

Water monitoring in Lublin fountains

Monitoring wody w lubelskich fontannach



DOI: 10.15199/62.2025.1.7

Water collected in spring and autumn from 4 fountains located in Lublin was subjected to tests of phys. chem. properties, such as pH, conductivity, nitrate(III), nitrate(V) and ammonium ion content, as well as microbial. tests. One of the tested sites showed significant contamination with various forms of N relative to the other sites. No Salmonella bacteria were found in the samples tested.

Keywords: city fountains, physicochemical contamination, epidemiological threat

Woda z czterech fontann zlokalizowanych w Lublinie została poddana ocenie sanitarnej. Z każdej fontanny pobierano dwukrotnie próby wody do analiz. Właściwości fizykochemiczne wody, a zwłaszcza stężenie różnych form azotu w drugim obiekcie, wskazywały na istotne zanieczyszczenie w odniesieniu do innych obiektów. W badanych próbkach nie stwierdzono obecności bakterii z grupy *Salmonella*. Uzyskane wyniki wskazują na potrzebę regularnego monitorowania wody w fontannach, aby zmniejszyć ryzyko rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń.

Słowa kluczowe: fontanny miejskie, zanieczyszczenia fizykochemiczne, zagrożenie epidemiologiczne

Woda jest elementem wierzeń, mitów oraz religii, a dostęp do niej prowadził niejednokrotnie do wojny. Obecność jej w organizmie warunkuje przebieg wielu różnorodnych procesów, co umożliwia jego funkcjonowanie^{1,2}. Wielkość starożytnych cywilizacji oraz przetrwanie obecnych uwarunkowane jest jej występowaniem oraz sprawowaniem kontroli i zapewnianiem bezpieczeństwa jej źródłom. W I w. n.e. woda była doprowadzana do miast akweduktami. W celu jej oczyszczenia skonstruowano instalację, której zasadą działania było zatrzymywanie osadu. Oczyszczona woda następnie przez wieżę ciśnienia była rozprowadzana po mieście. Zaopatrywano w ten sposób łaźnie, zakłady produkcyjne, fontanny, a nawet bezpośrednio rezydencje bogatszych mieszkańców¹. Ludność w czasach renesansu odeszła od pobierania wody ze studni na rzecz czerpania wody pitnej wprost z fontann, które pełniły także funkcje estetyczne i rozrywkowe, a ich umiejscowienie i wykonanie wskazywało na rangę i prestiż jej posiadaczy. W XIX w.

fontanny w połączeniu z przestrzenią zieloną zaczęły być bardziej dostępne dla ogółu społeczeństwa, umożliwiając ludności miejskiej kontakt z naturą³. Wraz z postępowaniem cywilizacyjnym fontanny zyskiwały na innowacyjności przez wykorzystywanie elektroniki, światła oraz ciśnienia wyrzutu wody, a ich funkcjonowanie w naszym klimacie ogranicza się przeważnie do okresu maj – wrzesień⁴. Obecnie fontanny mają wartość nie tylko estetyczno-wizualną. Obserwuje się ich wykorzystywanie jako wodopoju dla zwierząt i ptaków, a nawet do zabawy, ochłody i kąpieli^{5,6}. Fontanny zaopatrzone w wodotryski zwiększają wilgotności powietrza, obniżają temperaturę i stężenie pyłów w powietrzu, łagodząc negatywne skutki globalnego ocieplenia³.

Fontanny to obiekty budowlane zlokalizowane wewnątrz lub na zewnątrz budynków. Obieg wody w fontannach zazwyczaj jest obiegiem zamkniętym (rotacja wody). Wymiana wody w takiej fontannie jest sporadyczna, a stosowane środki dezynfekcyjne zapobiegają jedynie



Mgr inż. Katarzyna KARPIŃSKA (ORCID: 0000-0001-6087-9457) w roku 2022 ukończyła studia na Wydziale Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Obecnie jest asystentem w Katedrze Higieny Zwierząt i Zagrożeń Środowiska tej samej uczelni. Specjalność – bezpieczeństwo i higiena pracy.



