

Marcin Cyprowski

Małgorzata Sowiak

Piotr M. Soroka

Alina Buczyńska

Anna Kozajda

Irena Szadkowska-Stańczyk

OCENA ZAWODOWEJ EKSPOZYCJI NA AEROZOLE GRZYBOWE W OCZYSZCZALNIACH ŚCIEKÓW

ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO FUNGAL AEROSOLS IN WASTEWATER TREATMENT PLANTS

Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Łódź

Zakład Środowiskowych Zagrożeń Zdrowia

STRESZCZENIE

Wstęp: Celem pracy była ocena ilościowa i identyfikacja jakościowa grzybów pleśniowych na stanowiskach pracy w oczyszczalniach ścieków. **Materiał i metody:** Badanie przeprowadzono na terenie czterech oczyszczalni ścieków, gdzie wyznaczono 15 punktów stacjonarnych, uwzględniając podział na etapy oczyszczania mechanicznego, biologicznego i przeróbki osadów ściekowych. Dodatkowo na terenie miasta pobrano próby tła. Bioaerozole pobierano przy pomocy Burkard Aerosol Sampler na płytki z pożywką Malt Extract Agar. Identyfikację grzybów prowadzono w oparciu o cechy morfologiczne, korzystając z literatury. **Wyniki:** Stężenia grzybów pleśniowych na stanowiskach pracy były na stosunkowo niskich poziomach i mieściły się w zakresie od 0,11 do $16,75 \times 10^2$ jtk/m³. Najwyższe średnie poziomy mikroflory grzybowej stwierdzono podczas przeróbki osadów ściekowych. Łącznie w próbach powietrza stwierdzono 65 izolatów grzybów, z czego 80% na terenie badanych oczyszczalni. W próbach bioaerozoli pochodzenia zawodowego najwięcej izolatów (40%) pochodziło z ciągów przeróbki osadów ściekowych, a najmniej przypadło na etap oczyszczania biologicznego (25%). W oczyszczalniach ścieków przeważały pleśnie z rodzaju *Aspergillus* (blisko 35% wszystkich stwierdzonych tam grzybów). Udział tego rodzaju był blisko 4,5 razy większy niż w próbach tła. Na wszystkich etapach oczyszczania stwierdzono obecność gatunku patogennego *Aspergillus fumigatus*, a w części oczyszczania mechanicznego przedstawiciele rodzaju *Trichophyton*. Ponadto w oczyszczalniach licznie występowały grzyby z rodzajów *Mucor*, *Penicillium* oraz *Alternaria*. W próbach odniesienia stwierdzono przewagę pleśni z rodzaju *Penicillium* oraz brak gatunków patogennych. **Wnioski:** Uzyskane wyniki wskazują na osady ściekowe jako główne źródło emisji pleśni do powietrza na stanowiskach pracy w oczyszczalniach ścieków. Z uwagi na obecność grzybów o potwierdzonym działaniu infekcyjnym i alergizującym wskazane jest stosowanie przez pracowników odpowiednich środków ochrony indywidualnej. Med. Pr. 2008;59(5):365–371

Słowa kluczowe: oczyszczalnie ścieków, grzyby pleśniowe, narażenie zawodowe, *Aspergillus* spp., osady ściekowe

ABSTRACT

Background: The quantitative assessment and qualitative identification of moulds at workplaces in wastewater treatment plants were the aim of the study. **Materials and methods:** The study was carried out in four wastewater treatment plants, where 15 stationary points were selected according to mechanical, biological and sewage sludge treatment processes. In addition, background level samples from the city area were also collected. Bioaerosols were sampled with use of a Burkard Aerosol Sampler and directly put on Malt Extract Agar plates. Identification of moulds was based on morphological properties described in the professional literature. **Results:** The identified concentrations of moulds were low and ranged between 0.11 and 16.75×10^2 cfu/m³. The highest mean levels of fungal microflora were found during sewage sludge treatment processes. In total, there were 65 fungal isolates, of which 80% were found in wastewater treatment plants. In bioaerosol samples of the occupational origin, the highest (40%) amount of isolates originated from sewage sludge treatment processes and the lowest (25%) from biological treatment stages. In wastewater treatment plants, moulds of *Aspergillus* genus predominated and represented nearly 35% of all identified fungi. Comparing to background levels, the content of this genus was almost 4.5 times higher. Pathogenic *Aspergillus fumigatus* was found at all stages of wastewater treatment and *Trichophyton* genus at the stage of mechanical treatment. Moreover, there were numerous moulds of *Mucor*, *Penicillium* and *Alternaria* genera. In background samples moulds of *Penicillium* genus predominated and no pathogenic species were found. **Conclusions:** The obtained results reveal that the sewage sludge is the main source of mould emission into the air at workplaces in wastewater treatment plants. On account of the presence of moulds with the evidenced infectious and allergic activity it is suggested that personal protective equipment should be used by employees. Med Pr 2008;59(5):365–371

