

---

# Stálost inkoustových tužek a razítek v parách butanolu při standardním postupu dezinfekce

---

## *Stability of Ink Pencils and Stamps in Butanol Vapors during Standard Disinfection Procedures*

---

Ing. Andrei Kazanskii, Ing. Rebeka Zembjaková, Mgr. Jitka Neoralová / Národní knihovna České republiky (National Library of the Czech Republic), Sodomkova 2/1146 102 00 Praha 15 – Hostivař

---

**RESUMÉ:** Studie se zabývá vlivem butanolu na stabilitu záznamových prostředků používaných pro označování a identifikaci knihovních jednotek. Využití alkoholů pro dezinfekci knihovních fondů a sbírek má dlouhou historii. Alkoholy jsou účinné proti bakteriím, plísním a virům. Výzkumy v oblasti dezinfekce archivních a knihovních fondů prokázaly, že aplikace butanolu ve formě par je šetrná k ošetřovanému materiálu. Použití butanolu však může způsobit nepříjemné změny barevných médií, jako je rozpíjení záznamových prostředků nebo změna barevnosti. Cílem této práce bylo sledovat vizuální změny inkoustových tužek a razítkových barev po expozici v parách butanolu. Experimenty byly prováděny na vzorcích papíru s použitím různých inkoustových tužek a razítkových barev. Byla testována také fixativa bránící nežádoucímu rozpíjení. Výsledky ukázaly rozdílnou stabilitu v butanolových parách v závislosti na typu inkoustu a jeho fixaci.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** dezinfekce, knihovna, razítka, inkoustová tužka, papír, konzervace, butanolové výpary, fixace

**SUMMARY:** The effect of butanol on the stability of recording media used for labeling and identifying library items was examined. Alcohol has long been used for disinfecting library collections due to its effectiveness against bacteria, molds, and viruses. Research on the disinfection of archival and library collections has shown that butanol vapor is gentle on treated materials. However, the use of butanol can cause unacceptable changes in colour media, such as dye bleeding or colour shifts. The aim of this study was to observe visual changes in ink pencils and stamp colours after exposure to butanol vapors. Experiments were conducted on paper samples with various ink pencils and stamp colours, and fixatives intended to prevent unwanted spreading were also tested. The results indicated varying stability in butanol vapors, depending on the type of ink and its fixation method.

**KEYWORDS:** disinfection, library, stamps, ink pencil, paper, conservation, butanol vapors, fixation

## Úvod

Knihy a jiné typy knihovních dokumentů kromě vlastního textu obsahují také různé ruční zápisky, vlastnické záznamy, čtenářské zápisky, signatury a razítka současných i minulých majitelů dokumentu. Tyto dodatečné záznamy jsou významným zdrojem informací o knize, o předchozích vlastnících, o čtenářích, o místě vytvoření a uložení knihy. Zvláště záznamy knihovní evidence je nezbytné zachovat bez jakýchkoliv změn. Ne vždy jsou tyto zápisky vytvořeny trvanlivým, stabilním inkoustem či barvivem. To se týká také razítkových barev. V současné době jsou již pro evidenční záznamy preferované archivní inkousty a razítkové barvy, které by měly být permanentní. V minulosti se však používaly, a to i v historických fondech, velmi nestabilní inkoustové tužky, které reagují s širokým spektrem rozpouštědel polárního i nepolárního charakteru. Ochrana a eventuální fixace těchto záznamů je důležitou součástí jakéhokoli konzervátorského nebo restaurátorského zásahu na knize. Případné rozpuštění a aktivace psací látky nejen znemožní identifikaci exempláře při knihovní evidenci, ale představuje také nevratné poškození samotného dokumentu.

V oblasti dezinfekce dokumentů jsou alkoholy jedním z nejstarších antiseptických činidel, která jsou ve vysokých koncentracích účinná proti širokému spektru bakterií, plísní a také vůči mnoha virům. Mechanismus účinku alkoholů na vláknité plísňe spočívá v koagulaci proteinů v buněčné stěně a cytoplazmatické membráně. Dále zvyšují tekutost lipidů v cytoplazmatických a mitochondriálních membránách plísní. Výsledkem je lýza – rozpad vnější cytoplazmatické membrány, uvolnění buněčného obsahu a koagulace enzymatických proteinů (Karbowska-Berent et al., 2018). Pokusy aplikovat alkoholy na dekontaminaci historických předmětů se v minulosti prováděly s použitím různých způsobů aplikace a různých koncentrací. Vodné roztoky alkoholů byly aplikovány ve formě nastříkání, ponoření, potřením povrchu. Prokázána byla také vysoká účinnost jejich par, což se ukázalo jako velmi šetrné k ošetřovanému materiálu. Bylo zjištěno, že za určitých podmínek (uzavřený prostor, 96% roztok butanolu, doba expozice 48 hodin, teplota 25 °C) dochází nejen k usmrcení vegetativních forem plísní, ale také k eliminaci jejich spor (Orlita, 1991). Nicméně, Karbowska-Berent (Karbowska-Berent, 2014) zjistila nepříjemné změny v některých barevných médiích (tisk, kuličková pera) při aplikaci alkoholu ponorem. Bronislava Bacílková (2006) v laboratořích současného Národního archivu provedla podobná pozorování týkající se pera, nesmazatelné tužky a fixu a zjistila, že u některých typů psacích látek může dojít k rozpíjení textu nebo dokonce k difúzi na rub papíru. Tyto orientační zkoušky byly však jen vedlejším testem uskutečněným při testování účinků par alkoholu na plísňe. Z tohoto důvodu bylo zapotřebí dalšího zkoumání stálosti popisků, inkoustových tužek a razítek a jiných záznamových prostředků z široké škály médií (s nimiž se setkáváme v knihovních dokumentech) v parách butanolu, který se již dlouhá léta používá v Národní knihovně ČR jako standardní dezinfekční prostředek pro kontaminované fondy.

## Experimentální část

### Cíl práce:

Alkoholy, zejména butanol, se používají k dezinfekci již velmi dlouho. Doporučená koncentrace se podle konkrétních podmínek pohybuje mezi 50 až 90 %. K dezinfekci knih a archiválií se používá alkohol v podobě par, neboť tato aplikační forma je vůči ošetřovanému materiálu velmi šetrná. Avšak u některých psacích látek, hlavně inkoustových tužek, může docházet k rozpíjení textu a změně barevnosti. Orientační zkoušky rozpustnosti psacích látek již byly v minulosti prováděny, jak bylo zmíněno výše, v Národním archivu (Bacílková, 2003). Hlavním cílem naší práce bylo sledování vizuálních změn záznamových prostředků, jako jsou inkoustové tužky a razítkové barvy, po expozici v parách butanolu za podmínek nastavených pro dezinfekci knihovních fondů napadených plísněmi. Byly měřeny změny barevnosti připravených vzorků a případná migrace barev byla dokumentována makro- a mikrosnímkováním.

### Seznam záznamových prostředků:

Bylo testováno 12 různých záznamových prostředků (viz tabulka 1) z období 70. až 80. let 20. století, mezi které patří inkoustové tužky (vzorky 1–8), razítkové barvy (vzorky 9, 11, 12) a inkoust do plnicích per (vzorek 10). Červené inkoustové tužky jsou ve všech následujících grafech a tabulkách označeny indexem „a“, zatímco modré inkoustové tužky jsou označeny indexem „b“.

Inkoustové tužky – tuha v dřevěném pouzdře, tuhy různého složení a barvy: klasické stříbrné, fialové, červené a modré. Hlavním komponentem inkoustových tužek jsou vodorozpustná organická barviva, většinou aniontová, například Methyl Violet (C.I. Basic Violet 1), malachitová zeleň (C.I. Basic Green 4) nebo kyselá barviva jako eosin (C.I. Acid Red 87) (Ďurovič et al., 1999).

Razítkové barvy lze rozdělit na barvy pro kovová a gumová razítka. Razítkové barvy se nanášejí na papír tlakem pryžového nebo kovového razítka namočeného v barvivo. Byly testovány bezolejové razítkové barvy pro gumová razítka, které se skládají z kationtových barviv rozpuštěných ve směsi vody, glycerinu nebo vyšších glykolů a alkoholů. Oproti kovovým razítkům, která mají olejové složení nerozpustné ve vodě, jsou bezolejové razítkové barvy ve vodě více či méně snadno rozpustné. Fialová, modrá a černá razítková barva obsahují kationtová barviva, zatímco červené a zelené razítkové barvy obsahují aniontová barviva. Modrá barva se vyráběla především z bazických arylmetanových barviv (Basic Blue 11, Basic Blue 26 a Basic Blue 52, dříve Basic Violet 1, Basic Violet 3 a Basic Blue 9). Černá barva se nejčastěji vyráběla ze stabilních nigrozinových barviv (Ďurovič, 2002; Maková, 2019).

