

Antimikrobiální ochrana PVC podlahových krytin pomocí UV tvrditelného laku

Simona Dočkalová

Bakalářská práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství polymerů

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Simona Dočkalová**
Osobní číslo: **T16367**
Studijní program: **B2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Polymerní materiály a technologie**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Antimikrobiální ochrana PVC podlahových krytin pomocí UV tvrditelného laku**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární rešerše na téma laminovaných podlahovin, současných typech podlahovin na trhu EU a možnostech jejich antimikrobiální ochrany pomocí UV tvrditelných laků.
2. Příprava zkušebních vzorků a jejich charakterizace.
3. Charakterizace antimikrobiální aktivity lakovaných polahových krytin.
4. Vyhodnocení naměřených výsledků a formulace závěrů.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **WILKES, C. E., J. W. SUMMERS, C. A. DANIELS a Mark T. BERARD.** *PVC handbook* .
Munich: Hanser, c2005, xxvi, 723 s. ISBN 3446227148.
2. **PATRICK, S.** *PVC Compounds and Processing*. Shrewsbury: Rapra Technology, 2004 176 s.
ISBN 1-85957-472-6.
3. **ISO 22196:2011** Plastics – Measurement of antibacterial activity on plastics and other non-porous surfaces.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martina Pummerová, PhD.

Centrum polymerních systémů

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2019

Termín odevzdání bakalářské práce:

17. května 2019

Ve Zlíně dne 25. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Tomáš Sedláček, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užit své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

²⁸ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vádného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdélku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložil, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihledne k výši výdélku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRACT

Bakalářská práce se zabývá vývojem technologie pro nanášení antimikrobiálních nátěrů a testováním fyzikálních a antibakteriálních vlastností podlahovin s antibakteriální úpravou. Teoretická část je zaměřena na charakterizaci polyvinylchloridu (PVC), druhy podlahovin a jejich výrobní postup. Dále charakterizuje použitou biologicky aktivní látku oxid zinečnatý (ZnO) a způsoby jeho zavedení. V praktické části byla nejprve provedena zkouška rozlivu laku za standardních výrobních podmínek a zjištěny vlastnosti podlahoviny po zatvrzení laku. Následně byla stanovena přesná koncentrace ZnO v laku, byla zkoumána termická stabilita pomocí termogravimetrické analýzy a rychlost vytvrzení laku pomocí diferenciální snímací kalorimetrie. Byla provedena mikrobiologická zkouška vzorků podlahových krytin pomocí diskové difuzní metody a dle ISO 22196:2007.

Klíčová slova: PVC podlahovina, antimikrobiální ochrana, válcování, laminace

ABSTRACT

The bachelor thesis deals with development of varnishing technology for antimicrobial coatings as well as physical and antibacterial testing of flooring with antimicrobial protection. The theoretical part is focused on Polyvinyl Chloride (PVC) characterization, types of flooring and their manufacturing process. The biologically active compound, Zinc Oxide (ZnO), and its implementation methods are described. In the practical part, the testing of varnish flow under standard production conditions was evaluated and then the properties of the flooring after the varnish hardening were performed. After that, the real concentration of ZnO in the varnishes was determined. The thermal stability and varnish hardening were evaluated by thermogravimetric analysis and differential scanning calorimetry, respectively. Antimicrobial activity of the flooring was tested by the disk diffusion method and ISO 22196:2007.

Keywords: PVC flooring, Antimicrobial protection, Rolling, Lamination

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí práce Ing. Martině Pummerové, Ph.D. za cenné rady a pomoc při zpracování této práce. Rovněž bych ráda poděkovala paní Ing. Daniele Veselé za její ochotu a pomoc při mikrobiologických zkouškách a jejich vyhodnocení. Dále bych ráda poděkovala Ing. Michaelovi Tupému, Ph.D. za ochotu, konzultace a odborný dohled nad prací. Tato práce vznikla v rámci projektu Technické agentury ČR – Centrum alternativních ekologicky šetrných vysoce účinných antibakteriálních prostředků pro průmyslové aplikace (TE02000006).

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 PVC PODLAHOVINY	12
1.1 SUROVINY PRO VÝROBU PODLAHOVIN.....	12
1.1.1 PVC.....	12
1.1.2 Plastifikátory	14
1.1.3 Stabilizátory	16
1.2 KONSTRUKCE PODLAHOVIN A JEJICH VÝROBA	16
1.2.1 Homogenní struktura PVC podlahovin.....	16
1.2.2 Heterogenní struktura PVC podlahovin.....	17
1.2.3 Další typy podlahovin.....	18
1.2.4 Technologie lisování.....	18
1.2.5 Technologie válcování.....	19
1.2.6 Laminace podlahovin.....	20
1.3 ÚPRAVA PODLAHOVIN LAKOVÁNÍM	20
1.4 NORMY PRO VÝSTUPNÍ KONTROLU PODLAHOVIN	22
2 ANTIMIKROBIÁLNÍ OCHRANA PODLAHOVIN	23
2.1 ZPŮSOBY ANTIMIKROBIÁLNÍ OCHRANY	23
2.1.1 Zavedení antimikrobiální látky do laku podlahoviny	24
2.1.2 Zavedení antimikrobiální látky do hmoty podlahoviny.....	24
2.2 BIOCID.....	24
2.3 FUNKCE A ROZDĚLENÍ BIOCIDŮ DLE PŮSOBENÍ.....	25
2.3.1 Baktericidy	25
2.4 VÝBĚR VHODNÉ BIOCIDNĚ AKTIVNÍ LÁTKY PRO PODLAHOVINY	25
2.5 ANTIMIKROBIÁLNÍ OCHRANY NA TRHU	26
II PRAKTICKÁ ČÁST	27
3 CÍL PRÁCE.....	28
4 MATERIÁL A METODIKA	29
4.1 SUROVINY.....	29
4.2 PŘÍPRAVA VZORKŮ.....	29
4.3 ENERGIově-DISPERZNÍ SPEKTROMETRIE (EDX)	31
4.4 DIFERENCIÁLNÍ SKENOVACÍ KALORIMETRIE (DSC)	32
4.5 TERMOGRAVIMETRIE (TGA)	33
4.6 DISKOVÁ DIFUZNÍ METODA.....	35
4.7 STANOVENÍ ANTIBAKTERIÁLNÍ AKTIVITY DLE ISO 22196:2007	35
5 VÝSLEDKY A DISKUZE	38

5.1	ZKOUŠKA NANÁŠENÍ LAKU	38
5.2	EDX.....	39
5.3	DSC	39
5.4	TGA.....	41
5.5	DISKOVÁ DIFUZNÍ METODA.....	42
5.6	ISO 22196:2007	42
6	EKONOMICKÁ STRÁNKA MODIFIKACE LAKU.....	45
	ZÁVĚR.....	46
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	47
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	51
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	52
	SEZNAM TABULEK	53

ÚVOD

V dnešní době nás všude obklopují plasty. Vyrábí se z nich kryty elektroniky, interiéry a exteriéry v domácnosti i automobilovém průmyslu, pomůcky ve zdravotnictví až po obalový materiál. Neošetřené povrchy těchto plastů mohou sloužit jako ideální prostředí pro uchycení mikroorganismů a vytvoření biofilmu (polysacharidová matrice tvořená buňkami mikroorganismů sloužící k jejich adherenci a ochraně), což je nežádoucí především v nemocničním prostředí. Taková zařízení se v první řadě zaměřují na dezinfekci předmětů v přímém kontaktu se zdravotním personálem i pacienty, jako jsou zdravotní potřeby a pomůcky nebo jiné materiály, např. omyvatelné stěny či stoly. [1]

Vzhledem ke studiím z posledních let se právě podlahoviny klasifikují jako málo dotykové a není na ně tedy kladen takový význam při dezinfekci. Ovšem právě s podlahou přichází do styku ponožky, obuv, invalidní vozíky, tedy věci, kterých se zaměstnanci a pacienti pravidelně dotýkají, a tudíž dochází k rychlému šíření mikroorganismů po celém zařízení. Díky těmto mikroorganismům dochází každoročně ke vzniku nozokomiálních infekcí u pacientů, které mohou vést až k úmrtí. [1]

Mnoho materiálů ve zdravotnictví již disponuje antimikrobiální ochranou, včetně podlahovin. Existují dvě možnosti baktericidních činidel, tj. organické a anorganické. Mezi organická činidla se řadí alkoholy, antibiotika a povrchově aktivní látky. Jsou velmi efektivní, dochází u nich k difuzi z povrchu materiálu. Do anorganických činidel se řadí oxidy kovů. Hlavní nevýhodou organických antibakteriálních činidel je jejich toxicita, a proto stoupá zájem o anorganická činidla, jejichž rozpustnost je nízká a dochází k minimálnímu úniku do prostředí. [2] Nejběžněji používané jsou nanočástice stříbra, dále je používána i měď. V posledních letech se hojně zkoumá i antibakteriální aktivita nanočástic zinku, který je levnější alternativou stříbra.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PVC PODLAHOVINY

1.1 Suroviny pro výrobu podlahovin

Primárními komponentami pro výrobu polyvinylchloridových (PVC) podlahovin jsou polyvinylchloridové pryskyřice (vinylové), plastifikátory a stabilizátory. Jako další přísady mohou být použity plniva, pigmenty a modifikátory.

1.1.1 PVC

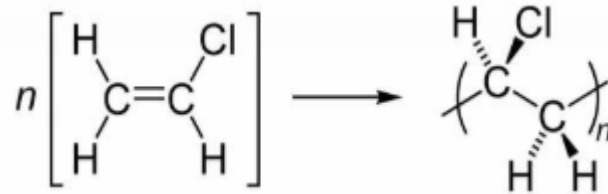
PVC je druhým nejprodukovanějším polymerem. Jedná se o termoplast s molekulovou hmotností 30000–150000 g·mol⁻¹. Typická je pro něj syndiotaktická konformace s částečnou krystalinitou. Teplotu skelného přechodu má kolem 87 °C a teplotu tání v rozmezí 100 °C až 260 °C, nicméně je PVC termicky stálé do teplot cca 180 °C. [3, 5, 5]

PVC je stálý vůči většině zředěných i koncentrovaných kyselin, minerálním olejům, vodě a alkoholu. Odolává působení kyslíku a ozónu. Je rozpustný v polárních rozpouštědlech jako je tetrahydrofuran. Dále je rozpustný v cyklohexanu, dioxanu a dimetylformamidu. V alkoholech, benzínu, olejích a nepolárních uhlovodících se nerozpouští. [3]

PVC je jediný univerzální plast, který přidavkem plastifikátorů a přísad umožňuje volné, široké a bezproblémové přizpůsobení požadovaných fyzikálních vlastností výrobků, jako je pružnost a rázová houževnatost. Jedná se o samozhášivý polymer z důvodu vysokého obsahu chloru s elektroizolačními vlastnostmi. Oproti polyetylenu (PE) a polypropylenu (PP) odolává více povětrnostním podmínkám a má vyšší pevnost v tahu. Dále má například oproti PP vyšší odolnost proti nárazu a je schopen odolat vyššímu zatížení. [4, 6]

PVC lze vyrábět emulzní, suspenzní a blokovou polymerací vinylchloridu (VCM), která je znázorněna na Obr. 1. Mechanismus polymerace je nejčastěji radikálový, ale může být i iontový, který je ale citlivější na nečistoty. Reakce jsou exotermní, tudíž reaktory musí být chlazeny. [6]

Pro výrobu podlahovin se používá měkčené PVC vyrobené suspenzní polymerací z důvodu jeho hrubších částic, které jsou optimální pro zpracovatelské technologie jako je např. válcování. Kdežto PVC vyrobené emulzní polymerací se používá na výrobky, které jsou méně náročné na zpracovatelské technologie, jako jsou fólie a trubky. [7]