Mgr Wojciech OSPALEK (ORCID: 0009-0003-2232-3038) w roku 2023 ukończył studia magisterskie na Wydziale Biologii Środowiskowej oraz inżynierskie na Wydziale Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Jest doktorantem Szkoły Doktorskiej Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, pracę doktorską realizuje w Katedrze Higieny Zwierząt i Zagrożeń Środowiska tej samej uczelni. Specjalność – biologia sądowa.

*** Adres do korespondencji:**

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin, tel.: (81) 445-69-74, e-mail: wojciech.ospalek@up.lublin.pl

zakwitom glonów^{6, 7}). W fontannach często występują zanieczyszczenia mechaniczne, takie jak śmieci, resztki żywności, odchody zwierząt, które w obiegu zamkniętym sprzyjają utrzymaniu zanieczyszczonej wody i zmianom jej właściwości fizykochemicznych oraz namnażaniu drobnoustrojów⁵). Ryzyko rozprzestrzeniania się tych zanieczyszczeń jest mniejsze, gdy woda jest poddawana procesowi dezynfekcji. Substancje organiczne w wodzie tworzą zawiesinę, która stanowi pożywienie dla heterotroficznych bakterii i grzybów. Powstający bioaerazol wokół fontann, jak też zanieczyszczenia organiczne w wodzie, zwłaszcza przy braku higieny, mogą stanowić problemy zdrowotne, zwłaszcza u osób z obniżoną odpornością^{6, 8}).

W Polsce woda w fontannach jest objęta zakazem kąpielii oraz picia ze względu na ryzyko zdrowotne. Obowiązek oznakowania tych obiektów odpowiednimi ostrzeżeniami należy do posiadaczy obiektów. Ponadto brak jest unormowań prawnych dotyczących prowadzenia badań i wartości odniesienia dla identyfikowanych zanieczyszczeń w wodzie tych obiektów⁶). Celem pracy był monitoring wody w fontannach występujących na terenie miasta.

Część doświadczalna

Materiał

Badania monitorujące jakość wody w fontannach przeprowadzono w czterech obiektach oznaczonych jako 1–4, zlokalizowanych na terenie Lublina.

Table. Physicochemical properties of water in the tested fountains

Tabela. Właściwości fizykochemiczne wody w badanych fontannach

Fontanna	NH ⁴⁺ , mg/mL		Azotany(V), mg/mL		Azotany(III), mg/mL		Przewodność elektryczna, μS/cm		pH	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
1	0,81	0,01	2,18	0,10	55,00	1,63	8,15a	0,19	2,82a	0,06
2	2,46a	0,01	2,00	0,08	202,00a	1,63	1,46b	0,03	8,33b	0,16
3	0,21b	0,01	3,58a	0,17	28,00b	0,82	4,33	0,11	8,10	0,09
4	0,36	0,02	1,10b	0,08	47,00	1,63	3,68	0,12	7,65	0,16
M	0,96	0,92	2,21	0,92	83,00	71,69	4,40	2,49	6,72	2,34

M – średnia arytmetyczna; SD – odchylenie standardowe; średnie oznaczone różnymi literami a, b różnią się istotnie przy $p < 0,05$

Metodyka badań

Wodę do analiz pobierano dwukrotnie, tzn. w okresie wiosennym i jesiennym, zgodnie z wytycznymi dla obiektów wodociągowych^{9, 10}).

Próbki wody pobierano do uprzednio przygotowanych pojemników i przewożono do laboratorium do dalszych analiz. Badania fizykochemiczne przeprowadzono, korzystając z wieloparametrowego fotometru do analizy wody i ścieków (HI 83308-02, Hanna Instruments, Włochy). Fotometr jest zaawansowanym miernikiem o innowacyjnej konstrukcji optycznej z diodami LED, filtrami zakłóceń wąskopasmowych, soczewkami skupiającymi, fotodetektorem krzemu do pomiaru absorpcji i detektorem odniesienia. Jest zaprogramowany do analizy kluczowych parametrów jakości wody. W pobranych próbkach wody przeprowadzono analizy zawartości jonu amonowego, azotanów(V) i azotanów(III), przewodności elektrycznej oraz pH za pomocą pH-metru i temperatury za pomocą termometru.