Inkoust do plnicích per je směsí syntetického dehtového barviva v destilované vodě, konzervačních látek (fenol, formaldehyd) a látek upravujících pH (kyselina octová, uhličitán sodný). Testován byl aniontový červený inkoust pravděpodobně z namodralého xantinového barviva eosin B (Acid Red 91). Červený inkoust do plnicích per z přibližně 80. let (vzorek č. 10) byl použit z důvodu náhrady červené razítkové barvy ze stejného období (Ďurovič, 2002).

Přesné chemické složení záznamových prostředků bylo stanoveno pro vzorky 1, 2, 8a a 8b (viz tabulka 1) pomocí LC/MS analýzy provedené v Centrální laboratoři VŠCHT Praha. Analýzy byly provedeny na vysokorozlišujícím hmotnostním spektrometru LTQ Orbitrap

Velos (Thermo Scientific) v několika ionizačních režimech: ESI+ (elektrosprejová ionizace v kladném módu), ESI- (v záporném módu), APCI+ (chemická ionizace za atmosférického tlaku v kladném módu) a APCI-. Extrahované roztoky záznamových prostředků byly vstříkávány do proudu mobilní fáze (metanol) přes 10 µl injekční smyčku (Rheodyne).

Na základě výsledků analýzy bylo zjištěno, že inkoustová tužka Hardtmuth Koh-I-Noor stříbrná (vzorek č. 1) obsahuje barviva na bázi směsi Methyl Violet 10B, 6B a 2B. U inkoustové tužky Mephisto (vzorek č. 2) bylo identifikováno barvivo složené převážně z Methyl Violet 10B. Červená inkoustová tužka Hardtmuth Koh-I-Noor (vzorek č. 8a) obsahuje barvivo Solvent Red 43, zatímco modrá inkoustová tužka Koh-I-Noor (vzorek č. 8b) vykazuje přítomnost barviva Acid Blue 93.

Tab. 1 Seznam použitých záznamových prostředků

Číslo setu	Záznamový prostředek
1	Inkoustová tužka Hardtmuth Koh-I-Noor stříbrná barva
2	Inkoustová tužka Hardtmuth Koh-I-Noor Mephisto fialová
3	Inkoustová tužka Hardtmuth Koh-I-Noor COP 1561 Hard stříbrná
4	Inkoustová tužka Hardtmuth Koh-I-Noor Versatil 5205 stříbrná
5	Inkoustová tužka L.C Hardtmuth Mephisto COP 73B Medium stříbrná
6	Inkoustová tužka Bohemia Works Bluestar COP 2726 Soft stříbrná
7	Inkoustová tužka SUNPEARL 3453 červená/modrá
8	Inkoustová tužka Hardtmuth Koh-I-Noor COP 1561 E/G červená/modrá
9	Barva na Textil pro Razítka NORIS 325 černá
10	Inkoust do plnicích per Koh-I-Noor MSP 4201 červený
11	Razítková barva pro gumová razítka bez oleje GAMA JK 738 341 modrá
12	Razítková barva pro gumová razítka bez oleje J.P.K CHEM JK 738 341 modrá



## Postup práce:

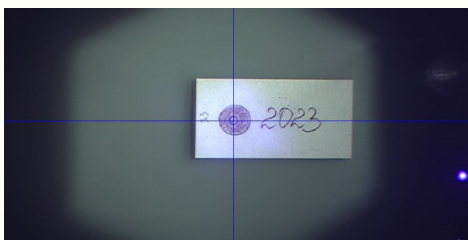
### Test 1: Simulace dezinfekce čerstvě nanesených inkoustů

V prvním testu byly zkoumány podmínky dezinfekce v butanolu u čerstvě nanesených inkoustů. Za tímto účelem bylo připraveno dvanáct setů vzorků. Každý set obsahoval šest vzorků, které byly popsány jedním ze záznamových prostředků na ručním papíru. Seznam těchto záznamových prostředků je uveden v tabulce 1. Vzorky záznamových prostředků byly aplikovány na ruční papír z Velkých Losin, gramáž 240 g/m<sup>2</sup>. Jedná se o ručně čerpaný grafický papír bez průsvitky. Papír je tvořen směsí lnu a bavlny. Rozměry papírových vzorků byly 5 × 2,5 cm. Na každý vzorek byl vybraným záznamovým prostředkem napsán nápis „2023“ a vytvořen vyplněný kruh s přibližným průměrem 1 cm. Každý vzorek byl dále označen číslem vzorku a číslem setu (viz obr. 1). Pro aplikaci razítkových barev byla použita gumová razítka.



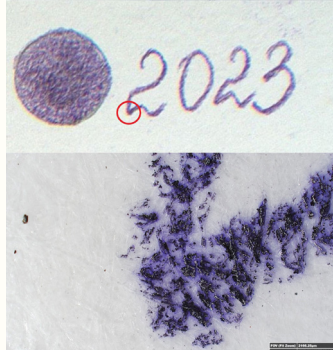
Obr. 1 Foto vzorku pořízené pomocí VSC 8000 v dopadajícím osvětlení viditelného spektra (A. Kazanskii, NK ČR)

U připravených setů vzorků záznamových prostředků byla měřena jejich barevnost v režimu spektrofotometru videospektrálního komparátoru VSC 8000 (Foster + Freeman), dále označovaného jako „VSC“. Barevnost byla analyzována ve vyplněném kruhu na třech místech s výpočtem průměrných hodnot změny barevnosti (viz obr. 2). Následně byly jednotlivé vzorky fotografovány pomocí VSC v dopadajícím osvětlení viditelného spektra (viz obr. 1).



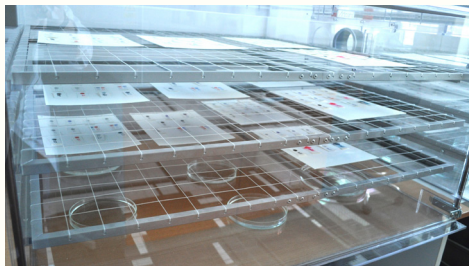
Obr. 2 Měření barevnosti vzorku provedené pomocí VSC v režimu spektrofotometru (A. Kazanskii, NK ČR)

Mikrosnímky záznamových prostředků byly pořízeny pomocí 3D digitálního mikroskopu Hirox RH-2000 s objektivem MXB 2500 při středním „mid-range“ zvětšení 200× a světelné poloze 34–32. Mikrosnímky byly u všech vzorků pořízeny ve stejné oblasti, a to na spodním okraji prvního čísla „2“ nápisu „2023“ (viz obr. 3).

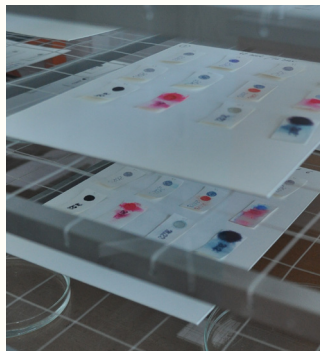


Obr. 3 Makro- a mikrosnímky vzorku pořízené pomocí VSC a 3D digitálního mikroskopu Hirox RH-2000 (A. Kazanskii, NK ČR)

Všechny sady vzorků byly následně exponovány v parách 94–96% roztoku butan-1-olu (Penta s.r.o.) s vodou, v hermeticky uzavřené dezinfekční komoře ARTWET. Odpařování vodného roztoku alkoholu bylo zajištěno otevřenými Petriho miskami s roztokem butanolu, které byly umístěny na dně dezinfekčního boxu. Množství roztoku odpovídalo objemu 900 ml vodného roztoku na 500 dm<sup>3</sup> komory. Vzorky byly umístěny na lepenku, která simulovala desku knihy. Byly položeny na třech výsuvných roštech se silikonovým výpletem ve vzdálenostech 14, 26 a 38 cm nad Petriho miskami (viz obr. 4 a 5). Samotný proces simulované dezinfekce probíhal po dobu 48 a 72 hodin. Každý vzorek v sadu (celkem 6 vzorků) odpovídal specifickým podmínkám dezinfekce, konkrétně kombinaci vzdálenosti od zdroje butanolu a doby působení. Během celého procesu byla monitorována teplota a relativní vlhkost jak uvnitř komory, tak i v místnosti.



Obr. 4 Vzorky inkoustových tužek a razítek na lepence v hermeticky uzavřeném dezinfekčním boxu (R. Zembjaková, NK ČR)



Obr. 5 Detailnější pohled na vzorky inkoustových tužek a razítek na lepence v hermeticky uzavřeném dezinfekčním boxu (R. Zembjaková, NK ČR)

### **Test 2: Simulace dezinfekce „aktivovaných“ inkoustů**

Pro simulaci dezinfekce „aktivovaných“ inkoustů bylo připraveno osm setů vzorků obsahujících všechny typy vodorozpustných inkoustových tužek (sety 1–8, viz tabulka 1). Během nanášení prostředku na papír bylo kvůli zvýšení reaktivity inkoustů lokálně přidáváno malé množství destilované vody. Ve všech ostatních ohledech zůstal postup přípravy a dezinfekce vzorků stejný jako v prvním testu. Cílem aktivace bylo částečně simulovat aplikaci navlhčeného hrotu inkoustové tužky, stárnutí inkoustu a jeho reakci na změny vnější relativní vlhkosti v průběhu času. Tento test má pouze orientační charakter a slouží k pozorování inkoustu v různých stavech. Popsaný postup aplikace nelze považovat za umělé stárnutí.

