

# Antibakteriální textilní ochranné pomůcky

## Diplomová práce

*Studijní program:*

*Autor práce:*

*Vedoucí práce:*

N0723A270003 Průmyslové inženýrství

**Bc. Tereza Šubrová**

prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.

Katedra materiálového inženýrství





## Zadání diplomové práce

# Antibakteriální textilní ochranné pomůcky

*Jméno a příjmení:* **Bc. Tereza Šubrová**  
*Osobní číslo:* T19000035  
*Studijní program:* N0723A270003 Průmyslové inženýrství  
*Zadávající katedra:* Katedra hodnocení textilií  
*Akademický rok:* **2019/2020**

### Zásady pro vypracování:

- 1) Rešerše
- 2) Vyberte vhodné textilní ochranné pomůcky (např. roušky, rukavice...), u kterých by antibakteriální úprava vedla ke zvýšení užitné hodnoty
- 3) Navrhněte a realizujte postup antibakteriální úpravy těchto textilních výrobků
- 4) Otestujte antibakteriální vlastnosti upravených výrobků za podmínek co nejbližších praxi
- 5) Výsledky diskutujte z hlediska možného uplatnění v praxi

*Rozsah grafických prací:*  
*Rozsah pracovní zprávy:*  
*Forma zpracování práce:*  
*Jazyk práce:*

50 – 60 normostran  
tištěná/elektronická  
Čeština



### **Seznam odborné literatury:**

RADOŇOVÁ, Eva. Hodnocení antibakteriální úpravy textilních výrobků používaných ve zdravotnictví., Liberec, 2015. Diplomová práce. Technická univerzita Liberec. Fakulta textilní. Vedoucí práce ŠTOČKOVÁ Hana

DRÁHOVÁ, Věra. Modifikace kovů pomocí antibakteriálních nanovrstev zejména pro zdravotnické aplikace, Liberec, 2014. Diplomová práce, Technická univerzita Liberec, Fakulta textilní, Vedoucí práce ŠLAMBOROVÁ, Irena

*Vedoucí práce:*

prof. Ing. Jakub Wiener, Ph.D.  
Katedra materiálového inženýrství

*Datum zadání práce:*

22. března 2020

*Předpokládaný termín odevzdání:*

28. května 2021

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.  
děkan

L.S.

Ing. Pavla Těšinová, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 4. května 2021

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci 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.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

5. května 2021

Bc. Tereza Šubrová

## **Poděkování**

Touto cestou bych ráda poděkovala všem, kteří stáli po mém boku při vzniku této práce a po celou dobu mého studia.

Největší poděkování patří mému vedoucímu práce, panu profesorovi Ing. Jakubovi Wienerovi, Ph.D. za jeho podporu, optimismus, odborné vedení, konzultace a mnoho cenných rad. Dále bych ráda poděkovala všem, kteří si vymezili čas při různém měření, testování a poskytnutí konzultací.

Děkuji své rodině, především rodičům za trpělivost a obrovskou podporu a obětavost. V neposlední řadě bych ráda poděkovala svému přítelovi Davidovi za lásku a povzbuzování a mým přátelům za morální podporu.

## **Anotace**

Tato diplomová práce zahrnuje zpracování tématu Antibakteriální textilní ochranné pomůcky. V rámci práce vznikla nově vyvinutá antibakteriální úprava. Úprava byla vyvinuta ve formě vodných roztoků, ta obsahuje pojivovou a antibakteriální složku. Pojivová část se skládá z polyvinylalkoholu, kyseliny citronové a vodního sklo. Do antibakteriální části se zařadil dusičnan stříbrný, dusičnan zinečnatý a síran měďnatý. Úprava se následně nanasla na textilní substráty (bavlna, polyester a polypropylen). Takto upravené materiály se v poslední části nechaly otestovat na antimikrobiální účinnost.

Práce byla soustředěna na antibakteriální účinnost úpravy, netoxicitu a využití upravených materiálů v praxi.

### **Klíčová slova:**

Antibakteriální úprava, dusičnan stříbrný, dusičnan zinečnatý, síran měďnatý, polyvinylalkohol, kyselina citronová, bavlna, polyester, polypropylen, antibakteriální test, bakterie

## **Annotation**

This diploma thesis includes the elaboration of the topic Antibacterial textile protective equipments. As part of the work, a newly developed antibacterial treatment was created. The treatment was developed in the form of aqueous solutions, which contains a binder and antibacterial component. The binder part consists of polyvinyl alcohol, citric acid and water glass. Silver nitrate, zinc nitrate and copper sulphate were included in the antibacterial part. The treatment was then applied to textile substrates (cotton, polyester and polypropylene). In the last part, the treated materials were tested for antimicrobial activity.

The work was focused on the antibacterial effectiveness of the treatment, non-toxicity and the use of treated materials in practice.

### **Key words:**

Antibacterial treatment, silver nitrate, zinc nitrate, copper sulphate, polyvinylalcohol, citric acid, cotton, polyester, polypropylen, antibacterial test, bacteria

## Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk .....	10
Úvod .....	12
1. Teoretická část .....	14
1.1. Bakterie .....	15
1.1.1. Historie výzkumu .....	15
1.1.2. Rozdělení bakterií .....	17
1.1.3. Stavba bakteriální buňky .....	19
1.1.4. Patogenní bakterie .....	21
1.1.5. Gram-pozitivní bakterie .....	21
1.1.6. Gram-negativní bakterie .....	22
1.2. Viry .....	25
1.2.1. Historie výzkumu .....	25
1.2.2. Rozdělení virů .....	26
1.2.3. Stavba .....	26
1.2.5. DNA viry .....	27
1.2.6. RNA viry .....	28
1.3. Infekční onemocnění .....	30
1.3.1. Imunitní systém .....	31
1.4. Antibakteriální úprava .....	32
1.4.1. Druhy antibakteriálních úprav .....	33
1.4.2. Hodnocení antibakteriálních úprav .....	37
2. Praktická část .....	40
2.1. Úvod praktické části .....	40
2.2. Rozbor použitých textilií .....	40
2.2.1. Parametry tkanin .....	43
2.3. Rozbor použitých chemikálií .....	44



2.4.Postup výběru úpravy.....	47
2.5.Složení roztoků.....	48
2.6.RGB změny barevnosti pomocí RGB analyzátoru .....	49
2.7.Měření antibakteriální účinnosti .....	57
2.7.1.Vyhodnocení antimikrobiálních testů .....	60
2.8.SEM a EDS .....	61
2.9.Filtrační schopnosti a prodyšnost textilních výrobků .....	62
2.10.Využití v praxi.....	65
Závěr.....	67
Citace .....	69
Seznam obrázků.....	73
Seznam tabulek.....	74
Seznam grafů .....	74
Přílohy .....	75

## Seznam použitých symbolů a zkratek

%	procento
°C	stupně Celsia
apod.	a podobně
atd.	a tak dále
tzv.	takzvaně
např.	například
μm	mikrometr
mm	milimetr
cm	centimetr
m	metr
g	gram
l	litr
m <sup>2</sup>	metr čtvereční
g/l	gram na litr
l/m <sup>2</sup> /s	litr na metr čtvereční za sekundu
g.m <sup>-2</sup>	gram na metr čtverečný
nt/cm	nitě na centimetry
CA	kyselina citronová
PVA	polyvinylalkohol
VS	vodní sklo
AgNO <sub>3</sub>	dusičnan stříbrný
CuSO <sub>4</sub>	síran měďnatý
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	dusičnan zinečnatý
SiO <sub>2</sub>	oxid křemičitý
PES	polyester
PP	polypropylen

Pa	pascal
BFE	bakteriální filtrační účinnosti
EDS	energievě disperzní mikroskopie
SEM	skenovací elektronová mikroskopie
AATCC	Americká asociace textilních chemiků a koloristů
CFU	počet přeživších bakteriálních kolonií

## Úvod

Téma antibakteriální úpravy textilních materiálů je v posledních letech velice aktuální a rozšířené. Antibakteriální materiály, nejen textilní, nacházejí využití téměř ve všech oborech lidské činnosti. Vysokou poptávku po těchto materiálech zaznamenáváme např. v domácnostech, dále pak v oblasti výroby obalových materiálů pro potravinářský průmysl, v oborech lékařských odborností a v neposlední řadě také v textilním průmyslu, tedy v oboru, kterým se v této diplomové práci věnuji.

Škodlivé, navíc, pouhým okem mnohdy neviditelné mikroorganismy (bakterie, viry, houby, sinice, řasy a kvasinky) se nacházejí všude kolem nás a ochrana před nimi je v některých případech náročná, je tudíž neustále důležité věnovat se efektivnějším metodám boje proti nim.

Patogeny neboli organismy, které mohou zapříčinit onemocnění hostitele, jsou schopné se mezi lidmi šířit různými způsoby, nejčastěji vzduchem, vodou či kontaktem s nakaženou osobou, předměty nebo i oděvy. Běžné způsoby, jak zamezit šíření a rozmnožování patogenů, jako použití klasické dezinfekce či antibiotik v nejčastějších případech nestačí. Využívání těchto způsobů s sebou nese negativní aspekt, a sice schopnost bakterií vzdorovat těmto druhům léčiv a přípravků. Jednou z možností účinné ochrany je aplikace speciálních povrchových úprav, které jsou různými metodami fixovány na vybrané substráty (nejčastěji textilní materiál, plast či sklo).

Z chemického hlediska nacházíme dvě baktericidní činidla, a to anorganické (alkoholy a antibiotika) a organické (oxidy kovů). Organická činidla jsou však často velmi toxická, tudíž roste zájem o anorganická činidla, která jsou pro okolí méně škodlivá. Mezi nejrozšířenější úpravy jsou takové úpravy, u kterých se na povrch substrátu fixují ionty kovů mající antibakteriální vlastnosti.

Práce je primárně zaměřena na úpravu materiálu, která má ve výsledku ničit patogenní bakterie z prostředí kolem nás pomocí anorganických činidel. Klíčovými faktory, kterým se v této práci věnuji je nenáročnost přípravy a následné aplikace antibakteriální úpravy povrchu se zřetelem na ekonomickou efektivitu a dostupnost z hlediska finančních nákladů.

První, teoretická část práce je zaměřena na obecnou teorii k patogenním bakteriím, virům a nemocem, které tyto organismy mohou způsobovat. Bakteriální organismy, tyto velmi odolné formy života jsou již zmiňovány, pouze však v obecné rovině jako škodlivé látky, již v historických pramenech sahajících do období před naším letopočtem. Je také známo, že již od středověku lidé používali jednoduchým optických čoček pro pozorování zvětšených

objektů, resp. korekci zraku. Významným přínosem pokroku ve zkoumání však byl až vynález mikroskopu, optického přístroje, s jehož pomocí započala nová éra vědeckého bádání a zkoumání mikroorganismů. Další kvalitní změnou v oboru zkoumání mikroorganismů byl vynález elektronového mikroskopu s mnohem vyšší rozlišovací schopností, než tomu bylo u přístroje optického.

V teoretické části se dále zabývám rozdělením bakterií, stavbou bakteriální buňky a její schopností přenášet nebo způsobit onemocnění. Jednotlivé bakteriální rody a jejich formy jsou podrobněji popsány v části 2.

V části třetí se čtenář seznámí s viry, historií výzkumu zejména od počátku 20.století, kdy setkáváme s termínem Virus.

Čtvrtá část je věnována formám onemocnění. V této části je postupováno od obecných poznatků k postupnému seznámení čtenáře s imunitním systémem a jeho schopností se proti nemocem bránit.

V páté části se věnuji vysvětlení antibakteriální aktivace povrchů a s ní související vyhodnocení těchto úprav.

V praktické části čtenáře seznámím s vybranými textilními ochrannými pomůckami a možnostmi jejich využití v praxi. Dále představuji nově navržený postup antibakteriální úpravy a textilní materiály, které se touto úpravou v rámci diplomové práce ošetřují.

Závěrečná část diplomové práce je věnována vyhodnocení úprav a odborně zaměřeným úvahám na využití takto upravených materiálů v praxi.

## 1. Teoretická část

Dlouhodobě rostoucí životní úroveň vede ke kvalitativním změnám ve způsobu života. Vyrůstají nároky na životní úroveň mění kvalitu i intenzitu vlivu člověka na životní prostředí. Podstatných změn doznává i zdravotní stav obyvatelstva.: Některé choroby, dříve nebezpečné, jsou dnes téměř nevyskytují. Jednou z takových byla nákaza morem. Tato nákaza byla způsobená bakterií. Zprávy z nejstarších dob jsou značně nespolehlivé a ani v líčení průběhu nákazy nejsou jednoznačné. Jeden z prvních popisů epidemie, podle kterého se dá soudit, že jde o skutečný mor, je z r. 558. Byl to tzv. Justiniánův mor, nazvaný podle byzantského císaře, který tehdy vládl. Při této epidemii zemřely miliony lidí a jen v hlavním městě Cařihradu jich denně umíralo 5–10 tisíc. [1]

Velice zajímavou publikaci na téma, jak se v naší zemi bojovalo v 17. století proti moru., tedy v době, kdy naši předkové ještě neměli antibiotika, přináší na svých stránkách Muzeum města Prahy. [2] V publikaci určené veřejnosti je například uvedeno – V morových dobách panovník či úřady vydávaly pro ochranu obyvatel instrukce různého druhu. Doloženy pro naše země jsou od 16. století a v průběhu času se dočkaly důkladného propracování. K zamezení šíření moru měl přispět například patent vydaný v Praze 3. září roku 1639. Jako každé z nařízení tohoto zaměření začínal klauzulí o hříšnosti lidské jako důvodu rozšíření nákazy. A pokračoval mj. ustanoveními, že nesmí být do Prahy vpuštěn nikdo bez osvědčení, že nepřichází z míst postižených nakažou. Městské brány musely být zavřeny a kontrolováni byli všichni příchozí. Když nákaza vypukla, měl být zřízen jeden až dva domy pro nemocné a měli být zajištěni lékaři nebo lazebníci k péči o ně. Domy nemocných měly být zapečetěny. Nemocní měli být pochováváni za městem. Podrobný, stostránkový návrh infekčního řádu byl vypracován v době rozšíření moru v roce 1679. Na předměstích měly být stavěny stráže kontrolující příchozí, a když vzbudil některý z nich podezření, musel strávit sedm dní v karanténě. Dopisy byly nakuřovány jalovcem, peníze a různé zboží umyty octem, zvířata musela být vyplavena v tekoucí vodě. Ustavený direktor posílal zprávy o stavu nákazy vrchnosti. Nemocní měli být přepraveni do určeného lazaretu, mrtví byli dopravováni za město. Nosiči mrtvol chodili ve voskovaných šatech s výrazným označením, denně se umývali octem a nesměli se stýkat se zdravými. Byly rušeny jarmarky, trhy, pouti a další akce, nekonaly se výroční soudy. Dům, ve kterém se nacházel nemocný, musel mít zapečetěny vchody a být viditelně označen jedním nebo dvěma kříži, jednat s obyvateli domu mohl jenom duchovní nebo lékař a jejich potřeby zajišťoval třikrát denně hlídač. Návštěvy nakažených čekala karanténa. Trest stihl nakaženého, který vstoupil do domu radního nebo do kostela, případně ohrožoval další obyvatele. Zakázáno bylo

vycházení z domu po západu slunce a před jeho východem. Zvláštní důraz se kladl na dodržování čistoty na ulicích a v domech.

Na druhé straně se však objevují nová, tzv. civilizační onemocnění. I přesto, že se „česká medicína“ dlouhodobě drží na špičkové úrovni, je třeba léčbu a obranu šíření nemocí stále zdokonalovat. [3]

## 1.1. Bakterie

Bakteriální organismy jsou vskutku velmi odolné formy života, které mají schopnost přežít nejenom ve vesmíru, ale i extrémním mrazivém či horkém prostředí. Škodlivé bakterie přežívají v různých částech lidského organismu a způsobují tzv. bakteriální infekce. Některé bakterie jsou však pro existenci člověka také užitečné a bezpochyby tedy nepostradatelné. Bakterie žijí na povrchu kůže, tak i v ústech a tenkém střevě.[4] Bakterie se nacházejí všude kolem nás. Odhaduje se, že v jednom gramu půdy žije asi 40 milionů bakterií, ve vodě a vzduchu je jich méně. [5]



Obrázek č. 1 – Bakterie E.coli

Zdroj: <https://www.bbc.com/news/health-13639241>

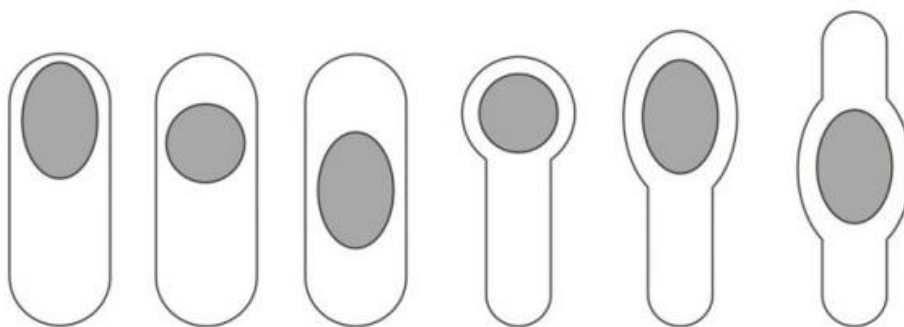
### 1.1.1. Historie výzkumu

Bakterie se řadí do veliké skupiny malinkých, jednobuněčných, kulatých nebo nitkovitých rostlinných organismů, jež se množí dělením. Představa malých, život ohrožujících organismů, má kořeny už ve starověku. Například římský filozof Lucretius předpokládal, že nemoci jsou způsobovány malými organismy. Což je v obecné rovině správný úsudek. Na jeho důkaz si muselo lidstvo posečkat nějaké to století. [6]

Jako úplně první pečlivě popsal bakterii holandský učenec Leeuwenhoeck díky jednoočkovému mikroskopu vlastní výroby (r. 1680). Jako další byl zde Ehrenberg, který se v roce 1828 pokoušel dát novému učení solidnější podklad a roztrdit mikroorganismy, které v tu dobu byly známé. Také zavedl slovo bacterium. O několik let později Cagniard-Latour a Schwann odkryli pravou povahu kvašení. Dokázali, že tento neobyčejně důležitý pochod je organizovaný. Avšak teprve přesvědčivé důkazy Pasteura zjednaly pravdu ve vědeckém světě. [7]

Ve 40. letech 20. století začala snaha uvést bakterie ve příčinný styk s nakažlivými nemocemi lidí a zvířat. Základem tohoto učení jsou práce Pasteurovy o nemocech bourců a kazu vínu a piva. V roce 1873 Obermayer odkryl při zvratném tyfu spirillu (spirillumObermeieri) a v roce 1874 Billroth objevil coccobacteriumsepticum z ran po výstřelu. Již v dřívější době působilo v bakteriologii neblaze učení německého botanika Naegeliho, jenž na základě nečistých pokusů soudil, že existuje pouze jediná základní forma bakterií, a že ostatní tvary jsou pouze různá morfologická stádia téhož druhu. Následovalo mnoho dalších pokusů, bohužel špatně hodnocené. Teprve německý lékař a mikrobiolog Robert Koch zavedl soulad ve výzkumných pracích a postavil základní pravidla bakteriologického bádání a uvedl velikou váhu na čistotu kultury, na ustálení forem, na nález téže formy ve veškerých možných fázích nemoci. Také si připisuje zásluhy za objevení původce tuberkulózy a potvrdil původce cholery (objevitel cholery byl Fillipo Pacini). [7]

Další významný průkopník biologií byl Ferdinand Cohn, který jako vůbec první přišel se systémem klasifikace bakterií, navíc se mu podařilo objevit bakteriální spory u rodu Bacillus. [6]



Obrázek č. 2 – Možné umístění endospory

Zdroj:

[https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/js17/cviceni\\_mikrobiologie/web/pages/bakterialni\\_endospory.html](https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/js17/cviceni_mikrobiologie/web/pages/bakterialni_endospory.html)

Naprostou senzací, ale byl objev antibiotika penicilínu. Ten světu přinesl skotský lékař Alexander Fleming. Dalším velkým objevem, který posunul hranice poznání bakteriálního světa, byl objev struktury DNA.[6]

Současný vývoj, pokrok a neutichající zájem o výzkum bakterií je možno ilustrovat na výzkumech Laboratoře genetiky bakterií, katedry genetiky a mikrobiologie, University Karlovy, pod vedením RNDr. Ireny Liché, CSc. Nové výzkumné téma, které je v Laboratoři genetiky bakterií v současné době řešeno, je studium perzistence bakterií, tj. schopností bakterií přežít působení antibiotika bez geneticky podmíněné rezistence k danému antibiotiku. [8]



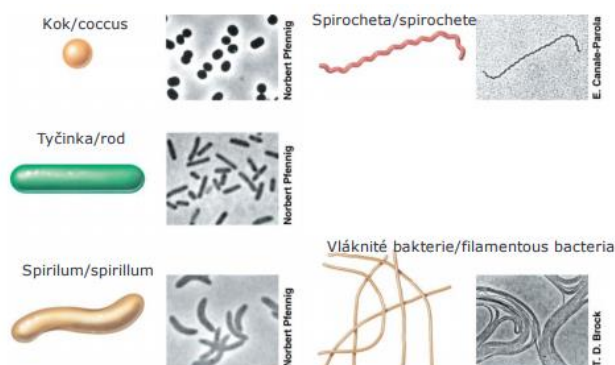
## 1.1.2. Rozdělení bakterií

Ačkoliv bakterie jsou velmi jednoduché, přece je mezi nimi několik různých forem. Rozeznáváme následující: nejběžněji jsou bakterie klasifikovány podle svého vzhledu. Zde natrefíme nepochybně na kulovité bakterie též koky, které mají tu možnost, že se shlukují do kolonií. Existují v několika podobách, ale nejobvyklejší formou je samostatná kokovitá buňka, která má průměr zhruba jeden mikrometr. Pakliže se formují do patřičného shluku, rozčleňují se dále na diplokoky, tetraoky, streptokoky, stafylokoky a sarciny. Například diplokoky jsou tvořeny pouze dvěma buňkami, zatímco tetraoky vznikly spojením čtyř koků. Streptokoky excelují řetězovým uspořádáním, stafylokoky se podobají hroznu vína a sarciny jsou typické shluky mnohdy v krychlové formaci. Do této kategorie se řadí tyčinkovité bakterie, jež mají tu přednost, že se soustřeďují do kolonií. Tyto seskupení mohou být spojeny buďto po dvou anebo v řetězcích. [9]

Samozřejmostí jsou i palisádové bakterie. Některé mají mírně oválný tvar, jiné se vyznačují štíhlou nebo robustní linií. Vzácností nejsou ani tyčinkovité buňky v rozštěpeném provedení. [9]

Vedle těchto zmíněných typů se vyskytují i bakteriální organismy v zakřivené variaci, které nedostaly do vlnku shlukující vlastnost. Existují ve formě kraťoučkové nepatrně zakřivené tyčinky, nýbrž i v lehounce zvlněném či šroubovitém vzezření. [9]

K základním tvarům bakterií lze pokládat také vláknité kolonie, bakterie s přiměřeným nádechem samotného větvení či kompletní větvené buňky. V přírodě lze nalézt mimořádný shluk různě spojených vláken, kterým se říká bakteriální mycelia. [9]



Obrázek č. 3 – Rozdělení tvarů bakterií

Zdroj: [https://is.muni.cz/el/1431/podzim2018/Bi5710/um/05\\_Bakterie.pdf](https://is.muni.cz/el/1431/podzim2018/Bi5710/um/05_Bakterie.pdf)

Bakterie můžeme rozdělit podle několika hledisek, a to:

**Podle stavby buněčné stěny, která ovlivňuje její barvitelnost, rozlišujeme:**

- G+ (grampozitivní bakterie)

- G- (gramnegativní bakterie)

Barvicí metody usnadňují identifikaci a jejich smyslem je zdůraznění některých struktur, popř. od odlišit od jiných struktur. Tyto metody nás informují o velikosti a morfologii bakteriální buňky a mají diagnostikovat význam. Barvení probíhá přímou aplikací barviv na fixovaný nátěr vzorku (suspenze bakterií, mikroorganismu apod.), ponechá se působit a po odlití přebytečného barviva se nátěr opláchne vodovodní vodou. Barvení sloužící ke studiu cytologických vlastností zahrnují např. barvení bičíků, kapsulí, cyst, spor, volutinových inkluzí, intracelulárních lipidů, glykogenu a granulózy, polysacharidových inkluzí, jaderného preparátu. [10]

Barvení podle Grama je základní postup používaný při určování bakterií, které umožňuje rozlišit dle typu buněčné stěny na tzv. grampozitivní a gramnegativní. Principem je barvení fixované bakteriální kultury roztokem krystalové violeti a Lugolova roztoku a následné odbarvení působením organického rozpouštědla, např. etanolu nebo acetonu. [10]

Grampozitivní bakterie zůstanou fialově obarvené i po působení organického rozpouštědla, zatímco gramnegativní se odbarví. Aby byly i odbarvené gramnegativní bakterie lépe pozorovatelné pod mikroskopem, dobarví se kultura vhodným světlejším barvivem, nejčastěji safraninem na červeno.[10] Barvitelnost buněčné stěny umožňuje určit druh bakterie a má význam při volbě antibiotik.