Badania mikrobiologiczne prowadzono metodą filtracji membranowej, korzystając z odpowiednich jałowych podłoży¹¹). Po inkubacji zliczano wyrosłe kolonie automatycznym licznikiem i przeliczano wartości na jtk/mL wody zgodnie z obowiązującymi wytycznymi.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie i przedstawiono w tabeli i na rys. 1 i 2 jako koncentrację mikroorganizmów jtk (jednostka tworząca kolonię) w 100 mL. Natomiast właściwości fizykochemiczne próbek wody



Prof. dr hab. Bożena NOWAKOWICZ-DĘBEK (ORCID: 0000-0003-2510-1062) w roku 1995 ukończyła studia na Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie. Jest profesorem w Katedrze Higieny Zwierząt i Zagrożeń Środowiska tej uczelni. Specjalność – zoohigiena, ochrona środowiska.



Dr hab. Henryk KRUKOWSKI (ORCID: 0000-0002-7494-3154) w roku 1987 ukończył studia na Wydziale Weterynarii Akademii Rolniczej w Lublinie (obecnie Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie). Jest adiunktem w Katedrze Higieny i Zagrożeń Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Specjalność – higiena zwierząt.

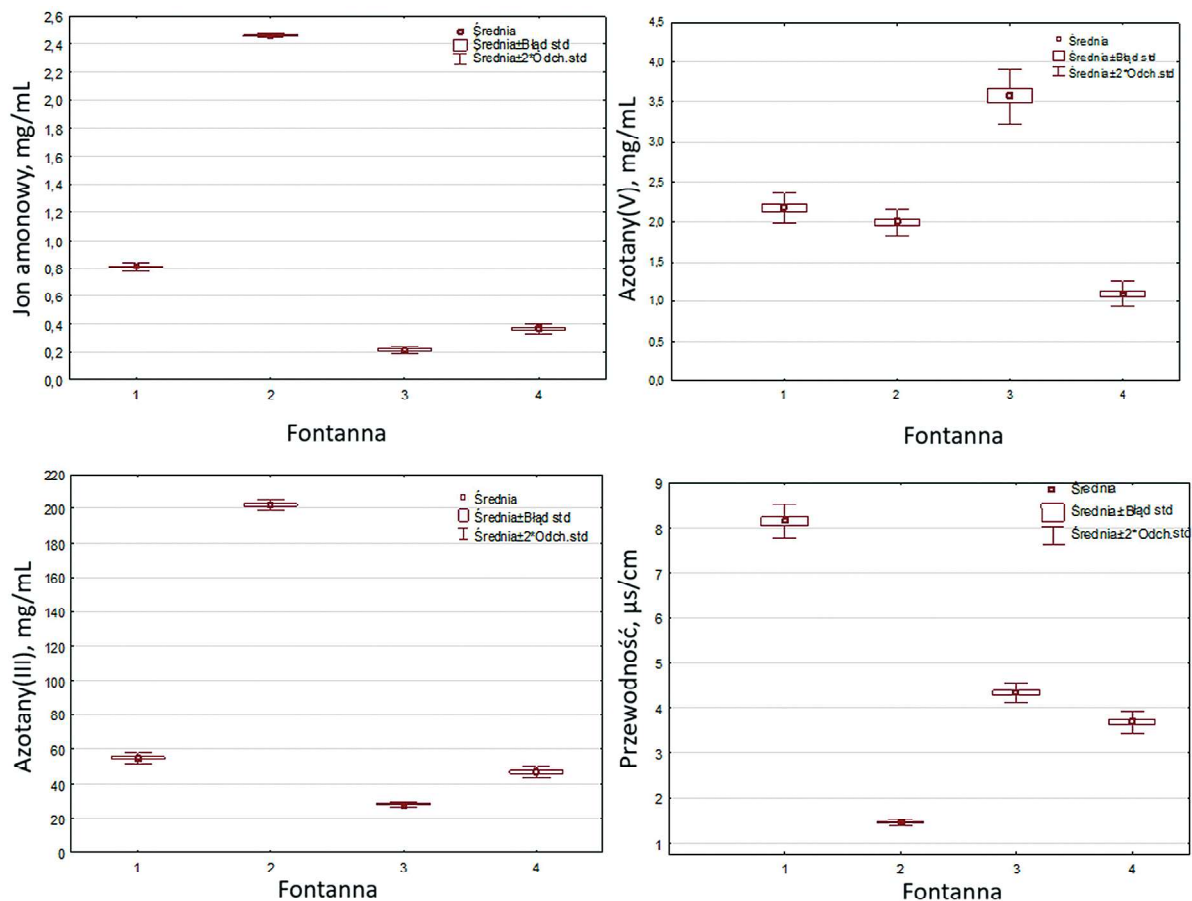


Fig. 1. Average level of physicochemical parameters in fountains

Rys. 1. Średni poziom parametrów fizykochemicznych wody w fontannach

opracowano za pomocą programu statystycznego Statistica v.13.3. Wyniki poddano analizie, porównując rozkłady zmiennej w poszczególnych fontannach. Przeprowadzono test nieparametryczny Kruskala i Wallisa, a następnie prowadzono wielokrotne porównanie średnich dla wszystkich analizowanych parametrów. Wyniki przedstawiono w postaci średniej (M), odchylenia standardowego (SD) i średnich różniących się istotnie przy $p < 0,05$.

