

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Akrylátové latexy a jejich použití v moderních zdravotnických oborech a
v lékařství

Bakalářská práce

2020

Lenka Gondová

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Lenka Gondová**
Osobní číslo: **C17063**
Studijní program: **B2830 Farmakochemie a medicínální materiály**
Studijní obor: **Farmakochemie a medicínální materiály**
Téma práce: **Akrylátové latexy a jejich použití v moderních zdravotnických oborech a v lékařství**
Zadávací katedra: **Ústav organické chemie a technologie**

Zásady pro vypracování

1. S využitím odborné literatury vypracovat rešerši na zadané téma.
2. Syntéza pojiv na bázi samosítujících akrylátových latexů s nanočásticemi La_2O_3 a srovnávacího pojiva bez obsahu nanočástic.
3. Charakterizace základních vlastností připravených pojiv v kapalném stavu a stanovení lékařských vlastností filmů.
4. Určit na základě dostupných mikrobiálních zkoušek antimikrobiální účinnost kapalného pojiva a jeho nátěrového filmu vůči vybraným bakteriím a plísním.
5. Porovnat výsledky a určit výhody/nevýhody připravených pojiv. Vyjádřit nové poznatky, závěry a přínosy pro další vědeckou práci a praxi.
6. Výsledky zpracujte formou závěrečné zprávy.

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

Seznam doporučené literatury:
Všechna dostupná chemická literatura.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Andréa Kalendová, Dr.**
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Denisa Steinerová**
Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Datum zadání bakalářské práce: **28. února 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **4. července 2020**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Miloš Sedlák, DrSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2020

Prohlašuji:

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

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

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

V Pardubicích dne 21. 07. 2020

Lenka Gondová



1 / 1

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



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



PODĚKOVÁNÍ

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

ANOTACE

Tato práce je zaměřena na studium vodou ředitelných nátěrových hmot na bázi akrylátových latexů s nanočásticemi oxidu lanthanitého o koncentraci 1,5 %. Součástí této bakalářské práce je teoretická část, kde je vysvětleno složení nátěrových hmot, jejich rozdělení, antimikrobiální aditiva a nanočástice oxidu lanthanitého a jejich antimikrobiální účinky. V experimentální části je popsána příprava kopolymerních disperzí na bázi akrylátů. Připravené vodné disperze s nanočásticemi La_2O_3 byly porovnávány s vodnou disperzí bez obsahu nanočástic. Hodnoceny byly mechanické, fyzikální, chemické a antimikrobiální vlastnosti nátěrového filmu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Nátěrové hmoty, vodou ředitelné nátěrové hmoty, antimikrobiální aditiva, nanočástice La_2O_3

TITLE

Acrylate latexes and their use in modern medical fields and in medicine

ANNOTATION

This work is focused on the study of water-borne paints based on acrylate latexes with lanthanum dioxide nanoparticles with a concentration of 1.5 %. Part of this bachelor thesis is the theoretical part, which explains the composition of paints, their distribution and also antimicrobial additives and lanthanum dioxide nanoparticles and their antimicrobial effects. The experimental part describes the preparation of acrylate-based copolymer dispersions. This prepared dispersions with La_2O_3 nanoparticles were compared with an dispersion without nanoparticles. The mechanical, physical, chemical and antimicrobial properties of the paint film were tested and evaluated.

KEYWORDS

Paint-coatings, water-borne coatings, antimicrobial additives, La_2O_3 nanoparticles

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK	20
OBRÁZKY	22
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK	23
ÚVOD	15
1 TEORETICKÁ ČÁST	16
1.1. Nátěrové hmoty	16
1.1.1. Základní složení nátěrových hmot	16
2.1.1. Rozdělení nátěrových hmot	19
1.2. Vodou ředitelné nátěrové hmoty	22
1.2.1 Složení vodou ředitelných nátěrových hmot	22
1.2.2 Rozdělení vodou ředitelných nátěrových hmot	23
1.2.3 Přísady pro vodou ředitelné nátěrové hmoty	24
1.3. Akrylátové latexy	27
1.4. Antimikrobiální aditiva	32
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	36
2.1. Použité suroviny a chemikálie	36
2.1.1. Monomery	36
2.1.2. Nanočástice	37
2.1.3. Chemikálie	37
2.2. Použité přístroje a zařízení	39
2.3. Postup syntézy akrylátového latexu	40
2.3.1. Syntéza akrylátového latexu neobsahujícího nanočástice	40
2.3.2. Syntéza akrylátového latexu s obsahem 1,5 % nanočástic La_2O_3	42
2.4. Příprava zkušebních vzorků	45
2.4.1. Příprava zkušebních vzorků na skleněných panelech	45
2.4.2. Příprava zkušebních vzorků na ocelových panelech	45

2.4.3.	Příprava zkušebních vzorků ve formě volných filmů	45
2.4.4.	Příprava zkušebních vzorků na dřevěném podkladu	45
2.5.	Charakterizace vodou ředitelných nátěrových hmot	46
2.5.1.	Stanovení obsahu koagulátu	46
2.5.2.	Stanovení pH	46
2.5.3.	Stanovení zdánlivé viskozity dle Brookfielda	46
2.5.4.	Stanovení obsahu sušiny	47
2.5.5.	Stanovení minimální filmotvorné teploty	48
2.5.6.	Stanovení obsahu popela	48
2.5.7.	Stanovení velikosti částic a Zeta-potenciálu	49
2.5.8.	Stanovení změny stability při skladování	49
2.5.9.	Stanovení hustoty zesíťení	49
2.6.	Fyzikálně-mechanické zkoušky vodou ředitelných nátěrových hmot	51
2.6.1.	Hodnocení vzhledu nátěrového filmu	51
2.6.2.	Stanovení tloušťky nátěrového filmu	51
2.6.3.	Stanovení lesku nátěrového filmu	52
2.6.4.	Stanovení tvrdosti nátěrového filmu kyvadlovým přístrojem	53
2.6.5.	Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči hloubení	53
2.6.6.	Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči úderu závaží	54
2.6.7.	Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči ohybu	55
2.6.8.	Stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou	56
2.6.9.	Stanovení celkové mechanické odolnosti nátěrového filmu	56
2.6.10.	Stanovení zbělení nátěrů vystavených kontaktu s vodou	58
2.7.	Chemické a zrychlené korozní zkoušky vodou ředitelných nátěrových hmot ..	59
2.7.1.	Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči methylethylketonu	59
2.7.2.	Zrychlený laboratorní test pro zjištění bleskové koroze	59
2.8.	Stanovení antimikrobiální účinnosti nátěrového filmu	61
2.8.1.	Příprava fyziologického roztoku a živných půd	61
2.8.2.	Příprava čistých mikrobiálních kultur	62
2.8.3.	Stanovení antibakteriální účinnosti akrylátových latexů obtiskovou metodou	63
2.8.4.	Stanovení antifugistické účinnosti nátěrového filmu	64

2.8.5.	Stanovení mikrobiologické kontaminace syntetizovaného latexu	64
3	VYHODNOCENÍ A DISKUZE VÝSLEDKŮ	67
3.1.	Vyhodnocení charakterizace vodou ředitelných nátěrových hmot	67
3.1.1.	Základní vlastnosti pojiva	67
3.1.2.	Výsledky změny stability syntetizovaných latexů při skladování.....	68
3.1.3.	Výsledky obsahu nanočástic pomocí obsahu popela v syntetizovaném latexu....	69
3.1.4.	Výsledky hustoty zesílení syntetizovaných latexů.....	69
3.2.	Vyhodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti vodou ředitelných nátěrových hmot.....	71
3.2.1.	Výsledky vizuálních vlastností nátěrových filmů na skleněném podkladu	71
3.2.2.	Výsledky změny tvrdosti nátěrových filmů	73
3.2.3.	Výsledky mechanické odolnosti nátěrových filmů	74
3.2.4.	Výsledky zblednutí nátěrových filmů vystavených kontaktu s vodou	75
3.3.	Vyhodnocení chemické a korozní odolnosti syntetizovaných latexů	77
3.3.1.	Výsledky odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu	77
3.3.2.	Výsledky bleskové koroze nátěrových filmů	78
3.4.	Vyhodnocení antimikrobiální účinnosti syntetizovaných latexů	79
3.4.1.	Výsledky antibakteriální účinnosti syntetizovaných latexů	79
3.4.2.	Výsledky antifugistické účinnosti syntetizovaných latexů.....	80
3.4.3.	Výsledky mikrobiologické kontaminace syntetizovaných latexů	81
4	ZÁVĚR.....	85
5	POUŽITÁ LITERATURA	86

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

OBRÁZKY

Obrázek 1 Chemický vzorec kyseliny akrylové.....	27
Obrázek 2 chemický vzorec kyseliny methakrylové.....	28
Obrázek 3 Chemický vzorec monomeru methylmethakrylátu.....	28
Obrázek 4 Schéma procesu koalescence.....	31
Obrázek 5 Aparatura k emulzní polymeraci.....	40
Obrázek 6 pH metr Mettler Toledo FE20.....	46
Obrázek 7 Rotační viskozimetr Brookfield LVDV-E Viscometer.....	47
Obrázek 8 Přístroj MFFT 60 ke stanovení minimální filmotvorné teploty.....	48
Obrázek 9 Přístroj Litesizer 500 ke stanovení velikosti částic a Zeta-potenciálu.....	49
Obrázek 10 Tříbodový tloušťkoměr; elektromagnetický tloušťkoměr MINITEST 1100.....	52
Obrázek 11 Přístroj k měření lesku, Leskoměr Micro Tri – Gloss.....	52
Obrázek 12 Kyvadlový přístroj k měření tvrdosti, typ Persoz.....	53
Obrázek 13 Erichsenův přístroj k testování odolnosti nátěru vůči hloubení.....	54
Obrázek 14 Přístroj Elcometer k testování odolnosti nátěrů vůči úderu závaží.....	54
Obrázek 15 přístroj Elcometer k testování odolnosti nátěru vůči ohybu.....	55
Obrázek 16 Spektrometr UltraScan PRO – HunterLab.....	58
Obrázek 17 hodnotící stupnice korozních projevů dle ASTM 610–85.....	60
Obrázek 18 Jodometrická stupnice.....	60
Obrázek 19 Vizualizace obtiskové metody.....	64
Obrázek 20 Dip Slides z obou stran.....	65
Obrázek 21 Hodnocení lesku nátěrového filmu v čase.....	73
Obrázek 22 Povrchová tvrdost nátěrových filmů v čase.....	74
Obrázek 23 Mechanická odolnost nátěrových filmů.....	75
Obrázek 24 Zbělení nátěrového filmu v závislosti na čase.....	76
Obrázek 25 Projevy zblednutí po 48 hodinách na nátěrových filmech.....	76
Obrázek 26 Odolnost nátěrových filmů vůči methylethylketonu v závislosti na čase.....	77
Obrázek 27 Odolnost nátěrových filmů vůči bleskové korozi.....	78
Obrázek 28 Antibakteriální účinnost poživ L0.....	79
Obrázek 29 Antibakteriální účinnost poživ LL.....	80
Obrázek 30 Antibakteriální účinnost poživ LL+.....	80
Obrázek 31 Antifugistická účinnost poživ L0.....	81

Obrázek 32 Antifugistická účinnost pojiv LL	81
Obrázek 33 Antifugistická účinnost pojiv LL+	81
Obrázek 34 Mikrobiologická kontaminace – Baird Parker agaru v závislosti na čase	82
Obrázek 35 Mikrobiologická kontaminace – Baird parker agaru	83
Obrázek 36 Mikrobiologická kontaminace – Pseudomonas agaru v závislosti na čase.....	84
Obrázek 37 Mikrobiologická kontaminace – Pseudomonas agaru	84

TABULKY

Tabulka 1 Seznam použitých monomerů	36
Tabulka 2 Základní vlastnosti monomerů	36
Tabulka 3 Použité nanočástice k syntéze akrylátového latexu.....	37
Tabulka 4 Základní informace o použité chemikálii Disponnil FES 993 IS.....	37
Tabulka 5 Základní informace o použité chemikálii peroxidisíran amonný	37
Tabulka 6 Základní informace o použité chemikálii dihydrazid kyseliny adipové.....	38
Tabulka 7 Složení polymeračního systému.....	41
Tabulka 8 Použité monomery a jejich poměr včetně nanočástic La ₂ O ₃	42
Tabulka 9 Složení polymeračního systému obsahující nanočástice La ₂ O ₃	43
Tabulka 10 Použité monomery a jejich poměr včetně nanočástic La ₂ O ₃	44
Tabulka 11 Kritéria k ohodnocení vzhledu nátěrového filmu.....	51
Tabulka 12 Kritéria k ohodnocení vzhledu nátěrového filmu.....	56
Tabulka 13 Kritéria k ohodnocení celkové mechanické odolnosti nátěrového filmu	57
Tabulka 14 Stupně k ohodnocení poškození nátěrového filmu methylethylketonem.....	59
Tabulka 15 Základní informace o použitém fyziologickém roztoku	61
Tabulka 16 Základní informace o použitém živném agaru č.2 – MPA	61
Tabulka 17 Základní informace o použitém MALT agaru	62
Tabulka 18 Použité sbírkové kultury.....	62
Tabulka 19 Hodnocení růstu bakterií obtiskovou metodou	63
Tabulka 20 Hodnocení mikrobiologické kontaminace na agaru Baird Parker.....	65
Tabulka 21 Hodnocení mikrobiologické kontaminace na agaru Pseudomonas.....	66
Tabulka 22 Základní vlastnosti hodnocených vodou ředitelných pojiv.....	67
Tabulka 23 Stabilita syntetizovaných latexů při skladování	68
Tabulka 24 Obsah nanočástic La ₂ O ₃ v syntetizovaném latexu	69
Tabulka 25 Hustota zesítení syntetizovaných latexů	70
Tabulka 26 Vzhled hodnocených vodou ředitelných nátěrových hmot.....	71

Tabulka 27 Tloušťka hodnocených vodou ředitelných nátěrových hmot v čase	71
Tabulka 28 Lesk hodnocených vodou ředitelných nátěrových hmot v čase	72
Tabulka 29 Povrchová tvrdost nátěrových filmů v čase dle Persoze	73
Tabulka 30 Mechanická odolnost nátěrových filmů	74
Tabulka 31 Zbělení, tzv. smáčivost nátěrových filmů	75
Tabulka 32 Odolnost nátěrových filmů vůči methylethylketonu	77
Tabulka 33 Odolnost nátěrových filmů vůči bleskové korozi a hodnota jodového čísla.....	78
Tabulka 34 Antibakteriální účinnost syntetizovaných latexů	79
Tabulka 35 Antifungální účinnost nátěrových filmů	80
Tabulka 36 Mikrobiologická kontaminace na Baird Parker agaru.....	82
Tabulka 37 Mikrobiologická kontaminace na Pseudomonas agaru	83

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

BA – butylakrylát

BPD – směrnice o biocidních přípravcích (EU Biocidal Products Directive)

CFU – kolonotvorná jednotka (Colony Forming Unit)

DAAM – diacetonakrylamid

DLS – dynamický rozptyl světla (Dynamic Light Scattering)

DNA – deoxyribonukleová kyselina

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

EP – emulzní polymerace

KMA – kyselina methakrylová

L0 – akrylátová pryskyřice s 0 % nanočástic

LL – akrylátová pryskyřice s 1,5 % nanočástic přidaných během syntézy

LL+ – akrylátová pryskyřice s 1,5 % nanočástic přidaných po syntéze

MEK – methylethylketon

MFFT – minimální filmotvorná teplota (Minimal Film Forming Temperature)

MMA – methylmethakrylát

MO – mikroorganismy

NH – nátěrová hmota

PA – polyakryláty

PAL – povrchově aktivní látky

PVAc – polyvinylacetát

RNA – ribonukleová kyselina

VŘNH – vodou ředitelné nátěrové hmoty

VOC – těkavá organická rozpouštědla (Volatile Organic Compounds)

T_f – teplota tečení

T_g – teplota skelného přechodu

ÚVOD

Vzhledem k vysoce postaveným nárokům dnešní populace, která si žádá bezpečné, udržitelné, ekologicky nezávadné a cenově méně nákladné nátěrové hmoty, byly na trh uvedeny vodou ředitelné nátěrové hmoty. Tyto systémy představují nadějnou alternativu k rozpouštědlovým nátěrovým hmotám, které obsahují vyšší množství organických rozpouštědel a nesplňují výše zmíněné aspekty v takové míře jako vodou ředitelné nátěrové hmoty. Využití vodou ředitelných systémů je všestranné, ale je důležité zmínit i jejich slabinu, kterou je například nedostatečná antimikrobiální ochrana.

V dnešní době se upíná velký zájem k vývoji antimikrobiálních nátěrů, po kterých je na trhu stále větší poptávka. U těchto nátěrů je vyžadována antimikrobiální ochrana, nízká toxicita a zdravotní nezávadnost. Tyto systémy nachází využití na místech, kde je důležité dodržovat vysoký stupeň hygieny, jako jsou např. farmaceutické a potravinářské provozovny, školy a nemocnice.

Akrylátové vodné disperze, tzv. latexy, na které se ve své bakalářské práci zaměřuji, patří mezi moderní nátěrové hmoty, které jsou vylepšeny tzv. keto-hydrazidovým post-síťováním. Oproti běžným vodným disperzím jejich vylepšení spočívá ve vyšší odolnosti vůči rozpouštědlům, nižší lepivosti povrchu za vysokých teplot a nižší křehkosti za nízkých teplot. Antimikrobiální vlastnosti akrylátových disperzí je možné ovlivnit přidáním nanočástic oxidů kovů, které mají negativní vliv na mikroorganismy a zároveň zvyšují užitečné vlastnosti nátěrového filmu. Nanočástice oxidu lanthanitého byly předloženy do akrylátové vodné disperze v koncentraci 1,5 % a to jak během syntézy, tak po syntéze, u kterých bylo sledováno nejvhodnější zavedení nanočástic do systému. U vzniklých nátěrů obsahujících nanočástice La_2O_3 byly hodnoceny fyzikálně-mechanické, chemické a antimikrobiální vlastnosti, které byly porovnávány s latexem bez obsahu nanočástic.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1. Nátěrové hmoty

Denně využíváme materiály, které se vyznačují svými typickými vlastnostmi jako jsou vysoká nebo naopak nízká tvrdost, elasticita, přilnavost, optické vlastnosti materiálu apod. Se zvyšujícími požadavky a nároky společnosti je ovšem za potřeby tyto vlastnosti neustále vylepšovat, čímž dochází ke zvýšení životnosti daného výrobku a tím i jeho hodnoty. Nedílnou součástí tohoto „vylepšení“ materiálů jsou nátěrové hmoty (NH), které se využívají k povrchové úpravě materiálů [1].

Za NH se považuje jakýkoli materiál s obsahem filmotvorných látek, který je souvisle aplikován v tenké vrstvě na povrch výrobku za vzniku nátěru. Hlavní součástí NH jsou tedy filmotvorné látky, které fungují jako vazné látky spojující částice druhé tuhé hmoty v celek (pojivo). Tenká vrstva NH může být nanášena v kapalném až celistvém stavu vhodnou nanášečnou technikou. NH se mohou využívat k řešení estetického problému, ochranné funkci či k obojímu. Je důležité znát vlastnosti jak NH, tak povrchu výrobku, na který bude NH aplikována, neboť jejich spojení (adheze NH k povrchu výrobku) je určující pro správnou funkci naneseného nátěrového filmu. Vlastnosti nátěrového filmu jsou závislé na tloušťce, stupni přilnavosti, nasákavosti, chemické podstatě pojiva, propustnosti pro korozní média a inhibičních účincích pigmentů [1, 2].

Aby došlo ke kvalitní předúpravě povrchu výrobku, je nutné znát tyto parametry:

- účel použití výrobku
- materiálové složení výrobku, který podléhá povrchové úpravě [3]

1.1.1. Základní složení nátěrových hmot

NH jsou tvořeny z několika složek, které vytváří jejich základní strukturu. Složky, které tvoří NH mohou být v různých skupenstvích, a to v kapalném, polotuhém či tuhém. Tyto složky se dělí dle svých vlastností na těkavé a netěkavé. Tato základní struktura tvořena z těkavé (rozpouštědla či ředidla) a netěkavé části (filmotvorná látka, pigmenty a plniva) se v současnosti využívá jen zřídka, jelikož nárokům dnešní společnosti již nedokáže vyhovět. Proto se k NH přidávají pomocné látky tzv. aditiva, které upravují vlastnosti NH. Mohou zvyšovat lesk, snižovat sedimentaci pigmentů, zabraňovat tvorbě škrálouppů atd. [1, 4].

1.1.1.1 Těkavé složky

Do této skupiny se řadí rozpouštědla a ředidla, která se během zasychání NH odpaří do vzduchu. Některé NH však nemusí těkavé složky obsahovat, např. fermežové barvy [1].

Rozpouštědla

Jedná se o organické látky kapalného skupenství, které se používají k rozpouštění filmotvorných látek. Díky tomu se může NH dále zpracovávat a nanášet. Rozpouštědla ovlivňují viskozitu NH a také proces zasychání nátěru, při kterém dochází k vytěkání rozpouštědla nebo dojde k absorpci rozpouštědla podkladovým materiálem. Rozpouštědlo se volí podle rozpustnosti filmotvorných látek a dělí se podle rychlosti jejich odpařování z NH na těžké, střední a lehké. Nejpoužívanějšími rozpouštědly jsou benzen, toluen, aceton a voda [5].

Ředidla

Slouží k úpravě vlastností NH. Ředidla mohou ovlivnit přilnavost nátěru, rozliv, sedimentaci pigmentů atd. [1, 6].

