

# **ŘEŠENÍ MIKROBIOLOGICKÉ KONTAMINACE V PROSTŘEDÍ KNIHOVEN**

## **Autoři:**

Ing. Rebeka Zembjaková, Mgr. Jitka Neoralová, Ing. Petra Vávrová, PhD.

## **Oponenti:**

Ing. Martina Ohlídalová, Ph.D., Národní muzeum

Ing. Benjamin Bartl, Ph.D., Národní archiv

## **Cíl metodiky**

Cílem metodiky je představení možností nastavení účinných postupů a procesů v knihovnách a jiných kulturních či vzdělávacích institucích spravující knihovní fondy, včasného zachytu kontaminace fondů plísněmi, prevence zabráňující šíření kontaminace ve skladech a ošetření napadených jednotek. Eliminace rizik napadení a poškození knihovních fondů plísněmi napomáhá dlouhodobému uchování knihovních fondů, jejich možnou digitalizaci v budoucnu a významně šetří finanční prostředky z veřejných rozpočtů za nákup náhrad za poškozené svazky, a to některé vzácné exempláře již nahradit ani nelze. Je potřeba zmínit také dopad kontaminace fondů plísněmi na zdraví pracovníků pracujících s fondem a nemožnost exempláře využívat pro zapůjčení čtenářům.

## **Popis uplatnění**

Metodika je určena pro pracovníky knihoven a jiných kulturních či vzdělávacích institucí spravující knihovní fondy, především konzervátory, restaurátory, kniháře a správce fondů, kteří s fondem pracují a jsou odpovědní za jeho fyzický stav. Metodika je rovněž využitelná např. k udržení fondů v objektech hradů a zámků a představuje také zdroj důležitých praktických informací pro studenty odborných škol.

## **Klíčová slova**

Knihovní fondy, mikrobiální kontaminace, preventivní opatření, dezinfekce

## Vlastní popis metodiky

### Obsah

|       |                                                                                   |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Úvod.....                                                                         | 3  |
| 2     | Základní požadavky na vybavení.....                                               | 5  |
| 2.1   | Zřízení jednoduchého mikrobiologického pracoviště – možnosti pro malé instituce . | 5  |
| 2.2   | Potřebné vybavení a pomůcky.....                                                  | 6  |
| 2.3   | Bezpečnostní opatření při práci .....                                             | 11 |
| 3     | Odběr vzorků .....                                                                | 12 |
| 3.1   | Stěry z povrchů .....                                                             | 13 |
| 3.2   | Odběr vzorků vzduchu.....                                                         | 15 |
| 4     | Potvrzení kontaminace .....                                                       | 19 |
| 4.1   | Dezinfekce a opatření při mikrobiální kontaminaci .....                           | 21 |
| 4.1.1 | Kdy je dezinfekce nutná .....                                                     | 22 |
| 4.1.2 | Metody dezinfekce vhodné pro knihovny .....                                       | 22 |
| 4.1.3 | Bezpečnost a vliv dezinfekce na materiály .....                                   | 26 |
| 5     | Vyhodnocení výsledků a doporučení .....                                           | 28 |
| 5.1   | Interpretace výsledků.....                                                        | 28 |
| 5.2   | Kdy jsou nutná další opatření .....                                               | 29 |
| 5.3   | Možnosti zásahu a zlepšení podmínek .....                                         | 30 |
| 6     | Sledování faktorů ovlivňujících stav knih a depozitářů.....                       | 32 |
| 6.1   | Pravidelný monitoring mikrobiologického napadení .....                            | 32 |
| 6.2   | Doporučení pro snižování rizika kontaminace plísněmi .....                        | 33 |
| 7     | Shrnutí.....                                                                      | 34 |
| 8     | Závěr .....                                                                       | 35 |
| 9     | Srovnání novosti metodiky .....                                                   | 35 |
| 10    | Použitá literatura .....                                                          | 37 |
| 11    | Publikace předcházející metodice .....                                            | 39 |
| 12    | Poděkování .....                                                                  | 40 |
| 13    | Příloha .....                                                                     | 41 |

# 1 Úvod

Knihovní fondy jsou tvořeny objekty především z organických materiálů, které za vhodných klimatických podmínek snadno podléhají mikrobiálnímu napadení. Papír, textil, kůže i dřevo tvoří vhodný substrát pro růst mikroskopických vláknitých hub, obecně nazývanými plísně. Významné riziko představují rozsáhlé knihovní fondy uložené ve velkých halách, kde jsou knihy v regálu v těsném kontaktu, může docházet ke tvorbě rizikového mikroklimatu a zároveň snadného přenosu kontaminace z knihy na knihu i šíření vzduchem. Výsledné škody i rozsah napadeného fondu mohou finanční náklady za sanaci materiálu i prostor, nebo za nákup nových exemplářů dosáhnout opravdu významné výše. Plísně rozkládají organický materiál a způsobují tak trvalé změny materiálů i jejich nevratné poškození a úbytek. Materiál se vlivem plísní rozpadá, je nesoudržný a v pokročilém stadiu působení plísně prakticky mizí. V počátku napadení knihovních materiálů jsou doprovodným jevem barevné změny materiálu jako jsou různě zabarvené tečky či skvrny, a i po dezinfekci a očištění zůstává již trvale pozměněn vzhled materiálu. Pokud se skvrny a tečky objeví i v textové části dokumentu, znamená takové poškození významnou překážku pro digitalizaci svazku, nemluvě o možném odrazení čtenářů od zápůjčky takto poškozené knihy.

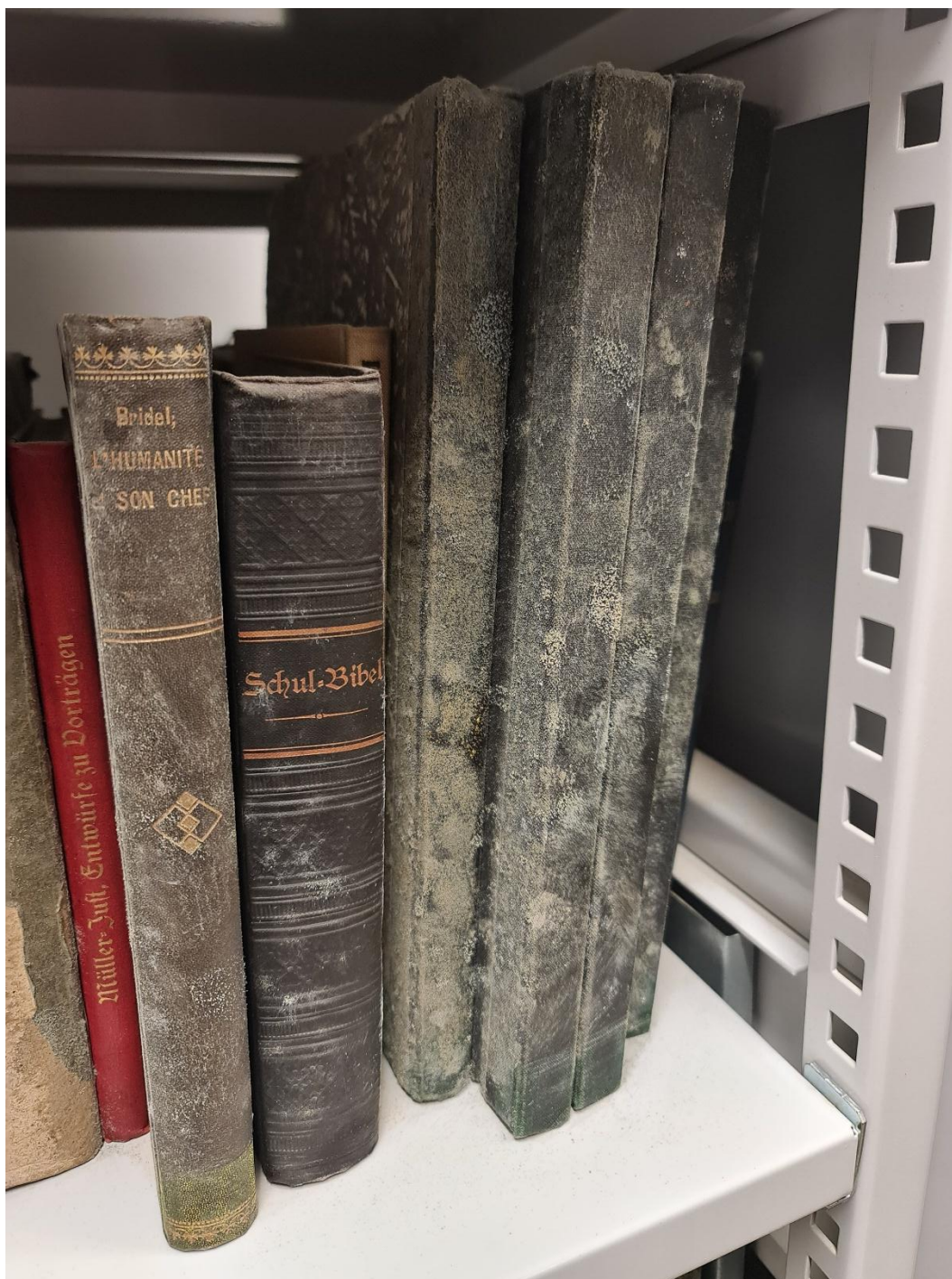
Kontaminovaný prostor plísněmi je nebezpečný také pro zaměstnance, kteří v prostoru s knihami manipulují. Zdravotní rizika v prostředí s vysokou kontaminací plísněmi vznikají také pro pracovníky, kteří doposud neprojevovali zvýšenou citlivost. Spory mikromycet jsou závažnými alergen. V uzavřených prostorách může být jejich koncentrace kritická a mohou způsobit také astma bronchiale. U jedinců s oslabenou imunitou byly zaznamenány i závažné komplikace a mykotické onemocnění vedoucí k hospitalizaci. Některé spory plísní obsahují také mykotoxiny, nízkomolekulární látky produkované myceliem, které mohou vyvolat akutní toxickou reakci a mají mutagenní, teratogenní, karcinogenní a estrogenní efekt. Typický zápach plísně vytváří těkavé organické látky produkované rostoucími plísněmi, které mohou poškozovat sliznice dýchacích cest, dráždit oči, v nose a krku, způsobovat bolesti hlavy a podráždění pokožky [Kotlík, 2022].

Preventivní ochrana před kontaminací knihovních fondů plísněmi představuje klíčovou aktivitu trvalého uchování písemného kulturního dědictví, ochranu pracovníků knihoven i veřejnosti. Knihovní fondy je nezbytné pravidelně kontrolovat a zabránit včasným záchytem u přírůstků vnesení kontaminovaného dokumentu do fondu. Je nezbytné udržovat ve všech prostorách, kde se dlouhodobě knihovní fondy vyskytují a skladují takové klimatické podmínky, které jsou bezpečné pro uchovávané materiály a zároveň nepodporují růst mikroorganismů. Pokud se kontaminace prokáže, je potřeba ihned zahájit opatření bránící rozšíření kontaminace ve fondech a sanaci napadených dokumentů.

Zásadním předpokladem věrohodného mikrobiologického průzkumu a vyhodnocení účinnosti dezinfekce je standardizace postupu jeho provedení. V prostředí depozitářů knihoven lišící se jednotlivě technickým i personálním zázemím však často nelze striktně aplikovat jednotné laboratorní postupy, a proto metodika umožňuje přiměřenou flexibilitu, která respektuje variabilitu podmínek. Přestože některé kroky vyžadují improvizovaná řešení, jsou jasně definovány, odůvodněny a reprodukovatelné. Tento rámec klade zvýšené nároky na odbornost

pracovníků, kteří průzkum provádějí, a zajišťuje, že výsledky zůstávají co nejvíce spolehlivé a přenositelné mezi různými institucemi.

Tato metodika představuje komplexní systém předcházení kontaminace plísněmi a sanace případného napadení. Ne u všech institucí lze předpokládat, že budou mít prostorové i finanční možnosti pro vybudování vlastního mikrobiologického pracoviště, ale metodika se zaměřuje také na postupy, které lze implementovat do režimu správy a péče o fond prakticky v jakékoli instituci. Na základě metodiky lze také formulovat požadavky pro externě dodávané služby mikrobiologa či dezinfekce fondů.



*Obr. 1: Knihy uložené v regálu s viditelnou mykotickou kontaminací na povrchu vazeb*

## **2 Základní požadavky na vybavení**

### **2.1 Zřízení jednoduchého mikrobiologického pracoviště – možnosti pro malé instituce**

Menší knihovny a archivy často nemají specializovanou laboratoř ani vysoký rozpočet, přesto však mohou zřídit jednoduché mikrobiologické pracoviště pro monitoring a řešení napadení plísněmi či bakteriemi. Základem je vyčlenit malý prostor mimo vlastní skladiště knih, ideálně

samostatnou místnost nebo uzavíratelný kout, který lze snadno udržovat v čistotě a dezinfikovat. Pracoviště by mělo mít omyvatelné pracovní plochy (stůl s povrchem odolným vůči dezinfekci) a přístup k vodě (alespoň nádoba s vodou nebo dřez v blízkosti) pro mytí rukou a pomůcek. Důležité je, aby prostor byl oddělen od depozitářů, aby se případné uvolněné spory plísní nedostaly zpět ke knihovnímu fondu.

I s minimálním vybavením lze provádět základní mikrobiologické vyšetření. Například monitoring výskytu plísní a bakterií lze provádět pomocí sedimentačních nádob (tzv. spady) a stěrů – při těchto jednoduchých metodách se zjišťuje, jaké druhy mikrobiologických škůdců (plísně, houby, bakterie) se v prostředí vyskytují a v jakém množství. Takto lze včas odhalit napadení a rozhodnout o dalším postupu. Pokud instituce nemá vlastního mikrobiologa, může po odebrání vzorků spolupracovat s externím pracovištěm (např. hygienická stanice, konzervátorská laboratoř nebo mikrobiologické pracoviště například v Národní knihovně ČR), případně si in-house zajistit základní kultivaci a orientační identifikaci mikroorganismů.

**Finančně nenáročné alternativy vybavení:** Malé instituce si často nemohou dovolit profesionální přístroje, proto lze využít dostupné alternativy. Například místo drahého sterilizátoru či laboratorního autoklávu poslouží tlakový hrnec (Papinův hrnec) – ten funguje na principu zvýšení tlaku páry a dosažení vyšší teploty varu vody pro sterilizaci. Běžný domácí tlakový hrnec dosahuje přetlaku ~ 0,05 MPa (odpovídá cca 112 °C), což je o něco méně než standardních 121 °C v autoklávu, ale při prodloužení doby varu (např. 1 hodinu) lze dosáhnout uspokojivé sterilizace základních materiálů v malém množství. Podobně je možné nahradit laminární (bezpečnostní) box – pokud není k dispozici, lze pracovat v provizorních podmínkách: například využít čistou průhlednou plastovou nádobu či box s otvory pro ruce (tzv. provizorní glove-box) k omezení proudění vzduchu, nebo provádět práci poblíž plamene lihového kahanu, který vytváří stoupající proud horkého vzduchu a omezuje mikrobiální kontaminaci z okolí. Jakkoli nenahradí plně funkci laminárního boxu, tyto metody pomohou malým institucím pracovat asepticky i bez nákladného vybavení.

**Personální zajištění a odbornost:** Pracoviště by měl obsluhovat proškolený pracovník – např. konzervátor či knihovník s kurzem základů mikrobiologie. Je vhodné zpracovat jednoduchý provozní řád laboratoře, kde budou popsány povolené úkony, postupy sterilizace, nakládání s infekčním materiálem a bezpečnostní pravidla. I když vybavení bude skromné, důraz na správnou metodiku a čistotu práce je zásadní. Jak uvádí odborné zdroje, práce v mikrobiologické laboratoři se výrazně liší od běžné práce v chemické laboratoři právě tím, že se pracuje s živými organismy a veškeré postupy i vybavení tomu musí být přizpůsobeny. Důsledné dodržování aseptických postupů a hygieny je proto klíčem k úspěchu i v provizorních podmínkách [Pravidla práce v mikrobiologické laboratoři; Ourodová et al., 2015].

## 2.2 Potřebné vybavení a pomůcky

Pro základní mikrobiologické pracoviště určené k diagnostice a řešení mikrobiologické kontaminace knihovních fondů jsou nutné následující typy vybavení (s ohledem na finanční možnosti instituce vždy uvádíme i případné alternativy):

**Sterilizační zařízení:** Autokláv je ideální přístroj pro sterilizaci živných půd, nástrojů a likvidaci kultur (standardně pracuje při 121 °C a zvýšeném tlaku páry). Pokud však rozpočet neumožňuje jeho pořízení, alternativou je tlakový hrnec (Papinův hrnec). Ten je v podstatě nejjednodušším autoklávem – umožňuje zvýšit tlak a tím teplotu varu vody. Je třeba počítat s nižší maximální teplotou (~112 °C), a proto prodloužit dobu sterilizace. V tlakovém hrnci lze sterilizovat například živné agarové médium nalité v menších objemech do zkumavek či baněk, kovové a skleněné pomůcky zabalené v alobalu, a také dekontaminovat kontaminovaný odpad před likvidací. Další možností sterilizace (pro pomůcky citlivé na vlhkost) je suchovzdušný sterilizátor – pokud instituce vlastní malou laboratorní sušárnu schopnou dosáhnout 160–180 °C, lze ji využít k sterilizaci skla a kovů suchým teplem. V krajním případě se dá chemicky sterilizovat pomocí dezinfekčních roztoků (např. 5% roztok chlornanu sodného – Savo, nebo 70% etanol) – tyto prostředky ale spíše doplňují teplotní sterilizaci (hodí se k předběžnému namáčení pomůcek a otření povrchů).

**Inkubátor (termostat):** V některých případech je potřeba kultivovat vzorky při kontrolované teplotě, například kolem 25–30 °C pro plísňe nebo 35–37 °C pro bakterie. Laboratorní inkubátor s nastavitelným termostatem zajistí optimální teplotu růstu mikroorganismů. Pokud není k dispozici inkubátor, je možné improvizovat využitím vyhřívané skříňky nebo polystyrenového boxu, do kterého se umístí žárovka ovládaná jednoduchým termostatem. Pro mnoho plísní postačuje i pokojová teplota (kultivace bude pomalejší, ale k růstu kolonií dojde). Důležité je zajistit relativně stabilní teplotu bez velkých výkyvů.