Wyniki badań i ich omówienie

Badania parametrów fizykochemicznych wód powierzchniowych powinny obejmować monitoring pierwiastków biogennych, w szczególności azotu (wolny, amonowy, azo-

tanowy) oraz temperatury, odczynu wody, ogólnego węgla organicznego (OWO), zawartości tlenu i przewodności. W zależności od rodzaju wód powierzchniowych zalecana jest częstotliwość badań, a w przypadku fontann brak jest wytycznych. Wyniki analiz fizykochemicznych i mikrobiologicznych zamieszczono w tabeli oraz na rys. 1 i 2.

Koncentracja jonu amonowego (NH_4^+) w wodach powierzchniowych jest zazwyczaj mała, koreluje jednak ze stanem środowiska i porą roku. Dlatego jest uznawana za wskaźnik zanieczyszczenia wód ściekami, materią organiczną, w tym odchodami zwierząt i zanieczyszczenia mikrobiologicznego na skutek toczących się procesów rozkładu. W wodzie przeznaczonej do spożycia koncentracja NH_4^+



Mgr inż. Antonina KRAWCZYK (ORCID 0009-0002-1253-1215) w roku 2023 ukończyła studia na Wydziale Nauk o Żywności i Biotechnologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Obecnie jest asystentem w Katedrze Higieny Zwierząt i Zagrożeń Środowiska tej samej uczelni. Specjalność – biotechnologia.



Prof. dr hab. inż. Hanna BIS-WENCEL (ORCID: 0000-0003-1425-3378) w roku 1988 ukończyła studia w Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie. Jest profesorem zwyczajnym w Katedrze Higieny Zwierząt i Środowiska tej uczelni. Specjalność – higiena zwierząt.

