

Arkadiusz Nowojewski

absolwent Wyższej Szkoły Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach

Wojciech Mniszek

Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach

Analiza narażenia zawodowego pracowników na szkodliwe czynniki biologiczne w typowej miejskiej oczyszczalni ścieków

Streszczenie

W publikacji przedstawiono narażenie na mikrobiologiczne szkodliwe czynniki w oczyszczalni ścieków. Na podstawie danych z piśmiennictwa wybrano główne zagrożenia mikrobiologiczne i opisano ich potencjalne skutki zdrowotne dla pracowników w oczyszczalni ścieków. Ocenę narażenia na wybrane bakterie patogenne wykonano w typowej oczyszczalni ścieków miejskich w Polsce. Opisano metody pobierania próbek, a także analityczną procedurę ilościowych pomiarów patogenów na stanowiskach pracy w wybranej oczyszczalni ścieków. W rezultacie oceniono higieniczne warunki pracy na stanowiskach pracy.

Abstract

Exposure for the hazardous microbiological agents in wastewater treatment plant are presented in this article. On the base of literature the principals microbiological hazards were identified and the potential health effects resulting from exposure of men working in wastewater treatment plant are described. Exposure assessment on some pathogenic bacteria's present in ambient air in the workplaces in one typical municipal wastewater treatment plant in Poland was made. The sampled method as well as the analytical procedure to quantitative measures of pathogens in work places are described in this article. In the result the hygienic conditions in the work places were assessed.

1. Wstęp

Obiekty komunalne, takie jak oczyszczalnie ścieków, poza swą zasadniczą i niewątpliwie pozytywną rolą, służącą ochronie środowiska naturalnego, mogą też niekorzystnie oddziaływać na otoczenie, w tym na środowisko pracy, a więc i na samego pracownika, poprzez emisję szkodliwych czynników biologicznych. Jednakże należy z całą odpowiedzialnością podkreślić, iż wielkość narażenia zawodowego – związanego z emisją licznych szkodliwych czynników biologicznych do środowiska pracy, zależy m.in. od wielkości danej oczyszczalni ścieków, ilości i charakteru,

tn. składu biologicznego oczyszczanych ścieków, a także w dużej mierze od sposobu prowadzenia procesu oczyszczania ścieków – właściwej eksploatacji oczyszczalni, rodzaju zastosowanej technologii oczyszczania, a tym samym rodzaju zastosowanych obiektów i urządzeń, jak również od aktualnych warunków meteorologicznych i przyrodniczych. Jakość typowych ścieków miejskich (komunalnych) określa m.in. zawartość w nich zanieczyszczeń biologicznych. Obecność w ściekach tych zanieczyszczeń determinuje rodzaj i ilość występujących szkodliwych czynników biologicznych w środowisku pracy, a więc tym samym pośrednio warunkuje wielkość narażenia zawodowego pracowników na szkodliwe czynniki biologiczne. Ścieki, jak również surowe osady ściekowe stanowią potencjalny materiał zakaźny, są siedliskiem ogromnej liczby mikroorganizmów (drobnoustrojów – czyli grupy roślin i zwierząt o wymiarach mikroskopijnych). Przede wszystkim są to: wirusy, bakterie, grzyby, glony, pierwotniaki, a także jaja helmintów (robaków pasożytniczych).

Większość tych drobnoustrojów należy do typowej flory heterotroficznej żyjącej w przewodzie pokarmowym człowieka i zwierząt. Wśród tych gatunków są jednak i gatunki chorobotwórcze [1]. Ścieki są także środowiskiem, w którym występują produkty rozpadu drobnoustrojów, takie jak: endotoksyny i glukany [2]. Większość bakterii, glonów i pierwotniaków obecna w ściekach i osadach ściekowych bierze aktywny udział w procesach oczyszczania biologicznego ścieków, determinując ich efektywność.

Zanieczyszczenia mikrobiologiczne emitowane z oczyszczalni ścieków rozprzestrzeniają się przede wszystkim w postaci bioaerozoli. To również najistotniejsza z punktu widzenia narażenia zawodowego droga szerzenia się szkodliwych czynników biologicznych. Bioaerozol stanowi mieszaninę bakterii, grzybów i pleśni oraz ich metabolitów i toksyn, które zostały zawieszony w pyłach lub kroplach cieczy (np. wody) [3]. Istotne z uwagi na emisję bioaerozoli do atmosfery (w tym również do powietrza środowiska pracy) są następujące procesy: parowanie, przedmuchiwanie, rozbryzg.

W środowisku pracy typowej miejskiej oczyszczalni ścieków występuje szereg biologicznych czynników szkodliwych dla zdrowia – patogennych (chorobotwórczych) mikro- i makroorganizmów, charakteryzujących się różnym stopniem wirulencji (zjadliwości), będącej miarą ich chorobotwórczości. Analiza narażenia zawodowego związanego z oddziaływaniem szkodliwych czynników biologicznych należy do niezbędnych działań profilaktycznych, które służą ochronie człowieka w środowisku pracy.

2. Szkodliwe czynniki biologiczne – charakterystyka

Generalnie szkodliwe czynniki biologiczne obejmują:

- drobnoustroje komórkowe oraz jednostki bezkomórkowe zdolne do replikacji lub przenoszenia materiału genetycznego,
- drobnoustroje zmodyfikowane genetycznie (takie, których materiał genetycz-

ny został zmieniony w sposób nie zachodzący w warunkach naturalnych wskutek krzyżowania lub naturalnej rekombinacji),

- hodowle komórkowe (namnożone in vitro – czyli poza organizmem w warunkach laboratoryjnych – kolonie komórek wyizolowanych z organizmów wielokomórkowych),

- pasożyty wewnętrzne,

- priony (niskocząsteczkowe białka o właściwościach zakażających i wysokiej odporności na oddziaływanie chemiczne i fizyczne, powodujące gąbczaste zwyrodnienie mózgu), które mogą być przyczyną zakażenia, alergii (uczulenia) lub zatrucia [4, 5]. Rozwinięciem tego pojęcia jest definicja biologicznych szkodliwości zawodowych, w której to przez szkodliwe czynniki biologiczne w środowisku pracy rozumie się te mikro- i makroorganizmy oraz wytwarzane przez nie struktury i substancje, które działają negatywnie na organizm człowieka w procesie pracy i mogą być przyczyną chorób zawodowych lub parazawodowych. Można wśród nich wyróżnić:

- czynniki wywołujące choroby zakaźne (zakażenie – wirusy, bakterie, grzyby) i inwazyjne (pasożytnicze, zarażenie penetracyjne – pierwotniaki, robaki),

- alergeny biologiczne (bakterie, grzyby, cząstki roślinne i zwierzęce),

- toksyny biologiczne, w tym czynniki immunotoksyczne – wzbudzające odpowiedź układu odpornościowego:

• endotoksyna bakteryjna – biologicznie aktywny lipopolisacharyd, występujący w najbardziej zewnętrznej warstwie ściany komórkowej bakterii Gram-ujemnych,

• mykotoksyny (mikotoksyny) – trujące, nietlne metabolity, np. aflatoksyny wytwarzane przez grzyby,

• enterotoksyny – toksyny wytwarzane przez niektóre szczepy bakterii z rodziny *Enterobacteriaceae*, tzw. enterotoksygenne, np. *E. coli*,

• glukany grzybicze – polimery cząsteczek D-glukozy wchodzące w skład ściany komórkowej grzybów,

• lotne związki organiczne – toksyczne metabolity lotne wytwarzane przez grzyby pleśniowe (obejmują niskocząsteczkowe związki – alkohole, aldehydy, ketony, kwasy organiczne, sole),

• toksyny roślinne,

• jady zwierzęce,

• czynniki rakotwórcze (pyły takiego drewna jak buk i dąb; wirus zapalenia wątroby typu B i C) [6, 7].

3. Analiza narażenia pracowników na szkodliwe czynniki biologiczne

Analiza, w tym także ocena, narażenia zawodowego na szkodliwe czynniki biologiczne jest zadaniem wieloetapowym i polega na:

- analizie procesu technologicznego i dokonaniu wstępnej oceny realnej możliwości zagrożenia czynnikami biologicznymi w danym miejscu pracy (wykaz prac narażających pracowników na działanie czynników biologicznych – załącznik nr 2 do Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 22.04.2005r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki [Dziennik Ustaw, 2005, nr 81, poz. 716]),

- określeniu drogi (lub dróg) szerzenia się szkodliwych czynników biologicznych oraz dróg narażenia,

- określeniu źródeł narażenia (etapów procesu niosących ze sobą największe ryzyko narażenia),

- określeniu szkodliwych czynników biologicznych, które mogą występować w danym procesie pracy oraz opisie ich szkodliwego działania,

- identyfikacji szkodliwych czynników biologicznych w powietrzu w wybranych punktach – na wybranych stanowiskach (pomiarów czynników biologicznych – obecnie bez możliwości oceny w odniesieniu do uznanych prawnie normatywów, ponieważ w przypadku oczyszczalni ścieków brak jest uznanych normatywów higienicznych dopuszczalnego stopnia zanieczyszczenia powietrza szkodliwymi czynnikami biologicznymi),

- identyfikacji narażonych pracowników (grup pracowników) – określeniu czasu trwania narażenia (ekspozycji),

- podjęciu decyzji o ewentualnym wprowadzeniu niezbędnych działań profilaktycznych w celu minimalizacji wielkości narażenia pracowników na szkodliwe czynniki biologiczne [5].

