

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2018

Bc. Barbora Zlámaná

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE
MAKROMOLEKULÁRNÍCH LÁTEK

**VODOU ŘEDITELNÁ POJIVA NA BÁZI SAMOSÍŤUJÍCÍCH
LATEXŮ A NANOSTRUKTURNÍHO OXIDU ZINEČNATÉHO**

Bc. Barbora Zlámaná

Diplomová práce

2018

UNIVERSITY OF PARDUBICE
FACULTY OF CHEMICAL TECHNOLOGY
INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
OF MACROMOLECULAR MATERIALS

WATER-BORNE BINDERS BASED ON SELF-CROSSLINKING
LATEXES AND NANOSTRUCTURED ZINC OXIDE

Bc. Barbora Zlámaná

Master thesis

2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Barbora Zlámaná**
Osobní číslo: **C16525**
Studijní program: **N2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Technologie výroby a zpracování polymerů**
Název tématu: **Vodou ředitelná pojiva na bázi samosíťujících latexů
a nanostrukturního oxidu zinečnatého**
Zadávací katedra: **Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek**

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

1. Proveďte literární rešerši v souvislosti se zadaným tématem.
 2. Emulzní polymerací připravte samosíťující akrylátové latexy, do nichž v průběhu syntézy zabudujte nanostrukturní oxid zinečnatý. Jako výchozí monomery použijte methylmethakrylát, butylakrylát, 2,2,2-trifluorethylmethakrylát, kyselinu methakrylovou a diacetonakrylamid. Pro zajištění samosíťování přidejte do latexu po dokončení syntézy odpovídající množství dihydrazidu kyseliny adipové.
 3. Vyhodnoťte základní vlastnosti samosíťujících latexů, zejména stabilitu, obsah nanočástic oxidu zinečnatého a minimální filmotvornou teplotu.
 4. Zhotovte nátěrové povlaky a v mikrobiologické laboratoři posuďte jejich antimikrobiální a antifungální účinek v souvislosti s kopolymerním složením a obsahem nanočástic oxidu zinečnatého. Rovněž vyhodnoťte mechanické vlastnosti, chemickou odolnost a vizuální charakter nátěrů.
 5. Pomocí optické tenziometrie sledujte povrchové vlastnosti nátěrových filmů vzhledem ke koncentraci 2,2,2-trifluorethylmethakrylátu v emulzním kopolyměru, obsahu nanočástic v nátěrovém povlaku a vnějším podmínkám působícím při zasychání nátěru. Posuďte vliv povrchových vlastností na biocidní účinek nátěrových filmů.
 6. Porovnejte vlastnosti nátěrových filmů v závislosti na způsobu inkorporace nanostrukturního oxidu zinečnatého (inkorporace v práškové formě během syntézy latexu a inkorporace za použití komerční vodné disperze nanočástic oxidu zinečnatého do výsledného latexu).
-

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jana Machotová, Ph.D.

Ústav chemie a technologie makromolekulárních látek

Konzultant diplomové práce:

doc. Ing. Eva Černošková, CSc.

Společná laboratoř chemie pevných látek

Ostatní konzultanti:

Ing. Marcela Pejchalová, Ph.D.

Katedra biologických a biochemických věd


Datum zadání diplomové práce: **2. prosince 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2018**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



Ing. David Veselý, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2018

Prohlašuji:

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

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

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. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 11.5.2018

.....

Bc. Barbora Zlámaná

Chtěla bych poděkovat především vedoucí své diplomové práce Ing. Janě Machotové, Ph.D. za odborné vedení, ochotu, trpělivost, lidský přístup a podporu v průběhu celého studia. Dále bych ráda poděkovala konzultantkám diplomové práce doc. Ing. Evě Černoškové, CSc. a Ing. Marcele Pejchalové, Ph.D. Zvláštní poděkování patří Ing. Adéle Růckerové za všechny praktické rady v průběhu studia. Děkuji rovněž za možnost provést měření SEM a EDX v Centru materiálů a nanotechnologií za finanční podpory MŠMT prostřednictvím projektů ED4.100/11.0251 a LM2015082.

Velké poděkování patří mému partnerovi a rodině za podporu po celou dobu mého studia.

ANOTACE

Součástí této diplomové práce je literární rešerše, která se věnuje stručnému popisu emulzní polymerace, charakteristice nanočástic a blíže charakterizuje oxid zinečnatý, zejména jeho biocidní účinek. Další kapitola je věnována syntéze materiálů modifikovaných nanočásticemi oxidu zinečnatého, vyráběné mechanismem emulzní polymerace. S ohledem na možný biocidní účinek oxidu zinečnatého je rešerše zakončena pojednáním o nozokomiálních nálezích. Experimentální část práce se věnuje přípravě vodou ředitelných pojiv na bázi samosíťujících latexů modifikovaných nanočásticemi oxidu zinečnatého. Hodnotí se jejich transparentní povaha a možný antibakteriální účinek, který se pojí s nanočásticemi oxidu zinečnatého a povrchovými vlastnostmi fluorovaných skupin, které jsou přítomny v nátěrových filmech přítomny.

Klíčová slova: emulzní polymerace, nanočástice, nanočástice oxidu zinečnatého, nozokomiální infekce

TITLE: Water-borne binders based on self-crosslinking latexes and nanostructured zinc oxide

ANNOTATION

A part of this master thesis is a literary research which is devoted to a brief description of emulsion polymerization, to a characterization of nanoparticles and a more specific characterization of zinc oxide nanoparticles, especially in terms of their biocidal effect. A next chapter is devoted the synthesis of materials which are modified using zinc oxide nanoparticles by the mechanism of emulsion polymerization. The literary research is finished with a chapter about nosocomial infection with regard to the biocidal effect of zinc oxide nanoparticles. The experimental part is devoted the synthesis of water-borne binders based on self-crosslinking latexes which are modified using zinc oxide nanoparticles. Their transparency properties and biocidal properties, connected with zinc oxide nanoparticles and surface properties of fluorine groups which are present in the coating film, were evaluated.

Key words: emulsion polymerization, nanoparticles, zinc oxide nanoparticles, nosocomial infection

OBSAH

ÚVOD.....	16
1 TEORETICKÁ ČÁST	17
1.1 Vícesložkové soustavy.....	17
1.1.1 Disperzní soustavy	17
1.1.2 Emulze.....	17
1.1.3 Stabilita emulzí	18
1.1.4 Emulzní polymerace.....	18
1.2 Nanočástice.....	19
1.2.1 Charakteristika nanočástic.....	19
1.2.2 Nanočástice oxidu zinečnatého.....	20
1.3 Syntéza nanokompozitních materiálů s obsahem nanočástic oxidu zinečnatého pomocí emulzní polymerace	22
1.3.1 Klasická emulzní polymerace.....	22
1.3.2 Pickeringova emulzní polymerace	25
1.3.3 Miniemulzní polymerace.....	28
1.4 Nozokomiální infekce	31
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	34
2.1 Přehled použitých chemikálií.....	34
2.2.1 Stručná charakterizace ostatních použitých látek a chemikálií	35
2.2.2 Postup syntézy latexů	37
2.3 Použité metody.....	40
2.3.1 Stanovení obsahu koagulátu	40
2.3.2 Stanovení pH	41
2.3.3 Stanovení obsahu sušiny.....	41
2.3.4 Stanovení zdánlivé viskozity dle Brookfielda	41
2.3.5 Stanovení vzhledu nátěrových filmů.....	41
2.3.6 Stanovení lesku nátěru leskoměrem.....	42
2.3.7 Stanovení povrchové tvrdosti tužkami	42
2.3.8 Stanovení adheze mřížkovou zkouškou	43

2.3.9	Stanovení tloušťky nátěrových filmů.....	43
2.3.10	Stanovení odolnosti nátěru methylethylketonu.....	43
2.3.11	Stanovení minimální filmotvorné teploty.....	43
2.3.12	Stanovení teploty skelného přechodu.....	44
2.3.13	Zkouška tvrdosti nátěrů tlumením kyvadla dle Persoze.....	44
2.3.14	Zkouška padajícím závažím	45
2.3.15	Ohybová zkouška.....	45
2.3.16	Zkouška hloubením.....	45
2.3.17	Stanovení extrahovatelného podílu.....	45
2.3.18	Stanovení odolnosti kapalinám – kloboučková metoda.....	46
2.3.19	Stanovení absorpce vody.....	46
2.3.20	Stanovení transparentnosti a zbělání nátěrových filmů.....	47
2.3.21	Hodnocení bleskové koroze podle Gardnerovy stupnice	47
2.3.22	Zrychlený laboratorní test pro zjištění koroze.....	48
2.3.23	Stanovení obsahu popela	49
2.3.24	Stanovení velikosti částic (DLS)	49
2.3.25	Emisní spektrometrie s indukčně vázaným plamenem (ICP-OES).....	49
2.3.26	Infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací (FTIR)	49
2.3.27	Skenovací elektronová mikroskopie s energiově disperzní rentgenovou mikroanalýzou (SEM-EDX).....	50
2.3.28	Měření povrchových vlastností nátěrů pomocí tenziometrie	50
2.3.29	Testování antibakteriálních účinků nátěrů.....	51
2.3.30	Testování antifungálních účinků nátěrů	53
2.3.31	Příprava živného agaru MALT	53
2.3.32	Příprava suspenze plísni	53
3	VÝSLEDKY A DISKUZE.....	55
3.1	Charakterizace samosíťujících vodných disperzí	55
3.1.1	Vlastnosti samosíťujících vodných disperzí.....	55
3.1.2	Stabilita samosíťujících vodných disperzí	57
3.1.3	Stanovení minimální filmotvorné teploty a teploty skelného přechodu	58
3.1.4	Stanovení obsahu oxidu zinečnatého	60
3.1.5	Stanovení extrahovatelného podílu.....	60
3.2	Charakterizace nátěrových filmů	62

3.2.1	Vzhled nátěrových filmů	62
3.2.2	Sledování morfologie a přítomnosti nanostrukturního ZnO pomocí SEM-EDX	63
3.2.3	Stanovení složení kopolymeru pomocí FTIR	66
3.2.4	Hodnocení transparentnosti a citlivosti nátěrových filmů vůči působení vody..	68
3.2.5	Absorpce vody	70
3.2.6	Tenziometrická měření.....	74
3.2.7	Mechanické vlastnosti nátěrových filmů.....	76
3.2.8	Hodnocení tvrdosti nátěrových filmů.....	77
3.2.9	Hodnocení bleskové koroze.....	81
3.2.10	Hodnocení odolnosti vůči methylethylketonu	82
3.2.11	Hodnocení odolnosti nátěrových filmů vůči kapalinám – kloboučková metoda	83
3.3	Charakterizace antimirkobiálních vlastností samosíťujících vodných disperzí	89
3.3.1	Hodnocení antibakteriálních vlastností	89
3.3.2	Hodnocení antifungálních vlastností.....	91
4	ZÁVĚR.....	93
5	POUŽITÁ LITERATURA	94
6	PŘÍLOHY	103
6.1	Obrazový záznam bleskové koroze.....	103
6.2	Obrazový záznam bleskové koroze.....	107
6.3	Obrazový záznam antifungálního účinku nátěrů	111
6.4	Obrazový záznam antibakteriálního účinku nátěrů.....	119

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 Emulze o různé koncentraci disperzního podílu (a) zředěné, (b) koncentrované monodisperzní, (c) koncentrované polydisperzní, (d) koncentrované	18
Obrázek 2 Některé tvary a strukturní uspořádání nanomateriálů	19
Obrázek 3 Ukázka testování antimikrobiální aktivity polyakryl/ZnO nanokompozitních materiálů	23
Obrázek 4 Schéma popisující syntézu poly(styren-akrylonitrilu)/ZnO	24
Obrázek 5 Mechanismus Pickeringovy emulzní polymerace ZnO a polystyrenu iniciovaná AIBN	26
Obrázek 6 Mechanismus Pickeringovy emulzní polymerace ZnO a polystyrenu iniciovaná KPS.....	26
Obrázek 7 Mechanismus Pickeringovy emulzní polymerace anilinu, která využívá toluen jako olejovou fázi.....	27
Obrázek 8 Mechanismus Pickeringovy emulzní polymerace anilinu, která využívá THF jako olejové fáze	27
Obrázek 9 Mechanismus syntézy polystyrenového latexového kompozitu modifikovaného ZnO.....	29
Obrázek 10 Disperze hydrofobních ZnO v monomerní směsi po 0h (a) a 24h (b) a ve vodě po 0h (c) a 24h (d).....	30
Obrázek 11 Disperze hydrofilních ZnO v monomerní směsi po 0h (a) a 24h (b) a ve vodě po 0h (c) a 24h (d).....	30
Obrázek 12 Mechanismus syntézy ZnO/PS core-shell hybridních mikrosfér.....	31
Obrázek 13 Morfologie nanočástic ZnO zobrazena skenovacím elektronovým mikroskopem při různém zvětšení	36
Obrázek 14 Schéma pracovní komůrky DSC.....	44
Obrázek 15 Gardnerova řada barevných standardních roztoků od společnosti BYK	48
Obrázek 16 Stupnice hodnocení koroze podle normy ASTM 610.....	48
Obrázek 17 Ředění pomocí McFarlandovy zákalové stupnice	53
Obrázek 18 Distribuce velikosti částic v řadě A	56
Obrázek 19 Distribuce velikosti částic v řadě B.....	56
Obrázek 20 Distribuce velikosti částic v řadě C.....	57

Obrázek 21 Snímek zobrazující povrch nátěrového filmu A0 (neobsahuje ZnO) metodu SEM (vlevo) sekundárními a zpětně odraženými elektrony (vpravo)	64
Obrázek 22 Snímek zobrazující povrch nátěrového filmu A3 (3 hm. % ZnO) metodu SEM (vlevo) sekundárními a zpětně odraženými elektrony (vpravo)	64
Obrázek 23 Snímek zobrazující povrch nátěrového filmu B3 (3 hm. % ZnO) metodu SEM (vlevo) sekundárními a zpětně odraženými elektrony (vpravo)	65
Obrázek 24 Snímek zobrazující povrch nátěrového filmu C3 (3 hm. % ZnO) metodu SEM (vlevo) sekundárními a zpětně odraženými elektrony (vpravo)	65
Obrázek 25 Snímek zobrazující povrch nátěrového filmu D2 (1,5 hm. % ZnO) metodu SEM (vlevo) sekundárními a zpětně odraženými elektrony (vpravo)	66
Obrázek 26 IČ spektra A0, B0 a C0 kopolymerů nezesíťovaných ADH i zesíťovaných pomocí ADH	68
Obrázek 27 IČ spektra kopolymerů A0 – A3, B0 – B3, C0 – C3 zesíťovaných pomocí ADH ..	68
Obrázek 28 Zbělání jednotlivých nátěrových filmů po 1 a 24 hodinách kontaktu s vodou....	70
Obrázek 29 Závislost absorpce vody nátěrů na bázi samosíťujících vodných disperzí řady A na čase.....	72
Obrázek 30 Závislost absorpce vody samosíťujících vodných disperzí řady B na čase.....	72
Obrázek 31 Závislost absorpce vody nátěrů na bázi samosíťujících vodných disperzí řady C na čase	72
Obrázek 32 Závislost absorpce vody nátěrů na bázi samosíťujících vodných disperzí řady D na čase s porovnáním nátěru na bázi C0 použitého jako výchozí pro ostatní vzorky řady D....	73
Obrázek 33 Absorpce vody filmy po 1 dni	73
Obrázek 34 Absorpce vody filmy po 60 dnech	73
Obrázek 35 Množství extrahovaných vodou rozpustných látek během expozice nátěru v destilované vodě po dobu 60 dní.....	74
Obrázek 36 Průběh tvrdnutí nátěrových filmů řady A v čase	79
Obrázek 37 Průběh tvrdnutí nátěrových filmů řady B v čase	79
Obrázek 38 Průběh tvrdnutí nátěrových filmů řady C v čase	79
Obrázek 39 Průběh tvrdnutí nátěrových filmů řady D v čase s porovnáním nátěrového filmu C0 použitého jako výchozí latex pro přidavek externího nanostrukturního ZnO.....	80
Obrázek 40 Relativní tvrdost nátěrů po 1 dni zasychání.....	80
Obrázek 41 Relativní tvrdost nátěrů po 30 dnech zasychání	80

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Rizikové faktory zvyšující možnost nozokomiální infekce.....	32
Tabulka 2 Zkratky a strukturní vzorce monomerů	34
Tabulka 3 Vlastnosti monomerů.....	35
Tabulka 4 Složení polymeračního systému.....	38
Tabulka 5 Složení samosíťujících vodných polymerních disperzí lišících se koncentrací TFEMA v latexových částicích a obsahem nanostrukturního ZnO ve vodné fázi	39
Tabulka 6 Obsah nanostrukturního ZnO ve struktuře nátěrových filmů řady D vytvořené externím přídavkem komerčně využívané disperze nano-ZnO 1137%208 do latexu C0.....	39
Tabulka 7 Stupnice k hodnocení nátěrů	42
Tabulka 8 Stupnice pro hodnocení povrchové tvrdosti tužkami	42
Tabulka 9 Stupnice hodnocení pro stanovení odolnosti kapalinám	46
Tabulka 10 Charakteristické vlastnosti samosíťujících vodných polymerních disperzí.....	55
Tabulka 11 Hodnocení dlouhodobé stability disperzí.....	58
Tabulka 12 Hodnoty minimální filmotvorné teploty a T_g u samosíťujících vodných polymerních disperzí v souvislosti s teoretickým obsahem ZnO inkorporovaného během syntézy (vztaženo na polymer)	59
Tabulka 13 Hodnoty minimální filmotvorné teploty u samosíťujících vodných polymerních disperzí v souvislosti s teoretickým obsahem externě přidaného ZnO (vztaženo na polymer).....	59
Tabulka 14 Koncentrace nanostrukturního ZnO v nátěrových filmech stanovená pomocí obsahu popela a obsahu Zn z ICP-OES analýzy.....	60
Tabulka 15 Stanovení extrahovatelného podílu u samosíťujících vodných polymerních disperzí obsahující nanostrukturní ZnO v polymeru II před a po zesítnění ADH.....	61
Tabulka 16 Stanovení extrahovatelného podílu u samosíťujících vodných polymerních disperzí obsahujících externě přidaný nanostrukturní ZnO.....	62
Tabulka 17 Výsledky hodnocení vzhledových vlastností nátěrových filmů na bázi samosíťujících vodných disperzí obsahujících nanostrukturní ZnO	63
Tabulka 18 Výsledky EDX analýzy.....	66
Tabulka 19 Výsledky hodnocení transparentnosti nátěrových filmů, vyjádřené transmitancí při vlnové délce 500 nm a stupněm zblednutí, před působením vody a po 1 a 24 hodinách kontaktu s vodou	69

Tabulka 20 Výsledky měření absorpce vody nátěrových filmů po 60 dnech a množství extrahovaných vodou rozpustných látek	70
Tabulka 21 Výsledky tenziometrického měření u nátěrových filmů zasychajících při teplotě 23 °C.....	75
Tabulka 22 Výsledky tenziometrického měření u nátěrových filmů zasychajících při teplotě 40 °C.....	76
Tabulka 23 Výsledky hodnocení mechanických vlastností nátěrových filmů	77
Tabulka 24 Výsledky hodnocení tvrdosti tužkami a tvrdosti dle Persoze u nátěrových filmů samosíťujících vodných disperzí obsahujících nanočástice ZnO	78
Tabulka 25 Výsledky hodnocení bleskové koroze u nátěrových filmů samosíťujících vodných disperzí, popis povrchu a hodnocení Gardnerovy stupnice	81
Tabulka 26 Výsledky hodnocení odolnosti nátěrových filmů vůči MEK.....	83
Tabulka 27 Výsledky hodnocení odolnosti vůči kapalinám u nátěřů z latexů řady A s bez obsahu TFEMA ve struktuře polymeru	85
Tabulka 28 Výsledky hodnocení odolnosti vůči kapalinám u nátěřů z latexů řady B s obsahem 20 % TFEMA ve struktuře polymeru.....	86
Tabulka 29 Výsledky hodnocení odolnosti vůči kapalinám u nátěřů z latexů řady C s obsahem 40 % TFEMA ve struktuře polymeru.....	87
Tabulka 30 Výsledky hodnocení odolnosti vůči kapalinám u nátěřů z latexů řady D s obsahem různé koncentrace externě přidaného ZnO ve struktuře polymeru.....	88
Tabulka 31 Antibakteriální účinek nátěrových filmů vůči <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> a <i>Escherichia coli</i> – nárůst na ploše a inhibiční zóna v závislosti na reálném obsahu ZnO v nátěrovém filmu	90
Tabulka 32 Antibakteriální účinek nátěrových filmů vůči <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> a <i>Escherichia coli</i> -sejmutý nátěr a otisk nátěru IZ.....	91
Tabulka 33 Antifingální účinek nátěrových filmů vůči <i>Penicillium chrysogenum</i> a <i>Aspegillus brasilliensis</i>	92

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ADH	dihydrazid kyseliny adipové
AIBN	azobisisobutyronitril
APTES	3-aminopropyltriethoxysilan
BA	butylakrylát
DAAM	diacetonakrylamid
DLS	dynamický rozptyl světla
DNA	deoxyribonukleová kyselina
DSC	diferenciální skenovací kalorimetrie
EDX	energievě-disperzní spektrometrie
FTIR	infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací
ICP-OES	emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem
IČ	infračervená
KA	kyselina akrylová
KMA	kyselina methakrylová
KPS	persulfát draselný
MBA	N,N'-methylbisakrylamid
MEK	methylethylketon
MFT	minimální filmotvorná teplota
MMA	methylmethakrylát
MPA	masopeptonový agar
MPS	3,3(trimethoxysilyl)propyl
NIPAAm	N-izopropylakrylamid
O/V	olej ve vodě
PS	polystyren
ROS	reactive oxygen species = reaktivní formy kyslíku
SEM	skenovací elektronová mikroskopie
T_g	teplota skelného přechodu
TFEMA	2,2,2-trifluorethylmethakrylát
THF	tetrahydrofuran
UV	ultra violet = ultrafialové
V/O	voda v oleji
VOC	volatile organic compound = těkavá organická látka

ÚVOD

Na vlastnosti povlaků, jsou kladeny čím dál větší nároky, přičemž hlavními prioritami jsou zdravotní aspekty, ochrana životního prostředí a snižování nákladů. Vodou ředitelné koloidní polymerní disperze, které jsou syntetizovány emulzní polymerací, jsou ekologicky nezávadné a představují slibnou alternativu k rozpouštědlovým nátěrovým hmotám.

V současné době se věnuje velká pozornost jednosložkovým reaktoplastickým pojivům na bázi samosíťujících latexů [1,2]. Nedostatky, jako je nízká odolnost vůči rozpouštědlům, lepivost povrchu při vyšších teplotách či křehkost při nízkých teplotách, lze překonat zavedením síťování. Zároveň ve světě roste poptávka po nátěrových hmotách, které mají antimikrobiální účinky. Očekává se významný růst spotřeby speciálních nátěrových hmot v hygienických zařízeních, nemocnicích či školách. Oxid zinečnatý ve formě nanočástic patří mezi často vyhledávané sloučeniny, které jsou využívány také díky svým biocidním účinkům.

Cílem této práce bylo vytvořit ekologické jednosložkové vodou ředitelné reaktoplastické pojivo se sníženým obsahem oxidu zinečnatého, které je stabilní, vhodné pro dlouhodobé skladování a mající antimikrobiální účinek. Vzhledem k tomu, že tvorba biofilmu na konkrétním substrátu úzce souvisí s adhezí mikroorganismů k danému substrátu, a tudíž s jeho povrchovou energií [3,4], byl důraz kladen i na hodnocení povrchové energie nátěrových filmů. Zároveň byla snaha o tvorbu rychle zasychajícího pojiva, jehož nátěry se vyznačují transparentní povahou, mechanickou a chemickou odolností bez ohledu na vnější podmínky, které působí na nátěr během zasychání. Vlastnosti nátěrových filmů byly porovnávány v závislosti na způsobu inkorporace nanostrukturního oxidu zinečnatého (inkorporace v práškové formě během syntézy latexu a inkorporace za použití komerční vodné disperze nanočástic oxidu zinečnatého do výsledného latexu).

1 TEORETICKÁ ČÁST

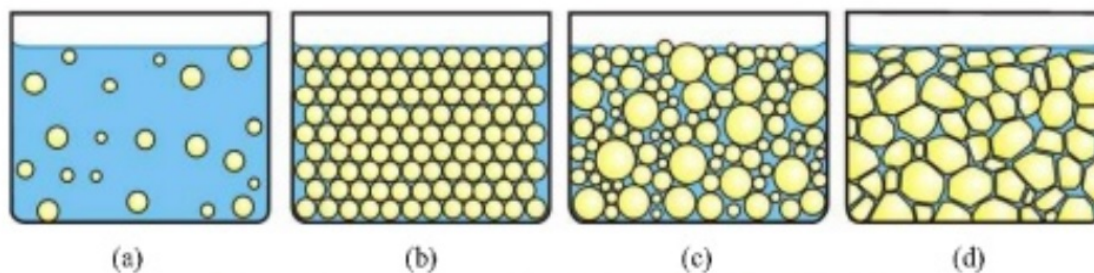
1.1 Vícesložkové soustavy

1.1.1 Disperzní soustavy

Disperzní soustavy jsou vícesložkové systémy [5], z nichž jednu složku tvoří disperzní prostředí a druhou složku disperzní fáze [6]. Disperzní prostředí vytváří homogenní kontinuum, v němž je volně rozptýlen podíl disperzní fáze. Disperzní soustavy mohou být klasifikovány podle různých kritérií. Takovým kritériem může být velikost nebo tvar dispergovaných částic, skupenství disperzního prostředí a disperzní fáze. Disperzní soustavy je možné rozdělit na monodisperzní soustavy a polydisperzní soustavy. Disperzní fáze monodisperzní soustavy je tvořena částicemi se stejnou velikostí, naopak disperzní fáze polydisperzní soustavy je tvořena částicemi o různé velikosti. Velikost částic disperzní soustavy je vyjádřena prostřednictvím stupně disperzity, Dále lze disperzní soustavy rozdělit na homogenní a heterogenní. Homogenní soustava je tvořena částicemi stejného tvaru, naopak obsahuje-li soustava částice různého tvaru, pak se jedná o soustavu heterogenní. Disperzní soustavy je také možno dělit podle velikosti částic disperzní fáze, neboli podle jejich stupně disperzity, na disperze analytické, koloidní a hrubé [5]. Aby se systém mohl považovat za koloidní, musí splňovat podmínku, že velikost částic disperzní fáze se nachází v rozsahu od 1 – 1000 nm. V případě speciálního typu koloidních disperzních částic, které představují skupinu nanosystémů, se pak velikost částic disperzní fáze pohybuje v rozmezí 1 – 100 nm [6]. Příkladem disperze je emulze [7].

1.1.2 Emulze

Emulze je soustava, jejíž disperzní prostředí i disperzní fáze jsou tvořeny kapalinou. Kapaliny, které spolu tvoří emulzi, musí být vzájemně nemísitelné nebo alespoň omezeně mísitelné. V soustavě bývají často přítomny látky, které zabraňují koalescenci dispergovaných kapiček. Podle koncentrace disperzní fáze lze emulze rozdělit na zředěné, koncentrované a vysoce koncentrované (Obrázek 1). Podle polárnosti disperzní fáze a prostředí emulze dělíme: olej ve vodě (O/V) a voda v oleji (V/O). V různých odvětvích (např. potravinářství, kosmetickém průmyslu atd.) se také uplatňují dvojitě či mnohočetné emulze [7].



Obrázek 1 Emulze o různé koncentraci disperzního podílu (a) zředěné, (b) koncentrované monodisperzní, (c) koncentrované polydisperzní, (d) vysoce koncentrované [7]

1.1.3 Stabilita emulzí

Volba správného způsobu stabilizace závisí na koncentraci emulze. Stálost emulze však závisí na okolnostech, jako je zředování nebo změně teploty. Tyto jevy mohou vést k poklesu Gibbsovy energie, což může být doprovázeno zánikem emulze. Dalšími pochody, ke kterým může docházet, jsou koalescence a koagulace. Těmto jevům lze zabránit přidáním emulgátoru [7], neboli povrchově aktivní látky. Vlastnosti emulgátorů jsou dány jejich strukturou, která je tvořena dvěma částmi – polární (hydrofilní) a nepolární (hydrofobní) [8]. Další možností, jak emulzi stabilizovat, je přítomnost tuhých anorganických částic, které jsou adsorbovány na rozhraní olej/voda, takto stabilizované emulze se nazývají Pickeringovy [9]. Systémy využívající tuhé anorganické látky jsou v porovnání se systémy využívajícími povrchově aktivní látky levnější, méně toxické a produkují menší množství vedlejších produktů [10].

1.1.4 Emulzní polymerace

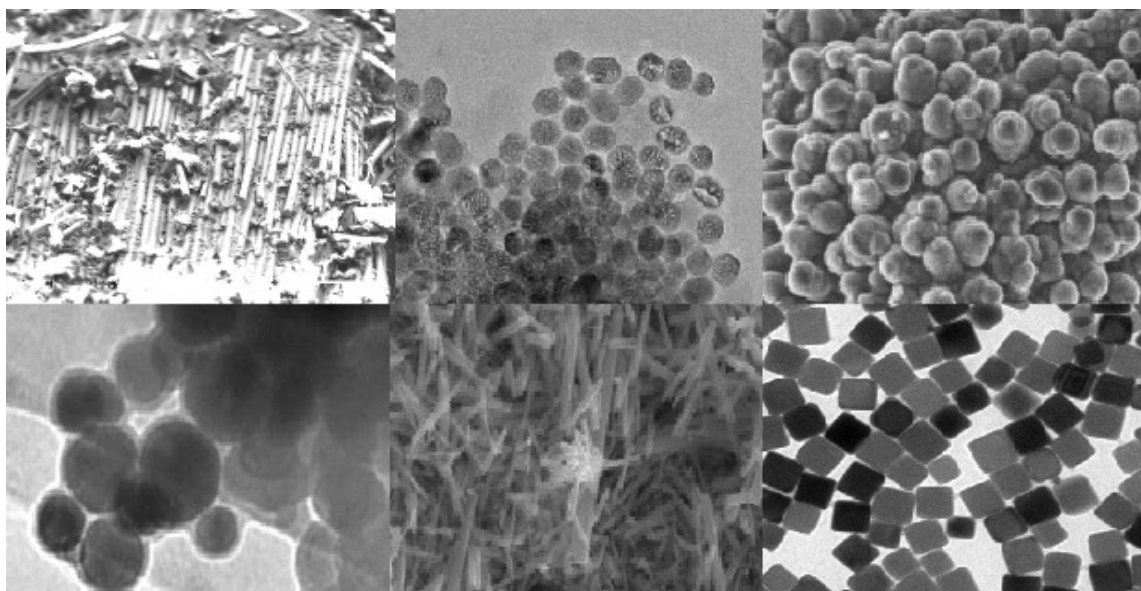
Emulzní polymerace probíhá mechanismem radikálové polymerace v heterogenním prostředí. Disperzní prostředí je tvořeno vodou, ve kterém jsou přítomny povrchově aktivní látky. Iniciátor se vždy při tomto typu polymerace volí rozpustný ve vodě. Nejčastěji používanými iniciátory jsou peroxodisírany. Koloidní stabilita je zajišťována elektrostatickým nábojem na povrchu částic adsorbovanými, nejčastěji anionickými, povrchově aktivními látkami, v některých případech ochrannými koloidy. Základním předpokladem pro uskutečnění emulzní polymerace je tvorba micel a jejich schopnost solubilizovat. Proces přeměny monomeru během polymerace v emulzi probíhá ve třech krocích: 1) nukleace částic, 2) růst částic a 3) dokončení polymerace. Produktem emulzní polymerace je koloidní polymerní disperze neboli latex [8].

1.2 Nanočástice

1.2.1 Charakteristika nanočástic

Nanotechnologie jsou interdisciplinární intenzivně se rozvíjející obory. Základním stavebním prvkem nanomateriálů jsou nanostruktury neboli nanočástice, jejichž velikost se pohybuje v rozmezí 1 – 100 nm [11]. Nanočástice nacházejí uplatnění v různých oborech, jako je elektronika, ve fyzice pevných látek, inženýrství, molekulární biologii [12], diagnostice nádorových onemocnění prostřednictvím imunosenzorů [13,14], kosmetice, potravinářském průmyslu či zemědělství [15].

Pro výrobu nanočástic se obecně používají dva postupy: top-down (shora dolů) nebo bottom-up (zdola nahoru). Výroba využívající postup top-down získává nanočástice zmenšením vhodného materiálu [12]. Výroba využívající pro přípravu nanočástic postup bottom-up získává nanočástice syntézou z menších objektů (molekul) do větších struktur [16]. Vedle výše uvedených postupů jsou v současné době vyvíjeny syntézy nanočástic využívajících přirozený potenciál hub, bakterií a rostlin, které obsahují velké množství enzymů, jež jsou schopny redukovat některé kovové soli. Pro takové postupy se používá souhrnný název zelená syntéza [17,18]. Nanomateriály mohou mít různé tvary a strukturální uspořádání. Některé z nich jsou ukázány na Obrázku 2. Jak již bylo řečeno dříve, nanotechnologie jsou díky svým jedinečným vlastnostem, které jim nano měřítko poskytuje, podrobovány pečlivému výzkumu a hledají se další možnosti aplikace [19].



Obrázek 2 Některé tvary a strukturální uspořádání nanomateriálů [20-25]

Vliv nanočástic na lidský, živočišný či rostlinný organismus není příliš znám. Ze současných studií je patrné, že některé kovové nanočástice jsou schopny prostupovat hematoencefalitickou bariérou (umožňuje přesun látek mezi krví a tkání centrální nervové soustavy [26]) a akumulovat se v mozku [27], dále je uvedeno, že nanočástice představují potenciální ekologické riziko pro mořské prostředí a organismy se v něm vyskytující. Je zřejmé, že nanočástice negativně ovlivňují vodní prostředí a to nejen svou vlastní toxicitou, ale také biologickým či toxickým účinkem dalších organických polutantů a těžkých kovů. Bylo zjištěno, že některé nanočástice mohou způsobovat různé poškození buněk v mnoha tkáních, jako jsou například trávicí žlázy a krevní lymfocyty. Byl také zaznamenán negativní dopad nanočástic na řadu sub-letálních účinků, jako je například snížená schopnost plavání, růstu či reprodukce [15]. Z tohoto důvodu probíhají paralelně s rozvojem aplikací nanomateriálů studie, které mají za úkol odhalit jejich případnou toxicitu [19,28].

1.2.2 Nanočástice oxidu zinečnatého

Nanočástice oxidu zinečnatého (ZnO) jsou sloučeniny složené z prvků II. a VI. skupiny periodické tabulky [29]. Tyto anorganické nanočástice jsou multifunkčním materiálem s potenciálním využitím pro různé aplikace v polovodičích [30], optoelektronice a plynových senzorech [31]. V posledních letech byly využívány k vývoji nových polymerních nanokompozitů, u nichž došlo ke včlenění nanočástic během syntézy do polymerní matrice s cílem získat materiály s odlišnými fyzikálními a chemickými vlastnostmi [32]. Nanočástice ZnO jsou také dobře známy pro svou vysokou transparentnost ve viditelné oblasti spolu se stíněním (absorpcí) v UV oblasti [29] a antimikrobiální účinek [33]. Z těchto důvodů jsou nanočástice ZnO hojně využívány v kosmetických produktech, opalovacích krémech či zubních pastách [34].

Vlastnosti, které nanočástice ZnO vykazují, umožňují přípravu takových filmů, které dokáží UV záření absorbovat. Tuto schopnost lze zvýšit vhodným tvarem a velikostí nanočástic. S poklesem velikosti nanočástic dochází k posunu UV absorpce za vzniku transparentního filmu. Tyto filmy jsou vhodnou inovací v textilním průmyslu pro výrobu multifunkčních povrchů. Opakovaná expozice běžných textilií UV záření způsobuje nežádoucí blednutí barev, ale také poškození molekulární struktury vlákna a celkové snížení mechanické odolnosti materiálu. Přidanou hodnotou textilních materiálů povrchově upravených filmem obsahujícím nanočástice ZnO je vedle UV absorpce také k zvýšení vodoodpudivých vlastností [35].

V současné době se jako slibné jeví využití antimikrobiálního účinku ZnO nanočástic [33] zejména proti gram-pozitivním bakteriím [19]. Antimikrobiální účinek ZnO nanočástic závisí na několika parametrech, jako je tvar a velikost nanočástic a na koncentraci a typu bakterií [33]. Antibakteriální aktivita je v literatuře popsána jako, aktivita, která je schopná zničit bakterii nebo inhibovat její růst [36]. Je nutno podotknout, že mechanismus antibakteriálního účinku ZnO nanočástic není v současné době přesně znám a je dále předmětem vědeckých výzkumů. Nicméně se předpokládá, existence několika mechanismů, kterými se biocidní účinek ZnO nanočástic projevuje. Jedna z hypotéz popisuje, že antibakteriální mechanismus působení ZnO nanočástic je dán paralelním výskytem několika jevů [33]:

1) ZnO nanočástice generují reaktivní formy kyslíku (ROS), které způsobují buněčné oxidační poškození [33]. Po expozici UV zářením dochází k tvorbě reaktivních forem kyslíku, jako je superoxidový anion, peroxid vodíku nebo hydroxylové ionty. Toxicita reaktivních forem kyslíku spočívá v tom, že způsobují destrukci buněčných komponent, jako jsou lipidy, DNA či proteiny a následný přesun ROS buněčnou stěnou [37].

2) Absorpcí Zn^{2+} iontů, která vede ke změnám v propustnosti bakteriální membrány; elektrostatickou interakcí mezi záporně nabitou bakteriální membránou a kationty Zn^{2+} [33]. Obecně lze říci, že dojde-li ke kontaktu nanočástic ZnO s buněčnou stěnou dochází k narušení její integrity [38,39].

Další studie, která se zabývá vývojem nosičů léčiv, využívá povrch nanostrukturního ZnO k nasycení kurkumínem. Kurkumín je chemopreventivní látka schopná indukovat buněčnou apoptózu, zejména u maligních buněk, a také inhibovat proliferaci černých nádorových buněk. Poté je léčivem nasycený ZnO zabudovaný do vhodného biodegradovatelného kopolymeru a může sloužit k léčbě rakoviny tlustého střeva [40].

Existuje mnoho alternativ, jak nanočástice ZnO vyrobit. Jedním z nově vyvíjených postupů je laserová ablace pevných látek v kapalném médiu. Výhodou této metody je jednoduchost, příznivá cena výroby a získání nanostruktur o velmi vysoké čistotě. Zároveň je možné použít jako kapalně médium organická rozpouštědla a není potřeba stabilizovat molekuly prostřednictvím ligandů [41]. Dalším v současné době vyvíjeným postupem je využití iontového paprsku. Tato technika výroby umožňuje přípravu složitých a přesných struktur včetně struktur trojrozměrných. Nevýhodou této metody se může jevit možná změna povrchových vlastností, ke kterým nevyhnutelně vlivem interakcí iontů dochází. Na druhou

stranu je nutné si uvědomit, že takováto modifikace materiálu nemusí být vždy nevýhodou, ale může s sebou přinést řadu nových vlastností, např. elektrických [42]. Postup výroby spadající do skupiny zelené syntézy využívá k výrobě nanočástic ZnO hydroelektrického článku bez použití elektrolytu nebo externího zdroje proudu. Hydroelektrický článek obsahoval nanoporézní lithium-feritové paletky obsahující hořčík, které byly v kontaktu s oběma elektrodami, zinkem jako anodou a stříbrem jako katodou. Povrch nasycený kationty spolu s kyslíkem a molekulami vody v nanoporézním ferritu se disociovaly na hydronium a hydroxidové ionty, když se hydroelektrický článek ponořil do destilované vody. Hydroxidové ionty migrovaly směrem k zinkové elektrodě za vzniku hydroxidu zinečnatého a hydronia. ZnO nanočástice se pak získaly zahřátím $\text{Zn}(\text{OH})_2$ na 250 °C [31]. Další postup pro výrobu nanočástic ZnO může být metodou sol – gel [33] nebo hydrotermální metodou z chloridu zinečnatého [43].

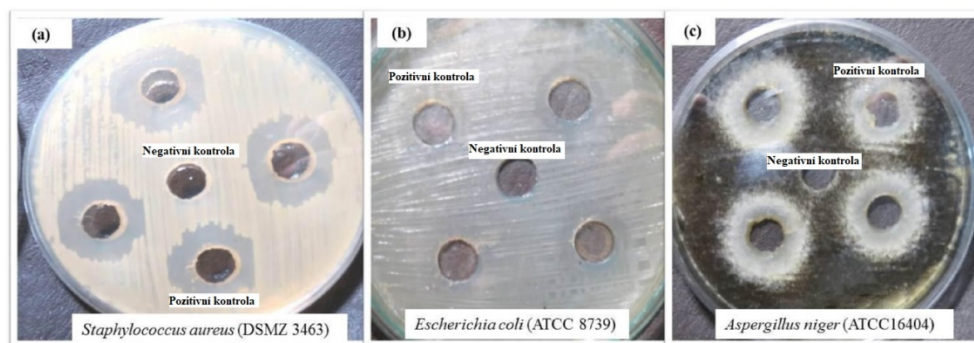
1.3 Syntéza nanokompozitních materiálů s obsahem nanočástic oxidu zinečnatého pomocí emulzní polymerace

1.3.1 Klasická emulzní polymerace

V posledních letech se u nás i ve světě věnuje velká pozornost přípravě polymerních materiálů, které je možné aplikovat napříč různými obory. Jednou ze zajímavých skupin polymerů jsou hybridní materiály tvořené polymerní a anorganickou složkou [44]. Oblíbenou metodou jejich přípravy je emulzní polymerace, o níž je detailněji pojednáváno v podkapitole *1.1.3. Emulzní polymerace*

Core–shell polyakrylátové nanokompozity modifikované nanočásticemi ZnO byly připraveny technikou in-situ emulzní polymerace [45]. Polyakrylát je často využívaný souhrnný název pro polymery a kopolymery kyseliny akrylové (KA) a kyseliny methakrylové (KMA). Mezi vlastnosti, kterými polyakryláty vynikají, patří odolnost vůči povětrnosti, stálost na světle a transparentnost. Výsledné vlastnosti polyakrylátu závisí na vlastnostech jednotlivých monomerů a molekulové hmotnosti. Polyakryláty mají v praxi široké využití, především jako nátěrové hmoty a vlákna [46]. Jádro nanokompozitního materiálu bylo tvořeno ZnO, obalová vrstva byla tvořena polyakrylamidem. ZnO nanočástice pro tuto syntézu byly zakoupeny od firmy Sigma-Aldrich. U získaného polymeru byly zkoumány jeho inhibiční účinky vůči korozi a jeho antimikrobiální aktivita vůči bakteriím *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas*, *Bacillus subtilis*, kvasince *Candida albicans* a plísní

Aspergillus niger [45]. Jednalo se o mikroorganismy, které nejčastěji způsobují tzv. nozokomiální infekce. Nozokomiální infekce jsou takové infekce, kterými jsou pacienti nakaženi v souvislosti s pobytem v nemocničním zařízení [47]. Získané nátěrové filmy vykazovaly vyšší účinnost inhibice koroze i značnou antimikrobiální aktivitu (obrázek 3) v závislosti na vzrůstající koncentraci ZnO nanočástic [45].

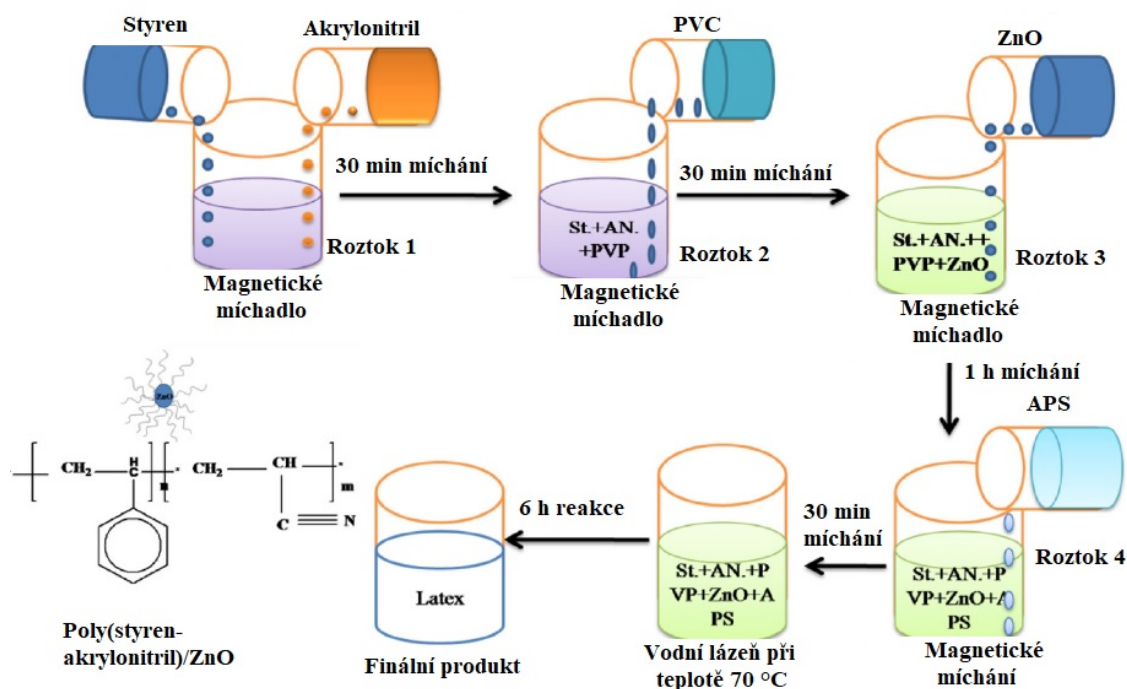


Obrázek 3 Ukázka testování antimikrobiální aktivity polyakryl/ZnO nanokompozitních materiálů [45]

Mechanismem emulzní polymerace byly syntetizovány latexové částice na bázi kopolymeru poly(methakrylové kyseliny (KMA)-ko-N-izopropylakrylamidu (NIPAAm)) modifikované nanočásticemi ZnO. Syntéza probíhala ve třech krocích. V prvním kroku byl syntetizován kopolymer poly(methyl methakrylát (MMA)-KMA). Druhým krokem byla polymerace KMA, NIPAAm a N,N'-methylbisakrylamidu (MBA) v přítomnosti kopolymeru poly(MMA-KMA). Výsledkem druhého kroku byly latexové částice tvořené lineárním kopolymerem poly(MMA-KMA) a sesítěným kopolymerem poly(KMA-NIPAAm), jejichž strukturu lze popsat jako core-shell. Poté byly získané latexové částice zahřívány v přítomnosti roztoku amoniaku za vzniku poly(KMA-NIPAAm) termosenzitivních latexových částic. Ve třetím kroku reagovaly latexové částice s nanočásticemi ZnO za vzniku konečného produktu. ZnO nanočástice určené pro tuto syntézu byly připraveny zahříváním dihydrátu octanu zinečnatého a ethylakoholu za stálého míchání magnetickým míchadlem. Poté, co směs dosáhla své reakční teploty, byl přidán roztok hydroxidu sodného rozpuštěného v ethanolu, který zreagoval se směsí za vzniku ZnO. Výhodou latexových částic modifikovaných nanočásticemi ZnO je, že částice mají odlišný fyzikální a chemický mechanismus UV-stínění v porovnání se samotnými nanočásticemi ZnO. Takovéto hybridní částice mohou nalézt využití v opalovacích krémech. Ačkoli samotné nanočástice ZnO mají výborné vlastnosti pro ochranu pokožky proti slunečnímu záření, často vyvolávají podráždění pokožky [48].

K syntéze nanokompozitů na bázi poly(MMA-ko-butylakrylátu (BA)) modifikovaných ZnO nanočásticemi byla použita ultrazvuková in-situ emulzní polymerace. Aplikace ultrazvuku v průběhu syntézy posílila nejen kinetiku reakce, ale i rovnoměrnou dispergaci nanočástic ZnO. Takto získané nanokompozity byly tepelně stálé a vykazovaly lepší optické a elektrické vlastnosti než běžně používané kompozity poly(MMA)/ZnO. ZnO nanočástice použité během syntézy byly připraveny ultrazvukovou hydrolyzou hydroxidu zinečnatého a následnou termickou dekompozicí hydroxidu zinečnatého na ZnO [49].

Potup in-situ emulzní polymerace byl rovněž použit i při syntéze superhydrofilního materiálu poly(styren-akrylonitril) modifikovaného ZnO nanočásticemi, který je zároveň schopný stínit UV záření (Obrázek 4). Nanočástice ZnO byly pro tuto syntézu připraveny koprecipitační metodou využívající hexahydrát dusičnanu zinečnatého jako prekurzor. Srážení prekurzoru bylo provedeno roztokem NaOH. Vzniklá sraženina byla čištěna a sušena v elektrickém vakuovém exsikatoru při laboratorní teplotě po dobu 24 hodin. Takto vzniklé nanočástice ZnO zastávaly funkci plniva při polymeraci monomerů styrenu a akrylonitrilu [50].



Obrázek 4 Schéma popisující syntézu poly(styren-akrylonitrilu)/ZnO [50]

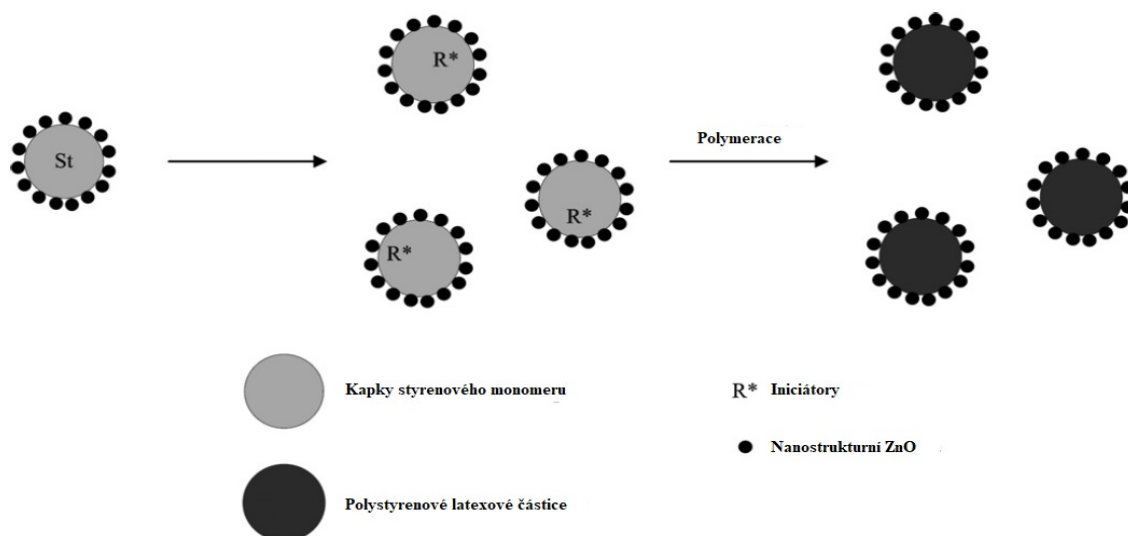
Dalším zajímavým polymerním latexovým nanokompozitem je poly(MMA-KMA)/poly(MMA-KMA-3,3(trimethoxysilil)propyl methakrylát (MPS))/ZnO, který byl syntetizován emulzní polymerací. Duté latexové částice core-shell struktury byly

získány zahříváním lineárního MMA-KMA a sesítěného MMA-KMA-MPS za přítomnosti amoniaku. V poslední fázi syntézy se pak nanočástice ZnO adsorbovaly na povrchu polymeru elektrostatickými interakcemi. U vzniklého nanokompozitního materiálu byl studován vliv pH na botnění polymeru. Ukázalo se, že zahřívání a stupeň sesítěnění mají vliv na výslednou morfologii dutých částic. Nanočástice ZnO byly pro tuto syntézu připraveny zahříváním dihydrátu octanu zinečnatého a ethylalkoholu v rozmezí 50 – 60 °C za neustálého míchání magnetickým míchadlem. Po zchlazení směsi na laboratorní teplotu byl přidán roztok ethylalkoholu, ve kterém byl rozpuštěn hydroxid sodný. Poté NaOH reagoval se směsí za vzniku ZnO nanočástic [51].

1.3.2 Pickeringova emulzní polymerace

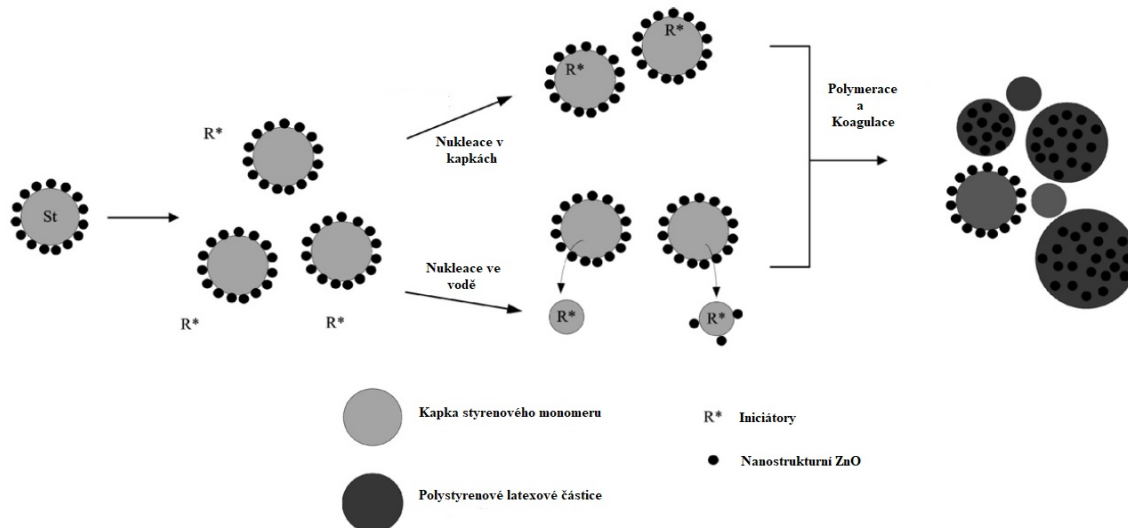
Dalším atraktivním postupem pro přípravu polymerních částic kombinovaných s anorganickými materiály je Pickeringova emulzní polymerace [44]. Latexy, které jsou vyrobeny mechanismem Pickeringovy emulzní polymerace, jsou stabilizovány pevnými částicemi, které jsou adsorbovány na rozhraní oleje a vody a chrání kapičky emulze proti flokuaci a koalescenci stérickou bariérou [52]. Takto získané latexy jsou charakteristické vysokou koloidní stabilitou [53]. Stabilita Pickeringových emulzí je dána extrémně vysokou energií, která by byla potřebná k oddělení částic od typického rozhraní olej/voda [54]. Stabilizace prostřednictvím pevných částic je vítaná v případech, kde není vhodné ke stabilizaci používat povrchově aktivních látek, což je oblast potravinářského a farmaceutického průmyslu, ale i kosmetiky [55]. Další výhodou takto připravených Pickeringových latexů je nižší toxicita, nižší výrobní náklady a nižší náchylnost k pění ve srovnání s tradičními latexy, které jsou stabilizovány pomocí povrchově aktivních látek [56].

Mechanismem Pickeringovy emulzní polymerace byly syntetizovány kompozitní částice ZnO/polystyren. Nanočástice ZnO plnily roli surfaktantu a adsorbovaly se na povrchu polystyrenových částic. Nanočástice ZnO, použité pro tuto syntézu, byly nejprve připraveny reakcí octanu zinečnatého a NaOH v ethanolovém médiu. Poté bylo ve vodě emulgováno různé množství monomeru styrenu v přítomnosti nanočástic ZnO. Emulgace probíhala za pomoci mechanického míchání nebo ultrazvuku a byla následována polymerací styrenu. Byly použity dva druhy iniciátorů, azobisisobutyronitril (AIBN) a persulfát draselný (KPS). Po použití odlišných iniciátorů byly pozorovány změny v morfologii získaných kompozitních materiálů. Reakce, u které byl jako iniciátor použit AIBN (Obrázek 5), který má hydrofobní povahu, vedla k výsledné struktuře kompozitu v tzv. core-shell uspořádání, kdy polystyren tvořil jádro a nanočástice ZnO obalovou vrstvou [57].



Obrázek 5 Mechanismus Pickeringovy emulzní polymerace ZnO a polystyrenu iniciovaná AIBN [57]

Reakcí, u které byl jako iniciátor použit KPS (Obrázek 6), jehož povaha je hydrofilní, byly v systému přítomny jako kompozitní částice core-shell struktury, které obsahovaly enkapsulovaný ZnO a zároveň i čisté polystyrenové částice. Nukleace polymerních částic tedy neprobíhala pouze v kapkách monomeru, ale také ve vodné fázi [57].

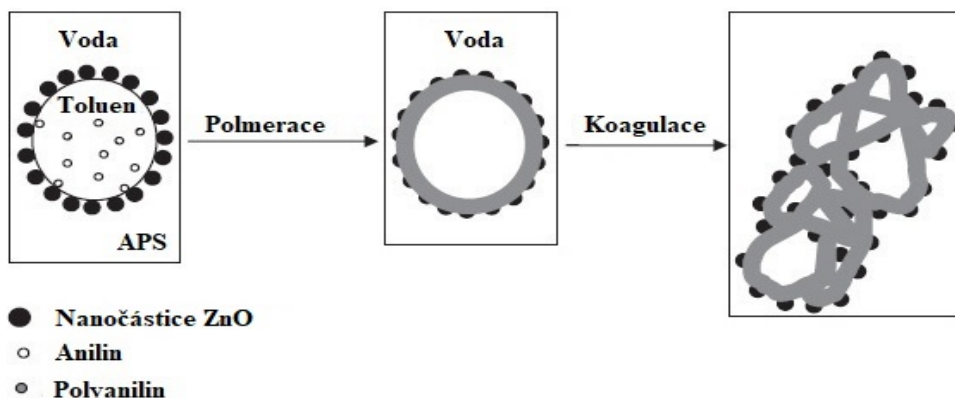


Obrázek 6 Mechanismus Pickeringovy emulzní polymerace ZnO a polystyrenu iniciovaná KPS [31]

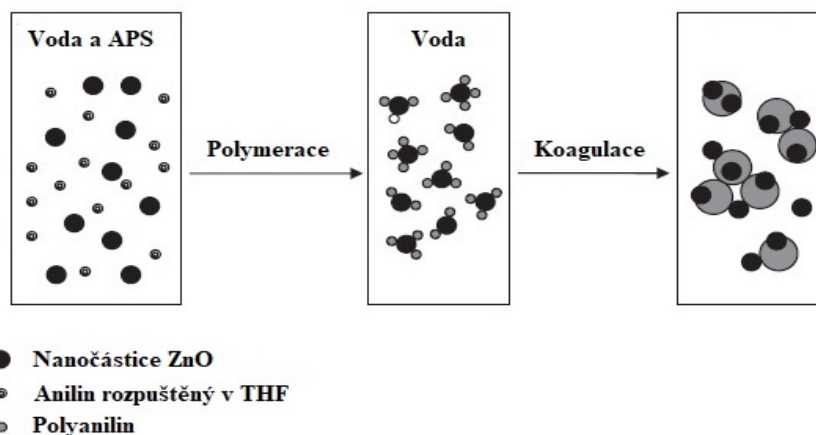
Výše uvedený mechanismus byl využit i pro syntézu latexových kompozitních částic polyanilin/ZnO. Pro polymeraci anilinu byly použity dva typy olejových fází, toluen a tetrahydrofuran. Nanočástice ZnO plnily funkci stabilizujícího surfaktantu. Stabilizační účinnost nanočástic závisí na jejich tvaru, velikosti a obsahu hydrofilních skupin. Stabilita Pickeringových emulzí však závisí i na poměru olejové a vodné fáze. Pokud je poměr příliš malý, olejová fáze je kompletně rozpuštěna. Na druhou stranu pokud je poměr příliš velký,

kapky monomeru jsou agregovány. Byly sledovány dva mechanismy růstu latexových kompozitních částic v závislosti na poměru olejové fáze [58].

V prvním případě byl jako olejová fáze použit toluen (Obrázek 7), který je relativně ve vodě nerozpustný. Získány byly duté hybridní částice s nepravidelným povrchem a velikostí 200 – 700 nm. V druhém případě byl použit jako olejová fáze THF (Obrázek 8), který je ve vodě rozpustný. Získány byly sférické latexové částice, které obsahovaly ZnO. To bylo způsobeno homogenní nukleací polyanilinu ve vodné fázi. Jako oxidační činidlo byl použit peroxidisíran amonný. Nanočástice ZnO byly připraveny precipitační syntézou z vodného roztoku dihydrátu oxidu zinečnatého. Vznikly nanočástice o rozměrech 50 – 100 nm tvaru mnohostěnu. Polyanilin je s oblibou vyhledávaný polymer, především díky jeho poměrně jednoduché syntéze, ale i díky jeho environmentální stabilitě. Získané kompozitní částice byly použity jako pufrující činidlo pro textilní aplikace [58].



