,15 g/mol<sup>-1</sup>  
BIT: 151,19 g/mol<sup>-1</sup>  
LA: 299,53 g/mol<sup>-1</sup>
- CAS No.: MI: 2682-20-4  
BIT: 2634-33-5  
LA: 2372-82-9
- Výrobca: Schülke&Mayr GmbH, Nemecko

### **ULTRACIDE FFOB**

- Účinné látky: Octylisothiazolinon (OC) 45%
- Molárna hmotnosť: 213,34 g/mol<sup>-1</sup>
- CAS No.: 26530-20-1
- Výrobca: Brenntag Polska Sp. z.o.o.

## 3.2 Použité zariadenia a prístroje

### **Príprava náterových hmôt a náterových filmov:**

Krabicové nanášacie pravítka s veľkosťou štrbín 100–250  $\mu\text{m}$ , Dispergátor Disolver DISPERMAT, Donventa AG, Švajčiarsko; Laboratórne váhy, KERN & Sohn GmbH, Nemecko; Analytické váhy, OHAUS, Švajčiarsko; Mechanické miešadlo, Heidolph, Stigmaldrich, Nemecko; Laboratórna sušiareň UFE 400, Memmert, Nemecko; Meranie hustoty – Pyknometer AccuPyc II 1340, Micromeritics,

### **Stanovenie charakteristických vlastností spojiva:**

pH meter HANNAH I 8424, HANNA Instrument, USA; Viskozimeter Bookfield DV – E Viscometer, Brookfield Engineering Laboratories, USA; MFFT- 60 Rhopoint Instrument, Veľká Británia; Laboratórna sušiareň UFE 400, Memmert, Nemecko

### **Stanovenie fyzikálne - mechanickej a chemickej odolnosti náterových filmov:**

Kyvadlový prístroj 3034M001 Perzos, König, Elcometer, Anglicko; Leskometer Micro – Tri – Gloss, BYK, Nemecko Prístroj na meranie odolnosti pri páde, Impact tester 1615, Elcometer, Anglicko; Mechanické ohybové zariadenie, Cylindrical Mandel 1506 Elcometer, Anglicko; Erichsenov prístroj na hĺbenie, Cupping tester 1620 ERICHSEN, Nemecko; Rezací nôž pre stanovenie priľnavosti, Cross Cut 5x1mm, Elcometer, Anglicko; Digitálny elektromagnetický hrúbkometer TE 1250 – 0,1 FN, Sauter, Nemecko; Trojbodové mechanické meradlo hrúbky BYK GARDNER, Nemecko; Termostat, Buchholzov prístroj

### **Stanovenie antimikrobiálnej odolnosti náterových filmov:**

Biologický termostat, BT 120M, Autokláv Systec, Systec GmbH, Nemecko; Autokláv BMT, BMT Medical Technology s.r.o, ČR; bádateľský mikroskop Nikon Eclipse 80i; Počítadlo kolónií, Star-Count STC 1000, UV- svetlo,

### **Stanovenie koróznej odolnosti náterových filmov:**

Soľná truhlová komora SKB400ATR s kondenzáciou hmly NaCl, Liebisch, Nemecko; Kondenzační komora, Kovofiniš, Česká Republika

### 3.2.1 Postup syntézy akrylového latexu

Do reakčnej nádoby bola predložená destilovaná voda a emulgátor podľa nižšie uvedenej receptúry (Tabuľka 1). V zostavenej aparatúre (Obrázok 17) bolo zapnuté miešadlo a prívod inertného plynu ( $N_2$ ), ktorý sa nastavil tak, aby vodným uzáverom spätného chladiča prechádzali bublinky. Reaktor bol vytemperovaný na teplotu  $85^\circ C$ .

Do emulgačnej banky bola predložená destilovaná voda, roztok iniciátora  $(NH_4)_2S_2O_8$ , emulgátor Disponil FES 993 a monoméry tvoriace časť Core. Miešaním sa vytvorila emulzia monomérov. Po ustálení teploty v reakčnej nádobe na  $85^\circ C$  a zhomogenizovaní emulzie v emulgačnej banke bol do reakčnej nádoby pridaný iniciátor a za stáleho miešania reakčnej zmesi bolo spustené prikvpkávanie monomérov. Doba prikvpkávania bola približne 60 minút. Po ukončení prikvpkávania sa udržiavala teplota reakčnej zmesi ešte 15 minút pri  $85^\circ C$ .

Počas polymerizácie „core“ latexových častíc bola pripravená emulzia monomérov tvoriacich časť „shell“ (monoméry, voda, roztok iniciátora a prášok nano oxidu ZnO). Do jednej Ehrlenmayerovej banky (250ml) boli predložené monoméry (butylmethakrylát, methylmethakrylát, kyselina methakrylová). Do druhej banky bola navážená voda, emulgátor, iniciátor, DAAM a NČ ZnO. Suspenzia s obsahom NČ bola dispergovaná po dobu 10 minút pomocou dispergátora Heidolph pri 20 000 rpm. Následne bola banka opatrená zátkou a vložená do ultrazvukového kúpeľu, kde bola ponechaná po dobu 1 hodiny. Teplota kúpeľu bola udržiavaná do  $25^\circ C$ . Po vybratí banky z ultrazvuku bola suspenzia krátko predispergovaná a následne preliata do banky s monomérmí. Vzniknutá zmes bola prikvpkávaná do reakčného kotlíka približne 60 minút.

Po skončení druhého prikvpkávania sa zmes za neustáleho miešania udržiavala pri teplote  $85^\circ C$  ďalších 120 minút. Nakoniec bol vzniknutý latex sa neustáleho miešania ochladený v reakčnej nádobe pod inertnou atmosférou na teplotu  $25^\circ C$ , prefiltrovaný a uložený v PE fľaške. Po stanovení obsahu koagulátu, sušiny, pH a viskozity bol latex zneutralizovaný na pH 8,4 – 8,5 pomocou 10% vodného roztoku amoniaku. Na záver bol do latexu pomaly a za neustáleho miešania pridaný ADH vo forme 10% vodného roztoku (5g rozpustených v 45g vody). Po pridaní ADH bola opäť stanovená viskozita a pH.



**Tabuľka 1** Zloženie polymerizačného systému.

<b>Násada do reaktoru</b>	<b>g</b>
voda	110
Disponil FES 993 IS	1
roztok peroxidisíranu amónneho (0,8 g (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> v 30 ml vody)	30,8
<b>Emulzia monomérov Core, príkap 90 min + 15 min</b>	<b>g</b>
voda	120
Disponil FES 993 IS	14,8
Monomery	200
roztok peroxidisíranu amónneho (0,8 g (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> v 30ml vody)	30,8
<b>Emulzia monomérov Shell, príkap 75 min</b>	<b>g</b>
voda	220
Disponil FES 993 IS	14,8
Monomery	200
roztok peroxidisíranu amónneho (0,8 g (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> v 30 ml vody)	30,8



**Obrázok 17** Aparatúra emulznej polymerizácie.

### 3.3 Charakterizácia použitých spojív

#### 3.3.1 Stanovenie obsahu sušiny (ČSN EN ISO 3251)

Obsah sušiny predstavuje hmotnostný obsah neprchavých zložiek vo vodnej disperzii. Do malej Petriho misky bolo na analytických váhach navážených približne  $1 \pm 0,2$  g vzorku. Miska so vzorkou bola na 60 minút umiestnená do sušiarne predom vyhriatej na  $105^{\circ}\text{C}$ . Po uplynutí tejto doby bola miska opäť zvážená. Súbežne prebiehali u každej vzorky aspoň 3 merania a ako výsledná hodnota bol braný ich aritmetický priemer. Obsah sušiny bol vypočítaný podľa rovnice (1):

$$S = \frac{m_1}{m_0} \times 10 \quad (1)$$

S – obsah sušiny [%]

$m_0$  – hmotnosť vzorku pred vysušením [g]

$m_1$  – hmotnosť vzorku po vysušení [g]

#### 3.3.2 Stanovenie zdanlivej viskozity podľa Brookfielda (ČSN ISO 2555)

Pre meranie viskozity bol použitý rotačný viskozimeter Brookfield, ktorý bol vybavený setom štyroch vretien LV 1 – 4. Táto norma sa používa pre tzv. nenewtonské kvapaliny, meraná viskozita závisí na rýchlostnom gradiente, ktorému je vzorka behom merania vystavená. Skúška prebieha tak, že sa do skúšobného vzorku ponorí valcovité vreteno otáčajúce sa konštantou rýchlosťou. Vzniknuté smykové sily sa indikujú na číselníku. Samotné meranie bolo vykonávané pri konštantnej rýchlosti otáčania vretena 100 otáčok/minútu. Vždy bol zvolený taký typ vretena, aby meranie vykazovalo hodnoty krútiaceho momentu v rozsahu 10 – 100 %. Hodnota zdanlivej viskozity bola odčítaná priamo z displeja prístroja. Meranie bolo opakované vždy trikrát, výslednou hodnotou bol aritmetický priemer nameraných hodnôt.

#### 3.3.3 Stanovenie pH (ČSN EN ISO 787-9)

Pred každým meraním pH bolo nutné pH meter nakalibrovať technickými puframi. Prístroj obsahoval kombinovanú elektródu (SenTix50), ktorá bola vždy pred meraním opláchnutá destilovanou vodou a vysušená filtračným papierom. Po očistení bola elektróda

umiestnená do nádoby zo vzorkou. Vzorka latexu bola jemne premiešaná, a následne sa nechal ustáliť potenciál. Hodnota pH bola odčítaná z displeja prístroja. Vždy boli vykonané 3 merania za sebou a ako výsledné pH bol braný aritmetický priemer všetkých troch hodnôt.

### 3.3.4 Stanovenie obsahu popola (ČSN EN ISO 3451-1)

Obsah popola je hrubým ukazovateľom celkového obsahu anorganických látok v disperzií. Stanovuje sa vázkovou analýzou po zuhoľnení a spopolnení vzorku. Samotné stanovenie prebiehalo v niekoľkých krokoch. V prvom kroku bol vyžíhaný samotný žihací kelímok do tej doby, kým sa nedosiahlo požadovanej konštantnej hmotnosti (v muflovej peci pri 600°C). Po žíhaní bol kelímok umiestnený v exikátore, kde chladol na laboratórnu teplotu po dobu 1 hodiny. Po vychladnutí bol kelímok zvážený na analytických váhach, následne do neho bola vložená predom vysušená a zvážená vzorka spojiva. Kelímok so vzorkou bol umiestnený do žihacej pece, kde sa ponechal 30 minút. Po uplynutí žihacej doby bol kelímok vložený do exikátoru a po vysušení opäť zvážený na analytických váhach. Žíhanie bolo opakované, pokiaľ sa nedosiahlo konštantnej hmotnosti. Obsah popola bol vyjadrený v hmotnostných percentách a bol vypočítaný podľa nižšie uvedenej rovnice (2).

$$\text{Obsah popola [\%]} = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100 \quad (2)$$

$m_0$  – hmotnosť suchej navážky [g]

$m_1$  – hmotnosť získaného popola [g]

### 3.3.5 Stanovenie veľkosti častíc a zeta-potenciálu

Stanovenie veľkosti častíc bolo merané pomocou dynamického rozptylu svetla (DLS). Základom tejto neinvazívne techniky je meranie fluktuácie intenzity rozptýleného svetla z laserového zdroja okolo jej priemernej hodnoty. Táto fluktuácia súvisí s interferenčným zoslabovaním a zosilňovaním svetla rozptýleného na nestacionárnych časticiach disperznej fáze podliehajúcich Brownovmu pohybu. Pri meraní prístroj najprv určí tzv. Translačný difúzny koeficient častíc. Hodnota koeficientu závisí na veľkosti častíc, teplote a viskozite kvapaliny, v ktorej sú NČ dispergované. V ďalšom kroku je z difúzneho koeficientu pomocou Stokes - Einsteinovej rovnice stanovená veľkosť častíc. Získaná veličina sa nazýva hydrodynamický priemer častice a odpovedá priemeru gule, ktorá by mala za rovnakých

podmienok rovnaký difúzny koeficient, ako bol nameraný pre analyzovanú časticu. DLS je rýchla a jednoduchá metóda, kde stačí len minimálne množstvo vzorku. Metódou DLS bol meraný aj  $\zeta$ -potenciál.  $\zeta$ -potenciál je elektrokinetický potenciál, ktorý je jednou z dôležitých vlastností nano a mikro častíc rozptýlených v kvapalinách. Táto veličina určuje mieru interakcie častíc a teda aj ich vlastnosti. Pri jeho vyššej hodnote (tzn. absolútna hodnota potenciálu vyššia ako  $\pm 30$  mV) sa častice vzájomne silno odpudzujú, nevytvárajú zhluky a ich systém je preto stabilný. Pri nízkych hodnotách  $\zeta$ -potenciálu sa systém vyznačuje nestabilitou, tá sa prejavuje širokým rozdelením veľkosti častíc, ktoré sa zhukujú do agregátov rôznej veľkosti. Okrem posúdenia stability systému častíc je  $\zeta$ -potenciál použiteľný aj k štúdiu povrchových vlastností. Meranie týchto veličín bolo vykonané na Ústave environmentálneho a chemického inžinierstva Univerzity Pardubice.

### **3.3.6 Stanovenie obsahu nanočastíc ZnO metódou ICP-OES**

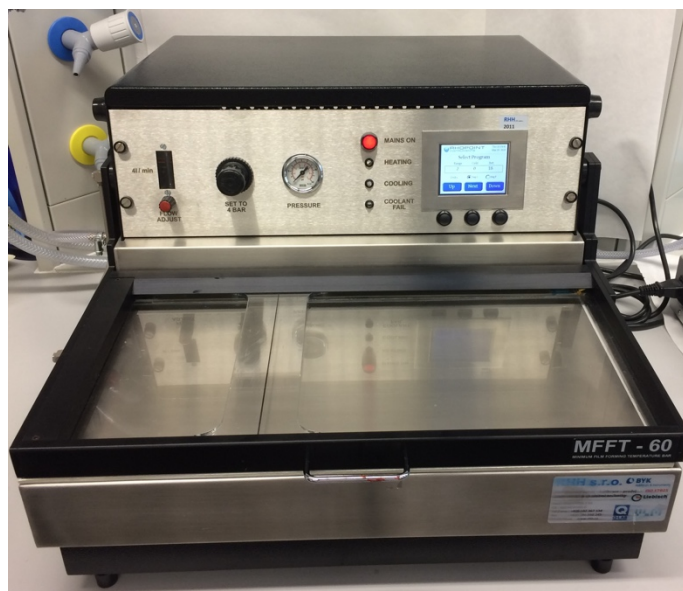
Zistenie skutočného obsahu nanočastíc Zn v disperzii či náterovom filme bolo vykonané elementárnou analýzou pomocou emisnej spektroskopie s indukčne viazanou plazmou ICP-OES (z angl. Inductively Coupled Plasma – Optical Emission Spectrometry). Meranie bolo vykonané na ICP spektrometre ThermoScientific iCAP 7000 Series. Vzorky boli testované vo forme aerosólu s rýchlosťou prietoku 1,5ml/min a príkonu Ar plazmy 1000W. Meranie bolo vykonané v spoločnosti MemBrain s.r.o., Stráž pod Ralskem.

### **3.3.7 Stanovenie minimálnej filmotvornej teploty**

Pre každú polymérnu disperziu je charakteristická tzv. minimálna filmotvorná teplota, čo je najnižšia teplota pri ktorej v priebehu odparovania vody dochádza ešte k spojovaniu polymérnych častíc a vzniku spojitého filmu. Hodnota MFFT u nepigmentovaných vodných disperzií leží spravidla v blízkosti teploty skleneného prechodu polyméru, nie je však jej synonymom. Pri zasychaní pod MFFT vzniká rozpraskaný film až práškovitá vrstvička. To znamená, že pod MFFT nemajú polymérne disperzie spojive schopnosti. Hodnotu MFFT môžeme znížiť prídavkom 1 – 3% vhodného rozpúšťadla (koalescentu). Samotná metóda je založená na vytvorení tepelného spádu na povrchu poniklovanej medenej dosky, kde je zhotovený náterový film. Zasychanie filmu je urýchlené prúdom vzduchu prechádzajúcim cez sušiacu sústavu integrovanú pod krytom prístroja spoločne s regulátorom prietoku. Chladiaci a tepelný zdroj by mal byť nastavený tak, aby sa predpokladaná MFFT nachádzala približne

v strede meracej plochy.

Meranie prebiehalo následne: na dosku prístroja (Obrázok 18) bola umiestnená tenká fólia ako ochrana dosky proti poškodeniu. Na fóliu boli nanosené nátery krabicovým pravítkom so štrbinou 150  $\mu\text{m}$ . Prístroj bol nastavený na teplotu v rozmedzí 0 – 18°C. Po meraní, ktoré trvalo približne 2 hodiny, boli hodnoty MFFT vyhodnotené na základe prechodu vrstvičky filmu z popraskaného do hladkého a nepoškodeného, na tejto hranici bola odčítaná skutočná hodnota



Obrázok 18 Prístroj na meranie MFFT.

### 3.3.8 Stanovenie zmien vlastností po vystavení zvýšenej teplote

Táto metóda slúži k posúdeniu odolnosti a zmeny vlastností disperzií po vystavení zvýšenej teplote. Princípom je vystavenie vysokej teplote a následne ochladenie. Do polyetylénovej fľaštičky o objeme 100 ml bolo navážených 100 g vzorku s presnosťou  $\pm 0,5$  g. Fľaštička bola uzatvorená a umiestnená na 22 hodín do sušiarne vyhriatej na 60°C. Po vytiahnutí zo sušiarne sa ponechala 2 hodiny pri laboratórnej teplote. Po uplynutí testovacej doby bol sledovaný vznik koagulátu. V prípade že jednoznačne koagulát nevznikol, bola jeho prítomnosť zisťovaná rozmiešaním sklenenou tyčinkou, kde sme sledovali či pri stekaní vzorku nezostával na tyčinke súvislý hladký povlak. Po 6 cykloch boli vytvorené skúšobné filmy, na ktorých bola sledovaná zmena relatívnej povrchovej tvrdosti, lesku a mechanických vlastností, v porovnaní so spojivom bez expozície v 60°C.

### **3.4 Fyzikálne – mechanické a chemické skúšky náterových filmov spojív**

Ide o skúšky, ktoré zisťujú veličiny súvisiace s degradáciou organických povlakov. Výsledky týchto skúšok nám mimo iné, podávajú informácie o pružnosti, elasticite a pevnosti náterového filmu. Tieto skúšky sú nevyhnutným doplnkom skúšok koróznej odolnosti a poskytujú podklady pre štúdium mechanizmu ochranného pôsobenia organických povlakov.

#### **3.4.1 Príprava skúšobných vzoriek pre fyzikálne – mechanické a chemické testy**

Hlavným cieľom bolo zhotovenie laboratórnych skúšobných náterov s konštantnými parametrami. Takto pripravené vzorky náterov boli určené pre fyzikálne – mechanické a chemické skúšky. Skúšobné nátery boli zhotovované pri konštantných podmienkach pri teplote  $23 \pm 2$  °C a relatívnej vlhkosti vzduchu  $50 \pm 5$  %. Nátery boli nanesené pomocou špeciálnych krabicových pravítok o definovanej veľkosti štrbiny.

Ako podkladový materiál boli použité oceľové, hliníkové a sklenené panely o rôznych veľkostiach, vždy v závislosti na danom teste. Pred aplikáciou NH boli panely vždy riadne očistené a odmastené chloroformom. Sklenené panely boli použité pre stanovenie povrchovej tvrdosti náterového filmu, lesku, vrypovú skúšku a MEK test. Na hliníkových paneloch boli zhotovené nátery pre „Sendwich“ test a stanovenie odolnosti voči náhlym teplotným zmenám. Pre mechanické skúšky a stanovenie tvorby bleskovej korózie boli použité panely oceľové.

#### **3.4.2 Hodnotenie vzhľadu náterového filmu**

Pred tým ako bola vykonaná fyzikálne chemická charakteristika suchých filmov, boli nátery na sklenených paneloch vyhodnotené vizuálne. Sledovaná bola prítomnosť zákalu, množstvo cudzích častíc, bublín, prasklín a celkový vzhľad povrchu. V tabuľke 2 sú uvedené kritéria hodnotenia.

**Tabuľka 2** Kritéria pre klasifikáciu vzhľadu náterového filmu .

	Zákal	Častice	Bubliny	Praskliny	Povrch
1	bez zákalu	0 častíc/cm <sup>2</sup>	bez bublín	bez prasklín	hladký zliaty
2	slabý zákal	3 častice/cm <sup>2</sup>	ojedinelé bubliny	ojedinelé praskliny	stopy po pravítku
3	silný zákal	10 častice/cm <sup>2</sup>	bubliny po celej ploche	praskliny po celej ploche	krátery, hrbolce, pomarančová kôra
4	zbelenie	> 10 častice/cm <sup>2</sup>	-	-	-

### 3.4.3 Stanovenie hrúbky náterových filmov (ČSN ISO 67 3061)

Hrúbka náterového filmu v zaschnutom stave má významný vplyv na výsledky skúšok mechanických aj antikoročných. Hrúbka je meraná buď mechanickým, alebo magnetickým prístrojom, v závislosti na použitom podklade (Obrázok 19). Na sklenenom podklade sa test vykonáva prevažne na konci testovania, pretože sa jedná o deštruktívnu metódu. Hrúbka náterového filmu na sklenených paneloch bola meraná mechanickým prístrojom, kde bolo nutné pred meraním odstrániť časť náteru, až na podklad približne v ploche cca 0,5 x 0,5 cm. Na oceľové panely bol použitý magnetický hrúbkomer.

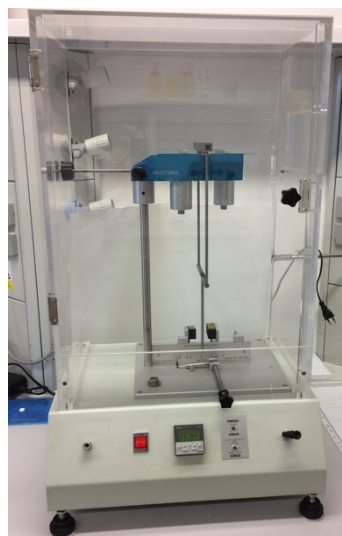


**Obrázok 19** Mechanický (vľavo) a magnetický (vpravo) prístroj na meranie hrúbky náteru.

### 3.4.4 Stanovenie relatívnej povrchovej tvrdosti náterového filmu kyvadlovým prístrojom (ČSN 67 3076)

Povrchová tvrdosť náterových filmov bola stanovená za použitia kyvadlového prístroja Elcomer. Princípom tohoto stanovenia je meranie odporu pri vtlačovaní tvrdého telesa do testovaného materiálu. Meranie kyvadlovým prístrojom spočíva v oscilačnom priebehu kmitu kyvadla a amplitúde výchylky, ktorá sa mení v závislosti na tvrdosti testovaného povrchu, na ktorý kyvadlo naráža. Testovanie bolo vykonané v režime podľa Persoza. Rozsah amplitúdy v tomto režime je v rozsahu maxima  $12^\circ$  a minima  $4^\circ$ . Zaznamenávame, teda čas, za ktorý sa vplyvom tvrdosti náterového filmu zníži amplitúda kyvadla z  $12^\circ$  na  $4^\circ$ . Vzhľadom k tomu, že povrchová tvrdosť je závislá na okolitej teplote, relatívnej vlhkosti a hrúbke náterového filmu, je kyvadlo umiestnené v priehľadnej skrinke z plexiskla (Obrázok 20). Váha kyvadla je 500 g, jeho dĺžka je 425 mm a ocelové guľičky, ktoré ležia na nátere majú priemer 8 mm. Pre každú sériu meraní na tomto prístroji bolo nutné premerať štandard v podobe čistého skla, ktoré by malo odpovedať 100 % tvrdosti. Štandard bol odmeraným vždy 2 krát, a to pred a po meraní série vzorkou.

Postup merania bol nasledujúci: substrát s náterovým filmom bol vložený bočnými dvierkami boxu na testovaciu plochu. Táto úložná plošina sa zaistila v hornej polohe tak, aby sa guľičky kyvadla dotýkali povrchu vzorku. Následne sa vychýlilo kyvadlo do polohy  $12^\circ$ , kde sa zaistilo. Potom už len stačilo vynulovať počítadlo zaznamenávajúce čas a odistiť kyvadlo. Na konci merania bola na displeji prístroja odčítaná hodnota počtu kyvov. Meranie bolo vykonávané trikrát vždy na inom mieste. Výsledná povrchová tvrdosť bola následne vypočítaná ako podiel časov štandardu a vzorku vynásobených ston.

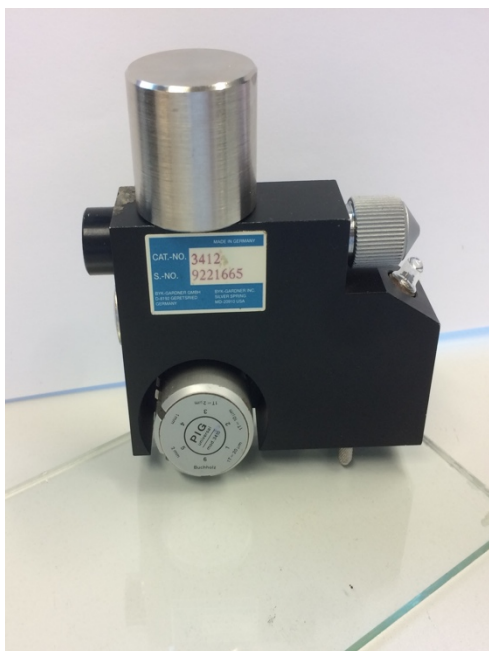


Obrázok 20 Kyvadlový prístroj na meranie tvrdosti typu Persoz.

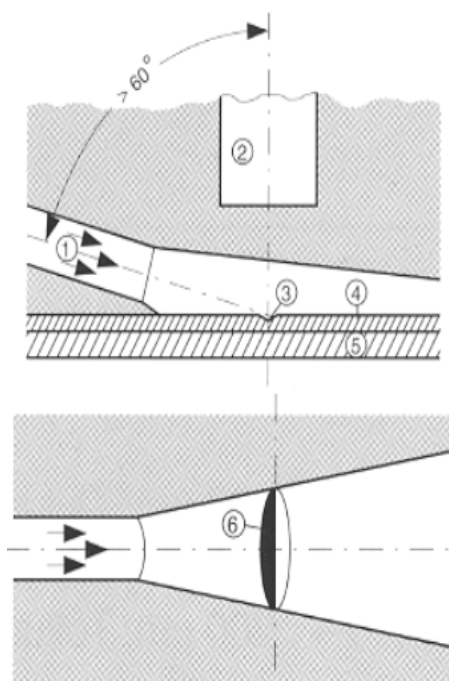


### 3.4.5 Buchholzova vrypová skúška (ČSN ISO 2815)

Tvrdosť jednovrstevného či viacvrstevného filmu sa podľa Buchholza stanovuje pomocou špecifického zariadenia, toto zariadenie má ostrie určitého tvaru a rozmeru (Obrázok 21). Prístroj na meranie sa položí na náterový film a zaťaží sa, za definovaných podmienok. Tým dôjde k deformácii povlaku a vzniku vrypu. Výsledok je vyjadrený ako funkcia prevrátenej hodnoty dĺžky vrypu. Výsledky sú tak isto, ako pri iných fyzikálnych skúškach závislé na čase, teplote a relatívnej vlhkosti okolia. Samotné stanovenie bolo vykonané pri teplote  $23 \pm 2$  °C a relatívnej vlhkosti vzduchu  $50 \pm 5$  %. Zariadenie bolo opatrne priložené hrotom na náterový film, kde sa zaťažilo. Doba kontaktu s vzorkou bola približne 35 sekúnd, následne bol hrot opatrne oddialený. Pri zapnutom svetle a pomocou mikroskopu bola vymeraná dĺžka vrypu v milimetroch (Obrázok 22). Výsledné hodnoty odolnosti proti vrypu podľa Buchholza, boli vypočítané podľa rovnice  $100/L$ , kde  $L$  predstavuje skutočnú šírku vrypu v mm.



Obrázok 21 Prístroj na vytvorenie vrypu.



Obrázok 22 Spôsob odčítania vrypu.

### 3.4.6 Stanovenie lesku náterového filmu (ČSN 67 3063 )

Lesk je optickou vlastnosťou povrchu, je to schopnosť povrchu odrážať dopadajúce žiarenie. Lesk je aj funkciou štruktúry povrchu, typu povrchu a tiež veľkosťou uhlu, pod ktorým žiarenie dopadá na meraný povrch. Zmena lesku náterového filmu môže indikovať deštruktívne pochody v povlaku. Účelom skúšky je hodnotiť lesk náteru a jeho rovnomernosť na ploche. Princípom merania je stanovenie intenzity odrazeného elektromagnetického žiarenia, ktoré dopadá na vzorku pod určitým uhlom. Intenzita odrazeného žiarenia sa meria fotometricky a výsledok sa udáva v percentách vzťahnutých na štandard, ktorým je čierne sklo s definovaným indexom lomu (1,567). Pre stanovenie lesku bol použitý leskomer obsahujúci tri refraktometry, ktoré sa odlišujú v geometrii 20° (vysoký lesk), 60° (pololesk) a 85° (mat) (Obrázok 23). Hodnotiacou veličinou je číslo lesku vyjadrované v percentách.



Obrázok 23 Prístroj na meranie lesku.

### 3.4.7 Methyl-ethyl-ketónový test (ASTM D 4752-10)

Jednou z možností stanovenia chemickej odolnosti náterového filmu je tzv. MEK test., tento test stanovuje odolnosť náteru voči methylethylketónu. Samotné meranie prebiehalo tak, že bola vatová tyčinka ponorená do roztoku MEK a po dobu 50 sekúnd bola otieraná po povrchu filmu. V prípade že nedošlo k úplnému predreniu na podklad, bola odčítaná aktuálna hodnota stavu náteru podľa príslušnej tabuľky. Následne boli otery vykonávané až do úplného obnaženia podkladu a zaznamenával sa počet tzv. dvoj ťahov. V prípade, že sa nepodarilo obnažiť podklad do 300 sekúnd, bol test ukončený a zapísaná aktuálna hodnota poškodenia. Odolnosť voči MEK sa vyhodnocuje v piatich stupňoch (Tabuľka 3).

**Tabuľka 3** *Stupne odolnosti MEK testu podľa normy ASTM D-4752-10.*

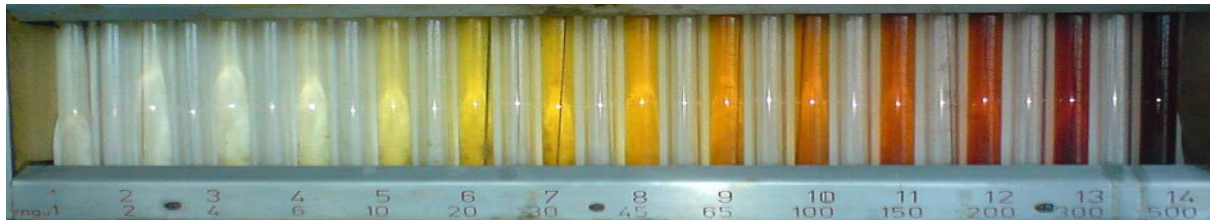
Stupeň poškodenia	Popis poškodenia
Stupeň 0	úplné obnaženie podkladu
Stupeň 1	dôjde ku značnému a hlbokému narušeniu náterové filmu (ešte nie k podkladu)
Stupeň 2	zreteľné poškodenie (poškrabanie) náterového filmu
Stupeň 3	ľahké poškodenie (poškrabanie) náterové filmu
Stupeň 4	povrch náteru sa na otieranej ploche nepoškodil, ale iba vyleštil a na gáze bolo nepatrné množstvo náterového filmu
Stupeň 5	na povrchu náteru nie je zrejmé, ani vyleštenie ani tu nie sú zbytky náteru na gáze

### 3.4.8 Zrýchlený laboratórny test pre zistenie bleskovej korózie

Tento test je určený pre rýchle zistenie koróznej odolnosti VRNH. Pre presnejšie vyhodnotenie testu bol použitý inertný pigment TiO<sub>2</sub>. Pri aplikácii samotnej disperzie dochádza k vzniku bleskovej korózie v celej ploche a podklad sa typicky zafarbí do červenohnedého odtieňu. Pigmentovaný náter vytvorí ostro ohraničené defekty. Po nanosení NH na oceľové panely, boli vzorky ponechané 2 hodiny pri laboratórnej teplote. Následne boli vložené do chladiacej komory s teplotou 5°C na dobu 16 – 17 hodín. Po uplynutí tejto doby boli vzorky vytiahnuté z komory a prekryté na 2 hodiny filtračným papierom, namočeným v destilovanej vode. Nakoniec sa vzorky osušili a boli vyhodnotené korózne prejavy u pigmentovaných náterov na základe stupnice podľa normy ASTM D 610 (rovnako ako pri hodnotení podkorodovania podkladu – vid'. obrázok 29, kapitola 3.6.4.1) a u nepigmentovaných disperzií podľa zafarbenia pomocou jodometrickej stupnice (Tabuľka 4 a Obrázok 24).

**Tabuľka 4** *Jodometrická stupnica.*

Stupeň	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
mg I <sub>2</sub> /100cm <sup>3</sup>	1	2	4	6	10	20	30	45	65	100	150	200	300	500



Obrázok 24 Jodometrická stupnica.

### 3.4.9 Stanovenie odolnosti voči náhlym zmenám teplôt (ČSN 73 2581)

Metóda je založená na striedavom pôsobení vysokých a nízkych teplôt na náterový film s následným stanovením jeho dekoratívnych a ochranných vlastností. Podstatou skúšky je šokové striedanie teplôt. Vzorky boli vystavené cyklickému striedaniu teplôt po dobu 45 - 50 minút boli vystavené teplote 70 °C a následne rýchlo schladené, prúdom studenej tečúcej vody po dobu 5 – 10 minút. Pre zistenie odolnosti bolo vykonaných 25 cyklov. Po každom dielčom cykle boli vzorky vizuálne zhodnotené. Po skončení skúšky bola zisťovaná príľnavosť povlaku za mokra, a po úplnom vyschnutí, za sucha.

### 3.4.10 Skúška odolnosti voči tvorbe osmotických bublín (ČSN 673086)

Skúška overuje odolnosť náteru proti vzniku osmotických bublín v prostredí s vysokou relatívnou vlhkosťou vzduchu alebo kondenzáciou vlhkosti. Skúška nie je skúškou odolnosti voči korózií, ale dáva obraz o sorpčných vlastnostiach daného náteru vo vzťahu k osmotickým dejom, pri sorpcii prebiehajúcich. Osmotické bubliny vznikajú pri nasávaní vody v kvapalnej či plynnej fázy a sú vyvolané prítomnosťou vo vode rozpustných látok organického či anorganického pôvodu na styčných plochách náteru a podkladu alebo jednotlivých vrstvách náteru, prípadne v hmote náteru. Pri skúške sa stanovuje veľkosť, počet a rozloženie bublín vzniknutých pôsobením vody a zvýšenej teploty v závislosti na dobe skúšky.

Stanovenie prebiehalo podľa nasledujúceho postupu: medzi testované vzorky bol vložený filtračný papier, ktorý bol pred namočený do destilovanej vody. Papier bol vkladán vždy medzi dve funkčné plochy vzorku. Stĺpec plechov bol previazaný mokrým motúzom, pevne utiahnutý vložený do polyetylénového vrecúška, znovu previazaný a vložený do skúšobného zariadenia vyhriateho na teplotu 40°C. Po každej kontrole, respektíve po každom dielčom hodnotení v časovom intervale 1, 5 a 10 dní, boli vzorky opäť opatrené mokrým filtračným papierom, zabalené a vložené do termostatu ako vo vyššie uvedenom postupe.

## 3.5 Mechanické skúšky

### 3.5.1 Stanovenie odolnosti proti oteru za mokra (ČSN ISO 11998)

Testovaním oteru je možné skúmať odolnosť náterových filmov proti oteru za mokra. Náterový film pre skúšku oteru vzdornosti bol nanesený na špeciálne čierne testovacie podložky od firmy LENETA o rozmeroch 165 x 432 mm a vykonával sa na automatickom prístroji (Obrázok 25). Pre tento test boli použité abrazívne trecie vankúšiky. Pre stanovenie odolnosti voči oteru za mokra, bolo vykonaných 200 oterov za neustáleho premývania vodou. Skúška bola vyhodnotená na základe výpočtu priemernej hrúbky náterovej hmoty podľa nasledujúcich rovníc (3,4).

$$A = \frac{W \times S}{10^6} [m^2] \quad (3)$$

**A** - plocha na ktorej sa pohybuje čistiaci tampón,

**S** - dĺžka ťahu [mm]

**W** - je šírka abrazívneho tampónu [mm]  $\rho$

$$L_{dft} = \left( \frac{m_1 - m_2}{\rho_{nv}} \right) \times \frac{1}{A} = \frac{L}{\rho_{nv}} [\mu m] \quad (4)$$

**L<sub>dft</sub>** – priemerný úbytok hrúbky suchého filmu [ $\mu m$ ]

**L** - priemerná hodnota úbytku hmotnosti

**m<sub>1</sub>** - počiatočná hmotnosť suchého vzorku [g]

**m<sub>2</sub>** - hmotnosť suchého vzorku po 200 cykloch oteru [g]

**$\rho_{nv}$**  – hustota neprchavých zložiek náteru [g/ml]

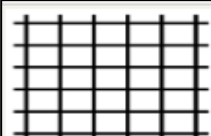
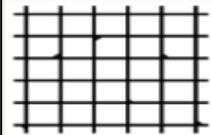
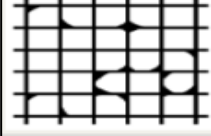
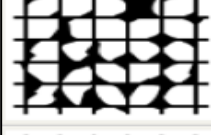
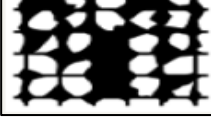


Obrázok 25 Prístroj pre stanovenie odolnosti voči oteru za mokra

### 3.5.2 Stanovenie príľnavosti náterového filmu mriežkovou metódou (ČSN 67 3085)

Princípom tohoto stanovenia je zhotovenie mriežkového rezu na testovacom nátere. Vizuálne sa hodnotí poškodenie náteru a určuje stupeň príľnavosti, podľa normovanej stupnice (Tabuľka 5). Skúšobná metóda tak určuje odolnosť náterového filmu voči oddeleniu od podkladu. Na vytvorenie skúšobných rezov bol použitý špeciálny nôž zo 6 čepeľami o vzdialenosti 1 mm. Pre lepšiu presnosť stanovenia boli vyrezané 3 mriežkové rezy v rôznych častiach testovaného filmu. Vyrezaním mriežky do filmu boli vytvorené štvorčky náteru, ktoré mali definovanú plochu. Mäkkým štetcom alebo použitím lepiacej pásky boli jemne odstránené oddelené čiastočky náteru a podľa hodnotiacej tabuľky bol určený stupeň príľnavosti.

Tabuľka 5 Vyhodnotenie stupňa príľnavosti.

Stupeň poškodenia	Popis	Vzhľad
0	Rezy sú úplne hladké, žiadny štvorec nie je poškodený.	
1	Nepatrené poškodenie v miestach, kde sa rezy krížia. Poškodená plocha nesmie presahovať viac ako 5%.	
2	Náter je nepatrne poškodený pozdĺž rezov a v ich krížení. Povrch mriežky môže byť poškodený z viac ako 5% ale menej než 15% z celkovej plochy.	
3	Náter je čiastočne poškodený v rohoch rezu, pozdĺž rezných hrán čiastočne, alebo celý, na rôznych miestach mriežky. Poškodenie je väčšie než 15% ale menej ako 35%.	
4	Na nátere sú veľké zmeny v rohoch rezu a niektoré štvorčky sú čiastočne alebo úplne poškodené. Plocha mriežky je poškodená viac ako 35% ale menej ako 65%.	
5	Zmeny väčšie ako u stupňa 4.	



### 3.5.3 Stanovenie odolnosti náterového filmu hĺbením (ČSN 67 3081)

Účelom skúšky hĺbením bolo stanovenie odolnosti náteru voči prasknutiu či oddeleniu od kovového podkladu, pri vystavení odstupňovanej deformácii hĺbiacim telesom. Na meranie bol použitý tzv. Erichsenov prístroj, ktorého princípom je plynulé vtláčovanie ocelevej guľôčky do podkladového plechu s náterom (Obrázok 26). Pri hĺbení sa plech s testovaným filmom nepreťahujú plynule a rovnomerne, deformácia je teda najvyššia po okrajoch vytlačenej poglobule. Odolnosť pri hĺbení udáva mieru ťažnosti náterov hlavne tam, kde sú aplikované na výrobky pre ďalšie spracovanie napr. lisovaním. Zisťovaná bola hĺbka v mm, vtláčenia gule do podkladového plechu s náterom v okamžiku prvého porušenia súdržnosti.



Obrázok 26 Erichsenov prístroj.

### 3.5.4 Stanovenie odolnosti náterového filmu voči ohybu (ČSN 67 3079)

Odolnosť náterového filmu pri ohybe určuje jeho schopnosť odolávať deformáciám, netvoríť trhliny a neodlupovať sa. Pri ohybe podkladu z náterom sa zisťuje nepriamo vláčnosť a príľnavosť organického povlaku. Táto normovaná skúška je jednou zo série troch noriem, ktoré špecifikujú empirické skúšobné postupy stanovenia odolnosti NH, lakov a podobných výrobkov voči vzniku trhlín alebo voči odlúpnutiu od podkladu, za rôznych podmienok deformácie. Samotná skúška bola urobená na kovovom podklade, ktorý sám znesie ohyb bez narušenia. Existujú dve možnosti prevedenia skúšky a to buď metódou vyhovuje/nevyhovuje, kedy bol náter skúšaný na jednom trne predpísaného priemeru. Druhou možnosťou bolo opakovanie skúšky s trňmi stále menšieho priemeru, až kým nedošlo k popraskaniu či uvoľneniu náteru od podkladu – určil sa teda priemer prvého trňa, na ktorom došlo k poškodeniu náteru.



**Obrázok 27** Prístroj na testovanie odolnosti voči ohybu s tŕňmi.

### **3.5.5 Stanovenie deformácie náterového filmu úderom (ČSN 67 3082)**

Skúškou sa zisťujú mechanické vlastnosti náteru za súčasného hodnotenia priľnavosti pri deformácií úderom, pomocou ktorého dôjde k vyvolaní rýchlej deformácie. Ďalej sa hodnotí odolnosť voči popraskaniu či oddelenou náterového filmu od podkladu, a to za štandardných podmienok. Odolnosť pri údere je dôležitým parametrom náterových filmov, ktoré sú v praxi namáhané obdobným spôsobom.



**Obrázok 28** Prístroj na testovanie odolnosti náteru voči pádu závažia.



### 3.5.6 Stanovenie celkovej mechanickej odolnosti

Zjednotením výsledkov mechanických skúšok, konkrétne skúšok príľnavosti odolnosti náteru voči hlbeniu, voľnému pádu závažia a odolnosti voči ohybu cez valcový trň, bola podľa nižšie uvedenej rovnice (5) a hodnotiacej tabuľky (Tabuľka 6) vypočítaná výsledná mechanická odolnosť.

$$\text{Celková mechanická odolnosť} = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{4} \quad (5)$$

$A_1$  - náteru pri hlbeniu

$A_2$  - odolnosť náteru pri údere

$A_3$  - odolnosť náteru pri ohybe

$A_4$  - príľnavosť náteru

Tabuľka 6 Stupnica hodnotenia celkovej mechanickej odolnosti.

Hĺbenie	Úder [cm]	Ohyb [mm]	Príľnavosť [°]	Stupnica hodnotenia
10	100	4	0	100
				95
8	80	6	1	90
				85
				80
6	60	8	2	75
				70
				65
				60
4	40	10	3	55
				50
				45
				40
				35
2	20	12	4	30
				25
				20
				15
				10
0	0	16	5	5

### 3.6. Formulácie pigmentovaných náterových hmôt

NH boli formulované ako interiérové NH pre minerálne podklady so zvýšenou antimikrobiálnou účinnosťou a ako antikorózne nátery pre podklady kovové.

Pre testovanie antikorózneho účinnosti boli vybrané antikorózne pigmenty s rôznym chemickým zložením. Antikorózne pigmenty boli testované v pripravenom spojive samo sieťujúcich latexov s obsahom 1,5 % ZnO NČ (LZn) a spojive bez obsahu NČ tzv. nulák (L0). Pre porovnanie vlastností boli vybrané komerčne dostupné vodou riediteľné spojivá s odlišným mechanizmom zasychania.

Konkrétne boli vybrané: fyzikálne zasychajúci styrén-akrylátový kopolymér AXILAT 2431 (AX1), oxypolymeračne zasychajúca urethanizovaná alkydová emulzia CHS HYDROSPOL D 101 (HDS) a epoxidová živica CHS EPOXY 200 V 55 (EPX) zasychajúca chemicky. Pre syntetizované spojivá bolo vybraných 5 antikorózných pigmentov, ktoré boli pridávané s OKP 5 a 10 %. Pre porovnávacie spojivá bol vybraný pigment Heucophos CMP bez obsahu zinku. Pre OKP 5 % bol ako plnivo používaný Hematit Bayfferox 120 M a pre OKP 10 % plnivo Plastorit Micro. Kvocient pigmentového systému Q udávajúci pomer OKP/KOKP . 100 bol zvolený na hodnotu 50. Pre dosiahnutie  $Q = 50$  % bolo použité plnivo Omyacarb 2 – VA.

Pre vytvorenie NH určenej pre minerálne podklady, bola ako pigment použitá zinková bieloba pri OKP 13 % v kombinácii s titánovou bielobou pri OKP 2 %. Q tohoto systému bolo konštantné s hodnotou 110 %. Ako spojiva boli okrem syntetizovaných akrylových latexov s obsahom 1,5 % ZnO NČ a čistého latexu použité aj porovnávacie spojivá, konkrétne akrylový kopolymér AXILAT 6402 (AX2) a styrén – akrylový kopolymér AXILAT 2802NA (AX3).

Predtým, ako boli formulácie vytvorené pomocou programu „FORMUL“, bolo nutné u pigmentov stanoviť ich olejové číslo, hustotu a následne s týchto hodnôt vypočítať KOKP. Výsledné formulácie sú uvedené v prílohe A. Pre antikorózne nátery boli okrem skúšok korózneho odolnosti vykonané aj skúšky fyzikálne – chemické a mechanické, rovnako ako nepigmentovaných spojív. U interiérových náterových hmôt bola stanovaná oteru vzdornosť a antimikrobiálna účinnosť.

### 3.6.1 Charakterizácia pigmentov

#### 3.6.1.1 Stanovenie špecifickej hmotnosti (hustoty) pigmentov

Hustota pigmentov patrí medzi dôležité parametre ich použiteľnosti, predovšetkým v obore NH, kde stabilita suspenzie závisí na rozdieloch medzi hustotou pigmentu a hustotou spojiva. Špecifická hmotnosť je tiež dôležitá pri posudzovaní druhu a čistoty pigmentu. Samotné meranie bolo vykonané pomocou plynového automatického pyknometru AccuPyc II 1340. Tento prístroj meria hustotu na základe objemu vytesneného plynu hélia vzorkou pigmentu. Prístroj obsahoval špeciálny kalíšok, ktorý bol naplnený približne do  $\frac{3}{4}$  pigmentom, predom zváženým na analytických váhach. Presná hodnota navážky bola zadaná do počítačového programu 1340 AccuPyc a následne bolo spustené meranie.

#### 3.6.1.2 Stanovenie olejového čísla metódou miska – tlčík (ČSN 67 0351)

Stanovenie spotreby oleja slúži najmä k posúdeniu nemennosti druhu výroby daného pigmentu a predovšetkým sa na základe tejto hodnoty vyčísluje kritická objemová koncentrácia pigmentov (KOKP) a plnív, ktorá je nevyhnutná pre formuláciu NH.

Pre samotné meranie bol do tretej misky naváženy 1 g s presnosťou na 0,01 g skúšobného pigmentu. Za ľahkého miešania bol do misky postupne prikvapkávaný ľanový olej rýchlosťou 1 kvapky za sekundu. Olej bol pridávaný do tej doby, pokiaľ sa všetok pigment neprichytil na tlčík tak, že miska zostala úplne čistá. Ukončenie skúšky bolo ešte overené pridaním 1 – 2 kvapiek oleja. Výsledná hodnota spotreby oleja bola vypočítaná podľa nasledujúcej rovnice (6):

$$a = \frac{0,93 \cdot V}{m} \cdot 100 \quad (6)$$

**a** - spotreba oleja / na 100 g pigmentu

**V** - spotreba ľanového oleja [cm<sup>3</sup>] m navážka pigmentu [g]

**0.93** - hustota ľanového oleja [g/cm<sup>3</sup>]

#### 3.6.1.3 Stanovenie kritickej objemovej koncentrácie (KOKP)

Hodnota KOKP ovplyvňuje chovanie celého náterového systému, predovšetkým jeho funkčné vlastnosti a vzhľad výsledného povlaku. Je vyjadrením stavu, kedy sú častice pigmentu tesne usporiadané a stlačené k sebe tak, že voľný priestor medzi nimi je úplne zaplnený spojivom. Pri tejto hodnote sa významne menia vlastnosti náterového filmu, v prípade že je koncentrácia pigmentu nižšia než KOKP, prevažuje vo farbe spojivo a dáva jej svoje významné

vlastnosti. V opačnom prípade, kde je koncentrácia pigmentu vyššia ako KOKP nedostatok spojiva nedokáže zaplniť voľný priestor medzi pigmentami, čo vedie k pórovitosti povrchu filmu. Hodnota KOKP bola vypočítaná za pomoci stanovených hodnôt spotreby oleja a hustoty pigmentov, podľa rovnice (7):

$$KOKP = \frac{\frac{10\,000}{\rho_{pigmentu}}}{\frac{100}{\rho_{pigmentu}} + \frac{olejové\ číslo}{\rho_{oleja}}} \quad (7)$$

**KOKP** kritická objemová koncentrácia pigmentu

$\rho_{pigmentu}$  - hustota pigmentu [g/cm<sup>3</sup>]

$\rho_{oleja}$  - hustota ľanového oleja [0,93 g/cm<sup>3</sup>]

olejové číslo - [g<sub>oleja</sub> /100 g pigmentu]

### 3.6.2 Príprava pigmentovaných modelových náterových hmôt

NH boli pripravované na dispergátore DISOLVER. V prvom kroku výroby bola pripravená tzv. vysoko koncentrovaná pigmentová vodná pasta. Do dispergačnej nádoby bola predložená destilovaná voda a otáčky dispergátoru boli nastavené na 1/3 maximálnych otáčok. Následne boli do vody pridané dispergačné aditíva, koalescenty a odpeňovač. V druhej nádobe boli zhomogenizované všetky sypké zložky náterového systému, a postupne boli pridávané do vodnej zložky tak, aby bol práškový podiel miešadlom plynule odoberaný. Po pridaní všetkého pigmentu boli otáčky zvýšené na maximálnych 2500 otáčok/minútu a dispergovalo sa približne 30 - 40 minút. Po vytvorení homogénnej pasty, bez zhukov bola do systému pridaná disperzia, a celý systém bol znovu premiešaný pri vyšších otáčkach po dobu 10-15 minút. Pre každú vzorku bolo pripravených 110 g NH, ktorá bola uložená v sklenených označených nádobách a uskladnená pre ďalšie použitie.