1.1.1.2 Netěkavé složky

Mezi netěkavé složky patří filmotvorné látky, pigmenty, plniva, organická barviva, aditiva [7]. Díky těmto složkám dochází po zaschnutí nátěru k vytvoření tuhého filmu na povrchu výrobku. Nemusí být ale pravidlem, že NH bude obsahovat všechny tyto složky. Například u transparentních NH se pigmentová složka vůbec nenachází. Naopak NH obsahující pigment jsou v převážném množství, a to více než 80 %. Tento typ NH je složen z pigmentových a plnivových částic, které jsou rozptýleny v roztoku filmotvorných látek [8].

Filmotvorná látka tzv. pojivo

Pojivo je základní látka NH, která je organického, anorganického či anorganicko-organického původu. Sama o sobě je schopna vytvořit nátěr, který udává základní vlastnosti NH a ovlivňuje jejich životnost a ochrannou funkci. Jedná se o vysychavé oleje (rostlinné, živočišné a syntetické), přírodní pryskyřice (např. šelak, kalafuna a kopál), deriváty celulózy (např. acetát celulózy, nitrát celulózy), deriváty kaučuku (např. chlorovaný a cyklizovaný kaučuk), asfalty (přírodní a získané zpracováním ropy) a syntetické pryskyřice (např. akryláty, epoxidy a vinylové polymery) [8].

Pigmenty

Pigmenty jsou nerozpustné částice dosahující velikosti až 10 μm a mohou být organického, anorganického či smíšeného původu. Pomocí pigmentů se mohou docílit změny vlastností NH, a to z hlediska optických vlastností (krycí schopnost, barevný odstín), chemických vlastností (voděodolnost, elektrická vodivost), mechanických a fyzikálních vlastností (ochrana podkladu, struktura, pohlcení UV záření). Pigmenty mají také ochrannou funkci, jako je antikorozi účinek na kovových podkladech [9]. Pigmenty se rozdělují na:

- *Toxické pigmenty*: do této skupiny spadají olovnaté pigmenty (např. suřík) a sloučeniny na bázi šestimocného chromu (chromany).
- *Netoxické pigmenty*: mezi netoxické pigmenty se jako první zařadily fosforečnany kovů (např. fosforečnan zinečnatý), dále pigmenty na bázi molybdenanových a boritanových aniontů, křemíku (křemičitany) a oxidu kovů (např. oxid zinečnatý). Spadají sem i pigmenty iontoměničové a bariérové [10, 11].

Antikorozi pigmenty je možné rozdělovat na principu jejich působení, tzv. způsob ochrany povrchu podkladu. Jedná se o pigmenty, které chrání podklad před korozi za pomoci bariérového efektu. Dále obětované pigmenty, které se při elektrochemickém procesu rozpouští a chrání tím daný podklad a pigmenty působící elektrochemicky, čímž inhibují probíhající korozi [1, 2].

Plniva

Jedná se o malé nerozpustné částice anorganického či organického původu, které se přidávají do pojiva za účelem upravení mechanických vlastností NH. Od plniv se neočekává, že budou měnit odstín nátěru, a proto by měly být barevně co nejsvětlejší. S jejich přidávkem dochází k zesílení struktury nátěru a mají vliv na zvýšení korozi odolnosti, pevnosti, tvrdosti apod. Z ekonomického hlediska se jedná o přísadu snižující cenu NH. Mezi nejvíce používaná plniva patří uhličitán vápenatý, kaolín, mastek a křemenná moučka [8].

Aditiva

Aditiva jsou pomocné látky, které se používají v malém množství, aby NH poskytl doplňkové vlastnosti. Mohou působit například na průběh zasychání (sikativa) a zabraňovat želatínaci, pění či sedimentaci. Za pomoci aditiv je možné i zvýšit odolnost NH např.

vůči povětrnosti či napadení mikroorganismy. Nejvýznamnějším typem aditiv jsou dispergační aditiva, která se využívají k urychlení dispergace, ke stabilizaci disperze atd. [8–10].

2.1.1. Rozdělení nátěrových hmot

NH se dělí do několika skupin. Nejpoužívanější rozdělení je na základě jejich chemického složení, obsahu pigmentu, počtu složek, druhu pojiva, podmínek zasychání, prostředí a použití, způsobu zasychání a pořadí v nátěrovém systému [1].

Podle chemického složení NH

- *Vodou ředitelné NH* obsahují ve většině případů až 80 % vody s malým množstvím jiných rozpouštědel, jako jsou např. glykolethery. Jedná se o ekologické NH.
- *Rozpouštědlové NH* obsahují převážně směsi organických rozpouštědel.
- *Bezrozpouštědlové NH* jsou obvykle vytvořeny na bázi polyesterových pryskyřic [12, 13].

Podle obsahu pigmentu v NH

Transparentní NH neobsahují žádné pigmenty, plniva a tvoří průhledný či průsvitný nátěr. Může se jednat o lak, fermež či napouštěcí NH (tzv. napouštědla) [7]:

- *Lak* je roztok filmotvorných látek v organických rozpouštědlech, který vytváří průhledný film. Laky se mohou rozdělovat na (i) vrchní laky, které by měly dosahovat dobrých fyzikálně-mechanických vlastností a (ii) základní laky od nichž se očekává dobrá brousitelnost a přilnavost.
- *Fermež* je tvořena lněným či jiným vysychavým olejem s přísádkem sušiv. Vysychavý olej se při zasychání oxiduje, čímž dochází k nárůstu hmotnosti NH. Tato směs se nanáší v tenké vrstvě na výrobek, na kterém na vzduchu rychle zasychá.
- *Napouštěcí NH* disponuje nižší konzistencí a je aplikována u svého podkladu (dřevo, papír, textil či zdivo) jako první vrstva. U následného nanesení jiného nátěru na napuštěný povrch, je zajištěna lepší přilnavost než u (svého) podkladu, který není napuštěn [1, 4, 6].

Pigmentované NH obsahují dispergované pigmenty, plniva a další pomocné látky, díky kterým mají krycí schopnost. Jedná se o neprůhledný nátěr, který po zaschnutí může být lesklý či matný. Podle obsahu pigmentu se NH rozdělují na emaily, barvy a tmely [7]:

- *Email* je NH s nízkým obsahem pigmentů a plniv. Používá se především pro vrchní nátěr, který je po zaschnutí zpravidla lesklý.
- *Tmel* je NH s vysokým obsahem plniv. Používá se na vyplňování trhlin a vyrovnání nerovností povrchu výrobku. Podle nanášení se tmely rozdělují na stírací a stříkací.
- *Barva* je pigmentová NH s vysokým obsahem pigmentů, která vytváří neprůhledný film na povrchu výrobku [1, 6, 7].

Podle počtu složek v NH

- *Jednosložkové NH* k zaschnutí a vytvoření filmu nepotřebují další složku. K zesítnění dojde díky změně pH a/nebo odpaření rozpouštědla.
- *Dvousložkové NH* k zaschnutí a vytvoření filmu potřebují další složky, přes kterou dochází k zesítnění [1].

Podle druhu pojiva

NH mohou být tvořeny pojivem na bázi akrylátové, epoxidové, esterové, alkydové pryskyřice apod. Dále mohou být pojiva také asfaltová, olejová, silikonová, celulózová apod. [14].

Podle způsobu tvorby filmu se dělí na zasychající:

Chemicky – Během zasychání dochází k chemické reakci mezi polymery, kdy se nízkomolekulární látky přeměňují na látky vysokomolekulárního typu. K přeměně může docházet na základě polymerace (polykondenzace, polyadice apod.). Jedná se o fermeže, bezrozpouštědlové hmoty apod. [1, 7]

Fyzikálně – K zasychání dochází díky vypařování rozpouštědel z NH či ztuhnutím hmoty, která byla před použitím roztavena. Filmotvorná složka NH se ale během tohoto procesu nemění a jedná se o akrylátové latexy, celulózové laky apod. [7, 14]

Chemicky i fyzikálně – U těchto NH dochází k odpaření rozpouštědel z nátěru a zároveň probíhá chemická reakce. Jedná se převážně o NH epoxidové a polyurethanové. Do tohoto typu NH se mohou řadit i NH vypalovací a vytvrzované zářením [15].

Podle podmínek zasychání

- *Schnoucí na vzduchu* – Tento typ NH je schopen zasychat za normálních podmínek okolního prostředí.
- *Vhodné k přisoušení* – NH zasychá za normálních podmínek i při zvýšené teplotě.
- *Vypalovací* – NH vzniká za vysoké teploty a také díky probíhající chemické reakci.
- *Vytvrzované zářením* – Ke vzniku NH dochází díky působení ultrafialového či infračerveného záření.
- *Tavené* – NH je vytvořen roztavením a následným zchladnutím [1, 7].

Podle podmínek prostředí

- *Venkovní* – NH jsou přizpůsobeny atmosférickým vlivům, především slunečnímu záření.
- *Vnitřní* – Jedná se o mechanicky odolné NH, které se používají jako vrchní nátěry např. u nábytku a vnitřních omítek.
- *Speciální* – NH jsou navrženy pro speciální použití. Jsou vysoce odolné např. vůči vysokým či nízkým teplotám, vodě, chemikáliím a povětrnostním vlivům [1, 7].

1.2. Vodou ředitelné nátěrové hmoty

Od konce 50. a začátku 60. let minulého století se v oblasti nátěrových hmot společnost stále více uchyluje k používání vodou ředitelných NH (VŘNH) ve srovnání s klasickými rozpouštědlovými NH. VŘNH se považují za ekologické, jelikož splňují předpisy EPA (U.S. Environmental Protection Agency) a BPD (Biocidal Products Directive), kde obsah těkavých organických rozpouštědel (VOC – volatile organic compounds) ve VŘNH nesmí přesáhnout hodnotu 350 g/l vody [12]. Snižování obsahu VOC je prováděno z důvodu jejich negativních vlastností jako je např. hořlavost a toxicita. Jedná se o látky na vzduchu reaktivní a současně s působením slunečního záření a oxidů dusíku (NOx) mohou být odpovědné za vznik fotochemické oxidace. Proto se VŘNH vyznačují zvýšením kvality z hlediska pracovních podmínek, protipožární bezpečnosti a snížením nežádoucího dopadu na životní prostředí [7, 16].

Voda obsažená ve VŘNH zde ovšem nemusí mít funkci pouze jako ředidlo, nýbrž i jako rozpouštědlo a ve vodném podílu mohou, ale nemusí být obsaženy další rozpouštědla, např. vícesytné alkoholy (koalescenty) [7].

Parametry, kterými VŘNH disponují jsou dobré fyzikálně-mechanické vlastnosti, které si lze přizpůsobit vhodným nakombinováním složek. Nanášení na podklad je možné všemi dostupnými metodami, přesto při nanášení VŘNH je důležité znát jejich minimální filmotvornou teplotu (MFFT – Minimum Film Forming Temperature). Tato teplota udává minimální hodnotu teploty k vytvoření nátěru. Tzn., že k vytvoření kvalitního a neporušeného nátěru je zapotřebí, aby teplota při tvorbě nátěru byla vyšší než hodnota MFFT [5].

Díky rozdílným vlastnostem VOC a vody je pochopitelné, že vlastnosti rozpouštědlových NH a VŘNH se budou také lišit. U nanášení VŘNH je vhodné nátěr aplikovat nerezovými či plastovými nástroji ve stavu, ve kterém byl dodán nebo s přidáním maximálně 5 % vody, z důvodu vyššího obsahu sušiny. Nevýhoda VŘNH nastává, když dojde k znečištění pracovní plochy, jelikož po zaschnutí je obtížné vzniklý film odstranit. Také se obtížněji brousí, neboť slepují brusný papír a dochází k zahřívání materiálu [5, 17].

1.2.1 Složení vodou ředitelných nátěrových hmot

Základní složení VŘNH je shodné s předchozí popsanou strukturou NH, viz. Kapitola 1.1.2., kde současně musí být dodrženy parametry, které jsou popsány v kapitole 1.2.

1.2.2 Rozdělení vodou ředitelných nátěrových hmot

Obecně se VŘNH dělí na emulzní a disperzní. Rozdělení VŘNH však může být provedeno i dle jiných kritérií, například na základě fyzikálních a chemických vlastností pojiva. Mezi tyto vlastnosti patří především velikost částic, molekulová hmotnost a druh použitého pojiva či přítomnost funkčních skupin v pojivě [7].

1.2.2.1 Rozdělení podle velikosti částic pojiva

VŘNH se rozdělují podle velikosti částic pojiva na koloidní systémy, koloidně disperzní systémy a disperze.

Koloidní systémy

Jedná se o systémy s částicemi o velikosti přibližně 0,001 μm a jejich molekulová hmotnost se pohybuje v řádech 1×10^3 – 1×10^4 g/mol. Do této skupiny spadají pryskyřice, které jsou rozpustné ve vodě díky polárním (ionizovatelným) skupinám. Převážná část pryskyřic je tvořena polykarboxylovými skupinami, u kterých se rozpustnosti dosahuje pomocí jejich neutralizace čpavkem či sekundárními nebo terciálními aminy, který/é se během tvorby filmu postupně odpařují. Dále sem mohou patřit pojiva bazického charakteru, jejichž rozpustnost je získána díky organickým kyselinám (kyselina octová nebo mléčná) [2, 7].

Koloidně disperzní systémy

Tento typ systémů je tvořen částicemi o velikosti od 0,01 do 0,1 μm a molekulovou hmotností 1×10^4 – 1×10^5 g/mol. Stejně jako předchozí skupina jsou rozpustné ve vodě díky polárním skupinám. Oproti koloidním systémům jsou zde polární skupiny a organická rozpouštědla (např. alkoholy či glykolestery) v menším množství [5, 7].

Disperze

Disperze jsou nejvýznamnějším typem systémů mezi VŘNH, neobsahující žádné nebo jen velmi málo reaktivních funkčních skupin. Jedná se o neprůsvitné roztoky pojiv (oproti koloidním a koloidně disperzním systémům), jelikož jsou zde částice 0,1 až 1 μm veliké a s hodnotou molekulové hmotnosti okolo 1×10^6 g/mol, přičemž obsah organických rozpouštědel je maximálně 3 % [7].

1.2.2.2 Rozdělení podle pojivové báze

VŘNH jsou vytvořeny na obdobném základu pojiv jako NH rozpouštědlové. Obsahují pojivové složky tzv. vodnou disperzi polymerů. Disperze polymerů jsou dvousložkové systémy, kde polymer tvoří dispergovanou (rozptýlenou) složku ve vodě, která vytváří spojité prostředí. Dále VŘNH mohou obsahovat pigmenty, plniva a různá aditiva. Pojiva využívaná pro výrobu VŘNH jsou např. polyvinylacetátová, alkydová, epoxidová, polyuretanová, akrylátová a také jejich kombinace [16, 18].

1.2.3 Přísady pro vodou ředitelné nátěrové hmoty

Pro tento typ NH se používají typické netěkavé přísady (aditiva), které upravují jejich vlastnosti a VŘNH tak mohou splňovat nároky dnešní společnosti. Např. napomáhají ke stabilnější a rychlejší dispergaci, upravují viskozitu a zamezují tvorbě pěny, sedimentaci či vzniku vzduchových bublin [5].

Dispergační aditiva

Dispergace je založena na rozptýlení shluků pigmentů a plniv v pojivu, za pomoci mlýnů či míchačů. Proces dispergace vychází ze třech fází:

1. Pigmenty a pojiva jsou smáčeny v roztocích pojiv, kde dochází k odstranění adsorbovaného vzduchu na povrchu jejich částic.
2. Rozptýlení shluků plniv a pigmentů.
3. Stabilizace rozptýlených pigmentů a plniv v pojivu.

Dispergační aditiva pracují na bázi povrchově aktivních látek, tzv. PAL. PAL se vyznačují schopností snižovat povrchové napětí (Působí na povrchu molekul uvnitř dané kapalně fáze. Ke zvětšení povrchu kapaliny je tedy nutné dodání práce/PAL.), kdy dokáží např. zvýšit smáčivost ve vodě a tím i zjednodušit proces tvorby emulze (např. voda + olej, kde se PAL vyskytují na rozhraní dvou fází). Struktura PAL je tvořena organickou nepolární skupinou (hydrofilní skupina, např. zbytek mastné kyseliny) a polární skupinou (hydrofobní skupina, např. anorganického původu). Princip snížení povrchového napětí vychází ze struktury PAL, kdy je její hydrofilní skupina přitahována k molekulám vody a hydrofobní skupina je naopak odpuzována. Jelikož jsou PAL stejně orientovány, dochází ke snížení či eliminaci působení sil (které, stahují molekuly kapaliny směrem dovnitř) mezi povrchovými molekulami kapaliny [1].

Jedná se o synteticky připravené produkty s asymetrickou molekulární strukturou, které se rozdělují na ionogenní a neionogenní (alkylglykoethery). Ionogenní PAL mohou být kationaktivní (dodecyltrimethylaminiumbromid), amfoterní (aminokyseliny) či anionaktivní. Nejvíce používané v oblasti VRNH jsou zejména anionaktivní PAL, např. soli mastných kyselin, sulfonovaných olejů apod. [7].

Odpěňovače

Při výrobě nebo aplikaci VRNH dochází k nežádoucí tvorbě pěny, a to díky přídavným složkám v NH jako jsou pigmenty, dispergační aditiva, zahušťovadla atd. Odpěňovací prostředek tomuto jevu zabraňuje a narušuje tak vznik vzduchových bublin [1].

Zahušťovadla

Prísady, které se používají na úpravu viskozity NH. Touto úpravou dochází ke zlepšení roztíratelnosti nátěru, snížení sedimentace pigmentů a stékavosti NH. Další možnost úpravy viskozity je za pomoci molekulové hmotnosti rozpuštěného pojiva, ovšem tato metoda je využitelná pouze u rozpouštědlových NH, nikoli u VRNH, kde je pojivo dispergováno [5].

Změkčovadla

Napomáhají ke zvýšení pružnosti, tažnosti a pevnosti. Zjednodušují roztíratelnost nátěru a zvyšují odolnost a lesk NH. Změkčovadla s viskózní až tuhou konzistencí samy o sobě nedokáží vytvořit tuhý film s příslušnými vlastnostmi, ale využívají se k oslabení kohezních sil mezi makromolekulami. Jednotlivé molekuly změkčovadla se vmezeří mezi makromolekuly a sníží tak mezi nimi velikost sekundárních sil. Tento způsob, vede ke snížení křehkosti a tvrdosti filmotvorné látky. Jako změkčovadla se využívají např. dibutylftalát, chlorovaný parafín a chlorovaný difenyl [8].

Antikorozi aditiva

Látky organického či anorganického původu inhibující proces koroze i vznik tzv. bleskové koroze již nátěrem pokrytého kovového podkladu. K inhibici dochází díky úpravě na zásadité pH (jelikož ke korozi dochází v kyselém či neutrálním prostředí), při kterém ke korozi nedochází a eliminují působení kyslíku [19].

Koalescenty tzv. koalescenční činidla

Organická činidla kapalného skupenství zajišťující souvislý film, čímž dochází ke zvýšení filmotvorných vlastností VŘNH. Tento typ látek se velmi rychle odpařuje a není tedy součástí vytvrzeného nátěrového filmu. Napomáhají pouze k dočasnému snížení tvrdosti polymeru. Jedná se o látky, které dobře rozpouští polymerní částice, jsou minimálně rozpustné ve vodě, rychle se vypařují a musí být kompatibilní se složením NH [5].

1.3. Akrylátové latexy

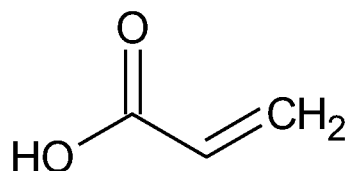
Jedná se o moderní typ pojiv polyakrylátových disperzí určený pro výrobu kvalitních VŘNH, které jsou kompatibilní s VOC. Tento typ pojiv sloužící k výrobě průmyslových nátěrů, je snášenlivý se dřevem, kovy i plasty, a proto se jedná o nejrozšířenější nátěry na trhu. Výsadou VŘNH na bázi akrylátových latexů je jejich rychlé zasychání, odolnost vůči působení světla a dobré chemické, fyzikální a mechanické vlastnosti. Kromě nátěrových hmot je možné akrylátové latexy využít k výrobě lepidel a také fólií pro bezpečnostní skla [7, 20, 21].

Vodouředitelné disperze na bázi akrylátových latexů, spadají do skupiny polymerátových pryskyřic. Akrylátové latexy mohou být jak homopolymery (vznikající z jednoho typu monomerů), tak kopolymery (vznikající kopolymerací dvou či více typů monomerů). Častěji jsou používány kopolymery, nežli homopolymery, které vycházejí ze základních jednotek, kterými jsou kyselina akrylová, kyselina methakrylová a jejich deriváty (estery, amidy, nitrily nebo kyanakryláty). K označení polyakrylátů se využívá zkratka PA. Vlastnosti PA vyplívají z (i) použitého monomeru (monomerů), nízkomolekulární látka obsahující reaktivní skupiny, který je možné zkombinovat s anorganickou látkou, (ii) výsledné molekulové hmotnosti PA a (iii) jejich přípravy. Fyzikální vlastnosti PA vyplívají z počtu uhlíkových atomů v alkoholovém zbytku substituovaného esteru [5, 6, 22].

K výrobě akrylátových disperzí se využívá mechanismu emulzní polymerace (EP) esterů kyseliny akrylové a methakrylové. Akryláty i methakryláty mají schopnost kopolymerovat se všemi monomery a zajišťují tak kopolymeraci různých monomerů, které spolu běžně reagují obtížně či dokonce vůbec [22].

Kyselina akrylová

Jedná se o nejjednodušší nenasycenou karboxylovou kyselinu (obrázek 1), která je považována za základní stavební jednotku akrylátových pojiv (latexů/disperzí) [23].



