

Normalizacja metod pomiarowych w zakresie analiz wód. Potrzeby i ograniczenia



Rajmund Michalski
Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN, Zabrze

W roku 2019 w miesięczniku „Wiadomości PKN” ukazał się mój artykuł zatytułowany „Znaczenie metod znormalizowanych w badaniach wód i ścieków” [1]. Niniejsza praca stanowi kontynuację tego tematu ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb i ograniczeń związanych z normalizacją metodyk pomiarowych stosowanych w badaniach jakości wody. Oznaczanie nieorganicznych i organicznych substancji w wodach należy do najczęściej prowadzonych badań w laboratoriach kontrolno-pomiarowych. Wynika to przede wszystkim z przepisów środowiskowych, technologicznych i sanitarnych. Przykładowo w odniesieniu do wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi oznaczanych parametrów jest około 60, w tym: mikrobiologiczne, chemiczne i inne. Ze względu na decyzje administracyjne, technologiczne czy zdrowotne podejmowane na podstawie uzyskiwanych wyników analiz w badaniach

takich stosowane muszą być odpowiednio dokładne, precyzyjne, powtarzalne i miarodajne metody pomiarowe, najlepiej oparte na metodykach referencyjnych. Otrzymywanie rzetelnych wyników pomiarów wymaga stosowania określonych procedur postępowania w laboratorium [2, 3]. Te ostatnie muszą charakteryzować się odpowiednią do wymagań precyzją, dokładnością, granicami wykrywalności i oznaczalności oraz powtarzalnością i odtwarzalnością. W pracy opisano najważniejsze potrzeby i ograniczenia związane z normalizacją metod pomiarowych w zakresie analiz wód. Zwrócono także uwagę na nowe grupy substancji, które już wkrótce prawdopodobnie zostaną zamieszczone na listach substancji monitorowanych w wodach i dla których konieczne będzie opracowanie metodyk znormalizowanych.



foto. © Suprachai / Adobe Stock

Rola i znaczenie PKN w zakresie działań normalizacyjnych

Polski Komitet Normalizacyjny (PKN) został powołany do życia w roku 1924, a już w roku 1925 opublikowano pierwszą Polską Normę (PN), której stosowanie było dobrowolne. Obowiązek ten wprowadzono w roku 1949. W późniejszych latach organizacja przechodziła różne reformy i przeobrażenia, ale zawsze pełniła kluczową rolę w Polsce w zakresie normalizacji. PKN jako członek europejskich organizacji normalizacyjnych CEN, CENELEC oraz sygnatariusz porozumienia *Memorandum of Understanding* z ETSI jest zobowiązany do stosowania zasad przyjętych przez te organizacje. Ma to o tyle istotne znaczenie, że jednym z warunków, które Polska musiała spełnić, aby zostać członkiem UE, było uzyskanie członkostwa krajowej jednostki normalizacyjnej w europejskich organizacjach normalizacyjnych. Zgodnie z Konwencją

Berneńską Normy Międzynarodowe mają status autonomiczny i są przedmiotem ochrony praw autorskich Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej (ISO) i Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej (IEC).

Jaka jest w tym rola i znaczenie Polskiego Komitetu Normalizacyjnego? PKN, jako krajowa jednostka normalizacyjna, nie tworzy norm, ani też nie ingeruje w merytoryczną treść norm na żadnym etapie ich opracowania. Organizuje natomiast działalność normalizacyjną, w tym m.in. na wniosek zainteresowanych przeprowadza odpłatnie procedurę zmierzającą do uzgodnienia i zatwierdzenia Polskiej Normy lub Polskiego Dokumentu Normalizacyjnego, na podstawie dostarczonego przez zamawiającego gotowego projektu. Kluczowym elementem systemu normalizacji odpowiedzialnym za opracowywanie konkretnych norm są Komitety Techniczne, które pomimo że funkcjonują w ramach PKN, nie są jego organami. Wynika to z tego,

