

Jacek GRZYB¹, Renata FRAS¹ i Krzysztof FRĄCZEK¹

STAN MIKROBIOLOGICZNY WÓD Z KRAKOWSKICH FONTANN

MICROBIOLOGICAL QUALITY OF WATER FROM FOUNTAINS OF KRAKOW

Abstrakt: Celem pracy była ocena stanu mikrobiologicznego wody z 6 krakowskich fontann oraz stworzenie na tej podstawie rankingu czystości fontann. Ocena ta obejmowała analizę liczby bakterii psychrofilnych i mezofilnych, bakterii z grupy coli, bakterii grupy coli typu kałowego, *Escherichia coli* i paciorkowców kałowych. Wyniki zostały odniesione do stosownych aktów prawnych. Wykazano znaczne zanieczyszczenie wody z badanych fontann. W pięciu z sześciu fontann woda była niezdatna do kąpielii, we wszystkich do picia. Najmniej zanieczyszczona była woda z fontanny na pl. Szczepańskim, najbardziej zanieczyszczona z fontann przed Uniwersytetem Rolniczym i w parku Krakowskim.

Słowa kluczowe: fontanny, woda, Kraków, mikrobiologia, bakterie

Wstęp

Woda z fontann stanowi mikrosiedliska dla flory i fauny wodnej, poidła dla zwierząt, a czasami również kąpieliska dla ludzi [1, 2]. Umieszczenie, jak również sposób użytkowania fontann powoduje, że woda jest narażona na zanieczyszczenie przez bakterie mogące powodować problemy zdrowotne. Najważniejsze z nich to bakterie z grupy coli, *Escherichia coli*, paciorkowce kałowe (w tym *Enterococcus faecalis*), *Proteus vulgaris*, *Pseudomonas fluorescens*, *Vibrio cholerae*, *Salmonella* sp. oraz *Shigella* sp. Wymienione mikroorganizmy nie namnażają się w środowisku wodnym, ale mogą w nim bytować przez dłuższy lub krótszy czas - do momentu obumarcia komórek. W Europie najczęstszą przyczyną zakażeń epidemiologicznych przenoszonych przez wodę są gramujemne pałeczki *Salmonella* sp. oraz *Shigella* sp. [3].

Celem niniejszej pracy było zbadanie czystości mikrobiologicznej wód z wybranych krakowskich fontann oraz stworzenie rankingu czystości mikrobiologicznej fontann.

Metodyka badań

W Krakowie funkcjonuje obecnie 11 fontann. Do badań wybrano losowo 6 z nich - znajdujących się na Starym Mieście lub w odległości do 1 kilometra od niego:

- w parku Krakowskim,
- na Plantach w pobliżu Barbakanu,
- na pl. św. Marii Magdaleny,
- naprzeciwko Filharmonii - przy skrzyżowaniu ul. Franciszkańskiej i Straszewskiego,
- na pl. Szczepańskim,
- przy al. Mickiewicza przed budynkiem Wydziału Biologii i Hodowli Zwierząt Uniwersytetu Rolniczego.

¹ Katedra Mikrobiologii, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. A. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, tel. 12 662 41 81, email: rgrzyb@cyfronet.pl

^{*}Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole'13, Jarnottówek, 23-26.10.2013

W 2011 roku wykonano trzy serie badawcze reprezentujące różne pory roku: wiosnę, lato oraz jesień. Taki sposób wykonania badań wynikał po pierwsze z okresu, w którym funkcjonują fontanny (od maja do października), a po drugie: miał dać odpowiedź na pytanie, czy występuje zróżnicowanie sezonowe w ilości drobnoustrojów występujących w wodzie fontann. Próbkę do badań mikrobiologicznych pobierano do jałowych butelek o pojemności 2000 cm³. Wszystkie badania były wykonywane w 3 powtórzeniach.

W wodach z krakowskich fontann zbadano:

- ogólną liczbę bakterii psychrofilnych wyrosłych na agarze odżywczym w temperaturze 22°C w czasie 72 h,
- ogólną liczbę bakterii mezofilnych wyrosłych na agarze odżywczym w temperaturze 37°C w czasie 48 h,
- liczby bakterii z grupy coli wyrosłych na pożywce Endo inkubowanych w temperaturze 37°C przez 48 h,
- obecność paciorkowców kałowych z rodzaju *Enterococcus* wyrosłych na pożywce SB w temperaturze 37°C w ciągu 48 h,
- obecność pałeczek z rodzajów *Salmonella* i *Shigella* na agarze SS inkubowanych w temperaturze 37°C w czasie 48 h.

