

AUTOREFERAT
Opis dorobku i osiągnięć naukowych

Dr Joanna Karbowska-Berent
Zakład Konserwacji Papieru i Skóry
Wydział Sztuk Pięknych
Uniwersytet Mikołaja Kopernika
w Toruniu

1. Imię i nazwisko

Joanna Karbowska-Berent

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

Stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk biologicznych:

18.04.2003, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, praca doktorska pt. „Rola promieniowców z rodzaju *Streptomyces* w niszczeniu zabytków z pergaminu”. Promotor: prof. dr hab. Alicja B. Strzelczyk.

Tytuł magistra biologii: 29.05.1989, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, praca magisterska pt. „Lokalizacja Ca^{2+} w znamieniu *Pharbitis nil*”. Promotor: doc. dr hab. Alicja Górską-Brylass.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych.

01.08.2012 – obecnie: Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Sztuk Pięknych, Instytut Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa, Zakład Konserwacji Papieru i Skóry, stanowisko: starszy wykładowca.

01.02.2000 – 31.07.2012: Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Sztuk Pięknych, Instytut Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa, Zakład Konserwacji Papieru i Skóry, stanowisko: adiunkt.

01.05.1994 – 31.01.2000: Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Sztuk Pięknych, Instytut Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa, Zakład Konserwacji Papieru i Skóry, stanowisko: asystent.

01.09.1989 – 30.04.1994: Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Sztuk Pięknych, Instytut Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa, Zakład Konserwacji Papieru i Skóry, pracownik inżynierjno-techniczny.

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. 2017 r. poz. 1789):

a) tytuł osiągnięcia naukowego

**Dezynfekcja chemiczna zabytków na podłożu papierowym
– skuteczność i zagrożenia**

b) W ramach tego tematu opublikowałam monografię:

Joanna Karbowska-Berent, Dezynfekcja chemiczna zabytków na podłożu papierowym – skuteczność i zagrożenia, 2014, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń, ss. 217, ISBN 978-83-231-3088-8

Recenzenci wydawniczy:

dr hab. Marzena Ciechańska, prof. ASP w Warszawie

dr hab. Beata Gutarowska, prof. Politechniki Łódzkiej

IF - brak

Punktacja Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego – 20.

c) Omówienie celu naukowego w.w. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

Wstęp

Biodeterioracja papieru

Papier może stać się środowiskiem rozwoju mikroorganizmów na każdym etapie swojego istnienia – zarówno na etapie produkcji (Zyska i Żakowska, 2005, Gutarowska i Cichocka, 2009), jak i w trakcie przechowywania gotowych wyrobów na podłożu papierowym, w tym obiektów zabytkowych, takich jak dawne książki w bibliotekach i muzeach, archiwalne dokumenty rękopiśmienne lub drukowane, obrazy (akwarele, pastele, grafiki, rysunki, szkice), a także gazety i czasopisma, plakaty, afisze, stare fotografie wykonane w dawnych technikach, pocztówki sprzed lat, mapy, projekty architektoniczne, banknoty, druki ulotne lub reklamowe (Kowalik, 1980, Nyuksha, 1984). Stwierdzono, że obiekty na podłożu papierowym stają się przedmiotem ataku mikroorganizmów, jeśli wilgotność masowa papieru wynosi 8-10% wody lub więcej (Nyuksha, 1979). Przekroczenie tej granicznej zawartości wody w papierze może być skutkiem przechowywania obiektów w pomieszczeniach zawilgoconych, słabo wentylowanych lub słabo ogrzewanych w sezonie jesienno-zimowym, w których wilgotność względna powietrza przekracza 60-70%, a także

skutkiem awarii instalacji wodnych-kanalizacyjnych, klimatyzacyjnych lub katastrof, szczególnie powodzi.

Metodami hodowlanymi wykryto na papierach porażonych przez mikroorganizmy ponad 300 gatunków grzybów strzępkowych, w tym *Chaetomium globosum*, *Trichoderma viride*, *Penicillium chrysogenum*, *Cladosporium herbarum*, *Aspergillus niger*, *Stachybotrys atra*, *Trichoderma koningii* i *Chaetomium elatum*, ponadto grzyby podstawkowe i bakterie (Zyska, 1997, Strzelczyk i Leźnicka, 1981). Mikroorganizmy powodują biodeteriorację materiałów wchodzących w skład zabytków, a także mogą oddziaływać szkodliwie na zdrowie ludzi. Składniki papieru, takie jak białkowe kleje, skrobia, celuloza, spoiwa, zanieczyszczenia organiczne są przez nie rozkładane dzięki enzymom wydzielanym na zewnątrz komórek i stają się źródłem węgla, azotu, innych pierwiastków i energii. Ponadto mikroorganizmy wydzielają kwasy organiczne, pigmenty i inne związki do papierowego podłoża oraz przerastają strzępkami przez karty. Skutki biodeterioracji papieru przejawiają się w postaci jego osłabienia, kruchości, ścienienia aż do wystąpienia znacznych ubytków włócznie. Obok zmian strukturalnych charakterystycznymi objawami rozwoju grzybów pleśniowych w papierze są zaplamienia spowodowane wydzielaniem pigmentów przez strzępki grzybni lub wytwarzaniem niepoliczalnych ilości barwnych zarodników – zielonych, czarnych, brązowych i in. Dawniej, kiedy zawilgocone i porażone przez mikroorganizmy obiekty na podłożu papierowym wysychały naturalnie, aktywność grzybów stopniowo zmniejszała się, kolonie powoli zamierały, ale wytworzone zarodniki zachowywały żywotność jeszcze przez wiele miesięcy a nawet lat (Sussman, 1966).

Dezynfekcja papieru

W celu wyeliminowania tego zagrożenia dzięki postępowi chemii od lat 50. XX w. stosuje się związki chemiczne o właściwościach biobójczych, czyli tzw. biocydy¹, dzięki którym biodeteriorację zabytków można przerwać w ciągu kilku minut lub godzin. W latach powojennych było to szybkie i skuteczne rozwiązanie wielu problemów biodeterioracji zbiorów bibliotecznych, archiwalnych i muzealnych, zniszczonych w wyniku II wojny światowej, nieodpowiednich warunków transportu lub przechowywania w wilgotnych pomieszczeniach (Husarska, 1954). Do dezynfekcji zabytków z papieru ogółem stosowano lub próbowano zastosować co najmniej kilkadziesiąt związków chemicznych (Sequeira, 2012). Jednak lata późniejsze przyniosły rozczarowanie nadmiernym stosowaniem związków chemicznych, bowiem zauważono ich szkodliwość dla zdrowia ludzi i środowiska, a także zwrócono uwagę na możliwe szkodliwe oddziaływania biocydów na zabytki na podłożu

¹ Produktem biobójczym, czyli biocydem (gr. *bios* – życie, łac. *caedo* – zabijam), jest substancja czynna lub preparat zawierający co najmniej jedną substancję czynną, przeznaczony do niszczenia, odstraszania, unieszkodliwiania, zapobiegania działaniu lub kontrolowania w jakikolwiek inny sposób organizmów szkodliwych przez działanie chemiczne lub biologiczne (Brycki, 2006).

papierowym oraz niewystarczającą skuteczność niektórych zabiegów dezynfekcyjnych (Jędrzejewska, 1969). Stopniowo wycofywano się ze stosowania szeregu toksycznych biocydów, a jednocześnie wysiłki bibliotekarzy i archiwistów zmierzające do poprawy warunków przechowywania zbiorów zaczęły przynosić efekty i potrzeby dezynfekcji zmniejszyły się.

Obecnie wielu badaczy z Europy i Ameryki Północnej uważa, że obiektom na podłożu z papieru, nawet w przypadku aktywnego rozwoju grzybów, wystarczy mechaniczne oczyszczanie z nalotów pleśni, kurzu i zabrudzeń oraz utrzymywanie prawidłowych warunków mikroklimatycznych (16-18°C i 50-60% RH) i czystości w magazynach. Według tych badaczy dezynfekcja nie jest potrzebna, ponieważ grzyby nie będą się rozwijały na papierze przechowywanym w prawidłowych warunkach mikroklimatycznych i po pewnym czasie obumrą, natomiast w razie zawilgocenia czy zalania zbiorów i tak może dojść do nowego ataku grzybów, nawet mimo uprzednio przeprowadzonej dezynfekcji zbiorów, ponieważ zarodniki grzybów są zawsze obecne w otoczeniu (Fuchs, 1998). Część autorów zajmujących się tą tematyką w wyjątkowych przypadkach dopuszcza stosowanie biocydów, najchętniej 70% wodnego roztworu etanolu, rzadko promieniowania gamma lub tlenu etylenu (Brokerhof i wsp., 2007, Florian, 2002, Sequeira i wsp., 2014).

Takie podejście jest zgodne z nowymi tendencjami w konserwacji zabytków, które zalecają jak najmniej interwencji w substancję zabytkową, ale jest kontrowersyjne, ponieważ wiąże się z lekceważeniem procesów biodeterioracji zabytków a także zagrożeń ze strony grzybów strzępkowych dla zdrowia konserwatorów lub użytkowników zbiorów. Niewiele wiadomo na temat intensywności biodeterioracji po osuszeniu obiektu i czasu zachowywania przez grzyby zdolności do kiełkowania, ale wiele wskazuje, że w zbiorach na podłożu papierowym procesy te mogą postępować przez wiele miesięcy a nawet lat. Ponadto oczyszczanie mechaniczne pozwala na usunięcie mikroorganizmów jedynie z powierzchni zabytku, podczas gdy wewnątrz materiałów one pozostają i nadal przeprowadzają procesy biodeterioracji.

Dezynfekcja zabytków na podłożu z papieru jest problemem złożonym i wymaga podejścia interdyscyplinarnego, tj. współpracy biologów, chemików i konserwatorów zabytków. Przed przystąpieniem do dezynfekcji, która polega na zabiciu żywych mikroorganizmów powodujących zniszczenia, niezbędna jest ocena żywotności mikroorganizmów powodujących biodeteriorację zabytku, ponieważ do dezynfekcji, powinny trafiać tylko obiekty będące aktualnie poddawane procesom biodeterioracji. Do oceny stopnia zanieczyszczenia zabytku przez żywe mikroorganizmy można stosować metody hodowlane lub biochemiczne, np. oznaczanie poziomu ATP na powierzchni, oraz należy prześledzić historię zabytku i warunki przechowywania, przynajmniej w ostatnich latach.

Kolejnym problemem związanym z dezynfekcją zabytku jest dobór właściwego biocydu, metody jego zastosowania i stężenia. Aby ułatwić dobór odpowiednich biocydów, sformułowano ogólne wymagania stawiane produktom biobójczym do ochrony zabytków, a mianowicie stwierdzono, że muszą być one z jednej strony skuteczne wobec mikroorganizmów, które mają zwalczać, a z drugiej bezpieczne dla materiałów, które mają chronić. Ponadto powinny być trwałe, charakteryzować się minimalną toksycznością dla ludzi i środowiska, łatwe do stosowania i tanie. Dotychczasowe publikacje dotyczące dezynfekcji często ograniczają się tylko do badań skuteczności proponowanych biocydów przeciw mikroorganizmom (Fabbri i wsp., 1997, Dersarkissian i Goodberry, 1980, Nitterus, 2000, Kistenich, 2002), a publikacje, w których badany jest także wpływ biocydów na podłoże zabytku lub na media, jest mało i przeważnie dotyczą tylko wąskiej grupy materiałów (Strzelczyk i Rożański, 1986, Suzuki i Koestler, 2003, Weiß, 2006). Na podstawie tych dotychczasowych danych konserwatorzy w Polsce dotąd stosują do dezynfekcji zabytków na podłożu z papieru kilka metod, głównie gazowanie w tlenku etylenu (ETO), pary 4-chloro-3-metylofenolu, rzadziej kąpiele w wodnym roztworze bromku dimetylo-laurylobenzyloamoniowego. Dotychczas stosowane metody nie spełniają jednak wymienionych kryteriów w sposób zadawalający, dlatego konserwatorzy ciągle zgłaszają potrzebę badań na tym polu. Sequeira i wsp. (2014) przeprowadzili wśród konserwatorów papieru i skóry na świecie ankietę, w której ankietowani wypowiedzieli się, że badania w tej dziedzinie biologii powinny dotyczyć przede wszystkim bezpiecznych biocydów (67% przyznało temu tematowi maksymalną ilość punktów), a także sposobów usuwania plam grzybowych (40%) oraz badaniom skutków wydzielania metabolitów do papieru (16%).

Niezależnie bowiem od rozwoju nowych tendencji w konserwacji zabytków, istnieje szeroka oferta rynkowa i są proponowane nowe rozwiązania problemów mikrobiologicznych w bibliotekach, archiwach i muzeach, przedstawiane jako skuteczne, wygodne i bezpieczne. Niestety, zalety te nie zawsze są potwierdzone wielostronnie przeprowadzonymi badaniami, uwzględniającymi skuteczność wobec mikroorganizmów i interakcje z materią zabytkową.

Cele badań

Nadrzędnym celem wskazanej monografii była wielostronna analiza problemów związanych z dezynfekcją zabytków na podłożu z papieru przy użyciu chemicznych preparatów biobójczych. Przeprowadziłam interdyscyplinarne badania produktów biobójczych, łączące elementy mikrobiologii, chemii oraz konserwacji i technologii papieru. Metodyka ta jest przedstawiona w rozdziale pt: „Materiały i metody badań” przedstawionej monografii.

Cele szczegółowe:

1. Wybór preparatów biobójczych, tak aby były one reprezentatywne wobec oferty rynkowej i jednocześnie mogły okazać się przydatne dla realizacji celów pracy,

2. Opracowanie szybkiej i precyzyjnej metody badania skuteczności preparatów biobójczych wobec grzybów strzępkowych rozwijających się na papierze,
3. Ocena skuteczności wybranych preparatów biobójczych wobec reprezentatywnych dla biodeterioracji papieru grzybów strzępkowych,
4. Ocena wpływu preparatów biobójczych na właściwości wybranych rodzajów papieru i mediów na papierze,
5. Ustalenie kryteriów przydatności preparatów biobójczych do dezynfekcji zabytków na podłożu papierowym,
6. Wskazanie preparatów biobójczych najbardziej odpowiednich dla dezynfekcji zabytkowego papieru po uwzględnieniu ustalonych wyżej kryteriów.

Założenia oraz realizację poszczególnych celów opisałam w poniższych podrozdziałach.

Weryfikacja celów i hipotez badawczych

Wybór preparatów biobójczych, tak aby były one reprezentatywne wobec oferty rynkowej i jednocześnie mogły okazać się przydatne dla realizacji celów pracy

Założyłam, że grupa wybranych przeze mnie preparatów biobójczych będzie różnorodna i pozwoli na wykazanie zróżnicowanego wpływu biocydów na grzyby oraz właściwości papieru i mediów na papierze.

Do badań w ramach przedstawianego osiągnięcia naukowego wybrałam grupę 32 produktów biobójczych, starając się, aby były one różnorodne pod względem składu chemicznego, mechanizmów działania biobójczego oraz sposobów aplikacji (kąpiele w roztworach, fumigacja, dezynfekcja w parach). Wybrane biocydy zawierały zazwyczaj jedną substancję czynną, niekiedy dwie lub więcej, a także rozpuszczalniki i ewentualnie związki modyfikujące (np. stabilizatory pH). Wszystkie związki aktywne wchodzące w skład wybranych produktów biobójczych były dozwolone do stosowania w Unii Europejskiej, a produkty biobójcze dopuszczone do użytku w Polsce. Większość stanowiły półprodukty przeznaczone do wyrobu gotowych do użytku produktów biobójczych, niektóre były gotowymi preparatami do dezynfekcji w medycynie, przemyśle spożywczym lub budownictwie lub preparatami prototypowymi, przygotowanymi w laboratorium do celów badawczych. Wśród wybranych przez mnie produktów biobójczych były biocydy niestosowane dotąd w dezynfekcji zabytków na podłożu z papieru jak i dla porównania biocydy używane do tego celu od lat. Wybrane produkty biobójcze zawierały następujące substancje czynne:

- a) związki powierzchniowo czynne, w tym czwartorzędowe sole amoniowe (QAC): chlorek alkilodimetylobenzyloamoniowy, chlorek didecyldimetyloamoniowy, bromek dimetylolaurylobenzyloamoniowy, propionian didecylopolioksyetyloamoniowy, węglan didecyldimetyloamoniowy, chlorek didecyldimetyloamoniowy, oraz N-(3-aminopropyl)-N-dodecylopropano-1,3-diaminę,
- b) związki utleniające: dichloroizocyjanuran sodowy, monoperoksyftalan magnezowy, nadboran sodowy, oraz w postaci gazowej: waporyzowany nadtlenek wodoru i ozon,
- c) alkohole i pochodne fenolowe – etanol, 2-fenylfenolan sodowy, triklosan, 4-chloro-3-metylofenol,
- d) olejki eteryczne z 7 różnych gatunków roślin: grejpfrutowy, eukaliptusowy, geraniowy, goździkowy, jodłowy, z drzewa herbacianego, sandałowy,
- e) inne – tlenek etylenu.