że krajowa jednostka normalizacyjna zapewnia możliwość tworzenia norm zainteresowanym, natomiast sama ich nie tworzy. Obecnie w ramach PKN działa 267 KT. Spośród nich cztery zajmują się bezpośrednio zagadnieniami związanymi z jakością wody. Jednym z nich, którego członkiem jestem od roku 1997, a mam zaszczyt mu przewodniczyć już 10 rok, jest PKN/KT 121 ds. Jakości Wody - Badania Chemiczne - Substancje Nieorganiczne. W ramach jego działalności zajmujemy się przede wszystkim metodami oznaczania substancji nieorganicznych w wodzie (wodzie do spożycia, wodzie powierzchniowej, wodzie podziemnej i wodzie deszczowej) oraz ściekach przemysłowych i komunalnych, jak i w osadach (w tym w osadach ściekowych). PKN/KT 119 ds. Jakości Wody - Problemy Podstawowe zajmuje się terminologią stosowaną w ocenie jakości wód, problematyką pobierania próbek, metodami badania opadów atmosferycznych oraz oznaczania ogólnych wskaźników jakości wody. Dwa pozostałe to PKN/KT 120 ds. Jakości Wody - Badania Mikrobiologiczne i Biologiczne oraz PKN/KT 122 ds. Jakości Wody - Badania Chemiczne - Substancje Organiczne.

Od wielu lat współpracuję z PKN jako członek dwóch KT, tj. PKN/KT 121 oraz PKN/KT 280 ds. Jakości Powietrza. W tym czasie wiele się zmieniło. W latach 90. ubiegłego już wieku nasze spotkania miały miejsce w siedzibie PKN w Warszawie kilka razy w roku. Praca w dużym stopniu polegała na tłumaczeniu norm, które były zdecydowanie krótsze niż obecne, co niestety potwierdza gwałtowny rozwój nie tyle normalizacji, ile biurokracji. Obecnie nasza działalność odbywa się praktycznie wyłącznie drogą korespondencyjną (elektroniczną). O tym czy są nam potrzebne normy chyba nie trzeba już nikogo przekonywać, ale gdyby byli wątpiacy, polecam swoje dwa opracowania na ten temat, wprowadzone sprzed 14 lat, ale nic nie straciły na aktualności [4, 5]. Wiele starych norm jest wciąż stosowanych w laboratoriach, ponieważ są one odpowiednio dobre lub nie ma dla nich alternatyw. PKN/KT 121 dokonuje przeglądu norm i wskazuje, które z nich powinny być wycofane z katalogu norm, a które wciąż mimo tego że mają już sporo lat, są aktualne. Przykładem jest kilka norm z roku 1994 i 1999, które wciąż są powszechnie stosowane w laboratoriach monitorujących jakość wód. Są to m.in. normy: [PN-ISO 9297:1994 Jakość wody – Oznaczanie chlorków – Metoda miareczkowania azotanem srebra w obecności chromianu jako wskaźnika \(Metoda Mohra\)](#) czy



PN-ISO 6058:1999 Jakość wody – Oznaczanie zawartości wapnia – Metoda miareczkowa z EDTA.

Przepisy prawne w zakresie analiz wód

Podstawowym aktem prawnym dotyczącym jakości wody w Unii Europejskiej jest Dyrektywa 98/83/WE z dnia 3 listopada 1998 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (z późn. zm.), czyli tzw. dyrektywa wodna. Została ona sformułowana zgodnie z zaleceniami Światowej Organizacji Zdrowia (WHO). W pierwszym wydaniu wytyczne te skupiały się przede wszystkim na opisie mikroorganizmów i substancji chemicznych mogących występować w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi, w kontekście ich potencjalnych zagrożeń zdrowotnych. W następnych wydaniach coraz więcej miejsca zajmował opis działań niezbędnych do zapewnienia bezpieczeństwa wody, opartych na zarządzaniu ryzykiem. Wieloletnie doświadczenia wykazały bowiem, że jedynie identyfikacja i minimalizowanie potencjalnych zagrożeń na wszystkich etapach od ujęcia wody do punktu czerpalnego zapewniają zmniejszenie ryzyka związanego z zanieczyszczeniem wody. Znaczenie bezpieczeństwa zdrowotnego wody zostało uregulowane w krajach Unii Europejskiej i opisane w odpowiednich dyrektywach [7-9].