Obr. 1 Polymerace VCM [3]

V praxi se charakterizuje PVC pomocí Fikentscherovy Rovnice tzv. hodnotou K , viz Rovnice 1, která závisí na tvaru a velikosti makromolekul a je téměř lineárně závislá na viskozimetricky stanovené molekulové hmotnosti (Rovnice 2). [6]

$$K = \frac{1,5 \lg \eta_r - 1 + \sqrt{(1 + 200/c + 2 + 1,5 \lg \eta_r) \cdot 1,5 \lg \eta_r}}{(150 + 3c) \cdot 10^{-3}} \quad (1)$$

$$\log \eta_r = \frac{75 \cdot k^2 \cdot c}{1 + 1,5 \cdot k \cdot c} + k \cdot c \quad (2)$$

kde:

- c je koncentrace v gramech na 100ml
- $\lg \eta_r$ je viskozimetricky stanovená molekulová hmotnost
- $k = K / 1000$

Polymer s hodnotou K okolo 55 až 65 se používá pro výrobky z tvrdého PVC. Pro měkčené PVC se používá s hodnotou K 65 až 80. [6]

Při suspenzní polymeraci se nejprve do reaktoru přivádí vinylchlorid monomer (VCM) spolu s vodou a suspenzními činidly. Při vysokorychlostním míchání dochází ke vzniku malých kapiček VCM. V dalším kroku je do reaktoru přiváděn iniciátor, případně katalyzátor rozpustný ve VCM, kdy za teploty 40–80 °C a pod tlakem dochází k přeměně kapiček VCM na PVC. Velikost takto vzniklých zrn PVC je 50–200 μm . Zbytky VCM jsou odstraněny proháněním vodní páry. Tento způsob výroby činí 80% výroby veškerého PVC. Dosahuje se větší čistoty než u emulzní polymerace. [8]

Při emulzní polymeraci je do vody přiveden VCM, iniciátor polymerace a emulgátor. Polymerace probíhá za teploty 40–60 °C a tlaku 0,3–0,8 MPa po dobu 1–2 hodin. Výsledný PVC je ve formě latexu (polymerní disperze), který se před sušením stabilizuje například pomocí polyvinylalkoholu (PVAL). Po sušení latexu je velikost výsledných

částic 0,1–0,2 μm , což jsou částice až 1000x menší než u suspenzní polymerace. Částice o takové velikosti jsou pastotvorné. Používají se pro výrobu plastisolů (PVC past), tedy pro výrobu podlahovin nejsou vhodné. [6, 7]

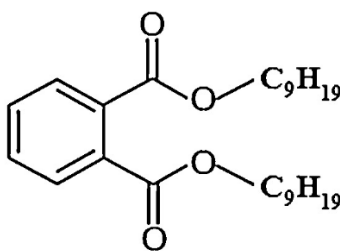
Bloková polymerace je nejméně používanou metodou, činí asi 10 % veškeré výroby PVC. Je zde náročnější udržení teploty, neboť se nepoužívají rozpouštědla a pomocné kapaliny. Jelikož není PVC rozpustné ve VCM, dochází již při nízkých konverzích ke vzniku zrnité kaše, ve které následně probíhá další polymerace. Velikost zrn je 60–150 μm . Při této polymeraci se dosahuje nejvyšší čistoty. [6]

PVC se používá v různých průmyslových odvětvích, včetně biomedicínské výroby, výroby hraček, balení potravin a stavebnictví. Nicméně PVC je tuhý polymer, zatímco mnoho odvětví vyžaduje, aby PVC bylo dobře zpracovatelné a flexibilní. Za účelem zlepšení těchto vlastností se často mísí s plastifikátory. [9]

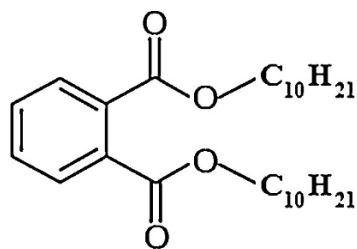
1.1.2 Plastifikátory

Plastifikátory, neboli změkčovadla jsou bezbarvé kapaliny s typickým zápachem. Jsou to látky, které mění fyzikální vlastnosti čistého PVC, jako jsou pevnost v tahu, tažnost, rázová houževnatost, ohebnost, tok taveniny. Dochází přitom k oddálení molekul vůči sobě, zvýšení jejich pohyblivosti. Jejich obsah v PVC směsi může být od 5 do 40 hmotnostních %. V dnešní době jsou na tyto látky kladeny přísné nároky vzhledem k ochraně životního prostředí. V Evropě musí veškeré používané plastifikátory splňovat nařízení REACH (registrace, evaluace, autorizace a omezování chemických látek). Ze známých asi 30000 plastifikátorů se v dnešní době používá zhruba 50. [10]

Plastifikátory se vyrábí esterifikací, tj. reakcí kyseliny s alkoholem. [10] Momentálně jsou pro PVC podlahoviny nejčastěji používané plastifikátory na bázi ftalátů, a to DINP (di-isononyl ftalát) a DIDP (di-isodecyl ftalát). Jejich chemická struktura je uvedena na Obr. 2 a 3. [12]



Obr. 2 Di-isononyl ftalát [11]

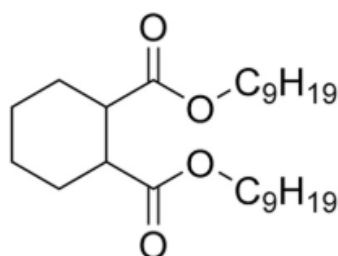
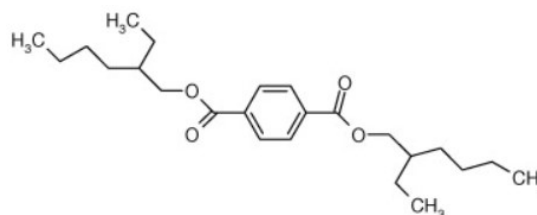


Obr. 3 Di-isodecyl ftalát [11]

DINP je hlavní složkou pro měkčení PVC, což určuje uživatelské mechanické vlastnosti vinylových výrobků. Snižuje křehkost u výrobků z PVC, čímž zvyšuje jejich odolnost proti měnícím se povětrnostním podmínkám, odolnost proti vodě a vysokou tepelnou izolaci. Oproti změkčovadlům s nižší molekulovou hmotností, jako jsou DOP (di-2-ethylhexyl ftalát) či DPB (dibutylftalát) je díky nízké těkavosti způsobené vysokým počtem atomů uhlíku vhodný pro použití v případech, kdy je výrobek vystaven vysokým teplotám. [13]

DIDP se liší od DINP pouze v počtu atomů uhlíku, tedy má menší těkavost než DINP.

Pro výrobu podlahoviny jsou používána i neftalátová změkčovadla typu DINCH (diisononylcyklohexan-1,2-dikarboxylát) a DOTP (DEHT, di-2-ethylhexyltereftalát). Jejich chemické struktury jsou uvedeny na Obr. 4 a 5. [12]

Obr. 4 Di-isononylcyklohexan -
1, 2-dikarboxylát [11]

Obr. 5 Di-2-ethylhexyltereftalát [11]

1.1.3 Stabilizátory

Stabilizátory se dělí podle funkce na světelné, tepelné a se specifickým účinkem. Přidávají se za účelem ochrany proti degradaci materiálu. Při degradaci dochází k oxidaci vzdušným kyslíkem, zkracování řetězců, síťování nebo k dehydrochloraci. [5]

Tepelné stabilizátory chrání materiál především v průběhu zpracování materiálu, jelikož jejich efekt je krátkodobý. Tyto stabilizátory musí zamezit odštěpování molekul HCl, vzniku nežádoucích barevných struktur a musí být snášlivé s daným polymerem. Jedná se o kovové sloučeniny, v jejichž struktuře je nejčastěji zinek, dříve byly hojně využívány soli barya, cín a olovo. Používání olova je dobrovolně ukončováno v rámci Evropy podle dobrovolných závazků VinylPlus. [8]

Vlivem působení vysoké zpracovatelské teploty 170 až 180 °C začíná termický rozklad PVC, kdy dochází k eliminaci molekuly chlóru a vodíku z řetězce polymeru za následného odštěpení molekuly HCl. Tímto dochází v molekule k nestabilním strukturám obsahujícím C=C vazby, které dále zrychlují eliminaci HCl a rozklad PVC. [5]

UV stabilizátory zajišťují pohlcení nebo odraz UV záření. Při pohlcení dochází k přeměně energie na tepelnou, popřípadě k přeměně vlnových délek záření. Podle chemické struktury je lze rozdělit na deriváty benzofenonu, deriváty kyseliny salicylové, deriváty benzotriazolu a sférické stíněné aminy. Dobré světelné stabilizační účinky mají i některé pigmenty, například oxid titaničitý, ovšem jako nejúčinnější se jeví aktivní saze. [5]

Stabilizátory se specifickým účinkem chrání materiál proti ostatním nepříznivým vlivům, což mohou být například ozón, dešťové srážky apod. Stabilizátory se mohou i míchat, např. oxid titaničitý s benzotriazolem zvýší rozsah oblasti pohlcení UV záření. [14]

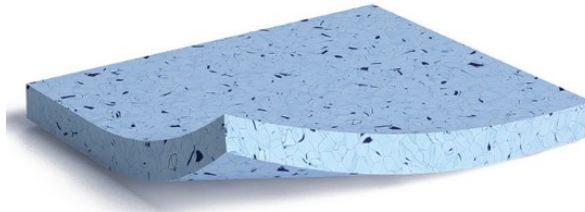
1.2 Konstrukce podlahovin a jejich výroba

Konstrukce PVC podlahovin může být buď homogenní (jednovrstvá), nebo heterogenní, tedy vícevrstvá. Metody jejich výroby jsou lisování, laminování či válcování. K dostání jsou buď ve formě dlaždic, nebo v rolích.

1.2.1 Homogenní struktura PVC podlahovin

Homogenní podlahoviny mají v celé své tloušťce shodné složení (Obr. 6), tedy nášlapná vrstva je v celé tloušťce a při opotřebení nedochází ke změně designu. Tento typ

podlahovin našel uplatnění v prostorách s vysokým namáháním, jako jsou nemocnice, školy, výrobní haly aj. [15]



Obr. 6 Řez homogenní podlahy [15]

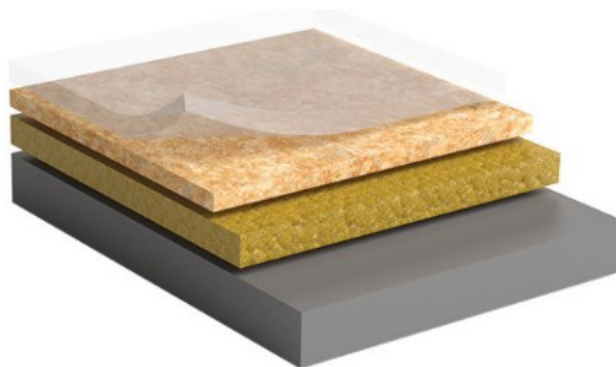
Mezi výhody tohoto typu podlahovin patří:

- vysoká odolnost vůči opotřebení,
- vysoká chemická odolnost povrchu,
- snadná údržba,
- dobrý teplotní vjem,
- vhodnost pro podlahové vytápění. [15]

1.2.2 Heterogenní struktura PVC podlahovin

Heterogenní podlahoviny se skládají z několika vrstev od sebe odlišných svým složením, případně provedením. Každá vrstva má svou funkci, kdy tloušťka nášlapné vrstvy určuje stupeň zatížení podlahoviny. Tyto podlahy se aplikují v bytových i komerčních prostorech a lehkém průmyslu. [15]

Heterogenní podlahy jsou složeny ze spodní vrstvy, podkladní probarvené vrstvy, nášlapné vrstvy s dekorem a polyuretanové povrchové úpravy, jak je vidět na Obr. 7.