Niektóre z kilkuskładnikowych preparatów przeznaczonych do stosowania w innych dziedzinach zawierały jeszcze dodatki innych biocydów – guanidyny, propikonazolu i aldehydu glutarowego.

Opracowanie szybkiej i precyzyjnej metody badania skuteczności preparatów biobójczych wobec grzybów strzępkowych rozwijających się na papierze

Założyłam, że opracowana przez mnie metoda badania skuteczności biocydów będzie analogiczna do warunków przeprowadzania dezynfekcji zabytków w pracowni konserwatorskiej, prosta do przeprowadzenia w laboratorium mikrobiologicznym a uzyskane wyniki będą liczbowe i precyzyjne.

Do badań skuteczności wybranych biocydów wybrałam osiem celulolitycznych szczepów grzybów strzępkowych z kolekcji Zakładu Konserwacji Papieru i Skóry: *Trichoderma pseudokoningii* Rifai 1969, *Chaetomidium subfimetii* Seth 1967, *Cladosporium cladosporioides* (Fres.) de Vries 1952, *Penicillium spinulosum* Thom 1910², *Cylindrocarpon hederæ* C. Booth 1966, *Paecilomyces variotii* Bain. 1907, *Aspergillus ochraceus* Wilhelm 1877 i *Geomyces pannorum* (Link) Sigler & J. W. Carmich. 1976.

Aby zrealizować cel szczegółowy pracy przeprowadziłam ocenę skuteczności wybranych produktów biobójczych rozpuszczalnych w wodzie lub etanolu wobec wybranych grzybów czterema różnymi metodami:

- a) metodą dyfuzyjną krążków bibułowych na pożywce agarowej z brzeczką: krążki bibuły filtracyjnej o średnicy 20 mm nasączałam roztworem preparatu biobójczego w

² Obecnie szczepy te są włączone do Kolekcji Czystych Kultur Drobnoustrojów Przemysłowych ŁOCK 105 (*Trichoderma pseudokoningii* ŁOCK 1120, *Chaetomidium subfimetii* ŁOCK 1122, *Cladosporium cladosporioides* ŁOCK 1121, *Penicillium spinulosum* ŁOCK 1123).

ilości 35 μ l (stężenia związku aktywnego w roztworach dezynfekujących wynosiły 1%, 3% i 6%³) i wykładałam na środek pożywki; następnie powierzchnię płytek zaszczebiałam po 0,5 ml zawiesiny poszczególnych szczepów grzybów metodą płytek tartych, a po 2, 3 i 5 dniach inkubacji mierzyłam szerokości stref zahamowania ich wzrostu. Modyfikację tej metody zastosowałam do oceny skuteczności olejków eterycznych. Pożywki zaszczebiałam j.w., odwracałam dnem do góry i na wieczko zakraplałam wybrany olejek eteryczny w ilości po 30 μ l, 50 μ l, 70 μ l lub 100 μ l, 250 μ l i 500 μ l; wrażliwość grzybów na działanie olejków określałam wizualnie po 7 i 14 dniach inkubacji w temperaturze pokojowej na podstawie intensywności wzrostu grzybów wg przyjętej przez mnie 4-stopniowej skali.

- b) metodą kąpeli krążków pożywki ze wzrostem grzybów w wodnych roztworach preparatów biobójczych; krążki o średnicy 10 mm i wysokości 5 mm wycinałam z 7-dniowej hodowli grzyba na pożywce z brzeczką i zanurzałam na 1 lub 3 godziny w roztworach preparatów biobójczych o stężeniach związku aktywnego 0,5%, 1,5%, 3% i 6%; po dezynfekcji krążki wytrząsałam w 20 ml sterylnej wody, a powstałą zawiesiną zaszczebiałam jedną kroplą zawieszoną na ezie nowe sterylne krążki pożywki o wymiarach j.w., które następnie inkubowałam w komorach wilgotnych w 28°C przez 2 i 5 dni; kontrole stanowiły krążki niepoddane dezynfekcji. Wyniki intensywności wzrostu na krążkach oceniałam wizualnie wg przyjętej przez mnie 7-stopniowej skali. Na podstawie porównania uzyskanych ocen intensywności wzrostu na krążkach grzybów poddanych dezynfekcji i na krążkach kontrolnych obliczałam średni procentowy stopień redukcji wzrostu grzybów.
- c) metodą kąpeli próbek papieru czerpanego (całe kartki o wymiarach 11,5 cm x 19,0 cm) z dubletu XIX-wiecznej książki; wysterylizowane w autoklawie próbki zaszczebiałam poprzez zanurzenie w mieszaninie zawiesin zarodników i strzępek ośmiu wymienionych wyżej szczepów grzybów, po czym umieściłam w foliowych ofertówkach na 1-2 miesiące. Próbki wydezynfekowałam metodą kąpeli statycznych w roztworach wodnych preparatów biobójczych. Po dezynfekcji materiał z próbek pobierałam jałową wymazówką z powierzchni 3 cm x 3 cm i wytrząsałam w 10 ml jałowej wody; w otrzymanych zawiesinach oznaczałam liczebność grzybów metodą rozcieńczeń. Kontrole stanowiły zainfekowane i niezdezynfekowane próbki papieru. Wyniki podałam w skali logarytmicznej jako stopień redukcji liczebności grzybów po

³ Jeśli preparat zawierał więcej niż jeden związek aktywny, stężenie odnoszono do stężenia jednego związku, przeważnie z grupy czwartorzędowych soli amoniowych. Zasadę tę stosowałam w całej pracy.

zabiegu (R); przyjął, że próbka została skutecznie wydezynfekowana, jeśli $R \geq 4,00^4$.

- d) metodą kąpeli próbek papieru (5 cm x 5 cm) zaszczipionych pojedynczo następującymi szczepami grzybów: *Trichoderma pseudokoningii*, *Penicillium spinulosum*, *Chaetomidium subfimetii*, *Cladosporium cladosporioides*. Zaszczepione próbki umieszczalam w komorach wilgotnych utworzonych z szalki Petriego, na dnie której znajdowała się warstwa stale wilgotnej ligniny aptecznej. Po ok. 3 tygodniach inkubacji w 28°C, kiedy na papierze zaobserwowałam wyraźne objawy wzrostu grzybów, próbki dezynfekowałam metodą kąpeli statycznych w roztworach wodnych lub etanolowych, metodą zamglawiania, dezynfekcji w parach 4-chloro-3-metylofenolu, olejku z drzewa herbacianego, waporyzowanym nadtlakiem wodoru, ozonem i dla porównania metodą fumigacji w tlenku etylenu. Po dezynfekcji całe próbki wytrząsałam intensywnie w 100 ml jałowej wody, a następnie w zawiesinach oznaczałam liczebność grzybów metodą rozcieńczeń. Kontrole stanowiły zainfekowane i niezdezynfekowane próbki papieru. Wyniki podałam w skali logarytmicznej jako stopień redukcji liczebności grzybów po zabiegu (R); przyjął, że próbka została skutecznie wydezynfekowana, jeśli $R \geq 4,00$.

Po przeprowadzeniu doświadczeń oraz porównaniu wyników stwierdziłam, że najbardziej odpowiednia do określenia skuteczności biocydów była metoda obejmująca trzytygodniową hodowlę pojedynczego szczepu grzyba na niewielkiej próbce papieru a następnie poddanie jej dezynfekcji i zbadanie metodą rozcieńczeń liczebności grzybów, które przeżyły zabieg. Metoda ta umożliwiała stworzenie warunków dezynfekcji w laboratorium zbliżonych do dezynfekcji zabytków w pracowni konserwatorskiej, a jednocześnie dzięki niej uzyskałam precyzyjne i porównywalne wyniki liczbowe, świadczące o wrażliwości poszczególnych grzybów na zastosowane produkty biobójcze i metody dezynfekcji. Okazała się także uniwersalna, ponieważ nadawała się zarówno do dezynfekcji metodą kąpeli, jak i zamglawiania, działania par czy gazów. Jej największą wadą był stosunkowo długi czas przeprowadzania doświadczeń.

Z podobnej wersji tej metody, polegającej na zaszczepianiu stosunkowo dużych próbek papieru mieszaniną zarodników ośmiu grzybów, zrezygnowałam w dalszych badaniach. Co prawda, inokulowanie papieru zawiesiną różnych grzybów wydaje się obiecującą i atrakcyjną metodą, mającą na celu odtworzenie naturalnych mechanizmów

⁴ Na podstawie Polskiej Normy PN-EN 1650+A1:2013-08E „Chemiczne środki dezynfekcyjne i antyseptyczne. Ilościowa zawiesinowa metoda określania działania grzybobójczego lub bójczego na grzyby drożdżopodobne chemicznych środków dezynfekcyjnych i antyseptycznych, stosowanych w obszarze spożywczym, przemysłowym, domowym oraz instytucjonalnym. Metoda badania i wymagania (faza 2, etap 1)”

infekcji papieru zabytkowego, jednak w praktyce po 1-2 miesiącach inkubacji na próbkach papieru pojawił się prawie wyłącznie wzrost *Chaetomidium subfimetii*. Tak silna dominacja jednego grzyba sprawiła, że badanie skuteczności biocydów dotyczyło właściwie tylko jego, więc otrzymane wyniki były niezadawalające.

Z kolei metoda dezynfekcji krążków pożywki ze wzrostem grzyba nie sprawdziła się z powodu znaczących różnic w intensywności wzrostu grzyba i grubości warstwy grzybni, które na krążkach pożywki były znacznie większe niż na obiektach zabytkowych. Mogło to spowodować nieprawdziwą, zaniżoną ocenę skuteczności produktu biobójczego, który nie zdołał zabić wszystkich komórek w tak grubej warstwie zarodnikującej grzybni, ale jego działanie byłoby wystarczająco skuteczne wobec znacznie cieńszej warstwy grzybni, z jaką przeważnie mamy do czynienia na zabytkowym papierze.

Ostatnią z zastosowanych metod, czyli szeroko znaną i stosowaną metodę dyfuzyjną krążków bibułowych, uznałam za przydatną w przedstawionych badaniach, ale tylko do wstępnego porównania skuteczności produktów biobójczych w różnych stężeniach wobec poszczególnych szczepów grzybów. Jej ograniczenie polegało też na tym, że pozwalała ocenić przede wszystkim, w jakim stopniu biocydy hamują kiełkowanie i wzrost zarodników grzybów, a w mniejszym stopniu to, w jakim stopniu są zdolne do zabicia żywych strzępek i zarodników.

Ocena skuteczności wybranych preparatów biobójczych wobec reprezentatywnych dla biodeterioracji papieru grzybów strzępkowych

Założyłam, że przynajmniej część spośród wybranych biocydów okaże się wystarczająco skuteczna wobec zastosowanych grzybów strzępkowych. W pracy przyjąłam, że biocyd jest wystarczająco skuteczny, jeśli powoduje redukcję liczebności mikroorganizmów w skali logarytmicznej o co najmniej 4 rzędy wielkości ($R \geq 4$).

Badania skuteczności biocydów przeprowadzone wymienionymi metodami dowiodły, że większość spośród 32 wybranych preparatów dezynfekujących była wystarczająco skuteczna w zwalczaniu grzybów *Cladosporium cladosporioides*, *Penicillium spinulosum* i *Trichoderma pseudokoningii*, ale wykazywała o wiele słabsze działanie wobec *Chaetomidium subfimetii*. Najbardziej skuteczne okazały się: tlenek etylenu (220 g/m³, przez 24 godz.), waporyzowany nadtlenuk wodoru (250 ppm przez 90 min. lub 400 ppm przez 30 min.), ozon (1,5 g/m³, 5 godz.) i 45% wodny roztwór etanolu (w kąpieli 45 min.), które eliminowały także *Chaetomidium subfimetii*. Szczególnie godne uwagi jest dotąd niedoceniane zastosowanie do dezynfekcji wodnego roztworu etanolu. Przyczyną tego były zapewne zdolności etanolu do rozpuszczania niektórych mediów na papierze oraz szybkie tempo parowania tego związku i wynikający z tego krótki kontakt z zarodnikami grzybów.

Właśnie dlatego metoda spryskiwania 70% roztworem etanolu w wodzie, którą zastosowali w swoich badaniach Nittérus (2000) i Meier (2006), była mało skuteczna w zwalczaniu grzybów strzępkowych. Znacznie większą skuteczność osiągnięto stosując kąpiele w 70% roztworze wodnym etanolu (Meier, 2006) lub pary tego związku (Bacilková, 2006).

Jako preparaty nieskuteczne uznałam natomiast nadboran sodowy, monoperoksyftalan magnezowy, preparaty handlowe stosowane w innych dziedzinach oraz olejki eteryczne za wyjątkiem olejku z drzewa herbacianego i geraniowego.

Trudności w zwalczeniu *Chaetomidium subfimetii* prawdopodobnie wynikały z tego, że zarodniki workowe tego grzyba są chronione przez ściany owocnika i stąd trudniej dostępne dla czynników chemicznych. Z drugiej jednak strony stopień zahamowania kiełkowania askospor *Chaetomidium subfimetii* był porównywalny z innymi grzybami lub nawet większy (np. pod wpływem QAC, pochodnych fenolowych, związków utleniających, olejków eterycznych), jak pokazały wyniki metody dyfuzyjnej krążków bibułowych.

W trakcie badań zaobserwowałam, że niektóre biocydy słabiej działające lub użyte w zbyt niskich stężeniach powodowały intensywniejsze kiełkowanie zarodników, które przeżyły dezynfekcję, niż w próbkach kontrolnych. Związki te prawdopodobnie spowodowały aktywację kiełkowania, czyli przerwanie stanu spoczynkowego zarodników i przygotowanie ich do kiełkowania (Florian, 1997).

Ocena wpływu preparatów biobójczych na właściwości wybranych rodzajów papieru i mediów na papierze

Założyłam, że:

- a) przynajmniej część spośród wybranych biocydów nie będzie zmieniała w sposób statystycznie istotny podstawowych właściwości papieru, tj. jego pH, właściwości optycznych i wytrzymałościowych,
- b) przynajmniej część spośród wybranych biocydów będzie bezpieczna dla mediów na papierze,
- c) biocydy po zadziałaniu będzie można usunąć z papieru, bowiem są one obcymi związkami w zabytkowym materiale i pozostawienie ich w papierze może w długim okresie czasu wywołać trudne do przewidzenia zmiany.

Aby zweryfikować hipotezę a), przeanalizowałam wpływ wybranych produktów biobójczych na 2 rodzaje papieru testowego: papier A - biały, zawierający wyłącznie celulozę, będący w pewnym stopniu odpowiednikiem papieru czerpanego, ze szmat, pozbawionego klejów wskutek działania mikroorganizmów, oraz papier B - lekko żółtawy, zawierający 80% ścieru drzewnego, 20% kaolinu, zaklejony klejem kalafoniowym, będący

odpowiednikiem papieru maszynowego, produkowanego od połowy XIX wieku⁵. Skupiłam się na porównaniu przed i po dezynfekcji oraz po sztucznym postarzeniu następujących właściwości papieru: pH, całkowita różnica barwy ΔE , parametr ΔR_z i wytrzymałość na rozciąganie. Badania po sztucznym postarzeniu miały na celu wykazanie zmian, jakie zachodzą w papierach w długim okresie czasu. Symulację długiego okresu czasu uzyskałam umieszczając próbki na okres 3 tygodni w komorze klimatycznej w temperaturze 80°C i przy RH 65%⁶ bez światła.

W wyniku przeprowadzonych badań i porównań zaobserwowałam i scharakteryzowałam dwa najbardziej znaczące negatywne skutki uboczne dla papierowego podłoża, związane z dezynfekcją biocydami chemicznymi, tj. zmiany optyczne i obniżenie się wytrzymałości na rozciąganie.

Przyjęłam, że całkowita różnica barwy papieru ΔE spowodowana dezynfekcją nie powinna przekraczać wartości 2,00, czyli powinna być niezauważalna lub zauważalna tylko przez doświadczonego obserwatora (Drzewińska, 2002). Zaobserwowane w wyniku dezynfekcji zmiany optyczne dotyczyły głównie papieru B i polegały na jego zażółceniu, za co odpowiedzialna była lignina zawarta w ścierze drzewnym, która jest bardzo reaktywna chemicznie. Z powodu tego szkodliwego działania negatywnie oceniłam przydatność do dezynfekcji zabytków na podłożu z papieru N-(3-aminopropyl)-N-dodecylopropano-1,3-diaminy, węglanu didecyldimetyloamoniowego, większości związków utleniających i olejku z drzewa herbacianego. Mimo że olejek z drzewa herbacianego jest pochodzenia naturalnego, zawarte w nim substancje czynne są związkami chemicznymi, podobnie jak substancje czynne zawarte w produktach biobójczych. Ponadto występują one w olejku w towarzystwie co najmniej kilkudziesięciu innych związków, których rodzaje i zawartość mogą zmieniać się w zależności od sezonu wegetacyjnego, a ich wpływ na papier jest trudny do oszacowania.