Key words: wastewater treatment plants, moulds, occupational exposure, *Aspergillus* spp., sewage sludge

Adres autorów: Instytut Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera, Zakład Środowiskowych Zagrożeń Zdrowia, św. Teresy 8, 91-348 Łódź, e-mail: marc@imp.lodz.pl

Nadesłano: 15 września 2008

Zatwierdzono: 1 października 2008

WSTĘP

Ścieki komunalne stanowią najczęściej mieszaninę wody, substancji organicznych (np. fekaliiów, resztek i odpadków produktów żywnościowych), nieorganicznych (m.in. piasku, mydła i środków piorących), która charakteryzuje się stosunkowo stabilną temperaturą. Z tego powodu są one bardzo dobrym środowiskiem do życia dla różnych bakterii, grzybów, pasożytów, czy wirusów, które mogą być zagrożeniem dla zdrowia ludzi (1–4). Liczne procesy technologiczne zastosowane przy oczyszczaniu mechanicznym, biologicznym czy też przeróbce osadów ściekowych przyczyniają się od tworzenia się aerozolu pyłowo-kropelkowego, który może zawierać wiele rodzajów bakterii, w tym o charakterze patogennym oraz endotoksyn bakteryjnych (1,5,6–9). Jak pokazują niektórzy autorzy, w skład bioaerozoli pochodzenia ściekowego mogą również wchodzić grzyby pleśniowe (6,8,10,11) oraz produkty ich rozpadu (1→3)-β-D-glukany (6,12,13). Z narażeniem na czynniki biologiczne u pracowników oczyszczalni ścieków wiąże się najczęściej występowanie takich chorób, jak zewnątrzpochodne zapalenie pęcherzyków płucnych (1,4), nieżyty błon śluzowych nosa i gardła, zapalenie spojówek czy infekcje układu pokarmowego (14). W szczególności obecność grzybów w podwyższonych stężeniach może wywoływać szerokie spektrum chorób od prostych alergii do poważnych infekcji systemowych (mykoz) (15).

Wśród najczęściej zgłaszanych przez pracowników oczyszczalni dolegliwości wymienia się złe samopoczucie, kaszel i trudności w oddychaniu (1,4,12,13).

Według badaczy obecność grzybów może być związana z osadami ściekowymi wydzielanymi w poszczególnych etapach oczyszczania, jednak szerszych badań mykologicznych przeprowadzono niewiele (16–19). Wiedzę na temat aerozoli grzybowych w oczyszczalniach ścieków należy traktować jako ubogą i fragmentaryczną, stąd też ciągle utrudnione jest przeprowadzenie kompleksowej oceny ryzyka zawodowego dla pracowników tej branży. Celem niniejszej publikacji jest przedstawienie ilościowej i jakościowej oceny narażenia na grzyby pleśniowe obecne w powietrzu na stanowiskach pracy w wybranych oczyszczalniach ścieków w Polsce.

MATERIAŁY I METODY

Badania przeprowadzono w okresie letnim na terenie czterech, niedużych mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków komunalnych zlokalizowanych w Polsce centralnej. Wielkość oczyszczalni mierzona ilością przyjmowanych ścieków mieściła się w zakresie od 240 do 6900 m³/dobę.

Strategia pomiarowa

Próby bioaerozoli pobierano w wytypowanych punktach stacjonarnych przy pomocy pobornika Burkard Aerosol Sampler (Burkard Manufacturing Co Ltd, Wielka Brytania) wykorzystującego pobór metodą zderzeniową na płytki z pożywką Malt Extract Agar z antybiotykami (Graso, Polska), przy zachowanym przepływie 20 l/min. Pomiar przeprowadzono dwukrotnie, w czasie 1 i 3 minut. Łącznie próby pobrano w 15 punktach na terenie czterech oczyszczalni, uwzględniając trzy podstawowe etapy technologiczne oczyszczania ścieków, tj. oczyszczanie mechaniczne, biologiczne i przeróbkę osadów ściekowych. Dodatkowo dla potrzeb porównania uzyskanych wyników na terenie miasta wyznaczono trzy stanowiska pomiarowe, w których zbadano poziom tła. Po przeprowadzeniu pomiarów próby były transportowane do laboratorium, gdzie poddawano je dalszej analizie.

