
TECHNIKY DEZINFEKCIE KNIŽNIČNÝCH FONDŮ

Ing. Rebeka Zembjaková; Rebeka.Zembjakova@nkp.cz; (Oddělení vývoje a výzkumných laboratoří, Národní knihovna ČR); Mgr. Jitka Neoralová; Jitka.Neoralova@nkp.cz; (Oddělení vývoje a výzkumných laboratoří, Národní knihovna ČR); Ing. Petra Vávrová, Ph.D.; Petra.Vavrova@nkp.cz; (Odbor ochrany knihovních fondů, Národní knihovna ČR)

Knižné väzby, ktoré sú prevažujúce v knižničných fondoch, často zastúpené aj v umelecko-historických zbierkach, môžu byť kontaminované rôznymi mikroorganizmami. Preto je často nutné, ešte pred konzervátorsko-reštaurátorským zásahom, pristúpiť k ich dezinfekcii. Šetrnosť voči ošetrovanému materiálu je jednou z požiadaviek kladených na prostriedky používané v konzervátorskej praxi. Príspevok prezentuje možné príčiny mikrobiálneho poškodenia a následne aj prehľad metód a prostriedkov, pomocou ktorých možno zachrániť napadnuté materiály pred ďalšou degradáciou. Zo širokej škály dezinfekčných prostriedkov budú spomínané predovšetkým metódy využívané v konzervátorskej praxi v minulosti aj súčasnosti a tiež nové metódy potenciálne vhodné na využitie v odvetví starostlivosti o knižničné fondy.

<http://doi.org/10.52036/1335793X.2022.3-4.66-72>

Historické bohatstvo akejkoľvek krajiny je, okrem iného, uložené aj na papierových nosičoch. Cieľom inštitúcií je zachovať predmety kultúrneho dedičstva pre súčasné a budúce generácie a vytvoriť tak možnosť osobného kontaktu s históriou. Len fyzický nosič v dobrom stave je možné digitalizovať a aj po tomto procese je dôležité mať fyzickú zálohu. Zároveň však zdigitalizovanie nepojme všetky informácie, ktorých je predmet nositeľom.

Ochrana archívnych dokumentov a knižničných fondov, s dôrazom na ich konzervovanie a stabilitu, patrí k hlavným úlohám archívov a knižníc na celom svete. V súčasnej dobe je v oblasti ochrany o fyzický stav zbierok za najdôležitejšiu považovaná preventívna ochrana, najmä vhodné skladovanie, keďže sú veľmi často ohrozované rôznymi typmi degradačných faktorov. Jednou skupinou faktorov sú živé organizmy, ktoré sú pôvodcom biologicko- degradácie týchto materiálov. Knižné fondy, ktoré majú najväčšie zastúpenie v zbierkach knižníc, či už sú syntetického, alebo prírodného pôvodu (rastlinné alebo živočíšne), sú ľahko infikovateľné mikroorganizmami, ktoré zo všetkých biologických činiteľov predstavujú pre tieto zbierky najväčšie riziko, a to najmä v podmienkach vysokej vlhkosti. Ďalšími faktormi prispievajúcimi k rastu plesní v prítomnosti vlhkosti sú: vysoké teploty, stojatý vzduch, povrchové znečistenie i miesto uskladnenia. Klimatické podmienky vhodné pre aktívny rast plesní často vznikajú aj v dôsledku porúch vodovodného systému,

klimatizácie, záplav a taktiež aj veľkých teplotných výkyvov. Organické materiály tvoriace knihy a iné knižničné dokumenty ľahko absorbujú vodu, a tak sa môžu stať predmetom mikrobiálneho napadnutia (Hřebecká et al. 2016; Karbowska-Berent et al. 2018; Kubinec et al. 2020).