**Podle potřeby kyslíku se bakterie rozdělují:** [11]

- Aerobní, které kyslík potřebují k životu
- Anaerobní, kyslík nepotřebují, někdy se pro ně stává jedem
- Fakultativně anaerobní, které mohou žít v aerobních i anaerobních podmínkách

**Podle způsobu výživy rozlišujeme:** [11]

- Autotrofní bakterie, které uhlík získávají z oxidu uhličitého (obsahují bakteriochlorofyl)
- Fotoautotrofní bakterie získávají energii ze slunečního záření, chemoautotrofní bakterie získávají energii oxidací anorganických látek
- Heterotrofní bakterie, které získávají uhlík a energii z organických látek

**Podle vztahu k dusíku a jeho sloučeninám rozlišujeme:** [11]

- Nitrogení bakterie, které žijí na kořenech bobovitých rostlin, vážou dusík z půdy a přeměňují ho na organické látky
- Nitrifikační bakterie, které přeměňují amoniak na dusičnany

- Denitrifikační bakterie redukuje dusičnany na plynný dusík nebo amoniak.

**Fyziologickou zvláštností je schopnost bakterií žít v extrémně nepříznivých podmínkách, např. [11]**

- Termální bakterie – žijí v horkých pramenech a horkých vodách poblíž podmořských vulkánů
- Acidofilní bakterie – žijí v kyselých vodách, jejichž pH je nižší než 2
- Halofilní bakterie – žijí v solných jezerech apod.

### **1.1.3. Stavba bakteriální buňky**

Bakteriální buňky mají pevnou buněčnou stěnu, pod níž je cytoplazmatická membrána obalující cytoplazmu, ve které je uloženo chromatinové tělíčko (jádro bez membrány). Na povrchu bakterií může být pouzdro, mikropouzdro, slizová vrstva, fimbrie, a u některých bakterií i orgány pohybu – bičíky. V cytoplazmě jsou rozptýlené ribozomy a ve starších kulturách i množství inkluzí (tuk, glykogen, škrob...). [3]

#### **Buněčná stěna**

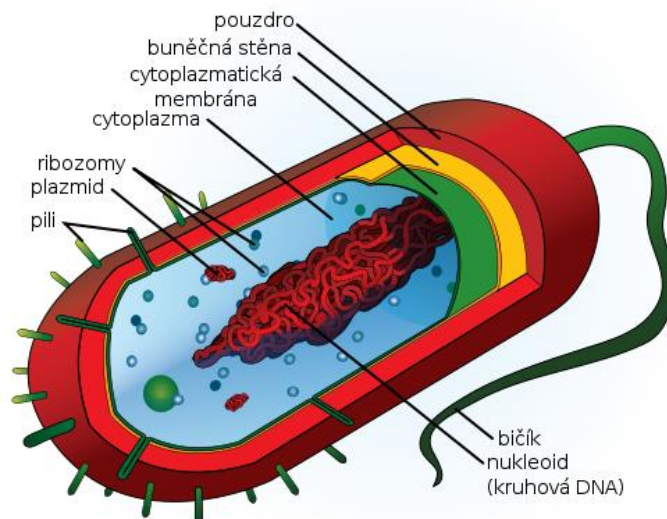
Je tvořena peptidoglykanem zabezpečujícím její pevnost a neohebnost. Grampozitivní bakterie mají silnou vrstvu peptidoglykanu, gramnegativní bakterie mají tenkou vrstvu peptidoglykanu a vnější lipoproteinovou membránu, která zvyšuje jejich odolnost vůči některým antibiotikům. [12]

Bakterie můžeme dělit dle tří základních skupin, a to Gracilicutes, Firmicutes a Tenericutes. Do skupiny Gracilicutes řadíme gramnegativní bakterie s tenkou buněčnou stěnou, patří sem např. rody *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Ralstonia* apod. Do skupiny Firmicutes řadíme grampozitivní bakterie se silnější buněčnou stěnou, např. rody *Clavibacter* a *Streptomyces*. Do poslední skupiny Tenericutes řadíme rody *Phytoplasma* a *Spiroplasma*, ty jsou bez buněčné stěny, pouze s trojvrstvou cytoplazmatickou membránou. [12]

#### **Cytoplazmatická membrána**

Je uložena pod buněčnou stěnou a obklopuje cytoplazmu. Cytoplazmatická membrána je bariérou, váže důležité enzymy, selektivně propouští látky z prostředí do cytoplazmy, ovlivňuje rezistenci bakterií k antibiotikům. Jsou zde zakotveny bičíky. Při porušení membrány dochází k odumření buňky. [12]

Některé bakteriální rody, zejména *Clostridium* a *Bacillus*, tvoří za určitých okolností velmi rezistentní formy s omezeným metabolismem – zvané spóry. V určitém prostředí (půda, prach apod.) mohou spóry přežít i po dobu mnoha let. [3]



Obrázek č. 4 - Stavba bakteriální buňky  
Zdroj: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/21>

## PŘEHLED BAKTERIÁLNÍCH INFEKČÍ A JEJICH PŮVODCŮ

<p><b>Bacterial meningitis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Streptococcus pneumoniae</i></li> <li>- <i>Neisseria meningitidis</i></li> <li>- <i>Haemophilus influenzae</i></li> <li>- <i>Streptococcus agalactiae</i></li> <li>- <i>Listeria monocytogenes</i></li> </ul>	<p><b>Eye infections</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Staphylococcus aureus</i></li> <li>- <i>Neisseria gonorrhoeae</i></li> <li>- <i>Chlamydia trachomatis</i></li> </ul>
<p><b>Otitis media</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Streptococcus pneumoniae</i></li> </ul>	<p><b>Sinusitis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Streptococcus pneumoniae</i></li> <li>- <i>Haemophilus influenzae</i></li> </ul>
<p><b>Pneumonia</b></p> <p>Community-acquired:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Streptococcus pneumoniae</i></li> <li>- <i>Haemophilus influenzae</i></li> <li>- <i>Staphylococcus aureus</i></li> </ul> <p>Atypical:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Mycoplasma pneumoniae</i></li> <li>- <i>Chlamydia pneumoniae</i></li> <li>- <i>Legionella pneumophila</i></li> </ul> <p>Tuberculosis</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Mycobacterium tuberculosis</i></li> </ul>	<p><b>Upper respiratory tract infection</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Streptococcus pyogenes</i></li> <li>- <i>Haemophilus influenzae</i></li> </ul>
<p><b>Skin infections</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Staphylococcus aureus</i></li> <li>- <i>Streptococcus pyogenes</i></li> <li>- <i>Pseudomonas aeruginosa</i></li> </ul>	<p><b>Gastritis</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Helicobacter pylori</i></li> </ul>
<p><b>Sexually transmitted diseases</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Chlamydia trachomatis</i></li> <li>- <i>Neisseria gonorrhoeae</i></li> <li>- <i>Treponema pallidum</i></li> <li>- <i>Ureaplasma urealyticum</i></li> <li>- <i>Haemophilus ducreyi</i></li> </ul>	<p><b>Food poisoning</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Campylobacter jejuni</i></li> <li>- <i>Salmonella</i></li> <li>- <i>Shigella</i></li> <li>- <i>Clostridium</i></li> <li>- <i>Staphylococcus aureus</i></li> <li>- <i>Escherichia coli</i></li> </ul>
	<p><b>Urinary tract infections</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Escherichia coli</i></li> <li>- Other Enterobacteriaceae</li> <li>- <i>Staphylococcus saprophyticus</i></li> <li>- <i>Pseudomonas aeruginosa</i></li> </ul>

Autor: Mikael Häggström

13

Obrázek č. 5 – Přehled bakteriálních infekcí a jejich původců  
Zdroj: <https://ulbld.lf1.cuni.cz/file/667/Mikrobiologie%20-%20Adámková%20V.,%20Kolářová%20L.pdf>

#### **1.1.4. Patogenní bakterie**

Mezi patogenní bakterie se řadí ty mikroorganismy, které mají schopnost infikovat hostitele a mohou způsobit nějaké onemocnění. Mezi složky patogenity řadíme kontagiozitu (schopnost přenášet se), invazivitu (schopnost množit se a šířit se v organismu) a toxicitu (poškozuje hostitele). Dělíme na oportunní (fakultativní) patogen (využívá příležitosti a napadá oslabeného hostitele, např. *Escherichia coli*) a obligátní patogen (způsobuje onemocnění zdravých lidí, např. *Corynebacterium diphtheriae*). [13]

#### **1.1.5. Gram-pozitivní bakterie**

##### **Staphylococcus aureus**

Název *Staphylococcus* pochází z řeckého „staphylé“ = hrozen. Tento „zlatý stafylokok“ s oblibou způsobuje hnisavé infekce kůže a kožních adnex, dále infekce dýchacích cest a někdy i závažné infekce – abscesy ve tkáních či dokonce septické stavy. [14]

##### **Staphylococcus epidermidis**

Je to nejběžnější z takzvaných koaguláza negativních stafylokoků; charakteristika zde uvedená se týká do značné míry i ostatních příslušníků této skupiny. Koaguláza negativní stafylokoky patří do stejného rodu jako zlatý stafylokok. Jsou mnohem méně patogenní než on, v poslední době jsou však velice významnými původci infekcí u oslabených osob, zejména nemocničních. [14]

##### **Staphylococcus saprophyticus**

Význačný mezi koaguláza negativními stafylokoky jako poměrně častý původce močových infekcí, zejména u mladých žen. [14]

##### **Streptococcus pyogenes**

Další klinicky významný klinicky významný kok (strepto = v řetízcích, pyo-genes = hnisotvorný). *Streptococcus pyogenes* je známý jako původce angíny (akutní tonsilitidy). Kromě angin má také na svědomí spály, spálové angíny a erysipel – růži. Jde o kmeny produkující tzv. erythrogenní toxin (erythros = řecky červený). Dalšími závažnými klinickými stavy souvisejícími s touto bakterií jsou tzv. pozdní (sterilní) následky streptokokových infekcí – revmatická horečka a akutní glomerulonefritida. [14]

##### **Streptococcus sp. – skupina viridujících streptokoků (mimo pneumokoka)**

Ústní streptokoky, viridující streptokoky, alfa streptokoky, v laboratoři dokonce můžeme zaslechnout slovo „alfíci“ – všechny tyto pojmy označují skupinu streptokoků, které na

krevním agaru viridují; obvykle se ovšem myslí „ty ostatní kromě pneumokoka“. Jsou normální součástí mikroflóry ústní dutiny (zde se podílejí na místním biofilmu, přičemž je diskutován jejich podíl na vzniku zubního kazu) a částečně i faryngu. I za fyziologických okolností se neustále v malém množství dostávají do krve. Problémem je, když se jich tam dostane hodně najednou a když narazí na terén, kde se uchytí. Pak mohou vznikat vegetace na srdečních chlopních, zejména v případě, že chlopně byly dříve postiženy např. revmatickou horečkou. [14]

### **Streptococcus agalactiae**

Tato bakterie způsobuje záněty mléčné žlázy s poruchou tvorby mléka, avšak většinou je to u krav. Naproti tomu v případě člověka jde typicky o infekce močových cest. [14]

### **Streptococcus pneumoniae**

Mezi mikrobiology se mu také říká „pneumokok“. Dříve se mu říkalo *Diplococcus pneumoniae*, tvoří totiž řetízky, ale jen dvojice. Také není ideálně kulatý, má spíše lancetovitý (kopíčkovitý) tvar. Na krevním agaru viriduje. V malém množství se nachází i ve faryngích zdravých osob. Jinak je ale původcem zánětů plic, přínosných dutin, středního ucha. [14]

### **Bacillus sp.**

Většina příslušníků rodu *Bacillus* jsou neškodné mikroby, vyskytující se ve vnějším prostředí. Pokud se vyskytnou v kultivaci klinického vzorku, jde pravděpodobně o kontaminaci. Bacily tedy nejsou ve stěrech z lůžka závažným nálezem. Problém by byl jen tehdy, pokud by byly prokázány ve stěru z plochy, která má být sterilní (např. operační pole po dezinfekci). [14]

Mezi další grampozitivní bakterie patří dále také *Corynebacterium*, která vzácně způsobuje angíny, *Erysipelothrix rhusiopathiae*, která může vyvolat nemoc zvanou erysiploid (zvláště u chovatelů dobytka apod.), *Listeria monocytogenes*, která napadá potraviny nebo *Enterococcus faecalis* a *E. faecium*, která patří mezi nejběžnější původce močových infekcí [14]

## **1.1.6. Gram-negativní bakterie**

### **Escherichia coli**

Patří mezi nejznámější a nejvýznamnější bakterie vůbec. Název má po rakouském pediatrovi Theodoru von Escherichovi. Z klinického hlediska je významná jako střevní komenzál, který chrání svého hostitele před patogeny a nadto se podílí na tvorbě některých vitamínů, zejména

K. Ve střevě však může být i patogenem – týká se to především specifických kmenů, které jsou v rámci druhu serovary nebo (i) biovary. Označují se jako EPEC (enteropatogenní, dyspeptické – průjmy novorozenců a kojenců), ETEC (enterotoxické), EIEC (enteroinvazivní), STEC (shiga-like toxigenní) apod. *Escherichia coli* je ale také nejběžnějším původcem zánětů močového měchýře a občasným původcem dýchacích infekcí, sepsí, nemocničních infekcí apod. [14]

### **Klebsiella sp**

Patří mezi klinicky nejvýznamnější enterobakterie. Fyziologicky může být nalézána ve střevě, je ale obávaným patogenem močových a dýchacích cest, a to zejména u hospitalizovaných pacientů (nemocniční infekce). V Česku je to právě rod *Klebsiella*, který je nejčastějším nositelem obávané rezistence – produkce širokospektré betalaktamázy (ESBL). [14]

### **Enterobactersp.**

Je blízký rodu *Klebsiella*, biochemické odlišení je obtížné, odliší ho však např. přítomnost pohybu. [14]

### **Proteus mirabilis a Proteus vulgarit**

Dva druhy proteů, které se nejběžněji vyskytují v klinickém materiálu (příčemž *P. vulgaris* je navzdory svému názvu asi desetkrát méně častý než *P. mirabilis*). Oba se vyskytují ve střevě i za fyziologických okolností, patří však k častým patogenům v močových cestách i jinde. [14]

### **Salmonella enterica**

Do tohoto jednoho druhu dnes patří všechny klinicky významné salmonely – týká se to antropopatogenních serovarů Typhi, Paratyphi A, B a C, které způsobují celkové septické onemocnění s výraznou bolestí hlavy (břišní tyfus – starší český název "hlavnička") i serovarůzoopatogenních (*Enteritidis*, *Typhimurium* aj.), pro něž je člověk při přenosu slepou uličkou, a proto u zdravého člověka vyvolají zpravidla pouze střevní příznaky (*salmonelózu*). [14]

### **Shigella**

Čtyři druhy tohoto čistě lidského patogena jsou původci tzv. baciární úplavice (dysenterie). Je to průjem s bolestivým nutkáním na stolici. U nás je nyní poměrně vzácná, neboť vodní zdroje, dříve často kontaminované, jsou nyní hlídány, a přenos špinavými rukama hraje roli jen v nižších socioekonomických vrstvách. [14]

## **Yersinia pestis**

Původce moru, klasického onemocnění, které ve středověku kosilo Evropany po tisících a které se dodnes vyskytuje v jižní Asii, jihovýchodní Africe, ale sporadicky i v některých částech USA, kde jsou zdrojem volně žijící čimpankové (veverkám příbuzní hlodavci). [14]

## **Pseudomonas aeruginosa**

Zdaleka nejdůležitější a nejčastější patogen ze skupiny tzv. gramnegativních nefermentujících bakterií. Je to klasický oportunní patogen, který není schopen napadnout zdravého člověka s nepoškozenými imunitními mechanismy. Typická je infekce popálenin, bérkových vředů a jiných plošných ran. [14]

U výrazně oslabených osob způsobuje nozokomiální infekce, při kterých je pak nalézána z hemokultur i nejrůznějších dalších klinických materiálů. Typická je také nákaza dětí s vrozenou chorobou plic, tzv. cystickou fibrózou. [14]

Dále do skupiny gram-negativních bakterií řadíme *Yersinia enterocolitica*, která je způsobuje průjemové onemocnění, *Vibrio cholerae*, která způsobuje cholera a také průjemové onemocnění, *Aeromonas* způsobuje občasné infekce ran např. při kuchání ryb nebo při koupání v poloslaných lagunách, *Burkholderia cepacia*, který je jeden z dalších častých původců nemocničních infekcí, *Campylobacter jejuni*, která je svým průběhem onemocnění závažností srovnatelná se salmonelózou. [14]

Dále zde řadíme *Helicobacter pylori*, *Haemophilus influenzae*, *Haemophilus parainfluenzae*, *Pasteurella multocida*, *Legionella pneumophila*, *Bordetella pertussis* a *B. parapertussis*, *Francisella*, *Brucella* sp., *Neisseria gonorrhoeae* (gonokok), *Neisseria meningitidis* (meningokok), *Moraxella catarrhalis* (dříve *Branhamella catarrhalis*) a *Gardnerella vaginalis*. [14]



## 1.2. Viry

Viry jsou nebuněčné (skupina subcelullata) parazitické organismy. Samy o sobě jsou neaktivní a k rozmnožování potřebují hostitelskou buňku (nemají vlastní proteosyntetický aparát). Při tomto "využití" často způsobí smrt napadené buňky. Proto jsou viry označovány jako vnitrobuněční parazité. [15]

### 1.2.1. Historie výzkumu

Slovo „virus“ původně znamenalo „jed“, nicméně v pozdní fázi 19. století se stalo synonymem pro termín „mikrob“. Postupně se ukazovalo, že některé mikroorganismy jsou poněkud zvláštní v tom, že se nezachytí na mikrobiologickém sítu tak, jako to dělají bakterie. Naopak, tyto mikroby procházely sítím a filtrát byl stále infekční. Postupně se objevovaly další a další příklady takových mikroorganismů a v roce 1928 vyšlo kompendium všech známých virů, nazvané *Filterable Viruses*, tedy „filtrovatelné viry“. Až postupně byl přívlastek „filtrovatelné“ vypuštěn a slovo virus získalo jednoznačný význam – takový, jak ho chápeme dnes. [16]

Až do konce devatenáctého století byly infekce přisuzovány vesměs bakteriím a o existenci něčeho menšího se nevědělo. Skutečný průlom nastal až v roce 1892, kdy ruský botanik Dmitrij Ivanovskij provedl slavný pokus s extrakty z tabáku napadeného tzv. tabákovou mozaikou. Když tento extrakt přecedil přes síto, jímž žádné bakterie neprojdou, filtrát byl stále infekční. Sám Ivanovskij příčinu tohoto jevu neodhalil a stále hledal původce tabákové mozaiky mezi bakteriemi. Roku 1898 pokus zopakoval Martinus Willem Beijerinck. Ten popsal infekční částice jako tzv. *contagiumvivum fluidum* (z lat. „nakažlivá živoucí tekutina“). [16]