### **Test 3: Simulace dezinfekce záznamových prostředků zafixovaných pomocí cyklododekanu**

Pro simulaci dezinfekce zafixovaných záznamových prostředků bylo připraveno dvanáct setů (viz tabulka 1). Při tomto testu byla fixace inkoustu provedena pomocí aplikace roztoku cyklododekanu a následně aplikace taveniny cyklododekanu (Paulusová, 2000). Roztok cyklododekanu s petrolbenzinem byl připraven rozpuštěním 10 g cyklododekanu v 8 g petrolbenzinu za míchání při běžné laboratorní teplotě. Roztok byl nanesen pomocí malého štětce na vzorky z obou stran. Tavenina cyklododekanu byla připravena rozpuštěním cyklododekanu v nástavci pájky za udržování stálé teploty 70 °C. Tavenina byla nanesena malým štětcem z obou stran papíru, čímž vznikla viditelná krusta. Ve všech ostatních detailech zůstal postup přípravy a dezinfekce vzorků stejný jako v prvním testu.

### **Test 4: Simulace dezinfekce záznamových prostředků zafixovaných pomocí roztoků Mesitol a Rewin**

Pro simulaci dezinfekce zafixovaných záznamových prostředků bylo připraveno dvanáct setů vzorků (viz tabulka 1). Fixace inkoustu v testu 4 proběhla pomocí aplikace 1,2% roztoku Mesitol NBS a 6% roztoku Rewin EL (Bredereck, 1988). Aniontové činidlo Mesitol NBS bylo připraveno rozpuštěním práškového Mesitolu za stálého míchání v deionizované vodě. Kapalný koncentrát kationtového činidla Rewin EL byl naředěn na 6% vodný roztok. Roztok byl aplikován metodou ponoru, která se v tomto testu ukázala jako nejšetrnější varianta pro záznamové prostředky.

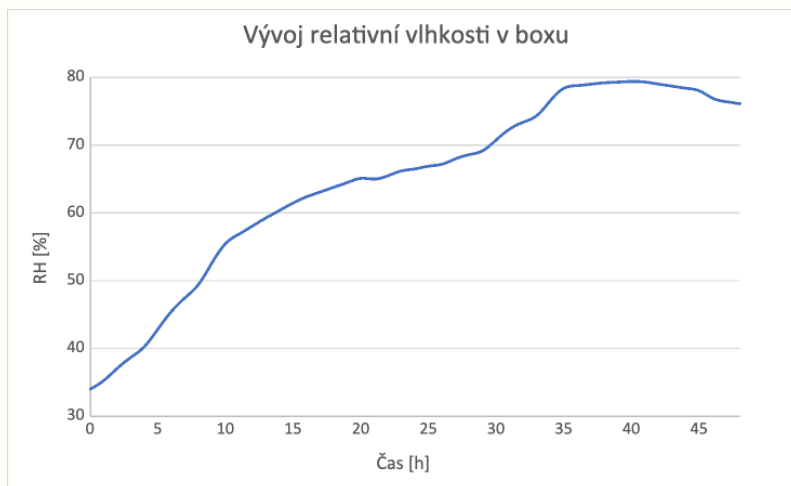
U aniontových prostředků jako jsou inkoustové tužky a inkousty do plnicích per (sety 1–8 a 10, viz tabulka 1) byly vzorky nejprve ponořeny do roztoku Rewinu. Po vysušení byly ponořeny do roztoku Mesitolu. U kationtových razítkových barev byl postup opačný: vzorky byly nejprve ponořeny do roztoku Mesitolu a poté do roztoku Rewinu. Nakonec byly všechny vzorky důkladně vysušeny.

Ve všech ostatních ohledech zůstal postup přípravy a dezinfekce vzorků stejný jako v prvním testu.

## Výsledky a shrnutí

### Teplota a vlhkost dezinfekce

Během experimentu se teplota v místnosti pohybovala v rozmezí 22,0–23,6 °C a relativní vlhkost vzduchu mezi 23,9–31,8 %. Teplota v hermeticky uzavřeném boxu dosahovala přibližně stejných hodnot jako v místnosti, avšak relativní vlhkost postupně stoupala, po 40 hodinách až na 79 % (viz obr. 6). Minimální doba potřebná pro účinnou dezinfekci je 48 hodin, kdy se ale může zvýšit riziko aktivace záznamových prostředků, pojiť a nežádoucích změn.



Obr. 6 Vývoj relativní vlhkosti v hermeticky uzavřeném boxu při standardním postupu dezinfekce po dobu 48 hodin

### Výsledky prvního testu:

Při měření barevných změn vzorků byly výsledky vyjádřeny prostřednictvím koeficientu celkové změny barevnosti  $\Delta E$ , který je obecně uznávaným ukazatelem pro sledování barevných rozdílů. Pro lepší orientaci byla stanovena stupnice určující míru rozdílu mezi dvěma barvami. Barevné změny s  $\Delta E$  menším než 0,2 jsou považovány za zanedbatelné, v rozmezí  $\Delta E$  od 0,2 do 0,5 za velmi malé, od 0,5 do 1,5 za malé, od 1,5 do 3 za jasně postřehnutelné, od 3,0 do 6,0 za střední,  $\Delta E$  nad 6 indikuje vysokou barevnou odlišnost (Zmeškal, 2002).

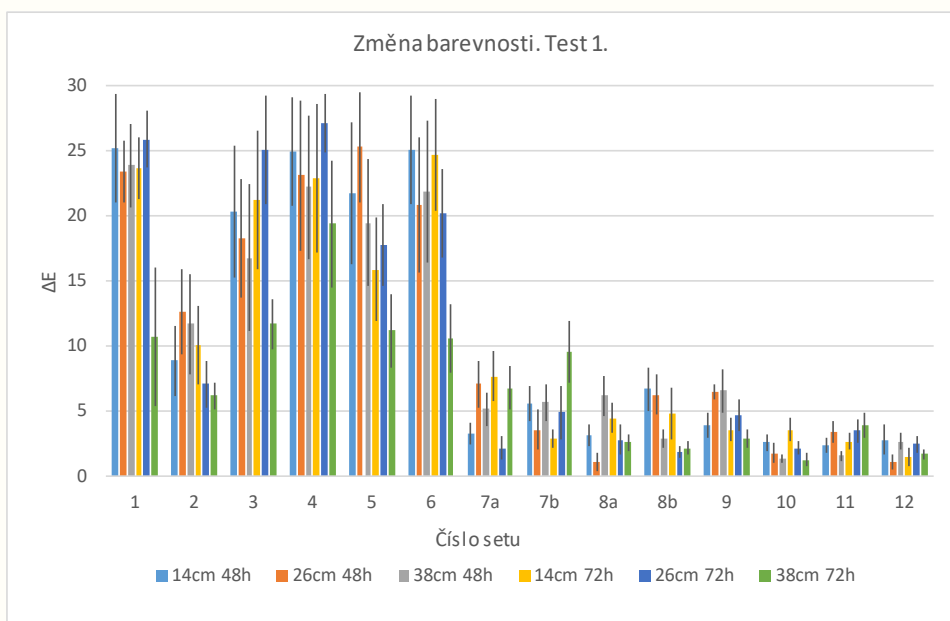
V prvním testu hodnoty  $\Delta E$  u **stříbrných inkoustových tužek (sety 1–6)** přesáhly hodnotu 10, zatímco u **fialové inkoustové tužky Mephisto** dosáhly hodnoty kolem 8. To naznačuje, že vlivem expozice došlo k výrazným a dobře viditelným změnám barevnosti (viz obr. 7). Tyto změny, včetně rozpíjení inkoustů, jsou zřetelně patrné z makro- a mikrofotodokumentace (viz tabulka 2). Změna barevnosti po 72hodinové expozici byla závislá na vzdálenosti vzorků od zdroje butanolu, přičemž nejnižších hodnot dosáhla při vzdálenosti 38 cm. Hlavním efektem, který lze pozorovat na mikrofotodokumentaci, je výrazně menší rozpíjení prostředku. Hlavní složkou stříbrných inkoustových tužek jsou ve vodě rozpustná polární organická barviva. Důvodem pro tak výrazné změny barevnosti a rozpíjení může být jak vysoká relativní vlhkost, tak i vysoká koncentrace butanolu v atmosféře během dezinfekce.

U **barevných inkoustových tužek (sety 7–8)** byly zaznamenány menší barevné změny, přičemž hodnota  $\Delta E$  dosáhla přibližně 6, což odpovídá středně výrazné barevné změně (viz obr. 7). Nebylo nalezeno rozpíjení. To naznačuje, že složení vybraných modrých a červených inkoustových tužek vykazuje vyšší odolnost vůči rozpustnosti ve vodě a parách butanolu.