RIZIKÁ NAPADNUTIA PLESŇAMI

Plesne produkujú veľké množstvo drobných reprodukčných spór, ktoré – keď sa dostanú do vzduchu – môžu kontaminovať priľahlé priestory a za vhodných podmienok vyklíčiť na novom mieste a trvalo tak poškodiť materiály, ktoré – ak obsahujú viac než 8 % vody – sú vhodné na ich rast. Celosvetovo je deštrukcia kníh spôsobená činnosťou mikroorganizmov známym problémom v konzervátorskej praxi. Mikrobiálne poškodenie môže mať za následok zmenu farby, zhoršenie estetických vlastností, rozklad napadnutého materiálu, zníženie pevnosti, ale aj výskyt špecifického zatuchnutého zápachu. Plesne môžu tvoriť organické kyseliny ako vedľajší produkt a tie môžu korodovať a leptať organické materiály. Tiež môžu produkovať enzýmy, ktoré ovplyvňujú zloženie organických materiálov a tie sú potom ľahšie napadnuteľné hmyzom. Často tak dochádza ku kombinácii deštruktívneho pôsobenia mikroorganizmov a hmyzu. Všetky tieto degradačné deje vedú k nenahraditeľnej strate kultúrneho dedičstva. Ďalším problémom môže



Obr. 1: Kniha napadnutá plesňou

byť škodlivosť mikroorganizmov na zdravie ľudí, najmä knihovníkov, pracovníkov depozitárov, konzervátorov či čitateľov, ktorí s nimi pravidelne manipulujú, a preto je často potrebné začať konzervačné práce dezinfekciou týchto predmetov. Pracovníci môžu byť vystavení mnohým chorobám z povolania, ako sú respiračné a infekčné choroby, alergie a mykózy (Karbowska-Berent et al. 2018; Kubinec et al. 2020; Gutarowska et al. 2012b; Drábková 2021).

PREHĽAD METÓD A PROSTRIEDKOV

Dezinfekčné prostriedky musia spĺňať niekoľko kritérií, akými sú dostatočná účinnosť, nepoškodzovanie ošetrovaného materiálu a životného prostredia, trvácnosť, dostupnosť, ľahké použitie a minimálna toxicita pre človeka. Preto sú neustále vyvíjané a testované nové prípravky, ktoré by sa mali vyznačovať maximálnym účinkom proti plesniam a s minimálnym negatívnym efektom na dezinfikované predmety. V súčasnosti existuje celý rad overených dezinfekčných prostriedkov, napriek tomu ťažko

povedať, či bol vynájdený ideálny prípravok, ktorý by ani v tej najmenej miere nepoškodzoval knižničné fondy. Zo širokej škály dezinfekčných prostriedkov budú spomínané predovšetkým metódy využívané v konzervátorskej praxi v minulosti aj súčasnosti a tiež nové metódy potenciálne vhodné na využitie v odvetví starostlivosti o knižničné fondy (Karbowska-Berent et al. 2018; Pietrzak et al. 2017a).

Ak materiály vykazujú viditeľné známky mikrobiálneho rastu, mali by sa okamžite izolovať od zvyšnej zbierky, ktorej rozsah kontaminácie spolu s priestormi by sa mal skontrolovať, mala by sa použiť vhodná metóda dezinfekcie na ochranu materiálu pred progresívnym biologickým znehodnotením a taktiež na ochranu ľudí pred kontaktom so škodlivými mikroorganizmami. Na dosiahnutie požadovaného dezinfekčného účinku na mikroorganizmy sa používajú rôzne chemické a fyzikálne metódy, poprípade ich kombinácia. Rozhodnutie o výbere metódy dezinfekcie by malo byť urobené individuálne, pre konkrétne predmety, odbornými pracovníkmi

po analýze stavu a materiálového zloženia predmetov. Škála dezinfekčných metód je široká, chemické metódy zahŕňajú použitie biocídov (látky používané na ničenie a obmedzovanie rastu škodlivých organizmov), plynov a pár, zatiaľ čo fyzikálne faktory zahŕňajú gama a UV žiarenie, nízku alebo vysokú teplotu atď. V prípade archívov a knižníc je užitočné použiť metódy dezinfekcie, ktoré možno aplikovať na veľký počet postihnutých materiálov. V niektorých prípadoch môže konzervátor rozhodnúť, že ak akákoľvek metóda dezinfekcie spôsobí viac škody ako úžitku, potom by mal byť objekt udržiavaný pri nízkej relatívnej vlhkosti, aby sa spomalilo zhoršenie stavu (Saada et al. 2021; Pietrzak et al. 2017b).