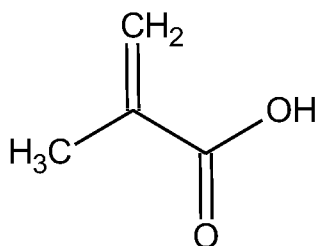
Obrázek 1 Chemický vzorec kyseliny akrylové

Kyselina akrylová je bezbarvá látka kapalného skupenství, která způsobuje podráždění pokožky a zraku. Vyrábí se katalytickou oxidací propylenu a používá se převážně v textilním průmyslu a k výrobě lepidel, plastů, laků a nátěrových hmot [23].

Z hlediska polymerace se jedná o dvojfunkční kyselinu, ze které vznikají makromolekuly s lineárními řetězci. Naopak z hlediska esterifikace je kyselina akrylová jednofunkční kyselinou. Výhodou této kyseliny a jejích esterů je snadno probíhající chemická reakce nejen mezi akryláty, ale i s jinými monomery za vzniku polymerního řetězce. Estery kyseliny akrylové jsou pro vznik akrylových vodních disperzí důležité, jelikož jejich T_g (teplota skelného přechodu) a T_f (teplota tečení) je nižší než u esterů kyseliny metakrylové a díky tomu je možné vytvořit nátěrový film při standardní teplotě 25 °C [5, 24].

Kyselina methakrylová

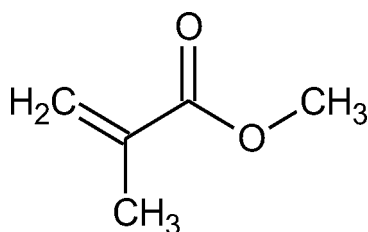
Jedná se o karboxylovou kyselinu (obrázek 2), která se řadí mezi základní stavební jednotky akrylátových disperzí.



Obrázek 2 chemický vzorec kyseliny methakrylové

Kyselina methakrylová je bezbarvá, žíravá látka kapalného skupenství, která způsobuje poškození pokožky, zraku a díky její ostré vůni také dýchacích cest. Využívají se převážně její estery, např. methylmethakrylát (obrázek 3) [25].

Jedná se o bezbarvou, čirou látku, která je rozpustná v polárních rozpouštědlech (ketony, estery apod.). Způsobuje mírné podráždění pokožky, očí a dýchacích cest. Polymethylmethakrylát je také znám pod názvem organické sklo, plexisklo či Umaplex [22].



Obrázek 3 Chemický vzorec monomeru methylmethakrylátu

1.3.1 Radikálová polymerace

Polymerace je chemická reakce, při které dochází z malých molekul (monomerů) ke vzniku vysokomolekulárního produktu (polymeru). Mechanismy polymerace mohou probíhat radikálovým nebo iontovým (kationtovým nebo aniontovým) způsobem, polyinzercí, polykondenzací či polyadící.

Radikálová polymerace je řetězová polyreakce vyznačující se navazováním molekul obsahující nenasycené vazby či heterocykly (probíhá otevřením dvojně vazby či kruhu) za vzniku vysokomolekulárního produktu. U radikálové polymerace závisí na charakteru dvojných vazeb, které jsou tvořeny dvěma páry elektronů. Vazba je zevnitř tvořena pevnou sigma vazbou a na vnější pozici labilní vazbou pí. K tomu, aby řetězec rostl je zapotřebí aktivních center (částice s nepárovým elektronem, tzv. radikál), jelikož monomer reaguje pouze s nimi. Na počátku reakce vznikají molekuly s vysokou molekulovou hmotností (Po dobu trvání reakce, roste jejich množství a výtěžek reakce se zvyšuje.). Radikálová polymerace je tvořena třemi fázemi, které není možné izolovat a jejich rychlost i mechanismus se navzájem liší. Jedná se o iniciaci (zahájení reakce), propagaci (růst řetězce) a terminaci (ukončení reakce) [24].

Iniciace zahajuje radikálovou polymeraci a je umožněna díky vnější energii či přidáním vysoce reaktivní látky, kdy dochází k převedení monomeru do reaktivní formy. Během iniciace dochází k rozpadu iniciátoru na radikály dle rovnice (1), které následně reagují s molekulou monomeru dle rovnice (2). Volné radikály mohou vznikat řadou reakcí např.: tepelným rozkladem molekul, oxidačně-redukční reakcí, zářením o vysoké energii, elektrochemickou iniciací či fotolytickým rozkladem [24, 26].

Radikálová reakce je zahájena rozpadem iniciátoru (In) na dva volné radikály ($R\cdot$) dle rovnice (1).



Adice molekuly monomeru (M) na volný radikál ($R\cdot$) za vzniku monomerního řetězce dle rovnice (2).



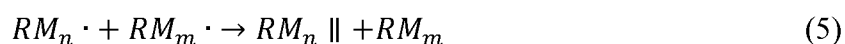
Propagace je druhou fází radikálové polymerace, která navazuje na iniciační fázi a začíná srážkou rostoucího radikálu (produktu z rovnice (2)) s monomerem, čímž je zahájen růst řetězce. Radikál reaguje s molekulou monomeru obsahující dvojnou vazbu nebo cyklus dle rovnice (3). Jedná se o adiční reakci, která je mnohonásobně opakována a jejím výsledkem je nárůst molekulové hmotnosti produktu, rovnice (4). Vzniklé radikály na počátku reakce musí

být stabilní a mít dostatek energie, aby mohly reagovat s monomerem v dalších krocích. Obecně platí, že čím více je nepárový elektron sdílen s jinými atomy molekuly, tím vyšší je stabilita radikálu [24].

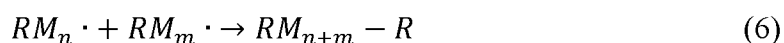


Reakce je ukončena *terminací*, když dochází k ukončení růstu řetězce. Konec reakce může probíhat dvěma způsoby, a to disproporcionací dle reakce (5) či rekombinací dle reakce (6).

Terminace disproporcionací nastane, když jeden z radikálů vytrhne z druhého radikálu vodík, čímž vzniká nasycená a nenasycená makromolekula s dvojnou vazbou na konci řetězce. Jedná se o energeticky náročnější reakci, než je rekombinace.



Terminace rekombinací způsobí vznik kovalentní vazby mezi radikály, čímž se reakce ukončí. Rekombinace není závislá na teplotě a díky vzájemné reaktivitě radikálů je její průběh pravděpodobnější.

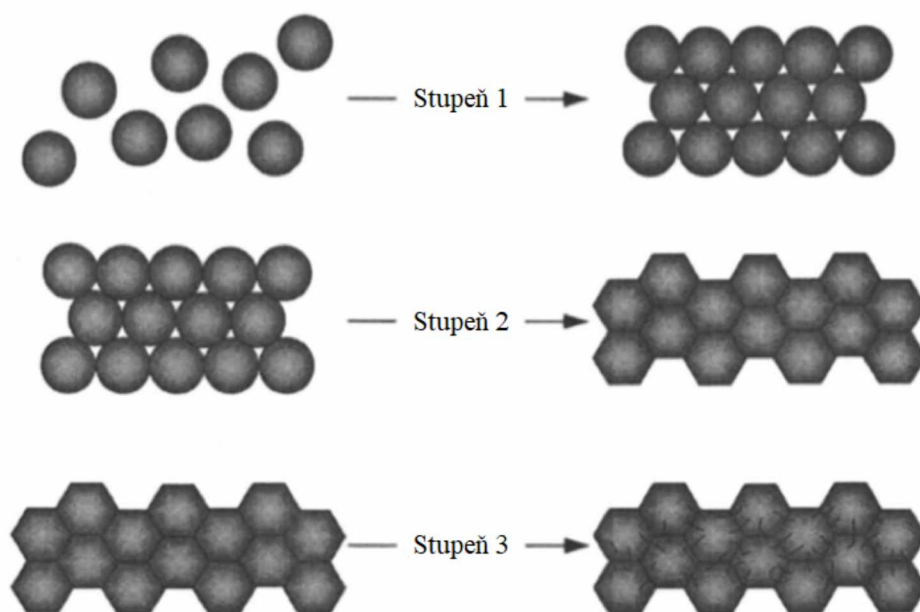


Terminace může probíhat reakcí aktivního centra s iniciátorem, rozpouštědlem, monomerem či polymerní molekulou. Přenosem aktivního centra na jinou molekulu, dochází k zastavení růstu na daném místě v řetězci a vznikem aktivního centra na jiné molekule [26].

1.3.2 Mechanismus tvorby filmu akrylátových disperzí

Při tvorbě latexového filmu dochází k odpaření vody a stejně tak i pomocných rozpouštědel z povrchu filmu, čímž dochází k přeměně koloidní disperze na nátěrový film s mechanickou celistvostí. Tvorba filmu, tzv. koalescence vychází ze tří kroků (obrázek 4). V prvním kroku se z povrchu filmu odpaří většina vody a latexové částice se koncentrují a vytváří vrstvu s co nejnižším energetickým stavem. V druhém kroku se vypařuje zbylé množství vody, a to pomaleji než v kroku předchozím. Dochází k deformaci latexových částic, čímž je druhý krok ukončen. V třetím kroku, se voda z filmu stále vypařuje a latexové částice

postupně splývají až do vymizení volného prostoru mezi částicemi. Dochází ke vzájemnému splétání polymerních řetězců a vzniku spojitého latexového filmu [5, 27].



Obrázek 4 Schéma procesu koalescence; *Převzato a upraveno z [28]*

1.3.3 Samosítující vytvrzování

Jelikož nátěrové filmy vytvořené koalescencí nedosahují takových vlastností, jako nátěrové filmy síťované chemicky, využívá se tzn. dodatečného síťování. Zvýšení hustoty zesíťování je známou cestou, jak zvýšit fyzikálně-mechanické a chemické vlastnosti polymeru [29].

Možností, jak zvýšit síťovou hustotu je velké množství a v našem případě bylo použito keto-hydrazidové post-síťování. Tento typ samosíťování je založen na reakci mezi karbonylovou skupinou, která je součástí polymerního řetězce a dihydrazidem, který je rozpuštěný ve vodné fázi disperze. Hlavní předností tohoto síťování je vysoká rychlost i při běžných teplotách [30]. Tato síťující reakce je kyselě katalyzována a probíhá převážně až po vytěkání alkalizačních činidel a vody [31].

Dle dostupné literatury keto-hydrazidové síťování překonává nedostatky běžných vodných akrylátových polymerních disperzí, mezi které patří lepivost povrchu při vyšších teplotách, křehkost při nízkých teplotách a nízká odolnost vůči rozpouštědlům. Nedostatkem tohoto síťování, je ale snížená odolnost vůči vodě, jelikož jsou přítomny polární skupiny, které jsou produktem keto-hydrazidové reakce [32].

1.4. Antimikrobiální aditiva

Antimikrobiální přísady jsou specifické látky s odolností vůči mikroorganismům (MO), které buď usmrcují nebo zpomalují jejich růst. Antimikrobiální aditiva narušují metabolismus mikroorganismů, tím že blokují jejich enzymatické pochody. Aby aditivum bylo účinné musí být obsaženo na povrchu materiálů/nátěrů, aby mohlo interagovat s MO, které způsobují jejich degradaci, ale snižují tak i riziko křížové kontaminace. Tento typ aditiv se používá z důvodu ochrany NH proti bakteriím, virům, prvokům, plísním a kvasinkám [33, 34].

Antimikrobiální aditiva mohou být přírodního, syntetického, organického či anorganického původu. Mezi nejznámější aditiva spadají antibiotika, která se postupně nahrazují, jelikož bakterie jsou schopné si vůči nim vytvořit rezistenci. Nevýhodou, některých syntetických aditiv je jejich neblahý vliv na životní prostředí a na člověka (např. cytotoxicita, alergie), proto se jejich používání stále minimalizuje a namísto nich se hledají ekologicky přijatelné alternativy jako jsou nanočástice, přírodní látky, esenciální oleje, chitosan a antimikrobiální peptidy [35, 36].

1.4.1 Nanočástice a jejich antimikrobiální účinek

První informace o nanočásticích pocházejí z Egypta již z 4. či 5. století př.n.l., kdy bylo objeveno tzv. „rozpuštěné zlato“, které se používalo převážně pro estetické, ale i léčivé účely. Jedná se o látky, které mohou existovat ve formě dokonalých krystalů, jelikož veškeré nečistoty a defekty krystalické mřížky migrují na povrch krystalu v relativně krátkém časovém úseku. Pod pojmem nanočástice se skrývají veškeré částice o velikosti 1–100 nm a mohou být přírodního či syntetického původu. V dnešní době mají nanočástice široké uplatnění v lékařství (optice), elektronice, textilním průmyslu apod. Z hlediska jejich antimikrobiálních vlastností jsou využity např. na povrchu implantátů, k efektivnějšímu hojení ran a ve vakcínách [36, 37].

Nanočástice snadno pronikají do organismu a jsou schopné projít skrz ochranné biologické bariéry a buněčné membrány. Z hlediska antibakteriální funkce, v biomedicině a farmakologii je tato vlastnost výhodou, ale pojí se s ní i nebezpečí díky jejich vysoké reaktivitě, která může např. způsobit narušení procesu tvorby ribonukleové kyseliny (RNA) i deoxyribonukleové kyseliny (DNA) v lidských buňkách [5].

1.4.1.1 Nanočástice oxidu lanthanu

Jelikož jsou nanočástice okem neviditelné, přidávají se do transparentních nátěrů a k takovýmto se řadí i nanočástice La_2O_3 . Jedná se o nano-anorganický oxid kovu, který snižuje bakteriální kontaminaci a také příznivě ovlivňuje strukturní vlastnosti povlaku [5, 36].

Nanočástice La_2O_3 jsou obvykle o velikosti 10 až 30 nm a využívají se k odstraňování fosfátů ve vodě (plavecké bazény), v biologických či lékařských oblastech, optice a jsou součástí nanovláken. Antimikrobiální charakter La_2O_3 (v kombinaci s dalšími sloučeninami, např. ZnO) se prokázal převážně na gramnegativních bakteriích (*Escherichia coli*), kde dochází k poškození DNA buňky. U grampozitivních bakterií dochází také k jejich poškození, ale v delším časovém úseku. Destruktivním mechanismem působí také na viry a spory (zaspárované bakterie jsou odolnější díky jejich ochrannému obalu) [38, 39, 40].

Antimikrobiální mechanismus oxidu kovů spočívá v narušení buněčné stěny. Následně vzniklé kyslíkové radikály oxidu kovů způsobí destrukci proteinů v buňce, čímž dochází k inhibici esenciálních enzymů daných bakterií. Důležitou roli zde hraje tedy reaktivní kyslík, který narušuje buněčnou membránu, do které se následně dostávají ionty kovů. Tento proces vede k snížení funkce mitochondrií a dochází k oxidativnímu stresu, který způsobuje inhibici růstu buněk a jejich následné destrukci [41].

K přípravě nanočástic La_2O_3 se používá více metod, mezi které patří sol-gel metoda (vycházející z $\text{La}(\text{NO}_3)_3$), Pechiniho metoda, hydrotermní metody (vycházející z $\text{LaCl}_3 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$), apod. [42, 43].

Oxid lanthanu

La_2O_3 je anorganický oxid bílé barvy práškovitého skupenství, který má zásaditý charakter. Je nerozpustný v alkalickém prostředí a nepatrně rozpustný ve vodě. Spadá pod skupinu ceritových zemin, kam patří i oxidy ceru, praseodymu a neodymu [44].

Lanthan

Nedílnou a důležitou součástí nanočástic La_2O_3 je lanthan, který spadá do skupiny složené z 15 prvků zvané lanthanoidy, kde je 1. členem a je také 3. členem skupiny kovů vzácných zemin. Čistý lanthan je stříbřitě lesklý, přechodný kovový prvek. Za normálních podmínek se na vzduchu pokrývá ocelově modrou ochrannou vrstvou La_2O_3 , která ho chrání před další oxidací. Využívá se např. jako přísada do skel k úpravě jejich optických vlastností či k potlačení zvýšené hladiny fosfátů v krvi tzv. hyperfosfatémie [44, 45].

1.5 Využití nátěrových hmot v medicínských aplikacích

Bakteriální adheze na povrchích materiálů a následná tvorba biofilmu je závažným problémem jak ze zdravotního, tak z ekonomického hlediska. Z tohoto důvodu mají velký význam vrchové povlaky, které jsou schopné bránit bakteriální adhezi a tvorbě biofilmu. Biofilm je společenstvo mikroorganismů, schopné vázat se k určitému povrchu, které je obklopené polysacharidy, vylučované buňkami biofilmu. Antimikrobiální povrchové povlaky mohou fungovat na baktericidní strategii, antiadhezivním principu či multifunkčním přístupu, jehož součástí jsou oba tyto mechanismy. Baktericidní princip funguje tak, že ničí bakterie po nebo dokonce i před kontaktem s povrchem. Jako příklad lze uvést již dříve zmíněné antimikrobiální peptidy, antibiotika, chitosan či nanočástice. Antiadhezivní strategie brání ulpívání bakterií a často jsou u tohoto přístupu využívány polymery a hydrogely. Jedním z prvních polymerů, který byl za tímto účelem použit byl polyethylenglykol [46, 47].

1.5.1 Nátěrové hmoty pro lékařská zařízení

Protézy pro implantaci do lidského těla musí být biokompatibilní, tzn. v lidské tkáni nemůže docházet k uvolňování látek z implantátu či k jeho korozi. Kromě biokompatibility jsou na implantáty kladeny mechanické a výkonnostní požadavky, které souvisí s konkrétním použitím, ale také antimikrobiální vlastnosti. Z tohoto důvodu pro implantáty neexistuje optimální materiál a většinou je volena kombinace různých druhů materiálů [48].

NH jsou nejčastěji používány v případě kovových implantátů, které podléhají korozi. I když koroze nemusí vést k mechanickému selhání implantátu, dochází k uvolňování produktů koroze, které působí toxicky a narušují tak normální funkci těla. Tyto látky mohou být transportovány do celého těla a některé z nich se segregují ve specifických orgánech a nejsou z těla odstraněny. Z tohoto důvodu je vhodné použití NH, která korozi zabraňuje. Kromě koroze kovových materiálů se NH využívají i pro minimalizaci opotřebení povrchů, čehož se využívá například u umělých kloubů či poskytují antimikrobiální vlastnosti [49]. Každý zavedený cizí předmět do těla je náchylný k bakteriální kolonizaci, jelikož bakterie disponují adhezivními vlastnostmi k implantátům [50]. Jestliže dojde k bakteriální kontaminaci povrchu implantátu, může to vést ke tvorbě biofilmu a znemožnění použití implantátu v těle, neboť pokrytí povrchu implantátu bakteriemi může vést k selhání implantátu, přetrvávající infekci, a dokonce i k smrti pacienta. Antimikrobiální vlastnosti implantátů jsou tedy velmi důležité, jelikož zabraňují růstu bakterií na jejich povrchích [51].

1.5.2 Hygienické nátěry fasád a omítek

Hygienické nátěry stěn a zařízení slouží proti šíření infekcí u lidí. Tyto nátěry se využívají především na místech, kde je vyžadován vysoký stupeň hygieny jako jsou nemocnice, veterinární zařízení, školy atd. Velký význam mají především v nemocnicích, ve kterých dochází ke zvýšené akumulaci nemocných lidí kde může docházet přes stěny ke křížové kontaminaci. K tomuto účelu je zapotřebí používat nátěry s antimikrobiálním účinkem. Tam, kde je vysoká úroveň vlhkosti, se bakterie množí rychle, tzn. že dokonce i samotný akt omývání zdí vytváří povrch, který je během sušení náchylný k bakteriální kolonizaci. Povrch nátěru je tedy nutné upravit tak, aby se z hygienického hlediska snadno udržoval. Za těchto podmínek mohou hygienické nátěry poskytovat účinnou ochranu před bakteriálními infekcemi. Významným problémem těchto míst je především *Staphylococcus aureus*, vyvolávající hnisavé infekce [52, 53].

Kromě bakterií jsou velkým problémem nátěrů stěn i plísně, které vedle pylů a roztočů patří k nejčastěji se vyskytujícím alergenům. Mykoalergózy hrozí všude tam, kde je masivní nárůst plísňového mycelia a v ovzduší vysoký počet plísňových spor nebo těkavých mykotoxinů, které plísně uvolňují. K nejčastějším alergenům patří druhy *Alternaria*, *Cladosporium*, *Botrytis*, *Aspergillus*, *Penicillium* a *Mucor*. U oslabených jedinců mohou vyvolat život ohrožující onemocnění. Toxinogenní a patogenní plísně a mykotoxiny se řadí k významným faktorům, které mohou negativně ovlivňovat zdraví. Kromě zdravotních problémů je žádané zamezení růstu plísní i z estetických důvodů, neboť na površích vytváří barevný nárůst mycelia [54].

Jak je popsáno v textu výše, je velmi důležité zabývat se antimikrobiální úpravou povrchů, aby se na nich MO nemohly usazovat a dále přenášet. U hygienických nátěrů je nezbytná antimikrobiální účinnost, nízká toxicita a nezávadnost použitých látek pro životní prostředí [55].

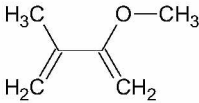
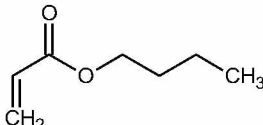
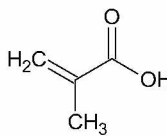
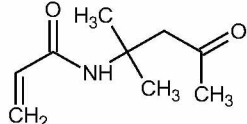
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1. Použité suroviny a chemikálie

2.1.1. Monomery

Syntéza akrylátových latexů byla provedena za použití monomerů uvedených v tabulce 1, kde jsou popsány základní informace o monomerech.