Analiza mykologiczna prób

W celu oznaczenia ogólnej liczby grzybów próby inkubowano przez 5 dni w temperaturze 30°C. Po okresie inkubacji liczono kolonie, a po uwzględnieniu poprawki statystycznej metodą „dziury dodatniej” wyniki podawano w jednostkach tworzących kolonie (jtk) na 1 m³ powietrza. Dla wyodrębnienia czystych kultur grzybów wyrosłe wcześniej kolonie wysiewano na agar z brzeczką (Graso, Polska) i inkubowano przez okres do 7 dni w temperaturze 25°C. W celu szczegółowej identyfikacji mikroflory grzybowej czyste kultury przesiewano na agar Czapka (Graso, Polska) i inkubowano w temperaturze 25°C oraz dodatkowo w zależności od zidentyfikowanej pleśni w 5 i/lub 37°C w czasie 7 dni. Identyfikację grzybów prowadzono w oparciu o cechy morfologiczne korzystając z literatury (20–23).

Analiza statystyczna

Do obróbki statystycznej wyników wykorzystano pakiet oprogramowania Statistica w wersji 7.0, dzięki któremu obliczono podstawowe statystyki opisowe (średnie, odchylenie standardowe), jak również przeprowadzono porównanie średnich. W obliczeniach wykorzystano test *t* oraz przyjęto poziom istotności *p* = 0,05.

WYNIKI

Stężenia grzybów pleśniowych w analizowanych próbach były na zróżnicowanych poziomach w zależności od miejsca pobrania i mieściły się w zakresie

Tabela 1. Stężenia grzybów pleśniowych w próbach powietrza z uwzględnieniem etapów oczyszczania ścieków
Table 1. Mould concentrations in air samples by different stages of wastewater treatment

Numer i miejsce poboru prób Number and the place of sampling	n	Stężenia Concentrations [$\times 10^2$ jtk/m ³]			SD	p
		AM	Me	zakres stężeń range		
1. Oczyszczanie mechaniczne / Mechanical treatment	4	5,68	2,87	0,22–16,75	7,50	0,57
2. Oczyszczanie biologiczne / Biological treatment	4	2,27	1,38	0,55–5,78	2,46	0,74
3. Przeróbka osadów ściekowych / Sewage sludge treatment	7	7,66	6,53	0,11–14,71	4,88	0,15
4. Teren miasta — tło / Background level — city	3	2,91	1,80	1,16–5,76	2,49	–

AM — średnia arytmetyczna / arithmetic mean.
 Me — mediana / median.
 SD — odchylenie standardowe / standard deviation.
 p — poziom istotności / significance level.
 n — liczba prób / number of samples.

od 0,11 do $16,75 \times 10^2$ jtk/m³. Najwyższe jednostkowe wyniki pomiarów odnotowano w hali krat oraz przy zbiornikach z osadem, odpowiednio: 16,75 oraz $14,71 \times 10^2$ jtk/m³. Biorąc pod uwagę technologiczne etapy oczyszczania ścieków, najwyższe średnie poziomy mikroflory grzybowej stwierdzano na stanowiskach, na których ma miejsce proces przeróbki osadów ściekowych — $7,66 \times 10^2$ jtk/m³, a najniższe podczas biologicznego oczyszczania ścieków — $2,27 \times 10^2$ jtk/m³. Stwierdzone na terenie oczyszczalni poziomy grzybów pleśniowych nie różniły się istotnie od tych oznaczonych w próbach tła z obszaru miasta. Pełne zestawienie wykazanych stężeń pleśni przedstawiono w tabeli 1.