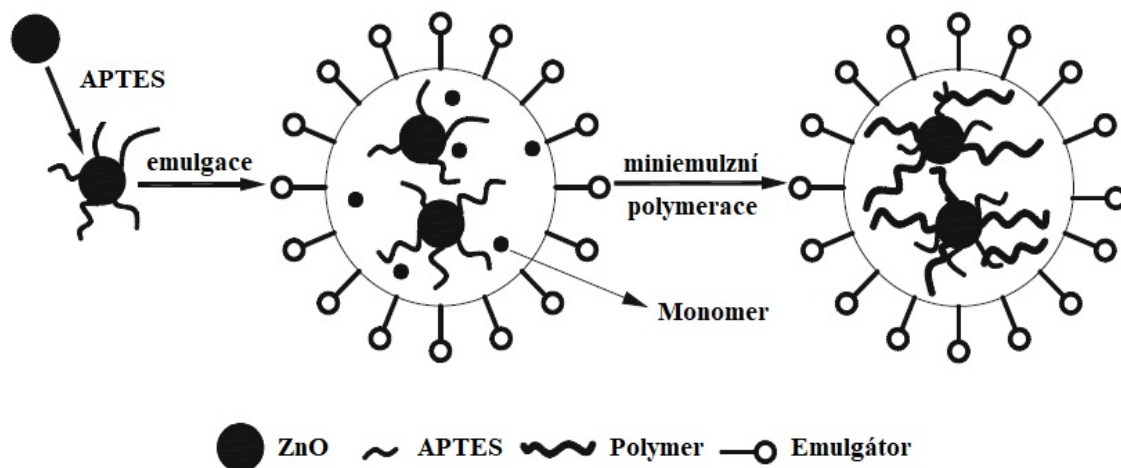
Obrázek 7 Mechanismus Pickeringovy emulzní polymerace anilinu, která využívá toluen jako olejovou fázi [58]



Obrázek 8 Mechanismus Pickeringovy emulzní polymerace anilinu, která využívá THF jako olejové fáze [58]

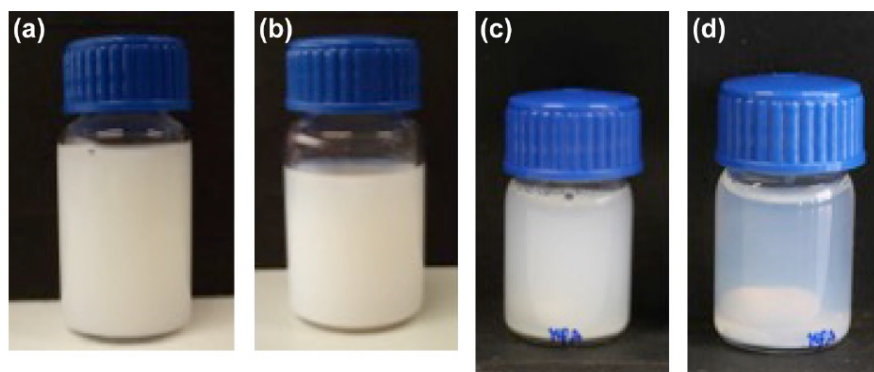
1.3.3 Miniemulzní polymerace

Miniemulzní polymerace je poměrně novým typem polymerační techniky, kdy k polymeraci dochází v mikrokapkách monomeru, který je emulgován pomocí poměrně velkého množství tenzidů [8]. Mechanismem miniemulzní polymerace byly syntetizovány polymerní latexové částice polystyrenu (PS) modifikované nanočásticemi ZnO (Obrázek 9). Polymerace probíhala v přítomnosti síťovacího činidla, kterým byl 3-aminopropyltriethoxysilan (ATPES) a hydrofobního hexadekanu. ZnO byl enkapsulovaný v polymerní fázi. Nanočástice ZnO byly v miniemulzi před samotnou polymerací dispergovány ultrazvukem. Nanočástice ZnO, které byly při syntéze použity, byly zakoupeny od Zhejiang Zhousman Mingri Nanometer Materials Co. Ltd, Čína. Nanočástice byly smíchány s methanolem nebo směsí vody a ethanolu. Směsi se vždy lišily množstvím ATPES v systému. Sledovala se účinnost zapouzdření ZnO nanočástic v miniemulzních kapkách. Bylo zjištěno, že účinnost zapouzdření nanočástic v miniemulzních kapkách byla pouze 30 %, což jasně naznačovalo, že většina nanočástic ZnO migrovala během průběhu minuemulsifikace ze styrenové fáze do vodní fáze. To ilustruje, že nanočástice vykazovaly hydrofilnost a je nutné modifikovat jejich povrchové vlastnosti, aby došlo k dokonalému rozptýlení nanočástic v monomerních kapičkách. Množství enkapsulovaných nanočástic se zvyšovalo se vzrůstající koncentrací ATPES. Účinná dispergace nanočástic v nátěrovém filmu vede ke zlepšení jeho vlastností. Získané latexové nanokompozity vykazovaly dobré antibakteriální účinky. Antibakteriální účinky byly testované u dvou typů bakterií *Staphylococcus aureus* a *Escherichia coli* za světla i za tmy. Výsledky ukázaly, že nátěrové filmy již s obsahem 3 % ZnO zahubily za světla 99 % obou typů testovaných bakterií. Za tmy dosáhly stejného výsledku nátěrové filmy, které obsahovaly 5 % ZnO. Je patrné, že za světla se u nátěrových filmů zvýšila intenzita antibakteriálního účinku [59].

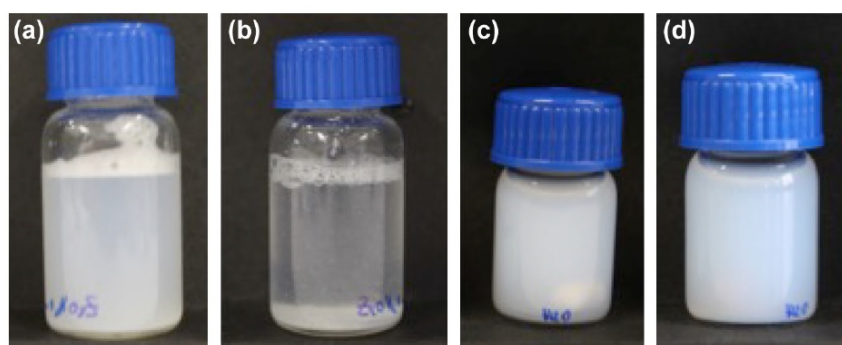


Obrázek 9 Mechanismus syntézy polystyrenového latexového kompozitu modifikovaného ZnO [59]

Nanohybridní vodní pojivo s efektivně inkorporovanými nanočásticemi ZnO bylo syntetizované buď prostým míšením nebo metodou miniemulzní polymerace. Záměrem syntézy bylo vyvinout takové nanohybridní pojivo, které bude vykazovat účinnou ochranu oceli proti korozi. Vlastnosti získaného nanohybridního pojiva byly porovnávány vůči vlastnostem čistého vodního pojiva. Vzhledem k tomu, že akrylátové latexové nátěry mají dobré filmotvorné vlastnosti a jsou ekologicky šetrné, jsou atraktivní volbou pro různé inovativní postupy. Ochrana životního prostředí je i důvodem, proč jsou v současné době vyhledávány pojiva na vodní bázi, kde je obsah těkavých organických látek (VOC) velmi nízký. Během syntézy byly do řetězce polymeru zaváděny atomy fluoru s cílem zlepšit jednosměrné bariérové vlastnosti proti propustnosti vody. Fluor má hydrofobní charakter a je dokázané, že polymery s jeho obsahem vykazují velmi zajímavé vlastnosti, jako jsou nízká povrchová energie, odolnost proti povětrnosti, dobrá odolnost vůči rozpouštědlům, tepelná stabilita, ale i účinná ochrana proti korozi, díky nízké polarizaci a silné elektronegativitě fluoru. Použitými monomery byly MMA, BA, 1H,1H,2H,2H-perfluorooctyl akrylát. Použitým emulgátorem byl dodecyl difenyloxid disulfonát a iniciátorem byl AIBN. Disperze hydrofilních a hydrofobních nanočástic s koncentrací 40 hm. % ZnO byla zakoupena od ATLANTA, Německo. Hydrofobní částice byly dispergovány v methoxypropylen acetátu, hydrofilní ve vodě. Hydrofobní směs ZnO pak byla dispergována ve vodě i monomerní směsi. Ukázalo se, že disperze ve vodě nebyla stabilní, naopak směs v monomerní disperzi stálá byla (Obrázek 10). Na druhou stranu hydrofilní směs ZnO nebyla stabilní v monomeru, ale byla stabilní ve vodě (Obrázek 11). Rovněž se ukázalo, že lepší ochrany proti korozi došlo u nátěrových filmů, u nichž bylo docíleno enkapsulace nanočástic ZnO během polymerace než u nátěrových filmů vzniklých prostým míšením [60].

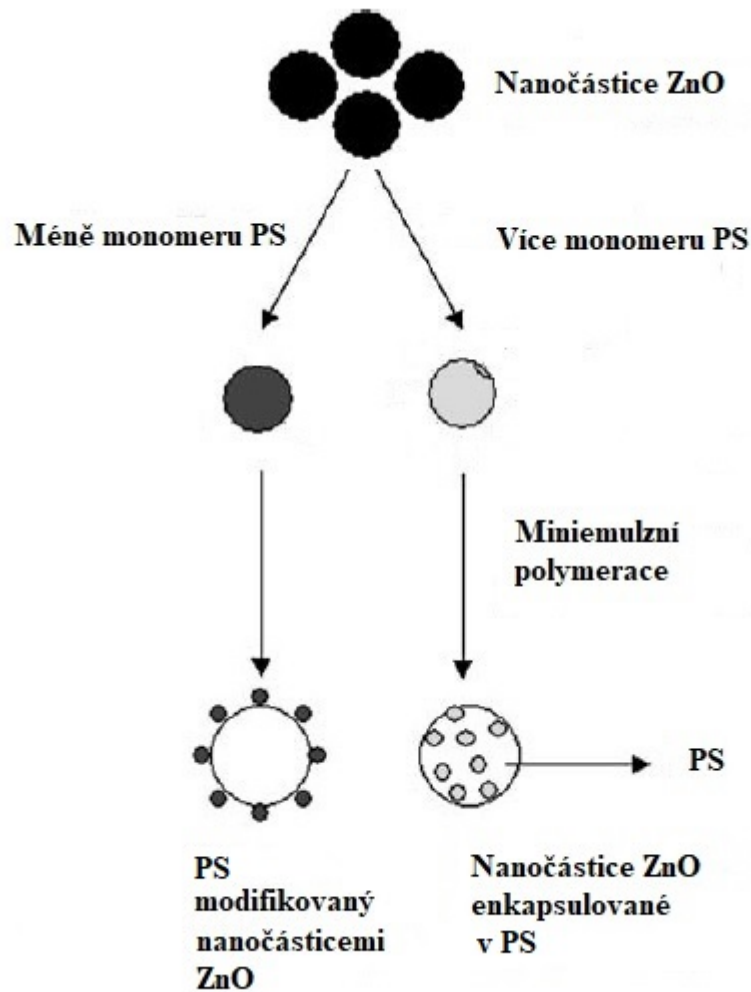


Obrázek 10 Disperze hydrofobních ZnO v monomerní směsi po 0h (a) a 24h (b) a ve vodě po 0h (c) a 24h (d) [60]



Obrázek 11 Disperze hydrofilních ZnO v monomerní směsi po 0h (a) a 24h (b) a ve vodě po 0h (c) a 24h (d) [31]

Dalším z nanohybridních organicko/anorganických materiálů, které jsou tepelně stabilní, mechanicky odolné a mají optické vlastnosti vhodné pro tvorbu filmu, jsou ZnO/PS mikrosféry. Struktura hybridních mikrosfér byla core-shell. ZnO/PS byl vyroben technikou heterofázové polymerace v mikroemulzi. Jako funkční kopolymer zvyšující povrchovou polaritu nanostrukturního ZnO byl použit 3-(trimethoxysilyl)-propyl methakrylát (MPS). Polaritu ZnO bylo potřeba zvýšit, aby se zabránilo vodě potlačovat luminiscentní vlastnosti ZnO. ZnO nanočástice potřebné k syntéze byly připraveny z roztoku dihydrátu octanu zinečnatého v ethanolu. Jako iniciátor radikálové reakce byl použit AIBN. V rámci studie vznikly dva typy morfologie hybridních mikrosfér: core-shell a ZnO enkapsulované PS (Obrázek 12) [61].



Obrázek 12 Mechanismus syntézy ZnO/PS core-shell hybridních mikrosfér [61]

1.4 Nozokomiální infekce

Nozokomiální infekce jsou definovány jako infekce, které byly získané v nemocničním prostředí [62]. V praxi je za nozokomiální infekci považována taková infekce, která se u pacienta vyvine do 48 hodin po jeho hospitalizaci v nemocničním zařízení, 3 dny po propuštění pacienta do domácího léčení, nebo infekce, která se u pacienta vyvine do 30 dnů od operace [63]. Tyto infekce jsou zodpovědné za zvýšení morbidit, mortality a s tím souvisejícího prodloužení pobytu v nemocnici. Představují tudíž vážný problém současné zdravotní péče [64]. Nozokomiální infekce mohou být bakteriálního, virového i mykotického původu [63]. Způsob kolonizace pacienta potenciálně patogenními mikroorganismy je buď exogenního, nebo endogenního původu. Hlavním endogenním zdrojem je gastrointestinální trakt a močové cesty hostitelského organismu. Exogenním zdrojem jsou pak zdravotníci, návštěvy či kontaminovaná zařízení [65]. Nejčastějšími původci nozokomiálních infekcí jsou:

Staphylococcus aureus, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium difficile* [66,67] *Acinetobacter baumani* [68,69] a *Escherichia coli* [70], jedná se o vysoce rezistentní bakterie [71]. Nejčastější infekce jsou oběhové sepse z cévních katétrů, infekce v místě chirurgického zákroku, pneumoniové infekce spojené s používáním plicního ventilátoru, záněty pobříšnice a další [72].

Výskyt nozokomiálních infekcí se zvyšuje, což může souviset se stárnutím populace. Nicméně nozokomiální infekce představují značné riziko i v pediatrii a neonatologii velmi vysoká incidence je pozorována u novorozenců s nízkou porodní váhou [73]. Rizikové faktory, které zvyšují možnost infekce, lze rozdělit do tří skupin (Tabulka 1): 1) základního zdravotního stavu pacienta, 2) procesu akutního onemocnění a 3) léčby či invazivních postupů [65].

Tabulka 1 Rizikové faktory zvyšující možnost nozokomiální infekce [65]

Související se základním zdravotním stavem	Související s akutním onemocněním	Souvisí s léčbou nebo invazivními postupy
pokročilý věk	chirurgická operace	endotracheální intubace
podvýživa	trauma	cévní žilní katetrizace
alkoholismus	popáleniny	transfúze krve
chronické plicní onemocnění		nedávná antimikrobiální léčba
diabetes		imunosupresivní léčba

Faktory, které předurčují k infekci, mohou působit lokálně nebo systémově. Příkladem může být snížení obranných mechanismů způsobující destrukci kožních nebo slizničních vrstev u pacientů s popáleninami nebo snížení produkce mukocinální sliznice po endotracheální intubaci [65].

Ze studie Loftuse a kol. [74] vyplývá, že v případě krevní transfúze pocházející od staršího dárce je výrazně zvýšený výskyt možné nozokomiální infekce, zvláště je-li určena pro starší příjemce. Významná část infekčních onemocnění získaných v nemocničních zařízeních je výsledkem kontaminace pacienta dotykem nechráněné ruky. Účinnou ochranou pře tímto druhem jsou rukavice. Samozřejmě i navzdory použití ochranné rukavice, může ke kontaminaci patogenem dojít například vlivem mechanického poškození ochranné pomůcky. V případě, že personál, rukavice nepoužívá, je nezbytné dodržovat hygienu rukou, nejlépe použitím dezinfekčního prostředku [75]. Šíření patogenů dotykem ruky je možné i prostřednictvím mobilního telefonu. Mobilní telefony jsou ideální základnou pro bakterie, které se zároveň dotýkáme holýma rukama. Doporučení pro pacienty zní opět dodržovat přísnou hygienu a to před i po použití mobilního telefonu v rámci preventivního opatření [76].

Jak je z Tabulky 1 patrné, dalším možným způsobem šíření nozokomiální infekce je použití cévní katetrizace [77,78]. Cévní katetr je jedním z nejčastěji používaných zařízení v nemocnici. V Evropě je katetr použit až u 55 % hospitalizovaných pacientů. Nežádoucím účinkem spojeným s jeho užíváním je infekce krevního oběhu, která způsobuje vysokou mortalitu. Charakter oběhové infekce se liší podle místa vložení katetru. Vyšší výskyt infekcí je zaznamenán u centrálních žilních katetrů než u periferních žilních katetrů. Nejčastějším původcem infekce z katetrů je *Staphylococcus aureus* a *Candida spp* [78].

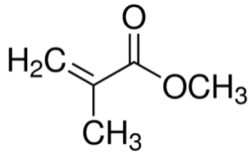
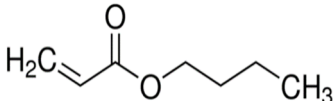
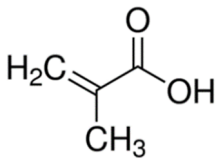
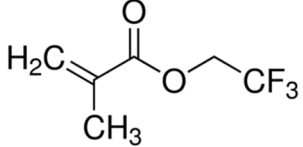
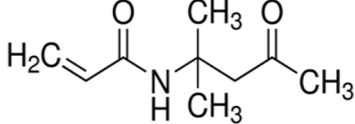
Včasné rozpoznání pacientů s vysokým rizikem nozokomiální infekce hraje velmi důležitou roli pro zavedení preventivních opatření proti infekci [69]. Dále je vyvíjena snaha o snížení bakteriální rezistence [68].

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Přehled použitých chemikálií

K syntéze vodou ředitelných samosíťujících polymerních disperzí byly použity tyto monomery: methylnmethakrylát (MMA), *n*-butylakrylát (BA), kyselina methakrylová (KMA), 2,2,2-trifluorethylmethakrylát (TFEMA) a diacetonakrylamid (DAAM) (Tabulka 2). Jako síťující činidlo byl použit dihydrazid kyseliny adipové (ADH). Dále byl použit emulgátor Disponil FES 993. Iniciátorem polymerace byl peroxidisíran amonný. Do vodou ředitelných monomerních disperzí byl zabudován nanostrukturní oxid zinečnatý a komerční disperze nanostrukturního oxidu zinečnatého Nano-ZnO 1137/208.

Tabulka 2 Zkratky a strukturní vzorce monomerů

Monomer	Zkratka	Vzorec	Výrobce
methylnmethakrylát	MMA		Sigma-Aldrich s.r.o.
<i>n</i> -butylakrylát	BA		Sigma-Aldrich s.r.o.
kyselina methakrylová	KMA		Sigma-Aldrich s.r.o.
2,2,2-trifluorethylmethakrylát	TFEMA		Sigma-Aldrich s.r.o.
diacetonakrylamid	DAAM		Sigma-Aldrich s.r.o.

Tabulka 3 Vlastnosti monomerů

Monomer	M [g/mol]	Teplota varu [°C]	CAS číslo
MMA	100,12	100	80-62-6
BA	128,17	147	141-32-2
KMA	86,09	163	79-41-4
TFEMA	168,11	59	352-87-4
DAAM	169,22	120	2873-97-4

2.2.1 Stručná charakterizace ostatních použitých látek a chemikálií

Disponil FES 993

emulgátor: anionaktivní tenzid na bázi sodné soli alkylarylpolyethylenglykoether sulfátu,

pH: 7 – 8,5

hustota: 1,1 g.cm⁻³

výrobce: BASF Inc. (CAS No.: 68891-38-3)

Peroxodisíran amonný (NH₄)₂S₂O₈

iniciátor – obsah aktivní složky: 99,9 % - molární hmotnost: 228 g.mol⁻¹

výrobce: Lach-Ner s.r.o. (CAS No.: 7727-54-0)

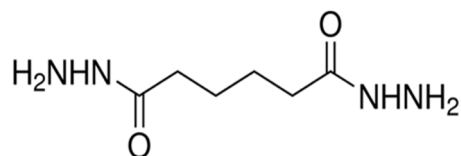
Dihydrazid kyseliny adipové (ADH)

síťovadlo – ADH – síťovací činidlo specifické pro aldehydy a ketony

a vedoucí k relativně stabilní hydrazoniové vazbě.

Molární hmotnost: 174,2 g/mol, bod tání 176 – 185 °C.

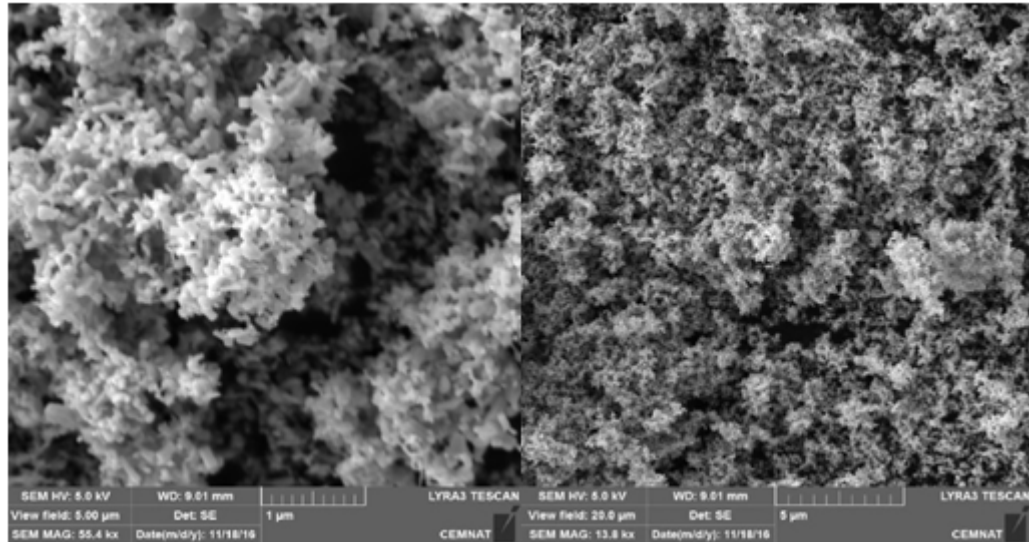
výrobce: Sigma-Aldrich s.r.o. (CAS No.: 71071-93-8)



Nanostrukturální oxid zinečnatý (ZnO)

čistota: 99 % - velikost částic: < 100 nm

výrobce: Alfa Aesar (CAS No.: 1314-13-2)



Obrázek 13 Morfologie nanočástic ZnO zobrazena skenovacím elektronovým mikroskopem při různém zvětšení

Disperze nanostrukturálního oxidu zinečnatého (ZnO 1137/208)

velikost částic: < 44 nm

obsah ZnO: 35 hm. %

výrobce: Bochemie a.s.

Živný agar MPA

složení: masový pepton, hovězí extrakt, chlorid sodný, agar

výrobce: HiMedia, Indie (M001-500g šarže: LOT 0000198166)

Živný agar MALT

složení: sladový extrakt, agar

výrobce: HiMedia, Indie (M253-500G šarže: LOT 0000135985)

Fyziologický roztok

složení: 8,5 g NaCl/1000 ml destilované vody

výrobce: Lach-Ner, ČR

Neutralizátor

složení: trypton, sójový pepton, chlorid sodný, L-cystin, siřičitan sodný, glukóza, lecitin, Triton X-100

výrobce: HiMedia, Indie

Tween 80

složení: polysorbát 80

výrobce: HiMedia, Indie

Tween 20

složení: polysorbát 20

výrobce: HiMedia, Indie

2.2.2 Postup syntézy latexů

Byly připraveny 3 řady samosíťujících disperzí polymerních částic na bázi methylnmethakrylátu a butylakrylátu jako hlavních monomerů, lišící se koncentrací 2,2,2-trifluorethylmethakrylátu v polymeru a obsahem nanostrukturního ZnO ve vodné fázi. K syntéze latexů byla použita technika emulzní polymerace.

Technologický postup výroby samosíťujících vodných disperzí obsahujících polymerní částice a nanostrukturní ZnO byl následující. Do reakční nádoby byly postupně předloženy reakční složky podle receptury v Tabulkách 4 a 5.

Nejprve byla do reakční nádoby předložena destilovaná voda, emulgátor a iniciátor. Syntéza probíhala ve třech krocích. V prvním kroku bylo po dosažení polymerační teploty 85 °C spuštěno přikapávání emulze monomerů určených pro syntézu polymeru I. Přikapávání probíhalo po dobu 60 minut. Ve druhém kroku proběhla dopolymerace polymeru I. Tento krok trval 15 minut. Ve třetím kroku byla opět přikapávána po dobu 60 minut emulze monomerů, určených pro syntézu polymeru II, nesoucí perfluorované skupiny a reaktivní keto-skupiny. Nanostrukturní ZnO byl inkorporován do vodné disperze ve fázi syntézy polymeru II tak, že nejprve byl dispergován v destilované vodě obsahující emulgátor a ponechán po dobu 20 minut v ultrazvuku. Vlastní dispergace pak byla provedena pomocí dispergátoru T18 digital ULTRA TURRAX (IKA Works, Německo) při 14 000 ot./min po dobu minimálně 20 minut. Tímto způsobem byla vytvořena vodná suspenze nanostrukturního ZnO, do níž byly přidány monomery určené k tvorbě polymeru II. Mícháním vznikla

monomerní emulze obsahující nanostrukturní ZnO, která byla dávkována do reakční nádoby. Po dokončení příkupu byl reakční systém ponechán k dopolymerování po dobu 120 minut.

Po ukončení polymerace byl výsledný latex za neustálého míchání ochlazován pod inertní atmosférou až na teplotu 25 °C. Poté byl přefiltrován a uskladněn v polyethylenové lahvi.

Teoretický obsah sušiny polymerních disperzí byl 39 hm. %. pH disperzí bylo upraveno na hodnotu 8,5 pomocí 10% vodného roztoku amoniaku. Samosítující vodné disperze vznikly po přidavku 1,25 g ADH ve formě 10% vodného roztoku (byl zachován molární poměr DAAM:ADH = 2:1)

Tabulka 4 Složení polymeračního systému

Násada do reaktoru	[g]
voda	27,5
Disponil FES 993 IS	0,25
roztok peroxodisíranu amonného (0,2 g (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ + v 7,5 ml vody); přidá se po vyhřátí násady v reaktoru na 85 °C	7,7
Emulze monomerů – Polymer I	[g]
voda	40
Disponil FES 993 IS	3,7
Monomery I	50
roztok peroxodisíranu amonného (0,2 g (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ + v 7,5 ml vody)	7,7
Emulze monomerů – Polymer II	[g]
voda	65
Disponil FES 993 IS	3,7
Monomery II	50
roztok peroxodisíranu amonného (0,2 g (NH ₄) ₂ S ₂ O ₈ + v 7,5 ml vody)	7,7

Tabulka 5 Složení samosíťujících vodných polymerních disperzí lišících se koncentrací TFEMA v latexových částicích a obsahem nanostrukturního ZnO ve vodné fázi

Vzorek	Násada monomerů [g] TFEMA/MMA/BA/KMA/DAAM/ZnO	
	Polymer I	Polymer II
<i>Řada A: Polymery bez obsahu TFEMA ve struktuře polymeru II</i>		
A0	0/21/26,5/2,5/0/0	0/20,5/26/1/2,5/0
A1	0/21/26,5/2,5/0/0	0/20,5/26/1/2,5/1
A2	0/21/26,5/2,5/0/0	0/20,5/26/1/2,5/2
A3	0/21/26,5/2,5/0/0	0/20,5/26/1/2,5/3
<i>Řada B: Polymery s 20% obsahem TFEMA ve struktuře polymeru II</i>		
B0	0/21/26,5/2,5/0/0	10/12/24,5/1/2,5/0
B1	0/21/26,5/2,5/0/0	10/12/24,5/1/2,5/1
B2	0/21/26,5/2,5/0/0	10/12/24,5/1/2,5/2
B3	0/21/26,5/2,5/0/0	10/12/24,5/1/2,5/3
<i>Řada C: Polymery s 40% obsahem TFEMA ve struktuře polymeru II</i>		
C0	0/21/26,5/2,5/0/0	20/3,5/23/1/2,5/0
C1	0/21/26,5/2,5/0/0	20/3,5/23/1/2,5/1
C2	0/21/26,5/2,5/0/0	20/3,5/23/1/2,5/2
C3	0/21/26,5/2,5/0/0	20/3,5/23/1/2,5/3

Dále byla vytvořena řada latexů D (Tabulka 6). Jako výchozí latex pro řadu D byl vybrán latex C0, který obsahuje ve struktuře polymeru II 39 hm. % TFEMA, protože vykazoval nejlepší vlastnosti. Řada D poté vznikla externím přídavkem komerčně využívané disperze nano-ZnO 1137/208 (v různých koncentracích) do latexu C0.

Tabulka 6 Obsah nanostrukturního ZnO ve struktuře nátěrových filmů řady D vytvořené externím přídavkem komerčně využívané disperze nano-ZnO 1137/208 do latexu C0

název	obsah ZnO v nátěrovém filmu [hm. %]	hmotnost nano-ZnO 1137/208 disperze [g]	Hmotnost latexu C0 [g]
D1	1	0,90	80
D2	1,5	1,63	80
D3	3	2,71	80
D4	5	4,50	80
D5	7	6,32	80

U připravených samosíťujících disperzí byl stanoven obsah koagulátu, viskozita, minimální filmotvorná teplota (MFT) a koloidní stabilita disperze.

Připravené samosíťující disperze byly dále aplikovány na skleněné desky a panely z uhlíkaté oceli (tloušťka mokrého filmu 120 μm) a odlity do silikonových forem (tloušťka mokrého filmu přibližně 1200 μm). Pro každý latex, včetně latexů řady D, byly zhotoveny nátěry na čtyři velké skleněné desky, jednu černou skleněnou desku, dva úzké a dva široké panely z uhlíkaté oceli. Nátěrové filmy byly ponechány k vysychání v klimatizované

místnosti při teplotě 23 °C po dobu 30 dnů. Poté byly nátěry na skleněných deskách testovány z hlediska tloušťky, tvrdosti, odolnosti vůči působení methylethylketonu, lesku, vzhledu, povrchové tvrdosti pomocí tužek, adheze mřížkovou zkouškou, odolnosti vůči chemikáliím, transparentnosti a citlivosti vůči působení vody – doba expozice nátěru vodě byla 1 hodina a 1 den.

Nátěry na panelech z uhlíkaté oceli byly testovány z hlediska tloušťky, lesku, adheze mřížkovou zkouškou, mechanické odolnosti ohybovou zkouškou, hloubením, zkouškou padajícího závaží a odolnosti vůči bleskové korozi.

V případě latexů řady A, B a C byl u nátěrových filmů odlitých do silikonové formy sledován podíl nanostrukturního ZnO pomocí stanovení obsahu popela a obsahu Zn pomocí metody emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-OES). Dále byla sledována absorpce vody, extrahovatelný podíl a teplota skelného přechodu. Rovněž byly hodnoceny povrchové vlastnosti nátěrových filmů vzhledem k obsahu 2,2,2-trifluorethylmethakrylátu v emulzním kopolymeru, obsahu nanostrukturního ZnO a vzhledem k vnějším podmínkám působícím při zasychání nátěru pomocí optické tenziometrie.

Hodnoceny byly také antibakteriální účinky nátěrových filmů vůči bakteriím *Staphylococcus aureus* CCM 2022, *Pseudomonas aeruginosa* CCM 3955, *Escherichia coli* CCM 3954 a antifungální účinky nátěrových filmů vůči plísním *Penicillium chrysogenum* CCM 8034 a *Aspergillus brasiliensis* CCM 8222.

2.3 Použité metody

2.3.1 Stanovení obsahu koagulátu

Koagulát je sraženina, která může vzniknout z disperze v průběhu polymerace. Polymerací vzniklá disperze byla prolita jemným sítem, na kterém zůstal oddělený koagulát. Ten byl vysušen v sušárně a zvážen. Obsah koagulátu byl vypočten podle vztahu (1).

$$\text{obsah koagulátu [\%]} = \frac{m_{\text{koagulátu}}}{\frac{\text{sušina [\%]}}{100} \cdot m_{\text{emulze}} + m_{\text{koagulátu}}} \cdot 100 \quad (1)$$

2.3.2 Stanovení pH

Hodnoty pH vodných suspenzí byly stanoveny podle normy ČSN EN ISO 787-9. V úvodu měření byl pH metr nakalibrován prostřednictvím pufrů. Elektroda byla opláchnuta destilovanou vodou a otřena filtračním papírem. Osušená elektroda byla ponořena do vzorku vodné disperze. Vzorek byl promíchán a po ustálení potenciálu odečtena hodnota. Elektroda byla oplachována před každým dalším měřením.

2.3.3 Stanovení obsahu sušiny

Obsah sušiny byl stanoven podle normy ČSN EN ISO 3251. Stanovení sušiny, neboli hmotnostní podíl netěkavé složky, se provádí nepřímo. Obsah těkavé složky se obvykle stanoví sušením vzorku při zvýšené teplotě v sušárně. Do čisté, vysušené a alobalem vyložené misky byl odvážen 1 g vzorku s tolerancí $\pm 0,2$ g. Miska se vzorkem byla vložena do sušárny, která byla předem vytemperována na teplotu 105 °C, a ponechána po dobu 60 minut. Stanovení bylo provedeno u každého vzorku ve třech měřeních. Jako výsledná hodnota pak byl brán jejich aritmetický průměr. Obsah sušiny byl vypočten podle vztahu (2).

$$sušina [\%] = \frac{m_{\text{hmotnost vzorku po vysušení [g]}}}{m_{\text{hmotnost vzorku před vysušením [g]}} \cdot 100 \quad (2)$$

2.3.4 Stanovení zdánlivé viskozity dle Brookfielda

Stanovení zdánlivé viskozity podle Brookfielda bylo prováděno podle normy ČSN ISO 2555. Viskozita byla měřena prostřednictvím rotačního viskozimetru (Brookfield Engineering Laboratories, USA) s vřetenem LV 1–4. Měřená viskozita závisí na rychlostním gradientu, jemuž je vzorek během měření vystaven. Rychlost rotace vřetena byla nastavena na 100 ot./min. Hodnoty byly odečítány z displeje přístroje. Každé měření bylo prováděno 3x. Výslednou hodnotou byl pak jejich aritmetický průměr.

2.3.5 Stanovení vzhledu nátěrových filmů

Vzhled nátěrových filmů byl hodnocen na skleněných deskách. Nátěrová vrstva byla vytvořena nanásecím pravítkem s výškou štěrby 120 μm . Na nátěrovém filmu byl hodnocen, zákal (Z), bubliny (B), částice (C), povrch (P), podle definované stupnice.

Tabulka 7 Stupnice k hodnocení nátěrů

Zákal		Bubliny		Částice		Povrch	
Z ₁	bez zákalu	B ₁	bez bublin	C ₁	žádné	P ₁	hladký slitý povrch
Z ₂	slabý zákal	B ₂	ojedinělé bubliny	C ₂	3 částice na ploše 1 cm ²	P ₂	stopy po štětci
Z ₃	silný zákal	B ₃	bubliny v celé ploše	C ₃	10 částic na ploše 1 cm ²	P ₃	dolíčky, krátery, pomerančová kůra
Z ₄	zbledení nátěru			C ₄	více částic		

2.3.6 Stanovení lesku nátěru leskoměrem

Stanovení lesku nátěrových filmů bylo provedeno podle normy ISO 2813 přístrojem Micro-TRI-9/gloss (BYK – Gardner, USA) na skleněných deskách opatřených černým matným nátěrem (RAL 9005). Lesk je definován jako optická vlastnost povrchu a projevuje se pravidelným světelným odrazem paprsků. Odražené paprsky jsou zaznamenávány leskoměrem za určených podmínek (ty jsou dány konstrukcí přístroje). Množství světla odraženého od vzorku bylo měřeno relativně vůči množství světla odraženého od standartního vzorku, který představovala lesklá černá destička s indexem lomu $n_D = 1,567$. Lesk byl měřen při úhlu pozorování 20 °, 60 ° a 85 °. Získanou hodnotou je číslo lesku vyjádřené v procentech. Měření bylo prováděno pro všechny úhly 3x. Jako výsledná hodnota byla použita hodnota jejich aritmetického průměru.

2.3.7 Stanovení povrchové tvrdosti tužkami

Stanovení povrchové tvrdosti tužkami bylo provedeno podle normy ČSN EN ISO 15184. Zkouška byla provedena pomocí sady tužek Hardthmuth KOH-I-NOOR. Měření začínalo od tužky s nejnižší tvrdostí. Hodnotu povrchové tvrdosti určila první tužka, jejíž čáru nebylo možné z nátěru smazat prstem.

Tabulka 8 Stupnice pro hodnocení povrchové tvrdosti tužkami

Číslo tužky	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tvrdost tužky	3B	2B	B	HB	F	H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H

2.3.8 Stanovení adheze mřížkovou zkouškou

Mřížková zkouška byla provedena podle normy ČSN ISO 2409. Během zkoušky se hodnotí stupeň přilnavosti nátěrových filmů, podle definovaných kritérií, do pěti skupin (stupeň 0 – 4). Mřížková zkouška byla provedena na nátěrových filmech dvou typů podkladu (skleněná deska a panel z uhlíkaté oceli).

2.3.9 Stanovení tloušťky nátěrových filmů

Stanovení tloušťky nátěrových filmů podle normy ČSN ISO 673061 bylo provedeno na dvou typech podkladu pro nátěry (skleněná deska a panel z uhlíkaté oceli). Tloušťka nátěru na skleněné desce byla měřena tříbodovým hloubkoměrem, jako rozdíl mezi výškou středního bodu a výškou okrajových bodů. Elektroda pro měření byla vždy zvolena tak, aby na daný povrch reagovala. Měření bylo provedeno 3x na různých místech a jako výsledná hodnota je považována hodnota jejich aritmetického průměru.

Pro hodnocení tloušťky nátěru na panelech z uhlíkaté oceli byl použit digitální elektromagnetický tloušťkoměr s elektrodou reagující na železný povrch (BYK-Gardner, Německo). Měření probíhalo tak, že se zvolená elektroda přiložila na tři odlišná místa nátěrového filmu, a jako výsledná hodnota byla brána hodnota jejich aritmetického průměru.

2.3.10 Stanovení odolnosti nátěru methylethylketonu

Stanovení odolnosti nátěru proti methylethylketonu (MEK) podle normy ASTM D 4752 je založeno na schopnosti MEK rozpouštět fyzikální shluky polymerních organických řetězců nebo způsobovat botnění polymerní sítě. Zkouška byla prováděna skleněnou tyčinkou, jejíž konec byl opatřen vatou, která byla namočena do roztoku MEK. Tyčinkou bylo pohybováno po nátěru na skleněné podložce, zprava doleva. Tah byl prováděn rychlostí 1 tah/s. Výsledkem měření byl čas, za který došlo k porušení nátěru.

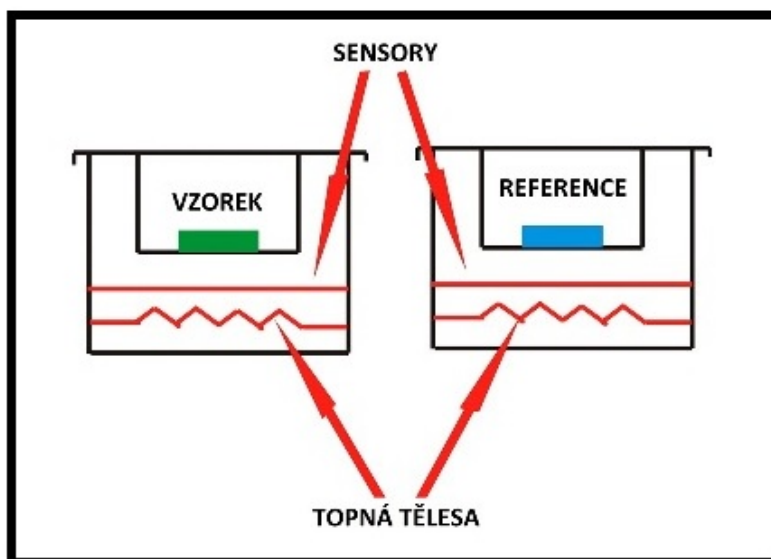
2.3.11 Stanovení minimální filmotvorné teploty

Při stanovení MFT se hledá taková nejnižší teplota, při které je syntetický latex spojen po vytvoření nátěru v kontinuální čirý film. Měření bylo provedeno podle normy ISO 2115:1996 na přístroji MFFT 60 (RHH s.r.o., Česká Republika). Metoda je založena na vytvoření teplotního spádu na povrchu kovové desky. Po nastavení a ustálení vhodného teplotního intervalu byla na kovovou desku položena fólie, kde byl ve dvou zhotoveních vytvořen pomocí nanášecího pravítka film z latexové disperze. Film byl ponechán k zasychání. Zasychání bylo urychleno proudem vzduchu, který procházel přes vysoušecí

soustavu, integrovanou pod krytem přístroje, s regulátorem průtoku. Po zaschnutí filmu byla odečtena hodnota v bodě, kde se na kontinuálním filmu začaly tvořit prasklinky. Jako výsledná hodnota byla brána hodnota jejich aritmetického průměru.

2.3.12 Stanovení teploty skelného přechodu

Stanovení teploty skelného přechodu (T_g), pomocí diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC), bylo provedeno na diferenciálním skenovacím kalorimetru Pyris 1 DSC (Perkin-Elmer, USA). Metoda je založena na měření elektrického příkonu dodávaného do vzorku nebo standardu tak, aby teplotní rozdíl mezi nimi byl roven nule. Vzorky byly měřeny na Katedře fyzikální chemie Univerzity Pardubice.



Obrázek 14 Schéma pracovní komůrky DSC [<http://www.chempoint.cz/kucerik-2>]

2.3.13 Zkouška tvrdosti nátěrů tlumením kyvadla dle Persoze

Stanovení tvrdosti nátěrů tlumením kyvadla dle Persoze byla provedena podle normy ČSN EN ISO 1522 na přístroji Persoz NF T 30-016 (Elcometer, Velká Británie). Metoda je založena na měření počtu kyvů kyvadla, které je umístěno na nátěru pomocí dvou ocelových kuliček. Kyvadlo je vychýleno na amplitudu 12° a spuštěno. Zaznamenává se počet kyvů vykonaných kyvadlem, při kterých dosáhne amplituda kývání alespoň 4° . Počet kyvů souvisí přímo úměrně s tvrdostí nátěru. Se zvyšující se tvrdostí nátěru se zvyšuje počet kyvů. Měřená hodnota tvrdosti byla vztažena k hodnotě standardu a vyjadřuje se jako relativní tvrdost nátěru k tvrdosti standardu podle vztahu (3). Jako standard byla použita skleněná deska, jejíž počet kyvů se nachází v rozmezí (420 – 440 s) a odpovídá 100 % tvrdosti.

$$tvrdost [\%] = \frac{\text{počet kyvů na vzorku}}{\text{počet kyvů na standard}} \cdot 100 \quad (3)$$

Měření bylo provedeno na třech odlišných místech nátěru po 1, 2, 3, 7, 14 a 30 dnech. Jako výsledná hodnota byla použita hodnota aritmetického průměru.

2.3.14 Zkouška padajícím závažím

Zkouška padajícím závažím podle normy ČSN EN ISO 6272 byla provedena tak, že se ocelový panel s nátěrovým filmem upevnil pomocí upínacího prstence a ponechalo se na něj spadnout závaží o hmotnosti 1 kg. Závaží bylo spuštěno z výšky, u které se předpokládalo poškození nátěru. Zkouška hodnotí odolnost nátěrového filmu vůči praskání nebo odlupování od podkladu po dopadu závaží.

2.3.15 Ohybová zkouška

Ohybová zkouška podle normy ČSN EN ISO 1519 byla provedena tak, že byl zkušební nátěr na panelu z uhlíkaté oceli umístěn do stojanu nátěrem vzhůru. Ohýbání bylo provedeno tlakem na panel z uhlíkaté oceli přes válcový trn tak, že se panel ohnul do úhlu 180 °. Měření probíhalo od největšího trnu po nejmenší v řadě 32, 25, 20, 16, 12, 10, 8, 6, 5, 4 mm.

2.3.16 Zkouška hloubením

Zkouška hloubením podle normy ČSN EN ISO 1520 byla provedena na hloubícím přístroji TESTER 102004007 (Elcometer, Velká Británie). Hodnotila se odolnost proti prasknutí či odloupení nátěrového filmu od podkladu. Podkladem pro filmový nátěr byl panel z uhlíkaté oceli. Panel z uhlíkaté oceli byl připnut mezi prsteneček a matici nátěrem směrem k matici tak, že se půlkruhové vtláčovací těleso dotýkalo nenatřené strany zkušebního panelu. Půlkruhové těleso bylo vtláčováno do zkušebního tělesa vzorku, dokud nedošlo k odloupení nátěru od povrchu kovového nosiče. Měřena byla hloubka vtisku.

2.3.17 Stanovení extrahovatelného podílu

Stanovení extrahovatelného podílu neboli solu podle normy ČSN EN ISO 6427 bylo provedeno z nátěrů zhotovených vylitím do silikonových podložek. Zvážený vzorek nátěru, umístěný ve vysušené a zvážené filtrační patroně z celulózy byl vložen do Soxhletova extraktoru o objemu 100 ml. Sol byl extrahován rozpouštědlem (tetrahydrofuran), které bylo umístěno ve 200 ml baňce, připojené k chladiči. Extrakce probíhala u každého vzorku po dobu 24 hodin při teplotě varu rozpouštědla. Ohřev byl zajišťován topným hnízdem. Po

extrakci byla patrona se vzorkem vysušena v sušárně při 70 °C do konstantní hmotnosti a po vychladnutí v exsikátoru zvážena. Podíl solu byl vypočten pomocí níže uvedeného vztahu (4), (hmotnosti jsou uvedeny v gramech).

$$sol [\%] = \frac{m(\text{vz. před extrakcí}) - m(\text{vz. po extrakci})}{m(\text{vz. před extrakcí})} \cdot 100 \quad (4)$$

2.3.18 Stanovení odolnosti kapalinám – kloboučková metoda

Stanovení odolnosti kapalinám podle normy ČSN EN ISO 2812-3 bylo prováděno na skleněných deskách s nátěrovým filmem, který byl ponechán k zasychání po dobu 30 dnů.

Skleněné desky s nátěrovým filmem byly umístěny na černě zbarvený podklad, pro jednoznačnější čitelnost změn na nátěrovém filmu. Na skleněnou podložku byla umístěna vata, rezistentní vůči použitým kapalinám. Na vatu byla nakapána testovaná kapalina a přikryta skleněným kloboučkem. Pro stanovení byly použity kapaliny: 10% kyselina sírová, 10% chlorid sodný, 10% hydroxid sodný, 10% amoniak, 50% ethanol, 50% aceton, destilovaná voda, voda, káva, černý čaj, Coca-Cola a pivo 12° (Pilsner Urquell). Hodnocení (Tabulka 7) probíhalo po 1, 2, a 4 hodinách, dále po 1, 2, 3, 4 a 7 dnech.

Tabulka 9 Stupnice hodnocení pro stanovení odolnosti kapalinám

Stupeň odolnosti	Projevy na nátěrovém filmu
0	film beze změny
1	slabý zákal, ztráta lesku, puchýře (< 2 mm)
2	zřetelná změna zákalu, puchýře (2-3 mm)
3	silný zákal, puchýře (3-4 mm)
4	ztráta adheze, puchýře (> 5mm)

2.3.19 Stanovení absorpce vody

Stanovení absorpce vody bylo provedeno u nátěrů zhotovených odlitím do silikonové formy. Vzorky nátěrů byly zváženy a vloženy do kelímků s destilovanou vodou. Každý vzorek byl zhotoven ve třech provedeních od každého typu latexového filmu, a jako výsledná hodnota byla brána hodnota jejich aritmetického průměru. Stanovení je založeno na určení hmotnostního přírůstku vzorku po absorpci vody. Hodnocení bylo provedeno po 1, 2, 3, 8, 15, 30 a 60 dnech. Absorpce vody byla zjištěna pomocí vztahu (5), (hmotnosti jsou uvedeny v gramech).

$$absorpce [\%] = \frac{m(\text{hmotnost vz. po namočení}) - m(\text{suchého vz.})}{m(\text{hmotnost suchého vz.})} \cdot 100 \quad (5)$$

Dále byl stanovován podíl látek vyextrahovaných ze vzorku nátěru během jeho expozice v destilované vodě po dobu 60 dnů. Vzorek byl ponechán k vysychání při laboratorní teplotě po dobu 10 dnů do konstantní hmotnosti. Vyextrahovaný podíl byl zjištěn pomocí níže uvedeného vztahu (6), (hmotnosti jsou uvedeny v gramech).

$$\text{vyextrahovaný podíl [\%]} = \frac{m(\text{hm.vz.před}) - m(\text{hm.vz.po})}{m(\text{hm.vz.před})} \cdot 100 \quad (6)$$

2.3.20 Stanovení transparentnosti a zbledání nátěrových filmů

Transparentnost a zbledání nátěrových filmů (tloušťka mokrého nátěru 120 μm) byly objektivně hodnoceny měřením transmitance při vlnové délce 500 nm (blízké zelenému světlu, na které je lidské oko nejvíce citlivé) za použití spektrometru ColorQuest XE (Hunterlab, USA). Před samotným měřením byly nátěrové hmoty ponechány vysychat při laboratorní teplotě po dobu 30 dní. Poté byly nátěrové filmy ponořeny do destilované vody, při laboratorní teplotě, na dobu 1 a 24 hodin. Následovalo okamžité měření transmitance v místě působení vody na nátěrovém filmu. Rozsah zbledání nátěrového filmu W byl dán vztahem (7),

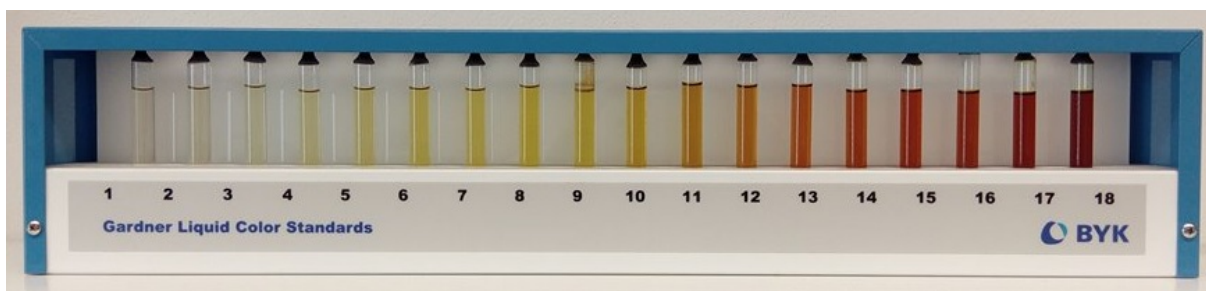
$$W = 100 \cdot (T_0 - T_t) / T_0 \quad (7)$$

kde T_0 je transmitance vzorku před jeho vystavením působení vody a T_t je transmitance vzorku po provedení zkoušky.

Transparentnost a zbledání nátěrových filmů byly paralelně hodnoceny i na základě měření transmisního zákalu, což je poměr difúzního světla k celkovému transmitovanému světlu vzorkem. Všechna měření byla prováděna 3x. Jako výsledná hodnota byla brána hodnota jejich aritmetického průměru.

2.3.21 Hodnocení bleskové koroze podle Gardnerovy stupnice

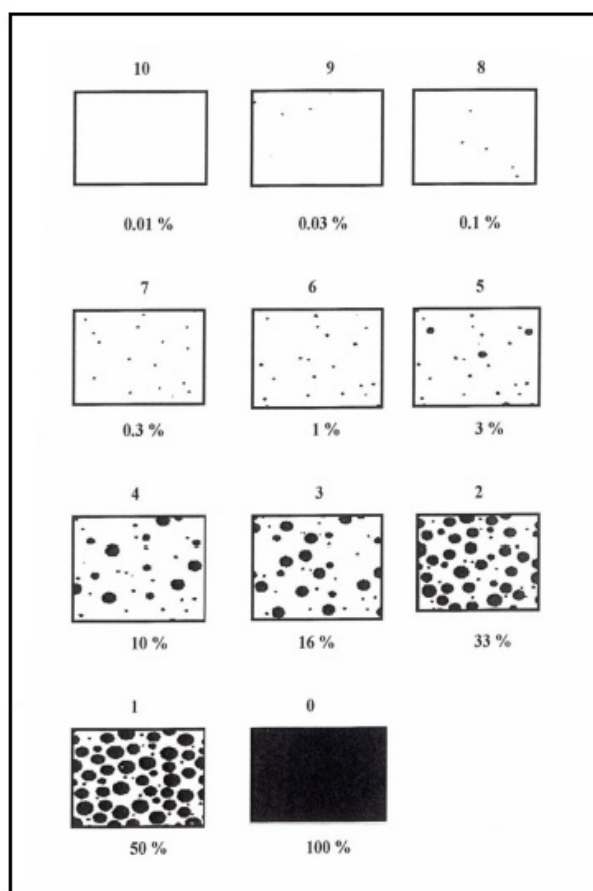
Hodnocení bleskové koroze podle normy ČSN EN ISO 4630 bylo prováděno pomocí Gardnerovy řady barevných standardních roztoků (1 – 18). Porovnávána byla barva panelu z uhlíkaté oceli 24 hodin po aplikaci transparentního nátěrového filmu s řadou barevných standardních roztoků (Obrázek č. 15).



Obrázek 15 Gardnerova řada barevných standardních roztoků od společnosti BYK

2.3.22 Zrychlený laboratorní test pro zjištění koroze

Zrychlený laboratorní test pro zjištění koroze byl prováděn u nátěrových filmů na panelech z uhlíkaté oceli tak, že dvě hodiny po aplikaci filmu na panel byly vyhodnoceny projevy koroze dle stupnice ASTM 610. Poté byly nátěry uloženy do lednice, kde byly ponechány po dobu 16 hodin při 5 °C. Po vyjmutí vzorku z lednice byly nátěry vystaveny expozici navlhčeného filtračního papíru a překryty skleněnou deskou. Po dvou hodinách byly vyhodnoceny projevy koroze dle stupnice ASTM 610.



Obrázek 16 Stupnice hodnocení koroze podle normy ASTM 610

2.3.23 Stanovení obsahu popela

Stanovení obsahu popela podle normy ČSN EN ISO 3451-1 bylo provedeno z nátěrů zhotovených vylitím do silikonových podložek. Vysušený a na analytických vahách zvážený vzorek byl vložen do žíhacího kelímku, který byl před vložením vzorku vyžihán v muflové peci při teplotě 600 °C do konstantní hmotnosti a po vychlazení v exsikátoru zvážen. Kelímek se vzorkem byl žihán po dobu 30 minut. Po vyjmutí z pece byl kelímek vložen do exsikátoru a po zchladnutí zvážen na analytických vahách. Obsah popela byl vyjádřen podle vztahu (8), (hmotnosti jsou uvedeny v gramech).

$$\text{obsah popela [\%]} = \frac{m(\text{popel})}{m(\text{původního vzorku})} \cdot 100 \quad (8)$$

2.3.24 Stanovení velikosti částic (DLS)

Stanovení velikosti částic, pomocí měření dynamického rozptylu světla (DLS), bylo provedeno na přístroji Zetasizer Nano ZS (Malvern Instruments Ltd., Velká Británie). Metoda je založena na měření časových fluktuací intenzity rozptýleného světla, které způsobuje Brownův pohyb molekul disperzního prostředí a interference rozptýleného světla na těchto pohybujících se částicích. Laserový paprsek, který je po dopadu na částice rozptýlen, je snímán fotonásobičem. Zaznamenává se časový průběh intenzity rozptýleného světla ve formě autokorelační funkce. Z autokorelační funkce je následně vypočtena rychlost difúze částic a jejich velikost. Měření bylo prováděno na Ústavu environmentálního a chemického inženýrství Univerzity Pardubice.

2.3.25 Emisní spektrometrie s indukčně vázaným plamenem (ICP-OES)

Emisní spektrometrie s indukčně vázaným plamenem byla provedena u nátěrů zhotovených vylitím do silikonových podložek. Cílem analýzy bylo zjištění obsahu elementárního zinku.

Měření bylo provedeno přístrojem ICP spektrometru ThermoScientific iCAP 7000 Series (Thermo Fisher Scientific, Německo). Rychlost průtoku vzorku ve formě aerosolu byla 1,5 ml/min a příkon Ar plazmatu 1000 W. Měření bylo provedeno ve společnosti MemBrain s.r.o., Stráž pod Ralskem.

2.3.26 Infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací (FTIR)

Infračervená spektrometrie je analytická nedestruktivní metoda používaná pro identifikaci organických a anorganických látek. Metoda je založena na absorpci infračerveného záření (zdrojem záření je laser) vzorkem, při níž dochází ke změnám rotačně-vibračních

energetických stavů molekuly. Předpokladem pro změnu rotačně-vibračních energetických stavů je změna dipólového momentu. Čím je dipólový moment větší, tím je absorpce záření vzorkem silnější. Pro rozklad záření se používají monochromátory (skleněný dutý hranol, skleněná mřížka) nebo interferometry (Michelsonův).

Složení emulzních kopolymerů bylo vyhodnoceno prostřednictvím infračervené spektroskopie s Fourierovou transformací. Měření bylo prováděno na přístroji Nicolet iS50 (ThermoFisher Scientific, USA). Základem FTIR spektrometrů je využití Michelsonova interferometru. Interferometricky získaný signál je během analýzy převeden Fourierovou transformací (matematická operace) na infračervené spektrum.

2.3.27 Skenovací elektronová mikroskopie s energiově disperzní rentgenovou mikroanalýzou (SEM-EDX)

Skenovací elektronový mikroskop je určený k pozorování povrchu vzorků. Výsledný obraz je tvořen dvěma typy odražených elektronů – zpětně odražených a sekundárních elektronů. Zpětně odražené elektrony dávají informaci o složení vzorku. Sekundární elektrony podávají informaci o topografii. Během interakce urychlených elektronů ve zkoumaném vzorku vznikají další druhy záření o různých vlnových délkách. Takovým druhem záření může být rentgenové záření, při jehož detekci lze určit i složení vzorku. Charakteristické rentgenové záření vzniká při dopadu elektronového paprsku na vzorek. Dopadající elektron vyrazí elektron z vnitřní hladiny, jehož místo pak zaujme elektron z vyšší energetické hladiny, a rentgenové záření se vyzáří jako rozdíl energetických hladin.

Ke sledování morfologie nanostrukturního ZnO byl použit skenovací elektronový mikroskop LYRA 3 (Tescan, Česká Republika). Poté byla ověřována přítomnost a rozmístění nanočástic ZnO v nátěrových filmech na ploše lomu, který byl připraven v prostředí kapalného dusíku, prostřednictvím energiově-disperzní rentgenové mikroanalýzy (AZtec-Max 20, Oxford Instruments, Velká Británie). Zkoumané vzorky byly před samotnou analýzou pokryty vrstvou zlata a uhlíku pomocí přístroje SCD 050 (Balzers). Měření bylo provedeno v Centru materiálů a nanotechnologií (CEMNAT) Univerzity Pardubice.

2.3.28 Měření povrchových vlastností nátěrů pomocí tenziometrie

Měření kontaktního úhlu bylo prováděno na nátěrech aplikovaných na podložním sklíčku ponechaných k zasychání při různých podmínkách a vlhkosti. Nátěry byly ponechány k zasychání při laboratorní teplotě v prostředí s relativní vlhkostí vzduchu 33 % a 83 % a při teplotě 40 °C, opět v prostředích s relativní vlhkostí vzduchu 33 % a 83 %. Zvýšená teplota

byla zajištěna sušárnou. Prostředí o relativní vlhkosti 33 % bylo zajištěno přítomností nasyceného roztoku $MgCl \cdot 6H_2O$ a prostředí o relativní vlhkosti 83 % bylo zajištěno přítomností nasyceného roztoku KCl.

Kontaktní úhel, neboli smáčivost podkladu opatřeného nátěrem, byl měřen na optickém tenziometru Attension Theta (Biolion Scientific, Finsko). Pro měření byla použita metoda sedící kapky. Při stanovení byly použity glycerol a destilovaná voda. Měřena je změna konstantního úhlu tak, že je zaznamenávána časová závislost roztékání sedící kapky o objemu 1 μ l prostřednictvím videokamery. Zdrojem světla byla LED dioda. Přesné dávkování kapky bylo zajištěno mikropipetou. Hodnota kontaktního úhlu se odečetla po 10 s. Měření bylo pro téže vzorky opakováno 3x. Přesnost měření činila $\pm 0,1^\circ$. Velikost kontaktního úhlu byla vypočítána podle Youngovy rovnice (9).

$$\gamma_{sg} - \gamma_{ls} = \gamma_{lg} \cos\theta \quad (9)$$

kde γ_{sg} je mezifázové napětí mezi pevným povrchem a plynnou atmosférou, γ_{ls} je mezifázové napětí mezi pevným povrchem a kapalinou, γ_{lg} je mezifázové napětí mezi kapalinou, povrchem a atmosférou a θ je kontaktní úhel.

Pro výpočet povrchové energie byly použity průměrné hodnoty kontaktních úhlů odečtené po 10 s od nanesení sedící kapky. Povrchová energie byla vypočtena podle níže uvedené rovnice metodou Owens-Wendt-Rable-Kaeble (OWRK), (10).

$$\sqrt{\gamma_{sg}^d \gamma_{lg}^d} + \sqrt{\gamma_{sg}^p \gamma_{lg}^p} = 0,5\gamma_{lg}(1 + \cos\theta) \quad (10)$$

Pro zpracování získaných dat byl použit software OneAttension.

2.3.29 Testování antibakteriálních účinků nátěrů

Pro přípravu nátěrů byl použit filtrační papír Munktell Filtrak 391 (o průměru 15 cm), který byl před nanesením nátěru vystaven UV záření po dobu cca 30 minut. Latexový film byl na filtrační papír nanášen štětcem ve čtyřech na sebe kolmých vrstvách. Po každé vrstvě bylo vyčkáno po dobu minimálně 2 hodin, než daná vrstva zaschla. Po nanesení všech čtyřech vrstev byl nátěr ponechán k vysychání po dobu 2 dnů. Poté byly vytvořeny reprezentativní vzorky o rozměrech 5 cm x 5 cm.

Příprava fyziologického roztoku

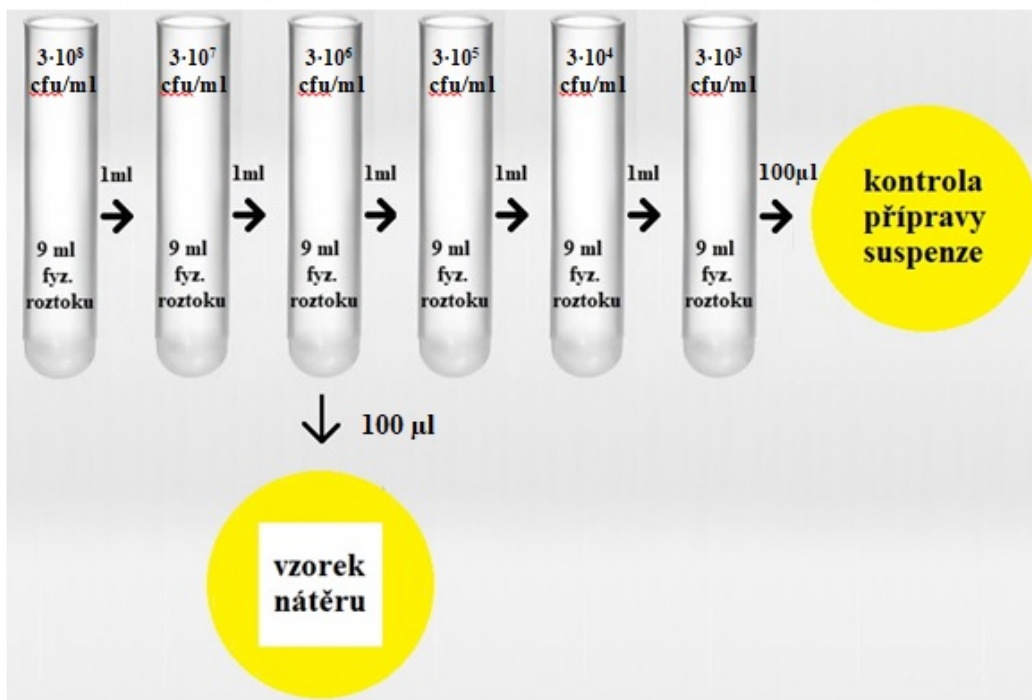
Fyziologický roztok byl připraven rozpuštěním 8,5 g chloridu sodného v 1000 ml destilované vody. Připravený roztok byl sterilizován v autoklávu při teplotě 121 °C po dobu 15 minut. Zchladlý roztok byl uchováván v lednici při teplotě 5 °C.