Tabulka 1 Seznam použitých monomerů

<i>Monomer</i>	<i>Chemický vzorec</i>	<i>Zkratka</i>	<i>Výrobce</i>
<i>Methylmethakrylát</i>		MMA	Sigma-Aldrich s.r.o.
<i>Butylakrylát</i>		BA	Sigma-Aldrich s.r.o.
<i>Kyselina methakrylová</i>		KMA	Sigma-Aldrich s.r.o.
<i>Diacetonakrylamid</i>		DAAM	Sigma-Aldrich s.r.o.

Základní vlastnosti použitých monomerů jsou popsány v tabulce 2.

Tabulka 2 Základní vlastnosti monomerů

<i>Monomer</i>	<i>Mr</i> [g/mol]	<i>Bod varu</i> [°C]	<i>Bod tání</i> [°C]	<i>Hustota</i> [g/cm ³]	<i>CAS No.</i>
<i>MMA</i>	100,1	100	-48	0,943	80-62-6
<i>BA</i>	128,2	147	-64	0,883	141-32-2
<i>KMA</i>	86,1	160	15	1,018	79-41-4
<i>DAAM</i>	169,2	120	56	0,965	2873-97-4

2.1.2. Nanočástice

Informace o použitých nanočásticích La_2O_3 jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3 Použité nanočástice k syntéze akrylátového latexu

Název	Sumární vzorec	CAS No.	Čistota	Velikost částic [nm]	Výrobce
<i>Oxid lanthanitý</i>	La_2O_3	1312-81-8	$\geq 99\%$	<100	Sigma-Aldrich s.r.o.

2.1.3. Chemikálie

Seznam použitých chemikálií potřebné k syntéze akrylátových latexů jsou popsány v tabulkách 4–6.

Tabulka 4 Základní informace o použité chemikálii Disponil FES 993 IS

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

Tabulka 5 Základní informace o použité chemikálii peroxodisíran amonný

Peroxodisíran amonný	
Funkce:	Iniciátor
Sumární vzorec:	$(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$
Molární hmotnost:	228,2 g/mol
Hustota	1,98 g/cm ³
CAS No.	7727-54-0
Obsah aktivní složky:	99,9 %
Výrobce:	Sigma-Aldrich s.r.o.

Tabulka 6 Základní informace o použité chemikálii dihydrazid kyseliny adipové

Dihydrazid kyseliny adipové (ADH)	
Funkce:	Síťovadlo
Sumární vzorec:	$C_6H_{14}N_4O_2$
Molární hmotnost:	174,2 g/mol
Hustota	1,29 g/cm ³
CAS No.	1071-93-8
Obsah aktivní složky:	>98 %
Výrobce:	Sigma-Aldrich s.r.o.

2.2. Použité přístroje a zařízení

K přípravě akrylátového latexu

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

Ke stanovení charakteristických vlastností pojiva

Laboratovní váhy, KERN & Sohn GmbH, Německo; laboratorní vakuová sušárna VO400, Memmert GmbH, Německo; pH metr Mettler Toledo FiveEasy FE20, Merck KGaA, Německo; rotační viskozimetr Brookfield LVDV-E Viscometer, Brookfield Engineering Laboratories, USA; analytické váhy, OHAUS, Švýcarsko; Litesizer 500, Anton Paar, GmbH, Německo; Minimum film forming temperature bar, BYK GARDNER, Německo; laboratorní elektrická muflová pec 3013, Clasic, Česká republika.

K přípravě nátěrového filmu

Laboratovní váhy, KERN & Sohn GmbH, Německo; dispergátor SilentCrusher M, Heidolph, Německo; silikonové formy pro přípravu volných filmů; krabicová nanášecí pravitka se štěrbinou 100–150 μm .

Ke stanovení fyzikálně-mechanické odolnosti nátěrového filmu

Leskoměr Micro-Tri-Gloss, BYK GARDNER, Německo; kyvadlový přístroj 3034M001 Perzos, König, Elcometer, Německo; tloušťkoměr MINITEST 1100, ElektroPhysik, Německo; magnetický tloušťkoměr 3635, BYK GARDNER, Německo; řezací nůž ke stanovení přilnavosti SPRL, Elcometer Instruments GmbH, Německo; přístroj ke stanovení odolnosti úderem 1615, Elcometer, Anglie; přístroj ke stanovení odolnosti ohybem 1506, Elcometer, Anglie; přístroj ke stanovení odolnosti hloubením 1620, ERICHSEN, Německo; spektrometr UltraScan PRO, HunterLab, USA.

Ke stanovení antimikrobiální účinnosti nátěrového filmu

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

2.3. Postup syntézy akrylátového latexu

2.3.1. Syntéza akrylátového latexu neobsahujícího nanočástice

Syntéza byla provedena semikontinuální emulzní radikálovou polymerací na aparatuře zobrazené na obrázku 5, jejíž výsledný produkt je akrylátová vodná disperze, tzv. latex.



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

Syntéza byla provedena dle receptury uvedené v tabulkách 7 a 8. V prvním kroku byla do reakční nádoby předložena destilovaná voda, emulgátor (Disponil FES 993 IS) a nádoba byla vložena do již vyhřáté vodní lázně na 85 °C s následně zapnutým míchadlem. Přívod inertního plynu (N₂) se nastavil tak, aby vodním uzávěrem zpětného chladiče procházely bubliny.

Do emulgační baňky byla připravena směs destilované vody s roztokem iniciátoru (NH₄)₂S₂O₈, emulgátorem Disponil FES 993 IS a monomery. Tato směs tvořila 1. fázi. Díky použití míchadla byla vytvořena emulze monomerů a po jejím zhomogenizování v emulgační baňce byl do reakční nádoby přidán iniciátor. Následně bylo spuštěno přikapávání emulze monomerů do reakční nádoby. Doba přikapávání byla 60 minut a po ukončení přikapu byla teplota reakční směsi udržována na 85 °C po dobu 15 minut.

Mezitím, kdy probíhala polymerace 1. fáze latexových částic, byla připravena emulze monomerů, která tvořila 2. fázi. Do Ehrlenmayerovy baňky (500 ml) byla navážena voda a monomer DAAM, který byl rozpuštěn v ultrazvukové lázni (stupeň 9) s teplotou nižší než 25 °C. Dále byl přidán iniciátor $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, emulgátor Disponil FES 993 IS a zbylé monomery. Tato směs byla dispergována po dobu 2–3 minut na dispergátoru Heidoph M při 20 000 rpm. Následně byla tato směs ihned přelita do emulgační baňky a bylo spuštěno přikapávání. Přikapávání do reakční nádoby probíhalo po dobu 60 minut.

Po ukončení přikapu emulze monomerů byla teplota reakční směsi udržována na 85 °C po dobu 120 minut. Po uplynutí daného času byl vzniklý latex za stálého míchání ochlazován v reakční nádobě pod inertní atmosférou na teplotu 25 °C. Vychladlý latex byl přefiltrován a uložen do PE lahve. U připraveného latexu byl stanoven obsah koagulátu, sušina, pH a viskozita.

V posledním kroku byl latex za neustálého míchání zneutralizován na pH 8,4–8,5, za pomoci 10% vodného roztoku amoniaku. (Díky tomuto kroku se zabránilo srážení latexu.) Jako síťovadlo byl použit 10% vodný roztok 5 g ADH, který byl rozpuštěn v ultrazvukové lázni a byla znovu změřena viskozita a pH latexu.

Tabulka 7 Složení polymeračního systému

Násada do reaktoru	g
destilovaná voda	110
Disponil FES 993 IS	1
Roztok peroxidisíranu amonného (0,8 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ + 30 ml H_2O)	30,8
Emulze monomerů 1. fáze	g
destilovaná voda	120
Disponil FES 993 IS	14,8
roztok peroxidisíranu amonného (0,8 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ + 30 ml H_2O)	30,8
monomery	200
Emulze monomerů 2. fáze	g
destilovaná voda	220
Disponil FES 993 IS	14,8
roztok peroxidisíranu amonného (0,8 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ + 30 ml H_2O)	30,8
monomery	200

Tabulka 8 Použité monomery a jejich poměr včetně nanočástic La₂O₃

Akrylátový latex s 0 % nanočástic La₂O₃				
Monomer	1. fáze [%]	1. fáze [g]	2. fáze [%]	2. fáze [g]
BA	53	106	52	104
DAAM	–	–	5	10
MMA	43	86	39	78
KMA	4	8	4	8

2.3.2. Syntéza akrylátového latexu s obsahem 1,5 % nanočástic La₂O₃

Syntéza byla provedena semikontinuální emulzní radikálovou polymerací na aparatuře zobrazené na obrázku 3, jejíž výsledný produkt je akrylátová vodná disperze, tzv. latex.

Syntéza byla provedena dle receptury uvedené v tabulkách 9 a 10. V prvním kroku byla do reakční nádoby předložena destilovaná voda, emulgátor (Disponil FES 993 IS) a nádoba byla vložena do již vyhřáté vodní lázně na 85 °C s následně zapnutým míchadlem. Přívod inertního plynu (N₂) byl nastaven tak, aby vodním uzávěrem zpětného chladiče procházely bubliny.

Do emulgační baňky byla připravena směs destilované vody s roztokem iniciátoru (NH₄)₂S₂O₈, emulgátorem Disponil FES 993 IS a monomery. Tato směs tvořila 1. fázi. Díky použití míchadla byla vytvořena emulze monomerů a po jejím zhomogenizování v emulgační baňce byl do reakční nádoby přidán iniciátor. Následně bylo spuštěno přikapávání emulze monomerů do reakční nádoby. Doba přikapávání byla 60 minut a po ukončení přikapu byla teplota reakční směsi udržována na 85 °C po dobu 15 minut.

Mezitím, kdy probíhala polymerace 1. fáze latexových částic, byla připravena emulze monomerů, která tvořila 2. fázi. Do Ehrlenmayerovy baňky (250 ml) byla navážena voda, iniciátor (NH₄)₂S₂O₈, emulgátor Disponil FES 993 IS, DAAM a nanočástice La₂O₃. Tato směs byla dispergována po dobu 10 minut, za pomoci dispergátoru Heidoph M při 20 000 rpm. Následně byla baňka uzavřena zátkou a vložena do ultrazvukové lázně (stupeň 9), na dobu 60 minut a teplota lázně byla udržována pod 25 °C. Během toho, co byla baňka v ultrazvukové lázni byla připravena směs monomerů. Do druhé Ehrlenmayerovy baňky (250 ml) byly naváženy monomery BA, KMA, MMA a směs byla krátce promíchána. Po uplynutí 60 minut byla baňka z ultrazvukové lázně odebrána a opět rozdispergována, díky dispergátoru a následně přilita k druhé Ehrlenmayerově baňce s monomery. Tato vzniklá směs byla

rozdispergována po dobu 2–3 minut, ihned přelita do emulgační baňky a bylo spuštěno příkapávání směsi. Příkapávání do reakční nádoby probíhalo po dobu 75 minut.

Po ukončení příkapu emulze monomerů, byla teplota reakční směsi udržována na 85 °C po dobu 120 minut. Po uplynutí daného času byl vzniklý latex za stálého míchání ochlazován v reakční nádobě pod inertní atmosférou na teplotu 25 °C. Vychladlý latex byl přefiltrován a uložen do PE lahve. U připraveného latexu byl stanoven obsah koagulátu, sušina, pH a viskozita.

V posledním kroku byl latex za neustálého míchání zneutralizován na pH 8,4–8,5, za pomoci 10% vodného roztoku amoniaku. (Díky tomuto kroku se zabránilo srážení latexu.) Jako síťovadlo byl použit 10% vodný roztok 5 g ADH, který byl rozpuštěn v ultrazvukové lázni a znovu byla změřena viskozita a pH latexu.

Tabulka 9 Složení polymeračního systému obsahující nanočástice La_2O_3

Násada do reaktoru	g
destilovaná voda	110
Disponil FES 993 IS	1
Roztok peroxodisíranu amonného (0,8 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ + 30 ml H_2O)	30,8
Emulze monomerů 1. fáze	g
destilovaná voda	120
Disponil FES 993 IS	14,8
roztok peroxodisíranu amonného (0,8 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ + 30 ml H_2O)	30,8
monomery	200
Emulze monomerů 2. fáze	g
destilovaná voda	220
Disponil FES 993 IS	14,8
roztok peroxodisíranu amonného (0,8 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ + 30 ml H_2O)	30,8
monomery	200

Tabulka 10 Použité monomery a jejich poměr včetně nanočástic La₂O₃

Akrylátový latex s 1,5 % nanočástic La ₂ O ₃				
Monomer	1. fáze [%]	1. fáze [g]	2. fáze [%]	2. fáze [g]
BA	53	106	52	104
DAAM	–	–	5	10
MMA	43	86	39	78
KMA	4	8	4	8
La ₂ O ₃	–	–	3	6

2.4. Příprava zkušebních vzorků

2.4.1. Příprava zkušebních vzorků na skleněných panelech

Ke stanovení fyzikálně-mechanické a chemické odolnosti byly zkoumané NH nataženy na skleněné panely o rozměrech 200 x 100 x 5 mm. Skleněné panely byly před potažením NH očištěny vodou s tenzidy a následně odmaštěny chloroformem. K vytvoření NH bylo použito nanášecí krabicové pravítko se štěrbinou 150 μm . Natažení NH na ocelové panely probíhalo při teplotě 23 ± 2 °C a relativní vlhkosti 50 ± 5 %. Při těchto podmínkách byly NH ponechány i vysychat.

2.4.2. Příprava zkušebních vzorků na ocelových panelech

Ke stanovení fyzikálně-mechanických vlastností byly zkoumané NH nataženy na nízkouhlíkové ocelové panely (třída 11) o rozměrech 215 x 45 x 1 mm. Ke stanovení bleskové koroze byly použity ocelové panely o rozměrech 102 x 51 x 0,8 mm. Ocelové panely byly před potažením NH očištěny a odmaštěny chloroformem. K vytvoření nátěru bylo použito nanášecí krabicové pravítko se štěrbinou 150 μm . Natažení NH na ocelové panely probíhalo při teplotě 23 ± 2 °C a relativní vlhkosti 50 ± 5 %. Při těchto podmínkách byly NH ponechány i vysychat.

2.4.3. Příprava zkušebních vzorků ve formě volných filmů

Ke stanovení hustoty zesílení, obsahu popela a antimikrobiální účinnosti NH byly zkoumané NH vylity do silikonových forem. Silikonové formy byly před použitím očištěny vodou s tenzidy a osušeny. NH byly do silikonové formy dávkovány pomocí plastových pipet při teplotě 23 ± 2 °C a relativní vlhkosti 50 ± 5 %. Následně byly vzorky umístěny do vakuové horkovzdušné sušárny, aby se podpořilo vysychání volných filmů.

2.4.4. Příprava zkušebních vzorků na dřevěném podkladu

Ke stanovení antifungistické účinnosti byly zkoumané NH natřeny na dřevěné panely o rozměrech 20 x 20 mm. Před natřením dřevěného podkladu byla provedena sterilizace pracovní plochy, kovové pinzety a štětce roztokem 70% ethanolu. Dřevěný podklad byl natřen ve dvou na sebe kolmých směrech ve čtyřech vrstvách, a to z každé strany, přičemž mezi jednotlivými nátěry byl časový odstup minimálně 4 hodin. Nanášení bylo provedeno při teplotě 23 ± 2 °C a relativní vlhkosti 50 ± 5 %. Při těchto podmínkách byly vzorky ponechány i vysychat.

2.5. Charakterizace vodou ředitelných nátěrových hmot

2.5.1. Stanovení obsahu koagulátu (ČSN 64 9008)

Množství koagulátu nám udává, kolik disperze se v průběhu polymerace srazilo. Poté, co byla polymerace dokončena, byly zkoagulované částice odděleny na jemném síti a vysušeny při laboratorní teplotě. Následně, po vysušení byly zváženy a stanovil se obsah koagulátu dle rovnice (7).

$$\text{obsah koagulátu (\%)} = \frac{m_{\text{koagulát}}}{\frac{\text{sušina (\%)}}{100} \cdot m_{\text{emulze}} + m_{\text{koagulát}}} \cdot 100 \quad (7)$$

2.5.2. Stanovení pH (ČSN EN ISO 787-9)

Hodnota pH výsledného latexu byla stanovena na pH metru s kombinovanou elektrodou (obrázek 6), který byl před měřením nakalibrován technickými pufrý. Elektroda se vždy před měřením opláchla destilovanou vodou a vysušila filtračním papírem. Následně se ponořila do kádinky se vzorkem, který byl důkladně promíchán a po ustálení potenciálu se odečetla hodnota pH z displeje přístroje. Měření se stejným způsobem provedlo třikrát a výsledná hodnota pH se vypočetla jako aritmetický průměr naměřených hodnot.



Obrázek 6 pH metr Mettler Toledo FE20; převzato a upraveno z: [56]

2.5.3. Stanovení zdánlivé viskozity dle Brookfielda (ČSN ISO 2555)

Tato metoda stanovení zdánlivé viskozity je určena pro tzv. nenewtonské kapaliny. Během měření je vzorek vystaven působení rychlostního gradientu, na kterém měřená viskozita závisí. Měřená viskozita určuje vnitřní tření v proudící kapalině. Pro měření byl použit rotační viskozimetr Brookfield LV DV-E (obrázek 7), který v balení obsahuje čtyři výměnná vřetena

a souosý stacionární válec. Vhodné vřeteno bylo zvoleno dle hodnoty kroutícího momentu, který musí být v rozmezí 10–100 %. Kapalina byla umístěna mezi rotující vřeteno a válec, rychlost rotace byla nastavena na 100 otáček/min. Hodnota zdánlivé viskozity byla odečtena z displeje viskozimetru a měření se stejným způsobem provedlo třikrát. Výsledná hodnota se vypočetla jako aritmetický průměr naměřených hodnot.



Obrázek 7 Rotační viskozimetr Brookfield LVDV-E Viscometer

2.5.4. Stanovení obsahu sušiny (ČSN EN ISO 3251)

Obsah sušiny udává hmotnostní podíl netěkavých složek ve vodné disperzi. Do Petriho misek se na analytických vahách navážilo $1,0 \pm 0,2$ g pojiva, které se následně umístilo do sušárny vyhřáté na teplotu $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ po dobu 60 minut a následně do exsikátoru. Poté, co byly vzorky vychladlé na laboratorní teplotu, byly znovu zváženy na stejných analytických vahách. Pro každou připravenou vodou ředitelnou polymerní disperzi byly připraveny 3 vzorky a z naměřených hodnot se vypočítal aritmetický průměr. Obsah sušiny byl zjištěn z rovnice (8), do které byly dosazeny naměřené hodnoty.

$$S = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100 \quad (8)$$

S – obsah sušiny [%]

m_0 – hmotnost vzorku před vysušením [g]

m_1 – hmotnost vzorku po vysušení [g]

2.5.5. Stanovení minimální filmotvorné teploty (ISO 2115: 1996)

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

Stanovení MFFT bylo provedeno na přístroji MFFT 60 (obrázek 8), na jehož měděnou desku se nanosily nátěry krabicovým pravítkem se štěrbinou 150 μm . Nastavená teplota na přístroji byla 0–18 $^{\circ}\text{C}$ a doba měření byla 120 minut. Poté se stanovila hodnota MFFT na rozhraní, kde čirý film přecházel v popraskaný. Každý vzorek byl změřen třikrát a výsledná hodnota MFFT se stanovila z aritmetického průměru těchto hodnot.



Obrázek 8 Přístroj MFFT 60 ke stanovení minimální filmotvorné teploty

2.5.6. Stanovení obsahu popela (ČSN EN ISO 3451-1)

Obsah popela udává přibližné množství anorganických látek obsažených ve zkoumaných NH. Ke stanovení byl použit žihací kelímek, který byl vyžihán do konstantní hmotnosti a následně ponechán v exsikátoru. Když byla teplota žihacího kelímku stejná jako laboratorní teplota, byl žihací kelímek znovu zvážen na stejných analytických vahách. Následně byl do kelímku vložen předem zvážený, vysušený vzorek NH. Vzorek byl vystřížen z volného filmu předem vysušeného do konstantní hmotnosti. Žihací kelímek se vzorkem byl umístěn na 30 minut do muflové pece vyhřáté na 600 $^{\circ}\text{C}$. Po uplynutí žihací doby byl kelímek umístěn do exsikátoru a zvážen na analytických vahách. Tento proces byl opakován, dokud nebylo dosaženo konstantní hmotnosti. Obsah popela byl vypočítán dle uvedené rovnice (9) a výsledná hodnota byla uvedena v hmotnostních procentech. Pro každou připravenou vodu ředitelnou polymerní disperzi byly připraveny 3 vzorky a z naměřených hodnot se vypočítal aritmetický průměr.

$$\text{obsah popela (\%)} = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100 \quad (9)$$

m_0 – hmotnost suché navážky [g]

m_1 – hmotnost získaného popela [g]

2.5.7. Stanovení velikosti částic a Zeta-potenciálu

Stanovení velikosti částic a Zeta-potenciálu bylo stanoveno díky měření dynamického rozptylu světla na přístroji Litesizer 500 (obrázek 9). Mechanismus stanovení je založen na měření fluktuace intenzity rozptýleného světla z laserového zdroje, který podléhá Brownovu pohybu. Fluktuace je spjata s interferenčním zesilováním a zeslabováním světla rozptýleného na nestacionárních částicích disperzní fáze. Fotonásobič zaznamenává intenzitu rozptýleného světla a následně je vypočtena rychlost difúze částic a také jejich velikost.



Obrázek 9 Přístroj Litesizer 500 ke stanovení velikosti částic a Zeta-potenciálu

2.5.8. Stanovení změny stability při skladování

Stabilita syntetizovaných vodných latexových disperzí byla stanovena odlitím 50 ml zkoumaného latexu do lékovky, která byla umístěna do sušárny vyhřáté na 50 °C. Vzorky byly hodnoceny před umístěním do sušárny a po uplynutí stanovené doby. Hodnotil se Zeta potenciál a velikost částic.