FYZIKÁLNE METÓDY

Keďže voda je nevyhnutná pre vývoj a rast mikroorganizmov, dehydratácia je jednou z najbežnejších fyzikálnych metód na ochranu materiálov pred mikroorganizmami. Na dosiahnutie vyššej účinnosti je potrebný rýchly proces. Pri sušení veľkého množstva materiálu je proces pomalý, čo umožňuje rast plesní. Proces sa vykonáva v sušiarňach s teplým vzduchom alebo preložením predmetu absorpčným materiálom. K fyzikálnym metódam sa zaraďuje napríklad aj mechanické odstránenie nečistôt a plesní pomocou vysávača s hepa filtrom. Avšak v prípade značného množstva životaschopných mikroorganizmov, ktoré parazitujú na knižničných fondoch, suché čistenie odstráni spóry a hýfy iba z povrchu predmetu, ale proces biologickej degradácie môže vo vnútri pokračovať. Okrem toho niektoré spóry húb či baktérií môžu ostať životaschopné niekoľko rokov a v prípade akéhokoľvek pohybu kontaminovať vzduch a následne, v dôsledku rozptýlenia, povrchy iných predmetov. Iné metódy, ako je gama a ultrafialové žiarenie, nie je možné použiť na dezinfekciu historických predmetov z dôvodu fyzikálnej a mechanickej degradácie (zníženie pevnosti, zmena farby a pH a i.) ožarovaného objektu v dávkach účinných pre očakávané fungicídne a baktericídne účinky (Drábková 2021).

V posledných rokoch, hlavne v období pandémie koronavírusu, sa rozšírila dezinfekcia a sterilizácia miestností pomocou ozónu. Aj napriek tomu, že ozonizácia nemá vplyv na farebnosť a mechanické vlastnosti knižničných dokumentov, tak nebola preukázaná účinnosť pri dezinfekcii papiera, ktorý je už mikrobiologicky napadnutý. Tieto opatrenia sa teda neodporúčajú na ošetrovanie papiera a všeobecne kníh a nemožno ozonizáciu považovať za účinnú dezinfekciu dokumentov (Đurovič et al. 2008; Vávrová et al. 2020).

V prípade sušenia vlhkých papierov z dôvodu povodní je najlepšou metódou zmrazovanie, použité napr. pri povodni v Prahe v roku 2002. Následne boli fondy vysušo-

vané aj pomocou mikrovlnného žiarenia, čo je tiež jedna z fyzikálnych metód, ktorá bola skúšaná na použitie k dezinfekcii, avšak kvôli mnohým obmedzeniam nemôže byť bežne využívaná. Taktiež sa po potope využívalo aj sušenie vo vákuovej komore, ktorá je umiestnená v Centrálnom depozitári Národnej knihovny ČR v Hostivaři (Drábková 2021; Losíková 2012).

CHEMICKÉ METÓDY

Rôznorodosť chemických prostriedkov, ktoré pôsobia negatívne na mikroorganizmy, je obrovská, avšak počet produktov vhodných na papier, najmä na ten historický, je obmedzený. Hlavnými dôvodmi sú obrovská rozmanitosť typov papiera a médií používaných v minulosti i v súčasnosti a ich prevažne vysoká náchylnosť k chemickému poškodeniu. Teda výber vhodného prostriedku je veľmi ťažký. Mikrobiocídy používané na dezinfekciu zahŕňajú veľké množstvo chemicky aktívnych látok, ako sú alkoholy, aldehydy, fenoly, epoxidy, kvartérne amóniové soli alebo iné povrchovo aktívne látky. Chemické ochranné prostriedky (biocídy) je možné aplikovať na predmety buď vo forme roztokov, kde účinná látka je rozpustená vo vhodnom rozpúšťadle, alebo vo forme aerosólov, kde účinná látka – kvapalina – je rozptýlená v plyne, alebo je možné účinnú látku priamo použiť v plynnej fáze – tzv. plynovanie. Kvapalné biocídne látky sa aplikujú na predmet pomocou tampónov, náterom, alebo priamo ponorením predmetu do roztoku. To však môže byť nebezpečné pre ošetrovaný materiál z dôvodu bobtnania materiálu, poškodenia písma atď. Trochu šetrnejšou metódou je postrek predmetu aerosólom. Predmet prichádza do styku s menším množstvom kvapaliny ako v prípade ošetrovania kvapalnými biocídm. Známa je aj metóda fumigácie, pri ktorej účinná látka pôsobí vo forme dymu. V hermeticky uzavretom priestore sa vytvára atmosféra, ktorá je pre biologických škodcov toxická (Kučerová, Slezáková a Vosátková 1999; Bacílková 1999).