Badania ogólnej liczby bakterii psychrofilnych, ogólnej liczby bakterii mezofilnych oraz *Salmonella* i *Shigella* zostały wykonane za pomocą metody płytek lanych. Analizy bakterii grupy coli oraz paciorkowców kałowych wykonane zostały metodą filtrów membranowych. W tym celu filtrowano po 100 cm³ badanej wody przez filtr membranowy (Sartorius) o średnicy porów 0,45 µm. Filtry umieszczano na przygotowanych uprzednio szalkach Petriego ze stosowną pożywką. Po okresie inkubacji dokonywano zliczania wyrosłych kolonii.

Wyniki i ich dyskusja

W wyniku przeprowadzonych badań zauważono, że najniższe średnie liczebności dla bakterii psychrofilnych stwierdzono w przypadku fontanny przy Barbakanie (911 jtk w 1 cm³), dla bakterii mezofilnych taką wartość odnotowano w wodzie z fontanny na pl. Szczepańskim (0 jtk w 1 cm³). Maksima dla obu ww. grup bakterii zostały stwierdzone w wodzie z fontanny przed Uniwersytetem Rolniczym (tab. 1).

Tabela 1
Minimalne, maksymalne i średnie liczebności badanych bakterii w wodach badanych fontann [jtk w 1 cm³]

Table 1
Minimum, maximum and mean number of tested bacteria in water of the tested fountains [cfu in 1 cm³]

Lokalizacja fontanny Fountains locations	Grupa bakterii / Bacteria's group	Minimum	Maksimum	Średnia
		Minimum	Maximum	Mean
		[jtk 1 cm ⁻³] / [cfu 1 cm ⁻³]		
Filharmonia Philharmonic	bakterie mezofilne/mesophilic bacteria	1,0 · 10 ²	1,5 · 10 ⁵	5,0 · 10 ⁴
	bakterie psychrofilne/psychrophilic bacteria	7,0 · 10 ¹	2,6 · 10 ⁵	8,8 · 10 ⁴
	bakterie grupy coli / coliforms	1,4 · 10 ³	4,6 · 10 ³	2,5 · 10 ³
	<i>Salmonella</i>	0	3 · 10 ⁰	1 · 10 ⁰
	enterokoki / enterococci	0	5,7 · 10 ²	2,6 · 10 ²

Lokalizacja fontanny Fountains locations	Grupa bakterii / Bacteria's group	Minimum	Maksimum	Średnia
		Minimum	Maximum	Mean
		[jtk 1 cm ⁻³] / [cfu 1 cm ⁻³]		
Barbakan Barbican	bakterie mezofilne/mesophilic bacteria	3,2 · 10 ²	2,0 · 10 ³	9,2 · 10 ²
	bakterie psychrofilne/psychrophilic bacteria	7,5 · 10 ¹	1,8 · 10 ³	9,1 · 10 ²
	bakterie grupy coli / coliforms	9,0 · 10 ²	4,7 · 10 ²	2,3 · 10 ³
	<i>Salmonella</i>	2,8 · 10 ¹	3,8 · 10 ¹	3,3 · 10 ¹
	enterokoki / enterococci	0	7,6 · 10 ²	3,9 · 10 ²
pl. Szczepański Szczepanski Square	bakterie mezofilne/mesophilic bacteria	0	0	0
	bakterie psychrofilne/psychrophilic bacteria	0	4,2 · 10 ³	2,4 · 10 ³
	bakterie grupy coli / coliforms	0	0	0
	<i>Salmonella</i>	0	0	0
	enterokoki / enterococci	0	0	0
pl. Marii Magdaleny Marii Magdaleny Square	bakterie mezofilne/mesophilic bacteria	0	2,1 · 10 ⁴	6,9 · 10 ³
	bakterie psychrofilne/psychrophilic bacteria	0	2,0 · 10 ⁴	6,6 · 10 ³
	bakterie grupy coli / coliforms	0	1,5 · 10 ⁴	5,1 · 10 ⁴
	<i>Salmonella</i>	0	7,5 · 10 ¹	3,9 · 10 ¹
	enterokoki / enterococci	0	2,9 · 10 ²	1,6 · 10 ²

Tabela 2

Minimalne, maksymalne i średnie liczebności bakterii wskaźnikowych w wodach badanych fontann

Table 2

Minimum, maximum and mean number of indicator bacteria in water the tested fountains