#### 3.6.2.1 Príprava náterových filmov pre skúšky koróznej odolnosti

Pred aplikáciou skúšobných náterov boli panely riadne očistené a odmastené chloroformom. NH boli nanesené na oceľové panely (oceľ tr. 11) podľa ČSN 67 3049 a hliníkové panely typu 3003 H14. Filmy boli zhotovené nanášacím pravítkom, ktorého štrbina bola zvolená tak, aby bolo možné dosiahnuť požadovanej hrúbky suchého filmu. Zhotovené filmy boli kondicionované po dobu 15 dní v klimatizovanom laboratóriu za štandardných podmienok podľa ČSN EN 23270. Po uplynutí tejto doby boli do náterov zhotovené skúšobné rezy.

### **3.6.3 Zrýchlené laboratórne skúšky odolnosti voči korózii**

V prípade, že potrebujeme informácie o korózných vlastnostiach povlaku rýchlo a presne, napríklad z dôvodu výberu vhodného konštrukčného materiálu, využívame zrýchlené korózne skúšky. Podstatou týchto zrýchlených skúšok je určenie korózných zmien v podobe stupňa napadnutia. V komorách sú umelo vytvorené podmienky, ktoré majú hlavný vplyv na korózný proces. Pracuje sa so zvýšenou teplotou, koncentráciou niektorých látok podporujúcich koróziu, či vysokou vlhkosťou. Zrýchlené skúšky majú porovnávací a predbežný charakter, ich výsledky teda nemôžeme považovať za konečné. Vybraný materiál je nutné pred aplikáciou vyskúšať v prevádzke, pretože laboratórne skúšky nie sú postačujúce pre rozhodnutie o vhodnom riešení prevádzkového zariadenia.

#### ***3.6.3.1 Korózna skúška v atmosfére s kondenzovanou vlhkosťou (ČSN EN ISO 6270-2)***

Účelom tejto metódy je poskytnúť odpovedajúce podmienky a postupy pre kondicionovanie predom upravených skúšobných vzoriek, u ktorých budú hodnotené defekty vznikajúce behom vystavovania vzoriek trvalej kondenzácií vody.

Vzorky boli do kondenzačnej komory umiestnené horizontálne pod uhlom väčším ako 60°, tak aby sa nedotýkali a boli schopné dostatočne vyžarovať teplo. Počas celej doby testovania boli teplota v komore udržiavaná v rozmedzí 38 – 40 °C. Vzorky boli skontrolované a vyhodnotené v časovom intervale 240 a 480 hodín.

#### ***3.6.3.2 Korózna skúška v atmosfére so soľnou hmlou (ČSN EN ISO 9227)***

Zrýchlená skúška v hmle roztoku chloridu sodného sa používa pre kovy a ich zliatiny, kovové povlaky, organické povlaky na kovových podkladoch, konverzné povlaky a povlaky vytvorené anodickou oxidáciou. Skúšobné vzorky boli vystavené cyklickému pôsobeniu 5 % roztoku chloridu sodného, kondenzácií destilovanej vody a následne osychaniu. Na vzorky bolo striedavo pôsobené parou s obsahom NaCl pri teplote 35°C po dobu 6 hodín, kondenzácií destilovanej vody pri 40°C po dobu 2 hodín a osychaním pri teplote 23°C taktiež po dobu 2 hodín. Vzorky boli v priebehu testu sledované a vplyvy expozície hodnotené pomocou normou stanovených kritérií.

### ***3.6.3.3. Zrýchlená cyklická skúška s expozíciou v hmle NaCl v kombinácii zo striedaním teplôt***

Táto zrýchlená skúška s vloženými cyklami striedania teplôt vychádza zo skúšky v koróznom prostredí hmly NaCl a zo skúšky odolnosti náterových filmov voči šokovému striedaniu teplôt  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $+60^{\circ}\text{C}$  (ČSN 67 3098). Skúška prebiehala v štyroch striedajúcich sa 24 hodinových cykloch. Pri prvom cykle boli vzorky vystavené pôsobeniu 5 % hmly NaCl, následné umiestnené do sušiarne predom vyhriatej na  $60^{\circ}\text{C}$ . V treťom cykle boli vzorky opäť vložené do komory so soľnou hmlou a na záver vystavené na 24 hodín teplote  $-20^{\circ}\text{C}$ .

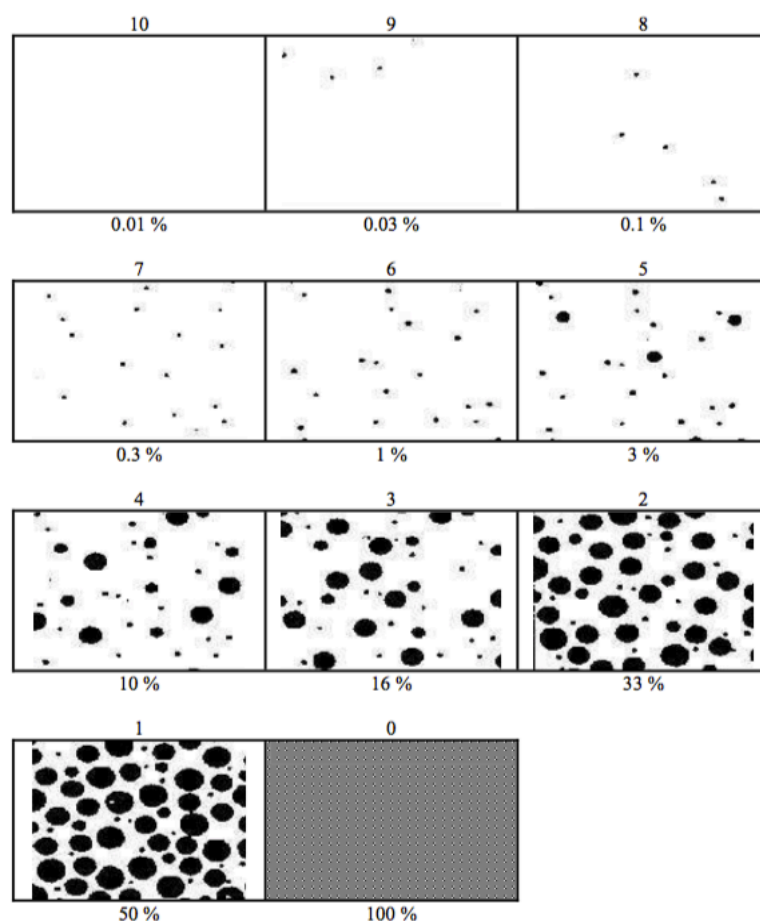
### ***3.6.3.4 Zrýchlená ponorová skúška chemickej odolnosti náterov podľa Machu a Schiffmana (ČSN 67 3087)***

Skúška spočíva vo vystavení skúšobných vzoriek pôsobeniu roztoku chloridu sodného (NaCl) za prídavku peroxidu vodíka ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) a kyseliny octovej ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). Roztok Machu a Schiffmana bol pripravený na kúpeľ o objeme 5 litrov. Ako prvý bol na analytických váhach navážený NaCl – 250 g, ktorý sa rozpustil v 5 litroch destilovanej vody. Následne bolo do roztoku primiešaných 25 ml  $\text{H}_2\text{O}_2$  a 50 ml  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Takto pripravený roztok bol preliaty do 10 litrovej kadičky. Do náterov nanesených na oceľových paneloch boli zhotovené rezy v tvare písmena X cez celú plochu náteru, takto pripravené vzorky boli uložené do stojanu s odstupom minimálne 1,5 cm. Stojany so vzorkami boli ponorené do pripraveného roztoku, kde boli ponechané 24 hodín pri teplote  $37^{\circ}\text{C}$ . Po uplynutí tejto doby boli vzorky vytiahnuté, opláchnuté destilovanou vodou a umiestnené na vzduchu, kde sa nechali sušiť zostávajúcich 8 hodín pri laboratórnej teplote. Po expozícií v tomto roztoku boli vyhodnotené pľuzgiere v ploche náteru a odlupovanie náteru v okolí rezu v percentách.

### 3.6.4 Metódy hodnotenia stupňa korózie a vzhľadu náterového filmu

#### 3.6.4.1 Hodnotenie korózie v ploche podkladu (ASTM D 610-85)

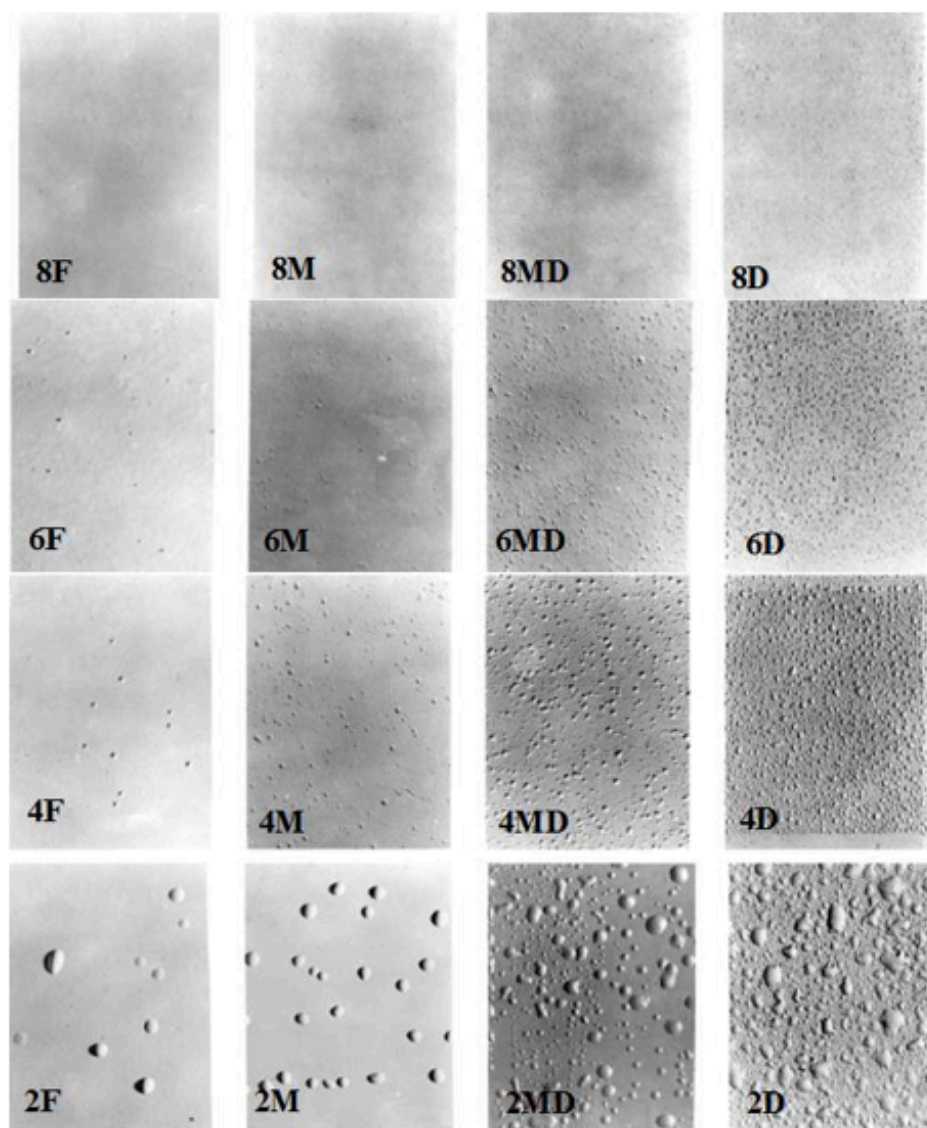
Mierou elektrochemického pôsobenia antikorošného pigmentu v spojive po odstránení náteru je možné určiť vyhodnotením podkorodovania v ploche podkladu. Hodnotí sa ochranná funkcia povlaku, ktorá sa vyjadruje stupňom korózie plochy podkladu v percentách podľa obrázkovej predlohy v norme ASTM D 610. Podľa tejto normy boli vyhodnotené aj prejavy pre korodovania podkladu cez náterový film .



Obrázok 29 Hodnotiaca stupnica podkorodovania v ploche podkladu podľa ASTM D 610.

#### 3.6.4.2 Hodnotenie tvorby osmotických bublín (ASTM D 714-87)

Hodnotenie podľa uvedenej normy sa vykonáva vyhodnotením odolnosti organického povlaku k tvorbe defektov vo forme osmotických bublín. Bubliny vznikajú pri difúzií prostredia cez náter až k podkladu. Vznikom bublín, ktoré je možné definovať ako lokálne oblasti, v ktorých film stráca príľnavosť, dochádza k porušeniu ochranej funkcie povlaku. Obrázková norma bola použitá pre hodnotenie tvorby bublín v ploche aj v reze náterového filmu.



**Obrázok 30** Predloha k hodnoteniu stupňa tvorby bublín na povrchu organického povlaku.

#### **3.6.4.3 Hodnotenie korózie v okolí skúšobného rezu (ASTM D 1654-92)**

Ďalším výsledkom urýchlených skúšok je korózia v okolí umelo vytvoreného mechanického narušenia filmu rezom. Táto norma hodnotí rozsah korózie pozdĺž rezu a stupeň podkorodovania pod povlakom v okolí rezu. Korózia a vzdialenosť korózie od tohoto rezu poskytuje údaje o elektrochemickom pôsobení použitého antikorózneho pigmentu v povlaku. V prípade, že nedochádza ku korózii v okolí rezu, tak použitý pigment pôsobí aktívne v katodickej alebo anodickej oblasti korózie.



### 3.6.5 Celkové hodnotenie zrýchlených korózných skúšok

Zjednotením výsledkov získaných z vyhodnotenia niekoľkých korózných skúšok bola pomocou hodnotiacich čísel (Tabuľka 7) vypočítaná celková antikorózna účinnosť podľa rovnice (8). Do výpočtu boli zahrnuté hodnotiace čísla korózie v ploche podkladu, prenikania korózie cez náter, stupeň priľnavosti, hodnotenie vzniku osmotických bublín v ploche a okolí umelo vytvoreného rezu a korózne prejavy rezu (ktoré zahŕňa koróziu pozdĺž rezu na povlaku ale ja na podklade po odstránení náteru).

$$\text{Celková antikorózna účinnosť} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{\Sigma A} [\%] \quad (8)$$

Tabuľka 7 Zhrnutie hodnotiaceho systému podľa noriem ASTM A ISO noriem.

Stupeň tvorby bublín (plocha/rez) (ASTM D 714)	Priemerná korózia v reze [mm] (ASTM D 1654)	Korózne zmeny podkladu [%] (ASTM D 610)	Priľnavosť [°] (ISO 2409)	Hodnotiacia stupnica pre antikoróznú účinnosť
	0	< 0,03	0	100
		0,1		95
	0 - 0,5	0,3		90
				85
	0,5 - 1,0	1		80
8F			2	75
6F	1,0 - 2,0	3		70
4F				65
2F	2,0 - 3,0	10		60
8M			3	55
6M	3,0 - 5,0			50
4M				45
2M	5,0 - 7,00	16		40
8MD				35
6MD	7,0 - 10,0		4	30
4MD				25
2MD	10,0 - 13,0	33		20
8D				15
6D	13,0 - 16,0			10
4D				5
2D	>16,0	>50	5	0

### 3.7 Testovanie antimikrobiálnej účinnosti náterových filmov

Pre určenie antimikrobiálnej odolnosti boli testované čisté spojivá, spojivá s obsahom 10 hm. % vybraných pigmentov a formulované interiérové NH pre minerálne podklady. Pred každým testovaním bolo nutné vysterilizovať používané pomôcky, na sterilizovanie bol používaný sterilizátor STERIMAT 5104.2. Bolo nutné dodržiavať zásady bezpečnej práce v mikrobiologickom laboratóriu, predovšetkým zabrániť kontaminácií, používaním dezinfekčných prostriedkov a dodržiavaním antiseptických podmienok.

#### 3.7.1 Príprava fyziologického roztoku a živných pôd

##### Fyziologický roztok (Lachema a.s., ČR)

- Zloženie: 8,5g NaCl / 1000ml destilovanej vody
- Molárna hmotnosť: 58,44 g/mol
- CAS: 7647-1č-5

Postup prípravy: Fyziologický roztok bol pripravený rozpustením 8,5 g NaCl v 1000 ml destilovanej vody. Následne bol roztok sterilizovaný v autokláve pri 121 °C po dobu približne 20 minút. Vychladnutý roztok bol ďalej uchovávaný v chladničke pri teplote 2 – 5 °C.

##### Živný agar č. 2 – MPA (HIMEDIA, Indie)

Obecne použiteľné kultivačné médium.

- Zloženie v 1000 ml pôdy:
  - 10 g mäsový peptón
  - 10g hovädzí extrakt
  - 5g chlorid sodný
  - 15g agar

pH: 7,2 ± 0,2 (pri 25°C)

Postup prípravy: Živný agar bol pripravený navážením 40 g práškovej zmesi, ktorá bola rozpustená v 1000 ml destilovanej vody. Zmes bola umiestnená v autokláve, kde sa nechala sterilizovať približne 20 minút pri teplote 121°C. Po sterilizácii bol agar ochladený na teplotu cca 45°C a naliaty do Petriho misiek. Po úplnom ochladení a zatuhnutí boli misky s agarom uložené v chladničke.

### **MALT agar (HIMEDIA, Indie)**

Živný agar pre kultiváciu a následne uchovávanie kultúr kvasiniek a plesní.

Zloženie v 1000 ml pôdy:

- 30 g sladový extrakt
- 15 g agar

pH: 5,5 ± 0,2 (pri 25°C)

Postup prípravy: MALT agar bol pripravený navážením 45 g práškovej zmesi, ktorá bola rozpustená v 1000 ml destilovanej vody. Následne bola zmes umiestnená do autoklávu, kde sa nechala sterilizovať cca 20 minút pri 121°C. Po sterilizácii bol agar ochladený na 45°C a naliaty do Petriho misiek, po úplnom ochladení a zatuhnutí agaru boli misky umiestnené v chladničke.

### **3.7.2 Príprava čistých mikrobiálnych kultúr**

Zásobné kultúry mikroorganizmov boli pestované na príslušných agaroch, pre baktérie boli použité MPA agary, pre plesne agary MALT. Po inkubácii pri optimálnych podmienkach pre rast jednotlivých mikroorganizmov boli živé kultúry uchovávané v chladničke pri teplote 2 - 5 °C. Pred každým testovaním boli MO preočkované na čisté živné médium. Pre testovanie baktérií boli používané 24 hodín staré kultúry. U plesní boli používané kultúry staré 5-7 dní.

Ako testovacie mikroorganizmy boli použité zbierkové kultúry:

#### **Plesne**

- *Penicillium chrysogenum* CCM 8034
- *Aspergillus brasiliensis* CCM 8222

#### **Baktérie**

- *Staphylococcus aureus* CCM 4223
- *Pseudomonas aeruginosa* CCM 3955
- *Escherichia coli* CCM 4517

### **3.7.3 Príprava vzoriek pre testovanie antimikrobiálnej účinnosti**

Vzorky boli testované metódou hodnotenia prežívania mikroorganizmov na povrchu náteru. Testované NH boli nanosené na filtračný papier, po zaschnutí bol papier nastrihaný

na štvorčeky o veľkosti cca 4 x 4 cm, pred testom boli vzorky pre zaistenie čo najväčšej eliminácie baktérií osvietené 15 – 20 minút UV žiarením o vlnovej dĺžke 280 – 400 nm.

### **3.7.4 Testovanie antibakteriálnych účinkov náterových filmov**

Vzorky NH boli po sterilizácii umiestnené na Petriho misku zo živným agarom, a to funkčnou plochou náteru smerom nahor. Vo fyziologickom roztoku (sterilný 0,9% roztok NaCl), bola namiešaná suspenzia mikroorganizmov s hodnotou 1 podľa McFarlandovej stupnice, čo odpovedá  $3 \times 10^8$ /ml, teda  $3 \times 10^8$  jedincov schopných tvoriť bakteriálne kolónie na 1 ml bakteriálnej suspenzie. Tento roztok bol ďalej nariadený na výslednú koncentráciu  $10^5$  buniek/ml, pipetou bolo nesených 0,1 ml roztoku na misku zo vzorkou a L – hokejkou sa suspenzia jemne rozotrela po celej ploche.

Misky boli vložené na 24 hodín do biologického termostatu vyhriateho na 37°C. Po uplynutí testovacej doby, boli vzorky vizuálne vyhodnotené, následne boli zhotovené kontrolné vzorky, tak že sa štvorček náterového filmu obtlačil na čistú misku s výživným agarom. Misky sa opäť vložili do termostatu (37°C/24hod.). Na záver boli vyhodnotené otlčky, na základe ktorých bola určená antimikrobiálna účinnosť v %.

### **3.7.5 Testovanie antifungiálnych účinkov náterových filmov**

Na testovanie boli pripravené dobre osporované kultúry. Plesne boli kultivované na šikmom MALT agare, pri teplote cca 25°C po dobu 5 – 7 dní. Po uplynutí tejto doby bola do skúmavky zo šikmým agarom pridaná destilovaná voda a stabilizačný roztok TWEEN 20, skúmavka bola pretrepaná a vytvorená suspenzia bola zliata do titračnej banky so sklenenými guľčkami. Pre zaistenie správnej koncentrácie spor bolo odpipetovaných 10 µl suspenzie do Bükerovej komôrky. Správna koncentrácia spor bola 12 - 20 spór na jeden štvorček v komôrke, v prípade že bola koncentrácia spór vyššia, bolo vykonané riedenie. Pre kontrolu počtu spór bola suspenzia naočkovaná na čistý živný MALT agar. Po umiestnení vzoriek do Petriho misiek bolo na povrch nanesených 0,1 ml suspenzie, ktorá sa rozotrela sterilnou L - hokejkou po celkom obvode misky. Naočkované vzorky boli inkubované pri teplote 24 - 25°C po dobu 5 - 7 dní.

## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 Výsledky charakterizácie spojív

#### 4.1.1 Výsledky základných vlastností testovaných spojív

U všetkých testovaných spojív boli stanovené ich základné charakteristické vlastnosti ako je, viskozita, pH, hustota, obsah sušiny a MFT. U syntetizovaných spojív boli navyše stanovené hodnoty  $\zeta$ -potenciálu, veľkosť častíc a obsahu popola. Testovanie bolo vykonané podľa metód uvedených v kapitole 3.3. Výsledky týchto testov sú uvedené v tabuľke 8.

Tabuľka 8 Základné charakteristické vlastnosti testovaných spojív.

Látka	Viskozita [mPa.s]	pH	Hustota [g/cm <sup>3</sup> ]	Veľkosť častíc [nm]	Zeta potenciál [mV]	Obsah popola [%]	Obsah sušiny [%]	MFFT [°C]
LZn	16	8,38	1,0291	135,1	-32,6	1,153	43,86	7,1
L0	28	8,44	1,0131	140,3	-39	0,255	51,23	5,8
AX1	510	7,87	1,0471	/	/	/	50,64	23,4
EPX	407	7,76	1,0831	/	/	/	55,02	5,1
HDS	39	5,34	1,0391	/	/	/	49,84	9,7

#### 4.1.1.1 Výsledky skutočného obsahu nanočastíc v syntetizovanom spojive

Prítomnosť nanočastíc bola dokázaná stanovením pomocou obsahu popola a stanovením pomocou ICP-OES. Výsledky sú uvedené v tabuľke 9.

Tabuľka 9 Výsledky obsahu nanočastíc ZnO v syntetizovanom spojive.

Použité spojivo	Stanovenie pomocou obsahu popola			Stanovenie pomocou ICP-OES	
	Teoretický obsah nanočastíc [%]	Obsah popola [%]	Obsah nanočastíc [%]	Obsah kovu [mg/kg]	Obsah kovu [%]
LZn	1,5	1,153	0,898	7120	0,71
L0	0	0,255	0	0,325	0

#### 4.1.2 Výsledky zrýchleného laboratórneho testu pre zistenie bleskovej korózie

Pre testovanie bleskovej korózie boli použité vzorky samotných spojív a vzorky s obsahom 10 hm. % inertného pigmentu TiO<sub>2</sub>. Testovanie prebiehalo podľa postupu uvedenom v kapitole 3.4.8. Nátery boli zhotovené krabicovým pravítkom o veľkosti štrbiny 250 μm. Ako podklad boli použité oceľové panely veľké 0,8 x 76 x 127 mm. Výsledky testu sú uvedené v tabuľke 10.

**Tabuľka 10** Výsledky zrýchleného testu spojív voči tvorbe bleskovej korózie.

Látka	Stupnica ASTM D 610	Jódová stupnica
LZn	5 (3%)	7 (30 mgI <sub>2</sub> /100cm <sup>3</sup> )
L0	5 (3%)	8 (45 mgI <sub>2</sub> /100cm <sup>3</sup> )
AX1	5 (3%)	5 (10 mgI <sub>2</sub> /100cm <sup>3</sup> )
EPX	10 (0,01%)	1 (1 mgI <sub>2</sub> /100cm <sup>3</sup> )
HDS	9 (0,03%)	1 (1 mgI <sub>2</sub> /100cm <sup>3</sup> )

#### 4.1.3 Výsledky testu odolnosti voči náhlym teplotným zmenám

Test bol vykonaný podľa postupu uvedenom v kapitole 3.4.9. Spojivá boli nanosené na hliníkové panely o rozmeroch 0,6 x 56 x 152 mm, pravítkom s veľkosťou štrbiny 250 μm. Na náterových filmoch bolo vykonaných 25 cyklov. Po každom cykle boli vyhodnotené dekoratívne a ochranné vlastnosti filmu. Pred meraním, po meraní ešte za mokra a po úplnom vyschnutí panelov bola vykonaná skúška priľnavosti mriežkovou metódou, výsledky stupňa priľnavosti sú uvedené v tabuľke 11.

**Tabuľka 11** Výsledky odolnosti filmu voči náhlym teplotným zmenám.

Látka	Priľnavosť [°]	Priľnavosť za mokra [°]	Priľnavosť za sucha [°]
LZn	0	0	0
L0	0	0	0
AX1	1	1	1
EPX	1	1	1
HDS	3	3	3

## 4.2 Výsledky fyzikálne – mechanických, chemických a vizuálnych vlastností náterových filmov spojív

Vzorky náterových filmov spojív boli pre testovanie fyzikálne-chemických a vizuálnych vlastností nanosené na sklenené panely o rozmeroch 200 x 100 x 5 mm, krabicovým pravítkom so štrbinou 150 µm. Všetky skúšky boli vykonané pri laboratórnych podmienkach, pri teplote  $25 \pm 2$  °C a relatívnej vlhkosti vzduchu  $50 \pm 5$  %. Medzi vizuálne vlastnosti náterových filmov patrí predovšetkým hodnotenie celkového vzhľadu, lesku a hrúbky suchého filmu. Výsledky týchto testov sú uvedené v tabuľkách 12 – 20.

Niektoré fyzikálne-chemické a mechanické testy boli paralelne vykonané aj na vzorkách spojív po 6 cykloch v expozícii pri teplote 60°C.

### 4.2.1 Výsledky celkového vzhľadu náterových filmov spojív

Hodnotenie vzhľadu výsledných filmov bolo vykonané vizuálne, boli sledované častice, bubliny, praskliny, celkový povrch a zákal podľa hodnotiacej tabuľky uvedenej v kapitole 3.4.2. Výsledky vzhľadu náterových filmov spojív sú uvedené v tabuľke 12.

**Tabuľka 12** Hodnotenie celkového vzhľadu náterových filmov spojív na sklenenom podklade.

Látka	Vzhľad normálne podmienky / po expozícii v 60%°C				
	Zákal	Častice	Bubliny	Praskliny	Povrch
LZn	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1
L0	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1
AX1	1/1	2/3	1/2	2/2	2/2
EPX	3/3	1/1	2/2	1/1	3/3
HDS	1/2	3/3	2/2	1/1	2/2

#### 4.2.2 Výsledky hrúbky náterových filmov spojív

Hrúbka filmov na sklenených paneloch bola meraná mechanickým hrúbkometerom, teda deštruktívnou metódou, kedy bolo nutné malú časť filmu odstrániť. Meranie bolo vykonané vždy na troch rôznych miestach výsledné hodnoty boli spriemerované a zaznamenané do tabuľky (Tabuľka 13).

**Tabuľka 13** Hodnoty hrúbky suchých filmov spojív na sklenenom podklade.

Látka	Hrúbka filmu [ $\mu\text{m}$ ]	Hrúbka filmu [ $\mu\text{m}$ ] (60°C)
LZn	40 ± 10	40 ± 10
L0	35 ± 10	30 ± 10
AX1	50 ± 10	45 ± 10
EPX	40 ± 10	40 ± 10
HDS	35 ± 10	35 ± 10



### 4.2.3 Výsledky zmeny lesku náterových filmov spojív

Lesk náterových filmov bol meraný v závislosti na čase vždy prvý a následne každý siedmy deň po nanosení náteru, po dobu 42 dní. V tabuľkách 14 a 15 sú uvedené čísla lesku v percentách pre latexy pred a po expozícií v teplote 60°C.

**Tabuľka 14** Zmena lesku náterových filmov spojív v závislosti na čase.

Doba merania (dni)	uhol	ČÍSLO LESKU [%]				
		L0	LZn	AX1	EPX	HDS
1	20°	139	138	121	132	162
	60°	136	135	135	134	158
	85°	108	110	106	105	110
7	20°	139	138	165	172	139
	60°	135	135	154	154	136
	85°	108	110	107	106	105
14	20°	140	143	152	152	162
	60°	143	139	152	148	158
	85°	108	110	104	106	109
21	20°	142	147	153	159	169
	60°	144	17	154	149	163
	85°	108	110	110	104	112
28	20°	136	144	151	161	161
	60°	132	137	154	152	159
	85°	105	109	110	105	111
35	20°	132	135	153	161	167
	60°	132	132	145	152	156
	85°	107	108	110	106	108
42	20°	135	136	153	161	169
	60°	132	132	143	153	154
	85°	107	107	110	106	109

**Tabuľka 15** Zmena lesku náterových filmov v závislosti na čase, po expozícii v 60°C.

Doba merania (dni)	uhol	ČÍSLO LESKU [%] (60°C)				
		L0	LZn	AX1	EPX	HDS
1	20°	141	151	146	165	169
	60°	148	154	154	161	164
	85°	104	114	108	105	113
7	20°	143	143	142	156	162
	60°	152	153	152	153	160
	85°	108	110	103	105	113
14	20°	145	147	145	167	168
	60°	153	155	149	156	157
	85°	109	113	108	103	108
21	20°	147	148	145	161	163
	60°	155	153	149	152	153
	85°	110	114	106	103	111
28	20°	146	149	148	151	164
	60°	155	154	151	153	161
	85°	110	114	107	97	111
35	20°	143	149	148	151	164
	60°	152	154	150	153	161
	85°	109	114	107	97	110
42	20°	147	150	149	149	165
	60°	153	153	152	153	161
	85°	110	113	107	96	110

#### 4.2.4 Výsledky relatívnej povrchovej tvrdosti náterových filmov spojív

Povrchová tvrdosť testovaných náterových filmov bola stanovená kyvadlovým prístrojom, podľa postupu popísaného v kapitole 3.4.3. Meranie bolo vykonávané vždy v prvý a každý 7 deň po dobu 42 dní. Výsledky testovania relatívnej povrchovej tvrdosti v čase pre spojivá pred a po expozícií v 60°C sú uvedené v tabuľkách 16 a 17.

**Tabuľka 16** Výsledky merania zmeny povrchovej tvrdosti náterových filmov spojív v čase.

VZORKA	TVRDOŠŤ [%]						
	1. DEŇ	7. DEŇ	14. DEŇ	21. DEŇ	28. DEŇ	35. DEŇ	42. DEŇ
LZn	20,69	22,17	22,69	22,7	22,72	23,45	23,54
L0	23,95	24,01	23,96	24,31	25,23	27,03	27,87
AX1	42,88	46,41	47,81	46,07	46,75	36,37	37,40
EPX	16,28	32,17	40,94	41,34	41,89	42,72	42,96
HDS	14,44	17,63	18,81	18,98	20,09	20,61	20,58

**Tabuľka 17** Výsledky merania zmeny povrchovej tvrdosti filmov spojív po expozícií v 60°C v čase.

VZORKA	TVRDOŠŤ [%] (60°C)						
	1. DEŇ	7. DEŇ	14. DEŇ	21. DEŇ	28. DEŇ	35. DEŇ	42. DEŇ
LZn	24,04	23,83	24,52	23,75	22,27	24,54	25,71
L0	20,47	20,32	20,51	19,71	17,91	27,71	26,19
AX1	43,23	45,60	44,99	45,78	45,36	45,78	45,69
EPX	13,06	31,95	27,73	32,98	33,56	33,78	33,75
HDS	14,23	17,75	17,15	17,32	17,34	17,56	18,03

#### 4.2.5 Výsledky odolnosti voči vrypu podľa Buchholza

Buchholzova vrypová skúška bola vykonaná špeciálnym prístrojom, na ktorý bolo po dobu 35 sekúnd umiestnené závažie o hmotnosti  $500 \pm 5$  g. Po odťahnutí prístroja bola odčítaná dĺžka vrypu v milimetroch. Z nameranej hodnoty dĺžky vrypu bola vypočítaná odolnosť proti vrypu. Výsledky skúšky sú uvedené v tabuľkách 18 a 19.

Tabuľka 18 Výsledky Buchholzovej vrypovej skúšky v čase.

Doba merania [dni]	Odolnosť voči vrypu podľa Buchholza				
	L0	LZn	AX1	EPX	HDS
1	63	57	59	50	51
7	71	75	61	58	53
14	71	79	66	61	56
21	87	83	66	60	58
28	95	89	68	70	58
35	95	91	68	97	61
42	95	91	68	97	61

Tabuľka 19 Výsledky Buchholzovej vrypovej skúšky v čase, po expozícii v 60°C.

Doba merania [dni]	Odolnosť voči vrypu podľa Buchholza (60°C)				
	L0	LZn	AX1	EPX	HDS
1	55	53	55	50	50
7	71	63	56	54	50
14	71	68	56	59	52
21	81	83	65	62	52
28	84	84	71	71	54
35	85	84	71	75	58
42	85	84	71	75	58

#### 4.2.6 Výsledky odolnosti spojív voči MEK

Skúška odolnosti voči metyletylketónu bola u všetkých vzoriek vykonaná na sklenených paneloch, priemerná hrúbka suchých náterov bola  $60 \pm 10 \mu\text{m}$ . Meranie bolo vykonané vždy po dobu 50 sekúnd, kedy sa zaznamenával stupeň hodnotenia a po dobu 300 sekúnd, kedy sa zaznamenával maximálny počet dvoj ťahov. Výsledky testu odolnosti spojív 28 dní po nanosení voči methylethylketónu sú uvedené v tabuľke 20.

Tabuľka 20 Výsledky odolnosti spojív voči MEK.

Látka	Stupeň hodnotenia v čase	
	50 s	Max. počet dvoj ťahov do 300 s
LZn	4	221
L0	0	28
AX1	0	33
EPX	4	142
HDS	0	27

#### 4.2.7 Výsledky mechanickej odolnosti náterových filmov spojív

Odolnosť voči mechanickému poškodeniu bola testovaná na oceľových paneloch o rozmeroch 215 x 45 x 1 mm, kde boli nátery nanosené pravítkom s veľkosťou štrbiny 250  $\mu\text{m}$ . Priemerná hrúbka suchých filmov bola  $50 \pm 10 \mu\text{m}$ . Testy boli vykonané za štandardných podmienok, pri teplote  $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  a relatívnej vlhkosti vzduchu  $50 \pm 5 \%$ . Mechanická odolnosť bola sledovaná pomocou skúšok ohybom, hĺbením, úderom a skúškou priľnavosti mriežkovou metódou. Výsledky skúšok mechanickej odolnosti sú uvedené v tabuľke 21 a 22. Celková mechanická odolnosť bola vypočítaná na základe hodnotiacich čísel uvedených v tabuľke 7 v kapitole 3.5.6.

**Tabuľka 21** *Výsledky mechanickej odolnosti náterových filmov spojív.*

<b>Látka</b>	<b>Hĺbenie [mm]</b>	<b>Úder líc [cm]</b>	<b>Úder rub [cm]</b>	<b>Ohyb [mm]</b>	<b>Pril'navosť [°]</b>	<b>Celková odolnosť</b>
<b>LZn</b>	>10	95	65	4	0	<b>95</b>
<b>L0</b>	>10	100	40	4	1	<b>89</b>
<b>AX1</b>	>10	90	20	4	1	<b>83</b>
<b>EPX</b>	>10	55	5	6	1	<b>72</b>
<b>HDS</b>	> 10	70	15	6	0	<b>79</b>

**Tabuľka 22** *Výsledky mechanickej odolnosti náterových filmov spojív po vystavení teplote 60 °C.*

<b>Látka</b>	<b>Hĺbenie [mm]</b>	<b>Úder líc [cm]</b>	<b>Úder rub [cm]</b>	<b>Ohyb [mm]</b>	<b>Pril'navosť [°]</b>	<b>Celková odolnosť</b>
<b>LZn</b>	>10	90	65	4	0	<b>95</b>
<b>L0</b>	>10	100	40	4	1	<b>89</b>
<b>AX1</b>	>10	40	20	6	2	<b>69</b>
<b>EPX</b>	>10	25	5	6	1	<b>67</b>
<b>HDS</b>	> 10	35	25	6	0	<b>73</b>

### **4.3 Výsledky formulovaných náterových hmôt**

#### **4.3.1 Výsledky hodnotenia fyzikálne – mechanických a chemických skúšok antikoročných náterových hmôt**

Pre testovanie fyzikálne - chemickej odolnosti boli filmy pigmentovaných náterových hmôt nanosené na sklenené panely o rozmeroch 5 x 100 x 200 mm. Nátery boli zhotovené krabicový pravítkom o veľkosti štrbiny 150  $\mu\text{m}$ . Pre dosiahnutie požadovanej hrúbky filmu pre MEK test, boli nanosené dve vrstvy náterovej hmoty. Výsledná hrúbka suchých filmov určených pre testovanie chemickej odolnosti bola  $60 \pm 10 \mu\text{m}$ . Všetky uvedené skúšky boli vykonávané v závislosti na čase, vždy prvý, siedmy a dvadsiaty ôsmy deň po zhotovení náterov.

### 4.3.1 Výsledky lesku náterových filmov formulovaných antikoročných náterových hmôt

Tabuľka 23 Výsledky zmeny lesku pigmentovaných náterových filmov v závislosti na čase.

Spojivo	Antikoročný pigment	OKP [%]	Lesk [°]								
			1. DEŇ			7. DEŇ			28. DEŇ		
			20°	60°	85°	20°	60°	85°	20°	60°	85°
Akrylátový latex – ZnO	Wollastonit	10	7	40	71	25	64	84	27	66	84
	Mastek		8	42	70	7	40	68	8	41	70
	H-CMP		4	25	50	1	9	30	1	8	30
	H-CHP		15	50	75	16	50	74	16	50	73
	H-CAPP		1	11	49	1	10	48	1	10	51
Akrylátový latex – ZnO	Wollastonit	5	17	52	73	18	54	72	18	54	72
	Mastek		2	16	54	2	18	58	2	17	58
	H-CMP		14	53	84	14	53	82	15	54	83
	H-CHP		19	58	82	19	60	84	19	58	82
	H-CAPP		18	56	78	20	58	73	22	59	79
Akrylátový latex – NULÁK	Wollastonit	10	5	32	64	5	31	64	5	32	55
	Mastek		4	25	55	3	24	54	3	25	55
	H-CMP		3	20	52	2	19	52	2	20	52
	H-CHP		4	27	46	12	49	72	12	48	69
	H-CAPP		2	17	53	2	19	53	2	19	52
Akrylátový latex – NULÁK	Wollastonit	5	8	41	69	8	42	72	9	42	70
	Mastek		59	79	95	60	80	96	60	79	95
	H-CMP		25	64	84	26	66	89	27	67	85
	H-CHP		31	66	82	36	65	82	28	63	80
	H-CAPP		48	68	93	51	69	93	50	69	91
AXILAT 2431	H-CMP	10	1	10	37	1	9	32	1	9	31
	H-CMP	5	1	8	36	1	8	38	1	7	36
HYDROSPOL D101	H-CMP	10	1	5	23	1	6	23	1	6	23
	H-CMP	5	1	4	26	1	5	21	1	5	28
EPOXY 200 V 55	H-CMP	10	8	43	63	6	38	64	6	37	62
	H-CMP	5	5	36	59	20	61	63	21	56	66



### 4.3.2 Výsledky povrchovej tvrdosti a hrúbky náterových filmov antikorózných náterových hmôt

Tabuľka 24 Výsledky zmeny relatívnej povrchovej tvrdosti antikorózných náterov v čase.

Spojivo	Antikorózný pigment	OKP	Ø hrúbka filmu [± 10 µm]	Povrchová tvrdosť [%]		
				1. DEŇ	7.DEŇ	28. DEŇ
Akrylátový latex – ZnO	Wollastonit	10	34	23,17	32,1	31,97
	Mastek		37	27,11	29,95	31,32
	H-CMP		32	23,4	28,11	32,52
	H-CHP		41	26,88	29,68	31,60
	H-CAPP		39	25,6	30,65	30,09
Akrylátový latex – ZnO	Wollastonit	5	36	28,15	29,14	31,29
	Mastek		32	30,35	29,49	30,25
	H-CMP		31	28,5	30,63	31,67
	H-CHP		40	25,49	29,98	30,16
	H-CAPP		38	26,65	30,87	30,76
Akrylátový latex – NULÁK	Wollastonit	10	33	23,29	29,83	31,09
	Mastek		32	22,94	28,17	28,36
	H-CMP		31	24,21	30,29	31,15
	H-CHP		33	26,17	28,26	29,56
	H-CAPP		36	25,49	29,97	29,92
Akrylátový latex – NULÁK	Wollastonit	5	34	26,71	28,94	28,65
	Mastek		32	20,35	25,46	24,75
	H-CMP		33	19,72	30,79	30,04
	H-CHP		31	24,59	26,16	26,23
	H-CAPP		34	17,17	24,54	23,89
AXILAT 2431	H-CMP	10	37	25,14	28,45	34,56
	H-CMP	5	44	26,17	28,58	29,32
HYDROSPOL D101	H-CMP	10	36	25,26	25,23	26,11
	H-CMP	5	38	19,93	19,95	20,31
EPOXY 200 V 55	H-CMP	10	42	21,66	35,98	36,97
	H-CMP	5	41	14,32	33,76	38,79

### 4.3.3 Výsledky odolnosti voči vrypu podľa Buchholza

Tabuľka 25 Výsledky odolnosti antikoročných náterových hmôt voči vrypu podľa Buchholza.

Spojivo	Antikoročný pigment	OKP [%]	Dĺžka vrypu [mm]			Výsledná odolnosť voči vrypu podľa Buchholza
			1. DEŇ	7.DEŇ	28. DEŇ	
Akrylátový latex – ZnO	Wollastonit	10	1,71	1,59	1,12	<b>89</b>
	Mastek		1,61	1,47	1,21	<b>82</b>
	H-CMP		1,45	1,33	1,31	<b>76</b>
	H-CHP		1,79	1,68	1,11	<b>90</b>
	H-CAPP		1,39	1,31	1,09	<b>91</b>
Akrylátový latex – ZnO	Wollastonit	5	1,62	1,54	1,21	<b>82</b>
	Mastek		1,58	1,43	1,26	<b>79</b>
	H-CMP		1,53	1,39	1,03	<b>97</b>
	H-CHP		1,74	1,61	1,14	<b>87</b>
	H-CAPP		1,38	1,27	1,05	<b>95</b>
Akrylátový latex – NULÁK	Wollastonit	10	1,65	1,55	1,28	<b>78</b>
	Mastek		1,63	1,57	1,41	<b>70</b>
	H-CMP		1,51	1,49	1,48	<b>67</b>
	H-CHP		1,67	1,56	1,21	<b>82</b>
	H-CAPP		1,31	1,19	1,14	<b>87</b>
Akrylátový latex – NULÁK	Wollastonit	5	1,82	1,45	1,51	<b>66</b>
	Mastek		1,85	1,81	1,53	<b>65</b>
	H-CMP		1,83	1,62	1,38	<b>72</b>
	H-CHP		1,62	1,41	1,33	<b>72</b>
	H-CAPP		1,82	1,62	1,07	<b>93</b>
AXILAT 2431	H-CMP	10	1,78	1,62	1,43	<b>69</b>
	H-CMP	5	1,86	1,76	1,57	<b>63</b>
HYDROSPOL D101	H-CMP	10	1,69	1,54	1,53	<b>65</b>
	H-CMP	5	1,84	1,76	1,69	<b>59</b>
EPOXY 200 V 55	H-CMP	10	1,65	1,49	1,02	<b>98</b>
	H-CMP	5	1,57	1,39	1,01	<b>99</b>

#### 4.3.4 Výsledky MEK testu antikoročných náterov

Tabuľka 26 Výsledky chemickej odolnosti antikoročných náterových hmôt voči MEK.

Spoivo	Antikoročný pigment	OKP [%]	Stupeň hodnotenia v čase			Max. počet dvoj ťahov do		
			50 s			300 s		
			1. DEŇ	7. DEŇ	28. DEŇ	1. DEŇ	7. DEŇ	28. DEŇ
Akrylátový latex – ZnO	Wollastonit	10	4	4	3	> 300	279	138
	Mastek		4	4	2	> 300	> 300	168
	H-CMP		4	4	2	207	176	56
	H-CHP		4	4	4	> 300	> 300	243
	H-CAPP		4	4	3	> 300	> 300	149
Akrylátový latex – ZnO	Wollastonit	5	4	4	3	> 300	> 300	159
	Mastek		4	4	3	> 300	> 300	178
	H-CMP		4	4	3	253	211	82
	H-CHP		4	4	3	> 300	> 300	123
	H-CAPP		4	4	3	> 300	> 300	170
Akrylátový latex – NULÁK	Wollastonit	10	3	3	2	116	112	62
	Mastek		3	3	2	98	90	71
	H-CMP		1	0	0	55	49	21
	H-CHP		2	2	1	75	63	52
	H-CAPP		2	1	0	67	63	47
Akrylátový latex – NULÁK	Wollastonit	5	0	0	0	42	32	28
	Mastek		0	0	0	38	20	18
	H-CMP		0	0	0	17	13	13
	H-CHP		2	0	0	90	28	21
	H-CAPP		0	0	0	34	19	17
AXILAT 2431	H-CMP	10	2	1	2	72	79	104
	H-CMP	5	3	3	3	170	171	231
HYDROSPOL D101	H-CMP	10	0	0	0	14	15	15
	H-CMP	5	0	0	0	15	15	16
EPOXY 200 V 55	H-CMP	10	3	3	4	278	>300	>300
	H-CMP	5	3	3	4	256	>300	>300

#### 4.3.5 Výsledky bleskovej korózie formulovaných antikoročných náterových hmôt

Pre testovanie bleskovej korózie boli ako podklad použité oceľové panely o rozmeroch 0,8 x 51 x 102 mm, filmy boli zhotovené krabicovým pravitkom o veľkosti štrbiny 250 µm. Testované boli NH bez obsahu inhibítora bleskovej korózie (IBK) a s obsahom 0,5 %. Výsledky testu sú uvedené v tabuľke 27.

**Tabuľka 27** Výsledky bleskovej korózie antikoročných náterových hmôt samotných a s prídavkom IBK.

Spojivo	Antikoročný pigment	OKP [%]	Stupeň hodnotenia bleskovej korózie [%]	Stupeň hodnotenia bleskovej korózie [%] + 0,5 % IBK
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	10	16	3
	Mastek		33	16
	H-CMP		10	3
	H-CHP		33	10
	H-CAPP		33	10
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	5	16	3
	Mastek		10	1
	H-CMP		10	3
	H-CHP		16	10
	H-CAPP		10	1
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	10	Ø	Ø
	Mastek		Ø	Ø
	H-CMP		33	16
	H-CHP		50	10
	H-CAPP		33	3
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	5	33	16
	Mastek		33	16
	H-CMP		16	10
	H-CHP		16	10
	H-CAPP		10	3
AXILAT 2431	H-CMP	10	33	10
	H-CMP	5	10	1
HYDROSPOL D101	H-CMP	10	0,01	0,01
	H-CMP	5	0,01	0,01
EPOXY 200 V 55	H-CMP	10	0,01	0,01
	H-CMP	5	0,01	0,01

#### 4.3.6 Výsledky mechanických skúšok a hrúbky antikoročných náterov

Pre testovanie mechanických a korózných vlastností je dôležitá znalosť hrúbky náterových filmov. Hrúbka filmov bola meraná magnetickým hrúbkomerom, na troch rôznych miestach plechu. Namerané hodnoty boli spriemerované a zaznamenané do tabuľky 28.