4. Technologia oczyszczania ścieków

W przedmiotowej miejskiej oczyszczalni ścieków podstawowym elementem procesu oczyszczania ścieków, oprócz oczyszczania mechanicznego, jest proces oczyszczania biologicznego ścieków osadem czynnym, realizowany w reaktorach biologicznych.

Oczyszczanie wstępne – mechaniczne – ma na celu przygotowanie ścieków do dalszych procesów technologicznych i obejmuje procesy mechaniczne (fizyczne), takie jak: cedzenie i sedymentacja (osadzanie).

Oczyszczanie biologiczne ścieków (zwane również drugim stopniem oczyszczania ścieków) stanowi proces, w którym wykorzystuje się metabolizm organizmów roślinnych i zwierzęcych do transformacji zawartych w ściekach substancji organicznych i mineralnych (zanieczyszczeń). Generalnie procesy biologiczne, a właściwie biochemiczne – związane z życiowym działaniem mikroorganizmów – przeważają przy oczyszczaniu ścieków komunalnych.

5. Drogi narażenia zawodowego

Narażenie pracowników na szkodliwe czynniki biologiczne może nastąpić drogą:

- oddechową,
- pokarmową,
- przez skórę.

Najważniejszą z punktu widzenia narażenia zawodowego na szkodliwe czynniki biologiczne w oczyszczalni ścieków jest droga powietrzna – bioaerazol bakteryjny – układ dwu- lub trzyfazowy, składający się z faz:

- rozpraszającej (powietrze),
- rozproszonej (stałej lub ciekłej) – zawierającej drobnoustroje i zapewniającej im stabilność.

Stąd także najczęstszymi wrotami zakażenia są drogi oddechowe (droga powietrzno-kropelkowa), inne drogi to: pokarmowa, parenteralna (krwiopochodna), kontaktowa (przez kontakt bezpośredni) [8, 9].

6. Źródła narażenia zawodowego

Szkodliwe czynniki biologiczne występują praktycznie w każdym etapie oczyszczania ścieków czy też przeróbki osadów. Są obecne zarówno w ściekach nieoczyszczonych, jak też oczyszczonych i nie poddanych dezynfekcji. Jednakże szczególnie istotne z punktu widzenia narażenia zawodowego na bioaerozole zawierające mikroorganizmy patogenne są następujące etapy oczyszczania ścieków:

- etap oczyszczania wstępnego – mechanicznego – ścieków – na tym etapie oczyszczania ścieki nieoczyszczone biologicznie (surowe) zawierają szczególnie dużo organizmów chorobotwórczych (szkodliwych czynników biologicznych); obiektem, w którym należy spodziewać się zwiększonej ekspozycji na szkodliwe czynniki biologiczne, jest budynek krat,

- etap oczyszczania biologicznego ścieków w komorach napowietrzania – tutaj z uwagi na wywoływany burzliwy ruch ścieków zjawisko powstawania bioaerozoli może być szczególnie intensywne, ponadto w komorach napowietrzania obecna jest znaczna ilość mikroorganizmów w postaci zawiesiny zoogłębnej osadu czynnego (w tym również obecne mogą być mikroorganizmy patogenne); obiektami zasługującymi na szczególną uwagę w aspekcie narażenia zawodowego na szkodliwe czynniki biologiczne na tym etapie są komory osadu czynnego,

- etap zagęszczania osadu nadmiernego z zastosowaniem taśmowych zagęszczarek mechanicznych, – obserwacja pracy urządzeń ujawniła fakt tworzenia się bioaerozolu wodnego, będącego następstwem ruchu taśmy zagęszczarki; proces zagęszczania mechanicznego osadu zwykle prowadzony jest w budynku zagęszczaczy [10].

Zatem do grup zawodowych o największym narażeniu na czynniki biologiczne zalicza się:

- pracowników zajmujących się mechanicznym oczyszczaniem ścieków,
- oraz pracowników zajmujących się obróbką osadów ściekowych.

7. Biologiczne czynniki szkodliwe dla zdrowia – identyfikacja

Wśród szkodliwych czynników biologicznych występujących w typowej miejskiej oczyszczalni ścieków, na które narażeni są pracownicy, wyróżnia się:

- wirusy,
- bakterie,
- grzyby,
- pierwotniaki,
- pasożyty,
- oraz aerozol zawieszony w powietrzu, w którym między innymi występują endotoksyny i glukany.

Tabl.1. Szkodliwe czynniki biologiczne na jakie narażeni są pracownicy oczyszczalni ścieków [4, 6].

Analiza narażenia zawodowego pracowników na szkodliwe czynniki biologiczne w typowej miejskiej oczyszczalni ścieków

Lp.	Kategoria czynników	Nazwa łacińska /lub polska	Grupa zagrożenia	Występowanie	Przenoszenie	Działanie na człowieka	Profilaktyka	Szczepionka
1	Wirusy (<i>Caliciviridae</i>)	Wirus zapalenia wątroby typu E (HEV)	3**	Ludzie, zwierzęta	Pokarmowe	Z – zapalenie wątroby	Czystość, gotowanie i/lub odkażanie wody i posilków, dezynfekcja, sterylizacja	Brak
2	Wirusy (<i>Caliciviridae</i>)	Wirus Norwalk	2	Ludzie	Pokarmowe	Z – zapalenie jelit: biegunka, wymioty	Czystość, gotowanie i/lub odkażanie wody i posilków, dezynfekcja, sterylizacja	Brak
3	Wirusy (<i>Caliciviridae</i>)	Inne wirusy z rodziny <i>Caliciviridae</i>	2	Ludzie, zwierzęta	Pokarmowe	Z – zapalenie jelit: biegunka, wymioty	Czystość, gotowanie i/lub odkażanie wody i posilków, dezynfekcja, sterylizacja	Brak
4	Wirusy (<i>Picornaviridae</i>)	Wirus <i>Coxsackie</i> (grupy A i B)	2	Ludzie	Powietrzno -kropelkowe, bezpośrednie	Z – zapalenia układu oddechowego, angina, gorączki, zapalenia mózgu i opon mózgowo-rdzeniowych, paraliż, zapalenie wątroby, stany zapalne skóry z wysypką, biegunka, zapalenie mięśnia sercowego i osierdzia (grupa B)	Ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja	Brak
5	Wirusy (<i>Picornaviridae</i>)	Wirusy ECHO	2	Ludzie	Powietrzno -kropelkowe, bezpośrednie	Z – zapalenia układu oddechowego, gorączki, zapalenia mózgu i opon mózgowo-rdzeniowych, paraliż, zapalenie wątroby i jelit, stany zapalne skóry z wysypką, zapalenie spojówek, biegunka, zapalenie mięśnia sercowego i osierdzia	Ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja	Brak
6	Wirusy (<i>Picornaviridae</i>)	Wirus zapalenia wątroby typu A (typ 72 ludzkich enterowirusów)	2	Ludzie, ścieki	Kalowo -pokarmowe, bezpośrednie	Z – zapalenie wątroby typu A, zapalenie żółtaczki i jelit	Szczepienia ochronne, bierne uodparnianie ludzką immunoglobuliną, ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja, asenizacja kału i ścieków	Jest
7	Bakterie (warunkowo bez-tlenowe pałeczki Gram-ujemne)	<i>Aeromonas hydrophila</i>	2	Woda, ścieki, zwierzęta, ludzie	Powietrzno -kropelkowe, bezpośrednie	T – zatrucia jelitowe enterotoksyną białkową, Z – różne zakażenia u osób z obniżoną odpornością	Ochrony osobiste zabezpieczające w oczyszczalni ścieków	Brak
8	Bakterie (beztlenowe łaseczki przetrwalnikujące)	<i>Clostridium perfringens</i> / łaseczka zgorzelei gazowej	2	Gleba, kał, ścieki	Bezpośrednie (przyrpane)	Z – zgorzel gazowa z rozpadem tkanek, zapalenie tkanki łącznej, posocznica; T – działanie toksyczne przez toksyny białkowe	Szybkie opatrywanie ran, dezynfekcja, sterylizacja	Brak