U **razítkové barvy** ze setu 9 došlo během expozice k výraznému rozpíjení inkoustu v oblastech s vyšší vrstvou barvy. Intenzita tohoto rozpíjení byla závislá na vzdálenosti vzorků od zdroje butanolu (viz tabulka 2).


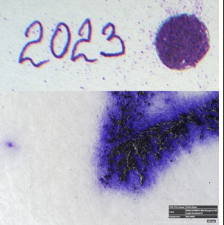
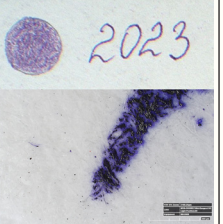
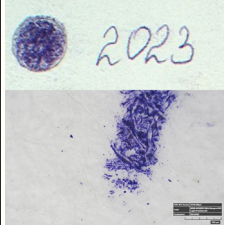
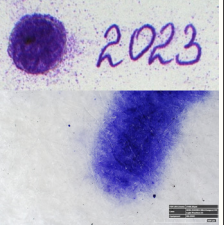
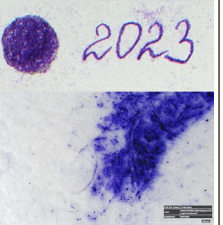

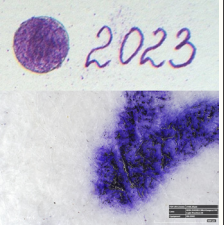
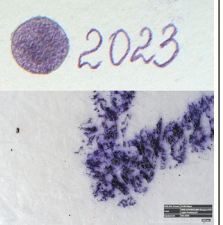

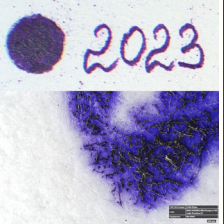
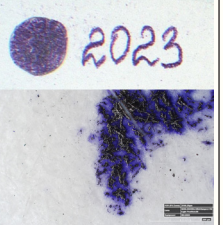

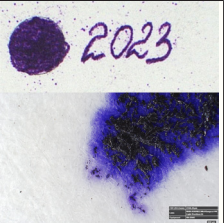
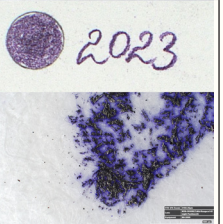
U **kapalných inkoustů do plnicích per a razítkových barev (sety 10–12)** byly zaznamenány ještě menší barevné změny, přičemž hodnota  $\Delta E$  se pohybovala v rozmezí od 1,5 do 3. Během testu také nedošlo k rozpíjení záznamových prostředků, což naznačuje vysokou odolnost těchto prostředků vůči rozpustnosti ve vodě a parách butanolu (viz obr. 7).

Pro přehlednost jsou ve všech tabulkách s fotodokumentací zobrazeny tři stavy vzorků: 1) stav před dezinfekcí, 2) stav po dezinfekci při minimální době expozice 48 hodin a vzdálenosti 14 cm od zdroje butanolu, 3) stav po dezinfekci při maximální době expozice a vzdálenosti.



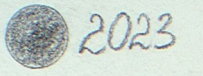
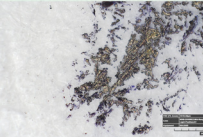
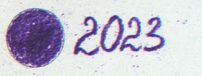
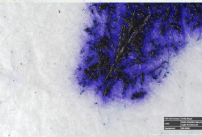
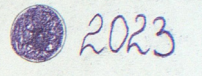
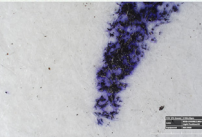
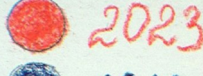


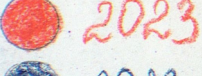


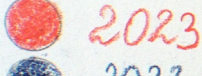


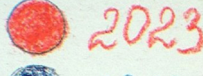


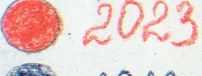


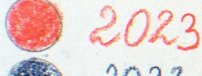

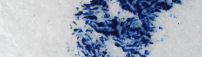
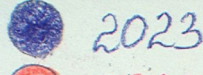


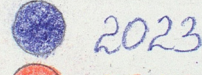


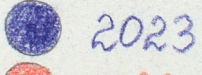

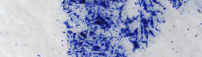
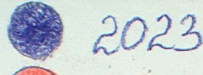

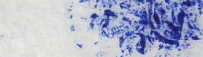
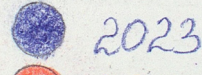
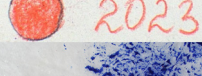
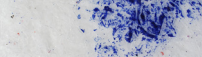
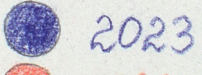



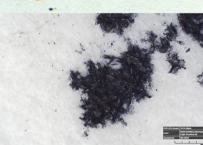

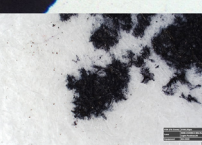

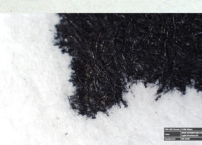
Obr. 7 Celková změna barevnosti  $\Delta E$  všech setů testu 1 v závislosti na době expozice a vzdálenosti od zdroje butanolu. Doba expozice 48/72 hodin. Vzdálenost od zdrojů butanolu 14/26/38 cm.

Tab. 2 Srovnávací makro- a mikrosnímky vzorků testu 1 pořízené pomocí VSC (horní část snímků) a 3D digitálního mikroskopu. Porovnání vzorků před expozicí s výsledky po expozici. Pro ukázkou vybrána doba expozice 48/72 hodin a vzdálenost od zdrojů butanolu 14/38 cm. (A. Kazanskii, NK ČR)

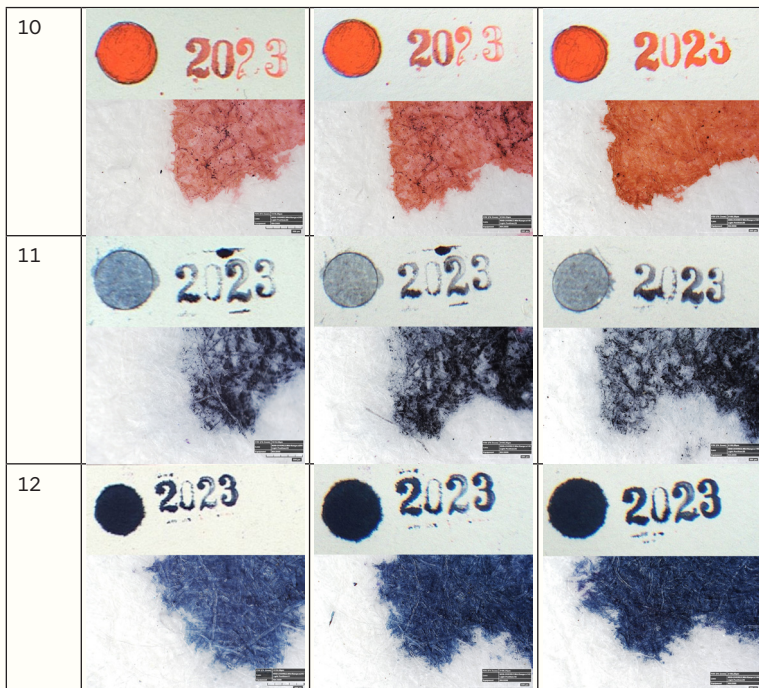
Číslo setu	Vzorky č. 1 před expozicí.	Vzorky č. 1 po expozici. 14 cm. 48 h.	Vzorky č. 6 po expozici. 38 cm. 72 h.
1			
2			
3			
4			
5			



Pokračování tab. 2

6	 	 	 
7a	  	  	  
7b	  	  	  
8a	  	  	  
8b	  	  	  
9	 	 	 

Pokračování tab. 2

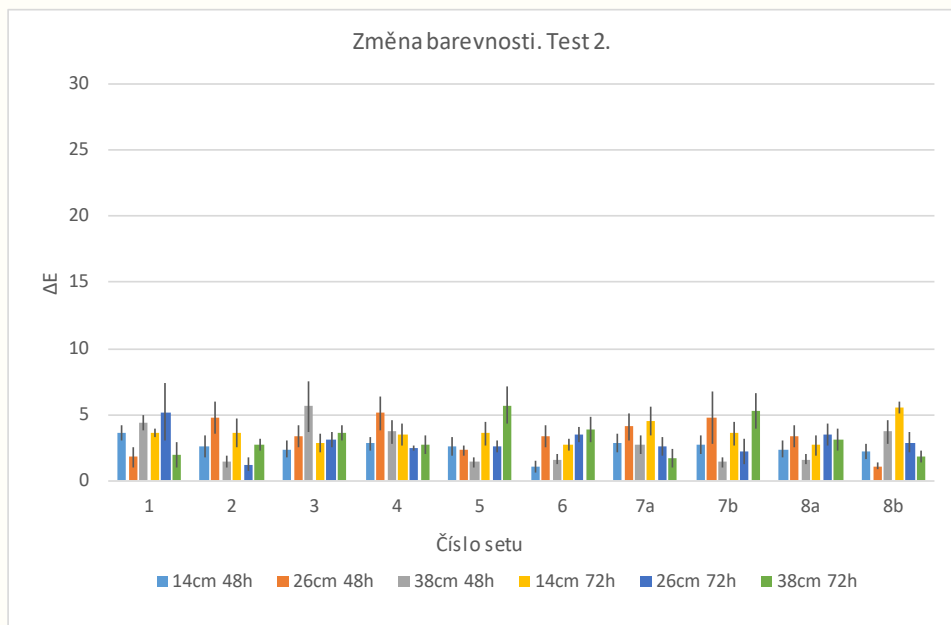


### Výsledky druhého testu:

Již během přípravy vzorků a reakce barevné složky inkoustů s vodou došlo u všech **inkoustových tužek** (sety 1–6) k výrazné barevné změně, přičemž hodnota  $\Delta E$  přesáhla 10. Naopak modré a červené inkoustové tužky (sety 7–8) si zachovaly původní odstín.