Brzy byla objevena celá řada virů zodpovědných za různá onemocnění. Prvním objeveným virem napadajícím živočichy byl virus slintavky a kulhavky (1898), prvním objeveným lidským virem byl v roce 1900 virus žluté zimnice. V roce 1911 objevil Peyton Rous první virus způsobující nádorové bujení (tzv. Rousův sarkom). [16]

V prvních etapách dvacátého století však stále nebylo jasno, co vlastně jsou viry zač – tyto dohady vyřešil až d'Herelleho plakový test (1917) a především první elektron-mikroskopický snímek virů (1939). [16]

V první polovině dvacátého století také bylo prokázáno, že se viry skládají z proteinů a nukleových kyselin. Od 60. let 20. století vědci začali používat viry jako modelové organismy ke studiu obecných procesů, které následně bylo možno zobecnit na všechny pozemský život – zejména v souvislosti s rozvojem genového inženýrství. Dochází k rozvoji

poznatků o roli virů ve vzniku rakoviny či třeba k vývoji nových vakcín proti virovým onemocněním. Velkou výzvou pro virology byl, a stále je, virus HIV.[16]

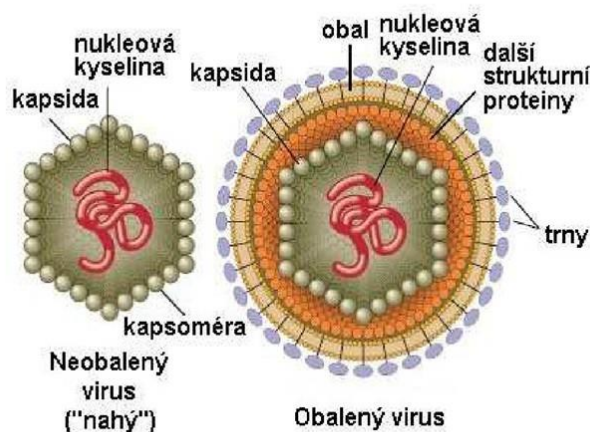
### 1.2.2. Rozdělení virů

Dle složení genetické informace: [15]

- RNA viry
- DNA viry

### 1.2.3. Stavba

Stavba viru je velmi jednoduchá. Základní část (jakousi obdobu buněčného jádra) tvoří nukleová kyselina a okolo ní je bílkovinný obal – kapsida. Dále mají některé viry ještě membránový obal (obalené viry), jeden nebo více bičíků (např. některé bakteriofágy) nebo si v kapsidě dokonce přinášejí některé enzymy, potřebné pro rozmnožení viru (např. reverzní transkriptáza u retrovirů). Důležité jsou povrchové glykoproteiny viru, díky kterým se virová částice může vázat na specifické receptory buněk. [15]



Obrázek 6 - Stavba viru  
Zdroj: <https://slideplayer.cz/slide/4876743/>

#### **1.2.4. Patogenní viry**

Genetickou informaci u virů tvoří DNA nebo RNA (ale nikdy oba typy naráz). Tato DNA může být jednořetězcová i dvouřetězcová (častěji), lineární i cyklická. I RNA najdeme jako jednořetězcovou nebo dvouřetězcovou molekulu (lineární nebo segmentovaná podoba). [15]

#### **1.2.5. DNA viry**

##### **Orhtopoxvirus (virus varioly)**

Způsoboval onemocnění pravými neštovicemi. V roce 1977 byl vymýcen čili eradikován jako vůbec první významný lidský patogen. [14]

##### **Viry prostého oparu (varicellazoster virus. VZV)**

Tento virus způsobuje bolestivá onemocnění s postižením kůže, sliznic a periferních nervů. Jsou-li branou vstupu rty a ústa, projeví se primární infekce zpravidla jako herpetická gingivostomatitida, tedy bolestivý zánět sliznic ústní dutiny. Jsou-li branou vstupu pohlavní orgány, je primární i sekundární zánět lokalizován zde. Sekundární infekce se v tom případě označuje jako herpes genitalis (opar pohlavních orgánů). Existují dva typy viru – HSV1 a HSV2. Oba mohou postihovat jak okolí rtů, tak i genitálií. [14]

##### **Virus neštovic a pásového oparu**

Obě nemoci způsobuje jeden virus. Do organismu vniká dýchacími cestami, pomnoží se v mízních uzlinách a šíří se krví. Primární infekce se projevuje jako plané neštovice. Poté se virus usazuje v nervových gangliích (latentní infekce) a odtud se může po letech uvolnit do zóny inervace příslušného nervu. Tomuto onemocnění říkáme pásový opar a je aktivizováno např. stresem. [14]

##### **Cytomegalovirus**

Název je odvozen od zvětšení infikovaných buněk. Přítomny pak bývají typické cytomegalové inkluze, barvitelné speciálním barvením. Klinické projevy nemusí být žádné (to nejčastěji), nebo jsou neurčité, a to v případě primární i aktivované infekce. Méně často jsou postiženy různé orgány, velmi závažné jsou například oční infekce. Do těla vniká různými cestami. Šíří se krví. [14]

##### **Viry HHV6 a HHV7**

Tyto infekce probíhají nejčastěji děti ve věku šest až devět měsíců. Přenos je možný kontaktem. Infekce HHV6 a HHV7 je neurčité onemocnění s horečkou, jen někdy také vyrážkou. [14]

### **Virus Epstein – Barrové (EBV, lymphocryptovirus, virus infekční mononukleózy)**

Tento virus způsobuje infekční mononukleózu. Napadá lymfocyty B a narušuje různé složky imunity. Může poškodit také játra. Příznaky nemusí být žádné, nebo může být angína (obtížné rozlišení od bakteriální infekce), postižení jater a různé jiné příznaky. Virus je rakovinotvorný, je spojován zejména s tzv. Burkittovým lymfomem. Přenáší se líbáním, protože je vylučován slinou. Do těla tedy vstupuje ústy. [14]

### **HHV 8 – Rhadinovirus (virus spojený s Kaposiho sarkomem)**

Primární infekce může připomínat infekční mononukleózu, ale bez heterofilních protilátek. Zřejmě má souvislost s Kaposiho sarkomem, zvláštním typem nádoru u pacientů s AIDS. Diagnostika je zatím spíše experimentální. [14]

### **Lidské adenoviry**

Mohou vyvolávat rýmy, záněty hltanu, záněty spojivek (od lehčích až po závažné). Typy 40 a 41 (lišící se také tím, že se nedají kultivovat) způsobují průjmy malých dětí. Jeden typ také může způsobovat zánět močového měchýře s krvácením. Diagnostika může být kultivační (na tkáňových kulturách) a serologická (komplementfixace). Cílená léčba není možná. [14]

### **Lidský papilomavirus (HPV)**

Lidské papilomaviry mohou vyvolávat lokální infekce, které zůstávají v bráně vstupu. Mohou to být bradavice na různých částech kůže, nebo stopkaté výrůstky zvané condylomata accuminata, které se vyskytují např. na genitáliích. [14]

## **1.2.6. RNA viry**

### **Rotavirus**

Jsou to nejdůležitější původci závažných průjmů u kojenců a malých dětí, ale i u seniorů. [14]

### **Coxsackieviry, echoviry a enteroviry 68, 69, 70 a 71**

Je to celkem 71 typů virů, jejichž infekce mohou probíhat bez příznaků, nebo se mohou projevovat nejrůznějšími příznaky. Mohou to být „aseptické“ meningitidy, vyrážky, dýchací infekce, postižení svalů, mízních uzlin, horečky, záněty spojivek aj. [14]

### **Rhinovirus**

Rhinoviry jsou viry rýmy. Vyvolávají více než polovinu případů akutní rýmy. [14]

### **Rubivirus (virus zarděnek, rubeoly)**

Virus zarděnek (rubeo = zardívám se) je čistě lidským virem. Zarděnky jsou benigní dětské onemocnění. Přenášejí se vzduchem. [14]

### **Lidské koronaviry a virus SARS**

Koronaviry jsou oválné viry se spirální symetrií, velké 100–150nm. Koronaviry jsou viry, způsobující především respirační potíže; jsou zodpovědné za přibližně čtvrtinu případů infekční rýmy. Zvláštním koronavirem, odlišným od jiných, je původce SARS. [14]

### **RS virus (respirační synciciální)**

RS-virus je významným patogenem dolních cest dýchacích v prvním půlroce života, RS virózy se na kojeneckých odděleních mohou vyskytovat i hromadně. [14]

### **Virus marburgské horečky a virus horečky Ebola**

Obávané tropické choroby. V obou případech jde o horečky s vyrážkou a dalšími příznaky. Léčba prakticky neexistuje, smrtnost je prakticky stoprocentní. [14]

### **Orthomyxovirus (virus chřipky A, virus chřipky B a virus chřipky C)**

Chřipka je respirační, ale i systémové onemocnění. Oproti běžným představám nejsou běžné příznaky horních cest dýchacích (rýma, bolest v krku). Je přítomen pouze suchý kašel. Výraznější jsou celkové příznaky – horečka, schvácenost, bolesti kloubů. [14]

### **Viry hepatitid**

Existuje pět hlavních typů virových hepatitid VHA až VHE, které způsobují viry HAV až HEV. Každý patří do jiné skupiny, většina jsou RNA viry, ale virus hepatitidy B je DNA virus. Hepatitidy jsou o infekčním zánětu jater, lidově zvané žloutenky. [14]

Dále řadíme Virus klíšťové encefalitidy, Poliovirus, Viry parachřipky, Virus příušnic, Morbillivirus (virus spalniček), Lyssavirus (virus vztekliny, lyssy, rabies), Bunyaviry a hantaviry, Virus lymfocytární choriomeningitidy, Virus HIV (AIDS).[14]

### 1.3. Infekční onemocnění

Infekce neboli nákaza je stav, kdy do těla pronikly infekční mikroorganismy, jako jsou bakterie, viry či paraziti a vyvolali onemocnění. Tělo má pro obranu proti infekcím připravené účinné zbraně v podobě složitého imunitního systému. Imunitní systém používá v boji proti nakažám dvě hlavní zbraně. První je výroba protilátek a druhá je imunita zprostředkovaná buňkami. [5]

#### Rozdělení infekcí dle původce: [13]

- Oportunní (fakultativní) patogen
  - Využívá příležitost (oslabený hostitel, např. E. coli)
- Obligátní patogen
  - Způsobuje onemocnění zdravých lidí (např. Corynebacterium diphtheriae)

#### Rozdělení infekcí dle rozsahu zásahu: [13]

- Lokální – omezená na místa vstupu (rýma)
- Fokální – ložisko, příznaky jinde (revma)
- Systémová – celý systém (meningitida)
- Generalizovaná – celková (břišní tyfus)

#### Rozdělení dle délky průběhu: [13]

- Akutní (ve dnech)
- Subakutní (v měsících)
- Fulminantní
- Chronická (v letech)

Obecně vzato lze říci, že těch bakterií, které jsou pro lidi neškodné, ba dokonce prospěšné, je naprostá většina. Ty bakterie, které napadají člověka a způsobují u něj onemocnění, bychom mohli rozdělit na ty, které onemocnění způsobí vždy (bakterie tuberkulózy, moru, cholery apod.) a na ty, které onemocnění obvykle nezpůsobují. Sem se řadí bakterie, které jsou součástí tzv. mikroflóry, to znamená, že se přirozeně vyskytují na kůži, ve střevě, v hltanu a dutině ústní. K infekci v tomto případě dojde, pokud je člověk oslaben, anebo se bakterie dostane ze svého běžného umístění někam jinam (Escherichia coli, Staphylococcus epidermidis, Streptococcus pyogenes aj.). Dalším činitelem ovlivňujícím vznik infekce je odolnost bakterií vůči prostředí. Pokud se totiž bakterie má přenést ze

zvířete/prostředí/jiného člověka na daného jedince, musí být schopná přežít přenos. Proto se některé bakterie, které jsou citlivé vůči teplotě, tlaku, vlhkosti, záření apod., mohou přenášet pouze pohlavním stykem (*Neisseria gonorrhoeae* – původce kapavky), kdy je kontakt nejtěsnější. O něco více odolné se přenášejí vzduchem, dotekem, kapénkami, vodou, jídlem. Existují však bakterie, které jsou schopny v prostředí přežít i několik staletí (původce tetanu). Samostatnou skupinou jsou bakterie, které přenášejí krev sající členovci (komár, blecha, klíště). [5]

### **1.3.1. Imunitní systém**

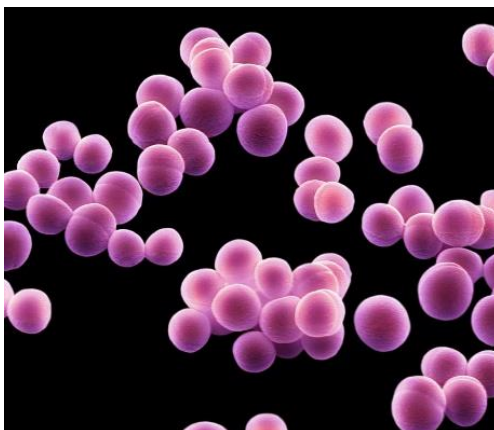
Tělo má pro obranu proti infekcím připravené účinné zbraně v podobě složitého imunitního systému. Předtím než proniknou do těla, musí mikroorganismy projít kůží – kůže slouží jako prvotní bariéra proti infekci. Mnoho nákaz však vstupuje do těla dýchacími cestami nebo trávící trubicí, a tak se kožní bariéry vyhnou. Po průniku do těla může mikroba napadnout a pohltnout fagocytující buňka – bílá krvinka, která pohlcuje a ničí bakterie a viry. Jsou to velké bílé krvinky kolující jednak v krvi, jednak usazené v tkáních. V některých případech zahyne spolu s mikroorganismem i fagocytující bílá krvinka, výsledkem je vznik hnisu, což jsou vlastně nahromaděné mrtvé bílé krvinky a bakterie. Aktivita a účinnost těchto bílých krvinek závisí na celkovém stavu imunity. [5]

Imunitní systém používá v boji proti nákazům dvě hlavní zbraně. První je výroba protilátek. Jsou to velké bílkovinné molekuly kolující v krevním oběhu a v tkáňové tekutině, které se vážou na povrch určitých mikroorganismů a usnadňují tak jejich napadení fagocytujícími buňkami. Někdy navázání protilátky zbaví vetřelce aktivity, například zabrání virům pronikat do buněk. A konečně vede vazba protilátky na povrch mikroba k spuštění kaskády chemických reakcí, které vedou k jeho zničení. [5]

Druhou zbraní imunitní soustavy je imunita zprostředkovaná buňkami. Účastní se jí buňky nazývané lymfocyty, neboť pocházejí z lymfatického systému. Jsou určeny k tomu, aby s některými mikroorganismy reagovaly a zabíjely je. Mimoto také produkují látky, které zvyšují aktivitu fagocytujících buněk a nutí je napadat proniknuvší mikroorganismy. [5]

## 1.4. Antibakteriální úprava

Pro přehlednost byly v této části popsány dostupné prostředky a metody, které se dnes běžně používají k antimikrobiální aktivaci povrchů. Na úvod je zde stručně popsáno, co vlastně takové mikroorganismy dokáží zapříčinit v našem okolí. Mikroorganismy se přes textil snadno šíří a mohou způsobovat vážné infekce. Mezi mikroorganismy způsobující nemoci se například řadí *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* (obrázek č.7) a *Klebsiella pneumoniae*. [17]



Obrázek 7 - *Staphylococcus epidermidis*

Zdroj: <https://fineartamerica.com/featured/2-staphylococcus-epidermidis-bacteria-steve-gschmeissner.html>

Antimikrobiální úpravy lze řadit do dvou skupin, a to; bakteriostatické (takové úpravy, které inhibují růst bakterií, resp. způsobují jejich úhyn v průběhu času) a baktericidní (takové, které více či méně selektivně zabíjejí bakterie). Na úpravy se zpravidla již využívají některé ověřené prostředky, například kovy a kovové sloučeniny (stříbro, měď, zinek, kysličníky, sulfity kovů, keramika s obsahem kovů), estery mastných kyselin, fenolické sloučeniny (chloroxifenol), živočišné polysacharidy (chitin, chitosan), kvartérní amoniové kyseliny, N-felamidy. Tyto látky se v řadě případů přidávají jako aditiva do polymerních tavenin před procesem zvláknování. Další možností je aplikace během fáze zušlechťování. Z hlediska přípravy dělíme antibakteriální látky na postupně rozpustné ve vodě – (kovové soli a kovy) nebo pevně vázané na vlákno (chitin a chitosan vázaný pryskyřicí). [17]

Obecně mikroorganismy, které napadají textil, mohou být vážným problémem. Mezi textilie řadíme např. vlnu, hedvábí, bavlnu, nylon atd. Optimální afinita k vlhkosti a přirozená vlastnost těchto textilií by mohla být příznivá pro nepřátelské organismy, zejména těch, které se používají v nemocnicích, kojeneckém oblečení, spodním prádle a sportovních oděvech, tzn. těch, které mají vysoké šance na kontakt s bakteriemi. Mikroorganismy na textilním povrchu mohou způsobit výskyt skvrn, tvorbu bublin na barevném povrchu, pronikání do dutiny přírodního vlákna a mohou mít také nepříznivý



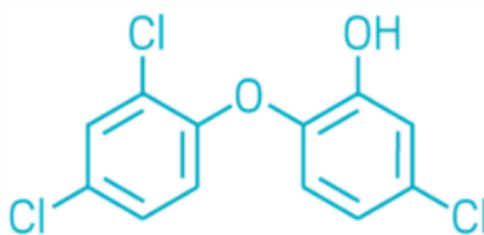
vliv na mechanickou pevnost, úbytek hmotnosti, změnu chemických a dalších vlastností. [18]

Mezi nejčastěji používané textilie, které se využívají k antibakteriální aktivaci povrchů je bavlna. Navíc je obecně známo, že bavlna má sama o sobě antibakteriální účinky, které se využívají zejména ve zdravotnictví, nejčastěji jako ložní prádlo.

### 1.4.1. Druhy antibakteriálních úprav

#### Triclosan

Triclosan (triklosan) je antiseptický a dezinfekční prostředek. Je to halogen obsahující derivát fenolu, a je používán v kosmetice a zubních pastách. Při používaných koncentracích funguje, jako biocid. V nižších koncentracích funguje bakteriostaticky. Má široké spektrum účinku proti gram-pozitivním i gram-negativním bakteriím. Tato sloučenina také nabízí ochranu proti roztočům a používá se ve spreji nebo prášku. Vzhledem k jeho antibakteriálním vlastnostem našel triclosan široké použití v různém spotřebním zboží, včetně zubních past, mýdel a deodorantů. [19]



Obrázek č.8 - Strukturní vzorec Triclosanu

Zdroj: <https://cen.acs.org/articles/95/web/2017/12/US-FDA-halts-use-triclosan.html>

Změny EU v legislativě (EU – 5282012) o triclosanu:

Evropská komise se rozhodla neschválit používání biocidní aktivní látky triclosan. Toto rozhodnutí bylo zveřejněno evropskou komisí 24. dubna 2014. Zastavení aktivních biocidních výrobků, které obsahují triclosan je 12 měsíců u jejich uvedení do oběhu a 18 měsíců za jejich použití v rámci EU ode dne vydání (24. dubna 2014). Proto aktivní biocidní látky, které obsahují triclosan mohou být poskytnuty v rámci EU až do 24. dubna 2015 a poté mohou být ještě 6 měsíců používány pro jednotlivé produkty. Tyto produkty mohou být uváděny na trh v rámci EU nejpozději do 1. března 2017. [19]

#### Chitosan

Chitosan je kationtový polysacharid. Vlastnosti chitosanu dokazují zrychlení hojení ran. Je žádan v medicíně, kosmetice, zemědělství, biochemických systémech. Existuje také mnoho studií, které ukazují, že chitosan a chitin zrychlil hojení ran v mnoha klinických případech.