Veľmi účinnou metódou dezinfekcie sú vákuové systémy plynovania, ktoré sú založené na použití chemickej zlúčeniny, ktorá je v plynnej fáze toxická pre jasne definované skupiny mikroorganizmov. Najpopulárnejšou látkou v tomto smere je etylénoxid, ktorý je štandardným, širokospektrálnym sterilizačným prostriedkom knižničných fondov v špeciálnych komorách. Dokáže usmrtiť všetky živé organizmy v materiáli – plesne so spórmi, baktérie, vírusy a hmyz (vo všetkých vývojových štádiách). Výhodou je, že nemechanické a ani chemické vlastnosti knižničných dokumentov a taktiež umožňuje kolektívne ošetrovanie mnohých predmetov. Avšak etylénoxid má schopnosť viazať sa rôznym spôsobom na povrch ošetrovaného materiálu a z neho sa následne uvoľňuje



Obr. 2: Vákuová komora

do ovzdušia. Jeho rezíduá môžu predstavovať zdravotné riziko pre pracovníkov komôr a používateľov fondov. Vzhľadom na karcinogénny, mutagénny a dráždivý charakter tohto bežne používaného dezinfekčného postupu, akým je plynovanie etylénoxidom, krajiny Európskej únie tieto metódy postupne vyradujú (Sequeira, Cabrita a Macedo 2012).

Na dezinfekciu možno použiť aj deriváty fenolu, ktoré sú sporicídne, respektíve dezinfekčné prostriedky, ktoré obsahujú zmes fenolov. Na konzervovanie papiera sa používal najmä thymol a o-fenylfenol, väčšinou vo forme pár alebo roztoku. Ich použitie môže však viesť k zožltnutiu papiera alebo následnej degradácii (Bacílková 1999). Ďalšou skupinou chemických širokospektrálnych dezinfekčných prostriedkov sú aldehydy, kam patrí aj formaldehyd, ktorý sa používal vo forme pár alebo ako roztok. Dezinfekcia formaldehydom však vedie k značnému zvýšeniu krehkosti papiera (Bacílková 1999).

K pomerne často používaným patria kvartérne amóniové soli. V Česku je na trhu komerčne dostupný prípravok Ajatin (10 % bezfarebný roztok) alebo Septonex (bie-

ly prášok). Používajú sa vo forme 2 – 5 % etanolových či vodných roztokov prostredníctvom namáčania, náterov alebo postrekov. Rizikom pri použití je ich zadržiavanie v ošetrovanom materiáli, čo z dlhodobého hľadiska môže viesť k zhoršeniu fyzikálno-chemických vlastností. Tieto látky majú primárne baktericídne účinky a nižšiu účinnosť proti plesniam (Bacílková 1999).

Alkoholy sú účinné proti plesniam aj baktériám. Neovplyvňujú zmenu farby ani výrazne fyzikálno-mechanické vlastnosti. Spôsobujú však otvorenie štruktúry a následnú vyššiu citlivosť v prostredí s vyššou vlhkosťou. Tiež je nutné overiť si, či kniha neobsahuje voskové pečate, kolofóniu, šelak alebo atramenty rozpustné alkoholmi. Najvhodnejšia je aplikácia alkoholových pár, ktorá je dostatočne účinná proti vláknitým hubám, pretože nedochádza k priamemu kontaktu papiera a médií s akýmikoľvek kvapalinami. Ich veľkou výhodou je aj schopnosť odparovať sa, vďaka čomu v krátkom čase po úprave nezostávajú v papieri žiadne zvyšky týchto biocídov. Etanol je jedným z najstarších antiseptických činidiel, ktorý je účinný proti širokému spektru baktérií,