W zakresie parametrów fizyczno-chemicznych wybór metod pozostawiono wykonawcom analiz, a istniejące Normy Międzynarodowe i Europejskie traktuje się jako rekomendacje, którym można nadać status dokumentów obowiązujących w kontroli jakości wody. W przypadku badań mikrobiologicznych zalecono stosowanie procedur opisanych w odpowiednich Normach Międzynarodowych ISO lub w Normach Europejskich EN, stanowiących w przeważającym stopniu wdrożenia norm ISO. Zapisy prawne mające wpływ na bezpieczeństwo dostaw wody znajdują się w różnorodnych aktach prawnych. Należą do nich przede wszystkim:

- 1) Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (t.j. Dz. U. 2015 poz. 469 z późn. zm.);
- 2) Ustawa z dnia 7 czerwca 2001 r. o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków (t.j. Dz. U. 2015 poz. 139, 1893);
- 3) Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.

W minionych dwudziestu latach ukazało się w Polsce kilka rozporządzeń w sprawie jakości wód. Obecnie obowiązującym jest Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. 2017 poz. 2294). Odniesienia do metodyk referencyjnych pojawiły się w kilku z nich. W rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia, określono częstotliwość pobierania próbek wody, metodyki referencyjne analiz i sposób oceny wyników. Analizę próbek wody przeprowadza się, stosując metodyki referencyjne, które uwzględniają:

- 1) Granice wykrywalności, rozumiane jako stężenie analitu, które powoduje wystąpienie sygnału większego od sygnału ślepej próby o trzykrotność odchylenia standardowego wyznaczonego dla średniej wartości ślepej próby uzyskanej dla 10 pomiarów.
- 2) Precyzję rozumianą jako stopień zgodności wyników wielokrotnych analiz tej samej próbki w określonych warunkach. Miarą precyzji jest odchylenie standardowe (SD) lub względne odchylenie standardowe (RSD).
- 3) Dokładność, czyli stopień zgodności między średnim wynikiem uzyskanym w szeregu powtórzeń, a wartością prawdziwą mierzonej wartości.

Dopuszcza się stosowanie metodyk analitycznych innych niż metodyki referencyjne, ale pod warunkiem, że uzyskane zostaną dokładniejsze wyniki analizy. Jako metody referencyjne poleca się przede wszystkim metody instrumentalne, a w kilku przypadkach także metody manualne [10]. Rozwój metod pomiarowych zmierza w kierunku ich coraz większej automatyzacji, upraszczania obsługi, miniaturyzacji stosowanych przyrządów pomiarowych oraz sterowania przyrządami za pomocą wbudowanych mikroprocesorów. Związane jest to przede wszystkim z coraz większą liczbą wykonywanych analiz oraz ich zakresem jakościowym.

Co i dlaczego oznaczamy w wodach

Istnieją wytyczne w zakresie dopuszczalnych zawartości różnych substancji w wodach opracowane i rekomendowane m.in. przez: Światową Organizację Zdrowia (WHO), Unię Europejską (EU), Północnoamerykańską Agencję Ochrony Środowiska (US EPA), jak i rozporządzenia krajowe. Jakość wód przeznaczonych do spożycia przez ludzi podlega rygorystycznym przepisom sanitarnym i technologicznym. Zakres tych badań jak i koszty są bardzo duże, ale ponieważ chodzi o nasze zdrowie i bezpieczeństwo są to działania konieczne z punktu widzenia zdrowia konsumentów wody. Mimo tego, wielu z nas narzeka na smak, zapach czy wygląd wody z kranu.