Analiza jakościowa wykazała wyraźne różnice w składzie gatunkowym pleśni na terenie badanych oczyszczalni oraz w próbach tła. Łącznie w analizowanych próbach bioaerozoli stwierdzono 65 izolatów grzybów, z czego 52 (80%) na terenie oczyszczalni. W sumie zidentyfikowano 8 rodzajów i 18 gatunków pleśni, wśród

Tabela 2. Występowanie rodzajów i gatunków grzybów pleśniowych w badanych próbach powietrza z uwzględnieniem grup ryzyka według rozporządzenia Ministra Zdrowia z 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki. (24)

Table 2. Prevalence of genera and species of moulds in air samples, taking account of risk groups in accordance with the decree on biological agents harmful to health in the work environment, issued by the Minister of Health, dated April 22, 2005 (24)

Grzyby pleśniowe Moulds	Miejsce pobrania prób* Sampling point				Grupa ryzyka wg rozporządzenia Ministra Zdrowia Risk groups under the decree of the Minister of Health
	1	2	3	4	
<i>Absidia corymbifera</i>	0/4	0/4	2/7	0/3	–
<i>Acremonium butyrii</i>	0/4	0/4	0/7	1/3	–
<i>Alternaria alternata</i>	1/4	2/4	5/7	1/3	–
<i>Alternaria</i> spp.	0/4	1/4	0/7	0/3	–
<i>Arthrinium</i> spp.	0/4	0/4	0/7	1/3	–
<i>Aspergillus flavipes</i>	0/4	1/4	0/7	0/3	–
<i>Aspergillus flavus</i>	0/4	1/4	0/7	0/3	–
<i>Aspergillus fumigatus</i>	2/4	1/4	3/7	0/3	2
<i>Aspergillus niger</i>	1/4	0/4	0/7	1/3	–
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0/4	0/4	1/7	0/3	–
<i>Aspergillus</i> spp.	3/4	2/4	3/7	0/3	–
<i>Botrytis cinerea</i>	0/4	0/4	0/7	1/3	–
<i>Chaetomium globosum</i>	0/4	0/4	0/7	1/3	–
<i>Cladosporium cladosporoides</i>	0/4	0/4	0/7	1/3	–
<i>Cladosporium herbarum</i>	2/4	0/4	0/7	0/3	–
<i>Eurotium amstelodami</i>	0/4	0/4	0/7	1/3	–
<i>Geotrichum</i> spp.	0/4	0/4	0/7	1/3	–
<i>Mucor</i> spp.	2/4	3/4	5/7	0/3	–
<i>Penicillium chrysogenum</i>	0/4	0/4	0/7	1/3	–
<i>Penicillium commune</i>	0/4	0/4	1/7	0/3	–
<i>Penicillium crustosum</i>	0/4	0/4	0/7	1/3	–
<i>Penicillium funiculosum</i>	0/4	0/4	0/7	1/3	–
<i>Penicillium rugulosum</i>	0/4	0/4	1/7	0/3	–
<i>Penicillium</i> spp.	4/4	2/4	1/7	1/3	–
<i>Rhizopus</i> spp.	1/4	0/4	0/7	0/3	–
<i>Trichophyton</i> spp.	1/4	0/4	0/7	0/3	2

* Oznakowanie miejsc poboru prób według podziału zastosowanego w tabeli 1. / Numbers of sampling points follow the description given in table 1.

Tabela 3. Procentowy udział zidentyfikowanych rodzajów pleśni w pobranych próbach powietrza

Table 3. Percentage content of moulds' genera in collected air samples

Rodzaje grzybów pleśniowych Genera of moulds	Oczyszczalnie ścieków Wastewater treatment plants	Teren miasta — tło Background level — city
	[%]	[%]
<i>Absidia</i> spp.	3,84	0
<i>Acremonium</i> spp.	0	7,69
<i>Alternaria</i> spp.	17,31	7,69
<i>Arthrinium</i> spp.	0	7,69
<i>Aspergillus</i> spp.	34,62	7,69
<i>Botrytis</i> spp.	0	7,69
<i>Chaetomium</i> spp.	0	7,69
<i>Cladosporium</i> spp.	3,85	7,69
<i>Eurotium</i> spp.	0	7,69
<i>Geotrichum</i> spp.	0	7,69
<i>Mucor</i> spp.	19,23	0
<i>Penicillium</i> spp.	17,31	30,79
<i>Rhizopus</i> spp.	1,92	0
<i>Trichophyton</i> spp.	1,92	0
Razem / Total:	100,00	100,00

