



technologia wody

SYSTEMY ZAOPATRZENIA W WODĘ

ODPROWADZANIE I OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW

BEZPIECZEŃSTWO

GOSPODARKA WODNA



WYDAWNICTWO



**Ocena wybranych koagulantów pod kątem skuteczności
usuwania związków endokrynnie czynnych**

Szczegóły na stronie 50

technologia wody

SYSTEMY ZAOPATRZENIA W WODĘ
ODPROWADZANIE I OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW
BEZPIECZEŃSTWO
GOSPODARKA WODNA

ISSN 2719-3551

kwartalnik

Rok założenia 2009

Czasopismo redaguje i wydaje Wydawnictwo 2K TECHNOLOGIE s.c.

Adres redakcji:

ul. Średzka 58, 62-025 Kostrzyn

Czasopismo jest indeksowane w:

Baztech (baztech.icm.edu.pl)

POL-index (pbn.nauka.gov.pl/polindex)

Index Copernicus (journals.indexcopernicus.com)

Za publikację artykułów w czasopiśmie „Technologia Wody” (od 2009 r.)

Autorzy otrzymują 5 punktów – zgodnie z listą czasopism naukowych

Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 23 grudnia 2015 r.

Redakcja

Izabela Kruszelnicka – redakcja, +48 608 021 656

Dobrochna Ginter-Kramarczyk – redakcja, +48 698 978 848

Rada programowa

- prof. dr hab. inż. **Ryszard Błażejowski**, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
- prof. dr hab. inż. **Krzysztof Chmielowski**, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
- prof. dr hab. inż. **Wojciech Dąbrowski**, Politechnika Krakowska
- prof. dr hab. inż. **Piotr Koszelnik**, Politechnika Rzeszowska
- prof. dr hab. inż. **Marian Kwietniewski**, Politechnika Warszawska
- prof. dr hab. inż. **Paweł Licznar**, Politechnika Warszawska
- prof. dr hab. inż. **Rafał Miłaszewski**, Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie
- prof. dr hab. inż. **Elżbieta Niemirycz**, Uniwersytet Gdański
- prof. dr hab. inż. **Marek M. Sozański**, Politechnika Poznańska
- prof. dr hab. inż. **Barbara Tchórzewska-Cieślak**, Politechnika Rzeszowska
- prof. dr hab. inż. **Izabela Zimoch**, Politechnika Śląska w Gliwicach
- dr hab. inż. **Zbysław Dymaczewski**, prof. PP, Politechnika Poznańska
- dr hab. inż. **Anna Głowacka**, prof. ZUT, Zachodniopomorski Uniwersytet Techniczny w Szczecinie
- dr hab. inż. **Joanna Jeż-Walkowiak**, prof. PP, Politechnika Poznańska
- dr hab. inż. **Jadwiga Królikowska**, prof. PK, Politechnika Krakowska
- dr hab. inż. **Marek Ochowiak**, prof. PP, Politechnika Poznańska
- dr hab. inż. **Alina Pruss**, prof. PP, Politechnika Poznańska
- dr hab. inż. **Dawid Szpak**, Politechnika Rzeszowska
- dr hab. inż. **Joanna Zembrzuska**, Politechnika Poznańska
- dr hab. inż. **Monika Żubrowska-Sudoł**, prof. PW, Politechnika Warszawska
- dr inż. **Adam Masłoń**, prof. PRZ, Politechnika Rzeszowska
- dr inż. **Wiesław Gorączko**, Polskie Towarzystwo Nukleoniczne, Zarząd SIOR
- dr inż. **Krzysztof Boryczko**, Politechnika Rzeszowska
- dr inż. **Marcin Chełkowski**, Wyższa Szkoła Biznesu – National Louis University, Nowy Sącz
- dr inż. **Wojciech Góra**, Politechnika Poznańska
- dr **Eugeniusz Klaczyński**, Envirotech Sp. z o.o.
- dr inż. **Iwona Lasocka-Gomuła**, Aquanet S.A.
- dr inż. **Klara Ramm**, Politechnika Warszawska
- dr inż. **Tadeusz Rzepecki**, prezes Tarnowskich Wodociągów sp. z o.o., przewodniczący Rady IGWP (ekspert)
- dr inż. **Łukasz Weber**, Nentech
- inż. **Ryszard Szambelańczyk**, Nentech
- mgr inż. **Barbara Mulik**, Doradztwo w zakresie bezpieczeństwa i jakości wody
- mgr inż. **Zenon Świgoń**, ekspert RPO, rzeczoznawca PZITS

Czasopismo recenzowane.

Nakład 2 000 egz.

Redakcja zastrzega sobie prawo do skracania artykułów.

Materiałów niezamówionych nie zwracam.

Redakcja nie odpowiada za treść reklam i artykułów sponsorowanych.

Wytyczne dla autorów znajdują się na stronie internetowej: 2ktechnologie.pl

Warunki prenumeraty:

Prenumeratę prosimy zamawiać przez biuro@2ktechnologie.pl

WYDARZENIA

- 3 Stormwater Poland 2026 – Dekada wody. Dziesięć lat doświadczeń, które zmieniły miasta
- 4 Branża wod.-kan. na pierwszej linii frontu bezpieczeństwa
- 5 Otwarcie oczyszczalni ścieków MBR w Rytrze oraz konferencja ReNutriWater – Woda w Obiegu – Spotkania dla Przyszłości: „Samorząd wobec wyzwań odzysku wody”
- 6 Oko na Białystok i Ukrainę

NAUKA I TECHNIKA

- 10 Porównanie skuteczności różnych metod dezynfekcji w odnowie wody ze ścieków komunalnych
- 16 Plany bezpieczeństwa wody (Water Safety Plans, WSP) jako klucz do bezpiecznych i odpornych systemów wodociągowych
- 20 Bez wojny również można ponieść straty w infrastrukturze krytycznej
- 22 Azot Kjeldahla jako wskaźnik jakości ścieków surowych w odniesieniu do prac eksploatacyjnych na sieci kanalizacyjnej sanitarnej w Białymstoku
- 28 Fosfor w gospodarce o obiegu zamkniętym – odzysk fosforu w komunalnych oczyszczalniach ścieków
- 40 Czy specjacja pierwiastków w wodzie ma sens? Część XII – formy chemiczne uranu w wodzie
- 50 Ocena wybranych koagulantów pod kątem skuteczności usuwania związków endokrynnie czynnych
- 61 Efektywność butelek filtrujących z wkładem węglowym – ocena fizykochemiczna
- 68 Odzysk piasku kwarcowego z oczyszczalni ścieków – krok w stronę zrównoważonego budownictwa i gospodarki obiegu zamkniętego

ZAGADNIENIA PRAWNE

- 72 Straty wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi

PRAKTYKA I EKSPLOATACJA

- 76 Erhard ROCO Wave – przepustnica, która łączy tradycję i nowoczesność
- 78 Chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT) jako podstawowy wskaźnik zanieczyszczenia ścieków w wymiarowaniu stopnia biologicznego oczyszczalni z osadem czynnym
- 80 Cyberbezpieczeństwo urządzeń pompowych w instalacjach krytycznych
- 85 Skażenie wody pitnej – zagrożenie, którego nie można lekceważyć
- 86 ScaleBuster – skuteczna ochrona instalacji przed kamieniem i korozją
- 88 *Legionella spp.*: niewidoczny przeciwnik. O wodzie, odpowiedzialności i pułapkach instalacyjnych codzienności
- 90 Akcja REGENERACJA, czyli jak skutecznie dbać o studnie wykorzystując metodę regeneracji hydrodynamicznej

Z KART HISTORII

- 93 Nic lepszego nad wodę
- 95 Czysta woda dzięki nauce: Ruth Patrick i jej ekosystemy



Strony z reklamami: 15, 39, 48, 49, 66, 67, 75-77, 80-84, 86, 87, 90-92



Zdjęcie na 1. stronie okładkowej: Maria Kramarczyk

Drodzy Czytelnicy!

Końcówka roku to zawsze moment refleksji, czas, by zatrzymać się na chwilę i spojrzeć wstecz na to, co udało się wspólnie osiągnąć. Rok 2025 przyniósł branży wodno-kanalizacyjnej wiele wyzwań, ale też znaczące postępy, zarówno w obszarze technologii, jak i świadomości ekologicznej. Coraz wyraźniej widać, że woda jest nie tylko surowcem, lecz także odpowiedzialnością, wspólnym dobrem i kluczowym elementem naszego bezpieczeństwa.

W obliczu bardziej odczuwalnych skutków zmian klimatu, okresowych susz, gwałtownych opadów, niedoborów zasobów i wzrostu zagrożeń dla infrastruktury rośnie znaczenie nowoczesnego zarządzania wodą. Adaptacja do nowych warunków klimatycznych staje się jednym z najważniejszych kierunków rozwoju branży, wymagającym współpracy nauki, samorządów i przedsiębiorstw. To właśnie teraz kształtują się rozwiązania, które określą kierunek rozwoju i zapewnią bezpieczeństwo wodne przyszłych pokoleń.

O tych wyzwaniach i poszukiwaniu nowych dróg rozwoju piszemy szerzej w tym grudniowym wydaniu Technologii Wody. Znajdą w nim Państwo bogaty zestaw artykułów, które doskonale odzwierciedlają aktualne kierunki rozwoju sektora, od dekady doświadczeń Stormwater Poland, przez plany bezpieczeństwa wody (WSP), odzysk fosforu i piasku w duchu gospodarki cyrkularnej, po ocenę skuteczności metod dezynfekcji, koagulacji i filtracji. Nie zabraknie również tematów z pogranicza inżynierii i nowych technologii, od cyberbezpieczeństwa urządzeń pompowych po regenerację studni i analizę jakości ścieków w praktyce eksploatacyjnej.