Chitin a chitosan je používán v podobě vláken, prášků, granulí. Chitosan získaný ze schránek krabů, krevet a jiných korýšů, je netoxický, biodegradabilní a biokompatibilní přírodní polymer, a již dlouho se používá ve farmaceutickém, lékařském a potravinářském průmyslu. Chitosan má dobré antibakteriální vlastnosti a je jedním z nejbezpečnějších a nejvíce efektivních antibakteriálních činidel. Často používán jako antibakteriální povrchová úprava pro bavlnu. [19]

Článek z roku 2016 popisuje jednoduchou metodu pro přípravu jednorázových nízkonákladových zcela přírodních lékařských oděvů na bázi bavlněných vláken, přírodního gumového latexu a chitosanu. Chitosan byl imobilizován na celulóze pomocí latexu z přírodního kaučuku. Ve studii výzkumníci sledovali morfologii, hydrofilnost a antibakteriální vlastnosti materiálu. Co se týče hlavně antibakteriální aktivity, vzorky byly hodnoceny proti gram-negativním bakteriím i gram-pozitivním bakteriím. Výsledek ukazuje na to, že čím více je použito chitosanu, tím větší má textilie antibakteriální účinky. Z toho tedy plyne závěr, že nejlepší využití chitosanu na bavlně je opravdu pouze jako jednorázový obvazový materiál. [20]

### **Cyclodextrin**

Cyklodextriny (CD) jsou toroidní tvary cyklických oligosacharidů s hydrofilním vnějším povrchem a hydrofobním dutým vnitřkem, který může polapit obrovské množství lipofilních sloučenin na jejich hydrofobní dutiny, v závislosti na jejich velikosti a molekulární struktuře. Pozoruhodná schopnost cyklodextrinu zahrnout hydrofobní sloučeniny bylo využíváno v několika oblastech, od léčiv po kosmetiku. Cyklodextriny a jejich deriváty se používají v textilním oboru, neboť stálá vazba CD na textilních vláknech má tu výhodu, že začlenění jejich vlastností vůči bioaktivním molekulám se stalo skutečnou hodnotou modifikovaných vláken. [19]

### **Plazmové naprašování**

Konvenční dokončovací techniky aplikované na textil používají mokré chemické procesy a produkují velké množství odpadních vod. Plazma je suchá a ekologická technologie, která nabízí atraktivní alternativu přidávat nové funkce, jako je voděodolnost, dlouhodobá hydrofilita, mechanické, elektrické a antibakteriální vlastnosti. [19]

V posledních letech byly objeveny inovativní aspekty týkající se používání potažených tkanin. Nátěry mohou být aplikovány na textilie, a tím ovlivňují jejich světlostálost, elektrickou vodivost, tepelnou izolaci nebo dekorační účely. [19]

Antibakteriální vlastnosti textilií mají zvýšený význam, pokud jsou vystavovány zvýšené biologické aktivitě, jako je blízký kontakt na půdě, nebo ve vlhkém prostředí. V posledních letech byla použita k úpravě textilu fyzikální depozice par (PVD), díky spojeným zásluhám, jako je šetrnost k životnímu prostředí a procesu bez rozpouštědel. Povlak elektrodou je jednou z nejčastěji používaných technik v PVD, který byl široce používán ve skleněném, keramickém a mikro-elektronickém průmyslu. Tato technika vytváří velmi tenký kovový nebo keramický povlak na širokou škálu substrátu, které mohou být buď kovové, nebo nekovové v různých formách. Technika může být taky použita pro potahování textilních materiálů v technických aplikacích. [19]

Výhody rozprašování jsou následující: jednoduchý proces, úspora času, ochrana životního prostředí a výsledný povlak s vynikající přilnavostí k podkladu.[19]

### **Úpravy na bázi kovových solí**

V současné době mezi se mezi neznámější antibakteriální úpravu řadí aplikace nanočástic. Obecně platí, že nanotechnologie získává zájem o použití nanočástic (NP), aby se zabránilo degradaci a změně zabarvení textilu mikroorganismy a současně bránilo šíření bakterií. V posledních několika letech byly jako jeden z nejslibnějších způsobů výroby antibakteriálních textilií zkoumány NP na bázi kovů, jejichž struktury daly novou funkčnost a schopnost zlepšit nedotčenou textilií z hlediska fyzického, chemického i biologického. V současné době jsou běžnými kovovými NP používanými při vývoji antibakteriální textilie stříbro (Ag), oxid zinečnatý (ZnO), měď (Cu) a oxid titaničitý (TiO<sub>2</sub>). Rovněž byly provedeny výzkumy jiných NP na bázi kovů, jmenovitě železa, oxid ceričitý (CeO<sub>2</sub>), zlato (Au), oxid křemičitý (SiO<sub>2</sub>), nikl (Ni) a platina (Pt), které byly zkoumány pro použití v biocidním textilním poli. Tyto materiály na bázi kovů mají kromě antibakteriálních vlastností své vlastní jedinečné vlastnosti, které dále zlepšují textilní úpravu.[18]

Stříbro ve vlhkém prostředí emituje ionty Ag<sup>+</sup>. Ionty Ag<sup>+</sup> pronikají do buňky bakterií, kde přeruší nejdůležitější životně významné funkce v mikroorganismu, bez kterých je buňka růst bakterie potlačen, nebo častěji je usmrcen.[19]

Nanočástice stříbra jsou jedním z nejslibnějších baktericidních látek na bázi kovů, které jsou široce používány v mnoha průmyslových oborech. Uvádí se, že stříbro je velmi univerzální k inhibici přibližně 650 druhů bakterií. [18]

Výroba textilu roubovaného stříbrem byla vyvinuta pro domácí, lékařské a další funkce. V lékařské aplikaci se aplikuje na obvazy, rány a chirurgické nitě. Zatímco pro domácí oděvy se používá pro sportovní oblečení, spodní prádlo a vojenské uniformy. Jeho antibakteriální

účinnost je vynikající ve srovnání s jinými materiály na bázi kovů, jako jsou Cu, ZnO a TiO<sub>2</sub>. Stříbro poskytuje vysoký antibakteriální účinek i při malém použití dávky a není pro člověka škodlivé. [18]

Většina vědců se intuitivně domnívá, že růst inhibice bakteriálních buněk pomocí Ag je způsoben přítomností iontů Ag<sup>+</sup> a nanočástice. Podle dvou vědců (Quay a Stellacci) nanočástice stříbra aglomerují kolem bakteriální membrány a tím vyvolávají snížení integrity bakteriální membrány vedoucí k následné buněčné smrti. Tento fyzický způsob antibakteriálního působení závisí na velikosti nanočástice Ag, aby se usnadnil průnik těchto částic buněčnou membránou do intracelulární matrice a spustil cytotoxický mechanismus. Kromě toho několik studií odhalilo, že nanočástice Ag indukují tvorbu reaktivních druhů kyslíku (ROS), které se akumulují a vytvářejí velmi vysoký oxidační stres uvnitř buňky a inaktivují buňku. Stříbro je klasifikováno jako oligo-dynamický kov a působí jako můstkové činidlo, které vytváří vazby s několika thioley, což způsobuje nevratnou agregaci molekul nesoucích thiol a následně inaktivuje biologický systém bakteriálních buněk. Ve srovnání s jinými antibiotickými činidly se Ag<sup>+</sup> ionty mohou nespecificky vázat na širokou škálu cílů, narušovat buněčný metabolismus a vést k buněčné smrti.[18]

**Tabulka č. 1 - Příklady testování Ag s aditivem na bavlně:[18]**

<b>Aditivum</b>	<b>Velikost nanočástice (nm)</b>	<b>Testovaný mikroorganismus</b>	<b>Výsledný efekt</b>
<b>Butylakrylát</b>	25-30	E.coli, S. aureus	≥99% snížení jak pro S. aureus, tak pro E. coli
<b>Chitosan</b>	12	E.coli, S. aureus	≥99% snížení jak pro S. aureus, tak pro E. coli
<b>Alginát sodný</b>	30-60	E. coli, S. aureus, P. aeruginosa	Hodnoty minimálně inhibiční koncentrace proti S. aureus byly nižší ve srovnání s hodnotami proti P. aeruginosa a E. coli.

Jiaojiao Liu, Xinghuan Lin a Hui'e Liang se ve své studii z roku 2019 věnovali antibakteriální úpravě barvených bavlněných tkanin a UV odolným materiálům. Ve své práci využili oxidu titaničitého ke zlepšení odolnosti proti UV záření. Včetně oxidu aplikovali na textilii antibakteriální činidlo hydrochlorid berberinu ve formě barviva. K barviva dále přidali kyselinu fytovou, která propůjčila textilii světlostálost. Takto ošetřené textilie

vykazovaly vynikající stálost UV záření a dobré samočistící vlastnosti díky aplikaci na bavlně. Nejdůležitější je však to, že ošetřené bavlněné textilie ilustrovali pozoruhodnou antimikrobiální aktivitu proti *Staphylococcus aureus* a *Escherichia coli* s bakteriální redukcí během 60 minut kontaktní doby. [21]

### **Nootkaton**

Nootkaton je jedním ze seskviterpenů obsažených v citrusových slupkách, zejména v grapefruitech. Je známo, že nootkaton má různé fyziologické aktivity, jako jsou antioxidační a antifibrotické účinky. [22]

Takayoshi Yamaguchi ve své studii z roku 2019 prokazuje, že nootkan vykazuje antibakteriální účinky proti gram-pozitivním bakteriím, jako jsou *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Listeria monocytogenes*, *Corynebacterium diphtheriae* a *Bacillus cereus*, přičemž antibakteriální účinek proti *C. diphtheriae* je nejvýraznější. Proti gramnegativním bakteriím však nebyly pozorovány žádné inhibiční účinky na růst ani baktericidní aktivita. Tato studie tedy prokázala antibakteriální účinnost nootkatonu, což naznačuje, že nootkaton by mohl být potenciálním kandidátem na vývoj nových antibakteriálních látek. [22]

### **Juniperus chinensis**

*Juniperus chinensis*, běžně známý jako čínský jalovec, pochází z východoasijských zemí a je široce používán jako okrasná rostlina. Bylo zjištěno, že má silnou antimikrobiální aktivitu, antifungální a protinádorovou aktivitu *Juniperus chinensis* dohromady s PVA tvoří nanovlákná a tato studie prokázala vynikající antibakteriální vlastnosti proti grampozitivním i gramnegativním bakteriím. Vkládání výtažků *Juniperus chinensis* do nanovláken je nový pokus a může být užitečné pro biomedicínské aplikace, jako je obvaz na rány, antibakteriální funkční oděvní materiály atd. [23]

## **1.4.2. Hodnocení antibakteriálních úprav**

Jedna z nejdůležitějších nezbytností při hodnocení textilií je udržet si přehled o regulačních požadavcích a průmyslových standardech. K tomuto účelu právě slouží normy, které se ale neustále mění a vyvíjejí. Pravidelné pozorné sledování těchto změn může zajistit úspěšné testování. To znamená, že po celou dobu testování je třeba se ujistit, že testujeme dle uznávaných standardů po celou dobu vývoje produktu.

## AATCC

AATCC (Americká asociace textilních chemiků a koloristů) je mezinárodně uznávaná světová organizace pro své standardní metody hodnocení vláken a textilií pro takové výkonnostní charakteristiky, jako je stálost barev, vzhled, uvolňování nečistot, změna rozměrů a odolnost proti vodě. [24]

Společnost byla založena v roce 1921 a nadále se vyvíjí tak, aby vyhovovala potřebám lidí v neustále se měnícím textilním, oděvním a materiálovém průmyslu. [24] Všechny aktuální standardy AATCC jsou aktualizovány v každoroční technické příručce. Každá zkušební metoda je označena číslem následovaným rokem poslední technické revize.[26]

AATCC vlastní a aktualizují dvě zkušební metody na vyhodnocování antibakteriální úpravy textilií. Jedná se o zkušební metodu AATCC TM100-2019, Test Method for Antibacterial Finishes on Textile Materials: Assess [25] a dále AATCC TM147-2011 (2016e), Test Method for Antibacterial Activity of Textile Materials: Parallel Streak.

Dále existují další dvě technické normy, a to ČSN EN ISO 20743 Textilie – Zjišťování antibakteriálního účinku textilních výrobků a ČSN EN ISO 20645 Plošné textilie – Zjišťování antibakteriální aktivity – Zkouška šíření agarovou destičkou. [27]



Obrázek č. 9 – Agarová destička

Zdroj: <https://www.biovendor.cz/endo-agar-desticka-d-endo-/p91.98395/>

### AATCC TM100-2019

Tato zkušební metoda poskytuje kvantitativní postup pro hodnocení stupně antibakteriální aktivity. Je zde hodnocen faktor redukce, který udává o kolik procent došlo ke snížení inokulované koncentrace bakterií.

Test probíhá se dvěma bakteriálními druhy *Staphylococcus aureus* a *Klebsiella pneumoniae*, které jsou inokulovány přímo na vzorky. Vyočkování probíhá v čase nula a obvykle po 24 hodinách, v obou případech se spočítají kolonie (CFU) a vypočte se R (redukce v %). Nejlépe je porovnávat vzoreček ošetřený oproti referenci (slepému neošetřenému vzorku). [27, 25]

Zjednodušeně se jedná o porovnávání dvou kusů textilu – jeden ošetřený antimikrobiální látkou a jeden ne. Spolu s kontrolami ve standardu je tento test nadále zavedenou metodou pro poskytování údajů o antimikrobiální aktivitě pomocí testu in vitro (tzn. test ve zkumavce či Petriho misce). [29]

#### **AATCC TM147-2011 (2016e)**

Je metodou orientační a předchází, nebo měla by předcházet metodě AATCC 100. Antibakteriálně ošetřený vzorek je umístěn na agarovou plotnu, na které je v několika pruzích inokulována bakterie *Staphylococcus aureus*, případně *Klebsiella pneumoniae*. Po 24 hodinách inkubace se hodnotí růst pod vzorečkem, případně přítomnost inhibiční zóny. [27].

Tato metoda je dostatečně citlivá, ale je časově náročná pro rutinní kontroly kvality a screeningové testy. Metoda paralelního proudění se osvědčila po řadu let používání při poskytování důkazů o antibakteriální aktivitě proti grampozitivním i gramnegativním bakteriím [28].

#### **ČSN EN ISO 20645**

Zkouška je založena na principu difundování antibakteriálního přípravku do okolního prostředí. Vzoreček je umístěn na agarovou plotnu, která je inokulována testovacími bakteriemi. Test probíhá s grampozitivní bakterií *Staphylococcus aureus* a gramnegativní *Klebsiella pneumoniae* nebo *Escherichia coli*. Po 24 hodinách se vyhodnocuje nárůst bakterií pod vzorkem, případně v okolí vzorku a sleduje se přítomnost inhibiční zóny. [27]

Výsledek je hodnocen slovně podle tabulky v normě. Účinek je buď dobrý, na hranici účinnosti, nebo nedostatečný. [27]

#### **ČSN EN ISO 20743**

U této metody je podobně jako u AATCC 100 zkušební bakteriální suspenze naočkována přímo na vzorky. Testovacími bakteriemi jsou *Staphylococcus aureus* a *Klebsiella pneumoniae*. Vyočkovávají a počítají se bakterie (CFU) v čase 0 hod (ihned po inokulaci suspenze bakterií) a po 24 hod inkubaci bakterií na vzorku. Norma vyžaduje, aby se test provedl jednak na antibakteriálně upraveném vzorku, a také na referenčním vzorku. Výsledkem zkoušky je hodnota antibakteriálního účinku, která se vypočítá z odečtených CFU. [27]

## **2. Praktická část**

### **2.1. Úvod praktické části**

Tato diplomová práce je zaměřena na vyvinutí nové speciální antibakteriální úpravy. Tato úprava je určena k aplikaci na textilní materiály.

První část se věnovala pokusnému testování aplikace antibakteriální úpravy. Byly připraveny vodné roztoky o různém složení s různými koncentracemi, ty se následně aplikovaly na některé vybrané textilie (např. 100% bavlna či polyester). Po aplikaci úpravy a odležení vzorku následovalo zhodnocení výsledků tak, aby bylo možné vybrat správný postup antibakteriální úpravy. Postup výběru úpravy se dále nachází v další části práce.

Po výběru vhodné úpravy bylo připraveno několik vybraných textilních materiálů a ty byly následně připraveny na povrchovou antibakteriální úpravu. Všechny textilní materiály byly střiženy ve velikosti 10 x 10 centimetrů.

V další části se aplikovalo šestnáct vodných roztoků pokaždé na 4 druhy textilií. Tyto roztoky byly složeny ze sloučenin v různých koncentracích. Použité stabilní roztoky obsahovaly Polyvinylalkohol (PVA), kyselinu citronovou (CA), vodní sklo, dusičnan zinečnatý ( $\text{ZnNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), dusičnan stříbrný ( $\text{AgNO}_3$ ) a síran měďnatý ( $\text{CuSO}_4$ ). U všech vzorků se vážila plošná hmotnost za mokra i za sucha pomocí vah, dále se počítala dostava osnovy a útku. Z hmotností se následně vypočítal mokrý a suchý přívažek. Následně se měřila barevnost všech vzorků pomocí RGB analyzátoru.

Po aplikaci vodného roztoku na textilií byly všechny materiály usušeny v sušičce na 105 °C přibližně 5 minut. Následně byly fixovány také v sušičce, a to na 150 °C (POP na 140 °C).

V závěrečné části se všechny textilní vzorky vystavily po minimální dobu dvou týdnů přímému dennímu světlu. Následně se sledovalo zabarvení textilií. Po vizuálním hodnocení následovalo měření barevnosti pomocí RGB analyzátoru (pro porovnání). Následně se vzorky nechaly testovat proti vybraným patogenním bakteriím a ověření antibakteriální účinnosti pomocí skenovacího elektronového mikroskopu a energiově disperzního spektrometru. Součástí je diskuze z hlediska využití takto ošetřených materiálů v praxi.

### **2.2. Rozbor použitých textilií**

Pro tuto práci byly vybrány tři textilní substráty, a to bavlna, polyester a polypropylen. Bavlna byla použita jednou v nezměněném stavu a podruhé byla obarvena Saturnovou hnědí LT. Saturnová hněď patří mezi přímá barviva, její aplikace je jednoduchá. Přímá barviva



jsou ve vodě rozpustná. Dále byl použit polyester a polypropylen. Následuje rozbor těchto textilií z hlediska uplatnění v praxi, a jejich vlastnosti.

### **Bavlněná tkanina Sara 1 a bavlněná tkanina Sara 1 obarvená hnědí LT**

Bavlněné vlákno řadíme mezi jednobuněčná rostlinná vlákna, konkrétně se jedná o vlákna ze semen bavlníku. Bavlna složená z celulózy a hemicelulózy je nejvyskytovanějším přírodním polymerem na Zemi. [18] Bavlna je zdrojem nejčistší celulózy (obsahuje cca 90 %). Je hořlavá, mechanické vlastnosti jsou citlivé na změnu vlhkosti (65 % ± 2 % vede ke změně pevnosti a tažnosti o 4 %). Vlhkost způsobí porušení vodíkových můstků a následně relaxaci napětí (snadná deformovatelnost) a při 150 °C hnědne. Bavlna společně s viskózou jsou významné jak pro klasické oděvní aplikace, tak i pro technické textilie. Velice oblíbená je i v medicínském odvětví. [17] K barvení bavlny se nejčastěji využívá barviva přímá, reaktivní či kypová.

### **Polypropylen (PP)**

Polypropylen je velice rozšířený a velice používaný chemicky vyrobený polymer. Má velice rozsáhlé využití; od textilu po automobilový průmysl či medicínské potřeby. Jedná se o pevný krystalický termoplast vyrobený z propylénu pomocí polymerace. Má výbornou odolnost vůči chemikáliím, dále vůči oděru, má nízkou měrnou hmotnost, dobré elektroizolační vlastnosti, má nízkou úroveň elektrostatického náboje, je snadno deformovatelný a patří mezi levné materiály. [17]

### **Polyester (PES)**

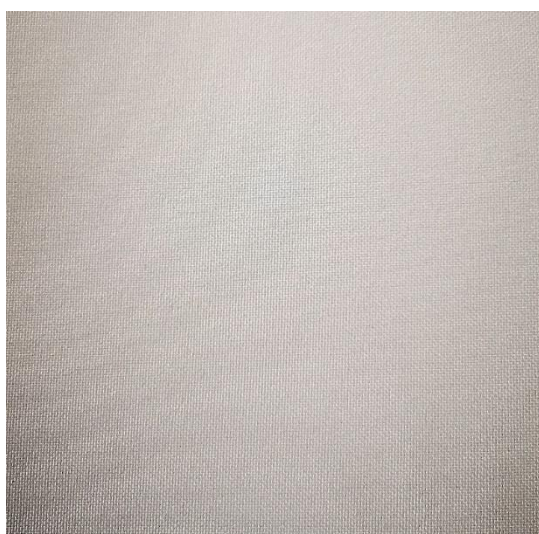
Polyester je nejčastěji používaným syntetickým vláknem. Stejně jako bavlna, polyester se využívá v oděvním průmyslu na klasické oděvní textilie, tak i na technické textilie. Má velice dobré mechanické vlastnosti, velice dobrou odolnost vůči oděru o termickou odolnost a také se snadno udržuje. Na druhou stranu velice rychle stárne, je vysocežmolující, má nízkou navlhavost, vysokou měrnou hmotnost a nabíjí elektrostatickou elektrinou. Nejčastěji se používá se směsích, například PES/ba apod. [17]



*Obrázek 10 – Bavlina  
Zdroj: vlastní*



*Obrázek 11- Bavlna obarvená  
Zdroj: vlastní*



*Obrázek 12 – PES  
Zdroj: vlastní*



Obrázek 13 – PP  
zdroj: vlastní

### 2.2.1. Parametry tkanin

Pro tuto diplomovou práci byly využito několik druhů textilií. První z nich je bavlněná tkanina Sara 1, druhá též bavlněná tkanina Sara 1 obarvená hnědí LT, třetí polypropylenová (PP) tkanina a poslední je polyesterová (PES) tkanina.

Plošné hmotnosti a barevné soustavy RGB byly zprůměrovány a jsou uvedeny v tabulce č. 2 a č. 3.

Tabulka č. 2 – Parametry tkanin

Název	Barva materiálu	Složení materiálu	Vazba	Dostava osnovy [nt/cm]	Dostava útku [nt/cm]
Sara 1	Bílá	100 % ba	Plátňová vazba	20	20
Sara 1 obarvená	Hnědá	100 % ba	Plátňová vazba	22	22
Polypropylen	Běžová	100 %PP	Plátňová vazba	10	10
Polyester	Bílá	100%PES	Plátňová vazba	23	23

Tabulka č. 3 – Parametry tkanin

Název	Plošná hmotnost za sucha [g.m <sup>-2</sup> ]	Plošná hmotnost za mokra [g.m <sup>-2</sup> ]	Mokry přivažek [%]	Suchý přivažek [%]	Barevná soustava		
					R	G	B
Sara 1	1,3	3	131	1,03	1023	1023	981
Sara 1 obarvená	1,47	3,52	139	1,10	226	131	104
Polypropylen	1,82	4	120	0,94	884	781	661
Polyester	1,56	3,57	129	1,02	976	982	972

### 2.3. Rozbor použitých chemikálií

Tato část se zabývá rozbohem použitých chemikálií. Chemikálie se dělí na dvě části: antibakteriální část a pojivová část. Popsány jsou pouze ty chemikálie, které byly využity ve finálních roztocích.

Do antibakteriální části patří sloučeniny stříbra, mědi a zinku. Všechny tři jsou ve formě solí. Největší antibakteriální účinnosti mají ionty stříbra, ionty mědi částečně a ionty zinku se využívají hlavně proti plísním.

Do pojivové části patří polyvinylalkohol, vodní sklo a kyselina citrónová. Polyvinylalkohol je ve vodě rozpustný polymer, v tomto případě ve formě vodného roztoku. Vodní sklo je také ve formě vodného roztoku (křemičitanu sodného). Kyselina citrónová je netoxická chemikálie a je ve formě monohydrátu (obsahuje vodu, krystalizuje za studena). Důležitou vlastností kyseliny je ta, že funguje jako síťovací a chelatační činidlo, což znamená, že kyselina na sebe dobře váže ionty, v tomto případě ionty stříbra, zinku a mědi a zároveň v kombinaci s polyvinylalkoholem váže dobře celý roztok na materiál.