plesní a mnohých vírusov, ale je neúčinný proti bakteriálnym spóram. Aby bol dosiahnutý maximálny účinok pri dezinfekcii etanolom formou postreku, otierania alebo namáčania, je nutná prítomnosť vody (60 – 70 % roztok). V Národnej knižnici Českej republiky je najviac používaným prípravkom na dezinfekciu knižničných materiálov butanol. Dezinfekcia musí prebiehať v hermeticky uzavretom priestore s použitím 96 % roztoku butanolu s vodou, ktorý sa nechá voľne vyparovať z nádoby na dne komory po dobu 2 – 3 dní. V prípade nízkej teploty a vlhkosti plesne a ich spóry sú v neaktívnom stave, v ktorom sú viac odolné voči dezinfekčným prostriedkom. V neaktívnom stave môžu plesne prežiť aj niekoľko desiatok rokov. Vhodné prostredie ich môže následne aktivovať a ešte viac poškodiť archívne dokumenty a knižničné fondy (Bacílková 1999; Sequeira, Cabrita a Macedo 2012; Franci a Sova 2000).

VÝVOJ NOVÝCH DEZINFEKČNÝCH PROSTRIEDKOV

Každá z metód má inú účinnosť, od sterilizácie až po biostatický efekt. Väčšina z nich bola testovaná na ochranu predmetov kultúrneho dedičstva, ale pre mnohé obmedzenia (zmena vlastností materiálu – farba, pevnosť, nízka účinnosť proti spóram, škodlivosť pre človeka a životné prostredie) bez veľkého úspechu. Hľadanie novej účinnej metódy dezinfekcie historických materiálov je preto stredobodom vedeckého záujmu. Jednou z mnohých alternatívnych metód dezinfekcie knižničných dokumentov sú esenciálne oleje, nanočastice striebra, nízkoteplotná plazma a pary peroxidu vodíka.

ESENCIÁLNE OLEJE

V súčasnosti sa esenciálne oleje (EO) vďaka svojej biologickej odbúrateľnosti úspešne používajú v mnohých oblastiach (kozmetika, potravinárstvo, liečba infekcií a chorôb). Sú známe pre svoje inhibičné účinky proti rôznym organizmom vrátane vírusov, baktérií, húb a hmyzu. Z mnohých publikovaných štúdií však len niekoľko uvádza ich využitie v oblasti prevencie biodeteriorácie kníh a historických dokumentov alebo ich konzervácie. Testovanie EO prebiehalo aj v Národnej knižnici ČR, kde bol vyvinutý postup pre aplikáciu týchto pár vo viacúčelovej vákuovej komore, ktorým sa dosiahne silný fungicídny účinok a dôjde k zahubeniu alebo silnému zredukovaniu počtu živých spór a plesní. Používanie EO na papierové materiály je stále kontroverzné, najmä kvôli nedostatku vedeckých dôkazov o možných nepriaznivých účinkoch na historický papier. Niektoré štúdie nepopisujú žiadne výrazné zmeny vlastností papiera po dezinfekcii pomocou EO. Na druhej strane, štúdia Národného archívu v Prahe poukázala na to, že niektoré z hlavných účinných

látok silie spôsobujú výrazné zmeny farby dezinfikovaného papiera (Pietrzak et al. 2017a; Volejníková, Nováková a Neuvirt 2015a; 2015b).