Obr. 7 Řez heterogenní podlahy [15]

Mezi hlavní výhody heterogenní podlahoviny patří:

- vysoká odolnost vůči opotřebení a vlivu kolečkových židlí,
- dobrý teplotní vjem,
- snadná údržba,
- možnost pokládání na pružný podklad,
- vysoká chemická odolnost. [15]

1.2.3 Další typy podlahovin

V nabídce podlahových krytin jsou dále k dispozici vinylové podlahy (lina), laminované plovoucí desky, lité podlahy z pryskyřic, marmoleum, korkové, dřevěné a kožené podlahy.

1.2.4 Technologie lisování

Tato technologie slouží k výrobě homogenní podlahoviny a skládá se ze 7 kroků:

- 1) navázení přísad a následné smíchání,
- 2) lisování bloků, viz Obr. 8,
- 3) předehřev vylisovaných bloků,
- 4) štípání bloků na dlaždice,
- 5) přelisování dlaždic pro dosažení stejnoměrného povrchu,
- 6) tepelná stabilizace a sekání okrajů,
- 7) kontrola dlaždic a jejich následné balení. [16]



Obr. 8 Lisovací linka pro homogenní podlahovinu

Navázení směsi PVC se v praxi provádí tak, že se nejprve připravená směs PVC granulí a následně je granulát obalen přesným množstvím PVC pasty obsahující saze

a změkčovadlo. Tím je docíleno vzniku povrchové mikrovrstvy sazí na granulátu, která v lisované homogenní podlahovině tvoří vodivou část pro odvod elektrického náboje. [12]

1.2.5 Technologie válcování

Jedná se o technologický postup tváření materiálu pomocí dvou protichůdně se otáčejících válců, za předpokladu průchodu materiálu štěrbinou mezi válci. Často se využívá pro přípravu fólií a podlahovin, případně nanášení polymerních fólií na podložky (tканé i netkané textilie, papír apod.) a k míchání. Pro vyhovující kvalitu povrchu je zapotřebí alespoň tří průchodů štěrbinami, kdy první štěrbina slouží pro homogenizaci materiálu a vzniku základní fólie. Další štěrbinou slouží ke zlepšování povrchu. V případě hnětení ovlivňuje intenzitu homogenizace směsi především rozdíl v obvodových rychlostech válců – skluz, velikost štěrbin a teplota zpracování. [17]

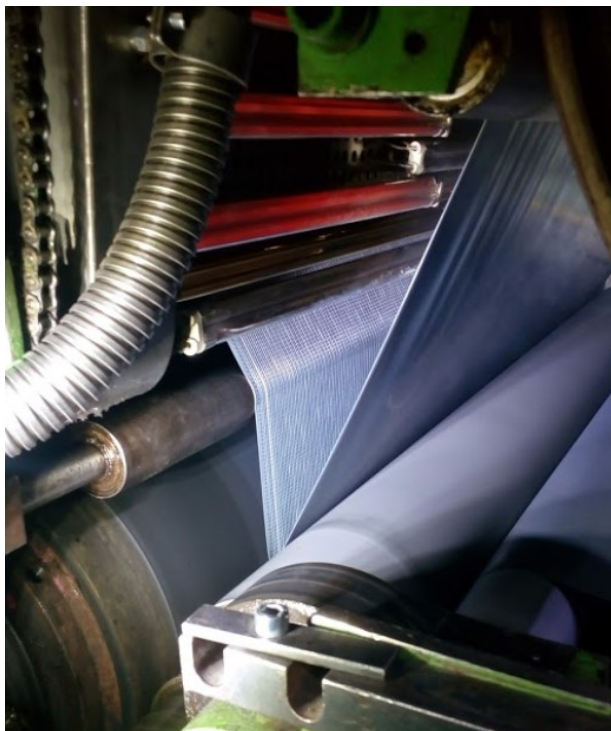
Při výrobě podlahovin se pracuje na kalandrech, majících obvykle čtyři válce, které se dle toku materiálu vzájemně zrychlují a mají postupně nižší teplotu. Vznikající fólie jsou následně chlazeny vzduchem a navíjeny do rolí, viz Obr. 9. Tyto polotovary je možné laminací více vrstev spojit do heterogenní podlahoviny. [17]



Obr. 9 Kalandrovací linka
ve společnosti Fatra

1.2.6 Laminace podlahovin

Při laminaci podlahovin se používá tzv. postupná laminace, což je kontinuální proces, kdy se jednotlivé polotovary pomocí zvýšené teploty (120 až 170 °C) a tlaku (do 5 barů) na sebe posupně laminují a dochází ke vzniku vícevrstvého výrobku. Polotovar je opásán přes horký buben, který je vyhříván nejčastěji vodní parou nebo olejem. Pomocí přitlaku pracovního pogumovaného válce k druhé vyhřáté fólii dochází ke slepení (Obr. 10). [12]



Obr. 10 Laminace folií ve společnosti Fatra

1.3 Úprava podlahovin lakováním

Pro lakování podlahovin se nejčastěji používají UV tvrditelné laky. Dále mohou být používány vodou ředitelné a rozpouštědlem ředitelné laky. [18]. Při natírání dochází k rovnoměrnému rozprostření laku po povrchu podložního materiálu, což se provádí pomocí natíracího nože nebo pogumovaného válce. [17] Ve společnosti Fatra je nanášení UV tvrditelného laku prováděno obtiskem pomocí pogumovaného válce, kdy tloušťka nánosu laku je určena štěrbinou mezi podlahovinou a pogumovaným válcem. Tloušťka nánosu laku se pohybuje okolo 10–20 μm . [12]

Lak obsahuje směs akrylátových monomerů a jeho antimikrobiální účinek je dán příměsí biologicky aktivní látky. Tato látka nesmí ovlivňovat viskozitu a rychlost vytvrzení laku.

Při mytí podlahovin by nemělo docházet k migraci aktivní látky, jinak by povrch podlahovin ztratil antimikrobiální vlastnosti. [12]

Vytvrzování nejčastěji používaného laku se provádí pod UV lampou a je velmi rychlé, v řádu sekund, kdy dojde k vytvoření trojrozměrné polymerní sítě. Lak musí splňovat podmínky na adhezi k PVC, nesmí docházet k jeho praskání při ohybu podlahoviny a nesmí vykazovat výrazné smrštění při zvýšené teplotě (80 °C). [12]

Nespornou výhodou UV tvrditelných laků je vysoká účinnost a úspora energie, kdy vytvrzení probíhá za pokojové teploty, není tudíž potřeba pořizovat pece na sušení. Další výhodou je možné okamžité provádění dalších zpracovatelských procesů a šetrnost k životnímu prostředí. UV tvrditelné laky neobsahují těkavá rozpouštědla, tedy není na lince potřeba zavádět žádná protivýbuchová opatření. [18]

S rostoucími požadavky na antibakteriální ochranu v oblasti potravin, zdravotnictví a domácnosti přitahují pozornost právě antibakteriální nátěry UV tvrditelnými laky, kdy je usmrcení bakterií založeno na jejich kontaktu s povrchem a nedochází tedy k úniku aktivní látky do prostředí. [19] V roce 2017 byla publikována příprava organicko-anorganických hybridních nanočástic oxidu křemičitého s kontaktními antibakteriálními vlastnostmi a jejich aplikacích v UV tvrditelných povlacích. Jeden z připravených laků vykazoval vynikající mechanické vlastnosti i antimikrobiální vlastnosti proti *Staphylococcus aureus* a *Escherichia coli*. Výsledky této publikace podporují použití UV tvrditelných laků se silnou a dlouhodobou antibakteriální schopností v potenciálně širokých průmyslových aplikacích. [19]

1.4 Normy pro výstupní kontrolu podlahovin

Níže uvedené normy v Tabulce 1 se používají v průmyslu nejčastěji pro výstupní kontrolu fyzikálních vlastností laminovaných podlahovin.

Tab. 1 Normy pro výstupní kontrolu podlahovin [12]

Kontrolní parametr	Kontrolní metodika	Požadovaná hodnota
Trvalá deformace	ČSN EN ISO 24343-1	$\leq 0,1$ mm
Přímost	ČSN EN ISO 24341	max. 20 mm
Rozměrová stálost	ČSN EN ISO 23999 (ČSN EN 434)	$\leq 0,4$ %
Zvlnění při zahřátí	ČSN EN ISO 23999 (PN 4521/97)	≤ 8 mm
Hustota užité vrstvy	ČSN EN ISO 23996	1280 ± 50 kg·m ⁻³
Obsah esterů kyseliny ftalové (dle nařízení REACH)	PP-943000/65	max 0,1 %
Celková plošná hmotnost	ČSN EN ISO 23997	$3,180$ kg·m ⁻² [+13; -10 %]
Reakce výrobku na oheň	ČSN EN 14 041	B _{fl} -s1
Odolnost proti skluzu	ČSN EN 14 041	DS
Stálost vybarvení při umělém osvětlení	ČSN EN ISO 105 – B 02	min. 6 stupeň
Protikluznost	ČSN 74 4507	$\mu \geq 0,6$
Zdravotní nezávadnost	vyjádření	vyhovuje
Vliv kolečkové židle	ČSN EN 425 ISO 4918	vyhovuje
Odolnost proti bakteriím	ČSN EN ISO 846, metoda C	vyhovuje
Hořlavost	GOST 12. 1. 044-89**	středně hořlavá

2 ANTIMIKROBIÁLNÍ OCHRANA PODLAHOVIN

Dle průzkumu z roku 2017, kdy byly zkoumány podlahy v pěti nemocnicích, vyšlo najevo, že jsou často kontaminovány patogeny spojenými se zdravotní péčí a nebylo neobvyklé, že se zdravotnické prostředky a osobní předměty dostaly do kontaktu s podlahou. Dotyk těchto předmětů s podlahou vedl následně k přenosu patogenů na ruce pacientů, což naznačuje že mohou být nebezpečným zdrojem šíření patogenů v nemocnicích. [1]

Měkčené PVC může být ve vlhkém prostředí náchylné na napadení mikroorganismy, což je způsobeno přítomnými plastifikátory, které jsou zdrojem živin pro plísně a bakterie. Napadení mikroorganismy může vést ke změně barvy (rezavé, červené skvrny), případně ke vzniku zápachu. [14]

Nicméně napadení bakteriemi nemusí být z vizuálního hlediska závažné, avšak na podlahovině mohou přežívat kromě běžně se vyskytujících bakterií i některé patogenní typy, které jsou pro člověka nebezpečné. Příkladem těchto patogenních bakterií jsou: *Mycobacterium tuberculosis*, *Streptococcus pyogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*. Tyto bakterie mohou u člověka způsobovat různá onemocnění, jako jsou průjmová, či zánětlivá onemocnění, potíže s dýchací soustavou apod. Intoxikace těmito patogeny může mít značně komplikovanou léčbu. [14]

Materiály s antimikrobiální povrchovou úpravou by měly zachovat sterilitu, případně redukovat počty přežívajících mikroorganismů a požadované fyzikální a mechanické vlastnosti. Antimikrobiální ochrana by měla být účinná po celou dobu trvanlivosti výrobku. [20]

2.1 Způsoby antimikrobiální ochrany

PVC podlahoviny lze obecně ochránit proti mikrobiálnímu napadení dvěma způsoby – inkorporací účinné látky do laku nebo zavedení do celé hmoty podlahoviny.