** Adres do korespondencji:

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin, tel.: (81) 445-69-74, e-mail: hanna.bis@up.lublin.pl

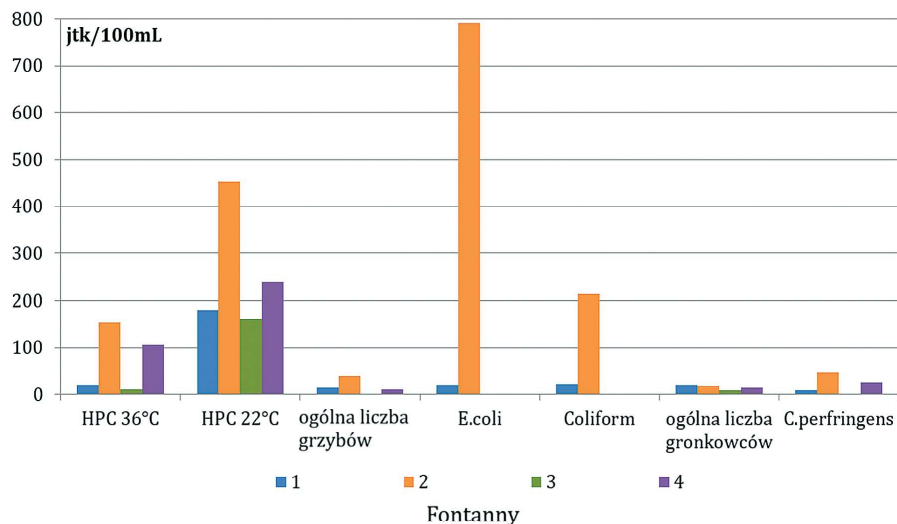


Fig. 2. Concentration of tested microorganisms in water samples, cfu/100 mL

Rys. 2. Koncentracja badanych mikroorganizmów w próbkach wody, jtk/100 mL

jest monitorowana i nie powinna przekraczać 0,5 mg/L. W badanych próbkach wody z fontann największe stężenie jonu amonowego odnotowano w obiekcie nr 2 (2,46 mg/mL). Obecność innych form azotu w postaci azotanów(V) i azotanów(III) zależna jest od pH wody i daje pełny obraz czasowego zanieczyszczenia. Bakterie autotroficzne obecne w wodzie uczestniczą w reakcji utleniania NH_4^+ do NO_2^- i NO_3^- . Nadmierne stężenie tych form azotu w wodzie może stanowić zagrożenie dla zdrowia, sprzyjać wzrostowi glonów, jak też negatywnie wpływać na procesy uzdatniania wody. W badanych próbkach wody z fontann największe stężenie azotanów(V) i azotanów(III) uzyskano w próbkach wody z fontanny nr 3, które wynosiło odpowiednio 3,60 mg/mL i 202,00 mg/mL. Odnotowano zależność istotną statystycznie ($p < 0,05$) koncentracji jonu amonowego i azotanów(III) w wodzie z fontann nr 2 i 3 oraz stężenia azotanów(V) w próbkach wody z obiektów nr 3 i 4.

Przewodność elektrolityczna to wskaźnik uniwersalny odnoszący się do stężenia rozpuszczonych soli, czyli zmineralizowania wody, a pośrednio to wskaźnik jej zanieczyszczenia¹². Dla wszystkich typów wód powierzchniowych wyznaczono wartość graniczną $\leq 150 \mu\text{S}/\text{cm}$ w temp. 20°C (II klasa, nie ustala się do klas I, III–V)¹³. Przewodność elektrolityczna jest skorelowana z typem podłoża oraz związkami



Dr hab. inż. Łukasz WLAZŁO, prof. UP (ORCID: 0000-0002-1086-182X), w roku 2008 ukończył studia w Uniwersytecie Przyrodniczym w Lublinie. Jest profesorem uczelni w Katedrze Higieny Zwierząt i Środowiska. Specjalność – zoohigiena, ochrona środowiska.

biogennymi¹²). Najwyższą przewodność elektryczną (przewodność elektrolityczną) wody w badanych obiektach uzyskano w próbkach z fontanny nr 1, która wynosiła 8,15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tabela), natomiast najniższą wartość w fontannie nr 2 (1,46 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Obecność materii organicznej w wodzie może niekorzystnie wpływać na konduktometryczne oznaczanie przewodnictwa wody, dlatego nie można jej traktować jako jedyne wskaźnika czystości wody.