#### Použité chemikálie:

- Polyvinylalkohol – PVA
- Kyselina citronová – CA
- Vodní sklo
- Dusičnan zinečnatý -  $\text{ZnNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- Dusičnan stříbrný –  $\text{AgNO}_3$
- Síran měďnatý –  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

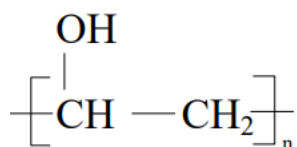
#### Polyvinylalkohol

Polyvinylalkohol je bílý prášek, zřetelně krystalického charakteru. Reaktivita polyvinylalkoholu a jeho schopnost rozpouštět se ve vodě je výhodná pro přípravu derivátů, ale nevýhodná pro zpracování a některé aplikace. Při použití se obzvláště výhodně projevuje jeho odolnost proti olejům. Tukům, uhlovodíkům a chlorovaným rozpouštědlům. Svým chováním polyvinylalkohol v mnohém připomíná želatinu, proto se používá např. v potravinářství pro přípravu ovocného želé, v chemickém průmyslu jako ochranný koloid pro suspenzní polymerace, dále jako zahušřovadlo pro nátěrové hmoty, k výrobě lepidel (v kombinaci se škrobem) a impregnačních hmot odolných benzínu, olejům, tukům a rozpouštědlům. Známé je také jeho použití jako separačního činidla při zpracování nenasycených polyesterových pryskyřic na lamináty. Vyrábějí se z něj obalové fólie, chirurgické nitě, textilní vlákna, různá těsnění, hadice a další výrobky

Polyvinylalkohol se aplikuje ve 3 hlavních formách: [36]

1. vodné roztoky – jako koloidní roztoky pro disperzní polymerizace, prostředek na přípravu emulzí, lepidel, apretačních materiálů, pro textilní a papírenský průmysl
2. fólie a filmy – na vodorozpustné obaly, jako separátory forem při odlévání nebo laminování, jako materiál na speciální hadice apod.,
3. vlákna – speciální technická vlákna (po úpravě formaldehydem nebo propylalkoholem), ne filtry, síta

Je rozpustný ve vodě, snadno hořlavý a má dobrou chemickou stálost. Vysoce pevná PVA se používají především do kompozit a jako náhrada asbestu. [17]

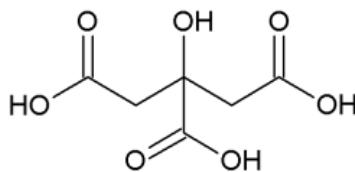


Obrázek č. 14 – Vzorec PVA  
Zdroj: [36]

### Kyselina citronová

Jedná se o slabou organickou kyselinou nacházející se v přírodě. Tvoří složku jak rostlinných, tak živočišných organismů. Je součástí např. citrusových plodů, kde tvoří až 8 % jejich sušiny. Pro 99 % celosvětové produkce kyseliny citronové je využíváno mikrobiálních procesů. Nejčastěji se jedná o fermentační kvašení glukózového sirupu a řepné melasy pomocí kultury *Aspergillus niger*. Kyselina citronová nachází uplatnění v různých odvětvích průmyslu. Nejčastěji je využívána v potravinářském průmyslu a nese označení E 330. Je vhodným prostředkem pro úpravu pH, působí jako antioxidant a stabilizátor pro zachování nebo posílení chutí, vůní a barev ve výrobcích z ovoce. [31]

Jak je vidět na obrázku 15, kyselina citronová obsahuje ve své struktuře tři karboxylové skupiny a jednu hydroxylovou. Kyselina se vyskytuje ve formě monohydrátu nebo v bezvodé formě. Patří mezi chelatační činidla a citrátový ion je schopen tvořit komplexy s kationty kovů. [31]



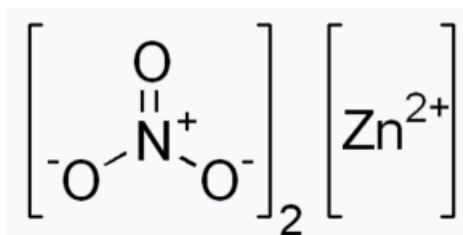
Obrázek č. 15 – Vzorec kyseliny citronové  
Zdroj: [31]

## Vodní sklo

Vodní sklo můžeme řadit do skupiny rozpustných silikátů a křemičitanů. Konkrétně se jedná o koloidní roztok alkalických křemičitanů, vznikající rozpuštěním příslušného alkalicko-křemičitého skla ve vodě. Rozpustné křemičitany jsou kombinací oxidu alkalického kovu  $\text{Me}_2\text{O}$  (sodného, draselného a lithného), oxidu křemičitého  $\text{SiO}_2$  a vody. Vstupními surovinami pro výrobu vodního skla jsou – zdroj obsahující oxidy křemíku v přirozené nebo uměle vytvořené formě (přírodní surovina je například křemičitý písek), alkalické uhličitany a hydroxidy (využívají se dle způsobu přípravy skla), voda a energie. Tato surovina má poměrně široké spektrum použití. Dříve se využívala především v oblasti potravinářského průmyslu, ale dnes je jeho využití rozšířeno do různých odvětví průmyslu jako například do stavebnictví a papírnictví. [30]

## Dusičnan zinečnatý

Dusičnan zinečnatý je anorganická sloučenina, patří mezi kovy. Je rozpustná ve vodě i alkoholu. Může být použit jako mořidlo při barvení. [32]



Obrázek č. 16 – Vzorec dusičnanu zinečnatého  
Zdroj: [32]

## Dusičnan stříbrný

Je jednou ze dvou solí stříbra (druhou je fluorid stříbrný. Z pohledu praktického využití je  $\text{AgNO}_3$  nejdůležitější sloučeninou. Je to bílá krystalická látka, velmi dobře rozpustná ve vodě. Lze ji připravit ve velmi vysoké čistotě, nejlépe rozpouštěním čistého stříbra v roztoku kyseliny dusičné. Tato sloučenina poté slouží v chemické výrobě jako zdroj stříbrných iontů pro další reakce. Kationty stříbra mají negativní vliv na mikroorganismy, protože ovlivňují činnost enzymů a inhibuje respirační proces. Je to zapříčiněno vazbou stříbra na bakteriální buněčnou stěnu a membránu, čímž se inhibuje respirační proces. Rozpustné stříbrné soli jsou vysoce toxické pro bakterie a jiné nižší formy života. Důležité je také jeho využití v klasické fotografii, kde slouží dusičnan stříbrný k přípravě světlocitlivých sloučenin. [33, 35]

## Síran měďnatý

Síran měďnatý, jiným názvem také modrá skalice je anorganická sloučenina. Patří k nejběžnějším sloučeninám mědi. Jedná se o průmyslově Nejvýroběnější měďnatou sůl.

V bezvodém stavu tvoří bílý prášek, který přijímáním vody modrá. Proto se jej užívá k důkazu vody v organických kapalinách nebo jako sušidla. [34]

## 2.4. Postup výběru úpravy

Tato část se věnovala jedné z důležitých činností, a to vybrání správného postupu aplikace antibakteriální úpravy. Úprava by měla být zpravidla antibakteriální, což zajišťují soli kovů (stříbro, měď a zinek), dále by měla být stabilní, trvalá, netoxická a aplikace na textil by neměla být náročná a rychlá.

Tabulka č. 4 a 5 zobrazuje příklad složení jedněch z prvních roztoků (epsilon5 a gama2). Tyto oba roztoky však nebyly stabilní, na textilním materiálu se srážely a materiál zabarvoval ve velkém množství. Tabulka č. 4 dále obsahuje činnosti spojené s aplikací (teploty fixace a časy).

Tabulka č. 4 – Příklad složení

<b>epsilon5</b>		dávkováno	sušina	koncentrace	sušina
		[%]	[g]	[g/l]	[%]
A	PVA	16	46,875	7,5	75,0
	PEG 400	100	0	0	0,0
	VS	40	1,5	0,6	6,0
B	CA	100	0	0	0,0
	BTCA	100	1,5	1,5	15,0
C	AgNO <sub>3</sub>	100	0,2	0,2	2,0
D	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0,2	0,2	2,0
sušina v roztoku				25	
celková hmotnost g			10		
celkový objem v litrech			0,4		
pojivový systém %					90,0
od každého fixace 10 min, při 130 / 140 /150 °C					
praní ve vodě ½ vzorku					
testace UV záření 15 minut					

Tabulka č. 5 – Příklad složení 2

<b>gama2</b>		%	dávkováno [g]	sušina [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
A	PVA	16	13,125	2,1	10,5	42,0
	VS	40	1	0,4	2	8,0
B	CA	100	0	0	0	0,0
	BTCA	100	2	2	10	40,0
D	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0,5	0,5	2,5	10,0
sušina v roztoku					25	
celková hmotnost g				5		
celkový objem v litrech			0,2			
pojivový systém %						82,0

V následující části se nachází rozbor složení roztoků, které byly aplikované na vybrané textilní materiály.

## 2.5. Složení roztoků

V první řadě byly připraveny zásobní roztoky. Byly použity odměrné nádoby na 100 ml. ZnNO<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O, AgNO<sub>3</sub> a CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O byly zředěny 1g/100 ml – byl odebrán 1 g sloučeniny a ten byl doplněn do 100 ml destilovanou vodou. CA byla zředěna 5g/100 ml a PVA ředěno nebylo. Z takto připravených zásobních roztoků byly připraveny směsi, které se již aplikovaly na materiál. Roztoky byly rozděleny do dvou skupin.

Do první skupiny patří roztoky Gama 500-507. Tabulka č. 6 a 7 znázorňuje princip složení roztoků. Gama 502 je například složena pouze z PVA a CA. Dávkování PVA a CA zůstává ve všech případech vždy stejné. Jak již bylo zmíněno, mění se koncentrace antibakteriální složky (0,5; 1; 1,5 g). Gama 501 a 505-507 navíc obsahuje vodní sklo.

Tabulka č. 6 – Gama 502

<b>gama502</b>	%	dávkováno [g]
PVA	16	4
CA	1	3
Vodní sklo	40	0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	0,5
AgNO <sub>3</sub>	100	0,5
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0,5



Tabulka č. 7 – Gama 503

<b>gama503</b>	%	dávkováno [g]
PVA	16	4
CA	1	3
Vodní sklo	40	0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	1
AgNO <sub>3</sub>	100	1
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	1

Do druhé skupiny patří roztoky Gama 551-558. Jako u předchozích roztoků, tabulka č. 8 a 9 znázorňuje princip složení roztoků. V tomto případě roztoky obsahují pouze PVA, CA koncentrace antibakteriální část složky se mění. (0,1 – 0,8 g).

Tabulka č. 8 – Gama 551

<b>gama551</b>	%	dávkováno [g]
PVA	16	4
CA	1	3
Vodní sklo	40	0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	0,1
AgNO <sub>3</sub>	100	0,1
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0,1

Tabulka č. 9 – Gama 558

<b>gama558</b>	%	dávkováno [g]
PVA	16	4
CA	1	3
Vodní sklo	40	0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	0,8
AgNO <sub>3</sub>	100	0,8
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0,8

## 2.6. RGB změny barevnosti pomocí RGB analyzátoru

Jedním z cílů této práce je příprava takové antibakteriální úpravy, která by následně po aplikaci roztoku na textil nezpůsobovala nežádoucí zbarvení.

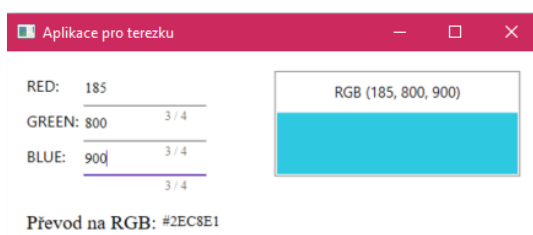
Na následujících stránkách jsou vyobrazeny grafy, které zobrazují změnu barevnosti. Všechny vzorky byly změřeny pomocí RGB analyzátoru značky VOLTCRAFT. Před samotným měřením proběhla kalibrace přístroje pomocí bílého standardu. Po kalibraci by

měly všechny hodnoty RGB mít hodnotu 1023, což představuje ideální bílou. R zastupuje červenou barvu, G zastupuje zelenou barvu a B modrou.

Grafy byly sestaveny z rozdílů RGB souřadnic, které byly měřeny ihned po aplikaci úpravy, dále po vystavení textilií po dobu 3 týdnů a následně po vystavení textilií po 2 měsících. Tyto souřadnice se mezi sebou porovnaly a následně byly vypočteny rozdíly.

Jelikož některé vzorky po odležení vykazovaly nerovnoměrné barevné zabarvení, proběhlo na vzorkách několikanásobné měření (většinou 5x) a následně byly tyto hodnoty zprůměrovány pro lepší zpracování.

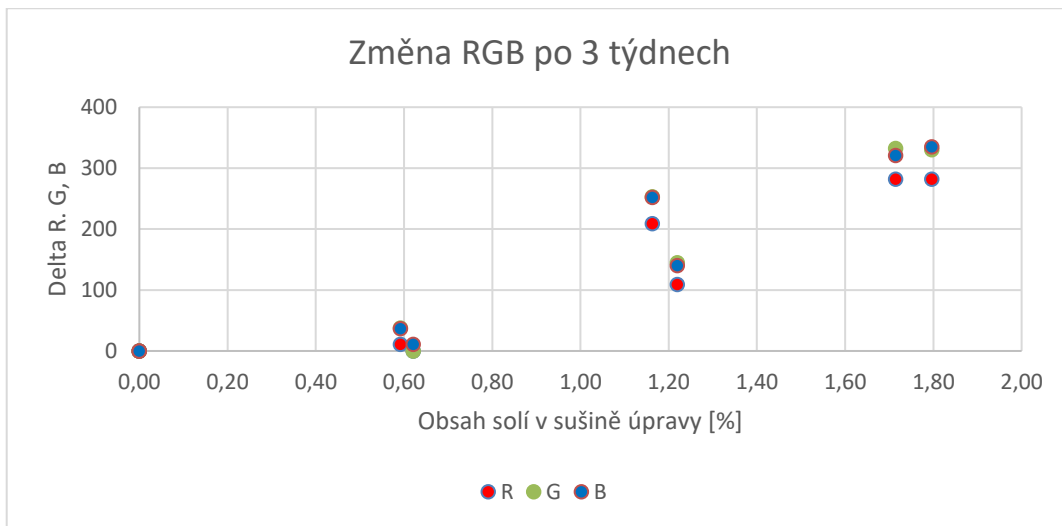
Pro lepší přehlednost byly k jednotlivým grafům přidány barevné vzorky, které jsou vyobrazeny na obrázku č. 18, 19, 20, 21 a 22. Tyto barevné vzorky byly generovány pomocí aplikace, která byla vytvořena ve spolupráci se studentem mechatroniky, informatiky a mezioborových studií Technické univerzity v Liberci, Davidem Šoltésem. Barvy jsou pouze orientační. Princip aplikace vychází pouze z přepočtu hodnot RGB 0-255 na 0-1023. Znamená to tedy, že hodnota 255 připadá na hodnotu 1020, 1021, 1022 a 1023. Hodnoty 0-1023 jsou vyděleny číslicí 4 a následně zaokrouhleny směrem dolů. Na obrázku č.17 je zobrazena aplikace, která vrací barevný vzorek na základě RGB souřadnic.



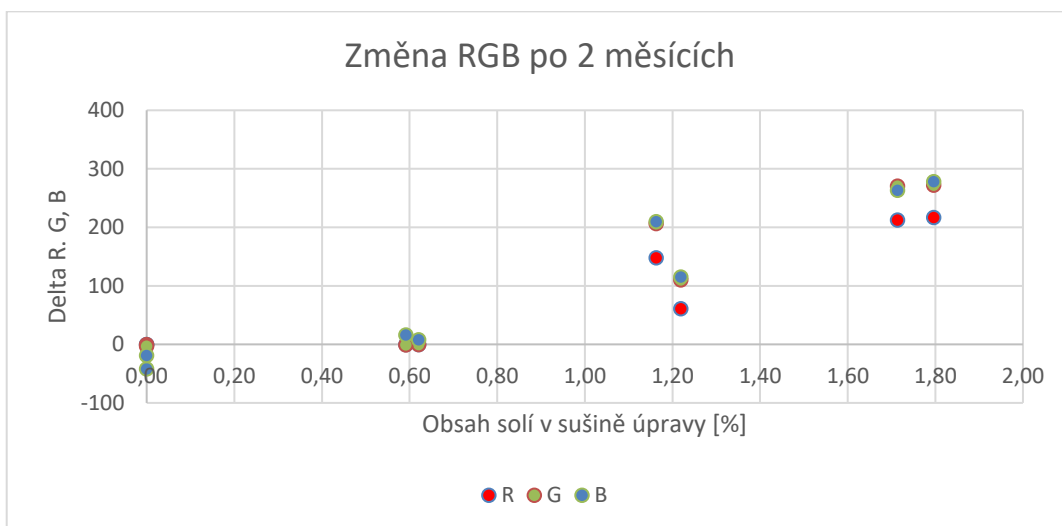
Obrázek č. 17 – Aplikace pro RGB  
Zdroj: vlastní

První měření probíhalo na bavlně. Jak je vidět na obrázku č.18, při dávkování 1 g  $ZnNO_3 \cdot H_2O$ , 1 g  $AgNO_3$  a 1 g  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  do poživového systému již způsobuje výrazné zabarvení textilního materiálu. Druhé měření probíhalo na obarvené bavlně Hnědí LT. Jak je vidět na obrázku č. 19, díky barvivu na matriálu nezpůsobuje úprava téměř žádné viditelné barevné změny. Třetí měření probíhalo na polyesteru. Jak je vidět na obrázku č. 20, na tomto materiálu se chovala úprava podobně jako u bavlny a úprava materiál zabarvila. Čtvrté měření probíhalo na polypropylenu. Jak je vidět na obrázku č. 21, na tomto materiálu jsou vidět pouze mírné barevné změny.

Dle barevnosti lze konstatovat, že pro využití v praxi je nejlepší využít buď obarvený materiál či využít nižších koncentrací. Další část je zaměřena na testování antibakteriální účinnosti a trvanlivosti právě takto upravených materiálů.



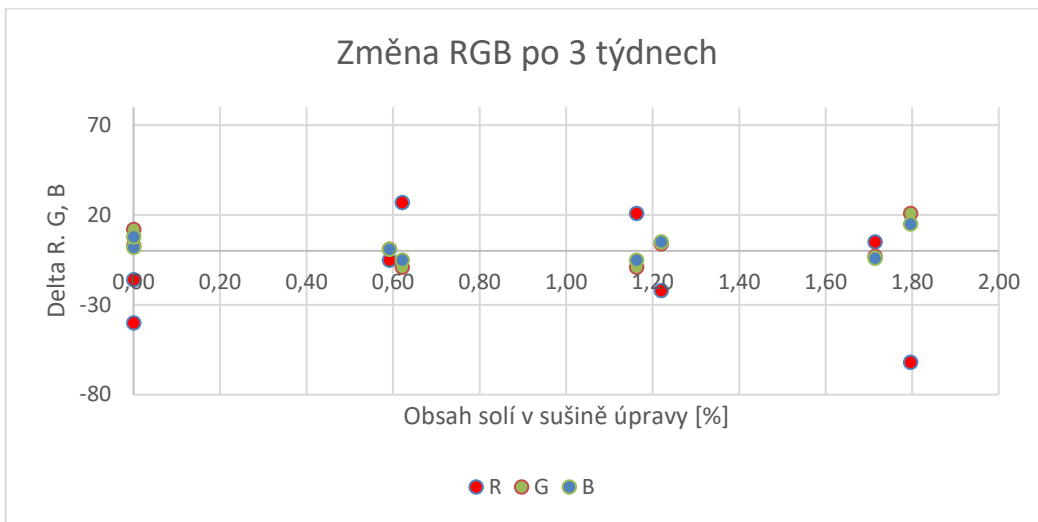
**Graf č. 1** – bodový graf – gama 505-507 - bavlna



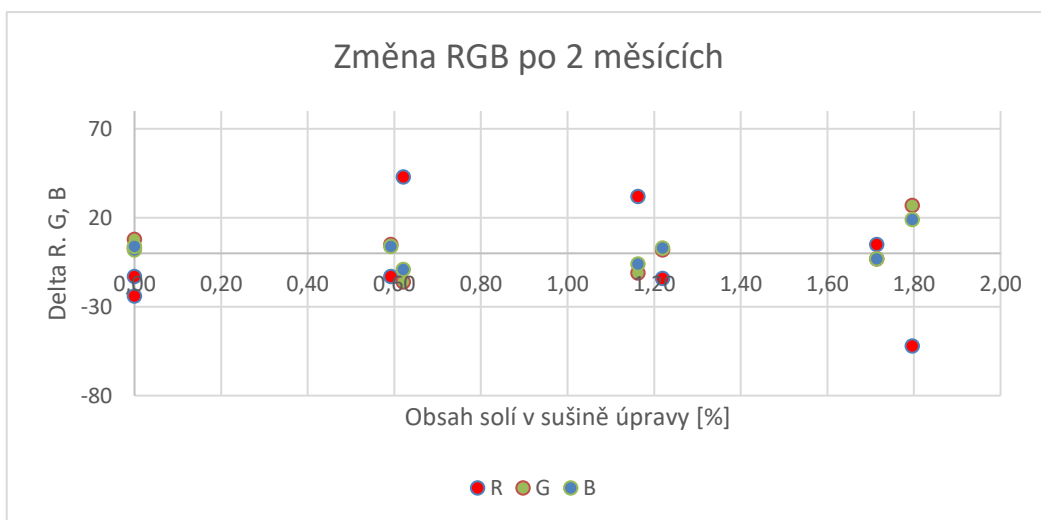
**Graf č. 2** – bodový graf – gama 505-507 - bavlna

RGB (1023, 1023, 981)	RGB (1023, 1023, 981)	RGB (1023, 1023, 981)
RGB (1023, 1020, 987)	RGB (1023, 1020, 987)	RGB (1023, 1020, 1006)
RGB (1023, 1023, 997)	RGB (1023, 1023, 986)	RGB (1002, 1023, 989)
RGB (1002, 1023, 974)	RGB (914, 878, 834)	RGB (961, 912, 855)
RGB (1023, 1023, 984)	RGB (741, 693, 649)	RGB (806, 750, 705)
RGB (1023, 1022, 976)	RGB (1012, 984, 939)	RGB (1023, 1023, 960)
RGB (1023, 1023, 980)	RGB (814, 770, 728)	RGB (875, 816, 770)
RGB (1023, 1023, 969)	RGB (741, 691, 648)	RGB (810, 752, 705)