**Tabuľka 28** Výsledky hrúbky filmov antikoročných náterov pre mechanické a korózne skúšky.

Spojivo	Antikoročný pigment	OKP [%]	Ø hrúbka filmu (korózne skúšky) [± 10 µm]	Ø hrúbka filmu (mechanické skúšky) [± 10 µm]
Akrylátový latex – ZnO	Wollastonit	10	125	52
	Mastek		108	54
	H-CMP		128	57
	H-CHP		104	53
	H-CAPP		114	55
Akrylátový latex – ZnO	Wollastonit	5	109	49
	Mastek		101	48
	H-CMP		113	51
	H-CHP		102	50
	H-CAPP		99	49
Akrylátový latex – NULÁK	Wollastonit	10	98	53
	Mastek		101	56
	H-CMP		97	50
	H-CHP		99	48
	H-CAPP		96	42
Akrylátový latex – NULÁK	Wollastonit	5	97	51
	Mastek		87	46
	H-CMP		89	52
	H-CHP		95	59
	H-CAPP		94	56
AXILAT 2431	H-CMP	10	100	51
	H-CMP	5	89	49
HYDROSPOL D101	H-CMP	10	97	50
	H-CMP	5	94	48
EPOXY 200 V 55	H-CMP	10	101	53
	H-CMP	5	99	51

#### 4.3.6.1 Výsledky mechanickej odolnosti formulovaných antikoročných náterových hmôt

Mechanické skúšky boli vykonané podľa postupov uvedených v kapitolách 3.5.2 – 3.5.5. Pre testovanie mechanickej odolnosti boli použité oceľové panely o veľkosti 215 x 45 x 1 mm. Nátery boli zhotovené pravítkom o veľkosti štrbiny 250 µm. Výsledky skúšky sú uvedené v tabuľke 29.

**Tabuľka 29** Výsledky mechanickej odolnosti antikoročných náterov.

Spojivo	Antikoročný pigment	OKP [%]	Hĺbenie [mm]	Úder líc [cm]	Úder rub [cm]	Ohyb [mm - trň]	Priľnavosť [°]	Celková odolnosť [%]
Akrylátový latex – ZnO	Wollastonit	10	9,27	100	40	4	1	88
	Mastek		> 10	95	35	4	2	83
	H-CMP		> 10	100	40	4	0	91
	H-CHP		9,11	95	15	4	2	77
	H-CAPP		> 10	100	30	4	0	89
Akrylátový latex – ZnO	Wollastonit	5	8,98	100	40	4	1	88
	Mastek		8,59	90	45	4	1	89
	H-CMP		> 10	100	40	4	0	81
	H-CHP		9,17	100	20	4	2	80
	H-CAPP		> 10	100	20	4	0	84
Akrylátový latex – NULÁK	Wollastonit	10	8,96	100	35	4	1	87
	Mastek		9,37	100	25	4	1	85
	H-CMP		> 10	100	45	4	1	91
	H-CHP		9,12	100	30	4	1	84
	H-CAPP		> 10	100	45	4	0	93
Akrylátový latex – NULÁK	Wollastonit	5	5,96	100	60	4	0	90
	Mastek		>10	100	80	4	1	96
	H-CMP		4,51	100	90	4	1	88
	H-CHP		4,08	100	100	4	1	89
	H-CAPP		8,93	100	80	4	0	94
AXILAT 2431	H-CMP	10	> 10	95	75	6	3	89
	H-CMP	5	9,04	90	70	6	3	83
HYDROSPOL D101	H-CMP	10	8,36	35	5	8	5	43
	H-CMP	5	6,35	30	5	8	5	40
EPOXY 200 V 55	H-CMP	10	> 10	100	65	4	0	96
	H-CMP	5	8,12	100	75	4	0	95

## **4.4 Výsledky zrýchlených korózných skúšok**

### **4.4.1 Výsledky koróznej odolnosti po expozícií v komore zo soľnou hmlou**

Pre testovanie odolnosti náterových filmov v komore zo soľnou hmlou, boli vzorky zhotovené na oceľové panely veľké 0,8 x 102 x 152 mm. NH boli nanesené pravítkom o veľkosti štrbiny 250  $\mu\text{m}$ , pre dosiahnutie požadovanej hrúbky boli vzorky nanesené v 4 vrstvách s odstupom 3 dní. Po zaschnutí boli nátery opatrené rovným rezom, ktorý bol urobený špeciálnym nožom s ostrím o šírke 1 mm vo vzdialenosti približne 1 cm od stredu náteru. Vzorky boli v komore ponechané 120, 240 a 360 hodín. Po každom časovom intervale bola vyhodnotená korózia v reze, v podklade, tvorba osmotických bublín v ploche/reze a prekorodovanie cez náter. Výsledky jednotlivých hodnotení a celkovej koróznej odolnosti v uvedených časových intervaloch sú uvedené v tabuľkách 30 – 33.

Tabuľka 30 Výsledky koróznej odolnosti po 120 hodinách v komore s 5% hmlou NaCl.

Spojivo	Antikorózný pigment	OKP [%]	Korózia rezu [mm]	Korózia Podkladu [%]	Pre korodovanie [%]	Osmotické bubliny	
						Plocha	Rez
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	10	0	10	16	6MD	0
	Mastek		0	16	16	6MD	4F
	H-CMP		0,4	33	16	6MD	0
	H-CHP		0	16	16	6M	0
	H-CAPP		0	16	1	6M	0
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	5	0,2	10	10	6M	0
	Mastek		0	33	33	6MD	4F
	H-CMP		0	16	33	6MD	0
	H-CHP		0,1	10	0,03	6MD	0
	H-CAPP		0	16	0,3	6MD	0
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	10	0	33	33	6MD	0
	Mastek		0	50	33	8D	8M
	H-CMP		0,03	33	33	6D	0
	H-CHP		0,3	16	50	6D	0
	H-CAPP		0	50	16	8D	0
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	5	0,01	16	3	6MD	0
	Mastek		0	50	0,1	6MD	0
	H-CMP		0	33	0,03	6M	0
	H-CHP		0	16	16	8D	0
	H-CAPP		0	10	10	6MD	0
AXILAT 2431	H-CMP	10	2	33	33	6M	0
	H-CMP	5	0,5	>50	50	8D	0
HYDROSPOL D101	H-CMP	10	3,0	10	16	2M	0
	H-CMP	5	2,6	10	10	4M	0
EPOXY 200 V 55	H-CMP	10	2,1	33	0,03	8F	0
	H-CMP	5	2,4	33	0,01	8F	0



Tabuľka 31 Výsledky koróznej odolnosti po 240 hodinách v komore s 5% hmlou NaCl.

Spojivo	Antikorózný pigment	OKP [%]	Korózia rezu [%]	Korózia podkladu [%]	Pre korodovanie [%]	Osmotické bubliny	
						Plocha	Rez
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	10	0,2	33	16	6MD	0
	Mastek		0	33	16	6MD	4F
	H-CMP		0	33	16	4MD	0
	H-CHP		0	16	16	4M	6F
	H-CAPP		0	16	10	6MD	0
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	5	0,3	33	10	6M	4F
	Mastek		0	33	33	6MD	4M
	H-CMP		0,3	33	33	6MD	4M
	H-CHP		0	16	0,03	6M	4F
	H-CAPP		0	16	10	6MD	6F
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	10	0	33	50	6M	0
	Mastek		0	50	>50	6D	4F
	H-CMP		0,2	50	> 50	6MD	6F
	H-CHP		0	33	> 50	6M	4M
	H-CAPP		0	33	16	6D	6F
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	5	0,3	33	3	6MD	0
	Mastek		0,2	50	3	6MD	8M
	H-CMP		0	50	0,03	6MD	0
	H-CHP		0,1	33	16	6D	6F
	H-CAPP		0	33	10	6MD	0
AXILAT 2431	H-CMP	10	2,1	33	50	6M	8M
	H-CMP	5	0,5	>50	>50	8D	0
HYDROSPOL D101	H-CMP	10	3	10	16	4M	6F
	H-CMP	5	4	10	16	6M	0
EPOXY 200 V 55	H-CMP	10	2,4	50	0,03	8F	0
	H-CMP	5	2,9	50	0,01	8M	0

Tabuľka 32 Výsledky koróznej odolnosti po 360 hodinách v komore s 5% hmlou NaCl.

Spojivo	Antikorózný pigment	OKP [%]	Korózia rezu [mm]	Korózia podkladu [%]	Pre Korodovanie [%]	Osmotické bubliny	
						Plocha	Rez
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	10	0,2	50	16	6MD	0
	Mastek		0	33	16	6MD	4F
	H-CMP		0,1	>50	16	6D	0
	H-CHP		0	33	33	6MD	6F
	H-CAPP		0	33	16	6MD	6F
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	5	0,3	33	10	6M	4F
	Mastek		0,05	33	33	6D	4F
	H-CMP		0,5	33	33	6MD	4M
	H-CHP		0,5	33	33	6MD	8M
	H-CAPP		0,2	16	16	6MD	6F
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	10	0,4	33	50	6MD	2F
	Mastek		0	50	>50	6D	4M
	H-CMP		0,3	50	>50	6MD	6F
	H-CHP		0	33	>50	6D	6F
	H-CAPP		0	33	33	6D	6M
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	5	0,3	50	33	6D	6F
	Mastek		0,2	50	16	6MD	6F
	H-CMP		0	50	16	6MD	8M
	H-CHP		0,1	33	33	6D	6F
	H-CAPP		0	33	16	6MD	0
AXILAT 2431	H-CMP	10	2,4	50	50	6MD	6M
	H-CMP	5	0,5	>50	>50	6MD	6M
HYDROSPOL D101	H-CMP	10	3,4	16	10	2MD	0
	H-CMP	5	2,8	16	16	4MD	4F
EPOXY 200 V 55	H-CMP	10	3,6	50	0,01	8F	0
	H-CMP	5	3,1	50	0,01	6M	0

**Tabuľka 33** Celková antikoročná účinnosť po expozícii v hmle NaCl

Spojivo	Antikoročný pigment	OKP [%]	Celková antikoročná účinnosť		
			120 hod.	240 hod.	360 hod.
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	10	66	56	52
	Mastek		55	51	51
	H-CMP		57	57	46
	H-CHP		66	59	48
	H-CAPP		73	66	52
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	5	72	57	57
	Mastek		47	43	42
	H-CMP		58	41	41
	H-CHP		76	71	43
	H-CAPP		72	60	54
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	10	54	54	40
	Mastek		38	35	31
	H-CMP		48	38	38
	H-CHP		48	39	32
	H-CAPP		51	48	40
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	5	66	62	38
	Mastek		65	49	46
	H-CMP		74	66	45
	H-CHP		59	46	42
	H-CAPP		70	62	58
AXILAT 2431	H-CMP	10	50	37	28
	H-CMP	5	41	41	34
HYDROSPOL D101	H-CMP	10	58	57	54
	H-CMP	5	65	52	46
EPOXY 200 V 55	H-CMP	10	71	67	65
	H-CMP	5	71	63	60

#### 4.4.2 Výsledky koróznej odolnosti po vystavení hmle NaCl v kombinácií so striedaním teplôt

Pre testovanie koróznej odolnosti podľa postupu v kapitole 3.6.3.2, boli vzorky antikoročných náterových hmôt nanesené na oceľové a hliníkové panely veľké 0,8 x 102 x 152 mm. NH boli nanesené krabicovým pravítkom o veľkosti štrbiny 250 µm v 4 vrstvách. Výsledky skúšky na oceľových paneloch sú uvedené v tabuľke 33 a výsledky pre panely hliníkové v tabuľke 34.

**Tabuľka 34** Výsledky koróznej odolnosti po 192 hodinách (2 cykly), pri vstavení striedaniu teplôt v kombinácií s 5 % hmlou NaCl.

Spojivo	Antikorózný pigment	OKP [%]	Korózia v reze [%]	Korózia podkladu [%]	Tvorba bublín v ploche	Pre korodovanie [%]	Prilnavosť [°]	Celková antikoročná účinnosť
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	10	0,1	50	6MD	33	1	46
	Mastek		0,05	50	8MD	33	1	48
	H-CMP		0	33	6MD	10	0	62
	H-CHP		0	50	6M	16	1	56
	H-CAPP		0	50	8M	16	1	57
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	5	0,2	50	6MD	16	1	50
	Mastek		0,1	50	4M	16	2	50
	H-CMP		0	33	6MD	10	2	57
	H-CHP		0	33	6MD	3	2	59
	H-CAPP		0	33	6M	10	1	64
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	10	0,1	33	6MD	50	1	46
	Mastek		0,2	33	6MD	33	2	46
	H-CMP		0	50	8MD	50	2	42
	H-CHP		0,15	50	8MD	33	2	44
	H-CAPP		0,05	50	8MD	16	1	47
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	5	0	50	6MD	1	1	60
	Mastek		0,2	50	6MD	3	1	56
	H-CMP		0,05	33	8M	1	1	67
	H-CHP		0,1	50	8D	3	2	50
	H-CAPP		0,2	50	8M	1	1	63
AXILAT 2431	H-CMP	10	0,5	50	8D	33	2	38
	H-CMP	5	0,7	33	8MD	16	1	53

**Tabuľka 35** Výsledky koróznej odolnosti na hliníkových paneloch po 288 hodinách (3 cykly), pri vstavení striedaniu teplôt v kombinácii s 5 % hmlou NaCl.

Spojivo	Antikoróznny pigment	OKP [%]	Tvorba bublín v ploche	Priľnavosť [°]
<b>Akrylátový latex - ZnO</b>	Wollastonit	10	6M	1
	Mastek		6M	2
	H-CMP		8F	0
	H-CHP		6M	3
	H-CAPP		6F	1
<b>Akrylátový latex - ZnO</b>	Wollastonit	5	8M	1
	Mastek		8M	1
	H-CMP		6F	0
	H-CHP		6F	1
	H-CAPP		6F	0
<b>Akrylátový latex - NULÁK</b>	Wollastonit	10	6M	5
	Mastek		8M	2
	H-CMP		8F	0
	H-CHP		6F	1
	H-CAPP		8F	5
<b>Akrylátový latex - NULÁK</b>	Wollastonit	5	4M	5
	Mastek		6M	2
	H-CMP		6F	2
	H-CHP		6M	1
	H-CAPP		4M	5
<b>AXILAT 2431</b>	H-CMP	10	6F	1
	H-CMP	5	8F	0
<b>HYDROSPOL D101</b>	H-CMP	10	-	5
	H-CMP	5	-	5
<b>EPOXY 200 V 55</b>	H-CMP	10	-	5
	H-CMP	5	-	5

#### 4.4.3. Výsledky koróznej odolnosti po vystavení kondenzovanej vlhkosti

Pre testovanie koróznej odolnosti v expozícií s kondenzáciou vody, boli pripravené skúšobné vzorky náterov na oceľových paneloch o rozmeroch 0,8 x 102 x 152 mm. Nátery boli nanesené pravítkom o veľkosti štrbiny 250  $\mu\text{m}$  v 4 vrstvách. Panely boli v kondenzačnej komore ponechané 480 hodín. Po uplynutí testovacej doby boli vyhodnotené korózne prejavy a vypočítaná celková antikorózna účinnosť. Výsledné hodnoty sú zaznamenané v tabuľke 36.

**Tabuľka 36** Výsledky koróznej odolnosti a odolnosti voči tvorbe osmotických bublín v prostredí kondenzácií vody po 480 hodinách.

Spojivo	Antikorózný pigment	OKP [%]	Korózia rezu [%]	Korózia podkladu [%]	Tvorba bublín v ploche	Pre korodovanie [%]	Celková antikorózna účinnosť
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	10	0	50	8M	3	56
	Mastek		0	>50	6MD	10	47
	H-CMP		0	16	6M	10	57
	H-CHP		0	50	6MD	3	50
	H-CAPP		0	50	8M	1	58
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	5	0	33	8MD	0,01	63
	Mastek		0	33	8MD	0,01	63
	H-CMP		0	>50	8D	0,01	53
	H-CHP		0	50	8D	0,01	53
	H-CAPP		0	50	8MD	0,01	58
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	10	0	50	8D	3	46
	Mastek		0	100	8D	0,01	53
	H-CMP		0	33	8M	10	58
	H-CHP		0	50	8MD	3	51
	H-CAPP		0	50	6M	0,01	62
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	5	0	50	6M	3	55
	Mastek		0	33	6D	0,03	57
	H-CMP		0	50	8MD	3	45
	H-CHP		0	33	6D	0,01	55
	H-CAPP		0	33	6MD	0,01	62
AXILAT 2431	H-CMP	10	1,1	0	8F	0,01	86
	H-CMP	5	0,8	33	8F	0,01	68
HYDROSPOL D101	H-CMP	10	0,3	33	4M	33	43
	H-CMP	5	0	33	6M	0,03	67
EPOXY 200 V 55	H-CMP	10	0	1	4M	0,01	81
	H-CMP	5	4	0,01	6MD	0,01	70

#### 4.4.5 Výsledok celkovej priemernej účinnosti antikoročných náterových hmôt

Celková priemerná účinnosť antikoročných náterov s obsahom syntetizovaných a porovnávacích spojív, bola vypočítaná z celkových korózných hodnotení jednotlivých zrýchlených korózných testov. Do výpočtu bol zahrnutá priemerná korózna účinnosť s komory NaCl, striedania teplôt na oceli a kondenzačnej komory. Výsledky sú zaznamenané v tabuľke 37.

**Tabuľka 37** Celková priemerná účinnosť antikoročných pigmentov.

Spojivo	Antikoročný pigment	OKP [%]	Antikoročná účinnosť			Priemerná antikoročná účinnosť
			Kondenzačná komora	Komora s 5 % NaCl	Striedanie teplôt	
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	10	56	58	46	<b>54</b>
	Mastek		47	52	48	<b>49</b>
	H-CMP		57	53	62	<b>57</b>
	H-CHP		50	57	56	<b>53</b>
	H-CAPP		58	63	57	<b>59</b>
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	5	63	62	50	<b>58</b>
	Mastek		63	44	50	<b>52</b>
	H-CMP		53	46	57	<b>52</b>
	H-CHP		53	63	59	<b>57</b>
	H-CAPP		58	62	64	<b>61</b>
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	10	46	49	46	<b>47</b>
	Mastek		53	34	46	<b>44</b>
	H-CMP		58	41	42	<b>47</b>
	H-CHP		51	39	44	<b>44</b>
	H-CAPP		62	41	47	<b>50</b>
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	5	55	55	60	<b>57</b>
	Mastek		57	53	56	<b>55</b>
	H-CMP		45	61	67	<b>56</b>
	H-CHP		55	49	50	<b>51</b>
	H-CAPP		62	63	63	<b>62</b>
AXILAT 2431	H-CMP	10	86	38	38	<b>54</b>
	H-CMP	5	68	38	53	<b>53</b>
HYDROSPOL D101	H-CMP	10	43	46	46	<b>45</b>
	H-CMP	5	67	54	48	<b>56</b>
EPOXY 200 V 55	H-CMP	10	81	67	62	<b>70</b>
	H-CMP	5	70	64	56	<b>63</b>

#### 4.4.6 Výsledky ponorového testu chemickej odolnosti podľa Machu a Schiffmana

Pre testovanie chemickej odolnosti boli skúšobné vzorky zhotovené krabicovým pravítkom o veľkosti štrbiny 250  $\mu\text{m}$ , na oceľové panely veľké 0,8 x 102 x 152 mm. Na takto zhotovených vzorkách bol vykonaný jeden cyklus testovania podľa postupu v kapitole 3.6.3.4. Po ukončení cyklu boli do tabuľky 33 zaznamenané hodnoty tvorby osmotických bublín a percentuálna hodnota odlupovania náteru v okolí rezu.

**Tabuľka 38** Výsledky ponorového testu chemickej odolnosti podľa Machu a Schiffmana (1 cyklus).

Spojivo	Antikorózný pigment	OKP [%]	Odlupovanie v okolí rezu [%]	Tvorba bublín v ploche (ASTM D 714-87)
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	10	0	2F
	Mastek		0	4M
	H-CMP		15	0
	H-CHP		0	2F
	H-CAPP		25	0
Akrylátový latex - ZnO	Wollastonit	5	25	2F
	Mastek		10	4F
	H-CMP		35	0
	H-CHP		0	2F
	H-CAPP		10	2F
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	10	0	4F
	Mastek		0	2M
	H-CMP		5	0
	H-CHP		0	2M
	H-CAPP		45	2F
Akrylátový latex - NULÁK	Wollastonit	5	45	2F
	Mastek		0	2MD
	H-CMP		25	0
	H-CHP		0	2F
	H-CAPP		20	2M
AXILAT 2431	H-CMP	10	0	4F
	H-CMP	5	10	4M
HYDROSPOL D101	H-CMP	10	10	2D
	H-CMP	5	0	2D
EPOXY 200 V 55	H-CMP	10	100	4MD
	H-CMP	5	100	4MD



## 4.5 Výsledky skúšok antimikrobiálnej odolnosti

Ako podklad pre testovanie antimikrobiálnej účinnosti bol použitý filtračný papier Munktell Filtrak 391 o priemere 15 cm a gramáži 84 g/m<sup>2</sup>. Testované náterové hmoty boli nanosené štetcom v štyroch vrstvách (vždy v opačnom smere). Medzi nanášaním jednotlivých vrstiev bol dodržovaný časový odstup približne 3 hodiny. Z filtračného papiera boli pripravené vzorky o veľkosti cca 4 x 4 cm. Takto zhotovené vzorky boli aplikované sterilnou pinzetou na povrch čistého živného média náterom nahor. Testované boli vzorky spojív samotných, vzorky s obsahom 2 a 10 hm. % pigmentov, vzorky spojív s rôznymi koncentraciami antimikrobiálnych aditív a nakoniec vzorky formulovaných interiérových NH. U všetkých vzoriek bola testovaná odolnosť voči trom baktériám a dvom plesniam.

### 4.5.1 Výsledky testovania antimikrobiálnej odolnosti syntetizovaných latexov s prídavkom 2 a 10 hm. % pigmentu

U testovania baktérií boli použité obe koncentrácie pigmentu, pre plesne bola zvolená koncentrácia 10 hm. %. Výsledky testovania sú uvedené v tabuľkách 39 – 43.

Tabuľka 39 Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex ZnO 1,5% + 2 hm. % pigmentov.

ZnO 1,5 %	BAKTÉRIE		
PIGMENTY [2 hm. %]	<i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	<i>ESCHERICHIA COLI</i>	<i>PSEUDOMONAS AERUGINOSA</i>
	ANTIMIKROBIÁLNA ÚČINNOSŤ [%]		
Nano oxid zinočnatý	80	75	50
Sterilizovaní sľuda	60	55	40
Titánová bieloba	55	50	20
ZnO - Zelená pečat'	70	55	30
Uhličitan horečnatý	50	40	15
Sulfid zinočnatý	65	50	40
VK-Mg 30F	95	90	70
Blanc Fixe	10	15	5
1-VA	15	10	0
Litopon	20	5	5
Čistý latex ZnO	45	30	15

**Tabuľka 40** Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex 0% + 2 hm. % pigmentov.

0%	BAKTÉRIE		
PIGMENTY [2 hm. %]	<i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	<i>ESCHERICHIA COLI</i>	<i>PSEUDOMONAS AERUGINOSA</i>
	ANTIMIKROBIÁLNA ÚČINNOSŤ [%]		
Nano oxid zinočnatý	20	15	15
Sterilizovaní sľuda	10	10	0
Titánová bieloba	20	25	10
ZnO - Zelená pečat'	30	20	15
Uhličitan horečnatý	15	10	10
Sulfid zinočnatý	20	20	5
VK-Mg30F	55	50	25
1-VA	0	0	0
Blanc Fixe	0	5	0
Litopon	0	0	0
Čistý latex 0	0	0	0

**Tabuľka 41** Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex ZnO 1,5% + 10 hm. % pigmentov.

ZnO 1,5 %	BAKTÉRIE		
PIGMENTY [10 hm. %]	<i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	<i>ESCHERICHIA COLI</i>	<i>PSEUDOMONAS AERUGINOSA</i>
	ANTIMIKROBIÁLNA ÚČINNOSŤ [%]		
Nano oxid zinočnatý	85	80	60
Sterilizovaní sľuda	60	60	35
Titánová bieloba	60	50	20
ZnO - Zelená pečat'	75	65	35
Uhličitan horečnatý	50	55	30
Sulfid zinočnatý	75	50	45
VK-Mg 30F	100	100	95
1- VA	45	40	0
Blanc Fixe	40	40	15
Litopon	35	45	15
Čistý latex ZnO	45	30	15

**Tabuľka 42** Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex 0% + 10 hm. % pigmentov.

0%	BAKTÉRIE		
PIGMENTY [10 hm. %]	<i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	<i>ESCHERICHIA COLI</i>	<i>PSEUDOMONAS AERUGINOSA</i>
	ANTIMIKROBIÁLNA ÚČINNOSŤ [%]		
Nano oxid zinočnatý	15	20	25
Sterilizovaní sľuda	10	10	0
Titánová bieloba	20	30	10
ZnO - Zelená pečat'	35	25	10
Uhličitan horečnatý	15	10	10
Sulfid zinočnatý	25	20	10
VK-Mg30F	60	60	30
1-VA	0	0	0
Blanc Fix	0	5	0
Litopon	0	5	0
Čistý latex 0	0	0	0

**Tabuľka 43** Výsledky antifungickej účinnosti Latex ZnO 1,5% + 10 hm. % pigmentov.

ZnO 1,5 %	PLESNE	
PIGMENTY [10 hm. %]	<i>PENICILIUM CHRYSOGENUM</i>	<i>ASPERGILLUS BRASILIENSIS</i>
	ANTIMIKROBIÁLNA ÚČINNOSŤ [%] / inhibícia [cm]	
Nano oxid zinočnatý	100	100 / 0,1
Sterilizovaní sľuda	50	85
Titánová bieloba	60	65
ZnO - Zelená pečat'	85	100
Uhličitan horečnatý	0	10
Sulfid zinočnatý	85	70
VK-Mg30F	0	100 / 0,2
1-VA	15	15
Blanc Fix	70	65
Litopon	25	20
Čistý latex ZnO	50	50

#### 4.5.2 Výsledky testovania antimikrobiálnej odolnosti syntetizovaných latexov s prídavkom inhibítorov mikrobiálneho rastu.

Obe syntetizované spojivá boli testované s určitou koncentráciou vybraných aditív. Koncentrácia bola zvolená vždy podľa odporúčania uvedeného výrobcom. Výsledky odolnosti s prídavkom inhibítora sú uvedené v tabuľkách 44 - 47.

**Tabuľka 44** Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex ZnO 1,5% + inhibítory [0,1 - 04 hm. %].

ZnO 1,5%	BAKTÉRIE		
Inhibítor [hm. %]	<i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	<i>ESCHERICHIA COLI</i>	<i>PSEUDOMONAS AERUGINOSA</i>
	ANTIMIKROBIÁLNA ÚČINNOSŤ [%] / inhibícia [cm]		
PARMETOL A 28			
0,1	75	65	10
0,2	80	75	30
ULTRACIDE FFOB			
0,1	80	65	0
0,2	80	70	10
0,3	90	85	20
PARMETOL N 20			
0,1	65	20	10
0,2	70	55	35
0,3	90	80	75
PARMETOL MBX			
0,1	50	10	5
0,2	80	15	10
0,3	80	30	15
0,4	95	35	20
ZINC OMADINE			
0,1	80	60	40
0,2	95	90	60
0,3	100 / 0,8	100	85

**Tabuľka 45** Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex 0% + inhibitory [0,1 - 04 hm. %].

0%	BAKTÉRIE		
Inhibitor [hm. %]	<i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	<i>ESCHERICHIA COLI</i>	<i>PSEUDOMONAS AERUGINOSA</i>
	ANTIMIKROBIÁLNA ÚČINNOSŤ [%]		
Parmetol A 28			
0,1	40	30	0
0,2	65	60	20
ULTRACIDE FFOB			
0,1	0	0	0
0,2	5	0	5
0,3	55	5	20
PARMETOL N 20			
0,1	40	20	0
0,2	50	20	0
0,3	80	65	15
PARMETOL MBX			
0,1	30	0	0
0,2	60	0	0
0,3	70	0	0
0,4	90	20	15
ZINC OMADINE			
0,1	45	40	30
0,2	65	65	30
0,3	70	70	45

**Tabuľka 46** Výsledky antifungálnej účinnosti Latex ZnO 1,5% + inhibítory [0,1 - 0,4 hm. %]

ZnO 1,5 %	PLESNE	
Inhibítor [hm. %]	<i>PENICILIUM CHRYSOGENUM</i>	<i>ASPERGILLUS BRASILIENSIS</i>
	ANTIMIKROBIÁLNA ÚČINNOSŤ [%] / inhibícia [cm]	
PARMETOL A 28		
0,1	0	0
0,2	0	0
ULTRACIDE FFOB		
0,1	100 / 0,1	100 / 0,1
0,2	100 / 0,1	100 / 0,3
0,3	100 / 0,9	100 / 1,0
PARMETOL N 20		
0,1	80	75
0,2	90	90
0,3	100 / 0,3	100 / 0,2
PARMETOL MBX		
0,1	0	0
0,2	0	0
0,3	85	70
0,4	100 / 0,4	100 / 0
ZINC OMADINE		
0,1	100 / 0,2	100 / 0,4
0,2	100 / 0,6	100 / 0,6
0,3	100 / 1,0	100 / 1

**Tabuľka 47** Výsledky antifungálnej účinnosti Latex 0% + inhibitory [0,1 - 0,4 hm. %]

0%	PLESNE	
Inhibítor [hm. %]	<i>PENICILIUM CHRYSOGENUM</i>	<i>ASPERGILUS BRASILIENSIS</i>
	ANTIMIKROBIÁLNA ÚČINNOSŤ [%] / inhibícia [cm]	
PARMETOL A 28		
0,1	0	0
0,2	0	0
ULTRACIDE FFOB		
0,1	90	85
0,2	95	85
0,3	100 / 1,5	100 / 1,0
PARMETOL N 20		
0,1	0	0
0,2	85	0
0,3	100	100 / 0,4
PARMETOL MBX		
0,1	0	0
0,2	0	0
0,3	0	0
0,4	0	0
ZINC OMADINE		
0,1	70	60
0,2	80	75
0,3	100 / 0,2	100

### 4.5.3 Výsledky testovania antimikrobiálnej odolnosti syntetizovaných latexov s prídavkom inhibítora Zinc Omadine v kombinácií s 2 hm. % vybraných pigmentov

Vzhľadom k tomu, že sa ako najúčinnějšíe aditívum prejavil Zinc Omadine s aktívnou látkou zinc pyrithione, bol ďalej testovaný v kombinácií s 2 hm. % pigmentov. Výsledky sú uvedené v tabuľkách 48 – 51.

**Tabuľka 48** Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex ZnO 1,5% + Zinc pyrithione [0,1; 0,2; 0,3 hm. %] + 2 hm. % Pigmentu.

ZnO 1,5 %	BAKTÉRIE		
PIGMENT [2 hm. %] + Zinc pyrithione [hm. %]	<i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	<i>ESCHERICHIA COLI</i>	<i>PSEUDOMONAS AERUGINOSA</i>
	ANTIMIKROBIÁLNA ÚČINNOSŤ [%] / inhibícia [cm]		
Nano oxid zinočnatý			
0,1	100 / 0,6	100 / 0,5	30
0,2	100 / 0,9	100 / 0,7	40
0,3	100 / 1,1	100 / 0,8	40
Titánová bieloba			
0,1	100 / 0,7	100 / 0,6	70
0,2	95 / 0,9	100 / 0,6	60
0,3	100 / 1	100 / 0,9	70
ZnO - Zelená pečať			
0,1	100 / 0,6	100 / 0,5	60
0,2	100 / 0,6	100 / 0,7	60
0,3	100 / 0,9	100 / 0,7	70
Sulfid zinočnatý			
0,1	90	70	50
0,2	100	100 / 0,8	60
0,3	100 / 0,9	100 / 0,8	85
VK - Mg 30F			
0,1	90	100 / 0,9	75
0,2	100 / 1	100 / 0,9	80
0,3	100 / úplná	100 / 1,1	90



**Tabuľka 49** *Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex 0% + Zinc pyrithione [0,1; 0,2; 0,3 hm. %] + 2 hm. % pigmentu.*

<b>0%</b>	<b>BAKTÉRIE</b>		
<b>PIGMENT [2 hm. %] + Zinc pyrithione [hm. %]</b>	<i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	<i>ESCHERICHIA COLI</i>	<i>PSEUDOMONAS AERUGINOSA</i>
	<b>ANTIMIKROBIÁLNA ÚČINNOSŤ [%] / inhibícia [cm]</b>		
Nano oxid zinočnatý			
<b>0,1</b>	90	90	30
<b>0,2</b>	100 / 0,7	90	35
<b>0,3</b>	100 / 0,7	100	40
Titánová bieloba			
<b>0,1</b>	95	90	55
<b>0,2</b>	100 / 0,5	100 / 0,3	65
<b>0,3</b>	100 / 0,6	100 / 0,5	65
ZnO - Zelená pečať			
<b>0,1</b>	90	100 / 0,5	40
<b>0,2</b>	100	100 / 0,8	40
<b>0,3</b>	100 / 0,7	100 / 0,8	55
Sulfid zinočnatý			
<b>0,1</b>	80	30	35
<b>0,2</b>	95	65	40
<b>0,3</b>	100	100	40
VK - Mg 30F			
<b>0,1</b>	80	75	65
<b>0,2</b>	100 / 0,8	100 / 0,8	75
<b>0,3</b>	100 / 1	100 / 0,9	75

**Tabuľka 50** *Výsledky antifungálnej účinnosti Latex ZnO 1,5% + Zinc pyrithione [0,1; 0,2; 0,3 hm. %] + 2 hm. % Pigmentu*

ZnO 1,5 %	PLESNE	
	<i>PENICILIUM CHRYSOGENUM</i>	<i>ASPERGILLUS BRASILIENSIS</i>
PIGMENT [2 hm. %] + Zinc pyrithione [hm. %]	ANTIMIKROBIÁLNA ÚČINNOSŤ [%] / inhibícia [cm]	
Nano oxid zinočnatý		
0,1	100 / 0,8	100 / 0
0,2	100 / 0,8	100 / 0,4
0,3	100 / 1,0	100 / 0,7
Titánová bieloba		
0,1	100 / 1,1	100 / 0,2
0,2	100 / 1,8	100 / 0,4
0,3	100 / úplná inhib.	100 / 0,4
ZnO - Zelená pečať		
0,1	100 / 0,8	100 / 0,4
0,2	100 / 1,0	100 / 0,4
0,3	100 / 1,0	100 / 0,5
Sulfid zinočnatý		
0,1	100 / 0,9	100 / 0,3
0,2	100 / 0,9	100 / 0,3
0,3	100 / 1,1	100 / 0,9
VK - Mg 30F		
0,1	100 / 1,9	100 / 0,9
0,2	100 / úplná inhib.	100 / 1,3
0,3	100 / úplná inhib.	100 / 1,7

**Tabuľka 51** *Výsledky antifungálnej účinnosti Latex 0% + Zinc pyrithione [0,1; 0,2; 0,3 hm. %] + 2 hm % Pigmentu*

<b>0 %</b>	<b>PLESNE</b>	
<b>PIGMENT [2 hm. %] + Zinc pyrithione [hm. %]</b>	<i><b>PENICILIUM CHRYSOGENUM</b></i>	<i><b>ASPERGILLUS BRASILIENSIS</b></i>
	<b>ANTIMIKROBIÁLNA ÚČINNOSŤ [%] / inhibícia [cm]</b>	
Nano oxid zinočnatý		
<b>0,1</b>	90	65
<b>0,2</b>	100	90
<b>0,3</b>	100 / úplná inhib.	100 / 0,2
Titánová bieloba		
<b>0,1</b>	90	85
<b>0,2</b>	100	90
<b>0,3</b>	100 / 0,5	100
ZnO - Zelená pečat'		
<b>0,1</b>	90	90
<b>0,2</b>	100	90
<b>0,3</b>	100 / 1,5	100 / 0,1
Sulfid zinočnatý		
<b>0,1</b>	80	70
<b>0,2</b>	100	95
<b>0,3</b>	100 / 0,4	100
VK - Mg 30F		
<b>0,1</b>	90	85
<b>0,2</b>	100 / 0,5	90
<b>0,3</b>	100 / úplná inhib.	100 / 0,5

#### 4.5.4 Testovanie antimikrobiálnej odolnosti formulovaných interiéroých náterových hmôt

Pre testovanie antimikrobiálnej odolnosti formulovaných NH bola zvolená kombinácia pigmentu ZnO – zelená pečať pri OKP 13 % a Titánová bieloba pri OKP 2 %. Formulácie boli testované bez biocídov a s prídavkom 0,1 a 0,3 hm. % Zinc pyrithionu. Výsledky sú uvedení v tabuľkách 52 a 53.

**Tabuľka 52** Výsledky antimikrobiálnej účinnosti formulovaných interiéroých náterových hmôt.

Interiéroé náterové hmoty	BAKTÉRIE		
	<i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i>	<i>ESCHERICHIA COLI</i>	<i>PSEUDOMONAS AERUGINOSA</i>
	ANTIMIKROBIÁLNA ÚČINNOSŤ [%]		
LZnO + 13 % OKP ZnO + 2 % OKP TiO <sub>2</sub>			
0 % ZP	100	95	90
0,1 % ZP	100	100	100
0,3 % ZP	100	100	100
L0 + 13 % OKP ZnO + 2 % OKP TiO <sub>2</sub>			
0 % ZP	50	95	30
0,1 % ZP	100	95	80
0,3 % ZP	100	100	100
AXILAT 2802 + 13 % OKP ZnO + 2 % OKP TiO <sub>2</sub>			
0 % ZP	40	65	70
0,1 % ZP	100	100	100
0,3 % ZP	100	100	100
AXILAT 6402 + 13 % OKP ZnO + 2 % OKP TiO <sub>2</sub>			
0 % ZP	75	95	30
0,1 % ZP	100	100	90
0,3 % ZP	100	100	100

**Tabuľka 53** *Výsledky antifungálnej účinnosti formulovaných interiérových náterových hmôt.*

Interiérové náterové hmoty	PLESNE	
	<i>PENICILIUM CHRYSOGENUM</i>	<i>ASPERGILLUS BRASILIENSIS</i>
	ANTIMIKROBIÁLNA ÚČINNOSŤ [%] / inhibícia [cm]	
ZnO + 13 % OKP ZnO + 2 % OKP TiO <sub>2</sub>		
<b>0 % ZP</b>	90	100
<b>0,1 % ZP</b>	100 / 0,7	100 / 0,4
<b>0,3 % ZP</b>	100 / 0,9	100 / 0,7
L0 + 13 % OKP ZnO + 2 % OKP TiO <sub>2</sub>		
<b>0 % ZP</b>	60	100
<b>0,1 % ZP</b>	100 / 0,4	100 / 0,4
<b>0,3 % ZP</b>	100 / 0,5	100 / 0,4
AXILAT 2802 + 13 % OKP ZnO + 2 % OKP TiO <sub>2</sub>		
<b>0 % ZP</b>	90	80
<b>0,1 % ZP</b>	100 / 0,2	100 / 0,3
<b>0,3 % ZP</b>	100 / 0,4	100 / 0,4
AXILAT 6402 + 13 % OKP ZnO + 2 % OKP TiO <sub>2</sub>		
<b>0 % ZP</b>	100	100
<b>0,1 % ZP</b>	100 / 0,4	100 / 0,8
<b>0,3 % ZP</b>	100 / 0,8	100 / 0,8

#### 4.6. Výsledky odolnosti voči oteru pre formulované interiérové náterové hmoty

Vzorky pre testovanie oteru vzdornosti boli nanesené na lenety, pravítkom o šírke štrbiny 250  $\mu\text{m}$  v troch vrstvách priemerná hrúbka suchých náterových filmov bola  $150 \pm 10 \mu\text{m}$ . Testovanie bolo vykonané na automatickom prístroji, podľa kapitoly 3.5.1. Výsledky testu sú uvedené v tabuľke 54.

**Tabuľka 54** *Výsledky priemerného úbytku hrúbky náterového filmu po otere za mokra*

Spojivo	Priemerný úbytok hrúbky filmu [ $\mu\text{m}$ ]
LZn	18,34
L0	18,98
AX2	19,26
AX3	19,11

## 5 DISKUSIA VÝSLEDKOV

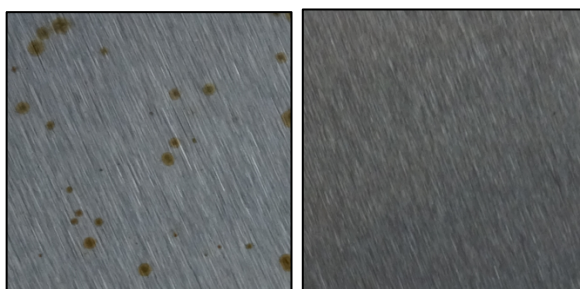
### 5.1 Hodnotenie charakteristických vlastností spojív

U syntetizovaných spojív samo sieťujúcich akrylových latexov s obsahom nanočastíc ZnO (LZn) a latexu bez obsahu nanočastíc (L0), bola okrem základných vlastností, ako je viskozita, pH, sušina, hustota a MFT navyše stanovená aj veľkosť prítomných častíc, obsah popola a  $\zeta$ -potenciál. Stanovením obsahu popola bol na základe znalosti teoretickej hodnoty (1,5%) obsahu nanočastíc vypočítaný skutočný obsah (0,898 %) nanočastíc ZnO prítomných v syntetizovanom spojive (Tabuľka 9). Hodnota  $\zeta$ -potenciálu -32,6 mV pre LZn a -39 mV pre L0, dokazuje, že sú disperzie stabilné a netvorí zhluky.

Z tabuľky 8 v kapitole 4.1.1. je vidieť, že obsah sušiny všetkých spojív je podobný, hodnoty sa pohybujú v rozmedzí 40 - 55 %. Hodnoty pH boli u všetkých spojív veľmi blízke a pohybovali sa prevažne v neutrálnej až slabo zásaditej oblasti (7,76 – 8,44), jedine spojivo urethanizovanej alkydovej emulzie Hydrospol D 101 (HDS), malo pH v kyslejšej oblasti (5,34). Viskozita spojív bola výrazne odlišná, syntetizované spojiva vykazovali omnoho nižšie hodnoty ako porovnávacie. Najvyššiu hodnotu viskozity malo styrén - akrylové spojivo Axilat 2431 (AX1) (510 mPa.S). Ako posledné boli merané hodnoty minimálnej filmotvornej teploty, ktoré boli u syntetizovaných spojív až trojnásobne nižšie, čo predstavovalo veľkú výhodou pri zhotovovaní filmov, kedy nebolo nutné používať koalescenty. Okrem základných vlastností spojív bola stanovená aj ich odolnosť voči tvorbe osmotických bublín, test bleskovej korózie a sledovanie zmien dekoratívnych vlastností a priľnavosti po vystavení náhlym teplotným zmenám.

#### 5.1.1 Hodnotenie spojív testom bleskovej korózie

Zrýchlený test spojív voči tvorbe bleskovej korózie bol vykonaný podľa postupu uvedenom v kapitole 3.4.8. Výsledky testu sú uvedené v tabuľke 10. Zrýchleným testom bleskovej korózie čistých spojív, sa preukázalo že syntetizované spojiva prejavujú len malý sklon k tvorbe bleskovej korózie (3 %). Táto vlastnosť by sa dala vylepšiť pridaním malého množstva inhibítora bleskovej korózie (IBK), ktorý posúva pH do alkalického oblasti. Na obrázku 31 sú uvedené fotky spojiva LZn čistého a s prídavkom 0,5 % IBK.



**Obrázok 31** Syntetizované spojivo LZn bez prídavku IBK 3 % (vľavo) a s prídavkom 0,5 % IBK 0,01 % (vpravo).

### **5.1.2 Hodnotenie odolnosti spojív vystatvovaniu náhlym teplotným zmenám a podrobeniu „Sandwich“ testu**

V teste odolnosti voči náhlym teplotným zmenám, obstáli všetky spojivá veľmi dobre, príľnavosť ani dekoratívne vlastnosti spojív sa po 25 cykloch nezmenili (Tabuľka 11) .

Takisto v teste sledovania tvorby osmotických bublín „Sandwich“ test, nedošlo k tvorbe bublín po 15 dňoch v expozícii v 40°C a 100 % vlhkosti, akurát u porovnávacích spojív AX1 a EPX došlo k zabieleniu náteru, čo svedčí o ich väčšej nasiakavosti vodou. Pre sledovanie by bolo nutné podrobiť vzorky ďalším testovacím cyklom. Z dôvodu neprítomnosti osmotických bublín neboli uvedené výsledky.

## **5.2 Hodnotenie výsledkov fyzikálne – mechanických, chemických a vizuálnych vlastností spojív**

Hodnotenie vzhľadu prebiehalo na sklenených paneloch podľa kapitoly 3.4.2 a výsledky sú uvedené v tabuľke 12. Syntetizované spojivá vykazovali voči porovnávacím výrazne lepšie vzhľadové vlastnosti, zhotovené nátery mali rovnomerne zliaty povrch boli hladké, bez častíc, bez zákalu a bublín. Porovnávacie spojivá AX1 a HDS mali filmy prevažne časticové a s bublinkami, filmy spojiva EPX boli navyše mierne zakalené. Všetky porovnávacie spojivá mali oproti syntetizovaným povrch filmov nerovnomerný so stopami po pravítku a občasnými prasklinami.

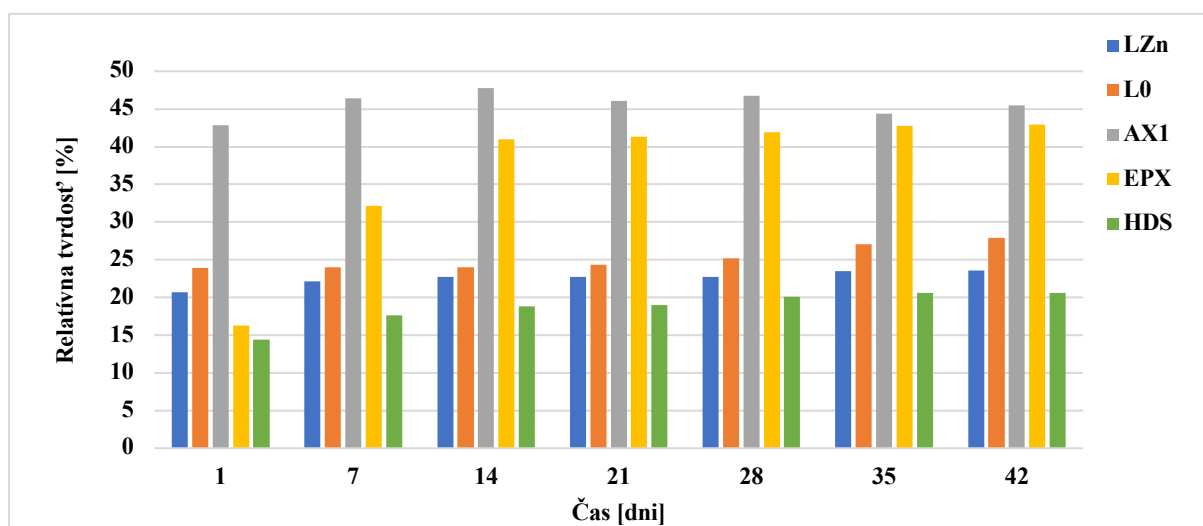
Výsledky hrúbky náterového filmu sú uvedené v tabuľke 13. Hrúbka suchých filmov sa pohybovala vždy okolo  $40 \pm 10$   $\mu\text{m}$ . Vzhľadom k faktu, že boli nátery zhotovené pravítkom o šírke štrbiny 150  $\mu\text{m}$  a sušina všetkých spojív bola približne 40 - 50 %, boli tieto hodnoty predpokladateľné.



Lesk náterových filmov spojív bol hodnotený v závislosti na čase výsledky merania sú uvedené v kapitole 4.2.3 v tabuľke 14. Lesk sa v priebehu merania u žiadneho z testovaných spojív výrazne nemenil. Všetky spojivá vykazovali podľa normy ČSN 67 3063 ISO 2813 vysoký lesk, pretože pri geometrii 60° nebola dosiahnutá nižšia hodnota čísla lesku ako 70 %. Priemerná hodnota čísla lesku u syntetizovaných spojív pri geometrii 60° bola  $138 \pm 5 \%$ , u porovnávacích spojív boli hodnoty o niečo vyššie priemerne sa pohybovali v rozmedzí  $149 - 161 \pm 5 \%$ .

### 5.2.1 Hodnotenie relatívnej povrchovej tvrdosti spojív

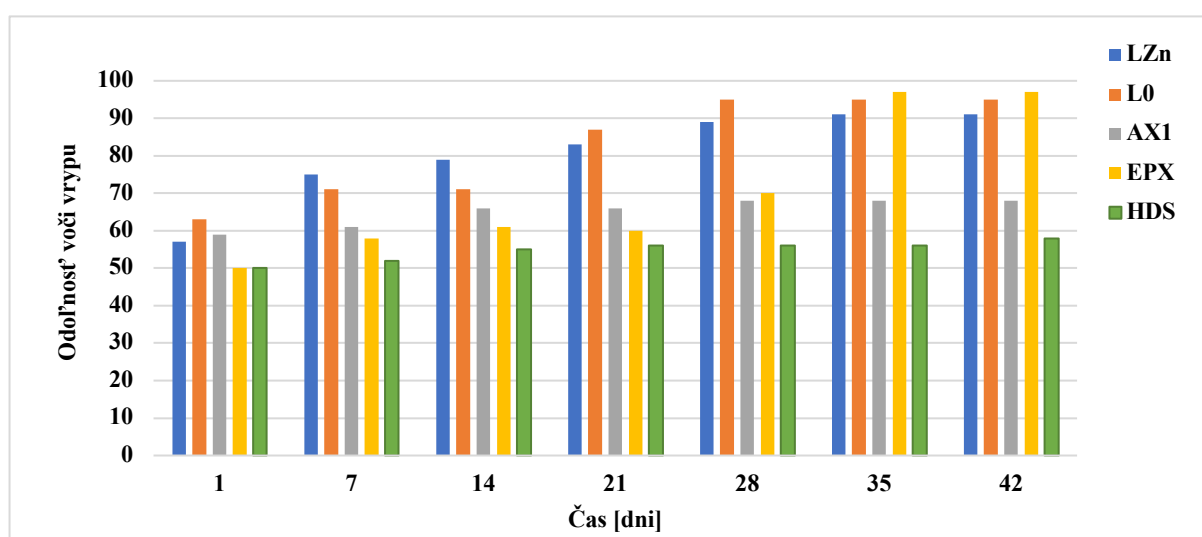
Povrchová tvrdosť bola meraná kyvadlový prístrojom podľa postupu uvedenom v kapitole 3.4.4. Z nameraných hodnôt uvedených v tabuľke 16 je zrejmé, že povrchová tvrdosť syntetizovaných latexov sa menila v čase len minimálne. Z obrázku 32 je viditeľné, že už po prvom dni zasychania dosahovali nátery syntetizovaných latexov zhruba 90 %, relatívnej tvrdosti, ktorú vykazovali po 42 dňoch. Povrchová tvrdosť bola počas merania priemerne konštantná a len veľmi málo sa zvyšovala. Avšak v niektorých prípadoch boli stanovené hodnoty mierne vychýlené, čo mohlo byť spôsobené napr. zmenou vlhkosti a teploty prostredia či okolitými rušivými elementami. Porovnávacie styren-akrylové spojivo AX1 vykazovalo v prvý deň najvyššiu hodnotu tvrdosti (42,88 %) jeho hodnoty v čase mierne kolísali. Spojivá EPX a HDS javili po prvom dni veľmi nízke hodnoty, ktoré sa v čase lineárne zvyšovali, až kým nedosiahli konštantných hodnôt. Vzhľadom k inému mechanizmu ich zasychania a vytvrdzovania boli takto meniace sa hodnoty predpokladateľné.