Drodzy Państwo mijają już prawie trzy lata, odkąd Technologia Wody ukazuje się w nowej odsłonie w ramach wydawnictwa 2K Technologie. To był czas rozwoju, wzmocnienia współpracy z autorami i czytelnikami oraz budowania przestrzeni, w której nauka spotyka się z praktyką. Jesteśmy dumne, że nasze pismo wciąż pozostaje miejscem wymiany wiedzy, inspiracji i doświadczeń ludzi, których łączy pasja do wody i inżynierskiej rzetelności. Wierzimy, że wspólnie tworzymy środowisko, w którym zaufanie i współpraca są równie ważne jak technologia i nauka.

Zapraszamy do lektury!



Z okazji świąt Bożego Narodzenia życzymy Państwu ciepła, spokoju i chwil wytchnienia w gronie najbliższych.

Niech nowy rok 2026 przyniesie zdrowie, satysfakcję z pracy, dobre pomysły i pomyślne projekty,

a także niezmiennie to, co w naszej branży najcenniejsze:

czystą wodę, pewne źródła i ludzi, na których można polegać.



*Z serdecznymi pozdrowieniami i wdzięcznością za mijający rok,
Izabela Kruszelnicka i Dobrochna Ginter-Kramarczyk*

Stormwater Poland 2026 – Dekada wody.

Dziesięć lat doświadczeń, które zmieniły miasta

W 2026 roku odbędzie się **dziesiąta edycja konferencji Stormwater Poland** – wydarzenia, które od dekady wyznacza kierunek rozwoju gospodarowania wodami opadowymi w Polsce. Hasło tegorocznej edycji, „**Dekada wody**”, nie jest przypadkowe – to moment podsumowań, refleksji i rozmowy o przyszłości systemów deszczowych w kontekście zmian klimatu i rosnących oczekiwań wobec odporności miast.

Dziesięć lat przemian

W ciągu ostatniej dekady tematyka wód opadowych przeszła ewolucję – z marginalnego zagadnienia technicznego do jednego z ważnych elementów polityki miejskiej i klimatycznej.

Stormwater Poland był tego procesu częścią – łączył naukę, inżynierię, administrację i biznes, tworząc przestrzeń współpracy.

Cztery sesje – cztery perspektywy

Tegoroczny program obejmuje cztery główne bloki tematyczne, które tworzą przekrojową panoramę wyzwań i rozwiązań:

- **Dekada wody** – bilans doświadczeń i dyskusja o tym, czy kierunek, który obraliśmy, pozwoli sprostać kolejnym wyzwaniom.
- **Susza, powódź, przyszłość wody** – zrozumienie dwóch skrajnych zjawisk, które kształtują codzienność miast, oraz omówienie strategii systemowego reagowania.
- **Wizjonerzy wody** – technologie, które zmieniają branżę: sztuczna inteligencja, cyfrowe bliźniaki, inteligentne systemy zarządzania i gospodarka obiegu zamkniętego.

- **Architekci wody** – współpraca inżynierów, urbanistów i architektów krajobrazu przy tworzeniu przestrzeni, gdzie woda staje się elementem kultury i tożsamości miasta.

Miejsce, gdzie technologia spotyka odpowiedzialność

Stormwater Poland 2026 to nie tylko konferencja, ale platforma wymiany wiedzy i doświadczeń.

To miejsce, w którym spotykają się przedstawiciele administracji, firm technologicznych, uczelni i samorządów, by wspólnie kształtować przyszłość zarządzania wodą w Polsce.

W programie znajdą się prezentacje najlepszych praktyk, studia przypadków z polskich i europejskich miast oraz dyskusje o kierunkach zmian w legislacji i finansowaniu inwestycji wodnych.

Dołącz do Dekady wody

Konferencja odbędzie się **3-4 marca 2026 roku w Poznaniu**, w prestiżowej **Sali Ziemi na terenie Międzynarodowych Targów Poznańskich**.

Rejestracja jest już otwarta na stronie:

stormwaterpoland.com

Stormwater Poland 2026 – miejsce, w którym mówimy o wodzie z perspektywy technologii, prawa, planowania i odpowiedzialności.
Bo przyszłość naszych miast zaczyna się od wody!



Branża wod.-kan. na pierwszej linii frontu bezpieczeństwa

Krzysztof Nowacki

Międzyzdroje na trzy wrześniowe dni (10-12.09.2025) stały się centrum debat o tym, jak chronić jedną z najważniejszych gałęzi infrastruktury krytycznej – wodociągi i kanalizację. II Konferencja „Branża wod.-kan. – Ochrona i bezpieczeństwo infrastruktury krytycznej – Reagowanie w sytuacjach kryzysowych” przyciągnęła ekspertów z całej Polski, a jej program pełen debat, wykładów i warsztatów, dobitnie pokazał, że sektor wodociągowy musi dziś myśleć o bezpieczeństwie w wymiarze znacznie szerszym niż kiedykolwiek.

Konferencja mogła odbyć się dzięki wsparciu i zaangażowaniu partnerów – firm, które od lat wspierają branżę wodociągowo-kanalizacyjną, dostarczając nowoczesne rozwiązania technologiczne, sprzęt i wiedzę ekspercką. Szczególne podziękowania należą się: **Aparator**, **AVK Armadan**, **Nivus**, **Envirotech**, **Uponor Infra**, **Unisoft**, **Tigret**, **Marseplast**, **STÜWA Group**, **ICsec**, **Prote**, **G-Data Software**, **WaWaTech – Wastewater Technology**, **Xopero Software**, **Proffico**, **M.A.K. Ubezpieczenia**. Dzięki ich współpracy i wsparciu zrealizowano bogaty program debat, wykładów i warsztatów. Partnerzy konferencji pokazali tym samym, że troska o bezpieczeństwo infrastruktury krytycznej to wspólne wyzwanie i odpowiedzialność całego sektora.

Uroczystego otwarcia dokonali Burmistrz Międzyzdrojów **Mateusz Witold Bobek** oraz zespół Centrum Konferencji „Integrator”: prof. **Izabela Kruszelnicka**, prof. **Dobrochna Ginter-Kramarczyk** i **Anna Lembicz**. Już pierwszy wykład – prof. **Bogdana Chojnickiego** z Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, uświadomił uczestnikom, że skutki zmian klimatu widać dziś równie wyraźnie jak gorączkę u własnego dziecka.

Pierwsza debata „*Bez wody nie ma życia*” z udziałem m.in. **Roberta Gajdy** (NFOŚiGW), **Joanny Kidzińskiej** (PGW Wody Polskie), **Przemysława Tuchlińskiego** (Wodociągi Białostockie), **Patrycji Wolińskiej-Bartkiewicz** (ZWIŚC Szczecin) i **Andrzeja Wójtowicza** (Wodociągi Słupsk) przyniosła ważne wnioski: sektor musi stawiać czoła nie tylko wyzwaniom technologicznym, ale

Wołomin), **Mariusz Kucharski** (Wodociągi Leszczyńskie), **Krzysztof Nowacki** (PWİK Oborniki) i **Jacek Schubert** (Stowarzyszenie Wodociągi Wielkopolskie). Mówiono otwarcie o brakach kadrowych, ryzykach cyberbezpieczeństwa i presji finansowej, która coraz mocniej ciąży na spółkach.

Drugi dzień skoncentrował się na perspektywie obronnej i ekonomicznej. Mjr dr hab. inż. **Jarosław Stelmach** przypomniał, że wodociągi to infrastruktura krytyczna równie wrażliwa na powodzie, jak i na... drony. Z kolei eksperci **ICsec** udowodnili, że koszt cyberawarii w średnim przedsiębiorstwie liczony jest w milionach złotych. Czy więc warto pytać o zwrot z inwestycji w IT/OT, skoro brak zabezpieczeń może zatrzymać dostawy wody dla całych miast?

Nie zabrakło także tematów energetycznych, przykłady z **Chrzanowa** i **Świnoujścia** pokazały, że spółki wod.-kan. wchodzą w rolę producentów energii, stawiając na fotowoltaikę, biogazownie i wodne mikroelektrownie. To już nie moda, lecz warunek stabilności taryf i odporności na kryzysy.

Trzeci dzień miał wymiar praktyczny. Warsztaty z dr inż. **Klarą Ramm** (Politechnika Warszawska, IGWP) poświęcone Planom Bezpieczeństwa Wody jasno pokazały, że dokumenty strategiczne są tarczą każdego przedsiębiorstwa. **Sylwia Kosibor** (Nivus) zaprezentowała systemy monitoringu zbiorników, a **Rafał Jagielski** (G DATA) przypomniał, że największym zagrożeniem IT bywa... nieuważny pracownik. Punkt kulminacyjny stanowiły jednak warsztaty z Partnerem Generalnym – **Safety Project**, podczas których uczestnicy ćwiczyli procedury przetrwania w warunkach kryzysowych.

Wnioski? Branża wod.-kan. musi działać jak sektor strategiczny, łączyć prawo, technologię, energetykę i kompetencje ludzi. Bo w świecie, w którym wojna za wschodnią granicą i zmiany klimatu są realnym zagrożeniem, to właśnie dostęp do wody decyduje o zdrowiu, spokoju i bezpieczeństwie mieszkańców.

Organizatorzy Centrum Konferencji „Integrator” go róz kulejny

Otwarcie oczyszczalni ścieków MBR w Rytrze oraz konferencja ReNutriWater – Woda w Obiegu – Spotkania dla Przyszłości: „Samorząd wobec wyzwań odzysku wody”

22 października w Rytrze otwarto nowoczesną oczyszczalnię ścieków w technologii MBR. Uroczystościom towarzyszyła konferencja **ReNutriWater – Woda w Obiegu – Spotkania dla Przyszłości: „Samorząd wobec wyzwań odzysku wody”**, która zgromadziła ekspertów z całej Polski.