Biofilmy na materiálech jsou těžko odstranitelné, jelikož vykazují vysokou odolnost vůči všem druhům biocidů. Proto je nejlepším způsobem ochrany materiálů a zamezení šíření nemocí, prevence antimikrobiální úpravou. [14]

2.1.1 Zavedení antimikrobiální látky do laku podlahoviny

Tento postup se volí v případech, kdy není možné tuto látku zamíchat do celé hmoty nebo je antimikrobiální přísada ekonomicky nákladná. Velikost částic zvolené antimikrobiální látky musí být v nanometrech, jelikož nános laku je v desítkách mikrometrů, případně mohou být částice v laku rozpuštěny. [12, 18]

2.1.2 Zavedení antimikrobiální látky do hmoty podlahoviny

Při tomto způsobu zavedení aktivní látky je její spotřeba vyšší, ale jedná se o technologicky jednodušší postup. Látka je rozptýlena v celém materiálu, tudíž dochází k jejímu postupnému uvolňování a její účinek není tak efektivní. [21] Může se postupovat dvěma způsoby, tj. smícháním biologicky aktivní látky se změkčovadlem PVC nebo smíchání s čistým polymerem. Běžné zpracovatelské technologie jako je vstřikování, či vytlačování umožňují používat jen tepelně stabilní antimikrobiální činidla. [22]

2.2 Biocid

Obecně se biocidní přípravek definuje jako přípravek obsahující jednu nebo více účinných látek ve formě, v jaké jsou dodávány uživateli, určené k ničení, odpuzování, zneškodňování, zabránění účinku nebo dosažení jiného regulačního účinku na jakýkoliv škodlivý organismus chemickým nebo biologickým způsobem. Účelem zavedení nařízení 2012/528/EU o používání biocidních přípravků a jejich uvádění na trh je zjednodušení pravidel pro povolení biocidního přípravku a uvádění ošetřených materiálů a předmětů na trh a zavedení lhůt pro jejich hodnocení. Dále zavedení povinnosti o sdílení informací o biocidním přípravku, zlepšení kontroly povinností členskými státy a zapojení Evropské agentury pro chemické látky do procesů povolení biocidního přípravku. [23]

Biocidní přípravky uvádějící se na trh musí být povoleny dle nařízení o biocidech nebo se zařazují do přechodného období, jako přípravky obsahující alespoň jednu účinnou látku, jejíž hodnocení nebylo doposud dokončeno (program zkoumání trvá do roku 2024). [23] Biocidy lze obecně rozdělit na baktericidy, které působí proti bakteriím a fungicidy působící proti plísním. Tato práce je zaměřena na baktericid nano-ZnO.

2.3 Funkce a rozdělení biocidů dle působení

2.3.1 Baktericidy

Baktericidy jsou látky, jejichž funkcí je lokální usmrcení anebo zpomalování růstu bakterií bez toxického působení na člověka. Z hlediska chemické kompozice se dělí na organické (např. antibiotika, alkoholy) a anorganické látky (např. Zn^{II+} , Ag^+ , Ti^{IV+}). Organické sloučeniny používané pro dezinfekci mají určité nevýhody, včetně toxicity pro lidský organismus, tudíž se zvyšuje zájem o anorganické dezinfekční prostředky, jako jsou nanočástice oxidů kovů. [24, 25]

Mezi běžně používané přísady pro výrobu antimikrobiálních vinylových podlahovin patří izothiazoly, pyrrithion zinečnatý, thiabendazol a stříbro. Každá účinná látka má své výhody i nevýhody. Například zinek a stříbro vykazují silnou antibakteriální ochranu při nízkých koncentracích, ale pro dosažení dobrých antifungálních vlastností je třeba vyšší koncentrace. Naproti tomu izothiazoly a thiabendazol vykazují velkou antifungální aktivitu, ale nejsou tak účinné proti bakteriím. [26]

2.4 Výběr vhodné biocidně aktivní látky pro podlahoviny

Oxid zinečnatý (ZnO)

Jedná se o polovodič s širokým využitím. Používá se například jako aditivum při výrobě pryže jako aktivátor vulkanizace síry, bílý pigment do barev a nátěrů, v keramickém průmyslu, elektronice a jako katalyzátor některých organických reakcí i jako UV stabilizátor. Z hlediska toxicity je klasifikován jako pro člověka netoxický (<https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=182.8991> [28]). Vlastnosti ZnO silně závisí na jeho rozsáhlé škále tvarů a morfologií. Nejúčinnější řízení jeho vlastností je při úpravě v mikro/nano měřítku. [29] V nanoformě může dojít k požití, či inhalaci a způsobit zdravotní problémy, ovšem při manipulaci ve formě pasty (se změkčovadlem) nebo v laku toto nebezpečí nehrozí.

Výborné antimikrobiální schopnosti vykazuje ZnO v nanoformě, vůči bakteriím *Escherichia coli* O157:H7 a enterotoxickým *Escherichia coli*. Dále například u gram pozitivních bakterií *Staphylococcus aureus* nanočástice ZnO zničí lipidy a proteiny bakteriální buněčné membrány, což vede k jejímu usmrcení. Baktericidní vlastnosti mají nanočástice ZnO především díky své fotokatalytické aktivitě. [24] Bylo dokázáno,

že antimikrobiální aktivita ZnO vzrůstá s klesající velikostí částic a je největší v rozmezí pH 7–8. Výskyt antibakteriální aktivity se přisuzuje i vznikajícímu H₂O₂ z povrchu ZnO a iontům Zn²⁺. [29] Dále zvyšující se pozitivní povrchový náboj, který vede k tomu, že nanočástice jsou přitahovány na negativně nabitý povrch bakterií je další vlastností, která zvyšuje baktericidní účinky. [21] Nanočástice ZnO má oproti častěji používaným nanočásticím stříbra výhodu v nízkých výrobních nákladech a absorpci UV záření. [24]

2.5 Antimikrobiální ochrany na trhu

V dnešní době je nejčastěji používanou antimikrobiální látkou stříbro. Na trhu jsou s touto látkou polyuretanové nátěry od společnosti Flowcrete UK (<https://flowcrete.co.uk/> [30]), dále nátěry od společnosti Inhibit Coatings (<https://www.inhibitcoatings.com/> [31]) a Lamilux Composites GmbH (<https://www.lamilux.com/> [32]), lité PVC antimikrobiální filmy od společnosti Hexis Health (<http://www.hexishealth.com/> [33]).

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 CÍL PRÁCE

Na základě poznatků získaných literární rešerší byl stanoven cíl této práce a to příprava vzorků PVC podlahovin s nanesenou vrstvou UV tvrditelného laku s antimikrobiální úpravou. Vzhledem ke komplexnosti tohoto cíle byly definovány následující dílčí cíle:

- Příprava PVC podlahoviny.
- Odzkoušení kompatibility vybraných UV tvrditelných laků s povrchem podlahoviny.
- Zjištění přesné koncentrace ZnO pomocí energiově-disperzní rentgenové spektrometrie.
- Stanovení rychlosti vytvrzení laku pomocí diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC).
- Zhodnocení termické stability pomocí termogravimetrické analýzy (TGA).
- Stanovení antimikrobiální aktivity pomocí diskové difuzní metody a normy ISO 22196 .

4 MATERIÁL A METODIKA

4.1 Suroviny

Antimikrobiální lak – UV tvrditelný lak LOTT LACKE na akrylátové bázi s přidavkem složek upravující optický vzhled výrobku. Antimikrobiální modifikace byla zajištěna externí firmou (SYNPO, a.s.) pomocí dispergace nano-ZnO. Použitý nano-ZnO byl dodán od firmy BOCHEMIE, a.s. typ nZ-BOCH 01 s primární velikostí částic 13 nm a velikostí specifického povrchu 102 m²/g.

Vzorky podlahových krytin – Spodní vrstva byla tvořena z 10–30 % suspenzního PVC, 40–60 % plniva, 2–20 % neftalátového změkčovadla, termického stabilizátoru a barviva. Nášlapná vrstva obsahovala 60–80 % suspenzního PVC, 20–30 % neftalátové změkčovadlo DOTP a termický stabilizátor.

Pro zhodnocení antimikrobiální účinnosti vzorků byly použity: bakterie grampozitivní *Enterococcus faecalis* CCM 3956 a gramnegativní *Escherichia coli* CCM 4517. Živné půdy Mueller Hinton Agar a Plate Count Agar, živná media Nutrient bujon, SCDLP bujon (Himedia Laboratories Pvt. Ltd.), Fyziologický roztok – 8,5 g NaCl v 1000 ml deionizované vody.

4.2 Příprava vzorků

Válcování

Příprava polotovarů proběhla na válcovacích linkách ve Fatra a.s. Připravené polotovary:

- **Spodní folie** – podkladní vrstva, byla laminována ve dvou vrstvách o celkové tloušťce 0,5 – 1,5 mm
- **Dekorační folie** – velmi tenká PVC mezivrstva s potiskem
- **Nášlapná vrstva** – transparentní vrstva, byla laminována ve dvou vrstvách o celkové tloušťce 0,4 – 1 mm

Laminace

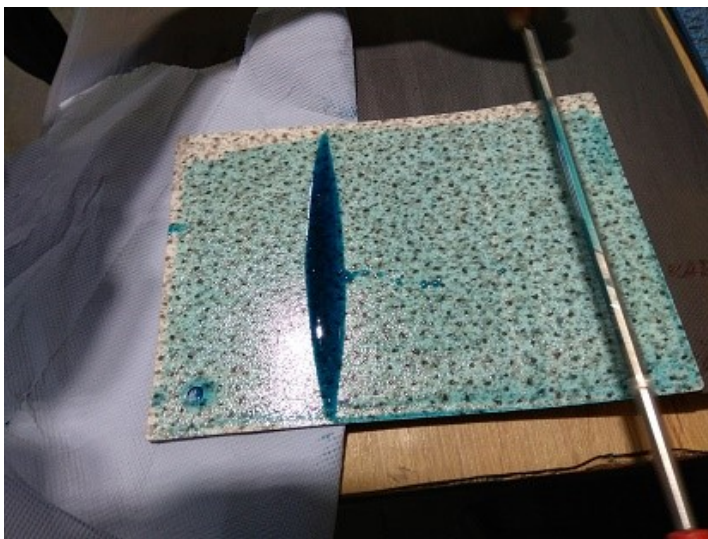
Laminace a lakování proběhlo kontinuálně po sobě jdoucími operacemi.

Nanášení a vytvrzení laku obsahující aktivní látku

Na začátku byla provedena manuální zkouška lakování podlahoviny dvěma typy nově vyvinutých laků ve společnosti SYNPO, a to s obsahem nano-ZnO s polyamidovými mikrokuličkami (nano-ZnO + PA) a s obsahem nano-ZnO. Množství ZnO bylo v obou lacích dle výrobce 1,0 hm. %.

Před započítím zkoušky byl nejprve lak nanesen na kousek podlahoviny ručně při teplotě 23 °C, pro zjištění rozlivu laku a následného zatečení do dezénů při této teplotě (viskozita laku a jeho tloušťka po ručním nanesení) viz Obr. 11. Pro lepší vizualizaci a zhodnocení rozlivu byly laky obarveny modrým barvivem.

Připravené vzorky byly lakovány ručně/na lince komerčně dostupným lakem. Tyto vzorky byly dále použity jako reference. Dále byly podlahové krytiny lakovány pomocí modifikovaných laků s obsahem ZnO s/bez PA mikrokuliček.



Obr. 11 Zkouška ručního nánosu laku [12]

Při samotné výrobní zkoušce, která byla provedena na lakovacím zařízení fy Bürkle (Obr. 12), byly použity standardní výrobní podmínky, ale rychlost linky byla snížena o 30 % z důvodu odebrání vzorků. Nános laku byl 18 g/m². Celková tloušťka podlahoviny byla 2 mm.