Obrázok 32 Zmena relatívnej povrchovej tvrdosti filmov spojív v čase.

## 5.2.2 Hodnotenie odolnosti filmov spojív voči vrypu podľa Buchholza

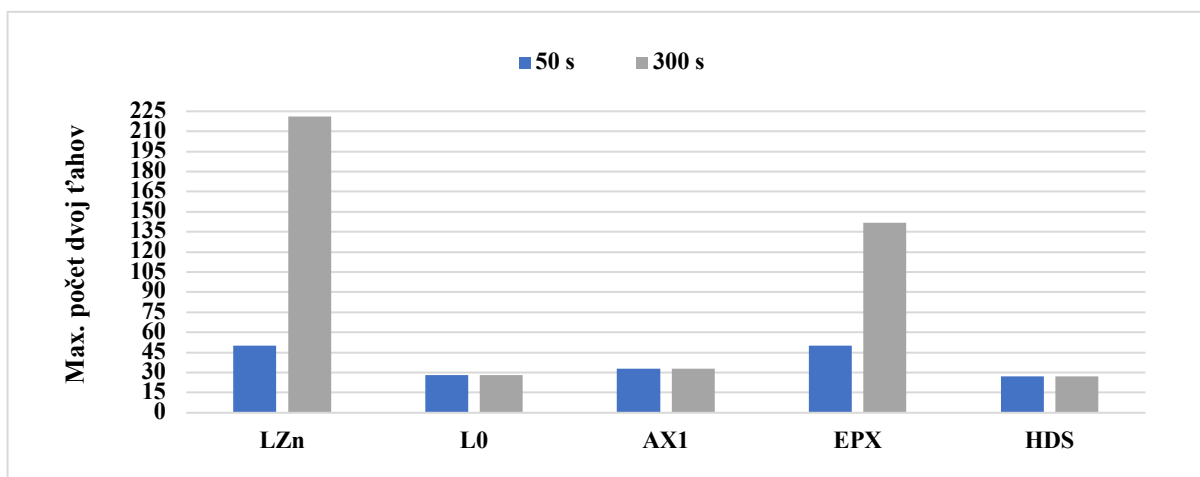
Odolnosť voči vrypu bola sledovaná v závislosti na čase. Stanovenie prebiehalo podľa postupu uvedenom v kapitole 3.4.5 a výsledky merania sú zaznamenané v tabuľke 18. Hodnoty odolnosti voči vrypu v čase sú znázornené aj na obrázku 33, kde je možné vidieť, že hodnoty u všetkých spojív stúpali prevažne lineárne. Jedine u spojiva EPX došlo po 35 dňoch k výraznému nárastu odolnosti, ktorý do ďalšieho merania zostal konštantný, toto spojivo vykazovalo po 42 dňoch merania najvyššiu hodnotu odolnosti (97). Vzhľadom k tomu, že spojivo EPX zasychá chemicky, boli takéto hodnoty očakávané. Veľmi vysoké odolnosti voči vrypu vykazovali po 42 dni aj syntetizované spojivá ich hodnoty boli viac ako 90.



Obrázok 33 Odolnosť filmov spojív voči vrypu podľa Buchholza v čase.

## 5.2.3 Hodnotenie spojív voči odolnosti MEK

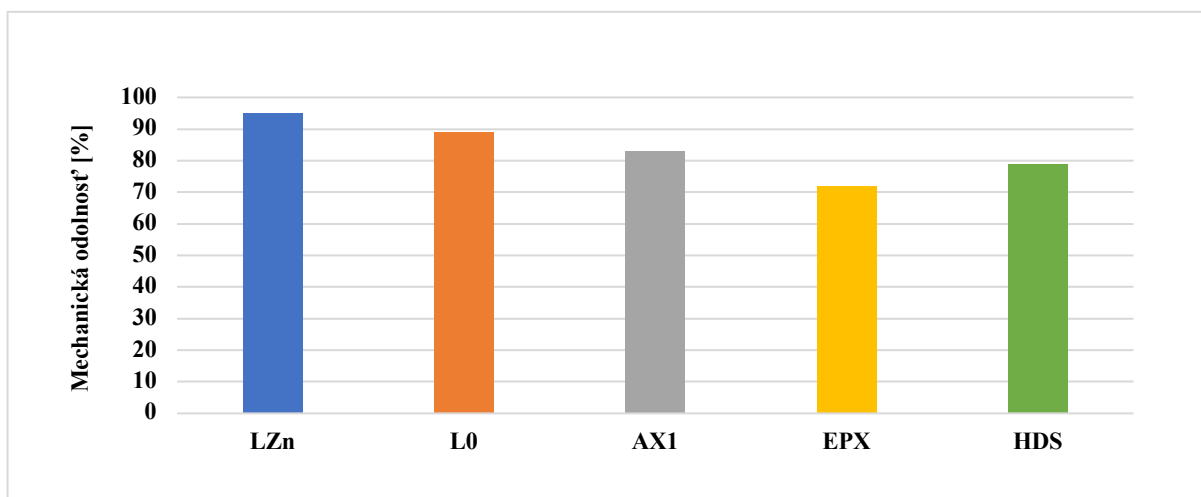
Odolnosť voči methylethylketónu je jednou zo skúšok chemickej odolnosti. Test bol vykonaný podľa postupu uvedenom v kapitole 3.4.7. Z výsledkov zaznamenaných v tabuľke 20 je vidieť, že syntetizované spojivo LZn a porovnávacie spojivo EPX vykazovali po 50 sekundách stupeň odolnosti 4, čo znamená že nedošlo k výrazným zmenám, povrch náteru sa nepoškodil, došlo len k vylešteniu. U ostatných spojív (L0,AX1,HDS) došlo k predreniu až na podklad, za dobu kratšiu ako 50 sekúnd a preto boli ohodnotené stupňom 0. V druhej časti testovania bol zisťovaný maximálny počet tzv. dvojťahov (1 dvojťah = 1 sekunda) do predrenia na podklad v čase 300 sekúnd. Hodnoty počtu dvojťahov sú znázornené na obrázku 34, s ktorého je viditeľné, že najvyššiu hodnotu maximálneho počtu dvojťahov malo syntetizované spojivo LZn (221), čo dokazuje jeho zlepšenú chemickú odolnosť voči porovnávacím spojivám.



Obrázok 34 Odolnosť filmov spojív voči MEK

#### 5.2.4 Hodnotenie mechanickej odolnosti nepigmentovaných spojív

Stanovenie odolnosti náteru pri deformácií úderom, odolnosť náteru pri ohybe, odolnosť hĺbeniu v Erichsenovom prístroji a príľnavosť mriežkovou metódou, boli stanovené podľa postupu v kapitolách 3.5.2 – 3.5.5. Výsledky celkovej mechanickej odolnosti spojív sú uvedené v tabuľke 21 a vyobrazené na obrázku 35. Všetky spojivá vykazovali výbornú odolnosť voči hĺbeniu v Erichsonovom prístroji. Hodnoty prieniku oceľovej guľičky bez poškodenia náteru boli stanovené u všetkých spojív 10 mm. Nad túto hodnotu už dochádza k deformácií kovového podkladu. Výbornú odolnosť voči ohybu vykazovali všetky akrylové spojivá (LZn, L0, AX1), ktoré odolali bez zjavného poškodenia náteru ohybu cez tŕň o najmenšom priemeru 4 mm. Spojivo EPX a HDS pri ohybe na tŕni 4 mm jemne popraskali, preto boli testované na tŕni s priemerom 6 mm, kde už žiadne známky poškodenia nevykazovali. Test úderom padajúceho závažia bol vykonaný z rubu aj lícu náteru, hodnoty pre líc boli u všetkých spojív vyššie ako v prípade rubu. Najnižšiu odolnosť voči pádu závažia vykazovalo spojivo EPX, ktoré popraskalo už pri výške pádu 5 cm (rub). Všetky spojivá javili výbornú príľnavosť k podkladu, spojivo LZn a HSD nemali pri vytvorení mriežky žiadne známky poškodenia, preto boli ohodnotené stupňom 0. Ostatné spojivá mali štvorčeky nepatrne poškodené, ale ich poškodenie nepresahovalo viac ako 5 %. Najvyššia mechanická odolnosť bola stanovená u syntetizovaného spojiva LZn.

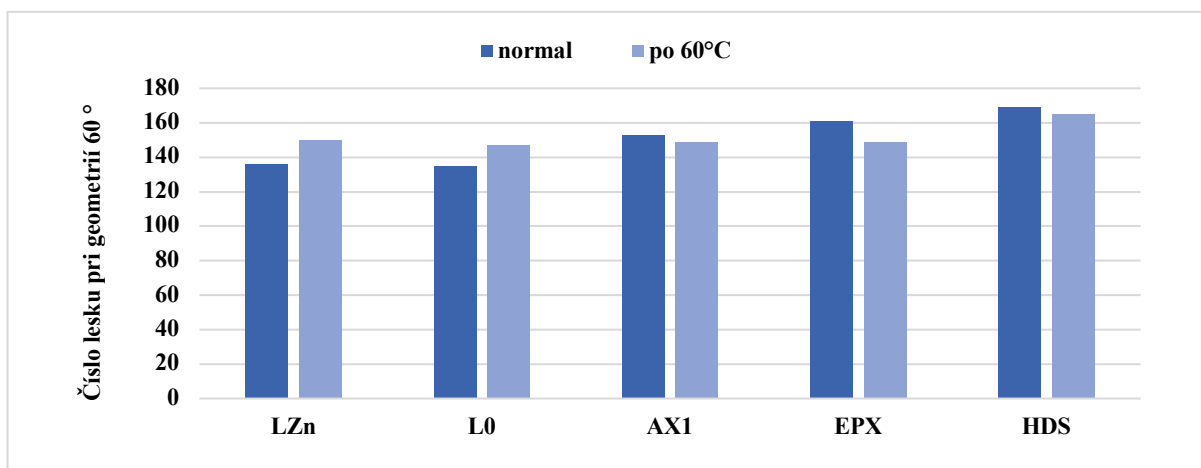


Obrázok 35 Celková mechanická odolnosť filmov nepigmentovaných spojív.

### 5.2.5 Hodnotenie zmeny fyzikálne - mechanických a vizuálnych vlastností náterových filmov spojív po vystavení zvýšenej teplote.

Pre zistenie zmien vlastností filmov spojív po vystavení zvýšenej teplote bol vykonaný test popísaný v kapitole 3.3.8. U spojív po 6 cykloch v expozícií pri 60 °C bol sledovaný vznik koagulátu, boli zhotovené náterové filmy, u ktorých sa sledovala zmena vizuálnych vlastností, povrchovej tvrdosti, odolnosti voči vrypu a zmena lesku v porovnaní so spojivom bez expozície pri zvýšenej teplote. V prvom rade bol zisťovaný vznik koagulátu, ktorý vznikol len u spojiva AX1, čo sa preukázalo na zhoršení jeho vizuálnych vlastností, kedy sa na filme objavovalo viac častíc a bubliniek. U ostatných spojív koagulát nevznikal. V tabuľke 12 sú uvedené hodnoty vzhľadu, s ktorých je očividné, že u syntetizovaných spojív a spojiva EPX nedošlo k žiadnej zmene vzhľadu filmu. Spojivo HDS malo po vystavení zvýšenej teplote filmy mierne zakalené, oproti filmom zhotovených s spojivom pred testom.

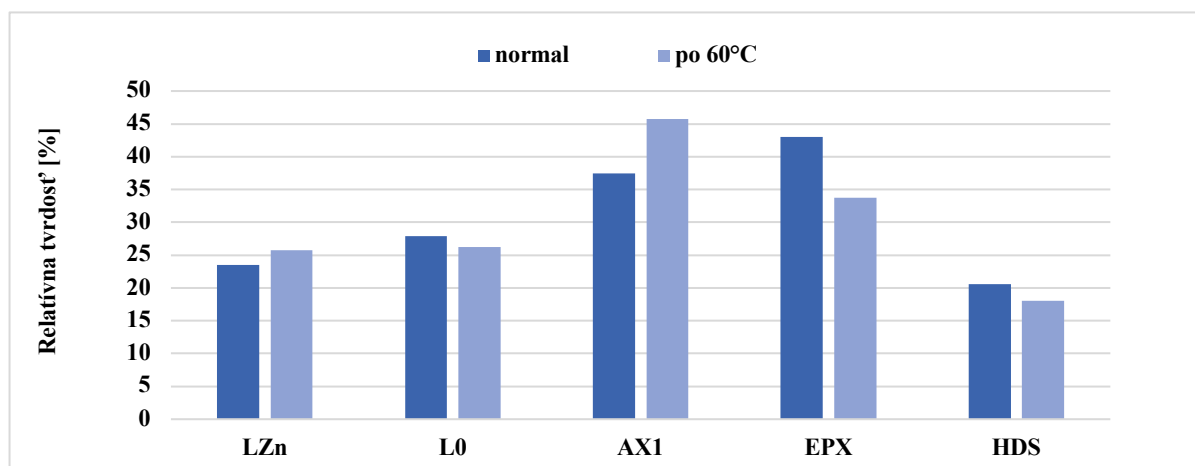
Ďalej bola na filmoch sledovaná zmena lesku v čase, rovnako ako u spojív pred vystavením zvýšenej teplote nedochádzalo v čase k výrazným zmenám, výsledky sú uvedené v tabuľke 15. Pre porovnanie zmeny oproti spojivám bez vystavenia zvýšenej teplote boli hodnoty po 42 dni, resp. po ukončení merania vyobrazené na obrázku 36.



**Obrázok 36** Číslo lesku pri geometrii 60 ° pre filmy spojív pred a po expozícií v 60 °C.

### 5.2.5.1 Hodnotenie zmeny relatívnej povrchovej tvrdosti a odolnosti voči vrypu po vystavení zvýšenej teplote

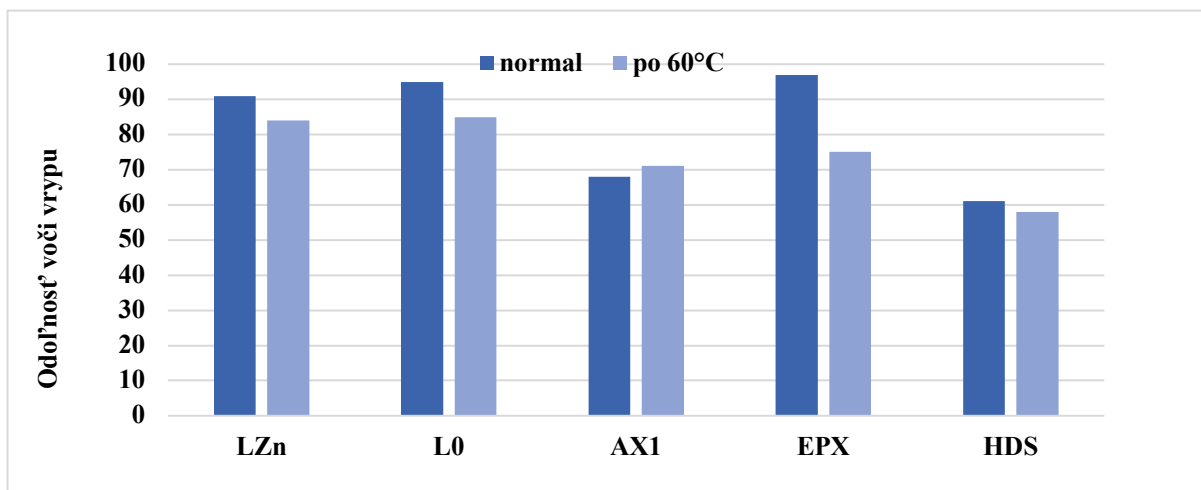
Výsledky relatívnej povrchovej tvrdosti filmov spojív vystavených pôsobeniu zvýšenej teplote sú uvedené v tabuľke 17. Z tabuľky je zjavné, že povrchová tvrdosť sa v čase opäť menila len minimálne. Pre porovnanie boli hodnoty s posledného dňa merania pred a po expozícií 60° znázornené na obrázku 37, z ktorého je zrejmé, že nedošlo k výrazným zmenám. U syntetizovaných spojív a spojiva HDS sa výsledná tvrdosť odlišovala priemerne len o 5 %. U spojiva EPX a AX1 bola zmena o niečo výraznejšia, hodnoty tvrdosti u epoxidu poklesli približne o 10 % u AX1 sa hodnota naopak zvýšila približne o 7 %.



**Obrázok 37** Relatívna povrchová tvrdosť filmov spojív pred a po expozícií v 60°C po 42 dňoch po nanosení.

Na obrázku 38 je znázornený rozdiel v odolnosti voči vrypu pre spojivá za normálnych podmienok a spojivá po vystavení zvýšenej teplote. U hodnotenia odolnosti voči vrypu došlo

k miernemu zníženiu odolnosti u oboch syntetizovaných spojív a u porovnávacích spojív EPX a HDS. U spojiva AX1 bola hodnota tak isto ako aj v prípade relatívnej tvrdosti naopak zvýšená. Hodnoty odolnosti sú uvedené v tabuľke 19, ktorá ukazuje že hodnoty sa mierne zvyšovali do 28 dňa, po tejto dobe boli hodnoty prevažne ustálené.

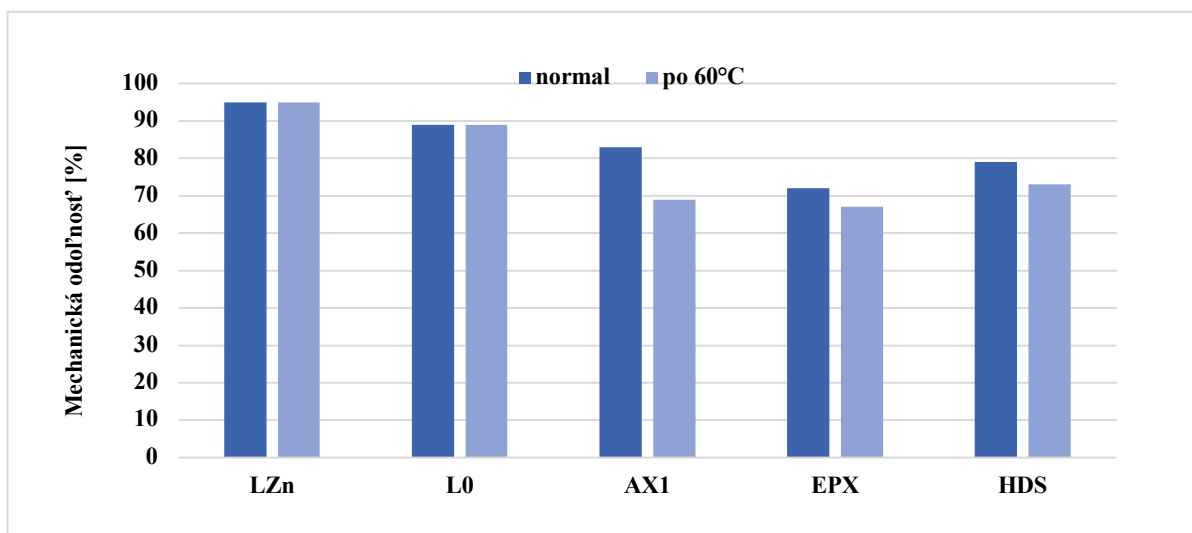


Obrázok 38 Odolnosť filmov spojív voči vrypu pred a po expozícií v 60°C po 42 dňoch po nanosení

#### 5.2.5.2 Hodnotenie mechanickej odolnosti filmov po vystavení zvýšenej teplote

Spojivá po vystavení zvýšenej teplote, boli rovnako ako obyčajné spojivá podrobené mechanickým testom. Výsledky tohoto testu sú uvedené v tabuľke 22. Pre porovnanie boli hodnoty mechanickej odolnosti spojív pred a po expozícií v 60 °C znázornené na obrázku 39. Z grafu môžeme vyčítať, že syntetizované spojivá obstáli v tomto teste výborne, ich mechanická odolnosť sa po vystavení zvýšenej teplote nijak nezmenila. Znížene výsledky boli zistené u všetkých porovnávacích spojív, najväčšie zníženie nastalo u spojiva AX1, u ktorého sa hodnota znížila až o 14 %, táto zmena by mohla súvisieť zo zvýšenou tvrdosťou, kedy sa film mohol stať krehčím. Ďalej to bolo spojivo HDS so 6 % a nakoniec EPX, ktorého odolnosť sa znížila o 5 % .

Z výsledkov je možné usúdiť, že zvýšenie teploty vplyva na vzhľad filmu a jeho lesk len minimálne, v niektorých prípadoch dokonca došlo k zlepšeniu. Ani zmena fyzikálne mechanických vlastností nebola nijak výrazná. Dalo by sa teda usúdiť že spojivá sú po určitú dobu voči zvýšenej teplote odolné, avšak pre podrobnejšie skúmanie by bolo nutné vykonať viac cyklov.



Obrázok 39 Celková mechanická odolnosť filmov spojív pred a po expozícií v 60°C, 42 dní po nanosení

### 5.3. Hodnotenie výsledkov fyzikálne – mechanických a chemických skúšok antikorózných náterových hmôt

V tejto kapitole bolo vykonané vyhodnotenie fyzikálne – mechanických a chemických vlastností náterových filmov pigmentovaných spojív, metódami, ktoré sú uvedené v kapitolách 3.4 a 3.5. Konkrétne ide o relatívnu povrchovú tvrdosť, zmeny lesku, odolnosť voči MEK, tvorbe BK a mechanické skúšky pozostávajúce z vyhodnenia odolnosti náterových filmov pri deformácií úderom, pri ohybe, hĺbením v Erichsenovom prístroji a priľnavosť náterového filmu mriežkovou metódou.

Pre testovanie syntetizovaných spojív ako antikorózných NH boli vybrané 2 bariérovo pôsobiace pigmenty: MASTEK ( $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ) – MST s lamelárnymi časticami a WOLLASTONIT ( $\text{CaSiO}_3$ ) – WOLL s časticami ihlicovými. Ďalej boli vybrané klasické antikorózne pigmenty pôsobiace chemicky: HEUCOPHOS CAPP ( $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ) - CAPP, HEUCOPHOS CMP ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  a  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ ) – CMP a HEUCOPHOS CHP ( $\text{CaHPO}_4$ ) – CHP.

Porovnávacie spojivá boli formulované s pigmentom CMP. Ako plnivo pre OKP 10 % bol vybraný PLASTORIT MICRO (zmes  $\text{SiO}_2$ ,  $(\text{Mg,Fe,Li})\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$  a  $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ) pre OKP 5 % HEMATIT BAYFERROX 120M ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Pre dosiahnutie Q 50 % bol použitý OMYACARB 2-VA ( $\text{CaCO}_3$ ).

### 5.3.1 Hodnotenie lesku antikoročných náterových filmov

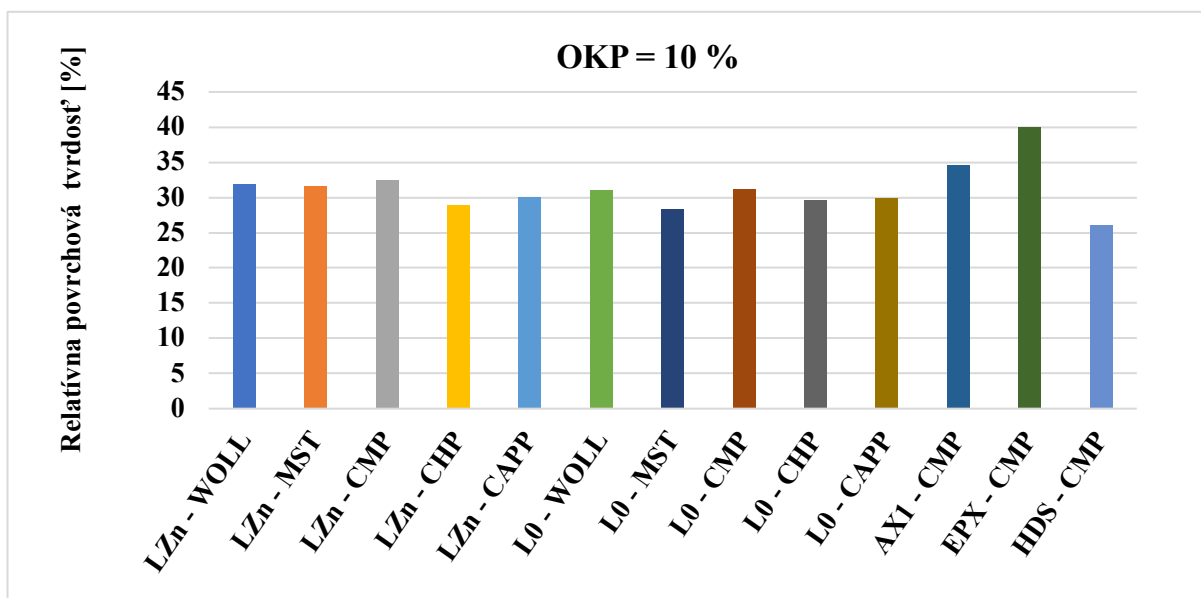
Hodnoty lesku filmov antikoročných NH boli merané pri geometriách 20°, 60° a 85°. Meranie začalo 24 hodín od aplikácie náterov na sklenené panely a pokračovalo v 7 a 28 deň po nanosení. Výsledky merania lesku sú uvedené kapitole 4.3.1 v tabuľke 23. Pigmentované filmy oproti čistým spojivám vykazovali výrazne nižšie hodnoty lesku. V čase sa hodnoty lesku u pigmentovaných spojív výrazne nemelili. Všetky filmy syntetizovaných spojív pri oboch dvoch koncentráciách antikoročného pigmentu by sa dali považovať za polomatné, pretože pri geometriách 60° boli ich hodnoty čísla lesku nižšie ako 70 %. Takisto by sa dalo popísať spojivo EPX. Porovnávacie spojiva HDS a AX1 mali pri geometriách 60° čísla lesku nižšie alebo rovné 10, ich filmy sa teda dajú považovať za matné.

### 5.3.2 Hodnotenie povrchovej tvrdosti antikoročných náterových filmov

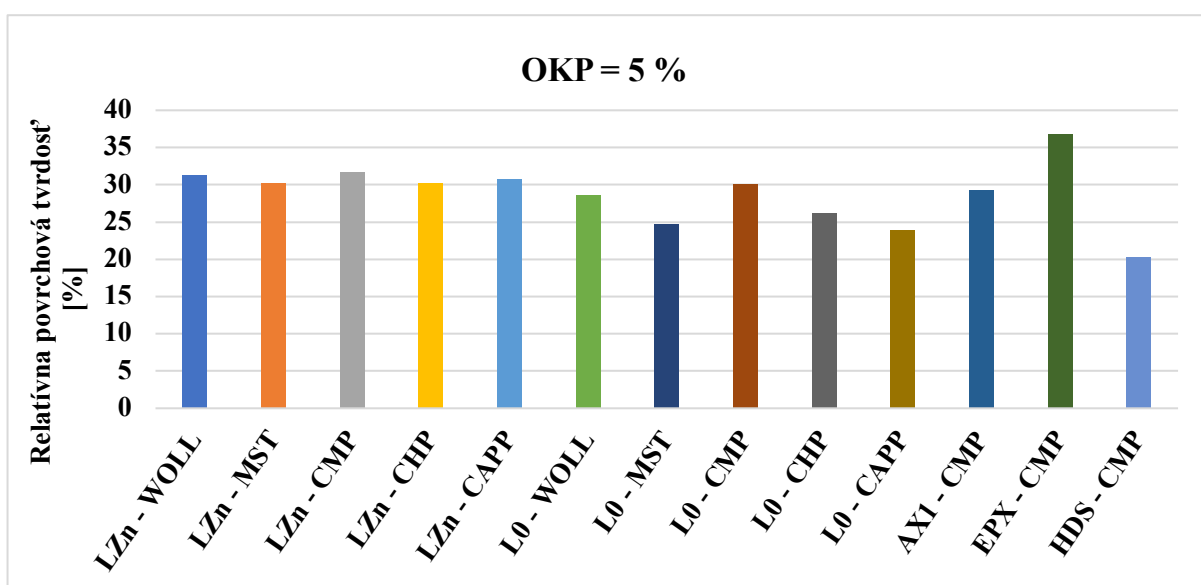
Povrchová tvrdosť pigmentovaných náterov bola stanovená podľa postupu v kapitole 3.4.4. Výsledky boli zaznamenávané v čase vždy 1. 7. a 28. deň (Tabuľka 24). Relatívna povrchová tvrdosť u všetkých filmov akrylových latexov (LZn, L0, AX1) pri OKP 10 % narástla po 7 dňoch merania približne o 5 - 7 % a ďalej sa nezvyšovala. Spojivo EPX zasychajúce chemicky vykazovalo medzi 1. a 7. dňom výraznejší nárast, až o 14 %. Naopak spojivo HDS malo približne rovnaké hodnoty v každom časovom intervale merania. U NH s OKP 5 % sa vo väčšine prípadov hodnoty v čase výrazne nemenili. Väčšie zmeny z 1. na 7. deň nastali len u spojiva LZn v kombináciách s pigmentami CHP a CAPP, nárast tvrdosti však nebol väčší ako 5 %. Väčší nárast bol pozorovaný aj u spojiva L0 v kombináciách s pigmentom MST a CAPP, kde došlo k zvýšeniu tvrdosti o 5 - 7 %, u pigmentu CMP až o 10 %. U spojiva EPX došlo opäť k výraznejšej zmene oproti fyzikálne zasychajúcim spojivám v tomto prípade o 19 %.

Hodnoty s posledného dňa merania sú znázornené na obrázku 40 pre OKP 10 % a obrázku 41 pre OKP 5%. Z obrázkov je možné vyčítať že výsledná tvrdosť bola u všetkých vzoriek vyššia v prípade OKP 10 %. Zjavne z dôvodu použitia plniva Plastorit, ktoré obsahuje zložky tvrdšie ako je  $Fe_2O_3$ . U syntetizovaných spojív, kde bolo použitých viacero pigmentov sa prejavila najvyššia tvrdosť u pigmentu CMP pri oboch koncentráciách OKP, pigment obsahuje fosforečnan horečnatý, ktorý môže tvrdosť zvyšovať.





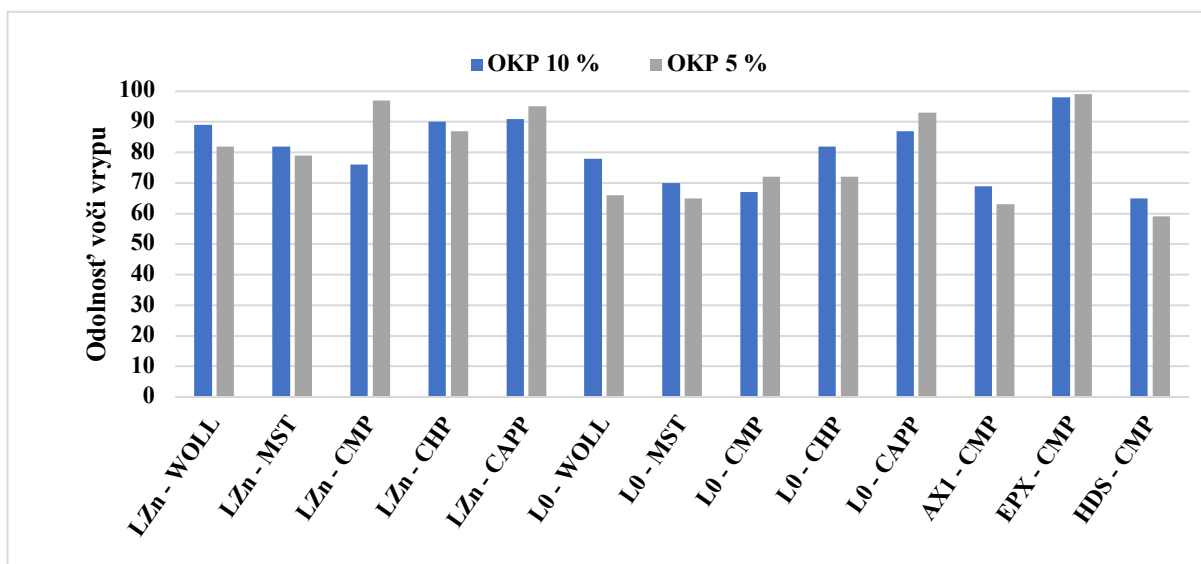
Obrázok 40 Relatívna povrchová tvrdosť pigmentovaných filmov v čase 28 dní po nanosení náterov. OKP = 10 %, Q = konšt. (50), plnivo Plastorit



Obrázok 41 Relatívna povrchová tvrdosť pigmentovaných filmov v čase 28 dní po nanosení náterov. OKP = 5 %, Q = konšt. (50), plnivo Hematit

### 5.3.3 Hodnotenie Buchholzovej vrypovej skúšky

Buchholzova vrypová skúška bola vykonaná podľa kapitoly 3.4.5. Výsledky s tejto skúšky sú uvedené v tabuľke 25. Testovanie odolnosti voči vrypu bolo sledované v čase u všetkých vzoriek šírka vrypu v mm klesala lineárne. Výsledky odolnosti voči vrypu s posledného da merania sú uvedené na obrázku 42. Na obrázku môžeme vidieť, že najvyššiu odolnosť voči vrypu malo chemicky zasychajúce spojivo EPX pri OKP 5 % s hodnotou 99.

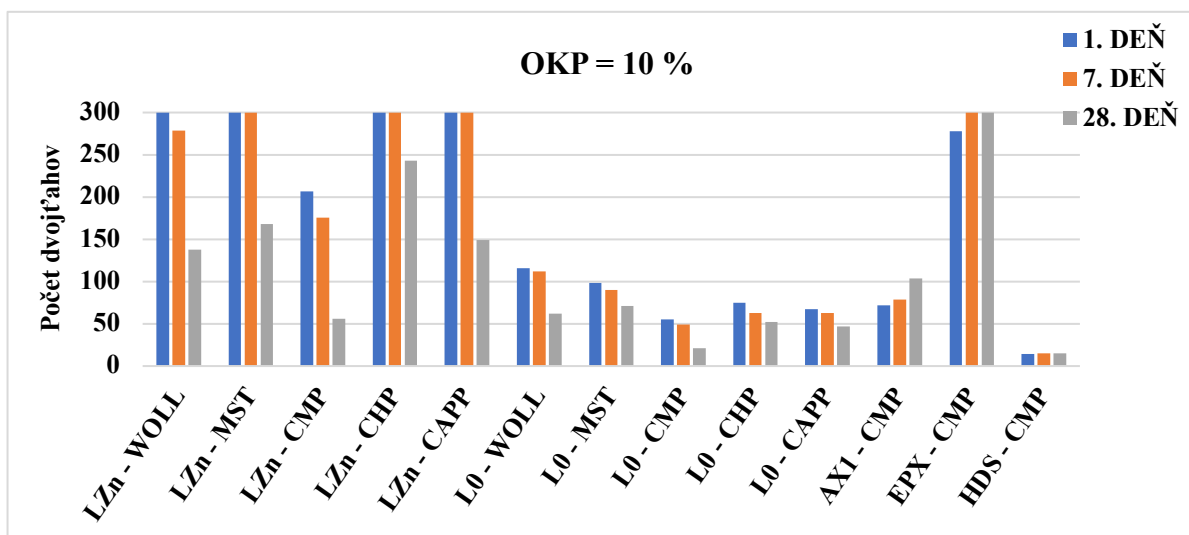


**Obrázok 42** Odolnosť antikorózných náterov voči vrypu pri OKP 5 % s plnivom Hematit a OKP 10 % s plnivom Plastorit, Q = konst. = 50 %

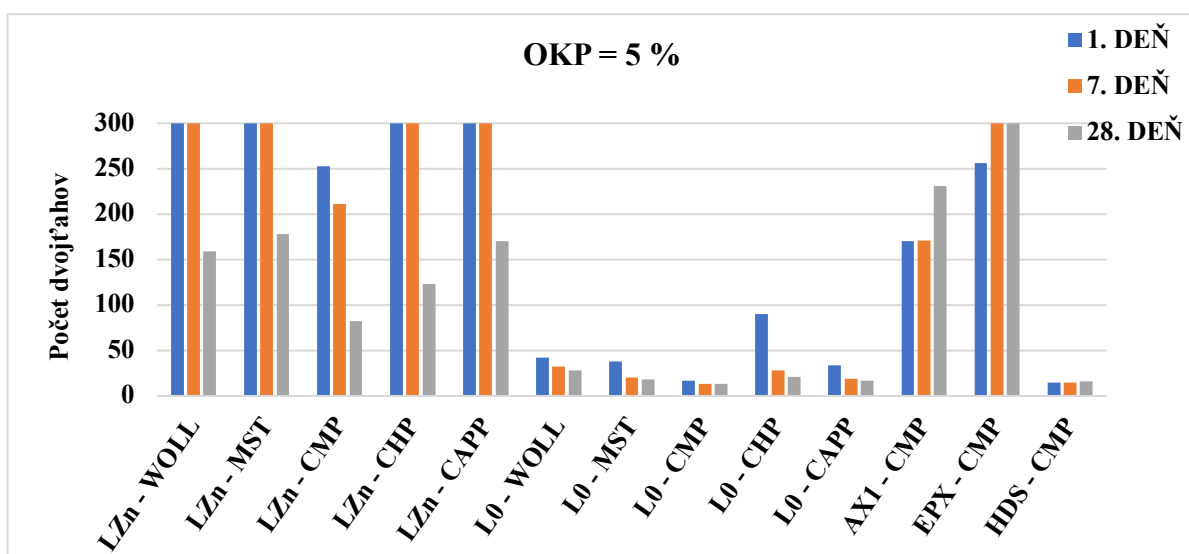
### 5.3.4 Hodnotenie odolnosti antikorózných náterov voči MEK

Odolnosť voči MEK bola stanovená v čase. Prvé stanovenie bolo vykonané 24 hodín po nanesení náterov ďalšie dve po 7 a 28 dňoch. Odolnosť bola stanovovaná v čase 50 sekúnd, kde sa zaznamenával stupeň poškodenia a v čase 300 sekúnd, kedy sa zaznamenával maximálny počet tzv. dvojtáhov (1dvojtáh = 1 sekunda). Výsledky hodnotenia pre oba časy sú uvedené v tabuľke 26. V tabuľke je vidieť, že najvyššiu odolnosť mali filmy so spojivom LZn pri OKP 5 aj 10 % (Q = konst.). V prvý a siedmy deň po nanesení vykazovali všetky vzorky spojiva LZn stupeň odolnosti 4, čo znamená, že povrch nebol výrazne poškodený a došlo len k miernemu vylešteniu. Toto spojivo vykazovalo aj najvyšší počet dvoj táhov (300) a to u všetkých pigmentov okrem pigmentu CMP, ktorý mal pri OKP 10 % počet dvojtáhov 207 a pri OKP 5 % 253 dvojtáhov. Filmy so spojivom L0 mali odolnosť pri OKP 10 % vyššiu ako pri OKP 5 %. Avšak najvyšší stupeň pri OKP 10 % bol len 3 a to u pigmentov MST a WOLL.

U oboch syntetizovaných spojív, na rozdiel od priemyslových došlo k zníženiu počtu dvojtáhov po 28 dni. U LZn došlo k rapídному zníženiu počtu dvojtáhov u pigmentu CMP až o 70 %. U ostatných pigmentov bol pokles  $50 \pm 5$  %. Po pôsobení MEK došlo v posledný deň merania k náhlemu a veľmi zreteľnému napučaniu filmu, čo bolo pravdepodobne známkou úplného zosieťovania štruktúry. Pôsobeniu MEK najmenej odolávali nátery so spojivom HDS, u ktorých došlo k úplnému obnaženou filmu už pri 14 - 16 táhoch. Výsledky odolnosti voči MEK v závislosti na čase pre OKP 5 a 10 % sú uvedené na obrázkoch 43 a 44.



Obrázok 43 Odolnosť filmov voči MEK pri v čase 1, 7 a 28 dní po nanosení náterov. OKP 10 % s plnivom Plastorit, Q = konst. = 50 %



Obrázok 44 Odolnosť filmov voči MEK v čase 1, 7 a 28 dní po nanosení náterov. OKP 5 % s plnivom Hematit, Q = konst. = 50 %

### 5.3.5 Hodnotenie ponorového testu chemickej odolnosti antikorózných náterov podľa Machu a Schiffmana

Výsledky tohoto testu sú uvedené v tabuľke 38 a fotodokumentácia je uvedená v prílohe B. Vzorky náterových filmov boli vystavené 1 cyklu, ktorý pozostával s 24 hodinového ponoru do roztoku podľa Machu a Schiffmana a 8 hodového vysychania pri laboratórnych podmienkach. Vzhľadom k tomu, že nebolo možné hodnotiť korózne prejavy bolo hodnotené odlupovanie v okolí rezu a tvorba osmotických bublín v ploche. Pigment CHP ako jediný vykazoval 0 % odlupovania pri oboch koncentráciách v prípade spojiva LZn a L0 (Obrázok

46). U koncentrácie pigmentov 10 % javili 0 % odlupovania pigmenty WOLL a MST. U náterov so spojivom EPX došlo k úplnému odlúpnutiu filmu (Obrázok 45), väčšie odlupovanie vykazovali aj filmy spojiva L0 u OKP 10 % s pigmentom CAPP (45 %) a pri OKP 15 % s pigmentom WOLL (45 %).

Osmotické bubliny boli v tomto prípade všetkých spojív ohodnotené veľkosťou 2 – 4 s intenzitou prevažne F v niekoľkých prípadoch M až MD. U pigmentu CMP ako u jediného nevznikli u syntetizovaných spojív žiadne osmotické bubliny.

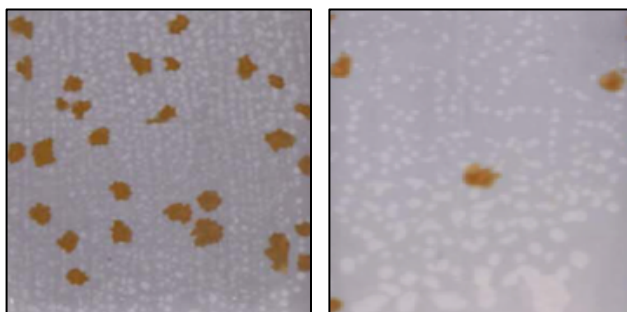


**Obrázok 45** Spojivo EPX + CMP OKP 5 %, Hematit    **Obrázok 46** Spojivo LZn + CHP OKP 5 %, Plastorit

### 5.3.6 Hodnotenie bleskovej korózie antikoročných náterov

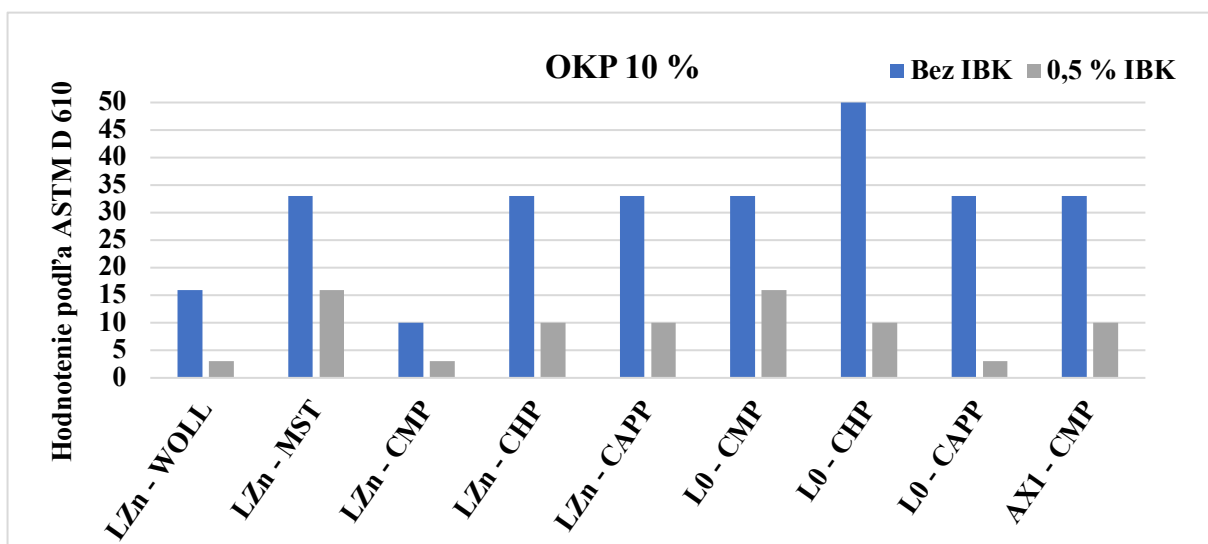
Blesková korózia bola stanovená podľa postupu uvedenom v kapitole 3.4.8. Pre filmy bolo použité hodnotenie podľa stupnice ASTM D 610. Výsledky hodnotenia sú uvedené v tabuľke 27. Testované boli antikoročné NH samotné a s prídavkom 0,5 % inhibítora bleskovej korózie (IBK). Obrázková dokumentácia je uvedená v prílohe C. Všetky spojivá na báze disperzií akrylových vodných disperzií (LZn, L0, AX1) vykazovali známky tvorby BK, hodnoty sa pohybovali v rozmedzí 10 – 33 % podľa normy ASTM D 610. Jedine v prípade spojiva L0 pri OKP 10 % v kombinácii s pigmentom CHP bola tvorba BK ohodnotená na 50 %.

Pre zníženie BK bol použitý IBK - SER-AD FA179, ktorý posúva pH vzoriek do alkalického oblasti. Po pridaní IBK sa výskyt BK znížil u všetkých vzoriek o jeden až tri stupne (Obrázok 47).

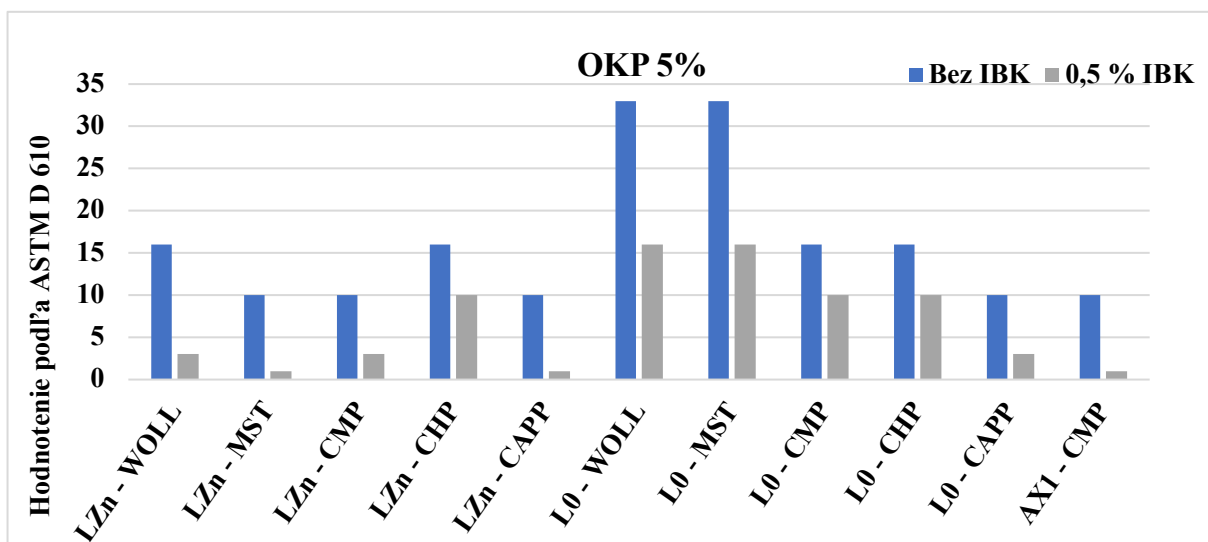


**Obrázok 47** Spojivo LZn + Wollastonit bez obsahu IBK 16 % (vľavo) s prídavkom 0,5 % IBK 1 %.

Tvorba BK pred a po pridaní IBK pre je vyobrazená na obrázku 48 pre OKP 10 % a obrázku 49 pre OKP 5 %. BK vzniká hlavne u disperzií, kde sú pevné častice rozptýlené v disperznom prostredí a hodnota ich pH je len slabó alkalická či zásaditá. Vzhľadom k tomu, že je spojivo HDS na báze alkydovej emulzie a spojivo EPX je po pridaní sieťovadla veľmi zásadité nebol vznik BK u týchto spojív pozorovaný. V prípade spojiva L0 s pigmentami MST a WOLL nebolo možné hodnotiť korózne prejavy, pretože došlo k zafarbeniu celých náterov.