**Pracovní sterilní prostor:** Profesionální laminární (očkovací) box výrazně usnadňuje aseptickou práci – obsahuje HEPA filtr a zajišťuje laminární proudění sterilního vzduchu v pracovním prostoru, čímž chrání vzorky před kontaminací, a současně odděluje pracovníka sklem od manipulovaného materiálu. Součástí laminárního boxu bývá přívod plynu, elektřiny a germicidní UV lampa. Pro malou instituci je však pořízení laminárního boxu často finančně nedostupné, proto jej lze nahradit čistým pracovním stolem pravidelně dezinfikovaným podle níže uvedených bezpečnostních opatření, přičemž plamen lihového kahanu nebo plynového hořáku vytvoří lokální sterilní zónu. Pracovník by měl manipulace (např. očkování kultur na Petriho misky) provádět v co nejmenším prostoru, rychle, s minimálním otevíráním nádobek, aby se omezilo riziko kontaminace z okolí. Další možností je využít provizorní sterilní box z čirého plastu – např. větší plastový box převrácený dnem vzhůru, opatřený otvory pro ruce; vnitřek boxu se předem vydezinfikuje a nechají se usadit aerosoly. Tento improvizovaný box sice nezajistí proudění sterilního vzduchu, ale omezí přístup prachu a spor z okolí.





**Obr. 2:** *Laminární box připravený k provádění aseptické práce se zabezpečením ochrany vzorku před kontaminací*

**Mikroskop:** Světelný mikroskop patří k základnímu vybavení každé mikrobiologické laboratoře. Umožňuje pozorovat pouhým okem neviditelné mikroorganismy a určit jejich morfolonii, což je nezbytné zejména pro identifikaci plísní (pozorování charakteristických spor, hyf apod.) a případně bakterií. Pro účely knihovny postačí základní binokulární mikroskop se zvětšením alespoň 400x (lépe až 1000x s imerzním olejem pro bakterie). K mikroskopu je třeba



sada sklíček a krycích sklíček, případně barviva pro trvalé preparáty. Pro plísně se osvědčuje např. Laktofenolová modř (lactophenol blue) k obarvení spor a lepší viditelnosti jejich struktur. Pracoviště s nižším rozpočtem mohou využít i starší repasované mikroskopy nebo zapůjčení přístroje z blízké školy či z jiné instituce.

#### **Laboratorní sklo a plastový materiál:**

- Petriho misky – Pro odběr a kultivaci vzorků bude potřeba několik Petriho misek (o průměru 90 mm nebo menších) – ideálně jednorázové sterilní plastové, které se po použití vyhodí. Lze použít i skleněné Petriho misky, ale ty musí být před použitím sterilizovány a manipulace s nimi musí být aseptická.
- Tampony – Pro odběr vzorků je potřeba mít k dispozici sterilní vatové štětičky (tampony), které slouží ke stěrům z povrchů knih a polic. Pokud tyto pomůcky nejsou dostupné, lze nouzově použít vlastní vatové štětičky vyrobené namotáním sterilní vaty na dřívko; praktičtější a jednodušší však bývá pořízení již připravených, sterilně balených tampónů.

**Živé půdy:** Pro mikrobiologické testy je nutný alespoň malý soubor kultivačních médií. Pro plísně se používají zejména agarové půdy s vyšším obsahem cukru – např. Czapek-Dox agar (CDA), Potato Dextrose Agar (PDA), Sabouraud Dextrose Agar (SDA) nebo Malt Extract Agar (MEA). Pokud rozpočet nedovoluje nákup hotových dehydratovaných médií, alternativou je domácí příprava: např. bramborový odvar želatinizovaný agarem (bramborový agar lze uvařit z brambor, vody, cukru a želatiny/agaru). Půdy je také možné koupit již sterilizované v Petriho miskách (dražší varianta) nebo ve formě prášku a sterilizovat v autoklávu/tlakovém hrnci. K ověření správného průběhu sterilizace mohou být užitečné také indikátorové pásky nebo proužky, například autoklávová páska, která změnou barvy potvrdí, že byla dosažena požadovaná teplota a sterilizační proces proběhl správně.

#### **Drobné pomůcky:**

- Očkovací kličky a jehly – ideálně nikl-chromové drátky s očkem na konci, nasazené v držáku, k přenášení kultur. Lze je však nahradit i jednorázovými očkovacími kličkami z plastu (sterilní, na jedno použití) nebo sterilními párátky.
- Lihový kahan nebo Bunsenův hořák – pro sterilizaci očkovacích kliček a vypalování hrdla zkumavek před očkováním. Pokud není přívod plynu, stačí malý lihový kahan na líh či denaturovaný alkohol.
- Pinzety, nůžky, skalpel – k manipulaci se vzorky (např. odstříhnutí kousku plísněmi zasažené stránky pro kultivaci). Tyto nástroje by měly být kovové a sterilizovatelné.
- Odměrné pipety nebo mikropipeta – pro přesné dávkování tekutých médií či ředidel; v nouzi lze použít i jednorázové Pasteurovy pipety (plastové kapátko).
- Laboratorní váhy – pokud se budou připravovat média z prášku, je třeba mít možnost odvážit potřebné množství. Postačí menší digitální váha s přesností 0,1 g (pro odměření agaru, glukózy apod.).
- pH metr nebo indikátorové papírky – pro kontrolu pH živných půd (některé plísně rostou lépe při mírně kyselém pH ~5–6).

- Teploměr – pro kontrolu teploty v inkubátoru, případně vlhkoměr pro sledování vlhkosti v laboratoři (vysoká vlhkost může podporovat kontaminaci).

**Ochranné pomůcky:** Vybavení pracoviště musí zahrnovat i prostředky osobní ochrany.

- Laboratorní plášť pro každého pracovníka (používá se pouze v laboratoři a nesmí se vynášet do čistých zón).
- Jednorázové rukavice (vinylové nebo nitrilové) – v mikrobiologii se nosí při činnostech, kde hrozí kontaminace rukou infekčním materiálem nebo naopak znečištění vzorku rukama.
- Respirátor nebo ústní rouška – zejména při manipulaci s plísněmi (např. čištění napadených knih, otevírání kultivačních misek s plísní) je vhodné používat kvalitní respirátor třídy FFP2/FFP3, aby pracovník nevdechoval spory a produkty plísní.
- Ochranné brýle nebo štít – pro ochranu očí před kapénkami nebo odlétajícími částicemi při mechanickém čištění knih. Všechny tyto ochranné pomůcky přispívají k bezpečnosti práce a neměly by být opominuty ani v malém pracovišti.

#### **Další vybavení a potřeby:**

- Dezinfekční prostředky – např. roztok alkoholu (70% etanol či isopropanol) pro otírání povrchů a pomůcek, Savo (chlornan sodný) pro dezinfekci odpadu a nástrojů, peroxid vodíku pro některé citlivé materiály apod.
- Odpadové nádoby – nádoba na biologický odpad vystlaná pevnými plastovými pytlí, které odolají sterilizaci v autoklávu; případně kovová nádoba s víkem.
- Značkovače a štítky – voděodolný popisovač k označování Petriho misek a zkumavek (uvádí se datum, místo odběru, typ půdy apod.), samolepicí štítky na zkumavky.
- Sešit nebo formuláře pro laboratorní protokol – důsledná dokumentace je nutná i v malém provozu (evidence vzorků, výsledků kultivace, provedených opatření).

Za zmínku stojí i vybavení, které není nutné, ale v ideálním případě velmi pomůže:

- Chladnička – pokud lze vyhradit malou lednici, využije se k uložení citlivých materiálů (agarové plotny, chemikálie) a také k uchování živých kultur při 4 °C. Oddělené uchovávání kultur a sterilních médií je vhodné z důvodu prevence křížové kontaminace.
- Germicidní UV lampa – instalovaná v místnosti nebo v laminárním boxu slouží k průběžné sterilizaci ovzduší a povrchů pomocí UVC záření (253,7 nm) v době, kdy se v laboratoři nepracuje. Použití germicidní lampy přes noc výrazně sníží mikrobiální kontaminaci prostředí (nutno ale dbát, aby při jejím svícení nebyly přítomny osoby, protože UVC záření je nebezpečné i pro lidskou kůži a oči).

Tyto doplňky však nejsou nezbytné a záleží na možnostech každé instituce [Vojtková, 2022; Pravidla práce v mikrobiologické laboratoři].

## 2.3 Bezpečnostní opatření při práci

Při mikrobiologické práci existuje zvýšené riziko infekce a kontaminace, proto je nezbytné dodržovat přísná bezpečnostní a hygienická pravidla. Mikrobiologická laboratoř patří z hygienického hlediska k rizikovým pracovištím, a je nutné dbát na pořádek, čistotu a aseptické pracovní postupy. Níže jsou uvedena základní bezpečnostní opatření relevantní pro knihovní mikrobiologické pracoviště:

**Osobní hygiena a ochranné pomůcky:** Do laboratoře má přístup pouze proškolený personál v ochranném oděvu. Před zahájením práce i po jejím ukončení si pracovník důkladně umyje ruce mýdlem a teplou vodou. Vždy musí mít oblečen čistý laboratorní plášť, který chrání jak jeho samotného, tak knihy před kontaminací z oděvu. Rukavice se nosí při kontaktu s infekčním materiálem nebo kontaminovanými předměty. Po použití se svlékají tak, aby se nedotkla kontaminovaná strana pokožky, a likvidují se jako infekční odpad. Respirátor/rouška – při práci s plísněmi (např. při čištění knih nebo manipulaci s kulturami) je velmi žádoucí respirátor třídy FFP2 či FFP3, popř. aspoň chirurgická rouška, aby pracovník nevdechoval spory. Mnohé plísně produkují nebezpečné látky (mykotoxiny) a spory ve vzduchu mohou ohrozit zdraví – některé mají i karcinogenní účinky. Ochrana očí (brýle, štít) je nutná zejména při vystříknutí dezinfekce nebo při manipulaci s kapalinami a sporami. V laboratoři je zakázáno jíst, pít a kouřit; rovněž se nikdy nepipetuje ústy (vždy používat pipetovací balonky či automatické pipety).

**Uspořádání a čistota pracoviště:** Pracovní stůl musí být přehledný a čistý, na ploše mohou být jen nezbytné pomůcky. Všechny povrchy (stůl, vybavení) se na začátku i konci práce dezinfikují vhodným přípravkem (70% etanol, Savo apod.). Sterilní a kontaminované předměty se nikdy neukládají pohromadě – např. čisté Petriho misky a sterilní pipety mají své vyhrazené místo, odděleně od místa, kam se odkládá použitý materiál. Ihned po použití se použité nástroje a sklo odkládají do nádoby s dezinfekčním roztokem (např. nádoba s 5% Savo), aby se předmyly a dezinfikovaly. Nikdy neodkládejte použité kontaminované předměty přímo na stůl – vždy do vyhrazených dezinfekčních nádob či na podložku určenou ke sterilizaci.

**Aseptická technika při manipulaci:** Při práci s mikrobiologickými kulturami je nutné omezit vytváření aerosolů a rozptýl spor. Nádoby s kulturami či vzorky nemají zůstat zbytečně dlouho otevřené – víčka Petriho misek se nadzvedávají jen na dobu nezbytnou k přenesení vzorku. Hrdla zkumavek a lahvíček se po odšroubování opálí v plamenu (ožehnou) a totéž před jejich uzavřením, aby se zničily mikroorganismy na okrajích. Očkovací kličky či jehly se před a po každém použití sterilují (rozžhavením v plamenu kahanu dočervena). Během práce se vzorky je vhodné nemluvit a nevytvářet tak kapénky, které by mohly kontaminovat kultury. Ze stejného důvodu se nesmí otevírat okna ani mít puštěný ventilátor – průvan by mohl zanést nežádoucí mikroorganismy do vzorků (a také rozptýlit nebezpečné spory do okolí). Pokud není k dispozici laminární box, je dobré pracovat v závětrí plamene kahanu a případně nosit roušku. Pracovník by si měl uvědomovat, že i běžné prostředí obsahuje spory plísní, proto má každá manipulace být co nejrychlejší a nejčistší, aby se minimalizovala kontaminace.

**Likvidace materiálu:** Vzhledem k tomu, že pracovníci malých knihoven budou při základním mikrobiologickém monitoringu manipulovat výhradně se vzorky běžně se vyskytujícími mikroorganismů z prostředí (např. plísňe a bakterie z povrchových stěrů nebo sedimentačních spadů), postačí k likvidaci jednoduché dekontaminační postupy. Použitý materiál – jako jsou

vatové tyčinky, jednorázové Petriho misky, kapátka nebo papírové podložky – se doporučuje po skončení práce ponořit do dezinfekčního roztoku (např. 5% roztok chlornanu sodného, tedy běžné Savo) a nechat působit alespoň přes noc. Po důkladné dezinfekci lze tyto materiály bezpečně zlikvidovat v běžném komunálním odpadu. Tekuté kultury (např. z ředění vzorků) se nesmí vylévat přímo do dřezu. Před likvidací je nutné je dezinfikovat – přidáním dostatečného množství dezinfekčního roztoku (např. Savo v poměru 1:1) a ponecháním působit minimálně 30 minut. Až poté je možné je opatrně vylít do kanalizace za současného splachování dostatečným množstvím vody. Zbytky tuhé živné půdy (např. agar v miskách) není vhodné vylévat nebo vymývat do odpadního potrubí. Po dezinfekci je možné je pevně zabalit (např. do plastového sáčku) a zlikvidovat společně s běžným směsným odpadem. Rozbité sklo kontaminované vzorkem se před likvidací dezinfikuje ponořením do dezinfekčního roztoku a poté se uloží do pevné nádoby (např. PET láhev) k bezpečnému vyhození. Ostré předměty jako skleněné střepy je vždy nutné ukládat do odolného obalu, aby nedošlo ke zranění personálu ani pracovníků nakládajících s odpadem. Vzhledem k malému rozsahu práce a použití běžných nepatogenních mikroorganismů není nutné sjednávat externí odbornou likvidaci infekčního odpadu. Důsledná dezinfekce a obezřetná manipulace však zůstávají základním požadavkem.

**Režim v laboratoři a první pomoc:** V laboratoři musí být k dispozici lékárnička s prostředky pro první pomoc při zasažení infekčním materiálem (dezinfekce na kůži, výplach očí apod.). Při práci s potenciálně patogenními mikroorganismy je potřeba mít připraven plán pro případ nehody – potřísnění kůže, vniknutí materiálu do oka či úst atd. (např. vypláchnutí úst dezinfekčním roztokem, vypláchnutí oka vodou a antiseptiky, dezinfekce rány). O všech nehodách a expozicích je nutné vést záznam a případně informovat lékaře. Důležité je vědět, že i běžné environmentální mikroorganismy mohou způsobit onemocnění (zvláště u oslabených jedinců), a proto je vždy namístě opatrnost.

Závěrem lze shrnout, že i jednoduché mikrobiologické pracoviště v knihovnách může při dodržování základních pravidel bezpečnosti práce a s použitím cenově dostupného vybavení účinně přispět k identifikaci mikrobiologické kontaminace a k její následné eliminaci. V případě závažnějšího problému je však vhodné obrátit se na odborníka, který navrhne další postup [Vojtková, 2022; Pravidla práce v mikrobiologické laboratoři; Ouredová et al., 2015; Hutař, 2007].

### 3 Odběr vzorků

Preventivní péče o knihovní fondy zahrnuje i pravidelné sledování výskytu mikroorganismů v prostředí knihoven. Mikrobiální kontaminace (zejména plísně) může způsobit degradaci dokumentů a zároveň představuje zdravotní riziko pro personál a uživatele knihoven. Pro zjištění míry znečištění se provádí odběr vzorků z povrchů knihovních materiálů a prostředí – typicky stěry z povrchů a odběry vzorků ovzduší. Následná kultivace a analýza těchto vzorků umožňuje identifikovat nejčastější rody plísní (v knihovnách se běžně vyskytují *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Eurotium*, *Fusarium* aj.) a odhadnout intenzitu kontaminace. Při práci je nutné dbát na bezpečnost – používat rukavice, respirátor či masku a zabránit šíření spor do ovzduší, aby nedošlo k další kontaminaci. V této kapitole jsou popsány postupy pro odběr vzorků stěr z povrchů a odběr vzorků vzduchu včetně levnějších alternativ

pro instituce s omezeným rozpočtem [Bella et al., 2017; Vávrová et al., 2023; Caneva et al., 2019].

### 3.1 Stěry z povrchů

Mikrobiologické stěry z povrchů slouží k detekci plísní či bakterií přímo na materiálech – typicky na obálkách knih, hřbetech, listech, policích regálů, pracovních stolech apod. Indikují, zda jsou knihovní fondy nebo vybavení napadeny mikroorganismy, i pokud zatím nejsou viditelné pouhým okem. Stěry se obvykle provádějí před a po čištění či preventivně v rámci monitoringu prostředí. Například po povodních či v případě podezření na plíseň může knihovna provést stěry a nechat vyhodnotit výskyt plísní, načež navrhne dezinfekční zásah. Národní knihovna ČR i další instituce nabízejí tuto službu i ostatním knihovnám v rámci metodické pomoci. Stěry tak pomáhají včas odhalit problém a zamezit šíření nákazy na další knihy či do ovzduší [Ourodová et al., 2015; Vávrová et al., 2023].



*Obr. 3: Odběr vzorku z povrchu knihy sterilním stěrovým tamponem za účelem mikrobiologického vyšetření*

**Pomůcky:** K odběru vzorků z povrchů se používají sterilní tampony (štětičky) nebo speciální stěrové soupravy. Běžně postačí komerčně dostupné sterilní vatové tampony. Pro náročnější aplikace se osvědčily také polyuretanové pěnové houbičky – studie potvrdily, že tyto pěnové

stěrovky mají vyšší výtěžnost zachycených mikrobů než klasické vatové [Demnerová et al., 2020]. Pokud má instituce omezený rozpočet, lze nicméně vystačit s levnými sterilními tampóny z lékařských potřeb. Dále jsou potřeba sterilní zkumavky (pro uložení odebraných tamponů), živná média v Petriho miskách (viz níže) a základní laboratorní vybavení pro kultivaci (termostatická komůrka nebo teplé místo pro inkubaci, popř. mikroskop pro následnou identifikaci kolonií).