NANOČASTICE STRIEBRA

Nanočastice striebra (AgNPs) sú známe svojimi širokospektrálnymi antimikrobiálnymi vlastnosťami. AgNPs sa už aplikovali na dezinfekciu historických materiálov, ako je pergamen, koža, drevo, vlákna a papier. Doteraz nebol pozorovaný výrazný negatívny vplyv na vlastnosti materiálov z papiera po aplikácii AgNPs, aj keď niektoré výskumy poukazujú na určité riziko vzniku zmien. Použitie nanočastíc sa javí ako sľubná metóda, pretože potláčajú vývoj rezistentných kmeňov, ktoré sú aktuálnym problémom v dôsledku rastúcej mikrobiálnej rezistencie voči kovovým iónom. Proces dezinfekcie môže prebiehať v uzavretej komore (bezpečnej pre obsluhu aj prostredie) alebo rozprašovaním, či ponorením do vodnej disperzie. Ďalšou výhodou tejto metódy je ochrana do budúcnosti (aplikované nanočastice striebra zostávajú na povrchu) v porovnaní s krátkodobými metódami. Biocídna účinnosť závisí nielen od koncentrácie striebra v disperzii, ale aj od veľkosti častíc. V prípade prítomnosti vegetatívnych buniek a spór je dôležité vykonať ich aktiváciu tesne pred dezinfekciou ako krátkodobú prípravnú fázu na nasledujúci proces (dezinfekciu). Materiály by mali byť vystavené 80 % relatívnej vlhkosti po dobu 8 hodín (nie je nutné pre mokré materiály). Za týchto podmienok nie je aktivácia spór pre predmety nebezpečná a ich klíčenie uľahčuje prienik AgNPs do buniek, a tým zvyšuje účinnosť procesu. Niektoré štúdie uvádzajú, že AgNPs nemajú nepriaznivý vplyv na zmenu materiálových parametrov, a teda túto metódu možno použiť na dezinfekciu knižničných dokumentov ako alternatívu k súčasným metódam. Jedným z používaných dezinfekčných prostriedkov na báze AgNPs je Sanosil Super 25 Ag (S010) aplikovaný vo forme hmloviny, ktorý sa javí ako účinný na odstránenie mikrobiálnej kontaminácie z predmetov a priestorov, v ktorom sú knižničné dokumenty umiestnené. Stále je však potrebné brať do úvahy, že v bežnej atmosfére je striebro pokryté vrstvou čierneho sulfidu strieborného, čo by mohlo viesť k zmene farby dezinfikovaného predmetu (Saada et al. 2021; Pietrzak et al. 2017a; Pietrzak et al. 2017b; Vizárová et al. 2015).

PLAZMA

Nízkoteplotná plazma môže byť generovaná elektrickými výbojmi pod nízkym alebo atmosférickým tlakom. Najčastejšie používané atmosféry sú prírodný alebo syntetický vzduch, dusík, kyslík, hélium, vodík, argón a ich zmesi. Nízkoteplotná plazma bola testovaná na mik-



Obr. 3: Dezinfekcia v parách butanolu

robiálnu dekontamináciu povrchov a kvapalín. Väčšina predbežných štúdií, popisujúca metódy dezinfekcie a vplyv plazmy na vlastnosti papiera, bola realizovaná v modelových podmienkach s použitím nového papiera a monokultúr mikroorganizmov. Vlastnosti historického papiera sa počas skladovania menia, takže reakcia takéhoto materiálu na dezinfekčný prostriedok môže byť úplne iná ako pri celkom novom papieri, aj keď je umelo starnutý (Pietrzak et al. 2017a; Valentová 2015).

PEROXID VODÍKA

Peroxid vodíka (H_2O_2) v plynnej fáze má vyššiu biocídnu aktivitu ako v kvapalnej fáze. Proces dezinfekcie s peroxidom vodíka má štyri po sebe nasledujúce fázy: odvlhčenie okolitého vzduchu na relatívnu vlhkosť menšiu ako 40 %, odparenie kvapalného H_2O_2 pri teplote 120 °C v generátore, cirkulácia vzduchu s obsahom peroxidu vodíka v uzavretom priestore počas vopred stanoveného časového obdobia a následne jeho cirkulácia späť do generátora na katalytickú redukciu, kým jeho koncentrácia neklesne na bezpečnú úroveň. Použitie H_2O_2 na dezinfekciu historických predmetov ponúka mnoho výhod v porovnaní s dezinfekciou etylénoxidom.

Táto metóda umožňuje súčasnú dezinfekciu predmetov, vzduchu a povrchov skladových priestorov bez nutnosti vývozu predmetov, na rozdiel od etylénoxidu. Správne vykonaná dezinfekcia je navyše bezpečná pre ľudí a životné prostredie, pretože na rozdiel od karcinogénneho a mutagénneho etylénoxidu, peroxid vodíka sa rýchlo rozpadá na kyslík a vodnú paru. Pri správnom nastavení parametrov (koncentrácia, čas) spôsobuje dezinfekcia peroxidom vodíka len mierne farebné zmeny, ktoré nie sú vnímateľné voľným okom. Testovaná metóda neovplyvnila štruktúru a ani chemické zloženie materiálu (Wawrzyk et al. 2020).