Příprava živného agaru MPA

MPA agar byl připraven rozpuštěním 40 g práškového agaru v 1000 ml destilované vody. Roztok agaru byl následně sterilizován v autoklávu při teplotě 121 °C po dobu 15 minut. Po zchladnutí roztoku na teplotu cca 45 °C byl odléván do Petriho misek. Ztuhlý agar v miskách byl uchováván v lednici při teplotě 5 °C.

U připravených vzorků byla sledována odolnost nátěrů vůči bakteriím *Staphylococcus aureus* CCM 2022, *Pseudomonas aeruginosa* CCM 3955 a *Escherichia coli* CCM 3954 na základě hodnocení procenta nárůstu bakterií na povrchu nátěru. Bakteriální suspenze z 24 hodinových kultur testovaných bakterií byly připraveny ve fyziologickém roztoku tak, aby stupeň zákalu odpovídal 1 stupni McFarlandovy zákalové stupnice ($3 \cdot 10^8$ cfu/ml). Postupným desítkovým ředěním byla suspenze 2x naředěna ($3 \cdot 10^6$ cfu/ml) a z tohoto ředění bylo 0,1 ml suspenze rozetřeno L-hokejkou na povrch MPA agaru. Na živné médium byly poté sterilně umístěny čtverce filtračního papíru s testovaným nátěrem (směr nátěru nahoru) a Petriho misky byly inkubovány 24 hodin v termostatu při 37 °C. Po inkubaci bylo vyhodnoceno procento nárůstu bakteriálních kolonií na testovaném čtverci. Rovněž byl hodnocen nárůst bakterií po otisknutí nátěru na sterilní živnou půdu v Petriho misce. Procento nárůstu bylo vyjádřeno vzhledem ke kontrolnímu vzorku, který představoval filtrační papír bez nátěru, který byl inkubován stejným způsobem. Všechny analýzy byly provedeny v dubletu.

Dále byla provedena kontrola přípravy suspenze. Použitá bakteriální suspenze byla postupným desítkovým ředěním naředěna na suspenzi buněk o denzitě přibližně ($3 \cdot 10^3$ cfu/ml). Z tohoto ředění bylo odpipetováno 0,1 ml suspenze na povrch čistého MPA agaru, rozetřena L-hokejkou a ponechána inkubovat po dobu 24 hodin v termostatu při 37 °C.



Obrázek 17 Ředění pomocí McFarlandovy zákalové stupnice

2.3.30 Testování antifungálních účinků nátěrů

Příprava živného agaru MALT

MALT agar byl připraven rozpuštěním 45 g práškového agaru v 1000 ml destilované vody. Roztok agaru byl sterilizován v autoklávu při teplotě 121 °C po dobu 15 minut. Po zchlazení roztoku na teplotu cca 45 °C byl odléván do Petriho misek. Ztuhlý agar v miskách byl uchováván v lednici při teplotě 5 °C.

2.3.31 Příprava suspenze plísní

Ze zásobní kultury mikroorganismů byla získána čistá kultura přeočkováním na šikmý MALT agar. Šikmý agar byl ponechán k inkubaci při laboratorní teplotě v aerobních podmínkách, ve speciálním polystyrenovém boxu, po dobu 7 dnů. Do sedmidenní čisté kultury bylo napipetováno 5 ml sterilní vody a 100 µm TWEEN 20. Po jemném protřepání byl vodný obsah, nyní už s přítomností plísňových spor, kvantitativně přelit do sterilní titrační baňky s perličkami. Díky přítomnosti perliček docházelo k oddělení shluků. Z titrační baňky bylo odpipetováno 20 µl suspenze do Bürkerovy komůrky. Ve chvíli, kdy byla suspenze dostatečně zředěna tak, aby ve dvaceti okénkách v Bürkerově komůrce bylo přítomno 12 – 20 spor, což odpovídá denzitě 10^6 spor v ml, mohla být suspenze použita. Na čistý MALT agar na Petriho misce byl sterilní pinzetou umístěn vzorek nátěru, který byl nanesený

na filtračním papíře tak, aby strana opatřená nátěrem byla umístěna nahoru. Na nátěr bylo odpipetováno 100 μ l suspenze a rozetřeno sterilní L-hokejkou. Petriho miska s nanesenou suspenzí byla dána k inkubaci do boxu po dobu 7 dnů při 25 °C. Všechny analýzy byly provedeny v dubletu.

3 VÝSLEDKY A DISKUZE

3.1 Charakterizace samosíťujících vodných disperzí

3.1.1 Vlastnosti samosíťujících vodných disperzí

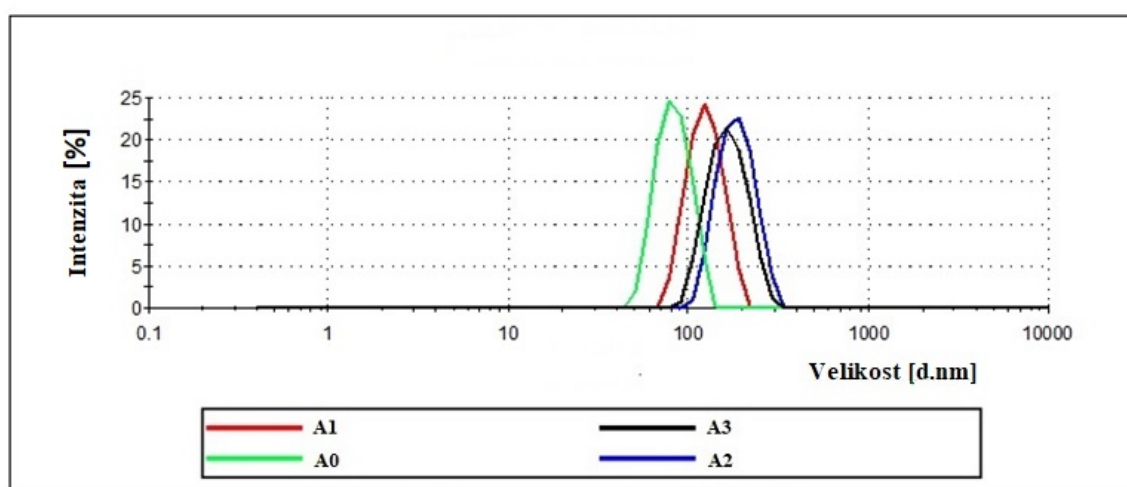
Byly připraveny 3 řady samosíťujících vodných polymerních disperzí (řady A, B, C), lišících se složením polymerních částic, přičemž v každé řadě se jednotlivé polymerní disperze lišily obsahem nanostrukturního ZnO ve vodné fázi. Z Tabulky 10 je patrné, že v případě všech 3 řad polymerních disperzí se zvyšoval obsah koagulátu s rostoucím přídatkem nanostrukturního ZnO, inkorporovaného během syntézy disperze. Lze tedy konstatovat, že přítomnost nanostrukturního ZnO vedla k poklesu koloidní stability disperzí během jejich syntézy.

Tabulka 10 Charakteristické vlastnosti samosíťujících vodných polymerních disperzí

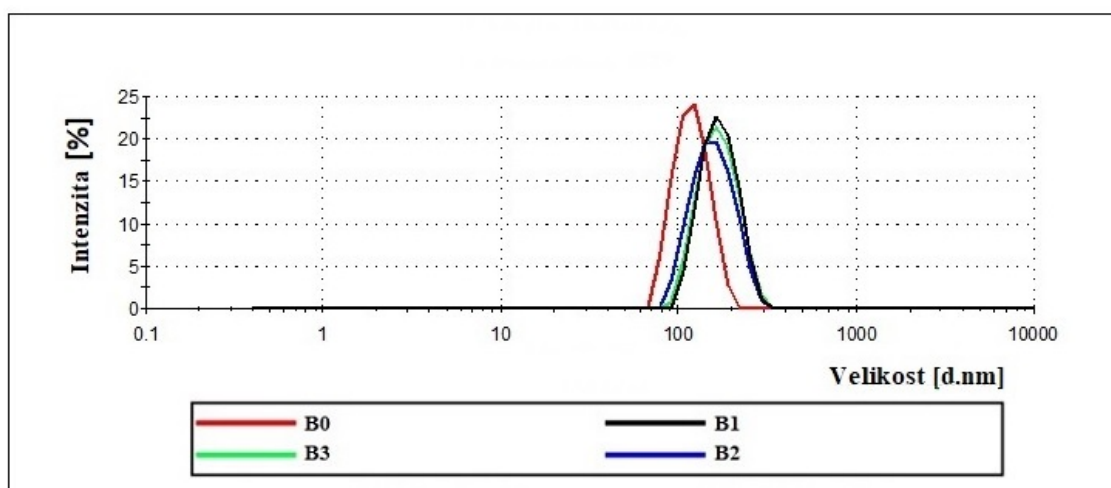
Název vzorku	Koagulát [%]	pH	Viskozita [mPa.s]		Sušina [%]	Velikost částic [nm]
			<i>před alkalizací</i>	<i>po alkalizaci</i>		
A0	0,00	2,31	8,74	9,36	38,4	103,2 ± 0,4
A1	0,60	5,88	6,54	35,3	38,5	98,5 ± 0,5
A2	1,05	6,24	8,58	53,8	37,5	86,8 ± 0,6
A3	4,54	6,5	7,82	34,43	36,3	98,8 ± 0,6
B0	0,00	2,15	9,00	13,73	37,8	113,6 ± 0,4
B1	0,22	5,94	4,51	9,30	38,9	136,3 ± 0,6
B2	2,13	6,08	7,56	17,70	38,1	87,7 ± 0,5
B3	4,71	6,47	8,52	33,63	36,2	96,5 ± 0,8
C0	0,00	2,17	7,02	7,38	38,7	105,8 ± 0,5
C1	3,36	5,85	8,16	178,90	37,6	87,3 ± 0,8
C2	5,71	6,1	7,62	153,40	36,3	79,3 ± 0,4
C3	3,31	6,5	6,35	9,31	38,4	93,6 ± 0,7

Hodnoty pH latexů se pohybovaly v rozmezí 2,31 – 6,47. Se zvyšujícím se obsahem nanostrukturního ZnO bylo zaznamenáno zvyšující se pH disperzí, což je pravděpodobně způsobeno rozpouštěním nanostrukturního ZnO ve vodě (rozpuštnost ZnO ve vodě při 20 °C je 0,00016 g/100 ml) za vzniku disociovaných iontů Zn^{2+} a OH^- . Viskozita roztoků se před alkalizací pohybovala v rozmezí hodnot 4,50 – 9,00 mPa.s. Po alkalizaci došlo k nárůstu hodnot viskozity v rozmezí 9,30 – 153,40 mPa.s. Výrazný nárůst viskozity byl pozorován u latexů obsahujících vyšší obsah nanostrukturního ZnO.

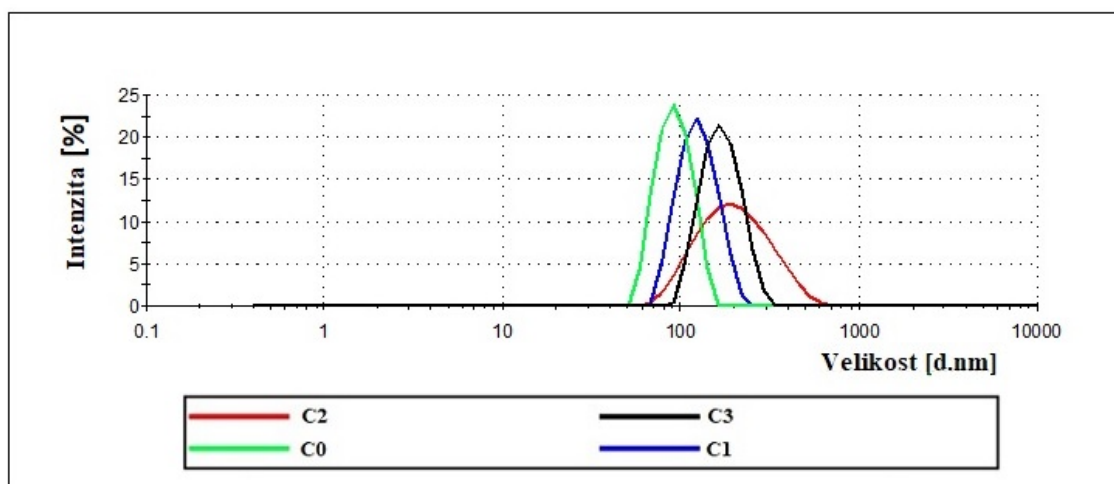
Sušina latexů se pohybovala v rozmezí 36,2 – 38,9 %. Velikost částic byla stanovena metodou DLS. Průměrná velikost latexových částic se pohybovala v rozmezí 79,3 – 136,3 nm. Rovněž byla zjišťována distribuce velikosti částic vodných disperzí (Obrázky 18 – 20). Nanostrukturální ZnO byl do disperze zaváděn ve formě aglomerátů, jejichž velikost se pohybovala v řádu jednotek mikrometrů. Bylo zjištěno, že u latexů obsahujících částice ZnO došlo k mírnému posunu distribuční křivky k vyšším hodnotám. U vzorku disperze C2 bylo pozorováno výrazné rozšíření distribuční křivky. Nicméně ze záznamů distribučních křivek vyplývá, že během syntézy pravděpodobně došlo k rozrušení aglomerátů a ZnO se v disperzi vyskytuje ve formě izolovaných nanočástic. Zároveň se lze domnívat, že se v disperzích ve velké míře nevyskytují zkoagulované latexové částice.



Obrázek 18 Distribuce velikosti částic v řadě A



Obrázek 19 Distribuce velikosti částic v řadě B



Obrázek 20 Distribuce velikostí částic v řadě C

3.1.2 Stabilita samosíťujících vodných disperzí

Byla testována také dlouhodobá stabilita disperzí, vzhledem k přítomnosti a způsobu inkorporace nanostrukturního ZnO (Tabulka 11). ZnO byl inkorporován během syntézy nebo za použití komerční vodné disperze. Vzorky byly ponechány po dobu 8 týdnů při teplotě 50 °C. Bylo zjištěno, že všechny samosíťující disperze obsahující nanostrukturní ZnO, inkorporovaný během syntézy, nevykazovaly během dlouhodobého působení zvýšené teploty sklon k nárůstu viskozity nebo k tvorbě aglomerátů.

U vzorků disperzí připravených s externím přídatkem komerční disperze nanostrukturního ZnO byl pozorován výrazný rozdíl ve stabilitě disperzí při zvýšené teplotě. Již po týdnu bylo patrné, že se zvyšujícím se obsahem externě přidaného ZnO klesá stabilita koloidů a ve vzorcích se začíná tvořit koagulát. Již během 6. týdne působení zvýšené teploty došlo u disperze D5, obsahující nejvyšší množství externího ZnO, k celkové ztrátě stability.

Tabulka 11 Hodnocení dlouhodobé stability disperzí

Název vzorku	Vznik koagulátu	Nárůst viskozity
A0	ne	ne
A1	ne	ne
A2	ne	ne
A3	ne	ne
B0	ne	ne
B1	ne	ne
B2	ne	ne
B3	ne	ne
C0	ne	ne
C1	ne	ne
C2	ne	ne
C3	ne	ne
D1	ne	ne
D2	ne	ne
D3	ne	< 2 týden
D4	ne	< 2 týden
D5	< 7 týden	< 1 týden

3.1.3 Stanovení minimální filmotvorné teploty a teploty skelného přechodu

Hodnoty MFT a T_g jsou uvedeny v Tabulkách 12 a 13. S rostoucím přídavkem nanostrukturního ZnO došlo u disperzí, do nichž byl ZnO inkorporován jak během syntézy, tak z externě přidané komerční disperze, ke zvýšení hodnot MFT. Tento jev pravděpodobně souvisí se vznikem ionomerních vazeb mezi Zn^{2+} ionty a karboxylovými skupinami, vázanými na polymerních řetězcích. U vzorků, obsahujících externě přidaný ZnO, se hodnota minimální filmotvorné teploty také zvyšovala v závislosti na rostoucím množství ZnO. V případě vzorku D5 (Tabulka 13), který obsahuje nejvyšší množství externě přidaného ZnO, došlo ke zvýšení hodnoty MFT až o 5,3 °C (oproti vzorku C0).

Tabulka 12 Hodnoty minimální filmotvorné teploty a T_g u samosíťujících vodných polymerních disperzí v souvislosti s teoretickým obsahem ZnO inkorporovaného během syntézy (vztaženo na polymer)

Název vzorku	Teoretický obsah ZnO [hm. %]	MFT [°C]	T_g [°C] bez ADH	T_g [°C] s ADH
A0	0	9,2	13	14,5
A1	1	11,2	12,4	13,6
A2	2	13,8	11,6	12,3
A3	3	14,0	11,0	11,5
B0	0	7,8	12,9	14,7
B1	1	11,5	11,2	12,9
B2	2	13,3	10,3	11,5
B3	3	14,6	9,9	10,5
C0	0	7,9	12,8	13,9
C1	1	9,0	12,0	13,0
C2	2	9,6	11,2	12,5
C3	3	15,0	10,9	11,2

Tabulka 13 Hodnoty minimální filmotvorné teploty u samosíťujících vodných polymerních disperzí v souvislosti s teoretickým obsahem externě přidaného ZnO (vztaženo na polymer)

Název	Teoretický obsah ZnO [hm. %]	MFT [°C]	T_g [°C] s ADH
D1	1	12,5	13,0
D2	1,5	14,4	12,3
D3	3	14,6	12,2
D4	5	15,4	10,2
D5	7	17,8	10,2

Vedle hodnot MFT byly stanovovány hodnoty T_g u vzorků emulzních polymerů řady A, B, C, jak bez přídavku ADH, tak s přídavkem síťovacího činidla ADH a u řady D pouze u disperzí s obsahem ADH. Hodnoty T_g u latexových vzorků řad A, B, C bez ADH se pohybovaly v rozmezí 9,9 – 12,9 °C. U vzorků obsahujících ADH se hodnoty pohybovaly v rozmezí 10,5 – 14,7 °C. Je patrné, že s přídavkem ADH došlo k mírnému zvýšení T_g , což souvisí se vznikem kovalentních vazeb díky keto-hydrazidovému zesíťení, jehož důsledkem je snížení pohyblivosti polymerních řetězců. Nejvyšší T_g byla pozorována u vzorků neobsahujících nanostrukturu ZnO. Se zvyšující se koncentrací ZnO docházelo k poklesu teploty skelného přechodu. Důsledkem tohoto jevu je zřejmě zvyšující se míra hydroplastifikace emulzních kopolymerů vlivem rostoucí koncentrace OH⁻ iontů, které vznikají jako důsledek reakce ZnO s vodou a disociují (ionizují) karboxylové skupiny přítomné v emulzním polymeru.

3.1.4 Stanovení obsahu oxidu zinečnatého

Dále byla v případě disperzí řad A, B a C, do nichž byl ZnO inkorporován během syntézy, sledována reálná koncentrace nanostrukturního ZnO v nátěrových filmech pomocí stanovení obsahu popela a obsahu Zn metodou ICP-OES (Tabulka 14). Výsledky obou metod spolu vzájemně souvisí a potvrzují, že s rostoucím obsahem nanostrukturního ZnO vnášeného do disperzí během jejich syntézy (viz Tabulka 14), roste i reálný obsah ZnO ve vzorcích. Dále se však ukázalo, že s rostoucím množstvím vnášeného ZnO nedocházelo k úměrnému nárůstu reálného obsahu ZnO ve výsledné disperzi, a tudíž i nátěrovém filmu. Jak již bylo zmíněno dříve, přítomnost nanostrukturního ZnO během syntézy způsobila zvýšenou tvorbu koagulátu, zřejmě bohatého na ZnO, což pravděpodobně souvisí se vznikem komplexních (ionomerních) vazeb mezi polymerními částicemi, nesoucími karboxylové skupiny a zinečnaté ionty. Snaha o inkorporaci zvýšeného množství ZnO při syntéze polymerní disperze se tedy jeví jako neefektivní, z důvodu zvýšených ztrát emulzního polymeru i nanostrukturního ZnO.

Tabulka 14 Koncentrace nanostrukturního ZnO v nátěrových filmech stanovená pomocí obsahu popela a obsahu Zn z ICP-OES analýzy

Název vzorku	Teoretický obsah ZnO [hm. %]	Stanovení popela		ICP-OES		Efektivita inkorporace ZnO [%] *
		Obsah popela [hm. %]	Obsah ZnO [hm. %]	Obsah Zn [mg/kg]	ICP-OES [hm. %]	
A 0	0	0,22	0,00	< 10	0,00	-
A 1	1	0,91	0,69	4872	0,61	61,1
A 2	2	1,53	1,31	8724	1,09	54,5
A 3	3	1,76	1,54	10441	1,30	43,3
B 0	0	0,23	0,00	<10	0,00	-
B 1	1	1,20	0,97	6180	0,78	78,0
B 2	2	1,57	1,34	8928	1,11	55,5
B 3	3	1,63	1,40	9529	1,20	40,0
C 0	0	0,25	0,00	<10	0,00	-
C 1	1	1,02	0,77	5768	0,72	72,0
C 2	2	1,43	1,18	8081	1,01	50,5
C 3	3	1,95	1,70	11640	1,46	48,6

* Hodnota vypočítána na základě výsledků ICP-OES

3.1.5 Stanovení extrahovatelného podílu

Stanoven byl extrahovatelný podíl u vzorků filmů ze samosíťujících vodných polymerních disperzí, obsahujících nanostrukturní ZnO inkorporovaný během syntézy (Tabulka 15), i vzorků filmů ze samosíťujících vodných polymerních disperzí, obsahujících externě přidaný nanostrukturní ZnO (Tabulka 16). Paralelně byly hodnoceny vzorky obsahující síťovací

čínidlo ADH i vzorky bez ADH. Ze získaných hodnot je patrné, že v případě vzorků, které ADH neobsahovaly, je podíl gelu nižší, než u vzorků kovalentně zesíťovaných pomocí ADH.

U vzorků, které nebyly zesíťované pomocí ADH a neobsahovaly žádný nanostrukturální ZnO, byl podíl gelu velmi nízký (4,2 – 6,5 %). Přítomnost gelu u těchto vzorků je pravděpodobně způsobena větvením a zesíťováním v důsledku intermolekulárních přenosů na polymer, které probíhají při radikálové polymeraci akrylátů [79].

Obsah gelu u všech ostatních vzorků bez zesíťování pomocí ADH se pohyboval v rozmezí 70,3 – 85,6 %. Z výsledků je patrné, že se vzrůstající koncentrací ZnO docházelo ke vzrůstu podílu gelu. Poměrně vysoké množství gelu, i v případě kovalentně nezesíťovaných vzorků, je pravděpodobně způsobeno vznikem ionomerních vazeb mezi karboxylovými skupinami na polymerních řetězcích a kationty Zn^{2+} . U vzorků obsahujících ADH byl podíl gelové složky vysoký i u vzorků bez přítomnosti ZnO, díky vzniku kovalentních vazeb v polymerním materiálu.

Hodnoty vzorků bez ZnO se pohybovaly v rozmezí 81,7 – 84,9 %. Hodnoty vzorků s obsahem ZnO se pohybovaly v rozmezí 93,7 – 98,2 %, což potvrzuje přítomnost ionomerního zesíťování. I u emulzních polymerů zesíťovaných pomocí ADH se potvrdilo, že se zvyšujícím se obsahem ZnO se zvyšoval podíl gelové složky.

Tabulka 15 Stanovení extrahovatelného podílu u samosíťujících vodných polymerních disperzí obsahující nanostrukturální ZnO v polymeru II před a po zesíťování ADH

Název vzorku (ADH)	Gel [%]	Sol [%]	Název vzorku (bez ADH)	Gel [%]	Sol [%]
A0	84,9	15,1	A0	6,5	93,4
A1	93,7	6,4	A1	76,3	23,7
A2	96,9	3,1	A2	79,7	20,3
A3	98,2	1,8	A3	85,6	14,4
B0	82,2	17,8	B0	4,2	95,8
B1	95,7	4,3	B1	72,9	27,1
B2	96,0	4,0	B2	72,6	27,4
B3	97,7	2,3	B3	82,4	17,6
C0	81,7	18,3	C0	5,6	94,4
C1	89,0	11,0	C1	70,3	29,7
C2	94,5	5,5	C2	74,7	25,3
C3	96,2	3,8	C3	70,8	29,2

Vzorky filmů ze samosíťujících vodných polymerních disperzí, obsahujících externě přidaný nanostrukturální ZnO byly hodnoceny pouze zesíťované pomocí ADH. Hodnoty gelu se pohybovaly v rozmezí 83,5 – 88,3 %. Z výsledků je patrné, že se vzrůstajícím obsahem

externě přidaného ZnO docházelo k mírnému nárůstu gelového podílu, což může být vysvětleno vyšší koncentrací ionomerních vazeb a tudíž i vyšší síťovou hustotou výsledných polymerních materiálů.

Tabulka 16 Stanovení extrahovatelného podílu u samosíťujících vodných polymerních disperzí obsahujících externě přidaný nanostrukturální ZnO

Název vzorku (ADH)	Gel [%]	Sol [%]
D1	83,5	16,5
D2	84,2	15,8
D3	84,3	15,7
D4	85,6	14,4
D5	88,3	11,7

3.2 Charakterizace nátěrových filmů

3.2.1 Vzhled nátěrových filmů

Lakařské vlastnosti připravených nátěrových filmů jsou shrnuty v Tabulce 17. Studované samosíťující latexy obsahující nanostrukturální ZnO inkorporovaný během syntézy, tvořily pružné a pevné nátěry, které vykazovaly vysoký lesk a transparentní povahu bez povrchových defektů. Lze tedy usuzovat, že takto přidaný ZnO byl v nátěrech přítomen ve formě izolovaných nanočástic a nikoli jejich aglomerátů (o velikosti v řádu μm). Zároveň se ukázalo, že zvyšující se obsah nanostrukturálního ZnO nezpůsobil výrazný pokles lesku.

U nátěrových filmů připravených ze samosíťujících latexů obsahujících externě přidaný ZnO, byl pozorován mírný pokles lesku, větší přítomnost bublin a defektů než u nátěrových filmů, u nichž byl ZnO zabudován do latexu během syntézy. Z výsledků je patrné, že využití komerční disperze nanostrukturálního ZnO způsobilo mírné zhoršení vzhledových vlastností, které je výraznější se zvyšující se koncentrací externě přidaného ZnO.

Tabulka 17 Výsledky hodnocení vzhledových vlastností nátěrových filmů na bázi samosíťujících vodných disperzí obsahujících nanostrukturní ZnO

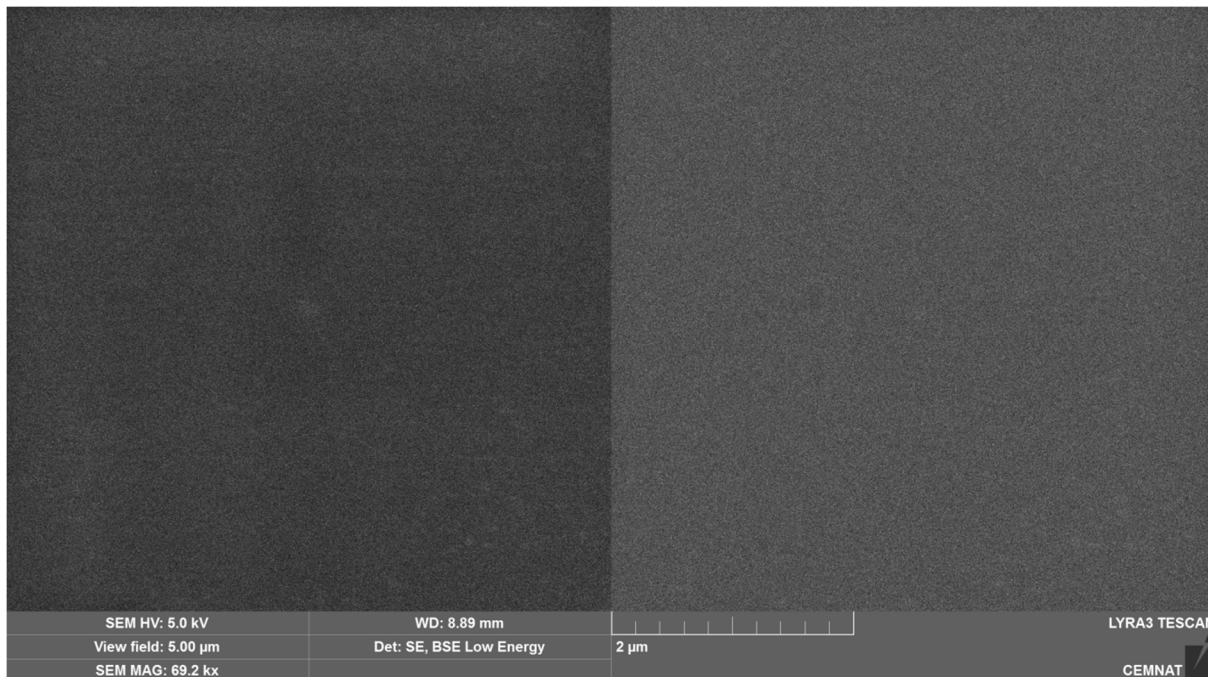
Název vzorku	Vzhled				Lesk [%]		
	Z	Č	B	P	20°	60°	85°
A0	1	1	1	1	29,1±0,2	70,1±0,4	83,4±0,6
A1	1	1	1	1	33,7±0,3	67,5±0,3	80,8±0,5
A2	1	1	1	1	31,2±0,2	72,1±0,3	86,7±0,8
A3	1	1	1	1	28,0±0,1	69,7±0,6	82,7±0,7
B0	1	1	1	1	12,6±1,8	50,8±0,9	80,7±1,1
B1	1	1	1	1	33,7±1,9	73,9±1,8	86,4±1,3
B2	1	1	1	1	36,0±1,4	75,7±1,7	89,6±1,2
B3	1	1	1	1	29,4±0,7	71,5±0,9	85,6±1,3
C0	1	1	1	1	32,2±0,9	72,7±0,9	86,1±0,8
C1	1	1	1	1	27,7±1,0	68,6±1,2	84,3±0,9
C2	1	1	1	1	25,3±0,8	67,8±0,7	81,4±0,8
C3	1	1	1	1	23,3±0,6	65,9±0,5	80,6±0,7
D1	1	2	2	1	64,9±0,7	81,0±0,5	89,2±1,0
D2	1	2	3	1	33,6±1,2	58,3±1,0	69,0±0,9
D3	1	2	3	1	7,3±1,3	38,5±0,9	33,2±1,2
D4	2	2	3	1	21,4±0,2	50,8±0,3	48,6±1,0
D5	2	2	3	1	33,4±0,4	58,8±0,5	60,1±1,2

3.2.2 Sledování morfologie a přítomnosti nanostrukturního ZnO pomocí SEM-EDX

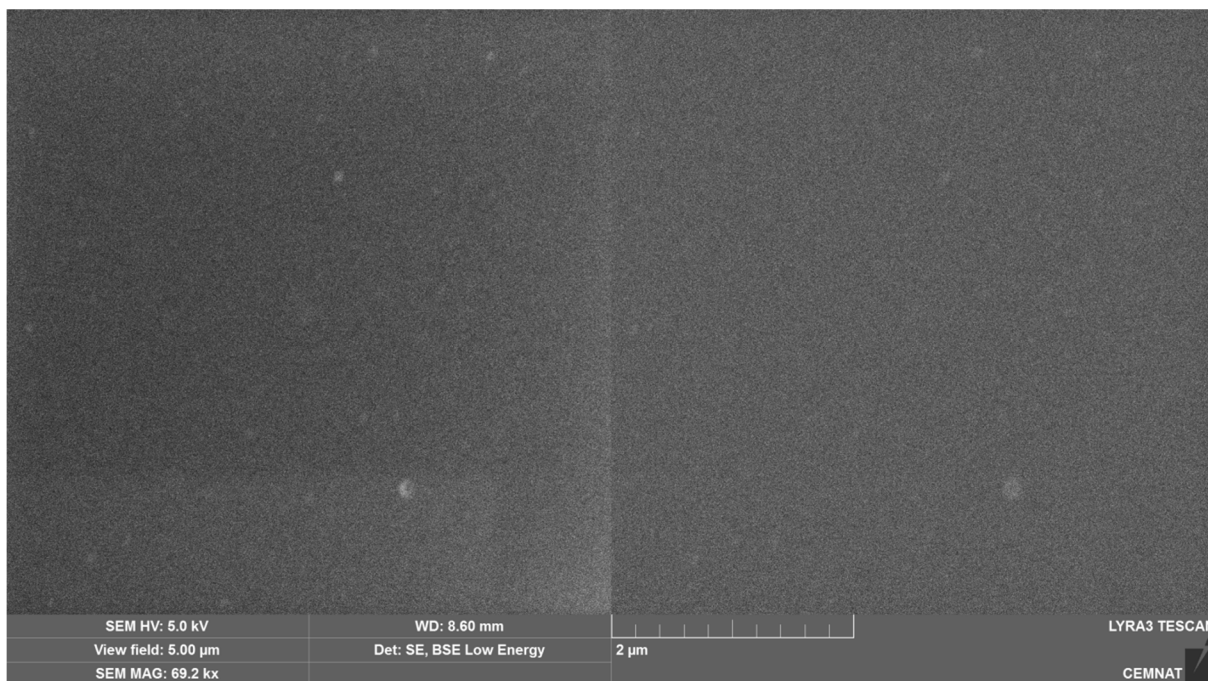
Byl pozorován povrch lomu vybraných nátěrových filmů A0, A3, B3 a C3 pomocí skenovacího elektronového mikroskopu (Obr. 21 – 24). Byla sledována topografie povrchu režimem sekundárně odražených elektronů a elementární kontrast režimem zpětně odražených elektronů. Obrázek 21 zachycuje, jak vypadá povrch lomu nátěrových filmů bez přítomnosti nanočástic. Na Obrázcích 22 – 24 jsou zobrazeny nátěrové filmy z každé řady s největší koncentrací nanostrukturního ZnO (teoretický obsah ZnO v polymeru 3 hm. %). Získané snímky, pro vzorky A3 a B3, dokazují přítomnost ZnO v nátěrovém filmu ve formě izolovaných nanočástic, v řádu několika desítek nm, a v případě vzorku C3 také ve formě aglomerátů, v řádu stovek nm. Velikost a četnost těchto útvarů však předurčuje, že mohou být i nátěry vzorku C3 vnímány jako transparentní.

Na Obrázku 25 je zobrazen povrch lomu nátěru vzorku D2, který obsahoval externě přidaný ZnO (obsah ZnO 1,5 hm. %). Ze snímku je patrné, že v nátěrovém filmu D2 je přítomno větší množství aglomerátů ZnO než v případě vzorků obsahujících ZnO inkorporovaný během syntézy. Závěrem je, že externí přídavek ZnO vede k přítomnosti většího množství aglomerátů nanočástic ZnO a tudíž i ke ztrátě transparentní povahy nátěrů,

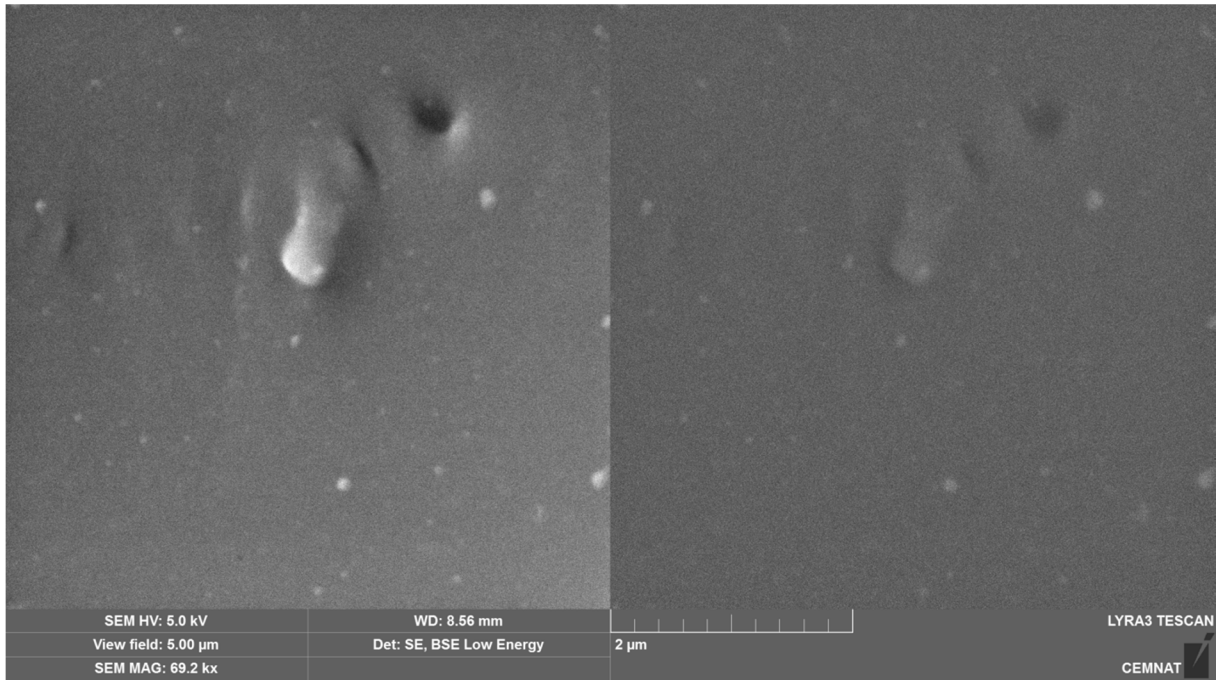
zejména při vyšších tloušťkách nátěru. Analýza byla doplněna EDX mikroanalýzou jejíž výsledky jsou uvedeny v Tabulce 18.



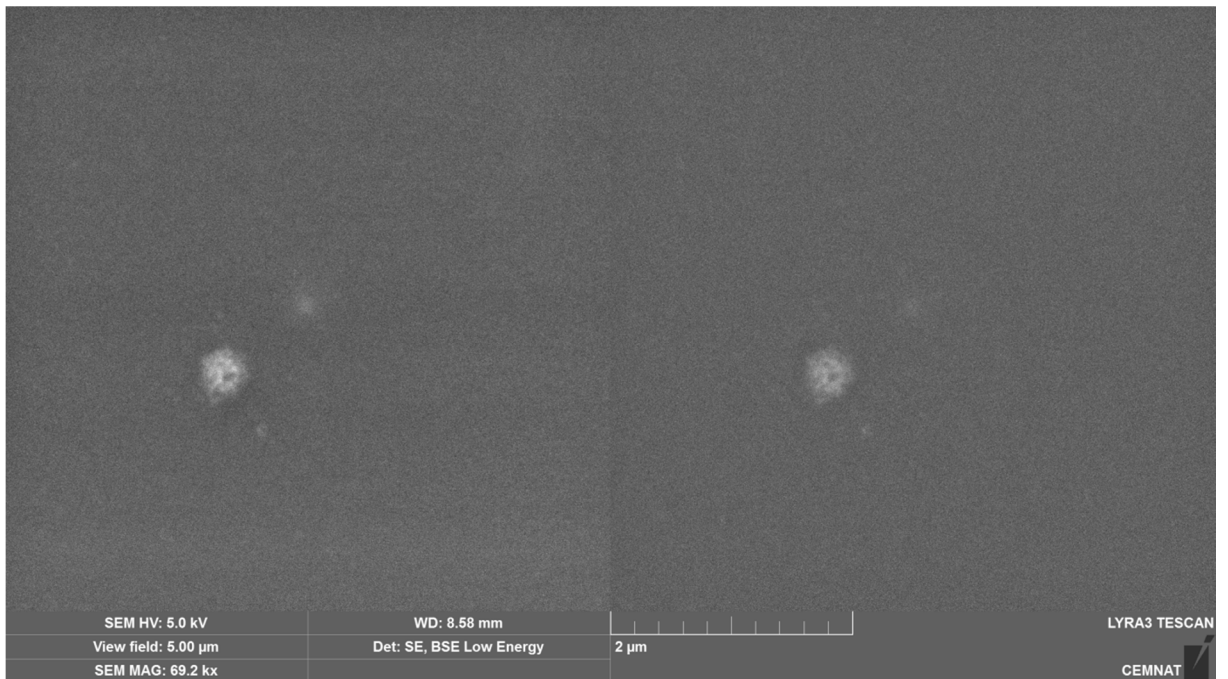
Obrázek 21 Snímek zobrazující povrch nátěrového filmu A0 (neobsahuje ZnO) metodu SEM (vlevo) sekundárními a zpětně odraženými elektrony (vpravo)



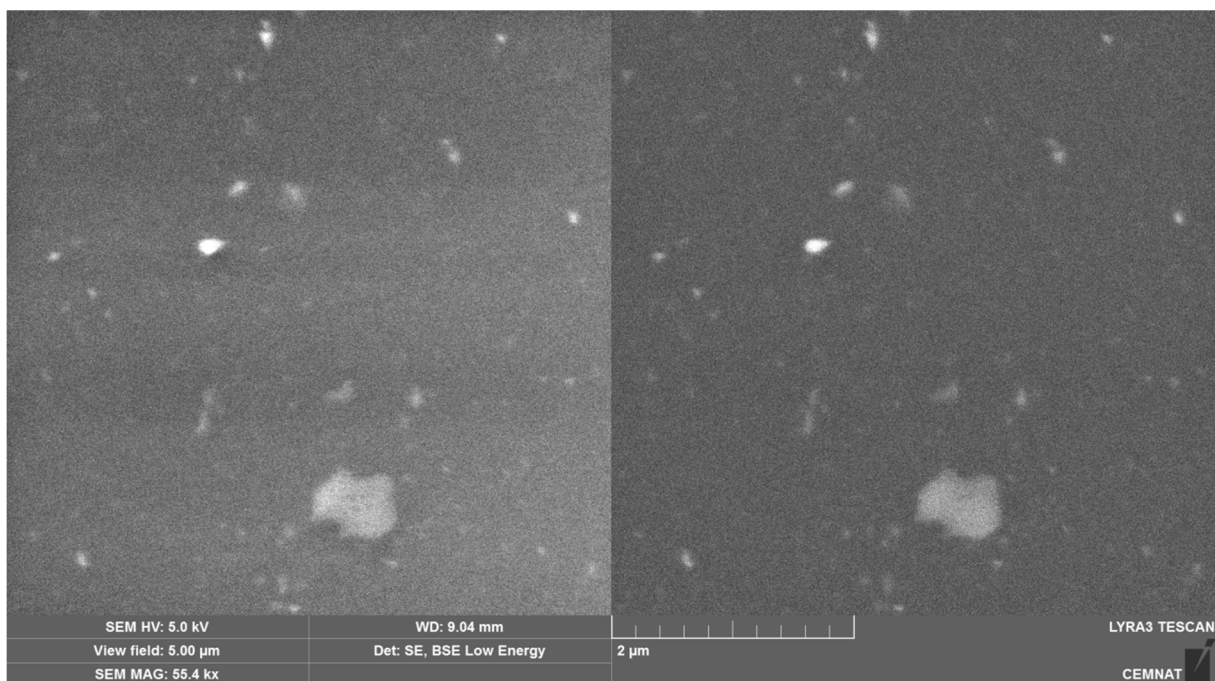
Obrázek 22 Snímek zobrazující povrch nátěrového filmu A3 (3 hm. % ZnO) metodu SEM (vlevo) sekundárními a zpětně odraženými elektrony (vpravo)



Obrázek 23 Snímek zobrazující povrch nátěrového filmu B3 (3 hm. % ZnO) metodu SEM (vlevo) sekundárními a zpětně odraženými elektrony (vpravo)



Obrázek 24 Snímek zobrazující povrch nátěrového filmu C3 (3 hm. % ZnO) metodu SEM (vlevo) sekundárními a zpětně odraženými elektrony (vpravo)



Obrázek 25 Snímek zobrazující povrch nátěrového filmu D2 (1,5 nm. % ZnO) metodu SEM (vlevo) sekundárními a zpětně odraženými elektrony (vpravo)

Tabulka 18 Výsledky EDX analýzy

Název vzorku	Zastoupení prvků v [hm. %]						
	C	N	O	F	Na	S	Zn
A0	84,33	0,7	14,74	0	0,07	0,16	0
A3	83,89	0,71	14,87	0	0	0,16	0,37
B3	83,76	0,84	13,17	1,68	0	0,22	0,33
C3	82,44	0,65	12,97	3,35	0	0,1ž	0,43

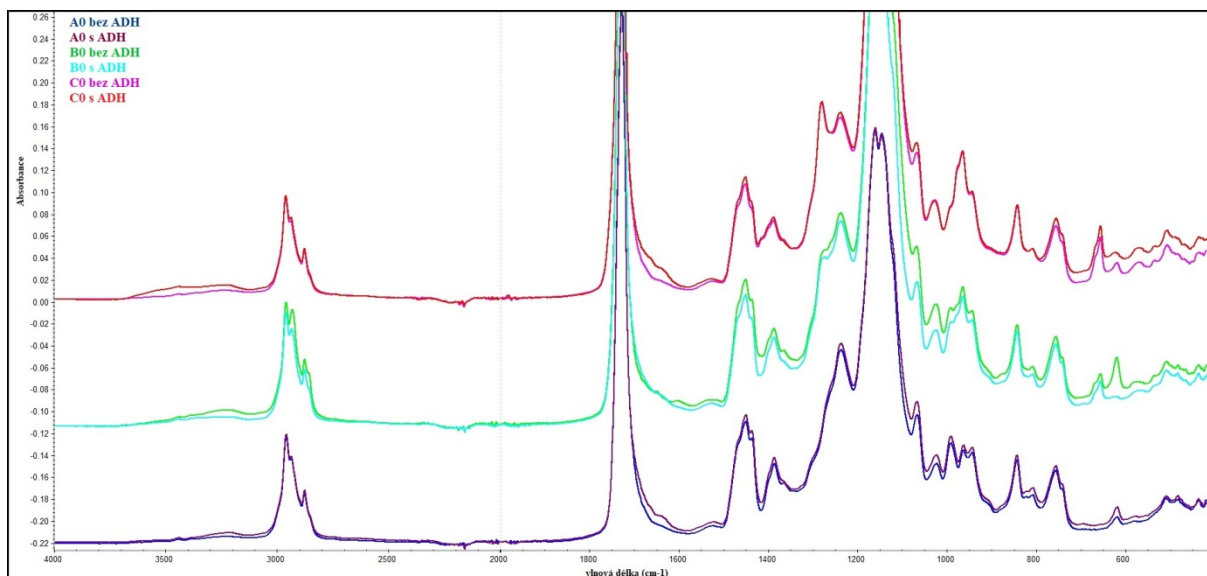
3.2.3 Stanovení složení kopolymeru pomocí FTIR

Výsledky infračervené spektroskopie pro studované polymerní vzorky řad A, B, C jsou uvedeny na Obrázcích 26 a 27. Je evidentní, že spektra vykazují podobný charakter. Absorpční pásy valenčních vibrací skupin C-H_x (x = 1 – 3) lze pozorovat v oblasti vlnočtů 2961 – 2876 cm⁻¹ a pásy deformačních vibrací skupin C-H_x (x = 1 – 3) se vyskytují mezi vlnočty 1446 – 1396 cm⁻¹. Ve všech spektrech lze rovněž nalézt absorpční pásy valenční vibrace vazby C=O esterové skupiny při 1733 cm⁻¹.

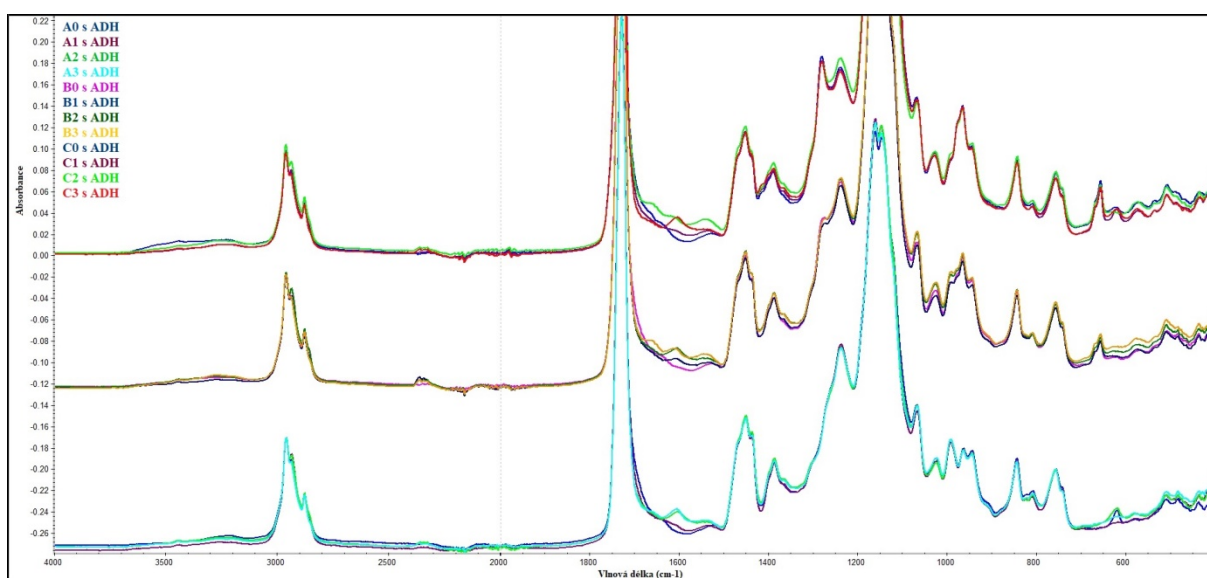
Získaná infračervená spektra však také vykazují významné odlišnosti. Rozdíl v chemické struktuře kopolymerů před a po proběhlé keto-hydrazidové samosíťující reakci je znázorněn na Obrázku 26. Je patrné, že po zesílení pomocí ADH, se ve spektrech objevuje slabý absorpční pás při 1632 cm⁻¹, který je charakteristický pro valenční vibrace hydrazoniových vazeb N=C a dokazuje, že proběhla keto-hydrazidová samosíťující reakce.

Obrázek 26 také demonstruje spektra vybraných kopolymerů lišících se přítomností TFEMA stavebních jednotek. Ukázalo se, že ve spektrech kopolymerů obsahujících TFEMA jednotky se objevují absorpční pásy při 1280 a 1160 cm^{-1} , které jsou charakteristické pro valenční vibrace vazeb C–F a také pásy deformačních vibrací v oblasti kolem 652 cm^{-1} . Intenzita těchto pásů se zvyšuje v případě kopolymerů s vyšší koncentrací TFEMA jednotek (řada kopolymerů C).

Obrázek 27 ukazuje spektra kopolymerů A0 – A3, B0 – B3, C0 – C3, zesíťných pomocí ADH. Lze pozorovat, že v případě kopolymerů obsahujících nanostrukturní ZnO se ve spektrech nachází při vlnětu 1560 cm^{-1} absorpční pás, charakteristický pro valenční vibrace solí karboxylových kyselin, což je důkazem přítomnosti ionomerních vazeb mezi karboxylovými skupinami kopolymerované KMA a disociovanými kationty Zn^{2+} v polymerních vzorcích. Ze srovnání jednotlivých spekter rovněž vyplývá, že intenzita pásů solí karboxylových kyselin se u všech srovnávaných vzorků zvyšuje s rostoucím obsahem ZnO v polymeru. Dále se ve spektrech polymerních vzorků obsahujících nanočástice ZnO objevuje široký absorpční pás valenčních vibrací skupin O–H v oblasti 3440 – 3250 cm^{-1} a také pás deformačních vibrací těchto skupin při 1660 cm^{-1} . Hydroxylové skupiny se ve vzorcích vyskytují zejména díky reakci nanočástic ZnO s vodou, díky níž vzniká ve vodě velmi slabě rozpustný $\text{Zn}(\text{OH})_2$. (Rozpustnost ZnO ve vodě při 20 °C je 0,00016 g/100 ml). Intenzitu těchto pásů zřejmě ovlivňují i hydroxylové skupiny ve formě molekulárně vázané vody, jejíž obsah významně souvisí s podílem disociovaných OH^- iontů, pocházejících z rozpuštěného podílu ZnO v latexovém vzorku, které zvyšují pH latexu, a tudíž i stupeň disociace karboxylových skupin, potažmo míru hydroplastifikace výsledného emulzního polymeru a podíl molekulárně vázané vody.



Obrázek 26 IČ spektra A0, B0 a C0 kopolymerů nezesítěných ADH i zesítěných pomocí ADH



Obrázek 27 IČ spektra kopolymerů A0 – A3, B0 – B3, C0 – C3 zesítěných pomocí ADH

3.2.4 Hodnocení transparentnosti a citlivosti nátěrových filmů vůči působení vody

Hodnocení transparentnosti nátěrových filmů, prostřednictvím měření transmittance při vlnové délce 500 nm, je uvedeno v Tabulce 19. Předpokladem pro vznik transparentních nátěrů, tedy nátěrů vysoce lesklých a čirých, je rozrušení aglomerátů sestávajících z nanočástic ZnO. Počáteční hodnoty transmittance nátěrových filmů byly před působením vody vysoké. Pohybovaly se v rozmezí 90,3 – 91,5 % u nátěrových hmot, obsahujících nanostrukturní ZnO inkorporovaný během syntézy, a v rozmezí hodnot 85,6 – 90,7 % u nátěrových hmot, obsahujících externě přidaný nanostrukturní ZnO. Ukázalo se, že

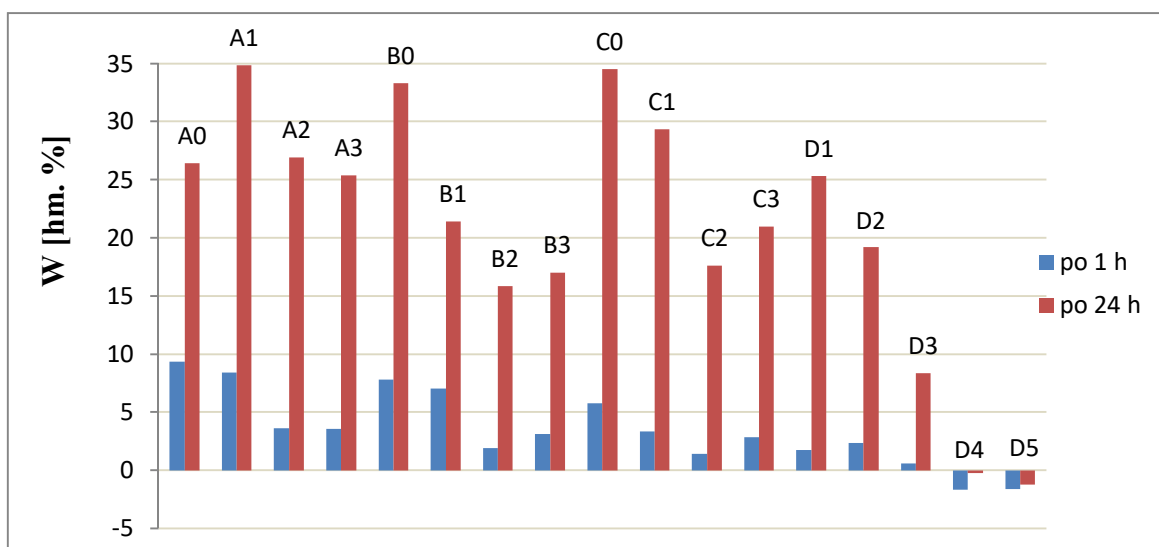
v případě inkorporace ZnO během syntézy nedocházelo k významnému ovlivnění hodnot transmitance, tedy k poklesu transparentní povahy nátěrů, jak ohledem na obsah ZnO v nátěrovém filmu, tak s ohledem na kopolymerní složení latexového polymeru. Naopak v případě inkorporace ZnO do hotového latexu ve formě komerční disperze byl zjištěn pokles transparentní povahy nátěrů s rostoucí koncentrací ZnO.

Dále byla hodnocena citlivost nátěrových filmů vůči působení destilované vody po dobu 1 a 24 hodin pomocí měření transmitance při vlnové délce 500 nm a jejího poklesu, vyjádřeného jako zbledání nátěru W . Hodnoty transmitance nátěrových filmů po působení vody po dobu 1 hodiny se pohybovaly v rozmezí 82,3 – 89,3 %. Hodnoty transmitance nátěrových filmů po působení vody po dobu 24 hodin se pohybovaly v rozmezí 58,9 – 87,0%. Z výsledků je patrné, že se zvyšujícím se obsahem nanostrukturního ZnO se zvyšuje i odolnost vůči působení vody bez ohledu na to, zda byl ZnO inkorporovaný během syntézy, či přidán externě ve formě disperze ZnO. Při vyšších obsazích externě přidaného ZnO bylo dokonce zaznamenáno zvýšení transparentní povahy (pokles zákalu) nátěrů po expozici ve vodě. Dále lze konstatovat, že obsah TFEMA v kopolymeru snižuje citlivost vůči působení vody, avšak nebyl pozorován významný rozdíl mezi řadou B a C, tedy nebyl pozorován významný rozdíl v koncentraci TFEMA.

Výše zmíněný efekt je názorně zaznamenán také na Obrázku 28.

Tabulka 19 Výsledky hodnocení transparentnosti nátěrových filmů, vyjádřené transmitancí při vlnové délce 500 nm a stupněm zbledání, před působením vody a po 1 a 24 hodinách kontaktu s vodou

Název vzorku	bez vody	po 1 h	po 24 h	po 1 h	po 24 h
	T [%]	T [%]	T [%]	W [%]	W [%]
A0	90,8	82,3	58,9	9,39	26,43
A1	90,5	82,9	66,5	8,45	34,88
A2	91,1	87,4	66,8	3,66	26,94
A3	90,7	87,7	67,6	3,58	25,40
B0	90,3	83,2	60,2	7,82	33,34
B1	90,7	84,3	71,3	7,08	21,41
B2	91,0	88,5	75,8	1,92	15,85
B3	91,4	89,3	76,6	3,13	17,04
C0	91,4	86,1	59,8	5,77	34,53
C1	91,5	88,0	64,6	3,39	29,35
C2	90,3	88,4	71,6	1,45	17,62
C3	90,7	89,0	74,4	2,88	21,00
D1	90,3	88,7	67,4	1,75	25,32
D2	90,6	88,4	73,2	2,39	19,20
D3	89,3	88,8	81,8	0,63	8,38
D4	85,6	87,0	85,8	-1,64	-0,20
D5	86,0	87,3	87,0	-1,62	-1,20



Obrázek 28 Zběhání jednotlivých nátěrových filmů po 1 a 24 hodinách kontaktu s vodou

3.2.5 Absorpce vody

Absorpce destilované vody do nátěrových filmů byla sledována po 1, 2, 3, 8, 15, 30 a 60 dnech. Dále bylo hodnoceno množství extrahovaných vodou rozpustných látek. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 20. Vývoj absorpce vody, v závislosti na čase, je zobrazen pro jednotlivé řady latexových filmů na Obrázcích 29 – 32.