**Obrázok 48** Výsledky BK náterových filmov bez IBK a s prídavkom 0,5 % IBK pre OKP 10 %, plnivo Plastorit, Q= konst. (50 %)



**Obrázok 49** Výsledky BK náterových filmov bez IBK a s prídavkom 0,5 % IBK pre OKP 5 %, plnivo Hematit, Q = konšt. (50 %)

Poradie účinnosti:

Odolnosť pigmentov voči tvorbe BK pri OKP 10 %, Plastorit, Q = konšt.

**CMP >> WOLL > CAPP > MST > CHP**

Odolnosť pigmentov voči tvorbe BK pri OKP 5 %, Hematit, Q = konšt.

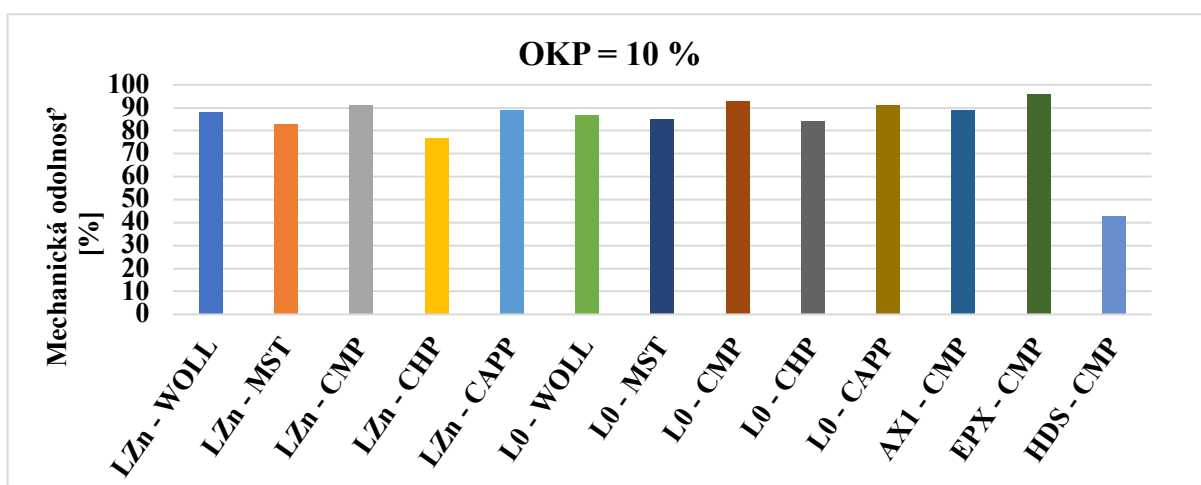
**CAPP >> CMP > CHP > MST > WOLL**

### 5.3.7 Hodnotenie mechanických skúšok antikorozičných náterov

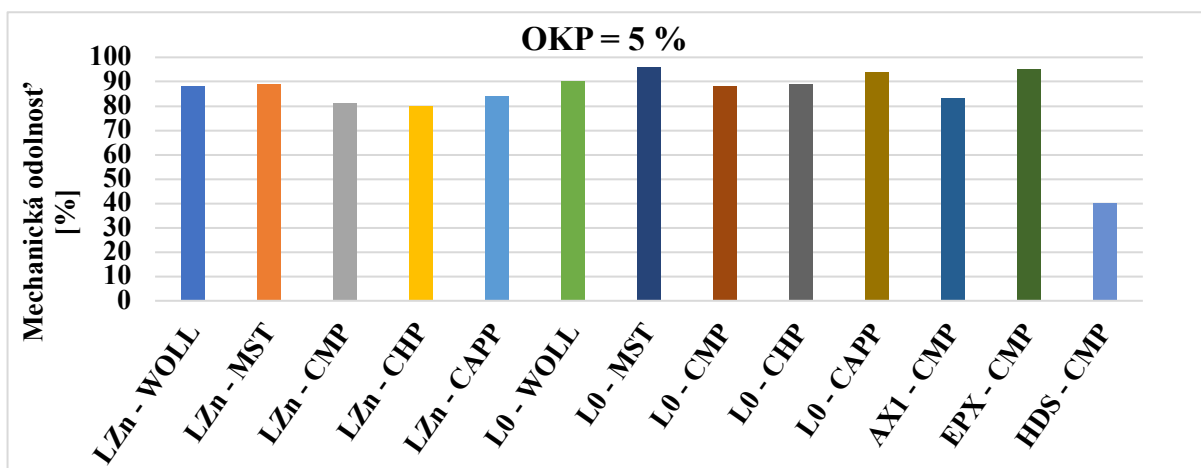
Mechanické skúšky boli vykonané podľa postupov uvedených v kapitolách 3.5.2 – 3.5.5. Výsledky skúšky sú uvedené v tabuľke 28. Všetky pigmentované nátery syntetizovaných spojív (LZn, L0) vykazovali prevažne dobrú odolnosť. Najvyššiu odolnosť vykazovali pri skúške ohybom, kedy u žiadneho filmu nedošlo k porušeniu jeho vrstvy pri ohybe okolo trňu s priemerom 4 mm. U skúšky príľnavosti mriežkovou metódou, s rozstupom čepelí 1 mm vykazovali všetky filmy syntetizovaných spojív taktiež dobré výsledky, kedy dochádzalo väčšinou len k nepatrným defektom, nepresahujúcim 15 % poškodenia, preto boli filmy ohodnotené maximálne stupňom 2. Ďalej bola u filmov sledovaná odolnosť voči pádu závažia z oboch strán filmu. Zo strany lícu filmu všetky vzorky odolávali výborne (95 - 100 cm), jedinou výnimkou bolo spojivo HDS (30 – 35 cm). U pádu zo strany rubu boli hodnoty výrazne nižšie, u syntetizovaného spojiva LZn pri oboch koncentráciách pigmentu a spojiva L0 pri OKP 10 % sa pohybovali v rozmedzí 20 – 45 cm. Filmy s L0 a OKP 5 % mali hodnoty vyššie, v prípade pigmentu CHP až 100 cm. Vysokú odolnosť voči pádu závažia mali aj porovnávacie spojivá EPX a AX1. Spojivo AX1 malo síce vyššiu odolnosť voči úderu naproti spojivám L0

a LZn, za to jeho príľnavosť bola ohodnotená stupňom 3 a u ohybovej skúšky bolo nutné použiť trň s priemerom 6 mm. Celková mechanická odolnosť antikoročných NH pre OKP 10 % je uvedená na obrázku 50 a pre OKP 5 % na obrázku 51. V oboch prípadoch koncentrácií pigmentu sa najnižšia mechanická odolnosť prejavila u spojiva HDS, ktoré malo oproti ostatným spojivám odolnosť skoro o 50 % nižšiu.

Pre OKP 10 % sa v kombinácií s Plnivom Plastorit ako pigment s najvyššou mechanickou odolnosťou prejavil chemicky pôsobiaci CMP ale veľmi dobré hodnoty mechanickej odolnosti vykazoval aj CAPP a bariérový pôsobiaci WOLL, ktorý svojimi časticami film vystužil. Pre OKP 5 %, sa ako pigment s najvyššou mechanickou odolnosťou prejavil chemicky pôsobiaci CAPP a s bariérovým pôsobiacim v tomto prípade lepšie odolával MST. U hodnotenia z hľadiska vplyvu plniva na mechanické vlastnosti vykazovali vo väčšine prípadov vyššiu odolnosť filmy s plnivom Hematit.



Obrázok 50 Celková mechanická odolnosť antikoročných NH pri OKP 10 %, s plnivom Plastorit, Q = konšt. (50 %)



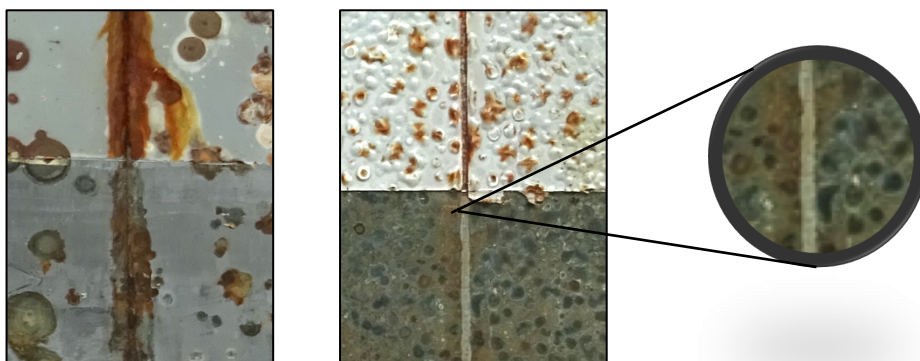
Obrázok 51 Celková mechanická odolnosť antikoročných NH pri OKP 5 %, s plnivom Hematit, Q = konšt. (50 %)

## 5.4 Hodnotenie výsledkov korózných skúšok

Stanovenie antikorózných vlastností náterových filmov bolo vykonané podľa postupov uvedených v kapitole 3.6.3. Tabuľky 30 – 37 s výsledkami hodnotenia zrýchlených korózných skúšok sú uvedené v kapitole 4.4.

### 5.4.1 Hodnotenie koróznej skúšky v atmosfére neutrálnej soľnej hmly

Skúška bola vykonaná v 3 časových intervaloch. Oceľové panely boli pred testovaním koróznej odolnosti opatrené skúšobným rezom. Na nátere sa po expozícii v komore s hmlou NaCl vyhodnocovalo prekorodovanie cez náter, veľkosť osmotických bublín v reze a ploche a po odstránení časti náteru boli vyhodnotené korózne prejavy podkladu a rezu. Obrázková dokumentácia je uvedená v prílohe D Ako sa dalo predpokladať, tak celková antikorózna účinnosť s postupom času mierne klesala. Znižovanie účinnosti je uvedené na obrázkoch 53 a 54. Po 360 hodinách expozície v neutrálnej soľnej hmle vykazovali všetky vzorky známky tvorby osmotických bublín, veľkosť bublín bola ohodnotená stupňom 6 a intenzita bublín bola prevažne MD. Jedine u spojiva HDS boli bubliny ohodnotené 2MD pre OKP 10 % a 4MD pre OKP 5 %. Syntetizované spojivá vykazovali na rozdiel od priemyslových výrazne nižšie hodnoty korózie v okolí skúšobného rezu. V prípade kombinácie spojív LZn a L0 pri koncentrácií pigmentu 10% s pigmentami MST, CHP a CAPP nedochádzalo k tvorbe korózie v reze oproti porovnávacím spojivám, ktoré mali koróziu v reze výraznejšiu (Obrázok 52).

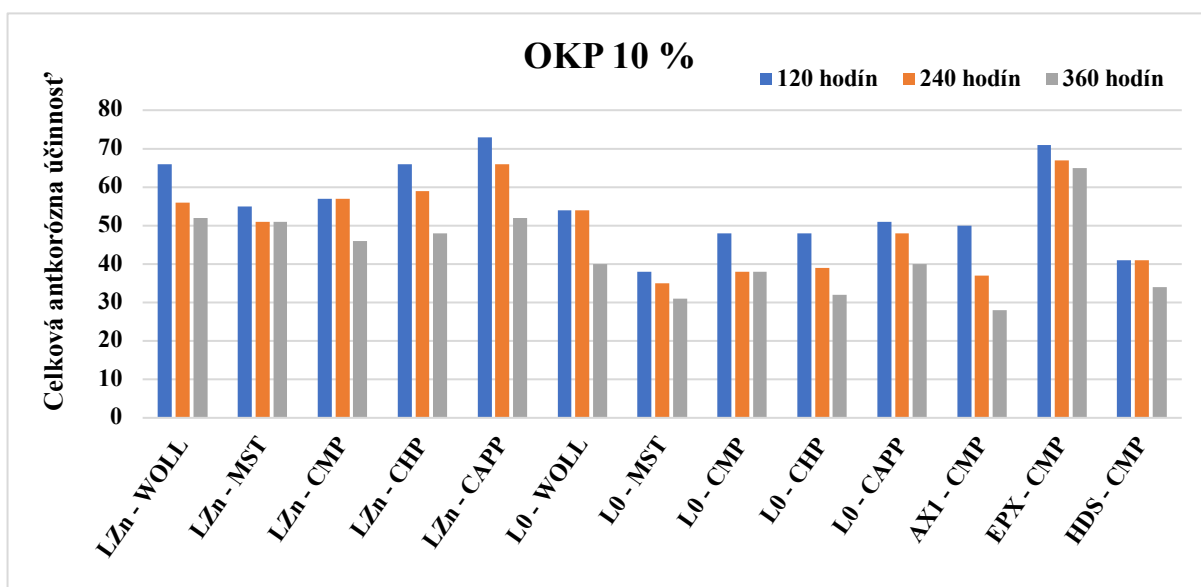


**Obrázok 52** Rozdiel v korózii v reze spojivo HDS + CMP (vpravo) a LZn + CAPP (vpravo) po 360 hodinách v NaCl komore

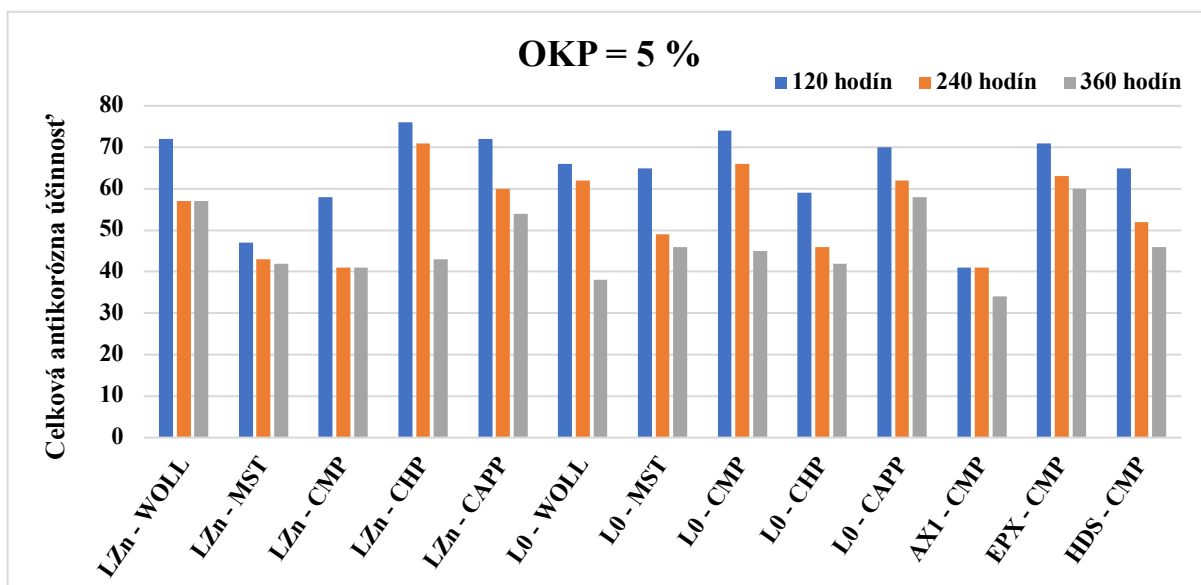
Po 360 hodinách sa začali vyskytovať v okolí rezu občasné bubliny, prevažne s veľkosťou a intenzitou 6F, 6M a v ojedinelých prípadoch bubliny veľkosti 4F alebo 4M.



Nátery akrylových kopolymérov vykazovali nižšiu odolnosť voči podkorodovaniu, najvyššie prejavy korózie podkladu mali spojivá s prídavkom pigmentu MST, CMP a WOLL, u ktorých bol podklad skorodovaný s 50 % a rovnakých výsledkov dosahovalo aj spojivo EPX. Posledným parametrom hodnotenia bolo sledovanie prekorodovania podkladu cez náter. Najvýraznejšie prekorodovanie (50 %) bolo u spojiva L0 pri OKP 10 % v kombinácii s pigmentami WOLL, MST, CMP a CHP. V prípade spojiva AX1 bolo prekorodovanie 50 % u oboch koncentrácií. Ako pigmenty s najvyššou antikoróznou ochranou so spojivami L0 a LZn sa prejavili u OKP 10 % CAPP a WOLL u OKP 5 % CAPP, WOLL a MST.



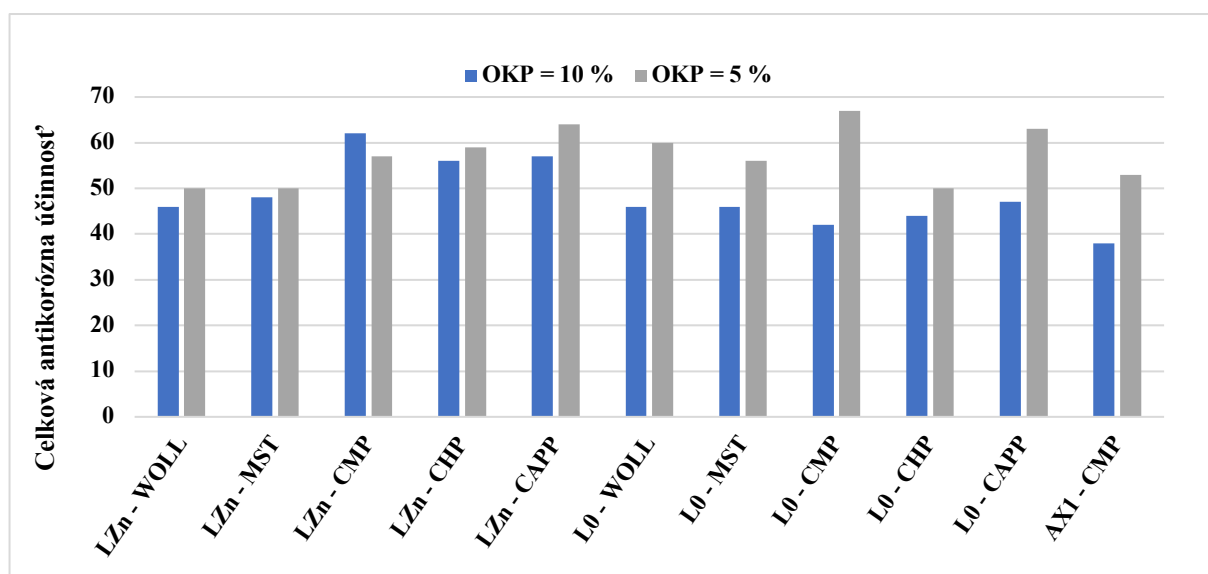
Obrázok 53 Antikorózná účinnosť v čase pre filmy s OKP 10 %, plnivom Plastorit, Q = konšt. (50 %)



Obrázok 54 Antikorózná účinnosť v čase pre filmy s OKP 5 %, plnivom Hematit Q = konšt. (50 %)

## 5.4.2 Hodnotenie odolnosti po vystavení hmle NaCl v kombinácií so strádaním teplôt

Pre ďalšie testovanie koróznej odolnosti bol vykonaný cyklický korózný test, kedy boli vzorky vystavené kondenzácii soľnej hmly, zníženej (-20°C) a zvýšenej teplote (+60°C) podľa postupu v kapitole 3.6.3.3. Vzorky na oceľových paneloch boli podrobené dvom testovacím cyklom, po ktorých boli sledované korózne prejavy, ako korózia v reze, v podklade, tvorba bublín, prekorodovanie a priľnavosť. Vzorky na hliníkových paneloch boli podrobené trom testovacím cyklom, po ktorých bola sledovaná zmena priľnavosti náterového filmu a tvorba osmotických bublín v ploche. Výsledky skúšky na oceľových paneloch sú uvedené v tabuľke 34 a výsledky pre panely hliníkové v tabuľke 35, v prílohe E je pre tento test uvedená fotodokumentácia. Vzhľadom k tomu, že vzorky spojiva EPX a HDS už po polovičke prvého cyklu úplne stratili priľnavosť nebolo možné hodnotiť ich korózne prejavy. Korózne prejavy vzoriek akrylových spojív mali opäť, ako pri predošlom testovaní osmotické bubliny veľkosti 6 a 8 s intenzitou M a MD. Výnimkou bola vzorka L0 v kombinácií s pigmentom MST, kde vznikali bubliny veľké 4M. V tej to skúške bola navyše sledovaná aj priľnavosť filmov. Vzorky so spojivom LZn pri OKP 10 % mali vysokú priľnavosť, u žiadneho vzorku nedošlo k poškodeniu viac ako 5 % preto boli ohodnotené stupňom 0 – 1. Ostatné vzorky vykazovali taktiež veľmi dobrú priľnavosť, poškodenie nepresahovalo nikde viac ako 15 %, boli teda ohodnotené maximálne stupňom 2. Celková korózna odolnosť pre skúšku na oceľových paneloch je znázornená na obrázku 55.



**Obrázok 55** Celková antikoročná účinnosť na oceľových paneloch pre OKP 5 % s plnivom Hematit a OKP 10 % s plnivom Plastorit, Q = konšt. (50 %)

U testovania náterov na hliníkových podkladoch boli hodnotené prejavy tvorby osmotických bublín a priľnavosť. Osmotické bubliny vznikali opäť o veľkosti 6 a 8, ich intenzita však bola nižšia (F, M) ako u oceľového podkladu. Priľnavosť bola hodnotená mriežkovou metódou, s nožom obsahujúcim 6 čepelí v rozstupe 3 mm. Z tabuľky je zrejmé, že najvyššiu adhéziu filmu mali spojiva v kombinácii s pigmentom CMP (0) (Obrázok 56), kedy nedošlo k poškodeniu žiadneho štvorca v mriežke. Naopak porovnávacie priemyslové spojivá a syntetizované spojivo L0 s pigmentom WOLL a CAPP úplne stratili priľnavosť, u spojiva EPX dokonca už po prvých 24 hodinách v atmosfére hmly NaCl. Spojivo HDS popraskalo a úplne stratilo priľnavosť po prvom cykle a u spojiva L0 došlo k popraskaniu až po ukončení 3 cyklu. S týchto dôvodov sú spojivá hodnotené stupňom 5. Z rovnakých dôvodu nie je pri niektorých vzorkách uvedený stupeň výskytu osmotických bublín.



**Obrázok 56** Vplyv nanočastíc ZnO na priľnavosť – spojivo HDS + CMP OKP 10% (vľavo) a LZn + CMP OKP 10 % (vpravo) po 3 cykloch, plnivo Plastorit, Q=košť.

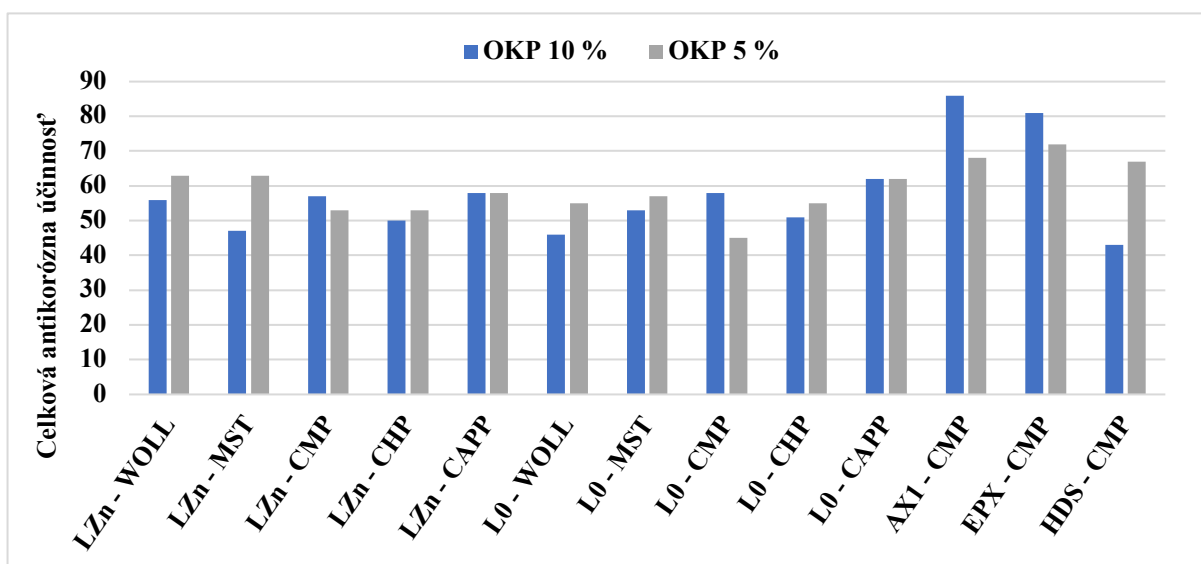
Poradie stupňa priľnavosti spojív na hliníkových paneloch:

**LZn >> AX1 > L0 > HDS > EPX**

### **5.4.3 Hodnotenie koróznej odolnosti vystaveniu kondenzovanej vlhkosti**

Testované vzorky filmov boli vystavené atmosfére s kondenzovanou vlhkosťou po dobu 480 hodín. Obrázková dokumentácia je uvedená v prílohe F. Výsledky testu sú uvedené v tabuľke 36 a vyobrazené na obrázku 57. Pri pôsobení neustálej kondenzácií vody po dobu 480 hodín nedošlo u žiadneho vzorku syntetizovaných spojív L0 a LZn k tvorbe korózie v okolí skúšobného rezu. Výraznú koróziu v okolí rezu malo spojivo EPX (4 mm) pri OKP 5 %. U pigmentovaných filmov samo sieťujúcich latexov oproti filmom s odlišným mechanizmom zasychania vznikalo väčšie množstvo osmotických bublín. Zvýšená nasiakavosť filmov je

zrejme spôsobená prítomnosťou polárnych hydrazidových a karbonylových skupín obsiahnutých v polymére. Hodnoty veľkosti a početnosti tvorby osmotických bublín u syntetizovaných latexov a korózia podkladu boli v prevažne väčšine zhodné s predošlými koróznymi testami. Veľkosť bublín bola 6 – 8 s intenzitou M, MD a D. Náteroch boli pozorované len minimálne známky prekorodovania podkladu cez náter, hodnoty a pohybovali v rozmedzí 0,01 – 10 %. Jedine u vzorku HDS pri OKP 10 % došlo k výraznejšiemu prekorodovaniu (33%) a u spojiva AX1 pri OKP 10 % neboli pozorované žiadne známky korózie podkladu.



**Obrázok 57** Výsledky antikorozynej odolnosti po vystavení vzoriek kondenzovanej vlhkosti pre vzorky s OKP 5 % a plnivom Hematit a OKP 10 % s plnivom Plastorit, Q= konšt. (50 %)

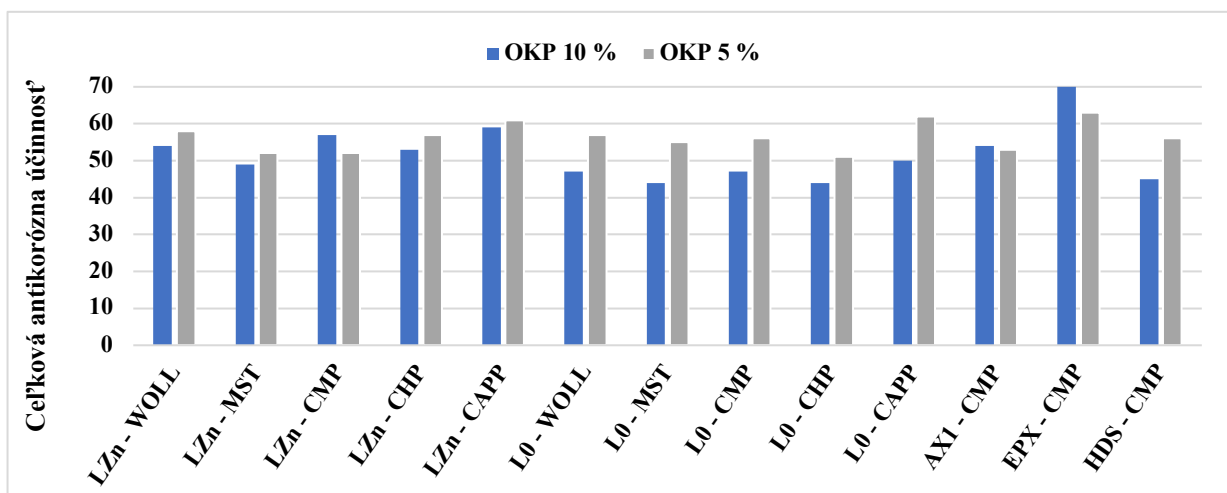
#### 5.4.4 Celkové zhodnotenie zrýchlených korózných skúšok

Celková komplexná antikorozyňa účinnosť, bola vypočítaná s výsledkov celkovej odolnosti jednotlivých zrýchlených korózných skúšok. Výsledky sú uvedené v tabuľke 37 a na obrázku 58. Z obrázku je možné určiť, že pigment CAPP mal v prípade syntetizovaných spojív najvyššiu účinnosť v prípade oboch typov plnív, zrejme s dôvodu jeho vyššieho pH (9,5). Veľmi dobré výsledky boli preukázane aj u bariérovu pôsobiaceho WOLL, ktorý istým spôsobom prispieva k zvýšeniu pH a teda k zníženiu tvorbe korózie.

Celková antikorozyňa účinnosť pigmentov je nasledovná pre plnivo:

Plastorit, OKP 10 % – CAPP >> CMP > WOLL > CHP > MST

Hematit, OKP 5 % – CAPP >> WOLL > CMP > CHP > MST

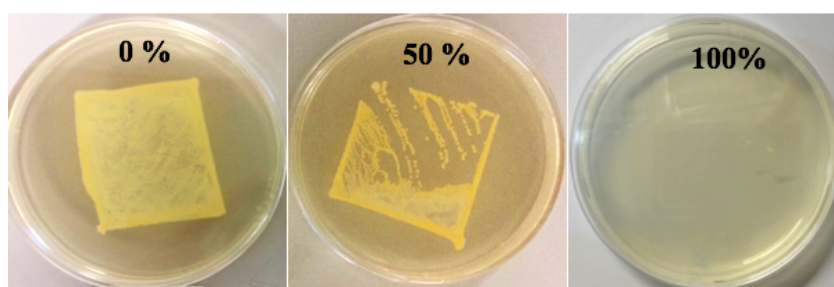


**Obrázok 58** Zhodnotenie celkovej koróznej odolnosti antikoročných NH pre OKP 10 % s plnivom Plastorit a OKP 5 % s plnivom Hematit, Q = konšt. (50 %)

## 5.5 Hodnotenie výsledkov antimikrobiálnej odolnosti čistých spojív a formulovaných interiéroových náterových hmôt

Testovanie antimikrobiálnej odolnosti prebiehalo v niekoľkých etapách. Testované boli syntetizované spojivá, bol zisťovaný vplyv NČ ZnO na antimikrobiálnu účinnosť v porovnaní so spojivom bez obsahu NČ v kombinácií s pigmentami a inhibítormi antimikrobiálneho rastu. Stanovenie účinnosti bolo vykonané podľa postupov uvedených v kapitolách 3.7.4 a 3.7.5. Testované boli vždy 3 bežne vyskytujúce sa baktérie a dve plesne.

Nárast baktérií bol hodnotený percentuálne podľa plochy zarastenia baktériami, na obrázku 59 je uvedený príklad hodnotenia pre 0% , 50% a 100% účinnosť. Nárast plesní bol hodnotený obdobným spôsobom.



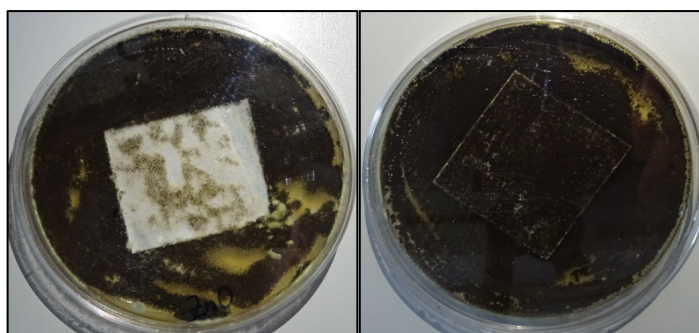
Obrázok 59 Percentuálne hodnotenie antimikrobiálnej účinnosti po otlačkoch vzoriek.

Cieľom testovania bolo dosiahnuť čo najvyššiu antimikrobiálnu účinnosť s čo najnižším možným prídavkom inhibítora. Z tohoto dôvodu bolo testovanie rozdelené do niekoľkých častí.

V prvom rade boli testované spojivá samotné a spojivá s prídavkom 2 a 10 hm. % vybraných pigmentov. Pre testovanie boli vybrané biele pigmenty a plnivá, ktoré sa bežne používajú pre formulácie interiéroových a fasádových NH. V tabuľkách 39 – 42 sú uvedené hodnoty antibakteriálnej účinnosti v percentách pre spojivo LZn a L0 s 2 a 10 hm. % pigmentov. Z tabuliek je znateľné, že s narastajúcim obsahom pigmentu sa mierne zvyšovala aj antibakteriálna účinnosť maximálne však o 10 %. Všeobecne prídavok pigmentu zvýšil antimikrobiálnu účinnosť oproti samotným spojivám. U spojiva L0 bez pigmentov bola účinnosť u všetkých baktérií nulová na rozdiel od LZn, ktorý zvýšený účinok vykazoval u všetkých baktérií. U baktérie *S. aureus* bol účinok 45 % u *E.coli* 30 % a u *P.aeruginosa* 15 %. Čím sa preukázala aspoň minimálna účinnosť nanočastíc voči bežne vyskytujúcim sa baktériám.

Lepších výsledkov sa u LZn dosahovalo v prípade testovania fungicídnych vlastností.

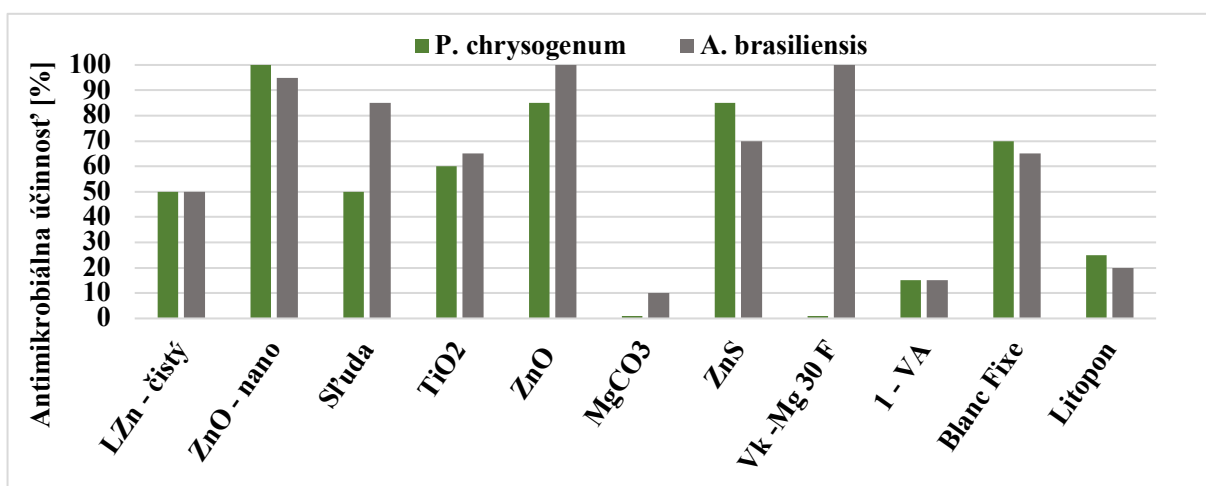
Na obrázku 60 je preukázaná antifungálna účinnosť spojiva s obsahom ZnO nanočastíc, kedy nedošlo k porasteniu plesňami na celej ploche vzorku, naproti spojivu bez obsahu nanočastíc, kde je vzorka úplne osídlená plesňami.



**Obrázok 60** Preukázanie antifungálnej odolnosti ZnO nanočastíc voči plesni *A. brasiliensis*.

LZn (vľavo), L0 (vpravo).

Vzhľadom k tomu, že bola účinnosť NČ ZnO voči plesňam lepšie preukázaná ako u baktérií je v prílohe G uvedená fotodokumentácia s testovania plesní. Na obrázku 61 je znázornená fungicídna účinnosť pre čistý latex a latex s obsahom 10 hm. % bielych pigmentov. S grafu je vidieť, že vzorka so samotným spojivom LZn mala dobrú účinnosť (50 %), a že niektoré pridané pigmenty mohli účinnosť naopak znížiť ako sa stalo v prípade MgCO<sub>3</sub> Litoponu a vápenca 1-VA u obidvoch plesní bola ich účinnosť rovná alebo nižšia ako 15 %. Pigment VK-Mg 30 F účinkoval iba u plesne *A. Brasiliensis* a to 100 % u *P.chrysogenum* naopak nevykazoval žiadny účinok. Výrazne zvýšenú účinnosť malo spojivo v kombinácií s pigmentami ZnO – zelená pečat' (85/100 %), ZnS (85/70 %), nano prášok ZnO (100%), Blanc Fixe (70/60 %) a Titánová bieloba (60/65%). V prípade latexu L0, bola u plesní účinnosť všetkých pigmentov nulová, vzhľadom k tomuto faktoru nebola uvedená tabuľka s výsledkami.



**Obrázok 61** Fungicídna účinnosť LZn čistého a s prídavkom 10 hm. % vybraných pigmentov a plnív.

V druhej časti zisťovania antimikrobiálnej odolnosti boli testované vzorky filmov s pridanými inhibítormi mikrobiálneho rastu, kedy bolo cieľom zistiť, ktorý z inhibítorov účinkuje najlepšie pri najnižšej koncentrácii. Inhibítory boli pridávané vždy v koncentrácii uvedenej výrobcom. Výsledky testov sú uvedené v tabuľkách 44 - 47. Najvyššiu účinnosť v kombinácii so spojivom LZn vykazovali inhibítory Ultracide FFOB a Zinc Omadine .

V predposlednej etape testovania bolo na základe predošlých výsledkov vyselektovaných 5 pigmentov, ktorých priemerná účinnosť bola 60 % a vyššia. Konkrétne to boli pigmenty ZnO - zelená pečať, nano prášok ZnO, titánová bieloba, sulfid zinočnatý a VK-Mg 30 F. Ďalej bol vybraný inhibítor s najlepšou účinnosťou pri najnižšej koncentrácii, týmto inhibítorom bol Zinc Omadine s účinnou látkou zinec pyrithion (ZP).

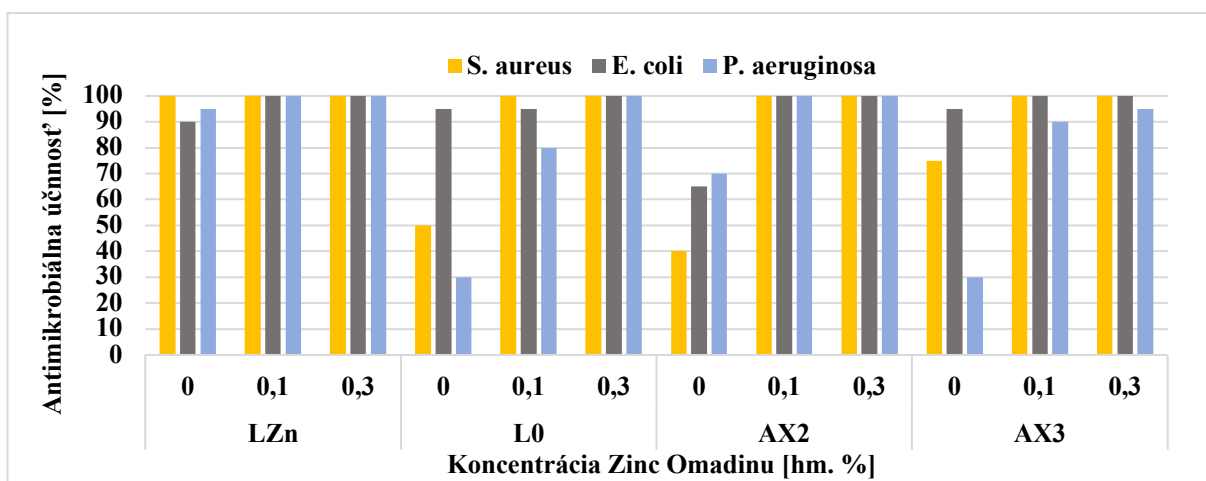
Pre testovanie boli zvolené 2 hm. % pigmentu, pretože sa hodnoty účinnosti pri 2 a 10 hm. % výrazne neodlišovali (max. 10 %). Inhibítor ZP bol testovaný pri koncentrácii odporúčanej výrobcom (0,3 hm. %) a dvoch nižších koncentráciách (0,1 a 0,2 hm. %). Výsledky účinnosti s prídavkom ZP sú uvedené v tabuľkách 48 - 51. Z tabuliek je viditeľné, že antibakteriálna aj antifungálna účinnosť sa s prídavkom ZP výrazne zvýšila. Najlepšiu účinnosť voči baktériám vykazovali pigmenty, ZnO – zelená pečať, nano prášok ZnO a Titánová bieloba, ich účinnosť v kombinácii so spojivom LZn bola v prípade baktérie *S. aureus* a *E. Coli* 100 % už pri 0,1 hm. % ZP. Po prídavku 0,2 a 0,3 hm. % bola účinnosť u tohoto spojiva 100% so všetkými pigmentami. U baktérie *P. aeruginosa* nebolo dosiahnutých 100 % účinnosti v ani jednom prípade. Táto baktéria tvorí odolný biofilm, ktorý je ťažké narušiť aj silným antimikrobiálnym činidlom. U latexu bez obsahu nanočastíc, bola účinnosť o čosi nižšia 100% účinnosti bolo dosiahnutých len v prípade pigmentu ZnO – zelená pečať u baktérie *E.coli*.

U testovania plesní obstálo spojivo LZn v kombinácii so ZP výborne, u všetkých pigmentov bolo dosiahnutých 100 % účinnosti, v okolí vzorku boli vo väčšine prípadov výrazné inhibičné zóny, ktoré sa rozširovali so stúpajúcou koncentráciou. U latexu L0 boli hodnoty opäť nižšie, 100% účinnosť u všetkých pigmentov pre obe plesne, bola dosiahnutá len po prídavku 0,3 hm. % ZP. Po prídavku 0,2 hm. % bola 100% účinnosť pozorovaná len u plesne *P. chrysogenum*.

Ako posledné boli testované spojivá, formulované ako NH pre minerálne podklady so zvýšenou antimikrobiálnou odolnosťou. NH boli pre porovnanie formulované aj s priemyslovo vyrábanými spojivami. Výsledky stanovenia sú uvedené v tabuľkách 52, 53 a 54. Fotodokumentácia výsledkov antimikrobiálnej odolnosti interiérových NH je uvedená v prílohe H.

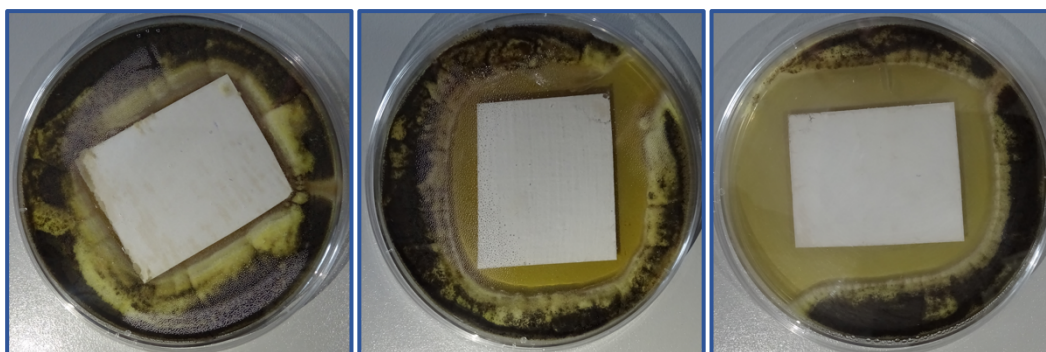


Pre formulácie interiérových NH bol základe predošlých testov vybraný pigment ZnO – zelená pečať, v ktorých mal veľmi dobré výsledky. Takisto ako bol vybraný inhibítor Zinc Omadine, ktorého priemerná antimikrobiálna účinnosť sa prejavila s pomedzi všetkých inhibítorov ako najvyššia. Testované boli vzorky bez prídavku ZP, ďalej vzorky s prídavkom 0,1 a 0,3 hm. % ZP. Závislosť antimikrobiálnej účinnosti na obsahu antimikrobiálneho aditíva je pre baktérie uvedená na obrázku 62. Syntetizované spojivo LZn bez prídavku aditíva vykazovalo u všetkých baktérií najlepšie výsledky, jeho priemerná účinnosť bez prídavku inhibítora bola až  $95 \pm 5 \%$ , naproti porovnávacím, u ktorých bola priemerná účinnosť len  $60 \pm 10 \%$ . Pri prídavku 0,1 hm % bola 100% účinnosť pozorovaná u spojiva LZn a AX3 všetkých baktérií. V prípade L0 bola znížená účinnosť u baktérie *E. coli* (95 %) aj *P. aeruginosa* (90 %). U latexu AX3 bola pri 0,1 hm. % ZP znížená účinnosť len pri *P. aeruginosa* (90 %).



**Obrázok 62** Závislosti antimikrobiálnej účinnosti na obsahu antimikrobiálneho aditíva pre baktérie.

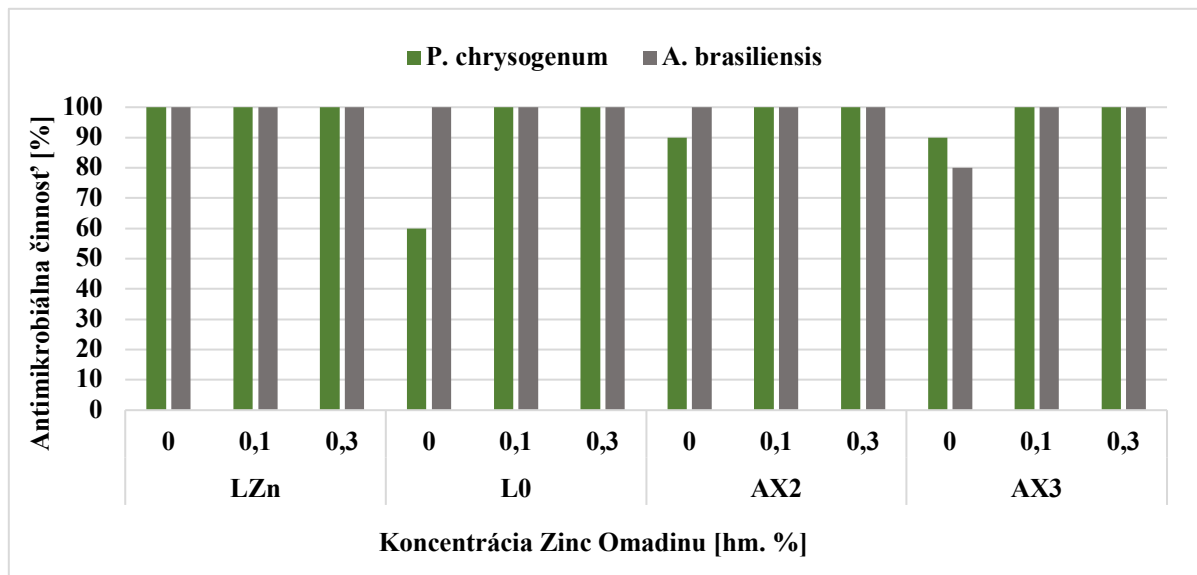
U plesní bola odolnosť u spojiva LZn a AX2 bez prídavku inhibítora vysoká (90 - 100 %). V prípade 0,1 a 0,3 hm. % bola účinnosť 100 % u všetkých vzoriek a v okolí vzoriek vznikali veľké inhibičné zóny. Na obrázku 63 je uvedený príklad účinku NH bez prídavku inhibítora s prídavkom 0,1 a 0,3 hm. % pre latex LZn.



**Obrázok 63** Fungicídna účinnosť interiérovej NH so spojivom LZn.

LZn (vľavo), LZn + 0,1 hm. % ZP (v strede), LZn + 0,3 hm. % ZP (vpravo)

Výsledky závislosti antimikrobiálnej účinnosti na obsahu antimikrobiálneho aditíva sú pre plesne uvedené na obrázku 64. Z výsledkov v tabuľkách, grafoch a obrázkovej prílohy môžeme konštatovať, že zvolením správnej kombinácie pigmentu so spojivom obsahujúcim nanočastice ZnO je možné docieľiť zníženie až úplne vymiznutie potreby pridávať do NH organické či iné biocídy.



Obrázok 64 Závislosti antimikrobiálnej účinnosti na obsahu antimikrobiálneho aditíva pre plesne.

### 5.5.1 Hodnotenie oteru vzdornosti interiérových náterových hmôt

Okrem antimikrobiálnej účinnosti bola u interiérových NH stanovená aj odolnosť voči oteru za mokra. Táto skúška bola vykonaná podľa kapitoly 3.5.1, a jej výsledky sú uvedené v tabuľke 54. Skúška preukázala, že filmy interiérových náterov syntetizovaných spojív majú dobrú odolnosť voči oteru za mokra. Najnižšie hodnoty úbytku náteru vykazovalo spojivo LZn (18,34  $\mu\text{m}$ ) nasledovalo spojivo L0 (18,98  $\mu\text{m}$ ), AX3 (19,11) a AX2 (19,26  $\mu\text{m}$ ).

## 5.6 Prínosy a poznatky práce

Boli syntetizované spojivá samo sieťujúcich latexov s obsahom a bez obsahu nanočastíc. Tieto nové syntetizované spojivá vykazovali výborné fyzikálne - mechanické a vizuálne vlastnosti. Vyznačujú sa vysokým leskom, vysokou transparentnosťou a čistými filmami bez častíc a stopách po pravítke. V teste stability pri zvýšenej teplote sa preukázalo, že spojivá sú relatívne stabilné, ich hodnoty kolísali len minimálne oproti spojivám porovnávacím, ktorých hodnoty sa menili výraznejšie. Syntetizované spojivo s obsahom nanočastíc malo aj vysokú chemickú odolnosť.

Jedným s prínosov tejto práce pre priemysel či výrobcov náterových hmôt je možnosť uchovávať spojivo samo sieťujúceho akrylového latexu s obsahom nanočastíc v kovovom obale (viď. príloha I). Spojivá boli po dobu 1 mesiaca uchovávané v kovovom obale, boli striedavo vystavované pôsobeniu zvýšenej teploty a následného uskladnenia pri laboratórnych podmienkach.