9	Bakterie (bezielenowe laseczki przetrwalnikujące)	<i>Clostridium</i> spp.: <i>C. difficile</i> , <i>C. septicum</i> , <i>C. novyi</i> , <i>C. histolyticum</i> i inne / grupa laseczek obrzęku złośliwego	2	Gleba, kał	Bezpośrednie (przysrane), pokarmowe	Z – obrzęk złośliwy ran, zapalenie jelit	Szybkie opatrywanie ran, dezynfekcja, sterylizacja, kontrola żywności, gotowanie produktów spożywczych	Brak
10	Bakterie (warunkowo bezielenowe pączki Gram-ujemne)	<i>Enterobacter aerogenes</i> / <i>cloacae</i>	2	Kał ludzi i zwierząt, gleba, woda, ścieki, produkty roślinne i zwierzęce, pył, powietrze, środowisko szpitalne	Pokarmowe, bezpośrednio (często przez sprzęt medyczny), powietrzno-kropelkowe, powietrzno-pyłowe	Z – oportunistyczne zapalenia dróg moczowych, żółtaczka i jelit, płuc i innych narządów; IT – reakcje immunotoksyczne wywołane endotoksyną	Przestrzeganie zasad higieny (mycie rąk, dezynfekcja, sterylizacja), mycie produktów spożywczych, chlorowanie wody, ochronny o sobiste, osłony zabezpieczające w oczyszczalniach ścieków	Brak
11	Bakterie (warunkowo bezielenowe pączki Gram-ujemne)	<i>Enterobacter</i> spp.	2	Kał ludzi i zwierząt, gleba, woda, ścieki, produkty roślinne i zwierzęce, pył, powietrze, środowisko szpitalne	Pokarmowe, bezpośrednio (często przez sprzęt medyczny), powietrzno-kropelkowe, powietrzno-pyłowe	Z – oportunistyczne zapalenia dróg moczowych, żółtaczka i jelit, płuc i innych narządów; IT – reakcje immunotoksyczne wywołane endotoksyną	Przestrzeganie zasad higieny (mycie rąk, dezynfekcja, sterylizacja), mycie produktów spożywczych, chlorowanie wody, ochronny o sobiste, osłony zabezpieczające w oczyszczalniach ścieków	Brak
12	Bakterie (ziarniaki Gram-dodatnie)	<i>Enterococcus</i> spp.: <i>E. faecalis</i> , <i>E. faecium</i> / paciorkowce kałowe (enterokoki)	2	Przewody pokarmowe ludzi i zwierząt, kał, produkty spożywcze, rośliny, pył, powietrze	Pokarmowe, bezpośrednio (często przez sprzęt medyczny), powietrzno-kropelkowe, powietrzno-pyłowe	Z – oportunistyczne zapalenia dróg moczowych, pęcherzyka żółciowego, wstędzia, rzadziej bakteremia	Przestrzeganie zasad higieny (mycie rąk, dezynfekcja, sterylizacja), mycie produktów spożywczych, ochrony osobiste, redukcja zapylenia	Brak
13	Bakterie (warunkowo bezielenowe pączki Gram-ujemne)	<i>Escherichia coli</i> / pałeczka okrężnicy (szczepy wytwarzające Verocytotoksyny)	3**	Przewody pokarmowe ludzi i zwierząt, kał, gleba, woda, ścieki, środowisko szpitalne	Pokarmowe, bezpośrednio, powietrzno-kropelkowe	Z – krwotoczne zapalenie okrężnicy (krwawa biegunka); T – zatrucia silnymi enterotoksynami biakowymi; IT – reakcje immunotoksyczne wywołane endotoksyną	Przestrzeganie zasad higieny (mycie rąk, dezynfekcja, sterylizacja), mycie produktów spożywczych, chlorowanie wody, ochronny o sobiste, osłony zabezpieczające w oczyszczalniach ścieków	Brak

14	Bakterie (warunkowo bezłienne pączki Gram-ujemne)	<i>Escherichia coli</i> / pączka okrężnicy (pozostałe szczypty)	2	Przewody pokarmowe ludzi i zwierząt, kał, gleba, woda, ścieki, środowisko szpitalne	Pokarmowe, bezpośrednie, powietrzno-kropelkowe	Z – oportunistyczne zapalenia jelit, biegunki; IT – reakcje immunotoksyczne wywołane endotoksyną	Przestrzeganie zasad higieny (mycie rąk, dezynfekcja, sterylizacja), mycie produktów spożywczych, chlorowanie wody, ochrony osobiste, osłony zabezpieczające w oczyszczalniach ścieków	Brak
15	Bakterie (łienne pączki Gram-ujemne)	<i>Flavobacterium (Chryseobacterium) spp.</i>	2	Woda, aerozol kropelkowy, zwierzęta	Powietrzno-kropelkowe, bezpośrednie (ugryzienie)	IT – „gorączka nawilżaczowa”; reakcje immunotoksyczne wywołane wdychaną endotoksyną; Z(ZOO) – ropnie skórne	Ochrony osobiste, należyta konserwacja i czyszczenie urządzeń nawilżających, oświetła zdrowotna	Brak
16	Bakterie (łienne pączki Gram-ujemne)	<i>Fluoribacter bozemaniae (Legionella bozemaniae)</i>	2	Woda, ścieki, wilgotna gleba	Powietrzno-kropelkowe, bezpośrednie	Z – zapalenie płuc (legionelloza), rzadziej gorączka grypopodobna (Pontiac fever)	Ochrony osobiste, oświetła zdrowotna	Brak
17	Bakterie (warunkowo bezłienne pączki Gram-ujemne)	<i>Klebsiella oxytoca</i>	2	Gleba, woda, produkty roślinne i zwierzęce, pył powietrze, ludzie, zwierzęta	Powietrzno-kropelkowe, powietrzno-pyłowe, bezpośrednie	Z – zakażenia dróg moczowych i innych narządów; IT – reakcje immunotoksyczne wywołane wdychaną endotoksyną	Ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja, używanie sprzętu jednorazowego użytku, redukcja zapylenia	Brak
18	Bakterie (warunkowo bezłienne pączki Gram-ujemne)	<i>Klebsiella pneumoniae</i> / pączka zapalenia płuc (Friedländera)	2	Gleba, woda, przewody pokarmowe ludzi i zwierząt	Powietrzno-kropelkowe, bezpośrednie	Z – zapalenie płuc	Ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja, używanie sprzętu jednorazowego użytku	Brak
19	Bakterie (warunkowo bezłienne pączki Gram-ujemne)	<i>Klebsiella spp.:</i> <i>K. rhinoscleromatis</i> / pączka twardzieli, <i>K. ozaenae</i> (pączka ozeny)	2	Gleba, woda, produkty roślinne i zwierzęce, pył powietrze, ludzie, zwierzęta	Powietrzno-kropelkowe, bezpośrednie	Z – twardziel nosa, cuchnący nieżył nosa (ozena), inne zakażenia	Ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja, używanie sprzętu jednorazowego użytku	Brak
20	Bakterie (łienne pączki Gram-ujemne)	<i>Legionella pneumophila</i> / pączka legionelozy	2	Woda, ścieki, wilgotna gleba	Powietrzno-kropelkowe, bezpośrednie	Z – zapalenie płuc (legionelloza), gorączka grypo-podobna (Pontiac fever)	Ochrony osobiste, oświetła zdrowotna	Brak
21	Bakterie (łienne pączki Gram-ujemne)	<i>Legionella spp. (L. micdadei, L. ansa, L. feelei, L. longbeachae i inne)</i>	2	Woda, ścieki, gleba, trociny, mgła olejowa	Powietrzno-kropelkowe, bezpośrednie	Z – zapalenie płuc (legionelloza), rzadziej gorączka grypopodobna (Pontiac fever)	Ochrony osobiste, oświetła zdrowotna	Brak
22	Bakterie (krętki)	<i>Leptospira interrogans</i> (wszystkie serotypy) / <i>leptospira</i>	2	Zwierzęta, gleba, woda, ścieki	Bezpośrednie (przez skórę i błony śluzowe), rzadziej pokarmowe	Z(ZOO) – leptospirozy (gorączka błotna, choroba Weila i inne)	Ochrony osobiste, zwalczanie gryzoni, osuszanie terenów podmokłych, ochrona wód przed zanieczyszczeniem, szczepienia ochronne ludzi i zwierząt, dezynfekcja, oświetła zdrowotna	Jest