*Obrázek č. 18 – změna barevnosti na bavlně, zleva měření po aplikaci úpravy, po 3 týdnech, po 2 měsících  
Zdroj: vlastní*



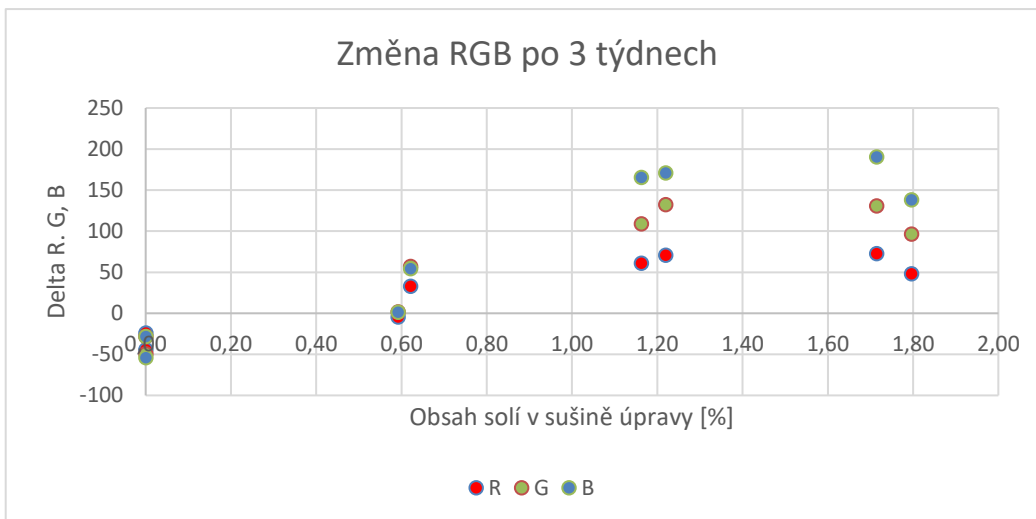
**Graf č. 3** – bodový graf – gama 505-507 – obarvená bavlna



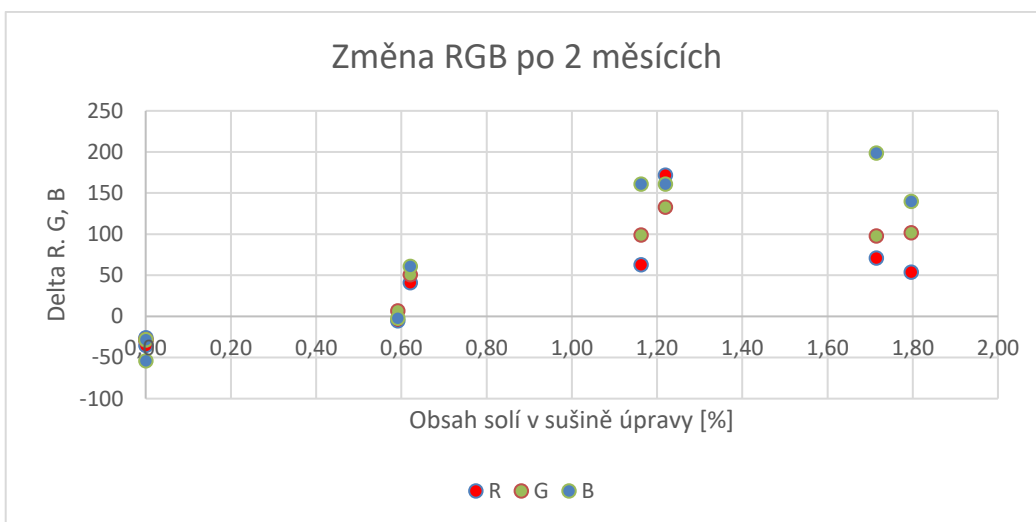
**Graf č. 4** – bodový graf – gama 505-507 – obarvená bavlna

RGB (209, 135, 107)	RGB (225, 132, 105)	RGB (222, 132, 105)
RGB (198, 140, 111)	RGB (238, 128, 103)	RGB (222, 132, 107)
RGB (231, 128, 104)	RGB (204, 137, 109)	RGB (188, 144, 113)
RGB (230, 128, 103)	RGB (252, 124, 98)	RGB (244, 126, 100)
RGB (198, 141, 111)	RGB (260, 120, 96)	RGB (250, 114, 92)
RGB (244, 126, 100)	RGB (249, 125, 99)	RGB (257, 121, 96)
RGB (262, 118, 96)	RGB (241, 127, 101)	RGB (230, 129, 102)
RGB (233, 128, 101)	RGB (228, 131, 105)	RGB (228, 131, 104)

*Obrázek č. 19 – změna barevnosti na obarvené bavlně, zleva měření po aplikaci úpravy, po 3 týdnech, po 2 měsících  
Zdroj: vlastní*



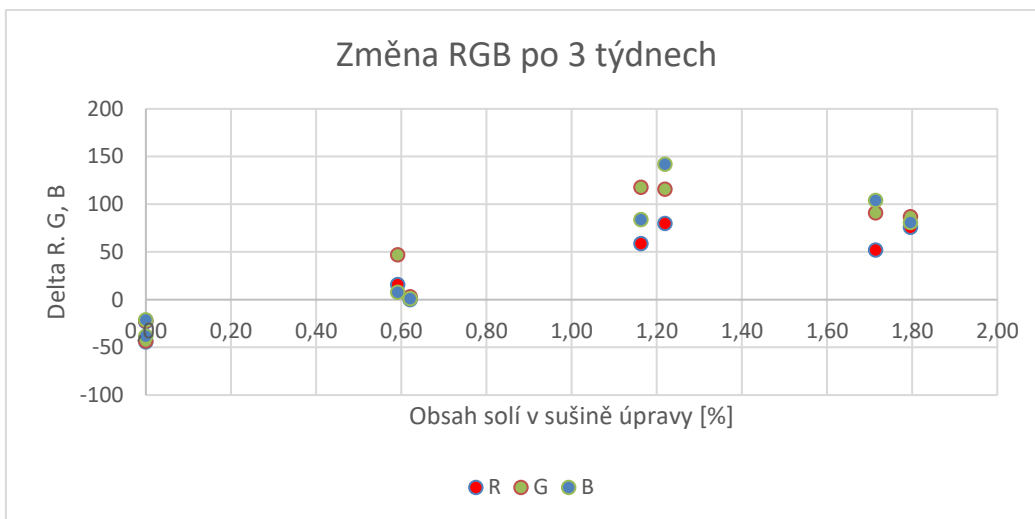
**Graf č. 5** – bodový graf – gama 505-507 – PES



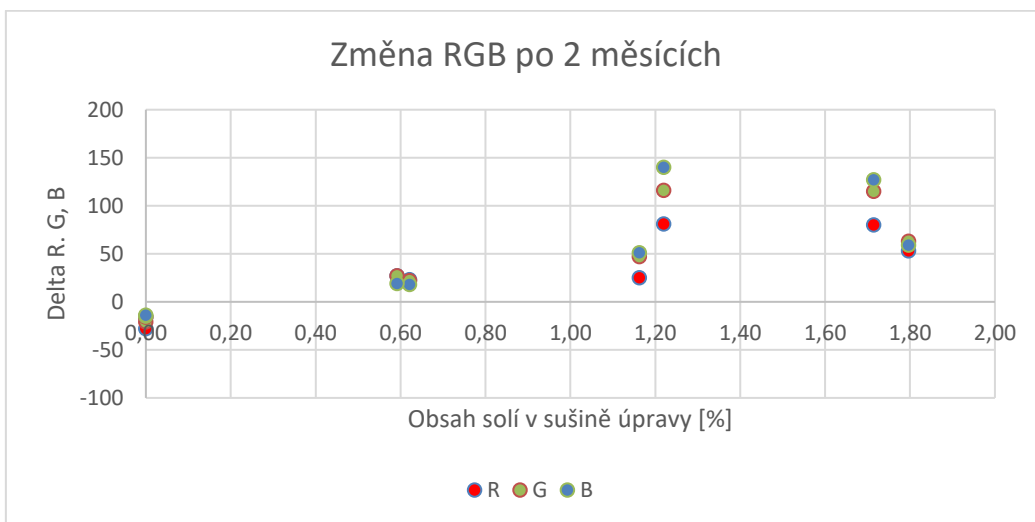
**Graf č. 6** – bodový graf – gama 505-507 – PES

RGB (971, 976, 968)	RGB (995, 1004, 996)	RGB (997, 1005, 996)
RGB (965, 971, 961)	RGB (1009, 1020, 1015)	RGB (1000, 999, 1015)
RGB (989, 996, 988)	RGB (956, 939, 934)	RGB (948, 945, 929)
RGB (991, 998, 992)	RGB (920, 886, 821)	RGB (819, 865, 831)
RGB (967, 971, 955)	RGB (919, 874, 817)	RGB (913, 869, 815)
RGB (973, 978, 966)	RGB (977, 976, 946)	RGB (978, 971, 968)
RGB (975, 979, 966)	RGB (914, 870, 800)	RGB (912, 880, 784)
RGB (979, 988, 983)	RGB (906, 857, 792)	RGB (908, 890, 784)

*Obrázek č. 20 – změna barevnosti na polyesteru, zleva měření po aplikaci úpravy, po 3 týdnech, po 2 měsících  
Zdroj: vlastní*



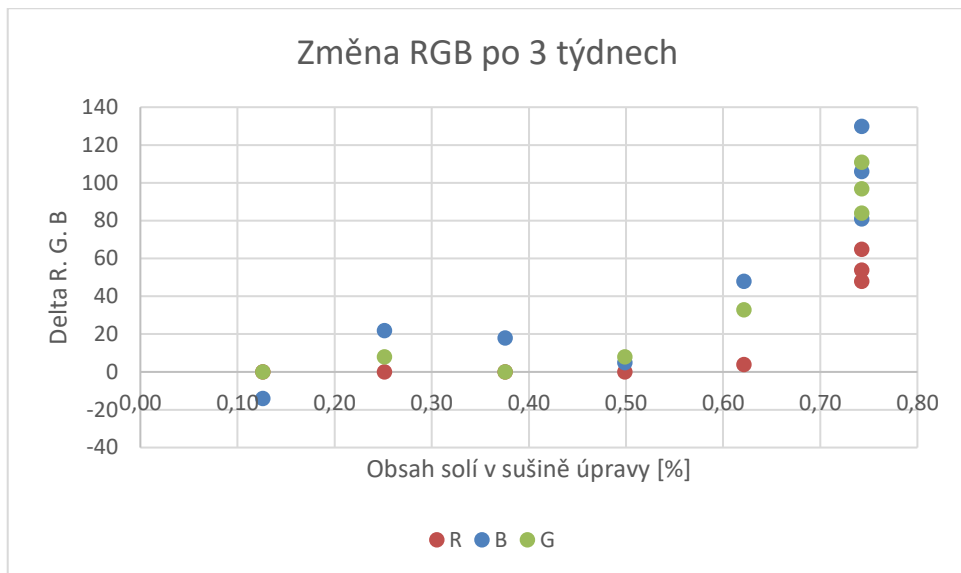
**Graf č. 7 – bodový graf – gama 505-507 – PP**



**Graf č. 8 – bodový graf – gama 505-507 – PP**

RGB (874, 733, 656)	RGB (897, 795, 677)	RGB (902, 794, 671)
RGB (874, 766, 647)	RGB (918, 809, 685)	RGB (890, 782, 661)
RGB (891, 784, 663)	RGB (891, 781, 662)	RGB (868, 762, 645)
RGB (883, 781, 662)	RGB (803, 665, 520)	RGB (802, 665, 522)
RGB (897, 791, 668)	RGB (821, 704, 587)	RGB (844, 728, 609)
RGB (897, 791, 668)	RGB (881, 744, 660)	RGB (870, 764, 649)
RGB (881, 777, 657)	RGB (822, 659, 573)	RGB (856, 730, 606)
RGB (878, 781, 666)	RGB (826, 690, 562)	RGB (826, 666, 539)

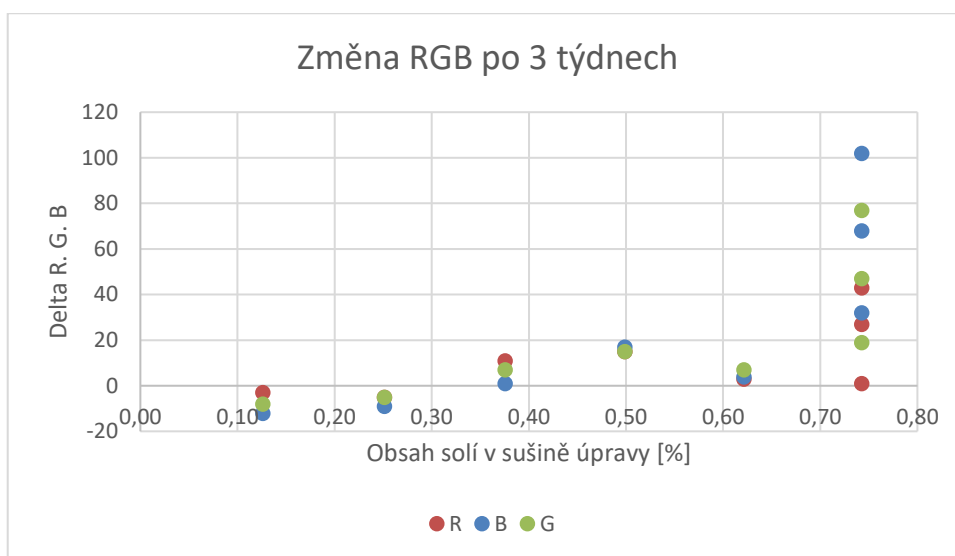
*Obrázek č.21 – změna barevnosti na polypropyleny, zleva měření po aplikaci úpravy, po 3 týdnech, po 2 měsících  
Zdroj: vlastní*



**Graf č. 9** – bodový graf – gama 551-558 – bavlna

RGB (1023, 1023, 980)	RGB (1023, 1023, 995)
RGB (1023, 1023, 980)	RGB (1023, 1012, 965)
RGB (1023, 1023, 980)	RGB (1023, 1023, 979)
RGB (1023, 1023, 980)	RGB (1023, 1015, 969)
RGB (1023, 1023, 980)	RGB (1019, 990, 936)
RGB (1023, 1023, 980)	RGB (969, 925, 870)
RGB (1023, 1023, 980)	RGB (958, 912, 850)
RGB (1023, 1023, 980)	RGB (975, 939, 888)

*Obrázek č.22 – změna barevnosti na bavlně, zleva měření po aplikaci úpravy, po 3 týdnech  
Zdroj: vlastní*



**Graf č. 10** – bodový graf – gama 551-558 – PES

RGB (971, 976, 968)	RGB (974, 984, 980)
RGB (965, 971, 961)	RGB (970, 976, 970)
RGB (989, 996, 988)	RGB (978, 989, 987)
RGB (991, 998, 992)	RGB (976, 983, 975)
RGB (967, 971, 955)	RGB (964, 964, 951)
RGB (973, 978, 966)	RGB (972, 959, 934)
RGB (975, 979, 966)	RGB (952, 941, 915)
RGB (979, 988, 983)	RGB (932, 902, 864)

*Obrázek č.23 – změna barevnosti na polyesteru, zleva měření po aplikaci úpravy, po 3 týdnech  
Zdroj: vlastní*

Díky obsahu antibakteriální složky, grafy č. 9 a 10., které charakterizují gamu 551–558 ukazují oproti gamě 500-507 výrazně nižší zabarvení, co se týče bavlny i polyesteru.

Závěrem RGB vyhodnocení je, že předpokládané zabarvení textilie se eliminovalo snížením koncentrace účinných složek roztoku.



## 2.7. Měření antibakteriální účinnosti

Pro měření antibakteriální účinnosti byly vybrány tři upravené vzorky viz. tabulka č. 10.

Antibakteriální úprava byla vyhodnocena a výsledky byly zpracovány pod vedením paní doc. Mgr. Ireny Lovětinské Šlamborové, Ph.D. Byly použity dvě metody pro hodnocení, a to ČSN EN ISO 20645 plošné textilie, která využívá agarové destičky a AATCC 100 Test Method: 100-2006, dle které lze hodnotit stupeň antibakteriální aktivity.

Tabulka č. 10 – složení (vzorky pro hodnocení)

<b>Bavlna + polyester:</b>			
<b>gama555</b>	fixace 150 °C, 5 min	%	dávkováno [g]
A	PVA	16	<b>4</b>
B	CA	1	<b>3</b>
C	ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	<b>0,5</b>
	AgNO <sub>3</sub>	100	<b>0,5</b>
	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	<b>0,5</b>
<b>Bavlna obarvená saturnovou hnědí LT</b>			
<b>gama504</b>	fixace 150 °C, 5 min	%	dávkováno [g]
A	PVA	16	<b>4</b>
B	CA	1	<b>3</b>
C	ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	<b>1,5</b>
	AgNO <sub>3</sub>	100	<b>1,5</b>
	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	<b>1,5</b>

### Použité metody:

1. ČSN EN ISO 20645 plošné textilie – zjišťování antibakteriální aktivity – zkouška šíření agarovou destičkou
2. AATCC 100 Test Method: 100-2006 - Antibacterial Finishes on Textile Materials: Assessment of.

### Testované bakteriální kmeny:

Bakteriální kmeny a kmen plísně byly zakoupeny z České sbírky mikroorganismů, Masarykova univerzita Brno. Pro testování byly vybrány bakteriální kmeny:

- *Escherichia coli* (E.C.) - CCM 2024 (ATCC 9637), jedná se o gramnegativní tyčinkovitou bakterii.

- *Staphylococcus aureus* (S.A.) - CCM 2260 (ATCC 1260), jedná se o grampozitivní kokovitou bakterii.

### 1. Metoda – zkouška šíření agarovou destičkou – dle ČSN EN ISO 20645, plošné textilie zjišťování antibakteriální aktivity

Tato metoda je určena zpravidla pro testování antibakteriální účinnosti pomocí zástupců patogenních bakterií. Jedná se o zástupce grampozitivní – *Staphylococcus aureus* a zástupce gramnegativní *Escherichia coli*.

Pro tuto metodu je důležitá příprava živné půdy, která je určena pro kultivaci neboli rozmnožování bakterií, dále příprava inokula (očkovací bakteriální látka), nanesení připravené látky na textilní materiál, inkubace a vyhodnocení výsledků.

#### Postup:

Jako první byl připraven živný agar ke kultivaci mikroorganismů. Jeho složení je následující – trypton pepton, phyton pepton, chlorid sodný a agar. Hodnota pH byla měřena při 20 °C a je rovna 7,2. Pro sterilizaci agaru bylo využito autoklávu při teplotě 121 °C po dobu 15 minut. Během autoklávu byl zvýšen tlak vodních par. Po autoklávu se agar ochladil na teplotu 45 °C. Po ochlazení agaru o objemu 150 ml se naočkovalo 1 ml bakteriálního inokula ( $10^8$  CFU/ml). Takto připravený agar se důkladně promíchal a v objemu cca 5 ml se nalil do Petriho misek na základní agar – byl použit standardně dodávaný krevní agar (spodní vrstva). Takto připravené agarové misky se k použití použily za 1 hodinu po utužení agaru ve vodorovné poloze. V následující části se připravily sterilní vzorky tkaniny o velikosti 18x18 mm. Tyto tkaniny se následně položily do každé z misek s agarem a tato miska se následně pečlivě uzavřela. Všechny vzorky se inkubovaly v termostatu o teplotě 37 °C po dobu 24 hodin. Po vyjmutí z termostatu se změřila a vyhodnotila inhibiční zóna H (dle tabulky – viz norma).

#### Hodnocení dle normy (Inhibiční zóna H [mm]):

- $H \Rightarrow 1$  mm až inhibiční zóna do 1 mm – dobrý antibakteriální efekt
- $H = 0$  mm – limit antibakteriální účinnosti (bez inhibiční zóny, pouze omezené kolonie, růst téměř zcela potlačen), neboť stejně dobře 0 růst uvádí hranice účinnosti
- $H = 0$  mm – nedostatečný efekt

Hodnotilo se vzrůstání počtu bakterií okolo zkušební vzorku (od okrajů vzorku)

Inhibiční zóna lze vypočítat dle následujícího vzorce:  $H = \frac{D-d}{2}$

H = šířka inhibiční zóny [mm]

D = celkový průměr vzorku a inhibice [mm]

d = průměr zkušební vzorku [mm]

### Výsledky:

Tabulka č. 11 – výsledek dle ČSN EN ISO 20645

	Vz. č. 1	Vz. č. 2	Vz. č. 3
<i>Escherichia coli</i>	H = 1	H = 1	H = 1
<i>Staphylococcus aureus</i>	H = 1	H = 1	H = 1

### Vyhodnocení:

Antimikrobiální efekt byl potvrzen u všech vzorků na oba testované bakteriální kmeny. Znamená to tedy, že použitá úprava na vzorcích drží (je trvanlivá) a účinné složky úpravy se neuvolňují do okolí.

Úprava na materiálu je fixována silou kovalentní vazbou. Kovalentní vazba je založena na sdílení jednoho nebo více elektronových párů mezi atomy.

### 2. AATCC Test Method: 100-2004 - Antibacterial Finishes on Textile Materials: Assessment of.

Jedná se o kvantitativní metodu, u které je hodnocen faktor redukce, který udává, o kolik procent došlo ke snížení inokulované koncentrace bakterií. Výsledkem je počet přeživších bakteriálních kolonií (CFU) a vypočte se R (redukce v %). Výsledek je vždy porovnán s neošetřeným vzorkem (standardem).