Bezpieczna woda przeznaczona do spożycia przez ludzi oznacza nie tylko brak szkodliwych mikroorganizmów i substancji, lecz także obecność pewnych ilości naturalnych minerałów i niezbędnych pierwiastków. Jaka woda jest dla nas bezpieczna? W rozporządzeniu Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi definiuje się to tak: „Woda jest bezpieczna dla zdrowia ludzkiego, jeżeli jest wolna od mikroorganizmów chorobotwórczych i pasożytów w liczbie stanowiącej potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzkiego, wszelkich substancji w stężeniach stanowiących potencjalne zagrożenie dla zdrowia ludzkiego oraz nie ma agresywnych właściwości korozyjnych i spełnia: podstawowe wymagania mikrobiologiczne określone w załączniku nr 1 do rozporządzenia oraz podstawowe wymagania chemiczne określone w załączniku nr 2 do rozporządzenia”.

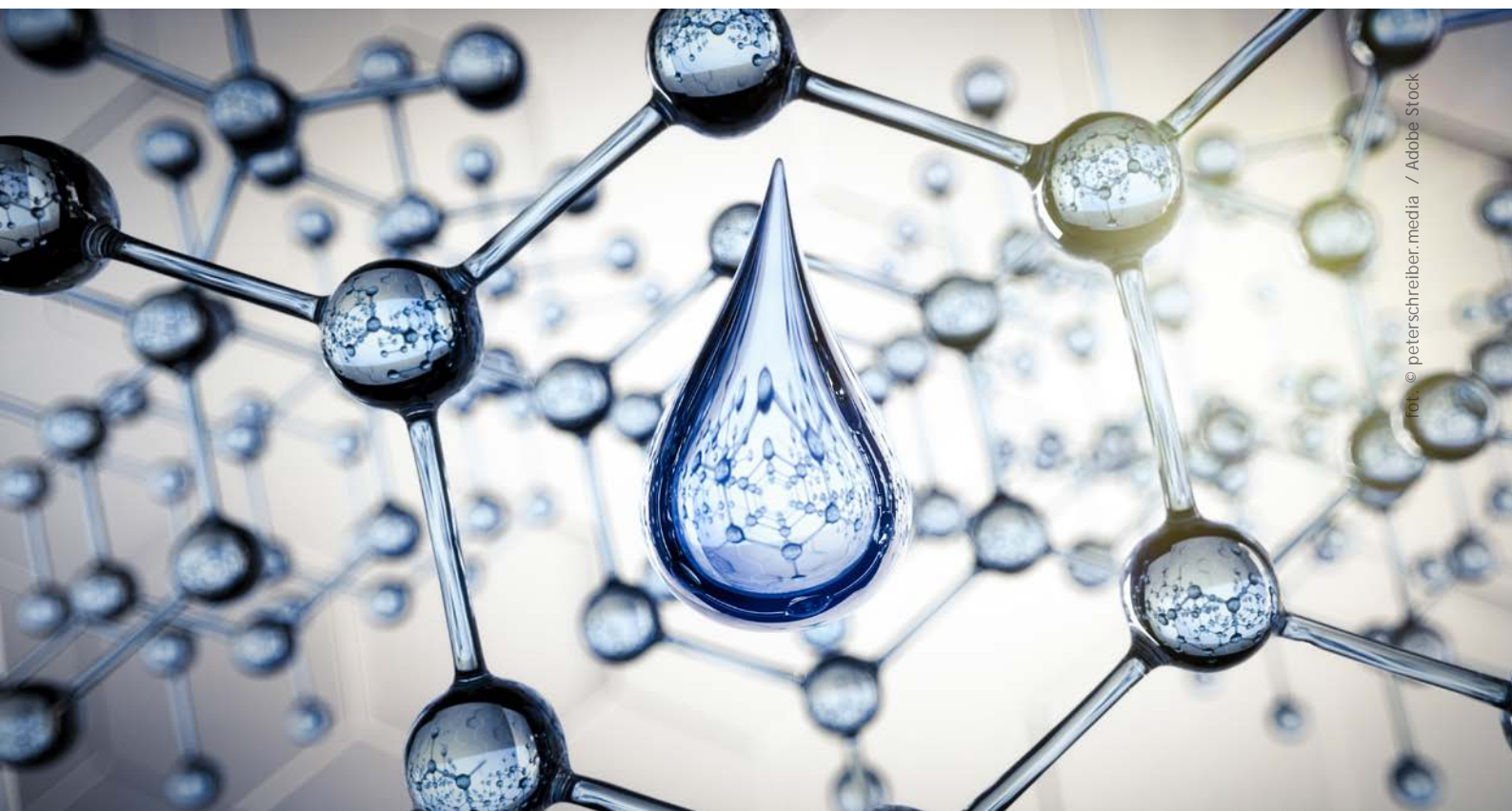
W mediach toczy się sponsorowana dyskusja na temat tego czy pić wody butelkowane, czy wodę z kranu? Padają mniej lub bardziej merytoryczne argumenty, a kwestia ta pozostaje wciąż nierozstrzygnięta. Zastanówmy się raczej nad tym, co należy zrobić, aby woda, którą spożywamy była dla nas zarówno bezpieczna, jak i zdrowa. Jako osoba po przeszczepie nerki, wielokrotnie na różnych łamach pisałem o potrzebie picia wody (każdej), ponieważ wielu z nas zaniedbuje to, powodując, że nasze nerki przestają dobrze pracować, a różne alternatywne napoje to nie to samo co czysta woda... [11, 12].