Po realizaci druhého testu u všech „aktivovaných“ **stříbrných a barevných inkoustových tužek** (sety 1–8) hodnoty celkové změny barevnosti  $\Delta E$  nepřekročily hodnotu  $\Delta E = 5,7$ , bez ohledu na dobu expozice a vzdálenost vzorků od zdroje butanolu (viz obr. 8). To znamená, že v důsledku expozice došlo k viditelným až málo viditelným změnám barevnosti. Hlavní změna spočívala v mírném rozpíjení inkoustu, které je patrné především u okraje záznamové stopy na mikrofotodokumentaci, zejména u vzorků **stříbrných inkoustových tužek** (viz tabulka 3). V tomto testu můžeme předpokládat, že relativní vlhkost neměla vliv na změnu barevnosti vzorků, které předem prošly reakcí s vodou. Hlavním faktorem změn zde mohl být účinek butanolu, který vedl k dalšímu rozpíjení inkoustu. Pozorovaný nežádoucí vliv, s výjimkou setu 6, klesal s narůstající vzdáleností od zdrojů butanolu, avšak neovlivnil výsledné hodnoty  $\Delta E$  (viz tabulka 3).



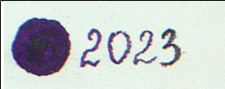
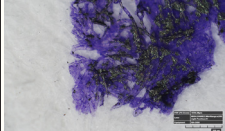
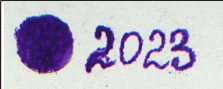
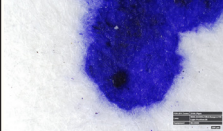
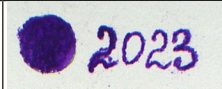
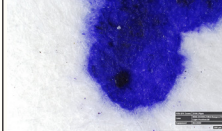
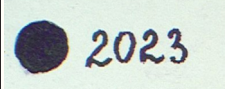
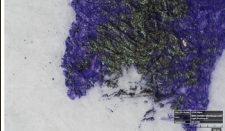
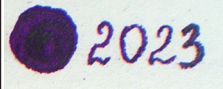
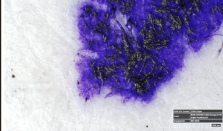
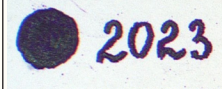
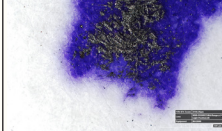
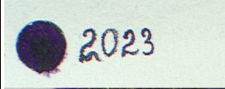
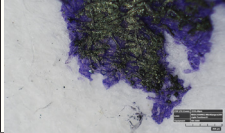
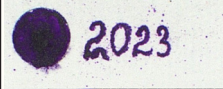
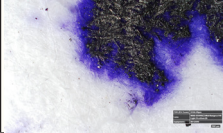
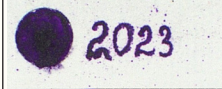
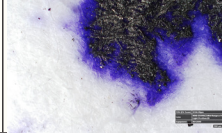
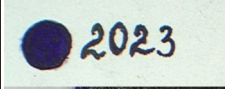
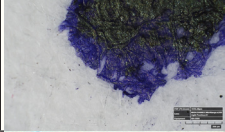
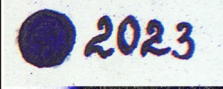
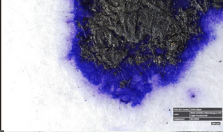
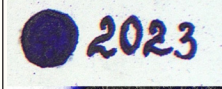
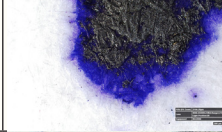
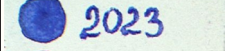


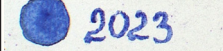
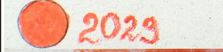

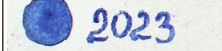
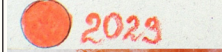

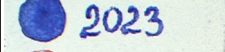


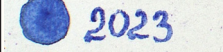
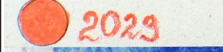

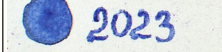




Obr. 8 Celková změna barevnosti  $\Delta E$  všech setů testu 2. Doba expozice 48/72 hodin. Vzdálenost od zdrojů butanolu 14/26/38 cm.

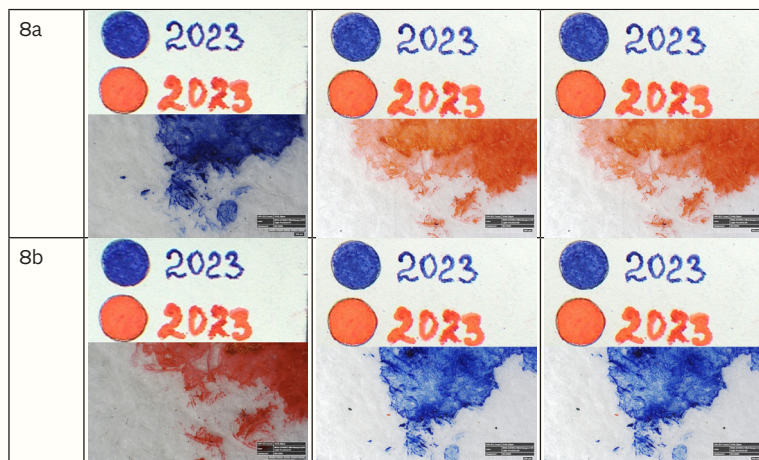
Tab. 3 Srovnávací makro- a mikrosnímky vzorků testu 2 pořízené pomocí VSC (horní část snímků) a 3D digitálního mikroskopu. Porovnání vzorků před expozicí s výsledky po expozici. Pro ukázkou vybrána doba expozice 48/72 hodin a vzdálenost od zdrojů butanolu 14/38 cm. (A. Kazanskii, NK ČR)

Číslo setu	Vzorky č. 1 před expozicí.	Vzorky č. 1 po expozici. 14 cm. 48 h.	Vzorky č. 6 po expozici. 38 cm. 72 h.
1			
2			

Pokračování tab. 3

3	 	 	 
4	 	 	 
5	 	 	 
6	 	 	 
7a	  	  	  
7b	  	  	  

Pokračování tab. 3

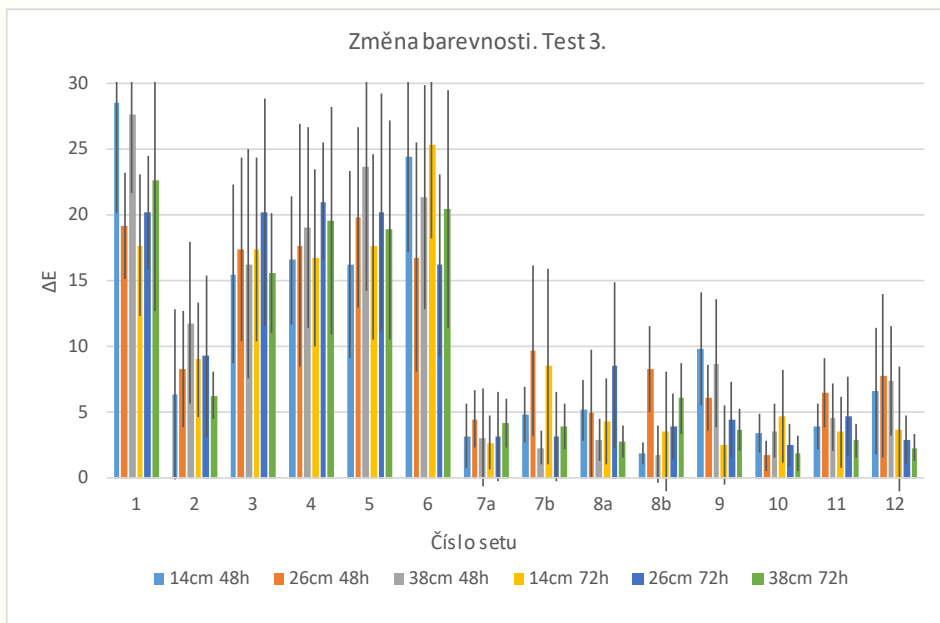


### Výsledky třetího testu:

Měření změny barevnosti v tomto testu bylo komplikováno přítomností silné, postupně se odpařující vrstvy cyklohexanu na povrchu záznamových prostředků. Tento faktor ovlivnil reprodukovatelnost měření a výsledné hodnoty směrodatné odchylky. Průměrné hodnoty  $\Delta E$  ve třetím testu se jen minimálně lišily od výsledků prvního testu, což naznačuje, že za těchto podmínek lze fixaci cyklohexanem považovat za málo účinný postup ochrany před nežádoucím vlivem dezinfekce (viz obr. 8).