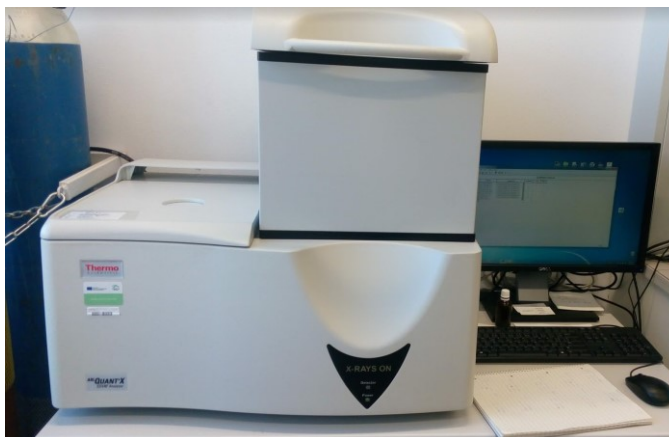
Obr. 12 Lakovací zařízení fy Bürkle [12]

Vyhodnocení podlahoviny bylo provedeno především na rozměrovou stabilitu dle ČSN EN ISO 23999. Měření rozměrů vzorků podlahovin bylo provedeno před a po expozici vzorků po dobu 6 hodin při 80 °C.

4.3 Energiově-disperzní spektrometrie (EDX)

Při kvalitativní mikroanalýze se buď v mikroobjemu prokazuje přítomnost předem vytipovaného prvku, nebo se provádí spektrální analýza. EDX slouží k rychlému určení kvalitativního i kvantitativního složení vzorku, kdy při atakování vzorku primárními elektrony je emitováno rentgenové záření. Výstupem analýzy EDX jsou píky charakteristické pro dané prvky, jejichž výška je úměrná koncentraci prvku. [34]

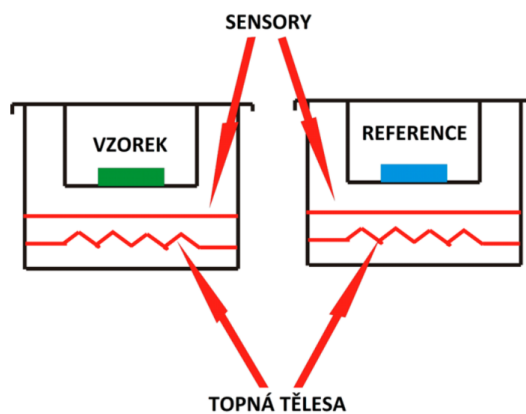
Z podlahovin byla připravena tělesa o průměru 4 cm. Zvážené a přesně změřené vzorky byly vloženy do EDX (ARL QUAN'X EDXRF Analyser Thermo Scientific, Obr. 13) a bylo započato měření. Měření probíhalo v atmosféře helia a vždy bylo provedeno dvakrát vedle sebe. Kvantifikace obsahu ZnO byla provedena pomocí interní kalibrace zařízení v softwaru UNIQUANT.



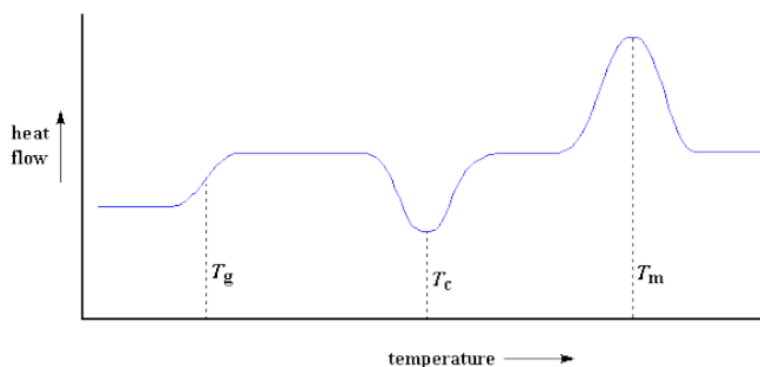
Obr. 13 EDX spektrometr

4.4 Diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC)

Metoda měření spočívá v konstantním ohřevu, či chlazení dvou nádob, z nichž jedna je prázdná (referenční) a druhá obsahuje vzorek, viz Obr. 14. Konstantní ohřev zajišťuje software, kdy malá tepelná kapacita celého systému dovoluje měřit při relativně vysokých rychlostech změny teploty, tj. až desítky stupňů za minutu. Obvykle se PVC měří v teplotním rozmezí $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ za inertní atmosféry dusíku. Z důvodu různého obsahu nádob, dojde k rozdílu teploty vzorku a referenčního vzorku a tento signál je vyneseno do grafu proti teplotě (Obr. 15). [35]



Obr. 14 Znázornění principu DSC [36]

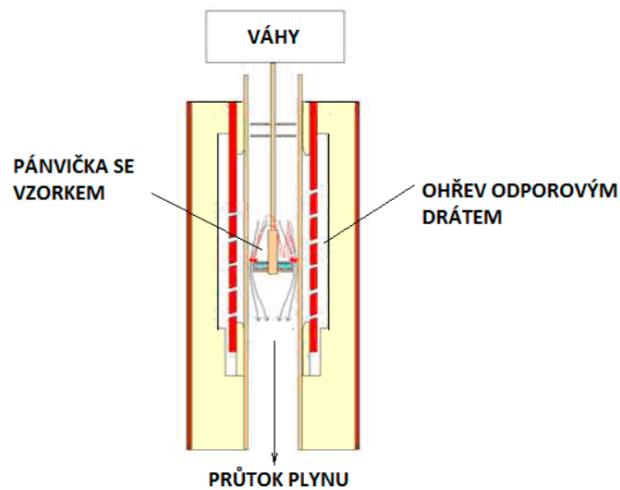


Obr. 15 DSC křivky [35]

Měření rychlosti vytvrzení UV laku bylo provedeno na přístroji Mettler Toledo DSC1 STARe opatřený zdrojem UV záření Hamatsu LC8 s rtuťovo-xenonovou výbojkou bez filtru poskytující UV záření v rozsahu 280-400 nm. Intenzita záření lampy během měření byla zvolena 1 % po dobu ozařování 2 minut, což odpovídá 13 mW/cm^2 , jelikož bylo experimentálně zjištěno, že vyšší intenzita záření byla pro vytvrzení extrémně rychlá a bylo obtížné sledovat změnu při vytvrzení. Vliv přídavku ZnO na rychlost a konverzi vytvrzovací reakce byl zkoumán při teplotě $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Měření bylo pro porovnání provedeno na referenčním laku (standardní komerční UV lak) a na laku s přídavkem ZnO.

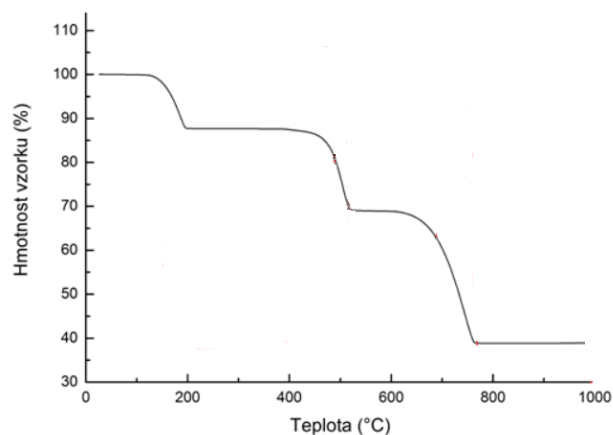
4.5 Termogravimetrie (TGA)

TGA je metoda zkoumání změny hmotnosti v závislosti na teplotě. Vzorek je umístěn na citlivých mikrováhách a je podroben tepelnému namáhání, přičemž je sledována změna hmotnosti vzorku viz Obr. 16. Vzorek je umístěn buďto v inertní atmosféře či oxidační (na vzduchu) atmosféře. Měření může probíhat od laboratorní teploty až po teploty $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, podle rozsahu přístroje. Pomocí analýzy jednotlivých kroků degradace je pak možné stanovit obsah vlhkosti materiálu, obsah organické a anorganické hmoty, případně složení vzorku. [36]



Obr. 16 Znáorněné principu TGA [36]

Výsledkem stanovení je termogravimetrická křivka, na níž je vynesena hmotnost vzorku v závislosti na teplotě, případně na čase (Obr. 17). [36]

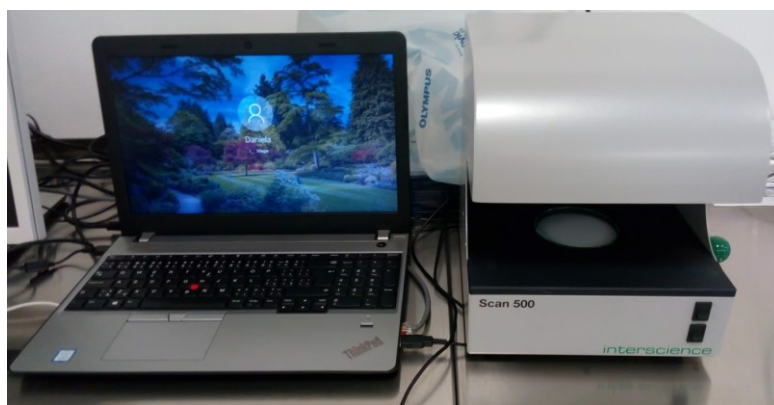


Obr. 17 Termogravimetrická křivka [36]

Měření probíhalo na přístroji TG 209 F1 LIBRA od firmy NETZSCH. Vzorek byl umístěn na citlivých mikrováhách v atmosféře dusíku a byl podroben tepelnému namáhání, přičemž byla sledována změna hmotnosti vzorku. Vzorek o navážce cca 30 mg byl nejprve zahříván rychlostí 10 °C/min z 20 °C na 180 °C. Následně byla po dobu 20 minut udržována tato teplota, při níž byl pozorován úbytek hmotnosti podlahoviny, jakožto termický rozklad vzorku. Nakonec byl vzorek ochlazen zpět na teplotu 20 °C rychlostí 20 °C/min.

4.6 Disková difuzní metoda

Jedná se o metodu založenou na volné difuzi antimikrobiální látky z polymerní matrice. Do petriho misky byla nejprve nalita živná půda, na kterou byla po ztuhnutí rozetřena pomocí vatové tyčinky bakteriální suspenze *Staphylococcus aureus* CCM 4516 anebo bakteriální suspenze *Escherichia coli* CCM 4517. Koncentrace bakteriálních suspenzí byla 10^6 - 10^7 CFU/ml. Na bakteriální suspenzi byla následně položena dvě tělíska o průměru 10 mm lakovanou stranou směrem na agar. Měření probíhalo vždy na dvou vzorcích vedle sebe. Po inkubaci při teplotě 35 °C po dobu 24 hodin byly měřeny šířky vzniklých inhibičních zón pomocí přístroje SCAN 500 Interscience Obr. 18. [37]



Obr. 18 Automatický počítač kolonií SCAN 500 Interscience

4.7 Stanovení antibakteriální aktivity dle ISO 22196:2007

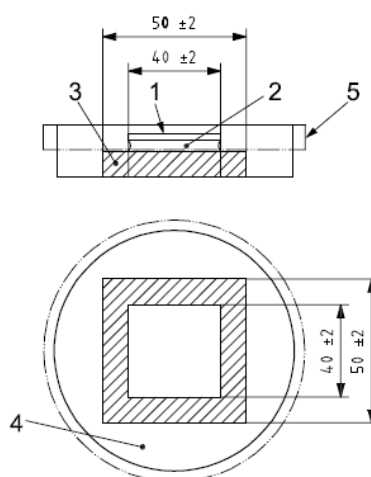
První edice této metodiky byla vydána 15.10. 2007 Mezinárodní organizací pro normalizaci a celým jménem se nazývá „Plastics – Measurement of antibacterial activity on plastics surfaces“. Testují se zde bakterie *Staphylococcus aureus* a *Escherichia coli*, případně mohou být testovány i jiné bakterie jako jsou např. *Enterococcus faecalis*. Norma slouží k vyhodnocení antimikrobiální aktivity povrchu plastů ošetřených antibakteriálními látkami a jiných neporézních povrchů výrobků.