Wracając do problematyki zakresu badań wody i norm do nich stosowanych. Z jednej strony taki monitoring jest konieczny, aby zapewnić odpowiednią jakość wody, ale z drugiej strony zakres prowadzonych analiz nie uwzględnia wszystkich znanych i niebezpiecznych substancji chemicznych. Media straszą

nas nowymi substancjami wykrytymi w wodach, które mogą nam szkodzić. Nie zawsze są to informacje rzetelne i uzasadnione czy podparte naukowymi dowodami. Ograniczenie zakresu badań nie wynika z braku możliwości analitycznych, ale kosztów. Obecnie możemy oznaczać niemalże wszystko wszędzie, ale w zasadzie dlaczego mamy to robić? Chodzi oczywiście o koszty takich działań i konieczność ich ograniczenia do zdroworozsądkowego minimum. Powinno się zachować równowagę w celu zapobieżenia ryzyku zarówno mikrobiologicznemu, jak i chemicznemu. Dlatego przegląd wartości parametrycznych mających zastosowania do wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi powinien zostać oparty na rozważaniach dotyczących ochrony zdrowia publicznego oraz na ocenie ryzyka.

W każdej wodzie znajdują się różnego rodzaju substancje pochodzenia zarówno naturalnego, jak i antropogenicznego. To drugie wynika zazwyczaj z jej zanieczyszczenia w wyniku działalności: rolniczej (np. związki azotu z nawozów, pestycydy stosowane jako środki ochrony roślin, mikroorganizmy z nawozów naturalnych); przemysłowej (węglowodory, sole metali ciężkich, kwasy, zasady, wybrane związki organiczne) oraz komunalnej (niewłaściwie oczyszczone ścieki zawierające mikroorganizmy kałowe, związki chemiczne wchodzące w skład stosowanych w gospodarstwach domowych środków czyszczących i piorących oraz pozostałości powszechnie używanych farmaceutyków jak środki przeciwbólowe, antybiotyki, hormony). Istotna jest też dezynfekcja wody surowej, która może prowadzić do wtórnego zanieczyszczenia wody np. toksycznymi substancjami typu bromiany(V) czy chlorany [13].