których tylko 3 (*Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Penicillium* spp.) występowały zarówno w środowisku zawodowym, jak i komunalnym (tab. 2). Ponad 40% izolatów z oczyszczalni pochodziło z ciągów przeróbki osadów ściekowych, natomiast najmniej (25%) przypadło na etap oczyszczania biologicznego. W oczyszczalniach ścieków zidentyfikowano 5 gatunków z rodzaju *Aspergillus* w tym, na wszystkich technologicznych etapach oczyszczania, patogeny *A. fumigatus*. Istotne jest, że nie stwierdzono występowania tego grzyba w żadnej z prób tła. Innym patogenem, który został zidentyfikowany tylko w oczyszczalniach, był rodzaj *Trichophyton*. Z kolei tylko próby tła komunalnego charakteryzowały się występowaniem przedstawicieli z rodzajów *Chaetomium*, *Acremonium*, *Arthrinium*, *Botrytis* czy *Eurotium*.

Analiza procentowego udziału poszczególnych rodzajów w całkowitej puli oznaczonych grzybów pleśniowych (tab. 3) pokazuje, że w środowisku oczyszczalni ścieków przeważały pleśnie z rodzaju *Aspergillus*, który stanowił jedną trzecią całej stwierdzonej tam mikroflory grzybowej. Udział tego rodzaju był blisko 4,5 razy większy niż w próbach tła. Blisko 20% wszystkich izolatów na stanowiskach pracy należało do rodzaju *Mucor*, którego obecności nie stwierdzono w próbach odniesienia. Poza tym licznie reprezentowane były także rodzaje *Penicillium* oraz *Alternaria*. W próbach pobranych na terenie

miasta wykazano natomiast zdecydowaną przewagę pleśni z rodzaju *Penicillium*, stanowiącego 30% wszystkich wyizolowanych tam grzybów.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Przedstawione wyniki badań są jedną z nielicznych prób ilościowej i jakościowej oceny narażenia na grzyby pleśniowe obecne w powietrzu na terenie oczyszczalni ścieków. Przeprowadzona analiza mykologiczna prób powietrza pokazała, że ścieki poddawane oczyszczaniu mogą być źródłem aerozolu grzybowego obecnego na stanowiskach pracy, przez co mogą stanowić zagrożenie dla pracowników zajmujących się np. obsługą urządzeń technicznych na tych obiektach. Wykazane poziomy mikroflory grzybowej można uznać za stosunkowo niskie, gdyż w żadnej z prób nie miało miejsce przekroczenie proponowanej wartości referencyjnej dla grzybów — $5,00 \times 10^4$ jtk/m³ (25). Ponadto stężenia te nie odbiegały istotnie od poziomu tła komunalnego.

Dane dotyczące narażenia na aerozole grzybowe pochodzące z piśmiennictwa są nieliczne. Między innymi w badanej przez Prażmo i wsp. (8) polskiej oczyszczalni uzyskane średnie stężenia wahały się od 0,1 do $1,50 \times 10^2$ jtk/m³, z czego najwyższe zaobserwowano przy komorach napowietrzania, w części oczyszczania biologicznego. W obecnie analizowanych obiektach, w hali krat oraz przy zbiornikach z osadem stwierdzone poziomy były nieznacznie wyższe od wyników badań Prażmo i wsp. (8), a najwyższe jednostkowe stężenia przekroczyły poziom 10^3 jtk/m³.

W innej pracy, przedstawionej przez zespół Karra i Katsivella (11), analizowano emisję bioaerozoli na terenie oczyszczalni ścieków położonej w klimacie śródziemnomorskim. Stwierdzone średnie poziomy grzybów pleśniowych nie przekraczały wartości $4,0 \times 10^2$ jtk/m³, z czego najwyższe występowały w okolicach piaskowników. Wyższe od dotychczas omawianych wartości stężeń wskazują prace Kalisz i wsp. (26) oraz we wcześniejszym badaniu autorów niniejszej publikacji (6). W pierwszym badaniu analizowano wpływ oczyszczalni na jakość mikrobiologiczną powietrza i wykazano, że poziomy pleśni zwykle przekraczały wartość 10^3 jtk/m³, a najwyższe stężenia ($2,80 \times 10^3$ jtk/m³) odnotowano w pobliżu poletek osadowych. W badaniu Cyprowskiego i wsp. (6) wysokie stężenia stwierdzono również w hali krat — $2,70 \times 10^4$ jtk/m³, a także przy lagunach osadowych — $1,27 \times 10^4$ jtk/m³. W tym jednak przypadku zastosowano metodę poboru prób na filtr w czasie około 6 godzin zmiany roboczej, co mogło mieć wpływ

na zawyżenie uzyskanych wyników w stosunku do zarodników pleśni, które są odporne na wysychanie.