Zmian optycznych obu papierów nie powodował etanol, tlenek etylenu, 4-chloro-3-metylofenol, możliwe do zaakceptowania zmiany wywoływały propionian didecylopolioksyetyloamoniowy, bromek dimetylo-laurylobenzyloamoniowy i fenylofenolan sodowy. Waporyzowany nadtlenek wodoru wywarł na papiery testowe niejednorodny wpływ, bowiem spowodował wyraźne niepożądane rozjaśnienie papieru B, jednak w wyniku sztucznego postarzenia jego barwa nieznacznie różniła się od barwy próbek kontrolnych.

Drugi niepożądany skutek uboczny, czyli pogorszenie się wytrzymałości na rozciąganie, dotyczył głównie papieru A po dezynfekcji w kąpielach wodnych, za wyjątkiem

⁵ Co prawda, w praktyce papiery z tak wysoką zawartością ścieru drzewnego są spotykane rzadko, tym niemniej w badaniach został on użyty w celu uwypuklenia ewentualnych szkodliwych zjawisk, które w innych papierach mogłyby pozostać niewykryte.

⁶ Modyfikacja Polskiej Normy PN-93/P-501174/03 „Papier i tektura. Przyspieszone starzenie. Wilgotna obróbka termiczna w temperaturze 80°C i wilgotności względnej powietrza 65%”

wodnych roztworów etanolu i 2-fenylofenolanu sodowego, i był związany z brakiem jego zaklejenia. W dużym stopniu za ten niepożądany efekt uboczny było odpowiedzialne działanie cząsteczek wody podczas dezynfekcji i podczas płukania w wodzie po dezynfekcji oraz działanie czwartorzędowych soli amoniowych jako związków powierzchniowo czynnych. W praktyce konserwatorskiej efekt ten można jednak zniwelować wzmacniając karty papieru przez planiowanie, np. roztworem metylocelulozy, a następnie prasowanie w prasie, podczas którego odtwarzają się wiązania między cząsteczkami celulozy (wodorowe, kowalencyjne, van der Waalsa i siły tarcia) odpowiedzialne za jej wytrzymałość mechaniczną.

Spośród pozostałych biocydów największe pogorszenie się wytrzymałości na rozciąganie powodował ozon w dawce $1,5 \text{ g/m}^3$ przez 5 godz. oraz olejek z drzewa herbacianego w odniesieniu do papieru A. Na wytrzymałość papieru na rozciąganie statystycznie istotnego wpływu nie wywarły tlenek etylenu, a 4-chloro-3-metylofenol i kąpiele w 45% roztworze etanolu w niewielkim stopniu. Weiß (2006) w badaniach nad dezynfekcją próbek dwóch rodzajów papieru celulozowego i dwóch rodzajów papieru ze ścierem drzewnym 70% roztworem etanolu nie zaobserwowała różnic właściwości wytrzymałościowych, jednak czas dezynfekcji wynosił w tych badaniach tylko 2,5 minuty.

Większość preparatów biobójczych nie powodowała statystycznie istotnych zmian pH. Do wyjątków, które wywołały statystycznie istotne obniżenie pH obu papierów testowych, należały dichloroizocyjanuran sodowy i ozon ($1,5 \text{ g/m}^3$ przez 5 godz.), natomiast fenylofenolan sodowy wywołał statystycznie istotny wzrost pH obu rodzajów papierów testowych o ok. 1-1,5, mimo że w wyniku 1,5-godzinnej płukania w bieżącej wodzie jony sodu z obu papierów zostały usunięte całkowicie. Preparatów tych nie można w związku z tym zalecać do dezynfekcji zabytkowego papieru.

Aby zweryfikować hipotezę b) określiłam metodą wizualną wpływ biocydów na media, czyli nośniki pisma i obrazu, na papierze. Różnorodność mediów na papierze używanych w przeszłości i obecnie jest ogromna (np. druk czarny, nadruki kolorowe, ołówki, atrament żelazowo-galusowy, długopis, pisaki, barwniki i spoiwa, obrazy w fotografiach), jednak ich zmianom pod wpływem dezynfekcji w dotychczasowej literaturze poświęcano mało uwagi (Fuchs, 1998, Suzuki i Koestler, 2003, Yamamoto, 2004). Mimo że wyniki badań oddziaływania dezynfekcji na media na papierze w przedstawianej monografii uzyskałam metodą wizualną i dla stosunkowo niewielkiej liczby mediów, pokazały one dużą różnorodność oddziaływań i szkodliwych zmian, np. rozplýwanie się nadruków w kolorze ciemnoczerwonym, zanik, rozplýwanie się lub zmiany barwy zapisków cienkopisem czerwonym lub czarnym, rozjaśnienie lub rozplýwanie się linii długopisem niebieskim oraz linii kalki maszynowej, rozjaśnienie pisma atramentem żelazowo-galusowym, rozjaśnianie

lub zmiana odcieni fotografii czarno-białych i kolorowych (z lat 1998-2005, tj. bez fotografii cyfrowych).

Najwięcej zmian powodowały biocydy, które były jednocześnie związkami powierzchniowo czynnymi, czyli np. czwartorzędowe sole amoniowe, a ponadto związki utleniające i olejek z drzewa herbacianego. Biocydy w większych stężeniach powodowały na ogół pogłębienie się negatywnych zmian w porównaniu z biocydami w mniejszych stężeniach. Związki utleniające powodowały rozjaśnienie zapisków atramentem żelazowo-galusowym, spowodowane utlenieniem jonów Fe(III), oraz zbrązowienie fotografii czarno-białych wykonanych w technice DOP, nie wpływały natomiast znacząco na fotografie czarno-białe wykonane w technice POP (np. z lat I wojny światowej) ani na fotografie kolorowe. Olejek z drzewa herbacianego wywołał rozjaśnienie i delikatne zaróżowienie fotografii czarno-białych wykonanych w technice DOP. 4-chloro-3-metylo-fenol okazał się neutralny wobec większości mediów na papierze, a jedyne zaobserwowane zmiany dotyczyły fotografii kolorowych, szczególnie barwy zielonej, oraz zapisków długopisem. Spośród czwartorzędowych soli amoniowych najmniej zmian wywoływał propionian didecylometylopolioksyetyloamoniowy.

Do mediów najbardziej stabilnych wobec większości zastosowanych produktów biobójczych należały: druk czarny, linie ołówkiem i w mniejszym stopniu zapiski atramentem żelazowo-galusowym, natomiast bardzo wrażliwe były: nadruki ciemnoczerwone, linie cienkopisami i długopisem niebieskim. Dlatego praktyce przed przystąpieniem do dezynfekcji obiektów, w których są użyte media kolorowe, konserwatorzy są zobligowani do wykonania prób ich odporności na działanie biocydu.

Aby zweryfikować hipotezę c), zbadalam zdolności wymienionych papierów do zatrzymywania pozostałości biocydów aplikowanych metodą kąpieli wodnej.

Z papieru A, zawierającego czystą celulozę, w wyniku półtoragodzinnego płukania w bieżącej wodzie usunęłam prawie całkowicie pozostałości czwartorzędowych soli amoniowych i fenylofenolanu sodowego, natomiast z papieru B, zawierającego 80% ścieru drzewnego, kalafonię i inne składniki, nie usunęłam większej części pozostałości. Stwarza to zagrożenie, że pozostałe w papierze biocydy będą nadal oddziaływać na jego składniki i mogą przyspieszać jego starzenie się. Zagrożenie to w jeszcze większym stopniu było związane z dezynfekcją metodą zamglawiania (2-3 cykle zamglawiania 0,5% roztworem propionianu didecylometylopolioksyetyloamoniowego), dlatego stwierdziłam, że zamglawianie należy odrzucić jako metodę dezynfekcji kart papieru. Zamglawianie 0,5% roztworem propionianu didecylometylopolioksyetyloamoniowego można ewentualnie dopuścić do dezynfekcji *in situ* dużego księgozbioru, w którym zapleśnienie jest powierzchowne i dotyczy tylko opraw, aczkolwiek obecnie nieznane są skutki pozostawiania

biocydów w materiałach opraw (skórze, pergaminie, płótnie, kartonie, tworzywach sztucznych).

Pod tym względem korzystnie wypadały takie biocydy jak waporyzowany nadtlenek wodoru, etanol i ozon, które szybko odparowywały lub były nietrwałe i samoistnie rozpadały się po dezynfekcji. Dezynfekcja w parach 4-chloro-3-metylofenolu pozostawiała w próbkach specyficzny zapach, co oznacza, że związek ten niecałkowicie odparował z papieru.

Ustalenie kryteriów przydatności preparatów biobójczych do dezynfekcji zabytków na podłożu papierowym

Założyłam, że doświadczenia zebrane w trakcie wykonywania badań pozwolą na sformułowanie bardziej precyzyjnych wymagań stawianych biocydom przydatnym do dezynfekcji zabytków na podłożu z papieru.

Po przeanalizowaniu wszystkich wyników badań sformułowałam następujące szczegółowe kryteria przydatności preparatów biobójczych do dezynfekcji zabytków na podłożu papierowym:

1. redukcja liczebności grzybów strzępkowych przez preparat biobójczy powinna przekraczać 4 rzędy w skali logarytmicznej ($R \geq 4 \log$), a zabieg dezynfekcji w laboratorium powinien być przeprowadzony w warunkach analogicznych jak w pracowni konserwatorskiej,
2. preparat biobójczy nie może powodować istotnych zmian pH papieru (najwyżej o $\pm 0,5$ jednostki), zwłaszcza zakwaszenia; korzystne jest niewielkie podniesienie wartości pH (jednak nie wyżej niż do pH 8,0),
3. preparat biobójczy nie może powodować zmian barwnych papieru ($\Delta E < 2$); korzystny jest wzrost białości papieru wynikający z wypłukania zabrudzeń w trakcie kąpieli,
4. preparat biobójczy nie powinien powodować istotnego pogorszenia się właściwości mechanicznych papieru,
5. w papierze nie mogą pozostawać resztki produktów biobójczych – po dezynfekcji pozostałości powinny dać się całkowicie wypłukać w wodzie, wywietrzeć względnie ulegać samoistnemu rozpadowi lub odparowaniu,
6. preparat biobójczy nie może rozpuszczać druku, atramentów ani innych mediów na papierze, ani powodować ich zmian barwnych lub jakichkolwiek innych.

Wskazanie preparatów biobójczych najbardziej odpowiednich dla dezynfekcji zabytkowego papieru po uwzględnieniu kryterium skuteczności oraz braku negatywnego wpływu na papier i media na papierze.

W celu oceny przydatności licznej grupy biocydów do dezynfekcji zabytkowego papieru posłużyłam się metodami stosunkowo prostymi i łatwo dostępnymi, jak badanie liczebności mikroorganizmów, które przetrwały dezynfekcję, badanie zmian optycznych papieru, pH czy wytrzymałości na rozciąganie. Założyłam, że wśród wybranych biocydów zaliczanych do różnych grup pod względem budowy chemicznej i sposobu działania będzie możliwe wskazanie produktu/ów, który będzie w większym zakresie spełniał wymagania niż biocydy dotąd stosowane.

Większość wybranych produktów biobójczych (27 na 32) oceniłam jako nieprzydatne do tego celu ze względu na niską skuteczność lub szkodliwość dla papieru lub mediów na papierze. Żaden ze zbadanych preparatów nie spełniał wszystkich wymienionych kryteriów, jednak pięć produktów biobójczych uznałam za możliwe do stosowania, tj. od dawna używane do tego celu: tlenek etylenu, 4-chloro-3-metylofenol i bromek dimetylo-lauryloamoniowy oraz dwa dotąd niestosowane: propionian didecylometylopolioksyetyloamoniowy i etanol, natomiast jeden (waporyzowany nadtlenuk wodoru) oceniłam jako kontrowersyjny i wymagający dalszych badań. Niestety okazało się, że nawet te najlepsze biocydy można stosować je tylko po uwzględnieniu związanych z nimi ograniczeń, np. słabości wobec *Chaetomidium subfimetii*, zażółcania papierów zawierających duże ilości ligniny lub powodowania zmian niektórych mediów kolorowych. Stwierdziłam również, że nowych biocydów do dezynfekcji papieru nie należy szukać wśród preparatów przeznaczonych do innych celów, lecz raczej opracować formułę osobnego preparatu do tego celu.

Znaczenie uzyskanych wyników badań

W wyniku przeprowadzonych doświadczeń i ich analizy niewątpliwie poszerzyłam wiedzę na temat możliwości i ograniczeń stosowania biocydów do dezynfekcji zabytków na podłożu papierowym, porażonych przez grzyby strzępkowe. Wnioski opracowane na zakończenie pracy mają znaczenie przede wszystkim dla konserwatorów dzieł sztuki i biologów zajmujących się biodeteriacją i dezynfekcją zabytków, a także dla wszystkich opiekunów zbiorów na podłożu z papieru.

W pracy wykazałam, że dezynfekcja chemiczna może wiązać się z zagrożeniami dla zabytków na podłożu z papieru, jednak z drugiej strony pozostawienie w obiekcie żywych mikroorganizmów wiąże się z ryzykiem pogłębiania się biodeteriacji. Uważam, że rodzaj biocydu i parametry dezynfekcji należy tak dobrać, aby zminimalizować zagrożenia praktycznie do zera. Dlatego już na tym początkowym etapie konserwacji niezbędna jest gruntowna wiedza o technologii wykonania i materiałach zastosowanych w konserwowanym obiekcie, np. o zawartości ścieru drzewnego i ligniny w papierze lub o wrażliwości mediów kolorowych.

Z drugiej strony jest oczywiste, że nie ma potrzeby dezynfekcji zabytków, na których mikroorganizmy dawno obumarły, lub obiektów tylko zakurzonych. Dlatego przy przyjmowaniu np. nowych akt do zasobu archiwalnego nie ma potrzeby przekazywania całego nabytku do dezynfekcji w tlenku etylenu, co jest często praktykowane, lecz należy przejrzeć akta, ocenić stopień ich zawilgocenia, stan zachowania, zniszczenia pochodzenia biologicznego i wstępnie wybrać do ewentualnej dezynfekcji tylko te obiekty, które wykazują objawy rozwoju mikroorganizmów lub owadów. Jednak nawet nie wszystkie obiekty z widocznymi objawami wzrostu mikroorganizmów powinny być dezynfekowane. Objawy te mogły bowiem powstać przed laty, np. w wyniku ostatniej wojny lub jeszcze wcześniej, a ciągu następných kilkudziesięciu lat przechowywania w suchych warunkach mikroorganizmy mogły częściowo lub całkowicie obumrzeć i konieczność dezynfekcji staje się dyskusyjna. Dlatego ostateczna decyzja o przeprowadzeniu dezynfekcji powinna być gruntownie przemyślana i poprzedzona badaniem mikrobiologicznym obiektu, a szczególnie oceną stopnia żywotności i aktywności mikroorganizmów na zaatakowanej powierzchni. Jestem bowiem zdania, że do dezynfekcji należy kierować tylko te obiekty, które aktualnie ulegają procesom biodeterioracji przez żywe mikroorganizmy. Przedstawione powyżej, ostrożne podejście do dezynfekcji jest zgodne z zasadami konserwacji ratunkowej zabytków. Konserwacja ratunkowa odnosi się do obiektów w złym stanie zachowania i ma na celu natychmiastowe zahamowanie przyczyny zniszczeń (Bochenek i Michaś-Bailey, 2014).

Po ukazaniu się monografii drukiem z satysfakcją zaobserwowałam, że stała się ona inspiracją dla kolejnych badań nad zastosowaniem biocydów do dezynfekcji zabytków na podłożu papierowym, szczególnie dla zespołu z Wydziału Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej. Zespół ten prowadził badania nad zastosowaniem do dezynfekcji zabytkowego papieru i tkanin olejków eterycznych (Matusiak i wsp., 2018) i waporyzowanego nadtlenu wodoru (Wawrzyk i wsp., 2018). Również sama kontynuowałam pracę nad tą problematyką, a szczególnie nad dezynfekcją w parach 45% wodnego roztworu etanolu. Dezynfekcja w parach 45% wodnego roztworu etanolu po 18 godzinach spowodowała całkowitą eliminację wymienionych wyżej grzybów strzępkowych, nie wywołała znaczących zmian pH, właściwości optycznych ani wytrzymałości na rozciąganie próbek obu rodzajów papieru. Ponadto wizualnie stwierdziłam, że pary etanolu spowodowały o wiele mniejsze niepożądane zmiany mediów na papierze niż 45% wodny roztwór etanolu. Wyniki tych badań przedstawiłam w postaci posteru na XVI International Biodeterioration and Biodegradation Symposium w Łodzi (**zał. 4 pkt. IIIB poz. 1 str. 23**). Badania nad tą metodą dezynfekcji zamierzam prowadzić nadal, tak aby w przyszłości można zalecać tę nową metodę do stosowania w praktyce.