Nejprve byly připraveny vzorky o rozměrech 25 x 25 mm a krycí folie (PP) o rozměrech 20 x 20 mm, které slouží pro eliminaci vyschnutí bakteriální suspenze na povrchu vzorku. Vše bylo vydezinfikováno 70% etanolem.

Dále byla připravena bakteriální suspenze, kdy bylo pomocí očkovací kličky určité množství předem oživeného bakteriálního kmene přeneseno do 10 ml Nutrient bujonu tak, aby byla koncentrace bakteriální suspenze 10^5 - 10^6 CFU/ml. Přesná koncentrace bakteriální

suspenze *Enterococcus faecalis* byla $4,5 \cdot 10^5$ CFU/ml a *Escherichia coli* byla $9,1 \cdot 10^6$ CFU/ml.

Na testované vzorky v petriho miskách bylo naneseno 0,1 ml připraveného inokula a vzorky byly překryty krycí folií. petriho misky se uzavřely a byly inkubovány při teplotě 35 °C a relativní vlhkosti 95 % na dobu 24 hodin. [38] Schématické znázornění umístění překrytého vzorku s inokulem je vidět v Obr. 19.



Obr. 19 Umístění zkušební vzorku (3) s inokulem (1) a krycí folií (1) na petriho misce (4) s víčkem (5) [38]

Po inkubaci byly vzorky oplachovány 2,5 ml roztoku SCDLP (Soybean Casein Lecithin Polysorbate 80 Medium, živné médium s neutralizátorem). Roztok byl dále převeden do zkumavky. Do 9 ml fyziologického roztoku s fosfátovým pufrům byl přenesen 1 ml tohoto roztoku a ten byl ředěn desítkovým ředěním. Od každé koncentrace byl odebrán 1 ml roztoku do petriho misek a byl přelit agarem. Misky byly inkubovány dnem vzhůru při 35 °C. Stanovení bylo provedeno vždy dvakrát vedle sebe. Po 24hodinové inkubaci byly počítány životaschopné bakterie dle Rovnice 3 a antibakteriální aktivita dle Rovnice 4.

$$N = \frac{100 \cdot C \cdot D \cdot V}{A} \quad (3)$$

kde:

N – počet životaschopných bakterií na 1 cm² testovaného vzorku

C – průměrný počet kolonií pro paralelní misky

D – faktor ředění pro počítané misky

V – objem přidaného SCDPL do vzorku v ml

A – plocha krycí folie v mm²

Výpočet antimikrobiální aktivity se počítá dle Rovnice 4:

$$R = (U_t - U_0) - (A_t - U_0) = U_t - A_t \quad (4)$$

kde:

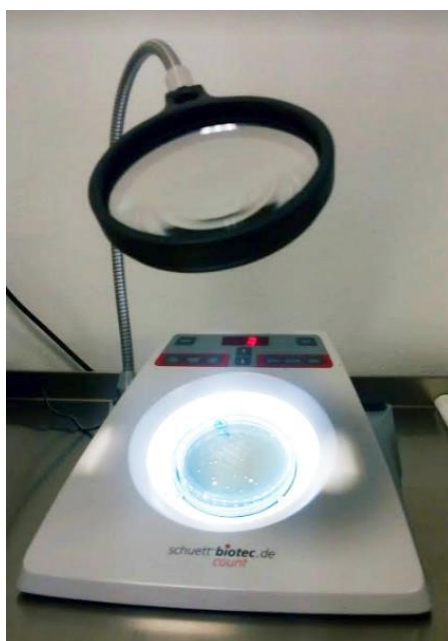
R – antibakteriální aktivita

U_t – průměr dekadického logaritmu počtu životaschopných bakterií (CFU/cm²) z neošetřených zkušebních vzorků po 24 hodinách

U_0 – průměr dekadického logaritmu počtu životaschopných bakterií (CFU/cm²) z neošetřených zkušebních vzorků bezprostředně po inokulaci

A_t – průměr dekadického logaritmu počtu životaschopných bakterií (CFU/cm²) z ošetřených vzorků po 24 hodinách

[38]



Obr. 20 Počítačka kolonií (Schuett biotec. De)

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Zkouška nanášení laku

Během výrobní zkoušky na nanášecím zařízení Bürkle bylo zjištěno, že standardní výrobní podmínky pro nános modifikovaného laku jsou vyhovující. Rozliv laku byl velmi dobrý a nebyla pozorována žádná místa bez nánosu laku. Laboratorní vyhodnocení podlahoviny s vytvrzeným lakem ukázalo, že kroucení podlahoviny při zvýšené teplotě 80 °C bylo asi třikrát vyšší než u podlahy bez laku. Vyšší kroucení je však typické i pro běžně používané laky bez antimikrobiální modifikace, viz Tabulka 2, což způsobuje fakt, že vytvrzený lak je při zvýšené teplotě rozměrově stabilní, na rozdíl od PVC, které se ochotně kroučí směrem k laku. Nicméně všechny lakované podlahoviny měly o něco lepší rozměrovou stabilitu v příčném směru, což bylo zapříčiněno menší smrštitivostí vytvrzené lakové mikrovrstvy. Výsledky zkoušky jsou uvedeny v Tabulce 2.

Tab. 2 Průměrné hodnoty rozměrové stability a kroucení podlahovin

	Rozměrová stabilita podélná [mm]	Rozměrová stabilita příčná [mm]	Kroucení [mm]
Šedá PK, standardní lak	-0,32 ± 0,02	0,01 ± 0,02	1,9 ± 0,5
Zelená PK, lak + ZnO + PA	-0,34 ± 0,02	-0,047 ± 0,008	2,4 ± 0,2
REF. zelená PK bez laku	-0,390 ± 0,009	0,10 ± 0,02	0,75 ± 0,00
Modrá PK, lak + ZnO	-0,38 ± 0,03	0,056 ± 0,008	1,57 ± 0,12
REF. modrá PK bez laku	-0,49 ± 0,03	0,148 ± 0,015	0,49 ± 0,03

5.2 EDX

Výrobce u obou typů antimikrobiálně modifikovaných laků uvádí obsah ZnO 1,0 hm. %. Tabulka č. 3 shrnuje naměřené hodnoty samotných laků i vyrobených podlahových krytin. U obou laků bylo zjištěno, že je obsah ZnO vyšší, než uvádí výrobce, a to 1,19 hm. % pro lak ZnO a 1,49 hm. % pro lak ZnO + PA. Z výsledků tedy plyne, že lak obohacený PA mikrokuličkami obsahuje o cca 0,3 % méně antimikrobiální látky. Z důvodu malé nanesené vrstvy laku na výsledné podlahovině je také výsledný obsah ZnO v hotovém výrobku nízký. Jeho hodnota činila 0,14 hm. % u podlahových krytin modifikovaných lakem ZnO + PA a 0,16 hmot. % u podlahových krytin s lakem obsahujícím pouze ZnO.

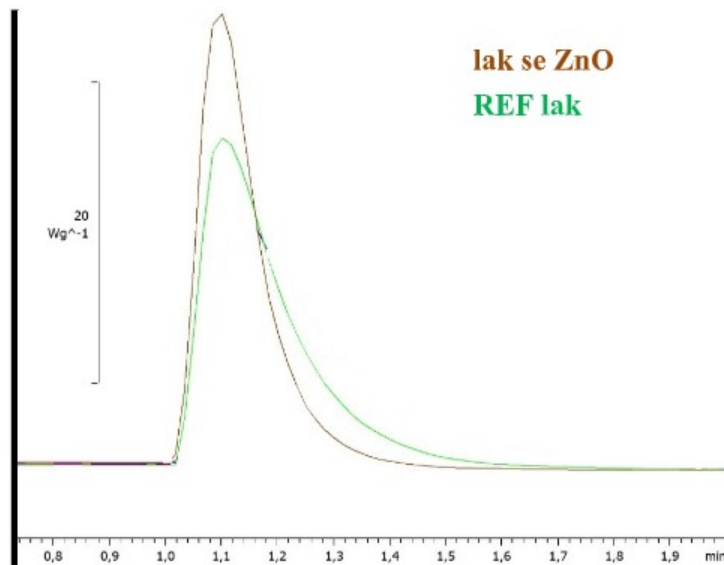
Tab. 3 Obsah ZnO v lacích a lakovaných vzorcích

	koncentrace [hm. %]
Lak standardní	0
REF. zelená PK bez laku	0
REF. modrá PK bez laku	0
Zelená PK, lak + ZnO + PA	0,14 ± 0,01
Modrá PK, lak + ZnO	0,16 ± 0,01
Lak + ZnO + PA	1,19 ± 0,05
Lak + ZnO	1,48 ± 0,05

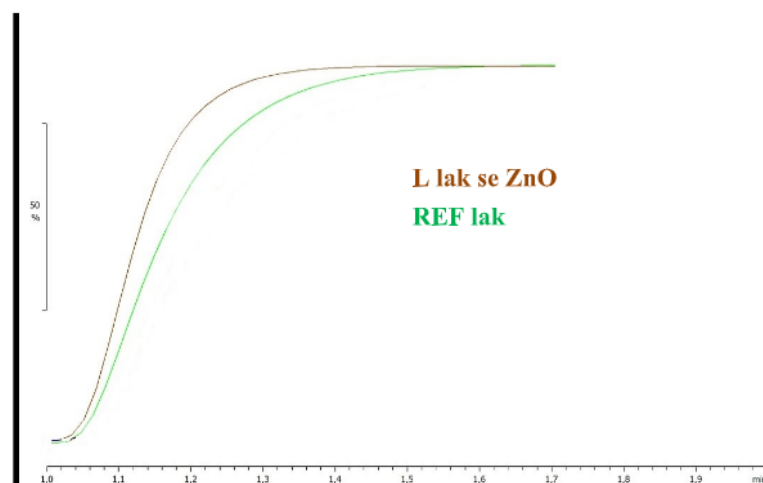
5.3 DSC

Pro tuto analýzu byl vybrán vzorek komerčně dostupného laku a laku obsahujícího ZnO. Druhý typ používaného laku s obsahem ZnO + PA mikrokuličky nebyl analyzován z důvodu předpokladu, že polyamidové kuličky nemají vliv na vytvrzování, protože se jedná pouze o plnivo mající vliv na otěruvzdornost vytvrzené vrstvy laku. Při srovnání výsledků DSC analýzy obou laků byl pozorován vyšší a užší pík u laku

s antimikrobiální modifikací ZnO, viz Obr. 21. Referenční vzorek vykazoval hodnotu reakční entalpie 235,02 J/g a lak s antimikrobiální modifikací 235,62 J/g. Bylo tedy zjištěno, že přídavek ZnO do laku nesnižuje konverzi laku, pouze má vliv na rychlost vytvrzování, která byla mírně zvýšena, viz Obr. 22. Uvedené tvrzení potvrzuje i publikace z roku 2005 o účincích nanočástic oxidu křemičitého na chování UV tvrditelných polyester akrylátových nátěrových systémů při vytvrzování [39].