ZÁVER

Mikrobiologická kontaminácia knižničných fondov je nebezpečným faktorom degradácie, a preto sa aplikácii a vývoju nových metód dezinfekcie a sterilizácie stále venuje veľká pozornosť. Celosvetové štúdie taktiež poukazujú na potrebu študovať mikroorganizmy, ktoré spôsobujú znehodnocovanie historických materiálov v dôsledku neustálej biodiverzifikácie, variability a adaptácie mikroorganizmov na papier a podmienky prostredia. Navyše, mikrobiálny biotyp môže mať inú citlivosť

na dezinfekčné činidlo ako monokultúry.

Príspevok sumarizuje súčasné poznatky o metódach používaných na dezinfekciu mikrobiálneho poškodenia knižničných fondov. Téma dezinfekcie týchto materiálov je široká a vyžaduje znalosti z oblasti ochrany a konzervovania, mikrobiológie, chemickej analýzy a dezinfekcie. Poukazuje na najdôležitejšie metódy, ktoré sa v súčasnosti používajú vo svete a v Národnej knižnici Českej republiky v Prahe, predstavuje ich výhody, nevýhody a smer, ktorým by sa mal budúci výskum ochrany knižničných fondov uberať.

Podakovanie

Tento článok vznikol na základe inštitucionálnej podpory dlhodobého koncepčného rozvoja výskumnej organizácie poskytovanej Ministerstvom kultúry Českej republiky.

Literatúra

- BACÍLKOVÁ, Bronislava, 1999. *Některé novější dezinfekční přípravky a jejich vliv na papír. STOP „Mikrobiologická poškození sbírek“*. Praha: Státní ústřední archiv v Praze.
- DRÁBKOVÁ, Klára et al., 2021. Influence of Disinfectants on Natural Textile Fibres. *Restaurator* [online]. 42(2), 67 – 86. ISSN 1865-8431. Dostupné na: <https://doi.org/10.1515/res-2021-0002>
- ŽUROVIČ, Michal et al., 2008. *Studium vlivu ozonizace na archivní materiály* [online]. Národní archiv Praha. Dostupné z: https://www.nacr.cz/wp-content/uploads/2019/06/Studium_vlivu_ozonizace.pdf
- FRANCL, Jan a SOVA, Milan, 2000. *Testy účinnosti par butanolu proti ohrožení knihovních fondů plísněmi*. Národní knihovna ČR-CDH.
- GUTAROWSKA, Beata et al., 2012a. Optimization and application of the misting method with silver nanoparticles for disinfection of the historical objects. *International Biodeterioration & Biodegradation* [online]. 75, s. 165-175. ISSN 0964-8305. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.10.002>
- GUTAROWSKA, Beata et al., 2012b. Analysis of the sensitivity of microorganisms contaminating museums and archives to silver nanoparticles. *International Biodeterioration & Biodegradation* [online]. 68, s. 7-17. ISSN 0964-8305. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.12.002>
- HŘEBECKÁ, Dana et al., 2016. Péče o novodobé knihovní fondy v Národní knihovně České republiky – průzkum fyzického stavu. *ITlib* [online]. 2, 60 – 66. Dostupné na: https://itlib.cvtisr.sk/wp-content/uploads/docs/60_peco%20o%20novodobu.pdf
- KARBOWSKA-BERENT, J. et al., 2018. The initial disinfection of paper-based historic items – Observations on some simple suggested methods. *International Biodeterioration & Biodegradation* [online]. 131, 60 – 66. ISSN 0964-8305. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.03.001>
- KUBINEC, Róbert et al., 2020. The antifungal activity of vapour phase of odourless thymol derivate. *PeerJ* [online]. 19(8). Dostupné na: <https://peerj.com/articles/9601/>
- KUČEROVÁ, Irena, SLEŽÁKOVÁ, Markéta a Kateřina VOSÁTKOVÁ, 1999. Dezinfekce a dezinsekce historických materiálů plynováním. *Zprávy památkové péče*. 59(8) 265 – 269. ISSN 1210-5538.
- LOŠÍKOVÁ, Michaela, 2012. *Povodně 2002, restaurování Pražské bible*