Na podstawie dostępnych prac nie można jednoznacznie stwierdzić, czy i który etap oczyszczania ścieków może mieć największy wpływ na emisję grzybów pleśniowych do powietrza. We wspomnianym badaniu Karra i Katsivella (11) wykazano, że najwyższe stężenia obserwowano podczas mechanicznego oczyszczania ścieków, po czym w kolejnych etapach oczyszczania emisja zarodników pleśni do powietrza zmalała o ponad 50%. Analizując etap mechanicznego oczyszczania, szczególną uwagę należy zwrócić na kraty, gdzie przy ciągłym dopływie surowych ścieków ma miejsce odseparowanie z nich m.in. dużej frakcji organicznej. Wyodrębnienie ze ścieków nadgnitych już skratek odbywa się zwykle w odrębnych budynkach, które mogą utrzymywać odpowiedni dla wzrostu pleśni mikroklimat. Wydaje się jednak, że bardziej istotnym czynnikiem dla rozwoju grzybów pleśniowych jest wytworzenie osadów ściekowych i ich dalsza przeróbka. W osadach ściekowych następuje zagęszczenie wszelkiej frakcji organicznej, która jest niesiona wraz ze ściekami. Osady stają się miejscem do rozwoju szerokiej gamy drobnoustrojów, w tym grzybów, które odgrywają istotną rolę w redukcji azotanów ze ścieków (27).

Podobnie jak w przypadku ocen ilościowych niewiele jest doniesień opisujących szczegółowo skład mikroflory grzybowej w ściekach. U Al-Zubeiry (18) w surowych ściekach oznaczono 65 gatunków grzybów przynależących do 23 rodzajów. Spośród oznaczonych grzybów dominowały pleśnie, w tym przede wszystkim przedstawiciele rodzaju *Aspergillus* (*A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*) występujące w 50% prób. Ponadto licznie reprezentowane były rodzaje *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium* i *Alternaria*. Zespół Fakhri'l-Razi i wsp. (19) poddał analizie grzyby pleśniowe zarówno w ściekach, jak i w osadach ściekowych. W badaniu tym stwierdzono, że osady ściekowe były głównym miejscem rozwoju pleśni, wśród których ponad połowę zidentyfikowanych izolatów stanowiły grzyby z rodzaju *Penicillium*, następnie *Aspergillus* spp. (20%) i *Trichoderma* spp. (17%). Według niektórych badaczy (16,28–30) w osadach ściekowych obecne są grzyby keratofilne, które mogą odgrywać ważną rolę w rozkładzie materii organicznej zwłaszcza białek i licznych odpadów keratynowych stanowiących substrat pokarmowy dla tych grzybów. Wśród nich mogą występować grzyby o właściwościach chorobotwórczych w tym między innymi *Aspergillus fumigatus*, przedstawiciele rodzajów *Penicillium* czy *Trichophyton*. (16,28,29). Wykazano przy tym,

że wysuszenie osadów ściekowych sprzyja wzrostowi liczby tego rodzaju drobnoustrojów, co nie jest bez znaczenia, jeśli weźmie się pod uwagę higieniczne warunki pracy w oczyszczalniach (30).

W przedstawionych wynikach obecnego badania widać, że próby pobrane podczas przeróbki osadów ściekowych charakteryzowały zarówno najwyższe stężenia, jak i najbardziej różnorodny skład gatunkowy grzybów pleśniowych. W blisko połowie analizowanych tam prób stwierdzono obecność przedstawicieli z rodzaju *Aspergillus*, w tym *A. fumigatus*, który może być przyczyną alergii oraz choroby układu oddechowego o charakterze immunotoksycznym — aspergillozy, stąd został on umieszczony na liście szkodliwych czynników biologicznych według Rozporządzenia Ministra Zdrowia z 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (24). Drugim przedstawicielem grzybów o potwierdzonych właściwościach chorobotwórczych, był rodzaj *Trichophyton* oznaczony w części mechanicznego oczyszczania ścieków. Grzyby te mogą być odpowiedzialne za występowanie u pracowników grzybic paznokci i skóry.