Wydarzenie zorganizowano z inicjatywy Wójta Gminy Rytrze Jana Kotarby, firmy Schwander Polska – generalnego wykonawcy inwestycji oraz liderki europejskiego projektu ReNutriWater, dr inż. **Klary Ramm** wraz z prof. dr hab. inż. **Moniką Żubrowską-Sudoł** z Politechniki Warszawskiej.



Otwarcie oczyszczalni ścieków MBR w Rytrze

Nowa oczyszczalnia ścieków w Rytrze to jedna z najważniejszych inwestycji w historii gminy. Zastąpiła przestarzały obiekt, który nie spełniał już współczesnych norm środowiskowych. Zastosowana technologia MBR (Membrane Bioreactor) pozwala na wyjątkowo skuteczne oczyszczanie ścieków i daje możliwość ponownego wykorzystania wody, np. do celów technicznych czy podlewania terenów zielonych.

Obiekt został zaprojektowany z myślą o przyszłości, gdyż jego wydajność została przewidziana z odpowiednim zapasem. Aktualnie przepustowość oczyszczalni wynosi 500 m³/d (4 000 RLM).

Całkowity koszt inwestycji wyniósł 8 400 900 mln zł, z czego znaczną część pokryto ze środków Rządowego Programu Inwestycji Strategicznych „Polski Ład”.

Podczas uroczystego przecięcia wstęgi Wójt Jan Kotarba



Konferencja ReNutriWater – Woda w Obiegu – Spotkania dla Przyszłości

- dr **Monika Bochenek**,
- mgr inż. **Dominika Szoldrowska**, PAN,
- mgr inż. **Jan Kolbusz**, główny technolog w Mikrobiotech Sp. z o.o.

Eksperci przedstawili szereg prezentacji dotyczących najnowszych trendów w odzysku i ponownym wykorzystaniu wody, technologii oczyszczania z wykorzystaniem membran, odzysku fosforu i azotu oraz współpracy między nauką a samorządami w realizacji celów gospodarki obiegu zamkniętego (GOZ).

W dyskusjach wielokrotnie podkreślano, że w obliczu zmian klimatu i rosnącego deficytu wody, to właśnie lokalne samorządy będą odgrywać kluczową rolę w wprowadzaniu innowacyjnych rozwiązań w gospodarce wodnej.

ReNutriWater to międzynarodowy projekt realizowany w latach 2023-2025 w ramach programu **Interreg Baltic Sea Region**. Jego głównym celem jest wsparcie samorządów i operatorów systemów wodno-kanalizacyjnych w opracowywaniu strategii odzysku wody oraz składników odżywczych (azotu i fosforu), które można ponownie wykorzystać w rolnictwie lub przemyśle.

Projekt łączy partnerów z kilku krajów regionu Morza Bałtyckiego. W jego ramach prowadzone są pilotażowe wdrożenia, opracowywane są narzędzia decyzyjne dla gmin, a także organizowane warsztaty i konferencje, takie jak to wydarzenie w Starym Sączu.

Wśród działań projektu znajdują się m.in.: opracowanie

Oko na Białystok i Ukrainę

Anna Lembicz

We wrześniu wszystkie drogi przedstawicieli przedsiębiorstw wod.-kan., samorządowców, instytucji środowiskowych oraz reprezentantów świata nauki wiodły do Białegostoku. Nie mogło być inaczej, skoro Wodociągi Białostockie Sp. z o.o. wraz z łuckim Przedsiębiorstwem "Lutskvodokanal" i ze współorganizatorem Instytutem Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Białostockiej, zaprosiły na Konferencję Naukowo-Techniczną „Bezpieczna kanalizacja dla zdrowego środowiska: rozwiązania transgraniczne Łucka i Białegostoku".

Wydarzenie odbyło się w dniu 23.09.2025 r. w murach Wydziału Budownictwa i Nauk o Środowisku Politechniki Białostockiej, pod patronatem Prezydenta Miasta Białystok, dra hab. Tadeusza Truskolaskiego, Marszałka Województwa Podlaskiego, Łukasza Prokoryma, Rektora Politechniki Białostockiej – dr hab. inż. Marty Kosior-Kazberuk, prof. PB oraz Izby Gospodarczej "Wodociągi Polskie" i czasopisma "Technologia Wody".

Konferencję otworzył Przemysław Tuchliński, prezes Zarządu Wodociągów Białostockich Sp. z o.o., który podkreślił: – *Ta konferencja jest ważnym elementem projektu realizowanego przez Wodociągi Białostockie, finansowanego ze środków europejskich w ramach programu Interreg. Celem konferencji jest wymiana doświadczeń, dobrych praktyk w zakresie zarządzania systemami kanalizacyjnymi oraz promowania rozwiązań, które przyczynią się do ochrony środowiska naturalnego. To także wymiana doświadczeń, ażeby nasze miasta były miejscami bezpiecznymi, szczególnie w tym otoczeniu i w tych czasach, które tworzą coraz więcej wyzwań.* Szef białostockiej spółki nie ukrywał, że takie spotkania są szczególnie istotne w kontekście bezpieczeństwa utrzymania ciągłości dostaw wody i odbioru ścieków.

Nie dziwi ogromne zainteresowanie

Do Białegostoku zjechało ponad 150 uczestników konferencji. Warto podkreślić, że z samej Ukrainy przybyło 20 gości, a wśród

Nowowołyńska, Włodzimierza oraz uczelni technicznych w Łucku i Równem. Przybyło grono naukowców z polskich uczelni technicznych (Politechnika Białostocka, Politechnika Krakowska, Politechnika Lubelska, Politechnika Warszawska), pojawili się przedstawiciele instytucji związanych z funduszami europejskimi (Urząd Marszałkowski Województwa Podlaskiego), ochroną i kontrolą stanu środowiska: Regionalna Dyrekcja Ochrony Środowiska w Białymstoku, Wojewódzka Inspekcja Ochrony Środowiska w Białymstoku, Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Białymstoku, Państwowe Przedsiębiorstwo „Wody Polskie” w Białymstoku, Zarząd Zlewni PP „Wody Polskie” w Białymstoku. Dopisała reprezentacja prezydenta Miasta Białegostoku, pracownicy Urzędu Miejskiego w Białymstoku, Departamentu Ochrony Środowiska Urzędu Marszałkowskiego, pracownicy przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych z Polski i regionu, przedstawiciele przedsiębiorstw zaopatrujących i świadczących usługi przedsiębiorstwom wodociągowo-kanalizacyjnym, przedstawiciele samorządów i mediów redakcji lokalnych i ogólnopolskich.

Co w programie?

Grono polskich i ukraińskich specjalistów pochyliło się nad zagadnieniem bezpiecznej i nowoczesnej kanalizacji. Jak zauważył Jarosław Parzyszek, pełnomocnik Wodociągów Białostockich ds. projektu SafeSewerage: – *Kanalizacja, tak jak ludzie, starzeje się. Średnia żywotność to około 50 lat, a sieci wymagają modernizacji.* Ekspert podkreślił, że dziś bezpieczeństwo równa się odporności infrastruktury krytycznej na zew. ataki: – *Mieliśmy ataki w naszym regionie na przedsiębiorstwa wodociągowe, zatrzymujące pracę oczyszczalni ścieków. W agendzie konferencji znalazły się więc nie tylko tematy techniczne, lecz także cyberbezpieczeństwo i ciągłość dostaw wody w kontekście trwającego wojny Rosji przeciwko Ukrainie.*

Porównanie skuteczności różnych metod dezynfekcji w odnowie wody ze ścieków komunalnych

Comparison of the effectiveness of different disinfection methods in municipal wastewater reclamation

Alicja Knap-Batdyga,
Monika Żubrowska-Sudoł

Streszczenie

Postępujące zmiany klimatu oraz rosnące zapotrzebowanie na wodę wymuszają poszukiwanie alternatywnych źródeł jej pozyskiwania, w tym odzysku wody ze ścieków komunalnych. Kluczowym etapem w procesie odzysku jest dezynfekcja, której celem jest eliminacja drobnoustrojów chorobotwórczych. W niniejszej pracy przeanalizowano skuteczność trzech metod dezynfekcji – chlorowania, ozonowania oraz promieniowania UV – w kontekście spełnienia wymagań określonych w Rozporządzeniu (UE) 2020/741 dla wskaźników mikrobiologicznych. Najwyższą skuteczność dezynfekcji uzyskano dla ozonowania i promieniowania UV. Jakość odzyskanej wody była zgodna z wymaganiami określonymi dla klasy A. W pracy przedstawiono również zalety i wady różnych metod dezynfekcji. Tę część przygotowano na podstawie przeglądu literatury.

Słowa kluczowe: odzysk wody, ścieki komunalne, oczyszczanie ścieków, dezynfekcja

Abstract

Progressive climate change and increasing water demand necessitate the exploration of alternative water sources, including the reclamation of municipal wastewater. A critical stage in the reclamation process is disinfection, aimed at eliminating pathogenic microorganisms. This study evaluates the effectiveness of three disinfection methods – chlorination, ozonation, and ultraviolet (UV) radiation – in the context of meeting the microbiological quality standards set by Regulation (EU) 2020/741. The highest disinfection efficacy was observed for ozonation and UV radiation. The quality of the reclaimed water complied with the requirements specified for Class A. The study also presents the advantages and disadvantages of the various disinfection methods, based on a comprehensive literature review.