**Technika odběru:** Před provedením stěru si pracovník nasadí rukavice a respirátor. Tampon se podle potřeby navlhčí sterilním roztokem (např. fyziologickým roztokem či sterilní vodou) – vlhký tampon lépe zachytává spory a nečistoty. (Pozn.: V NK ČR se stěry provádí sterilními suchými tampony. Záchyt je nižší, avšak nedojde k provlhčení materiálu knihy [Vávrová et al., 2023]. Většině novodobých knih a regálů však mírná vlhkost neublíží a zvyšuje účinnost stěru. Tamponem se otírá vybraná plocha pomalu a jemně, lehkým přitlakem a valivým pohybem – tampón se spíše kutálí po povrchu, než tahem smýká. V žádném případě se nesmí tamponem drhnout povrch silou; jednak by to mohlo poškodit materiál (prachové částice mohou povrch poškrábat), jednak by se tím setřené mikroorganismy mohly mechanicky zničit nebo ztratit. Cílem je šetrně sebrat co nejvíce spor a buněk z povrchu. Pro reprezentativní průkaz přítomnosti mikroorganismů se doporučuje setřít co největší dostupnou plochu, ideálně o velikosti 100 cm<sup>2</sup> (tedy alespoň oblast 10 × 10 cm). Pokud je nutné pokrýt větší plochu, provádí se několik sousedních stěrů v různých směrech, přičemž každý stěr se provádí stejným způsobem – jemným valivým pohybem tamponu bez drhnutí. Tímto způsobem je zajištěna reprezentativnost vzorku a reprodukovatelnost výsledků. Každý vzorek (tampon) se po odběru ihned vloží do sterilní zkumavky, která se označí (místo odběru, datum) a co nejdříve dopraví k analýze. Zpracování vzorků je ideální do 24 hodin; při delším skladování je nutné vzorky uchovat v chladu (4–8 °C) a zpracovat nejpozději do 48 hodin, aby nedošlo k odumření nebo přemnožení mikroorganismů v tampónu.

**Kultivace a vyhodnocení:** V laboratoři se provádí kultivace odebraných mikroorganismů na vhodných živných půdách. Nejjednodušší postup je přímý výtěr tamponem na agar v Petriho misce – tamponem se asepticky potře povrch živné půdy (obvykle metodou křížového roztěru přes celou plochu agarové plotny). Výzkum ukázal, že přímá inokulace tamponu na médium poskytuje výrazně lepší záchyt než alternativní metoda, kdy se tampon nejprve odmočí ve sterilním roztoku a ten se pak aplikuje na misku. Při přímém roztěru rostou z tamponu spolehlivě kolonie jak plísňí, tak bakterií, zatímco inokulace výluhu často vedla k nulovému nebo velmi slabému růstu. Doporučuje se proto tampon přímo otisknout či rozetřít na agar. Pro různé skupiny mikroorganismů se volí odpovídající kultivační média: pro vláknité houby a kvasinky jsou vhodné např. MEA (maltózový extraktový agar) nebo jiné živné půdy uvedené v kapitole 2.2 *Potřebné vybavení a pomůcky*. Pro práci v terénních podmínkách si instituce může zakoupit hotové zalité Petriho misky s vhodným médiem, aby nemusela investovat do autoklávy a médií zvlášť. Misky se naočkují tamponem (každý tampon zpravidla na jednu misku) a inkubují se při teplotě kolem 25–30 °C. Plísně rostou poměrně pomalu – doporučuje se kontrolovat misky denně a celkově inkubovat cca 7–10 dnů, aby se projevil růst i pomalejších druhů. Po skončení kultivace se vyhodnotí počet a charakter narostlých kolonií. Orientačně lze určit, zda je povrch kontaminován silně nebo slabě (např. pokud na ploše 100 cm<sup>2</sup> narostou desítky kolonií plísňí, jde o závažnou kontaminaci; jednotky kolonií značí nízkou úroveň).



Pro přesnější identifikaci je vhodné některé kolonie izolovat a prohlédnout pod mikroskopem – mnohé plísň lze poznat podle tvaru a barvy kolonie a zejména mikroskopických znaků (konidiofory, spory apod.). V případě potřeby lze takto získané čisté kultury poslat na odbornou analýzu (např. do mikrobiologické laboratoře nebo mykologického pracoviště) k určení druhu, který způsobil napadení knihy.

**Alternativní a doplňkové metody:** Pokud instituce nemá možnost provádět kultivaci přímo, může odebrané tampony uchovat a předat k analýze externí laboratoři (hygienická stanice, konzervátorské pracoviště apod.). Náklady na základní vyšetření (vyrostlé plísň + jejich množství) nebývají vysoké a mohou vyjít levněji než vybavení laboratoře. Další jednoduchou metodou monitoringu je použití otiskových (kontaktních) agarových misek. Tyto misky s konvexní vrstvou agaru se přímo přitlačí na zkoumaný povrch (knihy, police) a tím odeberou vzorek mikroflóry. Následná kultivace probíhá obdobně jako u stěrů. Otiskové metody však mohou zanechat na citlivých materiálech stopy živné půdy, proto se u knihovních fondů obvykle nepoužívají. Pro rychlé orientační ověření přítomnosti plísní lze také využít mikroskopický otěr pomocí průhledné lepicí pásky – kousek čiré pásky se obtiskne na povrch podezřelého objektu a nalepí na podložní sklíčko, které se prohlédne pod mikroskopem. Tato metoda umožní vidět spory a hyfy přímo ve vzorku, nedává však informaci o životaschopnosti organismů ani kvantitativní údaje. V praxi je vhodná například k potvrzení, zda viditelný povlak je plíseň, či jen prach.

Správně provedené stěry poskytují rychlou a spolehlivou informaci o přítomnosti životaschopných mikroorganismů na konkrétních místech a jsou finančně nenáročné, tedy vhodné i pro malé instituce. Výsledky slouží k rozhodnutí o čištění či dezinfekci a k následnému ověření jejich účinnosti. Klíčová je důsledná dokumentace (místo, plocha, datum, médium, inkubační podmínky), aby byly nálezy srovnatelné v čase [Demnerová et al., 2020; Vávrová et al., 2023].

### 3.2 Odběr vzorků vzduchu

Odběr vzorků ovzduší slouží k monitorování přítomnosti a množství biologických částic ve vzduchu knihovny – zejména spor plísní, popř. bakterií či kvasinkových buněk. Tyto částice mohou cirkulovat vzduchem a následně se usazovat na knihách, kde vyvolají napadení, nebo představují zdravotní riziko pro pracovníky i návštěvníky (alergeny, toxiny apod.) Kontrola mikrobiální čistoty vzduchu je proto nedílnou součástí preventivní konzervace. Aeromikrobiologický monitoring se zpravidla provádí ve vazbě na monitoring mikroklimatických podmínek (teploty, vlhkosti) – kombinace těchto dat umožňuje vyhodnotit celkové biologické riziko v prostředí a nastavovat účinná opatření pro ochranu sbírek i osob. V praxi knihoven se používají dvě hlavní metody: pasivní sedimentační metoda a aktivní aerosolová metoda. Sedimentační metoda spoléhá na samovolný spad částic na připravený podklad, zatímco aktivní metoda využívá přístroj (aeroskop) k nasávání známého objemu vzduchu. V případě omezených finančních možností lze s úspěchem nasazovat i pouze pasivní metodu – studie ukazují, že i ta poskytuje dostatečně vypovídající údaje pro posouzení mikrobiální kontaminace vzduchu [Palla et al., 2019; Caneva et al., 2025; Vrkoslavová a Novotná, 2023].

**Sedimentační (pasivní) odběr:** Tato metoda je technicky velmi jednoduchá a finančně nenáročná. Spočívá v tom, že v monitorovaném prostoru se na zvolené expoziční období volně odkryje Petriho miska s kultivační půdou, do které se ze vzduchu usazují částice působením gravitace. Nejčastěji se používají misky o průměru 90 mm s agarovým médiem podporujícím růst plísní (např. MEA, SDA, nebo jiné). Misku je vhodné umístit na reprezentativní místo – např. doprostřed místnosti či mezi knihovní regály – ve výšce běžně odpovídající umístění knih (typicky 1–1,5 m nad zemí). Doba expozice se liší dle účelu; často se ponechává 10–30 minut. Kratší doba (např. 10 minut) se volí v prostředí s vysokou prašností či podezřením na silnou kontaminaci, aby se miska „nezarostla“ příliš koloniemi. Delší doba (30 i více minut) může zvýšit záchyt v čistějších prostorech, avšak obvykle se nedoporučuje přesáhnout 1 hodinu – delší expozice už nezvyšuje lineárně záchyt a zvyšuje riziko, že rychle rostoucí kolonie splynou. Důležité je během expozice zajistit, aby nedošlo k narušení – např. prudkým průvanem, dotykem misky apod. Po uplynutí doby se miska opět uzavře víčkem, označí (místnost, datum, čas expozice) a přenese do laboratoře k inkubaci, stejně jako u stěrů. Inkubace probíhá typicky při 22–25 °C po dobu 5–7 dnů, poté se misky vyhodnotí – spočítá se počet narostlých kolonií plísní a posoudí se jejich vzhled. Interpretace výsledků sedimentační metody je spíše orientační, neboť nezískáme přímo koncentraci na jednotku objemu vzduchu. Lze však mezi sebou srovnávat výsledky z různých míst a časů. Například nárůst počtu kolonií v čase signalizuje zhoršování mikrobiální kvality ovzduší, případně nedostatečnou účinnost klimatizace či filtrů. Při jednorázovém měření se výsledky často uvádějí jako počet kolonií na misku za daný čas (KTJ<sup>1</sup>/čas); někdy se používá index MI (Microbial Index) – počet kolonií získaných za 1 hodinu sedimentace na misku. V praxi se za velmi čisté prostředí považuje stav, kdy na 15minutové sedimentační expozici nenaroste žádná nebo jen 1 kolonie plísně; naopak desítky kolonií za 15 minut svědčí o silné kontaminaci vzduchu (typicky v řádu stovek KTJ/m<sup>3</sup>). Někteří autoři uvádějí, že koncentrace plísní v knihovním depozitáři by neměla překračovat ~500 KTJ/m<sup>3</sup> – což odpovídá zhruba desítkám kolonií na běžné sedimentační misce (dle expoziční doby). Samozřejmě je žádoucí udržovat prostředí co nejčistší; ideální je stav, kdy v interiéru je mikrobů méně než ve venkovním vzduchu. Výhodou sedimentační metody je, že nevyžaduje žádný přístroj – postačí několik Petriho misek s agarem. Náklady na jedno měření jsou tedy minimální. Omezením je, že metoda je pouze kvalitativní až semikvantitativní; nezachytí např. dobře velmi malé spory či mikroorganismy vázané na lehké prachové částice, které zůstávají dlouho ve vzduchu a nesedimentují. Přesto bylo prokázáno, že výsledky pasivní a aktivní metody se ve většině případů dobře shodují. Proto lze sedimentační metodu doporučit jako základní způsob monitoringu ovzduší v knihovnách s nízkým rozpočtem nebo jako průběžnou kontrolu mezi detailnějšími měřeními [Vrkošlová a Novotná, 2023].

**Aktivní odběr (aeroskop):** Pro přesné stanovení mikrobiální kontaminace vzduchu se používají aktivní vzorkovače (aeroskopy), které nasávají známý objem vzduchu a zachytávají přítomné částice na sběrné médium. Moderní aeroskopy jsou kompaktní přístroje s vestavěným čerpadlem. Příkladem je přenosný aeroskop MAS-100 Eco, u něhož je vzduch pomocí pumpy nasáván skrz víko s perforovanými otvory a dopadá na standardní Petriho misku s kultivační půdou. Obsluha přístroje nastaví objem nasávaného vzduchu (typicky se odebírá 100–500 litrů na jedno stanoviště) a spustí vzorkování; čerpadlo pak během několika minut provzdušní daný

---

<sup>1</sup> Kolonie tvořící jednotku (V angličtině CFU – Colony Forming Units)

objem skrz misku. Částice (spory, buňky) se kineticky zachytí na povrchu agaru. Po odběru se Petriho miska vyjme a inkubuje obdobně jako u sedimentační metody. Následně se spočítá počet kolonií a přepočítá se na jednotku objemu – výsledky se udávají v jednotkách KTJ/m<sup>3</sup>. Tento kvantitativní výstup umožňuje porovnávat naměřené hodnoty s hygienickými limity či doporučenými hodnotami. V ČR sice nejsou legislativně stanoveny limity pro mikrobiální aerosol v knihovnách, ale pro srovnání: hygienický limit pro obytné a kancelářské prostory bývá uváděn kolem <500 KTJ/m<sup>3</sup> (součet plísní a bakterií) pro běžné podmínky. Pro depozitáře kulturních institucí se obvykle doporučuje udržovat hodnoty co nejnižší, řádově ve stovkách KTJ/m<sup>3</sup> nebo rovněž do hodnoty 500 KTJ/m<sup>3</sup>. Výhodou aktivní metody je vyšší citlivost a reprodukovatelnost – lze přesně změřit i nízké koncentrace a výsledky opakovaných měření jsou přímo srovnatelné. Také lépe zachytí malé spory a buněčné agregáty, které by jinak dlouho poletovaly a nespady by do sedimentační misky. Nevýhodou jsou vyšší náklady na přístroj; profesionální aeroskopy stojí desítky až stovky tisíc Kč. V každém případě, pokud nelze provádět aktivní odběr často, doporučuje se kombinovat jej s výše popsanou sedimentační metodou. Ta může probíhat častěji (např. měsíčně), zatímco měření aeroskopem třeba jednou za půl roku pro kalibraci a ověření výsledků. Odborné studie se shodují, že obě metody vhodně využité poskytnou dostatek informací pro sledování trendů kontaminace [Vrkošlavová a Novotná, 2023; Vávrová et al., 2023].



**Obr. 4:** Aeroskop

Získaná data o mikrobiálním aerosolu se pečlivě dokumentují (datum, podmínky, lokace, zjištěné počty a druhy). Dlouhodobé sledování umožňuje vytvořit si referenční základnu pro daný prostor – tedy co je „normální“ stav. Vyšší, než obvyklé počty spor ve vzduchu mohou indikovat problémy (např. skrytý zdroj plísňe, poruchu ventilace nebo nevhodnou vlhkost). Kombinace dat z odběrů vzduchu, stěrů z povrchů a měření teploty/vlhkosti dává komplexní přehled o stavu prostředí. To je základem pro nastavení preventivních opatření a zásahů šitých na míru – například úpravu klimatizačního režimu, filtrování vzduchu, důkladnější čištění či dezinfekci fondů atd. Cílem je předcházet rozvoji plísní a zároveň chránit zdraví personálu. Například Národní knihovna ČR v rámci svých programů pravidelně sleduje kvalitu ovzduší ve všech depozitářích (včetně koncentrace spor) a výsledky dokumentuje – jen v roce 2023 provedla 626 měření kvality ovzduší a 155 stěrů v rámci kontrol stavu fondů. Tyto údaje pomáhají včas odhalit případné zhoršení podmínek a reagovat dříve, než dojde k rozsáhlému poškození knih. Celkově vzato, zavedení jednoduchého systému odběru vzorků a jejich analýzy je klíčovým prvkem preventivní konzervace knihovních fondů. I s relativně nízkými náklady lze díky popsáním metodám vytvořit funkční monitoring, který knihovnám umožní udržet

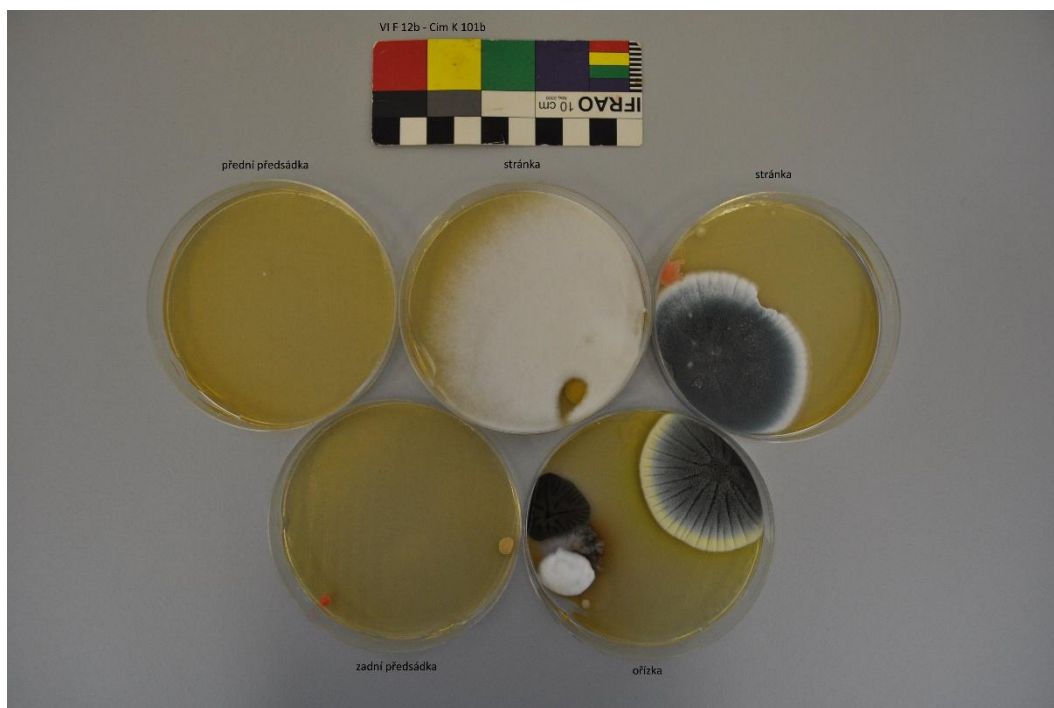
biologické škůdce pod kontrolou a uchovat tak knihy v dobrém stavu pro budoucí generace [Caneva et al., 2019; Vávrová et al., 2023].

#### 4 Potvrzení kontaminace

Po odebrání vzorků v předchozí fázi je nezbytné laboratorně potvrdit, zda skutečně dochází k mikrobiální kontaminaci knihovních fondů či prostředí. Viditelné projevy (např. plísňový povlak na povrchu knih) sice signalizují napadení, avšak mikrobiální poškození může probíhat i skrytě. Potvrzení kontaminace proto obvykle zahrnuje mikrobiologickou analýzu odebraných vzorků, která odhalí přítomnost a rozsah živých mikroorganismů.