23	Bakterie (warunkowo bezwzględnie patogennych Gram-ujemne)	<i>Morganella morganii</i>	2	Przewód pokarmowy ludzi i zwierząt, gleba, ścieki	Bezpośrednie, pokarm	Z – zakażenia dróg moczowych, układu oddechowego, skóry	Ochrony osobiste, dezynfekcja	Brak
24	Bakterie (prątki)	<i>Mycobacterium xenopi</i> , <i>Mycobacterium spp.</i>	2	Woda, ścieki, nawóz, powietrze, mgła olejowa, plaży, ludzie	Powietrzno -kropelkowe	Z – przewlekłe zakażenie płuc, <i>alveolitis allergica</i>	Ochrony osobiste, asenizacja ścieków	Brak
25	Bakterie (warunkowo bezwzględnie patogennych Gram-ujemne)	<i>Proteus mirabilis</i> / odmienne dzwaczny	2	Przewód pokarmowy ludzi i zwierząt, gleba, ścieki	Bezpośrednie, pokarmowe, powietrzno -kropelkowe	Z – zakażenia dróg moczowych, rzadziej innych narządów	Ochrony osobiste, dezynfekcja	Brak
26	Bakterie (warunkowo bezwzględnie patogennych Gram-ujemne)	<i>Proteus penneri</i>	2	Przewód pokarmowy ludzi i zwierząt, gleba, ścieki	Bezpośrednie, pokarmowe, powietrzno -kropelkowe	Z – zakażenia dróg moczowych, rzadziej innych narządów	Ochrony osobiste, dezynfekcja	Brak
27	Bakterie (warunkowo bezwzględnie patogennych Gram-ujemne)	<i>Proteus vulgaris</i> / odmienne pospolity	2	Przewód pokarmowy ludzi i zwierząt, gleba, ścieki	Bezpośrednie, pokarmowe, powietrzno -kropelkowe	Z – zakażenia dróg moczowych, rzadziej innych narządów	Ochrony osobiste, dezynfekcja	Brak
28	Bakterie (warunkowo bezwzględnie patogennych Gram-ujemne)	<i>Providencia alcalifaciens</i>	2	Przewód pokarmowy ludzi i zwierząt, gleba, ścieki	Bezpośrednie, pokarmowe, powietrzno -kropelkowe	Z – zakażenia dróg moczowych, przewodu pokarmowego (biegunki), skóry	Ochrony osobiste, dezynfekcja	Brak
29	Bakterie (warunkowo bezwzględnie patogennych Gram-ujemne)	<i>Providencia rettgeri</i> / pałeczka Rettgera	2	Przewód pokarmowy ludzi i zwierząt, gleba, ścieki	Bezpośrednie, pokarmowe, powietrzno -kropelkowe	Z – zakażenia dróg moczowych, przewodu pokarmowego (biegunki), skóry	Ochrony osobiste, dezynfekcja	Brak
30	Bakterie (warunkowo bezwzględnie patogennych Gram-ujemne)	<i>Providencia spp.</i>	2	Przewód pokarmowy ludzi i zwierząt, gleba, ścieki	Bezpośrednie, pokarmowe, powietrzno -kropelkowe	Z – zakażenia dróg moczowych, przewodu pokarmowego (biegunki), skóry	Ochrony osobiste, dezynfekcja	Brak
31	Bakterie (warunkowo bezwzględnie patogennych Gram-ujemne)	<i>Salmonella arizonae</i>	2	Woda, gleba, ścieki, produkty roślinne i zwierzęce, zwierzęta	Pokarmowo-wodne, rzadko powietrzno -kropelkowe	Z(ZOO) – salmonelloza (zapalenie żołądka i jelit, zatrucia pokarmowe)	Ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja, asenizacja ścieków, instalacja osłon zabezpieczających w oczyszczalniach ścieków, przestrzeganie zasad czystości i higieny w miejscu pracy, kontrola produktów żywnościowych, oświata zdrowotna	Brak

Analiza narażenia zawodowego pracowników na szkodliwe czynniki biologiczne w typowej miejskiej oczyszczalni ścieków

32	Bakterie (warunkowo beztlenowe pączki Gram-ujemne)	<i>Salmonella enteritidis</i>	2	Woda, gleba, ścieki, produkty roślinne i zwierzęce, zwierzęta	Pokarmowo-wodne, rzadko powietrzno-kropelkowe	Z(ZOO) – salmonelloza (zapalenie żołądka i jelit, zatrucia pokarmowe)	Ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja, asenizacja ścieków, instalacja osłon zabezpieczających w oczyszczalniach ścieków, przestrzeganie zasad czystości i higieny w miejscu pracy, kontrola produktów żywnościowych, oświata zdrowotna	Brak
33	Bakterie (warunkowo beztlenowe pączki Gram-ujemne)	<i>Salmonella typhimurium</i> / pączka duru mysiego	2	Woda, gleba, ścieki, produkty roślinne i zwierzęce, zwierzęta	Pokarmowo-wodne, rzadko powietrzno-kropelkowe	Z(ZOO) – salmonelloza (zapalenie żołądka i jelit, zatrucia pokarmowe)	Ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja, asenizacja ścieków, instalacja osłon zabezpieczających w oczyszczalniach ścieków, przestrzeganie zasad czystości i higieny w miejscu pracy, kontrola produktów żywnościowych, oświata zdrowotna	Brak
34	Bakterie (warunkowo beztlenowe pączki Gram-ujemne)	<i>Salmonella paratyphi</i> A, B, C / pączka duru rzekomego (paraduru) A, B, C	2	Woda, gleba, ścieki, produkty roślinne i zwierzęce, zwierzęta	Pokarmowo-wodne, rzadko powietrzno-kropelkowe	Z – dur rzekomy (paradur) typu A, B i C	Ochrony osobiste, szczepienia ochronne, dezynfekcja, sterylizacja, asenizacja ścieków, instalacja osłon zabezpieczających w oczyszczalniach ścieków, przestrzeganie zasad czystości i higieny w miejscu pracy, kontrola produktów żywnościowych, oświata zdrowotna	Jest
35	Bakterie (warunkowo beztlenowe pączki Gram-ujemne)	<i>Salmonella typhi</i> / pączka duru brzusznego	3**	Woda, gleba, ścieki, produkty roślinne i zwierzęce, ludzie	Pokarmowo-wodne, rzadko powietrzno-kropelkowe	Z – dur brzuszy	Szczepienia ochronne, ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja, asenizacja ścieków, instalacja osłon zabezpieczających w oczyszczalniach ścieków, przestrzeganie zasad czystości i higieny w miejscu pracy, kontrola produktów żywnościowych, oświata zdrowotna	Jest
36	Bakterie (warunkowo beztlenowe pączki Gram-ujemne)	<i>Salmonella</i> – inne odmiany (serotypy)	2	Woda, gleba, ścieki, produkty roślinne i zwierzęce, zwierzęta	Pokarmowo-wodne, rzadko powietrzno-kropelkowe	Z(ZOO) – salmonelloza (zapalenie żołądka i jelit, zatrucia pokarmowe)	Szczepienia ochronne, ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja, asenizacja ścieków, instalacja osłon zabezpieczających w oczyszczalniach ścieków, przestrzeganie zasad czystości i higieny w miejscu pracy, kontrola produktów żywnościowych, oświata zdrowotna	Brak
37	Bakterie (warunkowo beztlenowe pączki Gram-ujemne)	<i>Shigella boydii</i> / pączka czterwonki	2	Ludzie (zwłaszcza dzieci)	Pokarmowo-wodne,	Z – czterwonka bakteryjna (zapalenie jelita grubego z krwawą biegunką)	Ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja, oświata zdrowotna, utrzymanie czystości i higieny	Brak

38	Bakterie (warunkowo bezbarwne palkczki Gram-ujemne)	<i>Shigella dysenteriae</i> (typ 1) / palkczka czerwionki (typ 1)	3**	Ludzie (zwłaszcza dzieci)	Pokarmowowodne,	Z – czerwionka bakteryjna (zapalenie jelita grubego z krwawą biegunką); T – bardzo silna egzotoksyczna bialkowa (cytotoksyczna Shigi)	Ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja, oswiata zdrowotna, utrzymanie czystosci i higieny	Brak
39	Bakterie (warunkowo bezbarwne palkczki Gram-ujemne)	<i>Shigella dysenteriae</i> (pozostate typy) / palkczka czerwionki (pozostate typy)	2	Ludzie (zwłaszcza dzieci)	Pokarmowowodne,	Z – czerwionka bakteryjna (zapalenie jelita grubego z krwawą biegunką)	Ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja, oswiata zdrowotna, utrzymanie czystosci i higieny	Brak
40	Bakterie (warunkowo bezbarwne palkczki Gram-ujemne)	<i>Shigella flexneri</i> / palkczka czerwionki (pozostate typy)	2	Ludzie (zwłaszcza dzieci)	Pokarmowowodne,	Z – czerwionka bakteryjna (zapalenie jelita grubego z krwawą biegunką); T – enterotoksyczna bialkowa	Ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja, oswiata zdrowotna, utrzymanie czystosci i higieny	Brak
41	Bakterie (warunkowo bezbarwne palkczki Gram-ujemne)	<i>Shigella sonnei</i> / palkczka czerwionki	2	Ludzie (zwłaszcza dzieci)	Pokarmowowodne,	Z – czerwionka bakteryjna (zapalenie jelita grubego z krwawą biegunką)	Ochrony osobiste, dezynfekcja, sterylizacja, oswiata zdrowotna, utrzymanie czystosci i higieny	Brak
42	Pasozyty (robaki, tasie mee)	<i>Echinococcus multilocularis</i> / tasie meec bialbowy lisi	3**	Lisy, gryzoni, psy, wilki	Pokarmowe, powietrzno-pylowe (wdechaniem pylu zawierajacego wyschniety kal lisow lub psow)	Z(ZOO) – bialbowica watroby, rzadzzej pluc, mozgu lub innych narzadzow	Odrobaczanie hodowanych lisow, asenizacja lisich odchodow, ochrony osobiste (respiratory), przestrzeganie zasad higieny w kontaktach z psami, dezynfekcja pomieszczen, oswiata zdrowotna	Brak
43	Pasozyty (robaki, przywry)	<i>Fasciola hepatica</i> / motylica watrobowa	2	Owce, bydlo, slizaki, rosliny wodne	Pokarmowe (spozycie wodnych roslin z metacekciariami)	Z – zapalenie watroby	Oswiata zdrowotna, nie spozywanie roslin wodnych, dezynfekcja, ochrony osobiste	Brak
44	Pasozyty (pierwotniaki, wiciowce)	<i>Giardia lamblia</i> (<i>Giardia intestinalis</i>) / lamblia (wielkosciec jelitowy)	2	Ludzie, zwierzeta	Pokarmowo-wodne	Z – lamblia: zapalenie biony sluzowej dwunastnicy i jelita czczego z biegunką ostrą lub przewlekłą	Gotowanie i odkazanie wody pitnej, mycie / gotowanie produktow spozywczych, asenizacja odchodow ludzkich, oswiata zdrowotna	Brak
45	Pasozyty (robaki, nicienie)	<i>Strongyloides stercoralis</i> / wegorek jelitowy	2	Gleba, zwierzeta (psy), ludzie	Bezposrednie (wnikanie larw fiarioidalnych przez skore)	Z – wegoreczka: zapalenie jelit, zapalenie pluc, biegunki, rzadzzej zapalenie opon	Ochrony osobiste (odpowiednie obuwanie), asenizacja odchodow ludzkich, dezynfekcja gleby i wody, oswiata zdrowotna	Brak
46	Pasozyty (robaki, nicienie)	<i>Strongyloides spp.</i>	2	Gleba, zwierzeta, ludzie	Bezposrednie (wnikanie larw fiarioidalnych przez skore)	Z – wegoreczka: zapalenie jelit, zapalenie pluc, biegunki, rzadzzej zapalenie opon	Ochrony osobiste (odpowiednie obuwanie), asenizacja odchodow ludzkich, dezynfekcja gleby i wody, oswiata zdrowotna	Brak