Lista cytowanej literatury

1. Bacílková B., 2006. Study on the Effect of Butanol Vapours and other Alcohols on Fungi. *Restaurator* 27, 186–199.
2. Bochenek M., A. Michaś-Bailey, 2014. Transformacje w zawodzie konserwatora materiałów archiwalnych. *Notes Konserwatorski* 16, 7-17.
3. Brokerhof A., B. van Zanen, A. den Teuling, 2007. Fluffy stuff. Integrated Control of Mould in Archives. Netherlands Institute for Cultural Heritage (ICN), Amsterdam.
4. Brycki B., 2006. Chemiczne inhibitory biodeterioracji. Ochrona przed korozją 9s/A. IV Konferencja Naukowa „Rozkład i Korozja Mikrobiologiczna Materiałów Technicznych”, Łódź, 272–292.
5. Drzewińska E., 2002. Instrumentalna ocena bieli wytworów papierowych. *Przegląd Papierniczy* 58, 724–730.
6. Florian M.-L., 1997. *Heritage Eaters*. James & James (Science Publishers) Ltd., London.
7. Florian M.-L., 2002. *Fungal facts. Solving fungal problems in heritage collections*. Archetype Publications Ltd., London.
8. Fuchs R., 1998. Zwalczenie szkodników na zaatakowanym materiale bibliotecznym i archiwalnym – porównanie starych i nowych metod. Nowoczesne metody badawcze do porównania zmian w strukturze molekularnej. *Ochrona Zabytków* 51, 63–79.
9. Gutarowska B., A. Cichocka, 2009. Ocena zanieczyszczenia mikrobiologicznego mas papierniczych oraz wody technologicznej stosowanych w procesie produkcji papieru. *Przegląd Papierniczy* 65, 551-555.
10. Husarska M., 1954. Fumigation of archival records and library stocks. *Biuletyn Konserwatorski* 2, 30–44.
11. Jędrzejewska H., 1969. Szkodliwe oddziaływanie środków owadobójczych i grzybobójczych na zabytki papierowe. *Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków* 24, seria B, 145–161.
12. Kowalik R., 1980. Microbiodegradation of Library Materials. Part 2: Microbiodecomposition of Basic Organic Library Materials. *Restaurator* 4, 135-219.
13. Matusiak K., Machnowski W., Wrzosek H., Polak J., Rajkowska K., Smigielski K., Kunicka-Styczyńska A., Gutarowska B., 2018. Application of *Cinnamomum zeylanicum* essential oil in vapour phase for heritage textiles disinfection, *International Biodeterioration and Biodegradation* 131, 88-96.
14. Meier Ch., 2006. Schimmelpilze auf Papier. Fungizide Wirkung von Isopropanol und Ethanol. *Papierrestaurierung* 7, 24–31.
15. Nittérus M., 2000. Etanol as Fungal Sanitizer in Paper Conservator. *Restaurator* 21, 101–115.

16. Nyuksha J.P., 1979. Biological principles of book keeping conditions, *Restaurator* 3, 101–107.
17. Nyuksha J.P., 1984. The Biodeterioration of Paper and Books, w: *Recent Advances in Biodeterioration and Biodegradation*, ed. K.L. Garg, N. Garg, K.G. Mukerji, Naya Prokash, Calcutta, 1-88.
18. Sequeira S., E. J. Cabrita, M. F. Macedo, 2012. Antifungals on paper conservation: An overview. *International Biodeterioration and Biodegradation* 74, 67–86.
19. S.O. Sequeira, E.J. Cabrita, M.F. Macedo, 2014. Fungal Biodeterioration of Paper: How Are Paper and Book Conservators Dealing with it? An International Survey. *Restaurator* 35, 181-199.
20. Strzelczyk A. B., S. Leźnicka, 1981. The role of fungi and bacteria in the consolidation of books. *International Biodeterioration Bulletin* 17, 57–67.
21. Strzelczyk A., J. Różański J., 1986. The effect of Disinfection with Quarternary Ammonium Salt Solution on Paper. *Restaurator* 7, 3–13.
22. Sussman A. S., 1966. Longevity and survivability of fungi. W: *The Fungi: An Advanced Treatise*, Vol. II. The Fungal Population, eds. G. C. Ainsworth and A. S. Sussman, Academic Press, New York, 477–486.
23. Suzuki J., Koestler R., 2003. Visual Assessment of Biocide Effects on Japanese Paint Materials. W: *Art, biology, and conservation: biodeterioration of works of art*, ed. by Robert J. Koestler et al., The Metropolitan Museum of Art, New York, 410-425.
24. Wawrzyk A., Gutarowska B., Rybitwa D., Pietrzak K., Machnowski W., Wrzosek H., Papis A., Walawska., Otlewska A., Szulc J., Adamiak J., 2018. Vapourised hydrogen peroxide (VHP) and ethylene oxide (EtO) methods for disinfecting historical cotton textiles from the Auschwitz-Birkenau State Museum in Oświęcim, Poland. *International Biodeterioration and Biodegradation* 133, 42-51.
25. Weiß D., 2006. Ethanol und Chlormetakresol als Fungizide. Auswirkungen auf die Alterungsbeständigkeit von Papier. *Papierrestaurierung* 7, 32–39.
26. Yamamoto K., H. Shibata, N. Akae, 2004. Zastosowanie tlenku propylenu do fumigacji dóbr kultury w systemie Arp. *Notes Konserwatorski* 8, 341–355.
27. Zyska B., Żakowska Z. (red.), 2005. *Mikrobiologia materiałów*. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź.
28. Zyska B., 1997. Fungi Isolated from Library Materials: a Review of the Literature. *International Biodeterioration and Biodegradation* 40, 43–51.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych (artystycznych)

A) Dorobek naukowy

W roku 1984 rozpoczęłam studia dzienne na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu na kierunku biologia. Po drugim roku studiów wybrałam specjalność: biologia ogólna. Od czwartego roku przedmiotem moich zainteresowań była biologia komórki i embriologia roślin. Pierwsze badania, prowadzone w ramach pracy magisterskiej realizowanej w Zakładzie Cytologii Roślin i Genetyki, miały na celu ustalenie lokalizacji jonów Ca^{2+} w różnych stadiach rozwojowych znamienia słupka rośliny *Pharbitis nil* L. W początkowych stadiach wykryłam jony Ca^{2+} związane z plazmalemą oraz z membranami, natomiast w dojrzałym znamieniu w wakuolach, mitochondriach i ścianie komórkowej. Zmiany rozmieszczenia jonów Ca^{2+} w trakcie dojrzewania znamienia słupka wskazywały na udział tych jonów w procesach transportu i egzocytozy pęcherzyków wydzielniczych oraz włączania wydzielanych materiałów do pelikuli. Na podstawie uzyskanych wyników przygotowałam pracę magisterską pt. „Lokalizacja Ca^{2+} w znamieniu *Pharbitis nil*”, której promotorem była Pani doc. dr hab. Alicja Górską-Brylass, a bezpośrednim opiekunem Pani dr Elżbieta Bednarska. Wyniki pracy magisterskiej zostały włączone do wspólnej publikacji (zał. 4 pkt. IID poz. 21 str. 9). Uczestnictwo w zajęciach w Zakładzie Cytologii Roślin i Genetyki nauczyły mnie dostrzegania problemów naukowych i sposobów ich rozwiązywania oraz samodzielnego myślenia, co ogromnie procentuje w całym moim życiu zawodowym na Wydziale Sztuk Pięknych, gdzie na co dzień współpracuję z przedstawicielami innej grupy zawodowej, czyli konserwatorami dzieł sztuki.

Po studiach w dniu 1 września 1989 roku rozpoczęłam pracę na Wydziale Sztuk Pięknych UMK w Zakładzie Konserwacji Papieru i Skóry, gdzie jestem zatrudniona do chwili obecnej. W obrębie Zakładu Konserwacji Papieru i Skóry, którego kierownikiem była wówczas mikrobiolog - prof. dr hab. Alicja B. Strzelczyk - istniała niewielka pracownia mikrobiologiczna, zajmująca się badaniem zniszczeń mikrobiologicznych zabytków oraz doбором preparatów biobójczych odpowiednich do ich dezynfekcji, a także niekiedy do dezynsekcji. Prekursorem tych badań w Polsce był prof. dr Romuald Kowalik z Instytutu Przemysłu Organicznego w Warszawie, który prowadził na UMK zajęcia z mikrobiologii w aspekcie konserwatorskim w latach 60 XX w. Prof. dr hab. Alicja B. Strzelczyk kontynuowała te działania, a jej wieloletnia aktywność naukowo-badawcza i dydaktyczna sprawiła, że mikrobiologia konserwatorska stała się w Polsce rozpoznawalną gałęzią mikrobiologii.

Przez pierwsze 4,5 roku pracowałam w Zakładzie Konserwacji Papieru i Skóry na etacie inżynierjno-technicznym i już w tamtym czasie rozpoczęłam badania nad promieniowcami z rodzaju *Streptomyces* w biodeterioracji zabytkowego pergaminu, a

szczególnie w rozkładzie kolagenu. Od roku 1994 jestem zatrudniona na etacie naukowo-dydaktycznym, początkowo jako asystent, następnie adiunkt, a od roku 2012 starszy wykładowca. Nasza pracownia mikrobiologiczna posiada aparaturę typową dla laboratorium mikrobiologicznego, tj. mikroskopy świetlne wysokiej klasy do obserwacji w świetle przechodzącym i odbitym z możliwością fotografowania obrazów, autoklaw, sterylizator, wagi o różnej dokładności, dygestorium, pehametr, dejonizator wody, chłodziarkę laboratoryjną, a ponadto: bioluminometr, homogenizator do małych próbek, dwa próbniki do badania jakości mikrobiologicznej powietrza, licznik kolonii, higrometr do drewna i murów, higrometr do papieru oraz termohigrometr do powietrza. Jednak we współczesnej nauce niezbędna jest jeszcze bardziej specjalistyczna aparatura i wiedza, dlatego często nawiązuję współpracę z innymi ośrodkami, np. z Zakładem Mikrobiologii Technicznej Politechniki Łódzkiej (dr hab. Beata Gutarowska, prof. PŁ), z Pracownią Chemii Mikrobiocydów (dr hab. Bogumiłem Bryckim), z dr hab. Rafałem L. Górnym, prof. CIOP-PIB, z Centralnego Instytutu Ochrony Pracy), prof. dr hab. Hanną Kwaśną z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, prof. dr hab. Stanisławem Ignatowiczem ze Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie oraz dr hab. Tomaszem Sawoszczukiem z Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie.

Nieodłączną cechą mojej pracy jako biologa wspomagającego konserwację zabytków jest jej interdyscyplinarność, polegająca na łączeniu elementów mikrobiologii, chemii, technologii materiałów, entomologii, i konserwacji-restauracji zabytków. Pytania, które stawiają mi konserwatorzy, przeważnie dotyczą przyczyn i charakteru obserwowanych objawów zniszczeń wywoływanych przez organizmy żywe oraz metod ochrony zabytków przed nimi, czyli metod ich zwalczania oraz zabezpieczania. Poniżej zamieszczam opis pozostałych moich osiągnięć poza osiągnięciem wymienionym w pkt.4a niniejszego autoreferatu.

Krótkie opisy ważniejszych osiągnięć w pozostałych publikacjach i wystąpieniach konferencyjnych

Charakterystyka udziału promieniowców w biodeterioracji zabytków

Problematyką związaną ze znaczeniem promieniowców w biodeterioracji zabytków zajmowałam się od początku mojej pracy w Zakładzie Konserwacji Papieru i Skóry UMK z uwagi na temat pracy doktorskiej („Rola promieniowców z rodzaju *Streptomyces* w niszczeniu zabytków z pergaminu”) i nadal kontynuuję te zainteresowania. Bakterie z rzędu promieniowców (*Actinomycetales*) odgrywają bowiem znaczącą rolę w biodeterioracji zabytków ze względu na bogate wyposażenie w enzymy, szczególnie zewnątrzkomórkowe hydrolazy, zdolne do rozkładu złożonych związków organicznych (celulozy, chityny,

kolagenu, keratyny, kazeinianu wapnia i in.) oraz na większą niż u innych bakterii odporność na wysuszenie. Mimo to do lat 80. i 90. XX wieku publikacje na temat ich roli w biodeterioracji zabytków były nieliczne.

W ramach wskazanego osiągnięcia opublikowałam wspólnie z prof. dr hab. Alicją B. Strzelczyk monografię w języku angielskim „The Role of Streptomyces in the Biodeterioration of Historic Parchment” (zał. 4 pkt. IID poz. 2 str. 5), opracowaną na podstawie mojej pracy doktorskiej, oraz samodzielnie artykuł przeglądowy.

Rozwój promieniowców z rodzaju *Streptomyces* na pergaminie przejawia się w postaci okrągłych zaplamień o średnicy do 5 mm, w kolorach szarym, białokremowym, bladoróżowym, różowofioletowym, ciemnofioletowym lub ceglasczerwonym, niekiedy zlewających się i tworzących rozległe zaplamienia. Długo rozwijającym się koloniom często towarzyszą ubytki świadczące o zaniku kolagenu. W trakcie pracy nad problematyką biodeterioracji zabytkowych pergaminów scharakteryzowałam i zidentyfikowałam do poziomu skupienia (ang. *cluster*) 11 szczepów promieniowców z rodzaju *Streptomyces* wyizolowanych z pergaminu oraz odtworzyłam na próbkach nowego pergaminu zniszczenia obserwowane na zabytkach na tym podłożu, tj. osłabienie struktury kolagenu aż do powstania ubytków oraz szare i różowofioletowe zaplamienia. Wszystkie wyizolowane szczepy były zdolne do rozkładu kolagenu, jednak w różnym stopniu. Ubytki mas próbek pergaminu, na których hodowałam poszczególne szczepy przez dwa miesiące wynosiły od 10% (*S. rochei*) do 55% (*S. anulatus*). W przeprowadzonych następnie ekstraktach próbek w wodach o wzrastających temperaturach - 20°C, 40°C, 60°C i 80°C - wykryłam produkty degradacji pergaminu zawierające hydroksyprolinę – aminokwas typowy dla głównej, helikalnej części łańcucha polipeptydowego kolagenu. Po wszystkich ekstrakcjach z pierwotnej masy próbki zaszczepionej *S. anulatus* zostało zaledwie 5%, *S. diastaticus* - 18% a *S. rochei* i *S. griseoruber* po ok. 47%. Obraz elektroforetycznego rozdziału produktów degradacji kolagenu po 1-6 tygodniach wykazał zanikanie frakcji α , β i γ , typowych dla kolagenu naturalnego i jednocześnie pojawianie się licznych „rozmytych” pasków o masach mniejszych od masy frakcji α , co dowodziło aktywności kolagenolitycznej wymienionych szczepów. Odkrycie to było ważne, ponieważ zdolność mikroorganizmów do rozkładu kolagenu jest w przyrodzie stosunkowo rzadką właściwością, czego przyczyną jest m.in. złożona struktura tego białka.

Na próbkach pergaminu zaszczepionych *S. griseoruber* i *S. rochei* odtworzyłam także szare i różowe zaplamienia tego podłoża. Różowofioletowy pigment *S. griseoruber* zmieniał kolor w zależności od pH (czerwony w środowisku kwaśnym i fioletowy w zasadowym).