Lokalizacja fontanny Fountains locations	Grupa bakterii / Bacteria's group	Minimum	Maksimum	Średnia
		Minimum	Maximum	Mean
		[jtk 100 cm ⁻³] / [cfu in 100 cm ⁻³]		
Filharmonia Philharmonic	bakterie grupy coli / coliforms	1400	4600	2510
	bakterie grupy coli-typ kałowy / fecal coliforms	2	155	72
	<i>Salmonella</i>	0	3	1
	enterokoki / enterococci	0	575	258
Barbakan Barbican	bakterie grupy coli / coliforms	900	4715	2262
	bakterie grupy coli-typ kałowy / fecal coliforms	100	260	187
	<i>Salmonella</i>	28	38	33
	enterokoki / enterococci	0	760	387
pl. Szczepański Szczepanski Square	bakterie grupy coli / coliforms	0	0	0
	bakterie grupy coli-typ kałowy / fecal coliforms	0	0	0
	<i>Salmonella</i>	0	0	0
	enterokoki / enterococci	0	0	0
pl. Marii Magdaleny Marii Magdaleny Square	bakterie grupy coli / coliforms	0	14 625	5075
	bakterie grupy coli-typ kałowy / fecal coliforms	0	30	17
	<i>Salmonella</i>	0	75	39
	enterokoki / enterococci	0	290	163
park Krakowski Krakowski Park	bakterie grupy coli / coliforms	700	3895	2202
	bakterie grupy coli-typ kałowy / fecal coliforms	25	98	54
	<i>Salmonella</i>	4	75	38
	enterokoki / enterococci	94	915	436
Uniwersytet Rolniczy University of Agriculture	bakterie grupy coli / coliforms	300	3720	1770
	bakterie grupy coli-typ kałowy / fecal coliforms	54	250	128
	<i>Salmonella</i>	0	23	10
	enterokoki / enterococci	30	310	143

W przypadku badanych bakterii wskaźnikowych (bakterii grupy coli, bakterie grupy coli typu kałowego, bakterii z rodzaju *Salmonella* oraz enterokoków) (tab. 2) najczystsza wodę - z racji braku przedstawicieli wszystkich 4 badanych grup drobnoustrojów - stwierdzono w fontannie na pl. Szczepańskim. Maksymalne średnie ilości odnotowano: dla bakterii grupy coli oraz *Salmonella* w wodzie z fontanny na pl. Marii Magdaleny (5.075 jtk w 1 cm³); bakterii grupy coli-typu kałowego - z fontanny przy Barbakanie (187 jtk w 1 cm³); dla enterokoków - z fontanny w Parku Krakowskim (436 jtk w 1 cm³).

Uznaje się, że bakterie grupy coli typu kałowego zawierają głównie szczepy *Escherichia coli*. Stwierdzono, że największy ich udział w stosunku do bakterii grupy coli odnotowano w sezonie jesiennym w wodzie z fontanny przed budynkiem Uniwersytetu Rolniczego. Najniższy średni procentowy udział stwierdzono w sezonie letnim - 2,2% wobec 5,2% na wiosnę i 8,5% w jesieni (tab. 3).

Tabela 3

Procentowy udział bakterii grupy coli typu kałowego w liczebności bakterii z grupy coli

Table 3

Percentage of fecal coliforms in total number of coliform bacteria

Lokalizacja fontanny Fountains locations	Pora roku / Season		
	Wiosna / Spring	Lato / Summer	Jesień / Autumn
Filharmonia Philharmonic	0,1	2,4	4,3
Barbakan Barbican	22,2	2,8	11,1
pl. Szczepański Szczepanski Square	0,0	0,0	0,0
pl. Marii Magdaleny Marii Magdaleny Square	0,0	1,2	3,3
park Krakowski Krakowski Park	4,9	2,8	5,7
Uniwersytet Rolniczy University of Agriculture	4,2	4,0	26,7
Średnia ze wszystkich fontann Mean from all fountains	5,2	2,2	8,5

Zakładając, że badana woda z fontann miałaby służyć jako woda pitna zarówno dla mieszkańców, jak i turystów, powinna spełniać wymagania mikrobiologiczne zawarte w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [4]. Stwierdzono, że dla bakterii grupy coli, bakterii grupy coli typu kałowego oraz dla bakterii mezofilnych ilość przekroczeń wyniosła 14 na 18 wyników pomiarów (77,8%). Najmniejsza ilość przekroczeń dopuszczalnych wartości dotyczy bakterii psychrofilnych - 50% pomiarów (tab. 4).