Nejčastěji se využívá klasická kultivace – tedy pěstování mikroorganismů na živných půdách (agarových médiích) v Petriho miskách. Tento postup je relativně nenáročný a umožňuje nejen prokázat přítomnost mikroorganismů, ale orientačně i stanovit jejich množství podle počtu narostlých kolonií. Další možností je mikroskopické vyšetření – přímé pozorování vzorku pod mikroskopem, případně po jeho obarvení. To umožňuje detekovat i velmi nízké množství buněk (řádově stovky) a může napovědět, zda se jedná o vlákna plísní nebo například o spory či bakterie. Existují i pokročilejší metody – např. imunologické testy nebo analýza DNA mikroorganismů – avšak ty vyžadují specializované vybavení. V poslední době se v oblasti památkové péče zkouší také bioluminiscenční metody (ATP testy – luminometr) pro rychlý screening povrchů. Tyto metody dokáží rychle indikovat živé mikroorganismy na základě detekce buněčné chemikálie ATP, kterou produkují metabolicky aktivní buňky. Je však nezbytné zdůraznit, že ATP testy zachycují pouze mikroorganismy v aktivním stavu, nikoli spory nebo jiné dormantní formy. Tyto „spící“ buňky ATP neprodukují, a mohou proto vycházet v luminometrii jako negativní, přestože jsou na povrchu přítomny a mohou se při vhodných podmínkách znovu aktivovat. Z tohoto důvodu nelze výsledky luminometrických měření přímo korelovat s výsledky kultivačních stěrů, které naopak odhalí i dormantní formy schopné následného růstu. V procesu rozhodování o přijetí konkrétních opatření tak hraje zásadní roli, zda byl ve vzorku identifikován aktivní růst mikroorganismů (což představuje bezprostřední riziko a vyžaduje rychlý zásah), nebo pouze přítomnost dormantních spor, které signalizují minulou kontaminaci nebo nevhodné mikroklima. Pro běžné knihovny jsou však tyto sofistikované postupy často finančně či technicky nedostupné, takže z praktického hlediska zůstává základní metodou kultivační ověření kontaminace [Svobodová et al., 2019].

Odebraný vzorek (např. stěr z povrchu knihy nebo archiválie) se aplikuje na vhodnou živnou půdu v Petriho misce. Pro plísně a kvasinky se osvědčuje například sladidový agar (MEA), což je běžné médium pro jejich kultivaci, nebo jiné živné půdy uvedené v kapitole 2.2 *Potřebné vybavení a pomůcky*. Alternativně lze použít i komerčně dostupné testovací sady s předpřipravenými médii. Důležité je pracovat, pokud možno asepticky – používat sterilní tampóny nebo sterilní pěnové houbičky pro odběr vzorku a zabránit vnesení jiné nežádoucí mikroflóry. Petriho misky se poté inkubují při vhodné teplotě. Plísně rostou už při pokojové teplotě (cca. 20–25 °C), takže postačí i běžné prostředí laboratoře – růst je sice pomalejší, ale za 1–2 týdny by měly být patrné první kolonie. Optimální je inkubace při cca 25 °C [Demnerová et al., 2020; Kotlík, 2022].



**Obr. 5:** Petriho misky s vykultivovanými plísněmi ze stěrů z povrchů knih

Po uplynutí inkubační doby se vyhodnotí nárůst mikroorganismů. Na agarové plotně se mohou objevit kolonie různých velikostí, barev a tvarů. Kvasinky zpravidla tvoří drobné okrouhlé kolonie smetanové či bílé barvy, často lesklé a vlhké konzistence. Plísně naopak vytvářejí ploché nebo vatovité (chmýřovité) porosty, mnohdy výrazně zbarvené díky produkci spor nebo pigmentů. Pokud z půd vyrostou takové kolonie, je kontaminace potvrzena. Při vyšším počtu kolonií lze usuzovat na silnější zamoření; například sedimentační test v prostředí archivů může orientačně ukázat, jaké množství spor je ve vzduchu přítomno. Na základě kultivačních kontrolních stěrů a spadů lze totiž zjistit nejen přítomnost, ale i přibližné množství a druhy mikrobiologických škůdců v depozitáři. Pro základní rozhodování v praxi však platí, že jakýkoliv prokazatelný výskyt aktivních plísní na materiálech je důvodem k zásahu. Už viditelné kolonie nebo pozitivní laboratorní nálezy znamenají, že je třeba zahájit opatření k likvidaci mikroorganismů [Demnerová et al., 2020; Vávrová a Heilandová, 2019].

Pro menší instituce s omezenými financemi může být odborná laboratorní analýza obtížně dostupná. V takovém případě existují alternativní postupy, jak kontaminaci ověřit alespoň orientačně. Jednou z možností je využít spolupráce s většími institucemi – například Národní knihovna ČR provozuje mikrobiologickou laboratoř, která v rámci metodické podpory konzultuje a pomáhá při řešení problémů s plísněmi i dalším knihovnám. Pokud tato cesta není možná, lze si zřídit provizorní mini laboratoř přímo v knihovně. Ta by měla být v čistém, větratelném prostoru, kam se umístí základní pomůcky: sterilní tampony či houbičky pro odběr, několik Petriho misek s agarovou půdou (je možné je zakoupit předlité nebo si agar připravit podle dostupných receptur) a teploměr pro kontrolu teploty prostředí. Sterilizaci jednoduchých pomůcek (např. skleněných nádobek) lze provést v tlakovém hrnci nebo vyvařením. V terénních podmínkách postačí i sedimentační metoda – rozmístit v ohrožených prostorách několik otevřených agarových misek (tzv. kontrolní spady) a po stanovené době expozice je uzavřít



a nechat inkubovat. Tento nenáročný test odhalí, zda a kolik spor plísní v prostředí volně cirkuluje. Pro základní posouzení situace může posloužit i jednoduchý ATP test pomocí přenosného luminometru – ten během několika minut indikuje množství živých mikrobů na povrchu měřením bioluminiscence, i když nedokáže určit konkrétní druh [Vávrová et al., 2023; Demnerová et al., 2020; Vávrová a Heilandová, 2019; Svobodová et al., 2019].

Potvrzení kontaminace je zásadní pro další postup. Pokud laboratorní zkoumání odhalí přítomnost plísní či bakterií, je nutné okamžitě přijmout opatření k nápravě. Výsledky analýzy také mohou napovědět, o jaký druh mikroorganismů jde – například rychle rostoucí bílé kolonie mohou svědčit o kvasinkách, zatímco zelenošedé povlaky s práškovitými spory ukazují na běžné plísňe rodu *Penicillium* či *Aspergillus*. Přesná identifikace druhu nicméně vyžaduje další specializované testy (makroskopické a mikroskopické porovnání s atlasem hub, případně DNA analýzu). Pro potřeby běžné knihovnické praxe obvykle postačí znát, že jde o plísňovou kontaminaci a jak rozsáhlý problém je – na základě toho lze naplánovat vhodnou dezinfekci a preventivní opatření (viz následující kapitola). Důležité je také z hlediska bezpečnosti práce potvrdit kontaminaci co nejdříve: zaměstnanci mohou být varováni a vybaveni ochrannými pomůckami při manipulaci s napadenými materiály. Rychlé potvrzení či vyloučení napadení sbírkových předmětů plísněmi je totiž klíčové pro ochranu fondů i zdraví personálu. Závěrem, pečlivé provedení této fáze – potvrzení kontaminace – poskytne věrohodný podklad pro následné kroky dezinfekce, čištění a prevence opakovaného výskytu mikrobiologických škůdců v knihovně [Svobodová et al., 2019; Kotlík, 2022].

#### **4.1 Dezinfekce a opatření při mikrobiální kontaminaci**

Jakmile je potvrzena mikrobiální kontaminace knihovnických fondů (např. testy stěrů nebo viditelným nálezem plísně, viz. předchozí kapitola), je nutné urychleně provést dezinfekční zásah a související opatření. Plísňe mohou způsobovat vážnou degradaci papíru, vazby i ostatních materiálů knih a zároveň představují zdravotní riziko pro personál. Po zjištění napadení je proto nezbytné okamžitě oddělit kontaminované materiály od fondu – postižené knihy izolovat od ostatních (aby se zamezilo dalšímu šíření spor), uložit do karantény, kde s nimi budou dále manipulovat jen pověřeni pracovníci s ochrannými pomůckami.

Následuje potvrzení a identifikace plísňového napadení (např. laboratorně) a zejména jeho likvidace – kombinace mechanického odstranění viditelných kolonií a chemické dezinfekce, která zahubí zbývající mikroorganismy. Takový zásah je třeba provést nejen na samotných knihách, ale i v postiženém prostředí – zejména dezinfikovat napadené police, boxy či místnosti – jinak hrozí opakované rozšíření plísní z neošetřených povrchů zpět na fond. Při rozsáhlejších kontaminacích je nezbytné ošetřit dezinfekcí také zdi, strop, podlahy, vzduchotechnické rozvody, prakticky veškerý interiér. Je potřeba provést kompletní očistu fondu, případně plošnou povrchovou dezinfekci [Vávrová et al., 2023; Ouredová et al., 2015; Zembjaková et al., 2022; Volejníková et al., 2015].

#### **4.1.1 Kdy je dezinfekce nutná**

Dezinfekce je nezbytná vždy při aktivním mikrobiálním napadení knihovního fondu. Pokud se na knihách objeví plísňový povlak, zatuchlý zápach nebo jiné známky růstu hub, je nutné zakročit. Seběmenší viditelný výskyt plísně znamená, že v materiálu jsou živé mikroorganismy schopné dalšího šíření – bez dezinfekce by se plíseň mohla rozrůst na další knihy a proniknout hlouběji do struktur. Typickým příkladem, kdy je dezinfekce nutná, jsou havárie s vodou – při vytopení depozitáře nebo promočení knih dochází často k explozivnímu růstu plísní během několika dnů, nejsou-li knihy včas vysušeny a ošetřeny. Také dlouhodobě nevhodné klima (vysoká relativní vlhkost, teplotní výkyvy, špatné větrání) může vést k pozvolnému zplesnivění fondu, které často zůstane skryté, dokud nepřeroste ve viditelné poškození – i v takovém případě je nutné zasáhnout dezinfekcí při první příležitosti.

Dezinfekci je doporučeno provést také preventivně u dokumentů, které byly sekundárně kontaminovány spory. Například pokud byly knihy nějaký čas uloženy ve vlhkém prostředí, kde se objevila plíseň na stěnách či nábytku, mohou být spory plísní přítomny i na povrchu knih, přestože zatím nejsou vidět. Tyto “uspané” spory mohou kdykoli začít růst, jakmile nastanou vhodné podmínky. Je zdokumentováno, že některé plísně dokáží v suchém prostředí přežívat dlouhodobě a čekat na zvýšení vlhkosti, aby opětovně vytvořily aktivní kolonie. Z tohoto důvodu by knihovna měla provést dezinfekci vždy, kdy zjistí jakoukoli přítomnost plísní, i kdyby šlo o drobné lokální napadení.

Výjimkou mohou být pouze případy, kdy nejde o živou plíseň, ale o staré skvrny biologického původu (tzv. foxing – hnědé skvrny na papíře způsobené pravděpodobně plísněmi v kombinaci s kovy). Foxing již nepředstavuje aktivní ohrožení fondu; přesto i zde může být dezinfekce pro jistotu přínosná, zejména formou povrchového potření etanolem. Pokud si nejsme povahou skvrn jisti, je lepší přistoupit k šetrné dezinfekci. Obecně tedy platí – dezinfikovat při jakémkoli podezření na plíseň, s výjimkou případů prokazatelně neaktivních skvrn.

V praxi může nastat situace, že menší knihovna nemá možnosti provést sama odbornou dezinfekci. Pokud je však napadení plísní potvrzeno, nemělo by zůstat bez řešení. V případě omezených financí a vybavení je v základu nezbytné oddělit postižené knihy, ošetřit dostupným dezinfekčním prostředkem a pečlivě je mechanicky očistit – tím se alespoň zlikviduje povrchová plíseň a sníží se riziko šíření. Dále je nutné zajistit nápravu podmínek – snížit vlhkost vzduchu, zvýšit výkon vzduchotechniky, aby se plíseň dál nerozrůstala. Pro dlouhodobé řešení je vhodné vyhledat pomoc specializovaného pracoviště. Mnohé větší instituce (Národní knihovna ČR, Národní archiv ČR, Národní památkový ústav) nabízejí konzultace či servis v oblasti konzervace a dezinfekce knihovních fondů [Ourodová et al., 2015; Zembjaková et al., 2022; Volejníková et al., 2015; Szulc et al., 2018].

#### **4.1.2 Metody dezinfekce vhodné pro knihovny**

Při volbě metody dezinfekce je nutné zohlednit bezpečnost pro knihovní materiály i pracovníky, rozsah a závažnost napadení, dostupné vybavení a finanční možnosti instituce. V prostředí knihoven se používá několik ověřených postupů, které likvidují plíseň a zároveň pokud možno nepoškozuji knihovní materiál. Mezi hlavní patří: chemická dezinfekce alkoholovými parami (zejména butanolem), plynná sterilizace ethylenoxidem (pouze ve specializovaných

pracovištích) a aerosolové ošetření (zmlžování) vhodnými fungicidními přípravky. Doplňkově lze využít lokální dezinfekci roztoky (např. postřik povrchu knih etanolem či jiným vhodným prostředkem) a vždy se provádí i mechanické očištění napadených knih (odsátí nebo jemné kartáčování uschlých plísňových povlaků) – to však samo o sobě plísň nezlikviduje, pouze odstraní část napadeného materiálu.

### **Lokální chemická dezinfekce a mechanická očista:**

#### Vhodné pro:

- papírové knižní bloky,
- běžné knižní vazby, plátěné a kožené vazby,
- materiály s větší mechanickou stabilitou.

#### Nevhodné / zvýšené riziko:

- citlivé, vodorozpuštné inkousty, akvarely a kolorované ilustrace,
- lakované povrchy,
- velmi křehké papíry.

V případě, že je plíseň pouze na povrchu knihy a nepronikla do bloku, je vhodné nejprve provést povrchovou dezinfekci a teprve poté mechanické dočištění. Pro povrchovou dezinfekci se používá 96 % etanol nebo 80 % isopropanol ve formě postřiku, které se pomaleji odpařují a jejich účinek na kontaminovaném povrchu je delší, což zvyšuje efektivitu dezinfekce. Aplikaci je vhodné provést kadeřnickým rozprašovačem s mikro-rozptylem, který vytváří jemnou mlhu a zajišťuje rovnoměrné rozptýlení. Povrch vazby se jemně zvlhčí (nikoli promáčí) a nechá krátce působit, následně se přistoupí k mechanickému odstranění zbytků – ideálně odsátím porostu plísně vysavačem s HEPA filtrem nebo opatrným vykartáčováním mimo úložné prostory, aby nedocházelo k rozptýlu spor. Při případném dočištění otíráním se používá lehce navlhčený hadřík/tampon, pracuje se šetrně a použité tampony je nutné často měnit či průběžně dezinfikovat, aby se kontaminace neroztírala. Tento postup je relativně levný a dostupný i pro malé knihovny (vyžaduje zejména etanol, ochranné pomůcky a základní úklidové potřeby). Alternativně lze pro otěr povrchů využít i kvartérní amoniové soli (např. bezbarvý Ajatin či Septonex) se širokým spektrem účinku proti běžným plísním. Po dokončení je vhodné nechat knihu volně oschnout v suchém, dobře větraném prostoru.

### **Dezinfekce alkoholovými parami (butanol):**

#### Vhodné pro:

- papírové knižní bloky všech typů,
- většina knižních vazeb (papír, karton, plátno, kůže),
- materiál citlivé na zvlhčení, kde je nevhodný přímý kontakt s kapalinou.

#### Nevhodné / rizikové:

- některé razítkové barvy, popisovače, moderní inkousty, které mohou migrovat,
- některé pigmentové vrstvy či kolorované ilustrace (nutná předběžná zkouška).
- lakované povrchy (např. šelak nebo nitrolaky na potahových papírech).

Jednou z nejefektivnějších, a přitom relativně šetrných metod dezinfekce knih je ošetření parami alkoholu, nejčastěji butanolu. Výzkumy prokázaly, že butanolvé výpary spolehlivě hubí plísně i bakterie a jsou přitom šetrné k papíru a dalším materiálům knih. Postup spočívá v uzavření napadených knih do těsné komory či boxu nebo nádoby spolu s nádobkou obsahující vysoko-koncentrovaný butanol (92-95 % roztok s vodou). Butanol se pozvolna odpařuje a jeho páry pronikají do knih, kde likvidují mikroorganismy. Typická doba expozice je 48–72 hodin podle rozsahu kontaminace a podmínek (vyšší teplota proces urychluje). Dostatečná koncentrace par alkoholu po dostatečně dlouhou dobu může usmrtit i plíseň uvnitř knižního bloku. Tato metoda vykazuje velmi dobré výsledky – dle konzervátorských zkušeností patří k nejúčinnějším a nejdostupnějším vůbec. Velkou výhodou butanolvé dezinfekce je, že nezpůsobuje výrazné fyzikální poškození materiálu (nenarušuje papír, desky vazby apod.). Je nicméně nutné počítat s tím, že může ovlivnit některé citlivé druhy inkoustů a barev – bylo zjištěno rozpíjení či změna odstínu u některých razítek, popisovačů nebo kolorovaných ilustrací vystavených butanolvým parám. Před plošnou dezinfekcí knihy s cennými zápisy nebo ilustracemi je proto vhodné provést zkoušku stálosti barev na malém kousku. Další nevýhodou jsou bezpečnostní rizika spojená s butanolem: jeho páry jsou toxické při vdechování i při vstřebání kůží a jsou vysoce hořlavé. Dezinfekci butanolem by tedy měl provádět kvalifikovaný pracovník v laboratorní digestoři či velmi dobře větraném prostoru, s použitím ochranných pomůcek. Při dodržení těchto zásad představuje tato metoda cenově dostupnou variantu, kterou lze (s patřičnou opatrností) realizovat i v menších institucích.



**Obr. 6:** Hermeticky uzavřený dezinfekční box pro ošetření knih parami butanolu

## **Zmlžování (fogging):**

### Vhodné pro:

- rozsáhlé papírové fondy v depozitáři při plošné kontaminaci,
- materiály s odolnými povrchovými vrstvami (běžné moderní tisky, vazby).

### Nevhodné / rizikové:

- pergamen,
- citlivé malované nebo pozlacené povrchy,
- kůže s narušeným povrchem,
- materiály, které nesmí být vystaveny zvýšené vlhkosti (fogging ji může krátkodobě zvyšovat).