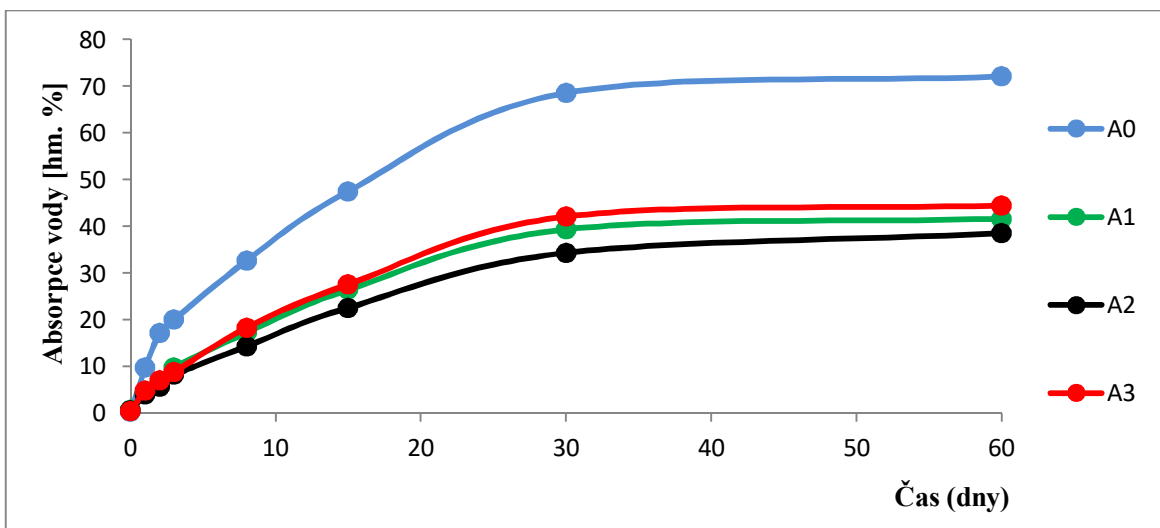
Tabulka 20 Výsledky měření absorpce vody nátěrových filmů po 60 dnech a množství extrahovaných vodou rozpustných látek

Absorpce vody [hm. %]								
Název	1 den	2 den	3 den	8 den	15 den	30 den	60 den	podíl vyextrah. látek [hm. %]
A0	9,72	17,16	20,07	32,69	47,52	68,59	72,12	1,32
A1	4,31	6,24	9,76	17,24	26,45	39,36	41,64	0,96
A2	3,94	5,64	8,19	14,34	22,58	34,35	38,52	0,45
A3	4,85	7,04	8,82	18,33	27,59	42,12	44,49	0,54
B0	5,49	8,29	10,87	21,47	36,72	59,17	64,58	1,47
B1	5,61	8,05	9,96	16,67	26,83	40,22	42,86	0,93
B2	3,04	4,57	6,04	9,22	14,14	24,25	27,63	0,66
B3	4,53	6,41	8,06	12,98	23,18	37,67	37,95	0,39
C0	7,40	11,05	14,77	26,18	38,59	58,89	62,70	1,41
C1	11,77	16,80	20,70	31,71	43,21	55,98	58,32	1,14
C2	6,70	11,46	14,10	29,32	43,27	61,31	66,27	0,81
C3	4,55	6,54	8,28	16,91	26,18	37,10	43,71	0,8
D1	12,47	18,82	20,44	40,83	52,65	57,80	60,30	2,19
D2	9,36	13,80	15,24	32,40	43,47	48,40	52,19	2,01
D3	6,11	9,04	10,00	19,32	26,66	36,68	45,11	1,37
D4	8,23	11,40	14,20	21,58	27,51	36,76	41,30	0,72
D5	7,88	10,79	11,53	20,81	25,60	28,61	32,20	0,49

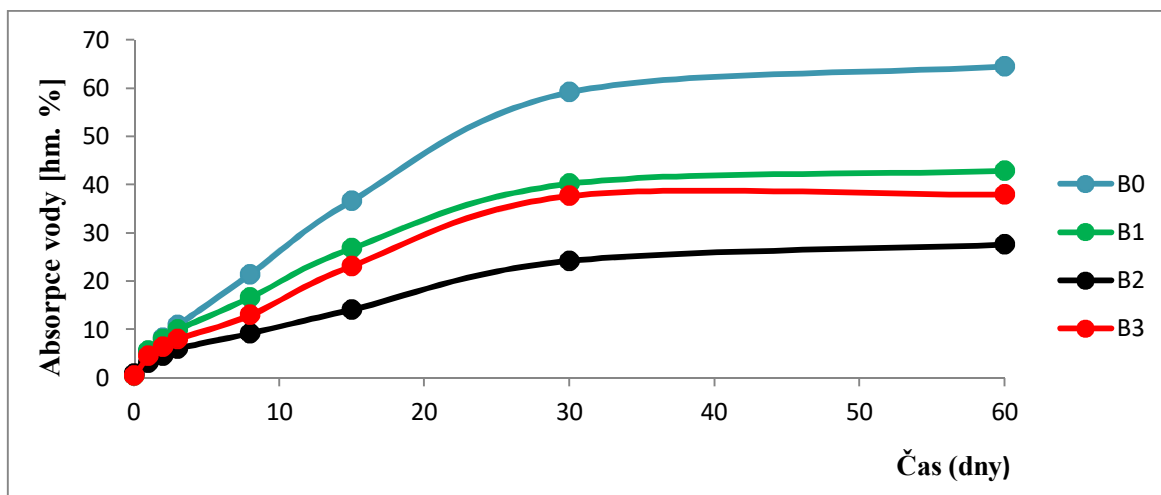
Z Obrázků 29 a 30, které zaznamenávají absorpci vody pro řady latexových filmů A a B, je patrné, že největší množství vody absorbovaly latexy A0 a B0. Tedy latexové filmy, které ve své struktuře neobsahují žádný nanostrukturní ZnO. U latexového filmu A0 můžeme pozorovat, že k výraznému nárůstu absorpce došlo již po 24 hodinách. Naopak nejméně vody absorbovaly latexové filmy A2 a B2, tedy latexy obsahující teoreticky 2 hm. % ZnO inkorporovaného během syntézy. Na obrázku 31 je zaznamenán průběh absorpce vody řady C. Z této řady nejméně absorboval vodu latexový film C3, který obsahuje nejvyšší koncentraci ZnO ve struktuře filmu. Ostatní latexové filmy v této řadě absorbovaly vodu podobně. U řady D (Obrázek 32) nejmenších hodnot absorpce dosahoval latex D5 (obsahující nejvyšší koncentraci externě přidaného ZnO), naopak nejvíce absorboval vodu latex D1 (obsahující nejnižší koncentraci externě přidaného ZnO). Je tedy patrné, že s rostoucí koncentrací ZnO (bez ohledu na způsob jeho inkorporace do latexu) se snižovala tendence nátěrů absorbovat vodu, což koreluje i s výsledky uvedenými v kapitole 3.2.5. Tento jev lze vysvětlit zvýšením síťové hustoty výsledných polymerních materiálů v důsledku vzniku ionomerních vazeb, které způsobují fixaci polymerních řetězců a zabraňují tak pojmout vyšší podíl vody.

Latexové filmy, které obsahovaly ve svém kopolymeru stavební jednotky TFEMA, absorbovaly vodu méně než latexové filmy, které ve svém kopolymeru stavební jednotky TFEMA neobsahovaly. Z hlediska absorpce vody pak koncentrace TFEMA významný vliv neměla, jak již bylo demonstrováno již v případě hodnocení zbělání nátěrů (kapitola 3.2.4).

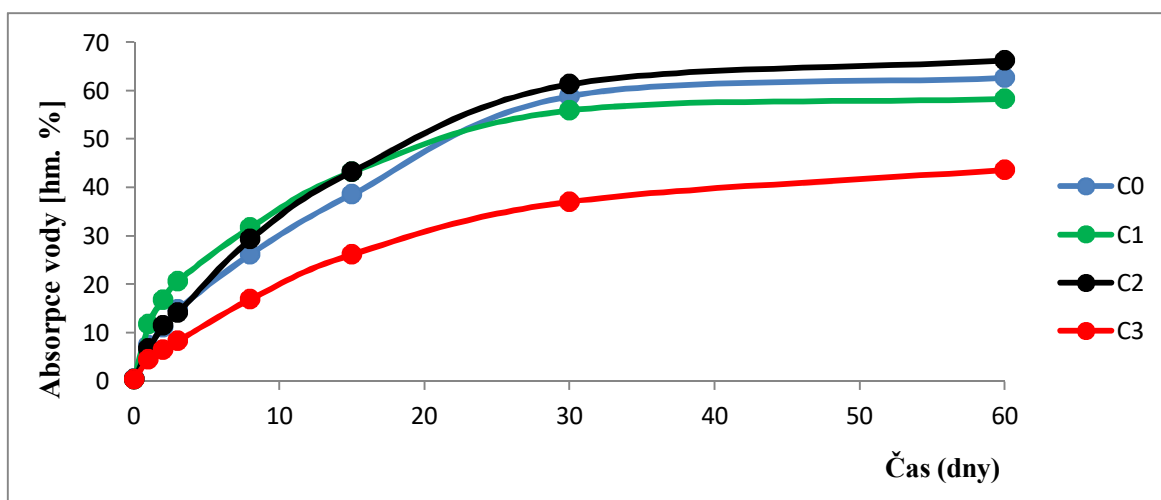
Z hodnocení extrahovatelného podílu vodou je patrné, že nejvíce látek bylo extrahováno během 60 dnů expozice nátěrového filmu ve vodě u nátěrových filmů s nejnižší koncentrací ZnO bez ohledu na to, zda byl ZnO inkorporován během syntézy, nebo byl externě přidán ve formě komerční disperze. S rostoucí koncentrací ZnO v nátěru bylo dokonce zjištěno snížení podílu extrahovaných látek, což zřejmě souvisí opět se zvýšením hustoty polymerní sítě a potlačením intenzity penetrace vody do nátěrového filmu.



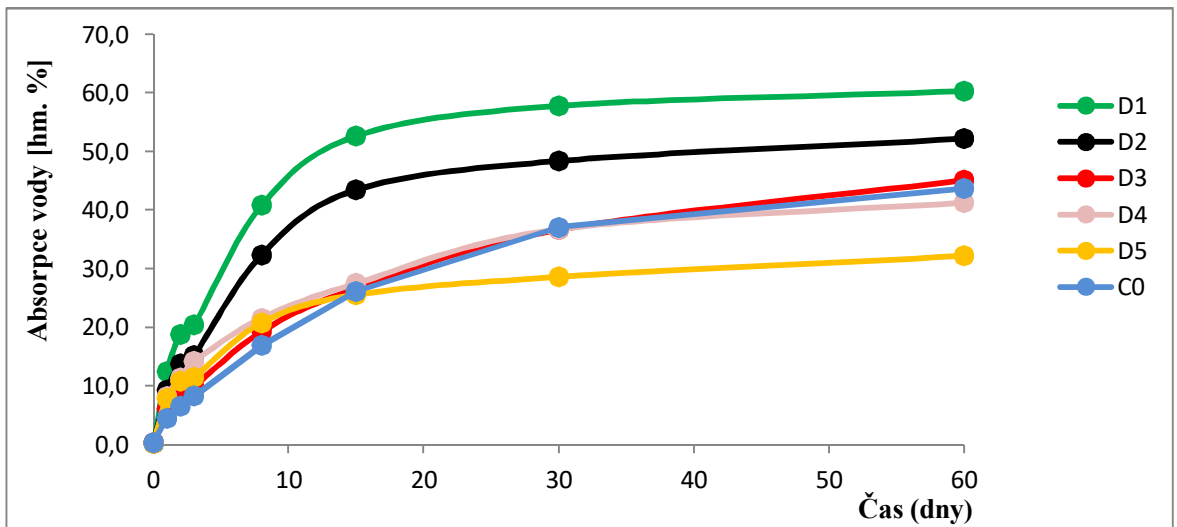
Obrázek 29 Závislost absorpce vody nátěrů na bázi samosíťujících vodných disperzí řady A na čase



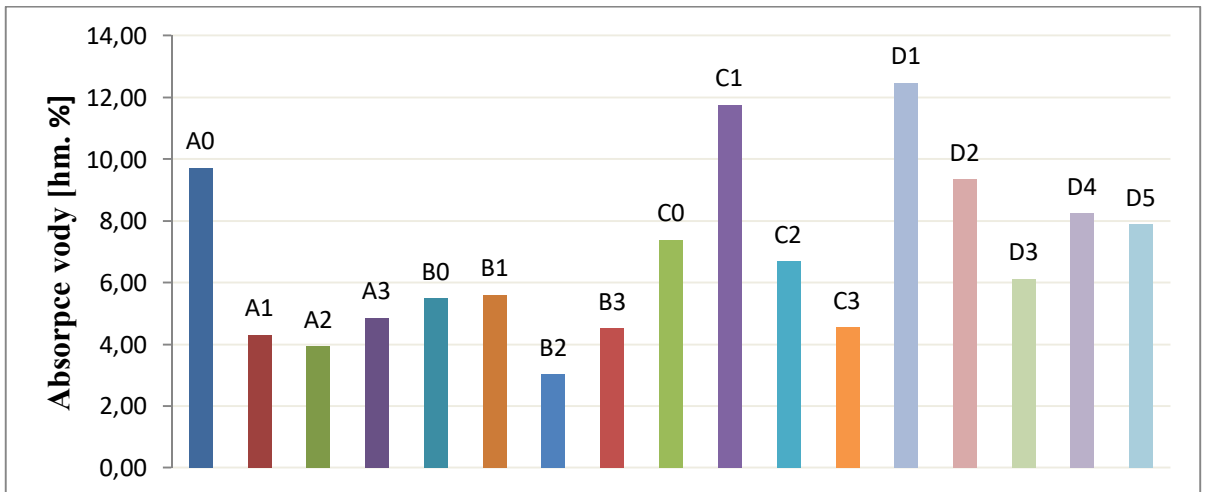
Obrázek 30 Závislost absorpce vody samosíťujících vodných disperzí řady B na čase



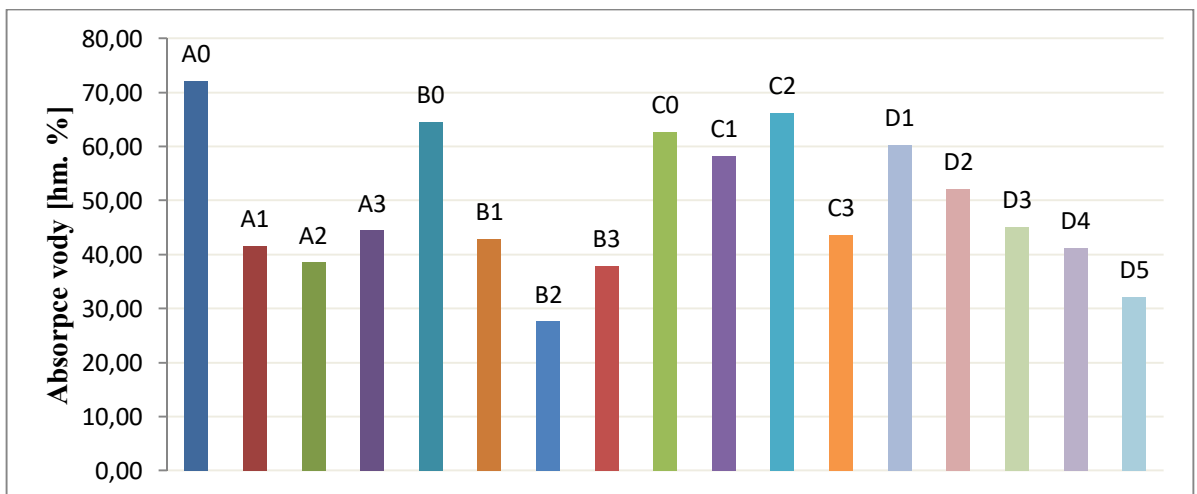
Obrázek 31 Závislost absorpce vody nátěrů na bázi samosíťujících vodných disperzí řady C na čase



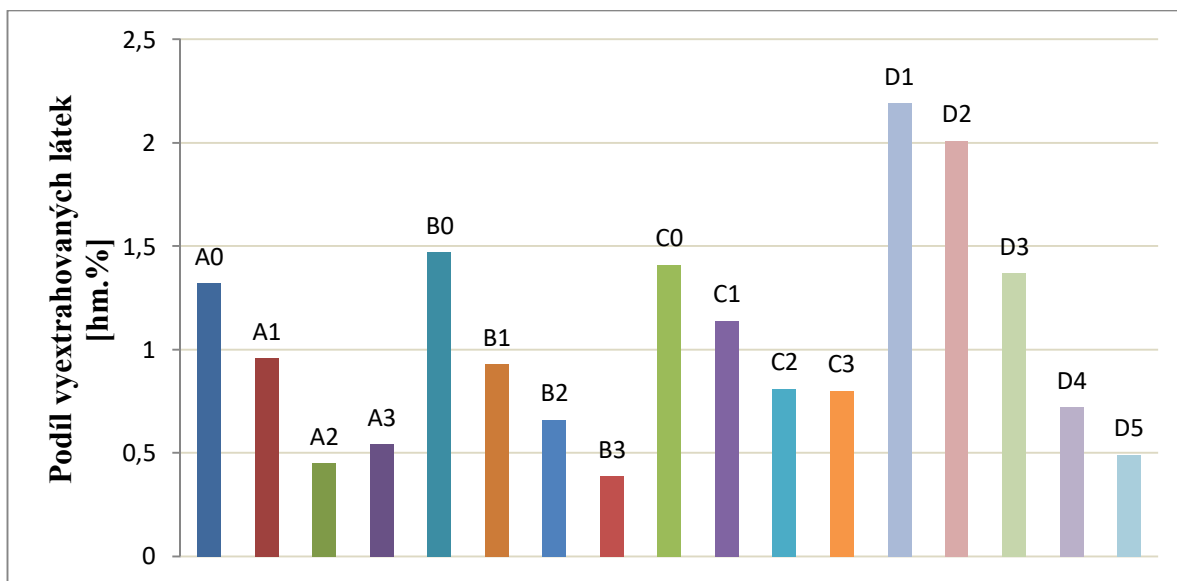
Obrázek 32 Závislost absorpce vody nátěrů na bázi samosíťujících vodných disperzí řady D na čase s porovnáním nátěru na bázi C0 použitého jako výchozí pro ostatní vzorky řady D



Obrázek 33 Absorpce vody filmy po 1 dni



Obrázek 34 Absorpce vody filmy po 60 dnech



Obrázek 35 Množství extrahovaných vodou rozpustných látek během expozice nátěru v destilované vodě po dobu 60 dní

3.2.6 Tenziometrická měření

Byly zkoumány povrchové vlastnosti nátěrových filmů v závislosti na obsahu TFEMA v emulzním kopolymeru a obsahu ZnO. Je známo, že v oblasti povrchových energií substrátu 20 – 30 mN/m je adheze mikroorganismů minimální [3,80]. Cílem tedy bylo připravit nátěrové systémy, které poskytovaly filmy s povrchovou energií pohybující se v této oblasti i v případě odlišných podmínek aplikace. Dále byl sledován vliv různých podmínek zasychání nátěrových filmů. Kontaktní úhly byly měřeny pro vodu a glycerol a dále byly spočteny hodnoty povrchové energie nátěrových filmů. Nátěrové filmy byly ponechány zasychat při laboratorní teplotě v prostředí s relativní vlhkostí vzduchu (RH) 33 a 83 % a při teplotě 40 °C, opět v prostředích s RH 33 a 83 %. Ze získaných hodnot (Tabulka 21 a 22) je možné konstatovat, že u nátěrových filmů ponechaných při vyšší RH byly zaznamenány vyšší kontaktní úhly (resp. nižší povrchové energie). Při vyšší RH je okolní prostředí polárnější díky molekulám vody. Na tento fakt reaguje polymer ve své povrchové vrstvě migrací a natočením polárních hydrofilních skupin k povrchu a schováním nepolárních hydrofobních skupin trifluorethylmethakrylátových jednotek dovnitř filmu. Polárními skupinami jsou karboxylové skupiny stavební jednotky kyseliny methakrylové, karboxylová skupina diacetonakrylamidu, a zřejmě i methylmethakrylátu. Zasychání při vyšší relativní vlhkosti (83 %) navíc zapříčiní pozdější průběh post-síťování a prodloužení doby hydroplastifikace latexových částic vodou, což obojí vede ke zvýšené a prodloužené pohyblivosti polymerních řetězců. Tím pádem má více hydrofilních skupin možnost dostat se na povrch filmu.

Vliv teploty při zasychání nátěrových filmů se na hodnoty kontaktních úhlů projevil zejména při zasychání při 83 % RH u řady A, která ve své polymerní struktuře neobsahuje monomer TFEMA. Vlivem zvýšené teploty dochází v nátěrových filmech k rychlejšímu odpařování vody a také k rychlejšímu průběhu post-síťující reakce. Tento jev vede ke snižování doby pohyblivosti polymerních řetězců a potlačuje orientaci jejich hydrofilních i hydrofobních segmentů k povrchu.

S rostoucí koncentrací TFEMA v řadě B (20 % ve struktuře polymeru II) a v řadě C (40 % ve struktuře polymeru II) potom docházelo k výraznému zvýšení hydrofobicity po zasychání při obou teplotách i v případě obou prostředí s různou relativní vlhkostí vzduchu.

Vzrůstající koncentrace nanostrukturálního ZnO způsobuje u všech latexů zvýšení hydrofobicity (tzn. snižování hodnot povrchové energie), protože pravděpodobně dochází ke zvýšení síťové hustoty díky ionomerním vazbám, jak již bylo zmiňováno dříve. Tento jev se projevil obdobně jak v případě zasychání nátěrů při různých podmínkách, tak v případě rozdílné koncentrace fluorových skupin v polymeru. Výjimkou jsou vzorky B2 a B3, u nichž bylo pozorováno zvýšení povrchové energie po zasychání při 83% RH a teplotě 40 °C. Vysvětlení této skutečnosti může spočívat ve zvýšení migrace polárních vodorozpustných látek k povrchu filmu, nicméně by bylo vhodné provést další testy k jejímu ověření.

Tabulka 21 Výsledky tenziometrického měření u nátěrových filmů zasychajících při teplotě 23 °C

Název vzorku	ZnO reálná konc. (%)	Zasychání v prostředí 33% RH			Zasychání v prostředí 83% RH		
		Kontaktní úhel (°)		Povrchová energie (mN/m)	Kontaktní úhel (°)		Povrchová energie (mN/m)
		<i>Glycerol</i>	<i>Voda</i>		<i>Glycerol</i>	<i>Voda</i>	
A0	0,0	79,15	74,65	30,11	30,48	6,70	75,13
A1	0,8	84,42	84,30	22,01	44,00	28,52	68,27
A2	1,4	84,16	85,00	21,53	53,47	56,27	44,14
A3	1,6	83,10	84,51	21,89	62,82	58,22	43,30
B0	0,0	86,81	84,03	22,61	65,50	65,50	36,44
B1	0,9	90,38	89,69	19,70	91,14	91,21	17,44
B2	1,4	89,09	87,84	18,45	85,00	83,76	22,49
B3	1,5	89,06	89,05	18,82	85,15	87,55	19,95
C0	0,0	94,05	93,94	16,88	91,41	91,73	17,12
C1	1,0	93,72	94,47	15,80	91,73	91,75	17,11
C2	1,3	96,33	93,03	15,50	93,10	92,61	16,61
C3	1,8	93,21	94,51	15,48	93,60	94,43	15,51

Tabulka 22 Výsledky tenziometrického měření u nátěrových filmů zasychajících při teplotě 40 °C

Název vzorku	ZnO reálná konc. (%)	Zasychání v prostředí 33% RH			Zasychání v prostředí 83% RH		
		Kontaktní úhel (°)		Povrchová energie (mN/m)	Kontaktní úhel (°)		Povrchová energie (mN/m)
		<i>Glycerol</i>	<i>Voda</i>		<i>Glycerol</i>	<i>Voda</i>	
A0	0	82,29	76,72	29,00	52,82	40,61	60,12
A1	0,8	80,97	80,52	24,72	59,16	59,78	41,70
A2	1,4	82,73	83,21	22,76	63,61	64,06	37,61
A3	1,6	82,53	83,82	22,36	68,57	65,79	36,59
B0	0	85,96	90,03	18,73	93,35	77,06	38,78
B1	0,9	86,5	89,7	18,71	89,09	93,06	16,84
B2	1,4	88,14	90,69	17,87	78,13	69,36	36,62
B3	1,5	87,83	92,19	17,49	72,34	70,62	32,48
C0	0	90,93	92,09	16,92	93,49	79,51	20,01
C1	1	90,14	94,19	16,19	104,3	96,13	17,44
C2	1,3	94,0	94,05	15,32	93,63	94,44	15,54
C3	1,8	95,83	95,56	14,86	92,42	94,58	15,50

3.2.7 Mechanické vlastnosti nátěrových filmů

Mechanické vlastnosti připravených nátěrových filmů jsou shrnuty v Tabulce 23. Hodnocení mechanických vlastností, jako je pád závaží, ohyb či hloubení, bylo prováděno na nátěrových filmech aplikovaných na panelech z uhlíkaté oceli. Mřížková zkouška byla prováděna u nátěrových filmů aplikovaných na skleněných deskách i panelech z uhlíkaté oceli. Ukázalo se, že zvyšující se obsah nanostrukturního ZnO, inkorporovaného během syntézy i ve formě externě přidané disperze ZnO, nepůsobil pokles mechanických vlastností výsledných nátěrů. Všechny nátěrové filmy odolaly pádu závaží z výšky 100 cm, ohybu vřetena o průměru 4 mm i hloubení vlačovacího tělesa do hloubky 10 mm. U všech zmíněných zkoušek se jednalo o maximální zatížení. Lze konstatovat, že se jedná o výborné výsledky. Všechny nátěrové filmy jsou tedy pružné materiály, vykazující vysokou odolnost vůči rázové deformaci. Mřížková zkouška vyšla rovněž výborně. Po provedení zkoušky nedocházelo k odlupování filmu v místě zkoušky. Nátěrové hmoty je tedy možné vyhodnotit jako vysoce přilnavé.

Tabulka 23 Výsledky hodnocení mechanických vlastností nátěrových filmů

Název vzorku	Tloušťka [μm]	Pád závaží [cm]	Ohyb [mm]	Mřížka (sklo)	Mřížka (plech)	Hloubení [mm]
A0	39,0±1,8	>100	↓4	0	2	>10
A1	47,1±1,9	>100	↓4	0	2	>10
A2	30,9±8,2	>100	↓4	0	0	>10
A3	25,5±6,9	>100	↓4	0	0	>10
B0	28,7±2,2	>100	↓4	0	0	>10
B1	32,2±5,9	>100	↓4	0	0	>10
B2	22,1±2,5	>100	↓4	0	0	>10
B3	42,5±7,8	>100	↓4	0	0	>10
C0	33,6±1,6	>100	↓4	0	0	>10
C1	29,1±4,7	>100	↓4	0	0	>10
C2	28,3±9,3	>100	↓4	0	0	>10
C3	28,7±3,8	>100	↓4	0	0	>10
D1	25,8±3,8	>100	↓4	0	0	>10
D2	28,1±2,3	>100	↓4	0	0	>10
D3	24,7±8,9	>100	↓4	0	0	>10
D4	41,9±8,8	>100	↓4	0	0	>10
D5	27,8±1,1	>100	↓4	0	0	>10

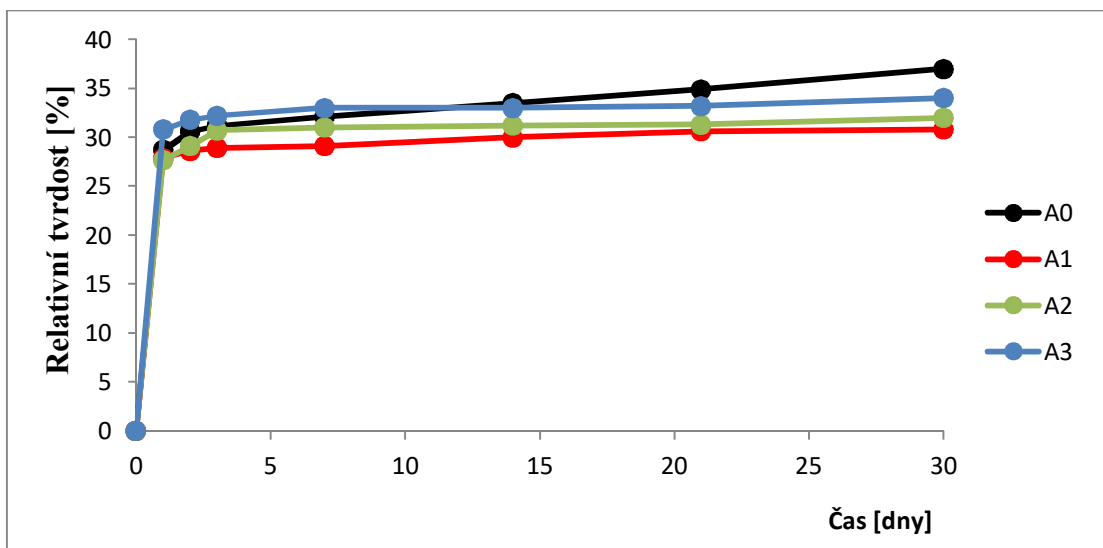
3.2.8 Hodnocení tvrdosti nátěrových filmů

Výsledky hodnocení tvrdosti připravených nátěrových filmů jsou shrnuty v Tabulce 24. Hodnocení tvrdosti tužkami i kyvadlovým přístrojem bylo provedeno na nátěrových filmech zhotovených na skleněných deskách. Tvrdost tužkami u většiny filmů vycházela obdobně. K nevratnému poškození u většiny nátěrů došlo tužkou s číslem tvrdosti 5/F. Výjimkou byl nátěrový film C3, tedy nátěrový film s největším obsahem TFEMA a nanostrukturního ZnO, kdy k nevratnému poškození došlo tužkou s číslem tvrdosti 6/H. Naopak nátěrové filmy D1, D2 a D3 z řady nátěrových filmů s obsahem externě přidaných nanočástic, byly nevratně poškozeny tužkou s číslem tvrdosti 4/HB.

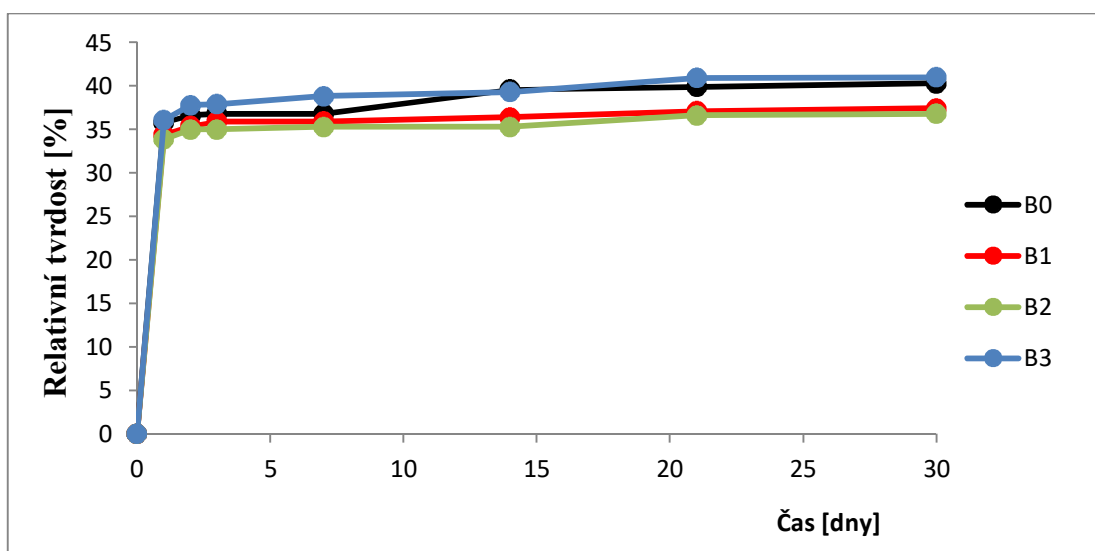
Tabulka 24 Výsledky hodnocení tvrdosti tužkami a tvrdosti dle Persoze u nátěrových filmů samosíťujících vodných disperzí obsahujících nanočástice ZnO

Název vzorku	Tvrdost tužkami [číslo tužky/typ]	Tvrdost dle Persoze [relativní %]						
		1 den	2 den	3 den	4 den	7 den	21 den	30 den
A0	5/F	28,70	30,60	31,20	32,10	33,50	34,90	37,00
A1	5/F	27,90	28,60	28,90	29,10	30,00	30,60	30,80
A2	5/F	27,70	29,10	30,70	31,00	31,20	31,30	32,00
A3	5/F	30,80	31,80	32,20	33,00	33,00	33,20	34,00
B0	5/F	35,80	36,60	36,80	36,80	39,60	39,90	40,30
B1	5/F	34,40	35,40	35,90	35,90	36,40	37,10	37,40
B2	5/F	33,90	35,00	35,00	35,30	35,30	36,60	36,80
B3	5/F	36,10	37,80	37,90	38,80	39,30	40,90	41,00
C0	5/F	26,80	29,20	29,60	29,80	31,70	32,60	32,80
C1	5/F	22,30	22,40	22,50	23,00	23,60	24,50	24,60
C2	5/F	21,90	22,30	22,90	23,60	24,50	24,50	26,00
C3	6/H	25,30	26,90	27,40	27,60	28,30	28,80	29,70
D1	4/HB	17,60	18,10	19,20	19,60	19,90	19,90	20,40
D2	4/HB	21,90	22,40	24,20	24,70	24,80	24,90	25,10
D3	4/HB	21,50	21,70	23,40	23,50	24,30	24,40	24,70
D4	5/F	24,30	24,70	25,70	26,00	26,70	27,30	27,42
D5	5/F	24,60	24,90	25,00	26,10	26,70	27,00	27,20

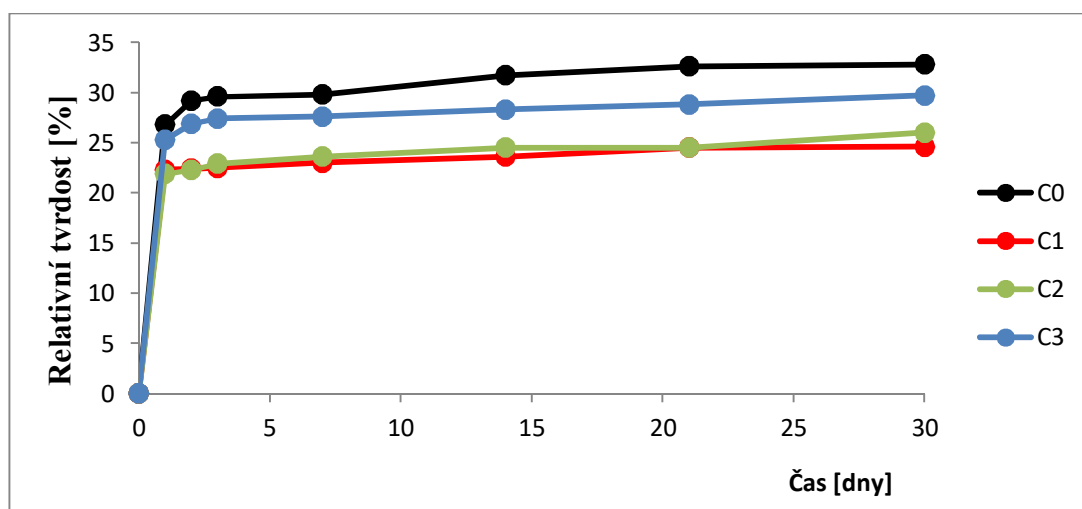
Hodnocení tvrdosti kyvadlovým přístrojem dle Persoze bylo prováděno na nátěrových filmech po 1, 2, 3, 8, 14, 21 a 30 dnech od natření. Ze získaných hodnot lze usuzovat, že nátěrové filmy s obsahem nanostrukturního ZnO (přidaného externě nebo v průběhu syntézy), dosáhly již první den po aplikaci nátěru téměř finální hodnoty tvrdosti, což nelze říci o nátěrech bez obsahu nanostrukturního ZnO. Průběh tvrdnutí jednotlivých řad samosíťujících vodných disperzí je zaznamenán na Obrázcích 36 – 39 a srovnání finální tvrdosti všech vzorků je uvedeno na Obrázcích 40 – 41. Ukázalo se, že přítomnost nanostrukturního ZnO v nátěrových filmech vedla k mírnému poklesu výsledné tvrdosti nátěrových filmů, což se projevilo výrazněji u vzorků s nižším obsahem ZnO (reálná koncentrace ZnO přibližně do 1,2 hm. %). U vzorků s vysokými koncentracemi ZnO (v případě obou způsobů inkorporace, tzn. během syntézy latexu i externě pomocí přídavku komerční disperze ZnO) byl pozorován s rostoucí koncentrací nanostrukturního ZnO mírný nárůst tvrdosti nátěrových filmů. Tento jev lze vysvětlit zvýšením síťové hustoty výsledného polymerního materiálu.



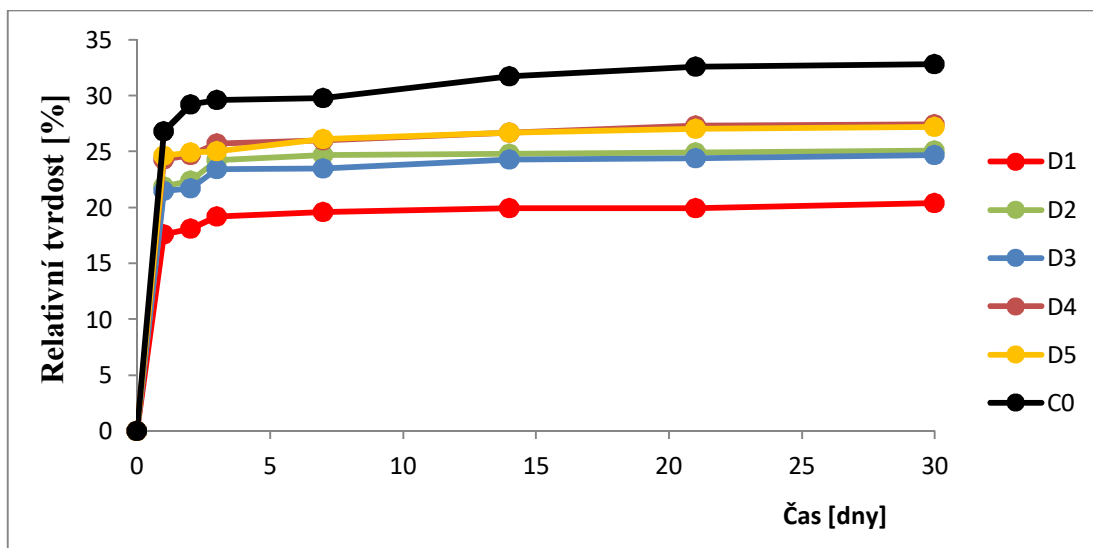
Obrázek 36 Průběh tvrdnutí nátěrových filmů řady A v čase



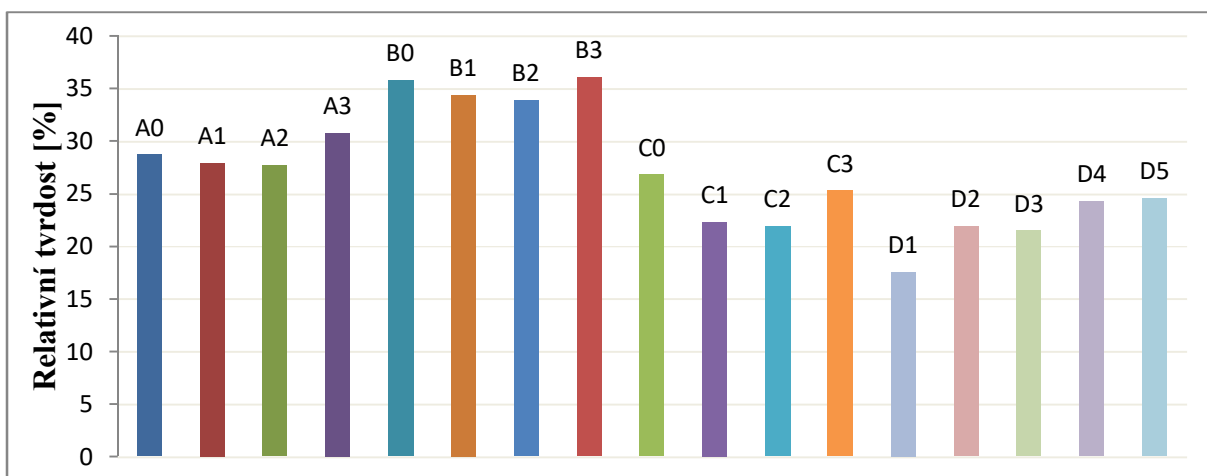
Obrázek 37 Průběh tvrdnutí nátěrových filmů řady B v čase



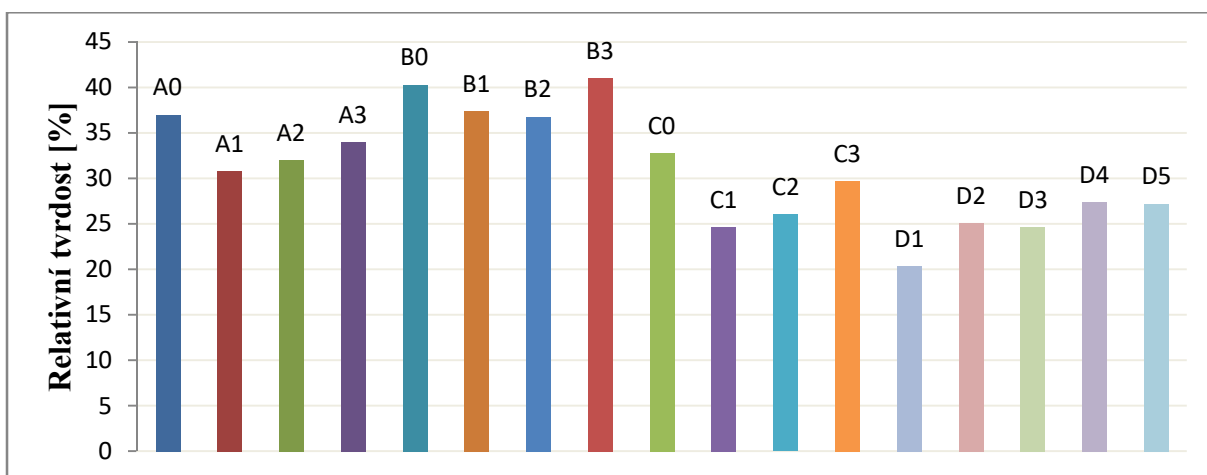
Obrázek 38 Průběh tvrdnutí nátěrových filmů řady C v čase



Obrázek 39 Průběh tvrdnutí nátěrových filmů řady D v čase s porovnáním nátěrového filmu C0 použitého jako výchozí latex pro přidávek externího nanostrukturního ZnO



Obrázek 40 Relativní tvrdost nátěrů po 1 dni zasychání



Obrázek 41 Relativní tvrdost nátěrů po 30 dnech zasychání

3.2.9 Hodnocení bleskové koroze

Hodnocení odolnosti vůči bleskové korozi bylo prováděno na panelech z uhlíkaté oceli. Výsledky hodnocení koroze po 2 hodinách od aplikace nátěrového filmu a projevy bleskové koroze jsou shrnuty v Tabulce 25 a dokumentovány také v Přílohách 6.1 a 6.2.

Ukázalo se, že připravené latexy, jejichž filmy byly po aplikaci ponechány zasychat po dobu 2 hodin při laboratorních podmínkách, vykazovaly velkou odolnost vůči vzniku bleskové koroze. Výjimkou byl latex A0, který ve své struktuře neobsahoval žádné množství inkorporovaného nanostrukturního ZnO, ani stavební jednotky TFEMA v emulzním kopolymeru. Panel z uhlíkaté oceli s nátěrem A0 vykazoval po 2 hodinách od aplikace nátěru (před provedením urychleného testu bleskové koroze) stupeň korozních projevů 100 %. Rovněž také latex D1, který obsahoval 1 % externě přidaného ZnO v nátěrovém filmu, také způsobil již před provedením urychleného testu vznik bleskové koroze v 16 % povrchu ocelového panelu. Obdobné výsledky byly získány hodnocením pomocí Gardnerovy stupnice, kdy byl povrch panelu a jeho barva u většiny latexů nezměněn. Výjimku tvořily opět latexy A0 a D1, které byly hodnoceny stupněm 7, podle Gardnerovy stupnice. Mírná změna zbarvení podkladového ocelového panelu byla pozorována i u ostatních nátěrů zhotovených z latexů řady D.

Tabulka 25 Výsledky hodnocení bleskové koroze u nátěrových filmů samosíťujících vodných disperzí, popis povrchu a hodnocení Gardnerovy stupnice

Název vzorku	Před urychleným testem		Po urychleném testu	
	Stupeň koroze [%]	Gardner. stupnice	Stupeň koroze [%]	Gardner. stupnice
A0	100	7	100	7
A1	0,01	1	16	1
A2	0,01	1	50	2
A3	0,01	1	50	1
B0	0,01	1	100	14
B1	0,01	1	50	1
B2	0,01	1	50	4
B3	0,01	1	50	1
C0	0,01	1	100	14
C1	0,01	1	33	1
C2	0,01	1	50	4
C3	0,01	1	50	2
D1	16	7	50	10
D2	0,01	3	100	7
D3	0,01	3	16	3
D4	0,01	2	3	2
D5	0,01	2	33	6

Po provedení urychleného testu, pro získání informace o odolnosti vůči bleskové korozi, bylo zjištěno, že přítomnost nanostrukturního ZnO vedla ke zvýšení odolnosti vůči bleskové korozi, obzvláště u nátěrů s nízkým obsahem inkorporovaného nanostrukturního ZnO ve struktuře emulzního kopolymeru (A1, C1) a u nátěrů s vysokým obsahem externě přidaného ZnO (D3, D4, D5).

U nátěrů A1, A3, B1, B3 a C1 nedošlo prakticky k žádné změně zbarvení podkladového povrchu. Nátěry, které neobsahovaly žádné nanočástice, naopak vykazovaly velmi výrazné změny zbarvení podkladového ocelového panelu. Možným vysvětlením inhibičních účinků nanostrukturního ZnO vůči bleskové korozi je potlačení průběhu katodové reakce, ke které dochází při elektrochemické korozi. Disociované kationty Zn^{2+} mohly tvořit spolu s kationty korodujícího kovu vrstvu směsných hydroxidů, které jsou schopny zbrzdit katodovou reakci.

3.2.10 Hodnocení odolnosti vůči methylethylketonu

Hodnocení odolnosti vůči MEK (Tabulka 26) bylo provedeno na nátěrových filmech aplikovaných na skleněných deskách. Z výsledků lze usoudit, že nátěry obsahující nanostrukturní ZnO jsou vůči MEK odolné bez ohledu na jeho koncentraci. Všechny nátěry obsahující nanostrukturní ZnO odolaly působení MEK déle než 300 sekund.

U nátěrů A0, B0 a C0 (bez přítomnosti ZnO) došlo během zkoušky k poškození a ztrátě adheze již po několika sekundách. Ze získaných hodnot tedy jasně vyplývá, že přítomnost nanostrukturního ZnO zvyšuje odolnost nátěrových filmů vůči methylethylketonu. Důvodem odolnosti nátěrů je zřejmě přítomnost ionomerních vazeb, která vede ke zvýšení hustoty polymerní sítě.

Tabulka 26 Výsledky hodnocení odolnosti nátěrových filmů vůči MEK

Název vzorku	MEK odolnost [s]
A0	23
A1	> 300
A2	> 300
A3	> 300
B0	36
B1	> 300
B2	> 300
B3	> 300
C0	30
C1	> 300
C2	> 300
C3	> 300
D1	> 300
D2	> 300
D3	> 300
D4	> 300
D5	> 300

3.2.11 Hodnocení odolnosti nátěrových filmů vůči kapalinám – kloboučková metoda

Výsledky testování chemické odolnosti nátěrových filmů kloboučkovou metodou jsou uvedeny v (Tabulkách 27 – 30). Nátěrové filmy byly vystaveny expozici kapalinám: 10% kyselina sírová, 10% chlorid sodný, 10% hydroxid sodný, 10% amoniak, 50% ethanol, 50% aceton, destilovaná voda, voda, káva, černý čaj, Coca-Cola, pivo 12°(Pilsner Urquell).

Všechny hodnocené nátěrové filmy vykazovaly výbornou odolnost vůči 10% roztoku kyseliny sírové a 10% roztoku chloridu sodného. Velmi nepatrně pak reagovaly nátěrové filmy na nápoj Coca-Cola. U nátěrových filmů A1 A2, A3, a C1 došlo nejprve k mírnému zbělení (Stupeň 1) v místě aplikace, avšak po několika dnech zbělení úplně vymizelo (Stupeň 0). Naopak nejmenší odolnost vykazovaly nátěrové filmy obsahující ZnO (bez ohledu na způsob přídavku nanostrukturního ZnO) vůči 10% amoniaku, 50% acetonu, 10% hydroxidu sodnému a 50% ethanolu. U většiny nátěrových filmů došlo ke ztrátě adheze k podkladu.

Nátěrové filmy B0, B1 a C0, C1, obsahují 20, popř. 40 hm. % TFEMA stavebních jednotek v emulzním kopolymeru II a žádné nebo velmi malé množství nanostrukturního ZnO inkorporovaného během syntézy, dosahovaly nejpříznivějších hodnot odolnosti vůči

destilované a nededilované vodě (nejvýše stupně 2). Nátěrové filmy obsahující vyšší koncentraci nanostrukturního ZnO (teoretické množství 2 a 3 hm. %) již tak dobrých hodnot nedosahovaly.

Z výsledků je také patrné, že v případně nátěrových filmů s externím přídavkem komerční disperze nanostrukturního ZnO došlo k výrazně horším výsledkům po vystavení nátěrů acetonu. Zde byl patrný rozdíl proti nátěrovým filmům, které obsahovaly ZnO zabudované během syntézy. U nátěrových filmů s externím přídavkem ZnO docházelo k velmi rychlé ztrátě adheze (po 1 hodině) naopak u nátěrových filmů s inkorporovaným ZnO během syntézy ke ztrátě adheze nedocházelo. Na druhou stranu lepších hodnot dosahovaly nátěrové filmy s externím přídavkem komerční disperze ZnO u nápojů čaj, káva a pivo.

Obecně lze konstatovat, že v rámci všech řad měl přídavek ZnO negativní vliv na odolnost vůči NH_3 a vodě. V případě odolnosti vůči vodě mělo poškození charakter ztráty adheze ke skleněnému podkladu nežli vzniku zákalu, popř. zbledání. U řady A měl přídavek ZnO pozitivní vliv na zvýšení odolnosti vůči acetonu a ethanolu. Z hlediska chemické odolnosti vykazovaly nejlepší hodnoty nátěrové filmy řady B, obsahující ve své struktuře 20 % TFEMA.

Tabulka 27 Výsledky hodnocení odolnosti vůči kapalinám u nátěřů z latexůřady A s bez obsahu TFEMA ve struktuře polymeru II

vzorek	prostředí	1h	2h	4h	1.den	2.den	3.den	4.den	8.den
A0	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	1	1	1	1	4	4	4	4
	Ac	1	1	3	3	4	4	4	4
	NH ₃	1	1	1	2	4	4	4	4
	Dest.H2O	2	2	2	2	2	3	3	3
	Nedest.H2O	2	2	2	3	3	3	3	3
	50% EtOH	4	4	4	4	4	4	4	4
	káva	1	1	2	3	3	3	3	3
	čaj	2	2	3	3	3	3	3	3
	coca-cola	1	1	1	1	1	1	1	1
	pivo	2	2	2	2	3	3	3	3
A1	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	1	1	1	1	4	4	4	4
	Ac	2	2	3	3	3	3	3	3
	NH ₃	4	4	4	4	4	4	4	4
	Dest.H2O	2	2	2	3	3	3	3	3
	Nedest.H2O	2	2	2	2	3	3	3	3
	50% EtOH	2	3	3	3	3	3	3	3
	káva	1	1	2	3	3	3	3	3
	čaj	2	2	2	3	3	3	3	3
	coca-cola	1	1	1	1	1	0	0	0
	pivo	2	3	3	3	3	3	3	3
A2	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	1	1	1	1	4	4	4	4
	Ac	3	3	3	3	3	3	3	3
	NH ₃	4	4	4	4	4	4	4	4
	Dest.H2O	2	2	2	3	3	3	3	3
	Nedest.H2O	2	2	2	3	3	3	3	3
	50% EtOH	3	3	3	3	3	3	3	3
	káva	1	1	2	3	3	3	3	3
	čaj	2	2	3	3	3	3	3	3
	coca-cola	1	1	1	1	1	1	0	0
	pivo	2	2	2	2	2	3	3	3
A3	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	1	1	1	1	4	4	4	4
	Ac	3	3	3	3	3	4	4	4
	NH ₃	4	4	4	4	4	4	4	4
	Dest.H2O	2	2	2	3	3	3	3	3
	Nedest.H2O	2	2	2	2	2	3	3	3
	50% EtOH	1	3	3	3	3	3	3	3
	káva	2	2	2	3	3	3	3	3
	čaj	2	2	3	3	3	3	3	3
	coca-cola	1	1	1	1	1	0	0	0
	pivo	2	2	2	2	2	2	2	2

Tabulka 28 Výsledky hodnocení odolnosti vůči kapalinám u nátěrů z latexů řady B s obsahem 20 % TFEMA
ve struktuře polymeru II

vzorek	prostředí	1h	2h	4h	1.den	2.den	3.den	4.den	8.den
B0	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	1	1	1	1	4	4	4	4
	Ac	1	1	2	4	4	4	4	4
	NH ₃	1	1	1	2	4	4	4	4
	Dest.H ₂ O	2	2	2	2	2	2	2	2
	Nedest.H ₂ O	2	2	2	2	2	2	2	2
	50% EtOH	1	1	1	1	1	1	3	3
	káva	2	2	2	2	2	3	3	3
	čaj	2	2	3	3	3	3	3	3
	coca-cola	1	1	1	1	1	1	1	1
	pivo	2	2	3	3	3	3	3	3
B1	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	1	1	1	1	4	4	4	4
	Ac	2	2	3	3	4	4	4	4
	NH ₃	4	4	4	4	4	4	4	4
	Dest.H ₂ O	2	2	2	2	2	2	2	2
	Nedest.H ₂ O	2	2	2	2	2	2	2	2
	50% EtOH	1	2	2	3	3	3	3	3
	káva	2	2	2	2	2	3	3	3
	čaj	1	2	3	3	3	3	3	3
	coca-cola	1	1	1	1	1	1	1	1
	pivo	1	2	2	2	2	3	3	3
B2	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	1	1	1	1	4	4	4	4
	Ac	3	3	3	3	3	3	3	3
	NH ₃	4	4	4	4	4	4	4	4
	Dest.H ₂ O	1	2	2	3	3	3	3	3
	Nedest.H ₂ O	1	2	2	3	3	3	3	3
	50% EtOH	2	3	3	3	3	3	3	3
	káva	2	2	2	3	3	3	3	3
	čaj	1	1	2	3	3	3	3	3
	coca-cola	0	0	0	0	0	0	0	0
	pivo	1	1	2	2	2	3	3	3
B3	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	1	1	1	1	4	4	4	4
	Ac	3	3	3	3	3	3	3	3
	NH ₃	1	4	4	4	4	4	4	4
	Dest.H ₂ O	2	2	2	3	3	3	3	3
	Nedest.H ₂ O	1	1	2	2	3	3	3	3
	50% EtOH	3	3	3	3	3	3	3	3
	káva	1	1	2	2	2	2	2	2
	čaj	2	2	3	3	3	3	3	3
	coca-cola	0	0	0	1	1	1	1	1
	pivo	2	2	2	2	2	2	2	2

Tabulka 29 Výsledky hodnocení odolnosti vůči kapalinám u nátěrů z latexů řady C s obsahem 40 % TFEMA ve struktuře polymeru II

vzorek	prostředí	1h	2h	4h	1.den	2.den	3.den	4.den	8.den
C0	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	4	4	4	4	4	4	4	4
	Ac	3	3	3	3	3	4	4	4
	NH ₃	1	1	1	4	4	4	4	4
	Dest.H ₂ O	2	2	2	2	2	2	2	2
	Nedest.H ₂ O	1	1	2	2	2	2	2	2
	50% EtOH	1	1	1	4	4	4	4	4
	káva	1	1	2	2	3	3	3	3
	čaj	2	2	2	3	3	3	3	3
	coca-cola	1	1	1	1	1	1	1	1
	pivo	1	1	2	3	3	3	3	3
C1	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	2	4	4	4	4	4	4	4
	Ac	3	3	3	3	3	3	3	3
	NH ₃	4	4	4	4	4	4	4	4
	Dest.H ₂ O	2	2	2	2	2	2	2	2
	Nedest.H ₂ O	2	2	2	2	2	2	2	2
	50% EtOH	3	3	3	3	3	3	3	3
	káva	1	2	2	2	3	3	3	3
	čaj	1	2	2	2	3	3	3	3
	coca-cola	0	1	1	1	1	1	0	0
	pivo	2	2	2	3	3	3	3	3
C2	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	4	4	4	4	4	4	4	4
	Ac	3	3	3	3	3	3	3	3
	NH ₃	4	4	4	4	4	4	4	4
	Dest.H ₂ O	1	2	2	2	3	3	3	3
	Nedest.H ₂ O	1	1	2	3	3	3	3	3
	50% EtOH	3	3	3	3	3	3	3	3
	káva	1	1	2	2	3	3	3	3
	čaj	2	2	2	3	3	3	3	3
	coca-cola	0	0	0	0	0	0	0	0
	pivo	1	1	2	2	2	3	3	3
C3	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	4	4	4	4	4	4	4	4
	Ac	3	3	3	3	3	3	3	3
	NH ₃	1	1	1	4	4	4	4	4
	Dest.H ₂ O	2	2	2	3	3	3	3	3
	Nedest.H ₂ O	1	2	2	3	3	3	3	3
	50% EtOH	3	3	3	3	3	3	3	3
	káva	1	2	3	3	3	3	3	3
	čaj	2	3	3	3	3	3	3	3
	coca-cola	0	0	1	1	1	1	1	1
	pivo	1	1	2	2	2	3	3	3

Tabulka 30 Výsledky hodnocení odolnosti vůči kapalinám u nátěrů z latexů řady D s různým obsahem externě přidaného ZnO

vzorek	prostředí	1h	2h	4h	1.den	2.den	3.den	4.den	8.den
D1	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	4	4	4	4	4	4	4	4
	Ac	4	4	4	4	4	4	4	4
	NH ₃	1	1	1	1	4	4	4	4
	Dest.H ₂ O	1	2	2	2	2	3	3	3
	Nedest.H ₂ O	1	2	2	2	3	3	3	3
	50% EtOH	2	3	3	3	3	3	3	3
	káva	1	1	1	2	2	2	2	2
	čaj	1	1	1	4	4	4	4	4
	coca-cola	0	0	0	0	0	0	0	0
	pivo	1	1	1	2	2	2	2	2
D2	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	1	1	1	4	4	4	4	4
	Ac	4	4	4	4	4	4	4	4
	NH ₃	1	1	1	1	4	4	4	4
	Dest.H ₂ O	1	1	1	2	2	3	3	3
	Nedest.H ₂ O	1	1	2	2	2	3	3	3
	50% EtOH	3	3	3	3	3	3	3	3
	káva	1	1	1	2	2	2	2	2
	čaj	1	1	1	2	2	2	2	2
	coca-cola	0	0	0	0	0	0	0	0
	pivo	1	1	1	2	2	2	2	2
D3	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	1	1	1	4	4	4	4	4
	Ac	4	4	4	4	4	4	4	4
	NH ₃	4	4	4	4	4	4	4	4
	Dest.H ₂ O	1	1	1	2	2	3	3	3
	Nedest.H ₂ O	1	1	2	2	2	3	3	3
	50% EtOH	3	3	3	3	3	3	3	3
	káva	1	1	1	2	2	2	2	2
	čaj	1	1	1	2	2	2	2	2
	coca-cola	0	0	0	0	0	0	0	0
	pivo	1	1	1	2	2	2	2	2
D4	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	1	1	1	1	4	4	4	4
	Ac	3	4	4	4	4	4	4	4
	NH ₃	4	4	4	4	4	4	4	4
	Dest.H ₂ O	0	1	1	2	2	2	3	3
	Nedest.H ₂ O	1	1	1	2	2	2	2	3
	50% EtOH	2	2	3	3	3	3	3	3
	káva	0	1	1	2	2	2	2	2
	čaj	1	1	1	2	2	2	2	2
	coca-cola	0	0	0	0	0	0	0	0
	pivo	1	1	1	2	2	2	2	2

vzorek	prostředí	1h	2h	4h	1.den	2.den	3.den	4.den	8.den
D5	H ₂ SO ₄	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaCl	0	0	0	0	0	0	0	0
	NaOH	1	1	1	1	4	4	4	4
	Ac	3	3	3	3	3	3	3	3
	NH ₃	4	4	4	4	4	4	4	4
	Dest.H ₂ O	0	1	1	2	2	2	2	3
	Nedest.H ₂ O	0	0	1	2	2	2	2	2
	50% EtOH	2	2	2	2	2	2	2	2
	káva	0	0	1	2	2	2	2	2
	čaj	0	1	1	1	1	2	2	2
	coca-cola	0	0	0	0	0	0	0	0
	pivo	1	1	1	2	2	2	2	2

3.3 Charakterizace antimikrobiálních vlastností samosíťujících vodných disperzí

3.3.1 Hodnocení antibakteriálních vlastností

Antibakteriální účinek nátěrových filmů byl hodnocen vůči kmenům bakterií *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* a *Escherichia coli*. Stanovován byl nárůst bakterií na povrchu nátěrového filmu. Dále byla hodnocena inhibiční zóna kolem nátěrového filmu a jeho otisk na čisté agarové médium. Hodnotil se také nárůst bakteriálního filmu poté, co byl odebrán bakteriální stěr ze vzorku hodnocení inhibiční zóny a byl vytřepán do roztoku neutralizátoru. Sledoval se nárůst kolonií po expozici neutralizátoru na čistém agaru. Poté byl roztok neutralizátoru zředěn a opět se pozoroval nárůst kolonií po expozici zředěného roztoku neutralizátoru na čistém agaru.

Antibakteriální účinek nátěrových filmů byl posuzován v souvislosti s reálnou koncentrací nanočástic ZnO. Z Tabulky 31 vyplývá, že v případě hodnocení nárůstu bakterií na povrchu nátěru vykazovaly nejvyšší odolnost nátěry A2, B2 a C2 obsahující přibližně 1,4 % ZnO a to bez ohledu na složení emulzního polymeru. Nízký baktericidní účinek byl zjištěn také u všech typů nátěrových filmů bez přítomnosti ZnO s výjimkou *Escherichia coli*, kde byl zaznamenán vysoký antibakteriální efekt. Velmi slabé antibakteriální působení bylo sledováno pro všechny testované druhy bakterií i u nátěrů s přibližným obsahem ZnO 0,8 – 1,0 %. V případě sledování antibakteriálního účinku v místě otisku nátěrového filmu došlo v závislosti na rostoucí koncentraci nanočástic ZnO ke zmenšení plochy nárůstu bakterií. Lze konstatovat, že nátěry na bázi samosíťujících disperzí obsahujících minimálně 1,3 % nanostrukturního ZnO vykazují bakteriostatický účinek.

Žádný z nátěrových filmů netvořil inhibiční zóny (Tabulka 31). Po sejmutí nátěru nebyl viditelný nárůst bakteriálního filmu. Nicméně po otisku (Tabulka 32) testovaného nátěru na čistý agar byl po 24 hodinové inkubaci vyhodnocen nárůst v místě otisku u nátěrových filmů A0, B0 a C0 na 100 % povrchu. Se zvyšujícím se obsahem ZnO v nátěrovém filmu byl nárůst na ploše po otisku menší. Obecně lze říci, že nátěrové filmy významně nezabránily množení a růstu bakterií a to ani v případě nátěrových filmů obsahujících velké množství externě přidaného ZnO (až 7 hm. %).

Nárůst kolonií na čistém agarovém médiu po expozici neutralizátoru a zředěného neutralizátoru byl pozorován v celé ploše agaru (fotografie jsou uvedeny v Příloze 6.4).