Odczyn wody jest istotnym parametrem określającym jakość wody. Jego poziom wyznacza koncentracja jonów wodorowych. Niskie pH jest niekorzystne, gdyż woda o odczynie kwaśnym wpływa korozyjnie na instalacje. Wzrost stężenia jonów w roztworze prowadzi do zwiększenia przewodnictwa elektrycznego. Najwyższą

wartość pH wody w badaniach własnych uzyskano dla próbek z fontanny nr 2, która wynosiła 8,33, a najniższą w próbkach wody fontanny nr 1 (2,84). Wartość przewodności elektrolitycznej oraz odczynu wody była istotna statystycznie pomiędzy 1. i 2. badanym obiektem (tabela). Monitoring tego parametru umożliwia wychwytywanie trendów czasowych związanych z antropogenezą. W niektórych krajach jest uznawany za kryterium wspomagające ocenę stanu ekologicznego. Zmiana odczynu wody na kwaśny lub bardziej zasadowy wpływa na ilość organicznych związków oraz możliwość i szybkość zachodzenia procesów chemicznych, takich jak wytrącanie związków glinu, przemiany związków wanadu i przyspieszenie degradacji fenoli. Wartości pH wód powierzchniowych są zróżnicowane dla poszczególnych stanowisk środowiskowych i są zmienne, uzależnione dopływem opadów atmosferycznych, stycznością z materiałami otoczenia i dopływem ścieków. Wartości pH wód powierzchniowych wahają się w zakresie 4–9¹²).

Badania fizykochemiczne weryfikują podstawowe zanieczyszczenia wody. Uzyskanie kompleksowej oceny jakości wody wymaga przeprowadzenia podstawowych badań mikrobiologicznych. W analizowanych próbkach wody najwyższą koncentrację heterotroficznych bakterii (HPC) w 36°C uzyskano dla fontanny nr 2 (152,88 jtk/100 mL) oraz 4 (105,56 jtk/100 mL). Większą liczebność uzyskano dla HPC w 22°C. Wynosiła ona 455 jtk/100 mL w 2. punkcie pobrania i 238,42 jtk/100 mL w 4. punkcie pobrania próbek. Woda w fontannach oznaczonych numerami 1 i 2 charakteryzowała się najwyższą koncentracją ogólnej liczby grzybów (odpowiednio 38,22 jtk/100 mL i 14,56 jtk/100 mL). Liczebność bakterii *E. coli* była najwyższa w fontannie nr 2 (792,61 jtk/100 mL). W 4. fontannie nie zidentyfikowano bakterii *E. coli* oraz z grupy *coli*. Najwyższą liczebność bakterii z grupy *coli* odnotowano w fontannie nr 2 (213,86 jtk/100 mL). W badanych obiektach nie zidentyfikowano bakterii z grupy *Salmonella* (rys. 2).

Dla wód w fontannach brak jest wartości odniesienia dla wszystkich badanych parametrów. Analizując jednak uzyskane wyniki, można stwierdzić, że woda w fontannie nr 2 była najbardziej zanieczyszczona i wymaga podjęcia działań w celu poprawienia jej jakości, a tym samym bezpieczeństwa sanitarnego.

Podsumowanie

Wytyczne określające jakość wody występującej w fontannach nie podlegają żadnym normom prawnym, co prowadzi do zaniedbania monitoringu tych zbiorników wodnych⁴⁾. Szukając punktu odniesienia, uzyskane wyniki można porównać z wartościami w rozporządzeniu Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi⁴⁾, uwzględniającym przepisy dyrektywy¹⁵⁾. Według tych wymagań woda powinna być wolna od *E. coli*, bakterii z grupy *coli*. W odniesieniu do właściwości fizykochemicznych powinna wykazywać pH w granicach 6,5–9,5, dopuszczalną wartość przewodnictwa właściwego 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a stężenie jonów amonowych nie powinno przekraczać 0,50 mg/L, azotanów(III) 0,5 mg/L i azotanów(V) 50 mg/L¹⁶⁾. Fontanny, jak i inne ekosystemy wodne miast, z powodu postępującej antropopresji cechują się coraz gorszymi właściwościami fizykochemicznymi i mikrobiologicznymi, odbiegając od wytycznych^{16, 17)}. W celu zapewnienia bezpieczeństwa publicznego zasadne wydaje się stworzenie norm dotyczących czystości wody w fontannach^{5, 8)}. Sanepid w związku z brakiem regulacji prawnych nakazuje oznakowanie tych obiektów zakazem kąpielii oraz niezdatnością wody do picia⁴⁾. Zalecenia te są jednak często nieprzestrzegane, stąd konieczna jest dezynfekcja wody^{4, 5)}.