Metoda, při které se vytvoří jemná mlha z dezinfekčního přípravku v uzavřeném prostoru. Speciální přístroje (zmlžovače) generují aerosol, který se dostane i do hůře přístupných míst knih a regálů. Používají se například mlhy na bázi peroxidu vodíku, nanočástic stříbra, nebo kombinovaných biocidů určených pro dezinfekci archivů. Fogging se nasazuje typicky při plošné kontaminaci depozitáře, kdy je potřeba ošetřit zároveň prostředí i množství knih najednou. Vzhledem k nutnosti dražšího vybavení tuto metodu provádějí spíše specializované firmy nebo větší instituce. Pro menší knihovny není běžně dostupná, ale v případě rozsáhlých škod (např. po povodni) lze uvažovat o spolupráci s jinou institucí, která fogging zajistí.



**Obr. 7:** *Dezinfekce zmlžováním („fogging“) v zmlžovací komoře*

## **Plynová sterilizace ethylenoxidem:**

### Vhodné pro:

- velmi cenné, historické nebo rozsáhle napadené knihy,

- rozsáhlou kontaminaci v celém bloku,
- kombinované materiály, kde je nutná sterilizace bez mechanické zátěže.

Nevhodné / omezené:

- materiály s nestálými barvivy (nutné předběžné testy),
- materiály, kde by dlouhodobé vyvětrávání bylo problematické,
- dokumenty obsahující prvky z polyvinylchloridu

Vysoce účinná metoda, která dokáže zničit všechny organismy ve všech stádiích. Pro knihy je výhodná v tom, že plyn pronikne celou knihou a zahubí i plíseň, která prorostla dovnitř. Ethylenoxid je však jedovatý plyn, karcinogenní a výbušný, takže jeho použití je legislativně omezeno pouze na speciální pracoviště s potřebným vybavením. V praxi připadá v úvahu využití například pro národní sbírkotvorné instituce. Menší knihovna by musela své materiály do takového pracoviště transportovat. Ethylenoxid se aplikuje ve vakuové komoře za zvýšené teploty a vlhkosti, poté se musí knihy několik dní až týdnů větrat, aby vyprchaly zbytky plynu. Tato metoda je logisticky i finančně náročná, využívá se proto jen u výjimečně cenných či masivně napadených fondů, kde jiné metody selhávají.

Každá z výše uvedených metod má své pro a proti. U všech metod platí nutnost správné aplikace (dostatečná koncentrace a doba expozice) a následné prevence (zajištění vhodného klima), jinak se plísně mohou vrátit [Sequeira et al., 2012; Volejníková et al., 2015; Zembjaková et al., 2022; Kazanskii et al., 2024; Bacílková, 2015; Ourodová et al., 2015; Vávrová et al., 2023].

#### 4.1.3 Bezpečnost a vliv dezinfekce na materiály

Při zásahu proti mikrobiální kontaminaci je nutno dbát na bezpečnost jak personálu, tak ošetřovaných dokumentů. Všechny popsané dezinfekční metody využívají chemické látky či fyzikální faktory, které mohou být při nesprávném použití nebezpečné.

**Bezpečnost práce:** Při dezinfekci fondů je prioritou ochrana zdraví pracovníků. Při manipulaci s napadenými knihami, zejména při suchém čištění, se uvolňují spory a fragmenty plísní, které mohou vyvolat alergické a respirační potíže či infekce; zároveň hrozí kontakt spor s kůží. Všechny úkony se provádí v rukavicích, s ochrannými brýlemi a s respirátorem (maskou) s filtrem proti sporám. Platí zákaz jídla, pití a kouření při práci s napadenými materiály i chemikáliemi; po skončení práce se důkladně umyjí ruce a obličej mýdlem. Zvýšená opatrnost je nutná při práci s chemickými dezinfekčními látkami. Většina používaných biocidů (např. alkoholy či přípravky typu Ajatin) je do určité míry toxická nebo dráždivá. Butanol působí narkoticky a dráždivě a prostupuje pokožkou, proto se s ním pracuje pouze v dobře větraném prostředí, ideálně v digestoři či s místním odsáváním; těkavé látky se nikdy nepoužívají v uzavřených, nevětraných místnostech. Je nutné také dbát na požární bezpečnost, protože organická rozpouštědla a alkoholy jsou vysoce hořlavé a jejich páry mohou se vzduchem tvořit výbušné směsi (cca 2–15 % obj.). Během dezinfekce je proto zakázáno manipulovat se zdrojem zapálení (otevřený plamen, jiskření elektrických zařízení) a je třeba zajistit nucené větrání prostoru. Ethylenoxid je extrémně hořlavý plyn a vysoce toxický karcinogen; používá se výhradně ve směsi s inertním plynem (např. CO<sub>2</sub>) ve specializované tlakové komoře. Malé knihovny by s tímto plynem neměly samostatně pracovat. Pokud instituce využije externí



službu plyných sterilizací (ethylenoxid, případně ozon apod.), musí se striktně řídit pokyny poskytovatele a po návratu materiálu zajistit bezpečné a dostatečně dlouhé odvětrání. Po aplikaci jakékoli chemické dezinfekce je nutné knihy vyvětrat, aby v nich nezůstávaly zbytky chemikálií ani „mrtvé“ plísně. Materiál ošetřený ethylenoxidem se běžně nechává několik týdnů na vzduchu, aby ethylenoxid zcela vylétl. I po butanolové dezinfekci je vhodné knihy před vrácením do krabic či boxů provětrat, aby se odstranil zápach a zbylé výpary.

**Vliv na materiál:** Knihovní dokumenty mohou být citlivé na některé dezinfekční postupy, proto se vždy volí nejšetrnější metoda, která je ještě účinná. Použitá dezinfekce nesmí významně poškodit ošetřované dokumenty. Při každém zásahu je nutné brát v potaz stáří a stav knihy – křehký papír či vazba mohou agresivní metody špatně snášet. U mechanického čištění hrozí odírání povrchu, u chemických metod zase chemická reakce s materiálem (např. rozpuštění inkoustu, degradace kůže). Z tohoto důvodu se již nepoužívají prostředky jako formaldehyd nebo fenol, které sice materiál vydezinfikovali, ale zároveň zanechávaly v papíru kyselé rezidua a urychlovaly jeho rozklad. Současné konzervátorské studie ukazují, že alkoholové a plyné dezinfekce jsou k materiálům relativně šetrné – např. nedochází k významnému snížení pevnosti papíru ani ke změnám pH. Určité změny však nastat mohou, zejména u barevných a organických komponent knihy. Jak již bylo zmíněno, butanolové páry pronikají do knih pomaleji a mohou způsobit blednutí či rozpíjení některých inkoustů a razítkových barev. V praxi se ukazuje, že některé moderní barvy na bázi fixů jsou velmi nestálé a butanol je rozpouští. Proto se citlivé dokumenty (rukopisy s historickými inkousty, akvarely apod.) někdy raději dezinfikují jinou metodou. Etanol při přímém stírání může odmačkat slabě fixované pigmenty a také odmašťuje a vysušuje kůži vazeb (může pak tvrdnout či praskat). Kvartérní amoniové soli (Ajatin) zanechávají tenký film, který by mohl časem přitahovat nečistoty, proto je po dezinfekci vhodné povrch otřít čistou destilovanou vodou (pokud to materiál snese). Peroxid vodíku ve zmlžovacím roztoku je silné oxidační činidlo – ve vyšší koncentraci může mírně bělit organické materiály (papír, kůži) a narušovat jejich strukturu. Při použití nižších koncentrací (do 6 %) a krátké expozici, ale ke zřetelnému poškození nedochází; navíc se peroxid rozkládá na vodu a kyslík, nezanechává tedy v materiálu škodlivé zbytky. Ethylenoxid reaguje s některými materiály za vzniku vedlejších produktů – například s chloridy (v přítomnosti PVC fólií nebo některých pigmentů) může tvořit chlorhydriny, které jsou kyselé a toxické. Proto je důležité, aby knihy před plynováním byly zbaveny obalů z PVC a aby se po dezinfekci důkladně vyvětraly, čímž se většina vedlejších látek odstraní. Dosavadní praxe ukazuje, že při dodržení správných postupů nezanechává ethylenoxid na papíru ani vazbách viditelné změny. Přesto se u velmi cenných dokumentů někdy volí raději jiná metoda (např. alkoholová), pokud by ethylenoxid mohl nepříznivě reagovat s konkrétními složkami dokumentu.

Po dezinfekci je nutné věnovat pozornost odstranění mrtvé plísně z materiálu. Chemické ošetření neodstraní plísňové povlaky – ty sice budou sterilní, ale mohou působit neesteticky a případně dráždit dýchací cesty (fragmenty hyf, mrtvé spory). Proto se po dokončení dezinfekčního cyklu doporučuje knihy znovu mechanicky očistit (opatrně vysát nebo vykartáčovat zbytky plísní). Ideální je tuto očistu provádět v samostatném prostoru (např. konzervační dílně) mimo běžné prostory knihovny, aby se případné zbylé spory nedostaly zpět do depozitáře.



Z hlediska dlouhodobé ochrany fondu je rovněž klíčové odstranit příčinu vzniku plísní. Po provedené dezinfekci a očištění knih proto musí následovat zlepšení podmínek uložení, zajistit dostatečné větrání prostoru, pravidelně kontrolovat fond a případné problematické kusy uložit do prodyšných ochranných obalů.

Dezinfekce mikrobiálně napadených knih je komplexní proces, který vyžaduje odborný přístup, ale při dodržení doporučení jej zvládnou i menší instituce. Důležité je neodkládat řešení problému – včasný zásah může zachránit napadené knihy před nevratným poškozením. Vždy se dbá na ochranu zdraví personálu a volí se takové metody, které co nejméně zatíží historický materiál. S ohledem na různé finanční a technické možnosti knihoven byla v metodice představena celá škála metod od jednoduchých svépomocných postupů až po specializované zásahy. Každá knihovna by si měla na základě tohoto přehledu vytvořit krizový plán, jak postupovat při zjištění plísní, koho kontaktovat v případě potřeby a jaké prostředky má mít předem připraveny. Tím se zajistí, že náhlé mikrobiologické napadení bude řešeno rychle, bezpečně a účinně [Vávrová et al., 2023; Kazanskii et al., 2024; Volejníková et al., 2015; Bacílková et al., 2015; Zembjaková et al., 2022].

## 5 Vyhodnocení výsledků a doporučení

### 5.1 Interpretace výsledků

Po provedení mikrobiologických testů (např. stěry z povrchu knih, sedimentační spady na živné půdě nebo odběry vzduchu aeroskopem) je nutné získané výsledky správně interpretovat. V každém vnitřním prostředí se běžně vyskytuje určité množství mikroorganismů a jejich spor – důležité je posoudit, zda zjištěná úroveň kontaminace překračuje běžné pozadí a představuje riziko pro sbírky či zdraví personálu. Základní hygienické doporučení je, že v prostředí knihovny by neměly být viditelné žádné nárůsty plísní na povrchu materiálů. Viditelný povlak plísní obvykle svědčí o aktivním napadení a vyžaduje okamžitý zásah. Pokud kultivační rozbor prokáže i skrytý výskyt plísní – např. růst kolonií z odebraných vzorků – je třeba zhodnotit jejich množství a druhové složení.

K orientačnímu hodnocení míry kontaminace prostředí slouží kvantitativní ukazatele. Například Státní zdravotní ústav uvádí, že koncentrace spor plísní v ovzduší vyšší zhruba než 500 kolonií tvořících jednotek (KTJ) na 1 m<sup>3</sup> již představuje závažnou mikrobiální kontaminaci vnitřního prostředí. Takto vysoké hodnoty výrazně převyšují normální situaci (v dobře spravovaných depozitářích bývá koncentrace spor často nižší než venku) a signalizují aktivní zdroj plísní v interiéru. Kromě množství spor je vhodné všimnout si i spektra zjištěných mikroorganismů. Pokud se např. ve vzorcích objevují běžné environmentální rody (např. *Cladosporium* či *Alternaria* z venkovního prostředí) v nízkých počtech, může jít o náhodnou kontaminaci z okolního vzduchu. Naopak nález vláknitých hub rodu *Aspergillus*, *Penicillium*, *Chaetomium*, *Trichoderma* aj., zvláště ve větší míře, ukazuje na prostředí vhodné pro růst plísní a potenciální rozklad dokumentů – právě tyto rody patří k nejčastějším biodeteriorátorům papíru. Zvláštní pozornost je třeba věnovat záchytu druhů, které jsou nebezpečné i pro lidské zdraví. Například *Aspergillus fumigatus* nebo některé druhy *Penicillium* (např. *P. marneffei*) jsou známé patogenní mikromycety – jejich přítomnost v knihovním prostředí (zejména v koncentraci převyšující úroveň venkovního ovzduší) znamená vážné zdravotní riziko. Plísně

navíc produkují těkavé organické látky a mykotoxiny, které mohou dráždit sliznice a působit toxicky či způsobovat alergickou reakci. Interpretace výsledků tedy zahrnuje posouzení kvantity (počtu kolonií) i kvality (druhové identity) zjištěných mikroorganismů.

Je také nutné zvažovat kontext – např. zda odebrané vzorky pocházejí z prostoru depozitáře, ze zatuchlého svazku z nových přírůstků či z klimatizované studovny. Výsledky je vhodné porovnat s referenčním stavem. Ideální stav je nulový či minimální růst kolonií ze stěrů a spadů, případně nízká koncentrace spor v ovzduší srovnatelná s venkovním prostředím. Menší nálezy několika kolonií běžných plísní lze považovat za podmíněně akceptovatelné, je však na místě zvýšená bdělost a průběžné monitorování (pravidelné kontroly pomocí stěrů/spadů odhalí případný nárůst kontaminace). Pozitivní nálezy plísní je vždy vhodné konzultovat – minimálně v rámci instituce – s odborníkem na konzervaci nebo mikrobiologii, který potvrdí správnou interpretaci. V praxi platí, že i omezený výskyt indikuje potřebu zlepšení preventivních opatření, protože za vhodných podmínek se plísně mohou rychle rozrůst. Pokud by výsledky testů zůstaly nejednoznačné (např. pochyby, zda kolonie pochází přímo ze zkoumaného objektu, nebo kontaminace vznikla až při kultivaci), doporučuje se testy opakovat pro potvrzení nálezu. Správná interpretace je zásadní pro navržení dalších kroků – na jejím základě se rozhoduje, zda stávající opatření postačí, nebo je nutné přistoupit k ráznějším zásahům [Ourodová et al., 2015; Volejníková et al., 2015; Kotlík, 2022].

## 5.2 Kdy jsou nutná další opatření

Další opatření (nad rámec běžné prevence a základního ošetření) jsou nutná vždy, když výsledky analýz či zjevné známky ukazují na významnou mikrobiologickou kontaminaci. Jinými slovy – přítomnost aktivní plísně v knihovním fondu nebo prostředí je signálem k razantnějšímu zásahu. Pokud se například v prostorách depozitáře nebo studovny objeví viditelné porosty plísní, považuje se to za stav ohrožení fondu i zdraví personálu. Stejně tak vysoké počty kolonií z kultivací (či opakované pozitivní nálezy na týchž místech) znamenají, že stávající režim nestačí a je nutné jej zpřísnit.

Další opatření jsou nutná především v těchto situacích:

- **Silné nebo rozsáhlé napadení** – pokud je plísní napadeno větší množství knih, větší celky či celá část depozitáře, nestačí lokální zásah a je potřeba řešit komplexně prostředí i fond.
- **Opakovaný výskyt** – jestliže se plíseň objeví i po provedeném základním ošetření, svědčí to o přetrvávající příčině (např. zvýšená vlhkost, nedostatečné čištění) a je nutné zavést důraznější opatření.
- **Ohrožení zdraví** – pokud jsou identifikovány toxigenní či patogenní druhy mikroorganismů, nebo pokud personál pociťuje zdravotní potíže (alergie, dráždění) při práci s fondem, je nevyhnutelné přikročit k profesionální sanaci prostředí.
- **Konstrukční či klimatické problémy** – při havárii vody, zatékání, poruše klimatizace nebo dlouhodobě nevyhovujících hodnotách klimatu v depozitáři (dlouhodobá relativní vlhkost nad cca 60 %) dochází k rychlé aktivaci plísní. V takovém případě jsou další opatření (technická i organizační) nezbytná k nápravě situace.

Je třeba zdůraznit, že ignorovat drobné nálezy plísní by bylo chybou – i malá kontaminace se může při ponechání bez zásahu rozvinout do havarijního stavu. Prevence a včasný zásah vyjdou vždy levněji než následná likvidace škod. Instituce, které mají omezené finanční možnosti, často řeší dilema, zda si mohou dovolit odborný zákrok. V praxi však platí, že nutná opatření nelze odkládat ani vynechat. Pokud rozpočet instituce neumožňuje objednat specializovanou firmu, je třeba hledat alternativní postupy – např. zapojit vlastní personál do zvýšeného úklidu a dezinfekce, vypůjčit si měřicí přístroje či vysoušecí techniku, kontaktovat jiné instituce (muzea, archivy) v regionu. Další kapitola (5.3 *Možnosti zásahu a zlepšení podmínek*) uvádí přehled možných zásahů a také provizorních opatření, která lze realizovat i s omezenými zdroji [Vávrová a Heilandová, 2019; Ourodová et al., 2015].

### 5.3 Možnosti zásahu a zlepšení podmínek

Spektrum zásahů proti mikrobiologické kontaminaci sahá od jednoduchých organizačních opatření po náročné odborné zákroky. Vždy by měla následovat kombinace přímého odstranění mikroorganismů a úpravy podmínek prostředí, aby se zamezilo opakování problému. Konkrétní volba metod závisí na rozsahu a povaze kontaminace, druhu materiálů a také na technických a finančních možnostech instituce.

**Okamžitá opatření při zjištění plísní:** Prvním krokem je izolace napadených materiálů. Napadené knihy či dokumenty je vhodné oddělit od zdravých – například je uložit do uzavíratelných obalů (mikrotenové sáčky, krabice) nebo přenést do provizorní „karantény“ mimo depozitář. Tím se omezí další šíření spor do okolí. Pracovníci by měli při manipulaci používat osobní ochranné prostředky – zejména rukavice a respirátor nebo masku. Plísní zasažené dokumenty se nevytírají nasucho ani se nečistí ofukováním vzduchem, jelikož by se spory rozptýlovaly volně do ovzduší. Místo toho se doporučuje šetrné mechanické očištění: povrch knih lze opatrně vysát vysavačem s HEPA filtrem a jemným kartáčovým nástavcem, nebo opatrně čistit měkkým štětcem – vždy tak, aby byl uvolněný materiál zachytáván (např. odsávání vysavačem) a nešířil se kolem. Viditelné povlaky plísní na vazbě či deskách knih je možné před vysáváním zlehka setřít tamponem navlhčeným v dezinfekčním roztoku.