V důsledku expozice došlo u všech **stříbrných inkoustových tužek** k výrazným a dobře viditelným změnám barevnosti, přičemž hodnoty  $\Delta E$  překročily 15. U **fialové inkoustové tužky Mephisto (set 2)** dosáhla hodnota  $\Delta E$  přibližně 8. Inkousty se rozpíjely bez ohledu na vzdálenost vzorků od zdrojů butanolu a dobu působení. Tyto výsledky jsou patrné na makro- a mikrofotodokumentaci (viz tabulka 4). U barevných inkoustových tužek (**sety 7–8**) byly zaznamenány menší barevné změny, přičemž  $\Delta E$  dosáhla hodnot od 5 do 10. Během testu také nedošlo k jejich rozpíjení.

U **razítkové barvy ze setu 9** docházelo během expozice stále k rozpíjení inkoustu. U **kapalného inkoustu do plnicích per a razítkových barev (sety 10–12)** byly, stejně jako v prvním testu, zaznamenány nejnižší barevné změny v rozmezí  $\Delta E$  od 2 do 8 a minimální rozpíjení (viz tabulka 4).



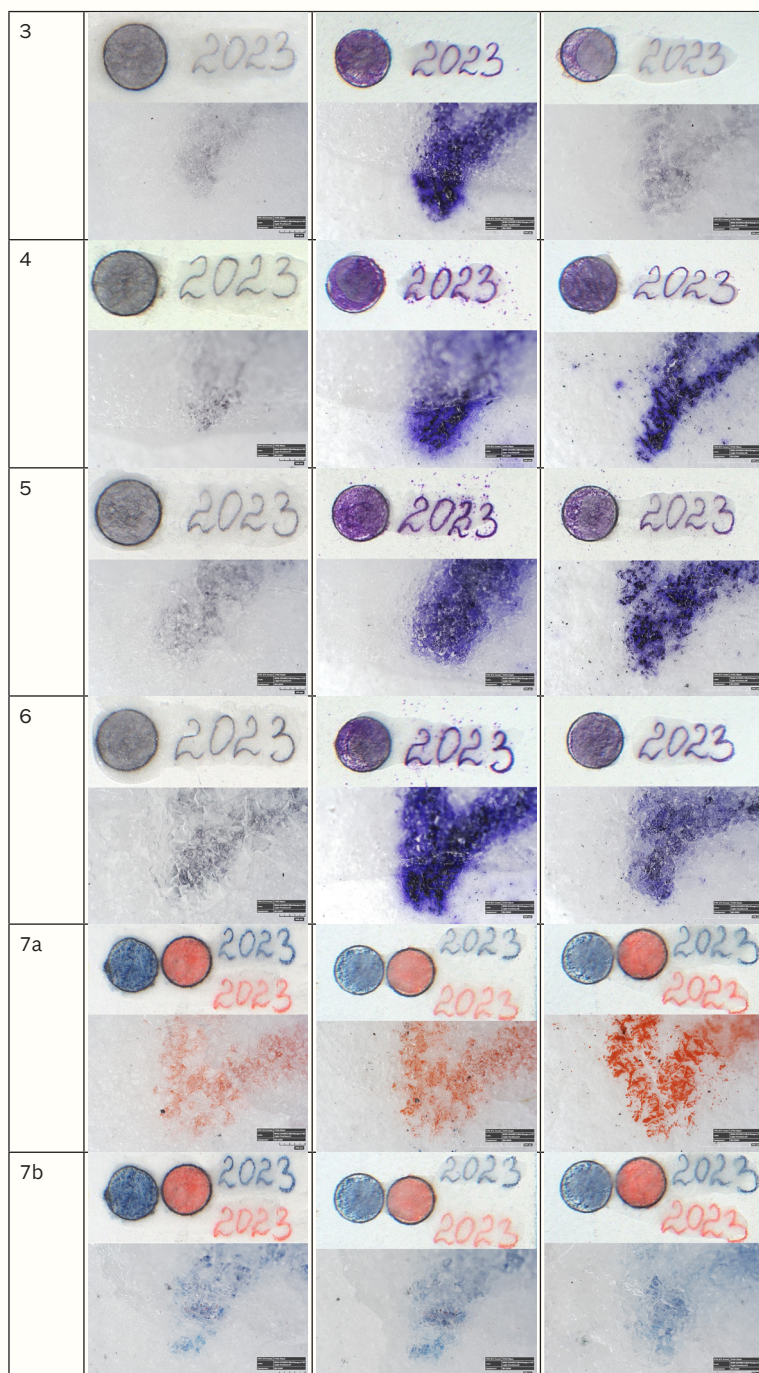
Obr. 9 Celková změna barevnosti  $\Delta E$  všech setů testu 3. Doba expozice 48/72 hodin. Vzdálenost od zdrojů butanolu 14/26/38 cm.

Tab. 4 Srovnávací makro- a mikrosnímky vzorků testu 3 pořízené pomocí VSC (horní část snímků) a 3D digitálního mikroskopu. Porovnání vzorků před expozicí s výsledky po expozici. Pro ukázkou vybrána doba expozice 48/72 hodin a vzdálenost od zdrojů butanolu 14/38 cm. (A. Kazanskii, NK ČR)

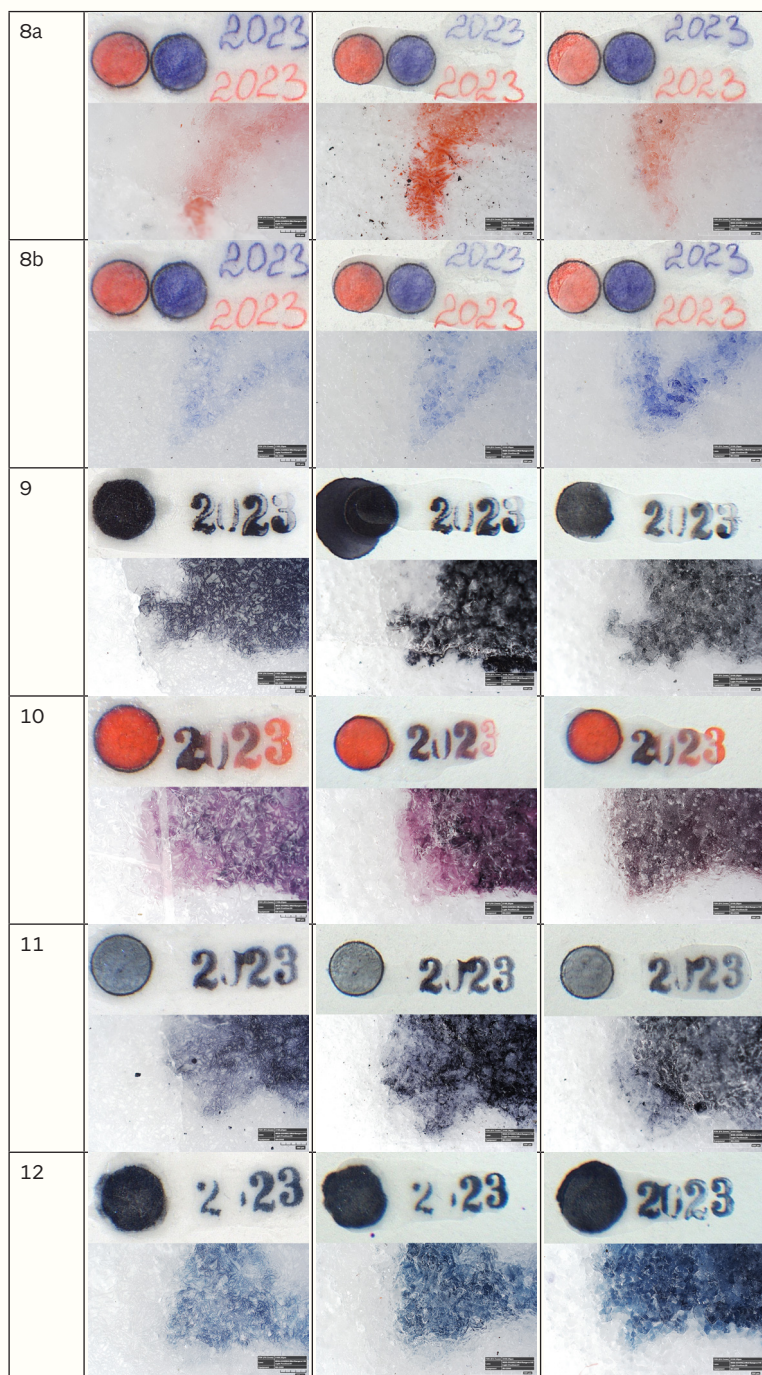
Číslo setu	Vzorky č. 1 před expozicí.	Vzorky č. 1 po expozici. 14 cm. 48 h.	Vzorky č. 6 po expozici. 38 cm. 72 h.
1			
2			