O tym, że prawdopodobnym źródłem tych grzybów są ścieki i osady ściekowe wskazuje porównanie z próbami tła, w których przede wszystkim nie stwierdzono występowania gatunków patogennych oraz pleśni z rodzaju *Mucor*, które preferują środowisko z przewagą rozkładającej się frakcji organicznej. Ponadto udział rodzaju *Aspergillus* w próbach powietrza komunalnego był kilkukrotnie mniejszy niż w badanych oczyszczalniach. Próby tła charakteryzowały się natomiast występowaniem rodzajów i gatunków, które w większości można zaliczyć do typowo środowiskowych, występujących w glebie czy na roślinach. Ich obecność można zatem traktować jako powszechną i zwykle nie powinny one stwarzać zagrożenia dla zdrowia człowieka.

Na podstawie przedstawionych wyników można stwierdzić, że mimo występowania stężeń nieprzekraczających proponowanych wartości referencyjnych pracownicy zatrudnieni w oczyszczalniach ścieków powinni używać środków ochrony osobistej. Ze względu na charakterystykę rozpoznanych grzybów pleśniowych i występowanie gatunków chorobotwórczych sugerowane jest używanie masek ochronnych typu FFP2, właściwych do zabezpieczenia przed drobnoustrojami z 2. grupy zagrożenia. Stosowanie takich masek w istotny sposób ograniczyłoby przenikanie grzybów do układu oddechowego, zapobiegając w ten sposób potencjalnym

zakazeniom, a także powstawaniu schorzeń o charakterze alergicznym czy immunotoksycznym. Niezbędne jest również stosowanie właściwej ochrony skóry (szczelne ubranie, rękawice) oraz przestrzeganie podstawowych zasad higieny osobistej, które ograniczyłyby powstawanie grzybic.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone badanie poszerzyło wiedzę na temat występowania grzybów pleśniowych na stanowiskach pracy w oczyszczalniach ścieków.
2. Uzyskane wyniki wskazują na osady ściekowe jako główne źródło emisji pleśni do powietrza na stanowiskach pracy w oczyszczalniach ścieków, stąd sugerowane jest bardziej wnikliwe ich badanie w kierunku identyfikacji mikroflory grzybowej, szczególnie tej o charakterze patogennym.
3. Budynki i pomieszczenia, w których zachodzą technologiczne procesy oczyszczania ścieków powinny być poddawane okresowej dezynfekcji, a także powinny być wyposażone w skuteczną wentylację pozwalającą na usuwanie spor grzybowych na zewnątrz.
4. Pracownicy oczyszczalni ścieków powinni stosować odpowiednie środki ochrony osobistej w celu zabezpieczenia ich przed negatywnymi skutkami narażenia na grzyby pleśniowe, szczególnie ze strony układu oddechowego i skóry.