47	Pasożyty (robaki, tasiemce)	<i>Taenia saginata</i> / tasiemiec nieuzbrojony	2	Bydło, ludzie	Pokarmowe (przez spożycie niedogotowanego mięsa wołowego)	Z(ZOO) – tasiemczyca jelita cienkiego	Gotowanie mięsa wołowego przed spożyciem, kontrola weterynaryjna mięsa	Brak
48	Pasożyty (robaki, tasiemce)	<i>Taenia solium</i> / tasiemiec uzbrojony	3**	Świnie, ludzie	Pokarmowe (przez spożycie niedogotowanego mięsa wieprzowego lub pokarmu zanieczyszczonego kałem ludzkim)	Z(ZOO) – tasiemczyca jelita cienkiego, wągryzca (cysticerkoza): zarazenie larwami tasiemca (<i>Cysticercus cellulosae</i>) mózgu, opon mózgowo-rzeniowych, oka, mięśni tkanki podskórnej	Gotowanie mięsa przed spożyciem, kontrola weterynaryjna mięsa, asenizacja odchodów ludzkich, dezynfekcja, oświetlenie zdrowotna	Brak
49	Pasożyty (robaki, nicienie)	<i>Toxocara canis</i> / <i>glisťa psia</i>	2	Gleba, psy, ludzie	Pokarmowe (przez spożycie pokarmu zanieczyszczonego kałem psa)	Z(ZOO) – toksokaroza: zarazenie larwami migrującymi wątroby, śledziony, oka, mózgu, opon mózgowo-rzeniowych, płuc i innych narządów	Odrobaczanie psów, asenizacja odchodów psich, przestrzeganie zasad higieny w kontaktach z psami, dezynfekcja pomieszczeń, oświetlenie zdrowotna	Brak
50	Bakterie (pałeczki Gram-ujemne)	Endotoksyna bakteryjna: makrocząsteczkowy związek lipopolisacharydowy znajdujący się w zewnętrznej błonie ścian komórkowej bakterii Gram-ujemnych	-	Przewód pokarmowy zwierząt i ludzi, rośliny, produkty roślinne, pył, powietrze, woda	Powietrzno-pyłowe, powietrzno-kropelkowe	IT – reakcja zapalna w tkance płucnej, zapoczątkowana aktywacją makrofagów płucnych i uwolnieniem mediatorów, powodująca bisynozę, gorączkę nawilżaczową i zblizone choroby	Ochrony osobiste, redukcja zapylenia, doskonalenie wentylacji i systemów filtracyjnych powietrza, hermetyzacja i automatyzacja procesów	Brak
51	Wektory (przenościele) i gryzoni, które mogą również być nośicielami różnego rodzaju chorób wywołanych różnorodnymi patogenami. Stanowią więc potencjalne źródło narażenia pracowników na szkodliwe czynniki biologiczne [10].							

Tabl.2. Endotoksyna bakteryjna [6].

Uwagi do tablicy 1: wykaz został sporządzony w oparciu o klasyfikację szkodliwych czynników biologicznych – odniesionych do grupy zawodowej pracowników oczyszczalni ścieków [6] – przefiltrowany w oparciu o:

- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22.04.2005r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (Dz.U. Nr 81, poz. 716),
- oraz z uwzględnieniem mikroorganizmów mogących wystąpić w strefie klimatycznej umiarkowanej.

Objaśnienia do tablic 1 i 2:

Grupy zagrożenia – wyodrębniono cztery grupy zagrożenia:

- 1 – obejmuje czynniki, przez które wywołanie chorób u ludzi jest mało prawdopodobne,

- 2 – obejmuje czynniki, które mogą wywoływać choroby u ludzi, mogą być niebezpieczne dla pracowników, ale rozprzestrzenienie ich w populacji ludzkiej jest mało prawdopodobne i zazwyczaj istnieją w stosunku do nich skuteczne metody profilaktyki lub leczenia,

- 3 – obejmuje czynniki, które mogą wywoływać u ludzi ciężkie choroby, są niebezpieczne dla pracowników, a rozprzestrzenienie ich w populacji ludzkiej jest bardzo prawdopodobne i zazwyczaj istnieją w stosunku do nich skuteczne metody profilaktyki lub leczenia,

- 3** – czynniki biologiczne zakwalifikowane do grupy 3 zagrożenia, mogące stanowić ograniczone ryzyko zakażenia dla pracowników, gdyż nie są zazwyczaj zakaźne drogą powietrzną,

- 4 – czynniki, które wywołują u ludzi ciężkie choroby, są niebezpieczne dla pracowników, a rozprzestrzenienie czynników w populacji ludzkiej jest bardzo prawdopodobne i zazwyczaj nie istnieją w stosunku do nich skuteczne metody profilaktyki lub leczenia; w przypadku oczyszczalni ścieków czynniki biologiczne zaliczane do tej grupy zagrożenia nie występują [4].

Działanie na człowieka:

- IT – immunotoksyczne,
- T – toksyczne,
- Z – zakaźne lub inwazyjne,
- ZOO – zoonozy.

8. Wywiad epidemiologiczny

Wywiad epidemiologiczny wskazuje na to, że do najczęściej zgłaszanych objawów chorobowych przez pracowników oczyszczalni ścieków należą:

- infekcje układu oddechowego i pokarmowego,
- podrażnienia oczu i skóry,
- bóle głowy,

- oraz ogólne złe samopoczucie.

Ponadto należy się również liczyć z ryzykiem wystąpienia: wirusowego zapalenia wątroby oraz chorób żołądka wywołanych obecnością np. *Helicobacter pylori* [2].

9. Pomiar szkodliwych czynników biologicznych w powietrzu środowiska pracy

Celem badań zanieczyszczenia mikrobiologicznego na stanowiskach pracy jest:

- ustalenie stopnia zanieczyszczenia powietrza mikroorganizmami – badania ilościowe,
- ustalenie rodzajów i/lub gatunków mikroorganizmów obecnych w powietrzu – badania jakościowe.

Badania zanieczyszczenia mikrobiologicznego na stanowiskach pracy mogą obejmować:

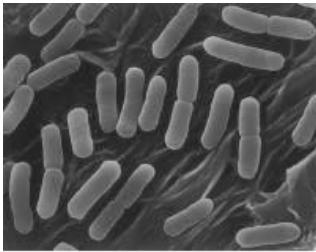
- oznaczenie ogólnej liczby drobnoustrojów,
- oznaczenie składników komórkowych (np. glukany),
- oznaczenie metabolitów (np. związki lotne),
- oznaczenie toksyn (np. endotoksyny).

Monitorowanie czystości powietrza w przestrzeniach pracy może odbywać się różnymi metodami, które ze względu na zasadę pomiaru można podzielić na dwie grupy:

- metody hodowlane – oparte na hodowli drobnoustrojów na podłożach mikrobiologicznych, a następnie zliczaniu jednostek tworzących kolonie, przy uwzględnianiu zasady – iż każda kolonia powstała z pojedynczej komórki,
- metody biochemiczne lub chemiczne – oparte na pomiarze parametrów chemicznych budujących komórki drobnoustrojów lub wytwarzanych przez drobnoustroje metabolitów obecnych w powietrzu [9].

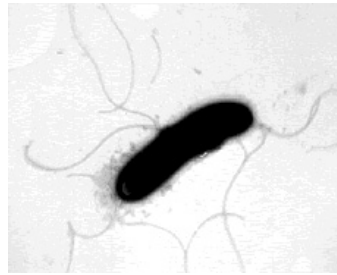
W przypadku przedmiotowej – typowej miejskiej oczyszczalni ścieków, sesję pomiarową wykonano jednorazowo w miesiącu październiku 2005r., a pomiary wykonano w celu oznaczenia:

- ogólnej liczby bakterii (podłoże: Agar z ekstraktem drożdżowym),
- liczby bakterii *Escherichia coli* (podłoże: ENDO LES),
- liczby bakterii *Pseudomonas fluorescens* (podłoże: ANC),
- oraz w celu ustalenia obecności bakterii – pałeczek Gram-ujemnych w ogólnej liczbie bakterii hodowanych na podłożu MacConkeya.



© 2004 Dennis Kunkel Microscopy, Inc.

Rys.1. *Escherichia coli* [11].