Pokračování tab. 4



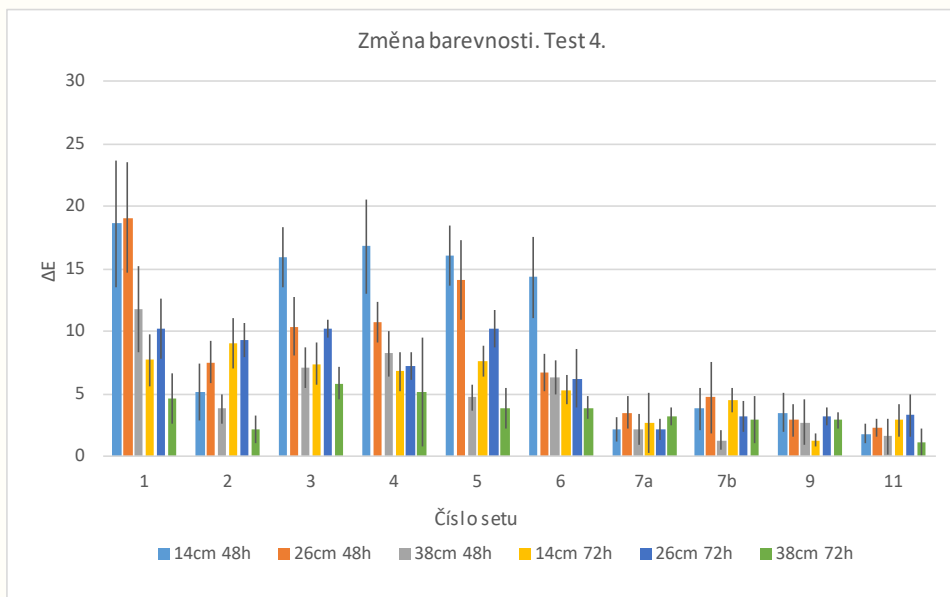
Pokračování tab. 4



### Výsledky čtvrtého testu:

Fixace inkoustu v testu 4 pomocí 1,2% roztoku Mesitol NBS a 6% roztoku Rewin EL lze považovat za částečně účinný způsob ochrany před nežádoucími účinky dezinfekce. Na rozdíl od prvního testu, kde inkousty nebyly fixovány, byly v testu 4 výsledné průměrné hodnoty  $\Delta E$  u **stříbrných inkoustových tužek** (sety 1–6) nižší a závislé na vzdálenosti od zdrojů butanolu. Při expozici 72 hodin a vzdálenosti 38 cm se u stříbrných inkoustových tužek podařilo dosáhnout pod hodnoty  $\Delta E = 5,8$  u **fialové inkoustové tužky (set 2)** pod hodnotu  $\Delta E = 2,2$ . U barevné inkoustové tužky (set 7) došlo k ještě menší barevné změně, kde průměrná hodnota  $\Delta E$  dosáhla 3. Na rozdíl od prvního testu u všech inkoustových tužek nedošlo k rozpíjení. U barvy pro razítka (setu 9) nedošlo během expozice k rozpíjení jen při větší vzdálenosti od zdrojů butanolu (28–38 cm). Změřená razítková barva (set 11) ukázala nižší a střední barevné změny  $\Delta E$  v rozmezí od 1,1 do 3 (viz obr. 9).

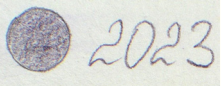
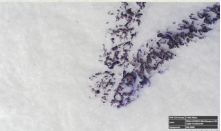
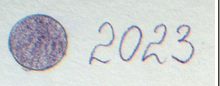
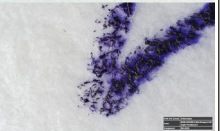
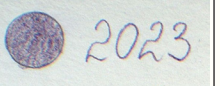
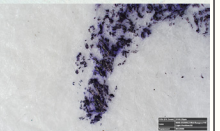
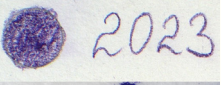
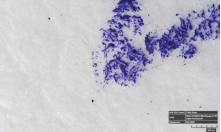
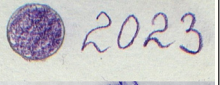
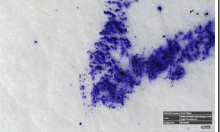
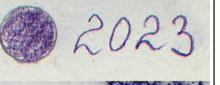
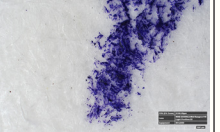
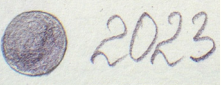
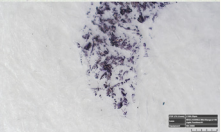
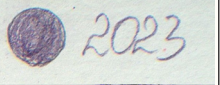
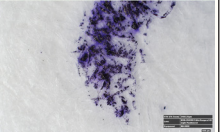
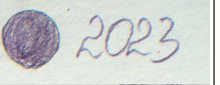
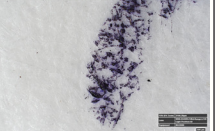
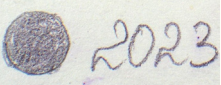
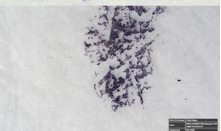
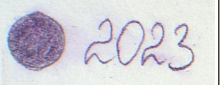
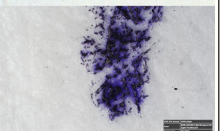
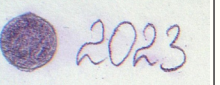
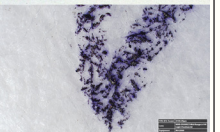
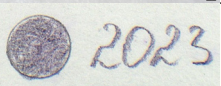
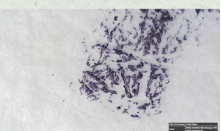
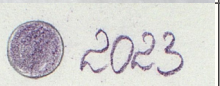
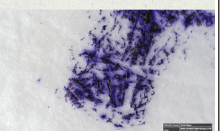
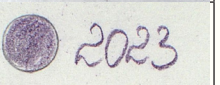
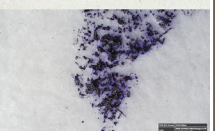
U setů inkoustové tužky (set 8), inkoustu do plnicích per (set 10) a razítkové barvy (set 12) došlo při fixaci ponorem do roztoků Rewin, případně Mesitol NBS k značnému rozpíjení, což znemožnilo dosáhnout reprodukovatelných výsledků. U setů 6, 7 a 11 bylo pozorováno menší, ale stále nežádoucí rozpíjení v průběhu fixace, které je patrné na fotodokumentaci (viz tabulka 5). Tyto reakce záznamových prostředků představují zásadní nedostatek metody. Na základě provedených testů se opět ukázalo, že před každou aplikací roztoků fixativ Mesitol NBS a Rewin je nutné provádět kombinované zkoušky rozpustnosti a případně používat roztoky s odlišnými koncentracemi přízůsobenými konkrétním typům záznamových prostředků (Bredereck, 1988).



Obr. 10 Celková změna barevnosti  $\Delta E$  všech setů testu 4. Doba expozice 48/72 hodin. Vzdálenost od zdrojů butanolu 14/26/38 cm.