Gdyby potraktować badane fontanny jako kąpieliska, to woda w nich znajdująca się musiałaby spełniać wymagania zawarte w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 16 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda w kąpieliskach [5]. Wymagania mikrobiologiczne przy takim wykorzystaniu wód są mniej rygorystyczne; w odniesieniu do wartości dopuszczalnych stwierdzono, że najczęstszym zanieczyszczeniem jest obecność bakterii z rodzaju *Salmonella* (11 przekroczeń, czyli

61,1% pomiarów). Na przeciwnym biegunie są bakterie grupy coli typu kałowego, które nie przekroczyły ani raz dopuszczalnej wartości (tab. 5).

Tabela 4

Ilość przekroczeń dopuszczalnych wartości skażenia przez poszczególne grupy drobnoustrojów przy założeniu, że badana woda z fontann jest traktowana jako woda pitna

Table 4

Number of results that exceeded limit values of contamination by examined groups of microorganisms, assuming that the test water of the fountains is treated as drinking water

Grupa bakterii / Bacteria's group	Ilość przekroczeń / Number	% przekroczeń / Percent
bakterie grupy coli / coliforms	14	77,8
bakterie grupy coli-typ kałowy / fecal coliforms	14	77,8
Enterokoki / enterococci	12	66,7
bakterie mezofilne / mesophilic bacteria	14	77,8
bakterie psychrofilne / psychrophilic bacteria	9	50,0

Tabela 5

Ilość przekroczeń dopuszczalnych wartości skażenia przez poszczególne grupy drobnoustrojów przy założeniu, że badana woda z fontann jest traktowana jako woda w kąpieliskach

Table 5

Number of results that exceeded limit values of contamination by examined groups of microorganisms, assuming that the test water of the fountains is treated as bathing water

Grupa bakterii / Bacteria's group	Ilość przekroczeń / Number	% przekroczeń / Percent
bakterie grupy coli / coliforms	1	5,6
bakterie grupy coli-typ kałowy / fecal coliforms	0	0,0
<i>Salmonella</i>	11	61,1
Enterokoki / enterococci	4	22,2

Tabela 6

Procentowy udział pomiarów, podczas których wykazano przekroczenia dopuszczalnych wartości dla badanych grup drobnoustrojów zgodnie z odpowiednimi rozporządzeniami

Table 6

Percentage of measurements that results exceeded limit values for examined groups of microorganisms in accordance with relevant regulations

Lokalizacja fontanny / Fountains locations	Woda pitna / Drinking water	Kąpieliska / Watering place
	[%]	
Filharmonia / Philharmonic	80	16,7
Barbakan / Barbican	86,7	41,7
pl. Szczepański / Szczepanski Square	13,3	0
pl. Marii Magdaleny / Marii Magdaleny Square	60	25
park Krakowski / Krakowski Park	93,3	33,3
Uniwersytet Rolniczy / University of Agriculture	93,3	16,7

Najczystsza woda z badanych fontann była w tej zlokalizowanej na pl. Szczepańskim - traktowana jako woda w kąpielisku spełniała wszystkie stosowne kryteria mikrobiologiczne przez cały sezon. Woda z tej samej fontanny traktowana jako woda pitna przekraczała stosowne wymagania tylko dla 13,3% pomiarów. Najbardziej zanieczyszczona była woda

(jako woda pitna) w fontannach w parku Krakowskim oraz przed Uniwersytetem Rolniczym (93,3% pomiarów). Z kolei jako kąpielisko wymagań najczęściej nie spełniała woda z fontanny na Plantach - przy Barbakanie (tab. 6).

Nie ma publikacji naukowych, do których można by odnieść uzyskane wyniki. Woda w fontannach nie jest regularnie badana pod względem mikrobiologicznym przez żadne służby, dlatego że woda ta nie służy do kąpeli ani tym bardziej jako woda do picia. Fontanny uznawane są za elementy architektury, które służą wyłącznie ozdobie. Przy wybranych fontannach znajdują się tabliczki „zakaz kąpeli”. Ludzie lekceważą te zakazy i w upalne dni z chęcią ochładzają się wodą z fontann. Należy mieć świadomość, że upalne dni sprzyjają namnażaniu się drobnoustrojów, problem ten kumuluje zamknięty obieg wody w fontannach, a jednocześnie woda spłukuje coraz większe ilości zanieczyszczeń. W czerwcu 2010 roku przy fontannie na pl. Szczepańskim krakowska straż miejska rozdawała ulotki ostrzegające, że w fontannach mogą znajdować się drobnoustroje chorobotwórcze, ponieważ fontanny nie są wyposażone w system odkażania wody, a jedynie dodawane są do nich substancje chemiczne, które mają zapobiegać powstawaniu glonów. Środki te mogą u osób o wrażliwej skórze powodować uczulenie. Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki w 2011 roku (zupełny brak bakterii mezofilnych i wskaźnikowych), należy wnioskować, że woda z ww. fontanny zaczęła być poddawana procesom dezynfekcji. Jest to działanie słuszne, bo w przypadku tej fontanny, z racji jej kształtu i umiejscowienia, często w okresie letnim „pluskały się” w niej dzieci.