**Dezinfekční ošetření napadených knih:** Pro základní dezinfekci archiválií a knih se v praxi osvědčuje etanol. Je doporučeno použít 96 % etanol a opakovaně jím otřít nebo postříkat napadené části dokumentu. Etanol má spolehlivý fungicidní účinek a přitom relativně šetrné působení na papír (rychle vyprchá a nezanechává škodlivé zbytky). Je potřeba navlhčit materiál pouze mírně – dokument se nesmí promočit, cílem je jen povrchově zvlhčit oblasti s výskytem plísní. Po vyprchání alkoholu se většinou mechanicky odstraní zbytky odumřelé plísně (jemným kartáčkem nebo setřením). U silně znečištěných exemplářů může být nutné tento postup zopakovat vícekrát. Sterilizace ethylenoxidem sice hubí plísně účinně, ale je vyhrazeno jen specializovaným pracovištím kvůli zdravotní závadnosti a riziku poškození dokumentů. Naproti tomu páry butanolu lze za určitých podmínek použít i ve vlastní instituci – například vložením menších svazků do uzavíratelné nádoby (komory) s nádobkou 92-95 % roztoku, kde se nechají na napadené svazky několik dní působit nasycené alkoholové výpary. Tato metoda vyžaduje opatrnost a zajištění, aby materiály nebyly nadměrně zvlhčeny kondenzátem roztoku

alkoholu. Podle konzervátorské metodiky mají alkoholové páry velmi dobré účinky a často dokáží zničit plísně už během 24 hodin.

**Sanační úprava prostředí:** Nedílnou součástí zásahu je řešení příčin a vytvoření podmínek nevhodných pro další růst mikroorganismů. Klíčovým faktorem je klima: doporučená dlouhodobá teplota pro knihovní fond je okolo 18 °C a relativní vlhkost kolem 50–55 %. Vlhkost by měla být stabilně udržována pod cca 60 %, neboť při vyšších hodnotách prudce roste riziko plísní. Proto je nutné po dezinfekci zajistit snížení vzdušné vlhkosti – intenzivním větráním (pokud to venkovní podmínky dovolí), nasazením odvlhčovačů vzduchu nebo zvýšením teploty prostoru. Dále je vhodné zavést proudění a filtraci vzduchu, aby v interiéru nestál vlhký vzduch. Pomoci mohou ventilátory či čističky vzduchu s HEPA filtry, které zachytí spory cirkulující ovzduším. Veškeré skladovací prostory je nutno důkladně uklidit – odstranit prach ze země, polic i knih, protože prach může být živnou půdou pro plísně a zadržovat vlhkost. Pokud zdrojem vlhkosti byla stavební závada (zatékání, vzlínání zemní vlhkosti, kondenzace na stěnách), je nutné zajistit opravu či stavební úpravu – jinak se problém brzy vrátí.

**Levnější/provizorní opatření:** Mnohá z výše uvedených doporučení lze provést i při omezeném rozpočtu. Je-li nedostupná sofistikovaná klimatizace, pomohou i cenově dostupné elektrické odvlhčovače a pravidelná kontrola vlhkoměrem (relativně levné digitální teploměry-vlhkoměry lze rozmístit v depozitáři pro sledování situace). Místo profesionálních laboratorních rozborů si knihovna může vybudovat malé provizorní mikrobiologické pracoviště: např. zakoupit základní živnou půdu pro plísně, pár desítek Petriho misek, v nichž lze provádět sedimentační testy spor či otisky ze spisů. Inkubaci lze za improvizovaných podmínek zajistit v teplé místnosti (pro růst plísní postačuje teplota kolem 25 °C, což bývá dosaženo i v běžné místnosti či ve skříni s žárovkou). K orientační identifikaci plísní poslouží i základní mikroskop; v případě nejasností je možné odebrané vzorky zaslat k určení do blízké hygienické laboratoře nebo konzultovat s mykologem (některé instituce poskytují tuto službu za režijní poplatek). Důležité je, aby si pracovníci osvojili bezpečné a efektní postupy. UV záření ani ionizátory nejsou vhodnou metodou dezinfekce knih – tzv. bankovní UV lampa plísně nezničí a pouze degraduje papír a barviva. Podobně ozón, ač silné oxidační činidlo, proniká do svazků obtížně, a navíc vážně poškozuje celulózu i další materiály, proto se k ošetření historických dokumentů nedoporučuje. Mnohem efektivnější a šetrnější je výše popsaná kombinace mechanického očištění a chemické dezinfekce vybraným alkoholem. I provizorně lze zajistit základní ochranu personálu – např. jednorázové respirátory třídy FFP2 (případně roušky) a gumové rukavice jsou dnes snadno dostupné a levné. Pokud instituce nemá prostředky na nákup specializovaných materiálů (např. archivních krabic pro izolaci), lze dočasně využít i běžné čisté kartonové krabice nebo plastové kontejnery s víkem pro oddělení napadených knih od ostatních.

**Dlouhodobá doporučení:** Po zvládnutí akutního stavu napadení fondu plísněmi by měly knihovna či archiv vyhodnotit, jak zlepšit svou preventivní strategii. Patří sem zavedení pravidelných kontrol fondů (při každé revizi nebo manipulaci kontrolovat pach zatuchliny, skvrny či povlaky na knihách), vedení záznamů o mikrobiologických rozbořech a klimatických parametrech, a také průběžné vzdělávání personálu. Důležitá je osvěta, aby všichni zaměstnanci rozuměli zásadám preventivní konzervace – zejména udržování čistoty, správné ventilace

a limitům pro klima v depozitáři. Nové přírůstky do fondu je vhodné umísťovat nejprve do karantény – skladovat je odděleně a prověřit, zda nejsou kontaminovány plísněmi, případně je preventivně očistit. Levnou prevencí je též důsledné větrání za suchých dní, udržování pořádku a rychlé řešení drobných závad (např. ihned vysušit a dezinfikovat místo malého zatečení dříve, než se plíseň rozvine). Každá instituce by si měla vytvořit krizový plán pro případ mikrobiologické havárie – tedy mít připraven postup, kde lze sehnat vysoušeče při havárii, kam přesunout fond při výskytu plísně, koho kontaktovat (kontakty na restaurátory, mykology apod.). Pouze s kvalitním krizovým plánem lze v případě problému rychle reagovat a minimalizovat škody.

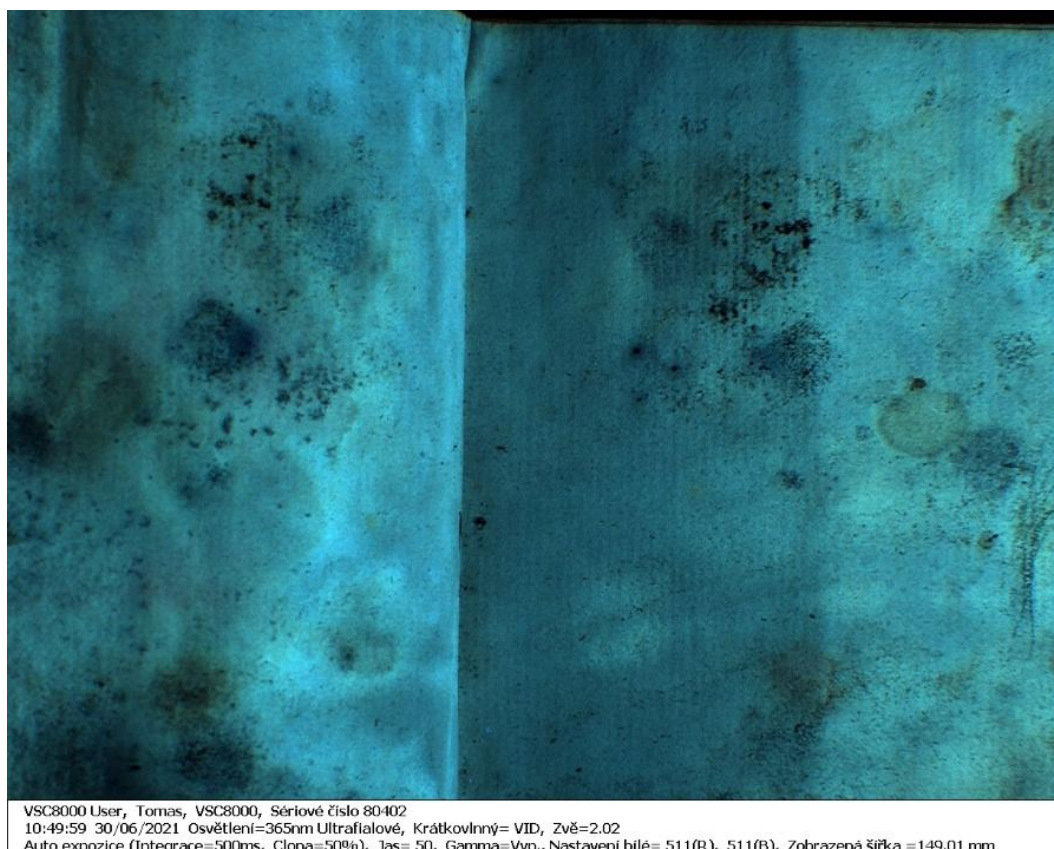
## **6 Sledování faktorů ovlivňujících stav knih a depozitářů**

### **6.1 Pravidelný monitoring mikrobiologického napadení**

Díky pravidelné kontrole fondů lze předejít rozsáhlejším škodám. Vizuální kontroly by měly probíhat průběžně prakticky při každé manipulaci s dokumenty nejen konzervátory či restaurátory, ale také pracovníky na expedici, knihovníky aj. Je sledován povrch materiálu na vnějších oblastech dokumentu, typicky u knih ořízky a desky či obálka. U knih s pevnými deskami je potřeba zkontrolovat také příděští<sup>2</sup> desek, kde díky většímu množství vrstvených materiálů a lepidla jsou často plísňové porosty nalézány. V některých případech nemusí být porosty příliš zřetelné. Doporučuje se, pozorovat povrch v různých úhlech, jestli nebudou pozorovány v určitém úhlu znatelné pravidelné oblasti s jiným leskem nebo s chomáčkovitým porostem. Při vizuální kontrole lze využívat také zvětšovací lupy, mikroskop i speciální světla. Jsou využívány lampy či mikroskopy s UV světlem, ve kterém plíseň vyzařuje typickou luminiscenci. Vizuální kontrola je nezbytná především u nových přírůstků, aby nebyla případná kontaminace zavlečena do fondu. Kromě samotných dokumentů je prováděna vizuální kontrola také prostor, zdiva, nábytku, podlah případně změn na budově jako takové. V případě podezření na napadení plísněmi, je vhodné vizuální kontrolu potvrdit odběrem vzorku z povrchu – provést stěr, viz *3.1 Stěry z povrchů*.

---

<sup>2</sup> Příděští je termín pro vnitřní stranu knižních desek přiléhající ke knižnímu bloku.



**Obr. 8:** Plesnivá kniha pod UV světlem – zvýraznění mikrobiální kontaminace

Pravidelnou kontrolou kontaminace vzduchu lze odhalit skrytý zdroj napadení plísněmi v depozitáři či expozici a včas zakročit. Používá se metoda spadu na Petriho misku s živnou půdou nebo přesnější měření pomocí aeroskopu, viz část 3.2 *Odběr vzorků vzduchu*. Vzhledem k výkyvům v přirozené kontaminaci vzduchu sporami plísní v průběhu roku ovlivněné změnami klimatických podmínek v jednotlivých ročních obdobích, je vhodné provádět pravidelná měření čtyřikrát za rok. Při měření kontaminace vzduchu je potřeba vzorkovat také vzduch v exteriéru, jestli není v interiéru vliv vnějších podmínek (průnik vzduchu netěsnostmi apod.). Při změnách v úložných prostorách, stěhování, opravách na technickém vybavení, především v duchotechniky, je vhodné provést kontrolu vzduchu také. Rizikové depozitáře, kde nejsou udržitelné stabilní klimatické podmínky, je vhodné kontrolovat častěji.

## 6.2 Doporučení pro snižování rizika kontaminace plísněmi

Riziko vzniku kontaminace je aktivně snižováno kontrolou již při příchodu dokumentu do instituce. Dokument může být kontaminován z původního prostředí v např. v případě darů. Knihy, které jsou přepravovány například v rámci meziknihovních výpůjček, hlavně zahraničních, mohou být vystaveny nevhodným klimatickým podmínkám a vrátit se s porosty plísní. Kontaminaci plísněmi může způsobit také nevhodné uložení v domácnostech čtenářů. Proto je kontrola dokumentů před uložením do depozitáře základním krokem prevence zavlečení kontaminace do fondu.

Důležitým prvkem ochrany knihovních fondů před napadení plísněmi je udržování vhodných klimatických podmínek v úložných prostorách, studovnách či expozicích, které neumožňují růst plísní. Doporučené klimatické podmínky pro smíšené knihovní fondy teplota  $18\pm 2$  °C a relativní vlhkost vzduchu  $50\pm 5$  % [ČSN ISO 11799, 2017] brání aktivaci mikroorganismů a zároveň jsou prospěšné pro dlouhodobé uchování materiálů knihovních fondů. nutné je se vyhnout prudkým výkyvům jak teploty, tak vlhkosti. Výkyvy klimatických podmínek nejen, že poškozují organické materiály, ale mohou vést k dosažení rosného bodu a ovlhčení povrchů.

Vzduch musí v prostoru s knihami cirkulovat. Když vzduch nemůže proudit, vznikají vhodné podmínky pro růst plísní. Je proto potřeba kolem knih i nábytku ponechat alespoň několik centimetrů volného prostoru pro proudění vzduchu. Pokud je v budově instalována vzduchotechnika je nezbytné opatřit rozvody vzduchu filtry vyšší třídy pro zachycení také plísňových spor. Filtry jsou umístovány na nasávání vzduchu z exteriéru i v rozvodu vzduchu ve vnitřním okruhu. Při nalezení ložiska kontaminace v depozitáři se vzduchotechnikou, je potřeba zajistit rozvod tak, aby se kontaminace nešířila pomocí vzduchotechniky do dalších místností.

Prostory, kde jsou knihy uloženy, studovány, je s knihami manipulováno, je nezbytné udržovat v čistotě. Samozřejmě jsou pravidelné úklidy podlah, nejen vysáváním, ale i vytíráním. Pravidelně několikrát za rok by měl být otírán od prachu také mobiliář a příslušenství v místnostech. Také knihy je potřeba udržovat v čistotě a ty, které delší dobu stojí v regálech a může být na nich usazen prach, pravidelně odsávat vysavačem s HEPA filtrem. Znečištění na knihách po vrácení od čtenářů je potřeba okamžitě vyčistit a nevracet do depozitáře, zvlášť pokud se jedná o znečištění potravinami.

## 7 Shrnutí

### Vizuální kontrola fondu

- Kontrola nových přírůstků i dokumentů vracející se do fondu.
- Pravidelné prohlížení náhodně vybraných svazků a regálů.
- Hledat známky plísní: pravidelné skvrny, povlak, typicky zatuchlý pach.

### Nastavení režimu pravidelných kontrol

- Stanovit intervaly kontrol kontaminace vzduchu (1× měsíčně pro rizikové depozitáře, 1× za čtvrtletí pro stabilní prostory).
- Vést záznamy monitoringu (datum, místo, záznam nálezů).

### Kontrola prostředí

- Vést denně záznamy klimatických podmínek, nebo minimálně týdně (ideálně použít datalogger).
- Dlouhodobě udržovat:
  - teplota:  $18\pm 2$  °C, relativní vlhkost:  $50\pm 5$  %
  - cirkulace vzduchu – kontrola funkce větrání a filtrace, cirkulace za knihami i za nábytkem



- Riziková místa – kontrola koutů, stěn u oken, stropů, okolí vodovodních a odpadních rozvodů.

#### Testování a odběry

- Pokud je podezření na plíseň:
  - odebrat vzorek (vatovým tamponem) pro mikrobiologické testy
  - ověření pomocí luminometru
- Pro kontrolu vzduchu použít metodu sedimentace na misky nebo aeroskopem
- Cílené šetření při zvýšeném riziku (po havárii, výkyvu klimatu).

#### Opatření při nálezu

- Izolovat napadené knihy.
- Posoudit rozsah (vlastními silami nebo se obrátit na odborníka).
- Zajistit zlepšení prostředí (odvlhčení, větrání, úklid).

#### Dlouhodobá opatření

- Pravidelná kontrola úklidu depozitáře (prach je živná půda pro plísně).
- Zádveří: oddělit depozitář od vnějšího prostředí (omezuje přenos spor zvenku).
- Filtrace vzduchu (HEPA filtry) u klimatizačních jednotek.
- Používání rukavic / časté mytí rukou – zabránění přenosu spor i živin (mastnota, pot).
- Pracovní oděv – čistý plášť nebo ochranný oděv pro práci uvnitř fondu.
- Školení pracovníků – rozpoznání prvních známek plísní, hygiena při práci s fondem.
- Po haváriích (zatopení, porucha klimatizace) provést mimořádný monitoring.

## **8 Závěr**

Úspěšné řešení mikrobiologické kontaminace vyžaduje komplexní přístup. Na základě vyhodnocení výsledků testů se stanoví závažnost problému a podle toho se zvolí přiměřená kombinace zásahů – od izolace a dezinfekce napadených knih (např. etanolovým roztokem) přes sanitaci celého prostředí (klimatická opatření, úklid a filtraci vzduchu) až po využití specializovaných metod v laboratorních podmínkách. Vždy je nutné odstranit nejen viditelné projevy (porosty plísní), ale i příčinu – nejčastěji nadměrnou vlhkost či nečistoty. I s omezeným rozpočtem lze mnohé provést vlastními silami, byť improvizovaně; v odborně složitějších krocích je vhodné požádat o radu či výpomoc zkušenější pracoviště. Dodržování preventivních zásad a včasné zásahy zajistí, že knihovní fondy budou před mikrobiologickým poškozením co nejlépe chráněny pro budoucí generace [Vávrová a Heilandová; 2019; Zembjaková et al., 2022; Volejníková et al., 2015; Vávrová et al., 2023; Ouradová et al., 2015].