2.5.9. Stanovení hustoty zesíťení (ČSN 630002)

Stanovení síťové hustoty vychází z vysušených volných filmů zkoumaných NH, ze kterých byl vystřižen vzorek o hmotnosti v rozmezí 0,1–0,5 g. Vzorky byly zváženy na analytických vahách a umístěny do lékovek naplněných toluenem po dobu jednoho týdne při teplotě 40 °C v horkovzdušné sušárně. Po uplynutí určené doby byly vzorky odděleny od toluenu pomocí sítky, osušeny a znovu zváženy na stejných analytických vahách. Byla

vypočítána průměrná molekulová hmotnost mezi uzly (M_c) dle rovnice (10), která obsahuje objemový podíl ϕ , jehož hodnota lze vypočítat dle rovnice (11) a také interakční parametr χ , jehož hodnotu lze získat dle rovnice (12). Hustotu zesítnění polymeru (vyjádřena jako moly polymerních uzlů/cm³ polymerní sítě) lze zjistit dle rovnice (13).

$$M_c = \frac{V_1 \rho_p [\Phi^{\frac{1}{3}} - \frac{\phi_1}{2}]}{-[\ln(1-\phi) + \phi + \chi \phi^2]} \quad (10)$$

V_1 – molární objem toluenu je 106,3 cm³/mol

ρ_p – hustota měřeného polymeru

- BA/MMA/KMA v poměru 53/43/4 je $\rho_p = 1,11$ g/cm³

$$\phi = \frac{W_p \rho_s}{W_p \rho_s + W_s \rho_p} \quad (11)$$

ϕ – objemový podíl zgelovaného polymeru ve zbobtnalém gelu

ρ_s – hustota toluenu je 0,8669 g/cm³

W_p – hmotnostní podíl zgelovaného polymeru ve zbobtnalém gelu

W_s – hmotnostní podíl zgelovaného rozpouštědla (toluenu) ve zbobtnalém gelu

$$\chi = 0,34 + \frac{V_1}{RT} (\delta_1 - \delta_2)^2 \quad (12)$$

χ – interakční parametr mezi polymerem a rozpouštědlem

δ_1 – parametr rozpustnosti polymeru

- pro BA/MMA/KMA v poměru 53/43/4 je $\delta_1 = 9,18$ (cal/cm³)^{1/2}

δ_2 – parametr rozpustnosti toluenu

- pro toluen je $\delta_2 = 8,9$ (cal/cm³)^{1/2}

$$\text{Hustota zesítnění} = \frac{\rho_p}{M_c} \quad (13)$$

2.6. Fyzikálně-mechanické zkoušky vodou ředitelných nátěrových hmot

Fyzikálně-mechanické zkoušky podávají informace o fyzikálních vlastnostech, mezi které patří např. vlnění a lesk NH a ochranném mechanismu tzv. mechanické odolnosti NH, mezi které patří např. pružnost, elasticita či pevnost.

2.6.1. Hodnocení vzhledu nátěrového filmu

Nátěry na skleněných panelech byly podrobeny kontrole a vizuálnímu hodnocení. Byla sledována přítomnost zákalu, množství cizích částic, bubliny, praskliny a celkový vzhled povrchu podle kritérií uvedených v tabulce 11.

Tabulka 11 Kritéria k ohodnocení vzhledu nátěrového filmu

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

2.6.2. Stanovení tloušťky nátěrového filmu (ČSN ISO 2808)

Tloušťka nátěrového filmu na skleněných panelech byla stanovena pomocí tříbodového tloušťkoměru (obrázek 7). Jedná o destruktivní metodu, jelikož byl nátěr v jednom bodě odstraněn a do tohoto připraveného místa byl umístěn střední bod tloušťkoměru. Boční body tloušťkoměru byly umístěny na nátěrovém filmu a výsledná hodnota byla odečtena z ciferníku. Tloušťka nátěru byla změřena na třech různých místech, z nichž byl vypočten aritmetický průměr.

Tloušťka nátěrového filmu na ocelových panelech byla stanovena elektromagnetickým tloušťkoměrem (obrázek 10), který se přiložil elektrodou na nátěr. Výsledná hodnota byla odečtena z displeje přístroje. Tloušťka nátěru byla změřena na třech různých místech, z nichž byl vypočten aritmetický průměr.



Obrázek 10 Tříbodový tloušťkoměr (vlevo); elektromagnetický tloušťkoměr MINITEST 1100 (vpravo)

2.6.3. Stanovení lesku nátěrového filmu (ISO 2813)

Lesk je optická vlastnost povrchu daného materiálu, kdy je povrch materiálu schopný odrazet dopadající světelné paprsky. Změny lesku byly sledovány v čase, jelikož mohou indikovat destruktivní pochody v nátěru. Cílem zkoušky je stanovit lesk nátěru, na který má vliv rovnoměrnost, struktura nátěru a velikost úhlu, pod kterým dopadají světelné paprsky na nátěr. Ke stanovení lesku byl použit přístroj Micro-TRI-9/gloss (obrázek 11) při úhlu pozorování 20°, 60° a 85°. Přístroj stanovil intenzitu odraženého elektromagnetického záření, které dopadlo na nátěr pod určitým úhlem. Intenzita odraženého světla je měřena fotometricky a výsledná hodnota udaná v jednotkách GU se vztahuje na standart, který představuje černé sklo s definovaným indexem lomu 1,567. Vzorek nátěrového filmu o tloušťce $50 \pm 10 \mu\text{m}$ potažený na černém skle byl změřen třikrát na třech místech při teplotě $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu $50 \pm 5 \%$. Z naměřených hodnot byl vypočten aritmetický průměr.



Obrázek 11 Přístroj k měření lesku, Leskoměr Micro Tri – Gloss

2.6.4. Stanovení tvrdosti nátěrového filmu kyvadlovým přístrojem (ČSN EN ISO 1522)

Tvrdość nátěrového filmu byla stanovena za pomoci tlumení kyvadlového přístroje Elcometer (obrázek 12) metodou Persoz. K měření bylo použito kyvadlo s váhou 500 g, délkou 435 mm a rozsahem amplitudy od 12° do 4°. Na počátku se změřil skleněný standart, jehož tvrdost je 100%. Následně byl skleněný panel s nátěrem vložen do boxu na testovací plochu tak, aby se kyvadlo dotýkalo nátěru dvěma ocelovými kuličkami s průměrem 8 mm. Poté bylo kyvadlo vychýleno a zajištěno v poloze 12°, displej s počítadlem byl vynulován a kyvadlo mohlo být z této polohy odjištěno. Měření probíhalo na třech místech nátěrového filmu o tloušťce 50±10 μm při teplotě 23±2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50±5 %. Nakonec se znovu proměřil skleněný standart. Výsledná hodnota tvrdosti byla odečtena z displeje přístroje a ze získaných hodnot byl vypočten aritmetický průměr. Výsledná tvrdost nátěru byla zjištěna z vypočteného aritmetického průměru vztaženému k tvrdosti skleněného standartu a vyjádřena v procentech dle rovnice (14).

$$tvrdost (\%) = \frac{\text{počet kmitů}_{vzorek}}{\text{počet kmitů}_{standart}} \cdot 100 \quad (14)$$



Obrázek 12 Kyvadlový přístroj k měření tvrdosti, typ Persoz

2.6.5. Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči hloubení (ČSN EN ISO 1520)

Cílem této zkoušky je stanovení odolnosti nátěru vůči popraskání či oddělení od podkladu, za použití Erichsonova hloubicího přístroje 1620 (obrázek 13). Při měření dochází k vtlačování ocelové kuličky o průměru 10 mm do ocelového panelu se zkoumaným nátěrem o tloušťce 50±10 μm. Hloubení probíhalo konstantní rychlostí, až do první degradace nátěru nebo dokud nebyla dosažena daná hodnota hloubky vtisku. Každý vzorek byl měřen třikrát

při teplotě 23 ± 2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50 ± 5 %. Z naměřených hodnot byl vypočten aritmetický průměr a výsledná hodnota hloubky vtisku byla udána v mm.



Obrázek 13 Erichsenův přístroj k testování odolnosti nátěru vůči hloubení

2.6.6. Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči úderu závaží (ČSN EN ISO 6272–1)

Cílem této zkoušky je stanovení odolnosti nátěru vůči rychlé deformaci, za pomoci přístroje Elcometer 1615 s padajícím závažím o hmotnosti 1000 g (obrázek 14). Hodnocena byla odolnost nátěrového filmu o tloušťce 50 ± 10 μm na ocelovém panelu vůči popraskání či oddělení nátěru od podkladu při teplotě 23 ± 2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 50 ± 5 %. Měření bylo pro každý vzorek provedeno třikrát. Z naměřených hodnot byl vypočten aritmetický průměr.



Obrázek 14 Přístroj Elcometer k testování odolnosti nátěrů vůči úderu závaží

2.6.7. Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči ohybu (ČSN EN ISO 1519)

Cílem této zkoušky je stanovení odolnosti nátěru vůči deformaci ohybem, za pomoci přístroje Elcometer 1506 určený pro ohybovou zkoušku se sadou trnů (obrázek 15). Ocelový panel se zkoumaným nátěrem byl ohýbán přes válcový trn směrem ven do 180°. Postupně se ohýbalo přes nižší válcové trny, dokud nedošlo k degradaci nátěru. Hodnotila se odolnost nátěrového filmu o tloušťce $50 \pm 10 \mu\text{m}$ na ocelovém panelu vůči popraskání či oddělení nátěru od podkladu při teplotě $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu $50 \pm 5 \%$. Měření bylo pro každý vzorek provedeno třikrát. Z naměřených hodnot byl vypočten aritmetický průměr.








Obrázek 15 přístroj Elcometer k testování odolnosti nátěru vůči ohybu

2.6.8. Stanovení přilnavosti nátěrového filmu mřížkovou metodou (ČSN ISO 2409)

Cílem této zkoušky je stanovení odolnosti nátěru vůči deformaci řezem, za pomoci řezacího nože Cross Cut se šesti paralelními noži vzdálenými od sebe 1 mm. Na Ocelovém panelu se zkoumaným nátěrem byla zhotovena mřížka a následně se hodnotila odolnost nátěrového filmu o tloušťce $50\pm 10\ \mu\text{m}$ při teplotě $23\pm 2\ ^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu $50\pm 5\ %$. Měření bylo pro každý vzorek provedeno třikrát a ze získaných hodnot byl vypočten aritmetický průměr. Mřížka byla hodnocena podle klasifikační škály od 0 do 5 (tabulka 12).

Tabulka 12 Kritéria k ohodnocení vzhledu nátěrového filmu

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

2.6.9. Stanovení celkové mechanické odolnosti nátěrového filmu

Provedené mechanické zkoušky (odolnost vůči hloubení, odolnost vůči úderu závažím, odolnost vůči ohybu a stanovení přilnavosti nátěrového filmu) sloužily ke stanovení celkové mechanické odolnosti nátěrového filmu o tloušťce $50\pm 10\ \mu\text{m}$ na ocelovém panelu. Výsledná hodnota odolnosti nátěru byla hodnocena dle stupnice (tabulka 13) vhodnou pro hodnocení mechanických vlastností nátěrů a následně vypočítána dle rovnice (15).

Tabulka 13 Kritéria k ohodnocení celkové mechanické odolnosti nátěrového filmu

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

$$\text{celková fyzikálně – mechanická odolnost} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4}{5} \quad (15)$$

X₁ – hodnota odolnosti nátěru vůči úderu (rub)

X₂ – hodnota odolnosti nátěru vůči úderu (líc)

X₃ – hodnota odolnosti nátěru vůči hloubení

X₄ – hodnota přilnavosti nátěru

X₅ – hodnota odolnosti nátěru vůči ohybu

2.6.10. Stanovení zbledění nátěrů vystavených kontaktu s vodou

Smáčivost zkoumaných nátěrů na skleněných podložkách byla stanovena za pomoci spektrometru UltraScan PRO (obrázek 16) a hodnota byla vyjádřena jako pokles transmitance při vlnové délce 500 nm. Nátěr byl testován ve stanovené oblasti, která byla nejprve proměřena na spektrometru a následně byla pokryta vatou nasáklou destilovanou vodou a přikryta Petriho miskou. Po 2 hodinách byla stanovená oblast opatrně osušena a ihned byla změřena na spektrometru. Poté byla stanovená oblast opět pokryta nasáklou vatou. Měření testované oblasti proběhlo po 2, 4, 6, 24 a 48 hodinách od počátečního pokrytí nátěru nasáklou vatou. Stanovená oblast nátěru byla měřena vždy na 3 různých místech v rozmezí stanovené oblasti a ze získaných hodnot byl vypočten aritmetický průměr. Zbledění bylo vyjádřeno dle rovnice (16).

$$Z = \frac{T_0 - T_t}{T_0} \cdot 100 \quad (16)$$

Z – zbledění udané v %

T_0 – transmitance na počátku

T_t – transmitance vzorku v čase t .



Obrázek 16 Spektrometr UltraScan PRO – HunterLab

2.7. Chemické a zrychlené korozní zkoušky vodou ředitelných nátěrových hmot

2.7.1. Stanovení odolnosti nátěrového filmu vůči methylethylketonu (ASTM D 4752-10R15)

Jedná se o otěrový test tzv. MEK test, kterým se zjišťuje odolnost nátěrového filmu vůči účinkům methylethylketonu. Methylethylketon se vyznačuje degradací organických polymerních řetězců a měření bylo provedeno na skleněných panelech s nátěrovým filmem o tloušťce $50 \pm 10 \mu\text{m}$ při teplotě $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu $50 \pm 5 \%$. Vatová tyčinka byla ponořena do roztoku methylethylketonu, se kterou se následně prováděly dvojtahy po dobu 50 sekund. Jeden dvojtah trval přibližně jednu sekundu. Pokud nedošlo k úplnému porušení nátěrového filmu, hodnotilo se jeho poškození dle tabulky 14. Následně byly dvojtahy prováděny dalších 250 sekund. Pokud nedošlo k obnažení skleněného podkladu, byl test ukončen a byla zapsána výsledná hodnota počtu dvojtahů a stupeň poškození nátěrového filmu.

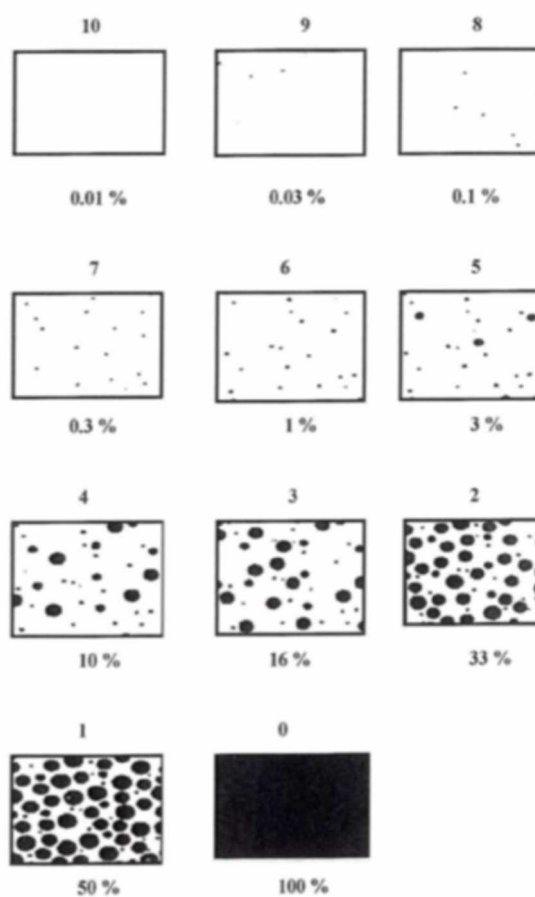
Tabulka 14 *Stupně k ohodnocení poškození nátěrového filmu methylethylketonem*

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

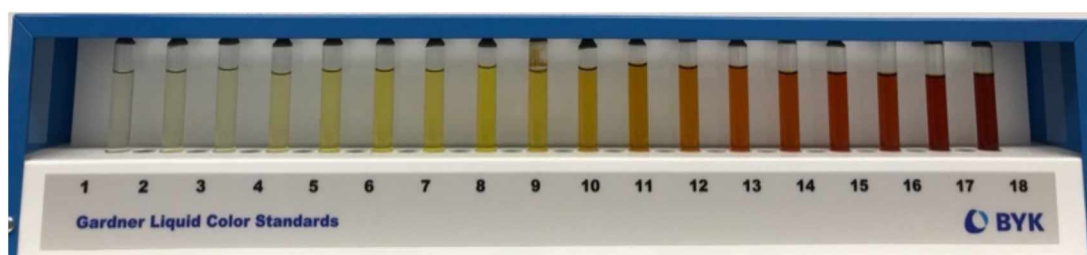
2.7.2. Zrychlený laboratorní test pro zjištění bleskové koroze (ČSN EN ISO 8501-4)

Cílem této zkoušky je stanovení korozní odolnosti VŘNH. Zkoušce byl podroben nátěrový film o tloušťce $50 \pm 10 \mu\text{m}$ na ocelovém panelu při teplotě $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti vzduchu $50 \pm 5 \%$. Nátěr zasychal po dobu 120 minut a po uplynutí této doby byly vzorky vyhodnoceny korozní projevy dle stupnice ASTM D 610-85 (obrázek 17) a jodové číslo podle Jodometrické stupnice (obrázek 18), poté se přesunuty na 16 hodin do lednice s teplotou vzduchu $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Následně byly vzorky pokryty filtračním papírem vlhčeným destilovanou vodou po dobu 120 minut. Nakonec se ze vzorků odstranil filtrační papír, osušily se a vyhodnotily se znovu jejich korozní projevy dle stupnice ASTM D 610-85 a jodové číslo podle

Jodometrické stupnice. Měření bylo pro každý vzorek provedeno třikrát a výsledná hodnota byla vypočtena jako aritmetický průměr naměřených hodnot.



Obrázek 17 hodnotící stupnice korozních projevů dle ASTM 610–85; převzato z [57]



Obrázek 18 Jodometrická stupnice

2.8. Stanovení antimikrobiální účinnosti nátěrového filmu

Při stanovení antimikrobiální účinnosti NH je důležitá sterilizace prostředí a vybavení laboratoře (materiál umělohmotný, kovový či skleněný), jelikož by mohlo dojít ke kontaminaci vzorků.

2.8.1. Příprava fyziologického roztoku a živných půd

Ke stanovení antimikrobiální účinnosti byl připraven fyziologický roztok dle tabulky 15, dále živný agar č.2 – MPA, který byl připraven dle tabulky 16 a MALT agar připraven dle tabulky 17.

Tabulka 15 Základní informace o použitém fyziologickém roztoku

Fyziologický roztok		
Výrobce	Lachema a.s., ČR	
Složení	destilovaná voda	1000 ml
	chlorid sodný	8,5 g

Postup přípravy fyziologického roztoku spočívalo v rozpuštění 8,5 g chloridu sodného v 1000 ml destilované vody. Roztok byl následně po dobu 20 minut sterilizován v autoklávu při teplotě 121 °C. Roztok byl po vychladnutí uchováván v lednici při teplotě 2–5 °C.

Tabulka 16 Základní informace o použitém živném agaru č.2 – MPA

Živný agar č. 2 – MPA		
Výrobce:	Himedia, Indie	
Složení:	destilovaná voda	1000 ml
	agar	15 g
	masový pepton	10 g
	hovězí extrakt	10 g
	chlorid sodný	5 g

Postup přípravy živného agaru č. 2 – MPA spočívalo v navázení 40 g práškové směsi agaru do 1000 ml destilované vody. Vzniklý roztok byl umístěn do autoklávu, kde probíhala sterilizace po dobu 20 minut při teplotě 121 °C. Po ukončení sterilizace byl agar ochlazen

na teplotu 45 °C a byly jím naplněny jednorázové Petriho misky. Poté co agar ztuhl, byly Petriho misky uchovávány v lednici při teplotě 2–5 °C.

Tabulka 17 Základní informace o použitém MALT agaru

MALT agar		
Výrobce	HIMEDIA, Indie	
Složení	destilovaná voda	1000 ml
	sladový extrakt	30 g
	agar	15 g

Postup přípravy MALT agaru spočívalo v navážení 45 g práškové směsi agaru do 1000 ml destilované vody. Vzniklý roztok byl umístěn do autoklávu, kde probíhala sterilizace po dobu 20 minut při teplotě 121 °C. Po ukončení sterilizace byl agar ochlazen na teplotu 45 °C a byly jím naplněny jednorázové Petriho misky. Poté co agar ztuhl, byly Petriho misky uchovávány v lednici při teplotě 2–5 °C.

2.8.2. Příprava čistých mikrobiálních kultur

Použité sbírkové kultury mikroorganismů byly pěstovány na příslušných agarech. Pro bakterie byl použit MPA agar a pěstování probíhalo v termostatu při teplotě 37 °C po dobu 24 hodin. Pro plísňe byl použit MALT agar a pěstování probíhalo při laboratorní teplotě po dobu 7 dní. Mikroorganismy, které byly použity k testování ve formě sbírkových kultur jsou uvedeny v tabulce 18.