Na szeroką skalę były prowadzone badania mikroorganizmów wskaźnikowych w wodzie morskiej z kąpielisk zlokalizowanych np. w Portugalii [6], USA [7]; wody pitnej [8, 9]; wody w basenach [10, 11]. Jak dotąd, nie wykonywano pomiarów mikrobiologicznych dotyczących wód w fontannach.

Wnioski

1. Najmniej zanieczyszczoną pod względem mikrobiologicznym wodę stwierdzono w fontannie na pl. Szczepańskim. Nie występowały w niej bakterie mezofilne oraz żadne z badanych organizmów wskaźnikowych.
2. Gdyby wodę z tej fontanny traktować jako wodę z kąpieliska, nie stwierdzono by przekroczenia dopuszczalnej wartości w odniesieniu do stosownych wytycznych. Przy traktowaniu wody z tej fontanny jako wody pitnej - przekroczenia dotyczyłyby 13,3% wykonanych pomiarów.
3. Najbardziej zanieczyszczona woda - traktowana jako woda pitna - została stwierdzona w fontannach w parku Krakowskim i przed Uniwersytetem Rolniczym - odnotowano w niej przekroczenia dopuszczalnych wartości w stosunku do 93,3% wykonanych pomiarów.
4. Jako woda w kąpieliskach najbardziej zanieczyszczona była woda z fontanny zlokalizowanej przy Barbakanie (dla 41,7% wykonanych pomiarów).

Literatura

- [1] Haber Z, Urbański P. Kształtowanie terenów zieleni z elementami ekologii. Poznań: Wyd AR im A. Cieszkowskiego w Poznaniu; 2005.
- [2] Zimny H. Ekologia miast. Warszawa: Agencja Rekl-Wyd A. Grzegorzcyk; 2005.
- [3] Libudzisz Z, Kowal K, Żakowska Z. Mikrobiologia techniczna. Łódź: Wyd Nauk PWN; 2008;1.

- [4] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [DzU 2007.61.417].
- [5] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 października 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinna odpowiadać woda w kąpieliskach [DzU 2002.183.1530].
- [6] Mansilha CR, Coelho CA, Heitor AM, Amado J, Martins JP, Gameiro PP. Mar Pollut Bull. 2009;58(10):1562-5. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2009.03.018.
- [7] Griffith JF, Kenneth C, Schiff KC, Lyon GS, Fuhrman JA. Mar Pollut Bull. 2010;60:500-508. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2009.11.015.
- [8] Schets FM, During M, Italiaander R, Heijnen L, Rutjes SA, van der Zwaluw WK, et al. Water Res. 2005;39:4485-4493.
- [9] Wang D, Fiessel WJ. Environ Sci. 2008;20:273-277.
- [10] Guida M, Galle F, Mattei ML, Anastasi D, Liguori G. Pub Health. 2009;123:448-451. DOI: 10.1016/j.puhe.2009.03.008.
- [11] Casanovas-Massana A, Blanch AR. Int J Hyg Environ Health. 2013;216(2):132-7. DOI: 10.1016/j.ijheh.2012.04.002.

MICROBIOLOGICAL QUALITY OF WATER FROM FOUNTAINS OF KRAKOW

Department of Microbiology, University of Agriculture in Krakow

Abstract: Public fountains of various architectural forms had already been known in ancient Persia. Their abundance greatly increased in the times of ancient Rome and Greece, where they decorated public gardens, parks and thermal baths. They currently still play an important role as a part of street furniture, but also provide the possibility of cooling down in their vicinity or even in the water from the fountain on hot summer days. The aim of this study was the assessment of microbiological quality of water from 6 fountains of Krakow and the creation of the purity ranking of the Krakow fountains. This assessment included the total number of psychrophilic and mesophilic bacteria, coliforms, fecal coliforms, *Escherichia coli* and fecal enterococci. The results were referred to the relevant standards. The results of the study demonstrated a significant pollution of water from the analyzed fountains. Water from five of the six fountains was unsuitable for bathing purposes and from all for drinking. Water from the fountain on the Szczepanski Square was the least contaminated, while the most polluted were the ones from the fountains in front of the University of Agriculture and from Krakowski Park.

Keywords: fountains, water, Krakow, microbiology, bacteria