W publikacji przeglądowej (zał. 4 pkt. IID poz. 10 str. 7) przedstawiłam znaczenie promieniowców w biodeterioracji zabytków na podstawie literatury polskiej i zagranicznej. Poza omówieniem ich roli w biodeterioracji pergaminu i zabytkowej skóry garbowanej

garbnikami roślinnymi, szczególną uwagę zwróciłam na szeroko omawiane w literaturze zagadnienie ich udziału w biodeterioracji malowideł ściennych w kościołach, gdzie występują głównie przedstawiciele rodzajów *Streptomyces*, rzadziej *Arthrobacter*, *Nocardia* czy *Micromonospora*. Ponadto przedstawiłam znaczenie promieniowców w środowiskach podziemnych, takich jak grobowce, katakumby, podziemne kościoły i jaskinie. Przyczyną podejmowania badań zespołów mikroorganizmów w środowisku podziemnym jest najczęściej ich udział w biodeterioracji obiektów dziedzictwa kulturowego, które się tam znajdują, szczególnie prehistorycznych rysunków naskalnych. Promieniowce wyodrębniano zazwyczaj z pokrywających przedstawienia białych lub białoszarych „patyn” lub ze ścisłych, białych nalotów. Obserwowano też spowodowane rozwojem promieniowców fioletowe zaplamienia na ścianach. W ścianach i sufitach w hiszpańskich jaskiniach Altamira i Tito Bustillo nieuzbrojonym okiem widoczne były kolonie o średnicy kilku milimetrów, utworzone przez promieniowce. Dzięki technikom biologii molekularnej wykryto w tych środowiskach promieniowce z innych rodzajów niż *Streptomyces*, np. *Nocardia*, *Amycolatopsis*, *Arthrobacter*, *Brevibacterium*, *Aureobacterium*, *Rhodococcus*, *Corynebacterium*. Szczepy należące do rodzaju *Streptomyces* zidentyfikowano jako m.in. *S. xanthophaeus*, *S. flavotrichini*, *S. roseoviridis* i *S. flavogriseus*.

Określenie zależności między warunkami przechowywania zbiorów w magazynach bibliotecznych i archiwalnych a stanem ich zachowania oraz zdrowiem pracowników

W latach 1997-2006 brałam udział w pracy zespołów zajmujących się szeroko pojętą problematyką zagrożeń dotyczących polskich zbiorów bibliotecznych i archiwalnych. Początkowo (1997-2000) tematyka badawcza skupiała się wokół biodeterioracji zbiorów spowodowanej przez powódź, która miała miejsce w 1997 roku na Dolnym Śląsku. Wykazaliśmy, w jakim stopniu zmniejszała się ilość mikroorganizmów po poszczególnych etapach wstępnej konserwacji zalanych zbiorów. Ustaliliśmy, że liofilizacja nie zlikwidowała drobnoustrojów w wystarczającym stopniu i zaleciliśmy przeprowadzenie dezynfekcji zbiorów w tlenku etylenu (**zał. 4a pkt. IID poz. 18 str. 8**).

Następnie, w ramach prac nad grantem zamawianym PBZ MIN 002/H01/2002 pt.: „Kwaśny papier – ratowanie w skali masowej zagrożonych polskich zbiorów bibliotecznych i archiwalnych”, grupa A.2: „Opracowanie mikrobiologicznych i konserwatorskich aspektów masowej ochrony zakwaszonych polskich zbiorów bibliotecznych i archiwalnych z XIX i XX wieku” (2003-2006), uczestniczyłam w badaniach zniszczeń pochodzenia biologicznego zakwaszonych zbiorów bibliotecznych i archiwalnych z lat 1800-1914, przechowywanych w wybranych 5 magazynach zlokalizowanych w 4 instytucjach, tj. w Bibliotece Kórnickiej PAN, Bibliotece Głównej UMK, Wojewódzkiej Bibliotece Publicznej – Książnicy Kopernikańskiej w

Toruniu oraz II Oddziale Archiwum Państwowego w Toruniu. Moim zadaniem było określenie na podstawie wyników uzyskanych przez zespół badaczy zależności między warunkami przechowywania zbiorów w magazynach bibliotecznych i archiwalnych a stanem ich zachowania oraz zdrowiem pracowników, a także określenie, na ile warunki przechowywania zbiorów w wybranych placówkach bibliotecznych i archiwalnych spełniają zalecane wymagania. W skład zespołu badawczego wchodził mikrobiolog, konserwator dzieł sztuki, lekarz oraz chemik. W celu realizacji zadania przygotowałam do druku trzy publikacje, które dotyczyły zniszczeń mikrobiologicznych zbiorów XIX- i XX-wiecznych, analizy ilościowej i jakościowej bioaerozoli w magazynach bibliotecznych i archiwalnych oraz zagrożeń dla zdrowia bibliotekarzy i archiwistów ze strony mikroorganizmów w środowisku pracy.

Jak wiadomo, biblioteki i archiwa od setek lat gromadzą, przechowują i udostępniają zainteresowanym tysiące książek i różnego rodzaju archiwaliów. Burzliwa historia Polski sprawiła, że zbiory te niejednokrotnie były rozdzielane, przewożone, zmieniały właścicieli, ulegały pożarom, powodziom, a często przez lata przechowywano je w miejscach, gdzie były narażone na zawilgocenie, zamakanie, pleśnienie oraz niszczenie przez owady i gryzonie. We współczesnych magazynach bibliotecznych/archiwalnych dokłada się starań, aby warunki przechowywania zbiorów były prawidłowe i w jak największym stopniu spełniały zalecane wymagania. Na warunki przechowywania zbiorów w magazynach składają się w dużej mierze mikroklimat w pomieszczeniu, czyli temperatura i wilgotność powietrza, ilość i rodzaj światła docierającego do zbiorów, ilość i rodzaj zanieczyszczeń chemicznych powietrza, a także higiena zbiorów, czyli ich czystość mikrobiologiczna oraz jakość powietrza w pomieszczeniach magazynowych pod względem ilości i rodzaju obecnych w nim mikroorganizmów. W publikacjach wskazałam, że wymienione parametry zależą w dużym stopniu od stanu technicznego budynku, tj. rodzaju gruntu, na którym jest posadowiony (podmokły, suchy), stanu izolacji przeciwwilgociowych, szczelności pokrycia dachowego, drożności systemu rynien i rur spustowych, grubości i wilgotności murów, a także wydolności ogrzewania, wentylacji i ewentualnie klimatyzacji.

We wszystkich magazynach zbadanych magazynach mikroklimat odbiegał od wartości zalecanych dla magazynów bibliotecznych i archiwalnych (temperatura 16-18°C, wilgotność względna powietrza 50-60%), tzn. najczęściej było za ciepło (ponad 20°C) i za sucho (poniżej 50%), a ponadto parametry mikroklimatu były zmienne i zależne od warunków panujących na zewnątrz (amplitudy temperatury osiągały kilkanaście stopni, a amplitudy wilgotności względnej powietrza 20-40%).

We wszystkich magazynach średnio ok. $\frac{3}{4}$ zbiorów stanowiły obiekty, w których nie stwierdzono zniszczeń wywołanych przez mikroorganizmy lub owady. Niepokój budził jednak fakt, że pozostała część zbiorów - średnio ok. $\frac{1}{4}$ - była w mniejszym lub większym stopniu

zaatakowana przez drobnoustroje, rzadziej owady. Obiekty silnie zniszczone przez mikroorganizmy lub owady stanowiły 0,2-6,3% zbiorów w zależności od magazynu. Najczęściej obserwowanym zniszczeniem były foksingi, czyli rdzawobrzazowe zaplamienia występujące na papierach, szczególnie gorszej jakości, z których wykonane były wyklejki, karty ochronne, papierowe przekładki, a także tektury usztywniające i papiery wyklejające wnętrza teczek. Rzadziej napotymano różnego rodzaju zmiany spowodowane przez rozwój grzybów pleśniowych, tj. naloty ziarniste, puszyste lub pudrowate, w kolorach białym lub rdzawoczerwonym, oraz różnej wielkości zaplamienia w kolorach: białym, kremowym, różowym, czerwonym, fioletowym lub szarym, przeważnie przenikające przez kilka kartek papieru. Zmianom barwnym towarzyszyła destrukcja papieru, której widocznymi objawami były jego ścienienie lub rozpulchnienie, osłabienie a nawet ubytki. Badania mikrobiologiczne (obserwacje mikroskopowe i hodowle próbek) wykazały, że za te zmiany odpowiedzialne były grzyby z rodzajów *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, rzadziej *Chaetomium*, *Rhizopus*, *Alternaria*, *Trichothecium*, *Sporothrix*, *Ulocladium*, *Acremonium*, *Sepedonium*, *Botrytis*, *Stachybotrys* i *Botryotrichum* sp., którym towarzyszyły gramdodatnie ziarniaki i promieniowce. Nieco ponad ¼ wśród wyhodowanych mikroorganizmów posiadała uzdolnienia do rozkładu celulozy. Większość mikroorganizmów była jednak nieaktywna i niehodowalna. Widoczne na zbiorach objawy ich rozwoju były nadal widoczne, ale po wielu latach przechowywania w lepszych warunkach mikroorganizmy, które je spowodowały, w dużej części obumarły (**zał. 4 pkt IID poz. 14, str. 7/8**).

We współpracy z zespołem prof. dr hab. Rafałem Górnym opracowałam wyniki badań pyłu osiadłego i bioaerozoli w wymienionych magazynach. W pyłe osiadłym wykryto obecność 11 gatunków grzybów należących do 8 rodzajów (*Penicillium* spp., *Alternaria tenuis*, *Acremonium strictum*, *Oidiodendron rhodogenum*, *Oidiodendron flavum*, *Aspergillus repens*, *Aspergillus penicilloides*, *Trichothecium laxicephalum*, *Aspergillus glaucus*, *Paecilomyces variotii* i *Cladosporium* sp.), a także 10 gatunków bakterii, należących do 4 rodzajów, w tym przedstawiciele laseczek przetrwalnikujących z rodzaju *Bacillus*, znanych z właściwości proteolitycznych, nieprzetrwalnikujących pałeczek z rodzaju *Cellulomonas*, znanych z właściwości celulolitycznych oraz *Staphylococcus epidermis* i *S. sciuri*, czyli bakterii bytujących na skórze ludzkiej i osiadłych na książkach wskutek kontaktu z czytelnikami.

Pył osiadły na powierzchni książek/archiwaliów pochodził z powietrza w magazynach, dlatego jego skład jakościowy był w dużym stopniu odbiciem składu bioaerozolu tych pomieszczeń, aczkolwiek w powietrzu różnorodność gatunkowa drobnoustrojów była większa (39 gatunków bakterii należących do 17 rodzajów, oraz 18 gatunków grzybów należących do 12 rodzajów). W powietrzu większości magazynów najliczniejszą część bioaerozolu stanowiły bakterie (84,2%), a wśród nich głównie ziarniaki gramdodatnie,

natomiast drugą pod względem liczebności grupę stanowiły grzyby pleśniowe (15,8%), najczęściej gatunki z rodzaju *Penicillium*, *Alternaria tenuis*, *Trichothecium laxicephalum*, *Aspergillus regens*, *Oidiodenron flavum* i *Oidiodenron rhodogenum*.

Stężenie bioaerozolu w magazynach okazało się bardzo ważnym parametrem dla oceny warunków przechowywania zbiorów. Stężenia aerozolu grzybowego wynosiły średnio 156 jtk/m³ (w zakresie 51 – 490 jtk/m³), a bakteryjnego średnio 400 jtk/m³ (w zakresie 247 – 712 jtk/m³). Wartości te były dużo niższe od limitów dla stężeń aerozolu bakteryjnego i grzybowego dla pomieszczeń użyteczności publicznej, który wynosi 5000 jtk/m³ dla aerozolu bakteryjnego i 5000 jtk/m³ dla aerozolu grzybowego⁷. Jednak te limity mają na względzie ochronę zdrowia człowieka przed mikroorganizmami, dlatego zwróciłam uwagę na konieczność ustalenia limitów dla magazynów bibliotecznych, archiwalnych i muzealnych, uwzględniających zagrożenia dla zbiorów. W literaturze są proponowane różne wartości tych limitów; w tej pracy przyjąłam poziom 200 jtk/m³, jako górny limit dla stężenia aerozolu grzybowego. Ta graniczna wartość została przekroczona tylko w jednym z magazynów, gdzie osiągnęła 712 jtk/m³, a przyczyną tego były częste zalania wodą deszczową podziemnego korytarza w jego bezpośrednim sąsiedztwie (**zał. 4 pkt. IIA poz. 5, str. 3**)

Na podstawie przedstawionych wyników wspólnych badań stanu zachowania zbiorów i obecnych warunków ich przechowywania w większości magazynów trudno było mi wykazać jednoznaczne zależności pomiędzy mikroklimatem i jakością mikrobiologiczną powietrza w magazynie z jednej strony a stopniem zniszczenia zbiorów przez mikroorganizmy z drugiej strony. Główną przyczyną trudności był prawdopodobnie fakt, że większość zbadanych magazynów była użytkowana dopiero od ok. 10 lat, czyli zbyt krótko na to, aby warunki w nich panujące odbiły się w znaczący sposób na ich kondycji. Na aktualny stan zachowania zbiorów miały bowiem wpływ obecne warunki przechowywania, ale w jeszcze większym stopniu przeszłość poszczególnych książek i archiwaliów – ich jednostkowe historie, na które składały się lata przechowywania w warunkach zbliżonych do prawidłowych, ale także wojny, zalania, lata przechowywania w zawilgoconych piwnicach lub strychach a także wielokrotne zmiany miejsca przechowywania. Innym źródłem tych trudności była zapewne niejednakowa podatność na atak drobnoustrojów różnych materiałów bibliotecznych, w tym także różnych gatunków papieru, użytych w zbiorach w zbadanych magazynach, bowiem papiery gorszej jakości były częściej porażone przez drobnoustroje.

Na podstawie przedstawionych tu pokrótce wyników odtworzyłam kolejność wydarzeń, które wpłynęły na obecny stan zachowania zbiorów w zbadanych magazynach pod kątem ich zniszczeń biologicznych. Kluczowa jest w tym wypadku dobra kondycja

⁷ propozycje zalecane przez Zespół Ekspertów ds. Czynników Biologicznych Międzyresortowej Komisji ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy (Górny, 2009).

budynku i pomieszczeń magazynowych. Wady i uszkodzenia budynku biblioteki lub archiwum, tj. brak lub zły stan izolacji przeciwwilgociowych, nieszczelności pokrycia dachowego, zalewanie murów deszczówką wskutek niedrożności systemu rynien i rur spustowych, brak ogrzewania zimą, niewydolna wentylacja, nieszczelności instalacji wodnych prowadzą w pierwszej kolejności do zawilgocenia przegród budowlanych, a niekiedy dochodzi bezpośrednio do zalania zbiorów wodą. Woda powoli paruje z zalanych przegród budowlanych i ze zbiorów, które ulegają porażeniu przez grzyby strzępkowe. Następuje lokalny wzrost wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniach magazynowych, a to pociąga za sobą wzrost stężenia bioaerozolu i ilości mikroorganizmów w pyłe osiadłym. Ostatecznie dochodzi do wzrostu zawartości wody w pozostałych, niezalanych zbiorach i rozwoju w nich kolonii mikroorganizmów, które powodują widoczne nieuzbrojonym okiem zniszczenia – naloty, zaplamienia, osłabienie struktury. Tempo tych procesów jest zróżnicowane – w przypadku powodzi do katastrofalnego rozwoju mikroorganizmów w zbiorach dochodzi w ciągu kilku lub kilkunastu dni, natomiast w przypadku okresowych zalań przegród budowlanych przez nieszczelności w dachu, wahań parametrów mikroklimatu połączonych z niedostateczną wentylacją zniszczenia mogą pojawić się po kilku tygodniach lub miesiącach.

Kontynuacją moich zainteresowań badaniami bioaerozoli była współpraca z prof. dr hab. Rafałem Górnym dotycząca jakości mikrobiologicznej powietrza w pracowniach konserwatorskich (**zał. 4 pkt. IIA poz. 3 str. 3**). W tej pracy mikroorganizmy z powietrza były pobierane przy pomocy próbników metodą zderzeniową bezpośrednio na pożywki (za pomocą 6-stopniowego impaktora Andersena) oraz metodą filtracji na filtry o średnicy porów 3 μm . Mikroorganizmy pobrane na filtry były następnie wypłukiwane i hodowane na podłożach mikrobiologicznych albo traktowane formaldehydem i zabarwane oranżem akrydynowym, a następnie filtrowane przez czarny filtr poliwęglanowy (o średnicy porów 0,8 μm), obserwowane i liczone w mikroskopie epifluorecencyjnym przy długości fali $\lambda=490\text{ nm}$ (metoda CAMNEA). Ta druga metoda pozwalała na uwzględnienie wszystkich cząstek pochodzenia biologicznego w powietrzu, a nie tylko jednostek tworzących kolonie na pożywkach. Porównanie wyników obu metod wykazało, że mikroorganizmy wyhodowane na pożywkach stanowiły zaledwie 0,1-5,5% całkowitej liczby cząstek pochodzenia biologicznego wykrytych metodą CAMNEA, niewymagającą hodowli. Wyniki te są zbieżne z wynikami podobnych porównawczych badań mikroorganizmów z gleby, w których stwierdzono, że metodami hodowlanymi można wykryć zaledwie 5% grzybów i 12% bakterii z ogółu mikroorganizmów występujących w glebie i wykrywalnych dzięki użyciu molekularnych technik badawczych, niewymagających hodowli (Frąc i Jezińska-Tys, 2010).