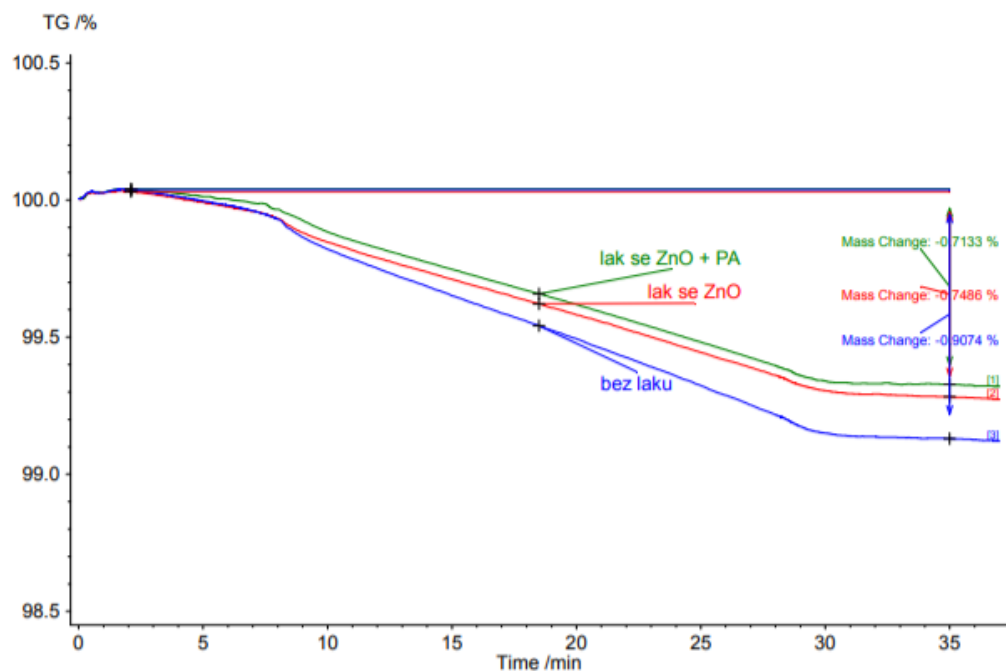
Obr. 21 Tepelné odezvy vytvrzovacích reakcí laků bez a s obsahem ZnO po ozařování UV



Obr. 22 Konverze laku v závislosti na čase bez a s obsahem ZnO po ozařování UV

5.4 TGA

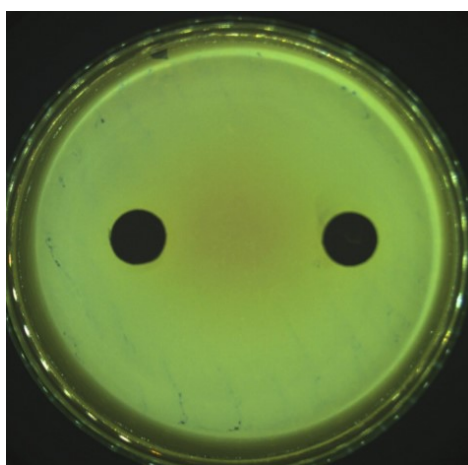
Termogravimetrická analýza byla provedena u vzorků podlahových krytin bez laku, s lakem obsahujícím ZnO a s lakem obsahujícím ZnO + PA mikrokuličky. Z měření bylo zjištěno, že k termodegradačním změnám došlo u vzorků s lakem a i bez něj. K nejvyššímu poklesu hmotnosti došlo u vzorku bez laku, kdy vzorek ztratil 0,9074 % hmotnosti. Vzorek s lakem ZnO ztratil 0,7486 hm. % a vzorek s lakem, ZnO a PA mikrokuličkami ztratil 0,7133 hm. %. Nižší ztráty hmotnosti podlahovin s lakem jsou způsobeny tím, že lak je netavitelný a nerozrušuje se expoziční teplotou, tvoří tedy na podlahovině vrstvu, která nepropustí vznikající termodegradační zplodiny. Všechny výsledky jsou zobrazeny na Obr. 23.



Obr. 23 Hmotnostní úbytek vzorků podlahových krytin v čase při teplotě 180 °C

5.5 Disková difuzní metoda

Byla studována difuze, resp. uvolňování ZnO z podlahových krytin. Během měření nebyly kolem vzorků viditelné žádné inhibiční zóny (Obr. 24), z čehož vyplývá, že ZnO nedifunduje ve vlhkém prostředí do okolí. Totožné výsledky byly sledovány pro oba testované bakteriální kmeny - *S. aureus* i *E. coli*. Toto je velmi důležitý poznatek z důvodu možnosti použití v průmyslu, kdy je uvolnění účinné látky do prostředí ve většině případů nežádoucí. Výsledky naznačují, že by se antimikrobiální účinnost takového laku neměla při použití a mytí v průběhu času ztrácet.

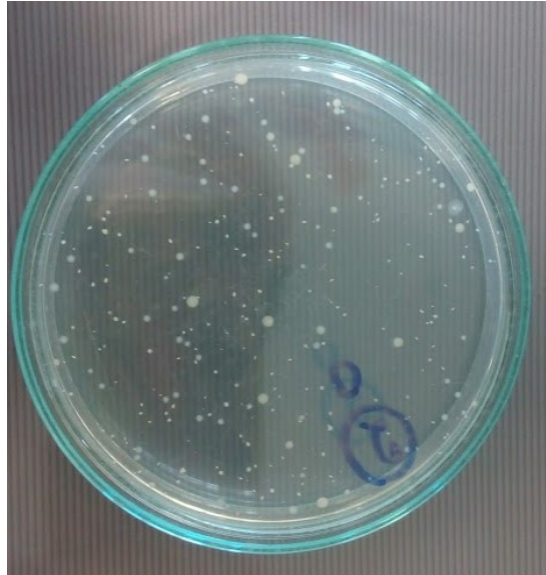


Obr. 24 Petriho miska se vzorkem podlahoviny bez inhibičních zón po inkubaci

5.6 ISO 22196:2007

Testování antibakteriální účinnosti podlahovin proběhlo dle normy ISO 22196 s modifikací osvětlováním vzorků při inkubaci pro zjištění rozdílnosti účinnosti lakovaných podlahovin z důvodu hypotézy, že ZnO působí lépe za světla z důvodu jeho fotokatalytických vlastností. [17] Tabulka 4 uvádí výsledky měření počtu životaschopných bakterií (N) po testování, viz Obr. 25, a hodnoty antibakteriální aktivity (R) proti růstu bakterií *Enterococcus faecalis* CCM 3956 a *Escherichia coli* CCM 4517. Výpočty antibakteriální aktivity byly provedeny dle Rovnice 4. Z výsledků je patrné, že vzorky s laky obsahující ZnO a ZnO + PA mikrokuličky jsou vůči *E. faecalis* při koncentraci bakteriální suspenze $4,5 \cdot 10^5$ CFU/ml neúčinné ve tmě i při osvětlení. Oproti tomu jsou proti *E. coli* při koncentraci bakteriální suspenze $9,1 \cdot 10^6$ CFU/ml vysoce účinné, a to ne díky osvětlení,

ale díky antimikrobiálním vlastnostem ZnO, kdy působí na světle a ve tmě téměř srovnatelně. Laky s obsahem ZnO + PA mikrokuličkami, měly antimikrobiální účinnost nižší z důvodu nižšího obsahu ZnO, viz Tabulka č. 4.



Obr. 25 Petriho miska s narostlými bakteriálními koloniemi z referenčního vzorku

Tab. 4 Výsledky antibakteriální aktivity podlahových krytin

vzorek	<i>E. faecalis</i>		<i>E. coli</i>	
	N [CFU/cm ²]	R	N [CFU/cm ²]	R
REF. šedá PK, lak standardní, inkubace s ozářením	$7,5 \cdot 10^5$	4,9	$3,9 \cdot 10^6$	6,6
REF. šedá PK, lak standardní, inkubace ve tmě	$7,5 \cdot 10^4$	$U_t = 5,1$	$3,6 \cdot 10^6$	$U_t = 6,6$
REF. zelená PK bez laku, inkubace s ozářením	$1,9 \cdot 10^4$	0,79	$2,0 \cdot 10^6$	0,27
REF. zelená PK bez laku, inkubace ve tmě	$2,1 \cdot 10^4$	0,76	$2,0 \cdot 10^6$	0,25
REF. modrá PK bez laku, inkubace s ozářením	$3,0 \cdot 10^4$	0,60	$4,5 \cdot 10^3$	2,9
REF. modrá PK bez laku, inkubace ve tmě	$1,6 \cdot 10^4$	0,88	$2,8 \cdot 10^5$	1,1
Zelená PK, lak + ZnO + PA, inkubace s ozářením	$6,2 \cdot 10^4$	0,28	$1,4 \cdot 10^3$	3,4
Zelená PK, lak + ZnO + PA, inkubace ve tmě	$5,8 \cdot 10^4$	0,31	$1,6 \cdot 10^3$	3,3
Modrá PK, lak + ZnO, inkubace s ozářením	$3,7 \cdot 10^4$	0,51	< 1	$\geq 6,6$
Modrá PK, lak + ZnO, inkubace ve tmě	$4,8 \cdot 10^4$	0,40	6,3	5,8

6 EKONOMICKÁ STRÁNKA MODIFIKACE LAKU

Provedené analýzy laků s antimikrobiální modifikací provedené v rámci této bakalářské práce naznačují potenciál jejich zavedení do výroby. Proto byla provedena kalkulace ceny takto modifikovaných podlahovin.

- orientační cena PVC podlahoviny ... 500 Kč/m²
- cena UV laku ... 150 Kč/kg ... nános 10 g/m² ... tj. 1,5 Kč/m²
- cena nano-ZnO ... 1000 Kč/kg (výroba BOCHEMIE, a.s.)

Antimikrobiální lak obsahující 1 % nano-ZnO, navýší cenu o 0,1 Kč/m². Celková cena podlahoviny s běžným lakem je cca 501,5 Kč/m². Cena podlahoviny s antimikrobiálním lakem by byla cca 501,6 Kč/m². Antimikrobiální ochrana pomocí nano-ZnO, tedy cenu podlahoviny nijak výrazně neovlivní.

ZÁVĚR

PVC je materiál u kterého dochází k termické degradaci již při teplotě 180 °C, čemuž musely být přizpůsobeny výrobní podmínky. Při této práci byly testovány dva laky vyrobené ve společnosti SYNPO, a.s. s antimikrobiální modifikací. Jeden lak obsahoval ZnO a druhý ZnO + PA mikrokuličky. Oba modifikované laky vykazovaly dobrý rozliv a dobrou rozměrovou stabilitu, ovšem kroucení podlahoviny bylo oproti vzorku bez laku zhruba trojnásobné. Pomocí DSC bylo zjištěno, že přídavek ZnO do laku nemá vliv na vytvrzení laku, pouze došlo k mírnému nárůstu vytvrzovací doby. Při termogravimetrické analýze došlo k nevyššímu úbytku hmotnosti u vzorku bez laku, naopak k nejnižšímu úbytku došlo u laku s obsahem ZnO + PA. Dále byl zjištěn reálný obsah ZnO v jednotlivých lacích, kdy dodavatel uvádí 1 hm. %. Pomocí EDX bylo zjištěno, že lak s obsahem ZnO + PA obsahoval $1,19 \pm 0,05$ hm. % ZnO a lak s obsahem ZnO obsahoval $1,48 \pm 0,05$ hm. %. Oba laky tedy obsahovaly vyšší obsah ZnO než výrobce uvádí.

Dále bylo přistoupeno k testování antimikrobiální aktivity vzorků s těmito laky. Při diskové difuzní metodě byly použity grampozitivní bakterie *Staphylococcus aureus*, a gramnegativní bakterie *Escherichia coli*. Kolem vzorků se během inkubace neobjevily žádné inhibiční zóny, z čehož vyplývá, že ZnO ve vlhkém prostředí nedifunduje do prostředí, což by u podlahovin ani nebylo přípustné. Pro testování dle ISO 22196 byly použity bakteriální kmeny gramnegativní *Escherichia coli* a grampozitivní *Enterococcus faecalis*, který byl použit z důvodu vyšší citlivosti na světlo kmene *Staphylococcus aureus*. Výsledkem testování bylo, že laky se ZnO jsou vysoce účinné proti bakteriím *Escherichia coli* při inkubaci za světla i ve tmě. Proti *Enterococcus faecalis* byly laky při zvolené koncentraci ZnO neúčinné.