Keywords: water recovery, municipal wastewater, wastewater treatment, disinfection

Wstęp

Kryzys klimatyczny, związany z postępującym wzrostem temperatur na świecie, jest zjawiskiem globalnym, które – zgodnie z aktualnymi prognozami – będzie pogłębiać problem niedoboru wody w nadchodzących latach [1].

Niedobór wody występuje, gdy zapotrzebowanie przekracza dostępność zasobów, a ilość wody przypadająca na jednego mieszkańca spada poniżej 1000 m³ rocznie [2]. Choć zjawisko to może mieć przyczyny naturalne (np. pustynnienie), znacznie częściej wynika z gwałtownego wzrostu populacji, urbanizacji i nieefektywnego zarządzania zasobami wodnymi, pogłębianych przez czynniki środowiskowe [1]. Przewidywane nasilenie tego zjawiska jest bezpośrednio związane ze zmianami klimatu, które powodują częstsze występowanie ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak susze czy powodzie [3]. Tego rodzaju zdarzenia stanowią istotne zagrożenie dla ciągłości pracy stacji uzdatniania wody (SUW), ponieważ mogą prowadzić do nagłych i znaczących zmian w mętności, barwie oraz stężeniu substancji organicznych w wodzie powierzchniowej. Gwałtowne pogorszenie jakości wody często skutkuje problemami z efektywnym prowadzeniem procesów oczyszczania. Przykładem może być przypadek jednej z głównych stacji uzdatniania wody w Alabamie (USA), gdzie w wyniku intensywnej zamieci mętność wody powierzchniowej wzrosła do ponad 15 000 NTU, przewyższając wartość referencyjną ponad 50 000 razy. W efekcie SUW musiała zostać

wyłączona z eksploatacji na trzy dni z powodu braku możliwości skutecznego oczyszczenia wody o tak wysokim poziomie zanieczyszczenia [4].

Jednym z uznanych sposobów ograniczania skutków wyczerpywania się zasobów wodnych oraz zwiększenia niezawodności systemów zaopatrzenia w wodę jest dywersyfikacja źródeł jej pozyskiwania. Takie podejście z powodzeniem wdrożono m.in. w Singapurze w ramach programu *Four National Taps*, obejmującego cztery główne źródła wody: lokalne zlewnie, wodę importowaną z Malezji, wodę odzyskaną ze ścieków komunalnych oraz wodę odsoloną. Już w 2014 roku woda odzyskana ze ścieków komunalnych pokrywała ponad 30% krajowego zapotrzebowania, a według prognoz do 2060 roku jej udział ma wzrosnąć do 50%. W singapurskich zakładach odzysku wody biologicznie oczyszczone ścieki komunalne poddawane są dodatkowym procesom technologicznym takim jak mikrofiltracja, odwrócona osmoza i dezynfekcja promieniowaniem UV. Uzyskana w ten sposób woda wykorzystywana jest głównie w przemyśle, choć jej część jest kierowana również do miejskich zbiorników retencyjnych [5].

Choć w Unii Europejskiej nie istnieją obecnie jednolite ramy prawne regulujące jakość odzyskanej wody przeznaczonej do zastosowań przemysłowych, od 2020 roku obowiązuje Rozporządzenie UE 2020/741, które ustanawia minimalne wymagania dla ponownego wykorzystania wody z odzysku w rolnictwie. Akt ten został przyjęty w odpowiedzi

Plany bezpieczeństwa wody (Water Safety Plans, WSP) jako klucz do bezpiecznych i odpornych systemów wodociągowych

Water Safety Plans (WSPs) as the key to safe and resilient water systems

Karolina Hap,
Krzysztof Chmielowski

Streszczenie

W Polsce woda z kranu charakteryzuje się zazwyczaj dobrą jakością i bezpieczeństwem, jednak współczesne zagrożenia (cyberataki, awarie technologiczne, ekstremalne zjawiska pogodowe) pokazują, że bezpieczeństwo jej dostawy może zostać zakłócone. Odpowiedzią na te wyzwania są Plany Bezpieczeństwa Wody (ang. *Water Safety Plans* – WSP), czyli kompleksowe strategie, które zyskują coraz większe znaczenie również w naszym kraju. W artykule przedstawiono założenia i korzyści wynikające z wdrażania WSP, które w odróżnieniu od tradycyjnych kontroli jakości koncentrują się na aktywnym zarządzaniu ryzykiem na każdym etapie systemu wodociągowego. Plan obejmuje m.in. ocenę zagrożeń, ochronę ujęć wody, nowoczesny monitoring, zabezpieczenia technologiczne oraz przygotowanie na sytuacje kryzysowe. W dobie zmian klimatycznych i rosnącej urbanizacji, pozwalają lepiej przygotować się na awarie, powodzie czy susze. Zgodnie z unijnymi przepisami, w Polsce WSP staną się wkrótce obowiązkowe dla wszystkich większych przedsiębiorstw wodociągowych. Plany Bezpieczeństwa Wody to systemowe podejście do ochrony zdrowia publicznego i jakości życia. Dzięki nim zapewnienie czystej, bezpiecznej i nieprzerwanej dostawy wody staje się realnym i trwałym standardem – nie tylko dziś, ale również w perspektywie nadchodzących dekad.

Słowa kluczowe: Plany Bezpieczeństwa Wody, monitoring, zarządzanie, system zaopatrzenia, jakość wody

Abstract

In Poland, tap water is typically of good quality and safety, but contemporary threats (cyberattacks, technological failures, extreme weather events) demonstrate that the security of its supply can be disrupted. Water Safety Plans (WSPs) are a response to these challenges. They are comprehensive strategies that are becoming increasingly important in Poland. This article presents the assumptions and benefits of implementing WSPs, which, unlike traditional quality assurance, focus on active risk management at every stage of the water supply system. The plan includes, among other things, threat assessment, water intake protection, modern monitoring, technological safeguards, and crisis preparedness. In an era of climate change and increasing urbanization, they allow for better preparedness for emergencies, floods, and droughts. In accordance with EU regulations, WSPs will soon become mandatory for all larger water utilities in Poland. Water Safety Plans represent a systemic approach to protecting public health and quality of life. Thanks to them, ensuring a clean, safe and uninterrupted water supply is becoming a real and lasting standard – not only today, but also in the coming decades.

Keywords: Water Safety Plans, monitoring, management, supply system, water quality

Wprowadzenie

Woda do picia to jeden z najważniejszych zasobów dla zdrowia publicznego i funkcjonowania społeczeństwa. Plany Bezpieczeństwa Wody opracowywane przez przedsiębiorstwa wodociągowe mają na celu ustalenie potencjalnych zagrożeń występujących w całym systemie – od zlewni wody, aż po kran oraz ocenę ryzyka wystąpienia danego zagrożenia rozumianego jako czynnik jakościowy lub ograniczenie ilości wody kierowanej do mieszkańców [1]. Dyrektywa (1998) w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi zobowiązała kraje członkowskie do monitoringu jakości wody przeznaczonej do spożycia [2]. Choć w Polsce i w innych krajach europejskich jakość wody z wodociągów jest na ogół bardzo dobra, zagrożenia dla jej bezpieczeństwa mogą pojawić się w każdej chwili – w wyniku zanieczyszczeń, awarii technicznych, ekstremalnych zjawisk pogodowych czy nawet działań celowych. Dlatego właśnie powstała koncepcja planów bezpieczeństwa wody (ang. *Water Safety Plans*, WSP), która zakłada kompleksowe, proaktywne podejście do ochrony systemów

zaopatrzenia w wodę. Plan Bezpieczeństwa Wody to dokument i proces zarządzania ryzykiem, opracowany w celu zapewnienia bezpieczeństwa zdrowotnego dostarczanej wody pitnej. Koncepcja WSP została opracowana przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) i jest dziś rekomendowanym podejściem w międzynarodowych standardach [3]. Jak podaje Ramm-Szatkiwicz [4], można wyróżnić trzy podstawowe moduły Planów Bezpieczeństwa Wody:

- ocena stanu zaopatrzenia w wodę – służy analizie czy cały system zapewnia odpowiednią jakość usług,
- monitoring – obejmuje bieżącą kontrolę jakości,
- zarządzanie i komunikacja – przewiduje działania do podjęcia zarówno w warunkach normalnych jak i w sytuacjach kryzysowych.

W odróżnieniu od tradycyjnego nadzoru sanitarnego, który opiera się na pobieraniu próbek i analizach laboratoryjnych, plan WSP skupia się na identyfikacji zagrożeń i zarządzaniu ryzykiem na każdym etapie systemu wodociągowego – od ujęcia surowej wody, przez uzdatnianie, magazynowanie i przesył, aż po odbiorcę końcowego [3, 4].

Bez wojny również można ponieść straty w infrastrukturze krytycznej

Without war, losses can occur critical infrastructure

Romana Kozub

Streszczenie

Jak zapobiegać stratom w infrastrukturze krytycznej bez ponoszenia dużych nakładów finansowych, z wykorzystaniem warsztatów szkoleniowych dla strażaków OSP i PSP? Zadaniem służb powołanych do ochrony ludzi i mienia jest umiejętne korzystanie również z zasobów, które nie należą bezpośrednio do nich. Różnorodność zadań obu stron, wodociągowców produkujących wodę oraz strażaków wykorzystujących ją do ochrony i ratowania, jest ogromna. Organizacja i prowadzenie warsztatów szkoleniowych dla strażaków OSP i PSP może znacząco ograniczyć straty w infrastrukturze krytycznej. Sens takich działań polega na wymianie wiedzy, wspólnym wypracowaniu procedur oraz praktycznym przygotowaniu do sytuacji kryzysowych. Ich efekty mogą w przyszłości realnie uratować życie i mienie, a jednocześnie nie wymagają dużych nakładów finansowych.