## **9 Srovnání novosti metodiky**

Metodika se věnuje specifické oblasti řešení sanace knihovních fondů v případě kontaminace mikrobiologickými činiteli. Uvedené postupy se na rozdíl starších prací neomezují na určitou dezinfekční metodu či část procesu, ale je komplexně prezentováno celé spektrum aktivit

od včasného zjištění kontaminace v knihovních fondech, zajištění napadených fondů, přípravu vybavení v dané instituci, preventivní opatření, ošetření napadených fondů i vyhodnocení zachycených organismů. Podrobný popis variant vybudování mikrobiologického pracoviště v prostředí knihoven, od Národní knihovny po menší knihovny bez konzervačního pracoviště, je zcela ojedinělé. Obdobná práce v současné chvíli nebyla publikována.

## 10 Použitá literatura

BACÍLKOVÁ, Bronislava, *Studium účinků par butanolu a jiných alkoholů na plísně*. Online. Praha: Národní archiv. 2015. Dostupné z: <https://old2.nacr.cz/wp-content/uploads/2015/11/butanol.pdf>. [cit. 2025-08-11].

BELLA, Marco; RANDAZZO, Donata; ENZA DI CARLO; BARRESI, Giovanna a PALLA, Franco. Monitoring Biological Damage on Paper-based Documents in the Historical Archive of the Palermo Astronomical Observatory. Online. *DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals)*. 2017. Dostupné z: <https://doi.org/10.6092/issn.1973-9494/7121>. [cit. 2025-08-06].

CANEVA, Giulia; DE NUNTIIS, Paola; FORNACIARI, Marco; RUGA, Luigia; VALENTI, Paola et al. Aerobiology applied to the preventive conservation of cultural heritage. Online. *Aerobiologia*. 2019, vol. 36, no. 1, s. 99-103. ISSN 0393-5965. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10453-019-09589-9>. [cit. 2025-08-11].

ČSN ISO 11799, Informace a dokumentace – Požadavky na ukládání archivních a knihovních dokumentů. Praha: Český normalizační institut, 2017.

DEMNEROVÁ, Kateřina; KADAVÁ, Jana; PURKRTOVÁ, Sabina; SAVICKÁ, Dana, SÝKOROVÁ, Hana et al. *Metodika odběru a izolace bakterií, kvasinek a plísní z fotografických materiálů*. Online, Certifikovaná metodika. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2020. Dostupné z: <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-432347>. [cit. 2025-08-11].

HUTAŘ, Jan. *Ochrana novodobých knihovních fondů 19. a 20. století*. Online. Praha: Ústav informačních studií a knihovnictví, Filozofická fakulta Univerzity Karlovy v Praze, 2007. Dostupné z: [https://sites.ff.cuni.cz/uisk/wp-content/uploads/sites/62/2016/01/Ochrana-novodob%C3%BDch-knihovn%C3%ADch-fond%C5%AF-19.-a-20.-stolet%C3%AD\\_Huta%C5%99.pdf#:~:text=zp%C5%AFsorbit%20l%C3%A1mavost%20a%20k%C5%99ehkost%20%C4%8Di,Pl%C3%ADsn%C4%9B%20mohou%20znamenat%20skut%C4%8Dnou](https://sites.ff.cuni.cz/uisk/wp-content/uploads/sites/62/2016/01/Ochrana-novodob%C3%BDch-knihovn%C3%ADch-fond%C5%AF-19.-a-20.-stolet%C3%AD_Huta%C5%99.pdf#:~:text=zp%C5%AFsorbit%20l%C3%A1mavost%20a%20k%C5%99ehkost%20%C4%8Di,Pl%C3%ADsn%C4%9B%20mohou%20znamenat%20skut%C4%8Dnou). [cit. 2025-08-04].

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.

KOTLÍK, Bohumil. *Problematika plísní – stanovisko SZÚ*. Online. 2022. Dostupné z: <https://szu.gov.cz/temata-zdravi-a-bezpecnosti/zivotni-prostredi/ovzdusi/plisne/problematika-plisni-stanovisko-szu/> [cit. 2025-08-18]

OURODOVÁ, Ludmila; VÁVROVÁ, Petra; NEORALOVÁ, Jitka a HÁJEK, Pavel. *Metodika preventivní péče o historické knihovní fondy v specifických podmínkách památkových objektů ve správě NPÚ*. Online, Certifikovaná metodika. České Budějovice: Národní památkový ústav, 2015. Dostupné z: <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-204331>. [cit. 2025-08-11].

PALLA, Franco; ROTOLO, Valentina a GIORDANO, Ambra. Biotechnology a Source of Knowledge in Agreement with Green Strategies for the Conservation of Cultural Assets. Online. *DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals)*. 2019. Dostupné z: <https://doi.org/10.6092/issn.1973-9494/9991>. [cit. 2025-08-11]

*Pravidla práce v mikrobiologické laboratoři*. Online. Dostupné z: <https://adoc.pub/uvod-pravidla-prace-v-mikrobiologicke-laboratoi.html>. [cit. 2025-08-04].

SEQUEIRA, S.; CABRITA, E.J. a MACEDO, M.F. Antifungals on paper conservation: An overview. Online. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2012, vol. 74, s. 67-86. ISSN 0964-8305. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.07.011>. [cit. 2025-08-19].

SVOBODOVÁ, Eva; SÝKOROVÁ, Hana; KADAVÁ, Jana a KOPECKÁ, Ivana. Využití luminometru pro ověření přítomnosti plísní. Online. *Fórum pro konzervátory-restaurátory*. 2019, roč. 9, č. 2, s. 81-86. Dostupné z: <https://mck.technicalmuseum.cz/wp-content/uploads/2017/10/VYU%C5%BDIT%C3%8D-LUMINOMETRU-PRO-OV%C4%9A%C5%98EN%C3%8D-P%C5%98%C3%8DTOMNOSTI-PL%C3%8DSN%C3%8D.pdf>. [cit. 2025-08-11].

SZULC, Justyna; OTLEWSKA, Anna; RUMAN, Tomasz; KUBIAK, Katarzyna; KARBOWSKA-BERENT, Joanna et al. Analysis of paper foxing by newly available omics techniques. Online. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2018, vol. 132, s. 157-165. ISSN 0964-8305. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2018.03.005>. [cit. 2025-08-19].

VÁVROVÁ, Petra a HEILANDOVÁ, Lucie. *Preventivní péče o knihovní fondy – Studijní text*. Online. Ostrava: Moravskoslezská vědecká knihovna, 2019. Dostupné z: [https://www.msvk.cz/data/filemanager/source/studijn%C3%AD%20texty%20pro%20knihovn%C3%ADky/11\\_Preventivn%C3%AD\\_p%C3%A9%C4%8De\\_o\\_knihovn%C3%AD\\_fondy\\_V%C3%A1vrov%C3%A1.pdf#:~:text=prostoru%2C%20kter%C3%BD%20umo%C5%BE%C5%88uje%20vznik%20mikroklimatu,ulo%C5%BEen%C3%A9%20p%C5%99edm%C4%9Bty%20maj%C3%AD%20tak%C3%A9%20v%C3%BDznamn%C3%BD](https://www.msvk.cz/data/filemanager/source/studijn%C3%AD%20texty%20pro%20knihovn%C3%ADky/11_Preventivn%C3%AD_p%C3%A9%C4%8De_o_knihovn%C3%AD_fondy_V%C3%A1vrov%C3%A1.pdf#:~:text=prostoru%2C%20kter%C3%BD%20umo%C5%BE%C5%88uje%20vznik%20mikroklimatu,ulo%C5%BEen%C3%A9%20p%C5%99edm%C4%9Bty%20maj%C3%AD%20tak%C3%A9%20v%C3%BDznamn%C3%BD). [cit. 2025-08-18].

VÁVROVÁ, Petra; NEORALOVÁ, Jitka; FRANCL, Jan; SOUČKOVÁ, Magda; ZEMBJAKOVÁ, Rebeka et al. *Kvalita ovzduší v depozitářích Národní knihovny České republiky, aneb, Prevence poškození knih: odborná monografie*. Praha: Ústav chemických procesů AV ČR, 2023. ISBN 978-80-86186-30-6.

VOJTKOVÁ, Hana. *Základy hydrobiologie a mikrobiologie – Studijní opory k praktickým cvičením*. Online. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2022. Dostupné z: <https://www.hgf.vsb.cz/export/sites/hgf/546/.content/galerie-souboru/Studijni-materialy/Opory-ZHM-FINAL-Vojtkova.pdf#:~:text=8,zbyte%C4%8Dn%C4%9B%20mluvit%2C%20aby%20se%20kap%C3%A9nkami>.

VOLEJNÍKOVÁ, Andrea; NOVÁKOVÁ, Jitka a NEUVIRT, Jíří. *Metodika dezinfekce knih napadených plísněmi*. Online, Certifikovaná metodika. Praha: Národní knihovna ČR, 2015. Dostupné z: <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-253552>. [cit. 2025-08-18].

VRKOSLAVOVÁ, Jana a NOVOTNÁ, Jitka. *Monitoring plísní ve vzduchu a na površích – Aplikace postupů dle AHEM 4/2021 v laboratoři a mimo laboratoř*. Online. 2023. Dostupné z: [https://szu.gov.cz/wp-content/uploads/2023/10/Vrkoslavova\\_Novotna\\_Monitoring\\_plisni.pdf](https://szu.gov.cz/wp-content/uploads/2023/10/Vrkoslavova_Novotna_Monitoring_plisni.pdf). [cit. 2025-08-11].

ZEMBJAKOVÁ, Rebeka; NEORALOVÁ, Jitka a VÁVROVÁ, Petra. Techniky dezinfekcie knižničných fondov. Online. *ITlib.Informačné technológie a knižnice*. 2022, roč. 26, č. 3-4, s. 66-72. ISSN 1335-793X. Dostupné z: <https://doi.org/10.52036/1335793x.2022.3-4.66-72>. [cit. 2025-08-18].

## 11 Publikace předcházející metodice

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.

NEUVIRT, Jiří a VOLEJNÍKOVÁ, A. *Ověřená technologie dezinfekce knih parami složek esenciálních olejů*. Online. 2015. Dostupné z: [http://aleph.nkp.cz/F?func=service&doc\\_library=KKL01&local\\_base=KKL&doc\\_number=00083856&sequence=000001&line\\_number=0001&func\\_code=WEB-FULL&service\\_type=MEDIA](http://aleph.nkp.cz/F?func=service&doc_library=KKL01&local_base=KKL&doc_number=00083856&sequence=000001&line_number=0001&func_code=WEB-FULL&service_type=MEDIA).

OURODOVÁ, Ludmila; VÁVROVÁ, Petra; NEORALOVÁ, Jitka a HÁJEK, Pavel. *Metodika preventivní péče o historické knihovní fondy v specifických podmínkách památkových objektů ve správě NPÚ*. Online, Certifikovaná metodika. České Budějovice: Národní památkový ústav, 2015. Dostupné z: <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-204331>.

ŠIMŮNEK, Jan; LEFNEROVÁ, Danuše a CHALOUPKOVÁ, Jana. *Metodika mikrobiologického vyšetření knih a prostředí knihovny a depozitářů*. Brno 2016, <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-263362>.

ŠIMŮNEK, Jan; LEFNEROVÁ, Danuše; KUBÁTOVÁ, Alena; CHALOUPKOVÁ, Jana; PRÁŠIL, Karel et al. *Mykologické vyšetření knih a prostředí knihovny benediktinského kláštera v Rajhradě*. Brno: Masarykova univerzita, 2015. ISBN 978-80-210-8069-0.

VÁVROVÁ, Petra a HEILANDOVÁ, Lucie. *Preventivní péče o knihovní fondy – Studijní text*. Online. Ostrava: Moravskoslezská vědecká knihovna, 2019. Dostupné z: [https://www.msvk.cz/data/filemanager/source/studijn%C3%AD%20texty%20pro%20knihovny%C3%ADky/11\\_Preventivn%C3%ADp%C3%A9%C4%8De\\_o\\_knihovny%C3%ADfondy\\_V%C3%A1vrov%C3%A11.pdf#:~:text=prostoru%2C%20kter%C3%BD%20umo%C5%BE%C5%88uje%20vznik%20mikroklimatu,ulo%C5%BEen%C3%A9%20p%C5%99edm%C4%9Bty%20maj%C3%AD%20tak%C3%A9%20v%C3%BDznamn%C3%BD](https://www.msvk.cz/data/filemanager/source/studijn%C3%AD%20texty%20pro%20knihovny%C3%ADky/11_Preventivn%C3%ADp%C3%A9%C4%8De_o_knihovny%C3%ADfondy_V%C3%A1vrov%C3%A11.pdf#:~:text=prostoru%2C%20kter%C3%BD%20umo%C5%BE%C5%88uje%20vznik%20mikroklimatu,ulo%C5%BEen%C3%A9%20p%C5%99edm%C4%9Bty%20maj%C3%AD%20tak%C3%A9%20v%C3%BDznamn%C3%BD).

VÁVROVÁ, Petra; NEORALOVÁ, Jitka; FRANCL, Jan; SOUČKOVÁ, Magda; ZEMBJAKOVÁ, Rebeka et al. *Kvalita ovzduší v depozitářích Národní knihovny České republiky, aneb, Prevence poškození knih: odborná monografie*. Praha: Ústav chemických procesů AV ČR, 2023. ISBN 978-80-86186-30-6.

VOLEJNÍKOVÁ, Andrea; NEUVIRT, Jiří a NOVÁKOVÁ, Jitka. *Metodika stanovení fungicidních účinků par esenciálních olejů a jejich složek na spory plísní na různých substrátech*. Online. 2015. Dostupné z: [http://aleph.nkp.cz/F?func=service&doc\\_library=KKL01&local\\_base=KKL&doc\\_number=00083890&sequence=000001&line\\_number=0001&func\\_code=WEB-FULL&service\\_type=MEDIA](http://aleph.nkp.cz/F?func=service&doc_library=KKL01&local_base=KKL&doc_number=00083890&sequence=000001&line_number=0001&func_code=WEB-FULL&service_type=MEDIA).

VOLEJNÍKOVÁ, Andrea; NOVÁKOVÁ, Jitka a NEUVIRT, Jiří. *Metodika dezinfekce knih napadených plísněmi*. Online, Certifikovaná metodika. Praha: Národní knihovna ČR, 2015. Dostupné z: <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-253552>. [cit. 2025-08-18].

ZEMBJAKOVÁ, Rebeka; NEORALOVÁ, Jitka a VÁVROVÁ, Petra. *Techniky dezinfekce knižních fondů*. Online. *ITlib.Informačné technológie a knižnice*. 2022, roč. 26, č. 3-4, s. 66-72. ISSN 1335-793X. Dostupné z: <https://doi.org/10.52036/1335793x.2022.3-4.66-72>. [cit. 2025-08-18].

## **12 Poděkování**

Metodika byla vytvořena v rámci Institucionální podpory Ministerstva kultury na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace – Moravské zemské knihovny v Brně.

## 13 Příloha

### Zpráva o návštěvě Archivu A

Dne 01. listopadu 2024 proběhla návštěva Archivu A, za účelem zhodnocení stavu archiválií a stanovení mikrobiologické kontaminace.

Klimatické parametry prostor depozitářů byly měřeny dataloggerem ELSEC 765 UV+ Monitor (Elsec). Stěry byly odebírány pomocí sterilních tyčinek. Odběry ovzduší byly provedeny pomocí přístroje Sampl'Air Lite (AES Laboratoire).

#### HODNOCENÍ KLIMATICKÝCH PARAMETRŮ PROSTOR ARCHIVU

Prostřednictvím dataloggeru ELSEC 765 UV+ byly zaznamenávány klimatické parametry v archivu. Přístroj měří 4 základní parametry prostředí – UV záření, intenzita osvětlení, relativní vlhkost vzduchu a teplota vzduchu.

**Tab. 1:** Výsledky klimatických parametrů v archivu

|               | Intenzita osvětlení<br>[lx] | UV záření<br>[μW/Lumen] | Teplota<br>[°C] | Relativní vlhkost<br>[%] |
|---------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------|--------------------------|
| <b>Min</b>    | 37,3                        | 0                       | 18,4            | 50,7                     |
| <b>Max</b>    | 45,7                        | 1,2                     | 20,6            | 53,0                     |
| <b>Průměr</b> | 40,1                        | 0,2                     | 18,8            | 51,5                     |

#### HODNOCENÍ MIKROBIOLOGICKÉ KONTAMINACE OVZDUŠÍ

Kontrola ovzduší byla provedena přístrojem Sampl'Air Lite (AES Laboratoire) a to v objemu 100 l/odběr na Petriho misku se sladidlovým agarom, který má nejširší spektrum pro růst plísní a kvasinek. Celkem byly provedeny 6 odběry vzduchu v interiéru a 4 odběry v exteriéru za účelem srovnání výsledku. Následně byly Petriho misky kultivovány v termostatu při teplotě  $25 \pm 0,5$  °C. Počet narostlých kolonií byl vyhodnocen po 7 dnech na základě přepočtu uvedeného v návodu k přístroji.

Teplota exteriéru byla přibližně 6,1 °C a relativní vlhkost přibližně 55,8 %.

Hodnocení ovzduší vychází ze „Standardního operačního postupu pro vyšetřování mikroorganismů v ovzduší a pro hodnocení mikrobiologického znečištění ovzduší ve vnitřním prostředí“ (2001, Státní zdravotní ústav v Praze) a z normy ČSN EN 13098.

Získané hodnoty KTJ/m<sup>3</sup> byly aritmeticky zprůměrovány a koncentrace mikroorganismů v ovzduší byla zaražena do jedné z pěti kategorií znečištění: velmi nízké, nízké, střední, vysoké a velmi vysoké. Tyto kategorie znečištění jsou uvedeny Evropskou unií na základě průměrných hodnot měřených ve vnitřním prostředí (EUR 14988) a jsou uvedeny v Tab. 2. Kategorizace se liší pro domácnosti a ostatní neprůmyslové prostředí (s výjimkou nemocnic).



Na základě výsledků bylo stanoveno tzv. relativní znečištění – poměr koncentrace mikroorganismů uvnitř a venku (dále jako U/V). Tento poměr vypovídá o míře vnitřního znečištění za předpokladu, že teploty a relativní vlhkosti vnějšího a vnitřního prostředí nejsou zásadně odlišné. Za hygienicky závažné znečištění je považován poměr vyšší než 2.