Z ekonomického hlediska obsah ZnO v lacích zvýší cenu zhruba o 0,1 Kč/m², což je pro běžného spotřebitele zanedbatelná částka.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DESHPANDE, A.; CADNUM, J. L. a FERTELLI, D.; et al; *Are hospital floors an underappreciated reservoir for transmissin of health care-associated pathogens?*. American Journal of Infection Control, 2017, sv. 45. vyd., s. 336-338.
- [2] SEDLÁK, J., BAŽANT, P., KLOFÁČ, J., PASTOREK, M., a KUŘITKA, J.; *Antibacterial composite based on nanostructured ZnO mesoscale particles and a poly(vinyl chloride) matrix* [online]. Materiali in Technologije, 2015, sv. 49, s. 55-59. ISSN 1580-2949. Dostupné z: <http://mit.imt.si/Revija/izvodi/mit151/sedlak.pdf>
- [3] *Polyvinylchlorid (PVC)*. MatNet [online]. Ústav polymérov SAV: Pollák V., 2006 [cit. 2018-08-06]. Dostupné z: <http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=483>
- [4] BĚHÁLEK L., *Polymery* [online]. Pardubický kraj: Code Creator, 2016 [cit. 2018-08-06]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/180/Literatura.html>
- [5] DUCHÁČEK, V; *Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2005. s. 354. ISBN 80-7080-241-3.
- [6] MLEZIVA, Josef; *Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Praha: Sobotáles, 1993, ISBN 8090157041.
- [7] KUBÍK, J., GŘUNDEL, F., a kol.; *PVC výroba, zpracování a použití*, SNTL, Praha, 1965, 660, 2, ISBN 04-619-65.
- [8] *PVC*. Pvc.org [online]. Brusel: Evropská rada výrobců vinylů [cit. 2018-08-06]. Dostupné z: <http://www.pvc.org/en/p/pvcs-physical-properties>
- [9] BROSTOW, W.; LU, X. a OSMANSON, A. T.; *Nontoxic bio-plasticizers for PVC as replacements for conventional toxic plasticizers*. Polymer testing 2018, sv. 69, s. 63-70.
- [10] PLASTICISERS information centre [online]. Brusel: European Plasticisers, ©2017 [cit. 2018-08-06]. Dostupné z: <https://www.plasticisers.org/plasticisers/>
- [11] AL-NATSHEH, M.; ALAWI, M.; FAYYAD, M. a TARAWNEH, I.; *Simultaneous GC-MS determination od eight phtalates in total and migrated portions of plasticized polymeric toys and childcare articles*. Journal of Chromatography B, 2015, sv. 985, s. 103-109.

- [12] TUPÝ, M.; *Technologické normy a technologické postupy Fatra a.s.* [online] Napajedla: Fatra a.s., 2018.
- [13] Phthalates [online]. *NE Washington, DC: American Chemistry Council*, 2019 [cit. 2019-01-28]. Dostupné z: <https://phthalates.americanchemistry.com/>
- [14] SIEDENBIEDEL, F.; TILLER, J. C.; *Antimicrobial Polymers in Solution and on Surfaces: Overview and Funkcional Principles*. *Polymers* 2012, 4 (1), s. 46-71.
- [15] *Fatrafloor* [online]. Napajedla: Fatra, ©2018 [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <https://www.fatrafloor.cz/produkty/pvc-podlahy/>
- [16] MATUŠINEC, David. *Projekt racionalizace výroby lisované podlahoviny ve společnosti Fatra, a.s.* [online]. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Zlín, 2017 [cit. 2018-08-24]. Dostupné z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/40293/matu%C5%A1inec_2017_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [17] HŘIBOVÁ, M.; *Válcování (Kalandrování), Zpracování kapalných systémů* [přednáška], Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2018.
- [18] SCHAWALM, R.; *UV coatings: basics, recent developments and new application*. Amsterdam: Elsevier 2007, ISBN 9780444529794.
- [19] HUIWEN, G., JINFENG, Z., YAN, Y., JINGCHENG, L., REN, L. a XIAOYA, L., *Preparation of organic-inorganic hybrid nanoparticles with contact antibacterial properties and their application in UV-curable coatings*. *Progress in Organic Coatings*, 2017, 106, s. 20-26.
- [20] *Alterbio: Vývoj a příprava koncentrátů* [online] [cit. 2018-09-28]. 2016. Dostupné z: <http://alterbio.eu/cs/pracovni-skupiny/wp9-scale-up-technology-optimisation/>
- [21] SEIL, J. T.; WEBSTER, T. J.; *Antimicrobial applications of nanotechnology: methods and literature*. *Int J Nanomedicine*, 2012, 7, s. 2767-2781.
- [22] ISHITANI, T., *Active Packaging for food quality preservation in Japan*. *Foods and Packaging Materials-Chemical Interactions*, 1997, s. 177-188
- [23] KREJSOVÁ, Hana. *Seminář Biocidy 2017* [online]. Praha: ENVIGroup, 2017 [cit. 2018-10-27]. Dostupné z: http://www.ekoHELP.cz/files/uploads/Files/EKOHELP/Seminar/Sem_CHLS_Biocid_27_2_2017/biocidy_2017_tisk.pdf

- [24] HUH, A. J.; KWON, Y. J.; *Nanoantibiotics: A new paradigm for treating infectious diseases using nanomaterials in the antibiotics resistant era*. Journal of Controlled Release. [online], sv. 156, 2. vyd., s. 128-145, 2011. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168365911004792>
- [25] XIE, Y. a Y. HE. *Antibacterial Activity and Mechanism of Action of Zinc Oxide Nanoparticles against Campylobacter jejuni* [online]. Applied and Environmental Microbiology, 2011, **77**(7), s. 2325-2331. ISSN 0099-2240 [cit. 2018-11-17]. Dostupné z: <http://aem.asm.org./sgi/doi/10.1128/AEM.02149.10>
- [26] *Ultra-fresh* [online]. Toronto: Thomson Research Associates, INC., 2019 [cit. 2019-02-02]. Dostupné z: <https://ultra-fresh.com/>
- [27] SEDLÁK, J.; KUŘITKA, I.; MACHOVSKÝ, M.; ŠULY, P.; BAŽANT, P. a SEDLÁČEK, T.; *Zinc oxide nanoparticles with surface modified by degradation of capping polymers in situ during microwave synthesis*. Advanced Powder Technology, 2015, sv. 26, 4. vyd.. s. 1064-1071.
- [28] U.S. Food and Drug Administration: CFR - Code of Federal Regulations Title 21 [online]. Silver Spring: U.S. Food and Drug Administration, 2018 [cit. 2019-05-08]. Dostupné z: <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=182.8991>
- [29] YAMAMOTO, O., *Influence of particle size on the antibacterial activity of zinc oxide*. International Journal of Inorganic Materials, 2001, sv. 3, 7. vyd., s. 643-646.
- [30] Flowcrete [online]. Spojené Království: Flowcrete Group, 2019. [cit. 2019-04-20] Dostupné z: <https://www.flowcrete.com/>
- [31] Inhibit Coatings [online]. Nový Zéland: Inhibit Coatings Limited, 2017. Dostupné z: [cit. 2019-04-20] <https://www.inhibitcoatings.com/>
- [32] Lamilux [online]. Německo: LAMILUX Heinrich Strunz Holding GmbH & Co., 2019. [cit. 2019-04-20] Dostupné z: <https://www.lamilux.com/>
- [33] Hexis [online]. Francie: HEXIS S.A., 2015 [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <http://www.hexishealth.com/>
- [34] JANDOŠ, F., ŘÍMAN, R. a GEMPERLE, A.; *Využití moderních metod v metalografii*. SNTL Praha, 1985.

- [35] *Diferenciální skenovací kalorimetrie (DSC)* [online]. VŠCHT Praha [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <https://fchi.vscht.cz/files/uzel/0010367/cwl2js87vLAsPwUA.pdf?redirected>
- [36] KUČEŘÍK, Jiří. CHEMPOINT [online]. Brno: Fakulta chemická, Vysoké učení technické v Brně, 2018 [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/kucerik-1>
- [37] *EUCAST disková difuzní metoda*. Verze 6. Švédsko: EUCAST European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases, 2017.
- [38] ISO 22196:2007. *Plastics — Measurement of antibacterial activity on plastics surfaces*. Society of Industrial Technology for Antimicrobial Articles, Tokyo, 2007.
- [39] CHO, JD., KIM, YB., YU, HT., a kol. *The effects of silica nanoparticles on the photocuring behaviors of UV-curable polyester acrylate-based coating systems*. [online] *Macromolecular Research* 2005, sv. 13, 4. vyd., s. 362-365, ISSN: 2092-7673 [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/BF03218467>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

cca	přibližně
DCS	diferenciální skenovací kalorimetrie
DEHT	dioctyl tereftalát
DIDP	diisodecil ftalát
DINP	di-isononyl ftalát
DINCH	dy-isononylcyklohexandikarboxylát
DOP	di-2-ethylhexyl ftalát
HCl	chlorovodík
Hm. %	hmotnostní procento
EDX	Energiově-disperzní spektrometrie
PA	polyamid
PE	polyetylen
PK	podlahová krytina
PP	polypropylen
PVAL	polyvinylalkohol
PVC	polyvinylchlorid
REF.	referenční
SCDLP	Soybean Casein Lecithin Polysorbate 80 Medium (médium se sójovým lecitinem a polysorbátem 80)
TGA	termogravimetrie
UV	ultrafialové
VCM	vinylchlorid monomer
ZnO	oxid zinečnatý

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Polymerace VCM [3].....	13
Obr. 2 Di-isononyl ftalát [11]	14
Obr. 3 Di-isodecyl ftalát [11].....	15
Obr. 4 Di-isononylcyklohexan -1, 2-dikarboxylát [11].....	15
Obr. 5 Di-2-ethylhexyltereftalát [11]	15
Obr. 6 Řez homogenní podlahy [15].....	17
Obr. 7 Řez heterogenní podlahy [15]	17
Obr. 8 Lisovací linka pro homogenní podlahovinu	18
Obr. 9 Kalandrovací linka ve společnosti Fatra.....	19
Obr. 10 Laminace folií ve společnosti Fatra.....	20
Obr. 11 Zkouška ručního nánosu laku [12]	30
Obr. 12 Lakovací zařízení fy Bürkle [12].....	31
Obr. 13 EDX spektrometr.....	32
Obr. 14 Znázornění principu DSC [36].....	32
Obr. 15 DSC křivky [35]	33
Obr. 16 Znázorněné principu TGA [36]	34
Obr. 17 Termogravimetrická křivka [36]	34
Obr. 18 Automatický počítač kolonií SCAN 500 Interscience	35
Obr. 19 Umístění zkušební vzorku (3) s inokulem (1) a krycí folií (1) na petriho misce (4) s víčkem (5) [38].....	36
Obr. 20 Počítačka kolonií (Schuett biotec. De)	37
Obr. 21 Tepelné odezvy vytvrzovacích reakcí laků bez a s obsahem ZnO po ozařování UV	40
Obr. 22 Konverze laku v závislosti na čase bez a s obsahem ZnO po ozařování UV	40
Obr. 23 Hmotnostní úbytek vzorků podlahových krytin v čase při teplotě 180 °C	41
Obr. 24 Petriho miska se vzorkem podlahoviny bez inhibičních zón po inkubaci.....	42
Obr. 25 Petriho miska s narostlými bakteriálními koloniemi z referenčního vzorku	43

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Normy pro výstupní kontrolu podlahovin [12]	22
Tab. 2 Průměrné hodnoty rozměrové stability a kroucení podlahovin	38
Tab. 3 Obsah ZnO v lacích a lakovaných vzorcích	39
Tab. 4 Výsledky antibakteriální aktivity podlahových krytin	44