Zalety metod niewymagających hodowli oraz doświadczenia zdobyte przeze mnie w trakcie realizacji projektu „Kwaśny papier” skłoniły mnie do poszukiwania innej, także

niewymagającej hodowli, metody określania poziomu żywotności mikroorganizmów na powierzchniach zabytków. Do wad metod hodowlanych stosowanych w tym celu należy długi czas oczekiwania na wynik oraz niezadawalająca wiarygodność wyniku, ponieważ na pożywkach hodowlanych często licznie wyrastają mikroorganizmy, które znalazły się na powierzchni zabytku przypadkowo w postaci zarodników, ale są zdolne do szybkiego wzrostu na pożywkach zamiast mikroorganizmów rzeczywiście odpowiedzialnych za zniszczenia, często osłabionych lub obumarłych. Dlatego do badania żywotności mikroorganizmów na powierzchniach zabytków zaadaptowałam niewymagającą hodowli metodę bioluminescencyjną, stosowaną dotąd w przemyśle spożywczym. Metoda bioluminescencyjna pozwalała na szybkie orientacyjne oznaczenie ilości adenozyno-5'-trifosforanu (ATP), czyli związku występującego tylko w żywych komórkach, służącego do magazynowania w nich energii. Bioluminometr podawał wyniki we względnych jednostkach światła (Relative Light Units RLU), których ilość jest proporcjonalna do ilości ATP w próbce. Poziom oznaczonego ATP odzwierciedlał stopień zanieczyszczenia badanej powierzchni przez żywe mikroorganizmy, przy czym współczynnik korelacji wynosił 0,63 ($p \leq 0,05$), czyli korelacja była średnia dodatnia. Na ten współczynnik korelacji miała wpływ nie tylko odmienność metod, ale także nierównomierny charakter wzrostu mikroorganizmów na zastosowanych podłożach. Tym niemniej stosuję ją jako metodę uzupełniającą do badania porażenia zabytków przez żywe mikroorganizmy, co ma kluczowe znaczenie podczas podejmowania decyzji o konieczności dezynfekcji zabytku (**zał. 4 pkt. IID poz. 17, str. 8**).

Metodę bioluminescencyjnego oznaczania ATP na powierzchni obiektów oraz badania jakości mikrobiologicznej powietrza wykorzystałam w kolejnej pracy poświęconej badaniom magazynów bibliotecznych (**zał. 4 pkt. IID poz. 12, str. 7**). W tej pracy stwierdziłam, że stężenia aerozoli grzybowych dość precyzyjnie odzwierciedlają warunki przechowywania zbiorów, tj. mikroklimat, ewentualne zawilgocenie ścian, jakość wentylacji i stopień oczyszczenia zbiorów z zabrudzeń, w tym nalotów grzybów strzępkowych. Z tego powodu zalecałam te metody jako niezbędne do pełnego określenia warunków przechowywania zbiorów w magazynie i ich stanu zachowania.

W trakcie realizacji projektu „Kwaśny papier – ratowanie w skali masowej zagrożonych polskich zbiorów bibliotecznych i archiwalnych” brałam ponadto udział w opracowaniu publikacji na temat zagrożeń ze strony mikroorganizmów występujących w bibliotekach/archiwach dla zdrowia pracowników tych instytucji, bezpośrednio zajmujących się zbiorami (**zał. 4 pkt IID poz. 15, str. 8**). Praca ta została wykonana wspólnie z zespołem z Instytutu Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu pod kierunkiem dr n. med. Doroty Jarosińskiej. Ogólnie mówiąc, grzyby strzępkowe mogą wywoływać u ludzi trzy rodzaje chorób: choroby alergiczne (np. alergiczny nieżyt nosa i zatok, astmę oskrzelową atopową z wiodącym uczuleniem na grzyby i alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych),

infekcje grzybowe (np. ostre zapalenie oskrzeli i płuc, przewlekłe zapalenie oskrzeli, grzybica płuc) i zatrucia grzybowe (mykotoksykozy, czyli choroby wywoływane wniknięciem mykotoksyn do organizmu człowieka drogą pokarmową lub oddechową). Mykotoksyny występują w środowisku człowieka zazwyczaj w niskich stężeniach i powodują na ogół zatrucia przewlekłe, objawiające się początkowo niespecyficznymi objawami, takimi jak zmęczenie, bóle głowy, biegunki, bóle mięśni, katar, częste zachorowania podobne do grypy, ale po latach mogą prowadzić do uszkodzenia wątroby, nerek a nawet nowotworu (Piontek, 2004). Oprócz mykotoksyn grzyby pleśniowe uwalniają do powietrza lotne związki organiczne (MVOCs – *Microbial Volatile Compounds*), odpowiedzialne m.in. za specyficzny „grzybowy” zapach; MVOCs mogą przyczyniać się do zespołu przewlekłego zmęczenia.

Celem zadania było wykazanie, w jakim stopniu narażenie na grzyby strzępkowe powoduje wymienione objawy lub choroby u ludzi pracujących zawodowo ze zbiorami bibliotecznymi/archiwalnymi. W pierwszym etapie przygotowano dwa rodzaje kwestionariuszy, tj. ankiety dotyczące stanu budynku, skierowane do administracji budynków, oraz indywidualne ankiety dla pracowników zawierające pytania o charakter i długość czasu pracy z księgozbiorem, warunki panujące w miejscu pracy, środowisko domowe i stan zdrowia. Analiza ankiet „budynkowych” wykazała, że blisko ¼ ankietowanych bibliotek/archiwów ulegała w przeszłości zalaniu. Zniszczenia dotyczyły także zbiorów, aczkolwiek przeważnie zalaniu ulegała niewielka ich część (do 5%). Aktualne występowanie plam wilgoci i/lub śladów pleśni na ścianach pomieszczeń potwierdziła blisko połowa placówek, a występowanie plam wilgoci i/lub śladów pleśni na zbiorach potwierdziła 1/3 osób wypełniających ankietę „budynkowe” i aż połowa osób pracujących bezpośrednio ze zbiorami.

Prawie wszyscy ankietowani pracownicy potwierdzili fakt narażenia w aktualnym miejscu pracy na czynniki szkodliwe, głównie pyły i aerozol biologiczny, i wymieniali występowanie szeregu objawów chorobowych, głównie ze strony układu oddechowego (swędzenie nosa i/lub kichanie, wodnisty wyciek z nosa lub uczucie blokady nosa, duszność, kaszel, świszczący oddech) lub skóry (wysypka i/lub zaczerwienienie na powierzchni dłoni i przedramion); wśród objawów powtarzały się także bóle głowy i uczucie przewlekłego zmęczenia. W przypadku wszystkich analizowanych objawów większość ankietowanych podawała ich nasilanie się w miejscu pracy.

W drugim etapie przeprowadzono szczegółową diagnostykę alergologiczną w wybranej grupie 46 pracowników Biblioteki Uniwersytetu Wrocławskiego, która ucierpiała w czasie powodzi w 1997 r. W wyniku przeprowadzenia badań diagnostycznych, które obejmowały: badanie ogólnolekarskie, badanie spirometryczne, badanie rynomanometryczne i oznaczenie poziomu immunoglobulin klasy E we krwi (IgE całkowite i IgE specyficzne: wybrano antygeny grzybów pleśniowych *Alternaria tenuis*, *Aspergillus*

fumigatus, *Cephalosporium acremonium*, *Trichoderma viride*), u zbadanych bibliotekarzy nie stwierdzono odchyleń od przyjętych norm. Wyniki te nie powinny nas skłaniać do zaniechania poszukiwań w tym zakresie, ponieważ wyniki Wiszniewskiej i wsp. (2010), przeprowadzone na 200-osobowej grupie konserwatorów sztuki i pracowników muzealnictwa, sugerują jednak rolę grzybów strzępkowych jako alergenów zawodowych w tej grupie zawodowej (Wiszniewska, 2010).

Lista cytowanej literatury

1. Frąc M., S. Jezierska-Tys, 2010. Różnorodność mikroorganizmów środowiska glebowego. *Postępy Mikrobiologii* 40, 47–58.
2. Górny R., Aerozole biologiczne – rola normatywów higienicznych w ochronie środowiska i zdrowia, V Konferencja Naukowa „Rozkład i korozja mikrobiologiczna materiałów technicznych”, Łódź, Politechnika Łódzka, 91-102.
3. Piontek M., 2004. Grzyby pleśniowe i ocena zagrożenia mikotoksycznego w budownictwie mieszkaniowym, Zielona Góra.
4. Wiszniewska M., 2010. Uczulenie na grzyby wśród konserwatorów zabytków – występowanie, czynniki ryzyka i obraz kliniczny, *Medycyna Pracy* 61, 133-141.

Wykrycie grzybów strzępkowych powodujących foksing na rysunku Leona Wyczółkowskiego „Rynek w Gniewie”

Pojęcia „foksing” używa się na określenie czerwono- lub żółtobrazowych, niewielkich, nieregularnych zaplamień, które licznie występują w papierze w książkach, dokumentach, grafikach i innych obiektach, szczególnie z XIX wieku. Wyjaśnieniem mechanizmu powstawania foksingów zajmuje się od lat wielu autorów na całym świecie. Wskazują oni na pochodzenie mikrobiologiczne lub chemiczne tych zaplamień, ale dotąd nie udało się jednoznacznie ustalić przyczyn ich powstawania. Rzadko udaje się wyhodować mikroorganizmy tworzące foksing i odtworzyć go w warunkach laboratoryjnych (Nol i wsp., 1983, Arai, 2000).

Do Zakładu Konserwacji Papieru i Skóry UMK przekazano do konserwacji rysunek Leona Wyczółkowskiego „Rynek w Gniewie”, który był wyjątkowy pod tym względem, ponieważ wspólnie z czerwono-brązowymi foksingami występowały na jego powierzchni białawe lub piaskowożółte naloty, złożone odpowiednio ze strzępek grzybni lub piaskowożółtych klejstotecjów, wypełnionych kulistymi workami z askosporami (**zał. 4 pkt. IIA poz. 4, str. 3**). Wynik z bioluminometru wskazujący na zawartość ATP w miejscu pokrytym piaskowożółtym nalotem wynosił 620 RLU, a w miejscu wolnym od nalotu - 160 RLU. Inkubacja próbek piaskowożółtego nalotu na pożywkach mikrobiologicznych pozwoliła

na wyhodowanie i wyizolowanie 5 szczepów grzybów, z których *Eurotium rubrum* W. Bremer, *E. repens* de Bary i *Aspergillus versicolor* (Vuill.) Tirab. wydzielały duże ilości żółtobrazowych barwników do pożywek hodowlanych. Przy użyciu tych szczepów powiodła się próba odtworzenia na papierach testowych zniszczeń widocznych na papierze rysunku Wyczółkowskiego. Czerwonobrazowe foksingi pojawiły się na próbkach wszystkich czterech rodzajów papierów testowych nałożonych na jednodotygodniowe kolonie *Eurotium rubrum* rosnące na pożywce. Także *E. repens* i *Aspergillus versicolor* spowodowały powstanie takich zaplamień, aczkolwiek efekty były silnie zróżnicowane w zależności od gatunku grzyba, rodzaju pożywki i rodzaju papieru.

Jest to cenne osiągnięcie, gdyż niezwykle rzadko udaje się wyhodować grzyby powodujące foxing i odtworzyć go w warunkach laboratoryjnych. Niestety, nie tłumaczy pochodzenia tego zniszczenia w każdym przypadku, a wyniki badań wskazują raczej na wielość i różnorodność przyczyn jego powstawania (Soyeon, 2007).

Na znaczący udział mikroorganizmów w powstawaniu foksingów obecnych na próbkach papierów z trzech różnych źródeł wskazują także wyniki przedstawione w publikacji opracowanej we współpracy z zespołem z Politechniki Łódzkiej i Politechniki Rzeszowskiej (**zał. 4 pkt. IIA poz. 1 str. 2**). Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zainspirowaniu tematu badań, zebraniu próbek do badań i opracowaniu ich charakterystyki. W tej pracy zastosowano po raz pierwszy do badania foksingów nowoczesne narzędzia badawcze, tj. metabolomikę i metagenomikę. Dzięki analizom metabolomu w obrębie foksingów wykryto produkty metabolizmu cukrów, które mogą być produktami rozkładu celulozy, a także żółte i fluoryzujące związki, tj. β -, γ - i δ - tokoferole, 2-metylo-3-fitylochinol, czyli prekursora w biosyntezie tokoferoli, oraz 3-hydroksy-L-kureninę, należącą do szlaku metabolicznego tryptofanu. Jest to pierwsza praca, w której dokonano identyfikacji związków odpowiedzialnych za barwę foksingów. Ponadto podkreślono rolę bakterii w tworzeniu się foksingów, m.in. *Ralstonia sp.* i *Delftia sp.*, podczas gdy do tej pory w większości publikacji zwracano uwagę na grzyby strzępkowe jako odpowiedzialne za foxing.

W roku 2017 opublikowałam samodzielnie pracę przeglądową w języku polskim podsumowującą wyniki wieloletnich badań nad foksingami (**zał. 4 pkt. IID poz. 1 str. 5**).

Lista cytowanej literatury

1. Arai H., 2000. Foxing caused by fungi: Twenty-five years of study. *International Biodeterioration and Biodegradation* 46, 181–188.
2. Nol, L., Henis, Y., Kenneth, R. G., 1983. Biological factors of foxing in postage stamp paper. *International Biodeterioration Bulletin* 1, 19–25.
3. Soyeon Ch., 2007. Foxing on paper: a literature review. *Journal of the American Institute for Conservation* 46, 137–152.

Charakterystyka zespołów mikroorganizmów niszczących malowidła ściennie

W latach 1997-2003 uczestniczyłam wspólnie z prof. dr hab. Alicją B. Strzelczyk w pracy zespołu zajmującego się problematyką biodeterioracji i konserwacji malowideł ściennych i sklepiennych w kościele oo. bernardynów w Skępem. Powodem podjęcia badań mikrobiologicznych było występowanie rozległych białych nalotów na malowidłach i osłabienie warstwy malarskiej na malowidłach na sklepieniu nad chórem zakonnym i w kaplicy św. Anny. Dzięki obserwacjom w SEM wykazałam, że białe naloty na malowidłach w kaplicy św. Anny były utworzone przez biofilm składający się z długich, nitkowatych komórek o średnicy 0,3-3 μm . Wyizolowałam 13 szczepów bakterii, głównie z rodzajów *Bacillus* (5 gatunków) i *Streptomyces* (3 gatunki), oraz 7 szczepów grzybów strzępkowych, a także scharakteryzowałam ich właściwości istotne ze względu na stan zachowania malowidła. Wyizolowane mikroorganizmy, przede wszystkim bakterie z rodzajów *Streptomyces* i *Bacillus*, przejawiały niebezpieczne dla malowidła uzdolnienia do rozkładu zastosowanych w nim spoiw, tj. kazeiny i kazeinianu wapnia, do wzrostu w warunkach o niskiej dostępności wody i w niskiej temperaturze (4°C) oraz do zakwaszania podłoża (zał. 4 pkt. IID poz. 16, str. 8).

Efektom moich zainteresowań jest ponadto przeglądowa publikacja na temat biodeterioracji malowideł ściennych w Polsce i na świecie (zał. 4 pkt. IIE poz. 12, str. 12). Na ten temat wygłosiłam także referat na sympozjum w Metropolitan Museum of Art w Nowym Jorku (zał. 4 pkt. IIK poz. 23, str. 22). Problematyka ta była tematem licznych prac badawczych poczynając od lat 60. XX wieku. Badane malowidła znajdowały się głównie na terenie Włoch, Rosji, Rumunii i Niemiec. Na podstawie wyników tych prac w publikacji przeglądowej przedstawiłam źródła zawilgocenia malowideł, które stanowi zasadniczą przyczynę rozwoju mikroorganizmów, omówiłam znaczenie bakterii, grzybów, glonów (zielenic) i porostów w ich destrukcji, przedstawiłam przebieg sukcesji zespołów mikroorganizmów w tym środowisku a także mechanizmy, które prowadzą do biodeterioracji (rozkład enzymatyczny spoiw malarskich, w tym współcześnie stosowanych spoiw syntetycznych, wydzielanie kwasów organicznych, reakcje utleniania i redukcji oraz tworzenie biofilmu).

Podsumowanie

Mój dorobek naukowy stanowi autorstwo lub współautorstwo 51 publikacji, w tym 3 wydawnictw książkowych (włączając rozprawę habilitacyjną), 7 oryginalnych prac opublikowanych w czasopiśmie indeksowanych przez Journal Citation Reports i 5 oryginalnych prac opublikowanych w czasopiśmie indeksowanych przez ERIH.