- a Městská knihovna v Praze. *IKAROS* [online]. 16(9). ISSN 1212-5075. [cit. 3.6.2022]. Dostupné na: <https://ikaros.cz/povodne-2002-restaurvani-prazske-bible-a-mestska-knihovna-v-praze>
- PIETRZAK, Katarzyna et al., 2017a. Disinfection of archival documents using thyme essential oil, silver nanoparticles misting and low temperature plasma. *Journal of Cultural Heritage*. 24, 69 – 77. ISSN 1296-2074. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.10.011>
- PIETRZAK, Katarzyna et al., 2017b. Microbial diversity of pre-Columbian archaeological textiles and the effect of silver nanoparticles misting disinfection. *Journal of Cultural Heritage*. 2017, 23, 138 – 147. ISSN 1296-2074. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2016.07.007>
- SAADA, Nagah S. et al., 2021. Green synthesis of silver nanoparticles, characterization, and use for sustainable preservation of historical parchment against microbial biodegradation. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* [online]. 32. ISSN 1878-8181. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101948>
- SEQUEIRA, S., CABRITA, E. J. a M. F. MACEDO, 2012. Antifungals on paper conservation: An overview. *International Biodeterioration & Biodegradation* [online]. 75, 67 – 86. ISSN 0964-8305. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.07.011>
- VALENTOVÁ, Marie, 2015. *Vliv nízkoteplotního plazmatu na vlastnosti lignocelulózových materiálů* [bakalářská práce]. Vedoucí práce: Irena Kučerová. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická.
- VÁVROVÁ, Petra et al., 2020. TÉMA: Knihovny za času koronaviru: Jak chránit sebe při manipulaci s knihami a jak manipulovat s knihami v době ohrožení... *Čtenář – měsíčník pro knihovny* [online]. 5. ISSN 1805-4064. [cit. 17.6.2022] Dostupné na: <https://www.svkkl.cz/ctenar/clanek/3098>
- VIZÁROVÁ, Katarína et al., 2015. Nové trendy v oblasti eliminácie mikrobiologickej kontaminácie pri ochrane objektov kultúrneho dedičstva. In: *Zborník príspevkov z konferencie CSTI 2015. Integrácia konzervačnej vedy a technológií do interdisciplinárnej ochrany materiálov a objektov dedičstva* [online]. Bratislava: STU, SNM, s. 271-287. ISBN 978-80-8060-377-9. [cit. 11.11.2022] Dostupné na: <https://www.snm.sk/odborne-pracoviska/muzeologicky-kabinet/vedeckka-konferencia-csti-2015/zbornik>
- VOLEJNÍKOVÁ, A., NOVÁKOVÁ, J. a J. NEUVIRT, 2015a. *Metodika dezinfekce knih napadených plísněmi* [online]. Dostupné na: <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-253552>
- VOLEJNÍKOVÁ, Andrea, NOVÁKOVÁ, Jitka a Jiří NEUVIRT, 2015b. Ochrana knižního fondu a dokumentů aplikací esenciálních olejů. In: *Zborník príspevkov z konferencie CSTI 2015. Integrácia konzervačnej vedy a technológií do interdisciplinárnej ochrany materiálov a objektov dedičstva* [online]. Bratislava: STU, SNM, s. 103-109. ISBN 978-80-8060-377-9. [cit. 11.11.2022] Dostupné na: <https://www.snm.sk/odborne-pracoviska/muzeologicky-kabinet/vedeckka-konferencia-csti-2015/zbornik>
- WAWRZYK, Anna et al., 2020. Microorganisms colonising historical cardboard objects from the Auschwitz-Birkenau State Museum in Oświęcim, Poland and their disinfection with vaporised hydrogen peroxide (VHP). *International Biodeterioration & Biodegradation* [online]. 152. ISSN 0964-8305. Dostupné na: <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2020.104997>

■ Článok bol recenzovaný