PIŚMIENNICTWO

1. Cyprowski M., Krajewski J.A.: Czynniki szkodliwe dla zdrowia występujące w oczyszczalniach ścieków komunalnych. *Med. Pr.* 2003;54(1):73–80
2. Gerardi M.H., Zimmerman M.C.: *Wastewater pathogens*. John Wiley & Sons, New Jersey 2005
3. Mulloy K.B.: Sewage workers: toxic hazards and health effects. *Occup. Med.* 2001;16(1):23–38
4. Thorn J., Kerekes E.: Health effects among employees in sewage treatment plants: A literature survey. *Am. J. Ind. Med.* 2001;40(2):170–179
5. Lee J.A., Johnson J.C., Reynolds S.J., Thorne P.S., O'Shaughnessy P.T.: Indoor and outdoor air quality assessment of four wastewater treatment plants. *J. Occup. Environ. Hyg.* 2006;3(1):36–43
6. Cyprowski M., Szarapińska-Kwaszewska J., Dudkiewicz B., Krajewski J.A., Szadkowska-Stańczyk I.: Ocena narażenia pracowników oczyszczalni ścieków na czynniki szkodliwe występujące w miejscu pracy. *Med. Pr.* 2005;56(3):213–222
7. Laitinen S., Kangas J., Kotimaa M., Liesivuori J., Martikainen P.J., Nevalainen A. i wsp.: Workers' exposure to airborne bacteria and endotoxins at industrial wastewater treatment plants. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 1994;55(11):1055–1060
8. Prażmo Z., Krysińska-Traczyk E., Skórska C., Sitkowska J., Cholewa G., Dutkiewicz J.: Exposure to bioaerosols in a municipal sewage treatment plant. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2003;10(2):241–248
9. Wlazło A., Pastuszka J.S., Łudzeń-Izbińska B.: Ocena narażenia na aerozol bakteryjny pracowników niedużej oczyszczalni ścieków. *Med. Pr.* 2002;53(2):109–114
10. Cyprowski M., Buczyńska A., Szadkowska-Stańczyk I.: Ocena narażenia na bioaerozole pracowników kanalizacji. *Med. Pr.* 2006;57(6):525–530
11. Karra S., Katsivela E.: Microorganisms in bioaerosol emissions from wastewater treatment plants during summer at a Mediterranean site. *Water Res.* 2007;41(6):1355–1365
12. Rylander R.: Health effects among workers in sewage treatment plants. *Occup. Environ. Med.* 1999;56(5):354–357
13. Krajewski J.A., Cyprowski M., Szymczak W., Gruchała J.: Health complaints from workplace exposure to bioaerosols: a questionnaire study in sewage workers. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2004;11(2):199–204
14. Scarlett-Kranz J.M., Babish J.G., Strickland D., Lisk D.J.: Health among municipal sewage and water treatment workers. *Toxicol. Ind. Health* 1987;3(3):311–319
15. Dumontet S., Scopa A., Kerje S., Krovacek K.: The importance of pathogenic organisms in sewage and sewage sludge. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 2001;51(6):848–860
16. Ulfig K.: Grzyby keratofilne w osadach ściekowych. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.* 1991;42(3):309–315
17. Piontek M., Loc N.T.B.: The effect of sewage sludge composting on the quantitative state of some groups of bacteria and fungi. *Acta Microbiol. Pol.* 2000;49(1):85–93
18. Al-Zubeiry A.H.S.: Microflora inhabiting raw sewage, secondary effluent and dewatered sludge in Ibb, Yemen Republic. *Assiut Univ. Bull. Environ. Res.* 2005;8(1):1–16
19. Fakhru'l-Razi A., Zahangir Alam M., Idris A., Abd-Aziz S., Molla A.H.: Filamentous fungi in Indiah Water Konsortium (IWK) sewage treatment plant for biological treatment of domestic wastewater sludge. *J. Environ. Sci. Health* 2002;A37(2):309–320
20. Pitt J.: *A laboratory guide to common Penicillium species*. Wyd. 3. CSIRO, North Ryde 2000
21. Flannigan B., Samson R.A., Miller J.D. [red.]: *Microorganisms in home and indoor work environments*. CRC Press, Florida 2001
22. Klich M.A.: *Identification of common Aspergillus species*. CBS, Utrecht 2002
23. Larone D.H.: *Medically important fungi. A guide to identification*. Wyd. 4. ASM Press, Washington 2002
24. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki. *DzU* z 2005 r. nr 81, poz. 716
25. Górny R.L.: Biologiczne czynniki szkodliwe: normy, zalecenia i propozycje wartości dopuszczalnych. *Podst. Met. Oceny Środ.* Pr. 2004;3(41):17–39

26. Kalisz L., Kaźmierczuk M., Sałbut J.: Miejska oczyszczalnia ścieków jako źródło mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza. *Ochr. Środow. Zasob. Nat.* 1994;7:33–55
27. Guest R.K., Smith D.W.: A potential new role for fungi in a wastewater MBR biological nitrogen reduction system. *J. Environ. Eng. Sci.* 2002;1(6):433–437
28. Ali-Shtayeh M.S., Jamous R.M.F.: Keratophilic fungi and related dermatophytes in polluted soil and water habitats. W: Kushwaha R.K.S., Guarro J [red.]. *Biology of dermatophytes and other keratinophilic fungi. Revista Iberoamericana de Micología, Bilbao 2000*, ss. 51–59
29. Ulfig K.: The occurrence of keratinolytic fungi in waste and waste-contaminated habitats. W: Kushwaha R.K.S., Guarro J. [red.]. *Biology of dermatophytes and other keratinophilic fungi. Revista Iberoamericana de Micología, Bilbao 2000*, ss. 44–50
30. Ulfig K., Płaza G., Terakowski M., Janda-Ulfig K.: Sewage sludge open-air drying affects on keratinolytic, keratinophilic and actidione-resistant fungi. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.* 2006;57(4):371–379