Tabulka 31 Antibakteriální účinek nátěrových filmů vůči *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* a *Escherichia coli* – nárůst na ploše a inhibiční zóna v závislosti na reálném obsahu ZnO v nátěrovém filmu

Název vzorku	ZnO (%) *	Nárůst na nátěru (%)			Inhibiční zóna		
		<i>S. aureus</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>E. coli</i>
A 0	0,00	100	100	25	NE	NE	NE
A 1	0,61	95	90	100	NE	NE	NE
A 2	1,09	55	85	70	NE	NE	NE
A 3	1,30	70	90	75	NE	NE	NE
B 0	0,00	70	100	20	NE	NE	NE
B 1	0,78	100	100	100	NE	NE	NE
B 2	1,11	50	80	80	NE	NE	NE
B 3	1,20	80	90	80	NE	NE	NE
C 0	0,00	100	100	20	NE	NE	NE
C 1	0,72	100	100	100	NE	NE	NE
C 2	1,01	60	95	90	NE	NE	NE
C 3	1,46	95	90	85	NE	NE	NE
D1	1,00	65	85	90	NE	NE	NE
D2	1,50	50	90	100	NE	NE	NE
D3	3,00	70	95	100	NE	NE	NE
D4	5,00	90	100	100	NE	NE	NE
D5	7,00	90	80	100	NE	NE	NE

* Reálná koncentrace ZnO stanovená na základě výsledků ICP-OES analýzy

Tabulka 32 Antibakteriální účinek nátěrových filmů vůči *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* a *Escherichia coli* – sejmutý nátěr a otisk nátěru IZ

Název vzorku	ZnO (%) [*]	Sejmutý nátěr z IZ (%)			Otisk nátěru po inhibiční zóně (%)		
		<i>S. aureus</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>E. coli</i>
A 0	0,00	-	-	-	100	100	100
A 1	0,61	-	-	-	95	90	100
A 2	1,09	-	-	-	90	80	95
A 3	1,30	-	-	-	90	90	95
B 0	0,00	-	-	-	100	100	100
B 1	0,78	-	-	-	85	95	100
B 2	1,11	-	-	-	60	90	95
B 3	1,20	-	-	-	90	85	95
C 0	0,00	-	-	-	100	100	100
C 1	0,72	-	-	-	100	95	95
C 2	1,01	-	-	-	95	95	95
C 3	1,46	-	-	-	90	85	95
D1	1,00	-	-	-	90	80	80
D2	1,50	-	-	-	90	80	80
D3	3,00	-	-	-	70	80	80
D4	5,00	-	-	-	75	80	70
D5	7,00	-	-	-	90	80	100

(-) Porost nebyl okem viditelný, po otisku došlo k nárůstu v celé ploše

* Reálná koncentrace ZnO stanovená na základě výsledků ICP-OES analýzy

3.3.2 Hodnocení antifungálních vlastností

Antifungální vlastnosti nátěrových filmů byly hodnoceny vůči kmenům *Penicillium chrysogenum* a *Aspegillus brasilliensis*. Stanovován byl nárůst na ploše nátěrového filmu plísní (Tabulka 33). Ze získaných hodnot na porost plísní vykazovaly nejvyšší antifungální účinek nátěrové filmy A0, B0, C0, přestože všechny výše zmíněné filmy neobsahují nanočástice ZnO byl tento výsledek očekávaný a byl jistým potvrzením již dříve získaných hodnot. Dobré výsledky poskytly i nátěrové filmy A1, B1, C1, D1 i D2, které obsahují jen velmi malé množství ZnO. Z výsledků je patrné, že na antifungální účinek nátěrových filmů nehraje roli, zda byly nanočástice ZnO do polymeru inkorporovány během syntézy, či přidány externě komerční disperzí (fotografie jsou uvedeny v Příloze 6.3).

Tabulka 33 Antifungální účinek nátěrových filmů vůči *Penicillium chrysogenum* a *Aspegillus brasilliensis*

Vzorek	ZnO (%) [*]	Nárůst na ploše (%)	
		<i>Penicillium chrysogenum</i>	<i>Aspegillus brasilliensis</i>
A 0	0,00	80	30
A 1	0,61	95	20
A 2	1,09	75	65
A 3	1,30	80	75
B 0	0,00	55	30
B 1	0,78	55	30
B 2	1,11	80	35
B 3	1,20	75	80
C 0	0,00	25	15
C 1	0,72	30	45
C 2	1,01	80	75
C 3	1,46	90	55
D1	1,00	40	40
D2	1,50	35	35
D3	3,00	75	75
D4	5,00	50	30
D5	7,00	80	30

(+) Porost na celé ploše

* Reálná koncentrace ZnO stanovená na základě výsledků ICP-OES analýzy

4 ZÁVĚR

Byly připraveny 4 řady jednosložkových vodou ředitelných polymerních disperzí využívajících keto-hydrazidové post-síťování a obsahujících nanočástice oxidu zinečnatého. U 3 řad probíhala inkorporace ZnO ve fázi syntézy polymerní disperze. U čtvrté řady probíhala inkorporace oxidu zinečnatého přidáním komerční disperze nanostrukturního ZnO do výsledných latexů. Každá řada sestávala ze 4 disperzí, které se lišily obsahem nanočástic oxidu zinečnatého a kopolymerovaného monomeru 2,2,2-trifluorethylmethakrylátu. Nejprve byla pozorována stabilita vodných disperzí při zvýšené teplotě a s tím spojená možnost dlouhodobého skladování nátěrových hmot s ohledem na koncentraci ZnO a způsob inkorporace nanočástic. Z připravených polymerních disperzí byly vytvořeny nátěrové filmy na skleněných panelech a panelech s uhlíkaté oceli. Dále byly vytvořeny nátěrové filmy na filtračním papíře, které byly využity pro hodnocení antimikrobiálních a antifungálních účinků. Antibakteriální účinek byl testován u kmenů bakterií *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* a *Escherichia coli*. Antifungální účinek byl testován u plísni kmene *Penicillium chrysogenum* a *Aspergillus brasiliensis*. Také byl pozorován vliv nanočástic ZnO a obsahu TFEMA na fyzikálně-mechanické vlastnosti, chemickou odolnost, citlivost vůči vodě, biocidní účinek a zejména povrchové vlastnosti nátěrových filmů.

Cíle vytyčené v úvodu práce se podařilo naplnit, povedlo se provést a vyhodnotit všechny předem zvolené zkoušky. Podařilo se připravit stabilní samosíťující polymerní disperze, do kterých se během syntézy podařilo inkorporovat nanočástice oxidu zinečnatého. Takto připravené latexy jsou vhodné pro dlouhodobé skladování. Bylo zjištěno, že inkorporací poměrně malého množství nanočástic ZnO během syntézy lze dosáhnout obdobného biocidního účinku jako u nátěrových filmů s vyšším obsahem nanočástic ZnO inkorporovaných ve formě komerční disperze. Také bylo zjištěno, že s přibývajícím množstvím komerční disperze ZnO pozvolna klesá stabilita samosíťujících polymerních disperzí a tedy i jejich schopnost dlouhodobého skladování.

Lze předpokládat, že takto připravené polymerní disperze jsou vhodné pro průmyslové využití jako vodou ředitelná pojiva nátěrových hmot nebo transparentní laky s mírným biocidním účinkem, se sníženou citlivostí vůči vodě a vysokou mechanickou odolností, vhodné pro interiérové nátěry různých typů podkladů, zejména ve veřejných prostorech.

5 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KOUKIOTIS CH.G., KARABELA M.M., SIDERIDOU I.D., Mechanical properties of films of latexes based on copolymers BA/MMA/DAAM. *Progress in Organic Coatings* 75 (2012) 106.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.porgcoat.2012.04.004>.
- [2] LI M., LIN X.S., WANG H.Q., Preparation and Property Study of Core-Shell Ambient-Temperature Crosslinkable Polyacrylate Binder. *Applied Mechanics and Materials* 469(2013) 3-6
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.469.3>.
- [3] GOUPIL D.W., DEPALMA V. A., BAIER R.E., Prospects for nontoxic fouling-resistant paints,. *In Proceeding, marine industries: Problems and Opportunities* 9(1073) 445-458, Annual Conference, Marine Technology Society, Washington D.C.
- [4] BAIER R.E., SHAFRIN E.G., ZISMAN W.A., *Science*. 162(1968) 1360-1368
- [5] KVÍTEK L., Základ koloidní chemie, *Univerzita Palackého v Olomouci* 2007, ISBN9788024416694.
- [6] VÁNÍČKOVÁ M., SOUKUPOVÁ J., KVÍTEK L., Nanotechnologie ve výuce přírodních věd. *Chemické listy*.104(2010) 945-949
- [7] BÁRTOVSKÁ L., ŠIŠKOVÁ M., Fyzikální chemie povrchů a koloidních roztoků, *VŠCHT Praha* 6(2010), ISBN978-80-7080-745-3
- [8] ŠŇUPÁREK J., Makromolekulární chemie - Úvod do chemie a technologie polymerů, *Univerzita Pardubice* (2014), ISBN 978-80-7395-761-2
- [9] RIZZELI S.L., JONES E.R., THOMPSON K.L., ARMES S.P., Preparation of non-aqueous Pickering emulsions using anisotropic bloc copolymer nanoparticles, *Colloid Polym Sci.* 294:1(2016) 1-12,
DOI 10.1007/s00396-015-3785-3
- [10] EONG G.K., JIN U. H., SUN K.J., KANGSEOK L., SUN-HYUN B., SANG E.S., Halloysite nanotubes as a stabilizer: fabrication of thermally expandable microcapsules via Pickering suspension polymeration. *Colloid Polym Sci.* 293(2015) 3595-3602,
DOI 10.1007/s00396-015-3731-4.
- [11] TRNKA T., ŠPÉRLINK K., Biotechnologie nanobiologie nanomedicína, *Ostrava 2006*,
<http://www.nanotechnologie.cz/storage/nanotechnologie200610.pdf>.
ISBN 80-7329-134-7
- [12] KUBÍNEK R., Vzdělávání v nanotechnologiích 2011
<https://fyzika.upol.cz/cs/system/files/download/vujtek/granty/elmikro.pdf>.

- [13] MA H., ZHOU J., LI Y., HAN T., ZHANG Y., HU L., DU B., WEI Q., A label-free electrochemiluminescence immunosensor based on EuPO₄ nanowire for the ultrasensitive detection of Prostate specific antigen. *Biosensor and Bioelectronics* 80(2016) 352-358, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bios.2016.01.069>.
- [14] ČADKOVÁ M., DVOŘÁKOVÁ V., METELKA R., BÍLKOVÁ Z., KORECKÁ L., Alkaline phosphatase labeled antibody-based electrochemical biosensor for sensitive HE4 tumor marker detection. *Electrochemistry Communucations* 59(2015) 1-4 <http://dx.doi.org/10.1016/j.elecom.2015.06.014>
- [15] WU F., CUI S., SUN M., XIE Z., HUANG W., HUANG X., LIU L., HU M., LU W., WANG Y., Combined effects of ZnO NPs and seawater acidification on the haemocyte parameters of thick shell mussel *Mytilus coruscus*. *Science of the Total Environment* 624(2018) 820-830, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.168>
- [16] KUMAR A. M., YUSUF CH., CHAND B. U., Synthesis of metallic nanoparticles using plant extract, *Biotechnology Advances* 31(2013) 346-356, doi:10.1016/j.biotechadv.2013.01.003
- [17] CHOLAMI-SHABANI M., SHAMS-GHAHFAROKHI M., GHOLAMI-SHABANI Z., AKBARZADEH A., RIAZI G. H., SOHEILA A., AMANI A., RAZZAGHI-ABYANEH M., Enzymatic synthesis of gold nanoparticles using reductase purified from *Escherichia coli*: A Green eco-friendly approach, *Process Biochemistry* (2015) 10, doi:10.1016/j.procbio.2015.04.004
- [18] KHADEMI-AZANDEHI P., MOGHADDAM J., Green synthesis, characterization and physiological stability of gold nanoparticles from *Stachys lavandulifolia* Vahl extract, *Particology* 19(2015) 22-26, <http://dx.doi.org/10.1016/j.partic.2014.04.007>
- [19] XIN F., LEYING J., YU G., JUAN L., LIANGLIANG L., YI C., The presence of oleate stabilized ZnO nanoparticles (NPs) and reduced the toxicity of aged NPs to Caco-2 and HepG2 cells, *Chemico-Biological Interactions*, 278(2017) 40-47, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbi.2017.10.002>
- [20] STATISH G., PRASAD V.V.S., RAMJI K., Effect on Mechanical Properties of Carbon Nanotubes Based Composite, *Materials Today: Proceedings*, 5(2018) 7725-73, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.449>

- [21] HERNANDEZ-RODRIGUEZ M.A., ALFONSO A.M., PALENZUELA A., MARTÍN I.R., SOLER-CARRACEDO K., Carbon dust as temperature nanosensors in the physiological range, *Journal of Luminescence* 196(2018) 313-315, <https://doi.org/10.1016/j.jlumin.2017.12.062>
- [22] CHEN S., LIU H., WANG Y., XU S., LIU W., HE D., LIU X., LIU J., HU CH., Electrochemical Capacitance of Spherical Nanoparticles Formed by Electrodeposition of Intrinsic Polypyrrole onto Au Electrode, *Electronica Acta* 232(2017) 72-79, <http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2017.02.133>
- [23] LUO P., GUAN X., YU Y., LI X., New insight into electrooxidation of graphene into graphene quantum dots, *Chemical Physics Letters* 690(2017) 129-132, <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2017.10.047>
- [24] GAO T., JELLE B.P., Electromism of hexagonal sodium tungsten bronze nanorods, *Solar Energy Materials an Solar Cells* 177(2018) 3-8, <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2017.11.025>
- [25] ZHANG D., SUN Y., WU Q., MA P., ZHANG H., WANG Y., SONG D., Enhancing sensitivity of surface plasmon resonance biosensor by Ag nanocubes/chitosan composite for the detection of mouse IgG, *Talanta* 146(2016) 364-368, <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2015.08.050>
- [26] KITTNAR O. A KOLEKTIV., Lékařská fyziologie, *Grada Pubishing a.s.*, 2011, ISBN978-80-247-3068-4.
- [27] CARDOSO E., TEZZA R.G., TORESS Z. E., DE SOUZA N. F., DIMER L. D., PAGANINI D.A., DAUMANN F., ORTIZ RODRIGUEZ J. C., BENAVIDES R., DA SILVA L., ANDRADE V.M., DA SSILVA P.M.M., Acute and chronic administrations of gold nanoparticles cause DNA damage in the cerebral cortex of adult rats, *Mutation Research* (2014) 766-767, <http://dx.doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2014.05.009>
- [28] IE W., TINGTING D., JIAO S., Neurotoxic potencial of iron oxide nanoparticles in the rat brain striatum and hippocampus, *NeuroToxicology* 34(2013) 243-253, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuro.2012.09.006>
- [29] ASHITH V.K., RAO K. G., MOGER S.N., SMITHA R., Effect of post-deposition annealing on the properties of ZnO films obtained by high temperature, micro-controller based SILAR deposition, *Ceramics International* (2018), <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.03.097>
- [30] EL-NAHHAL I.E., SALEM J.K., TABASI N.S., HEMPLMANN R., KODEH F.S., Synthesis and structural characterization of ZnO-and CuO-NPs supported mesoporous silica materials (hexagonal SBA-15 and lamellar-SiO₂), *Chemical Physics Letters* 691(2018) 211-218, <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2017.11.030>

- [31] SHAH J., RAVIDER K.K., Rapid green synthesis of ZnO nanoparticles using a hydroelectric cell without and electrolyte, *Journal of Physics and Chemistry of Solids* 108(2017) 15-20,
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpcs.2017.04.007>.
- [32] PODDAR M.K., SHARME S., MOHOLKAR V.S., Investigations in two-step ultrasonic synthesis of PMMA/ZnO nanocomposites by in - situ emulsion polymerization, *Polymer* 99(2016) 453-469, <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2016.07.052>
- [33] SUÁREZ D.F., MONTEIRO A.P.F., FERREIRA D.C., BRANDAO F.D., KRAMBROCK K., MODOLO L.V., CORTÉS M.E., SINISTERRA R.D., Efficient antibacterial nanosponges based on ZnO nanoparticles and doxycycline, *Journal of Photochemistry and Photobiology, B: Biology* 177(2017) 85-94,
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2017.10.018>
- [34] HUANG CH.-W., LI S.-W., LIAO C. H.-CH., Chronic ZnO-NPs exposure at environmentally relevant concentrations results in metabolic and locomotive toxicities in *Caenorhabditis elegans*, *Environmental Pollution* 220(2017) 1456-1464,
<http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.086>
- [35] TIGGES B., MOLLER M., WEECHOLD O., ZnO nanoparticle-containing emulsions for transparent, hydrophobic UV-absorbent films, *Journal of Colloid and Interface Science* 345(2010) 41-45,
 doi:10.1016/j.jcis.2010.01.032
- [36] WAHAB R., KIM Y.-S., MISHRA A., YUN S.-I. SHIN H.-S., Formation of ZnO micro-flowers prepared via solution process and their antibacterial activity, *Nanoscale Research Letters* 5(2010) 1675-1681,
<https://doi.org/10.1007/s11671-010-9694-y>
- [37] RAGHUPATHI K.R., KOODALI R.T., MANNA A.C., Size-Dependent Bacterial Growth Inhibition and Mechanisms of Antibacterial Activity of Zinc Oxide Nanoparticles, *Langmuir* 27(2011) 4020-4018,
dx.doi.org/10.1021/la104825u
- [38] ZHANG Y., JIANG Y., DING Y., POVEY M., YORK D., Investigation into the antibacterial behaviour of suspensions of ZnO nanoparticles (ZnO nanofluids), *Journal of Nanoparticle Research* 9(2007) 479-489,
 DOI 10.1007/s11051-006-9150-1
- [39] ADAMS L.K., LYON D.Y., ALVAREZ P.J.J., Comparative eco-toxicity of nanoscale TiO₂, SiO₂ and ZnO water suspensions, *Water research* 40(2006) 3527-3532,
 doi:10.1016/j.watres.2006.08.004

- [40] DHIVYA R., RANJANA J., RAJENDHRAN J., MAYANDI J., ANNARAJ J., Enhancing the anti-gastric cancer activity of curcumin with biocompatible and pH sensitive PMMA-AA/ZnO nanoparticles, *Materials Science and Engineering C*. 82(2018) 182-189, <http://dx.doi.org/10.1016/j.msec.2017.08.058>
- [41] ROCHA-MENDOSA I., CAMACHO-LÓPEZ S., LUNA-PALACIOS Y.Y., ESQUEDA-BARRÓN Y., CAMACHO-LÓPEZ M.A., CAMACHO-LÓPEZ M., AGUILAR G., Second-harmonic generation of ZnO nanoparticles synthesized by laser ablation of solids in liquids, *Optics and Laser Technology* 99(2018) 118-123, <http://dx.doi.org/10.1016/j.optlastec.2017.08.021>
- [42] PEA M., BARUCCA G., NOTARGIACOMO A., DI GASPARE L., MUSSI V., Zn nanoparticles formation in FIB irradiated single crystal ZnO, *Applied Surface Science* 433(2018) 899-903, <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.10.128>
- [43] KUMARESAN N., RAMAMURTHI K., RAMESH BABU R., SETHURAMAN K., MOORTHY BABU S., Hydrothermally grown ZnO nanoparticles for effective photocatalytic activity, *Applied Surface Science* 418(2017) 138-146, <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.12.231>
- [44] ABDOLBAGHI S., POURMAHDIAN S., Preparation of poly(acrylamide)/nanoclay organic-inorganic hybrid nanoparticles with average size of 250 nm via inverse Pickering emulsion polymerization, *Colloid Polym Sci.* 292(2014)1091-1097, DOI 10.1007/s00396-013-3158-8
- [45] MORSI R. E., LABENA A., KHAMIS E.A., Core/shell (ZnO/polyacrylamide) nanocomposite: In-situ emulsion polymerization, corrosion inhibition, anti-microbial and anti-biofilm characteristics, *Journal of the Chemical Engineering* 63(2016) 512-522, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtice.2016.03.037>.
- [46] MLEZIVA J., ŠŇUPÁREK J., POLYMERY VÝROBA, STRUKTURA, VLASTNOSTI A VYUŽITÍ, *Sobotáles 2000*, ISBN 80-85920-72-7
- [47] VOTAVA M. Lékařská mikrobiologie obecná. Brno: Neptun 2001, ISBN 80-902896-2-2.
- [48] PAN T.- Y., LEE Y.- P., CHU CH.- H., TSAI CH.- A., LEE CG. - F., Synthesis and characteristics of poly(methacrylic acid-co-N-isopropylakrylamid)/Nano ZnO thermosensitive composite hollow latex particles, *Polymer* 53(2012) 1665-1674, doi:10.1016/j.polymer.2012.02.019
- [49] PODDAR M., K., SHARMA S., PATTIPAKA S., PAMU D., MOHOLKAR V., S., Ultrasound-assisted synthesis of poly(MMA-co-BA)/ZnO nanocomposites with enhanced physical properties, *Ultrasonics-Sonochemistry* 39(2017) 782-791, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.05.040>

- [50] SINGH R., SHARMA R., BARMAN P. B. , SHARMA D., Superhydrophilic poly (styrene co acrylonitrile)-ZnO nanocomposite surfaces for UV shielding and self-cleaning applications, *Materials Research Express* 4(2017) 15302, <https://doi.org/10.1088/2053-1591/aa95fc>
- [51] PAN T.- Y., LEE Y.-P., CHU CH.- H., CHEN Y.- H., TSAI CH.- A., LEE CH.-F., Synthesis and characteristics of poly(methacrylic acid-co-N-isopropylacrylamide)/Nano ZnO thermosensitive composite hollow latex particles, *Polymer* 53(2012) 1665-1674, doi:10.1016/j.polymer.2012.02.019
- [52] ZHU Y., LUO X., WU X., LI W., LI B., LU A., LIU S., Cellulose gel dispersions: fascinating green particles for the stabilization of oil/water Pickering emulsion, *Cellulose* 24(2017) 207-217, DOI 10.1007/s10570-016-1093-9
- [53] DEMINA P.A., GRIGORIEV D.O., KUZ'MICHEVA G.M., BUKREEVA T.V., Preparation of Pickering-Emulsion-Based Capsules with Shells Composed of Titanium Dioxide Nanoparticles and Polyelectrolyte Layers, *Colloid Journal* 79(2007) 198-203, DOI: 10.1134/S1061933X1702003X
- [54] LI X., ZHU CH., WEI Y., LU Z., Fabrication of macroporous foam and microspheres of polystyrene by Pickering emulsion polymerization, *Colloid Polym Sci.* 292(2014) 115-122, DOI 10.1007/s00396-013-3058-y
- [55] LIU H., GENG S., HU P., QIN Q., WEI CH., LV J., Study of Pickering emulsion stabilized by sulfonated cellulose nanowhisker extracted from sisal fiber, *Colloid Polym Sci.* 294(2015) 963-974, DOI 10.1007/s00396-014-3484-5
- [56] XIE P., GE X., FANG B., LI Z., LIANG Y., YANG C., Pickering emulsion polymerization of graphene oxide-stabilized styrene, *Colloid Polym Sci.* 291(2013) 1631-1639, DOI 10.1007/s00396-013-2897-x
- [57] CHEN J.H., CHENG CH.-Y., CHIU W.-Y., LEE CH.-F., LIANG N.-Y., Synthesis of ZnO/polystyrene composite particles by Pickering emulsion polymerization, *European Polymer Journal* 44(2008), 3271-3279, doi:10.1016/j.eurpolymj.2008.07.023
- [58] JENG J., CHEN T.-CH., LEE CH.-F., LIANG N.-Y., CHIU W.-Y., Growth mechanism and pH-regulation characteristics of composite latex particles prepared from Pickering emulsion polymerization of aniline/ZnO using different hydrophilicities of oil phases, *Polymer* 49(2008) 3265-3271, doi:10.1016/j.polymer.2008.05.027
- [59] TANG E., DONG S., Preparation of styrene polymer/ZnO nanocomposite latex via miniemulsion polymerization and its antibacterial property, *Colloid Polym Sci.* 287(2009) 1025-1032, DOI 10.1007/s00396-009-2057-5

- [60] CHIMENTI S., VEGA J. M., AGUIRRE M., GARCÍA-LECINA E., DÍEZ J. A., GRANDE H.- J., PAULIS M., LEIZA J. R., Effective incorporation of ZnO nanoparticles by miniemulsion polymeration on waterborne binders for steel corrosion protection, *J. Coat. Technol. Res.* 14(2017) 829-839,
DOI 10.1007/s11998-017-9958-x
- [61] ZHANG J., GAO G., ZHANG M., ZHANG D., WANG CH., ZHAO D., LIU F., ZnO/PS core-shell hybrid microspheres prepared with miniemulsion polymerization, *Journal of Colloid and Interface Science* 301(2006) 78-84, doi:10.1016/j.jcis.2006.05.005
- [62] ILIYASU G., DAIYAB F. M., TIAMIYU A. B., ABUBAKAER S., HABIB Z. G., SAKRI A. M., HABIB A.B., Nosocomial infection and resistance pattern of common bacterial isolates in an intensive care unit of a tertiary hospital in Nigeria: A 4-years review, *Journal of Critical Care*. 34(2016) 116-120, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrc.2016.04.018>
- [63] ABDELRAHMAN M.A., ALHASAN M., ALEWAIDAT H., RAWASHDEH M.A., AL MOUSA D.S., ALMHDAWI K.A., Knowledge of nosocomial infection control practices among radiographers in Jordan, *Radiography* 23(2017) 298-304, <http://dx.doi.org/10.1016/j.radi.2017.07.005>
- [64] AHMAD S.F., KHAN I., WADOOD A., AZAM S., REHMAN N., WAQAS M., BASHIR K., KHAN A.A., Pathogens constantly, Harbinger of Nosocomial Infection Cum Identification of Resistant Genes and Drug Designing, *Computational Biology and Chemistry* (2018),
<https://doi.org/10.1016/j.compbiolchem.2018.04.010>
- [65] MOOR P., FERGUSSON S., Nosocomial infections in the critically ill, *Anaesthesia and Intensive Care Medicine* 5(2006) 148-151, <https://doi.org/10.1383/anes.2006.7.5.148>
- [66] HEBBINCKUYS E., MARISSAL J.- P., PREDA C., LECLERCQ V., Assessing the burden of Clostridium difficile infections for hospitals, *Journal of Hospital Infection* 98(2018) 29-35,
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2017.08.023>
- [67] BURKE G.G., HARRISON M.J., FELEMING C., McCARTHY M., SHORTT C., SULAIMAN I., MURPHY D.M., EUSTACE J.A., SHANAHAM F., HILL C., STANTON C., REA M.C., ROSS R. P., PLANT B.J., Clostridium difficile carriage in adult cystic fibrosis (CF), implications for patients with CF and the potential for transmission of nosocomial infection, *Journal of Cystic Fibrosis* 16(2017) 291-298, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcf.2016.09.008>

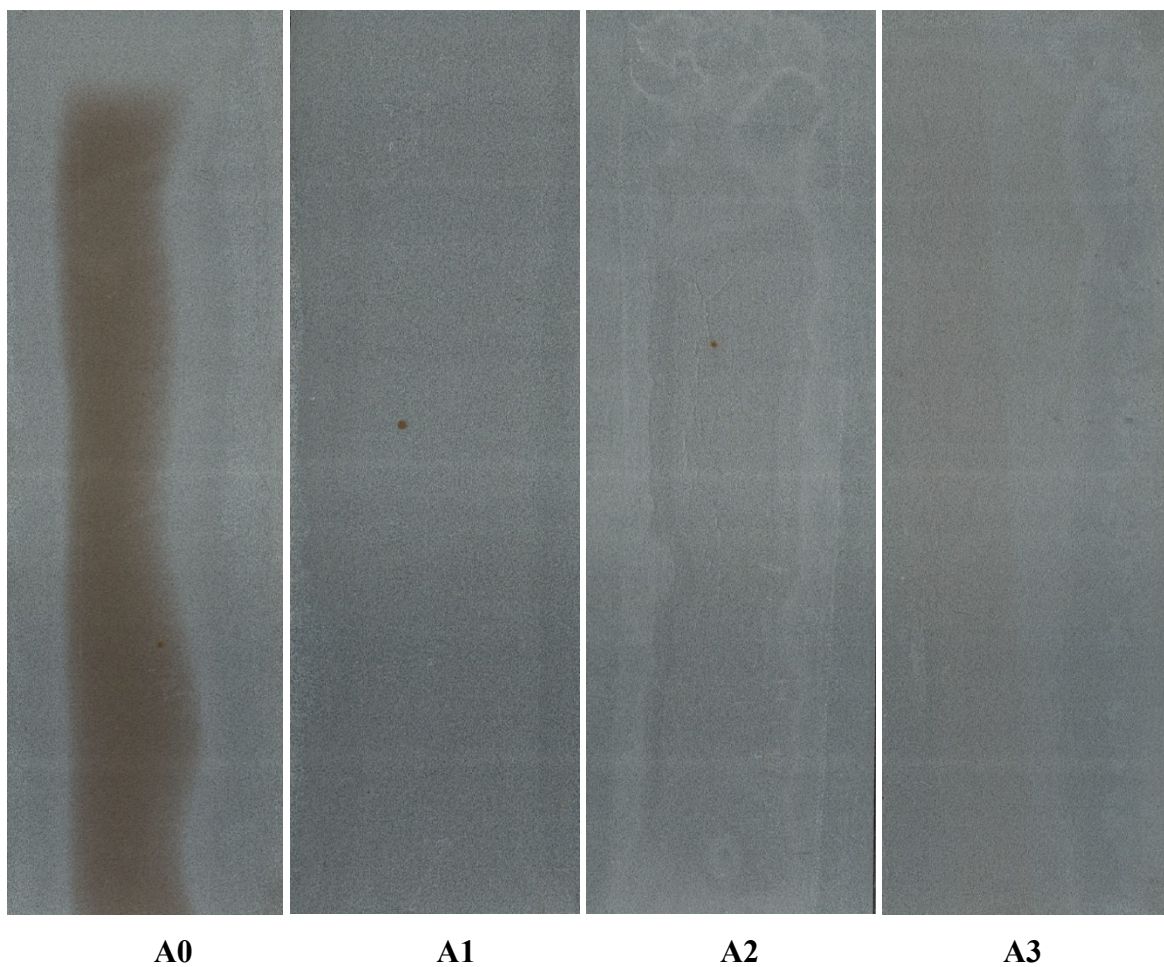
- [68] LI Y., CAO X., GE H., JIANG Y., ZHOU H., ZHENG W., Targeted surveillance of nosocomial infection in intensive care units of 176 hospitals in jiangsu province, China, *Journal of Hospital Infection* 99(2018) 36-41, <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2017.10.009>
- [69] ZHOU F., LI H., GU L., LIU M., XUE CH.-X., CAO B., WANG CH., for the National Influenza A(H1N1)pdm09 Clinical Investigation Group of China, Risk factors for nosocomial infection among hospitalised severe influenza A(H1N1)pdm09 patients, *Respiratory medicine* 132(2018) 86-91, <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2017.11.017>
- [70] WU H.-H., LIU H.-Y., LIN Y.-CH., HSUEH P.-R., LEE Y.-J., Correlation between levofloxacin consumption and the incidence of nosocomial infections due to fluoroquinolone-resistant *Escherichia coli*, *Journal of Microbiology, Immunology and Infection* 49(2016), 424-429, doi:10.1016/j.jmii.2011.12.019
- [71] WANG X., LIU S., GUO H., A nosocomial-pathogens-infections model with impulsive antibiotics treatment on multiple bacteria, *Applied Mathematics and Computation* 296(2017) 64-87, <http://dx.doi.org/10.1016/j.amc.2016.10.013>
- [72] GARCÍA H., CERVANTES-LUNA B., GONZÁLEZ-CABELLO H., MIRANDA-NOVALES G., Risk factors for nosocomial infections after cardiac surgery in newborns with congenital heart disease, *Pediatrics and neonatology* (2017) 1-6, <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2017.11.014>
- [73] LAPCHAROENSAP W., KAN P., POWERS R.J., SHAW G.M., STEVENON D.K., GOULD J.B., WIRTSCHAFFER D.D., LEE H.C., The Relationship of Nosocomial Infection Reduction to Changes in Neonatal Intensive Care Unit Rates of Bronchopulmonary Dysplasia, *The Journal of Pediatrics* 180(2017) 105-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.09.030>
- [74] LOFTUS T.J., THOMAS R. M., MURPHY T.W., NGUYEYN L.L., MOORE F.A., BRAKENRIDGE S.C., EFRON P.A., MOHR A.M., The effects of red cell transfusion donor age on nosocomial infection among trauma patients. *The American Journal of Surgery* 214(2017) 672-676, <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjsurg.2017.07.004>.
- [75] GLESER M., SCHWAB F., SOLBACH P., VONBERG R.- P. Modified gloves: A chance for the prevention of nosocomial infections, *American Journal of Infection Control* 46(2018) 266-9, <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2017.08.024>

- [76] CROFTON C.C., FOLEY S.J., An investigation of radiographers' mobile phone use and the success of an awareness campaign at reducing the nosocomial infection risks. *Radiography* 24(2018) 57-63,
<http://dx.doi.org/10.1016/j.radi.2017.08.004>
- [77] WEEKS D., L., GREER CH.I., WILLSON M.N., Statin Medication Use and Nosocomial Infection Risk in the Acute Phase of Stroke, *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 10(2016) 2360-2367, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2016.05.033>
- [78] SALIBA P., HORNERO A., CUERVO G., GRAU I., JIMENEZ E., GARCIA S., TABAU F., MARTÍNEZ-SANCHEZ J.M., CARRATALÁ J., PAJEL M., Mortality risk factors among non-ICU patients with nosocomial vascular catheter-related bloodstream infections: a prospective cohort study. *Journal of Hospital Infection* 99(2018) 48-54, <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2017.11.002>
- [79] PODZIMEK Š., MACHOTOVÁ J., ŠŇUPÁREK J., VEČEŘA M., PROKŮPEK L., Charakterization of Molecular Structure of Acrylic Copolymers prepared via Emulsion Polymerization Using A4F-MALS Technique. *Journal of Applied Polymer Science* (2014), DOI: 10.1002/app.40995

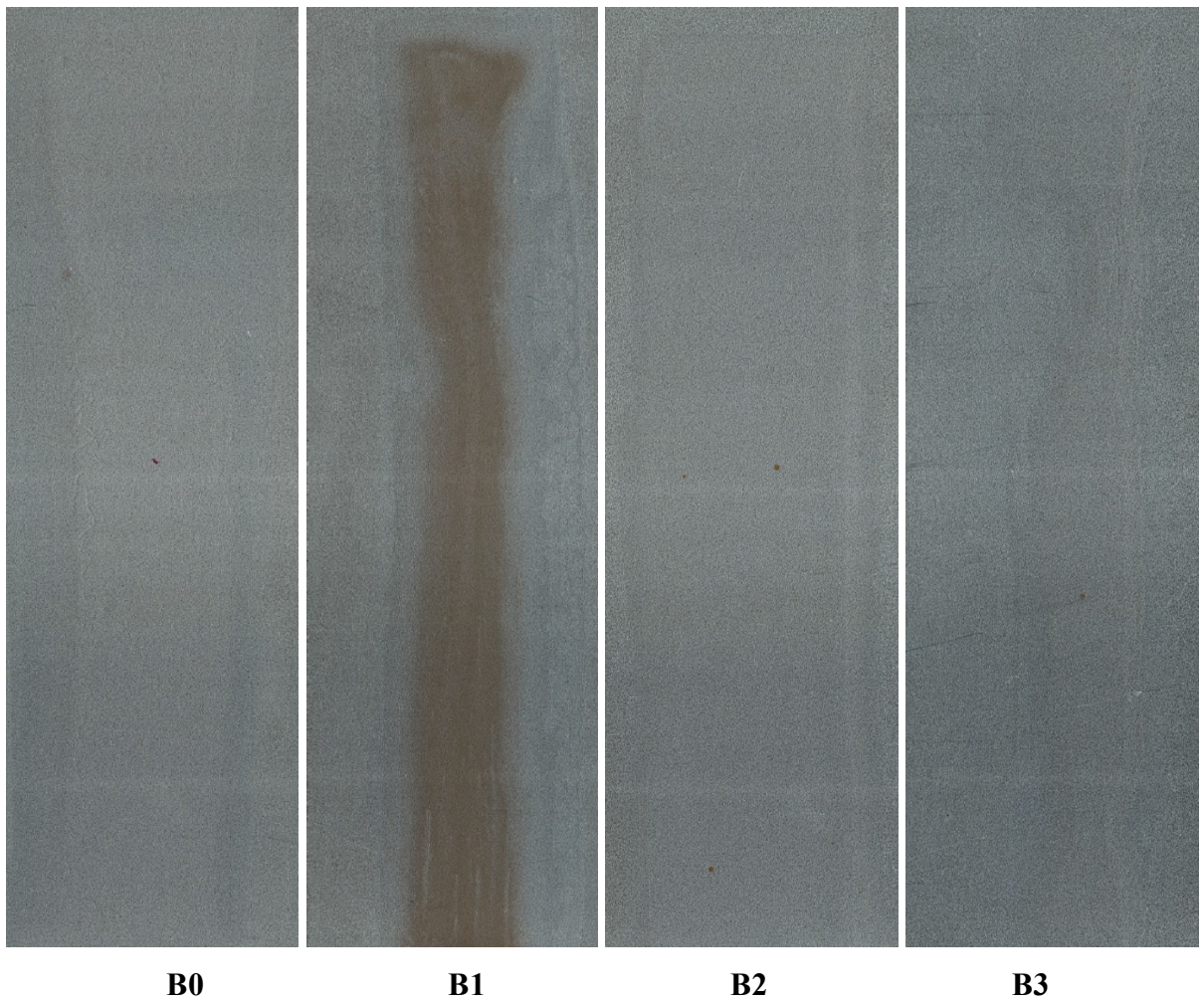
6 PŘÍLOHY

6.1 Obrazový záznam bleskové koroze

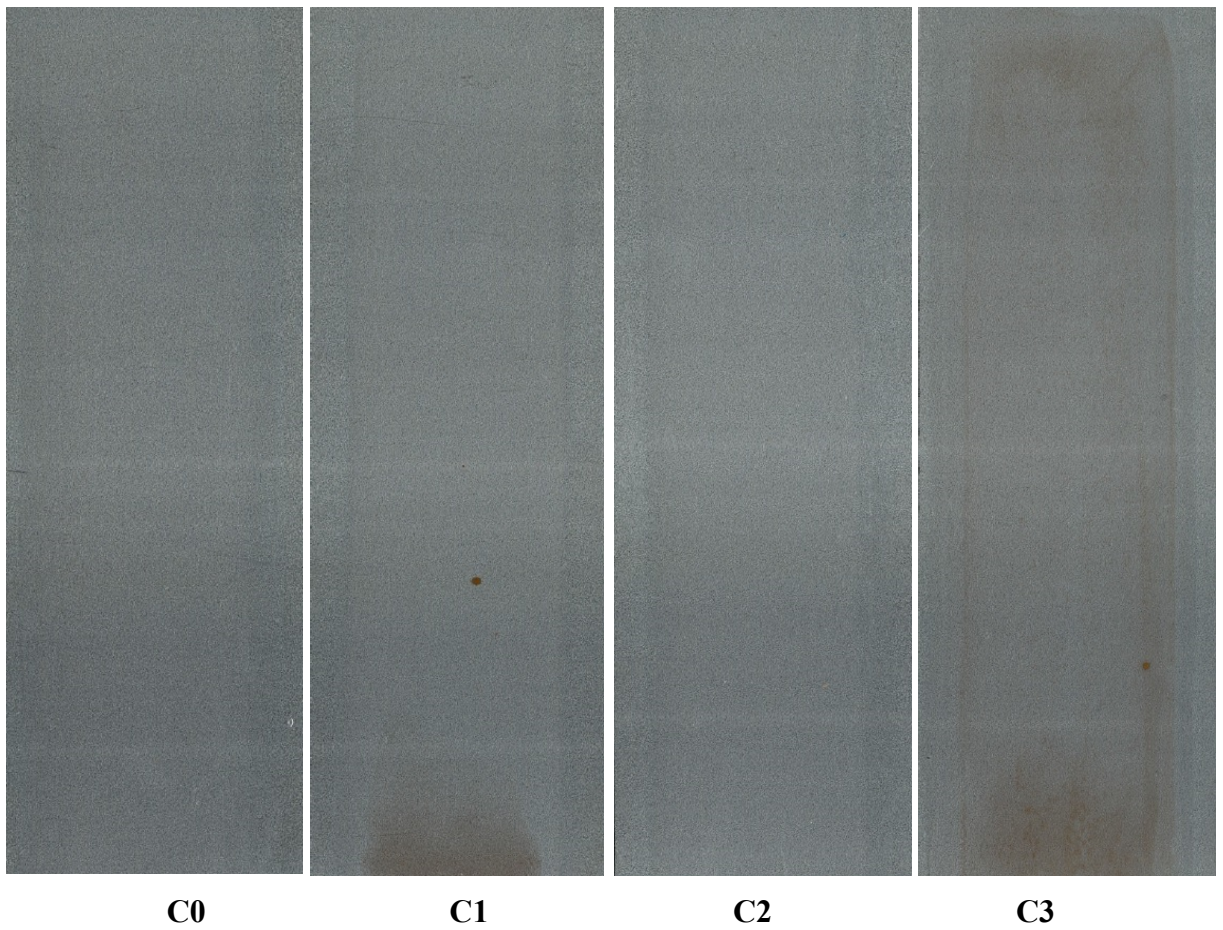
Nátěrové filmy řady A ponechané zasychat na panelech z uhlíkaté oceli při laboratorní teplotě po dobu 2 hodin



Nátěrové filmy řady B ponechané zasychat na panelech z uhlíkaté oceli při laboratorní teplotě po dobu 2 hodin



Nátěrové filmy řady C ponechané zasychat na panelech z uhlíkaté oceli při laboratorní teplotě po dobu 2 hodin



Nátěrové filmy řady D ponechané zasychat na panelech z uhlíkaté oceli při laboratorní teplotě po dobu 2 hodin



D1



D2



D3



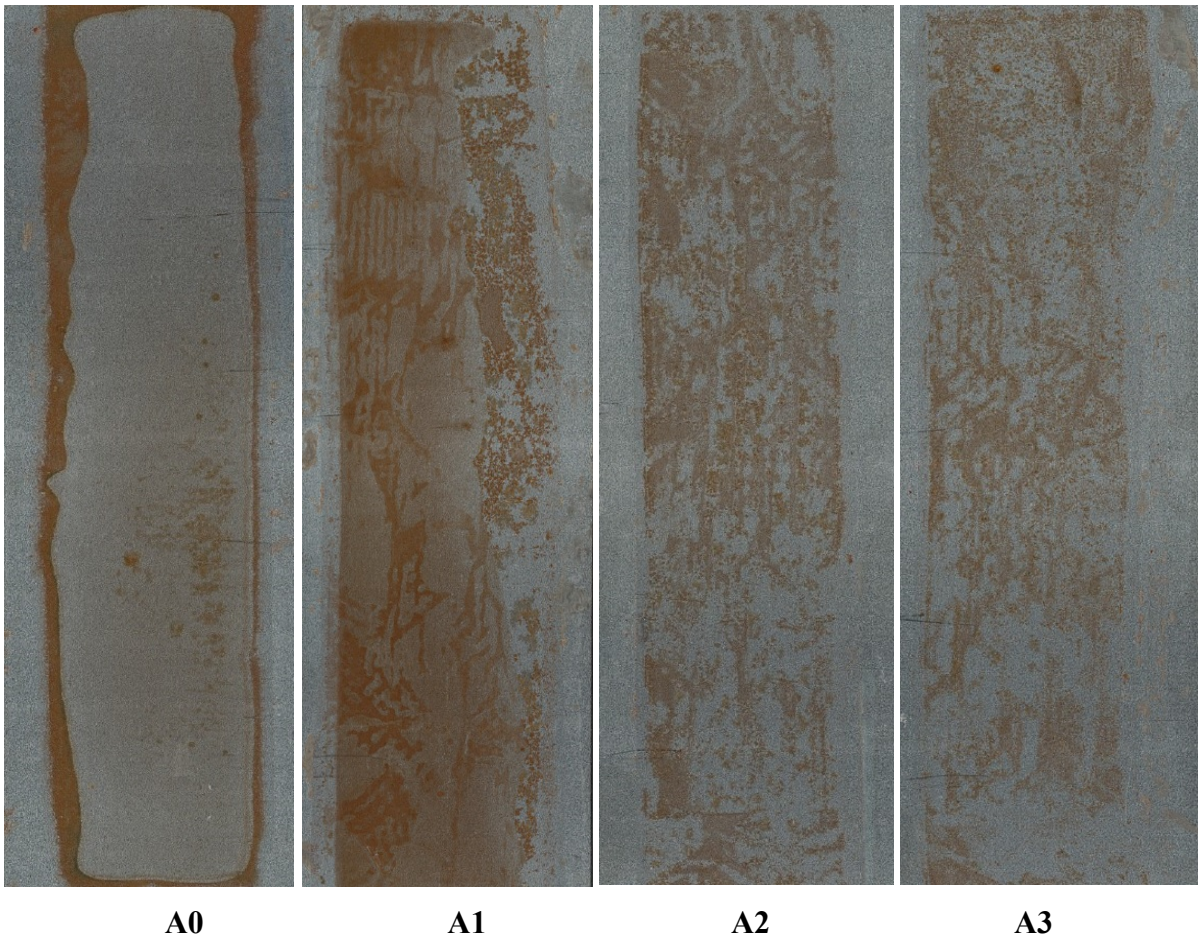
D4



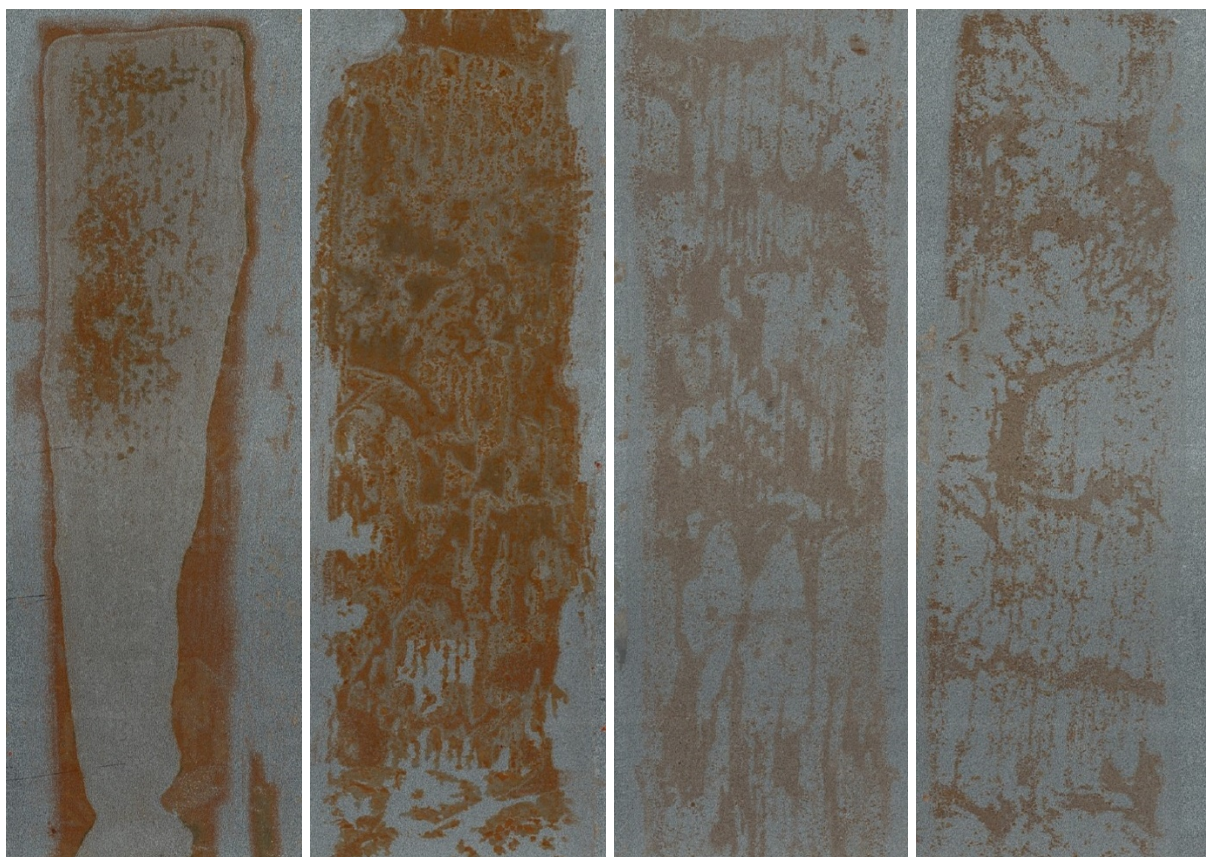
D5

6.2 Obrazový záznam bleskové koroze

Nátěrové filmy řady A ponechané zasychat na panelech z uhlíkaté oceli po dobu 2 hodin a poté vystavené zrychlenému laboratornímu testu bleskové koroze



Nátěrové filmy řady B ponechané zasychat na panelech z uhlíkaté oceli po dobu 2 hodin a poté vystavené zrychlenému laboratornímu testu bleskové koroze



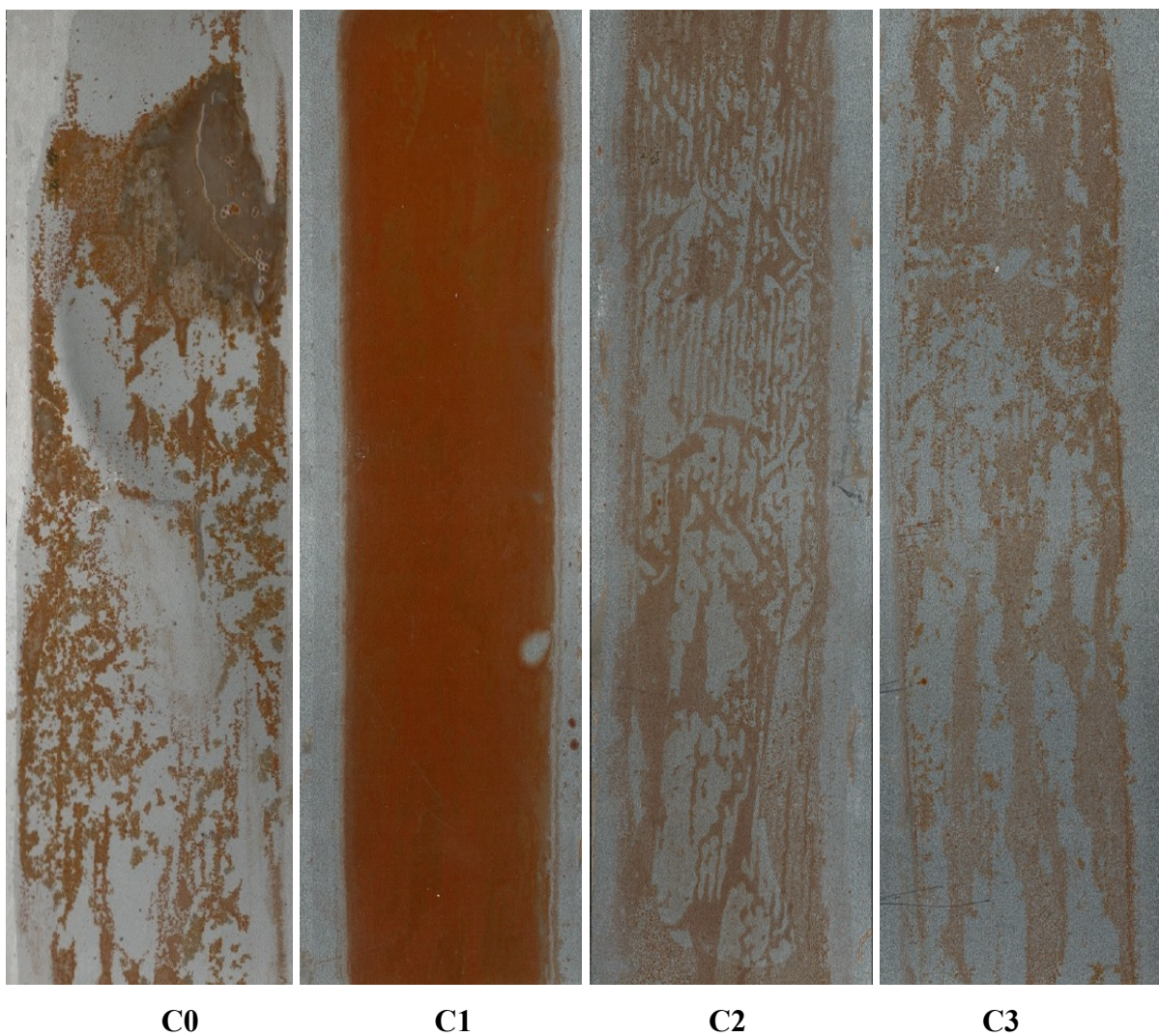
B0

B1

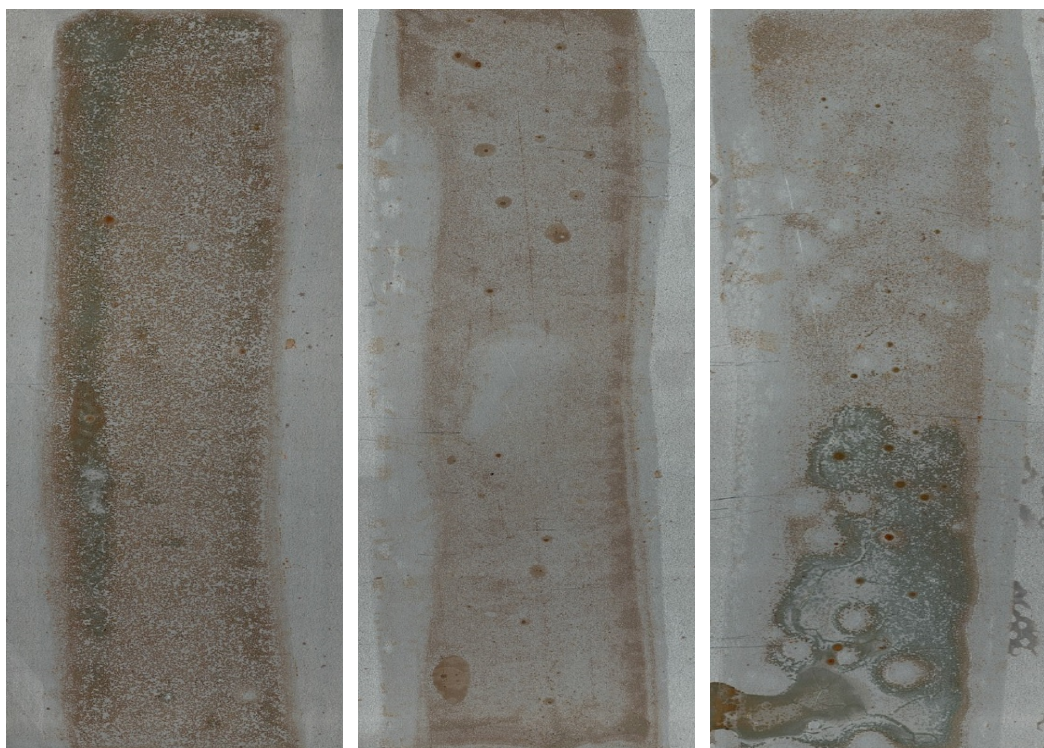
B2

B3

Nátěrové filmy řady C ponechané zasychat na panelech z uhlíkaté oceli po dobu 2 hodin a poté vystavené zrychlenému laboratornímu testu bleskové koroze



Nátěrové filmy řady D ponechané zasychat na panelech z uhlíkaté oceli po dobu 2 hodin a poté vystavené zrychlenému laboratornímu testu bleskové koroze



D1

D2

D3

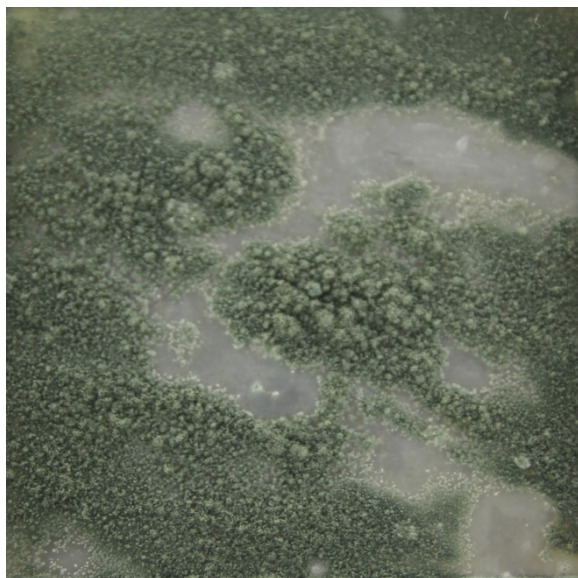


D4

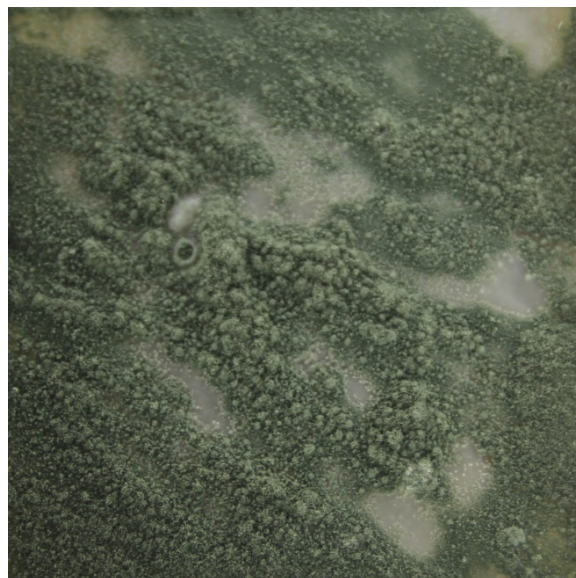
D5

6.3 Obrazový záznam antifungálního účinku nátěrů

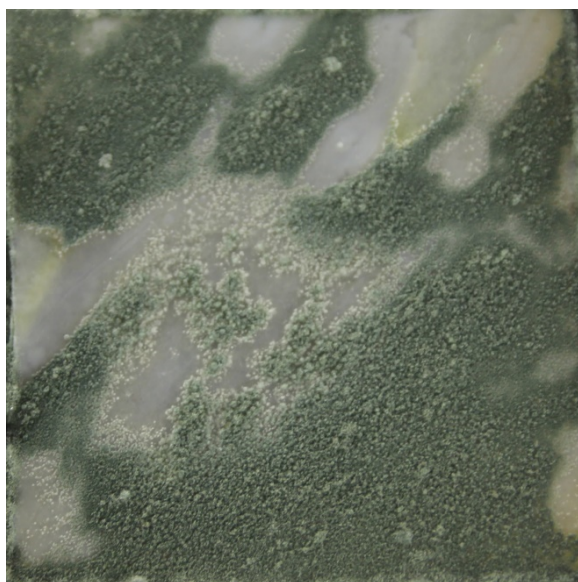
Nátěrové filmy řady A po expozici plísni kmene *Penicillium chrisogenum*



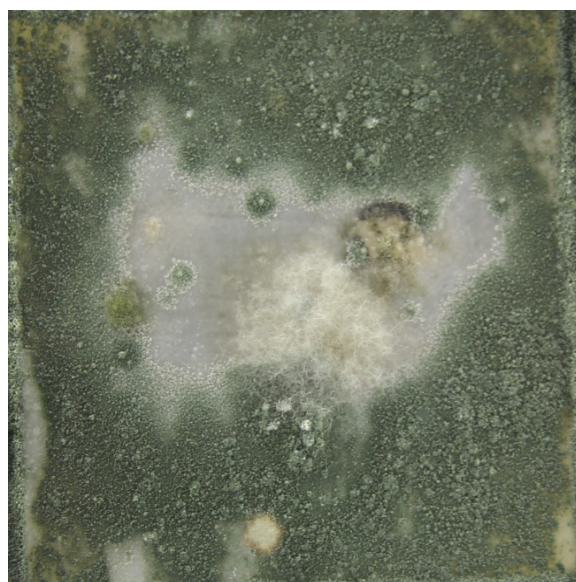
A0



A1

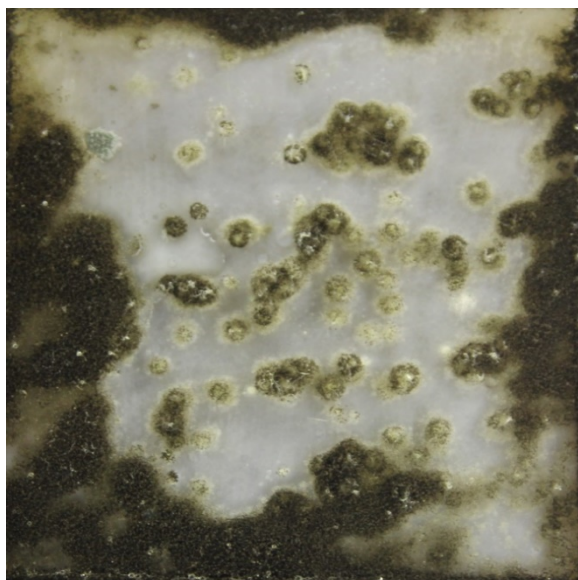


A2

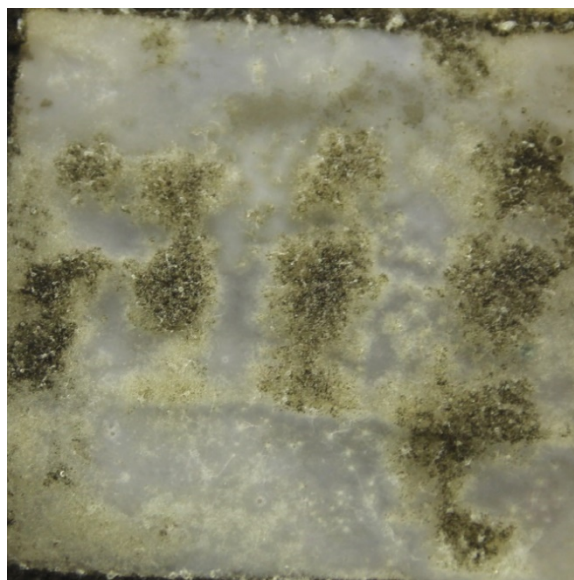


A3

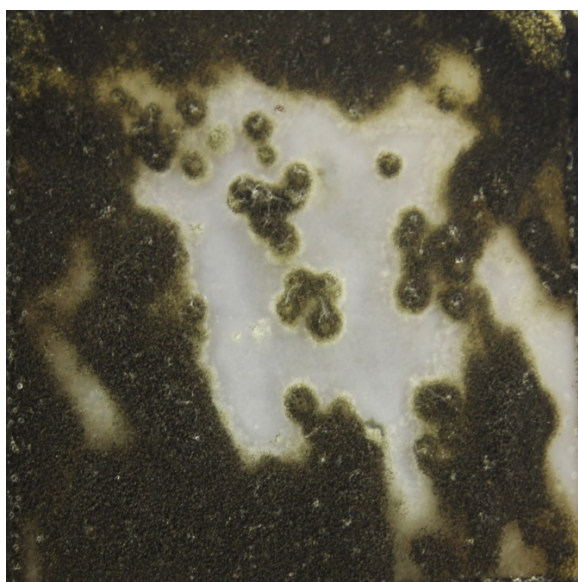
Nátěrové filmy řady A po expozici plísni kmene *Aspergillus brasiliensis*