Słowa kluczowe: infrastruktura krytyczna, straż pożarna, wodociągi, warsztaty, awarie, hydranty

Abstract

How to prevent losses in critical infrastructure without investing large financial resources – training workshops for firefighters from Volunteer Fire Departments and the State Fire Service. The task of services established to protect people and property is to skillfully use property that does not belong to them. The distance in the tasks of waterworkers and firefighters using water is enormous – some produce it so that others can use it to protect and rescue. The importance of creating and conducting workshops and their effects can save us in crisis situations.

Keywords: critical infrastructure, fire brigade, waterworks, workshops, breakdowns, hydrants

Wprowadzenie

Infrastruktura krytyczna (IK) pełni kluczową rolę w państwie, obejmuje między innymi zaopatrzenie w wodę [1], produkt, jakże niezbędny do prawidłowego funkcjonowania społeczeństwa, organizmów ludzkich, zwierzęcych, ale także gospodarki narodowej w zakresie produkcji, w łańcuchu dostaw produktów strategicznych oraz artykułów niezbędnych do życia.

Zapobieganie awariom, ryzykom i słabym punktom w funkcjonowaniu to działania zmierzające do szybkiego ograniczenia, neutralizacji oraz odtworzenia infrastruktury. W zakresie działania firm wodociągowo-kanalizacyjnych to szybkie przywrócenie dostaw wody i odbioru ścieków oraz niezachwiana praca urzędów na Stacjach Uzdatniania Wody (SUW), sieciach wod-kan od stacji podnoszenia ciśnienia, poprzez przepompownie ścieków na oczyszczalni skończywszy.

Czy jest możliwe zakłócenie dostaw wody w czasie pokoju? Prócz awarii występujących w sposób nieprzewidywany w systemach wodociągowych jak i kanalizacyjnych wszystkich przedsiębiorstw wodociągowo – kanalizacyjnych nie tylko w kraju, ale i na całym świecie istnieją awarie, którym możemy zapobiec w sposób prosty i skuteczny.

Przyczyną wielu awarii jest najczęściej brak wiedzy branżowej i odpowiednich umiejętności. Osoby, które się do nich przyczyniają, działają zazwyczaj nieświadomie, niecelowo i często zupełnie przypadkowo. Mowa tu o służbach powołanych do ochrony naszego bezpieczeństwa i mienia.

Straż Pożarna i Wodociągi – współpraca dla bezpieczeństwa

Ochotnicze Straże Pożarne (OSP), o których mowa, skupiają osoby gotowe nieść pomoc, mimo zróżnicowanego

doświadczenia. Na styczeń 2025 roku w kraju działało 5155 jednostek OSP włączonych do Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego (KSRG), przy około 500 jednostkach ratowniczo-gaśniczych Państwowej Straży Pożarnej (PSP) [2]. Łącznie w strukturach OSP, zarówno w jednostkach wchodzących w skład KSRG, jak i funkcjonujących poza systemem, zrzeszonych jest około 700 000 druhów, z czego 228 394 posiada uprawnienia do udziału w działaniach ratowniczo-gaśniczych.

Szkolenie strażaków-ratowników OSP, którzy chcą nieść pomoc, od prostych działań, takich jak ratowanie kotów z drzew, poprzez udzielanie pomocy w przypadku nagłego zatrzymania krążenia (NZK), aż po gaszenie pożarów stogów, traw, domów mieszkalnych, obiektów przemysłowych czy składowisk odpadów, nie obejmuje nauki ani ćwiczeń w zakresie budowy infrastruktury wodociągowej i właściwego posługiwania się nią.

Bardzo często działania ratowniczo-gaśnicze na terenach wiejskich opierają się na wiedzy druhów OSP, ponieważ małe zakłady wodociągowe nie dysponują szczegółowymi informacjami o lokalizacji hydrantów. Samo ustawienie hydrantu i oznaczenie go tabliczką nie daje gwarancji, że nasze mienie będzie bezpieczne. Większe spółki wodociągowe, posiadające odpowiednie zasoby finansowe, coraz częściej wykorzystują systemy GIS z warstwami zawierającymi lokalizację hydrantów. Czy jednak samo to wystarczy, aby ustrzec się przed awariami?

Stara zasada mówi, że lepiej zapobiegać niż leczyć. W naszym przypadku oznacza to: lepiej szkolić niż naprawiać. Jak to zrobić najprościej i najbardziej efektywnie? Poprzez naukę metodą wzrokowo-manualną.

Nie obawiamy się organizować szkoleń dla strażaków OSP i PSP. Oni chcą się uczyć – poznawać działanie armatury, uczyć się korzystania ze sprzętu zlokalizowanego na sieciach wodociągowych. Lepiej, aby uszkodzili przygotowany hydrant treningowy niż hydrant zamontowany na czynnej sieci.

Azot Kjeldahla jako wskaźnik jakości ścieków surowych w odniesieniu do prac eksploatacyjnych na sieci kanalizacyjnej sanitarnej w Białymstoku

Kjeldahl nitrogen as an indicator of raw sewage quality in relation to operational work on the sanitary sewage system in Białystok

Marta Iwona Bolińska,
Lech Magrel

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono najistotniejsze wyniki z przeprowadzonego projektu w Wodociągach Białostockich Sp. z o.o., dotyczącego jakości ścieków dopływających do Oczyszczalni Ścieków w Białymstoku. Badania obejmowały kilkukrotne codzienne analizy chemiczne jakości ścieków pod kątem stężeń azotu Kjeldahla, na przestrzeni trzech miesięcy, odnosząc je do danych takich jak: miejsca prowadzonych czyszczeń kanałów kanalizacyjnych sanitarnych i innych integralnych elementów sieci kanalizacyjnej sanitarnej; ilość dopływających ścieków wg przepływomierzy, ilość ścieków wg zwężki Venturiego, opady atmosferyczne; zrzuty ścieków przemysłowych na stacji zlewnej. Za wyznacznik podwyższonych wartości azotu Kjeldahla w ściekach surowych przyjęto $100 \text{ mg N}_{\text{Kjeldahla}}/\text{L}$.

Przeprowadzone analizy wykazały, iż regularnie prowadzone czyszczenia sieci kanalizacyjnej sanitarnej na terenie miasta Białegostoku nie powodują znaczącego wzrostu zawartości azotu Kjeldahla w ściekach surowych, natomiast zapobiegają gwałtownym wyrzutom ładunków w trakcie codziennej eksploatacji sieci; odmienne wnioski zostały przyjęte na podstawie danych dot. wykonywanych zleceń zewnętrznych – na terenach gmin ościennych, będących klientami Wodociągów Białostockich Sp. z o.o.

Wykonane badania wskazały, że jednym ze znaczących czynników wpływających na jakość ścieków dopływających do oczyszczalni są opady atmosferyczne oraz na fakt, iż ścieki surowe odbierane z gmin ościennych stanowią kluczowy element wpływający na całościowy kształt ścieków dopływających do Oczyszczalni, co należy odzwierciedlić w prowadzonych kontrolach gospodarki ściekowej gmin i zakładów przemysłowych.

Słowa kluczowe: ścieki surowe, azot Kjeldahla, sieć kanalizacyjna sanitarna

Abstract

This paper presents the most important results of a project carried out at Wodociągi Białostockie Sp. z o.o. concerning the quality of wastewater reaching the Wastewater Treatment Plant in Białystok. The research involved several daily chemical analyses of wastewater quality in terms of Kjeldahl nitrogen concentrations over a period of three months, referring to data such as: locations of sanitary sewer cleaning and other integral elements of the sanitary sewer system; the amount of wastewater inflow according to flow meters, the amount of wastewater according to the Venturi nozzle, precipitation; industrial wastewater discharges at the collection station. A value of $100 \text{ mg N}_{\text{Kjeldahla}}/\text{L}$ was selected as the indicator of increased Kjeldahl nitrogen values in raw wastewater.

The conducted analyses showed that regular cleaning of the sanitary sewage system in the city of Białystok does not cause a significant increase in the Kjeldahl nitrogen content in raw sewage, but prevents sudden discharges during daily operation of the system; different conclusions were drawn on the basis of data on external orders carried out in neighboring municipalities that are customers of Wodociągi Białostockie Sp. z o.o.

The studies conducted have shown that one of the significant factors affecting the quality of wastewater flowing into the treatment plant is atmospheric rainfall and the fact that raw wastewater collected from neighboring municipalities is a key element affecting the overall quality of wastewater flowing into the treatment plant, which should be reflected in the sewage management controls carried out in municipalities and industrial plants.

Keywords: raw sewage, Kjeldahl nitrogen, sanitary sewer system

1. Wprowadzenie

Azot Kjeldahla, nazywany również azotem ogólnym Kjeldahla, stanowi większość azotu znajdującego się w ściekach surowych dopływających do oczyszczalni ścieków. Obejmuje on przede wszystkim formy związane organicznie azotu oraz azot amonowy, który jest charakterystycznym elementem świeżego zanieczyszczenia, którym są ścieki. Nie zawiera się w nim natomiast azot azotanowy, stanowiący nietrwałą, szybko

przekształcalną formę azotu oraz azot azotanowy, obecne w największych stężeniach w ściekach oczyszczonych po przeprowadzonych procesach biologicznych oczyszczania ścieków. Tym samym, azot Kjeldahla uznawany jest za rzetelny wykładnik jakości ścieków surowych.