Rys.2. *Pseudomonas fluorescens* [12].

9.1. Punkty pomiarowe

Próbki aerozolu bakteryjnego pobrano w trzech punktach pomiarowych na terenie oczyszczalni ścieków:

- P1 – w budynku krat,
- P2 – w pomieszczeniu zagęszczarek mechanicznych osadu,
- P3 – w rejonie komory napowietrzania nr 2.

Ponadto w celu dokonania korekty wpływu otoczenia na wyniki prowadzonych badań za każdym razem pobrano również próbkę kontrolną – P0 – (tzw. próbkę ślepa) w miejscu zlokalizowanym na granicy oczyszczalni ścieków (w rejonie ogrodzenia), zawsze po stronie zewnętrznej, w odległości wykluczającej wpływ obiektów oczyszczalni ścieków na jakość powietrza. Na każdym stanowisku pomiarowym pobrano po jednej próbce powietrza na poszczególne pożywki. W trakcie pobierania próbek rejestrowano temperaturę i wilgotność powietrza.

9.2. Pobieranie próbek

Próbki powietrza do celów hodowlanych pobrano z zastosowaniem metody sedymentacyjnej. Metoda ta, zwana metodą płytkową Kocha – oparta jest na zasadzie ciężenia powszechnego, powodującego osiadanie bioaerozolu na powierzchni pożywek stałych znajdujących się na płytkach Petriego. Należy podkreślić, iż metoda ta jest obciążona pewnym błędem, z uwagi na to, że niemożliwe jest dokładne określenie ilości drobnoustrojów, gdyż na płytkach osiada tylko ich część, zwykle zaledwie 1/10% cząstek o małych rozmiarach, tzn. poniżej 5 μm , głównie ze względu na zbyt małą prędkość sedymentacji. Niemożliwe jest również dokładne oszacowanie objętości powietrza, z której mikroorganizmy osiadają na powierzchni pożywki [9].

Pobieranie próbek polegało na umieszczeniu zamkniętych płytek z podłożami hodowlanymi na statywie w celu uzyskania warunków pobierania w strefie oddy-

chania pracownika. Następnie na odkryciu wieczek płytek, na których znajdował się określony rodzaj pożywki na pewien z góry założony czas (w tym przypadku 10 min) i poddaniu ich ekspozycji powietrza. Po tym czasie płytki z powrotem zostały zamknięte przez nałożenie wieczek i dostarczone do laboratorium.



Rys.3. Pobieranie próbek metodą sedimentacyjną w budynku krat.



Rys.4. Pobieranie próbek metodą sedimentacyjną w budynku zagęszczarek mechanicznych.



Rys.5. Pobieranie próbek metodą sedimentacyjną w rejonie komory napowietrzania nr 2.



Rys.6. Pobieranie próbek kontrolnych (ślepych) metodą sedimentacyjną.

Tabl.3. Okoliczności pobierania próbek w dniu 19.10.2005r.

Okoliczności pobierania próbek w dniu: 19.10.2005			
Podłoże: MacConkeya			
Nr próbki	Temperatura [°C]	Wilgotność [%]	Uwagi
P0	23,3	30	Słonecznie, praktycznie bezwietrznie.
P1	16,3	39	Lekki przeciąg w pomieszczeniu.
P2	17,2	32	Lekki przeciąg.
P3	18,6	31	Słonecznie, lekki wiatr z zachodu na wschód.

Tabl.4. Okoliczności pobierania próbek w dniu 25.10.2005r.

Okoliczności pobierania próbek w dniu: 25.10.2005			
Podłoże: Agar z ekstraktem drożdżowym, ENDO LES i ANC			
Nr próbki	Temperatura [°C]	Wilgotność [%]	Uwagi
P0	27,7	29	Słonecznie, lekki wiatr z południa na północ.
P1	17,1	43	Lekki przeciąg w pomieszczeniu.
P2	19,1	49	Lekki przeciąg.
P3	21,5	35	Słonecznie, lekki wiatr z południa na północ.

Pobrane próbki przetransportowano do laboratorium w torbie termoizolacyjnej z wkładem chłodzącym, w której panowała temperatura 4°C.

9.3. Hodowla laboratoryjna

W laboratorium płytki poddano inkubacji w odpowiedniej temperaturze i przez odpowiedni okres czasu. Inkubację prowadzono w ciepłarkach laboratoryjnych.



Rys.7. Ciepłarka laboratoryjna.

Tabl.5. Warunki hodowli bakterii.

Warunki hodowli			
Rodzaj bakterii (podłoże)	Nr próbki	Czas inkubacji [h]	Temperatura inkubacji [°C]
Ogólna liczba bakterii w kierunku pałeczek Gram-ujemnych (MacConkey)	P0	24	37
	P1	24	37
	P2	24	37
	P3	24	37
Ogólna liczba bakterii (Agar z ekstraktem drożdżowym)	P0	24 ↓ 72	37 ↓ 22
	P1	24 ↓ 72	37 ↓ 22
	P2	24 ↓ 72	37 ↓ 22
	P3	24 ↓ 72	37 ↓ 22
Bakterie <i>E. coli</i> (ENDO LES)	P0	24	37
	P1	24	37
	P2	24	37
	P3	24	37
Bakterie <i>P. fluorescens</i> (ANC)	P0	48	37
	P1	48	37
	P2	48	37
	P3	48	37

9.4. Odczyt

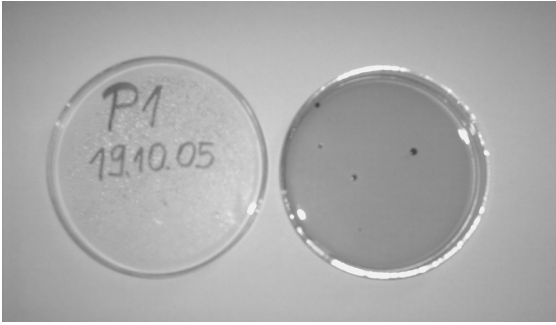
Po zakończonej inkubacji przystąpiono do zliczenia liczby wyrosłych kolonii bakterii.

Rys.8. Aparat do liczenia kolonii bakterii.

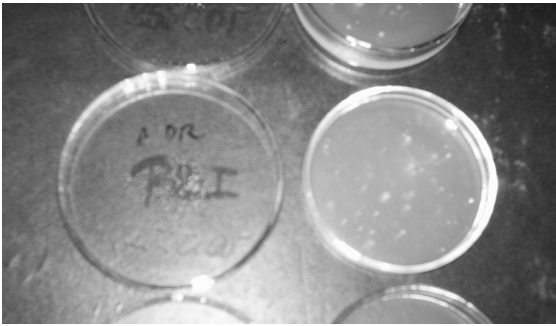


Tabl.6. Liczba wyrosłych kolonii bakterii.

Rodzaj bakterii (podłoże)	Nr próbki	Liczba kolonii	
		24 h lub 48 h / 37°C	72 h / 22°C
Ogólna liczba bakterii w kierunku pałeczek Gram-ujemnych (MacConkey)	P0	0	-
	P1	5	-
	P2	4	-
	P3	1	-
Ogólna liczba bakterii (Agar z ekstraktem drożdżowym)	P0	0	0
	P1	45	100
	P2	97	250
	P3	5	21
Bakterie <i>E. coli</i> (ENDO LES)	P0	0	-
	P1	6	-
	P2	14	-
	P3	0	-
Bakterie <i>P. fluorescens</i> (ANC)	P0	0	-
	P1	0	-
	P2	0	-
	P3	0	-



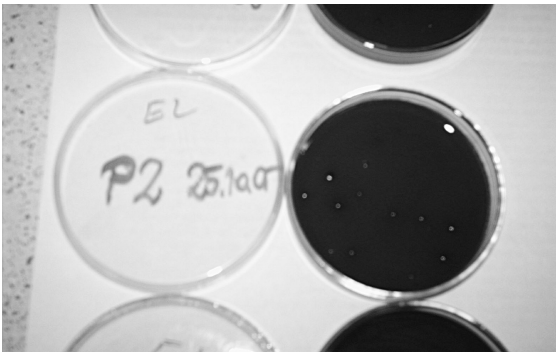
Rys.9. Kolonie bakterii na podłożu MacConkeya (24 h/37°C).



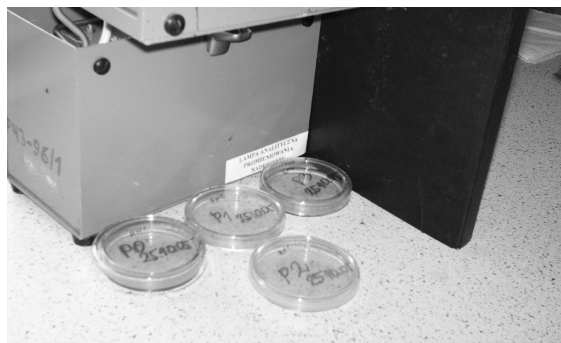
Rys.10. Kolonie bakterii na podłożu agarowym (24 h/37°C).



Rys.11. Kolonie bakterii na podłożu agarowym (72 h/22°C).