### Postup:

V první řadě byly připraveny vzorky textilních materiálů o velikosti 18x18 mm, stejně jako při testu pomocí agarové destičky. Takto připravené vzorky byly umístěny do sterilního kontejnerku. Na vzorky bylo aplikováno 100 µl příslušného bakteriálního kmene o koncentraci 10<sup>5</sup> CFU/ml. Při aplikaci se dbalo na to, aby byl celý vzorek smočen bakteriálním inokulem. Následovala inkubace vzorku. Ta probíhala v termostatu při teplotě 37 °C po dobu 24 hodin. Po inkubaci bylo přidáno 10 ml fyziologického roztoku a zvortexováno. Po zvortexování byl odpipetován 1 ml a vyočkován na Petriho misku s agarem (z každého vzorku vyočkovány triplety) a vypočten počet CFU, což bylo porovnáno se standardem.

## Výsledky:

K vyhodnocení bylo potřeba také spočítat počet CFU standardních vzorků. Na polyesteru se objevilo 1020 přeživších bakteriálních kolonií *Staphylococcus aureus*, na bavlně 1280 kolonií a na obarvené bavlně pouze 3 kolonie. Čísla v tabulce č. 12 znázorňují počet přeživších bakteriálních kolonií.

Tabulka č. 12 - Výsledek dle AATCC Test Method: 100-2004

	Vz. č. 1	Vz. č. 2	Vz. č. 3
<i>Escherichia coli</i>	0	0	0
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	0	0

Tabulka č. 13 - Výsledek dle AATCC Test Method: 100-2004

Metoda AATCC 100 % bakteriální redukce	Standard ke vz. č. 1	vz. č. 1	Standard ke vz. č. 2	vz. č. 2	Standard ke vz. č. 3	vz. č. 3
<i>Escherichia coli</i>	---	100 %	---	100 %	---	100 %
<i>Staphylococcus aureus</i>	---	100 %	---	100 %	---	100 %

## Vyhodnocení:

Dle výsledků kvantitativního testu lze konstatovat, že všechny vzorky vykazují 100% bakteriální inhibici vůči oběma testovaným bakteriálním kmenům.

Je nutné ale upozornit na to, že standard ke vzorku č. 3 (na bakteriální kmen *Staphylococcus aureus*) má sám o sobě inhibiční efekt, který je pravděpodobně způsoben obarvením bavlny, což se projevilo přežitím pouze 3 bakteriálních kolonií tohoto kmene.

### 2.7.1. Vyhodnocení antimikrobiálních testů

Pro vyhodnocení byly vybrány tři textilní materiály ošetřené antimikrobiální úpravou. Z prvního testu vyplynulo, že obě varianty úprav jsou trvanlivé, a tudíž i po dlouhém odležení jsou stále schopné vykazovat antimikrobiální efekt. Test podává i informaci o toxicitě – účinné složky úpravy se neuvolňují do okolí, což byl jeden z předpokladů nově vytvořené úpravy. Druhý test podává informaci o bakteriální inhibici vůči bakteriálním kmenům – *E. coli* a *Staphylococcus aureus*. Test vyšel velice pozitivně a lze tedy dle něj konstatovat, že obě varianty úprav (obsah antimikrobiálních sloučenin 0,5 i 1,5 g) jsou účinné. V případě obarvené tkaniny je jasné, že samotné obarvení tkaniny znamená jistý

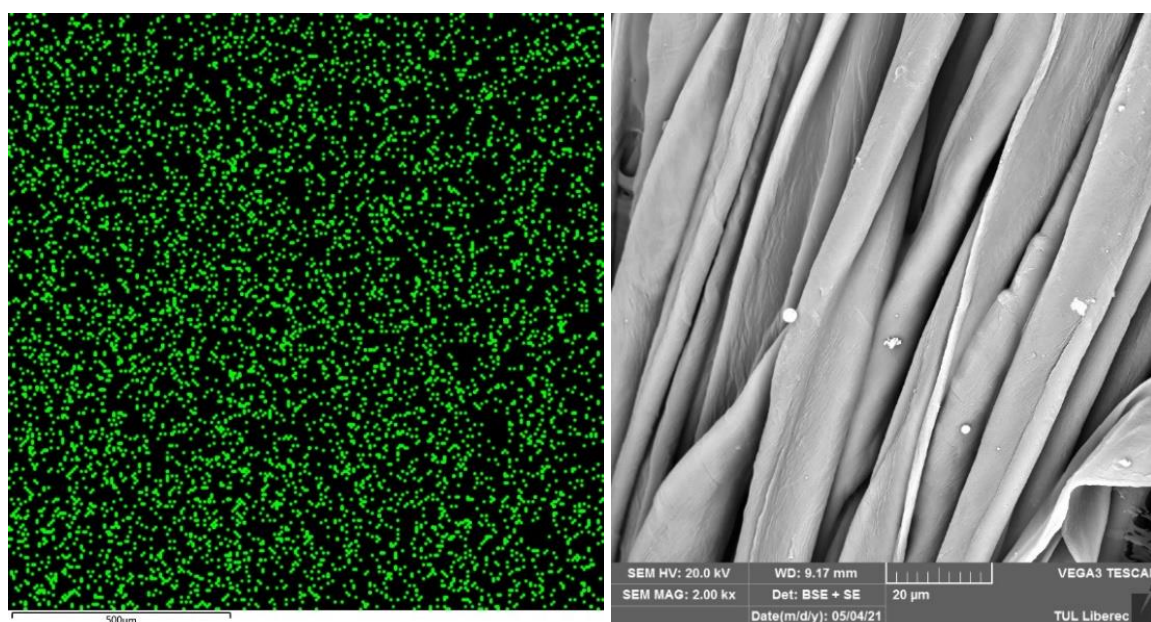
antibakteriální účinek, proto je nutné před testováním několikrát obarvenou textilii pečlivě vyprat a následně nechat otestovat.

Jako další možnost testování se nabízí ověření trvanlivosti úpravy pomocí testu v praní dle ČSN. Obecný postup pro testování v praní je provádění testů po jednom, pátém a desátém cyklu. Počet pracích cyklů se většinou odvíjí od plánovaného použití textilie.

## 2.8. SEM a EDS

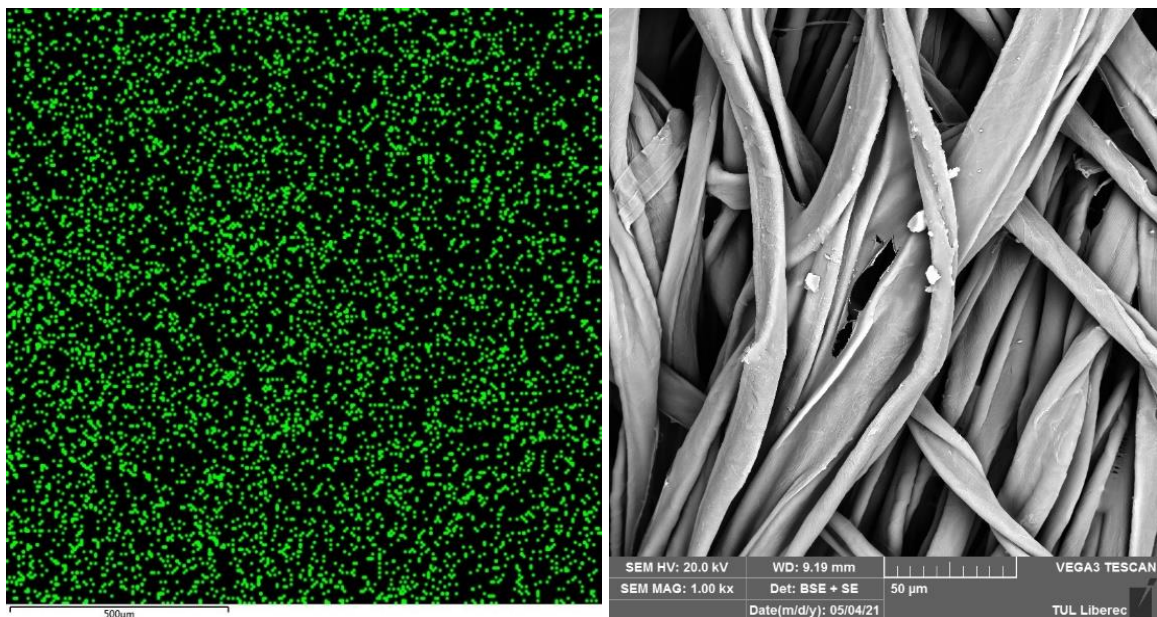
Práce je doplněna o snímky z elektronové mikroskopie. Tyto snímky byly pořízeny z důvodu ověření přítomnosti antibakteriální složky a ověření homogenity nánosu antibakteriální složky. Důvody, proč materiál vykazuje antibakteriální efekt, jsou dva, a to přítomnost iontů kovů na textilním materiálu díky úpravě a kyselost vzorků, která je způsobená přítomností kyseliny citronové (obsahuje karboxylové skupiny – COOH).

Na snímcích ze skenovací elektronové mikroskopie (SEM), které jsou doplněny o snímky z energiově disperzního spektrometru (EDS) je vidět zřetelně textura povrchu materiálu. Dále si lze všimnout i prvkové analýzy. Na obrázcích č. 24–26 jsou pro příklad zobrazeny snímky z EDS, konkrétně se jedná o přítomnost mědi (zelené body zobrazují znázorňují ionty mědi). Je vidět, že nános na textilním materiálu je homogenní.

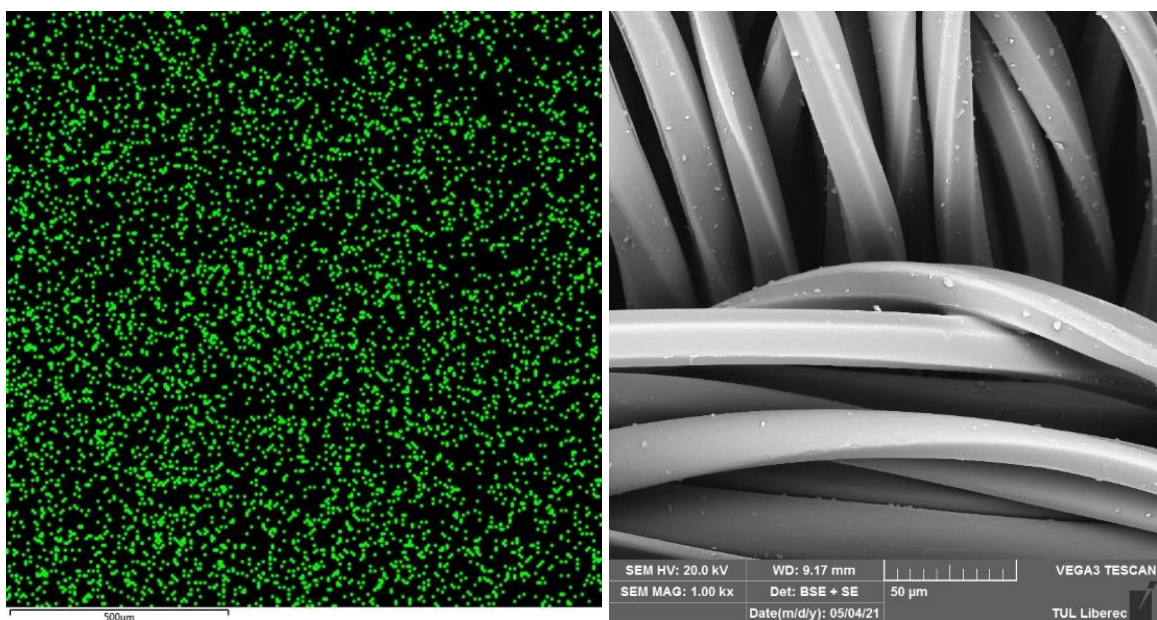


Obrázek č. 24 – Vzorek bavlny – zleva EDS, SEM





Obrázek č. 25 – Vzorek obarvené bavlny – zleva EDS, SEM



Obrázek č. 26 – Vzorek polyesteru – zleva EDS, SEM

## 2.9. Filtrační schopnosti a prodyšnost textilních výrobků



Obrázek č. 27 – Rouška  
Zdroj: vlastní

Filtrační schopnosti byly měřeny na katedře TUL – Ústav pro nanomateriály, pokročilé technologie a inovace pod vedením Ing. Jakuba Hruzy, Ph.D. Vlastnosti byly měřeny na

upravené roušce (obrázek č. 27) a ty byly porovnány s měřením vlastností na standardu pomocí testovacího zařízení MFP 1000 HEPA. Měření probíhalo na vzorku ošetřeném úpravou gama504.

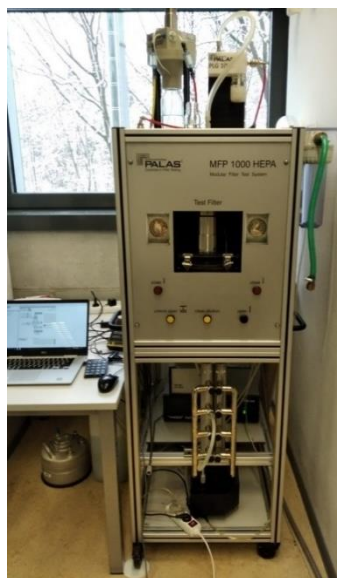
### **Druh testu:**

Filtrační účinnosti a tlakové spády respirátorů, lékařských masek a filtračních materiálů dle norem EN 149:2001+A1:2009, EN 143:2001+A1:2006 a EN 14683:2019+AC:2019. [37]

### **Princip testování:**

Vzorky filtrů jsou umístěny do držáku a na okrajích utěsněny. Lze testovat plošné materiály, roušky, respirátory a části polomasek. Na rozdíl od normy EN 149 nejsou vzorky umístěny na testovací hlavu (Sheffield head), ale do boxu s otvorem 100 cm<sup>2</sup>. Tlakový spád (resp. dýchací odpor) je měřen při průtocích 30 l/min, 95 l/min a 160 l/min (výdechový dýchací odpor). Olejové částice (DEHS) mající velikost v rozsahu 0,12 - 3 μm jsou rozptýleny ve vzduchu a pronikají testovaným filtrem. Průtok vzduchu při filtračním testu je 95 l/min. Částice prošlé filtrem jsou naředěny a analyzovány pomocí optického počítače. Je určena koncentrace částic dané velikosti před a za filtrem a pro každou velikost částic spočítána filtrační účinnost dle vzorce:  $E = 1 - \frac{c(\text{za filtrem})}{c(\text{před filtrem})} * 100$  [%]. Pro klasifikaci respirátorů dle EN 149 je použita účinnost záchytu částic o velikosti 0,6 μm (E0,6). [37]

Pro odhad klasifikace roušek dle EN 14683 je klíčová velikost 3 μm (odhad bakteriální filtrační účinnosti BFE). Chyba měření filtrační účinnosti je 0,2 % z rozsahu měření, chyba měření tlakového spádu je 6 % z rozsahu pro rozsah 0-100 Pa a 4 % z rozsahu pro rozsah 100-500 Pa. [37]



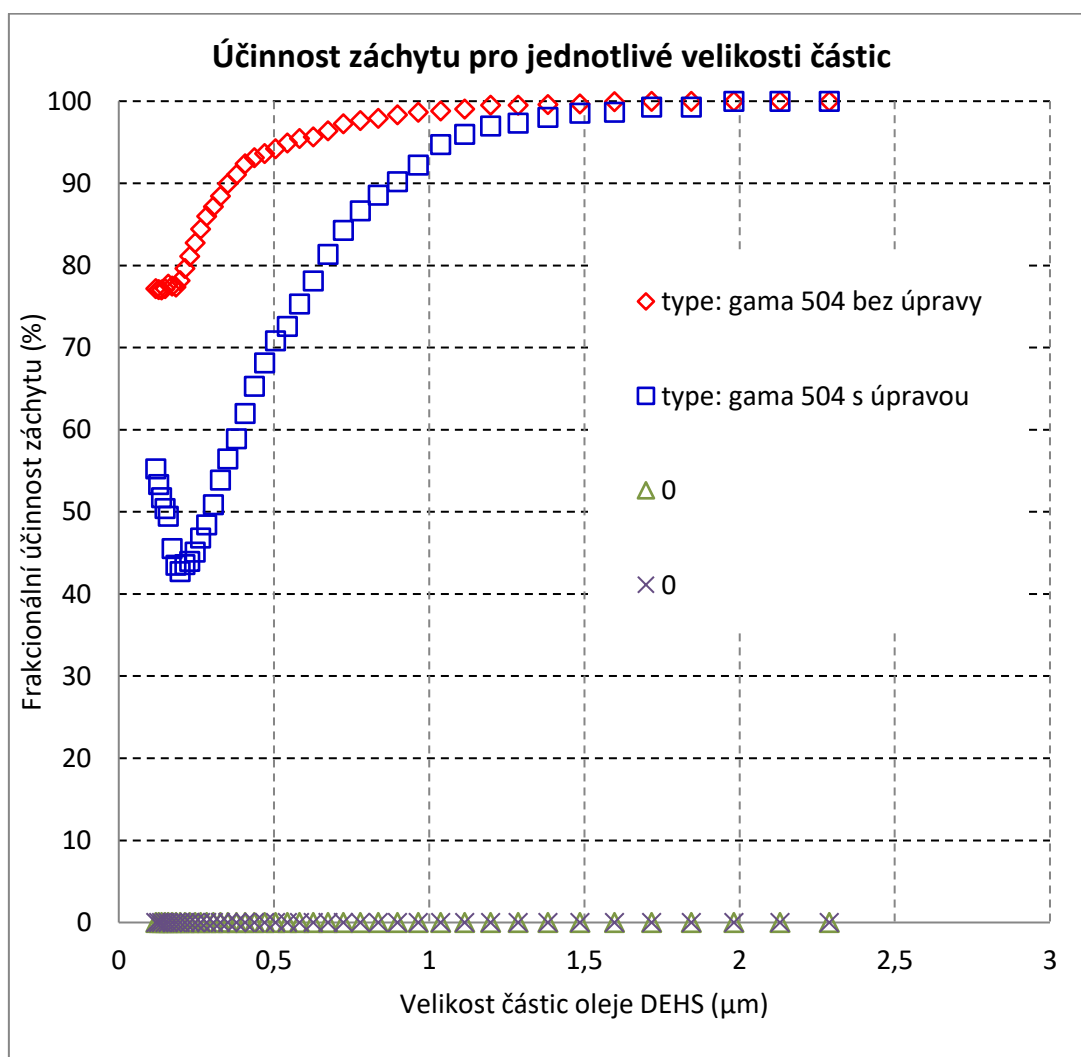
Obrázek č. 28 – Testovací zařízení MFP 1000 HEPA  
Zdroj: [37]

Tabulka č. 14 – Měřené vlastnosti [37]

$\Delta p_{0\ 95}$ (Pa)	Počáteční tlakový spád (dýchací odpor) pro průtok 95 l/min
$\Delta p_{0\ 30}$ (Pa)	Počáteční tlakový spád (dýchací odpor) pro průtok 30 l/min, zároveň tlakový spád pro rychlost proudění 5,3 cm/sec (EN 14683:2019+AC:2019).
$\Delta p_{0\ 160}$ (Pa)	Počáteční tlakový spád (dýchací odpor) pro průtok 160 l/min
BFE (%)	Odhad bakteriální filtrační účinnosti podle záchytu částic o velikosti 3 $\mu\text{m}$ dle normy EN 14683:2019+AC:2019
$E_{0,6}$ (%)	Účinnost záchytu částic o velikosti 0.6 $\mu\text{m}$ – odhad účinnosti dle EN 149:2001+A1:2009 nebo EN 143:2001+A1:2006.

Tabulka č. 15 – Výsledky testů

Vzorek	$\Delta p_{0\ 95}$ (Pa)	$\Delta p_{0\ 30}$ (Pa)	$\Delta p_{0\ 160}$ (Pa)	$E_{0,6}$ (%)	BFE (%)	Odhad třídy dle EN 149	Odhad třídy dle EN 14683
bez úpravy	185,0	60,0	303,0	95,46	100,00	FFP2	vysoký tlak
gama 504 s úpravou	173,0	54,0	294,0	75,29	100,00	malá účinnost	vysoký tlak



Graf č. 11 – Účinnosti záchytu pro jednotlivé velikosti částic



Dle výsledků měření filtračních schopností lze konstatovat po porovnání se standardem, že filtrační vlastnosti se po úpravě materiálu mírně zhoršily. Úprava na roušce tudíž drží.

Měření prodyšnosti probíhalo na katedře TUL – Katedra hodnocení textilií pod vedením Ing. Pavly Těšinové, Ph.D. Jedná se o standardní nedestruktivní měření prodyšnosti dle normy ČSN EN ISO 9237 při tlakovém spádu 100 Pa pomocí zařízení TEXTTEST FX 3300. Princip měření spočívá v upevnění textilního materiálu lící stranou nahoru do držáku a následném proudění vzduchu pod určitým tlakem. Výsledkem je hodnota rozdílu tlaku vzduchu na jedné a na druhé straně textilního materiálu. Prodyšnost se vyjadřuje v  $l/m^2/s$ . Testování probíhalo na vzorku ošetřeném úpravou gama555.

Tabulka č. 16 – měření prodyšnosti

Bez úpravy [ $l/m^2/s$ ]	S úpravou [ $l/m^2/s$ ]
47,9	71,7
65,1	65,1
57,6	71,6
66,2	59,3
55,3	68,6

Dle výsledků prodyšnosti lze říci, že prodyšnost se mírně zvýšila. Lze říci, že úprava nezajistila zaplnění pórů mezi vlákny a vlivem celého průběhu úpravy došlo ke zvýšení prodyšnosti. Variabilita měření je způsobena záhyby na roušce.

## 2.10. Využití v praxi

Jelikož nebyly realizovány testy v praní, není jisté, zda by úprava splňovala vše pro opakovaná použití ochranných pomůcek, proto byly vybrány takové ochranné pomůcky, které jsou přizpůsobeny zpravidla pro jednorázová použití.

V rámci práce byla antibakteriální úprava nanášena na již hotové textilní pomůcky. Byly vybrány dvě, a to ochranné rukavice a ochranná rouška. U obou ošetřených pomůcek je jasný stejný antibakteriální účinek jako u ošetřených textilních materiálů.

Rukavice byly zakoupeny od společnosti Cerva. Jedná se o pletené rukavice se složením 50% polyester a 50% bavlna. Jsou určeny zpravidla pro práci v suchém prostředí a pro manipulaci se suchými potravinami. Výrobce uvádí, že se předpokládá jejich jednorázové nebo krátkodobé užití.