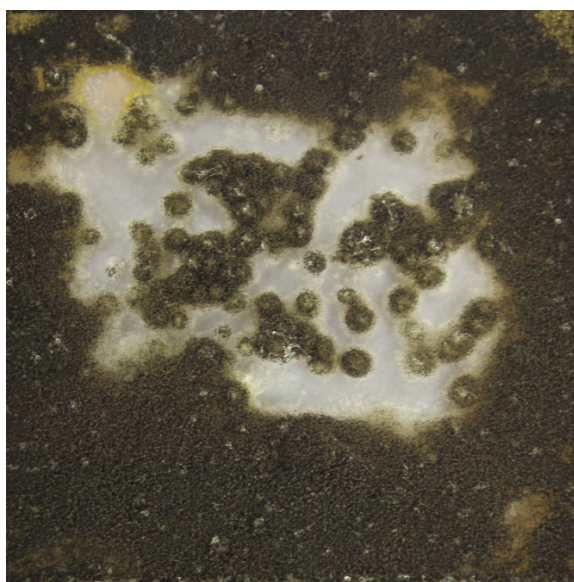
A0



A1

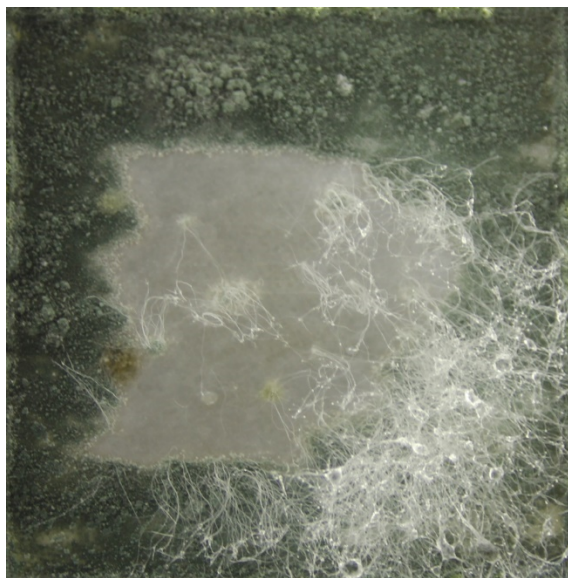


A2

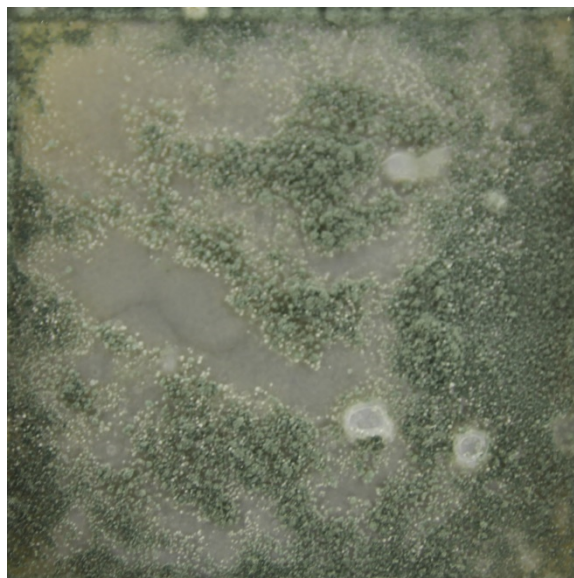


A3

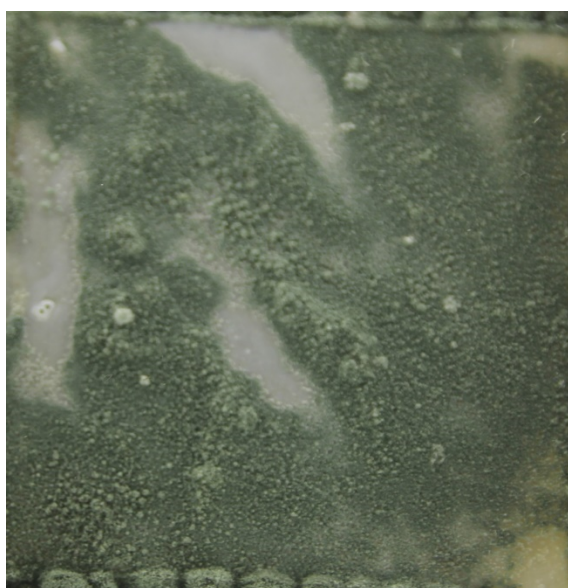
Nátěrové filmy řady B po expozici plísni kmene *Penicillium chrisogenum*



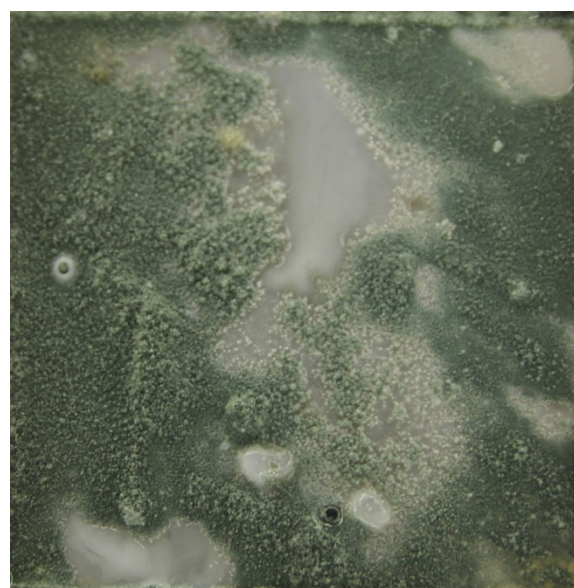
B0



B1

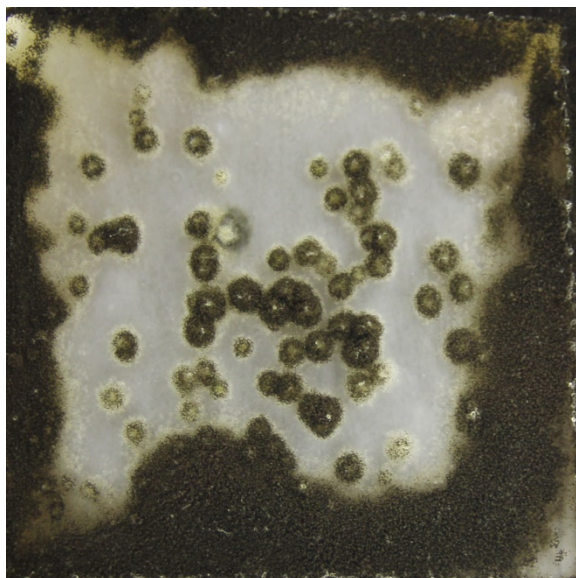


B2

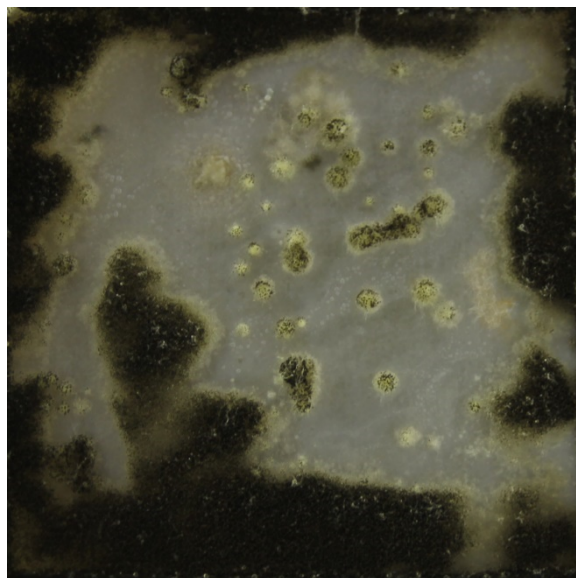


B3

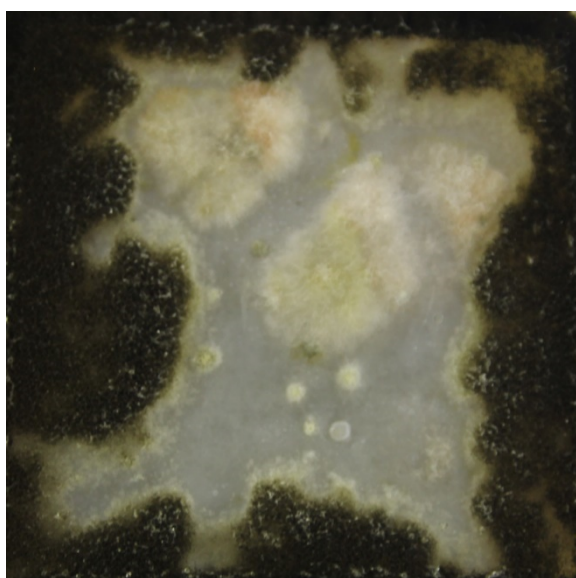
Nátěrové filmy řady B po expozici plísni kmene *Aspergillus brasiliensis*



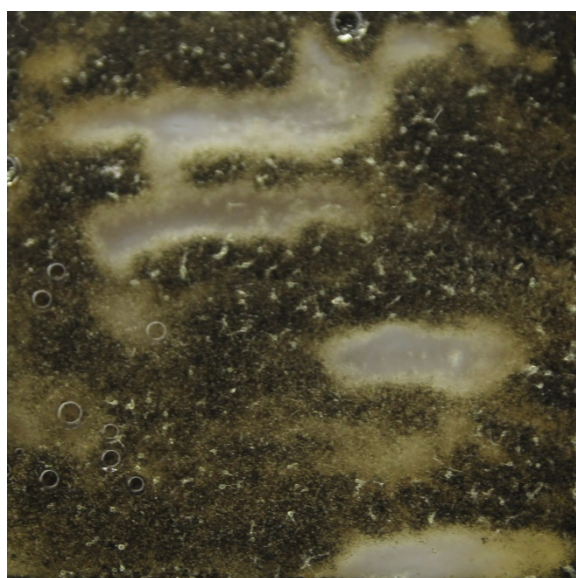
B0



B1

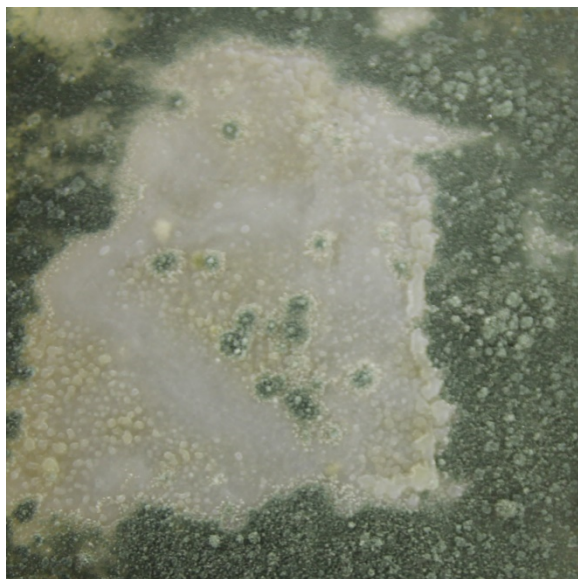


B2

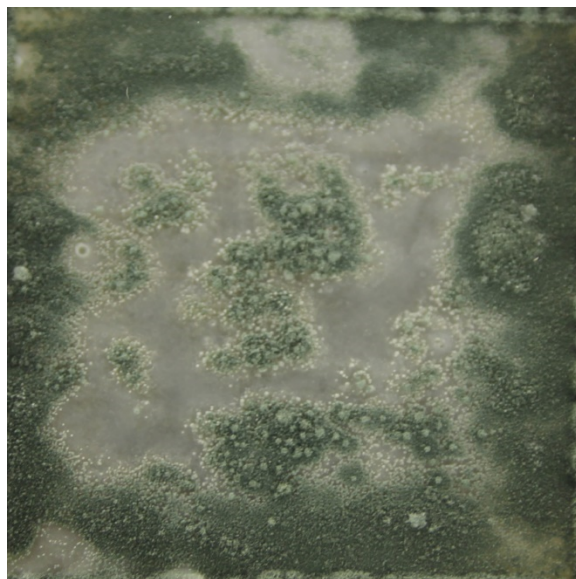


B3

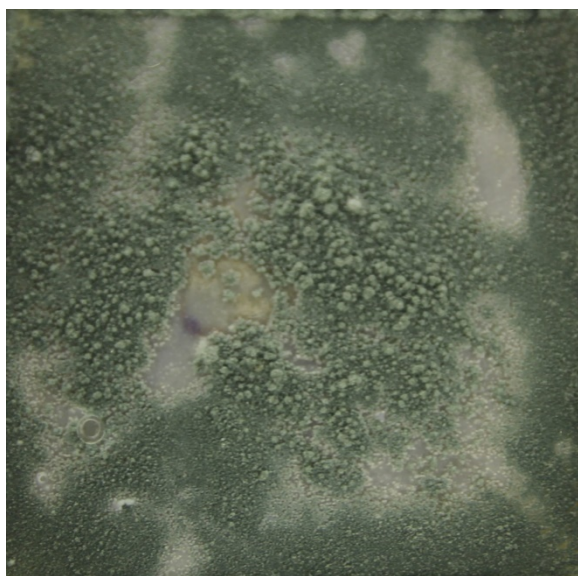
Nátěrové filmy řady C po expozici plísni kmene *Penicillium chrisogenum*



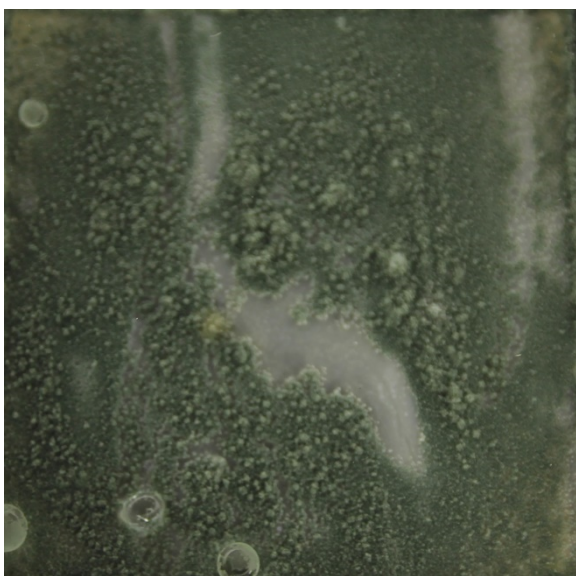
C0



C1

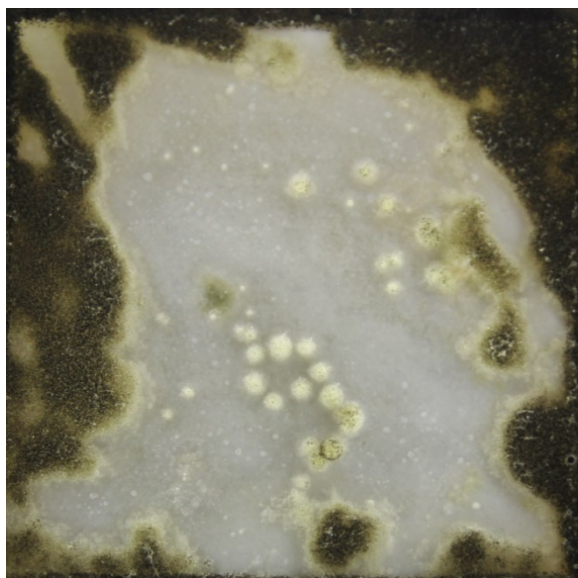


C2

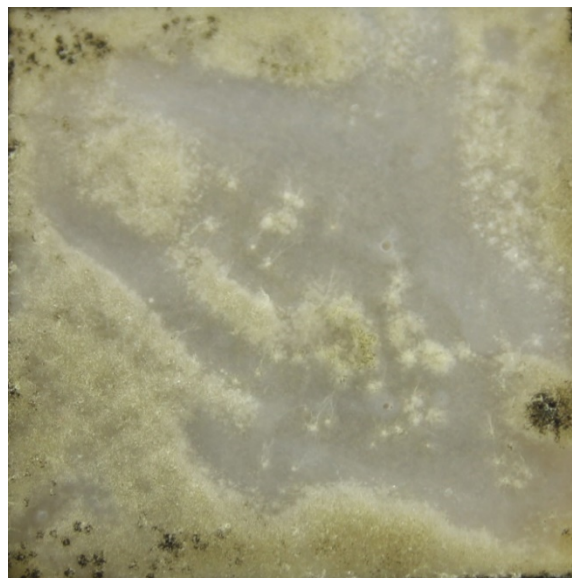


C3

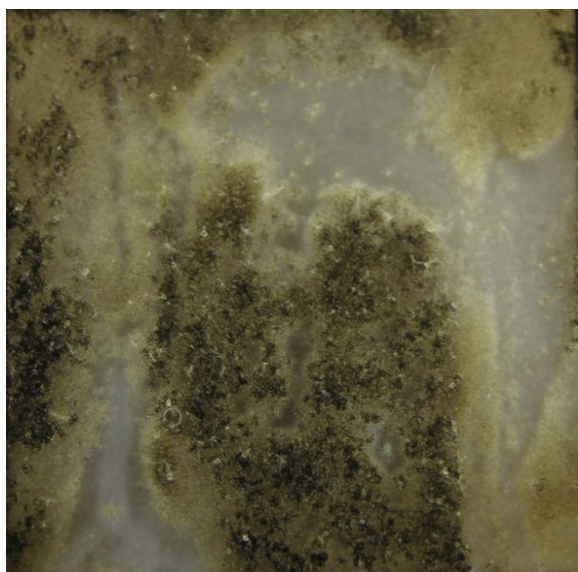
Nátěrové filmy řady B po expozici plísni kmene *Aspergillus brasiliensis*



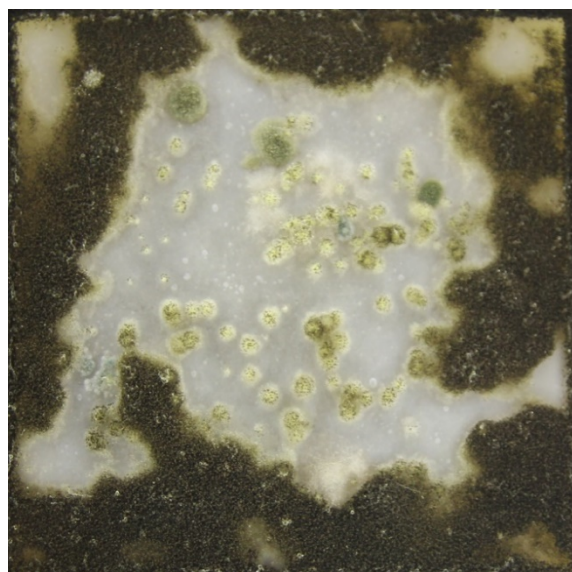
C0



C1

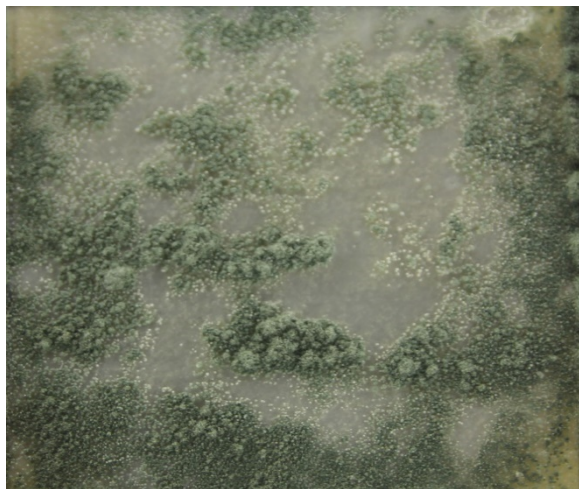


C2

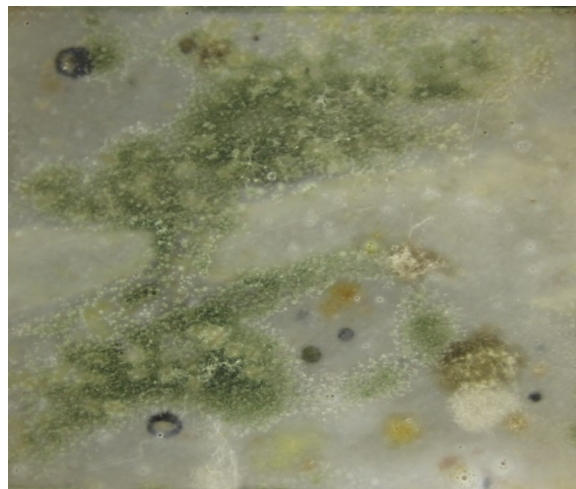


C3

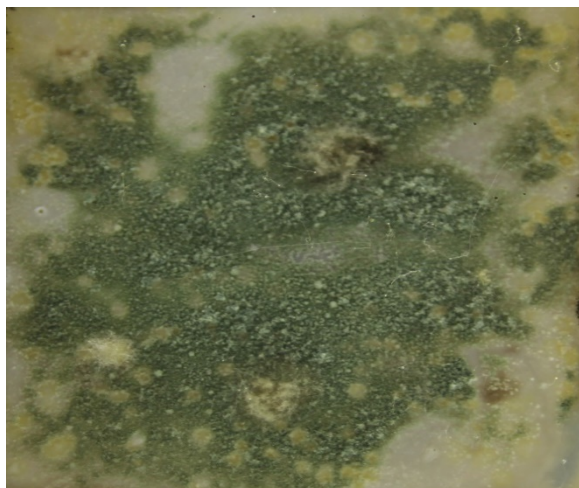
Nátěrové filmy řady D po expozici plísni kmene *Penicillium chrisogenum*



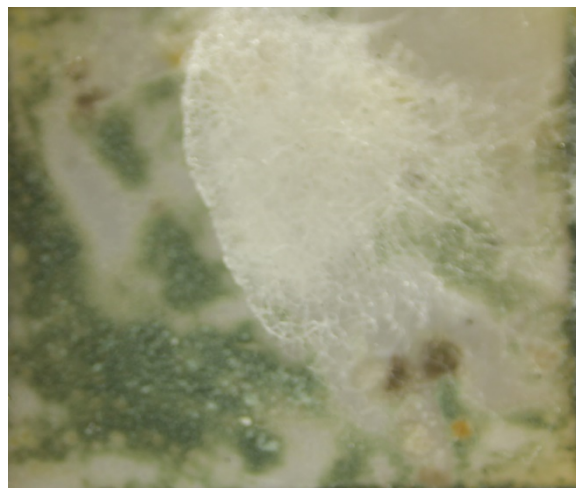
D1



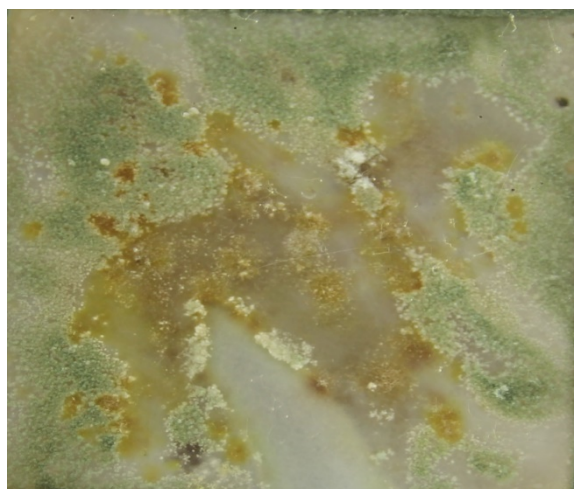
D2



D3

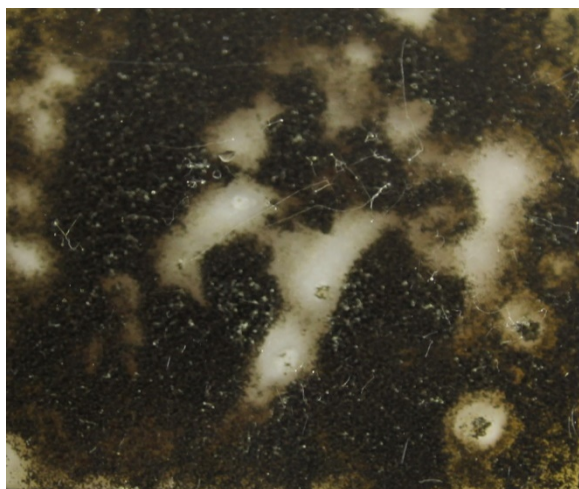


D4

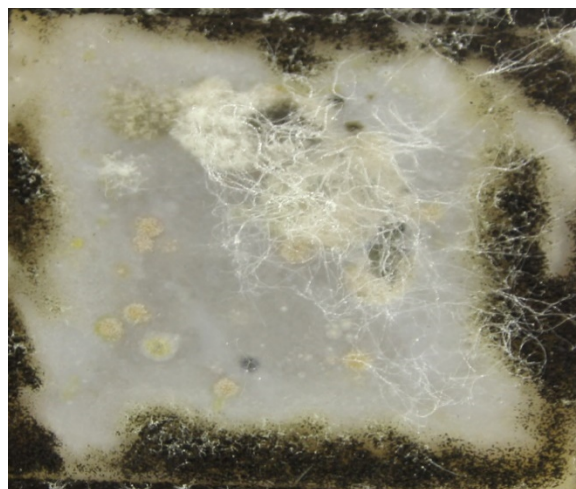


D5

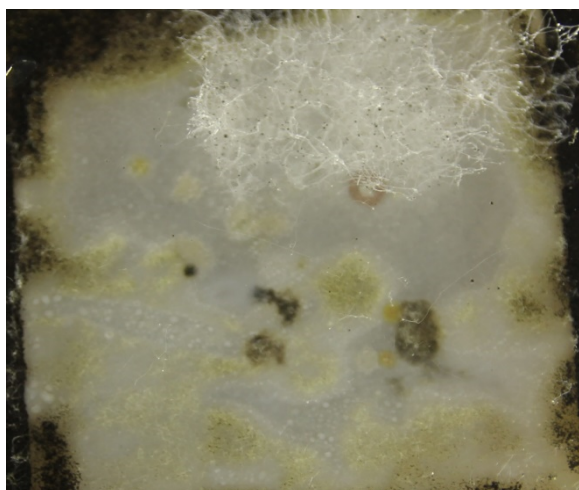
Nátěrové filmy řady D po expozici plísni kmene *Aspergillus brasiliensis*



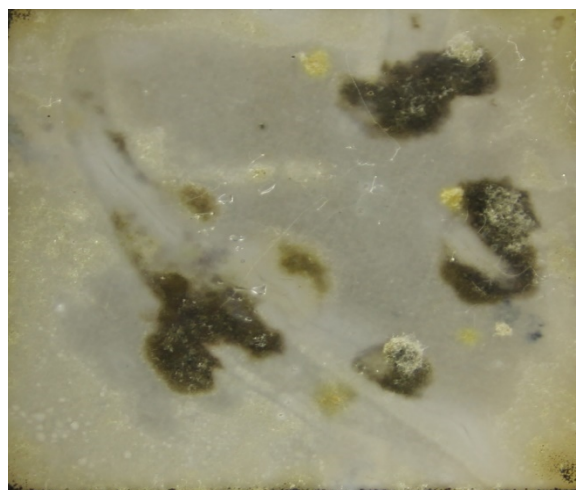
D1



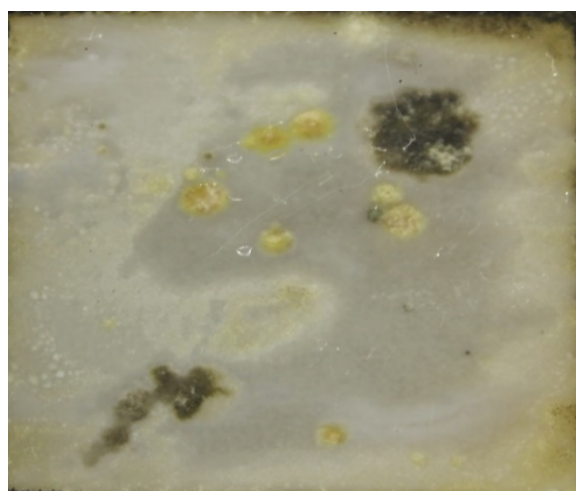
D2



D3



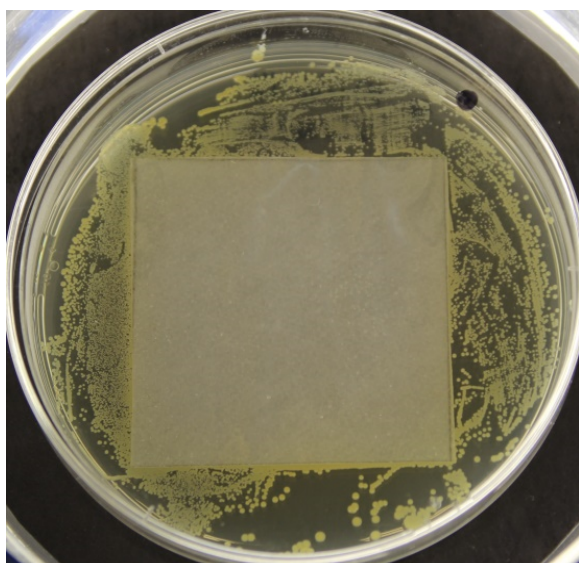
D4



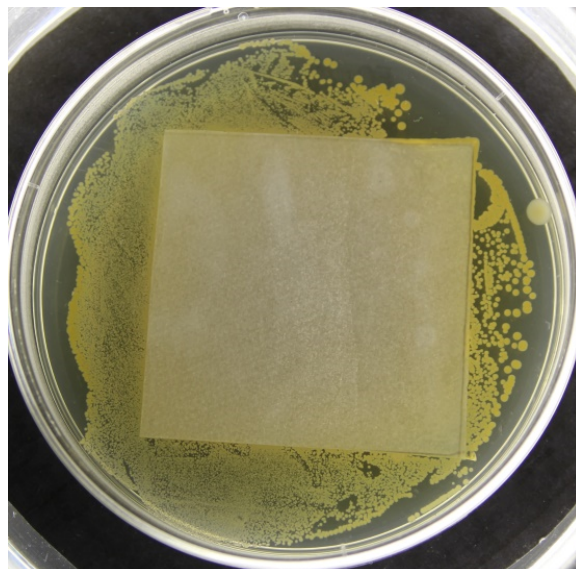
D5

6.4 Obrazový záznam antibakteriálního účinku nátěrů

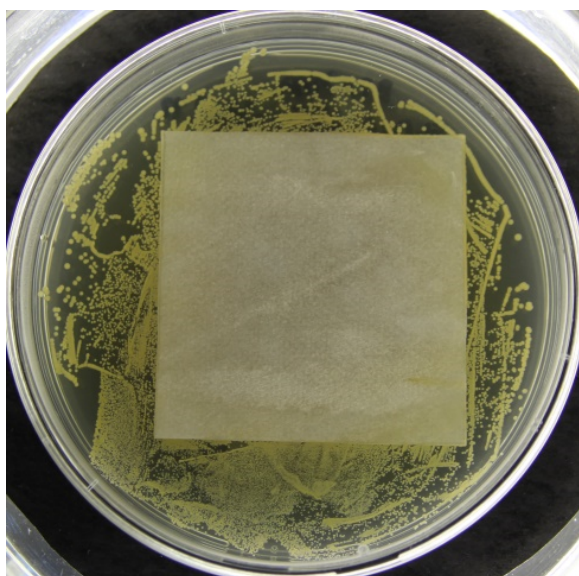
Inhibiční zóny nátěrů A0, A3, B0 a B3 po expozici bakterií kmene *Staphylococcus aureus*



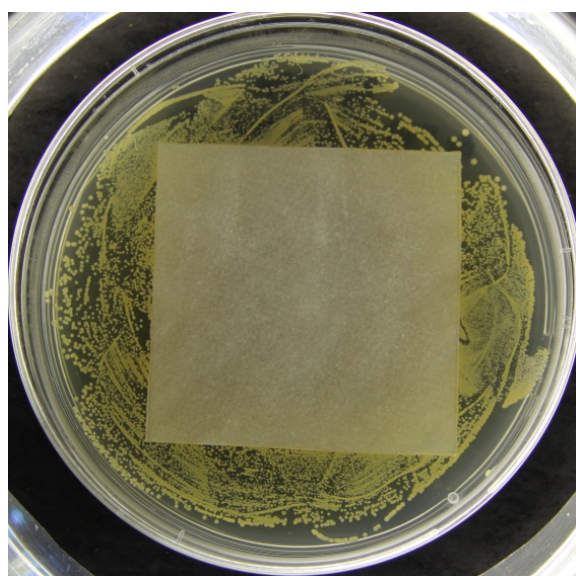
A0



A3

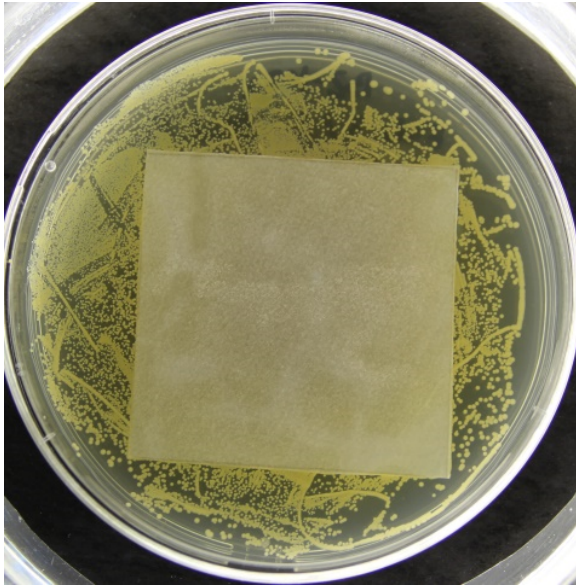


B0

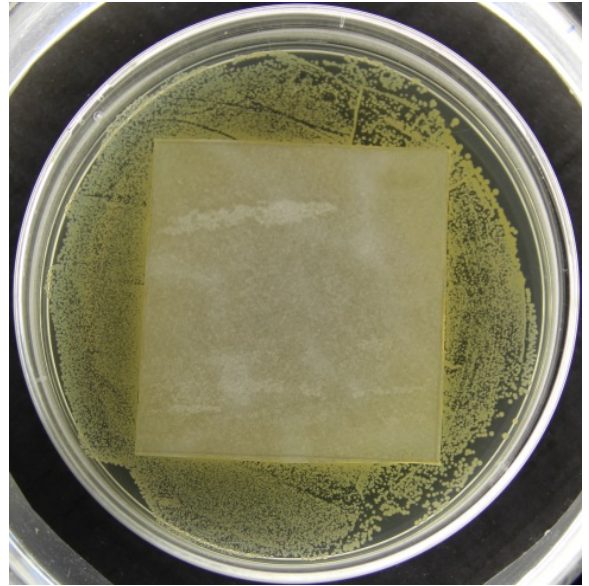


B3

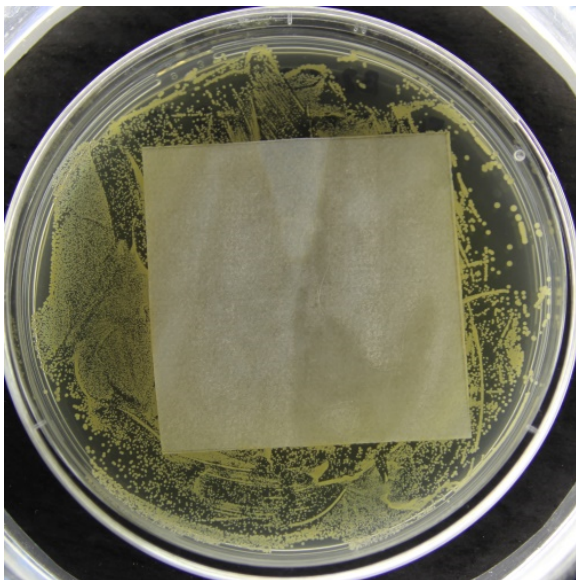
Inhibiční zóny nátěrů C0, C1, D1 a D5 po expozici bakterii kmene *Staphylococcus aureus*



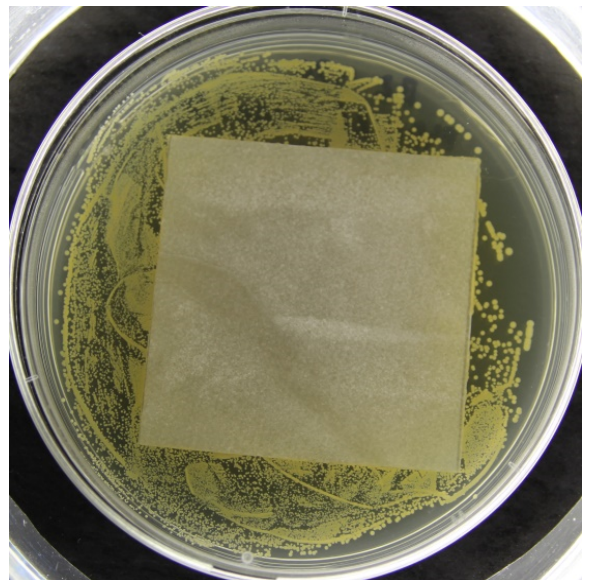
C0



C1

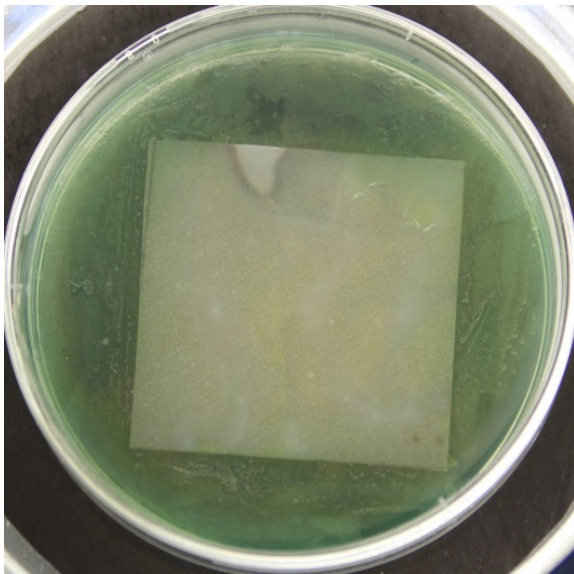


D1

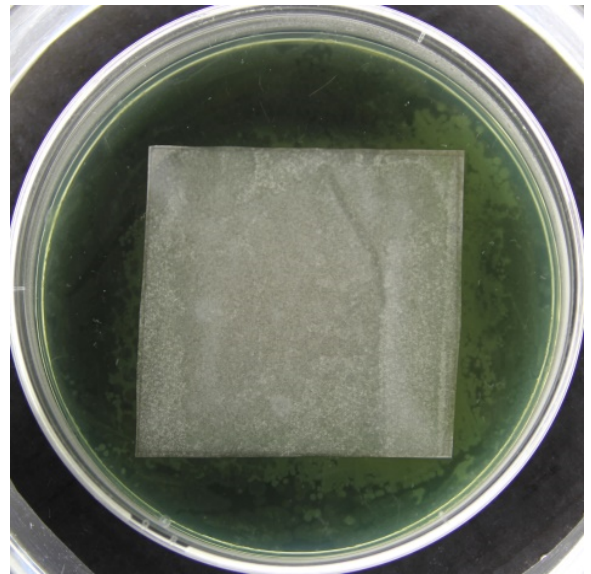


D5

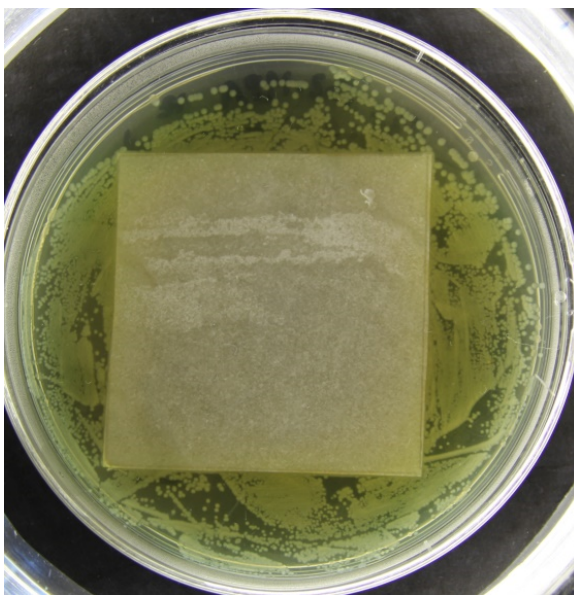
Inhibiční zóny nátěrů A0, A3, B0 a B3 po expozici bakterií kmene *Pseudomonas aeruginosa*



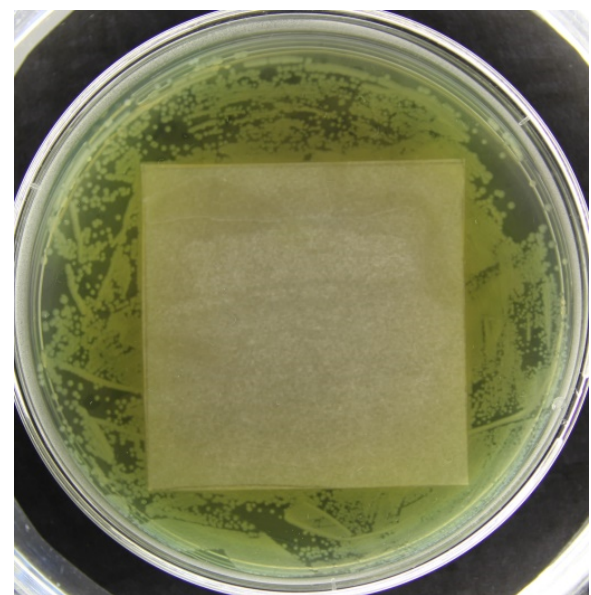
A0



A3

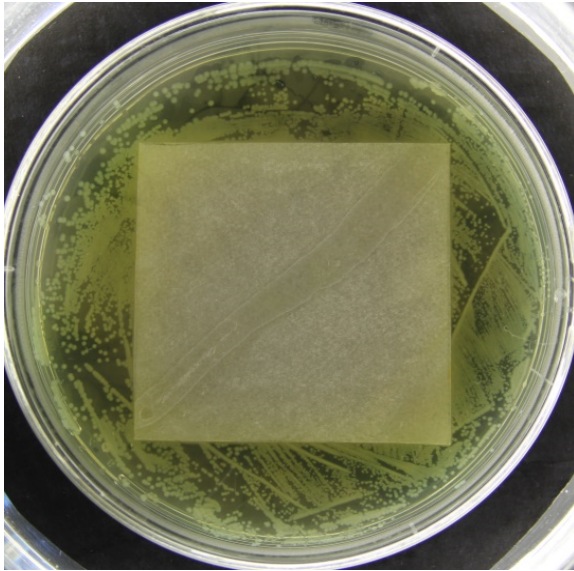


B0

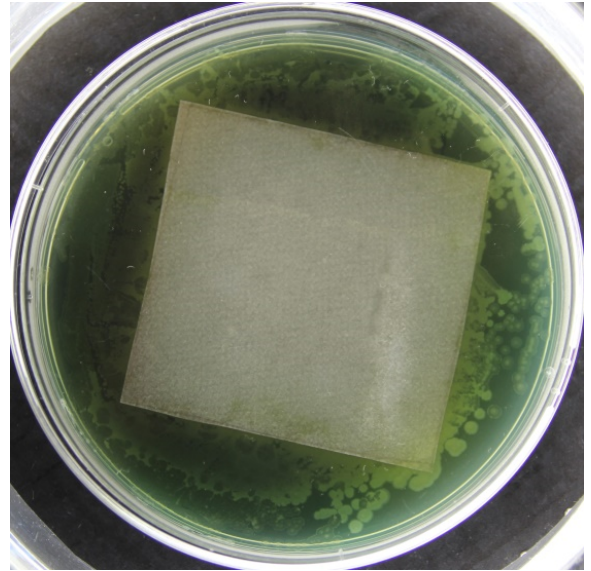


B3

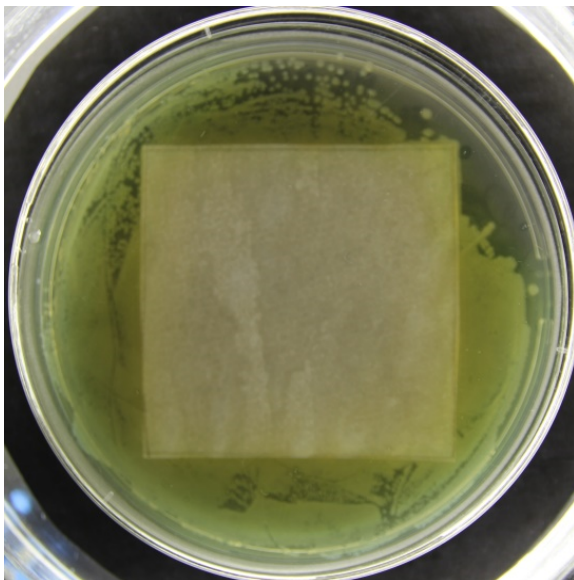
Inhibiční zóny nátěrů C0, C3, D1 a D5 po expozici bakterii kmene *Pseudomonas aeruginosa*



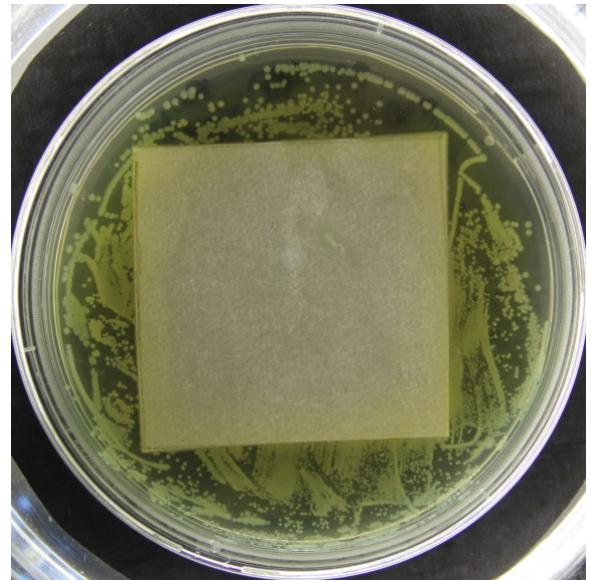
C0



C3

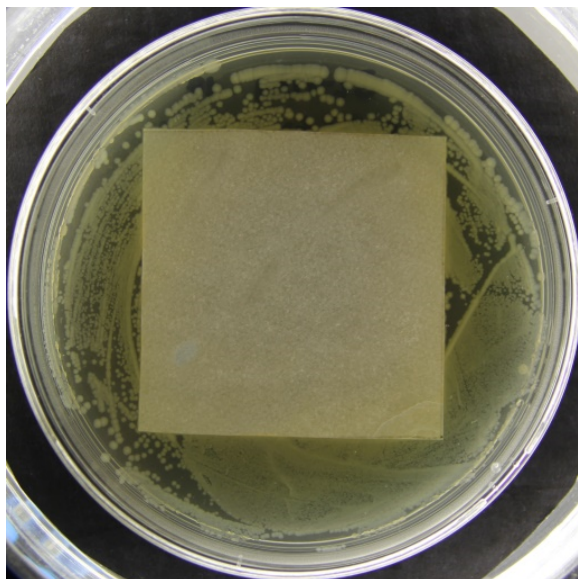


D1

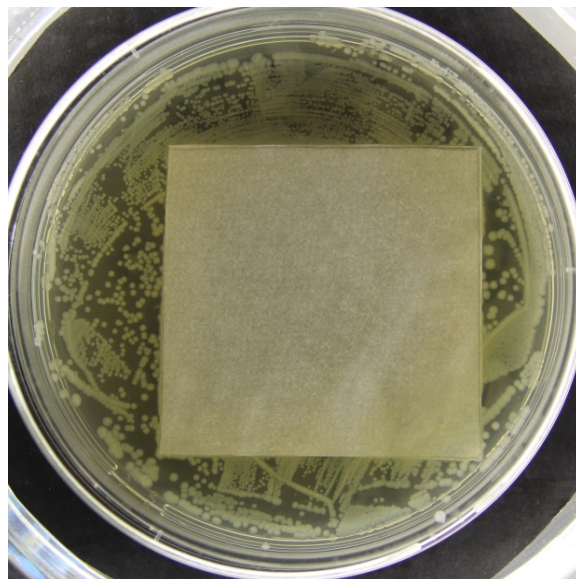


D5

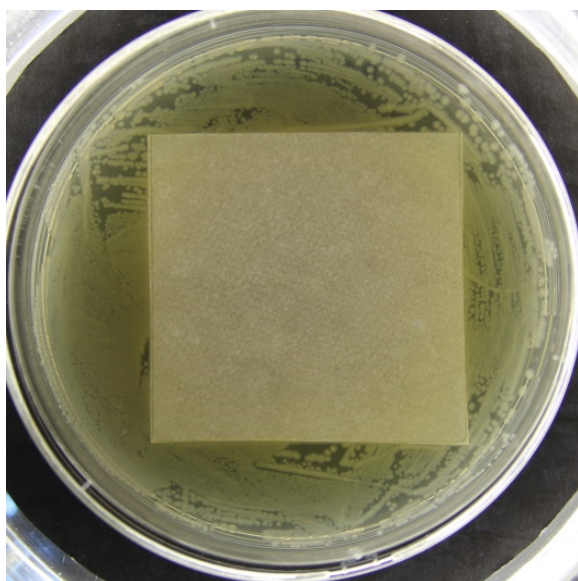
Inhibiční zóny nátěrů A0, A3, B0 a B3 po expozici bakterií kmene *Escherichia coli*



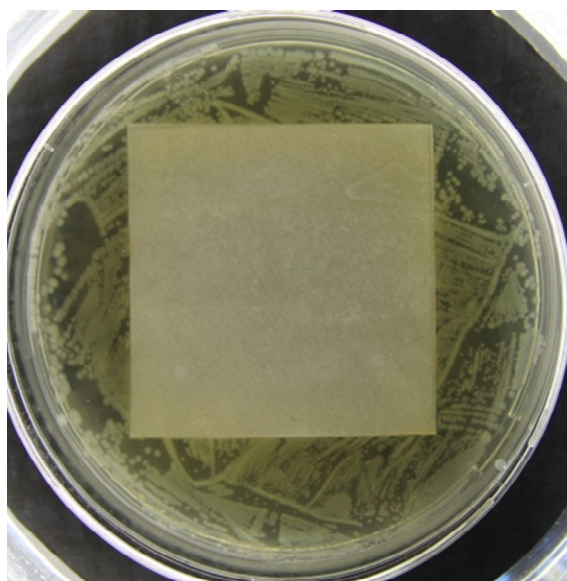
A0



A3

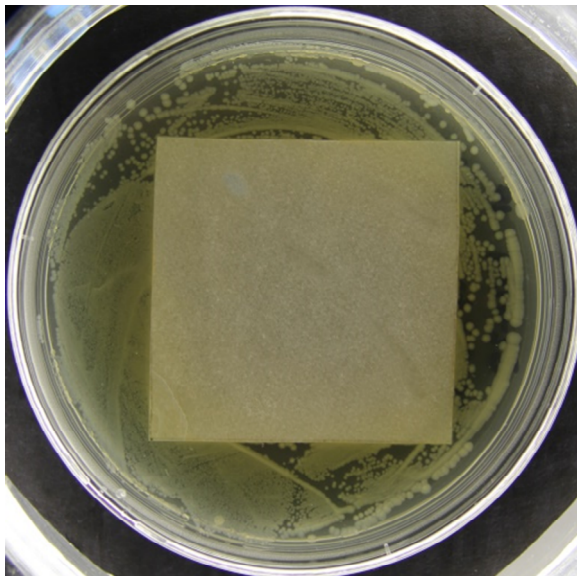


B0

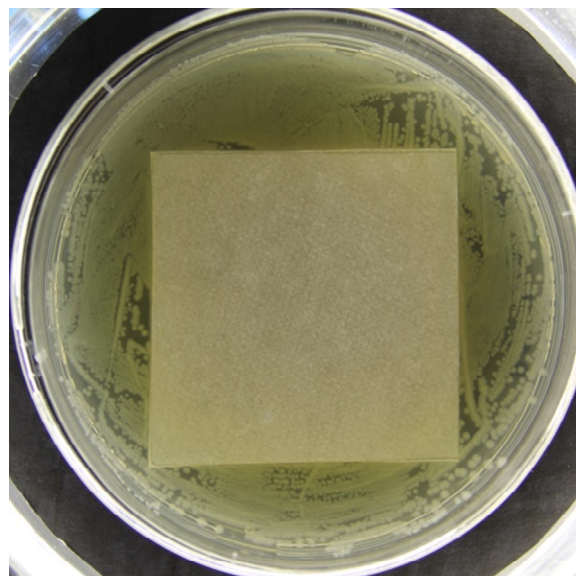


B3

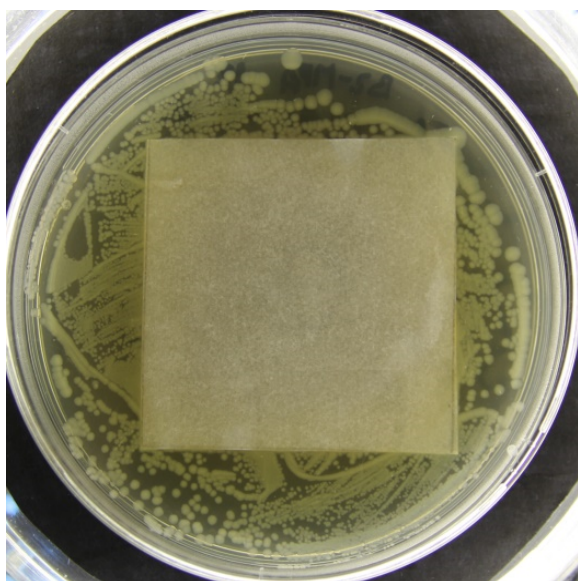
Inhibiční zóny nátěrů C0, C3, D1 a D5 po expozici bakterii kmene *Escherichia coli*



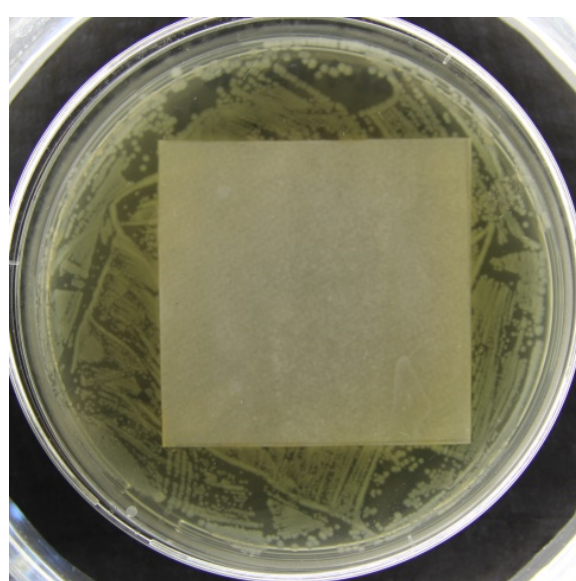
C0



C3

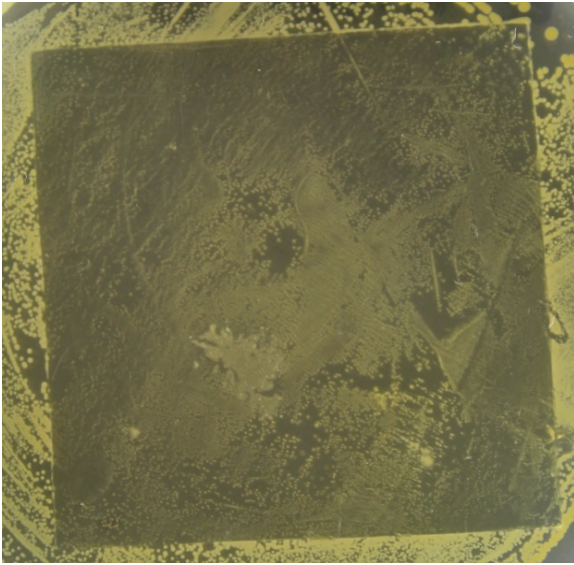


D1

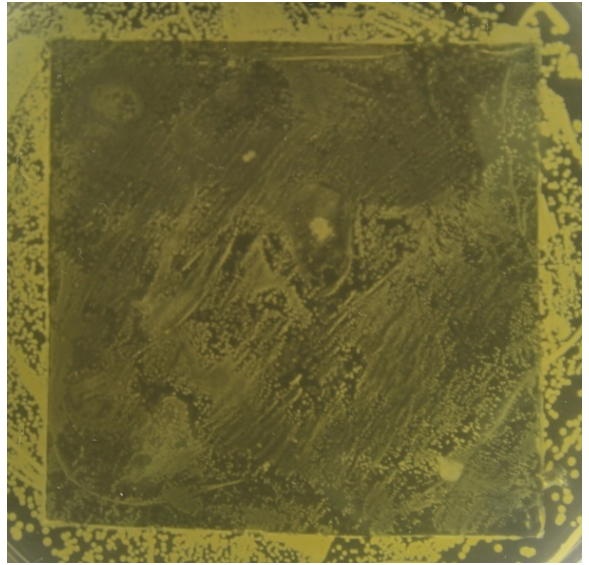


D5

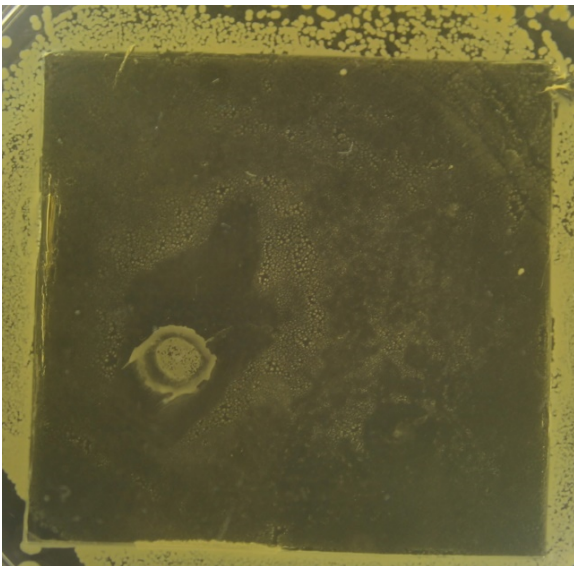
Sejmuté nátěry A0, A3, B0 a B3 po expozici bakterii kmene *Staphylococcus aureus*



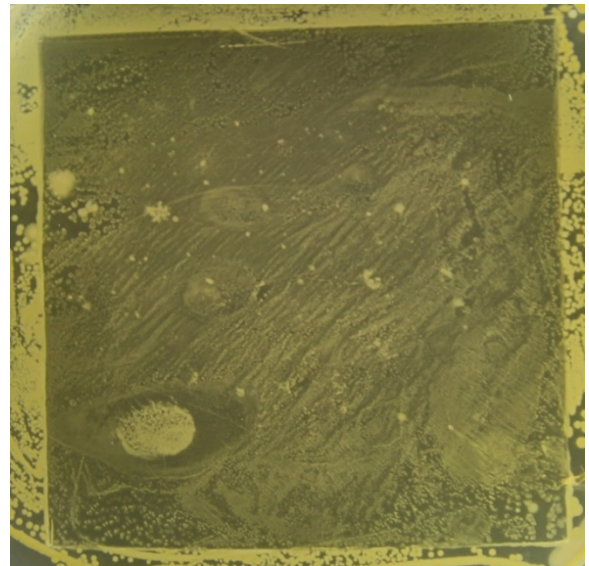
A0



A3

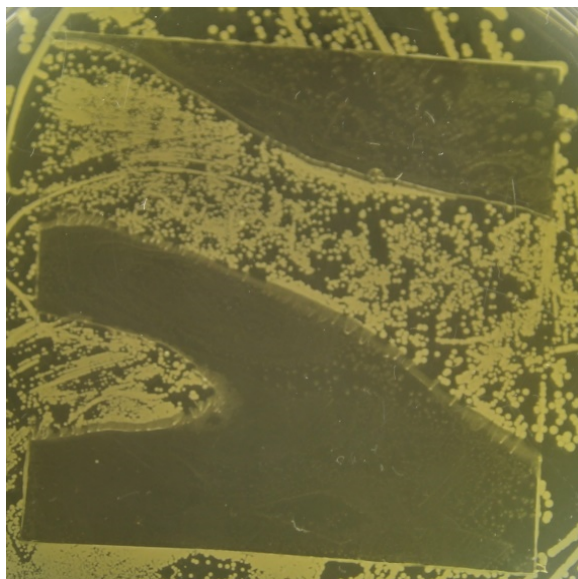


B0

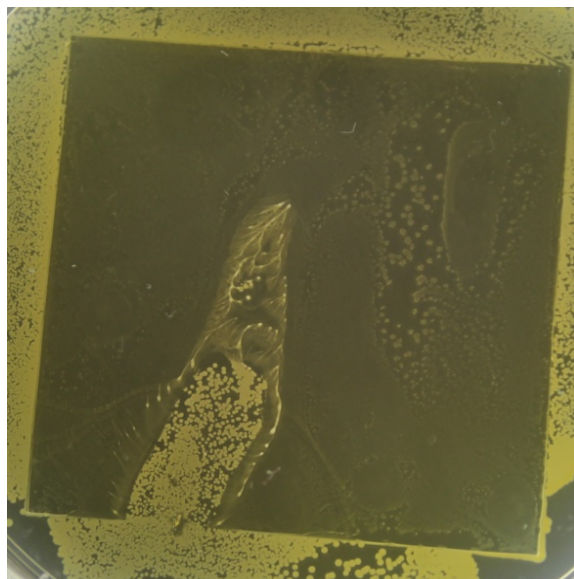


B3

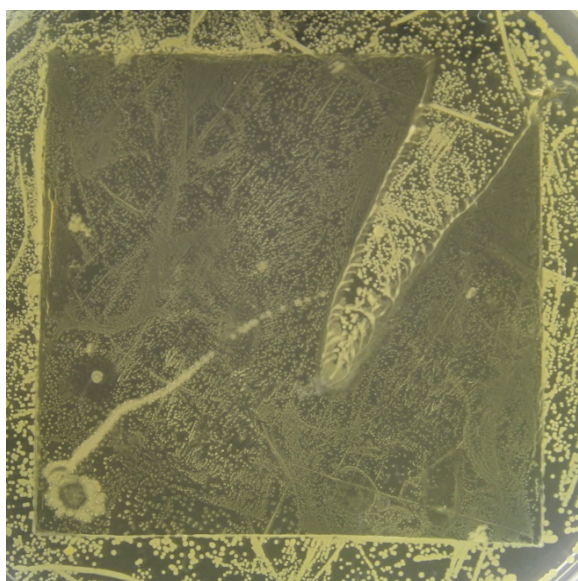
Sejmuté nátěry C0, C3, D1 a D5 po expozici bakterii kmene *Staphylococcus aureus*