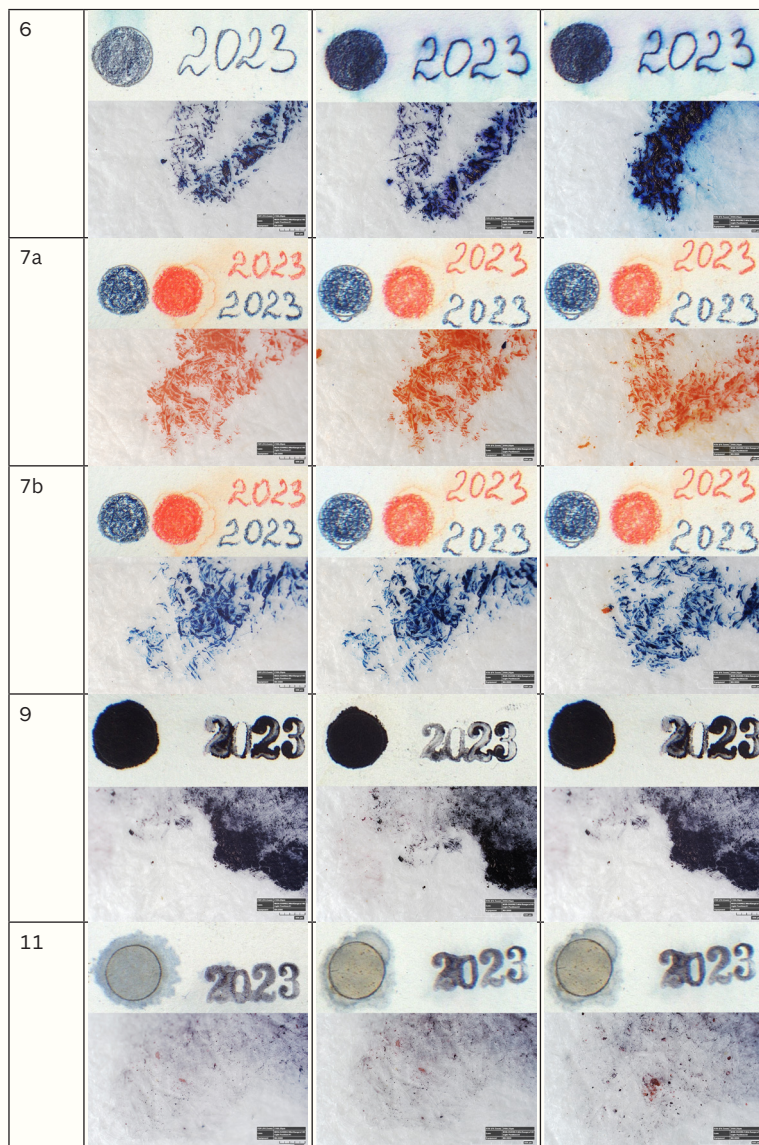


Tab. 5 Srovnávací makro- a mikrosnímky vzorků testu 4 pořízené pomocí VSC (horní část snímků) a 3D digitálního mikroskopu. Porovnání vzorků před expozicí s výsledky po expozici. Pro ukázkou vybrána doba expozice 48/72 hodin a vzdálenost od zdrojů butanolu 14/38 cm. (A. Kazanskii, NK ČR)

Číslo setu	Vzorky č. 1 před expozicí.	Vzorky č. 1 po expozici. 14 cm. 48 h.	Vzorky č. 6 po expozici. 38 cm. 72 h.
1	 	 	 
2	 	 	 
3	 	 	 
4	 	 	 
5	 	 	 



Pokračování tab. 5



### Závěr

Výsledky provedených testů ukázaly rozdílnou stabilitu a charakter chování vybraných záznamových prostředků v průběhu dezinfekce v butanolvých parách. Testováním bylo zjištěno, že různé záznamové prostředky vykazují odlišné chování během fixace, přičemž účinnost tohoto procesu se liší v závislosti na konkrétním typu barviva. Bylo prokázáno, že při standardní dezinfekci v parách butanolu mohou knihovní dokumenty a inkoustové záznamy v nich čelit riziku vizuální změny z důvodu zvýšené relativní vlhkosti, která v průběhu dezinfekce dosahuje až 80 %. Je proto doporučeno pečlivé monitorování procesu

dezinfekce, včetně kontroly teploty a relativní vlhkosti, jak v boxu, tak v celém prostoru. Většina záznamových prostředků v provedených testech nereagovala na dobu expozice, ale spíše na vzdálenost od zdroje butanolu. Na základě těchto poznatků lze doporučit umístit při dezinfekci rizikové objekty obsahující inkoustové záznamové prostředky do vzdálenosti nejméně 38 cm od zdroje butanolu. Tento preventivní přístup sice zcela neeliminuje riziko interakce inkoustu s vyšší koncentrací par, ale může významně snížit potenciální poškození.

Stříbrné inkoustové tužky se ukázaly být nejproblematičtější skupinou záznamových prostředků, které byly testovány. Za běžných podmínek dezinfekce tyto inkousty výrazně mění barvu a rozpíjejí se, bez ohledu na vzdálenost od zdroje butanolu. Pokud byly stříbrné inkoustové tužky před psaním aktivovány vodou, může větší vzdálenost od zdroje butanolu snížit míru jejich rozpíjení a zabránit dalším významným změnám barvy. Pro fixaci stříbrné inkoustové tužky lze použít kombinaci roztoků Mesitolu NBS a Rewinu EL, které snižují možné změny barvy a minimalizují rozpíjení záznamových prostředků během dezinfekce. Je však nezbytné pečlivě zvolit koncentraci roztoku a způsob jeho aplikace. Je doporučeno rovněž provést test rozpustnosti, aby nedošlo k poškození záznamu. Fialová inkoustová tužka během testu vykazovala podobné chování jako stříbrné inkoustové tužky, avšak změny barvy byly méně výrazné. U barevných inkoustových tužek, jako je červená a modrá, byly pozorovány ještě menší změny barvy. Tyto záznamové prostředky vykazovaly střední změny barvy bez známek rozpíjení.

Razítkové barvy a inkoust do plnicích per prokázaly výrazně vyšší stabilitu ve srovnání se stříbrnými inkoustovými tužkami při standardním postupu dezinfekce. Tyto záznamové prostředky vykazovaly barevnou změnu podstatně menší a většina z nich se nerozpíjela. Na druhou stranu se ukázalo, že fixace těchto záznamových prostředků pomocí kombinace roztoků Mesitolu NBS a Rewinu EL je značně riziková kvůli vysoké pravděpodobnosti jejich rozpouštění během fixace. Zvláštní pozornost si zaslouží barva pro razítka NORIS (set 9). Na rozdíl od ostatních barev pro razítka vykazovala při dezinfekci výrazné rozpíjení, přičemž míra rozpíjení závisela na vzdálenosti od zdroje butanolu v komoře.

Metoda fixace pomocí cyklohexanu se ukázala jako málo účinná při prevenci změn záznamových prostředků při standardní dezinfekci.

Provedené testy jsou pouze simulací reálného procesu dezinfekce, kde u starších záznamů mají vliv na aktivaci barviv další faktory. Reálně stárnuté záznamy mohou mít odlišné charakteristiky interakce s prostředím a barviva v nich mohou být v jiném chemickém stavu v důsledku přirozeného stárnutí. Další výzkum proto bude pokračovat testy interakce přirozeně stárnutých záznamů s parami butanolu.

## Zdroje:

- BACÍLKOVÁ, Bronislava, 2015. *Studium účinků par butanolu a jiných alkoholů na plísně*. Online. Praha: Národní archiv. Dostupné z: <https://old2.nacr.cz/wp-content/uploads/2015/11/butanol.pdf>. [cit. 2024-01-11].
- BREDERECK, Karl a SILLER-GRABENSTEIN, Almut, 1988. Fixing of ink dyes as a basis for restoration and preservation techniques in archives. *Restaurator*. Č. 9, s. 113–135.
- ĐUROVIČ, Michal, 2022. *Restaurování a konzervování archiválií a knih*. Praha: Paseka. ISBN 80-7185-383-6.
- ĐUROVIČ, Michal; DENDEROVÁ, Michaela; MATUŠÍK, Jan a STRAKA, Roman, 1999. Fixace novodobých psacích prostředků syntetickými polymery – studium odstranitelnosti a fyzikálně-chemických vlastností některých vybraných fixačních prostředků. In: *X. seminář restaurátorů a historiků: Referáty. Litomyšl, 24.–27. září 1997*. Praha: Pobočka ČIS při Státním ústředním archivu v Praze, s. 248.
- KARBOWSKA-BERENT, Joanna, 2014. *Dezynfekcja chemiczna zabytków na podłożu papierowym – skuteczność i zagrożenia*. PDF. Toruń: Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. ISBN 978-83-231-3088-8.
- KARBOWSKA-BERENT, J. et al., 2018. The initial disinfection of paper-based historic items – Observations on some simple suggested methods. Online. *International Biodeterioration & Biodegradation*. Č. 131, s. 60–66. ISSN 0964-8305. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.03.001>. [cit. 2024-01-11].
- MAKOVÁ, Alena a HAFKOVÁ, Zuzana, 2019. *Záznamové prostriedky a možnosti ich fixácie pre vodné konzervačné procesy*. Bratislava: MV SROV. S. 6–16. ISBN 978-80-971767-5-4.
- ORLITA, Alois, 1991. Nový systém devitalizace plísní na historických písemnostech. In: *Sborník 8. semináře restaurátorů a historiků, Železná Ruda – Špičák*. Praha: Státní ústřední archiv v Praze. S. 258–267.
- PAULUSOVÁ, Hana, 2003. Využití cyklohexanu pro přechodnou fixaci vodorozpustných barviv. In: *XI. seminář restaurátorů a historiků: Referáty, Litoměřice, 13.–16. 9. 2000*. Praha: Státní ústřední archiv v Praze. S. 250–255.
- ZMEŠKAL, Oldřich; ČEPPAN, Michal a DZIK, Petr, 2002. *Barevné prostory a správa barev*. Online. Vysoké učení technické v Brně. Dostupné z: [http://imagesci.fch.vut.cz/download/stud06\\_rozn02.pdf](http://imagesci.fch.vut.cz/download/stud06_rozn02.pdf). [cit. 2024-01-11].

**KAZANSKII, Andrei; ZEMBJAKOVÁ, Rebeka a NEORALOVÁ, Jitka. Stálost inkoustových tužek a razítek v parách butanolu při standardním postupu dezinfekce. *Knihovna: knihovnická revue*. 2024, roč. 35, č. 2, s. 85–107. ISSN 1802-3252.**