Ďalším poznatkom, ktorý bol cieľom tejto práce bolo dosiahnutie zníženia prídavku biocídov používaných v interiérových náterových hmotách. Bolo preukázané, že zvolením vhodnej kombinácie pigmentov so spojivom LZn je možné znížiť dávkovanie biocídov na minimum (približne o jednu tretinu množstva predpísaného výrobcom), v niektorých prípadoch je možné biocídy úplne vynechať. Preukázalo sa že prítomnosť ZnO nanočastíc rozdispergovaných v latexe prispieva k výraznému zvýšeniu antimikrobiálnej odolnosti náterových filmov. Ďalej sa preukázala zvýšená antimikrobiálna účinnosť aj prídavkom vhodne zvoleného pigmentu. Antimikrobiálne účinky ZnO je taktiež možné kombináciu zo zlým pigmentom znížiť. Kedy môže pigment tvarom a veľkosťou svojich častíc prekryť nanočastice a znížiť tak ich účinnosť.

Syntetizované spojivá samo sieťujúcich latexov je možné pigmentovať a formulovať ako náterové hmoty na kovové podklady s určitou minimálnou koróznou odolnosťou. Náterové filmy vykazovali len minimálne známky korózie v okolí skúšobného rezu, predpokladáme, že to môže byť spôsobené homogénne rozptýlenými nanočasticami ZnO v spojive, ktoré sa čiastočne rozpúšťajú za vzniku  $Zn^{2+}$  a môžu prispievať k elektrochemickej ochrane oceľového podkladu. Antikorózne nátery na báze samo sieťujúceho latexu je možné použiť do korózneho prostredia o stupni koróznej agresivity typu C3 so strednou životnosťou.

## 6 ZÁVER

Táto diplomová práca sa zaoberala štúdiom vlastností nových syntetizovaných spojív na báze samo sieťujúcich latexov. Spojivá pre túto prácu boli syntetizované ako spojivo s obsahom nanočastíc ZnO a ako porovnávacie spojivo bez obsahu nanočastíc. Boli stanovené fyzikálne mechanické a chemické vlastnosti tohoto nového spojiva, ktoré preukázali jeho dobré fyzikálne - chemické vlastnosti a vysokú mechanickú odolnosť. Voči porovnávacím vodou riediteľným spojivám s odlišným mechanizmom tvorby filmu, vykazovali tieto spojivá komplexne lepšie vlastnosti, predovšetkým vyššiu chemickú a mechanickú odolnosť.

Pre dokázanie antimikrobiálnej účinnosti nanočastíc obsiahnutých v latexe bolo testované samotné spojivo, spojivo s prídavkom vybraných bielych pigmentov a plnív spojivo formulované ako interiérová náterová hmota. Vzhľadom k tomu, že sa po testovaní antimikrobiálnej odolnosti preukázala baktericídna aj fungicídna účinnosť samotných nanočastíc, je možné usúdiť, že syntézou spojiva s obsahom nanočastíc sa môže znížiť množstvo pridaného biocidu až o 1/3.

Výsledky NH formulovaných ako antikorózných náterov, boli prehľadne spracované ako závislosť antikoróznej účinnosti NH, resp. antikorózneho pigmentu (ostatné zložky vo formulácii sú konštantné), na dobe expozície v koróznom prostredí. Z výsledkov je zrejmé, že vodou riediteľné náterové hmoty na báze latexov ide formulovať ako NH so zvýšenou antikoróznou účinnosťou, ale aj to že, typom nesprávne zvoleného antikorózneho pigmentu je možné NH znehodnotiť. Na vodou riediteľné náterové hmoty nemožno teda pozerat' ako na skupinu reprezentujúcu iba zlé antikorózne vlastnosti, ale ako na materiály, ktoré je nutné ešte bližšie poznať a popísať.

## ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] LAMBOURNE, R. Paint composition and applications — a general introduction. *Paint and Surface Coatings* [online]. Elsevier, 1999, 1999, s. 1-18 [cit. 2018-02-06]. DOI: 10.1533/9781855737006.1. ISBN 9781855733480.
- [2] JARUŠEK, J., *Technologie nátěrových hmot*. Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická, 1987.
- [3] LIPTÁKOVÁ, E. a M. SEDLIAČIK. *Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle*. Bratislava: Alfa, 1989. Drevárska, celulozárska a papiernícka literatúra. ISBN 80-05-00116-9.
- [4] TULKA, J. *Povrchové úpravy materiálů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2005. ISBN 80-214-3062-1.
- [5] KALEDOVÁ, A. a P. KALENDA. *Technologie nátěrových hmot I.: pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. ISBN 80-7194-691-5.
- [6] LUKAVSKÝ, L., V. FIALA a S. BOUŠKA. *Nátěrové hmoty*. 3. upr. vyd. Praha: Merkur, 1993. ISBN 80-7032-301-9.
- [7] PARMAR, R., K. PATEL a J. PARMAR. High-performance waterborne coatings based on epoxy-acrylic-graft-copolymer-modified polyurethane dispersions. *Polymer International* [online]. 2005, **54**(2), 488-494 [cit. 2018-04-28]. DOI: 10.1002/pi.1712. ISSN 0959-8103.
- [8] MCCREIGHT, K.W., *et al.* *Development of low VOC additives to extend the wet edge and open time of aqueous coatings*. *Progress in Organic Coatings*, 2011, **72**.1: 102-108. [online] [cit. 2017-12-05]. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2011.03.018>.
- [9] Směrnice MŽP ČR č. 04-2006 [online]. [cit. 2017-12-05]. dostupne z [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/MZPMSFHMV9DV/\\$FILE/042006.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/MZPMSFHMV9DV/$FILE/042006.pdf)

- [10] TESAŘOVÁ, D. *Nové trendy při dokončování vodou ředitelných nátěrových hmot nové generace*. In *Informační bulletin a Sborník statí 2007*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007, s. 76 - 79. ISBN 978-80-7375-048-0.
- [11] TESAŘOVÁ, D. *Povrchové úpravy dřeva*. Praha: Grada, 2014. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-4715-6.
- [12] SARQUIS, J. Colloidal systems. *Journal of Chemical Education* [online]. 1980, 57(8), 602- [cit. 2017-12-08]. DOI: 10.1021/ed057p602. ISSN 0021-9584
- [13] KVÍTEK, L. a A. PANÁČEK. *Základy koloidní chemie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2007. ISBN 978-80-244-1669-4.
- [14] GERASIN, V. A., V. V. KURENKOV, O. V. PASHKOV *et al.* Structure and rheology of aqueous poly(vinyl acetate) dispersions modified with montmorillonite. *Colloid Journal* [online]. 2017, 79(5), 588-595 [cit. 2017-12-05]. DOI: 10.1134/S1061933X17050064. ISSN 1061-933x.
- [15] EVRIM, Ş. *Water Dispersed Epoxy Resin for Surface Coatings*. 2003. Dostupné tiež z: <https://etd.lib.metu.edu.tr/upload/1211051/index.pdf>. PhD. Thesis. THE MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY.
- [16] GUPTA, N. *Water Based Polyurethanes Dispersions(PUDs)-An Overview* [online]. In: . 2015 [cit. 2017-12-05]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/water-based-polyurethanes-dispersionspuds-an-overview-nikhil-gupta?articleId=5966940131700064256#comments-5966940131700064256&trk=prof-post>
- [17] WIERSMA, A.E., L.M.A. STEEG a T.J.M. JONGELING. Waterborne core-shell dispersions based on intrinsically conducting polymers for coating applications. *Synthetic Metals* [online]. 1995, 71(1-3), 2269-2270 [cit. 2018-05-08]. DOI: 10.1016/0379-6779(94)03254-4. ISSN 03796779.

- [18] RAMLI, R.A, W.A. LAFTAH a S. HASHIM. Core-shell polymers: a review. *RSC Advances* [online]. 2013, 3(36), 15543- [cit. 2018-02-13]. DOI: 10.1039/c3ra41296b. ISSN 2046-2069.
- [19] VAN EIJK, H.M.J. a F.A. MAJOOR. Cleaning procedures in the factory | Types of Detergent. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* [online]. Elsevier, 2003, 2003, s. 1379-1381 [cit. 2018-02-20]. DOI: 10.1016/B0-12-227055-X/00248-0. ISBN 9780122270550.
- [20] HÖFER, R., F. JOST, M.J. SCHWUGER *et al.* Foams and Foam Control. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* [online]. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2000, 2000-06-15 [cit. 2018-02-19]. DOI: 10.1002/14356007.a11\_465. ISBN 3527306730.
- [21] CAMILA, G. a F. Alexandre. Corrosion Inhibitors – Principles, Mechanisms and Applications. ALIOFKHAZRAEI, M., ed. *Developments in Corrosion Protection* [online]. InTech, 2014, 2014-02-20 [cit. 2018-02-20]. DOI: 10.5772/57255. ISBN 978-953-51-1223-5.
- [22] HESTER, R. D. a D. R. SQUIRE. Rheology of waterborne coatings. *Journal of Coatings Technology* [online]. 1997, 69(1), 109-114 [cit. 2018-02-16]. DOI: 10.1007/BF02696097. ISSN 0361-8773.
- [23] MÜLLER, B. *Understanding additives*. Hannover: Vincentz Network, 2010. ISBN 9783866308688.
- [24] ŠŇUPÁREK, J. a L. FORMÁNEK. *Vodné disperze syntetických polymerů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1979. Makromolekulární látky.
- [25] MESTACH, D. Reactive surfactants for commercial polymer dispersions. TAUER, K., ed. *Aqueous Polymer Dispersions* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004, 2004-6-7, s. 37-41 [cit. 2018-02-14]. DOI: 10.1007/978-3-540-36474-0\_8. ISBN 978-3-540-00578-0.
- [26] MESTACH, D. a D. TWENE. Acrylic dispersions for industrial coatings with polymer-bound stabilizers. *Panit and Coatings Industry* [online]. 2005(21:3), 74-82 [cit. 2017-12-06].

Dostupné

z:

[https://www.researchgate.net/profile/Dirk\\_Mestach/publication/289449701\\_Acrylic\\_dispersions\\_for\\_industrial\\_coatings\\_with\\_polymer-bound\\_stabilizers/links/57dfc24e08ae5272afcfb77f/Acrylic-dispersions-for-industrial-coatings-with-polymer-bound-stabilizers.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dirk_Mestach/publication/289449701_Acrylic_dispersions_for_industrial_coatings_with_polymer-bound_stabilizers/links/57dfc24e08ae5272afcfb77f/Acrylic-dispersions-for-industrial-coatings-with-polymer-bound-stabilizers.pdf)

[27] SMITH, K.E., S. PARKS, M.A. HYJEK *et al.* The effect of the glass transition temperature on the toughness of photopolymerizable (meth)acrylate networks under physiological conditions. *Polymer* [online]. 2009, 50(21), 5112-5123 [cit. 2017-12-07]. DOI: 10.1016/j.polymer.2009.08.040. ISSN 00323861.

[28] WU, J. The glassy state, ideal glass transition, and second-order phase transition. *Journal of applied polymer science*, 1999, 71.1: 143-150. [online] dostupné z [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(19990103\)71:1<143::AID-APP17>3.0.CO;2-I](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(19990103)71:1<143::AID-APP17>3.0.CO;2-I)

[29] BOHÁČIK, P., J. MACHOTOVÁ, Š. PODZIMEK *et al.* Vplyv obsahu kopolymerizovaného etylakrylátu na vlastnosti emulzne pripravených kopolymérov na bázi styrénu. 16. Slovenská študentská vedecká konferencia: zborník príspevkov. 2014.

[30] CHERN, C.S. Emulsion polymerization mechanisms and kinetics. *Progress in polymer science*, 2006, 31.5: 443-486.

[31] 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.

[32] KESSEL, N. *et al.* The diacetone acrylamide crosslinking reaction and its influence on the film formation of an acrylic latex. *Journal of Coatings Technology and Research* [online]. 2008, 5(3), 285-297 [cit. 2018-04-29]. DOI: 10.1007/s11998-008-9096-6. ISSN 1547-0091.

[33] WANG, R.M. *et al.* Preparation of acrylate-based copolymer emulsion and its humidity controlling mechanism in interior wall coatings. *Progress in Organic Coatings* [online]. 2011, 71(4), 369-375 [cit. 2018-04-29]. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2011.04.007. ISSN 03009440.



- [34] MLEZIVA, J. *Polymer - výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Praha: Sobotáles, 1993. ISBN 80-901570-4-1.
- [35] FELTON, L.A. Mechanisms of polymeric film formation. *International Journal of Pharmaceutics* [online]. 2013, 457(2), 423-427 [cit. 2018-02-21]. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2012.12.027. ISSN 03785173.
- [36] SABREEN, S. High-Performance Waterborne Coatings. In: [Http://www.adhesionbonding.com](http://www.adhesionbonding.com)[online]. 2012 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <http://www.adhesionbonding.com/2012/03/18/high-performance-waterborne-coatings-2/>
- [37] LUDWIG, I., W. SCHABEL, P. FERLIN *et al.* Drying, film formation and open time of aqueous polymer dispersions. *The European Physical Journal Special Topics* [online]. 2009, 166(1), 39-43 [cit. 2018-02-21]. DOI: 10.1140/epjst/e2009-00875-1. ISSN 1951-6355.
- [38] STEWARD, P.A., J. HEARN a M.C. WILKINSON. An overview of polymer latex film formation and properties. *Advances in Colloid and Interface Science* [online]. 2000, 86(3), 195-267 [cit. 2018-02-21]. DOI: 10.1016/S0001-8686(99)00037-8. ISSN 00018686.
- [39] CARRA, S., P. a D.C. SERGIO. A model for the drying process during film formation in waterborne acrylic coatings. In: *Die Makromolekulare Chemie. Macromolecular symposia*. Hüthig & Wepf, 2002. p. 585-596.
- [40] SWARD, G.G. a H.A. GARDNER. *Paint testing manual: physical and chemical examination of paints, varnishes, lacquers, and colors*. 13th ed. Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 1972. ASTM special technical publication, 500.
- [41] GAYLARDE, C.C., L.H.G. MORTON, K. LOH *et al.* Biodeterioration of external architectural paint films – A review. *International Biodeterioration & Biodegradation* [online]. 2011, 65(8), 1189-1198 [cit. 2018-02-06]. DOI: 10.1016/j.ibiod.2011.09.005. ISSN 09648305.
- [42] HIRSCH, M. *A Primer on Antimicrobials* [online]. In: . [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/primer-antimicrobials-marc-hirsch>

- [43] ZIELECKA, M., E. BUJNOWSKA, B. KEPSKA, *et al.* Antimicrobial additives for architectural paints and impregnates. *Progress in Organic Coatings*[online]. 2011, **72**(1-2), 193-201 [cit. 2018-04-28]. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2011.01.012. ISSN 03009440.
- [44] GLINEL, K. *et al.* Antibacterial surfaces developed from bio-inspired approaches. *Acta Biomaterialia* [online]. 2012, **8**(5), 1670-1684 [cit. 2018-04-29]. DOI: 10.1016/j.actbio.2012.01.011. ISSN 17427061.
- [45] ERMOLAYEVA, E. a D. SANDERS. Mechanism of pyrithione-induced membrane depolarization in *Neurospora crassa*. *Applied and Environmental Microbiology*, 1995, 61.9: 3385-3390. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/15623766\\_Mechanism\\_of\\_pyrithione-induced\\_membrane\\_depolarization\\_in\\_Neurospora\\_crassa](https://www.researchgate.net/publication/15623766_Mechanism_of_pyrithione-induced_membrane_depolarization_in_Neurospora_crassa)
- [46] OKADA, A., T. NIKAIDO, M. IKEDA *et al.* Inhibition of Biofilm Formation using Newly Developed Coating Materials with Self-cleaning Properties. *Dental Materials Journal* [online]. 2008, 27(4), 565-572 [cit. 2018-02-13]. DOI: 10.4012/dmj.27.565. ISSN 1881-1361.
- [47] GURAN, C., A. PICA, D. FICAI *et al.* Antimicrobial coatings — obtaining and characterization. *Bulletin of Materials Science* [online]. 2013, 36(2), 183-188 [cit. 2018-02-13]. DOI: 10.1007/s12034-013-0470-3. ISSN 0250-4707.
- [48] BECHERI, A., M. DÜRR, P. LO NOSTRO *et al.* Synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles: application to textiles as UV-absorbers. *Journal of Nanoparticle Research* [online]. 2008, 10(4), 679-689 [cit. 2018-02-13]. DOI: 10.1007/s11051-007-9318-3. ISSN 1388-0764.
- [49] FIORI, J.J., L.L. SILVA, K.C. PICOLLI *et al.* Zinc Oxide Nanoparticles as Antimicrobial Additive for Acrylic Paint. *Materials Science Forum* [online]. 2017, 899, 248-253 [cit. 2017-11-28]. DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.899.248. ISSN 1662-9752.
- [50] ESPITIA, P.J.P., N. SOARES, J.S. COIMBRA *et al.* Zinc Oxide Nanoparticles: Synthesis, Antimicrobial Activity and Food Packaging Applications. *Food and Bioprocess*

*Technology* [online]. 2012, 5(5), 1447-1464 [cit. 2017-12-08]. DOI: 10.1007/s11947-012-0797-6. ISSN 1935-5130.

[51] HE, L., Y. LIU, A. MUSTAPHA *et al.* Antifungal activity of zinc oxide nanoparticles against *Botrytis cinerea* and *Penicillium expansum*. *Microbiological Research* [online]. 2011, 166(3), 207-215 [cit. 2018-02-27]. DOI: 10.1016/j.micres.2010.03.003. ISSN 09445013.

[52] PASQUET, J., Y. CHEVALIER, E. COUVAL *et al.* Zinc oxide as a new antimicrobial preservative of topical products: Interactions with common formulation ingredients. *International Journal of Pharmaceutics* [online]. 2015, 479(1), 88-95 [cit. 2018-02-06]. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2014.12.031. ISSN 03785173.

[53] LEITNER, J. a D. SEDMIDUBSKÝ. Příprava, vlastnosti a využití nanostrukturovaného ZnO. *Chemické listy* [online]. 2016(110), 406-417 [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2016\\_06\\_406-417.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2016_06_406-417.pdf)

[54] OBIDI, O.F. *et al.* Microbial evaluation and deterioration of paints and paint-products. *Journal of Environmental Biology* [online]. 2009(5), 835-840 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/41418131\\_Microbial\\_evaluation\\_and\\_deterioration\\_of\\_paints\\_and\\_paint-products](https://www.researchgate.net/publication/41418131_Microbial_evaluation_and_deterioration_of_paints_and_paint-products)

[55] CONTANT, S. *et al.* Evaluation of the effect of dry-film biocides on paint film preservation using neural networks. *Brazilian Journal of Chemical Engineering* [online]. 2010, 27(4), 643-651 [cit. 2018-04-28]. DOI: 10.1590/S0104-66322010000400016. ISSN 0104-6632.

[56] WEE, Y.C. Growth of algae on exterior painted masonry surfaces. *International Biodeterioration* [online]. 1988, 24(4-5), 367-371 [cit. 2018-04-28]. DOI: 10.1016/0265-3036(88)90022-X. ISSN 02653036.

[57] SCHWARTZ, A. A a F. E. FRITSCH, The Structure and Reproduction of the Algae Vol. I/II. XIII und 791, XIV und 939 S., 245 und 336 Abb., 2 und 2 Karten. Cambridge 1965 (reprinted): Cambridge University Press 90 S je Band. *Zeitschrift für allgemeine*

*Mikrobiologie* [online]. 1967, 7(2), 168-169 [cit. 2018-04-28]. DOI: 10.1002/jobm.19670070220. ISSN 00442208.

[58] VOTAVA, M. *Lékařská mikrobiologie obecná*. Brno: Neptun, 2001. ISBN 80-902896-2-2.

[59] ŠILHÁNKOVÁ, L. *Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology*. Vyd. 3. [i.e. 4.], opr. a dopl., v nakl. Academia 1. vyd. [i.e. 2. vyd.]. Praha: Academia, 2008. ISBN 978-80-200-1703-1.

[60] LOWY, F.D. Staphylococcus aureus Infections. *New England Journal of Medicine* [online]. 1998, 339(8), 520-532 [cit. 2018-04-28]. DOI: 10.1056/NEJM199808203390806. ISSN 0028-4793.

[61] AHN, S.H., E.L. TSALIK, D.D. CYR *et al.* Gene Expression-Based Classifiers Identify Staphylococcus aureus Infection in Mice and Humans. *PLoS ONE* [online]. 2013, 8(1), e48979- [cit. 2018-02-06]. DOI: 10.1371/journal.pone.0048979. ISSN 1932-6203.

[62] Staphylococcus Aureus. In: Stepwards [online]. 2016 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: [http://www.stepwards.com/?page\\_id=366](http://www.stepwards.com/?page_id=366)

[63] MOSIO, Petra. *Atlas bakterií*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2012. ISBN 978-80-7395-467-3.

[64] GOMES, T. *et al.* Diarrheogenic Escherichia coli. *Brazilian Journal of Microbiology* [online]. 2016, 47, 3-30 [cit. 2018-02-06]. DOI: 10.1016/j.bjm.2016.10.015. ISSN 15178382.

[65] Escherichia coli. In: *Medbullets* [online]. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <http://step1.medbullets.com/step1-microbiology/104052/escherichia-coli>

[66] EMERSON, J., M. ROSENFELD, S. MCNAMARA *et al.* Pseudomonas aeruginosa and other predictors of mortality and morbidity in young children with cystic fibrosis. *Pediatric Pulmonology* [online]. 2002, 34(2), 91-100 [cit. 2018-02-06]. DOI: 10.1002/ppul.10127. ISSN 8755-6863.

- [67] IMBERTY, A. *et al.* Structures of the lectins from *Pseudomonas aeruginosa*: insights into the molecular basis for host glycan recognition. *Microbes and Infection* [online]. 2004, 6(2), 221-228 [cit. 2017-12-08]. DOI: 10.1016/j.micinf.2003.10.016. ISSN 12864579.
- [68] JYOTHI, H. a V. SHIVAVEERAKUMAR, Rathod. Production of L-Glutaminase by *Pseudomonas* VJ-6. *Research Journal of Biotechnology*, 2011, 6.3: 42-49.
- [69] ROUSSEL, S., G. REBOUX, A.P. BELLANGER *et al.* Characteristics of dwellings contaminated by moulds. *Journal of Environmental Monitoring*[online]. 2008, 10(6), 724- [cit. 2018-02-06]. DOI: 10.1039/b718909e. ISSN 1464-0325
- [70] PITT, J. I. Toxigenic fungi and mycotoxins. *British Medical Bulletin*[online]. 2000, 56(1), 184-192 [cit. 2017-12-08]. DOI: 10.1258/0007142001902888. ISSN 0007-1420.
- [71] EHGARTNER, D., CH. HERWIG a J. FRICKE. Morphological analysis of the filamentous fungus *Penicillium chrysogenum* using flow cytometry—the fast alternative to microscopic image analysis. *Applied Microbiology and Biotechnology*[online]. 2017, 101(20), 7675-7688 [cit. 2018-02-06]. DOI: 10.1007/s00253-017-8475-2. ISSN 0175-7598.
- [72] KESPOHL, S., S. MARYSKA, J. BÜNGER *et al.* How to diagnose mould allergy? Comparison of skin prick tests with specific IgE results. *Clinical & Experimental Allergy* [online]. 2016, 46(7), 981-991 [cit. 2018-02-06]. DOI: 10.1111/cea.12733. ISSN 09547894.
- [73] *Penicillium chrysogenum*. In: *Mycota* [online]. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <http://mycota-crcc.mnhn.fr/site/espece.php?idE=106>
- [74] *Penicillium chrysogenum*. In: *Adrinclusivo* [online]. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <https://adrinclusivo.blogspot.cz/2016/02/alexander-fleming.html>
- [75] PERRONE, G., G. STEA, F. EPIFANI *et al.* *Aspergillus niger* contains the cryptic phylogenetic species *A. awamori*. *Fungal Biology* [online]. 2011, 115(11), 1138-1150 [cit. 2018-02-06]. DOI: 10.1016/j.funbio.2011.07.008. ISSN 18786146.

[76] VARGA, J., S. KOCSUBE, B. TOTH *et al.* *Aspergillus brasiliensis* sp. nov., a biseriate black *Aspergillus* species with world-wide distribution. *International journal of systematic and evolutionary microbiology* [online]. 2007, 57(8), 1925-1932 [cit. 2017-12-08]. DOI: 10.1099/ijms.0.65021-0. ISSN 1466-5026.

[77] *Aspergillus brasiliensis*. In: *Microbeonline* [online]. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <https://microbeonline.com/lactophenol-cotton-blue-lpcb-mounts-principle-staining-protocol/>

[78] *Aspergillus brasiliensis*. In: *Bioreference* [online]. [cit. 2018-05-08]. Dostupné z: <http://www.kontrollstaemme.de/eshop/single-view/bid/78/produkt/aspergillus-brasilie.html>

[79] ROSS, R.T. Biological Deterioration of Paints and Paint Films. SWARD, GG, ed. *Paint Testing Manual* [online]. 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959: ASTM International, 1972, s. 366-366-5 [cit. 2017-12-08]. DOI: 10.1520/STP37168S. ISBN 978-0-8031-0099-2.

[80] SEVERINO, R., G. FERRARI, K.D. VU *et al.* Antimicrobial effects of modified chitosan based coating containing nanoemulsion of essential oils, modified atmosphere packaging and gamma irradiation against *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella Typhimurium* on green beans. *Food Control* [online]. 2015, 50, 215-222 [cit. 2017-12-08]. DOI: 10.1016/j.foodcont.2014.08.029. ISSN 09567135.

[81] LONE, A., H. ANANY, M. HAKEEM *et al.* Development of prototypes of bioactive packaging materials based on immobilized bacteriophages for control of growth of bacterial pathogens in foods. *International Journal of Food Microbiology* [online]. 2016, 217, 49-58 [cit. 2017-12-08]. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.10.011. ISSN 01681605.

[82] POLÁŠKOVÁ, H. a D. TESAŘOVÁ. Evaluation of the Antimicrobial Activity of Water-Borne and Polyurethane Solvent-Borne Coating Materials for Wooden Furniture According to Common and Newly Invented Testing Methods.

## ZOZNAM OBRÁZKOV

<b>Obrázok 1</b> Mechanizmus emulznej polymerizácie.....	28
<b>Obrázok 2</b> Chemický vzorec kyseliny akrylovej a methakrylovej.....	29
<b>Obrázok 3</b> Schéma mechanizmu fyzikálneho zasychania náterových hmôt.....	31
<b>Obrázok 4</b> Znehodnotenie obloženia domu po napadnutí.....	33
<b>Obrázok 5</b> Štruktúra nanočastíc ZnO pri rôznom zväčšení – SEM .....	35
<b>Obrázok 6</b> Spóry (vľavo) a micely (vpravo) plesní.....	36
<b>Obrázok 7</b> S. Aureus - optický mikroskop.....	37
<b>Obrázok 8</b> Kolónie S. aureus na selektívnom agare.....	37
<b>Obrázok 9</b> E.coli optický mikroskop.....	38
<b>Obrázok 10</b> Kolónie E. Coli na selektívnom agare.....	38
<b>Obrázok 11</b> P.auerginosa optický mikroskop.....	39
<b>Obrázok 12</b> Kolónie P.auerginosa na selektívnom agare.....	39
<b>Obrázok 13</b> P. chrysogenum optický mikroskop.....	40
<b>Obrázok 14</b> Obrovské kolónie P. chrysogenum.....	40
<b>Obrázok 15</b> A.brasiliensis optický mikroskop.....	41
<b>Obrázok 16</b> Obrovské kolónie A. brasiliensis.....	41
<b>Obrázok 17</b> Aparatúra emulznej polymerizácie.....	59
<b>Obrázok 18</b> Prístroj na meranie MFFT.....	63
<b>Obrázok 19</b> Mechanický (vľavo) a magnetický (vpravo) prístroj na meranie hrúbky náteru...65	
<b>Obrázok 20</b> Kyvadlový prístroj na meranie tvrdosti typu Persoz.....	66
<b>Obrázok 21</b> Prístroj na vytvorenie vrypu.....	67
<b>Obrázok 22</b> Spôsob odčítania vrypu.....	67
<b>Obrázok 23</b> Prístroj na meranie lesku.....	68
<b>Obrázok 24</b> Jodometrická stupnica.....	70
<b>Obrázok 25</b> Prístroj pre stanovenie odolnosti voči oteru za mokra.....	71
<b>Obrázok 26</b> Erichsenov prístroj.....	73
<b>Obrázok 27</b> Prístroj na testovanie odolnosti voči ohybu s tŕňmi.....	74
<b>Obrázok 28</b> Prístroj na testovanie odolnosti náteru voči pádu závažia.....	74
<b>Obrázok 29</b> Hodnotiaci stupnica podkorodovania v ploche podkladu podľa ASTM D 610....81	
<b>Obrázok 30</b> Predloha k hodnoteniu stupňa tvorby bublín na povrchu organického povlaku...82	
<b>Obrázok 31</b> Syntetizované spojivo LZn bez prídavku IBK (vľavo) a s prídavkom 0,5 % IBK (vpravo).....	130

<b>Obrázok 32</b> Zmena relatívnej povrchovej tvrdosti spojív v čase.....	131
<b>Obrázok 33</b> Odolnosť spojív voči vrypu podľa Buchholza v čase.....	132
<b>Obrázok 34</b> Odolnosť filmov spojív voči MEK.....	133
<b>Obrázok 35</b> Celková mechanická odolnosť nepigmentovaných spojív.....	134
<b>Obrázok 36</b> Číslo lesku pri geometrii 60 ° pre spojívá pred a po expozícií v 60 °C.....	135
<b>Obrázok 37</b> Relatívna povrchová tvrdosť spojív pred a po expozícií v 60°C po 42 dňoch po nanesení.....	135
<b>Obrázok 38</b> Odolnosť filmov spojív voči vrypu pred a po expozícií v 60°C po 42 dňoch po nanesení.....	136
<b>Obrázok 39</b> Celková mechanická odolnosť filmov spojív pred a po expozícií v 60°C, 42 dní po nanesení.....	137
<b>Obrázok 40</b> Relatívna povrchová tvrdosť pigmentovaných filmov v čase 28 dní po nanesení náterov. OKP = 10 %, Q = konšt. (50), plnivo Plastorit.....	139
<b>Obrázok 41</b> Relatívna povrchová tvrdosť pigmentovaných filmov v čase 28 dní po nanesení náterov. OKP = 5 %, Q = konšt. (50), plnivo Hematit.....	139
<b>Obrázok 42</b> Odolnosť antikoročných náterov voči vrypu pri OKP 5 % s plnivom Hematit a OKP 10 % s plnivom Plastorit, Q = konst. = 50 %.....	140
<b>Obrázok 43</b> Odolnosť filmov voči MEK pri v čase 1, 7 a 28 dní po nanesení náterov. OKP 10 % s plnivom Plastorit, Q = konst. = 50 %.....	141
<b>Obrázok 44</b> Odolnosť filmov voči MEK v čase 1, 7 a 28 dní po nanesení náterov. OKP 5 % s plnivom Hematit, Q = konst. = 50%.....	141
<b>Obrázok 45</b> Spojivo EPX + CMP OKP 5 %, Hematit.....	142
<b>Obrázok 46</b> Machu a Schiffmana Spojivo LZn + CHP OKP 5 %, Plastorit.....	142
<b>Obrázok 47</b> LZn + Wollastonit bez obsahu IBK (vľavo) s prídavkom 0,5 % IBK.....	143
<b>Obrázok 48</b> Výsledky BK náterových filmov bez IBK a s prídavkom 0,5 % IBK pre OKP 10 %, plnivo Plastorit, Q= konst. (50 %).....	143
<b>Obrázok 49</b> Výsledky BK náterových filmov bez IBK a s prídavkom 0,5 % IBK pre OKP 5 %, plnivo Hematit, Q = konšt. (50 %).....	144
<b>Obrázok 50</b> celková mechanická odolnosť antikoročných NH pri OKP 10 %, s plnivom Plastorit, Q = konšt. (50 %).....	145
<b>Obrázok 51</b> celková mechanická odolnosť antikoročných NH pri OKP 5 %, s plnivom Hematit, Q = konšt. (50 %).....	145
<b>Obrázok 52</b> Rozdiel v korózii v reze spojivo HDS + CMP (vpravo) a LZn + CAPP (vpravo) po 360 hodinách v NaCl komore.....	146



<b>Obrázok 53</b> Antikorózna účinnosť v čase pre filmy s OKP 10 %, plnivom Plastorit , Q = konšt. (50 %)	147
<b>Obrázok 54</b> Antikorózna účinnosť v čase pre filmy s OKP 5 %, plnivom Hematit Q = konšt. (50%)	147
<b>Obrázok 55</b> Celková antikorózna účinnosť na oceľových paneloch pre OKP 5 % s plnivom Hematit a OKP 10 % s plnivom Plastorit, Q = konšt. (50 %)	148
<b>Obrázok 56</b> Priľnavosť mriežkovou metódou – spojivo HDS + CMP OKP 10% (vľavo) a LZn + CMP OKP 10 % (vpravo) po 3 cykloch	149
<b>Obrázok 57</b> Výsledky antikoróznej odolnosti po vystavení vzoriek kondenzovanej vlhkosti pre vzorky s OKP 5 % a plnivom Hematit a OKP 10 % s plnivom Plastorit, Q= konšt. (50 %)	150
<b>Obrázok 58</b> Zhodnotenie celkovej koróznej odolnosti antikoróznych NH pre OKP 10 % s plnivom Plastorit a OKP 5 % s plnivom Hematit, Q = konšt. (50 %)	151
<b>Obrázok 59</b> Percentuálne hodnotenie antimikrobiálnej účinnosti po otláčkoch vzoriek	152
<b>Obrázok 60</b> Preukázanie antifungickej odolnosti ZnO nanočastíc voči plesni <i>A. brasiliensis</i> . LZn (vľavo), L0 (vpravo)	153
<b>Obrázok 61</b> Fungicídna účinnosť syntetizovaného latexu LZn čistého a s prídavkom 10 hm. % vybraných bielych pigmentov a plnív	153
<b>Obrázok 62</b> Závislosti antimikrobiálnej účinnosti na obsahu antimikrobiálneho aditíva pre baktérie	155
<b>Obrázok 63</b> Fungicídna účinnosť interiérovej NH so spojivom LZn.LZn (vľavo), LZn + 0,1 hm. % ZP (v strede), LZn + 0,2 hm. % ZP (vpravo)	155
<b>Obrázok 64</b> Závislosti antimikrobiálnej účinnosti na obsahu antimikrobiálneho aditíva pre plesne	156

## ZOZNAM TABULIEK

<b>Tabuľka 1</b> Zloženie polymerizačného systému.....	59
<b>Tabuľka 2</b> Kritéria pre klasifikáciu vzhľadu náterového filmu .....	65
<b>Tabuľka 3</b> Stupne odolnosti MEK testu podľa normy ASTM D-4752-10.....	69
<b>Tabuľka 4</b> Jodometrická stupnica .....	69
<b>Tabuľka 5</b> Vyhodnotenie stupňa príľnavosti.....	72
<b>Tabuľka 6</b> Stupnica hodnotenia celkovej mechanickej odolnosti.....	73
<b>Tabuľka 7</b> Zhrnutie hodnotiaceho systému podľa noriem ASTM A ISO noriem.....	83
<b>Tabuľka 8</b> Výsledky základných vlastností testovaných spojív.....	87
<b>Tabuľka 9</b> Výsledky obsahu nanočastíc ZnO v syntetizovanom spojive.....	87
<b>Tabuľka 10</b> Výsledky zrýchleného testu spojív voči tvorbe bleskovej korózie.....	88
<b>Tabuľka 11</b> Výsledky odolnosti filmu voči náhlym teplotným zmenám.....	88
<b>Tabuľka 12</b> Hodnotenie celkového vzhľadu náterových filmov spojív na sklenenom podklade.....	89
<b>Tabuľka 13</b> Hodnoty hrúbky suchých filmov spojív na sklenenom podklade.....	90
<b>Tabuľka 14</b> Zmena lesku náterových filmov spojív v závislosti na čase.....	91
<b>Tabuľka 15</b> Zmena lesku náterových filmov v závislosti na čase, po expozícií v 60°C.....	92
<b>Tabuľka 16</b> Výsledky merania zmeny povrchovej tvrdosti náterových filmov spojív v čase...93	
<b>Tabuľka 17</b> Výsledky merania zmeny povrchovej tvrdosti filmov spojív po expozícií v 60°C, v čase.....	93
<b>Tabuľka 18</b> Výsledky Buchholzovej vrypovej skúšky v čase. ....	94
<b>Tabuľka 19</b> Výsledky Buchholzovej vrypovej skúšky v čase, po expozícií v 60°C.....	94
<b>Tabuľka 20</b> Výsledky odolnosti spojív voči MEK.....	95
<b>Tabuľka 21</b> Výsledky mechanickej odolnosti náterových filmov spojív. ....	96
<b>Tabuľka 22</b> Výsledky mechanickej odolnosti náterových filmov spojív po vystavení teplote 60 °C.....	96
<b>Tabuľka 23</b> Výsledky lesku pigmentovaných náterových filmov v závislosti na čase.....	98
<b>Tabuľka 24</b> Výsledky zmeny relatívnej povrchovej tvrdosti antikorózných náterov v čase. ....	99
<b>Tabuľka 25</b> Výsledky odolnosti antikorózných náterových hmôt proti vrypu podľa Buchholza. ....	100
<b>Tabuľka 26</b> Výsledky chemickej odolnosti antikorózných náterových hmôt voči MEK.....	101

<b>Tabuľka 27</b> Výsledky bleskovej korózie antikoročných náterových hmôt samotných a s prídavkom inhibítora bleskovej korózie. ....	102
<b>Tabuľka 28</b> Výsledky hrúbky filmov antikoročných náterov pre mechanické a korózne skúšky.....	103
<b>Tabuľka 29</b> Výsledky mechanickej odolnosti antikoročných náterov.....	104
<b>Tabuľka 30</b> Výsledky korózne odolnosti po 120 hodinách v komore s 5% hmlou NaCl.....	106
<b>Tabuľka 31</b> Výsledky korózne odolnosti po 240 hodinách v komore s 5% hmlou NaCl.....	107
<b>Tabuľka 32</b> Výsledky korózne odolnosti po 360 hodinách v komore s 5% hmlou NaCl.....	108
<b>Tabuľka 33</b> Celková priemerná antikoročná účinnosť.....	109
<b>Tabuľka 34</b> Výsledky korózne odolnosti po 192 hodinách (2 cykly), pri vstavení striedaniu teplôt v kombinácii s 5 % hmlou NaCl.....	110
<b>Tabuľka 35</b> Výsledky korózne odolnosti na hliníkových paneloch po 288 hodinách (3 cykly), pri vstavení striedaniu teplôt v kombinácii s 5 % hmlou NaCl.....	111
<b>Tabuľka 36</b> Výsledky korózne odolnosti a odolnosti voči tvorbe osmotických bublín v prostredí kondenzácií vody po 480 hodinách.....	112
<b>Tabuľka 37</b> Celková priemerná účinnosť antikoročných pigmentov.....	113
<b>Tabuľka 38</b> Výsledky ponorového testu chemickej odolnosti podľa Machu a Schiffmana (1 cyklus).....	114
<b>Tabuľka 39</b> Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex ZnO 1,5% + 2 hm. % pigmentov.....	115
<b>Tabuľka 40</b> Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex 0% + 2 hm. % pigmentov.....	116
<b>Tabuľka 41</b> Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex ZnO 1,5% + 10 hm. % pigmentov. ....	116
<b>Tabuľka 42</b> Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex 0% + 10 hm. % pigmentov.....	117
<b>Tabuľka 43</b> Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex ZnO 1,5% + Zinc pyrithione [0,1; 0,2; 0,3 hm. %] + 2 hm. % Pigmentu.....	117
<b>Tabuľka 44</b> Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex 0% + Zinc pyrithione [0,1; 0,2; 0,3 hm. %] + 2 hm. % pigmentu.....	118
<b>Tabuľka 45</b> Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex ZnO 1,5% + inhibítory [0,1; 0,2; 0,3 hm. %].....	119
<b>Tabuľka 46</b> Výsledky antimikrobiálnej účinnosti Latex 0% + inhibítory [0,1; 0,2; 0,3 hm. %].....	120
<b>Tabuľka 47</b> Výsledky antifungálnej účinnosti Latex ZnO 1,5% + inhibítory [0,1; 0,2; 0,3 hm. %].....	121

<b>Tabuľka 48</b> Výsledky antifungickej účinnosti Latex ZnO 1,5% + Zinc pyrithione [0,1; 0,2; 0,3 hm. %] + 2 hm. % Pigmentu .....	122
<b>Tabuľka 49</b> Výsledky antifungickej účinnosti Latex 0% + inhibítory [0,1; 0,2; 0,3 hm. %] .....	123
<b>Tabuľka 50</b> Výsledky antifungickej účinnosti Latex 0% + Zinc pyrithione [0,1; 0,2; 0,3 hm. %] + 2 hm % Pigmentu.....	124
<b>Tabuľka 51</b> Výsledky antifungickej účinnosti Latex ZnO 1,5% + 10 hm. % pigmentov. ....	125
<b>Tabuľka 52</b> Výsledky antimikrobiálnej účinnosti formulovaných interiérových náterových hmôt.....	126
<b>Tabuľka 53</b> Výsledky antifungickej účinnosti formulovaných interiérových náterových hmôt. ....	127
<b>Tabuľka 54</b> Výsledky testu oteru vzdornosti za mokra.....	128

# PRÍLOHY

## Príloha A

### Tabuľky formulácií náterových hmôt:

Formulácia vodou riediteľnej náterovej hmoty so syntetizovaným latexom s obsahom 1,5 % ZnO nanočastic.

Typ AK pigmentu	OKP [%]	Zloženie systému v hm. % na 100 g náterovej hmoty			
		Spojivo	Pigment	Plastorit Micro	Vápenec 1-VA
Wollastonit	10	69,89	9,44	2,01	18,66
Mastek	10	73,89	9,66	2,14	14,3
H - CHP	10	78,84	9,46	2,05	17,64
H - CMP	10	72,15	9,35	2,08	16,42
H - CAPP	10	70,96	8,56	2,06	18,42

Formulácia vodou riediteľnej náterovej hmoty so syntetizovaným latexom s obsahom 1,5 % ZnO nanočastic.

Typ AK pigmentu	OKP [%]	Zloženie systému v hm. % na 100 g náterovej hmoty			
		Spojivo	Pigment	Plastorit Micro	Vápenec 1-VA
Wollastonit	5	68,56	4,39	3,26	23,79
Mastek	5	70,39	4,36	3,35	21,89
H - CHP	5	69,02	4,38	3,27	23,33
H - CMP	5	69,6	4,27	3,3	22,83
H - CAPP	5	69,31	3,96	3,3	23,43

Formulácia vodou riediteľnej náterovej hmoty so syntetizovaným latexom bez obsahu nanočastic.

Typ AK pigmentu	OKP [%]	Zloženie systému v hm. % na 100 g náterovej hmoty			
		Spojivo	Pigment	Plastorit Micro	Vápenec 1-VA
Wollastonit	10	65,69	10,72	2,30	21,28
Mastek	10	70,06	11,08	2,45	16,41
H - CHP	10	66,73	10,78	2,34	20,15
H - CMP	10	68,14	10,53	2,37	18,97
H - CAPP	10	67,44	9,83	2,36	20,37

Formulácia vodou riediteľnej náterovej hmoty so syntetizovaným latexom bez obsahu nanočastic.

Typ AK pigmentu	OKP [%]	Zloženie systému v hm. % na 100 g náterovej hmoty			
		Spojivo	Pigment	Plastorit Micro	Vápenec 1-VA
Wollastonit	5	64,31	4,98	3,70	27,01
Mastek	5	66,24	4,97	3,82	24,97
H - CHP	5	64,80	4,96	3,73	26,50
H - CMP	5	65,41	4,78	3,73	25,93
H - CAPP	5	65,12	4,51	3,74	26,63

Formulácie vodou riediteľných náterových hmôt s porovnávacími spojivami pri OKP 10%.

Spojivo	OKP [%]	Zloženie systému v hm. % na 100 g náterovej hmoty			
		Spojivo	H-CMP	Platorit Micro	Vápenec 1-VA
AX1	10	69,05	10,4	2,32	18,23
HDS	10	69,23	10,32	2,31	18,14
EPX	10	55,82	11,04	2,46	19,42

Formulácie vodou riediteľných náterových hmôt s porovnávacími spojivami pri OKP 5 %.

Spojivo	OKP [%]	Zloženie systému v hm. % na 100g náterovej hmoty			
		Spojivo	H-CMP	Hematit 120 M	Vápenec 1-VA
AX1	5	66,29	4,73	3,66	25,32
HDS	5	66,52	4,7	3,65	25,32
EPX	5	50,61	5,01	3,9	26,82

Formulácie interiérových vodou riediteľných náterových hmôt.