Tabulka 18 Použité sbírkové kultury

Sbírkové kultury		
Bakterie	Escherichia coli	CCM 4517
	Enterococcus faecalis	CCM 7000
	Staphylococcus aureus	CCM 4223
Plísňe	Penicillium chrysogenum	CCM 8034
	Aspergillus brasiliensis	CCM 8222

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

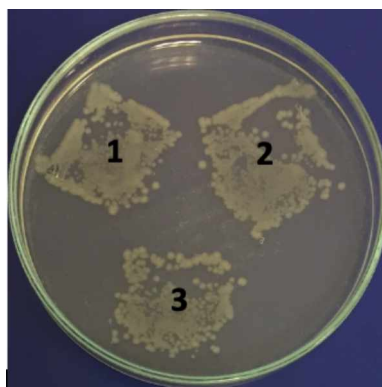
Testování antimikrobiální účinnosti bylo provedeno na předem připravených volných filmech akrylátových latexů, které byly sušeny ve vakuové sušárně do konstantní hmotnosti. Z volných filmů byly vystřiženy čtverce o rozměrech 25 x 25 mm, které byly následně sterilizovány UV zářením z každé strany po dobu 20 minut. Poté byly vystřiženy čtverce z krycí polypropylenové fólie o rozměrech 20 x 20 mm, které byly sterilizovány v roztoku 70% ethanolu.

Sterilní bakteriální kličkou bylo z 24 hodin staré kultury odebráno malé množství a za pomoci McFarlandovy zákalové stupnice byly bakteriální kultury rozpuštěny ve sterilním fyziologickém roztoku. Zákal měl hodnotu 1 a díky následnému ředění byla docílena denzita 10^6 cfu/ml. Pro zjištění přesného množství bakterií bylo provedeno vyočkování bakteriální suspenze na čistý živný MPA agar. Následně byly Petriho misky umístěny do inkubátoru s teplotou 35 °C po dobu 24 hodin. Po uplynutí určené doby bylo spočteno přesné množství bakterií použitých pro testování.

Připravené volné filmy byly umístěny do Petriho misek. V jedné Petriho misce byly tři stejné volné filmy, na které bylo napipetováno 0,1 ml bakteriální suspenze (jedna bakterie pro všechny tři volné filmy). Vzorky byly překryty krycí fólií, tak že byla suspenze pouze mezi vzorkem a fólií. Následně byly vzorky umístěny do inkubátoru s teplotou 35 °C po dobu 24 hodin. Po uplynutí určené doby byla krycí fólie ze vzorku odstraněna sterilní pinzetou a vzorek byl třikrát obtisknut na MPA agar (MPA s přidaným lecitinem a Tweenem) v Petriho misce. Vždy v tripletu. Poté byly vzorky umístěny do inkubátoru s teplotou 35 °C po dobu 24 hodin. Následující den byla zjištěna bakteriální kontaminace dle tabulky 19 a ze získaných hodnot byl vypočten aritmetický průměr. Na obrázku 19 je znázorněna obtisková metoda se stupněm kontaminace 4.

Tabulka 19 Hodnocení růstu bakterií obtiskovou metodou

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



Obrázek 19 Vizualizace obtiskové metody

2.8.4. Stanovení antifugistické účinnosti nátěrového filmu (ISO 22196: 2011)

Ke stanovení antifugistické účinnosti byly předem (5–7 dní) připraveny osporované kultury, které byly kultivovány ve zkumavkách na šikmém MALT agaru při teplotě 25 °C. Po uplynutí stanoveného času byl do zkumavek přidán fyziologický roztok (5 ml) a stabilizační roztok TWEEN® (100 μm). Protřepáním zkumavky byla vytvořena suspenze, která byla přelita do titrační baňky obsahující skleněné perly. Skleněné perly rozrušily shluky spor a zajistily jejich rozprostření po celém objemu. Denzita 10^6 buněk/ml byla zprostředkována ředěním a zjištěna počítáním spor v Bürkerově komůrce pomocí světelného mikroskopu. Pro kontrolu denzity byla suspenze naočkována na čistý MALT agar.

Vzorek byl umístěn sterilní pinzetou do středu Petriho misky s MALT agarem nátěrem vzhůru. Následně byl na vzorek a agar napipetováno 0,1 ml suspenze spor o denzitě 10^6 buněk/ml, která byla pomocí L-hokejky rozprostřena po celém povrchu vzorku a agaru. Vzorky byly inkubovány při teplotě 24–25 °C po dobu 5 a 14 dní. Po uplynutí stanovené doby byla stanovena antifugistická účinnost nátěrového filmu. Pro každý vzorek bylo provedeno testování ve třech opakováních a ze získaných hodnot byl vypočten aritmetický průměr.

2.8.5. Stanovení mikrobiologické kontaminace syntetizovaného latexu

Ke stanovení mikrobiologické kontaminace byly použity Dip Slides (obrázek 20) se dvěma různými agary, které stanovují mikrobiologické kontaminanty (bakteriální/fungální) přítomné v tekutém latexu a také rozsah kontaminace. Jedná se o cenově výhodné mikrobiologické testování s důvěryhodnou technologií k poskytování výsledků.

Slide má na jedné straně Baird Parker agar a na druhé Pseudomonas agar. Baird Parker agar (světlý slide) je selektivní pro E.Coli, mikrokoky, bakterie a bakterie rodu proteus.






Pseudomonas agar (tmavý slide) je selektivní pro plísně, kvasinky a bakterie *Pseudomonas aeruginosa*.

Dip Slide byl vyndán z plastového obalu a ponořen do latexu, dokud nebyl Dip Slide z obou stran pokryt. Přebytek latexu byl nechán odkapat a Dip Slide byl vrácen zpět do plastového obalu. Následně byly vzorky umístěny do sušárny s teplotou 30 °C po dobu 7 dní. Kontrola kontaminace probíhala každý den a výsledné hodnoty kontaminace byly vyhodnoceny dle tabulky 20 a 21. Hodnoty jsou uvedeny za pomoci kolonotvorné jednotky (CFU–colony forming unit) pro latex a povrch Dip Slidu. Pro každý vzorek bylo provedeno testování ve třech opakováních a ze získaných hodnot byl vypočten aritmetický průměr.


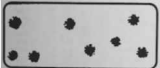



Obrázek 20 Dip Slides z obou stran

Tabulka 20 Hodnocení mikrobiologické kontaminace na agaru Baird Parker

Baird Parker agar		
CFU/ml	10^3	
CFU/cm ²	2,5 – velmi slabý růst	
CFU/ml	10^4	
CFU/cm ²	12 – slabý růst	
CFU/ml	10^5	
CFU/cm ²	40 – mírný růst	
CFU/ml	10^6	
CFU/cm ²	100 – silný růst	
CFU/ml	10^7	
CFU/cm ²	250 – velmi silný růst	

Tabulka 21 Hodnocení mikrobiologické kontaminace na agaru *Pseudomonas*

Pseudomonas agar		
CFU/ml	10^2	
CFU/cm ²	0,4 – slabé	
CFU/ml	10^3	
CFU/cm ²	1,6 – mírné	
CFU/ml	10^4	
CFU/cm ²	4 – silné	

3 VYHODNOCENÍ A DISKUZE VÝSLEDKŮ

Testovány byly 3 typy vodou ředitelných pojiv. Akrylátový latex s 0 % nanočástic La_2O_3 , akrylátový latex s 1,5 % nanočástic La_2O_3 (přidanými během syntézy) a třetí typ vznikl přidáním 1,5 % nanočástic do akrylátového latexu s obsahem 0 % nanočástic La_2O_3 po syntéze.

Pro testované akrylátové latexy jsou použity zkratky: akrylátový latex s 0 % nanočástic La_2O_3 – L0, akrylátový latex s 1,5 % nanočástic La_2O_3 – LL, akrylátový latex s přidanými 1,5 % nanočásticemi La_2O_3 po syntéze – LL+.

3.1. Vyhodnocení charakterizace vodou ředitelných nátěrových hmot

3.1.1. Základní vlastnosti pojiva

V tabulce 22 jsou shrnuty základní charakteristické vlastnosti testovaných pojiv, které byly získány pomocí metod uvedených v kapitolách 2.5.1–2.5.5.

Tabulka 22 Základní vlastnosti hodnocených vodou ředitelných pojiv

Hodnocené parametry	Použitá pojiva		
	L0	LL	LL+
Obsah koagulátu [%]	0,08	6,92	0,08
pH* [-]	2,45	4,89	3,45
Viskozita [$\text{mPa}\cdot\text{s}^{-1}$]	27,87	27,71	27,87
Obsah sušiny [%]	37,11	38,13	38,36
MFFT [°C]	5,63	8,13	7,25

* Hodnota pH je uvedena před přidáním ADH a alkalizací amoniakem na pH 8,4–8,5.

U všech syntetizovaných pojiv byly stanoveny základní vlastnosti jako obsah koagulátu, pH, zdánlivá viskozita, sušina a MFFT (viz tabulka 22). Hodnoty pH u všech syntetizovaných latexů se před jejich alkalizací 10% roztokem NH_3 nacházely v kyselé oblasti z důvodu přítomnosti karboxylových a sulfátových skupin na povrchu latexových částic. Mírně vyšší pH u latexů s nanočásticemi La_2O_3 bylo pravděpodobně způsobeno rozpouštěním určitého podílu oxidu lanthanitého (rozpuštěnost La_2O_3 ve vodě při 20 °C je 0,0004 g/100 ml) za vzniku iontů La^{3+} a OH^- , které způsobily zvýšení pH latexů. Z výsledků je také patrné, že pokud jsou

nanočástice do latexu přidány během syntézy rozpustnost nanočástic je vyšší, pravděpodobně z důvodu vyšší teploty (85 °C), při které se latex syntetizuje. U všech poživ byl po alkalizaci pozorován i nárůst zdánlivé viskozity v důsledku zvětšení objemu latexových částic způsobené hydroplastifikací emulzního kopolymeru. MFFT se u všech poživ pohybovala v rozmezí 5,6–8,2 °C z čehož vyplývá, že tvorba nátěrového filmu probíhá při pokojové teplotě bez nutnosti použití aditiv. Stanovená sušina byla u poživ srovnatelná a zjištěné hodnoty byly v rozmezí 37,11–38,13 %. Výsledné hodnoty sušiny byly nižší z důvodu tvorby koagulátu, např. u pojiva LL byl obsah koagulátu 28,37 g.

3.1.2. Výsledky změny stability syntetizovaných latexů při skladování

Ke stanovení stability syntetizovaných latexů během skladování byla využita metoda uvedená v kapitole 2.5.8, kdy byly syntetizované latexy ponechány v sušárně při teplotě 50 °C po dobu 1 a 2 měsíců. Výsledné hodnoty změny stability jsou uvedeny v tabulce 23.

Tabulka 23 Stabilita syntetizovaných latexů při skladování

Měřené parametry	Počáteční hodnoty			Po 1 měsíci			Po 2 měsících		
	L0	LL	LL+	L0	LL	LL+	L0	LL	LL+
Velikost částic [nm]	88,9 ± 1,55	138 ± 1,77	88,2 ± 2,24	83,6 ± 1,31	146 ± 1,37	81,7 ± 0,91	87,1 ± 1,66	145 ± 1,3	87,7 ± 0,85
	-48,6 ± 1,2	-50,9 ± 1,7	-48,6 ± 1,2	-40,4 ± 1,23	-43,5 ± 1,2	-30,3 ± 0,3	-41,3 ± 0,7	-43,7 ± 1,7	-30,5 ± 0,7

Výsledné hodnoty stability syntetizovaných latexů (viz tabulka 23) potvrzují stabilitu minimálně po dobu 12 měsíců, jelikož tato doba odpovídá 2 měsícům v sušárně vyhřáté na 50 °C. K vyhodnocení stability byl měřen Zeta potenciál a velikost částic. V průběhu skladování v sušárně se hodnota velikosti částic u všech latexů téměř neměnila. Velikost částic byla hodnocena také z důvodu sledování, zda se nanočástice La₂O₃ vyskytují v latexu ve formě nanočástic, tzn. zda došlo k rozrušení aglomerátů, ve kterých byly nanočástice do latexu vnášeny. Hodnota Zeta potenciálu syntetizovaných latexů nebyla dle naměřených hodnot významně ovlivněna přítomností nanočástic La₂O₃, jelikož se hodnota v průběhu u všech latexů postupně snižovala. Významný pokles hodnot nastal po 1 měsíci v sušárně u LL+ z počáteční hodnoty -48,6 mV na -30,3 mV a u LL nastal pokles z -50,9 mV na -43,5 mV. Po 2 měsících

skladování v sušárně již nedocházelo k žádným významným změnám. I přesto, že došlo ke snížení Zeta-potenciálu jsou u všech latexů naměřené hodnoty po 2 měsících skladování vyšší, než mezní hodnota (-30 mV), která značí ztrátu stability disperze.

3.1.3. Výsledky obsahu nanočástic pomocí obsahu popela v syntetizovaném latexu

Ke stanovení skutečného obsahu nanočástic La_2O_3 v akrylátových latexech byla použita metoda ke stanovení obsahu popela popsaná v kapitole 2.5.6. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 24.

Tabulka 24 Obsah nanočástic La_2O_3 v syntetizovaném latexu

Použitá pojiva	Stanovení pomocí obsahu popela		
	Teoretický obsah nanočástic [%]	Obsah popela [%]	Obsah nanočástic [%]
L0	0	0,850	0
LL	1,5	1,908	1,06
LL+	1,5	2,26	1,41

U syntetizovaných latexů LL a LL+ byl stanoven skutečný obsah nanočástic La_2O_3 (viz tabulka 24). Výsledné hodnoty obsahu nanočástic u LL (1,06 %) byly nižší než teoretický obsah nanočástic (1,5 %) z důvodu tvorby koagulátu (28,37 g) během syntézy, který obsahoval vysoké množství nanočástic. U LL+ byl skutečný obsah nanočástic (1,41 %) také nižší než teoretický obsah, což mohlo být způsobeno postupnou sedimentací nanočástic ke dnu.

3.1.4. Výsledky hustoty zesílení syntetizovaných latexů

Ke stanovení síťové hustoty syntetizovaných latexů, byla použita metoda popsaná v kapitole 2.5.9. Vzorky byly předem připraveny metodou popsanou v kapitole 2.4.3. Výsledné hodnoty síťové hustoty byly změřeny po 7 dnech, během kterých byl latex ponořen do toluenu a uchován v sušárně vyhřáté na 40 °C. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 25.

Tabulka 25 Hustota zesítní syntetizovaných latexů

Použitá pojiva	Molekulová hmotnost mezi uzly [g/mol]
L0	68305,26
LL	8607,71
LL+	23451,56

Z výsledků měření (viz tabulka 25) je patrné, že vlivem nanočástic La_2O_3 dochází k poklesu průměrné molekulové hmotnosti mezi uzly, a tudíž nárůstu síťové hustoty. Nejvyšší hodnota molekulové hmotnosti mezi uzly připadla na pojivo L0, u kterého dochází k zesítnění pouze za pomoci keto-hydrazidového post-síťování. U latexu s externě přidanými nanočásticemi průměrná molekulová hmotnost mezi uzly klesla téměř třikrát a u latexu s nanočásticemi přidanými během syntézy téměř osmkrát. Zvýšení síťové hustoty u latexů s nanočásticemi je pravděpodobně způsobeno vznikem ionomerních vazeb mezi trojmocnými kationty La^{3+} a karboxylovými skupinami. Dále je z měření patrné, že zavedením nanočástic do systému během syntézy je důležité pro dosažení vyšší síťové hustoty, která ovlivňuje různé vlastnosti jako např. absorpci vody či míru zbledení, výhodnější.

3.2. Vyhodnocení fyzikálně-mechanické odolnosti vodou ředitelných nátěrových hmot

3.2.1. Výsledky vizuálních vlastností nátěrových filmů na skleněném podkladu

Ke stanovení vizuálních vlastností byly nátěrové filmy nechány vysychat (vyjma lesku) po dobu 10 dní. Lesk, tloušťka a vzhled nátěrového filmu byly hodnoceny metodami, které jsou uvedeny v kapitolách 2.6.1–2.6.3. Vizuálně byl stanoven a hodnocen vzhled nátěrových filmů a výsledky jsou uvedeny v tabulce 26. Výsledky tloušťky nátěrových filmů jsou uvedeny v tabulce 27. Lesk nátěrových filmů byl vyhodnocen po 1, 7, 14, 21, 28, 35 a 42 dnech a výsledky jsou uvedeny v tabulce 28.

Tabulka 26 Vzhled hodnocených vodou ředitelných nátěrových hmot

Použitá pojiva	Zákal	Částice	Bubliny	Praskliny	Povrch
L0	1	1	1	1	1
LL	2	2	1	1	1
LL+	1	1	1	1	1

U nátěrových filmů byly stanoveny jejich vizuální vlastnosti (viz tabulka 26), které byly bez většího zákalu, částic, neobsahovaly větší množství bublin, prasklin a měly hladký slitý povrch. Pojivo LL bylo mírně zakalené s občasným výskytem částic, což mohlo být způsobeno přítomností nanočástic a jejich aglomerací po vytvoření nátěrového filmu. Naopak pojiva L0 a LL+ byla bez zákalu, částic, bublin a prasklin s hladkým povrchem.

Tabulka 27 Tloušťka hodnocených vodou ředitelných nátěrových hmot v čase

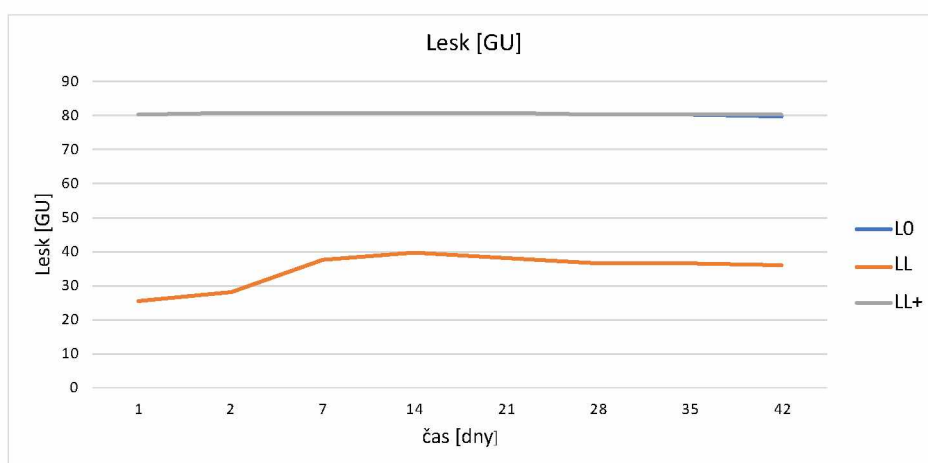
Použitá pojiva	Tloušťka nátěrového filmu [μm]	
	Sklo	Ocel
L0	36±5	35±5
LL	42±5	38±5
LL+	37±5	36±5

Tabulka 28 Lesk hodnocených vodou ředitelných nátěrových hmot v čase

Doba měření [dny]	Lesk [GU]			
	úhel	L0	LL	LL+
1.	20°	80,3	25,3	80,3
	60°	85,4	59,35	85,4
	85°	99,4	70,8	99,3
2.	20°	80,65	13,05	80,4
	60°	85,65	53,00	85,75
	85°	99,75	88,65	98,75
7.	20°	80,55	37,65	80,55
	60°	85,55	63,85	85,55
	85°	98,65	87,1	98,35
14.	20°	80,75	39,7	80,4
	60°	85,65	65,3	85,5
	85°	98,4	83,7	98,1
21.	20°	80,45	37,75	80,43
	60°	85,56	62,66	85,44
	85°	98,43	84,66	98,05
28.	20°	80,23	36,6	80,20
	60°	85,43	64,3	85,38
	85°	98,4	85,3	98,1
35.	20°	79,98	36,5	80,14
	60°	85,17	54,85	85,32
	85°	98,35	73,03	98,0
42.	20°	79,6	35,97	80,1
	60°	85,05	54,8	85,3
	85°	98,3	72,98	98,0

U nátěrových filmů byl stanoven lesk, který byl sledován při úhlech 20°, 60° a 85°. Hodnocení bylo provedeno při geometrii 20°, jelikož lesk u nátěrových filmů přesahoval GU 70 (viz tabulka 28). Pokud hodnoty lesku odpovídají hodnotám v rozmezí od 10 do 70 GU je vhodné používat geometrii 60° a pro hodnoty nižší než 10 GU je vhodná geometrie 85°. Na obrázku 21 je graficky znázorněna závislost lesku nátěrového filmu na čase, ze kterého je patrné, že hodnoty lesku u pojiva L0 a LL+ jsou si navzájem podobné a s časem konstantní. Naopak hodnota lesku u pojiva LL vzrostla mezi 2 a 4 dnem a poté byla hodnota téměř

konstantní, ale nedosahovalo takového lesku jako ostatní latexy. Tento nižší lesk u LL byl způsoben mírným zákalem, z důvodu, který je popsán výše.



Obrázek 21 Hodnocení lesku nátěrového filmu v čase

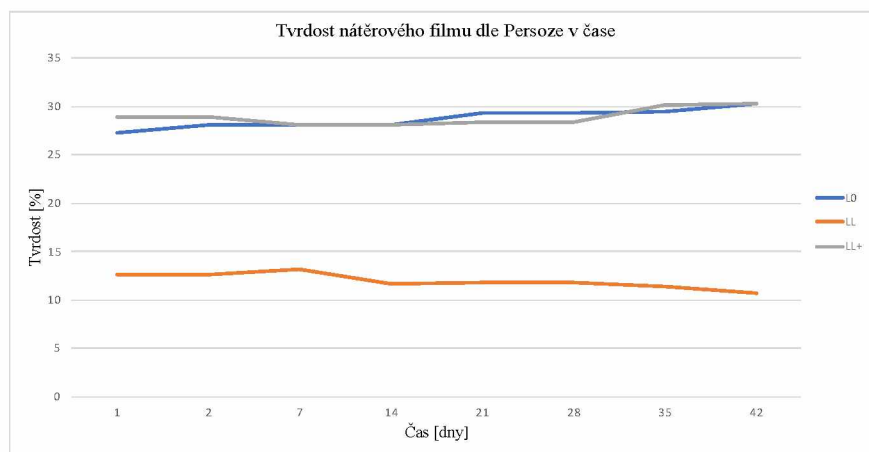
3.2.2. Výsledky změny tvrdosti nátěrových filmů

Ke stanovení povrchové tvrdosti u nátěrových filmů byla použita metoda s kyvadlovým přístrojem dle Persoze popsaná v kapitole 2.6.4. Stanovení probíhalo po 1, 2, 7, 14, 21, 28, 35 a 42 dnech a výsledné hodnoty tvrdosti jednotlivých nátěrových filmů jsou uvedeny v tabulce 29.