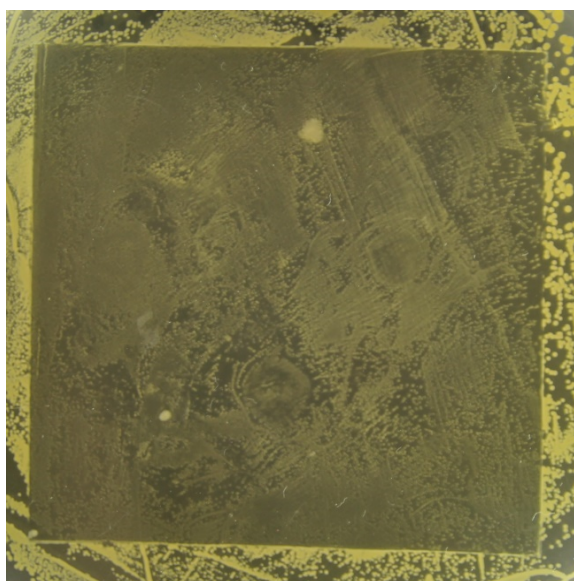
C0



C3

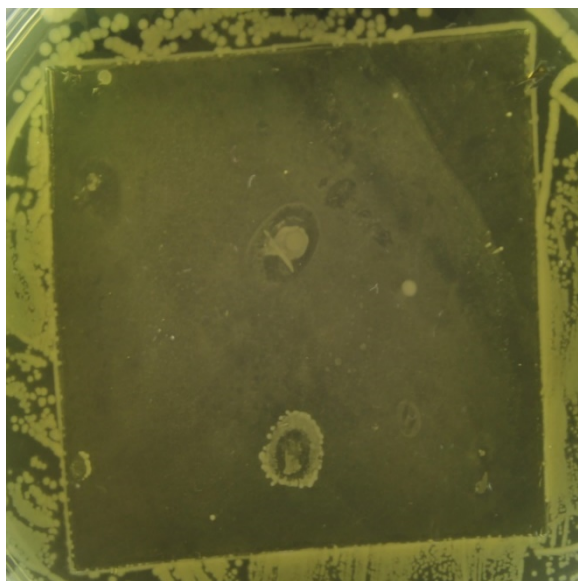


D1

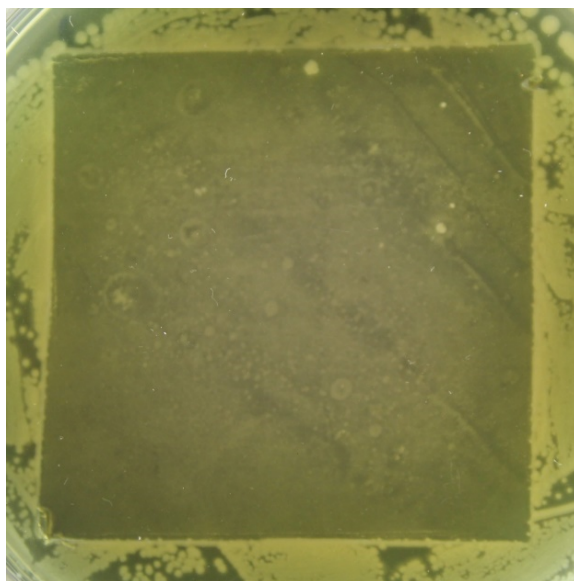


D5

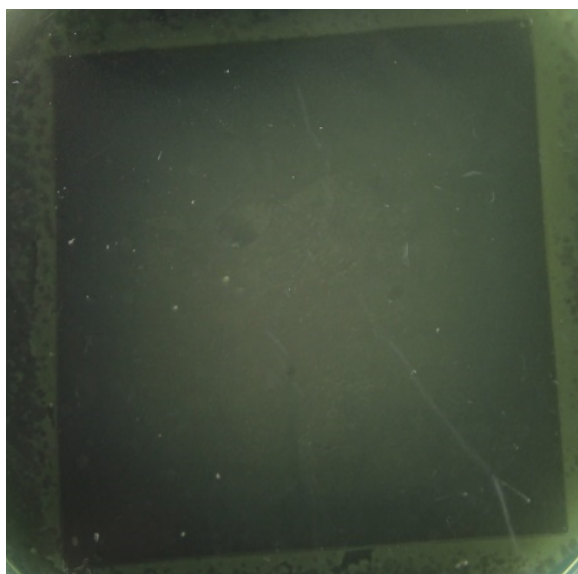
Sejmuté nátěry A0, A3, B0 a B3 po expozici bakterii kmene *Pseudomonas aeruginosa*



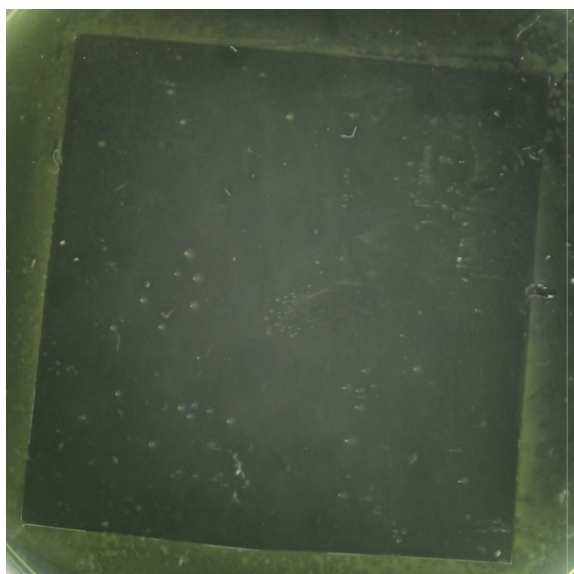
A0



A3

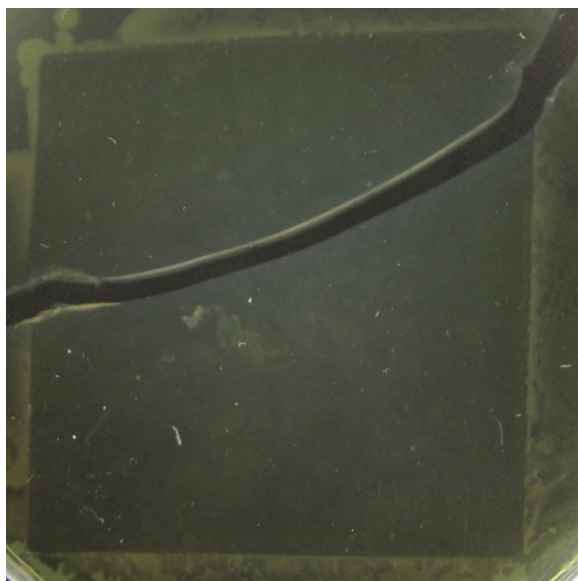


B0



B3

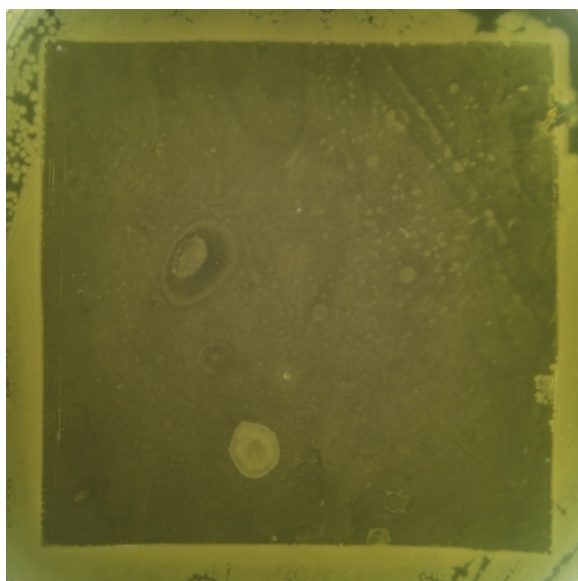
Sejmuté nátěry C0, C3, D1 a D5 po expozici bakterií kmene *Pseudomonas aeruginosa*



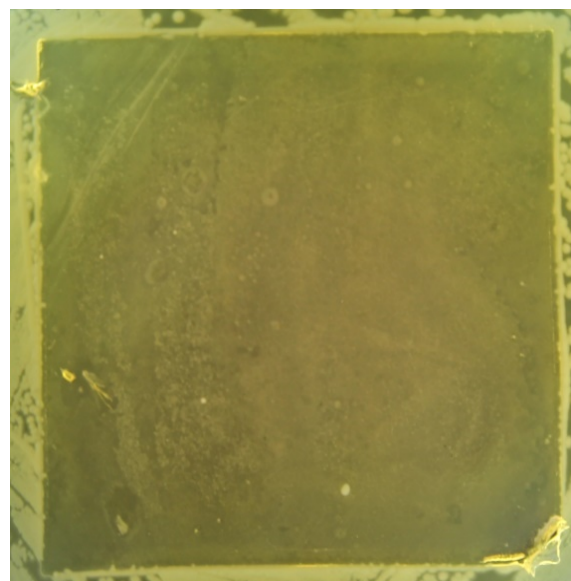
C0



C3

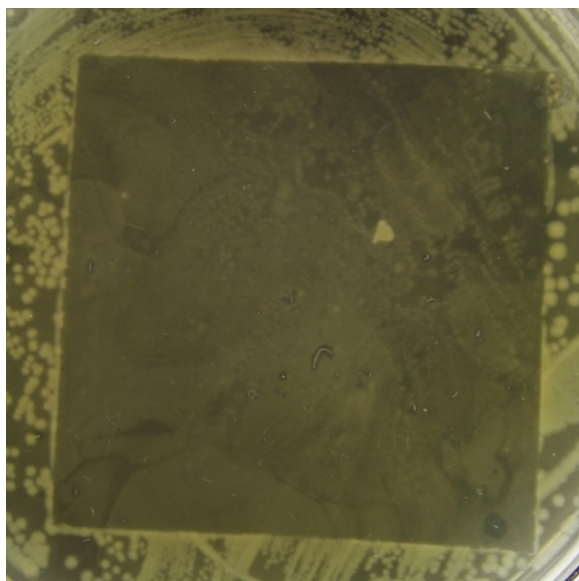


D1

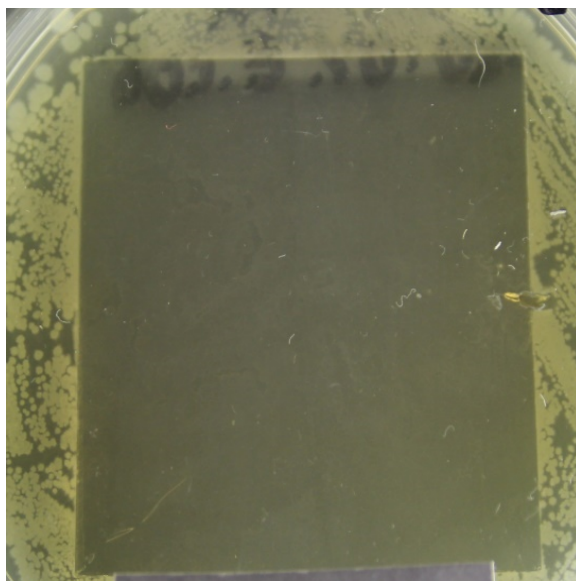


D5

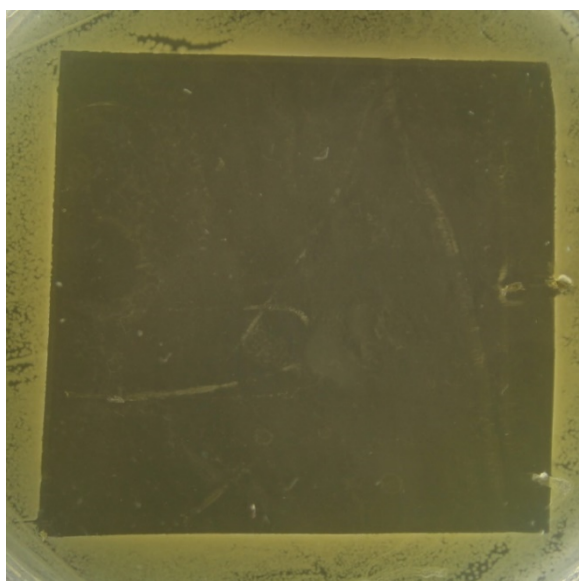
Sejmuté nátěry A0, A3, B0 a B3 po expozici bakterii kmene *Escherichia coli*



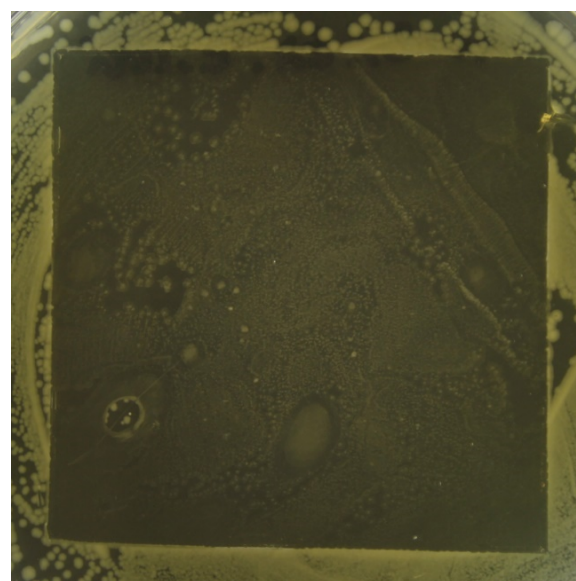
A0



A3

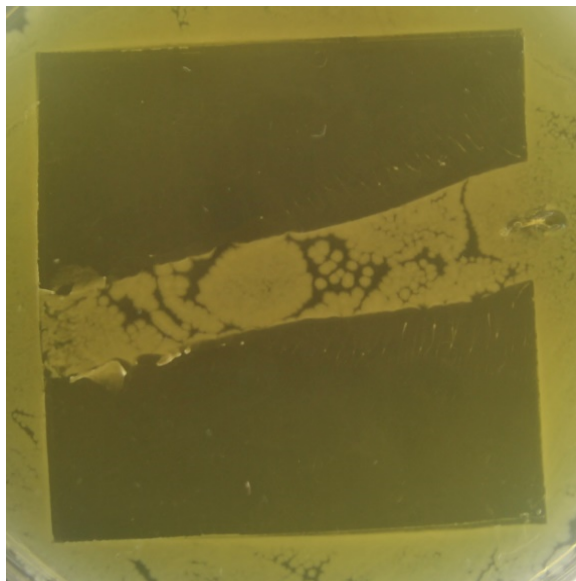


B0

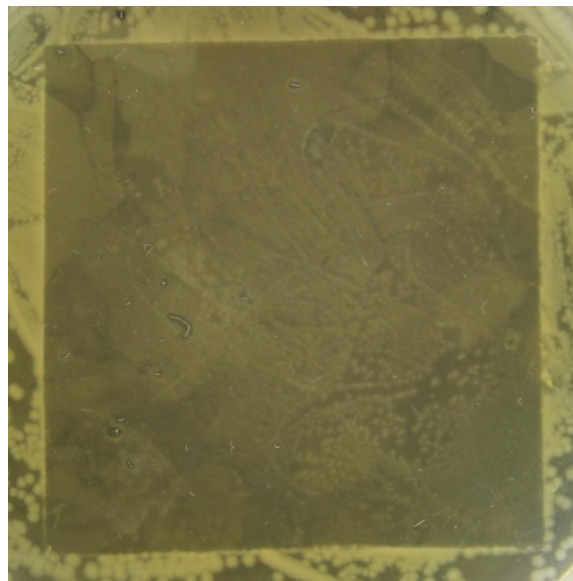


B3

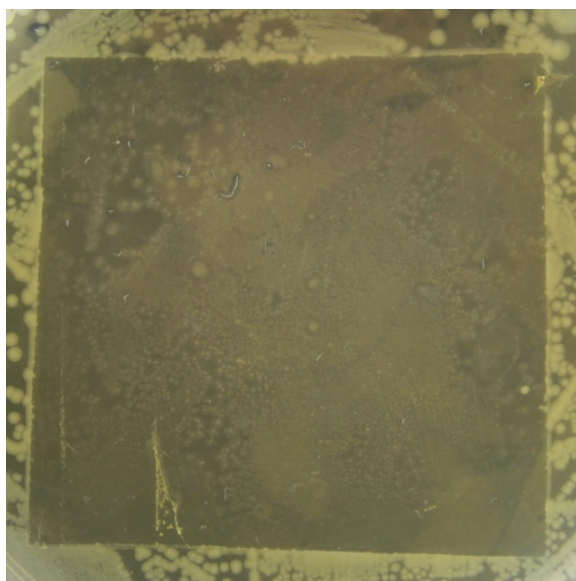
Sejmuté nátěry C0, C3, D1 a D5 po expozici bakterií kmene *Escherichia coli*



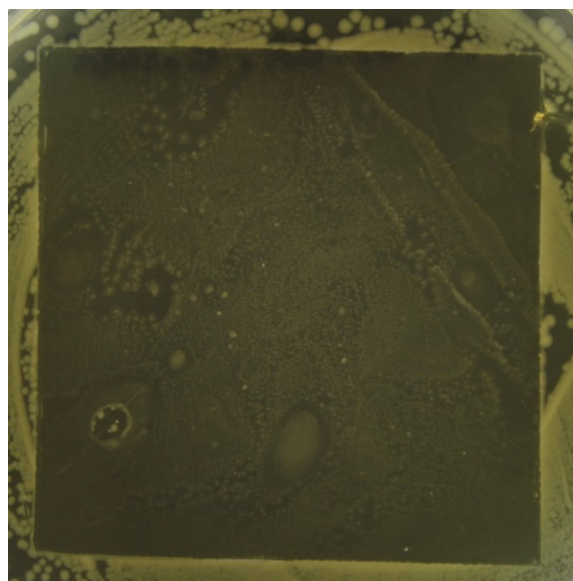
C0



C3

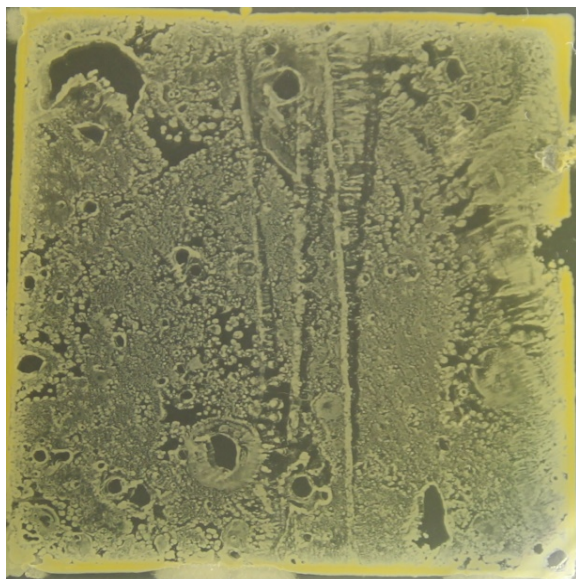


D1

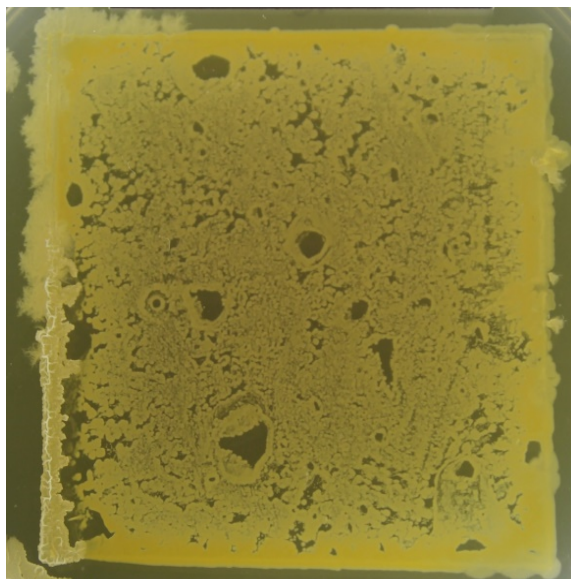


D5

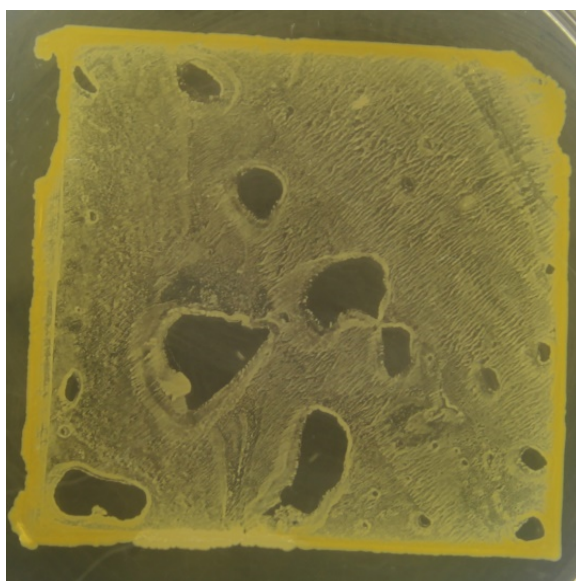
Otisk náěrů A0, A3, B0 a B3 po expozici bakterii kmene *Staphylococcus aureus*



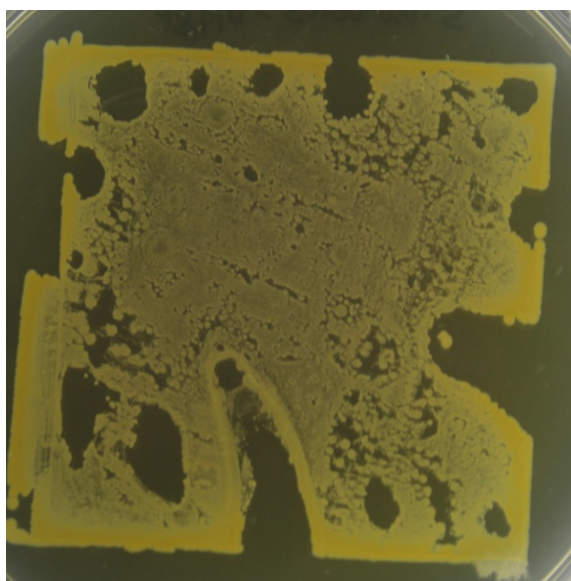
A0



A3

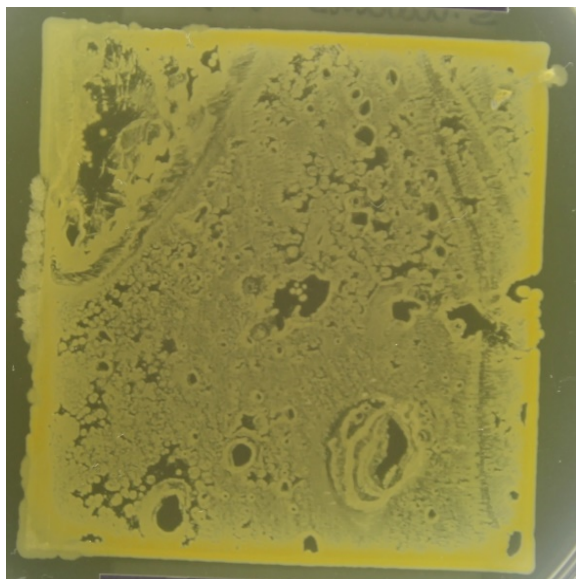


B2

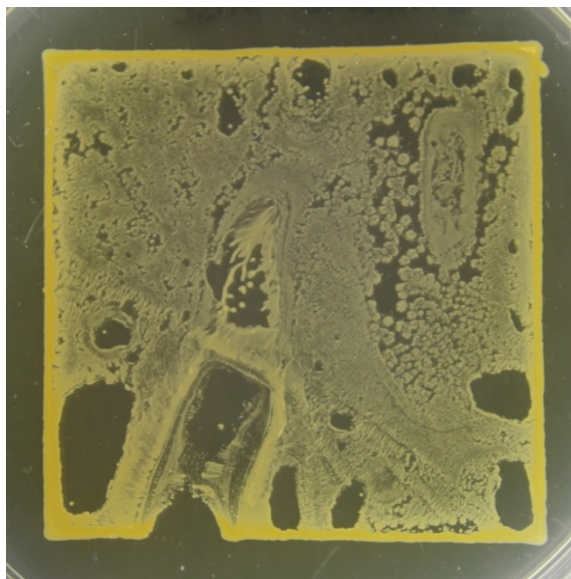


B3

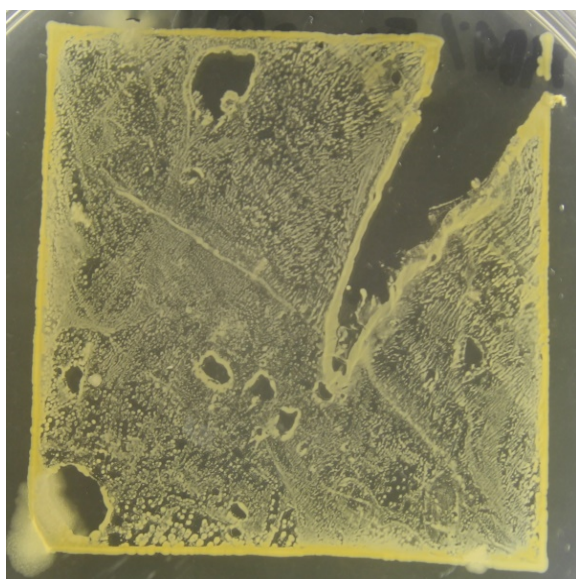
Otisk nátěrů C0, C3, D1 a D5 po expozici bakterii kmene *Staphylococcus aureus*



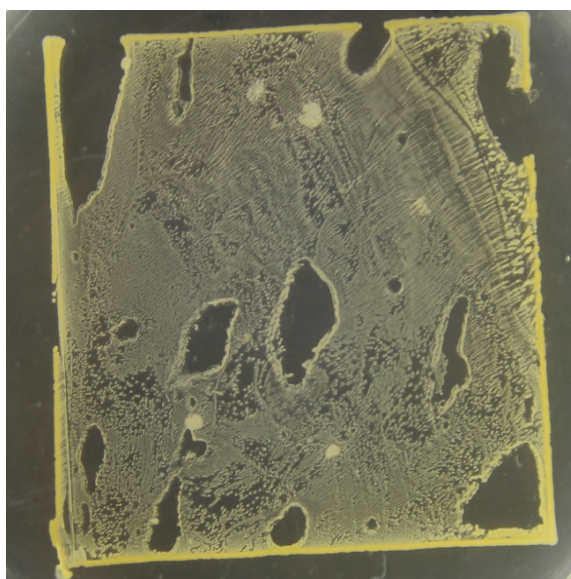
C0



C3

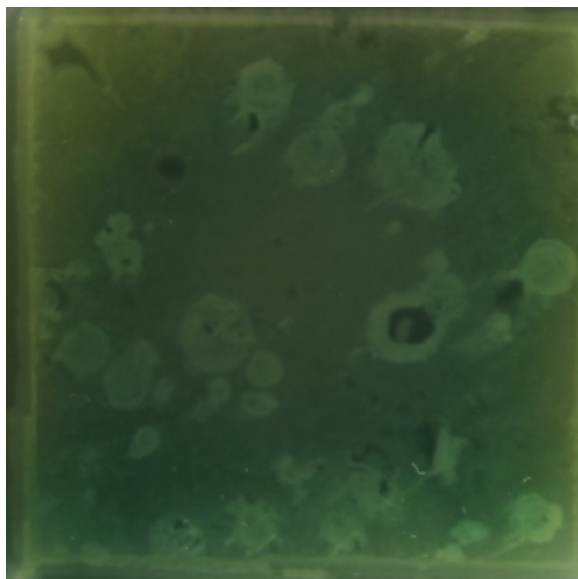


D1

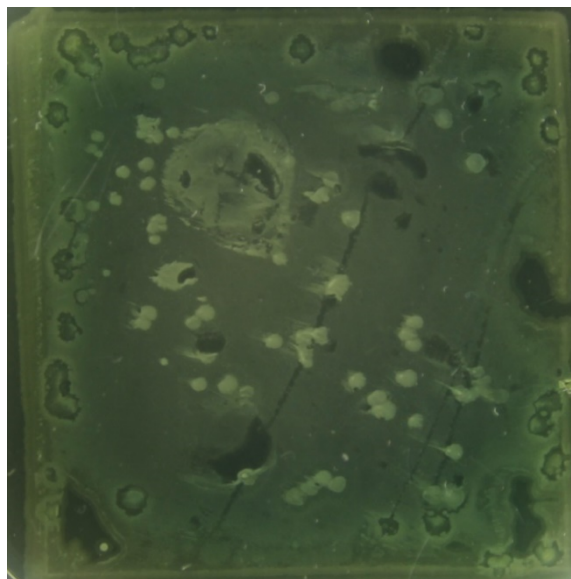


D5

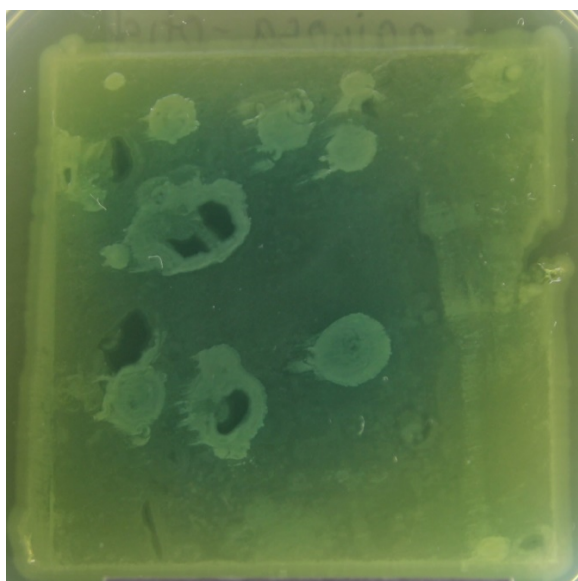
Otisk nátěrů A0, A3, B0 a B3 po expozici bakterii kmene *Pseudomonas aeruginosa*



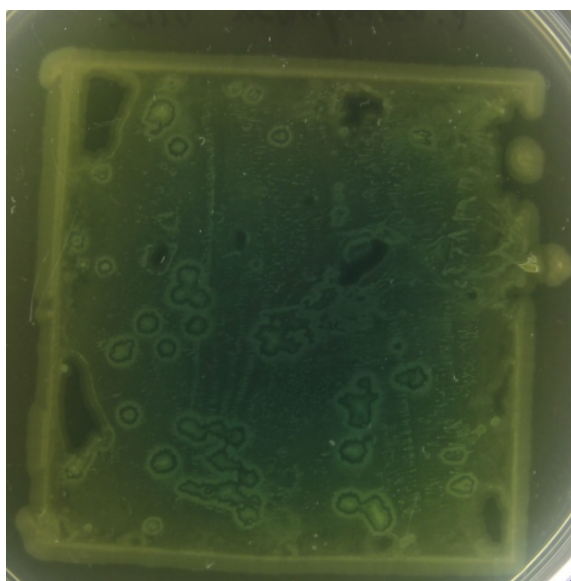
A0



A3

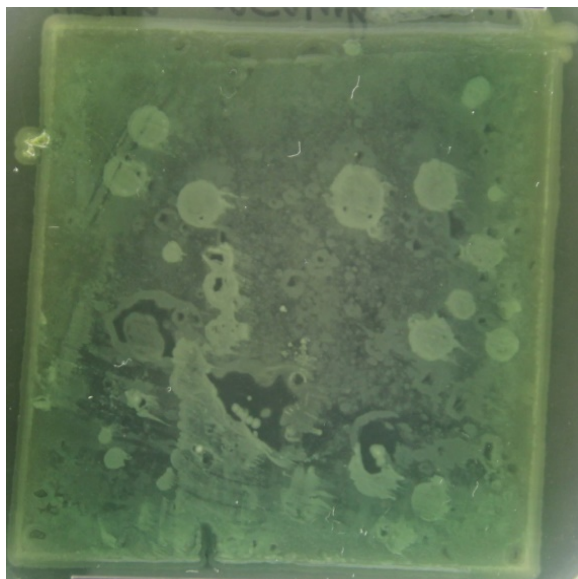


B0

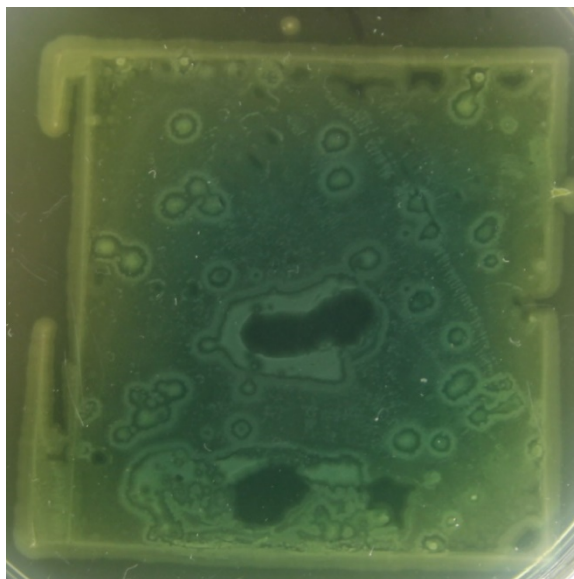


B3

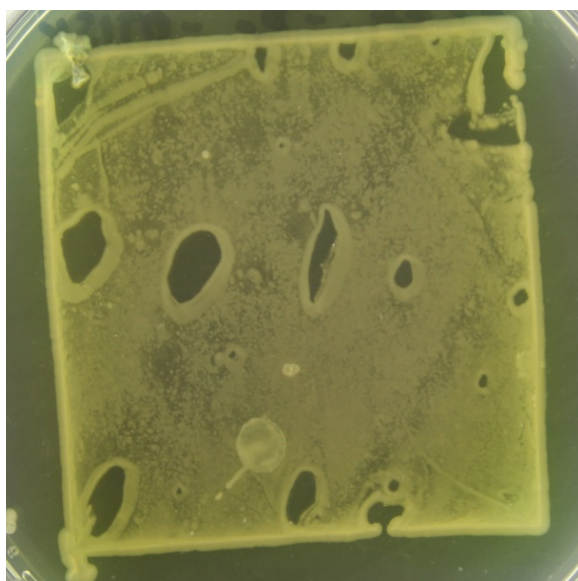
Otisk nátěrů C0, C3, D1 a D5 po expozici bakterii kmene *Pseudomonas aeruginosa*



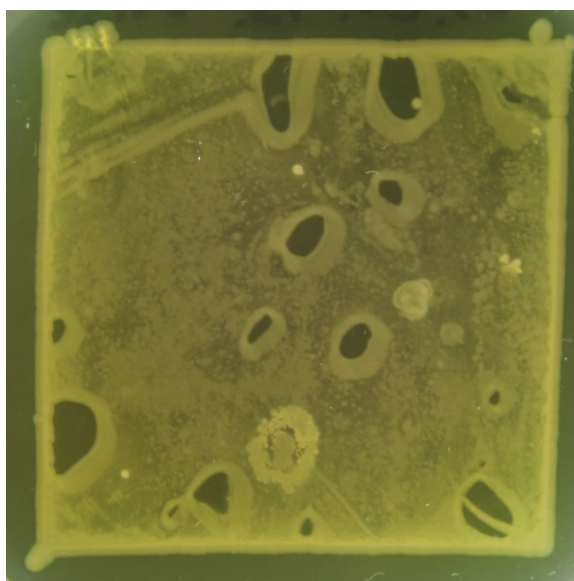
C0



C3

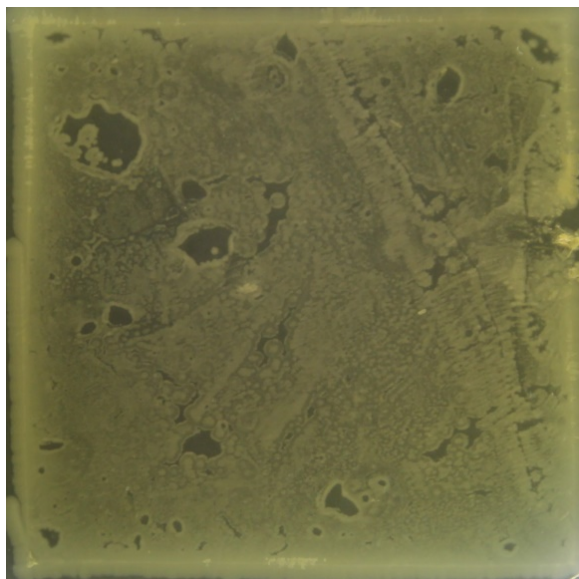


D1

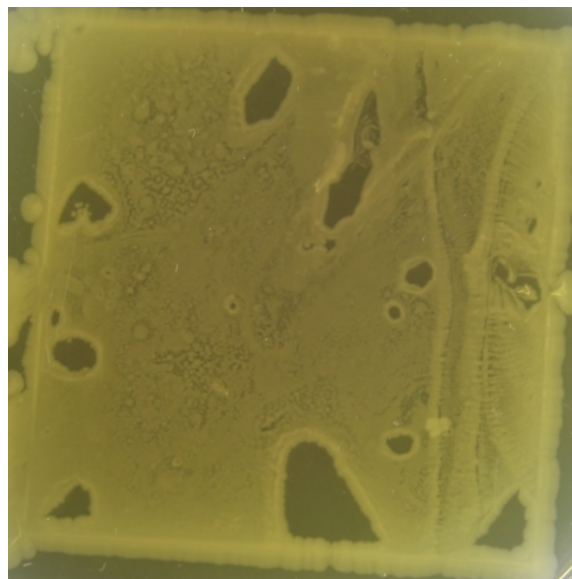


D5

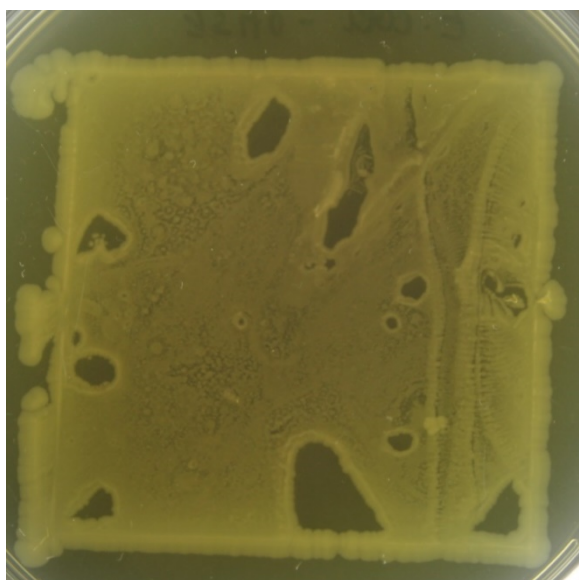
Otisk nátěrů A0, A3, B0 a B3 po expozici bakterii kmene *Escherichia coli*



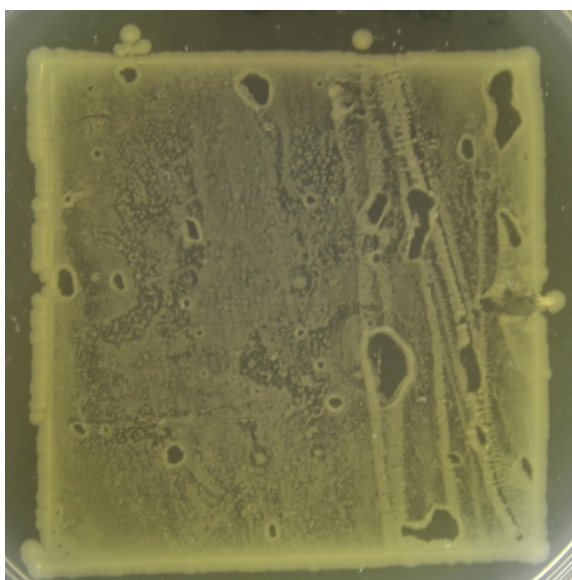
A0



A3

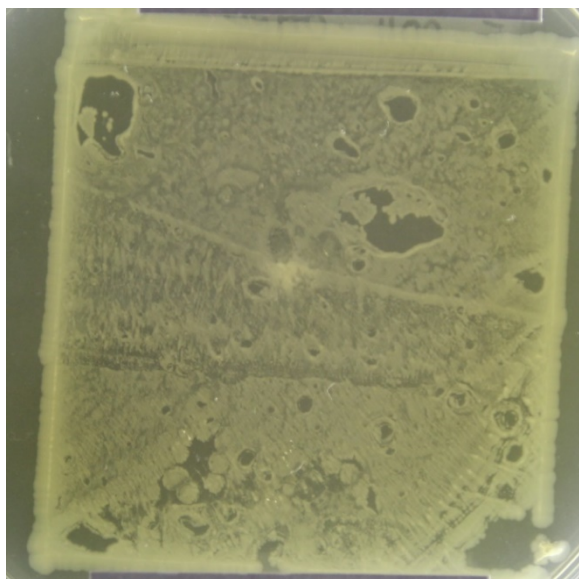


B0

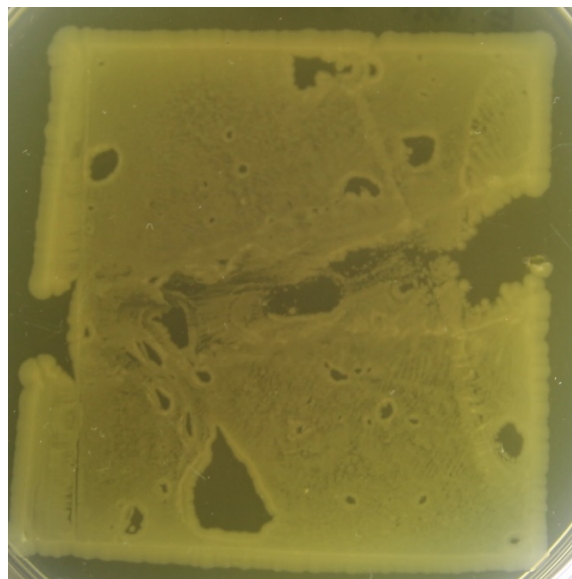


B3

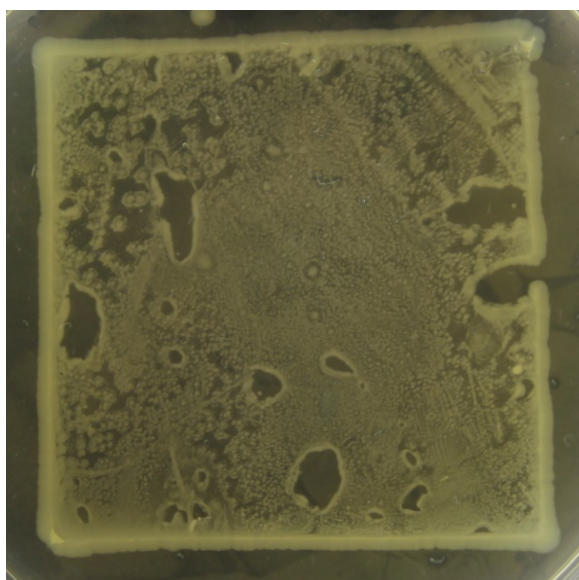
Otisk nátěrů C0, C3, D1 a D5 po expozici bakterii kmene *Escherichia coli*



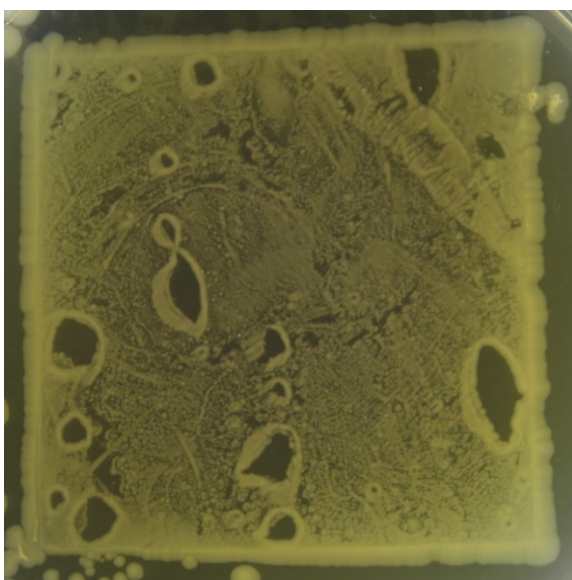
C0



C3

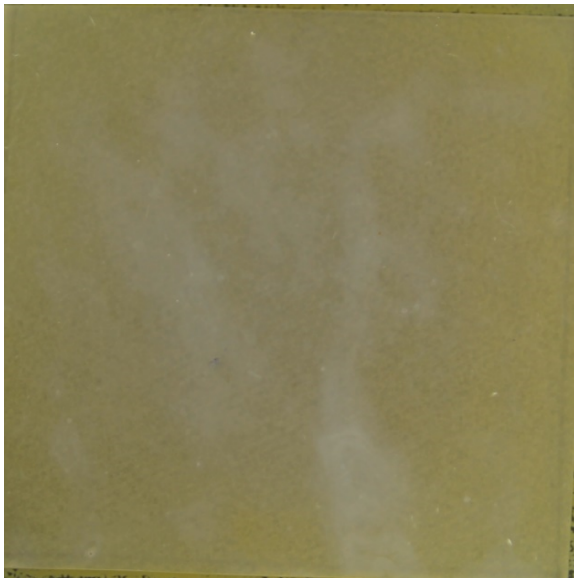


D1

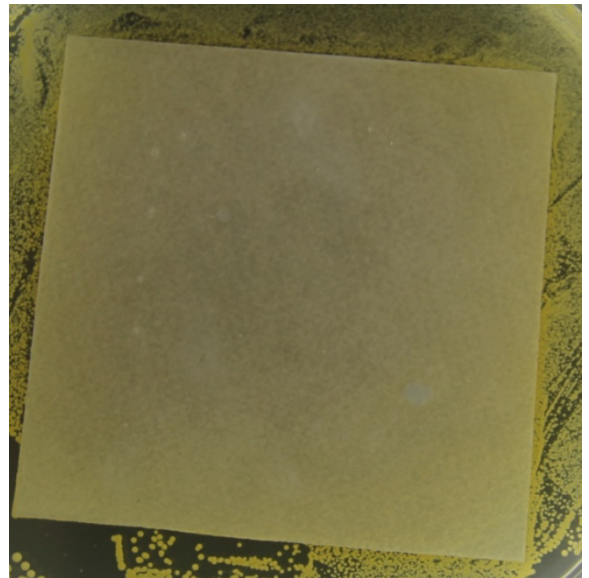


D5

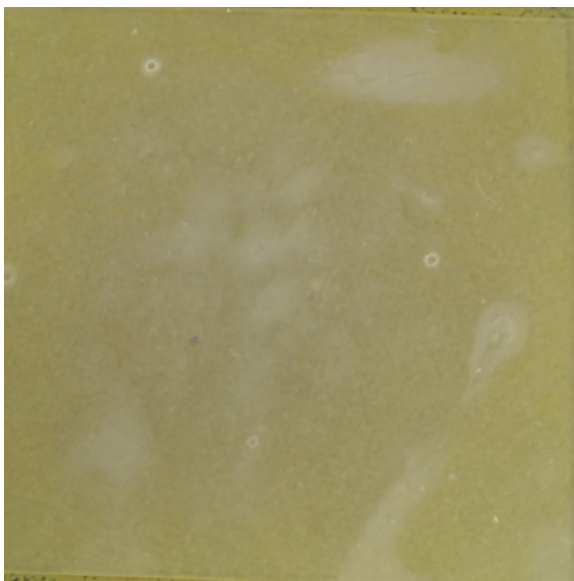
Nárůst na ploše nátěrů A0, A3, B0 a B3 po expozici bakterii kmene *Staphylococcus aureus*



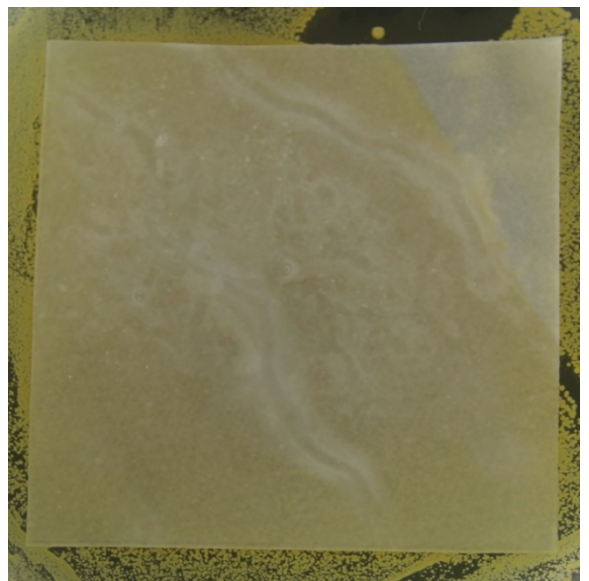
A0



A3

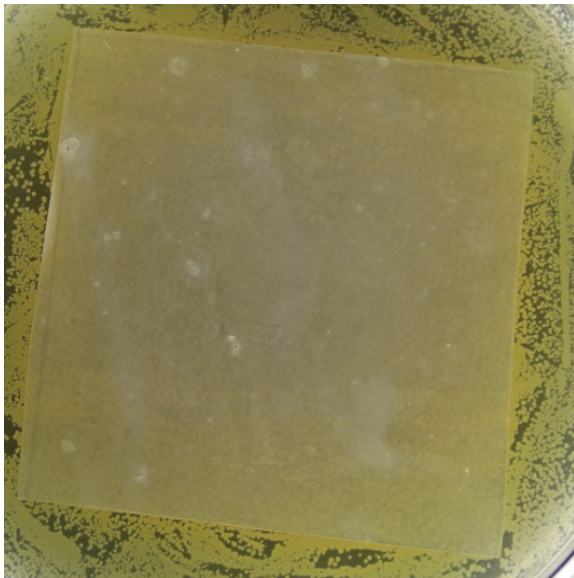


B0

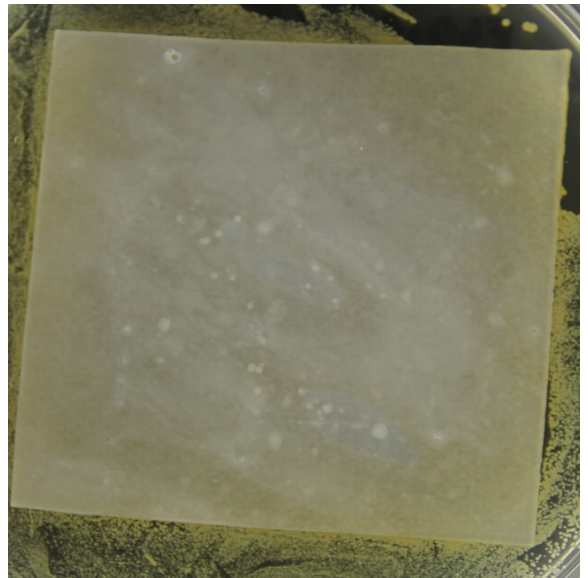


B3

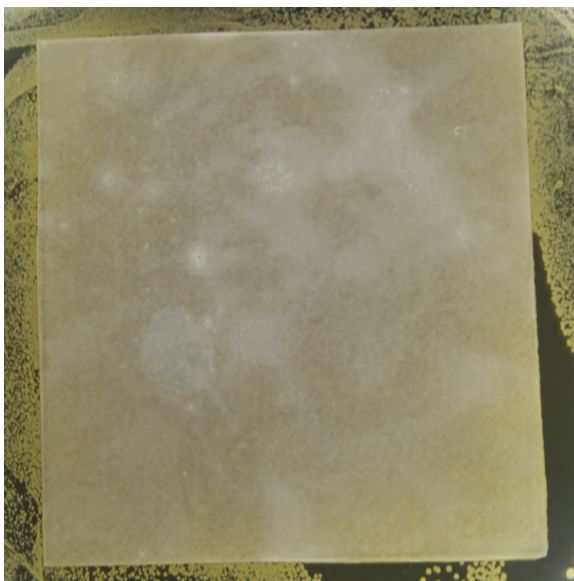
Nárůst na ploše nátěrů C0, C3, D1 a D5 po expozici bakterii kmene *Staphylococcus aureus*



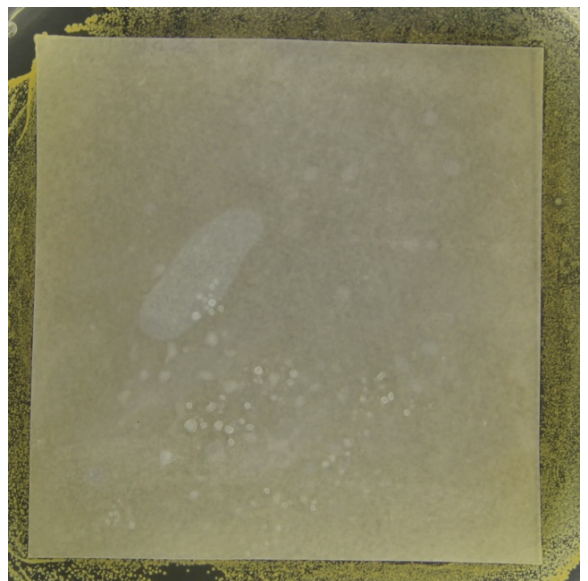
C0



C3

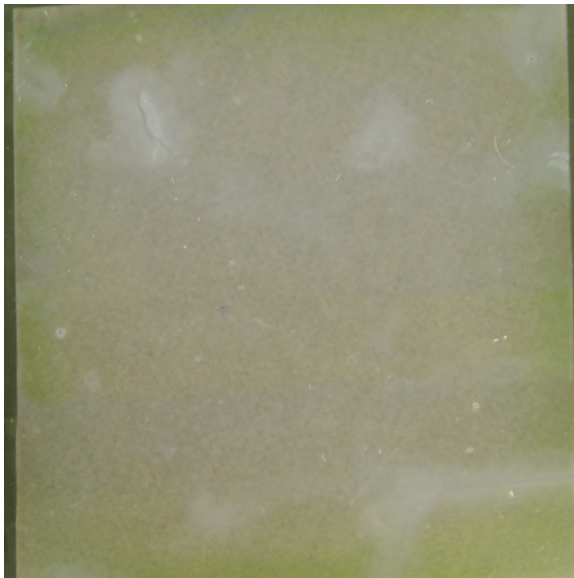


D1

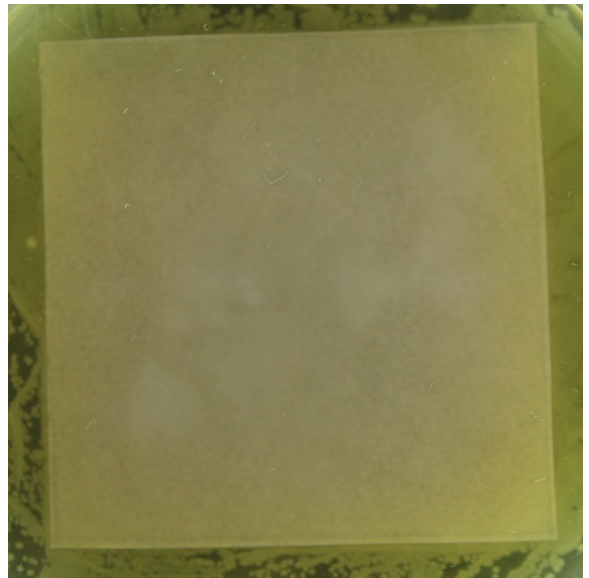


D5

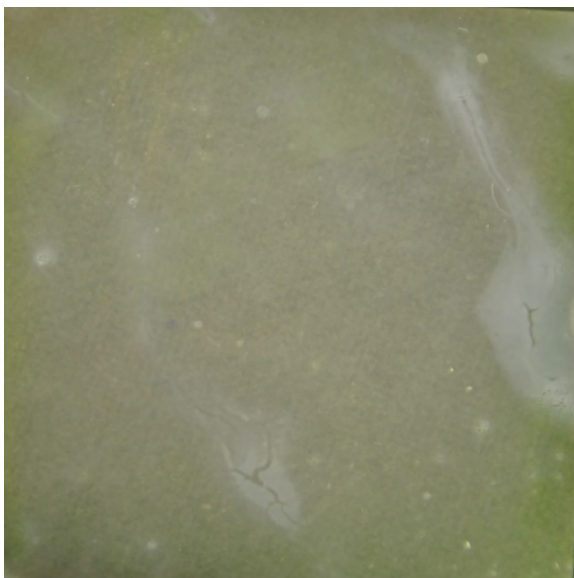
Nárůst na ploše nátěrů A0, A3, B0 a B3 po expozici bakterií kmene *Pseudomonas aeruginosa*



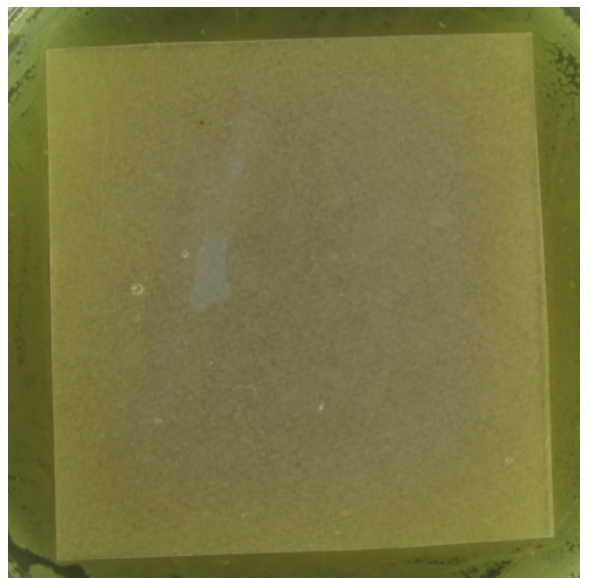
A0



A3

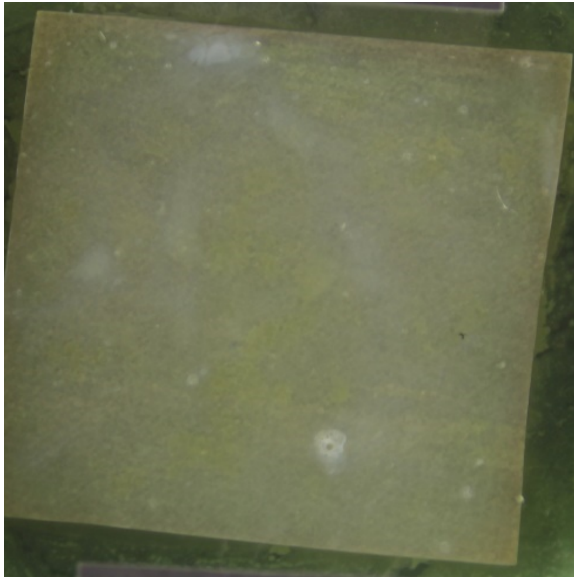


B0

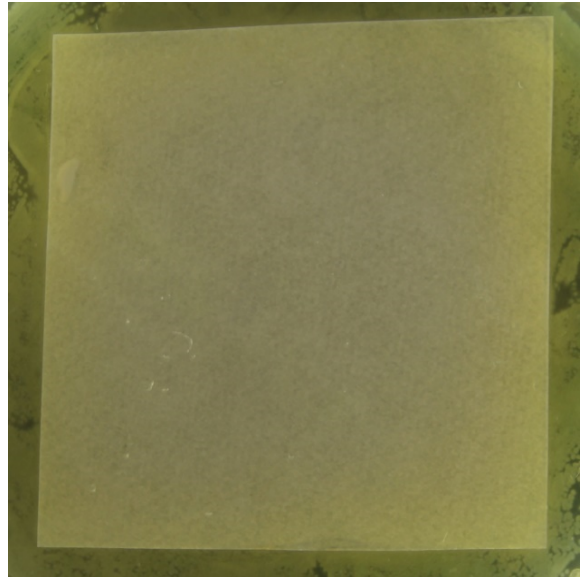


B3

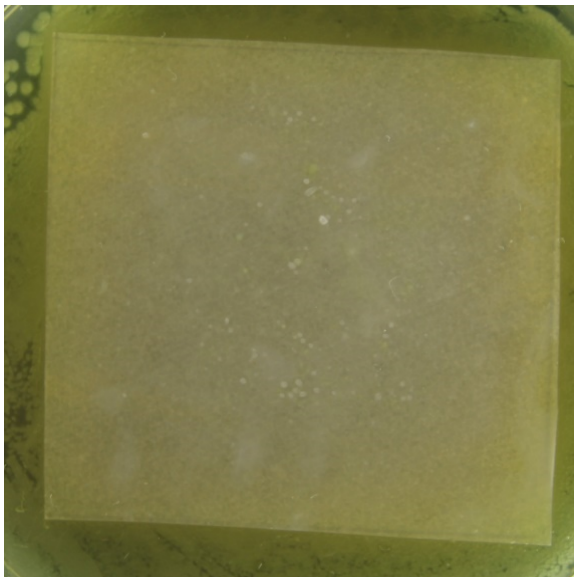
Nárůst na ploše nátěrů C0, C3, D1 a D5 po expozici bakterií kmene *Pseudomonas aeruginosa*