Z uwagi na fakt, iż azot Kjeldahla obejmuje formy azotu związane organicznie, stanowi on dość łatwo dostępne źródło azotu dla organizmów żywych, m.in. alg i glonów, jako jeden ze związków powodujących eutrofizację zbiorników wodnych

Fosfor w gospodarce o obiegu zamkniętym – odzysk fosforu w komunalnych oczyszczalniach ścieków

Phosphorus in a circular economy – phosphorus recovery in municipal wastewater treatment plants

Eugeniusz Klaczyński

Streszczenie

Okolo 75% rezerw fosforu znajduje się w złożach zlokalizowanych w krajach postrzeganych jak niestabilne politycznie, a ich wydobycie jest związane z wysokimi kosztami zużywanej energii i wody, a jego przetwarzanie i transport generuje emisję gazów cieplarnianych. Głównym argumentem za wprowadzeniem gospodarki cyrkulacyjnej w zakresie zasobów fosforu, jest rosnący popyt na nawozy mineralne, ograniczone możliwości wydobywcze oraz chęć uniezależnienia się od jego importu z po za rynku europejskiego.

Fosfor można praktycznie odzyskiwać bez końca, nie można go zastąpić, a jego zasoby są ograniczone. Priorytetem jest rolnictwo precyzyjne w zakresie stosowania nawozów i ograniczenie zużycie fosforu pochodzącego ze źródeł pierwotnych, na rzecz odzysku materii organicznej z przetwarzania odpadów, kompostowania czy z osadów ściekowych. Z punktu widzenia odzysku surowców w oczyszczalniach ścieków oraz możliwości dalszego gospodarczego wykorzystania najbardziej kluczowy jest właśnie odzysk fosforu. Pytanie, które rozwiązanie okażą się w przyszłości najbardziej efektywne. Wiele krajów wprowadza konkretne regulacje prawne w zakresie odzysku fosforu.

Słowa kluczowe: gospodarka obiegu zamkniętego (GOZ), nawozy mineralne, fosfor, fosfor w ściekach komunalnych, odzysk fosforu, osady ściekowe rolnictwo precyzyjne, struwit, monospalarnie

Abstract

Approximately 75% of global phosphate rock reserves are located in geologically significant deposits within politically unstable regions. Their extraction entails substantial energy and water consumption, while subsequent processing and transportation contribute significantly to greenhouse gas emissions. A key rationale for transitioning toward a circular economy model in phosphorus management is the increasing demand for mineral fertilizers, the finite nature of extractable reserves, and the strategic imperative to reduce reliance on non-European imports.

Phosphorus is an irreplaceable and non-renewable element, yet it is theoretically infinitely recyclable. Therefore, prioritizing precision agriculture to optimize fertilizer use and minimizing reliance on primary phosphorus sources is essential. Instead, emphasis should be placed on the recovery of organic matter from waste treatment processes, composting and sewage sludge. Among the various materials processed in wastewater treatment plants, phosphorus stands out as the most critical element for recovery due to its potential for reintegration into agricultural and industrial applications. The central challenge lies in identifying the most efficient and scalable recovery technologies. In response, numerous countries have begun implementing regulatory frameworks specifically targeting phosphorus recovery.

Keywords: Circular Economy (CE), mineral fertilizers, phosphate rock, phosphorus in municipal wastewater, phosphorus recovery, sewage sludge, precision agriculture, struvite, mono-incineration plants

Gospodarka o obiegu zamkniętym (GOZ), czyli gospodarka cyrkulacyjna, jest modelem produkcji i konsumpcji, który polega na dzieleniu się, pożyczaniu, ponownym użyciu, naprawie, odnawianiu oraz recyklingu istniejących materiałów i produktów tak długo, jak to jest możliwe. Mapa drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym, została przyjęta przez Radę Ministrów w 2019 roku. Głównym argumentem za wprowadzeniem gospodarki cyrkulacyjnej również z punktu widzenia unijnego są ograniczenia w dostępności niektórych surowców na rynku europejskim. Uniezależnienie się od importu, który jest związany często z wysokimi cenami. Również z niepewną sytuacją polityczną w państwach, które są odpowiedzialne za ich wydobycie i produkcję, co wpływa na konkurencyjność gospodarki europejskiej. Model GOZ znalazł odzwierciedlenie w wielu dokumentach Unii Europejskiej. Przykładem jest komunikacie Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów pt. „Ku gospodarce po obiegu zamkniętym: program zero odpadów dla Europy. Podobnie

w dokumencie Komisji Europejskiej pt. „Zamknięcie obiegu – plan działania dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym”. Podstawą GOZ jest założenie efektywnego wykorzystania zasobów na wszystkich etapach życia produktu. Umożliwiając jak najdłuższe zachowanie jego wartości dodanej i wyeliminowanie odpadów, które mają być cały czas traktowane jako surowce. Takie podejście jest rewolucją i przeciwieństwem gospodarki liniowej (linearnej), która przyjmuje że zasoby są ogólnie dostępne, łatwe do pozyskania i występują w dużych ilościach a ich usuwanie niewiele kosztuje.

Gospodarka cyrkulacyjna ma zastosowanie nie tylko w gospodarce odpadowej, ale dotyczy również wodno-ściekowej z odzyskiem nie tylko zasobów ale również energii. Fundamentem założeń GOZ są w tym wypadku zmiany klimatyczne, w których odnowa wody, wtórne wykorzystanie ścieków i zamykanie obiegów wodnych, będzie istotnym elementem hydrologicznego cyklu obiegu wody. Zabezpieczającym przedsięwzięcia wodno-kan w przypadku grożących nam deficytów, spowodowanych

Czy specjacja pierwiastków w wodzie ma sens?

Część XII – formy chemiczne uranu w wodzie

Does elemental speciation in water make sense? Part XII – chemical forms of uranium in water

Paweł Rychlewski,
Jacek Rogalski,

Joanna Zembruska,
Elham Kamgar

Streszczenie

Uran (U) jest jednym z najcięższych pierwiastków chemicznych występujących naturalnie w środowisku na Ziemi. Główne dwa izotopy tego atomu ^{238}U i ^{235}U są jądrami względnie stabilnymi z czasami półtrwania przekraczającymi setki milionów lat. Uran na Ziemi pochodzi przede wszystkim jako produkt rozpadów promieniotwórczych cięższych jąder atomowych powstałych w najpotężniejszych kosmicznych eksplozjach super- i hipernowych. Z uwagi na swoje właściwości promieniotwórcze uran wraz z innymi radionuklidami wywiera wpływ na ziemską biosferę wymuszając powstawanie mechanizmów przystosowawczych i ochronnych w zakresie stabilizacji kodu genetycznego. Uran występuje na Ziemi pod postacią wielu minerałów, takich jak uranit, koffinit, karnotyt czy autunit. Największe złoża tego pierwiastka występują w Australii, Kazachstanie, Kanadzie oraz w Rosji. W Polsce terenami bogatymi w ten atom są rejony Kowar.

Słowa kluczowe: uran, radioaktywność

Abstract

Uranium (U) is one of the heaviest chemical elements naturally occurring on Earth. Its two main isotopes, ^{238}U and ^{235}U , are relatively stable nuclei with half-lives exceeding hundreds of millions of years. Uranium on Earth originates primarily as a product of radioactive decays of heavier atomic nuclei created in the most powerful cosmic explosions, supernovae, and hypernovae. Due to its radioactive properties, uranium, along with other radionuclides, influences the Earth's biosphere, forcing the development of adaptive and protective mechanisms to stabilize the genetic code. Uranium occurs on Earth in the form of numerous minerals, such as uranite, coffinite, carnotite, and autunite. The largest deposits of this element are found in Australia, Kazakhstan, Canada, and Russia. In Poland, areas rich in this element are the Kowary region.

Keywords: uranium, radioactivity

Czym jest uran?

Uran (U) jest pierwiastkiem chemicznym należącym do aktywności w układzie okresowym. W warunkach powszechnie panujących w środowisku naturalnym na naszej planecie uran występuje jako składowa wielu różnych minerałów. Po ich oczyszczeniu uzyskuje się srebrzysty metal o silnych właściwościach promieniotwórczych. Uran jest pierwiastkiem aktywnym chemicznie występując na +III, +IV, +V oraz +VI stopniach utleniania. Umożliwia to tworzenie tlenków, nadtlenków, soli kwasów, węglików, fluoropochodnych, siarczków, węglików, wodorków, związków boru oraz fosforu [1].

Uran naturalnie występuje w postaci trzech izotopów promieniotwórczych: ^{238}U , ^{235}U oraz ^{234}U . Pierwszy z nich stanowi około 99,28% wszystkich cząsteczek występujących naturalnie. Drugi izotop stanowi zaledwie 0,72% jednakże jest on cenniejszy z uwagi na większą energię rozszczepienia jądra oraz możliwość kontroli tej reakcji. W śladowych ilościach wykrywa się również izotop ^{234}U (0,005%), a w warunkach laboratoryjnych potwierdzono występowanie ^{232}U , ^{233}U oraz ^{236}U . Uran nie posiada żadnego stabilnego jądra a jego główny izotop jest pierwszą cząsteczką w uranowo-radowym szeregu promieniotwórczym opisanym w tabeli 1. Jądra niestabilnych izotopów rozpadają z wydzielaniem energii w jednej z kilku form [2].

Pierwszą formą jest wypromieniowanie jądra helu nazywanego cząstką alfa ($^4_2\alpha$), drugą jest radiacja elektronu, pozytonu (antyelektronu), protonu lub neutronu, czyli promieniowanie

beta (β^- lub β^+). Ostatnim jest emisja wysokoenergetycznego kwantu energii w formie fali elektromagnetycznej w zakresie promieni gamma (γ). Każdej z emisji towarzyszą przemiany fizyczne zachodzące w jądrze rozpadającego się atomu prowadzące do powstania innego izotopu bądź innego jądra nowego pierwiastka promieniotwórczego. Proces ten zachodzi tak długo jak długo na skutek przemian fizycznych nie powstaną stabilne jądra atomowe. Czas potrzebny do przemiany połowy radioizotopów w inne cząsteczki nazywany jest czasem połowicznego rozpadu ($T^{1/2}$). Właściwości fizyczne izotopów uranu przedstawiono w tabeli 2.