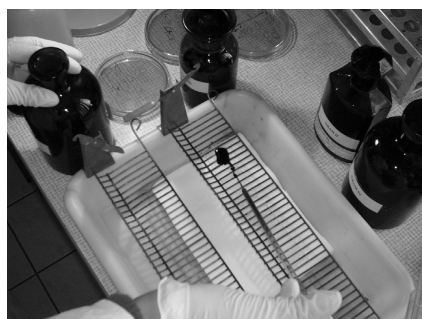
Rys.12. Kolonie bakterii na podłożu ENDO LES (24 h/37°C).



Rys.13. Próba poszukiwania kolonii *P. fluorescens* w promieniach UV (podłoże ANC – 48 h/37°C).

9.5. Barwienie metodą Grama

Metoda Grama jest podstawową metodą barwienia w bakteriologii. Drobnoustroje barwiące się w metodzie Grama pozytywnie są koloru niebieskiego – są to bakterie Gram-dodatnie (gramododatnie) w odróżnieniu od bakterii nie barwiących się w metodzie Grama, które są koloru różowego – są to bakterie Gram-ujemne (gramujemne) [13].



Rys.14. Barwienie metodą Grama.



Rys.15. Oglądanie wybarwionych preparatów przy użyciu mikroskopu.

W wyniku przeprowadzonego barwienia materiału wyhodowanego na podłożu MacConkeya – we wszystkich próbkach (P1, P2 i P3) stwierdzono obecność bakterii Gram-ujemnych, jak również Gram-dodatnich. Obecność bakterii Gram-ujemnych jest potwierdzeniem tezy, iż w środowisku pracy oczyszczalni ścieków będą obecne endotoksyny bakteryjne – czyli biologicznie aktywne lipopolisacharydy, występujące w zewnętrznej warstwie ściany komórkowej bakterii Gram-ujemnych.

9.6. Wyniki pomiarów

Uzyskane dane w postaci liczby wyhodowanych kolonii bakterii przelicza się na 1 m³ powietrza – ponieważ stopień mikrobiologicznego zanieczyszczenia powie-

trza szkodliwymi czynnikami biologicznymi wyrażany jest w jednostkach: CFU/m³ (colony forming units/m³) lub inaczej jtk/m³ – jednostki tworzące kolonie/m³. Do przeliczenia służy wzór Omeliańskiego (1):

$$X = \frac{5 \cdot 10^4 \cdot \bar{c}}{p \cdot r^2 \cdot t} \text{ [jtk/m}^3\text{]}$$

w którym:

- \bar{c} – średnia liczba kolonii na płytce (tablica nr 6),
- r – promień płytki Petriego [cm] (4,5 cm),
- t – czas ekspozycji płytek [min] (10 min),
- $5 \cdot 10^4$ – współczynnik przeliczeniowy dla uzyskania liczby bakterii w 1 m³ powietrza [14].

Tabl.7. Stopień mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza środowiska pracy w wybranych punktach pomiarowych typowej miejskiej oczyszczalni ścieków.

Rodzaj bakterii (podłoże)	Nr - próbki	jtk/m ³	
		24 h/37°C	72 h/22°C
Ogólna liczba bakterii (Agar z ekstraktem drożdżowym)	P0	0	0
	P1	3538	7863
	P2	7627	19658
	P3	393	1651
Bakterie <i>E. coli</i> (ENDO LES)	P0	0	
	P1	471	
	P2	1100	
	P3	0	

9.7. Ocena higieniczna i oszacowanie ryzyka szkodliwego efektu zdrowotnego

Zwykle uzyskane wyniki pomiarów w celu dokonania oceny narażenia pracowników na czynniki szkodliwe występujące w środowisku pracy porównuje się z ustalonymi normatywnymi higienicznymi. Jednakże w chwili obecnej brak jest ogólnie uznanych wartości normatywnych dla czynników biologicznych. Główne przyczyny to:

- brak zadowalających danych epidemiologicznych określających relację między narażeniem na dany czynnik a efektem zdrowotnym wywołanym jego działaniem,
- trudności w jednoznacznym określeniu efektów takiego działania, wynikające z indywidualnej wrażliwości ekspozowanego organizmu na dany czynnik biologiczny,
- niewystarczająca liczba danych pomiarowych dla najpowszechniej występujących w środowisku bioaerozoli,
- brak standaryzacji metod pomiarowych i doświadczalnych [3].

Istnieją jednak w literaturze propozycje wartości normatywnych dla zanieczyszczenia powietrza szkodliwymi czynnikami biologicznymi, które mogą posłużyć za wskaźnik poziomu narażenia zawodowego. Przykładowo propozycje normatywu higienicznego dla ogólnej liczby bakterii przedstawiają się następująco:

- $1 \cdot 10^6$ (1000000) [jtk/m³] [3] lub
- $5 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^4$ (5000 - 10000) [jtk/m³] [9].

Analizując stan faktyczny – w odniesieniu do pierwszej propozycji – stwierdzony stopień mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza w analizowanych punktach pomiarowych oczyszczalni ścieków jest znacznie niższy niż proponowany normatyw. Warunki pracy należałoby więc uznać za całkowicie bezpieczne. Inaczej wygląda sytuacja w drugim przypadku – w którym to rząd wielkości stwierdzonego stopnia mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza w przypadku dwóch punktów pomiarowych, P1 (budynek krat) i P2 (pomieszczenie zagęszczarek mechanicznych osadu) – zawiera się w granicach proponowanego normatywu, a nawet znacznie go przekracza. W takiej sytuacji, przy uwzględnieniu wyników tych pomiarów oraz dodatkowo możliwości wystąpienia w środowisku pracy oczyszczalni ścieków czynników biologicznych o ograniczonym ryzyku zakażenia (lecz tylko z uwagi na to, że zwykle nie są one zakaźne drogą powietrzną) – warunki pracy w aspekcie narażenia zawodowego na szkodliwe czynniki biologiczne powinny być monitorowane (poddane szczegółowej ocenie). Ponadto na pewno nie można ich uznać za całkiem bezpieczne bez ciągłego prowadzenia niezbędnych działań z zakresu profilaktyki, przede wszystkim medycznej i organizacyjnej, a jeśli to możliwe i ekonomicznie uzasadnione – także z zakresu stosownej profilaktyki technologicznej. Na szczególne podkreślenie zasługuje również aspekt dużej zmienności warunków pracy, a tym samym poziomu narażenia zawodowego na szkodliwe czynniki biologiczne (problem sezonowych zmian w wielkości narażenia). Wykonane pomiary są jedynie ogólnym odzwierciedleniem stanu chwilowego. Ponadto zwiększona liczba mikroorganizmów w powietrzu nie musi od razu oznaczać zwiększonego zagrożenia dla przebywających w danym obszarze pracowników, aczkolwiek nie można wykluczyć takiej ewentualności. Zdarza się, że osoby przebywające stale w zanieczyszczonym mikrobiologicznie środowisku ulegają uodpornieniu. Klasycznym dowodem jest stosunkowo mała zachorowalność pracowników oczyszczalni ścieków posiadających stałą styczność z dużą ilością potencjalnych patogenów, wydostających się ze ścieków do powietrza. Z drugiej jednak strony istnieją badania, których rezultaty nie potwierdzają tej tezy, ponieważ tak naprawdę wszystko zależy od stopnia wrażliwości osobniczej danego pracownika, czasu ekspozycji, jego stanu zdrowia, rodzaju przebytych chorób, a nawet wieku [10].

9.8. Pracownicy o największym narażeniu na szkodliwe czynniki biologiczne

Na podstawie wyników przeprowadzonych pomiarów należy stwierdzić, iż grupami pracowników najbardziej ekspozowanymi na szkodliwe czynniki biologiczne są:

- osoby związane ze wstępnym etapem oczyszczania ścieków surowych – obsługa krat (operator urządzeń oczyszczalni ścieków),
- a także osoby związane z przeróbką osadów ściekowych – obsługa urządzeń do mechanicznego zagęszczania osadu (operator wirówki).

Oczywiście każdy pracownik oczyszczalni ścieków jest w pewnym stopniu ekspozowany na szkodliwe działanie czynników biologicznych – jednakże wielkość tego narażenia rozpatrywanego w aspekcie narażenia zawodowego – ciągłego (o najdłuższej ekspozycji zmianowej) – ma istotne znaczenie przede wszystkim w przypadku tych dwóch, wcześniej wspomnianych, grup zawodowych. Ponadto należy domniemywać, iż grupą pracowników o nieregularnym (sporadycznym), często krótkim okresie narażenia, ale za to na duże stężenia szkodliwych czynników biologicznych – będą osoby zajmujące się pracami remontowymi obiektów i/lub urządzeń oczyszczalni ścieków.

9.9. Niezbędne działania profilaktyczne

Do podstawowych środków profilaktycznych, mających na celu zmniejszenie narażenia na biologiczne czynniki szkodliwe występujące w środowisku pracy, należą:

- zapewnienie czystości na stanowiskach pracy,
- zapewnienie odpowiednich warunków sanitarnych i urządzeń odkażających w miejscu pracy,
- zapewnienie pracownikom bezpiecznych warunków spożywania posiłków i napojów w wydzielonych pomieszczeniach,
- stosowanie odpowiednich systemów wentylacyjnych i odpylających oraz w miarę możliwości hermetyzacja procesu produkcyjnego w celu ograniczenia emisji bioaerozoli do powietrza (strefy oddechowej),
- zapewnienie stałej opieki lekarskiej i badań profilaktycznych pracowników,
- szczepienia ochronne wysoce narażonych grup pracowników – o ile oczywiście dostępna jest odpowiednia szczepionka,
- stosowanie środków ochrony indywidualnej, dostosowanych do specyfiki zagrożeń,
- szeroko pojęta oświata zdrowotna, ogólnie uznawana za najtańszy, a przy tym skuteczny środek profilaktyczny,
- szkolenia – w tym z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy.