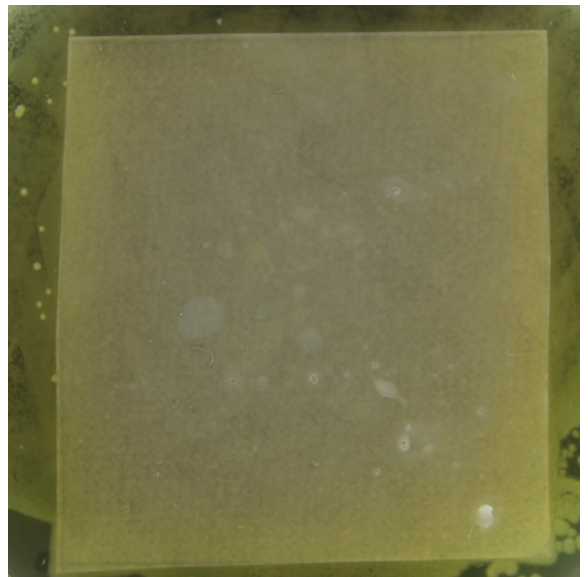
C0



C3

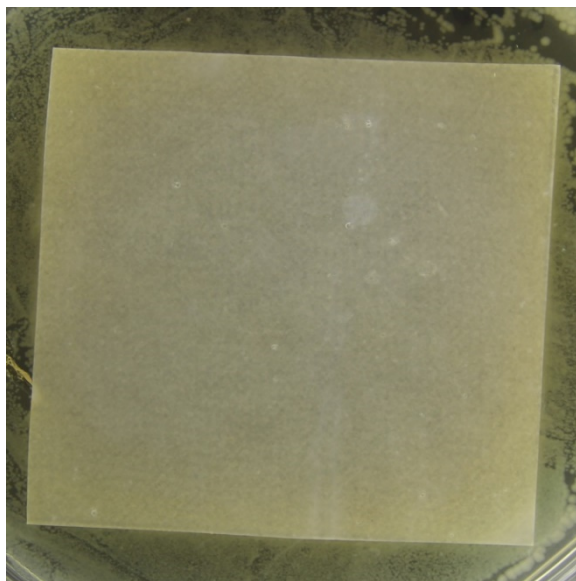


D1

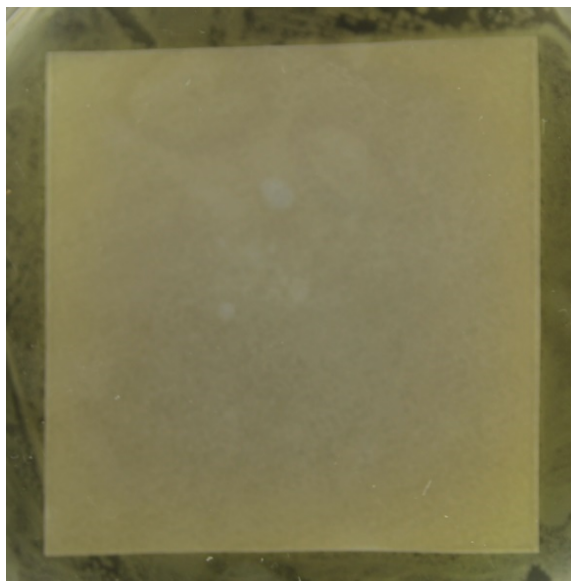


D5

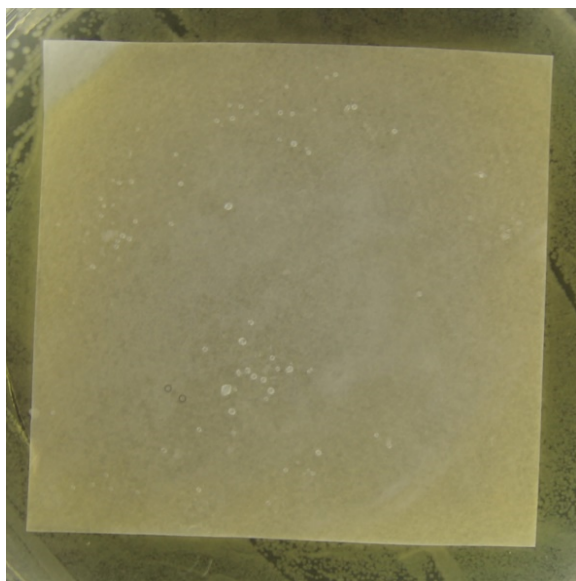
Nárůst na ploše nátěrů A0, A3, B0 a B3 po expozici bakterií kmene *Escherichia coli*



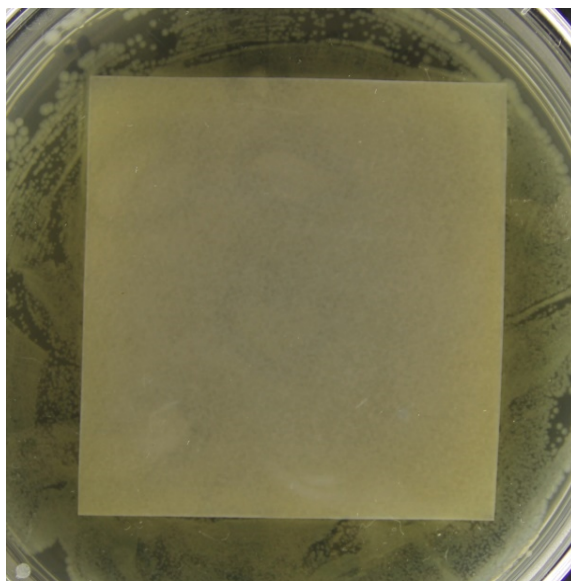
A0



A1

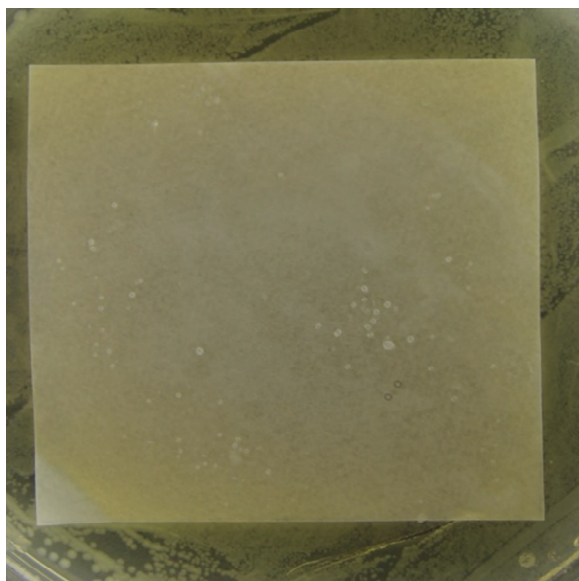


B0

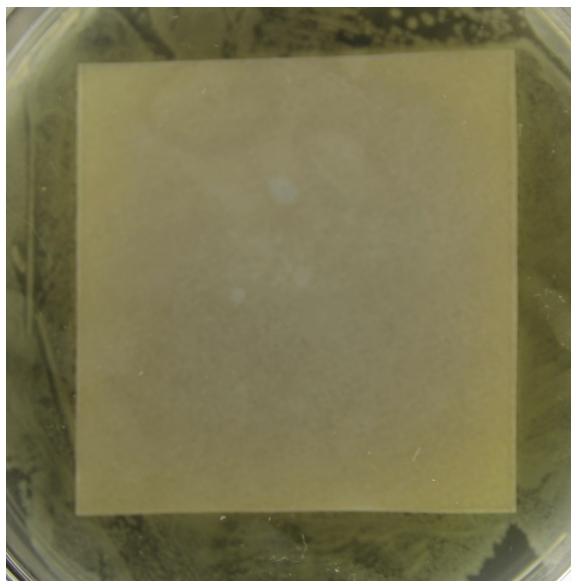


B3

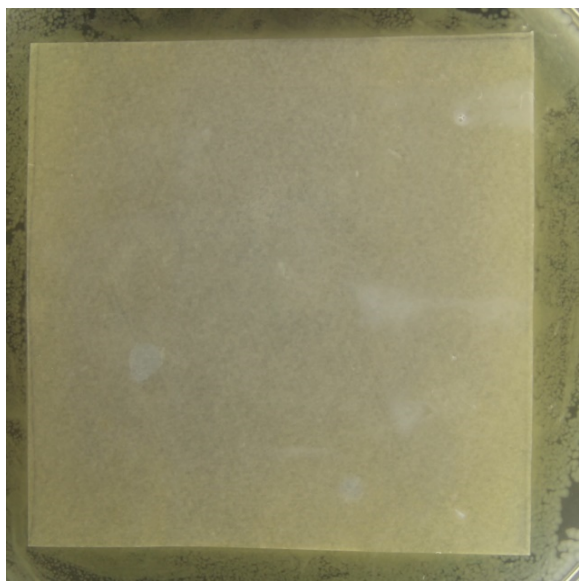
Nárůst na ploše nátěrů C0, C3, D1 a D5 po expozici bakterií kmene *Escherichia coli*



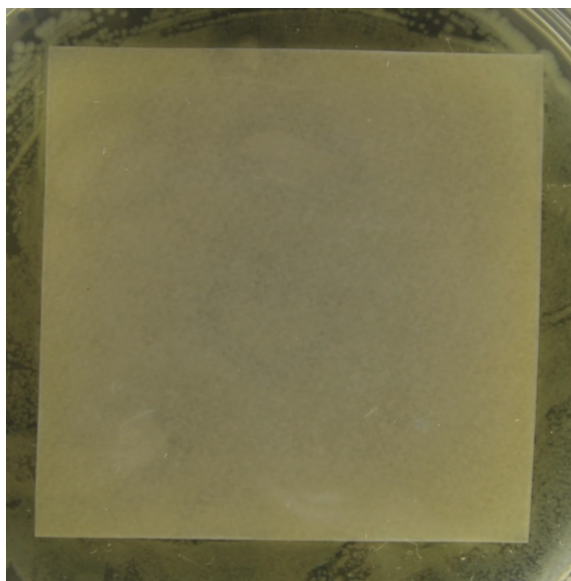
C0



C3

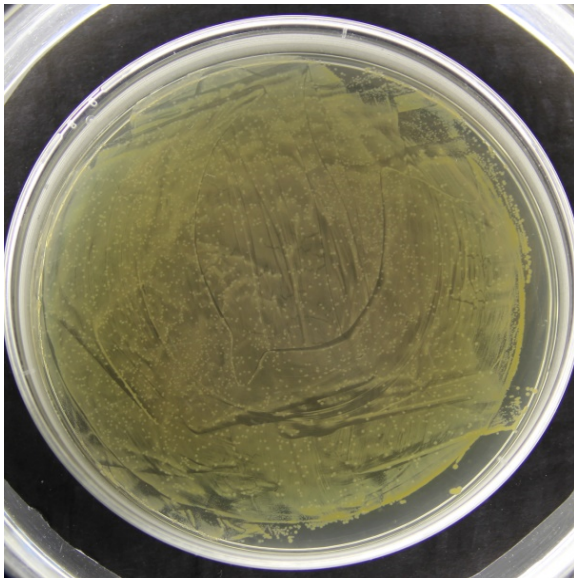


D1

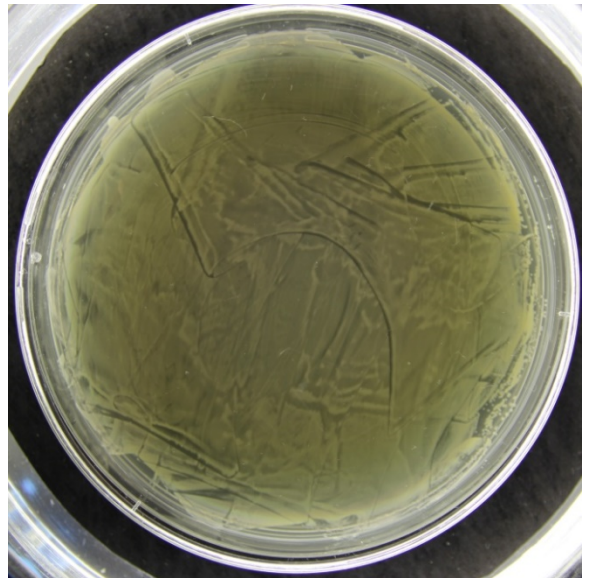


D5

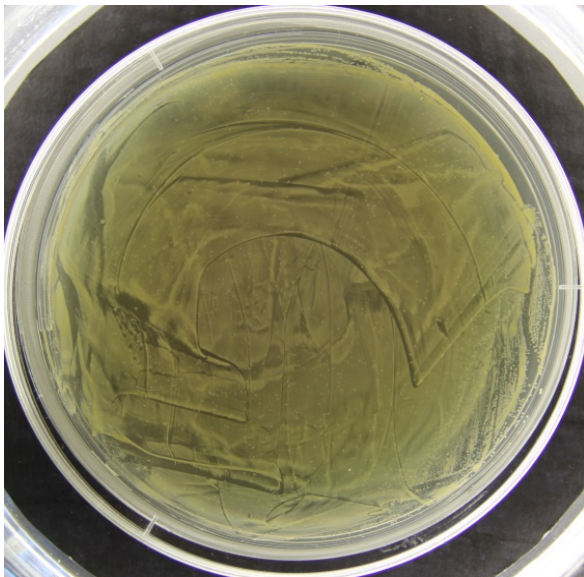
Plocha agarů A0, A3, B0 a B3 s koloniemi bakterie *Staphylococcus aureus* po použití neutralizátoru



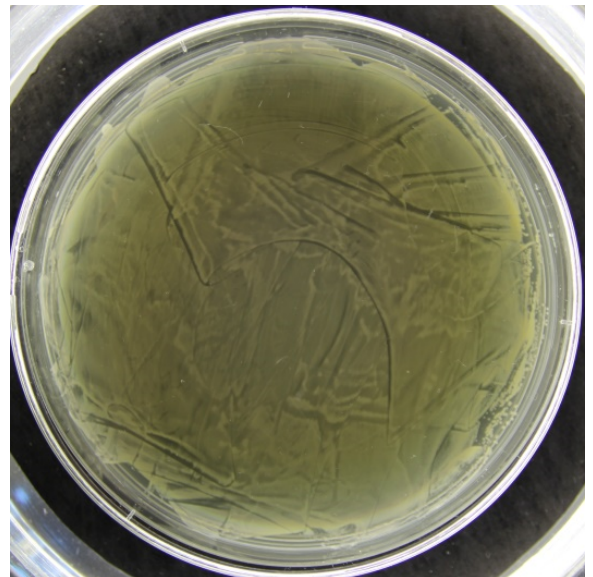
A0



A3

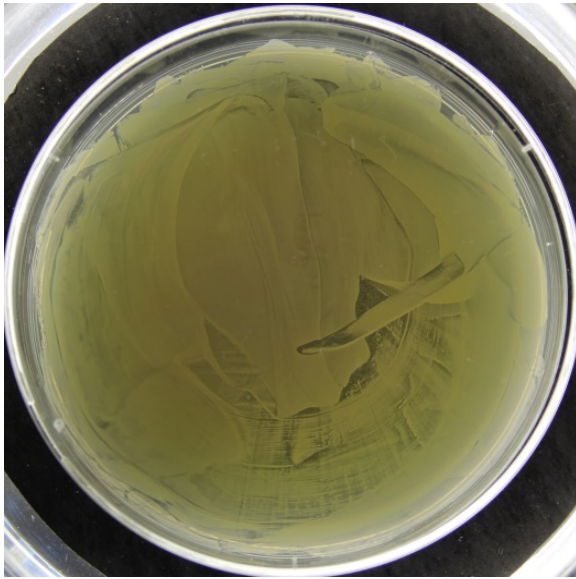


B0

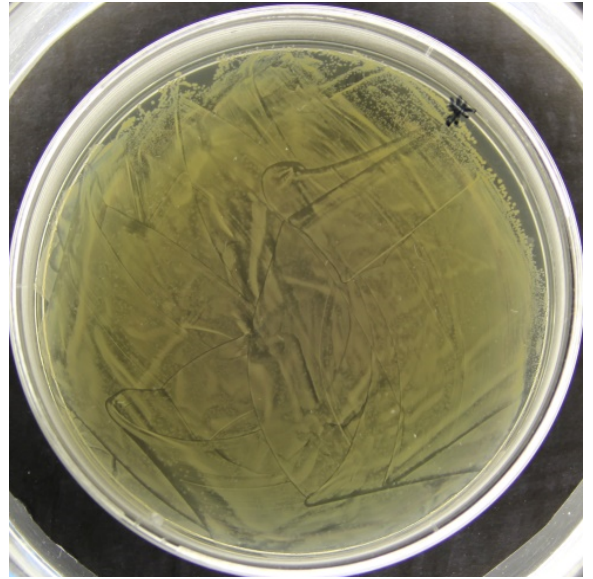


B3

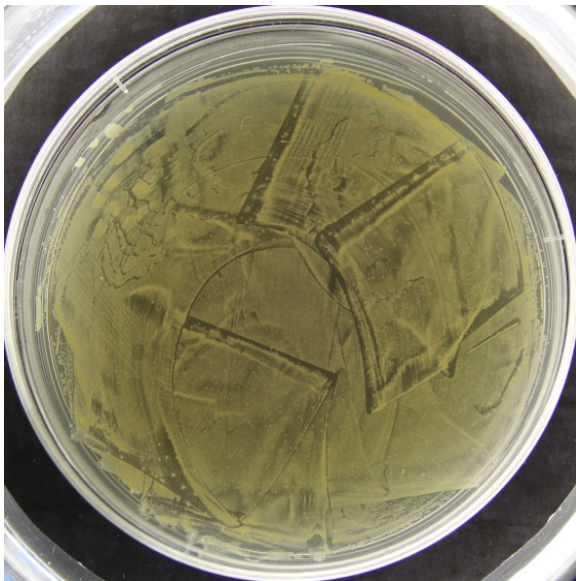
Plocha agarů C0, C3, D1 a D5 s koloniemi bakterie *Staphylococcus aureus* po použití neutralizátoru



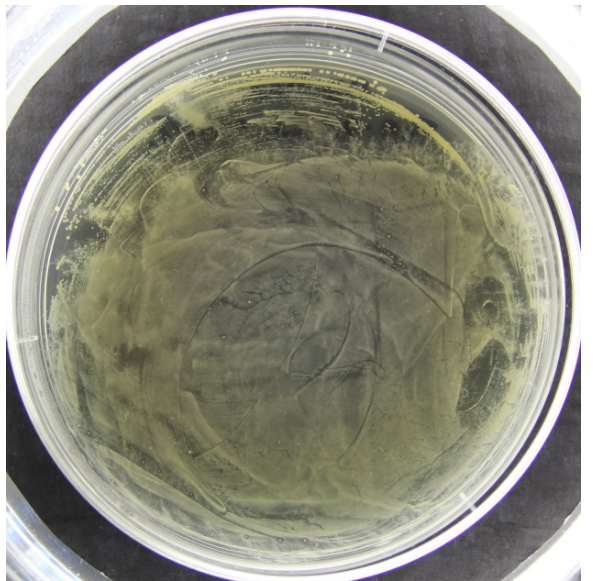
C0



C3

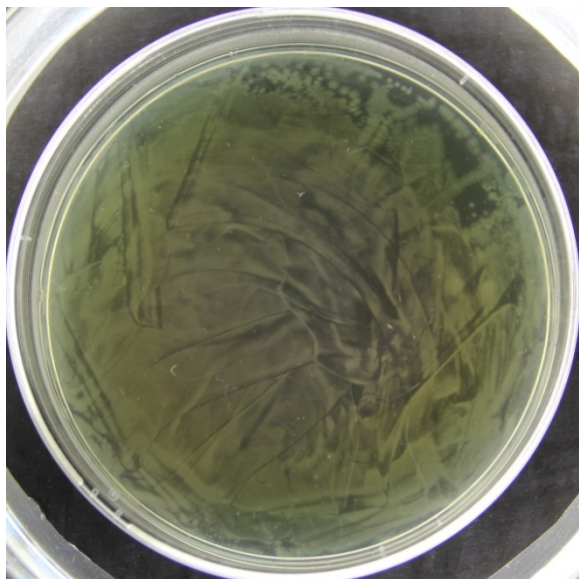


D1

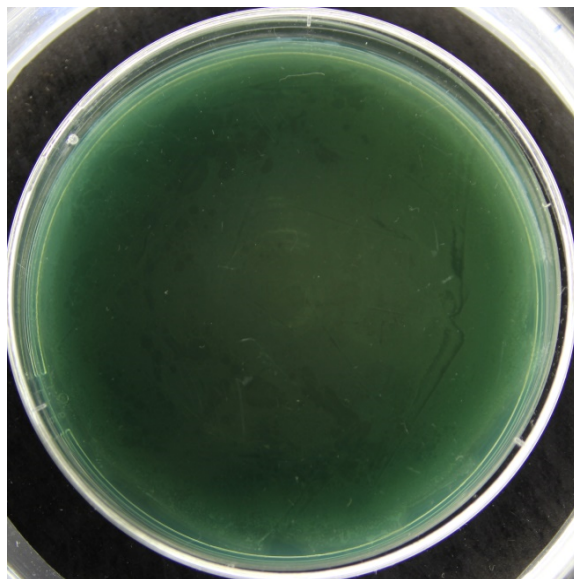


D5

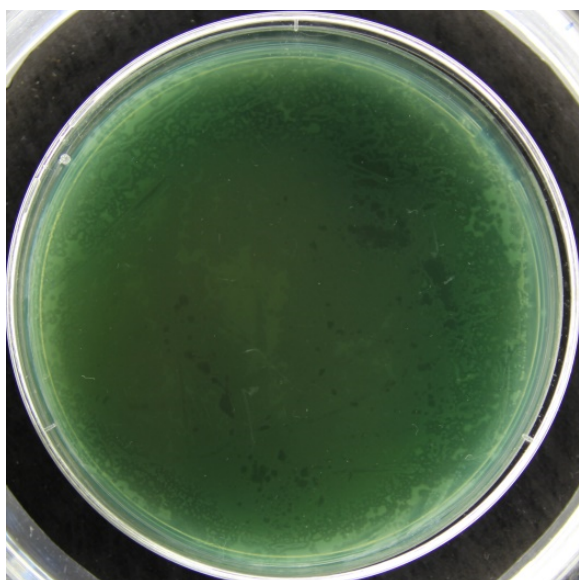
Plocha agarů A0, A3, B0 a B3 s koloniemi bakterie *Pseudomonas aeruginosa* po použití neutralizátoru



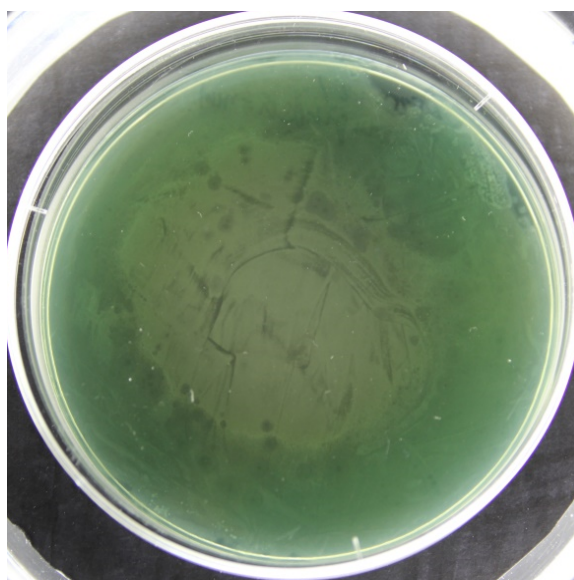
A0



A3

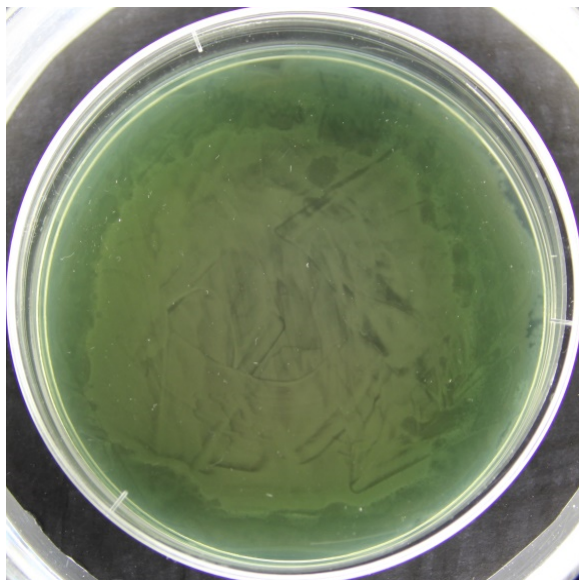


B0

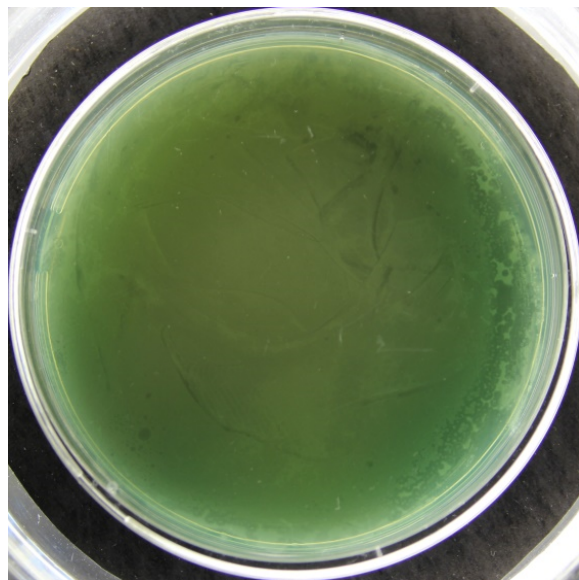


B3

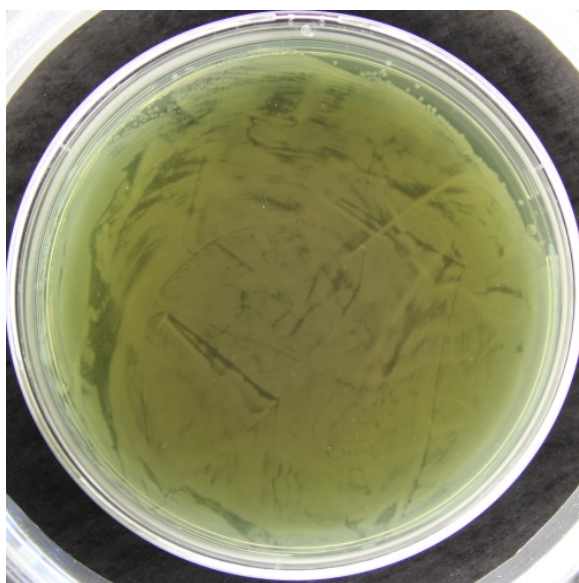
Plocha agarů C0, C3, D1 a D5 s koloniemi bakterie *Pseudomonas aeruginosa* po použití neutralizátoru



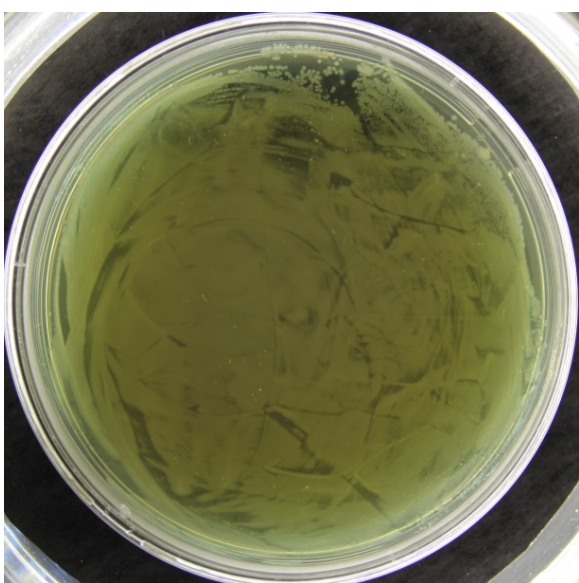
C0



C3

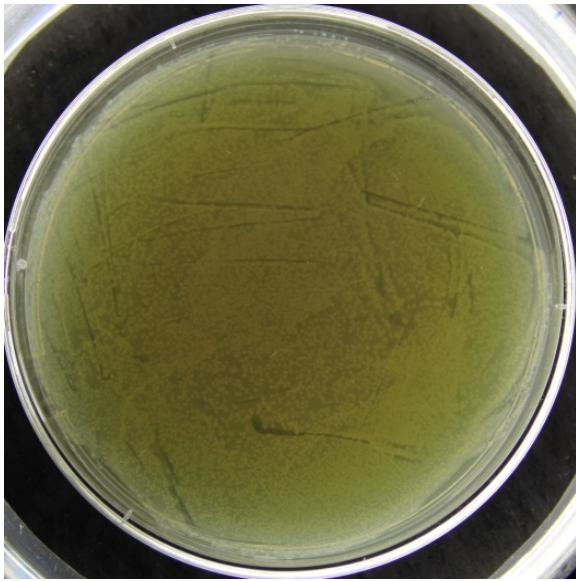


D1

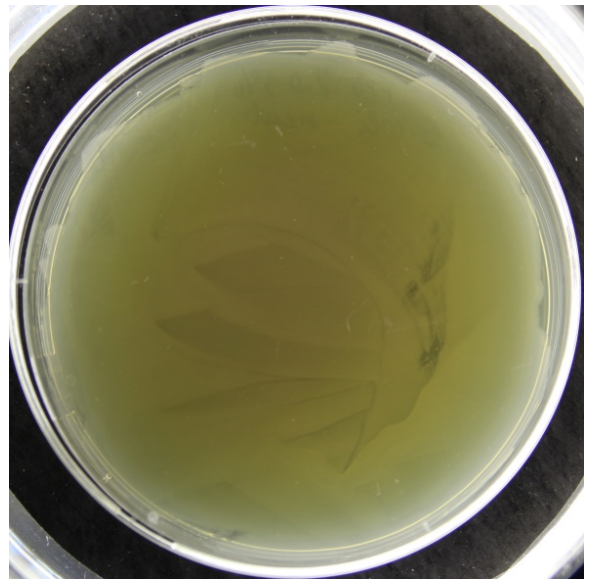


D5

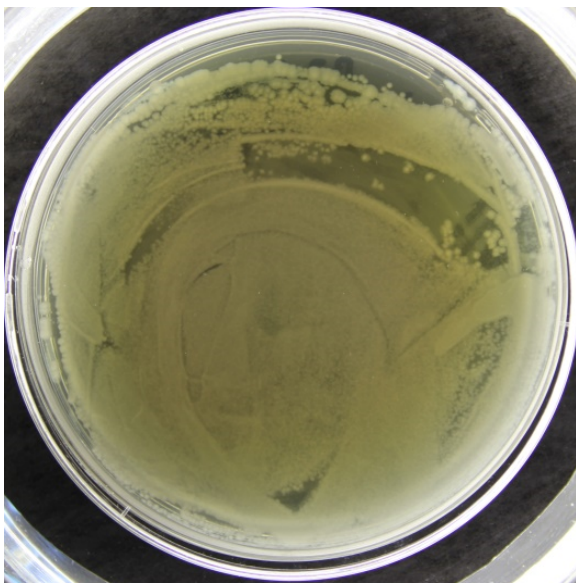
Plocha agarů A0, A3, B0 a B3 s koloniemi bakterie *Escherichia coli* po použití neutralizátoru



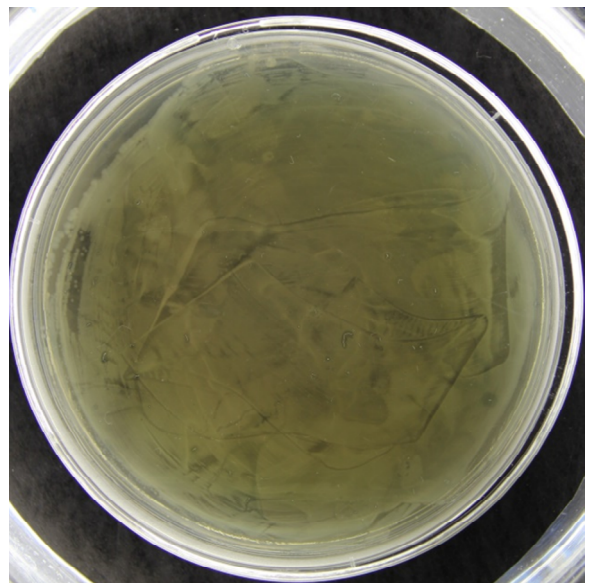
A0



A3

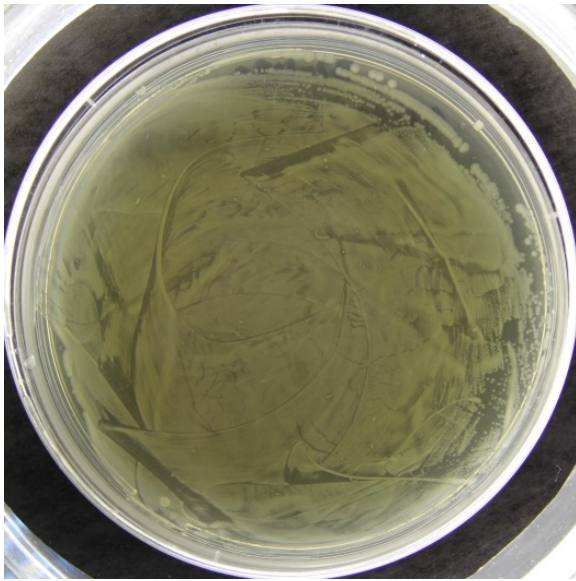


B0

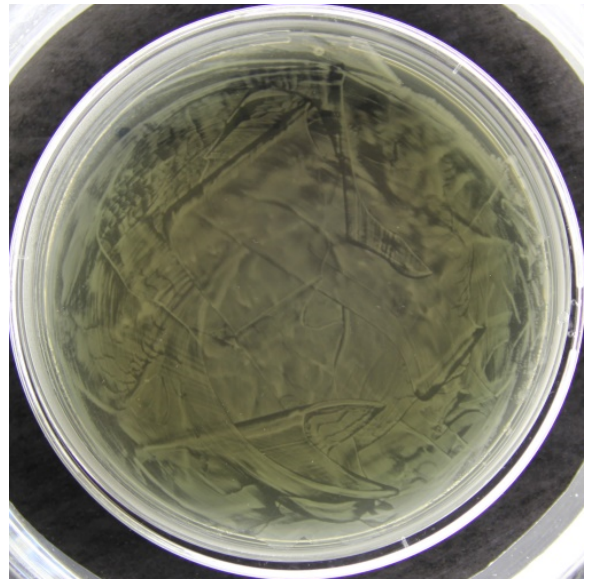


B3

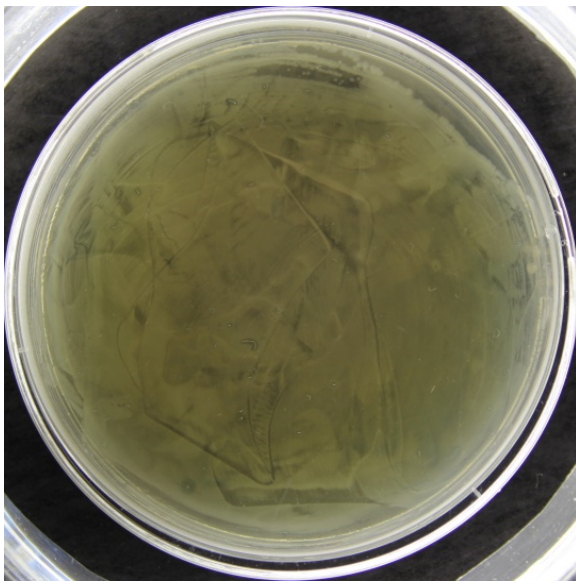
Plocha agarů C0, C3, D1 a D5 s koloniemi bakterie *Escherichia coli* po použití neutralizátoru



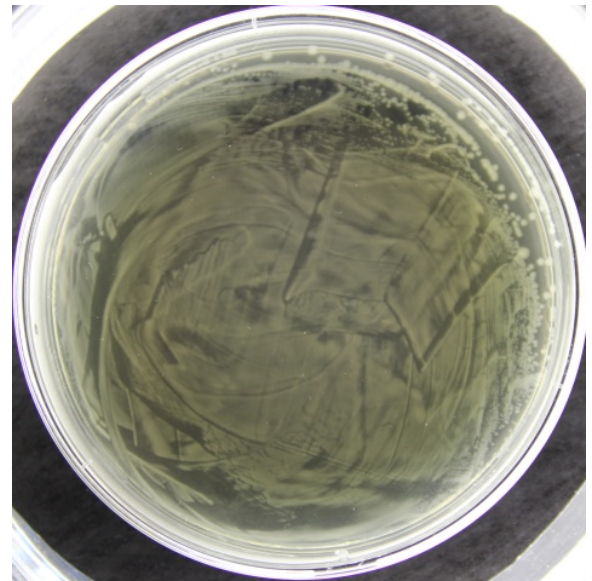
C0



C3

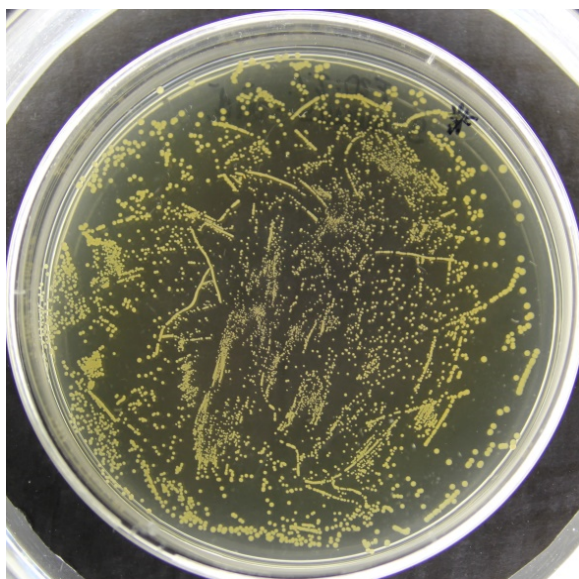


D1

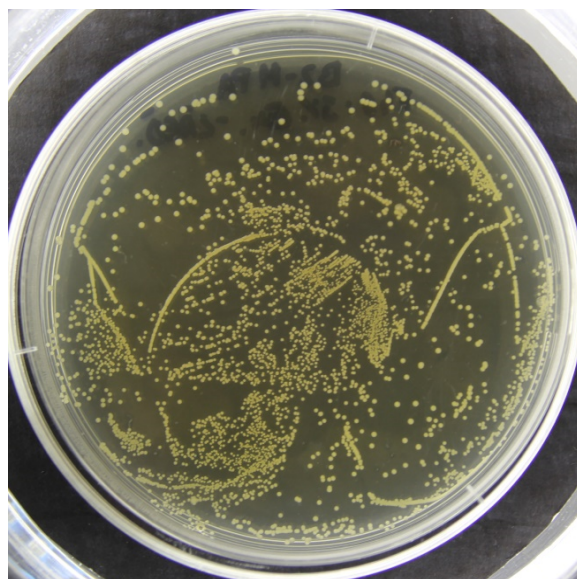


D5

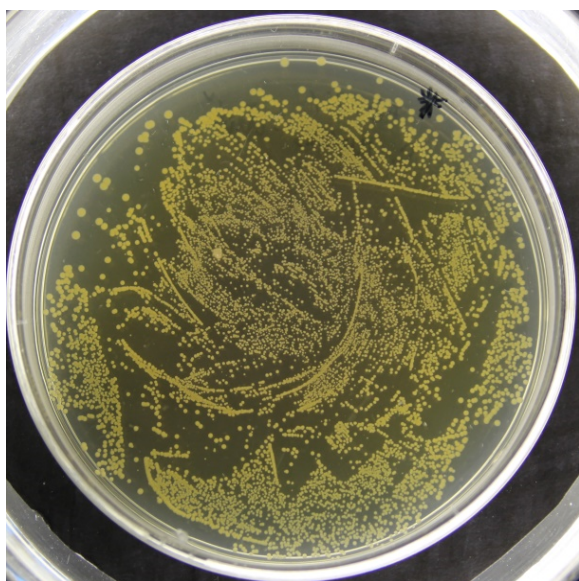
Plocha agarů A0, A3, B0 a B3 s koloniemi bakterie *Staphylococcus aureus* po použití zředěného neutralizátoru



A0



A3

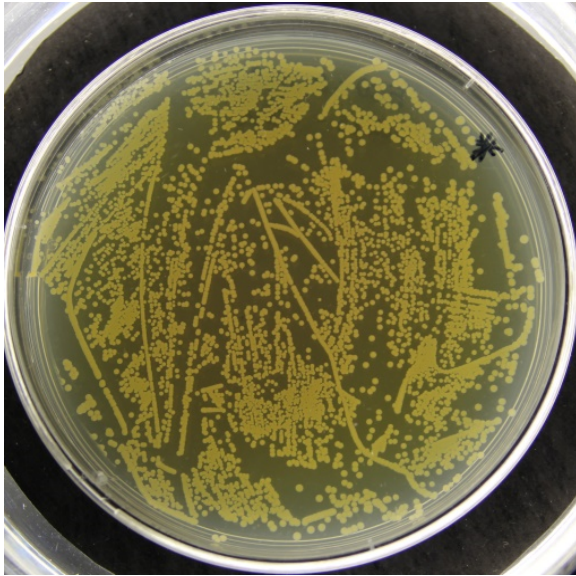


B0

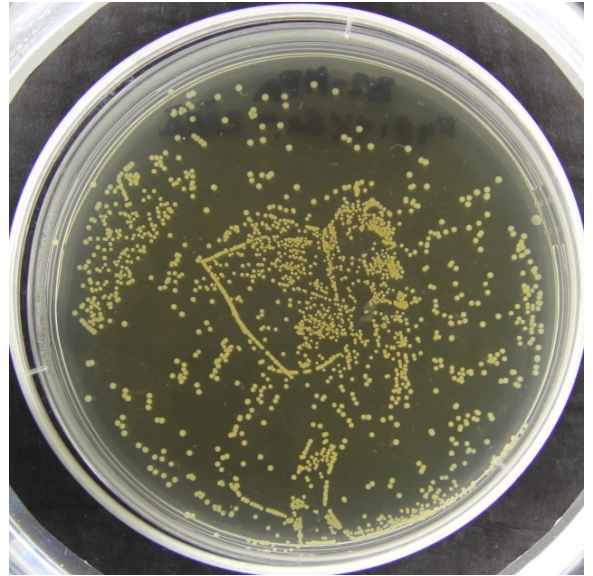


B3

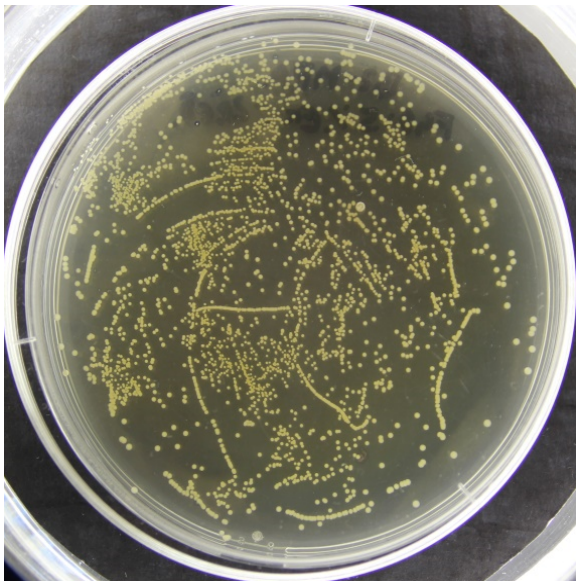
Plocha agarů C0, C3, D1 a D5 s koloniemi bakterie *Staphylococcus aureus* po použití zředěného neutralizátoru



C0



C3

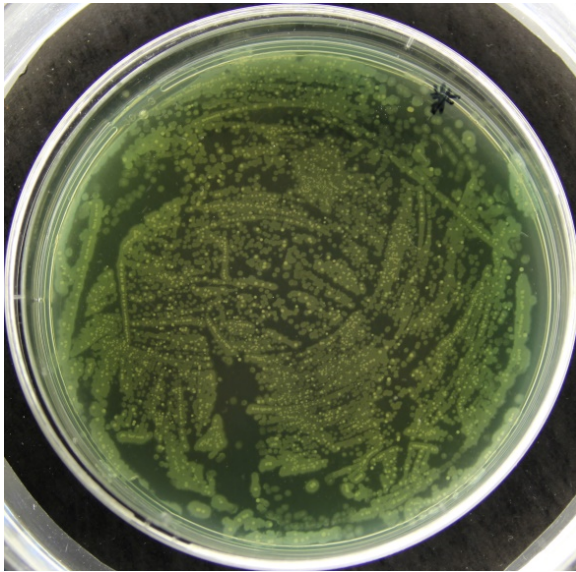


D1

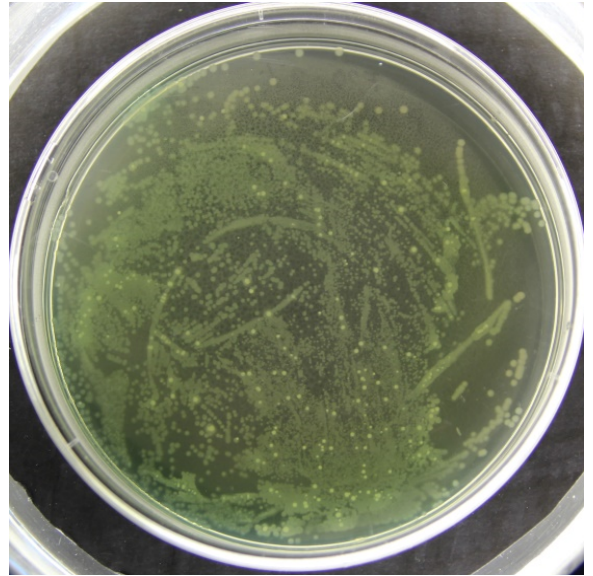


D5

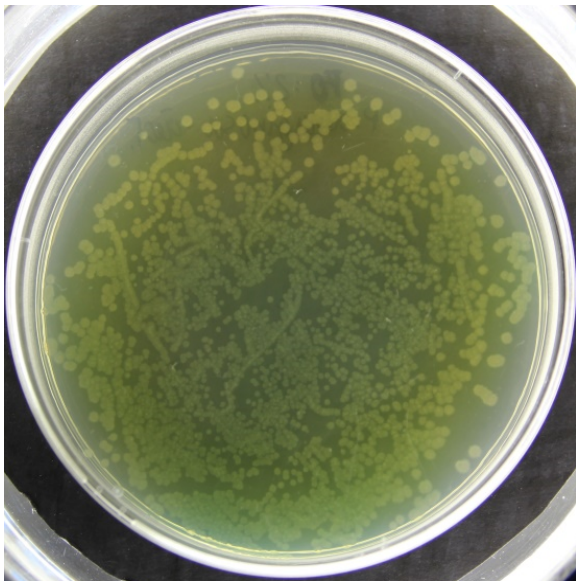
Plocha agarů A0, A3, B0 a B3 s koloniemi bakterie *Pseudomonas aeruginosa* po použití zředěného neutralizátoru



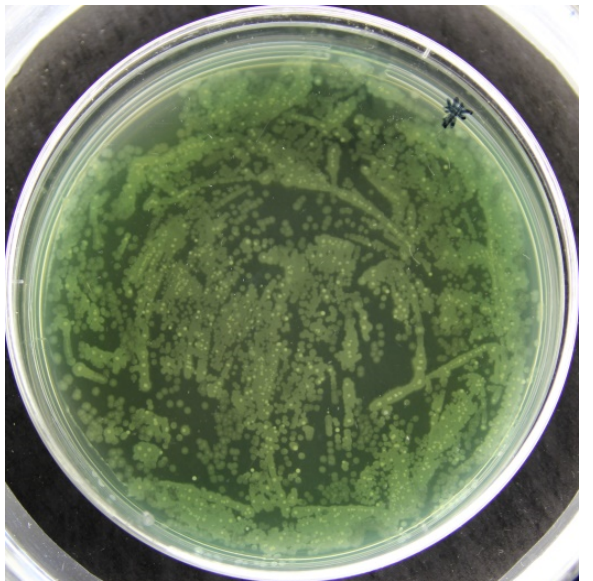
A0



A3

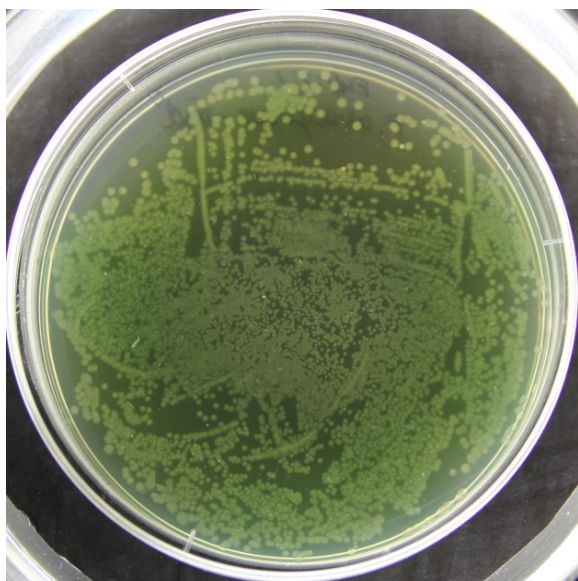


B0

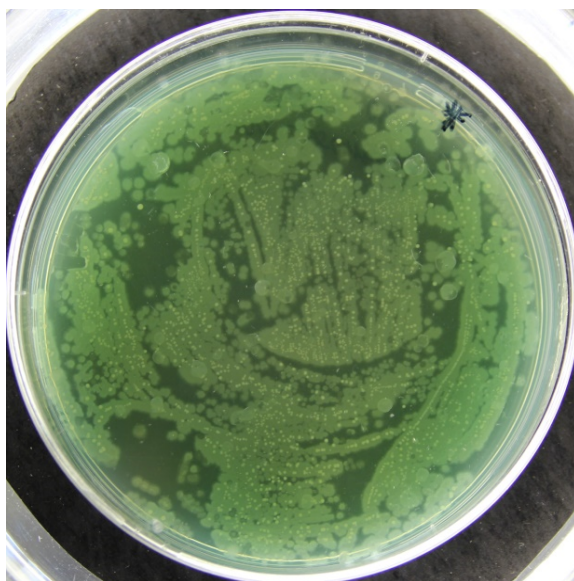


B3

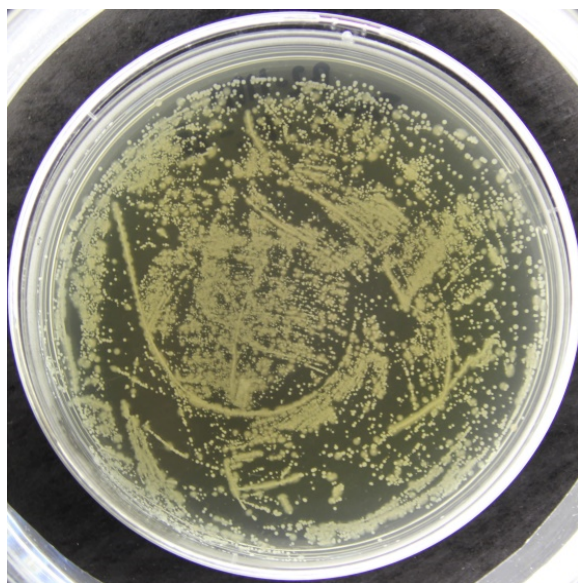
Plocha agarů C0, C3, D1 a D5 s koloniemi bakterie *Pseudomonas aeruginosa* po použití zředěného neutralizátoru



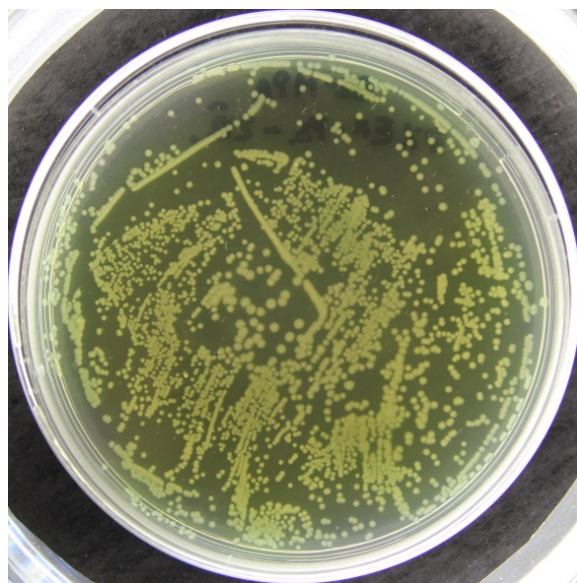
C0



C3

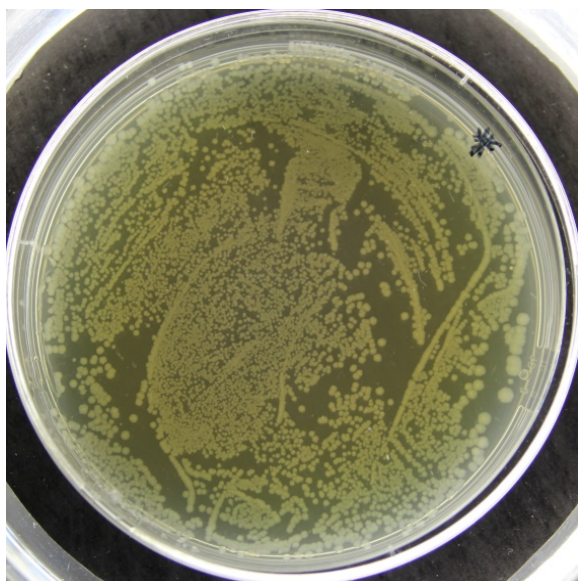


D1

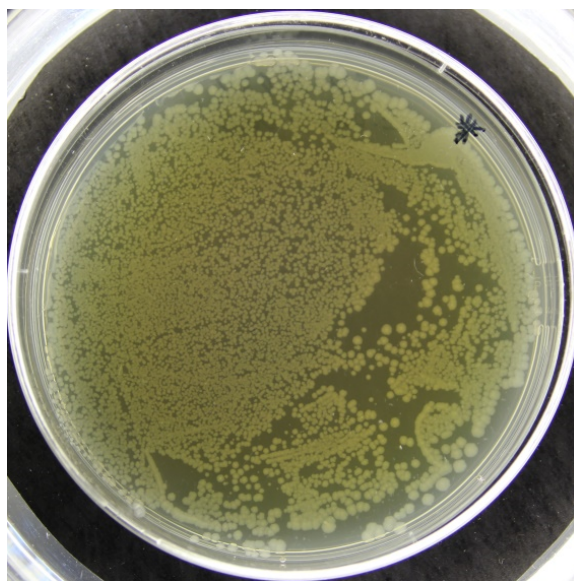


D5

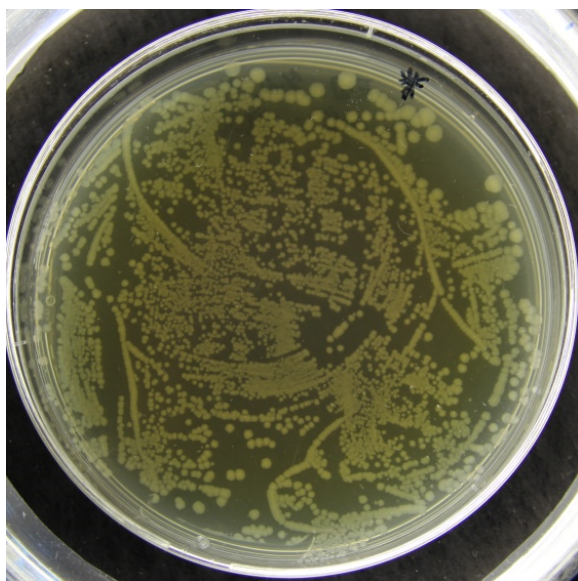
Plocha agarů A0, A3, B0 a B3 s koloniemi bakterie *Escherichia coli* po použití zředěného neutralizátoru



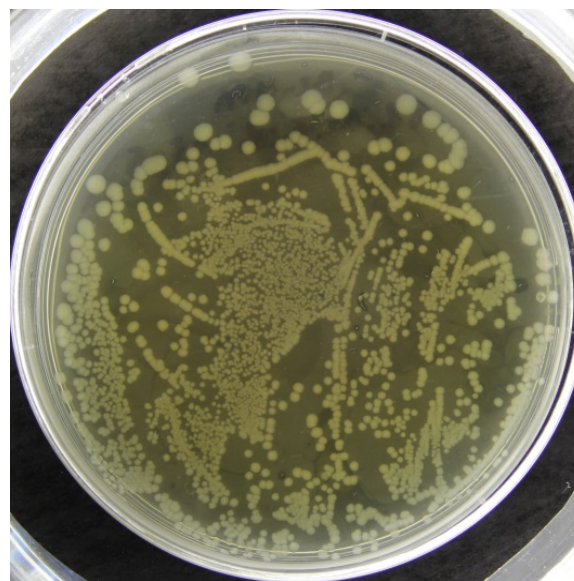
A0



A3

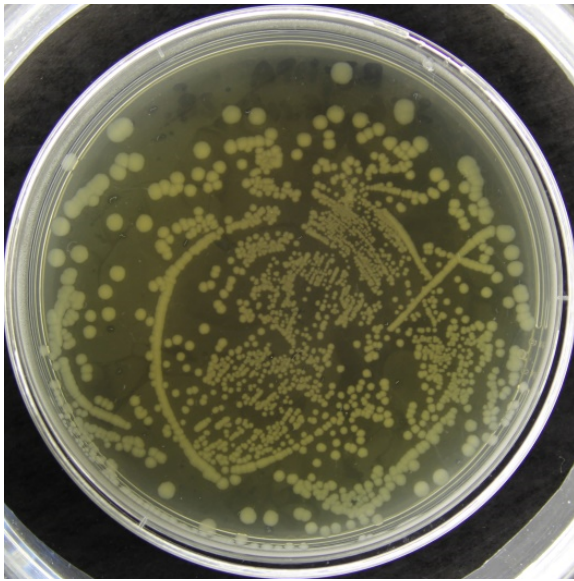


B0

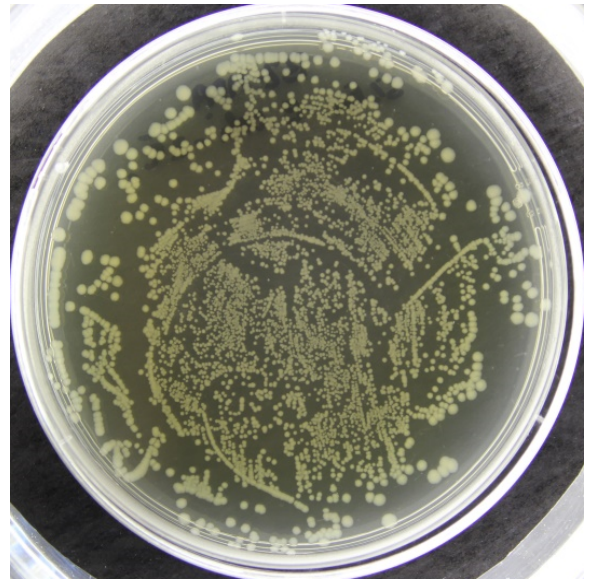


B3

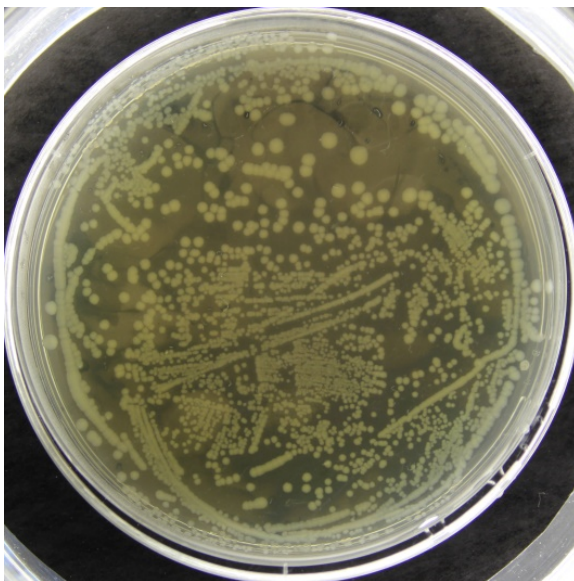
Plocha agarů C0, C3, D1 a D5 s koloniemi bakterie *Escherichia coli* po použití zředěného neutralizátoru



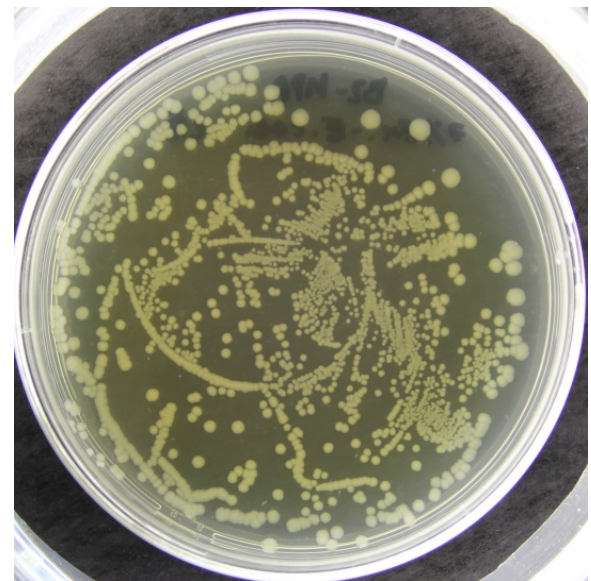
C0



C3



D1



D5

ÚDAJE PRO KNIHOVNICKOU DATABÁZI

Název práce	Vodou ředitelná pojiva na bázi samosít'ujících latexů a nanostrukturního oxidu zinečnatého
Autor práce	Bc. Barbora Zlámaná
Obor	Technologie výroby a zpracování polymerů
Rok obhajoby	2018
Vedoucí práce	Ing. Jana Machotová, Ph.D.
Anotace	Součástí této diplomové práce je literární rešerše, která se věnuje stručnému popisu emulzní polymerace, charakteristice nanočástic a blíže charakterizuje oxid zinečnatý, zejména jeho biocidní účinek. Další kapitola je věnována syntéze materiálů modifikovaných nanočásticemi oxidu zinečnatého, vyráběné mechanismem emulzní polymerace. S ohledem na možný biocidní účinek oxidu zinečnatého je rešerše zakončena pojednáním o nozokomiálních nákazách. Experimentální část práce se věnuje přípravě vodou ředitelných pojiv na bázi samosít'ujících latexů modifikovaných nanočásticemi oxidu zinečnatého. Hodnotí se jejich transparentní povaha a možný antibakteriální účinek, který se pojí s nanočásticemi oxidu zinečnatého a povrchovými vlastnostmi fluorovaných skupin, které jsou přítomny v nátěrových filmech přítomny
Klíčová slova	emulzní polymerace, nanočástice, nanočástice oxidu zinečnatého, nozokomiální infekce