Spojivo	OKP [%] ZnO	OKP [%] TiO2	Zloženie systému v hm. % na 100 g náterovej hmoty			
			Spojivo	ZnO - zelená pečat'	TiO2	Vápenec 2-VA
LZn	13	2	32,94	12,23	1,45	53,39
L0	13	2	29,30	12,98	1,52	56,29
AX2	13	2	29,31	12,90	1,52	56,27
AX3	13	2	29,48	12,85	1,52	56,15

**Príloha B**

**Snímky plechov po 1 cykle v roztoku Machu a Schiffmana**

**ZnO – Wollastonit, OKP = 10 %    ZnO – Wollastonit, OKP 5 %**



**ZnO – Mastek, OKP = 10 %**



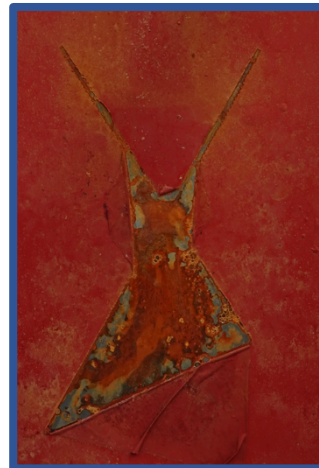
**ZnO – Mastek, OKP = 5 %**



**ZnO – CMP, OKP 10 %**



**ZnO – CMP, OKP 5 %**



**ZnO – CHP, OKP = 10 %**



**ZnO – CHP, OKP = 5 %**



**ZnO – CAPP, OKP = 10%**



**ZnO – CAPP, OKP = 5%**



**0 – Wollastonit, OKP = 10%**



**0 – Wollastonit, OKP = 5%**

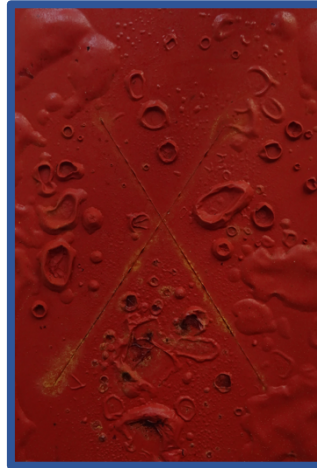




**0 – Mastek, OKP = 10 %**



**0 – Mastek, OKP = 5 %**



**0 – CMP, OKP = 10 %**



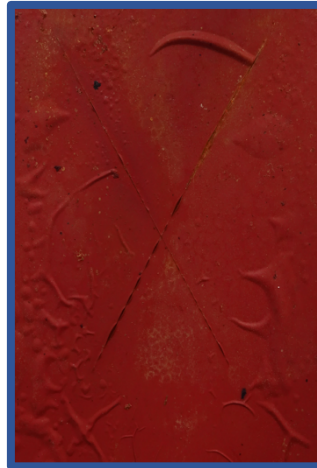
**0 – CMP, OKP = 5 %**



**0 – CHP, OKP = 10 %**



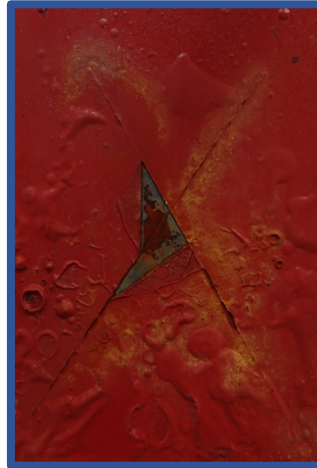
**0 – CHP, OKP = 5 %**



**0 – CAPP, OKP = 10 %**



**0 – CAPP, OKP = 5 %**



**Axilat – CMP, OKP = 10 %**



**Axilat – CMP, OKP = 5 %**



**Hydrospol – CMP, OKP = 10 %**



**Hydrospol – CMP, OKP = 5 %**



**Epoxid – CMP, OKP = 10 %**



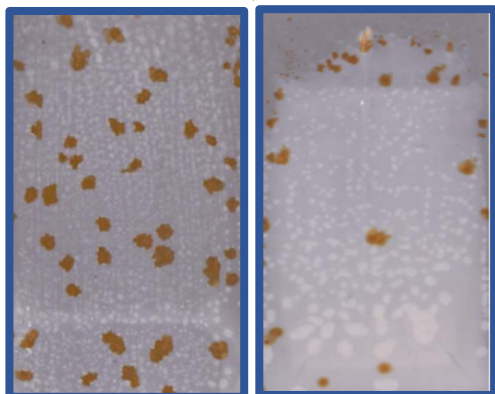
**Epoxid – CMP, OKP = 5 %**



### **Príloha C**

**Snímky plechov po testovaní bleskovej korózie bez prídavku a s prídavkom 0,5 % IBK.**

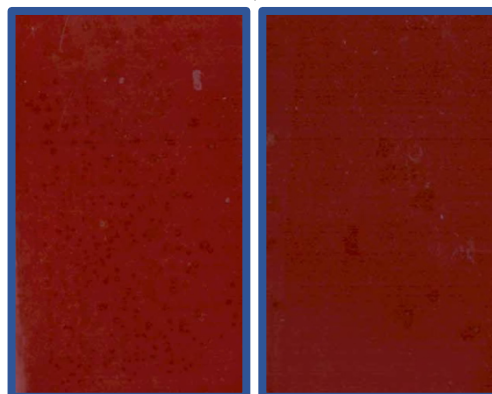
**ZnO - Wollastonit, OKP 10 %**



**IBK = 0 %**

**IBK = 0,5 %**

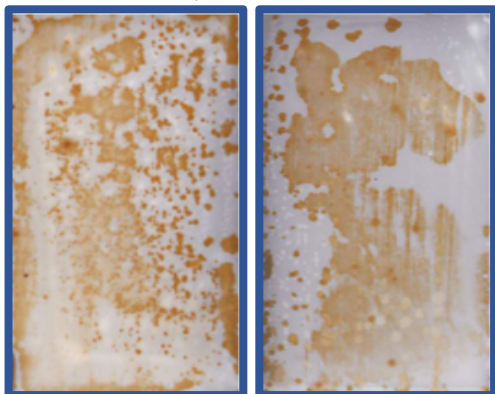
**ZnO - Wollastonit, OKP 5%**



**IBK = 0 %**

**IBK = 0,5 %**

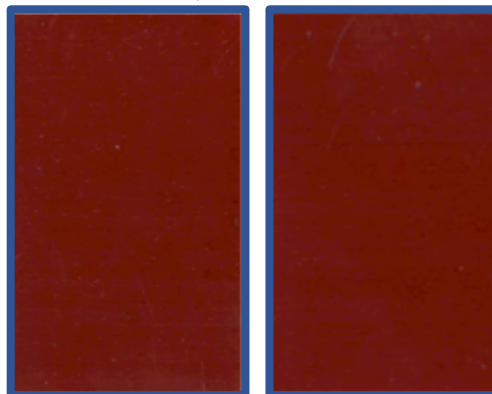
**ZnO - Mastek, OKP 10 %**



**IBK = 0 %**

**IBK = 0,5 %**

**ZnO - Mastek, OKP 5%**

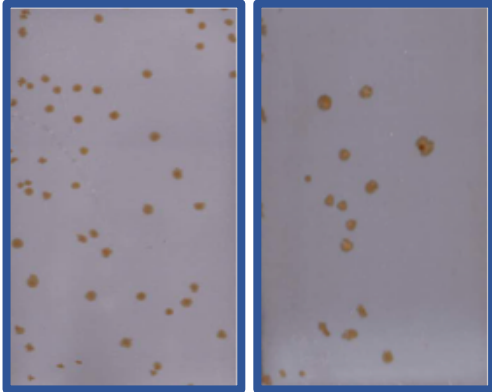


**IBK = 0 %**

**IBK = 0,5 %**



**ZnO - CMP, OKP 10 %**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

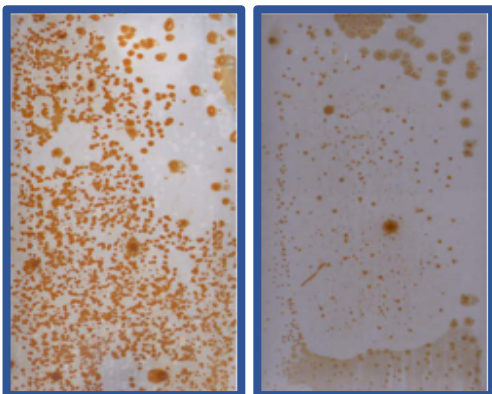
**ZnO - CMP, OKP 5%**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

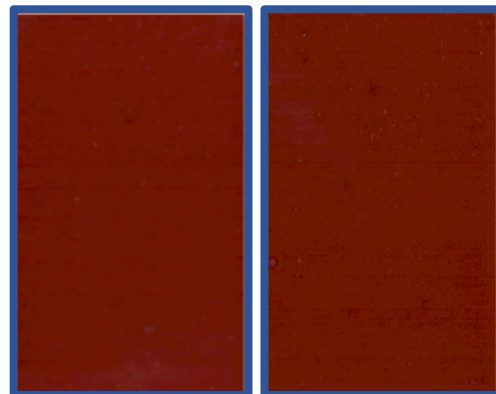
**ZnO - CHP, OKP 10 %**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

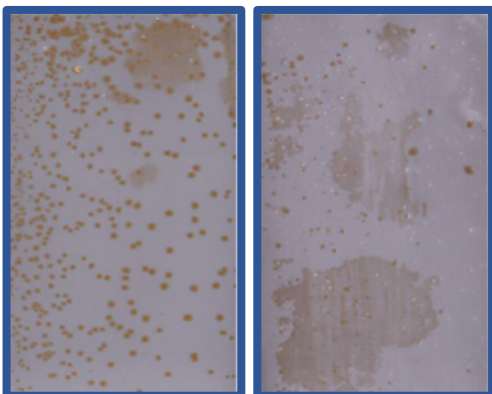
**ZnO - CHP, OKP 5%**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

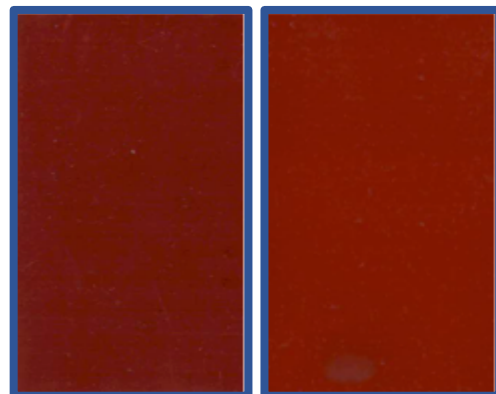
**ZnO - CAPP, OKP = 10 %**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

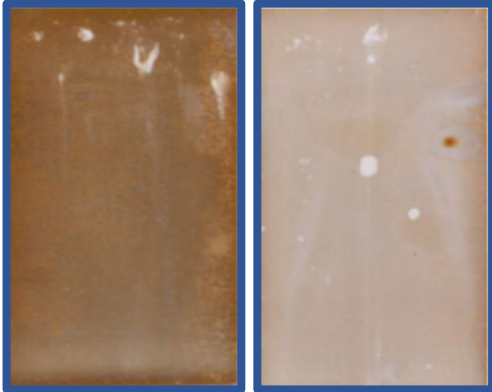
**ZnO - CAPP, OKP = 5 %**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

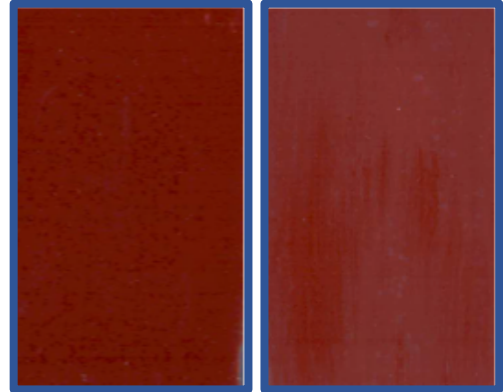
**0 – Wollastonit, OKP = 10%**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

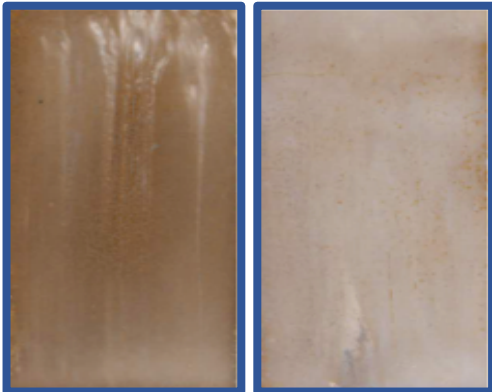
**0 – Wollastonit, OKP = 5%**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

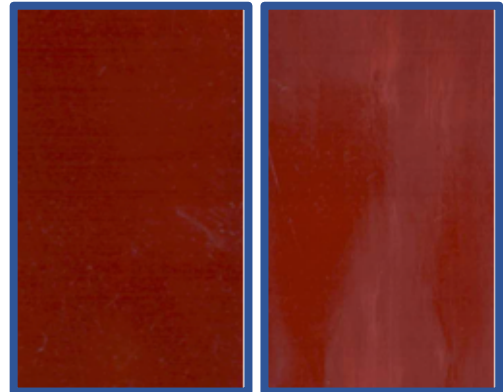
**0 – Mastek, OKP = 10%**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

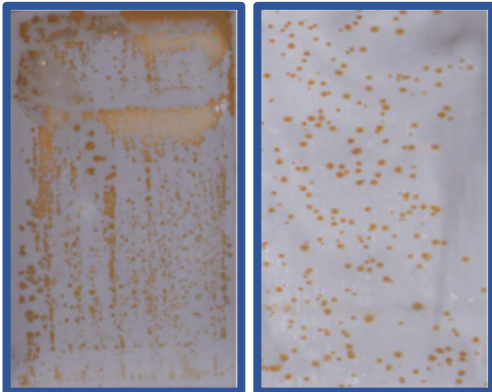
**0 – Mastek, OKP = 5%**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

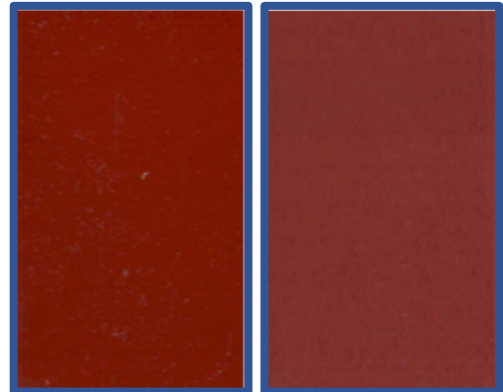
**0 – CMP, OKP = 10%**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

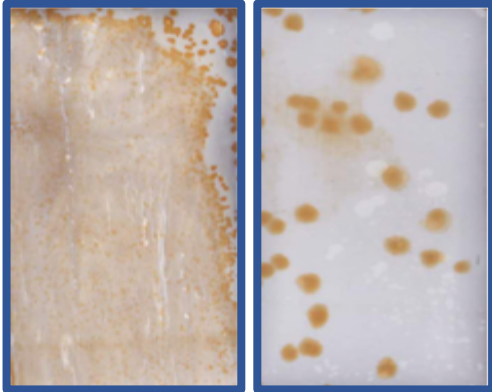
**0 – CMP, OKP = 5%**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

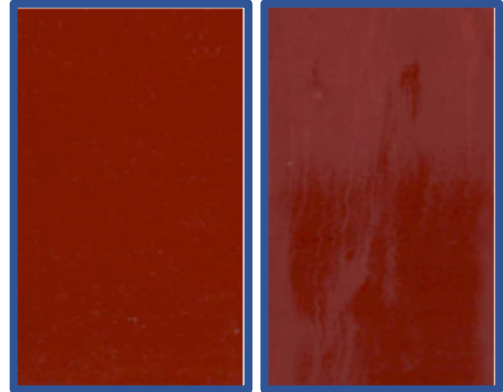
**0 - CHP, OKP = 10%**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

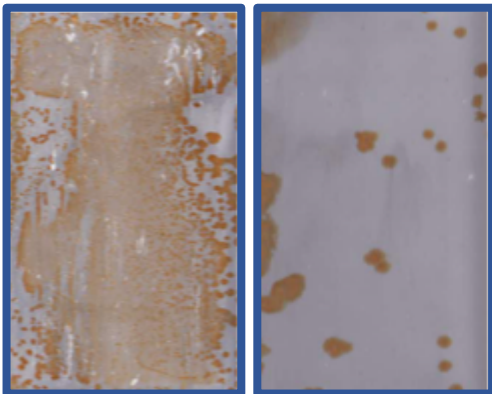
**0 - CHP, OKP = 5%**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

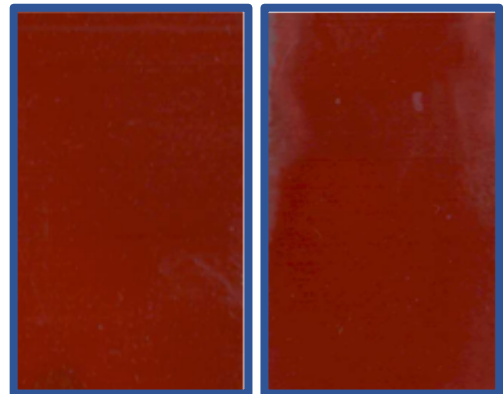
**0 - CAPP, OKP = 10%**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

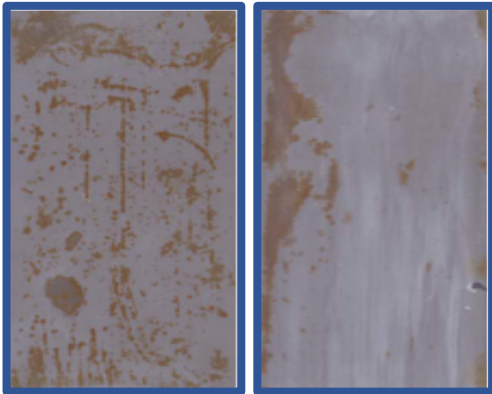
**0 - CAPP, OKP = 5%**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

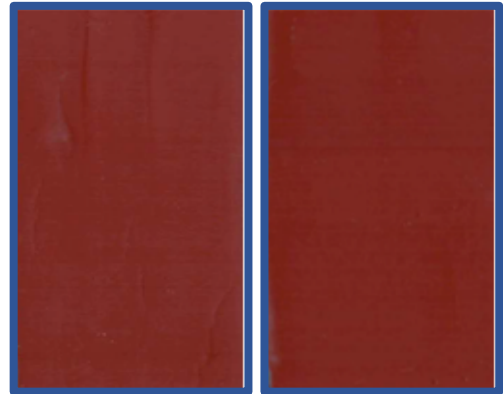
**AXILAT - CMP, OKP = 10 %**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

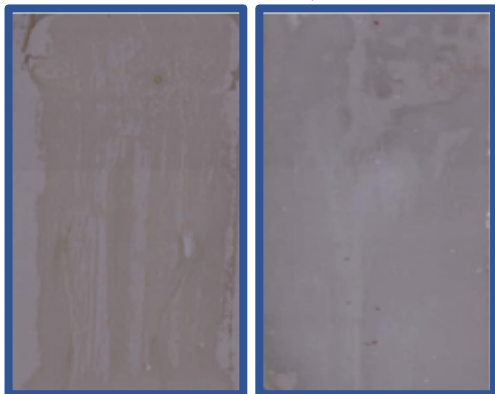
**AXILAT - CMP, OKP = 5 %**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

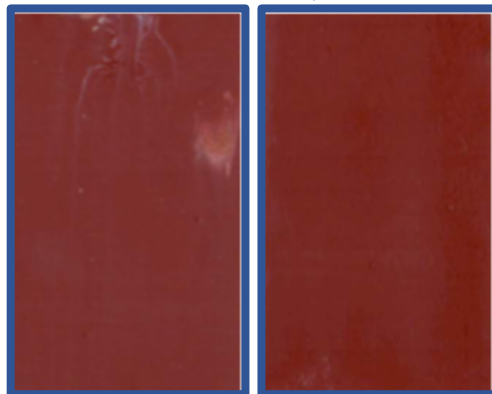
**HYDROSPOL – CMP, OKP = 10 %**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

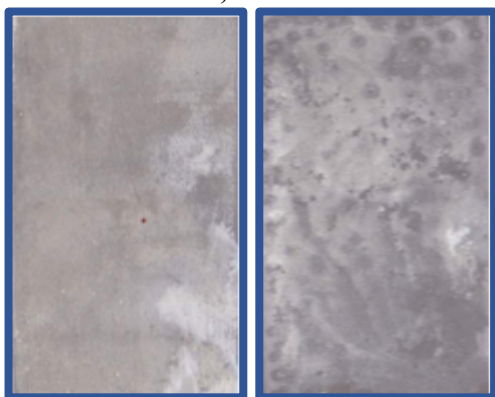
**HYDROSPOL – CMP, OKP = 5 %**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

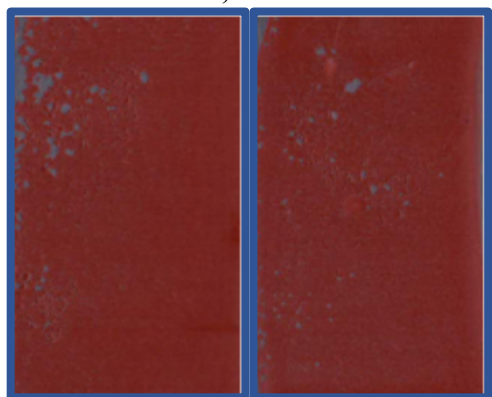
**EPOXY – CMP, OKP = 10 %**



IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

**EPOXY – CMP, OKP = 10 %**



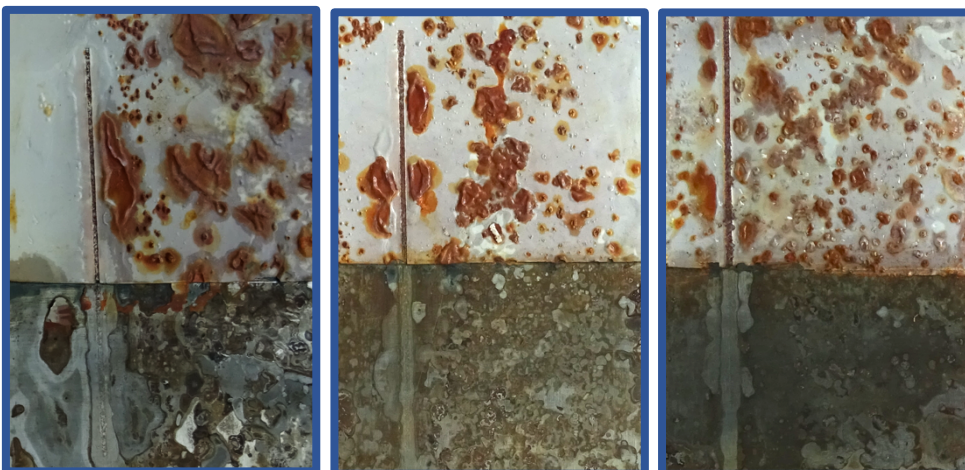
IBK = 0 %

IBK = 0,5 %

**Príloha D**

**Snímky ocel'ových panelov s antikoróznymi nátermi po expozícii v komore s hmlou 5% NaCl.**

**ZnO – Wollastonit, OKP = 10 %**



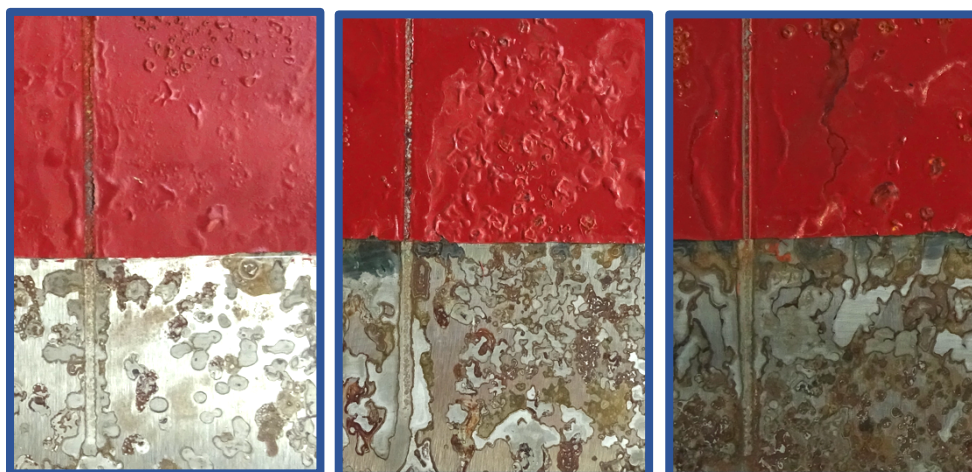
120 h.

240 h.

360 h.



**ZnO – Wollastonit, OKP = 5 %**

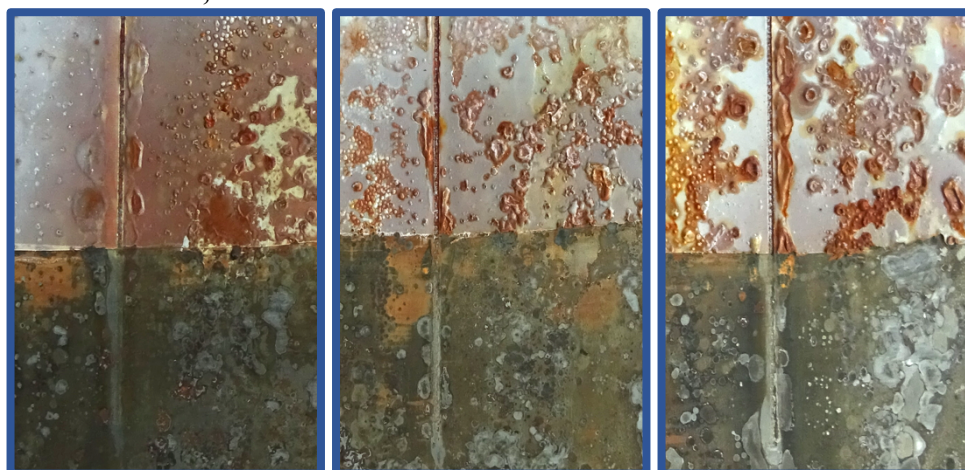


120 h.

240 h.

360 h.

**ZnO – Mastek, OKP = 10 %**

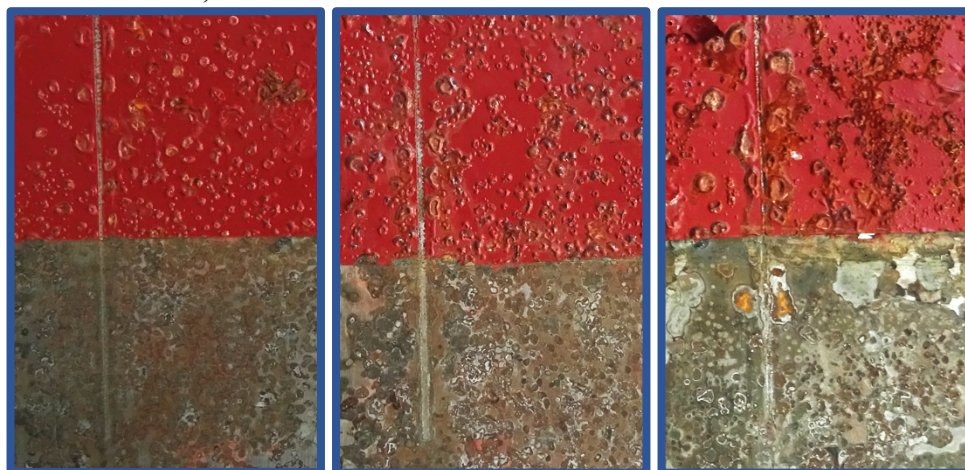


120 h.

240 h.

360 h.

**ZnO – Mastek, OKP = 5 %**



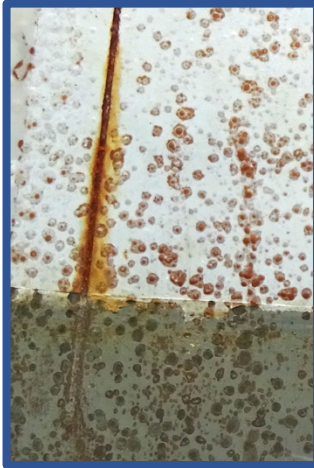
120 h.

240 h.

360 h.



**ZnO – CMP, OKP = 10 %**



120 h.



240 h.

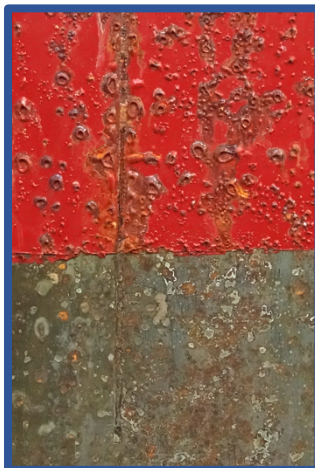


360 h.

**ZnO – CMP, OKP = 5 %**



120 h.



240 h.



360 h.

**ZnO – CAPP, OKP = 10 %**



120 h.



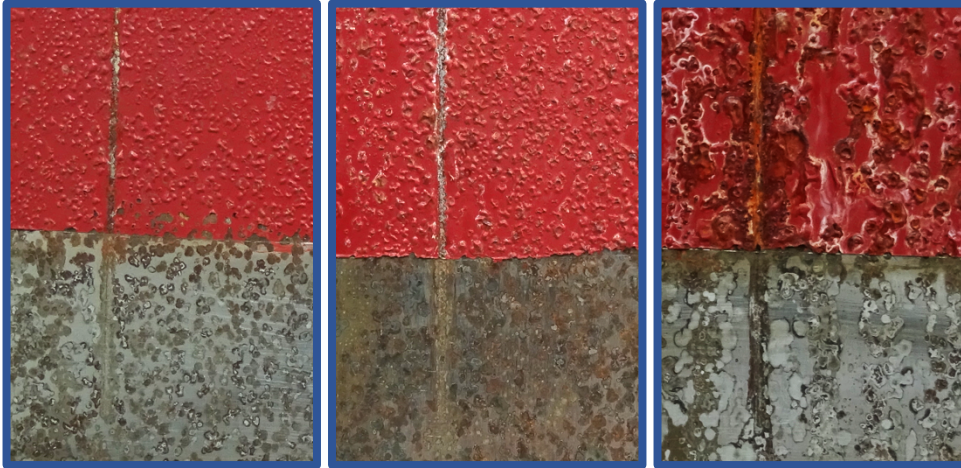
240 h.



360 h.



**ZnO – CAPP, OKP = 5 %**

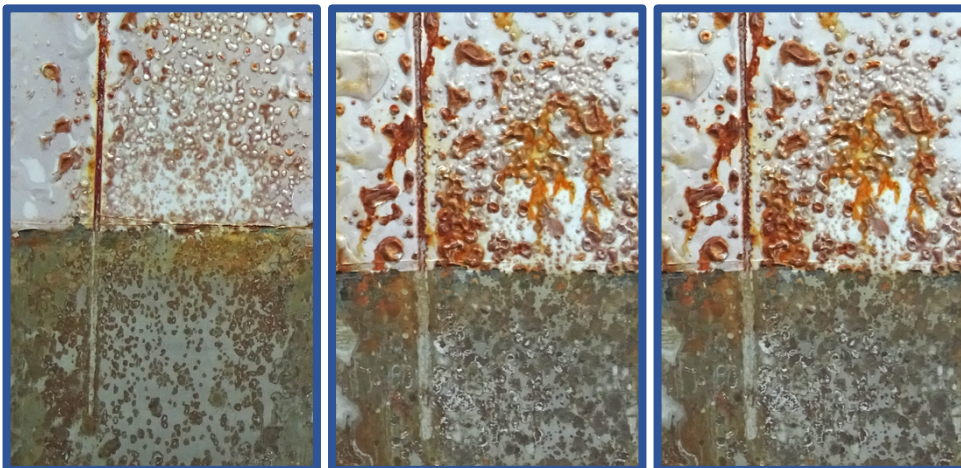


120 h.

240 h.

360 h.

**ZnO – CHP, OKP = 10 %**

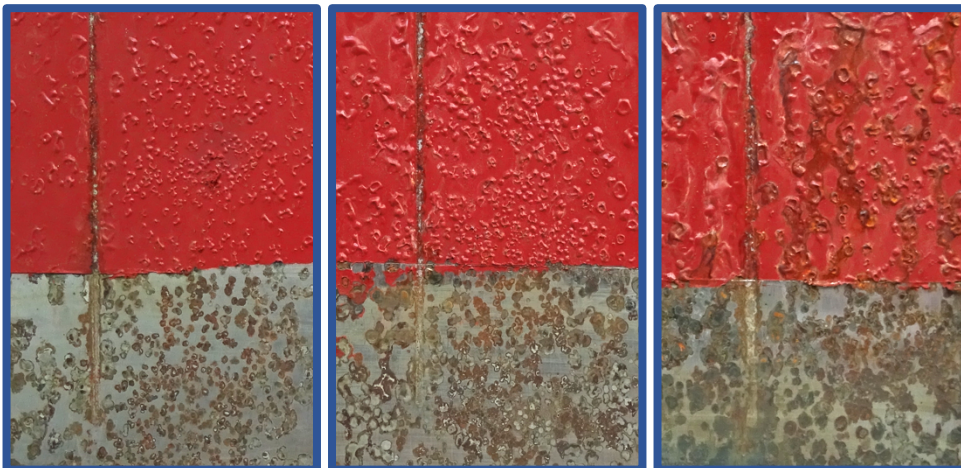


120 h.

240 h.

360 h.

**ZnO – CHP, OKP = 5 %**



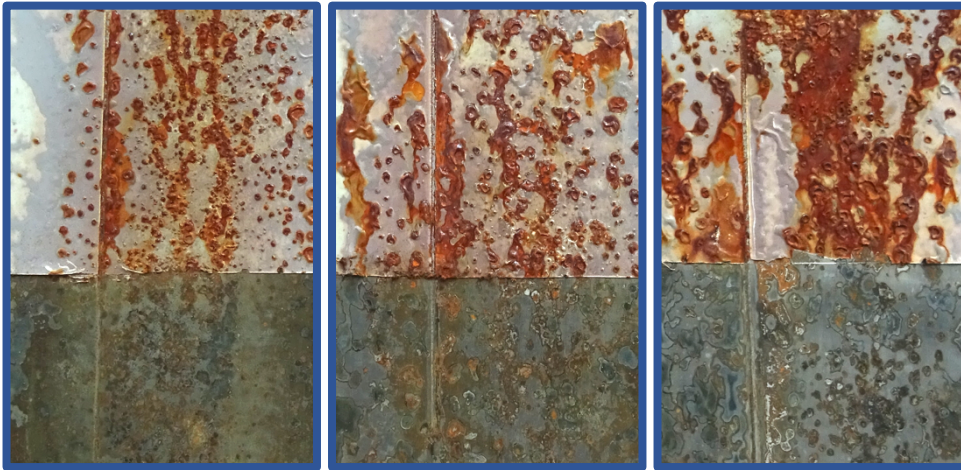
120 h.

240 h.

360 h.



**0 – Wollastonit, OKP = 10 %**

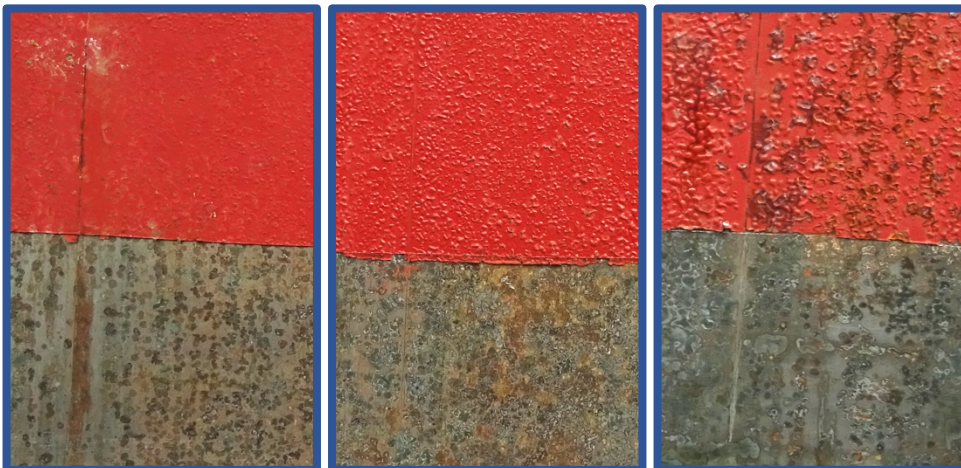


120 h.

240 h.

360 h.

**0 – Wollastonit, OKP = 5 %**

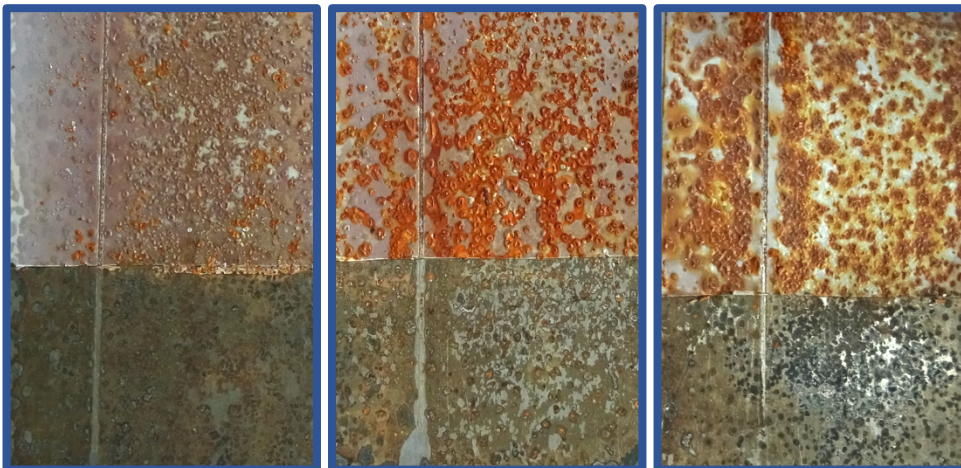


120 h.

240 h.

360 h.

**0 – Mastek, OKP = 10 %**



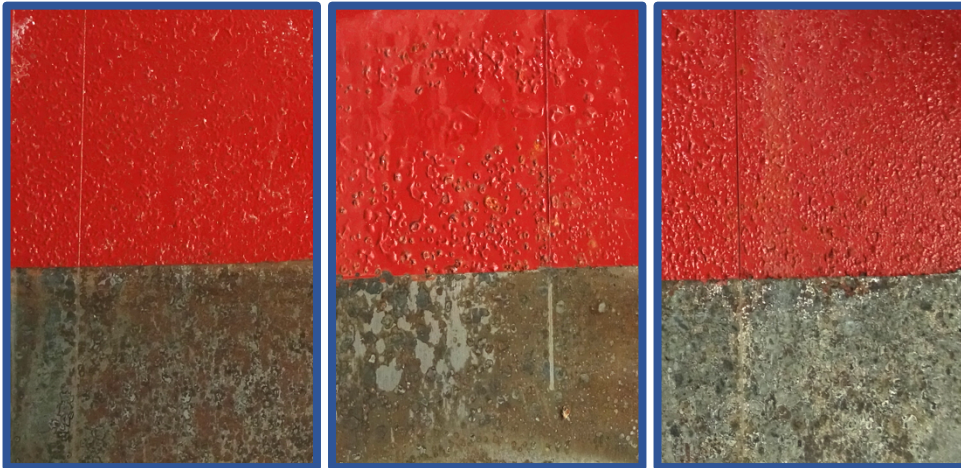
120 h.

240 h.

360 h.



**0 – Mastek, OKP = 5 %**

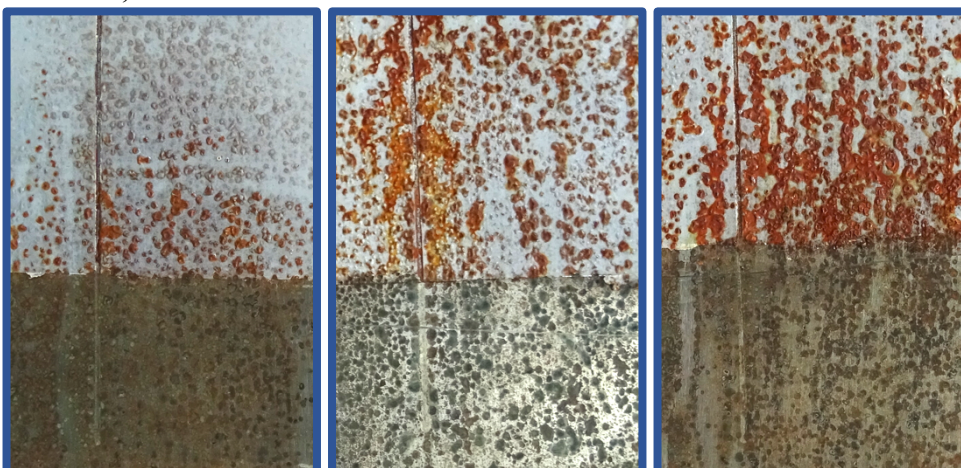


120 h.

240 h.

360 h.

**0 – CMP, OKP = 10 %**

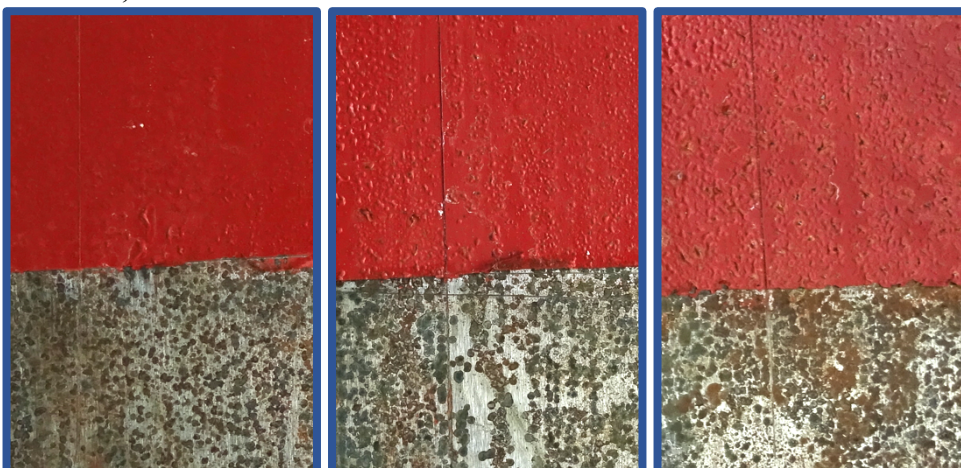


120 h.

240 h.

360 h.

**0 – CMP, OKP = 5 %**



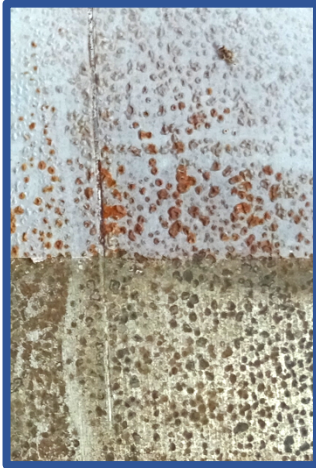
120 h.

240 h.

360 h.



**0 – CHP, OKP = 10 %**



120 h.



240 h.



360 h.

**0 – CHP, OKP = 5 %**



120 h.

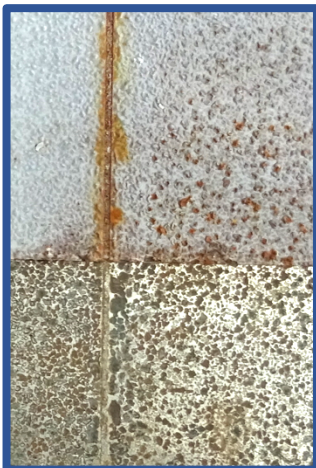


240 h.



360 h.

**0 – CAPP, OKP = 10 %**



120 h.



240 h.



360 h.



**0 – CAPP, OKP = 5 %**

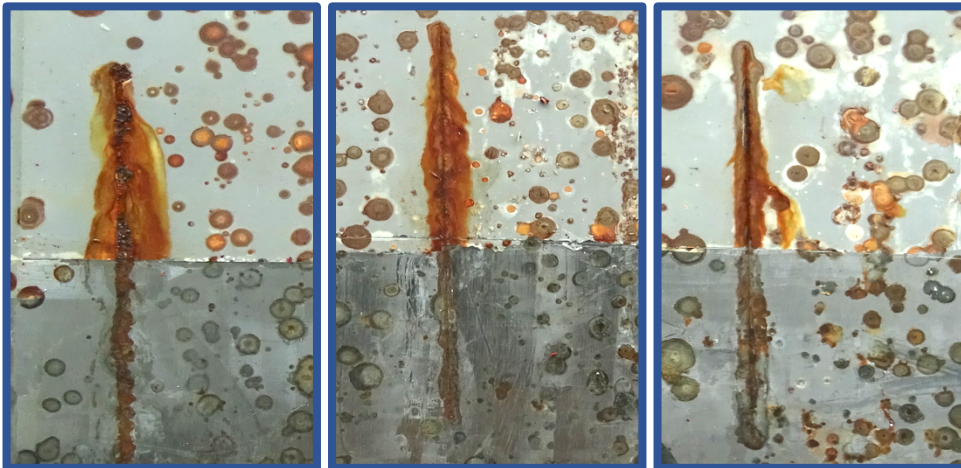


120 h.

240 h.

360 h.

**Hydrospol – CMP, OKP = 10 %**

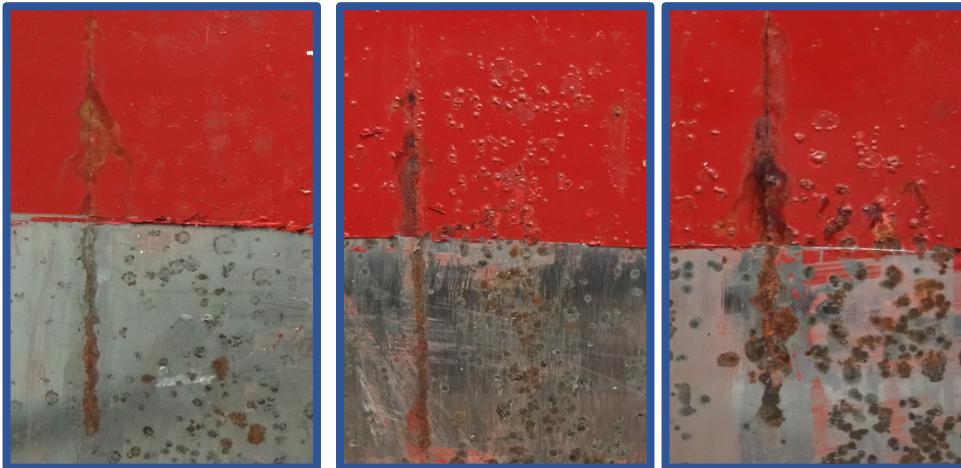


120 h.

240 h.

360 h.

**Hydrospol – CMP, OKP = 5 %**



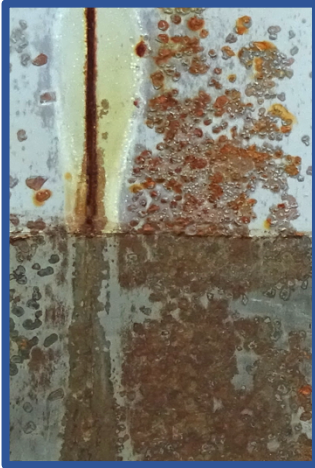
120 h.

240 h.

360 h.



**AXILAT – CMP , OKP = 10 %**



120 h.



240 h.

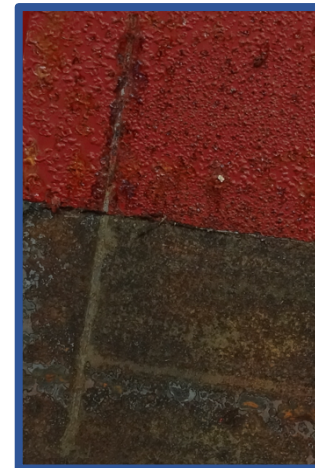


360 h.

**AXILAT – CMP, OKP = 5 %**



120 h.



240 h.



360 h.

**EPOXID – CMP, OKP = 10 %**



120 h.



240 h.



360 h.

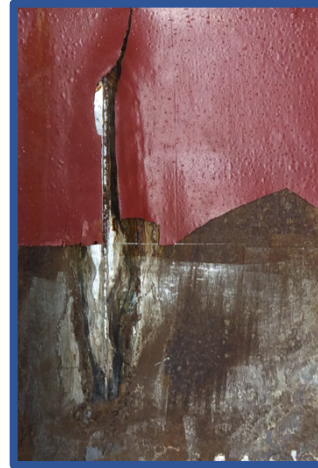
**EPOXID – CMP, OKP = 5 %**



120 h.



240 h.



360 h.