Czy wypijając wodę, w której jakiś wskaźnik występuje powyżej dopuszczalnych wartości, powinniśmy natychmiast obawiać się o swoje życie? Nie, ponieważ wartość ta odnosi się do hipotetycznej jednej osoby na milion, która przy odpowiedniej wadze i długości życia może w tego właśnie powodu zachorować, pijąc taką wodę. Podstawowym kryterium, jakie bierze się pod uwagę przy ustalaniu wartości dopuszczalnych zawartości różnych substancji w wodach przeznaczonych do spożycia są właściwości fizyko-chemiczne i toksykologiczne. Eksperti Światowej Organizacji Zdrowia przyjęli umownie za dopuszczalny przedział ryzyka zachorowań na nowotwory przy normowaniu zawartości substancji w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi jako jeden przypadek nowotworu na 100 000 mieszkańców. Wartości parametryczne



fot. © peterschreiber.media / Adobe Stock

opierają się na dostępnej wiedzy naukowej oraz zasadzie ostrożności i są wybrane w celu zapewnienia, że woda przeznaczona do spożycia przez ludzi może być bezpiecznie spożywana przez całe życie, zapewniając w ten sposób wysoki poziom ochrony zdrowia. Należy zachować równowagę, aby zapobiec zarówno zagrożeniom mikrobiologicznym, jak i chemicznym i w tym celu, w świetle przyszłego przeglądu wartości parametrycznych, ustalenie wartości parametrycznych mających zastosowanie do wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi powinno opierać się na względach zdrowotnych i metodzie oceny ryzyka. Parametry wskaźników nie mają bezpośredniego wpływu na zdrowie publiczne. Są one jednak ważne jako sposób określania sposobu funkcjonowania urządzeń do produkcji i dystrybucji wody oraz oceny jakości wody. Mogą pomóc zidentyfikować braki w uzdatnianiu wody, a także odgrywają ważną rolę w zwiększaniu i utrzymywaniu zaufania konsumentów do jakości wody.

Rozwój cywilizacyjny i technologiczny napędza konsumpcyjny tryb życia, a to ma negatywny wpływ na stan środowiska. Liczba i ilość substancji obecnych w środowisku stale się zmienia. Wiele wytwarzanych przez ludzi substancji trafia do powietrza, gleb oraz do wód i ścieków, w ten sposób stanowiąc bezpo-

średnie niebezpieczeństwo dla organizmów żywych. Biorąc pod uwagę te dane i śledząc trendy w światowej analityce chemicznej na początku XXI wieku, należy zauważyć, że pojawiają się nowe grupy związków chemicznych lub substancje, które cieszą się coraz większym zainteresowaniem badaczy. W minionych latach ukazało się wiele prac, których przedmiotem analiz były m.in. nierutynowe substancje i grupy związków, takie jak m.in.: benzotriazole (substancje stosowane jako czynniki kompleksujące i antykorozyjne w chłodziwach silnikowych oraz jako ciecze niezamarzające); kwasy naftenowe (substancje silnie toksyczne, których obecność w środowisku związana jest przede wszystkim z wydobyciem ropy naftowej); 1,4-dioksan (stosowany powszechnie jako rozpuszczalnik); nanomateriały, obecnie stanowią najbardziej modne substancje powszechnie stosowane w różnego rodzaju produktach (np. kosmetyki, kremy do opalania, elektronika); kwasy perfluoroktanowe oraz perfluorooktanosiarczany (w dodatkach do farb, smarów, opakowaniach spożywczych oraz jako popularny teflon); farmaceutyki i hormony (niebezpieczne są nie tylko substancje z tej grupy, ale przede wszystkim ciągle niewiele wiemy o produktach ich przemian); uboczne organiczne i nieorganiczne produkty dezyn-