Sumaryczna liczba punktów MNiSW za te prace, zgodnie z rokiem opublikowania, wynosi **417** (włączając rozprawę habilitacyjną), natomiast sumaryczny Impact Factor wynosi **10,955** (5-letni – 11,522). Według bazy Scopus suma cytowań wynosi **67**, bez autocytowań: **60** (na dzień 27 marca 2019) (**zał. 4 pkt. IIF i IIG, str. 15/16**)

W trakcie mojej działalności zawodowej wygłosiłam **27** referatów na konferencjach krajowych i zagranicznych (**zał. 4 pkt. IIK, str. 19-23**) oraz zrecenzowałam **5** artykułów nadesłanych do druku w międzynarodowych czasopismach naukowych (w 4 różnych) oraz 3 artykuły w czasopiśmie krajowym (**zał. 4 pkt. IIIP, str. 36**).

Podnoszenie kwalifikacji

W czasie zatrudnienia w Zakładzie Konserwacji Papieru i Skóry podnoszę swoje kwalifikacje (**zał. 4, pkt IIII, str. 30**). Interdyscyplinarny charakter mojej pracy jako biologa wspomagającego konserwację zabytków wymagał uzupełnienia wiedzy z dziedziny podstaw konserwacji, technik i technologii, w jakich powstawały dzieła sztuki, a nawet elementów budownictwa. Dlatego ukończyłam studia podyplomowe z zakresu sztuki kościelnej, zorganizowane przez Instytut Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa UMK, obejmujące zagadnienia z historii sztuki, profilaktyki i podstaw konserwacji dzieł sztuki kościelnej (258 godzin zajęć teoretycznych) oraz kurs mykologiczno-budowlany pt.: „Ochrona Budynków przed Korozją Biologiczną”, zorganizowany przez Polskie Stowarzyszenie Mykologów Budownictwa we Wrocławiu. Ten drugi kurs obejmował 90 godzin wykładów i 110 godzin zajęć praktycznych dotyczących przyczyn zawilgocenia w budownictwie, rozwoju grzybów i owadów w materiałach budowlanych oraz metod ich zwalczania. Ponadto uczestniczyłam w międzynarodowym kursie „Biotechnology and the Preservation of Cultural Artifacts”, zorganizowanym przez Fondazione per le Biotechnologie w Turynie we Włoszech, który był poświęcony zagadnieniom biodeterioracji zabytków oraz metodom ich ochrony. Wykładowcami na tym kursie byli uczeni rangi międzynarodowej w tej dziedzinie, m.in. prof. Ralph Mitchell z Harvard University, prof. Claudia Sorlini z Università degli Studi w Mediolanie, dr Giulia Caneva z Università degli Studi Roma Tre z Rzymu, prof. Thomas Wahrschein z Institute for Material Science z Bremy i Cesareo Saiz-Jimenez z Instituto de Recursos Naturales y Agrobiologia z Sewilli.

W pierwszych latach mojej pracy zawodowej uczestniczyłam jako słuchacz w sympozjach na temat biodeterioracji i ochrony drewna pt. „Ochrona drewna”, organizowanych przez Wydział Technologii Drewna Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (w Rogowie w latach: 1994, 2004 i 2007) oraz w sympozjach Polskiego Stowarzyszenia Mykologów Budownictwa z Wrocławia (w Szklarskiej Porębie w roku 1995). Aby poszerzyć swoją wiedzę w dziedzinie biocydów uczestniczyłam jako słuchacz w sympozjach pt.: „Czwartorzędowe sole amoniowe i obszary ich zastosowania w

gospodarce” organizowanych przez Instytut Technologii Drewna w Poznaniu (w latach 1996 i 1997).

Uczestniczyłam także w większości konferencji pt: „Rozkład i korozja materiałów technicznych”, organizowanych przez Wydział Biotechnologii i Nauk o Żywności Politechniki Łódzkiej, w seminarium szkoleniowym nt. „Mikrobiologiczne zanieczyszczenia powietrza w zakładach przemysłowych”, organizowanym przez Politechnikę Łódzką, w konferencji naukowo-szkoleniowej pt: „Zagrożenia zdrowotne związane z pracą konserwatorów sztuki i pracowników muzealnictwa”, zorganizowanej przez Instytut Medycyny Pracy im. Prof. J. Nofera w Łodzi, w konferencji „Integrowana ochrona eksponatów muzealnych przed szkodnikami”, zorganizowanej w Szkole Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. W roku 1993 odbyłam 10-dniowy staż w Carl von Ossietzky Universität w Oldenburgu, którego celem było wykonanie zdjęć zniszczonych przez promieniowce próbek pergaminów w elektronowym mikroskopie skaningowym wysokiej klasy, niedostępnym w tym czasie na UMK.

Ponadto na dwóch kursach, tj. „*Statistica* dla medyków i biologów”, zorganizowanym przez StatSoft Polska w Krakowie, oraz „Podstawy analizy danych” w ramach 18. Warsztatów Analitycznych, zorganizowanym przez Predictive Solutions w Warszawie, podnosiłam swoje umiejętności w zakresie opracowań statystycznych wyników uzyskanych w badaniach przyrodniczych.

B) Dorobek dydaktyczny i organizacyjny

Działalność dydaktyczna

Zajęcia dydaktyczne prowadzę w Zakładzie Konserwacji Papieru i Skóry od początku semestru letniego w roku akademickim 1993/1994. Moja działalność dydaktyczna skupia się wokół szeroko pojętej problematyki ochrony zabytków przed zagrożeniami biologicznymi – mikroorganizmami, grzybami i owadami.

Na Wydziale Sztuk Pięknych UMK prowadzę przedmiot ujęty w planie studiów dla kierunku: „konserwacja i restauracja dzieł sztuki” (KiR) na III roku jako „Ochrona zabytków przed zniszczeniami biologicznymi” (dawniej: „Mikrobiologia z dezynfekcją i dezynsekcją zabytków”). Zajęcia te obejmują ćwiczenia oraz wykłady (wykłady prowadzę od roku akademickiego 2004/2005). Przedmiot ten jest obowiązkowy na III roku dla studentów wszystkich trzech specjalności KiR, tj. konserwacji malarstwa i rzeźby polichromowanej, konserwacji elementów i detali architektonicznych oraz konserwacji papieru i skóry (**zał. 4 pkt III I, str. 25/26**). Zajęcia obejmują zagadnienia związane z mikroklimatem w miejscach przebywania zabytków, podstawową charakterystykę grzybów strzępkowych, grzybów tzw. domowych, bakterii, w tym sinic, a także glonów, mchów, porostów i roślin zielnych oraz

owadów niszczących zabytki; omawiane i pokazywane są objawy biodeterioracji papieru, pergaminu, płótna, skóry, warstwy malarskiej i przemalowań, drewna, kamienia, cegły, a także mechanizmy procesów biologicznej destrukcji; studenci są zapoznawani ponadto z metodami i preparatami biobójczymi używanymi do dezynfekcji i dezynsekcji zabytków oraz z metodami zabezpieczania zabytków przed biodeterioracją. Zajęcia te są wysoko oceniane w ankietach studenckich.

Niezależnie od tych zajęć przeprowadzam badania zniszczeń pochodzenia biologicznego zabytków poddawanych konserwacji przez studentów w ramach pracowni konserwacji zabytków (rok III i IV studiów) i praktyk studenckich lub realizacji prac dyplomowych (rok IV i V studiów). Efektem tych badań są opracowywane przez studentów pod moim kierunkiem krótkie opinie, w których są scharakteryzowane objawy zniszczenia zabytku spowodowane działalnością organizmów żywych oraz zawarte są propozycje ochrony obiektu przed biodeterioracją.

Ponadto prowadzę na **Wydziale Nauk Historycznych UMK** przedmiot ujęty w planie studiów dla kierunku: „archiwistyka i zarządzanie dokumentacją” na III roku jako „Profilaktyka i konserwacja archiwaliów” (**zał. 4 pkt III, I, str. 26**). Tematyka tych zajęć obejmuje materiałoznawstwo archiwaliów (dawne i współczesne), zniszczenia archiwaliów przez czynniki chemiczne, biologiczne i fizyczne oraz zasady konserwacji profilaktycznej archiwaliów, w tym warunki ich przechowywania. W latach 1994-2009 prowadziłam na Wydziale Nauk Historycznych przedmiot ujęty w planie studiów dla kierunku „Archeologia konserwatorska” jako „Dezynfekcja i dezynsekcja zabytków”, a w latach 1998-2008 przedmiot ujęty w planie studiów dla kierunku „Bibliotekoznawstwo i informacja naukowa” jako „Profilaktyka przechowywania zbiorów bibliotecznych”.

W trakcie mojej pracy byłam opiekunem 5 prac magisterskich, samodzielnie wypromowałam 17 magistrów (**zał. 4 pkt IIIJ, str. 27-29**) oraz byłam promotorem 1 pracy na studiach podyplomowych z zakresu muzealnictwa. Zrecenzowałam 9 prac magisterskich. Tematyka tych prac była ściśle związana z moimi zainteresowaniami i nurtem badań.

Działalność popularyzatorska i organizacyjna

Moim znaczącym osiągnięciem w dziedzinie dydaktyki i popularyzacji wiedzy jest współautorstwo z prof. dr hab. Alicją Strzelczyk podręcznika „Drobnoustroje i owady niszczące zabytki oraz ich zwalczanie”, przeznaczonego głównie dla studentów konserwacji, ale także dla dyplomowanych konserwatorów dzieł sztuki, pracowników muzeów, bibliotek i innych osób zaangażowanych w ochronę zabytków (**zał. 4 pkt. IID poz. 1 str. 4**). Ponadto jestem autorką rozdziału dotyczącego biologicznych aspektów zniszczenia drewna użytkowego i zwalczania w nim grzybów i owadów, opublikowanego w polsko-rosyjskiej

pracy zbiorowej „Problemy konserwacji i badań zabytków architektury”, wydanej przez Europejską Fundację Ochrony Zabytków w Gdańsku (**zał. 4, pkt. IIE poz. 10, str. 12**).

Moim największym osiągnięciem w dziedzinie organizacyjnej było pełnienie w 2018 roku funkcji sekretarza VI Naukowej Konferencji Konserwatorów Papieru i Skóry pt.: „Zabytki - Biologia - Konserwacja. Teoria a praktyka”, która odbyła 18-19 października na UMK w Toruniu (**zał. 4, pkt. IIIC poz. 1, str. 23**). Wiodącym tematem konferencji był biodeterioracja zbiorów na papierze oraz metody ich ochrony przed czynnikami biologicznymi. Do wygłoszenia referatów lub przygotowania posterów zaprosiłam wybitnych specjalistów w tej dziedzinie, a następnie na podstawie przysłanych propozycji ułożyłam program konferencji. Referaty podzieliłam na 6 tematycznych sesji:

1. Dezynfekcja – potrzeby i możliwości - na początku sesji wygłosiłam referat wprowadzający pt.: Znaczenie badań nad biodeterioracją w dziedzinie konserwacji-restauracji zabytków. Następnie referenci omawiali wspólnie stosowane biocydy w ochronie materiałów oraz zagadnienia prawne związane z ich stosowaniem.
2. Metody dezynfekcji zabytków – w tej sesji przedstawiono nowe propozycje w dziedzinie dezynfekcji zabytków, m.in. pochodne związków 1,2,3-triazolu, zamglawianie nanocząstkami srebra, plazmę niskotemperaturową, olejki eteryczne i liofilizację. Referenci kładli nacisk na taki dobór metod dezynfekcji, aby z jednej strony były nieniszczące w stosunku do obiektów jej poddawanych, a z drugiej wystarczająco efektywne, aby wyeliminować zagrażający czynnik mikrobiologiczny.
3. Monitoring i zwalczanie owadów niszczących zabytki – ta sesja była poświęcona na omówienie na szeregu przykładach zintegrowanych metod zwalczania szkodników (Integrated Pest Management IPM) w bibliotekach, archiwach i muzeach.
4. Nowoczesne metody badania biodeterioracji zabytków – referenci zaprezentowali metabolomikę i metagenomikę, które są nowatorskimi technikami w identyfikacji drobnoustrojów występujących na zabytkach oraz wydzielanych przez nie metabolitów, dzięki czemu można lepiej poznać mechanizmy biodegradacji i korozji materiałów. W kilku referatach przedstawiono wyniki praktycznych zastosowań tych metod w odniesieniu do zabytków i środowiska ich przechowywania.
5. Profilaktyka mikrobiologiczna w przechowywaniu zabytków archiwalnych, bibliotecznych i muzealnych oraz
6. Inne problemy konserwatorskie – w tych dwóch ostatnich sesjach zabierali głos głównie konserwatorzy papieru i skóry, którzy przedstawiali swoje doświadczenia w zakresie praktycznego rozwiązywania problemów biodeterioracji w praktyce archiwalnej, muzealnej i bibliotecznej.

Referaty były przedstawione w postaci prezentacji multimedialnych, a konferencji towarzyszyła wystawa posterów oraz stoisk firm komercyjnych, zajmujących się sprzedażą

wyposażenia laboratoriów, dezynfekcją i dezynsekcją oraz wystawa papierów marmurkowych z możliwością zakupu.

Uczestnicy konferencji podkreślali, że nie tylko stanowiła ona okazję do wielostronnego zaznajomienia się z problematyką ochrony dziedzictwa kulturowego na papierze przed biodeteriacją, ale jej najważniejszym sukcesem było umożliwienie spotkania się dwóch środowisk, tj. środowiska praktyków – konserwatorów, muzealników, archiwistów - ze środowiskiem naukowym - mikrobiologów, entomologów i chemików. Referaty i dyskusje umożliwiły zarówno zasygnalizowanie problemów, z jakimi stykają się praktycy, jak i prezentację obecnego stanu wiedzy naukowej, która może być wykorzystana do ich rozwiązania. Konferencja dała możliwość budowania współpracy między praktykami i naukowcami, wspólnego poszukiwania rozwiązań stawianych problemów, a także sposobność na wyznaczanie nowych obszarów badawczych.

Dwukrotnie przygotowałam imprezy w ramach Festiwalu Nauki i Sztuki organizowanych przez UMK: były to wykłady z demonstracją pt: „Dom mieszkalny i altana na działce – zagrożenia ze strony grzybów i owadów” (I Festiwal) i „Ile jest życia w metrze sześciennym powietrza? Problemy mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza” (V Festiwal).

III. Inna działalność zawodowa

Działalność doradcza. Znajomość problematyki biodeteriacji zabytków i ich ochrony przed zagrożeniami biologicznymi sprawia, że często byłam zapraszana do konserwatorskich zespołów eksperckich lub do udziału w realizacjach projektów konserwatorskich, finansowanych przez Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego, w celu wykonania analiz stanu porażenia zabytków przez mikroorganizmy lub owady oraz opracowania wytycznych dotyczących sposobów ich ochrony przed biodeteriacją, w tym dezynfekcji lub dezynsekcji. Zleceniodawcami opinii były także firmy konserwatorskie, budowlane, muzea, fundacje, biblioteki, archiwa, parafie, doktoranci oraz osoby prywatne. Początkowo opracowywałam je pod kierunkiem lub wspólnie z prof. dr hab. Alicją B. Strzelczyk, następnie samodzielnie, a w ostatnich latach z mgr Joanną Jarmińko, pracownikiem technicznym. Łącznie opracowałam lub brałam udział w opracowaniu prawie 200 opinii mikrobiologicznych, mikologicznych i entomologicznych (**zał. 4 pkt. IIIM str. 30-34**).

Najliczniejszą grupę obiektów, którym poświęcone były te opinie, stanowiły zabytki na podłożu papierowym lub pergaminowym. Część opinii dotyczyła pojedynczych, niezwykle cennych zabytków, np. Złotego Kodeksu Gnieźnieńskiego z XI w. z Archiwum Archidiecezjalnego w Gnieźnie, XIV-wiecznego graduału z Biblioteki Diecezjalnej w Pelplinie i mapy Andreasa Hindenberga z 1636 r. z Archiwum Państwowego w Katowicach. Inne

opinie dotyczyły całych zabytkowych kolekcji książek, np. księgozbioru Biblioteki Elbląskiej (od XV do XX wieku), zbiorów specjalnych Wojewódzkiej Biblioteki Publicznej - Książnicy Kopernikańskiej w Toruniu, księgozbioru biblioteki poaugustiańskiej w Zespole Klasztornym w Żaganiu, zbioru książek XIX- i XX-wiecznych w Bibliotece Seminarium Duchownego w Pelplinie, starodruków z Biblioteki Muzeum Morskiego w Gdańsku. Niektóre opinie dotyczyły zasobów archiwalnych, np. z Archiwum Państwowego w Toruniu, lub muzealnych kolekcji obrazów na papierze, np. pastel i akwarel Leona Wyczółkowskiego ze zbiorów Muzeum Okręgowego w Bydgoszczy, kolekcji grafik, oleodruków, akwareli i rysunków z Muzeum w Chełmnie. Zdarzały się także opinie dotyczące zbiorów współczesnych, np. księgozbioru w Bibliotece Medycznej Collegium Medicum UMK w Bydgoszczy czy też dokumentacji archiwalnej w trzech magazynach w Ostródzie i okolicach, należących do prywatnej firmy przechowalniczej.