Tabulka 29 Povrchová tvrdost nátěrových filmů v čase dle Persoze

Použitá pojiva	Doba měření tvrdosti dle Persoze [dny]							
	1.	2.	7.	14.	21.	28.	35.	42.
L0	27,29	28,09	28,12	28,10	29,36	29,33	29,52	30,22
LL	12,58	12,55	13,17	11,60	11,77	11,76	11,32	10,71
LL+	28,94	28,94	28,08	28,15	28,36	28,42	30,10	30,30

U nátěrových filmů byla stanovena tvrdost dle Persoze a výsledné hodnoty tvrdosti (viz tabulka 29) jsou graficky znázorněny v závislosti na čase na obrázku 22. Je patrné, že u pojiva LL došlo k výraznějšímu poklesu tvrdosti mezi 7 a 14 dnem a následně hodnota s postupem času mírně klesla. Snížení tvrdosti u pojiva LL je způsobeno pravděpodobně hydroplastifikací emulzních kopolymerů, které obsahují karboxylové skupiny. Pojiva L0 a LL mají podobný časový průběh povrchové tvrdosti a jejich výsledné hodnoty jsou značně vyšší než hodnoty tvrdosti LL.



Obrázek 22 Povrchová tvrdost nátěrových filmů v čase

3.2.3. Výsledky mechanické odolnosti nátěrových filmů

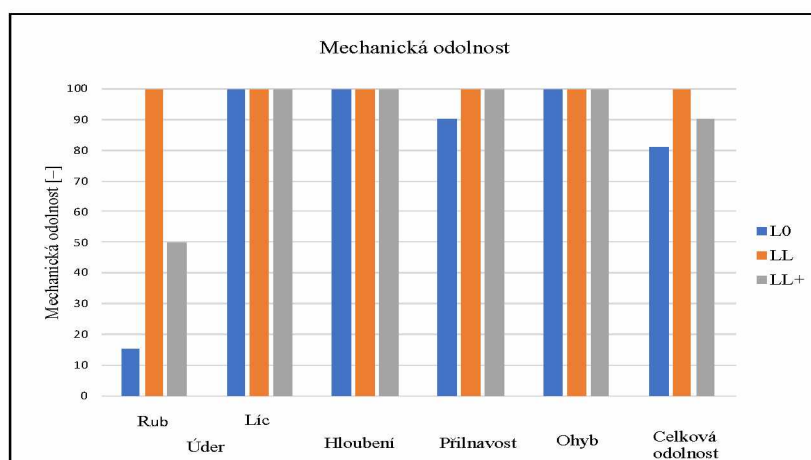
Ke stanovení mechanické odolnosti nátěrových filmů byla hodnocena odolnost vůči deformaci hloubením, úderem, ohybem a přilnavost nátěrového filmu za pomoci metod, které jsou popsány v kapitolách 2.6.5–2.6.8. Mechanická odolnost nátěrových filmů byla testována po 10 dnech vysychání na ocelových panelech nátěrem od deformačního tělesa, kromě přilnavosti a úderu, který byl proveden na rub i líc. Ze získaných hodnot byla zjištěna celková odolnost nátěrového filmu, která je popsána v kapitole 2.6.9. Výsledné hodnoty měření mechanické odolnosti nátěrových filmů jsou uvedeny v tabulce 30.

Tabulka 30 Mechanická odolnost nátěrových filmů

Použitá pojiva	Úder [%]		Hloubení [mm]	Přilnavost [stupň]	Ohyb [mm]	Celková odolnost [-]
	Rub	Líc				
L0	15	>100	>10	1	<4	81
LL	>100	>100	>10	0	<4	100
LL+	50	>100	>10	0	<4	90

U nátěrových filmů byla stanovena mechanická odolnost a výsledné hodnoty (viz tabulka 30) jsou graficky znázorněny na obrázku 23. Všechny nátěrové filmy vykazovaly velmi dobré mechanické vlastnosti, především pojivo LL, jehož mechanická odolnost byla 100%. Pojivo LL+ současně s L0 vykazují nižší hodnotu odolnosti vůči úderu na rub a L0 má i nižší přilnavost. Ze zjištěných dat se potvrdilo, že přítomnost nanočástic La_2O_3 má příznivý vliv na mechanickou odolnost nátěrového filmu. Vyšší odolnost je pravděpodobně způsobena

díky hydroplastifikaci emulzních kopolymerů, jak již bylo probráno výše, a také vyšší hustotou zesílení (viz tabulka 25).



Obrázek 23 Mechanická odolnost nátěrových filmů

3.2.4. Výsledky zbledení nátěrových filmů vystavených kontaktu s vodou

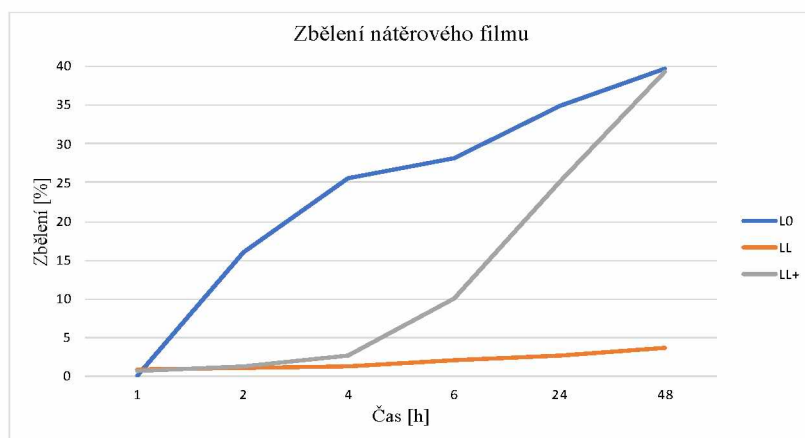
Ke stanovení míry zbledení nátěrových filmů byla použita metoda popsaná v kapitole 2.6.10. Stanovení probíhalo na skleněných panelech pokrytých vodou nasáklou vatou a přikrytých Petriho miskou. Nátěrový film byl hodnocen po 1, 2, 4, 6, 24 a 48 hodinách od počátečního pokrytí nátěru nasáklou vatou. Výsledné hodnoty měření míry zbledení nátěrových filmů jsou uvedeny v tabulce 31.

Tabulka 31 Zbledení, tzv. smáčivost nátěrových filmů

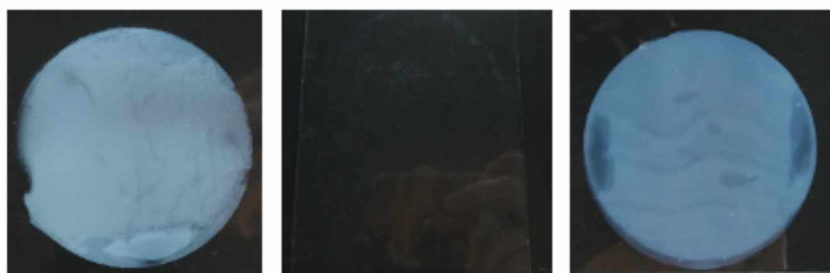
Použitá pojiva	Zbledání [%]					
	1 hod.	2 hod.	4 hod.	6 hod.	24 hod.	48 hod.
L0	0,107	15,992	25,497	28,188	34,947	39,638
LL	0,958	1,182	1,354	2,032	2,775	3,728
LL+	0,771	1,237	2,639	9,993	25,134	39,269

Výsledné hodnoty míry zbledení u testovaných nátěrových filmů (viz tabulka 31) jsou graficky znázorněny na obrázku 24. Výsledné hodnoty byly mezi jednotlivými pojivy rozdílné a nejvyšší hodnotu zbledení vykazovalo pojivo L0 a LL+ (viz obrázek 25). U pojiva L0 byl vyšší nárůst míry zbledení znatelný již po 1 hodině testování. U pojiva LL+ došlo k vyššímu nárůstu míry zbledení po 6 hodinách testování. Pojivo LL mělo znatelně nižší nárůst míry

zbělení, z čehož vyplývá jeho vyšší odolnost vůči smáčení vodou. Vyšší odolnost pojiva LL je pravděpodobně způsobena vysokou síťovou hustotou (viz tabulka 25).



Obrázek 24 Zbělení nátěrového filmu v závislosti na čase



Obrázek 25 Projevy zbělení po 48 hodinách na nátěrových filmech
Vlevo: L0, ve středu: LL, vpravo: LL+

3.3. Vyhodnocení chemické a korozní odolnosti syntetizovaných latexů

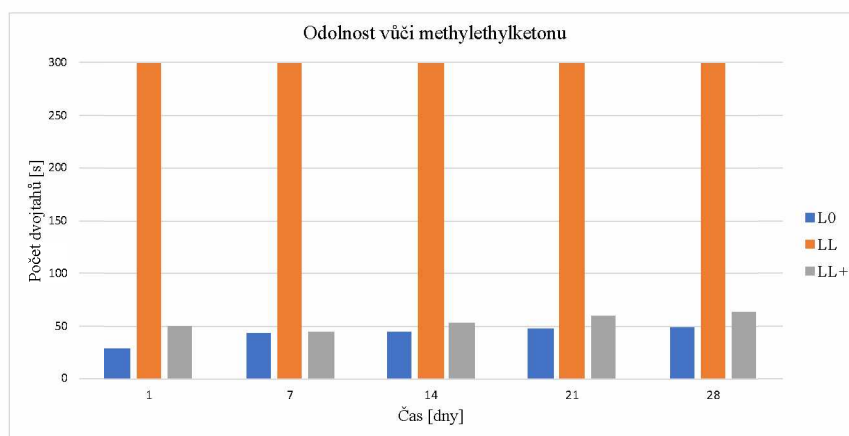
3.3.1. Výsledky odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu

Ke stanovení odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu byla použita metoda popsaná v kapitole 2.7.1. Nátěrové filmy byly hodnoceny po 50 dvojtazích, kde byl hodnocen stupeň poškození (viz tabulka 14) a počet dvojtahů za sekundu, při kterých došlo k narušení/obnažení až na podklad. Zkouška byla ukončena, pokud se podklad neobnažil po 300 dvojtazích. Výsledné hodnoty odolnosti nátěrových filmů vůči methylethylketonu byly vyhodnoceny po 1, 7, 14 a 28 dnech a jsou uvedeny v tabulce 32.

Tabulka 32 Odolnost nátěrových filmů vůči methylethylketonu

Použitá pojiva	Hodnocení po 50 dvojtazích [stupně]					Počet dvojtahů [s]				
	1. den	7. den	14. den	21. den	28. den	1. den	7. den	14. den	21. den	28. den
L0	0	0	0	0	1	29	44	45	47	49
LL	5	5	5	5	5	>300	>300	>300	>300	>300
LL+	4	3	2	3	2	50	40	53	60	63

U nátěrových filmů byla hodnocena odolnost vůči methylethylketonu a výsledné hodnoty (viz tabulka 32) jsou graficky znázorněny na obrázku 26. U pojiva LL je zřetelná vynikající odolnost vůči methylethylketonu na rozdíl od pojiva L0 a LL+, u kterých je odolnost nižší a s časem se výrazně nemění. Vysoká odolnost u pojiva LL je pravděpodobně způsobena vznikem ionomerních vazeb mezi kationty lanthanu (La^{3+}) a karboxylovými skupinami obsaženými v polymerních řetězcích.



Obrázek 26 Odolnost nátěrových filmů vůči methylethylketonu v závislosti na čase

3.3.2. Výsledky bleskové koroze nátěrových filmů

Ke stanovení bleskové koroze nátěrových filmů na ocelových panelech byl použit zrychlený laboratorní test, který je popsán v kapitole 2.7.2. Nátěrové filmy byly hodnoceny po uplynutí dvou hodin od aplikace nátěru a provedení zrychleného testu dle ASTM D 610-85. Zároveň bylo vyhodnoceno jodové číslo za pomoci Jodometrické stupnice. Výsledné hodnoty bleskové koroze a jodového čísla jsou uvedeny v tabulce 33.

Tabulka 33 *Odolnost nátěrových filmů vůči bleskové korozi a hodnota jodového čísla*

Použitá pojiva	2 hodiny po aplikaci nátěru		po celém cyklu	
	BK [%]	JČ [st.]	BK [%]	JČ [st.]
L0	2	10	35	15
LL	0,02	4	12	10
LL+	0,3	8	24	12

U nátěrových filmů byla hodnocena odolnost vůči bleskové korozi současně s hodnotou jodového čísla a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 33. Po 2 hodinách po aplikaci nátěru byla blesková koroze a zároveň i jodové číslo viditelné u pojiva L0. Po uplynutí celého cyklu laboratorního testu došlo ke zvýšenému výskytu bleskové koroze i jodového čísla u pojiva L0 i LL+ (viz obrázek 27). Naopak u pojiva LL nebyl výskyt bleskové koroze v takové míře jako u předchozích pojiv. Odolnost pojiva LL+ je o něco málo vyšší než L0, což je pravděpodobně způsobeno obsahem nanočástic přidaných do latexu po syntéze. U pojiva LL jsou nanočástice přidány během syntézy latexu a jeho odolnost vůči bleskové korozi je v porovnání s ostatními nejvyšší. Díky tomu lze usuzovat, že nanočástice La_2O_3 mají určitý účinek vůči vzniku bleskové koroze, pravděpodobně díky vysoké síťové hustotě či díky nižšímu obsahu alkalizačního činidla potřebného na alkalizaci latexu na pH 8,4–8,5.



Obrázek 27 *Odolnost nátěrových filmů vůči bleskové korozi: vlevo: L0, ve středu: LL, vpravo: LL+*

3.4. Vyhodnocení antimikrobiální účinnosti syntetizovaných latexů

Ke stanovení antibakteriální a antifungální účinnosti byly použity metody popsané v kapitole 2.8.3–2.8.5 vůči použitým sbírkovým kulturám (viz kapitola 2.8.2) na zkušebních vzorcích, jejichž příprava je popsána v kapitole 2.4.3 a 2.4.4. Výsledné hodnoty antimikrobiální účinnosti syntetizovaných latexů jsou uvedeny v tabulce 34–35.

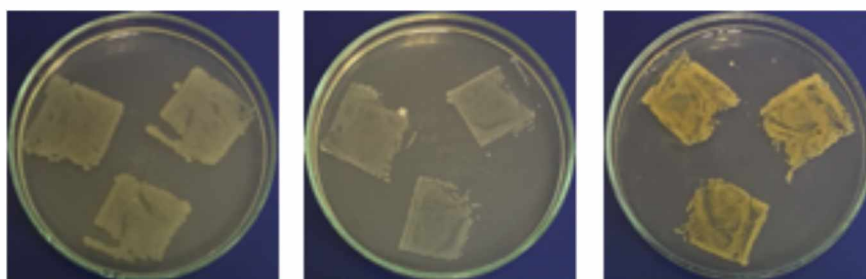
3.4.1. Výsledky antibakteriální účinnosti syntetizovaných latexů

Stanovení antibakteriální účinnosti bylo vyhodnoceno dle tabulky 19 uvedené v kapitole 2.8.3 a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 34.

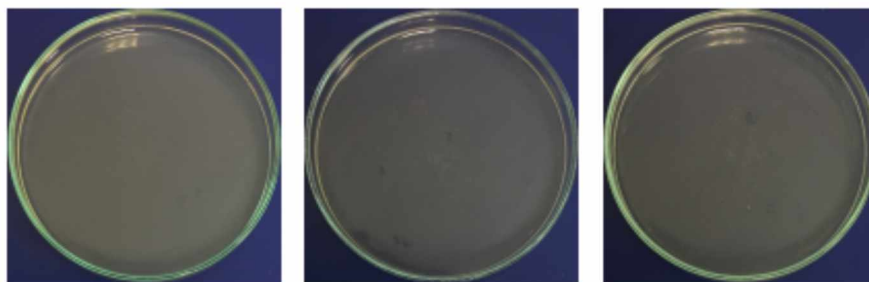
Tabulka 34 Antibakteriální účinnost syntetizovaných latexů

Použitá pojiva	Bakteriální kontaminace		
	[stupně]		
	<i>E. coli</i>	<i>E. faecalis</i>	<i>S. aureus</i>
L0	4	4	4
LL	0	0	0
LL+	1	0	0

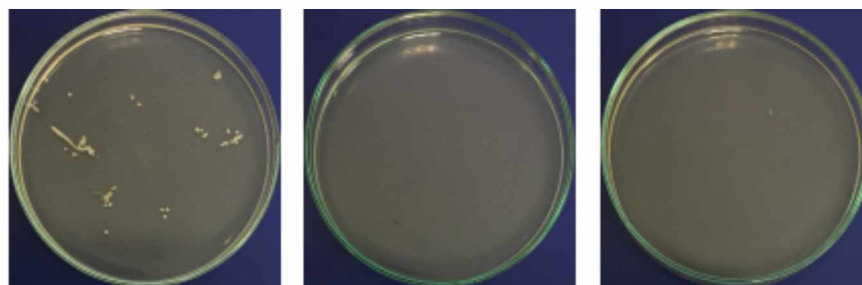
U syntetizovaných latexů byla hodnocena antibakteriální účinnost a výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 34. Pojiva L0 (viz obrázek 28) nevykazovalo žádnou antimikrobiální účinnost. Naopak u pojiv LL a LL+ byla zjištěna vysoká antibakteriální účinnost (viz obrázky 29 a 30), díky přítomnosti nanočástic La_2O_3 . Přesný princip inhibičního efektu nanočástic oxidů kovů je stále neznámý, ale prozatím byla prokázána tvorba reaktivních druhů kyslíku a peroxidace lipidů, díky kterým dochází k zabránění růstu MO.



Obrázek 28 Antibakteriální účinnost pojiv L0: vlevo: L0–*E.coli*, ve středu: L0–*E.faecalis*, vpravo: L0– *S.aureus*



Obrázek 29 Antibakteriální účinnost pojiv LL: vlevo: LL–E.coli, ve středu: LL–E.faecalis, vpravo: LL– S.aureus



Obrázek 30 Antibakteriální účinnost pojiv LL+: vlevo: LL+–E.coli, ve středu: LL+–E.faecalis, vpravo: LL+– S.aureus

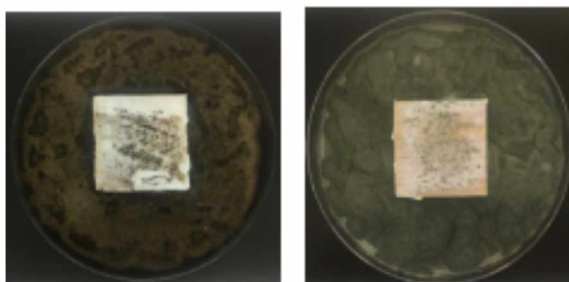
3.4.2. Výsledky antifugistické účinnosti syntetizovaných latexů

Stanovení antifugistické účinnosti bylo vizuálně vyhodnoceno a výsledné hodnoty jsou uvedeny v % (tzn. 100 % – žádný nárůst MO, 0 % – narostlo 300 ± 20 kolonií) v tabulce 35.

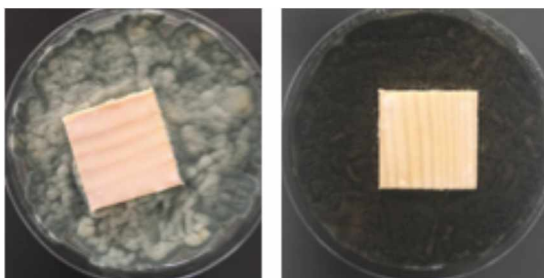
Tabulka 35 Antifungální účinnost nátěrových filmů

Použitá pojiva	Antifungální účinnost [%]	
	<i>P. chrysogenum</i>	<i>A. brasiliensis</i>
L0	0	0
LL	100	100
LL+	90	90

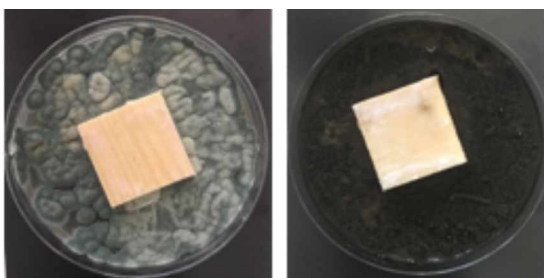
U syntetizovaných latexů byla hodnocena antifugistická účinnost a v případě pojiva L0 byla účinnost 0 %, jak lze vidět na obrázku 31. Naopak pojivo LL a LL+ mělo velmi dobrou odolnost proti růstu plísním (viz tabulka 35), což je viditelné z obrázků 32 a 33. Stejně jako u antibakteriální účinnosti je tato antifungální účinnost způsobena přítomností nanočástic La_2O_3 , jejichž mechanismus účinku vůči MO byl popsán výše.