fekcji wód i ścieków (m.in. kwasy halogenooctowe, MX, bromiany(V), tlenowe związki jodu); bromowane opóźniacze zapłonu (uniepalniacze znajdujące się m.in. w obudowach komputerów, tekstyliach oraz tapicerce samochodowej) czy chlorany(VII) i tworzywa sztuczne (szczególnie mikroplastiki) [14]. Wszystkie one mogą występować w środowisku, a co szczególnie ważne dla nas, także w różnego rodzaju wodach, w tym w wodach przeznaczonych do spożycia przez ludzi.

W najbliższych latach możemy spodziewać się obniżenia maksymalnych dopuszczalnych stężeń sumy trihalometanów (chloroform, bromoform, bromodichlorometan, dibromochlorometan) z 150 $\mu\text{g/L}$ na 80 $\mu\text{g/L}$; sumy kwasów halogenooctowych (monochloro-, dichloro-, trichloro-, monobromo-, dibromooctowy) z 200 $\mu\text{g/L}$ na 60 $\mu\text{g/L}$; arsenu z 50 $\mu\text{g/L}$ na 10 $\mu\text{g/L}$; bromianów(V) z 25 $\mu\text{g/L}$ na 10 $\mu\text{g/L}$; chloranów(III) - 1000 $\mu\text{g/L}$ (dotychczas była to suma chloranów(III) i chloranów(V) wynosząca 700 $\mu\text{g/L}$).

Niedawno ukazała się propozycja Parlamentu Europejskiego, w której opisano najważniejsze sugerowane zmiany w zakresie badania jakości wód przeznaczonych do spożycia przez ludzi [15]. Regionalne Biuro Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) w Europie przeprowadziło szczegółowy przegląd parametrów i wartości parametrycznych określonych w dyrektywie 98/83/WE w celu ustalenia, czy istnieje potrzeba zmian w tym zakresie i dostosowania ich do nowej wiedzy toksykologicznej. Zgodnie z tym przeglądem należy kontrolować patogeny jelitowe i bakterie *Legionella* oraz dodać sześć parametrów chemicznych lub grup parametrów. Ponadto WHO zaleciła, aby trzy związki zaburzające funkcjonowanie układu hormonalnego takie jak: bisfenol A, nonylofenol oraz beta-estradiol można uznać za substancje odniesienia do oceny ich występowania i sugeruje wprowadzenie limitów ich zawartości w wodach do odpowiednio: 1 $\mu\text{g/l}$; 0,3 $\mu\text{g/l}$ oraz 1 ng/l .

Do tego dodano dwa najbardziej popularne związki perfluorowane, PFOS i PFOA. W przypadku ołowiu WHO zaleciła zachowanie aktualnej wartości parametrycznej, ale dodano, że stężenia powinny być tak niskie, jak to możliwe. Dlatego obecną wartość 10 $\mu\text{g/l}$ można utrzymać przez 15 lat po wejściu w życie omawianej dyrektywy. Najpóźniej po tym okresie przejściowym wartość parametryczna powinna być obniżona do 5 $\mu\text{g/l}$. Wynika to z tego, że wciąż istnieją instalacje doprowadzające wodę do konsumentów wykonane z rur ołowionych. W przypadku wszystkich nowych



fot. © bluedesign / Adobe Stock

materiałów mających kontakt z wodą pitną, niezależnie od tego, czy mają być one stosowane w systemach zaopatrzenia, czy w domowych instalacjach dystrybucyjnych, które mają uzyskać zezwolenie zgodnie z niniejszą dyrektywą, wartość 5 $\mu\text{g/l}$ dla ołowiu powinna obowiązywać dla wód z kranu.