Stan zachowania wymienionych obiektów i ich kolekcji był różny. W obiektach zabytkowych na podłożu z papieru, pergaminu bardzo często obserwowałam zaplamienia lub naloty spowodowane rozwojem grzybów strzępkowych, grzybnie grzybów podstawkowych lub korytarze wydrążone przez owady, niekiedy częściowo wypełnione odchodami larw. Zniszczenia te obejmowały także oprawy zabytkowych ksiąg, tj. skóry i deski drewniane. Istotny problem w tych pracach stanowiła identyfikacja biodeteriogenów oraz ocena ich żywotności. To ostatnie zagadnienie było kluczowe z punktu widzenia konserwatorów, ponieważ od tej oceny zależała decyzja o przeprowadzaniu bądź zaniechaniu dezynfekcji lub dezynsekcji obiektu/kolekcji. Identyfikacja grzybów strzępkowych była utrudniona, ponieważ zazwyczaj były to kolonie powstałe przed laty, często w czasie lub w następstwie wojen, wskutek czego próby ich wyhodowania na podłożach mikrobiologicznych były w wielu przypadkach nieudane. Wyniki identyfikacji na podstawie obserwacji mikroskopowej próbek z obiektów były przybliżone i w najlepszym przypadku ograniczone do podania rodzaju grzyba. Jedynie w przypadkach, gdy rozwój kolonii miał miejsce niedawno, udawało się wyhodować mikroorganizmy odpowiedzialne za zniszczenia i oznaczyć je prawidłowo do gatunku.

Jeszcze trudniej było ocenić żywotność grzybów. Początkowo dezynfekcja była zalecana do wszystkich zabytków zdradzających objawy porażenia przez grzyby pleśniowe, jednak z czasem stałam się bardziej ostrożna. Od roku 2008 zaczęłam stosować metodę bioluminometryczną do oznaczania poziomu adenozy-5'-trifosforanu (ATP) na powierzchniach porażonych przez mikroorganizmy, zakładając, że ATP występuje tylko w żywych komórkach, natomiast w obumarłych szybko ulega rozkładowi (p. wyżej str. 12/13). Na podstawie wielu pomiarów ATP do celów praktycznych przyjąłam, że wynik z bioluminometru wskazujący na zawartość ATP i nieprzekraczający 200-300 RLU jest niski i spowodowany przez drobnoustroje z powietrza i kurz, oraz brałam pod uwagę wynik z

bioluminometru wskazujący na zawartość ATP tzw. tła, w miejscu wolnym od widocznych objawów zniszczeń i przyjął, że jeśli wynik z bioluminometru w miejscu dotkniętym atakiem drobnoustrojów trzykrotnie przekracza poziom tła, skażenie żywymi drobnoustrojami w miejscu zaatakowanym jest znaczne i obiekt wymaga dezynfekcji.

Dzięki łącznemu stosowaniu prób hodowli na pożywkach mikrobiologicznych, metody bioluminometrycznej oznaczania poziomu ATP oraz obserwacji mikroskopowej próbek nalotów z zabytku ocena żywotności mikroorganizmów odpowiedzialnych za zniszczenia stała się bardziej obiektywna i okazało się, że część zabytków można było skierować do oczyszczania z pominięciem dezynfekcji, czyli bez narażania ich na działanie agresywnych związków biobójczych.

Trudności napotykałam również podczas identyfikacji owadów, które żerowały w kolekcjach bibliotecznych/archiwalnych. Do rzadkości należały przypadki odnalezienia żywych larw chrząszczy aktualnie drążących korytarze w książkach, częściej obecne były w żerowiskach liczne odchody larw o kształtach charakterystycznych dla rodzaju lub gatunku, wylinki, rzadziej postacie doskonałe. Żywotność żerowisk w książkach oceniałam po ich dokładnych oględzinach. W ostatnich latach do monitoringu obecności owadów w magazynach zaczęłam wykorzystywać i zalecać pułapki monitorujące z dodatkiem feromonów lub atraktantów pokarmowych.

Pozostałe opinie dotyczyły bardzo różnorodnych obiektów, wśród których były zbiory muzealne, a także malowidła ściennie, sklepienne, krypty grobowe w kościołach, zabytki archeologiczne na różnych podłożach, a nawet całe budynki, np. drewniane kościoły wraz wyposażeniem, kamienice lub dworki. Różnorodność organizmów, które były odpowiedzialne za zniszczenia, była znacznie większa niż w przypadku zbiorów na podłożu z papieru lub pergaminu. Obok grzybów strzępkowych i owadów spotykałam podstawczaki niszczące drewno, glony, porosty, mchy i rośliny nasienne obrastające tynk, cegłę czy kamień. W celu ich identyfikacji nawiązywałam współpracę z entomologami, lichenologami, algologami, briologami a także botanikami.

Szereg opinii dotyczyło zniszczeń biologicznych w budownictwie zabytkowym. Przedmiotem badań były całe budynki, jak np. trzy gotyckie kamienice w Toruniu przy ul. Mostowej 6, dworek „Studzienka” w Gdańsku, kaplica grobowa Scheiblerów na Cmentarzu Ewangelickim w Łodzi, Zamek Księżąt Mazowieckich w Ciechanowie, zabytkowa „Willa Kapitana” w Sopocie, drewniany kościół w Czarnem (gmina Wielgie) i kościół parafialny w Ostrowitem k/Jabłonowa Pomorskiego, a ostatnio budynek dawnego Towarzystwa Gimnastycznego „Sokół” w Kołomyi na Ukrainie. Dworek „Studzienka” w Gdańsku był w dużym stopniu zaatakowany przez strocza łzawego, czyli najgroźniejszego podstawczaka powodującego zgniliznę brunatną drewna użytkowego. Wewnątrz budynku widocznych było kilka dużych owocników tego grzyba, liczne sznury na murach oraz objawy zgnilizny

brunatnej na drewnianych elementach konstrukcji (za wyjątkiem więźby dachowej). Z kolei na ceglanej elewacji kościoła parafialnego w Ostrowitem k/Jabłonowa Pomorskiego napotkałam liczne krzaczkowate plechy porostu, który przez lichenologa zostały oznaczone jako *Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach., gatunek poddany częściowej ochronie. Wywołało to dyskusję, co należy bardziej chronić – zagrożony gatunek porostu czy średniowieczny kościół.

W niektórych zabytkowych budynkach zajmowałam się tylko drewnianymi elementami konstrukcyjnymi, np. więźbą dachową zamku w Lidzbarku Warmińskim, więźbą dachową nad gdańskiem w Zamku Krzyżackim w Toruniu czy też konstrukcją drewnianą ściany szachulcowej w kaplicy prywatnej wielkich mistrzów w Muzeum Zamkowym w Malborku.

W kościołach częsty przedmiot badań mikrobiologicznych i opinii stanowiły malowidła ściennie i sklepienne. Jako ważniejsze przykłady warto wymienić malowidła sklepienne w kościele oo. Bernardynów w Skępem, malowidła ściennie w kościele p.w. Św. Tomasza w Nowym Mieście Lubawskim, malowidła ściennie w kościele pw. Św. Jana Chrzciciela w Owińskach k. Poznania, a także malowidła zdobiące ściany w krużgankach w założeniu pielgrzymkowym o.o. jezuitów w Świętej Lipce. Malowidła sklepienne w kościele oo. Bernardynów w Skępem były częściowo pokryte białymi nalotami, w których wyizolowałam i zidentyfikowałam metodami hodowlanymi obecność kilkudziesięciu gatunków bakterii, w tym promieniowców, oraz grzybów strzępkowych. Większość z nich, a szczególnie promieniowce z rodzaju *Streptomyces*, posiadały uzdolnienia do rozkładu kazeiny, użytej do konserwacji tych malowideł w latach 50. ubiegłego wieku. Z kolei uporczywy, nawracający po kolejnych konserwacjach wzrost grzybów (głównie *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) de Vries) na malowidłach zdobiących ściany w krużgankach w założeniu pielgrzymkowym o.o. jezuitów w Świętej Lipce jest skutkiem posadowienia sanktuarium na bagnistym terenie oraz niefortunnych działań remontowo-budowlanych i stanowi od lat wyzwanie dla konserwatorów malarstwa.

W kilkunastu zabytkowych budowlach, m.in. na zamku w Oporowie, Zamku Księżąt Mazowieckich w Ciechanowie, badałam we współpracy z mikrobiologami z Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska UMK charakterystyczne zniszczenia gotyckich cegieł, polegające na ich powierzchniowym proszkowaniu się. Za powstawanie tych objawów przypuszczalnie mogą być obecne bakterie nitryfikacyjne, jednak wymaga to jeszcze gruntownego zbadania.

Wśród szczególnie interesujących obiektów muzealnych, dla których opracowywałam opinie mikrobiologiczne, był zespół sześciu kompletów gipsowo-kartonowych matryc do tłoczenia map tyflogicznych dla dzieci niewidomych i słabo widzących ze Specjalnego Ośrodka Szkolno-Wychowawczego dla Dzieci Niewidomych w Owińskach koło Poznania. Gipsowo-kartonowe matryce były przechowywane w wilgotnych warunkach i silnie porażone przez kilkanaście gatunków aktywnie rozwijających się grzybów strzępkowych; obecne były

także liczne gryzki z gatunków *Liposcelis decolor*, Pearman, 1925 i *Lepinotus reticulatus*, Enderlein, 1905, żywiące się grzybnią i zarodnikami.

Niektóre opinie mikrobiologiczne lub mikologiczne dotyczyły zabytków archeologicznych. Najciekawszym obiektem z tej grupy były fragmenty drewna archeologicznego z czasów pierwszych Piastów z wykopalisk na terenie rezerwatu archeologicznego na Ostrowie Tumskim w Poznaniu. Drewno przetrwało do naszych czasów prawdopodobnie dzięki warunkom zbliżonym do beztlenowych, które ukształtowały się przez lata w głębi gleby. Odkrycie drewna spowodowało doprowadzenie tlenu oraz licznych drobnoustrojów obecnych w powietrzu. Niestety prace wykopaliskowe przerwano, a kiedy je wznowiono po ok. 3 latach drewno było porażone przez grzyba domowego białego *Poria vaporaria*, powodującego zgniliznę brunatną. Dezynfekcję utrudniał fakt, że ilość drewna oszacowano na 20 m³. Z mojej inicjatywy odbyła się w Muzeum Archeologicznym w Poznaniu narada w gronie specjalistów, podczas której zapadła decyzja o dezynfekcji drewna metodą zamglawiania. Kilkakrotnie badałam także grzyby w kryptach grobowych, m.in. w kościele w Świeciu, Łabiszynie, Bydgoszczy oraz katedrze we Fromborku.

Od roku 2006 w wielu opiniach uwzględniam badania środowiska, w którym przebywają zabytki, w tym szczególnie mikroklimatu oraz mikrobiologicznej jakości powietrza w magazynach muzealnych, bibliotecznych i archiwalnych, czyli tzw. bioaerozoli. Tego rodzaju badania przeprowadziłam m.in. w Muzeum im. Ks. dr Władysława Łęgi w Grudziądzu, Bibliotece Seminarium Duchownego w Pelplinie, Bibliotece Elbląskiej (w 2010 r.), Bibliotece Głównej UMK, magazynie zbiorów specjalnych Biblioteki PAN w Gdańsku i magazynie zbiorów specjalnych Wojewódzkiej Biblioteki Publicznej – Książnicy Kopernikańskiej w Toruniu. Doświadczenia zdobyte w trakcie badań mikrobiologicznej jakości powietrza w magazynach pokazały, że stężenie aerozolu grzybowego jest bardzo wygodnym narzędziem pomocnym w ocenie stanu czystości pomieszczeń i zbiorów.

Opracowywanie opinii daje mi niezwykle cenną możliwość bezpośredniego kontaktu z zabytkami oraz konfrontacji własnej wiedzy z praktycznymi problemami konserwatorskimi. W trakcie badań kontaktowałam się przede wszystkim z konserwatorami zabytków, ale także z archeologami i architektami. Lata pracy nauczyły mnie, że każdy obiekt, z którym miałam do czynienia, stanowił nowe, inne wyzwanie i generował nowe zagadnienia. W wielu przypadkach konsultowałam się z biologami innych specjalności – z entomologami, lichenologami, algologami, briologami, botanikami oraz innymi mikrobiologami. Praca z zabytkami stanowi dla mnie nieocenione źródło doświadczeń znacząco powiększających wiedzę na temat biodeterioracji zabytków. Gromadzona dzięki temu wiedza przyczyniła się m.in. do wzbogacenia wykładów i ćwiczeń dla studentów oraz do przygotowania kilku publikacji (np.: **zał. 4 pkt. IID poz. 8 str. 6, poz. 9 str. 6/7 i poz. 16 str. 8**). Wypracowałam własny schemat opinii, który stosuję także w trakcie realizacji zajęć „Praktyczne zagadnienia

z biologii konserwatorskiej”, kiedy omawiane są zniszczenia biologiczne obiektów dyplomowych studentów IV roku konserwacji dzieł sztuki.

Według wypracowanego przeze mnie schematu opinie te są zazwyczaj trzyczęściowe. Pierwsza część zawiera charakterystykę obiektu ze szczególnym uwzględnieniem materiałów, z których jest złożony, jego historię, a szczególnie opis warunków, w jakich przebywał ostatnio oraz w latach wcześniejszych, na ile jest to możliwe do ustalenia, oraz informacje o ewentualnych poprzednich zabiegach dezynfekcji lub dezynsekcji, wcześniejszych konserwacjach, dodanych materiałach lub metodach oczyszczania. W drugiej części podane są metody badania zniszczeń biologicznych obiektu, tj. sposoby pobrania próbek, rodzaje badań, np. obserwacje mikroskopowe, hodowle na pożywkach mikrobiologicznych, identyfikacja grzybów strzępkowych lub owadów wg kluczy, badanie ATP bioluminometrem na powierzchni lub inne. Część trzecia jest poświęcona na prezentację wyników badań oraz na omówienie zaleceń dotyczących dezynfekcji lub dezynsekcji i warunków przechowywania obiektu w przyszłości.

Podsumowanie. Przedstawiony przegląd mojej działalności naukowej, dydaktycznej i doradczej pokazuje dużą różnorodność tematów, jakimi zajmuję się zawodowo. Jest to związane przede wszystkim z dużą różnorodnością problemów łączących konserwację zabytków i biologię. Ogromną wiedzę i doświadczenie dała mi wieloletnia współpraca z konserwatorami zabytków wszystkich specjalności, umożliwiającą bezpośredni kontakt ze zniszczonymi biologicznie zabytkami, nieodzowny w ocenie problemu i zdiagnozowaniu przyczyn deterioracji. Dzięki realizacji prac naukowych, zajęć dydaktycznych oraz dzięki doświadczeniom zdobytym w trakcie opracowywania opinii doradczych jestem obecnie jednym z nielicznych w Polsce specjalistów zajmujących się badaniami biodeterioracji zabytków i ochroną zabytków przed zagrożeniami biologicznymi. Jestem jednocześnie kontynuatorką działalności moich poprzedników w tej dziedzinie – prof. dr Romualda Kowalika, prof. dr hab. Alicji B. Strzelczyk i dr Stanisławy Leźnickiej. Obecnie w nurt badań nad biodeterioracją zabytków włączyły się także inne krajowe ośrodki naukowe, np. Politechnika Łódzka czy Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, które stosują nowoczesne metody badawcze, umożliwiające pełniejszy wgląd w procesy niszczenia zabytków przez mikroorganizmy. Zeszłoroczna VI Naukowa Konferencja Konserwatorów Papieru i Skóry „Zabytki - Biologia - Konserwacja. Teoria a praktyka”, której byłam sekretarzem, doprowadziła do dialogu pomiędzy biologami, mikrobiologami, chemikami a konserwatorami dzieł sztuki oraz pokazała kierunki przyszłego rozwoju tej dziedziny wiedzy. Myślę, że warto kontynuować rozwój tej dziedziny w Instytucie Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa UMK, aby ten unikatowy w skali naszego kraju dorobek mógł nadal wspomagać działalność konserwatorów-restauratorów dzieł sztuki dla dobra ochrony zabytków.