**Príloha E**

**Snímky ocelových panelov s antikoróznymi nátermi po expozícii v komore s hmlou 5 % NaCl v kombinácii zo striedaním teplôt**

**ZnO – Wollastonit, OKP = 10 %**



**ZnO – Wollastonit, OKP = 5 %**



**ZnO – Mastek, OKP = 10 %**



**ZnO – Mastek, OKP = 5 %**





**ZnO – CMP, OKP = 10 %**



**ZnO – CMP, OKP = 5 %**



**ZnO – CHP, OKP = 10 %**



**ZnO – CHP, OKP = 5 %**



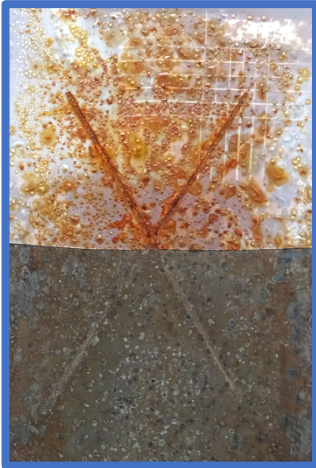
**ZnO – CAPP, OKP = 10 %**



**ZnO – CAPP, OKP = 5 %**



**0 – Wollastonit, OKP = 10 %**



**0 – Wollastonit, OKP = 5 %**



**0 – Mastek, OKP = 10 %**



**0 – Mastek, OKP = 5 %**



**0 – CMP, OKP = 10 %**



**0 – CMP, OKP = 5 %**





**0 – CHP, OKP = 10 %**



**0 – CHP, OKP = 5 %**



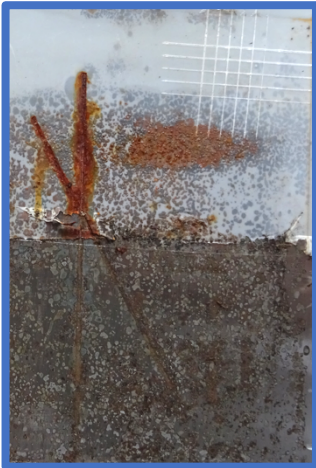
**0 – CAPP, OKP = 10 %**



**0 – CAPP, OKP = 5 %**



**AXILAT – CMP, OKP = 10 %**



**AXILAT – CMP, OKP = 5 %**



**EPOXY – CMP, OKP = 10 %**

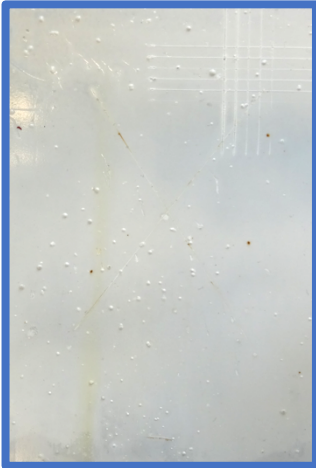


**EPOXY – CMP, OKP = 5 %**

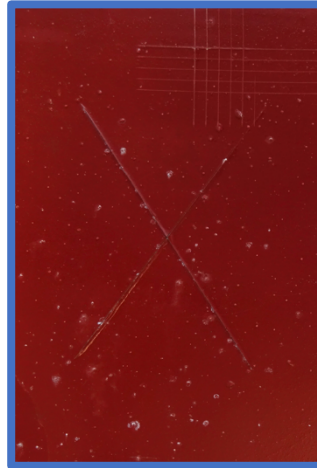


**Snímky plechov s antikoróznymi nátermi po expozícii v komore s hmlou 5 % NaCl v kombinácii zo striedaním teplôt – hliníkové panely**

**ZnO – Wollastonit, OKP = 10 %**



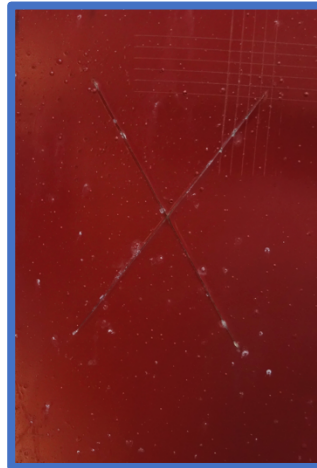
**ZnO – Wollastonit, OKP = 5 %**



**ZnO – Mastek, OKP = 10 %**



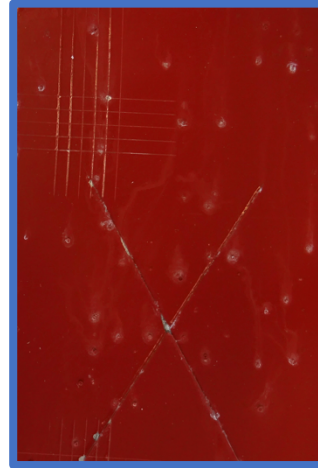
**ZnO – Mastek, OKP = 5 %**



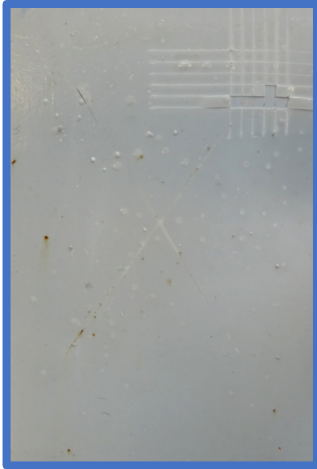
**ZnO – CMP, OKP = 10 %**



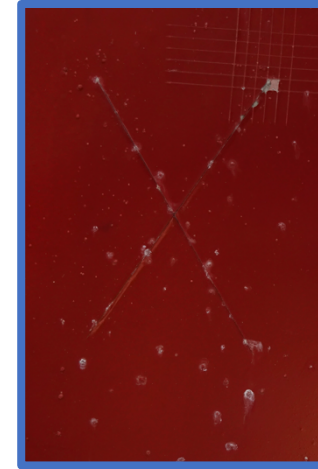
**ZnO – CMP, OKP = 5 %**



**ZnO – CHP, OKP = 10 %**



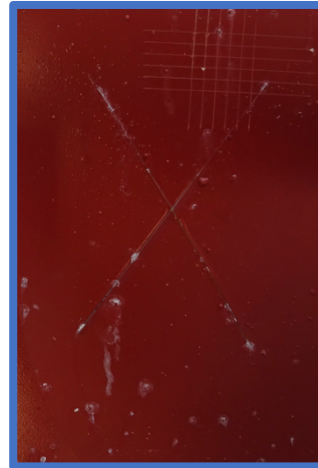
**ZnO – CHP, OKP = 5 %**



**ZnO – CAPP, OKP = 10 %**



**ZnO – CAPP, OKP = 5 %**

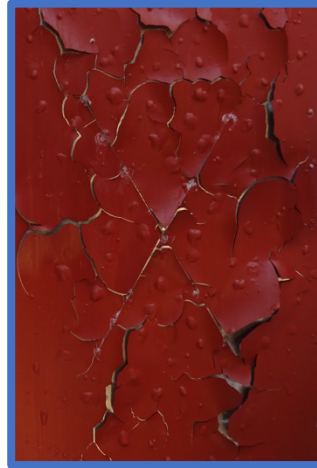




**0 – Wollastonit, OKP = 10 %**



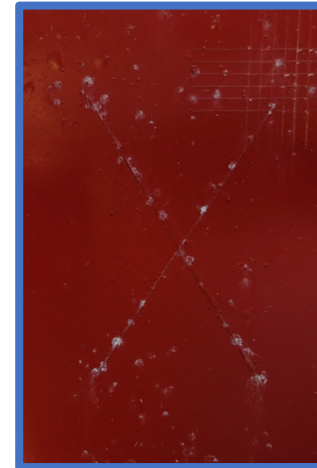
**0 – Wollastonit, OKP = 5 %**



**0 – Mastek, OKP = 10 %**



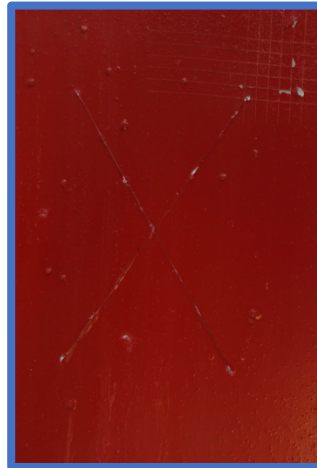
**0 – Mastek, OKP = 5 %**



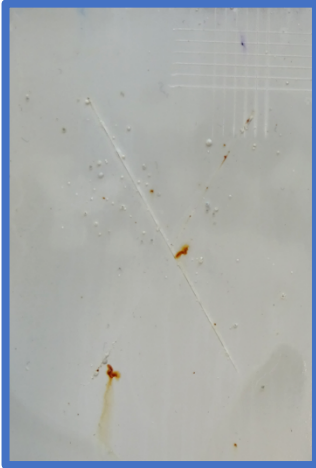
**0 – CMP, OKP = 10 %**



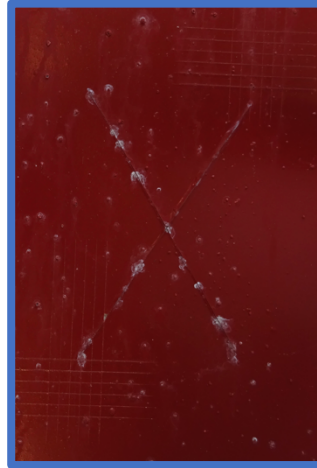
**0 – CMP, OKP = 5 %**



**0 – CHP, OKP = 10 %**



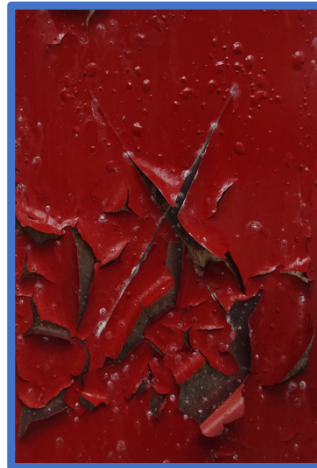
**0 – CHP, OKP = 5 %**



**0 – CAPP, OKP = 10 %**



**0 – CAPP, OKP = 5 %**



**AXILAT – CMP, OKP = 10 %**



**AXILAT – CMP, OKP = 5 %**



**HYDROSPOL – CMP, OKP = 10 %**



**HYDROSPOL – CMP, OKP = 5 %**



**EPOXY – CMP, OKP = 10 %**



24 h (5% NaCl)

**EPOXY – CMP, OKP = 10 %**



24 h (5% NaCl)

## Príloha F

**Snímky plechov s antikoróznymi nátermi po expozícii v komore s kondenzovanou vlhkosťou**

**ZnO – Wollastonit, OKP = 10 %**



**ZnO – Wollastonit, OKP = 5 %**

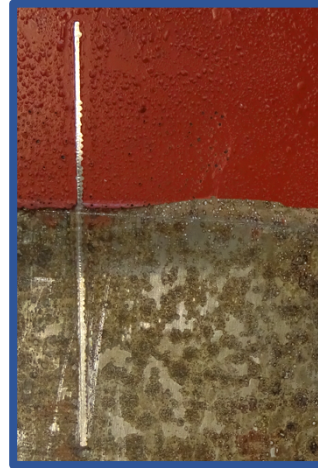




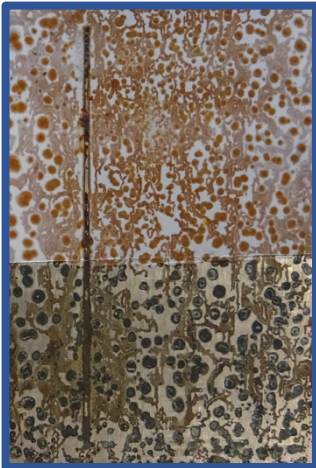
**ZnO – Mastek OKP = 10 %**



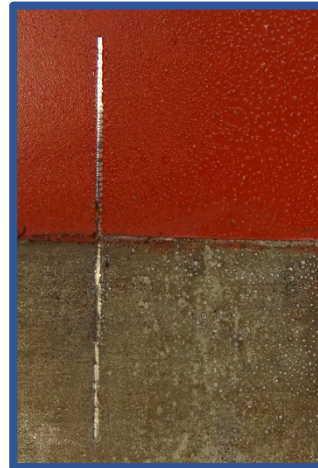
**ZnO – Mastek, OKP = 5 %**



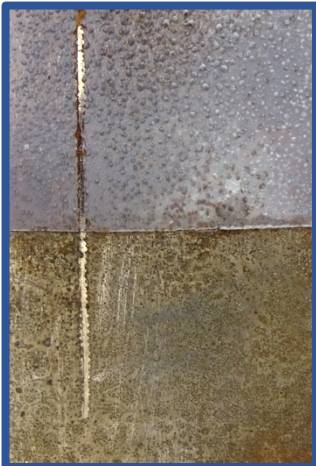
**ZnO – CMP, OKP = 10 %**



**ZnO – CMP, OKP = 5 %**



**ZnO – CHP, OKP = 10 %**



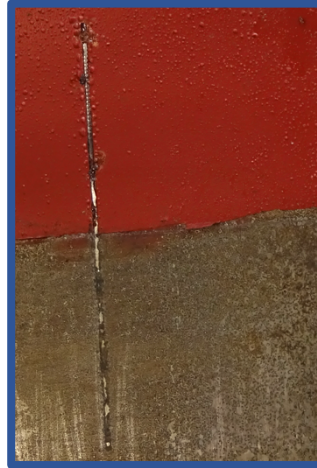
**ZnO – CHP, OKP = 5 %**



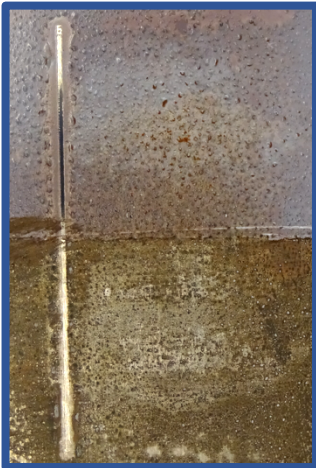
**ZnO – CAPP, OKP = 10 %**



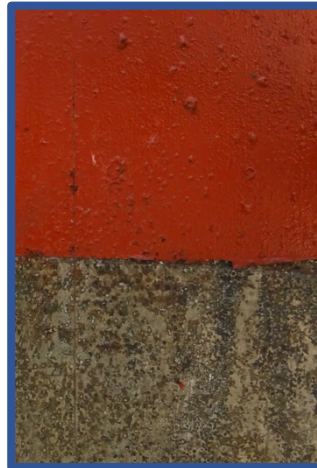
**ZnO – CAPP, OKP = 5 %**



**0 – Wollastonit, OKP = 10 %**



**0 – Wollastonit, OKP = 5 %**



**0 – Mastek, OKP = 10%**



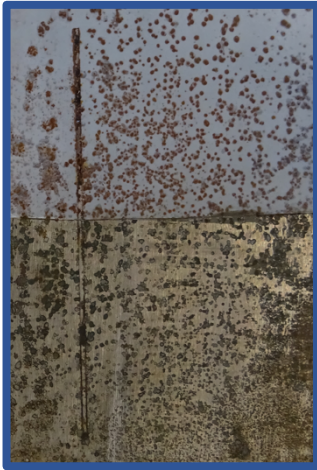
**0 – Mastek, OKP = 5 %**



**0 – CMP, OKP = 10 %**

**0 – CMP, OKP = 5 %**





**0 – CHP, OKP = 10 %**



**0 – CHP, OKP = 5 %**



**0 – CAPP, OKP = 10%**



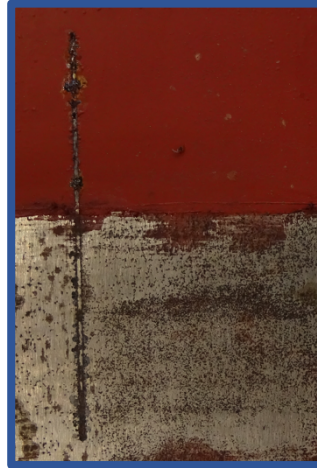
**0 – CAPP, OKP = 5 %**



**AXILAT – CMP, OKP = 10%**



**AXILAT – CMP, OKP = 5 %**



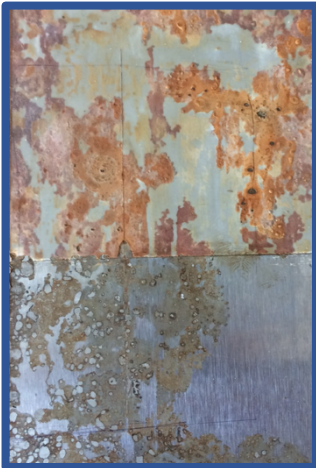
**EPOXY – CMP, OKP = 10%**



**EPOXY – CMP, OKP = 5 %**



**HYDROSPOL – CMP, OKP = 10%**



**HYDROSPOL – CMP, OKP = 5 %**

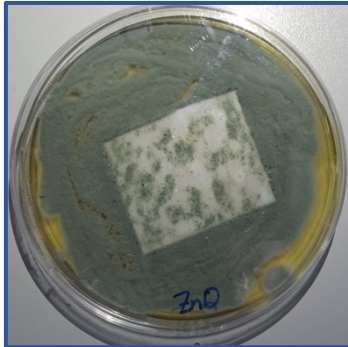




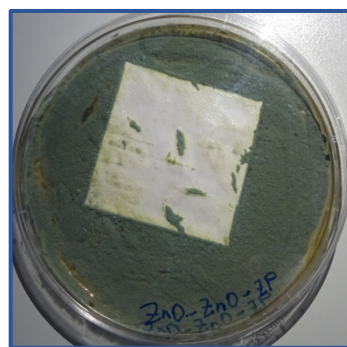
## Príloha G

Výsledky testovania fungicídnej účinnosti syntetizovaného latexu ZnO s prídavkom 10 hm. % vybraných bielych pigmentov a plnív

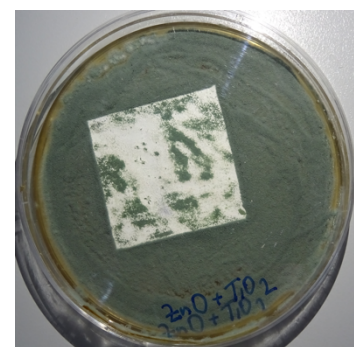
ZnO – čisté spojivo – PCH    ZnO – Zelená pečat' - PCH    ZnO – TiO<sub>2</sub> - PCH



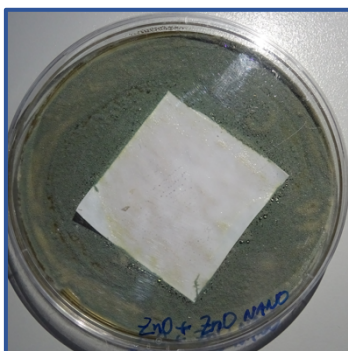
ZnO – ZnO nano PCH



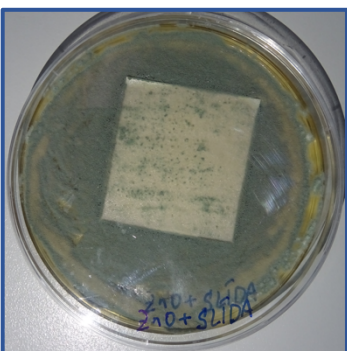
ZnO – Slída – PCH



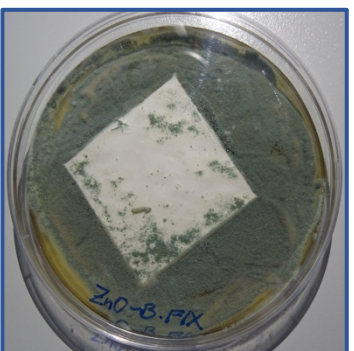
ZnO – Blanc Fixe - PCH



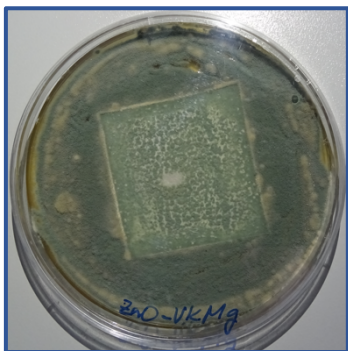
ZnO – VK-Mg 30 F – PCH



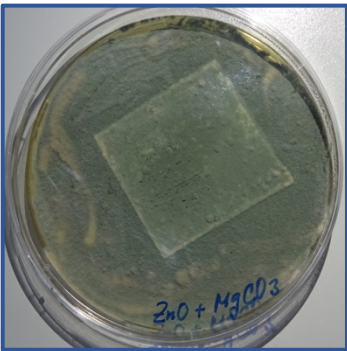
ZnO – MgCO<sub>3</sub> – PCH



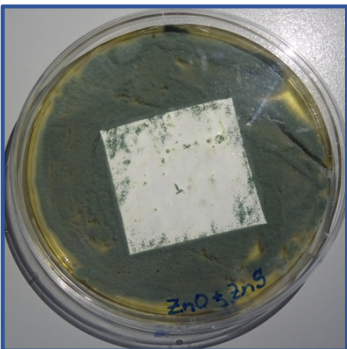
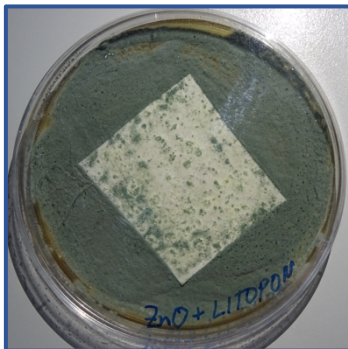
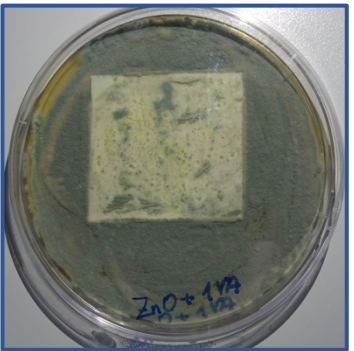
ZnO – Omycarb 1 VA – PCH



ZnO – Litopon – PCH

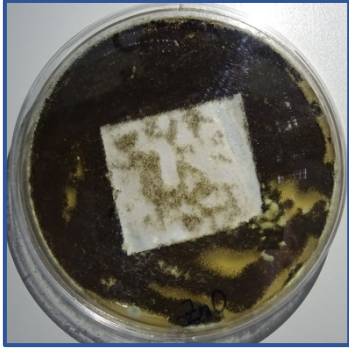


ZnO – ZnS – PCH

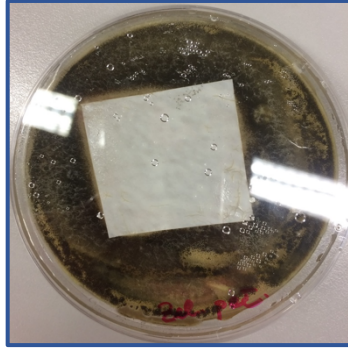




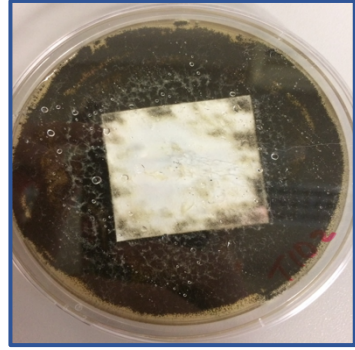
**ZnO – čisté spojivo – AB**



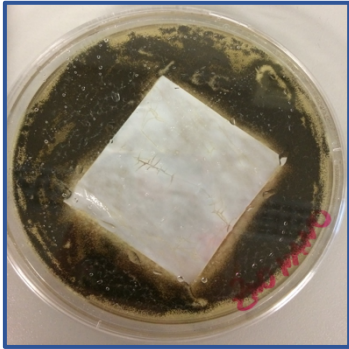
**ZnO – Zelena pačat' – AB**



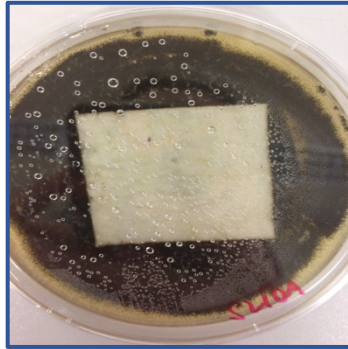
**ZnO – TiO<sub>2</sub> – AB**



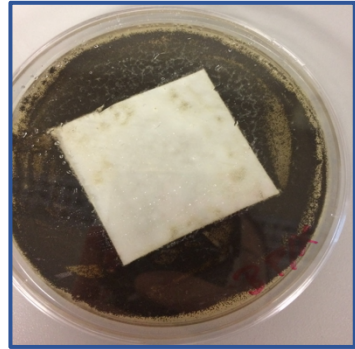
**ZnO – ZnO nano – AB**



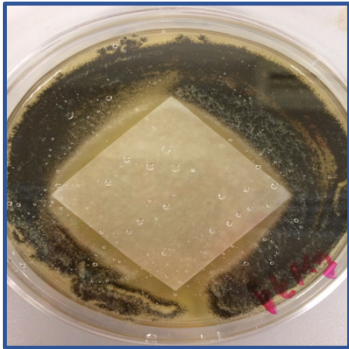
**ZnO – Slída – AB**



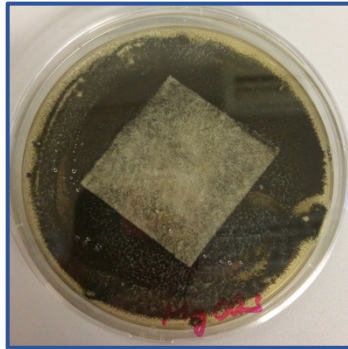
**ZnO – Blanc Fixe – AB**



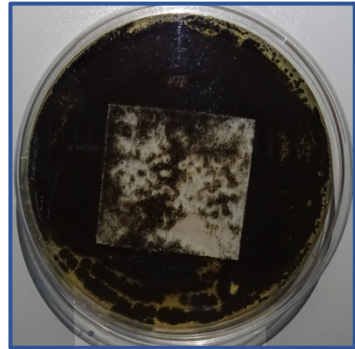
**ZnO – VK-Mg 30 F – AB**



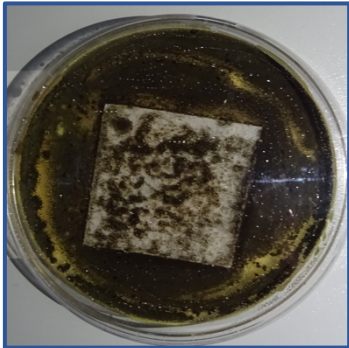
**ZnO – MgCO<sub>3</sub> – AB**



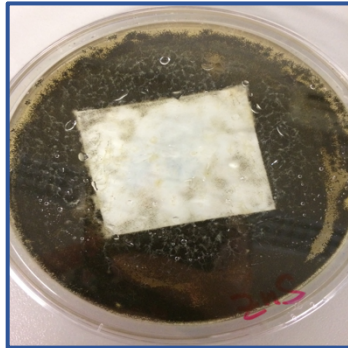
**ZnO – Omycarb 1VA – AB**



**ZnO – Litopon – AB**



**ZnO – Zns – AB**



## Príloha H

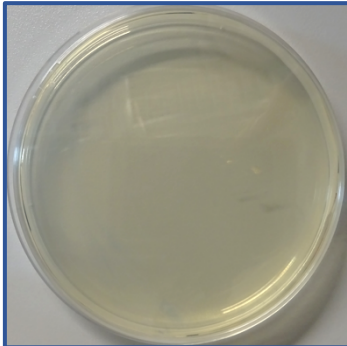
Snímky Petriho misiek po otláčkoch vzoriek formulovaných interiérových NH, po testovaní baktericídnej účinnosti

SA = *Staphylococcus aureus*

EC = *Escherichia coli*

PA = *Pseudomonas areuginosa*

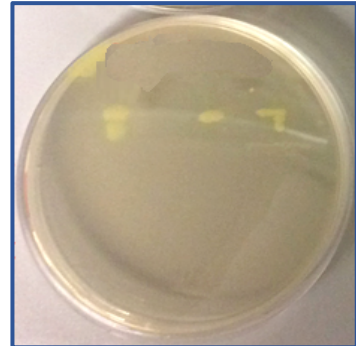
ZnO – 0% ZP – SA



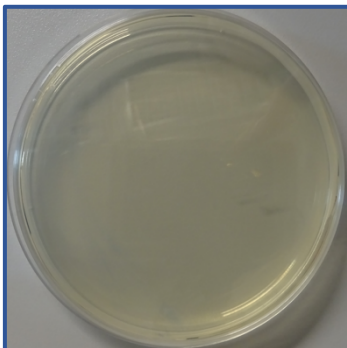
ZnO – 0% ZP – EC



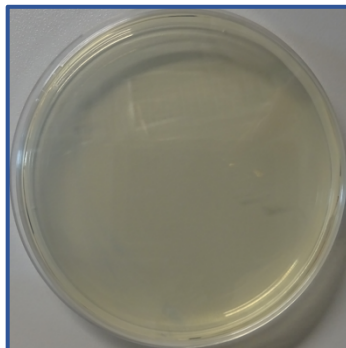
ZnO – 0% ZP – PA



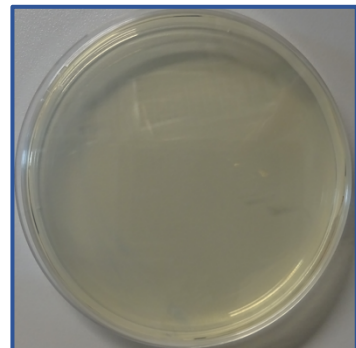
ZnO – 0,1% ZP – SA



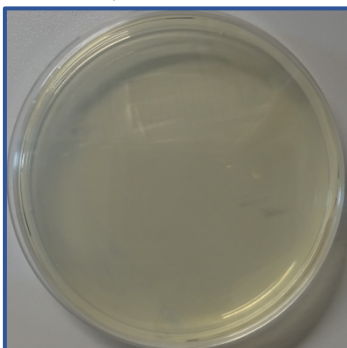
ZnO – 0,1% ZP – EC



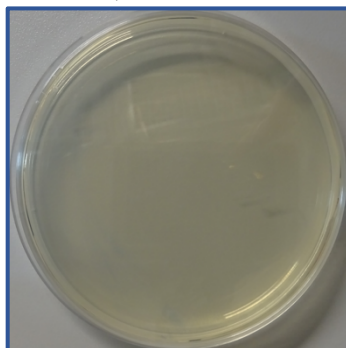
ZnO – 0,1% ZP – PA



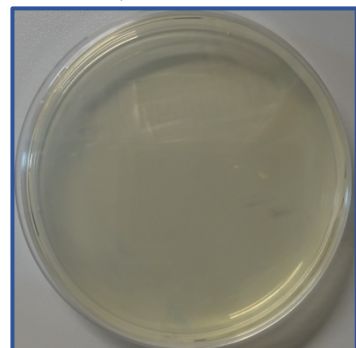
ZnO – 0,3% ZP – SA



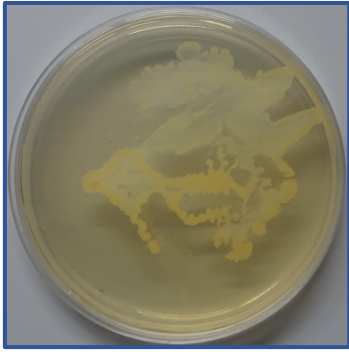
ZnO – 0,3% ZP – EC



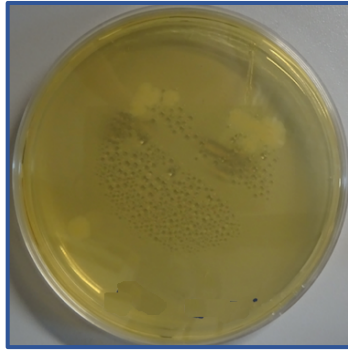
ZnO – 0,3% ZP – PA



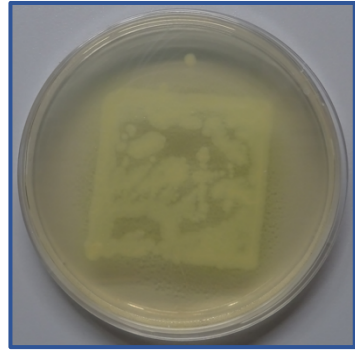
**0 – 0% ZP – SA**



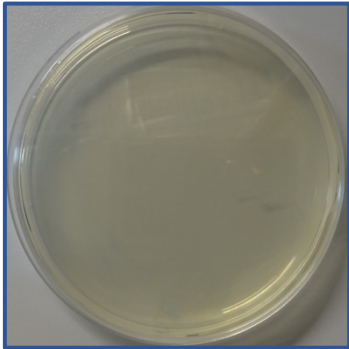
**0 – 0% ZP – EC**



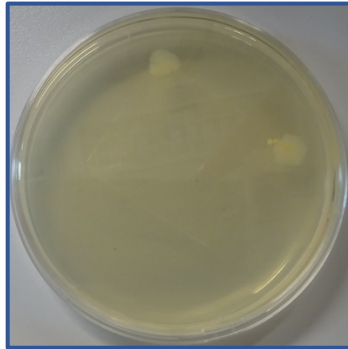
**0 – 0% ZP – PA**



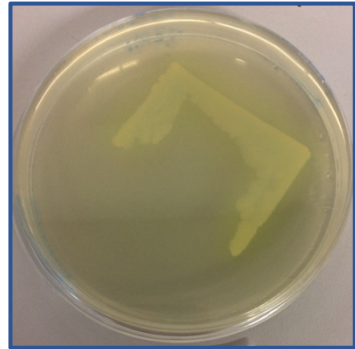
**0 – 0.1% ZP – SA**



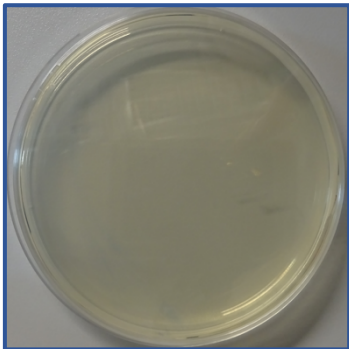
**0 – 0.1% ZP – EC**



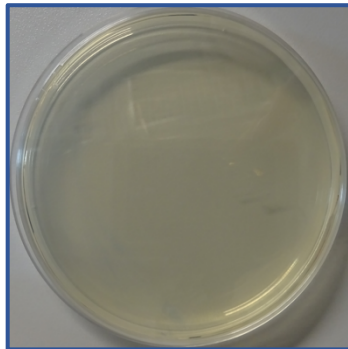
**0 – 0.1% ZP – PA**



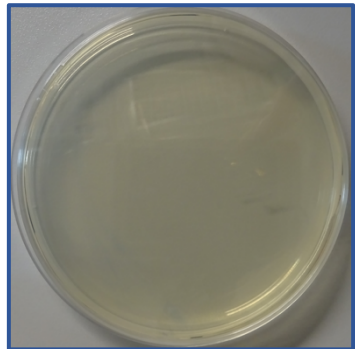
**0 – 0.3% ZP – SA**



**0 – 0.3% ZP – EC**

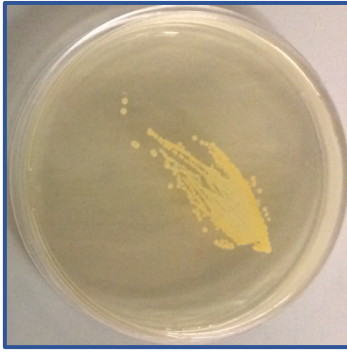


**0 – 0.3% ZP – PA**

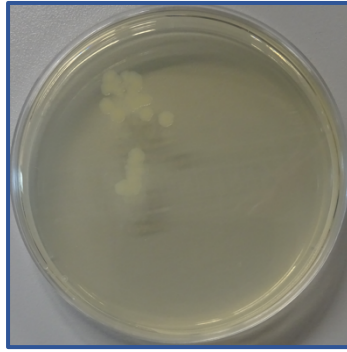




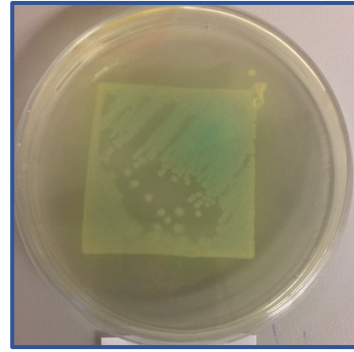
**A6402 – 0% ZP – SA**



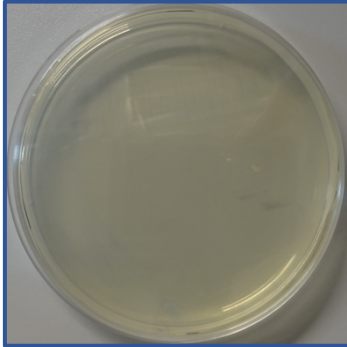
**A6402 – 0% ZP – EC**



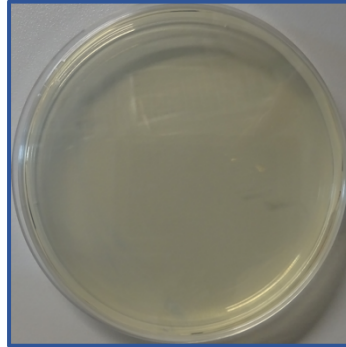
**A6402 – 0% ZP – PA**



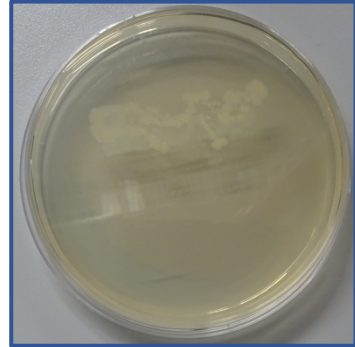
**A6402 – 0,1% ZP – SA**



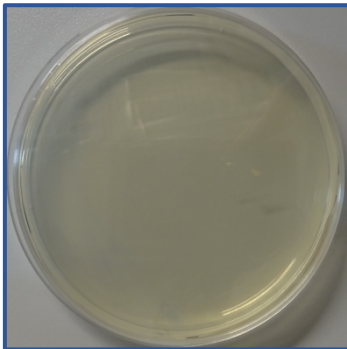
**A6402 – 0,1% ZP – EC**



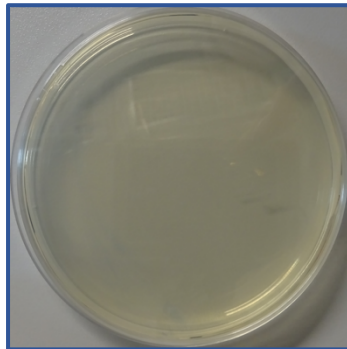
**A6402 – 0,1% ZP – PA**



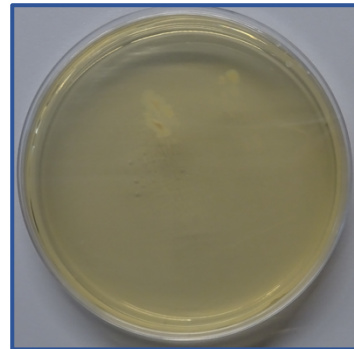
**A6402 – 0,3% ZP – SA**



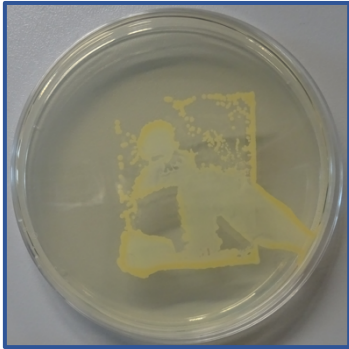
**A6402 – 0,3% ZP – EC**



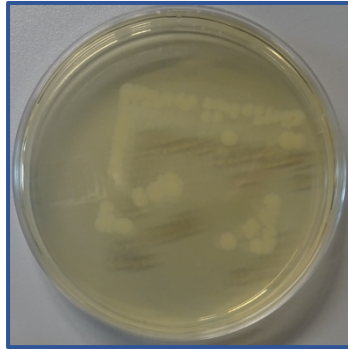
**A6402 – 0,3% ZP – PA**



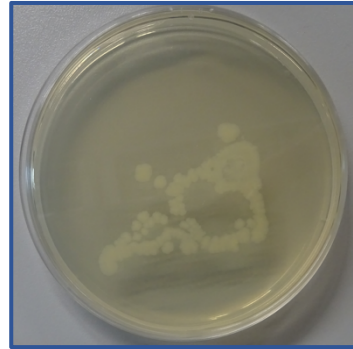
**A2802 – 0% ZP – SA**



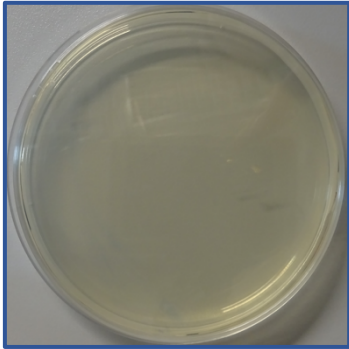
**A2802– 0% ZP – EC**



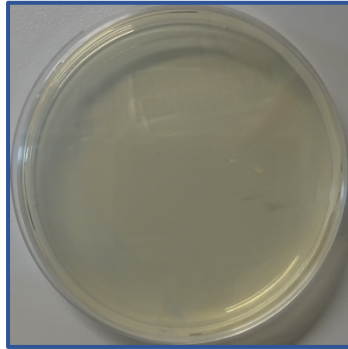
**A2802 – 0% ZP – PA**



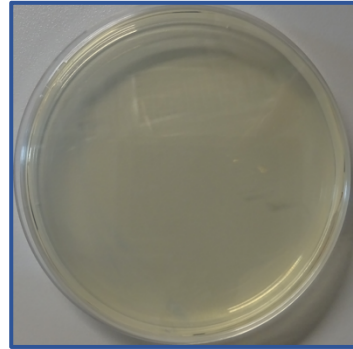
**A2802 – 0,1% ZP – SA**



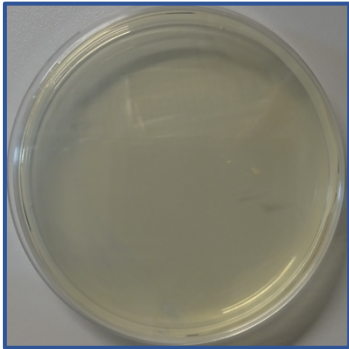
**A2802– 0,1% ZP – EC**



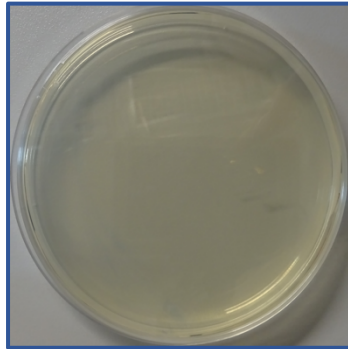
**A2802 – 0,1% ZP – PA**



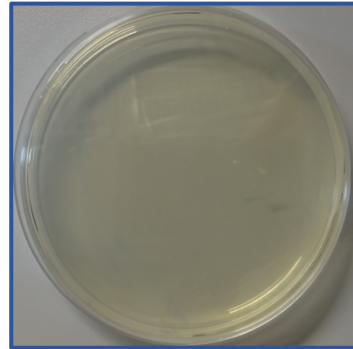
**A2802 – 0,3% ZP – SA**



**A2802– 0,3% ZP – EC**



**A2802 – 0,3% ZP – PA**

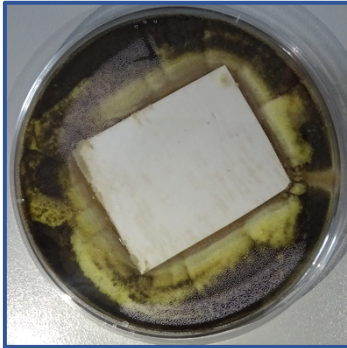


**Snímky Petriho misiek so vzorkami po testovaní fungicídnych účinkov**

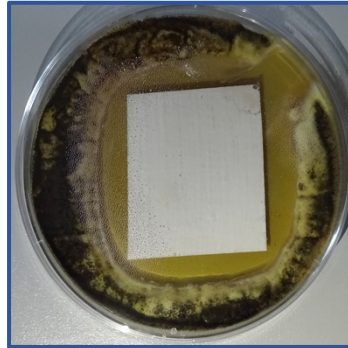
**AB = *Aspergillus brasiliensis***

**PCH = *Penicilium chrysogenum***

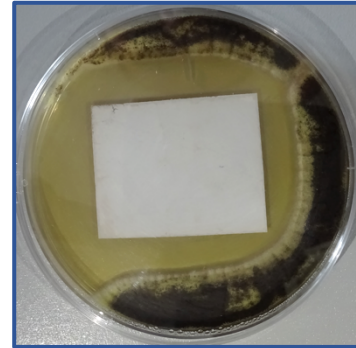
**ZnO – 0% ZP – AB**



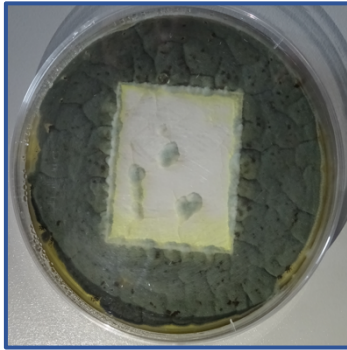
**ZnO – 0,1% ZP – AB**



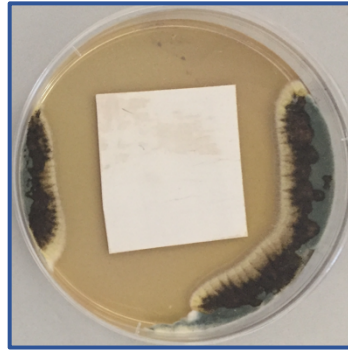
**ZnO – 0,3% – AB**



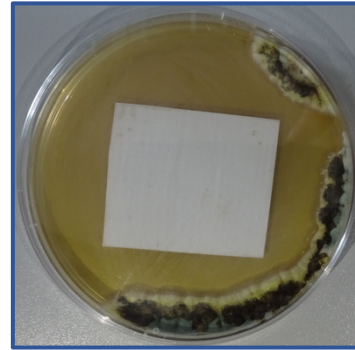
**ZnO – 0% ZP – PCH**



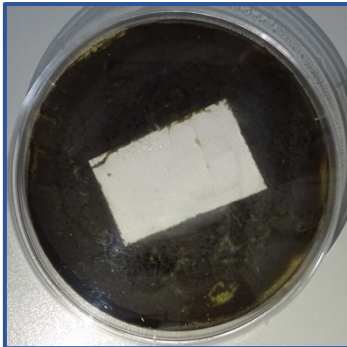
**ZnO – 0,1% ZP – PCH**



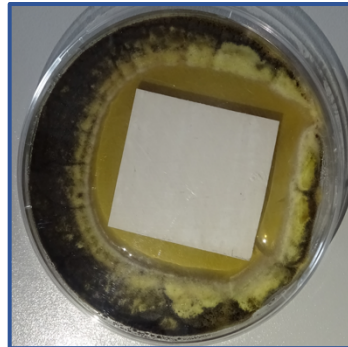
**ZnO – 0,3% - PCH**



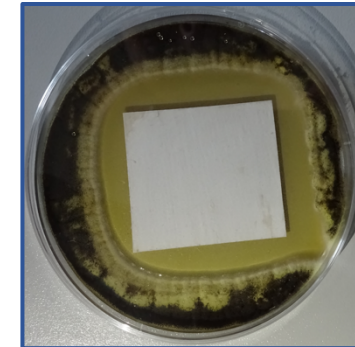
**0 – 0% ZP – AB**



**0 – 0,1% ZP – AB**

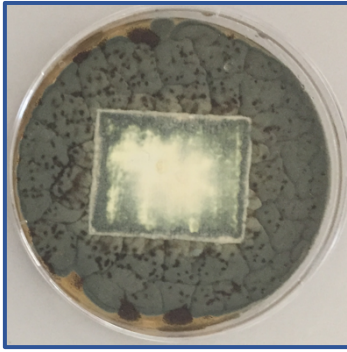


**0 – 0,3% – AB**

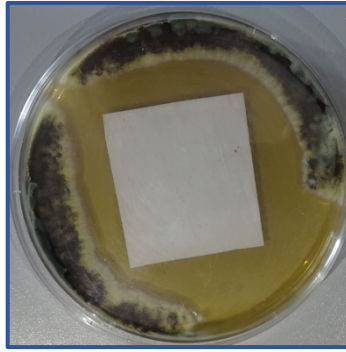




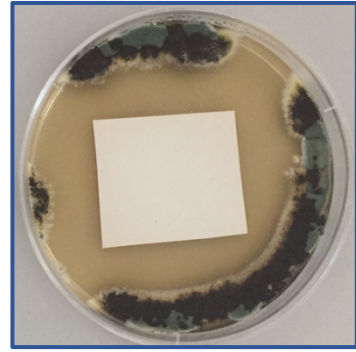
**0 – 0% ZP – PCH**



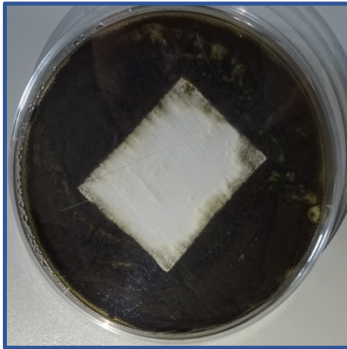
**0 – 0,1% ZP – PCH**



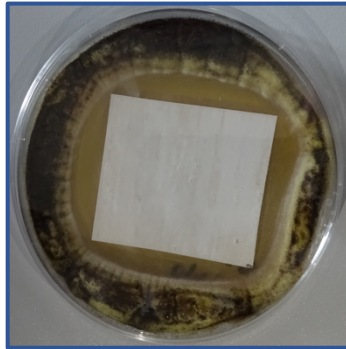
**0 – 0,3% – PCH**



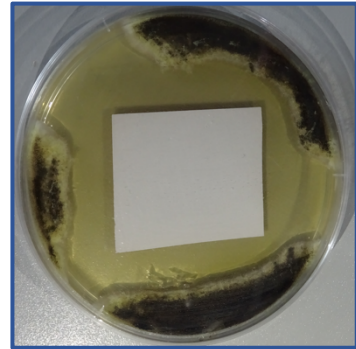
**AX6402 – 0% ZP – AB**



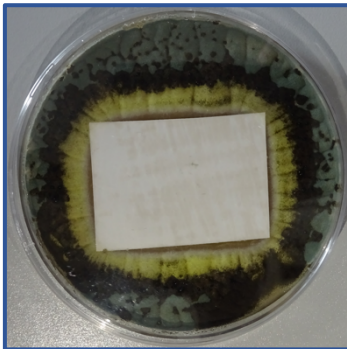
**AX6402 – 0,1% ZP – AB**



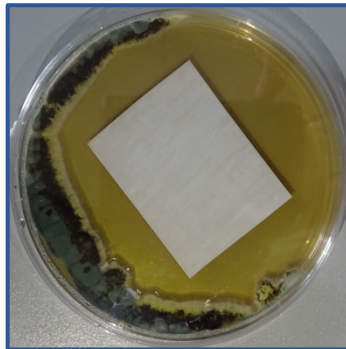
**AX6402 – 0,3% ZP – AB**



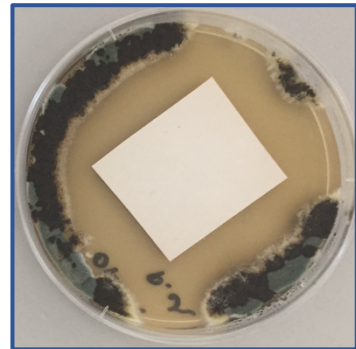
**AX6402 – 0% ZP – PCH**



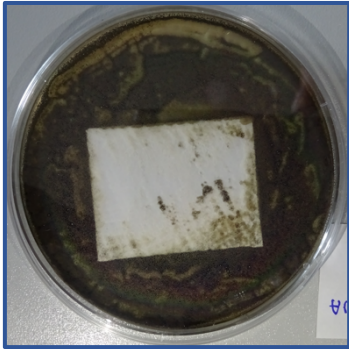
**AX6402 – 0,1% ZP – PCH**



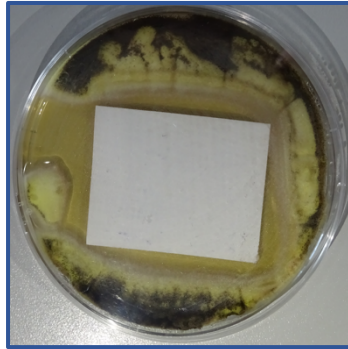
**AX6402 – 0,3% ZP – PCH**



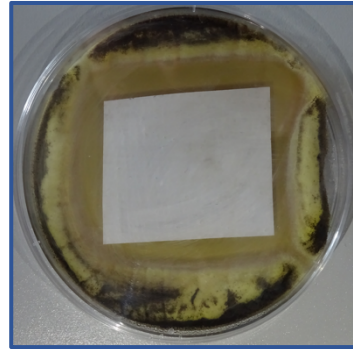
**AX2802 – 0% ZP – AB**



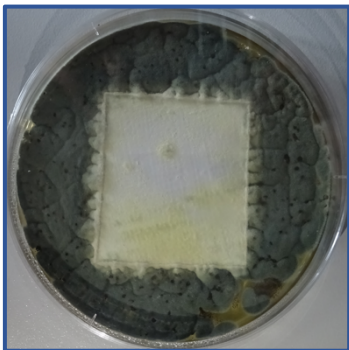
**AX2802 – 0,1% ZP – AB**



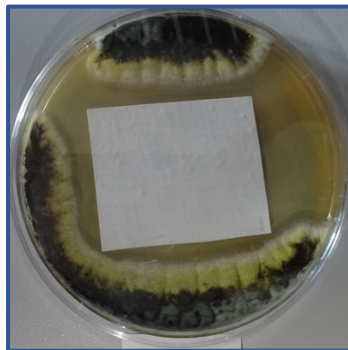
**AX2802 – 0,3% ZP – AB**



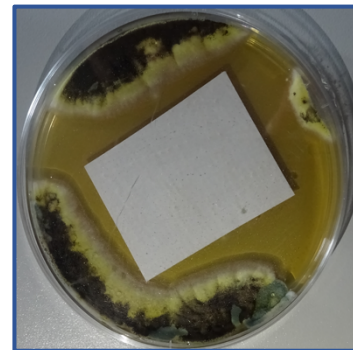
**AX2802 – 0% ZP – PCH**



**AX2802 – 0,1% ZP – PCH**



**AX2802 – 0,3% ZP – PCH**



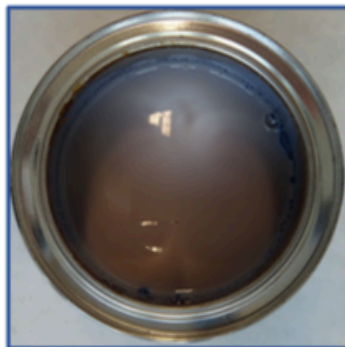
## **Príloha I**

**Snímky kovových obalov, po 1 mesiaci uskladnenia spojiva.**

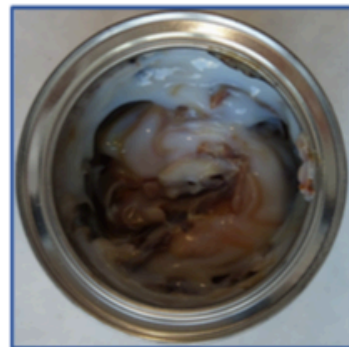
**LZn**



**L0**



**AX1**



**LZn**



**L0**



**AX1**



<b>Názov práce</b>	Náterové hmoty na báze vodou riediteľných spojív na báze latexov s dispergovanými ZnO časticami, s antikoróznym a antimikrobiálnym efektom náterového filmu
<b>Autor práce</b>	Bc. Martina Danková
<b>Obor</b>	Organické povlaky a náterové hmoty
<b>Rok obhajoby</b>	2018
<b>Vedúci práce</b>	prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.
<b>Anotácia</b>	Táto diplomová práca sa zaoberá štúdiom vodou riediteľných náterových hmôt na báze samo -sieťujúcich latexov s obsahom nanočastíc ako spojív pre náterové hmoty so zvýšenou antimikrobiálnou či antikoróznou ochranou. V teoretickej časti práce sú rešeršným spôsobom spracované témy týkajúce sa charakteristiky, syntézy a použitia vodných disperzií polymérov a problematiky náterových hmôt z hľadiska antimikrobiálnej ochrany. Pre experimentálnu časť tejto práce bolo syntetizované akrylové spojivo s obsahom 1,5 % nanočastíc oxidu zinočnatého. Boli sledované fyzikálne – chemické, mechanické, antikorózne a antimikrobiálne vlastnosti tohoto nového spojiva ako samotného, tak aj pigmentovaného v porovnaní so spojivom bez obsahu nanočastíc a priemyslovo vyrábanými spojivami. Výsledky testovania preukázali dobré antimikrobiálne vlastnosti a v prípade vhodne zvoleného
<b>Kľúčové slová</b>	Vodou riaditeľné náterové hmoty, antimikrobiálne látky, nanočastice ZnO, samo sieťujúce akrylové latexy,