Obrázek 31 Antifugistatická účinnost pojiv L0: vlevo: L0-P. chrysogenum, vpravo: L0-A. brasiliensis



Obrázek 32 Antifugistatická účinnost pojiv LL: vlevo: LL-P. chrysogenum, vpravo: LL-A. brasiliensis



Obrázek 33 Antifugistatická účinnost pojiv LL+: vlevo: LL+-P. chrysogenum, vpravo: LL+-A. brasiliensis

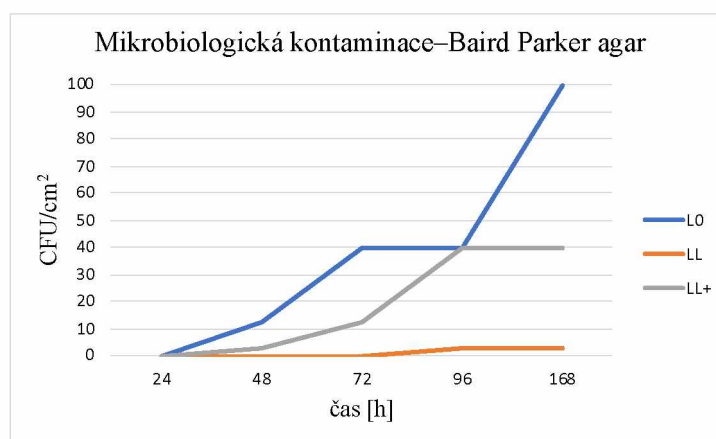
3.4.3. Výsledky mikrobiologické kontaminace syntetizovaných latexů

Stanovení mikrobiologické kontaminace tekutého latexu bylo vyhodnoceno dle tabulek 19 a 20. Výsledné hodnoty pro agar Baird Parker jsou uvedeny v tabulce 36 a výsledné hodnoty pro agar Pseudomonas v tabulce 37.

Tabulka 36 Mikrobiologická kontaminace na Baird Parker agaru

Doba měření [hod.]	Baird Parker agar [CFU/cm ²]		
	L0	LL	LL+
24	0	0	0
48	12	0	2,5
72	40	0	12
96	40	2,5	40
168	100	2,5	40

U syntetizovaných latexů byla stanovena mikrobiologická kontaminace za pomoci Baird Parker agaru a výsledné hodnoty (viz tabulka 36) jsou znázorněny na obrázku 35. U pojiva L0 byla zaznamenána nejvyšší kontaminace ze všech testovaných poživ (viz obrázek 34), kdy největší vzestup hodnot nastal v rozmezí od 96 do 168 hodin. Kontaminace u pojiva LL+ byla nižší a v rozmezí od 96 do 168 hodin již nedocházelo k růstu MO kontaminace. Pojivo LL bylo nejméně kontaminované a jeho hodnota se v průběhu testování výrazně neměnila. Nižší hodnota kontaminace pojiva LL je pravděpodobně způsobena přítomností a formou nanočástic La₂O₃, tzn. rovnoměrnějším rozptýlením nanočástic v tekutém latexu oproti LL+. Nižší účinnost tekutých poživ oproti nátěrovým filmům u LL a LL+ je pravděpodobně způsobeno nižší procentuální koncentrací nanočástic, která u LL činila 0,41 % a u LL+ 0,54 % a při této koncentraci není účinnost nanočástic dostačující pro mikrobicidní efekt.



Obrázek 34 Mikrobiologická kontaminace – Baird Parker agaru v závislosti na čase

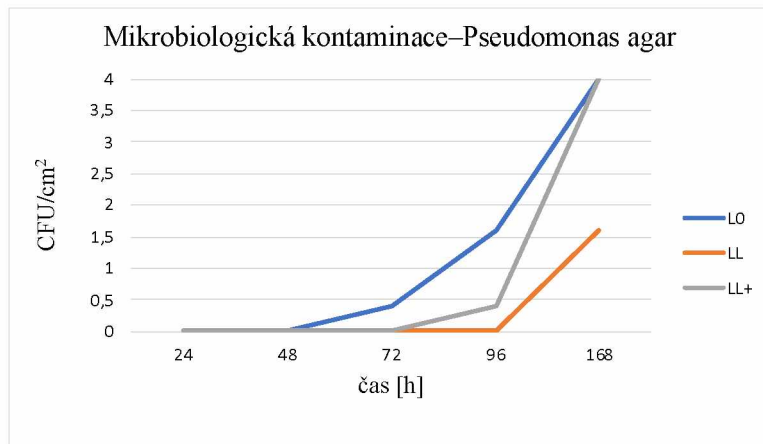


Obrázek 35 Mikrobiologická kontaminace – Baird parker agaru: vlevo L0, ve středu LL, vpravo: LL+

Tabulka 37 Mikrobiologická kontaminace na *Pseudomonas* agaru

Doba měření [hod.]	Pseudomonas agar [CFU/cm ²]		
	L0	LL	LL+
24	0	0	0
48	0	0	0
72	0,4	0	0
96	1,6	0	0,4
168	4	1,6	4

U syntetizovaných latexů byla stanovena mikrobiologická kontaminace za pomoci *Pseudomonas* agaru a výsledné hodnoty (viz tabulka 37) jsou znázorněny na obrázku 36. U pojiva L0 byla zaznamenána nejvyšší kontaminace ze všech testovaných poživ (viz obrázek 37), kdy největší vzestup hodnot nastal v rozmezí od 72 do 168 hodin (viz obrázek 36). Kontaminace u pojiva LL+ se nejvíce zvýšila v rozmezí od 96 do 168 hodin. Pojivo LL bylo nejméně kontaminované a jeho hodnota se v průběhu testování výrazně změnila v rozmezí od 96 do 168 hodin. Nižší hodnota kontaminace pojiva LL je pravděpodobně způsobena přítomností nanočástic La₂O₃ ze stejného důvodu jako u Baird Park agaru, jak bylo popsáno výše.



Obrázek 36 Mikrobiologická kontaminace – Pseudomonas agaru v závislosti na čase



Obrázek 37 Mikrobiologická kontaminace – Pseudomonas agaru: vlevo L0, ve středu LL, vpravo: LL+

4 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala nově syntetizovanými akrylátovými latexy, převážně jejich složením, přípravou a vlastnostmi. Tyto nátěrové hmoty na bázi samo-síťujících latexů s obsahem 1,5 % nanočástic La_2O_3 byly testovány s ohledem na primární využití na místech, kde je důležité dodržovat vysoký stupeň hygieny. V práci byly testovány latexy s nanočásticemi La_2O_3 o koncentraci 1,5 %, přidanými jak během syntézy, tak po syntéze. Tyto dva připravené latexy byly srovnávány s latexem obsahující 0 % nanočástic. Hodnocena byla antimikrobiální účinnosti, ale i fyzikálně-mechanické a chemické vlastnosti.

U stanovení antimikrobiální účinnosti byl zjištěn inhibiční efekt obou latexů (LL a LL+) obsahující nanočástice La_2O_3 . Při testování byla zjištěna antibakteriální a antifungální účinnost, z čehož vyplývá možné využití nátěrů na místech, kde je vyžadován vysoký stupeň hygieny, jako jsou např. nemocnice, školy, ale i domácnosti.

Z testování latexu s obsahem 1,5 % nanočástic La_2O_3 přidaných během syntézy, vyplývá jeho široké uplatnění, vzhledem k vysoké mechanické odolnosti, odolnosti vůči bleskové korozi, smáčivosti a dobrým vzhledovým vlastnostem oproti latexu, který obsahoval nanočástice La_2O_3 přidané až po syntéze latexu. Přesto, že vykazoval velmi dobré vzhledové vlastnosti, tak ale vykazoval nižší mechanickou odolnost, odolnost vůči bleskové korozi i smáčivosti.

5 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KALEDOVÁ, A., KALENDA, P. *Technologie nátěrových hmot I. – pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot*, Pardubice, Univerzita Pardubice, 2004, ISBN 80-7194-691-5.
- [2] KALEDOVÁ, Andrea. *Technologie nátěrových hmot II.: povrchové úpravy a způsoby předúpravy materiálů*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-7194-555-2.
- [3] ZEMAN, V. *Rychleschnoucí nátěrové hmoty*. Praha, 2015. Diplomová práce. ČVUT, Strojní fakulta, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce: Petr Drašnar
- [4] MÁLEK, M., TRNKA, J. *Zkoušení nátěrových hmot a nátěrů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1959. ISBN (brož.).
- [5] DANKOVÁ, M. *Nátěrové hmoty na báze vodou riediel' ných spojív na báze latexov s dispergovanými ZnO částicemi, s antikorožnym a antimikrobiálnym efektom nátěrového filmu*. Pardubice, 2018. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Chemicko-technologická fakulta, ústav chemie a technologie makromolekulárních látek. Vedoucí práce: Andréa Kalendová
- [6] MAREK, J. *Vliv aditiv na vlastnosti vodouředitelných pojiv*. Pardubice, 2018. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, Chemicko-technologická fakulta, ústav chemie a technologie makromolekulárních látek. Vedoucí práce: Andréa Kalendová
- [7] JARUŠEK, J. *Technologie nátěrových hmot*. Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická, 1987.
- [8] *Povrchy a jejich úpravy* [online]. 2015 [cit. 2020-04-09]. Dostupné z: <http://tzs.kmm.zcu.cz/POUcelk.pdf>
- [9] SVOBODA, M. *Úvod do ochrany kovů proti korozi pomocí nátěrů*. Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická, 1972. ISBN (brož.).
- [10] ARMELIN, E. a kol. *Marine paint fomulations: Conducting polymers as anticorrosive additives*. Progress in Organic Coatings [online]. 59(1) [cit. 2020-04-13]. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2007.01.013. Dostupné z: <http://rj7gv6cf9w.search.serialssolutions.com/>
- [11] KALEDOVÁ, A. a kol. *Perspektivy dalšího vývoje antikorožních pigmentů*, Pardubice 23. 10. 2002 [online], [cit. 2020-04-13], Dostupné z: https://www.upce.cz/sites/default/binary_www_old/fcht/uchtml/12-onhop/studijni-materialy/sbornik-apnh-2002.pdf

- [12] ATHAWALE, V.D., NIMBALKAR, R.V. *Waterborne Coatings Based on Renewable Oil Resources: an Overview*. Journal of the American Oil Chemists' Society. 2011, (88), 159-185. DOI: 10.1007/S11746-010-1668-9. ISSN 1558-9331.
- [13] LIPTÁKOVÁ, E., SEDLIAČIK, M. *Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle*. Bratislava: Alfa, 1989. ISBN 80-05-00116-9.
- [14] TULKA, J. *Povrchové úpravy materiálů*. Brno: VUT, 2005. ISBN 80-214-3062-1.
- [15] TRÁVNÍK, A., SVOBODA, J. *Technologické procesy výroby nábytku*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 978-807-3750-565.
- [16] ŠULC, M. *Koroze a ochrana materiálů. Nátěry z nátěrových hmot ředitelných vodou*. Praha: Státní výzkumný ústav ochrany materiálů, 1999. s. 96
- [17] TESAŘOVÁ, D. *Povrchové úpravy dřeva*. Praha: Grada, 2014. Profi & hobby, 168. ISBN 978-80-247-4715-6.
- [18] 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.
- [19] CAMILA, G., ALEXANDRE, F. *Corrosion Inhibitors – Principles, Mechanisms and Applications*. ALIOFKHAZRAEI, M., ed. *Developments in Corrosion Protection* [online]. InTech, 2014, 2014-02-20 [cit. 2020-04-13]. DOI: 10.5772/57255. ISBN 978-953-51-1223-5.
- [20] *Acrylic Latex Coatings. Failure Analysis of Paints and Coatings*. Rev. ed. Chichester, U.K.: Wiley, 2009, s. 93-95. ISBN 0-470-69753-9.
- [21] MESTACH, D. *Reactive surfactants for commercial polymer dispersions*. TAUER, K.; ed. *Aqueous Polymer Dispersions* [online]. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004, 2004-06-07, s. 37-41 [cit. 2020-04-13]. DOI: 10.1007/978-3-540-36474-0_8. ISBN 978-3-540-00578-0.
- [22] DUCHÁČEK, V. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-7080-617-6.
- [23] Acrylic Acid. PubChem Compound Database: National Center for Biotechnology Information [online]. 2020 [cit. 2020-04-13]. Dostupné z: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6581#section=Information-Sources>
- [24] KALENDA, P. *Polymerní materiály pro medic.aplikace* [souhrn přednášek]. Pardubice: Chemicko-technologická fakulta. Univerzita Pardubice Dostupné z: Studijní materiály.

- [25] Methacrylic Acid. The Merck Index* online [online]. Whitehouse Station (New Jersey): Royal Society of Chemistry, ©2020. Last Revised 2013. [cit. 25. 06. 2020]. Dostupné z: <https://www.rsc.org/Merck-Index/monograph/m7283/methacrylic%20acid%20derivative%20methyl%20ester?q=authorize>
- [26] 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.
- [27] PROKOPOVÁ, I. *Makromolekulární chemie*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2007. ISBN 978-80-7080-662-3.
- [28] ECKERSLEY, S. T. a A. RUDIN. *Film Formation of Acrylic Copolymer Latices: A Model of Stage II Film Formation*. American Chemical Society. 1996, 2-21. DOI: 10.1021/bk-1996-0648.ch001.
- [29] MACHOTOVÁ, J., M. VEČEŘA a L. PROKŮPEK. *Strukturované mikrogely připravené emulzní polymerací*. *Transfer*. 2015, (25), 6-7. ISSN 1801-9315.
- [30] WANG, R.-M., J.-F. WANG a X.-W. WANG et al. *Preparation of acrylate-based copolymer emulsion and its humidity controlling mechanism in interior wall coatings*. *Progress in Organic Coatings*. 2011, 4(71), 369-375. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2011.04.007.
- [31] GUO, Tian-Ying a kol. *Effects of carboxyl group on the ambient self-crosslinkable polyacrylate latices*. *Journal of Applied Polymer Science*. 2007, 6(104), 3948-3953. DOI: 10.1002/app.26165.
- [32] KOUKIOTIS, Ch.G., M.M. KARABELA a I.D. SIDERIDOU. *Mechanical properties of films of latexes based on copolymers BA/MMA/DAAM and BA/MMA/VEOVA-10/DAAM and the corresponding self-crosslinked copolymers using the adipic acid dihydrazide as crosslinking agent*. *Progress in Organic Coatings*. 2010, 1-2, 504-509. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2012.04.004.
- [33] LAGARÓN, J.M; OCIO, M.J; LÓPEZ-RUBIO, A. *Antimicrobial packaging polymers*. A general introduction. *Antimicrobial polymers*. Hoboken, N.J.: Wiley, 2012, s. 1-20. ISBN: 978-0-470-59822-1.
- [34] Coupling Agents. RAJU, F.; *Recycling of Polymers—Methods, Characterization and Applications*. John Wiley & Sons.: Weinheim, 2017, s. 29. ISBN: 978-3-527-33848-1
- [35] GLINEL, K. et al. *Antibacterial surfaces developed from bio-inspired approaches*. *Acta Biomaterialia* [online]. 2012, 8(5), 1670-1684 [cit. 04. 03. 2020]. DOI: 10.1016/j.actbio.2012.01.011. ISSN 17427061.

- [36] Anti-Microbial Agents. CHAPMAN, James., SULLIVAN, Timothy., REGAN, Fiona., Nanoparticles in Anti-Microbial Materials - Use and Characterisation. Royal Society of Chemistry: Cambridge, 2012, s. 15-16. ISBN 978-1-84973-159-1.
- [37] American Elements Lanthanum Oxide Nanopowder. *MatWeb Ceramics Material Data Sheets (MDS)*. 2018, MatWeb, LLC. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpMWCMD506/matweb-ceramics-material/matweb-ceramics-material>
- [38] MANJUNATHA, C. R. a kol. *Perovskite lanthanum aluminate nanoparticles applications in antimicrobial activity, adsorptive removal of Direct Blue 53 dye and fluoride. Materials Science and Engineering C*, 101, 2019. S 674-685
- [39] ANITHA, S., MUTHUKUMARAN, S. *Structural, optical and antibacterial investigation of La, Cu dual doped ZnO nanoparticles prepared by co-precipitation method. Materials Science and Engineering C*, 108, 2020.
- [40] VEERASINGAM, M. a kol. Ionic liquid mediated morphologically improved lanthanum oxide nanoparticles by *Andrographis paniculata* leaves extract and its biomedical applications. *Journal of Rare Earths*, 38 (3), 2020, s 281-291. Dostupné z: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0928493119306848?token=192B9619ECF6CD4F629405C2970D05301D3DF5664AE7D042E82A04340A63EA517335A31EFC0864203F41ACFA8BC6AA4B>
- [41] BEYTH, N., Y. HOURI-HADDAD, A. D. et al. Alternative Antimicrobial Approach: Nano-Antimicrobial Materials. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2015, 1-16. DOI: 10.1155/2015/246012.
- [42] SULAIMAN, N., YULIZAR, Y. a kol. Eco-friendly method for synthesis of La₂O₃ nanoparticles using *Physalis angulata* leaf extract AIP Conference Proceedings 2023, 020105 (2018). Dostupné z: <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.5064102>
- [43] SHINDE, V.G., GAIKWAD, V.B., DEORE, M.K. Synthesis of Lanthanum Oxide (La₂O₃) Nanoparticles by Hydrothermal Technique and Studies it's Physical Properties. *International Journal of Chemical and Physical Sciences*, 7, 2018. ISSN: 2319-6602. Dostupné z: http://ijcps.org/admin/php/uploads/766_pdf.pdf
- [44] VALIGURA, D. a kol. *Anorganická chémia 2. 2., uprav. vyd.* Bratislava: Slovenská technická univerzita, 1995. ISBN 80-227-0740-6.
- [45] VLČEK, M. *Obecná a anorganická chemie II. [přednáška]*. Pardubice: Univerzita Pardubice, Fakulta Chemicko-technologická, 15. května 2018.

- [46] SWARTJES, J.J.T.M., P.K. SHARMA, T.G. KOOTEN, H.C. MEI, M. MAHMOUDI, H.J. BUSSCHER a E.T.J. ROCHFORD, 2015. Current Developments in Antimicrobial Surface Coatings for Biomedical Applications. *Current Medicinal Chemistry* [online]. 22(18), 2116-2129 [cit. 2020-03-31]. DOI: 10.2174/0929867321666140916121355. ISSN:09298673. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/266029484_Current_Developments_in_Antimicrobial_Surface_Coatings_for_Biomedical_Applications
- [47] BALANI, Kantesh, [2015]. *Biosurfaces: a materials science and engineering perspective* [online]. Hoboken, New Jersey: The American Ceramic Society/Wiley [cit. 2020-04-10]. ISBN 978-111-8299-975. Dostupné z: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upce-ebooks/reader.action?docID=1895795&ppg=1&query=Biomaterials%20and%20Immune%20Response#>
- [48] KOLA, P.V., S. DANIELS, D.C. CAMERON a M.S.J. HASHMI. Magnetron sputtering of tin protective coatings for medical applications. *Journal of Materials Processing Technology*. 1996, 56(1-4), 422-430. DOI: 10.1016/0924-0136(95)01856-5. ISSN: 09240136. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0924013695018565>
- [49] LAPPALAINEN, R., H. HEINONEN, A. ANTTILA a S. SANTAVIRTA. Some relevant issues related to the use of amorphous diamond coatings for medical applications. *Diamond and Related Materials*. 1998, 7(2-5), 482-485. DOI: 10.1016/S0925-9635(98)80003-4. ISSN 09259635. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925963598800034>
- [50] AHMED, W., Z. ZHAI a C. GAO, 2019. Adaptive antibacterial biomaterial surfaces and their applications. *Materials Today Bio* [online]. 2 [cit. 2020-03-31]. DOI: 10.1016/j.mtbio.2019.100017. ISSN 25900064. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590006419300183>
- [51] WANG, R.-M., J.-F. WANG a X.-W. WANG et al. Preparation of acrylate-based copolymer emulsion and its humidity controlling mechanism in interior wall coatings. *Progress in Organic Coatings*. 2011, 4(71), 369-375. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2011.04.007.
- [52] MACHOTOVÁ, J., A. KALEDOVÁ, M. VOLESKÁ, D. STEINEROVÁ, M. PEJCHALOVÁ, P. KNOTEK a L. ZÁRYBNICKÁ. Waterborne hygienic coatings based on self-crosslinking acrylic latex with embedded inorganic nanoparticles: a comparison of nanostructured ZnO and MgO as antibacterial additives. *Progress in Organic Coatings*.

- 2020, 147. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2020.105704. ISSN 03009440. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0300944020300655>
- [53] KOBAYASHI, S. D., N. MALACHOWA a F. R. DELEO. Pathogenesis of Staphylococcus aureus Abscesses. The American Journal of Pathology. 2015, 185(6), 1518-1527. DOI: 10.1016/j.ajpath.2014.11.030. ISSN 00029440. Dostupné také z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S000294401500070X>
- [54] BENNETT, J. W. a M. KLICH. Mycotoxins. Clinical Microbiology Reviews. 2003, 16(3), 497-516. DOI: 10.1128/CMR.16.3.497-516.2003. ISSN 0893-8512. Dostupné také z: <https://CMR.asm.org/content/16/3/497>
- [55] KUMAR, A., P. K. VEMULA, P. M. AJAYAN a G. JOHN. Silver-nanoparticle-embedded antimicrobial paints based on vegetable oil. Nature Materials. 2008, 7(3), 236-241. DOI: 10.1038/nmat2099. ISSN 1476-1122. Dostupné také z: <http://www.nature.com/articles/nmat2099>
- [56] PH metr FE20 - FiveEasy a FiveGo: Úvod do svieta merania pH [online]. [cit. 2020- 07- 01]. Dostupné z: https://www.mt.com/mt_ext_files/Editorial/News/6/SK-2007-pH_Editorial-News_1195416038846_files/46835_pHFIVE_SK_corr.pdf
- [57] STEINEROVÁ, D., KALEDOVÁ, A., MACHOTOVÁ, J. Preparation of environmentally harmless paints based on self-crosslinking acrylate latexes and assessment their industrial coating properties. Scientific Papers of the University of Pardubice, Series A; Faculty of Chemical Technology [online]. 2019, (25), 83-99 [cit. 2020-05-25]. ISSN 1211-5541. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/74262/08%20-%20Steinerová%20et%20al.pdf?sequence=1&isAllowed=y>