Brak szczególnego zainteresowania jakością wody w fontannach może być spowodowany zakwalifikowaniem ich jako części architektury miasta. Jednak znaczne zanieczyszczenie tej wody wymaga podjęcia odpowiednich działań technicznych, aby zmniejszyć ryzyko rozprzestrzeniania się chorób. W zapewnieniu odpowiedniej jakości wody może

pomóc regularne kontrolowanie poziomu zanieczyszczeń, stężenia środka dezynfekującego oraz regularne przeglądy i czyszczenie instalacji.

Otrzymano: 30-10-2024

Zrecenzowano: 08-11-2024

Zaakceptowano: 14-11-2024

Opublikowano: 24-01-2025

LITERATURA

- [1] M. Żukow-Karczewski, Woda – źródło życia. Rzecz o dostarczaniu wody do miast w Europie i Polsce w dawnych wiekach, <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.ID-c3c2f8cf-61d8-4e25-a8b8-bc4a43a15d5c>.
- [2] L. Kłos, *Barom. Reg.* 2016, **14**, nr 1, 111.
- [3] A. Kasprzyk, M. Duda, A. Bożek, *Mat. XXVII Międzynarodowej Konf. Studenckich Kół Naukowych, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*, 11–12 maja 2023 r., 134.
- [4] J. Sperzyńska, M. Michałkiewicz i in. *Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód*, Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Oddział Wielkopolski, Poznań 2016.
- [5] M. Małecka-Adamowicz, Ł. Kubera, *Woda Środ. Obszary Wiejskie* 2017, **17**, nr 2, 139.
- [6] Powiatowa Stacja Sanitarно-Epidemiologiczna w Gliwicach, Bezpieczne fontanny, <https://www.gov.pl/web/psse-gliwice/bezpieczne-fontanny>.
- [7] A. Rumińska, *Zawód Architekt* 2010, nr 6, 16.
- [8] W. Zieliński, *Praktyczne zastosowania badań mikrobiologicznych*, Monografia naukowa, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Olsztyn 2019.
- [9] PN-EN ISO 5667-1:2008, *Jakość wody. Pobieranie próbek. Cz. 1. Wytyczne opracowywania programów pobierania próbek i technik pobierania*.
- [10] PN-EN ISO 19458:2007, *Jakość wody pobieranie próbek do analiz mikrobiologicznych*.
- [11] PN-EN ISO 8199:2010, *Jakość wody oraz ogólne wytyczne oznaczania bakterii metodą hodowli*.
- [12] A. Kolada, A. Pasztaleniec, A. Bielczyńska, A. Ochocka, S. Kutyla, T. Zalewska, N. Drgas, W. Krzymiński, K. Szoszkiewicz, D. Gebler, P. Borowiec, P. Panek, *Wskaźniki fizykochemiczne w ocenie stanu ekologicznego wód powierzchniowych – weryfikacja standardów środowiskowych*, Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa 2018.
- [13] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 25 czerwca 2021 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych, a także środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych, *Dz.U.* 2021, poz. 1475.
- [14] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, *Dz.U.* 2017, poz. 2294.
- [15] Dyrektywa 98/83/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 3 listopada 1998r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, *Dz.U.* L 330.
- [16] <https://www.gov.pl>, dostęp 15 października 2024 r.
- [17] A. Biedunkiewicz, *Ochr. Środ. Zasob. Natur.* 2009, **41**, 163.