Hodnoty znečištění v KTJ/m<sup>3</sup> (KTJ – kolonie tvořící jednotka) jsou uvedeny v Tab. 2. Barevné podbarvení jednotlivých buněk odpovídá příslušné kategorii znečištění pro koncentrace plísní a bakterií v pobytových místnostech dle EUR 14988.

Hygienickým limitem koncentrace mikroorganismů ve vnitřním ovzduší je kategorie znečištění střední (včetně) pro směsnou populaci bakterií i plísní.

Použité postupy umožňují pouze semikvantitativní stanovení, tj. nelze jimi přesně určit počet mikroorganismů.

**Tab. 2:** Kategorie znečištění ovzduší vnitřního prostředí dle EUR 14988 - kritérium koncentrace směsné populace bakterií a směsné populace plísní v ovzduší pobytových místností

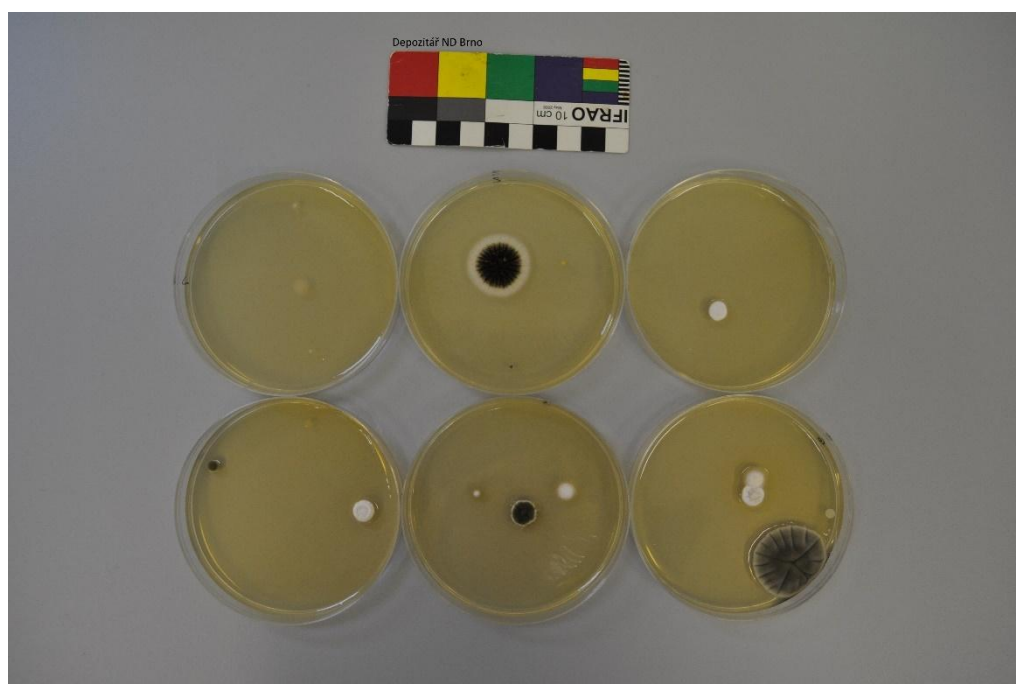
| Kategorie    | Pobytové místnosti             |                              | Domácnosti                     |                              |
|--------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
|              | Bakterie (KTJ/m <sup>3</sup> ) | Plísně (KTJ/m <sup>3</sup> ) | Bakterie (KTJ/m <sup>3</sup> ) | Plísně (KTJ/m <sup>3</sup> ) |
| Velmi nízké  | < 50                           | < 25                         | < 100                          | < 50                         |
| Nízké        | < 100                          | < 100                        | < 500                          | < 200                        |
| Střední      | < 500                          | < 500                        | < 2 500                        | < 1 000                      |
| Vysoké       | < 2 000                        | < 2 000                      | < 10 000                       | < 10 000                     |
| Velmi vysoké | > 2 000                        | > 2 000                      | > 10 000                       | > 10 000                     |

Hodnoty znečištění vyjádřené v KTJ/m<sup>3</sup> jsou uvedeny v Tab. 2. Barevné podbarvení jednotlivých buněk odpovídá kategoriím znečištění pro koncentrace plísní a bakterií v pobytových místnostech podle klasifikace EUR 14988.

**Tab. 3:** Průměrné hodnoty mikrobiologického znečištění ovzduší v daném prostoru (KTJ/m<sup>3</sup>) na sladinovém agaru. Barevné podbarvení odpovídá hodnocení podle klasifikace EUR 14988 (viz kategorizace v Tab. 2).

| Místo měření | KTJ/m <sup>3</sup> | Průměr KTJ/m <sup>3</sup> | U/V  |
|--------------|--------------------|---------------------------|------|
| Archiv       | 30                 | 23,3                      | 0,02 |
|              | 20                 |                           |      |
|              | 10                 |                           |      |
|              | 20                 |                           |      |
|              | 30                 |                           |      |
|              | 30                 |                           |      |
| Exteriér     | 360                | 972,5                     |      |
|              | 590                |                           |      |
|              | 570                |                           |      |
|              | 2370               |                           |      |

KTJ – kolonie tvořící jednotku



**Obr. 1:** Petriho misky s vykultivovanými plísněmi z náběrů vzduchu v archivu

## HODNOCENÍ MIKROBIOLOGICKÉ KONTAMINACE POVRCHŮ

Z povrchů knih, převážně ořízek, byly odebrány stěry sterilním vatovým tamponem. Celkem bylo provedeno 15 stěrů. Odebíraný materiál byl v laboratoři Centrálního depozitáře Národní

knihovny ČR přenesen na povrch sladivého agaru. Petriho misky se živnou půdou byly inkubovány v termostatu při teplotě  $25 \pm 0,5$  °C po dobu 10 dnů. Po uplynutí této doby byl proveden odečet počtu kolonií.

Použité postupy umožňují pouze semikvantitativní stanovení, tj. nelze jimi přesně určit počet mikroorganismů.

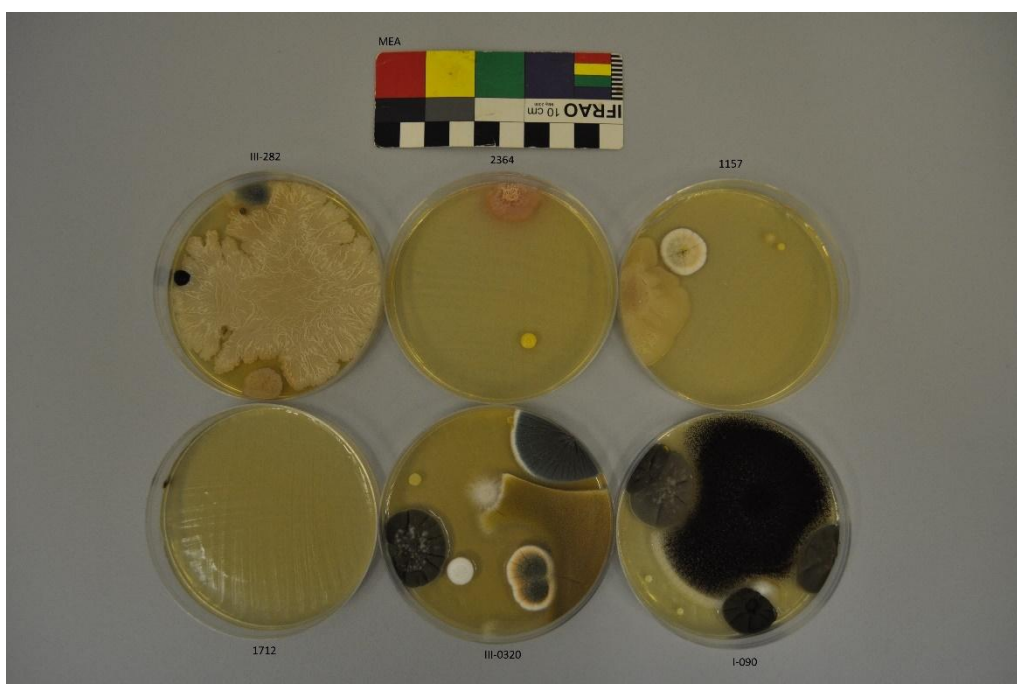
**Tab. 4:** Výsledky mikrobiální kontaminace povrchů

| Pořadí | Signatura/Místo | Počet kolonií | Identifikované druhy plísní                                                                                                        |
|--------|-----------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | III-154         | 29            | <i>Penicillium sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Cladosporium sp.</i> , neident.                                               |
| 2      | I-86-1          | 11            | <i>Penicillium sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Cladosporium sp.</i> , neident.                                               |
| 3      | 413-4           | 0             | -                                                                                                                                  |
| 4      | 3648            | 0             | -                                                                                                                                  |
| 5      | 4073            | 0             | -                                                                                                                                  |
| 6      | III-95          | 5             | <i>Penicillium sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Cladosporium sp.</i>                                                          |
| 7      | III-282         | 4             | <i>Penicillium sp.</i> , <i>Cladosporium sp.</i> , neident.                                                                        |
| 8      | 2364            | 0             | -                                                                                                                                  |
| 9      | 1157            | 2             | <i>Penicillium sp.</i> , neident.                                                                                                  |
| 10     | 1712            | 1             | <i>Cladosporium sp.</i>                                                                                                            |
| 11     | III-0320        | 10            | <i>Penicillium sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Cladosporium sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i> , <i>Alternaria sp.</i> , neident. |
| 12     | I-090           | 7             | <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Cladosporium sp.</i>                                                                                   |
| 13     | stěna           | 5             | <i>Penicillium sp.</i> , <i>Cladosporium sp.</i>                                                                                   |
| 14     | stěna           | >50           | <i>Penicillium sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i> , <i>Alternaria sp.</i> , <i>Cheatomium sp.</i> , neident.   |
| 15     | zasolení        | >50           | <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Fusarium sp.</i> , <i>Alternaria sp.</i> , neident.                                                    |

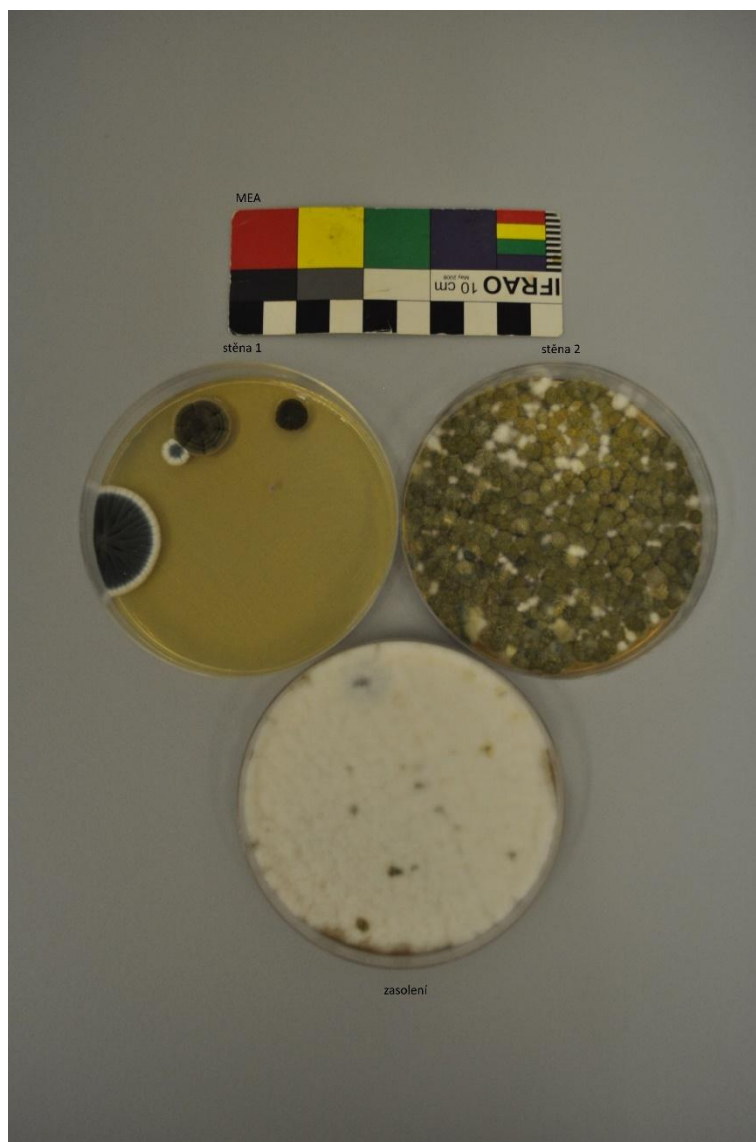
- nulové stěry jsou v běžném prostředí výjimečné
- 1–5 kolonií: výborný stav fondu
- 6–20 kolonií: běžný nález v přirozeném prostředí
- nad 20 kolonií: převážně na ořízkách knih
- nad 50 kolonií: žádoucí mechanická očista



**Obr. 2:** Petrihoisky s vykultivovanými plísněmi ze stěrů z povrchů archiválií v archivu



**Obr. 4:** Petrihoisky s vykultivovanými plísněmi ze stěrů z povrchů archiválií v archivu



**Obr. 5:** Petriho misky s vykultivovanými plísněmi ze stěrů z povrchů sten v archivu





**Obr. 6,7:** *Stav stěn v archivu, plíseň a pisivky na stěnách*

## ZÁVĚR

Na základě měření klimatických parametrů v obou depozitářích lze konstatovat, že podmínky pro uložení archivních materiálů jsou z dlouhodobého hlediska vhodné. Depozitáře jsou klimatizované a díky odvlhčovačům je jednodušší udržet optimální teplotu a vlhkost. Tolerovaný interval relativní vlhkosti je  $50 \pm 5$  %. Doporučený teplotní limit pro uložení archiválií je  $18 \pm 2$  °C. Při vyšší relativní vlhkosti hrozí riziko poškození plísněmi a bakteriemi a při nízké hrozí, v případě papíru, ztráta pružnosti a elasticity. Vzhledem k vysoké citlivosti papíru na působení světla je optimální uchovávat tyto předměty v naprosté tmě. Pokud by došlo

k dlouhodobému vystavení archivních materiálů světlu, ať už viditelnému nebo UV, mohlo by dojít k blednutí barev a destrukci papíru.

Na základě výsledků z kontrolních náběrů ovzduší, uvedených v Tab. 4, lze konstatovat, že depozitáře spadají do kategorie velmi nízkého znečištění. Množství životaschopných spor v ovzduší je nízké. Podle výsledků tedy můžeme říci, že hodnoty kontaminace ovzduší v daných prostorách depozitáře nepřekračují hygienický limit koncentrace mikroorganismů ve vnitřním prostředí ( $500 \text{ KTJ/m}^3$ ), a prostory jsou tedy čisté. Rovněž hodnota U/V, která ukazuje relativní znečištění, se pohybuje v nízkých hodnotách. Na Obr. 1 je fotografie Petriho misek s vykultivovanými vláknitými houbami z náběrů vzduchu v depozitáři. Byly identifikovány některé druhy plesní: *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, a *Cladosporium sp.*, které se běžně nacházejí v prostředí. Přestože bylo ve vzduchu zachyceno jen malé množství spor, mohou se tam nacházet těkavé látky. Navíc alergenní potenciál nemají jen živé plísňe, ale i odumřelé – do vzduchu se dostávají části hyf, které mohou dráždit a vyvolávat reakce. To by mohlo vysvětlovat zarudnutí očí u všech přítomných v archivu během měření. Na knihách se také mohl vyskytovat druh plísni, který za daných podmínek nevytváří konidiofory a nesporuluje, a proto se do vzduchu žádné spory nedostávají.

V případě mikrobiologické kontroly povrchu archiválií byl nález životaschopných plísni ze stěrů (Tab. 4) v některých případech mírně zvýšen. Avšak stěry ze stěn (Obr. 6) vykazovaly velmi vysoké hodnoty. Na stěnách bylo zaznamenáno i velké množství pisivek (Obr. 7), což může odpovídat údajům z některých studií, podle nichž se primárně živí plísněmi.

## DOPORUČENÍ

---

V první řadě je nutné udržovat relativní vlhkost, ideálně na hodnotách 45–50 % a pokračovat v odvlhčování prostor. V těchto podmínkách se růst plísni zpomalí až zastaví. Doporučuje se používat odvlhčovač s vhodným výkonem (50 l/den) a s uhlíkovým filtrem, ideálně i HEPA filtrem. Je nezbytné pravidelně kontrolovat, zda nejsou nádrže odvlhčovačů plné, případně zajistit kontinuální odvod kondenzátu (do odpadu, kanalizace, zásobní nádoby apod.).

Doporučujeme měřit klimatické parametry (teplota, relativní vlhkost) prostor digitálním dataloggerem, ideálně i s ukazovatelem rosného bodu a absolutní vlhkostí. Z ověřených dodavatelů dataloggerů pro záznam teploty a vlhkosti lze doporučit záznamníky od firmy Testo ([www.testo.com](http://www.testo.com)) nebo Comet ([www.cometsystem.cz](http://www.cometsystem.cz)).

Co se týče povrchové ambulantní dezinfekce knih, je vhodné použít 96 % etanol formou postřiku, který se pomaleji odpařuje a účinek na kontaminovaném povrchu je delší, což zvyšuje efektivitu dezinfekce. Je vhodné použít kadeřnický rozprašovač s mikro rozptýlením, který vytvoří lehkou mlhu. Je však nutné zohlednit riziko aktivace barviv rozpustných v etanolu. Postřik je nutno provádět v dobře odvětrávaném prostoru.

Při této práci je třeba dbát na užívání ochranných pomůcek, jako je respirátor minimálně v kvalitě FFP3 nebo respirátor s aktivním uhlím, případně polomasku s filtrem typu A, rukavice, ideálně i brýle a pracovní oděv. U citlivějších jedinců se mohou bez ochranných



pomůcek při dezinfekci v místnosti projevit alergické reakce, podráždění kůže, očí a respirační obtíže.

Pro mechanickou očistu knih je vhodné použít vysavače s HEPA filtrem (průmyslové nebo muzejní vysavače).

Také je nutné ošetřit stěny a dezinfikovat je vhodným dezinfekčním prostředkem pro ošetření povrchů v interiéru bez chloru, například přípravek DEZISAN, SAVO dezinfekce bez chloru, LAVON, aj.