Podsumowanie

Odpowiadając na kwestie zawarte w tytule niniejszej pracy, rola normalizacji w naszym życiu jest nie do przecenienia. Zmienia ona nasze życie i świat, w którym żyjemy. W przypadku głównego produktu spożywczego, jakim jest woda przeznaczona do picia prowadzone są badania i działania związane z normalizacją metod pomiarowych, których głównym celem jest zapewnienie bezpieczeństwa wody i jej odpowiedniej jakości. Jakie są potrzeby i ograniczenia w tym zakresie? Potrzeby to na pewno rozszerzenie zakresu analizowanych substancji i parametrów, co związane jest z rozwojem technologicznym i nową wiedzą toksykologiczną. Przykłady już wprowadzonych nowych substancji na listy monitoringowe to m.in. bromiany(V) czy farmaceutyki oraz hormony. Ograniczenia to przede wszystkim koszty takich działań, które, w przeciwieństwie do jakby się nie wydawało nieograniczonych możliwości



analitycznych, muszą być brane pod uwagę i zawsze ekonomicznie uzasadnione. I ta równowaga pomiędzy możliwościami analitycznymi i nową wiedzą toksykologiczną a ekonomiką takich działań będzie kluczowa w najbliższych latach.

Literatura

- [1] Michalski R., *Znaczenie metod znormalizowanych w badaniach wód i ścieków*, Wiadomości PKN. Normalizacja, 8, (2019), 6-11.
- [2] Michalski R., Mytych J., *Przewodnik po akredytacji laboratoriów badawczych wg normy PN-EN/ISO/IEC 17025*, Elamed, 2011, ISBN 978-83-61190-24-0, str.1-207.
- [3] PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
- [4] Michalski R., *Czy są potrzebne nam normy? Część I - Przegląd norm dotyczących oznaczania wybranych zanieczyszczeń w wodach i ściekach*, Laboratorium, wyd. specjalne, 2006, 19-24.
- [5] Michalski R., *Czy są potrzebne nam normy? Część II - Przegląd norm dotyczących oznaczania wybranych zanieczyszczeń w powietrzu*, Laboratorium, 5, 2006, 19-24.
- [6] Michalski R., *Bezpieczeństwo wodne w kontekście jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi*, Laboratorium Przegląd Ogólnopolski, 2, (2019), 31-37.
- [7] Council Directive of 3 November 1998 o the quality of water intended for human consumption. Official Journal of the European Communities (L261/16), 1998, 5.12.98).
- [8] Dyrektywa Komisji (UE) 2015/1787 z dnia 6 października 2015 r. zmieniająca załączniki II oraz III do dyrektywy Rady 98/83/WE w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi.
- [9] Dyrektywa Rady 2013/51/EURATOM z dnia 22 października 2013 r. określająca wymogi dotyczące ochrony zdrowia ludności w odniesieniu do substancji promieniotwórczych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi.
- [10] Michalski R., *Metodyki referencyjne w badaniach wód i ścieków*, Laboratorium Przegląd Ogólnopolski, 11-12, (2016), 21-27.
- [11] [https://glosseniora.pl/2018/12/17/o-potrzebie-picia-wody/\[2\]](https://glosseniora.pl/2018/12/17/o-potrzebie-picia-wody/[2]).
- [12] <https://www.nephrocare.pl/dla-pacjentow-stro-na-glowna/korzystaj-z-zycia/glos-pacjentow/pacjenci-dializowani-w-domu/dializy-domowe/temat-dializa-oczami-naukowca.html>.
- [13] Michalski R., *Nieorganiczne utlenione halogenopochodne uboczne produkty dezynfekcji w wodach do picia - powstawanie, oznaczanie, regulacje prawne*, Ekologia i Technika, 2/68, (2004), 40-49.
- [14] Michalski R., *Tworzywa sztuczne. Problemy realne i medialne*, Źródło, 2/58, (2019), 26-31.
- [15] <https://www.consilium.europa.eu/media/42445/st05813-en20.pdf>.