Wszystkie te ciężące na pracodawcy obowiązki – służące ochronie pracowników przed zagrożeniami spowodowanymi przez szkodliwe czynniki biologiczne ujęte zostały w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 22.04.2005r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (Dz.U. Nr 81, poz. 716), w którym to pracodawca literalnie został zobowiązany do stosowania, na warunkach określonych w rozporządzeniu, wszelkich dostępnych środków eli-

minujących narażenie pracowników lub ograniczających stopień tego narażenia na szkodliwe czynniki biologiczne. W akcie tym zapisano także, że stosowanie środków zapobiegawczych nie zwalnia pracodawcy od obowiązku m.in.:

- prowadzenia rejestru prac narażających pracowników na działanie szkodliwego czynnika biologicznego zakwalifikowanego do grupy 3 lub 4 zagrożenia,
- oraz prowadzenia rejestru pracowników narażonych na działanie szkodliwych czynników biologicznych zakwalifikowanych do grupy 3 lub 4 zagrożenia,
- jak również projektowania procesu pracy w sposób pozwalający na uniknięcie lub zminimalizowanie uwalniania się szkodliwego czynnika biologicznego w miejscu pracy [4].

10. Podsumowanie i wnioski

Wykonane pomiary ilościowe i badanie jakościowe wybranych szkodliwych czynników biologicznych – wybranych bakterii patogennych oraz przeprowadzona ocena higieniczna uzyskanych wyników tych pomiarów – dały następujące wnioski:

- brak w Polsce prawnie uznanych normatywów higienicznych dla szkodliwych czynników biologicznych występujących w środowisku pracy, w tym także w środowisku pracy typowej miejskiej oczyszczalni ścieków, uniemożliwia dokonanie właściwej i nie podlegającej możliwości zakwestionowania oceny narażenia zawodowego pracowników na przedmiotowe czynniki biologiczne,

- ocena narażenia zawodowego pracowników typowej miejskiej oczyszczalni ścieków na szkodliwe czynniki biologiczne obecne w środowisku pracy, w oparciu o proponowane w literaturze wartości normatywów higienicznych i uzyskane w toku badań wyniki pomiarów (w założonych punktach pomiarowych oczyszczalni), nie daje jednoznacznych rezultatów:

- z jednej strony przy założeniu normatywu na poziomie $1 \cdot 10^6$ (1000000) [jtk/m³] warunki pracy należałoby uznać za całkowicie bezpieczne, a ryzyko wystąpienia ewentualnych zachorowań pracowników oczyszczalni ścieków na choroby będące wynikiem ekspozycji zawodowej na badane czynniki biologiczne (wybrane bakterie patogenne) obecne w środowisku pracy należałoby uznać za bardzo małe (pomijalne),
- z drugiej zaś strony przy założeniu normatywu na poziomie od $5 \cdot 10^3$ do $1 \cdot 10^4$ (5000 - 10000) [jtk/m³] – przy uwzględnieniu faktu, iż rząd wielkości stwierdzonego stopnia mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza w przypadku dwóch punktów pomiarowych P1 (budynek krat) i P2 (pomieszczenie zagęszczarek mechanicznych osadu) – zawiera się w granicach proponowanego normatywu, a nawet w jednym przypadku znacznie go przekracza – warunki pracy należałoby uznać za zagrażające zdrowiu pracowników oczyszczalni ścieków, a ryzyko wystąpienia zachorowań pracowników na choroby będące wynikiem ekspozycji zawodowej na badane czynniki biologiczne

(wybrane bakterie patogenne) obecne w środowisku pracy należałoby uznać za znaczące i wymagające niezbędnych działań zmierzających do obniżenia jego poziomu do poziomu akceptowalnego,

- ostateczna ocena warunków pracy, a także określenie poziomu ryzyka zawodowego dla pracowników typowej miejskiej oczyszczalni ścieków, wynikającego z narażenia na szkodliwe dla zdrowia czynniki biologiczne, powinny zostać dokonane po wykonaniu wielu badań, uwzględniających aspekt dużej zmienności warunków prowadzonych pomiarów i warunków pracy, badań uwzględniających fakt mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza nie tylko chorobotwórczymi bakteriami, ale także pozostałymi mikroorganizmami z gamy uznanych szkodliwych czynników biologicznych, jak np. produktami rozpadu bakterii Gram-ujemnych (endotoksynami bakteryjnymi), których obecność w środowisku pracy potwierdziły badania jakościowe wykonane w wybranych punktach oczyszczalni ścieków,

- zwiększona liczba mikroorganizmów chorobotwórczych w powietrzu środowiska pracy nie musi od razu oznaczać zwiększonego zagrożenia dla przebywających w danym obszarze pracowników, aczkolwiek nie można wykluczyć takiej ewentualności; wszystko zależy od stopnia wrażliwości osobniczej danego pracownika, czasu ekspozycji, jego stanu zdrowia, rodzaju przebytych chorób, a nawet wieku,

- na podstawie wyników przeprowadzonych pomiarów należy stwierdzić, iż grupą pracowników najbardziej eksponowaną na szkodliwe czynniki biologiczne (w tym przypadku bakterie patogenne) są osoby zatrudnione na stanowiskach: operator urządzeń oczyszczalni ścieków oraz operator wirówki (operator zagęszczarek),

- niezbędnym działaniem profilaktycznym, wynikającym z faktu stwierdzenia znacznych ilości patogennych bakterii w powietrzu budynku krat i w pomieszczeniu zagęszczarek mechanicznych osadu, powinno być zmniejszenie ekspozycji na bioaerozol wchłaniany drogą inhalacyjną na tych stanowiskach; można to osiągnąć np. przez zastosowanie osłon na urządzenia generujące szkodliwy bioaerozol lub ograniczenie czasu przebywania pracowników w pobliżu tych urządzeń albo wyposażenie pracowników, na czas pracy w pomieszczeniach zagrożonych występowaniem znacznych ilości szkodliwych dla zdrowia czynników biologicznych, w indywidualne ochrony dróg oddechowych chroniące przed narażeniem na bioaerozol drogą oddechową. Przemawia za tym potrzeba zachowania przez pracowników dobrego stanu zdrowia w okresie ich wieloletniej aktywności zawodowej oraz potrzeba dobrego samopoczucia po przejściu na zasłużoną emeryturę.

LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa pod red. A. Dymaczewskiego, J.A. Oleszkiewicza i M.M. Sozańskiego: *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Poznań 1997.
- [2] Cyprowski M. i Krajewski J.A.: *Czynniki szkodliwe dla zdrowia występujące w oczyszczalniach ścieków komunalnych*. „Medycyna Pracy” nr 54 (1): 73 – 80, 2003.
- [3] Buczyńska A.: *Bakterie i endotoksyny obecne w powietrzu w miejscach pracy*. Materiały seminarium „Mi-

- krobiologiczne zanieczyszczenia powietrza na stanowiskach pracy”, Łódź 2005.
- [4] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 roku w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki. Dziennik Ustaw, 2005, nr 81, poz. 716.
- [5] Kozajda A., Szadkowska-Stańczyk I., Zielińska-Jankiewicz K.: *Co warto wiedzieć na temat czynników biologicznych. Bakterie – wirusy – grzyby – pasożyty w środowisku pracy*. Główny Inspektor Sanitarny, Warszawa 2005.
- [6] Dutkiewicz J., Śpiewak R., Jabłoński L.: *Klasyfikacja szkodliwych czynników biologicznych występujących w środowisku pracy oraz narażonych na nie grup zawodowych. Ad punctum*, Lublin 2002.
- [7] Dutkiewicz J., Górny R.L.: *Biologiczne czynniki szkodliwe dla zdrowia – klasyfikacja i kryteria oceny narażenia*. „Medycyna Pracy” nr 53 (1): 29 – 39, 2002.
- [8] Praca zbiorowa pod red. K. Marka: *Choroby zawodowe*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2001.
- [9] Libudzisz Z., Gutarowska B.: *Powietrze jako środowisko bytowania mikroorganizmów. Charakterystyka mikroorganizmów stanowiących zagrożenie zdrowotne w miejscu pracy. Materiały seminarium „Mikrobiologiczne zanieczyszczenia powietrza na stanowiskach pracy”*, Łódź 2005.
- [10] Suschka J.: *Uciążliwość oczyszczalni ścieków i przeciwdziałania*. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej filii w Bielsku-Białej, Bielsko-Biała 1996.
- [11] [Internet] www.ehagroup.com [dostęp 25.11.2005].
- [12] [Internet] <http://genome.jgi-psf.org> [dostęp 25.11.2005].
- [13] Zaremba M.L., Borowski J.: *Mikrobiologia lekarska dla studentów medycyny*. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2001.
- [14] Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną. PN-89/Z-04111/02. ALFA, Warszawa 1989.