Każde z rodzajów promieniowań posiada inną energię, wielkość cząstki, a co za tym idzie inną przenikliwość. Najwyższą energią cechują się cząstki α , jednakże ich przenikliwość jest bardzo niska. Średnią energię posiadają cząstki β , są one również mniejsze od cząstek alfa, a co za tym idzie zdolne są do przenikania przez grubsze i bardziej masywne przeszkody. Ostatni rodzaj promieniowania, kwanty γ , nie są cząstkami masowymi. Są one falą elektromagnetyczną o charakterze korpuskularno-falowym (podobnie do światła widzialnego) zdolne do przenikania przez większość przeszkód. Zatrzymać je mogą, na przykład grube ołowiane drzwi, metrowy blok ze zbrojonego betonu lub kilkadziesiąt centymetrowa warstwa wody. Tematyka promieniowania została szerzej opisana w X części niniejszego cyklu artykułów [3].

Poza promieniotwórczym szeregiem uranu-238 wyróżnia się też szereg rozpoczynający się od ^{235}U (uranowo-aktywny),

Ocena wybranych koagulantów pod kątem skuteczności usuwania związków endokrynnie czynnych

Evaluation of selected coagulants in removing endocrine disrupting compounds

Monika Ochmańska

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki oceny skuteczności wybranych koagulantów w procesie usuwania związków endokrynnie czynnych (EDCs) z wody przeznaczonej do spożycia. Badaniami objęto trzy reprezentatywne substancje: bisfenol A (BPA), 17 β -estradiol (E2) oraz 4-nonylofenol (NP), należące do grupy mikrozanieczyszczeń budzących rosnące obawy zdrowotne i środowiskowe. W pracy omówiono obowiązujące regulacje prawne Unii Europejskiej dotyczące limitów tych związków w wodzie pitnej oraz znaczenie ich monitoringu w kontekście Dyrektywy 2020/2184. Przeprowadzono testy laboratoryjne dla dziewięciu koagulantów, obejmujących sole glinu i żelaza, w tym tradycyjne siarczany oraz nowoczesne polichlorki glinu (PAC) o wysokiej zasadowości. Analizy wykonano z zastosowaniem ekstrakcji do fazy stałej (SPE) i chromatografii UHPLC-MS/MS, co umożliwiło dokładne oznaczenie śladowych stężeń badanych związków. Wyniki wykazały, że skuteczność usuwania EDCs zależy od rodzaju związku, struktury chemicznej oraz zastosowanego koagulanta. Najwyższą efektywność odnotowano dla bisfenolu A, natomiast najtrudniejsze do usunięcia okazały się 17 β -estradiol i 4-nonylofenol. Wśród testowanych reagentów najlepiej sprawdziły się koagulanty z grupy PAC, szczególnie PAX XL19H, PAX XL1910 i PAX XL1911, które wykazały znacząco wyższą redukcję stężeń EDC w porównaniu z klasycznymi solami glinu i żelaza. Pomimo częściowego usuwania mikrozanieczyszczeń, sama koagulacja nie zapewniała osiągnięcia wartości poniżej progów normatywnych, co wskazuje na potrzebę integrowania jej z procesami zaawansowanego oczyszczania, takimi jak ozonowanie, fotoutlenianie czy membranowa separacja.

Słowa kluczowe: kluczowe: woda pitna, bezpieczeństwo wody, EDCs, koagulacja

Abstract

The article presents the results of an evaluation of the effectiveness of selected coagulants in removing endocrine-disrupting compounds (EDCs) from water intended for human consumption. The study covered three representative substances: bisphenol A (BPA), 17 β -estradiol (E2), and 4-nonylphenol (NP), which belong to a group of micropollutants posing increasing health and environmental concerns. The paper discusses current European Union regulations defining concentration limits for these compounds in drinking water and highlights the importance of their monitoring under Directive (EU) 2020/2184. Laboratory tests were carried out for nine coagulants, including aluminum- and iron-based compounds, such as traditional sulfates and modern high-basicity polyaluminum chlorides (PAC). Analyses were performed using solid-phase extraction (SPE) and ultra-high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry (UHPLC-MS/MS), which enabled accurate determination of trace levels of the studied compounds. The results showed that the efficiency of EDC removal depends on the type of compound, its physicochemical properties, and the applied coagulant. The highest removal efficiency was observed for bisphenol A, while 17 β -estradiol and 4-nonylphenol were more difficult to remove. Among the tested reagents, PAC coagulants—particularly PAX XL19H, PAX XL1910, and PAX XL1911—showed significantly higher EDC reduction compared to conventional aluminum and iron salts. Although coagulation partially removed micropollutants, it did not ensure concentrations below the regulatory limits, indicating the need to integrate coagulation with advanced treatment processes such as ozonation, photooxidation, or membrane separation.

Keywords: drinking water, water safety, EDCs, coagulation

Wstęp

Wraz z rozwojem cywilizacji, postępem technologicznym oraz globalnym rozwojem gospodarczym, zwiększyło się wykorzystanie różnorodnych substancji chemicznych, które ostatecznie przedostają się do środowiska, w tym do wód powierzchniowych i podziemnych [1]. Dyrektywa 2020/2184 Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej z dnia 16 grudnia 2020 r. dotycząca jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, wprowadza nowe podejście do oceny i zarządzania ryzykiem oraz uwzględnia aspekty związane z nowo pojawiającymi się mikrozanieczyszczeniami w wodzie pitnej. Dyrektywa ustanawia nowe limity dla niektórych substancji zidentyfikowanych jako

potencjalnie niebezpieczne dla zdrowia człowieka, jak również wprowadza nowe substancje, których kontrolowanie w wodzie pitnej będzie obowiązkiem przedsiębiorstw wodociągowych. Kluczową innowacją jest wprowadzenie nowych parametrów i mechanizmu listy obserwacyjnej [2]. Zgodnie z Dyrektywą 2020/2184 ustanowiono w 2020 r. dopuszczalne stężenie dla bisfenolu A (BPA), po raz pierwszy określono jego parametryczną wartość 2,5 $\mu\text{g/L}$ w wodzie przeznaczonej do spożycia. Wartość ta będzie obowiązywać dostawców wody od stycznia 2026 r., a jej ustalenie oparte było m.in. na zaleceniach Światowej Organizacji Zdrowia i Europejskiego Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności [3]. Jednocześnie dyrektywa przewiduje możliwość jej rewizji w przyszłości w ślad za nowymi ocenami ryzyka.

Efektywność butelek filtrujących z wkładem węglowym – ocena fizykochemiczna

Physicochemical evaluation of the efficiency of water bottles with activated carbon filters

Maja Borek,
Zuzanna Nowak,
Patrycja Kostrzak,
Oliwia Osajda

Streszczenie

W artykule przedstawiono analizę skuteczności komercyjnej butelki filtrującej (750 ml) z filtrem węglowym i żywicą jonowymienną. W badaniach laboratoryjnych oceniano pH, twardość, zasadowość, kwasowość oraz zawartość chlorków w wodzie przefiltrowanej co 10 pełnych przeleń butelki. Wyniki wykazały redukcję twardości i poprawę walorów organoleptycznych wody, przy stopniowym spadku efektywności wraz z zużyciem filtra.

Słowa kluczowe: butelka filtrująca, filtr węglowy, żywica jonowymienna, twardość wody, parametry fizykochemiczne, jakość wody

Abstract

The article examines the effectiveness of the commercial filtering bottle (750 ml) equipped with an activated carbon filter and ion exchange resin. Laboratory tests evaluated pH, hardness, alkalinity, acidity, and chloride content in water filtered after every 10 full bottle refills. The results showed a reduction in hardness and an improvement in the organoleptic properties of water, with a gradual decrease in filtration efficiency as the filter was used.

Keywords: filtering bottle, activated carbon filter, ion exchange resin, water hardness, physicochemical parameters, water quality

1. Wstęp

Woda przeznaczona do spożycia przez ludzi, zgodnie z definicją zawartą w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2017 poz. 2294 z późniejszymi zmianami), stanowi podstawowy element diety człowieka, a jej jakość ma bezpośredni wpływ na zdrowie i komfort życia [1]. Zmieniające się przepisy krajowe i unijne, w tym Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/2184 z dnia 16 grudnia 2020 r., podkreślają znaczenie ograniczania plastiku jednorazowego użytku i poprawy dostępu do bezpiecznej wody do spożycia [2]. W tym kontekście popularność zdobywają przenośne systemy filtrujące spotykane najczęściej w postaci komercyjnych filtrów butelkowych. Stanowią one alternatywę dla jednorazowych butelek w systemie kaucyjnym. Takie rozwiązania technologiczne umożliwiają wielokrotne oczyszczanie wody kranowej bez konieczności stosowania plastikowych opakowań, co jest zgodne z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym.

Pierwsze butelki filtrujące wodę wyprodukowano w Polsce, zostały one wyposażone w wymienne filtry węglowe, wykonane z łupin orzecha kokosowego, będący naturalnym medium sorpcyjnym. Filtry te redukują zawartość chloru, poprawiają smak i zapach wody jednocześnie pozostawiając w niej pożądane minerały, które występują naturalnie, takie jak wapń i magnez.

Celem niniejszej pracy było określenie skuteczności działania komercyjnego filtra butelkowego z węglem aktywnym i żywicą jonowymienną w zależności od stopnia jego zużycia.