*Obrázek č. 29 – Ošetřená rukavice  
Zdroj: vlastní*

Roušky byly zakoupeny od společnosti Guangdong Annuochen Medical Supplies Co., Ltd. Jedná se o jednorázové třívrstvé ochranné roušky zvláště pro ochranu nosní a ústní dutiny. Jsou vyrobeny z netkaného textilního materiálu. Obecně se roušky využívají pro zabránění šíření nákazy, jednotlivé vrstvy zachycují postupně co nejvíce druhů nečistot až po nejmenší mikroorganismy.

Jelikož upravené textilní materiály vykazují antibakteriální účinnost a při kontaktu úprava ničí patogenní bakterie z okolního prostředí, lze úpravu využít na výrobky, které se vyskytují například ve zdravotnictví na již zmíněné jednorázové roušky, rukavice, čisticí utěrky, pokrývky hlavy či ochranné oděvy pro zdravotnický personál anebo pacienty.

## Závěr

Tématem této diplomové práce bylo „Antibakteriální textilní ochranné pomůcky“. Zадáním práce byla tvorba rešerše na zadané téma se zaměřením na speciální antibakteriální úpravy textilií. Dále výběr vhodných textilních ochranných pomůcek, u kterých by antibakteriální úprava vedla ke zvýšené užitné hodnotě. Následně provést návrh a realizovat postup antibakteriální úpravy textilních materiálů. Dále vyhodnocení antibakteriálního efektu pomocí standardních testů a v poslední části popis možného uplatnění takto upravených textilních pomůcek v praxi.

Cílem celé práce bylo ošetřit textilní materiály nově vytvořenou antibakteriální úpravou a následně tuto úpravu otestovat vhodně zvolenými antimikrobiálními metodami.

Teoretická rešeršní část byla zaměřena především na zeširoka pojatou teorii k mikroorganismům, konkrétně k patogenním bakteriím a virům. Byla popsána jejich historie, stavba, rozdělení a nemoci, které mohou tyto organismy způsobit. Dále zde byly uvedeny již známé antibakteriální úpravy, dnes již rozsáhle využívané a k tomu i úpravy, které se teprve vyvíjejí. Součástí antibakteriálních úprav byly i jejich vyhodnocení pomocí běžných standardů, které se běžně v praxi využívají.

Praktická část se již zabývala novou speciálně vyvinutou antibakteriální úpravou. Tato úprava se nejprve zkoušela z hlediska použitelnosti, tzn. zda je stabilní na textilním substrátu. Po přizpůsobení úprav se již úpravy aplikovaly na vybrané textilní materiály, a to na bavlnu, polyester a polypropylen. Úpravy byly vyvinuty ve formě vodných roztoků, které obsahovaly jak pojivovou, tak i antibakteriální složku. Pojivová část se skládala z polyvinylalkoholu, kyseliny citronové a vodního skla. Do antibakteriální části se zařadil dusičnan stříbrný, dusičnan zinečnatý a síran měďnatý. Po aplikaci úpravy na textilní substráty se vzorky sušily a fixovaly v sušičce (sušení při 105 °C po dobu 10 minut a fixaci při 140 °C po dobu 5 minut). Takto upravené materiály se v následující části nechaly otestovat na antimikrobiální účinnost. Pro antibakteriální testy byly vybrány dvě úpravy (gama 504 a gama 555) nanesené na bavlně, obarvené bavlně a polyesteru. Tyto dvě úpravy se od sebe liší koncentrací účinných složek v roztoku. Dle první metody pomocí agarové destičky lze konstatovat, že úprava je na textilním substrátu fixována pevně (pomocí pevných kovalentních vazeb). Dle druhé metody se zjistilo, že antibakteriální efekt je stoprocentní, tzn. že všechny vzorky vykazují 100% bakteriální inhibici vůči oběma testovaným bakteriálním patogenním kmenům (*Staphylococcus aureus* a *Staphylococcus aureus*). V návaznosti na antibakteriální účinnost byly provedeny i snímky ze skenovacího elektronového mikroskopu, a i snímky z energiově disperzního spektrometru kvůli ověření

přítomnosti iontů kovů. Díky snímku se také ověřila jistá homogenita nánosu. Přítomnost kovů je doplněna již zmíněnými antibakteriálními testy z hlediska účinnosti celé antibakteriální úpravy.

Dále byly provedeny testy na prodyšnost a filtrační schopnosti roušek. Testy na prodyšnost se mírně zvýšily, což znamená, že úprava nezajistila zaplnění pórů mezi vlákny a vlivem celého průběhu úpravy došlo ke zvýšení prodyšnosti. Variabilita měření je způsobena záhyby na roušce. Prodyšnost je doplněna o filtrační schopnosti, výsledky ukazují, že schopnosti se mírně snížily, což znamená, že upravená rouška má malou účinnost, ale je zároveň je stále antibakteriální.

Výsledkem celé práce je nově vyvinutá speciální antibakteriální úprava, která zajišťuje ničení patogenních bakterií z okolního prostředí. Antibakteriální úprava je netoxická díky stopovému množství použitých antibakteriálních složek v celém roztoku. Je prokázána antibakteriální účinnost na textilních materiálech, a to na bavlně, polyesteru a polypropylenu. Úprava je rychlá, levná a jednoduchá na aplikaci.

## Citace

- [1] Historie morových epidemií. [online]. [cit. 2021-04-03]. Dostupné z:  
<https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/1995/cislo-9/historie-morovych-epidemii.html>
- [2] Morové instrukce. [online]. [cit. 2021-04-01]. Dostupné z:  
[https://muzeumprahy.cz/content/fck/files/RUZNE/Morove\\_instrukce\\_a\\_modlitba\\_proti\\_moru.pdf](https://muzeumprahy.cz/content/fck/files/RUZNE/Morove_instrukce_a_modlitba_proti_moru.pdf)
- [3] ROLNÝ, Dušan. Mikrobiologie, epidemiologie a hygiena. Praha: Avicenum, 1981.163 s. ISBN 08-027-81
- [4] Bakterie v lidském organismu. [online]. ©2010 [cit. 2020-04-11]. Dostupné z:  
<https://www.bakterie.eu/bakterie-a-lide>
- [5] Infekce [online]. © 2021 [cit. 2020-18-12]. Dostupné z:  
<https://cs.medixa.org/nemoci/infekce-2>
- [6] Historie výzkumu. [online]. ©2010 [cit. 2020-04-11]. Dostupné z:  
<https://www.bakterie.eu/historie-vyzkumu>
- [7] Ottova velká školní encyklopedie. Přeložil Jiří HUDEČEK. Praha: Ottovo nakladatelství, 2020. ISBN 978-80-7451-802-7.
- [8] Laboratoř genetiky bakterií [online]. [cit. 2021-03-05]. Dostupné z:  
<https://www.natur.cuni.cz/biologie/genetika/veda-a-vyzkum-1/laborator-genetiky-bakterii/laborator-genetiky-bakterii>
- [9] Druhy bakterií – Bakterie. [online]. ©2010 [cit. 2020-04-11]. Dostupné z:  
<https://www.bakterie.eu/druhy-bakterii>
- [10] Mikrobiologie a hydrobiologie: Klasické metody barvení. [online]. [cit. 2020-12-23]. Dostupné z:  
[https://tvp.vscht.cz/files/uzel/0018868/C\\_B0d4z3zfSojHdyDApz9fMEAA.pdf?redirected](https://tvp.vscht.cz/files/uzel/0018868/C_B0d4z3zfSojHdyDApz9fMEAA.pdf?redirected)
- [11] Dělení bakterií [online]. [cit. 2020-07-12]. Dostupné z:  
<https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/22>
- [12] Fytopatologie cvičení. [online]. [cit. 2020-12-23]. Dostupné z:  
[http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=130&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=130&typ=html)

- [13] Infekce, patogenita a nástroje virulence bakterií [online]. [cit. 2020-18-12]. Dostupné z: <http://fb.cuni.cz/Data/files/UIM/materials/doc/Osetrovatelstvi%20rocnik/6-patogenita-bakterii.pdf>
- [14] Patogenní mikroorganizmy. [online]. [cit. 2020-18-12]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/1431/podzim2008/Bi5710/Patogenni\\_mikroorganizmy.pdf](https://is.muni.cz/el/1431/podzim2008/Bi5710/Patogenni_mikroorganizmy.pdf)
- [15] Viry [online]. ©2010 [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <http://www.genetika-biologie.cz/viry>
- [16] Virus. In: Wikipedie. [online]. Editováno 17. 12. 2020 v 08:23. [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Virus>
- [17] MILITKÝ, J. Textilní vlákna klasická a speciální. Liberec: TUL, 2002. ISBN 80-7083-644-X
- [18] TAN, Lee-Yae. SIN, Lee Tin, BEE. Soo-Tueen, RATNAM, Chantara. WOO, Kwan-Kit. TEE, Tiam-Ting. RAHMAT, Abdul Razak. A review of antimicrobial fabric containing nanostructures metal-based. Journal of Vinyl and Additive Technology. [online]. [cit. 2020-04-11]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/vnl.21606>
- [19] RADOŇOVÁ, Eva. Hodnocení antibakteriální úpravy textilních výrobků používaných ve zdravotnictví., Liberec, 2015. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilní. Vedoucí práce ŠTOČKOVÁ Hana
- [20] HABEEBA, U., RESHMI, C.R, SUJITH, A. Chitosan Immobilized Cotton Fibres for Antibacterial Textile Materials. Polymers from Renewable Resources [online] 2017. ISSN: 2041-2479, [cit. 2021-01-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/204124791700800202>
- [21] LIU, J., LIN, X., LIANG, H., Dyed fabrics modified via assembly with phytic acid/berberine for antibacterial, UV resistance, and self-cleaning applications. Journal of Engineered Fibers and Fabrics [online]. 2019, [cit. 2021-03-05] Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/1558925019888978>
- [22] YAMAGUCHI, T. Antibacterial Properties of Nootkatone Against Gram-Positive Bacteria. Natural Product Communications. [online]. 2019. ISSN: 1934-578X, [cit. 2021-01-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/1934578X19859999>
- [23] KIM, J., LEE, H., JATOI, A., IM, S., LEE, J., KIM, I, Juniperus chinensis extracts loaded PVA nanofiber: Enhanced antibacterial activity. Materials Letters. [online]. 2016, 367-370, ISSN 0167-577X, [cit. 2021-01-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2016.05.164>.

- [24] American Association of Textile Chemists and Colorists, About AATCC. [online]. ©2021 [cit. 2020-12-23]. Dostupné z: <https://www.aatcc.org/about/>
- [25] American Association of Textile Chemists and Colorists. TM100-TM 100 Test Method for Antibacterial Finishes on Textile Materials: Assess. [online]. ©2021 [cit. 2020-12-23]. Dostupné z: <https://members.aatcc.org/store/tm100/513/>
- [26] American Association of Textile Chemists and Colorists,. [online]. ©2021. [cit. 2020-12-23]. Dostupné z: <https://www.aatcc.org/testing/methods/>
- [27] Mikrobiologie [online]. © 2016–2021 [cit. 2020-12-23]. Dostupné z: <https://www.tzu.cz/mikrobiologie-mikrobiologie>
- [28] American Association of Textile Chemists and Colorists. TM147-TM 147 Antibacterial Activity of Textile Materials: Parallel Streak. [online]. ©2021 [cit. 2020-12-23]. Dostupné z: <https://members.aatcc.org/store/tm147/554/>
- [29] WuXi AppTec. AATCC TM 100-2019: Assessment of & What It Means for Medical Textiles. [online]. ©2021 [cit. 2020-12-23]. Dostupné z: <https://medicaldevice.wuxiapptec.com/2020/07/23/aatcc-tm-100-2019-assessment-of-what-it-means-for-medical-textiles/>
- [30] FLÍDROVA, M., Metodika stanovení chemického složení vodních skel, Brno, 2019, [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=190630](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=190630)
- [31] MARTINKOVÁ, Martina. Gelace Hydroxyethylcelulózy a hyaluronanu kyselinou citrónovou, Brno, 2016. Diplomová práce, Vysoké učení technické v Brně. Fakulta chemická, Vedoucí práce KARGEROVÁ, Andrea
- [32] Dusičnan zinečnatý. In: Wikipedie. [online]. Editováno 26. 7. 2020 v 06:10 [cit. 2020-12-23]. [https://cs.wikipedia.org/wiki/Dusičnan\\_zinečnatý](https://cs.wikipedia.org/wiki/Dusičnan_zinečnatý)
- [33] Dusičnan stříbrný. In: Wikipedie. [online]. Editováno 20. 11. 2020 v 00:58. [cit. 2020-12-23]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Dusičnan\\_stříbrný](https://cs.wikipedia.org/wiki/Dusičnan_stříbrný)
- [34] Síran měďnatý. In: Wikipedie. [online]. Editováno 2. 11. 2020 v 14:12. [cit. 2020-12-23]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Síran\\_měďnatý](https://cs.wikipedia.org/wiki/Síran_měďnatý)
- [35] DRÁHOVÁ, Věra. Modifikace kovů pomocí antibakteriálních nanovrstev zejména pro zdravotnické aplikace, Liberec, 2014. Diplomová práce, Technická univerzita Liberec, Fakulta textilní, Vedoucí práce ŠLAMBOROVÁ, Irena

- [36] KONEČNÁ, Hana. Uvolňování PVA ze směsí PVA/PVC do vodných roztoků, Zlín, 2010. Diplomová práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická
- [37] Filtrační účinnosti a tlakové spády respirátorů, lékařských masek a filtračních materiálů dle norem EN 149, EN 143 a EN 14683. [online]. [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: [https://static.kosik.cz/files/safety\\_sheet/428617.pdf](https://static.kosik.cz/files/safety_sheet/428617.pdf)



## Seznam obrázků

- Obrázek č. 1 – Bakterie E.coli
- Obrázek č. 2 – Možné umístění endospory
- Obrázek č. 3 – Rozdělení tvarů bakterií
- Obrázek č. 4 - Stavba bakteriální buňky
- Obrázek č. 5 – Přehled bakteriálních infekcí a jejich původců
- Obrázek č. 6 - Stavba viru
- Obrázek č. 7 - Staphylococcus epidermidis
- Obrázek č. 8 - Strukturní vzorec Triclosanu
- Obrázek č. 9 – agarová destička
- Obrázek č. 10 – Bavlna
- Obrázek č. 11- Bavlna obarvená
- Obrázek č. 12 – PES
- Obrázek č. 13 – PP
- Obrázek č. 14 – Vzorec PVA
- Obrázek č. 15 – Vzorec kyseliny citronové
- Obrázek č. 16 – Vzorec dusičnanu zinečnatého
- Obrázek č. 17 – Aplikace pro RGB
- Obrázek č. 18 – změna barevnosti na bavlně
- Obrázek č. 19 – změna barevnosti na obarvené bavlně
- Obrázek č. 20 – změna barevnosti na polyesteru
- Obrázek č. 21 – změna barevnosti na polypropylenu
- Obrázek č. 22 – změna barevnosti na bavlně
- Obrázek č. 23 – změna barevnosti na polyesteru
- Obrázek č. 24 – Vzorek bavlny – zleva EDS, SEM
- Obrázek č. 25 – Vzorek obarvené bavlny – zleva EDS, SEM
- Obrázek č. 26 – Vzorek polyesteru – zleva EDS, SEM
- Obrázek č. 27 – Rouška
- Obrázek č. 28 – Testovací zařízení MFP 1000 HEPA
- Obrázek č. 29 – Ošetřená rukavice

## **Seznam tabulek**

Tabulka č. 1 - Příklady testování Ag s aditivem na bavlně

Tabulka č. 2 – Parametry tkanin

Tabulka č. 3 – Parametry tkanin

Tabulka č. 4 – Příklad složení

Tabulka č. 5 – Příklad složení 2

Tabulka č. 6 – Gama 502

Tabulka č. 7 – Gama 503

Tabulka č. 8 – Gama 551

Tabulka č. 9 – Gama 558

Tabulka č. 10 – složení (vzorky pro hodnocení)

Tabulka č. 11 – výsledek dle ČSN EN ISO 20645

Tabulka č. 12 - Výsledek dle AATCC Test Method: 100-2004

Tabulka č. 13 - Výsledek dle AATCC Test Method: 100-2004

Tabulka č. 14 – Měřené vlastnosti

Tabulka č. 14 – Měřené vlastnosti

## **Seznam grafů**

Graf č. 1 – bodový graf – gama 505-507 – bavlna

Graf č. 2 – bodový graf – gama 505-507 – bavlna

Graf č. 3 – bodový graf – gama 505-507 – obarvená bavlna

Graf č. 4 – bodový graf – gama 505-507 – obarvená bavlna

Graf č. 5 – bodový graf – gama 505-507 – PES

Graf č. 6 – bodový graf – gama 505-507 – PES

Graf č. 7 – bodový graf – gama 505-507 – PP

Graf č. 8 – bodový graf – gama 505-507 – PP

Graf č. 9 – bodový graf – gama 551-558 – bavlna

Graf č. 10 – bodový graf – gama 551-558 – PES

Graf č. 11 – Účinnosti záchytu pro jednotlivé velikosti částic

## Přílohy

### Gama 500-507:

<b>gama500</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	81,0
CA	1	3	5	0,15	1,5	19,0
Vodní sklo	40	0	4	0	0	0,0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	0	1	0	0	0,0
AgNO <sub>3</sub>	100	0	1	0	0	0,0
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0	1	0	0	0,0

<b>gama501</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	80,2
CA	1	3	5	0,15	1,5	18,8
Vodní sklo	40	0,2	4	0,008	0,08	1,0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	0	1	0	0	0,0
AgNO <sub>3</sub>	100	0	1	0	0	0,0
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0	1	0	0	0,0

<b>gama502</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	79,5
CA	1	3	5	0,15	1,5	18,6
Vodní sklo	40	0	4	0	0	0,0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	0,5	1	0,005	0,05	0,6
AgNO <sub>3</sub>	100	0,5	1	0,005	0,05	0,6
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0,5	1	0,005	0,05	0,6

<b>gama503</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	78,0
CA	1	3	5	0,15	1,5	18,3
Vodní sklo	40	0	4	0	0	0,0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	1	1	0,01	0,1	1,2
AgNO <sub>3</sub>	100	1	1	0,01	0,1	1,2
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	1	1	0,01	0,1	1,2

<b>gama504</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	76,6
CA	1	3	5	0,15	1,5	18,0
Vodní sklo	40	0	4	0	0	0,0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	1,5	1	0,015	0,15	1,8
AgNO <sub>3</sub>	100	1,5	1	0,015	0,15	1,8
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	1,5	1	0,015	0,15	1,8

<b>gama505</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	75,7
CA	1	3	5	0,15	1,5	17,8
Vodní sklo	40	1	4	0,04	0,4	4,7
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	0,5	1	0,005	0,05	0,6
AgNO <sub>3</sub>	100	0,5	1	0,005	0,05	0,6
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0,5	1	0,005	0,05	0,6

<b>gama506</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	74,4
CA	1	3	5	0,15	1,5	17,4
Vodní sklo	40	1	4	0,04	0,4	4,7
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	1	1	0,01	0,1	1,2
AgNO <sub>3</sub>	100	1	1	0,01	0,1	1,2
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	1	1	0,01	0,1	1,2

<b>gama507</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	73,1
CA	1	3	5	0,15	1,5	17,1
Vodní sklo	40	1	4	0,04	0,4	4,6
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	1,5	1	0,015	0,15	1,7
AgNO <sub>3</sub>	100	1,5	1	0,015	0,15	1,7
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	1,5	1	0,015	0,15	1,7

#### **Gama 551-558:**

<b>gama551</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	80,7
CA	1	3	5	0,15	1,5	18,9
Vodní sklo	40	0	4	0	0	0,0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	0,1	1	0,001	0,01	0,1
AgNO <sub>3</sub>	100	0,1	1	0,001	0,01	0,1
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0,1	1	0,001	0,01	0,1

<b>gama552</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	80,4
CA	1	3	5	0,15	1,5	18,8
Vodní sklo	40	0	4	0	0	0,0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	0,2	1	0,002	0,02	0,3
AgNO <sub>3</sub>	100	0,2	1	0,002	0,02	0,3
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0,2	1	0,002	0,02	0,3

<b>gama553</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	80,1
CA	1	3	5	0,15	1,5	18,8
Vodní sklo	40	0	4	0	0	0,0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	0,3	1	0,003	0,03	0,4
AgNO <sub>3</sub>	100	0,3	1	0,003	0,03	0,4
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0,3	1	0,003	0,03	0,4

<b>gama554</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	79,8
CA	1	3	5	0,15	1,5	18,7
Vodní sklo	40	0	4	0	0	0,0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	0,4	1	0,004	0,04	0,5
AgNO <sub>3</sub>	100	0,4	1	0,004	0,04	0,5
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0,4	1	0,004	0,04	0,5

<b>gama555</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	79,5
CA	1	3	5	0,15	1,5	18,6
Vodní sklo	40	0	4	0	0	0,0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	0,5	1	0,005	0,05	0,6
AgNO <sub>3</sub>	100	0,5	1	0,005	0,05	0,6
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0,5	1	0,005	0,05	0,6

<b>gama556</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	79,2
CA	1	3	5	0,15	1,5	18,6
Vodní sklo	40	0	4	0	0	0,0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	0,6	1	0,006	0,06	0,7
AgNO <sub>3</sub>	100	0,6	1	0,006	0,06	0,7
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0,6	1	0,006	0,06	0,7

<b>gama557</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	78,9
CA	1	3	5	0,15	1,5	18,5
Vodní sklo	40	0	4	0	0	0,0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	0,7	1	0,007	0,07	0,9
AgNO <sub>3</sub>	100	0,7	1	0,007	0,07	0,9
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0,7	1	0,007	0,07	0,9

<b>gama558</b>	%	dávkováno [g]	koncentrace [%]	dávkováno [g]	koncentrace [g/l]	sušina [%]
PVA	16	4	16	0,64	6,4	78,6
CA	1	3	5	0,15	1,5	18,4
Vodní sklo	40	0	4	0	0	0,0
ZnNO <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	100	0,8	1	0,008	0,08	1,0
AgNO <sub>3</sub>	100	0,8	1	0,008	0,08	1,0
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	100	0,8	1	0,008	0,08	1,0