2. Metodyka badań

Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych, w celu oceny zmian wybranych parametrów fizykochemicznych wody przefiltrowanej przez butelkowy filtr węglowo-jonowymienny w funkcji stopnia jego zużycia. Analizy wykonano zgodnie z obowiązującymi wymaganiami metodycznymi określonymi w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2017 poz. 2294 z późniejszymi zmianami) oraz z odniesieniem do wytycznych zawartych w normach PN-EN ISO 9963 [3] PN-ISO 6059 [4], PN-ISO 9297 [5], PN-ISO 10523 [6] i pokrewnych.

Próbki wody do badań pobierano po każdym dziesięciu pełnych przeleń przez filtr butelki, przy zachowaniu stałej objętości jednostkowej wynoszącej ok. 0,75 L na cykl. Całkowita objętość przefiltrowanej wody podczas całego eksperymentu wyniosła ok. 7,5 L. Każdą próbkę po pobraniu przechowywano w warunkach chłodniczych (temp. $4 \pm 1^\circ\text{C}$) i analizowano nie później niż po 24 godzinach od momentu filtracji. Dla każdej serii pomiarowej wykonano analizę kontrolną wody nieprzefiltrowanej, stanowiącej próbkę odniesienia.

Do oznaczeń wykorzystano klasyczne metody miareczkowe (titracyjne) oraz pomiary instrumentalne, obejmujące oznaczenie twardości ogólnej i wapniowej, zasadowości wobec fenoloftaleiny i metylooranżu, kwasowości, zawartości chlorków oraz odczytu pH [3-5].

Wszystkie analizy prowadzono z zastosowaniem roztworów wzorcowych (HCl, NaOH, EDTA, AgNO_3) o znanej normalności oraz wskaźników barwnych dobranych zgodnie z zaleceniami

Odzysk piasku kwarcowego z oczyszczalni ścieków – krok w stronę zrównoważonego budownictwa i gospodarki obiegu zamkniętego

Recovery of quartz sand from wastewater treatment plants – a step towards sustainable construction and circular economy

Aleksander Czapla,
Izabela Kruszelnicka,

Jakub Drewnowski

Streszczenie

Globalne wyczerpywanie zasobów naturalnego piasku kwarcowego, napędzane dynamicznym wzrostem zapotrzebowania w sektorze budowlanym i przemysłowym, podkreśla konieczność poszukiwania alternatywnych źródeł surowców mineralnych. Odzysk frakcji bogatych w krzemionkę w procesach oczyszczania ścieków wpisuje się w zasady gospodarki o obiegu zamkniętym, zmniejszając ilość odpadów kierowanych na składowiska oraz ograniczając eksploatację naturalnych złóż. Dzięki korzystnym właściwościom fizykochemicznym krzemionka odzyskana ze ścieków może działać jako składnik wzmacniający właściwości użytkowe materiałów, a nie jedynie obojętny wypełniacz. Artykuł omawia technologie stosowane w oczyszczalniach ścieków do separacji i przygotowania piasku kwarcowego do ponownego wykorzystania oraz potencjalne zastosowania w materiałach budowlanych, systemach filtracyjnych i produkcji kompozytowych rur GRP. Przykłady praktycznych wdrożeń i aktualne badania wskazują, że odzyskana krzemionka stanowi wartościowy surowiec wtórny wspierający zrównoważone gospodarowanie zasobami w środowisku zurbanizowanym.

Słowa kluczowe: odzysk krzemionki, oczyszczanie ścieków, gospodarka o obiegu zamkniętym, surowce wtórne, piasek kwarcowy, kompozyty GRP

Abstract

The global depletion of natural quartz sand, driven by rapid growth in construction and industrial demand, underscores the need for alternative mineral resources. Recovering silica-rich fractions during wastewater treatment aligns with circular-economy principles by reducing landfill waste and limiting extraction of natural deposits. Due to favourable physicochemical properties, wastewater-derived silica can act as a functional performance-enhancing component rather than an inert filler. This article reviews technologies used in wastewater treatment plants for separating and preparing quartz sand for reuse, and discusses potential applications in construction materials, filtration systems and GRP composite pipe production. Practical examples and current research indicate that recovered silica represents a viable secondary raw material supporting sustainable urban resource management.

Keywords: silica recovery, wastewater treatment, circular economy, secondary raw materials, quartz sand, GRP composites

1. Wprowadzenie

Koncepcja gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) przeszła z poziomu idei do praktyki w odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie na surowce oraz potrzebę ograniczenia degradacji środowiska [1]. Oczyszczalnie ścieków (OŚ), dotąd postrzegane przede wszystkim jako instalacje służące ochronie zdrowia publicznego, odgrywają w tej transformacji istotną rolę. W ujęciu GOZ, OŚ stopniowo przekształcane są w zakłady odzysku zasobów wodnych, które poza oczyszczaniem odzyskują ze ścieków wartościowe surowce [2, 3].

Jednym z takich surowców jest piasek kwarcowy (piasek o wysokiej zawartości krzemionki – SiO_2). Ten materiał, wychwytywany w piaskownikach, bywa traktowany jako zanieczyszczenie usuwane w celu ochrony urządzeń, choć może stanowić wtórny surowiec dla wielu branż [4, 5]. Praktyczne włączenie odzysku materiałów do procesów produkcyjnych ilustruje wykorzystanie odzyskanego piasku kwarcowego w wytwarzaniu rur kompozytowych wzmacnianych włóknem szklanym (ang. *Glass Reinforced Plastic* – GRP).

Tabak [6] wykazał, że piasek pochodzący z OŚ ma odpowiednie uziarnienie i stabilność mechaniczną, aby służyć jako drobne

kruszywo w zastosowaniach budowlanych, co wskazuje na potencjał mineralnych frakcji odpadowych wykraczający poza składowanie. Po właściwym oczyszczeniu i klasyfikacji jakość takiego piasku może być porównywalna z piaskiem naturalnym, co sprzyja jego ponownemu użyciu. Podejście to pokrywa się z rosnącym zainteresowaniem ideą zamykania obiegów materiałowych w infrastrukturze miejskiej poprzez ponowne wykorzystanie nieorganicznych strumieni odpadowych.

Niedobór piasku na świecie podkreśla potrzebę poszukiwania alternatywnych źródeł krzemionki, ponieważ pozyskiwanie piasku z koryt rzecznych i stref przybrzeżnych wiąże się z istotnymi kosztami środowiskowymi. Częściowe zastąpienie piasku wydobytego ze złoża piaskiem odzyskanym z OŚ stanowi obiecujący sposób ograniczania presji na środowisko przy zachowaniu ciągłości procesów przemysłowych.

O wartości krzemionki decydują też jej właściwości materiałowe. W wielu zastosowaniach przemysłowych, w tym w kompozytach i materiałach budowlanych, SiO_2 ceni się za wytrzymałość mechaniczną, wysoką stabilność termiczną i chemiczną obojętność. Te cechy sprawiają, że krzemionka jest funkcjonalnym składnikiem podnoszącym parametry wyrobów, a nie jedynie wypełniaczem.

Straty wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi

Klara Ramm

1. Wstęp

Woda nieprzynosząca dochodu

Problem strat wody w systemach wodociągowych zyskał na znaczeniu jako jedno z kluczowych zagadnień dla zrównoważonego zarządzania infrastrukturą komunalną. Woda nieprzynosząca dochodu (ang. *Non Revenue Water, NRW*), obejmująca zarówno straty fizyczne (np. przecieki, awarie rur), jak i straty handlowe (np. błędy pomiaru, nielegalne przyłącza), stanowi istotny udział w całkowitym bilansie wodnym przedsiębiorstw wodociągowych (tabela 1).

Zdarza się, że straty te przekraczają 30% objętości wody wtłoczonej do sieci [1, 2]. Skala strat ma nie tylko wymiar ekonomiczny, obciążając budżety przedsiębiorstw komunalnych poprzez utracone przychody, lecz także ekologiczny i społeczny podważając efektywność wykorzystania zasobów naturalnych i dostępność wody dla użytkowników końcowych. Najważniejszym aspektem wydaje się właśnie wymiar społeczny, czyli pokazanie troski o zasoby w obszarze najłatwiej identyfikowanym. Usługi wodociągowe są dobrze opomiarowanym, więc łatwo jest ocenić straty. Redukcja *NRW* uznawana jest więc obecnie za jedno z najtańszych sposobów oszczędzania wody, możliwych do pozyskania dzięki usprawnieniu zarządzania systemami wodociagowymi [3, 4].

Stan aktualny w wybranych krajach

Państwa członkowskie przygotowują się do wdrożenia wymagania dotyczącego monitoringu strat wody. W większości z nich nie ma jeszcze prawnego obowiązku ani narzuconych celów dotyczących wskaźników i celów. Jednak powstało wiele wytycznych i narzędzi, które mają pomóc wodociągom redukować straty. Na przykład w Austrii wytyczna nr 63 ÖVGW – Austriackiego Stowarzyszenia Gazu i Wody obejmuje obliczanie

Wskazuje na potrzebę ustandaryzowania definicji. Poza wskaźnikami wytyczne zawierają czynniki mające wpływ na wielkość strat, np. struktura sieci, wiek przewodów, ciśnienie, ruch drogowy nad siecią czy prace eksploatacyjne. Zawiera także zalecenia techniczne i organizacyjne, np.: monitoring przepływów i ciśnień, lokalizacja przecieków, modernizacja sieci, kontrola punktów przyłączenia i pomiaru, przeciwdziałanie kradzieżom wody. Wytyczna pozwala operatorom systemów wodociągowych porównać swoje straty z trendami branżowymi oraz wdrożyć systematyczne podejście do redukcji wycieków.

Francja stosuje wskaźnik efektywności sieci dystrybucyjnej. *Jest to stosunek objętości wody zużywanej przez użytkowników (osoby prywatne, przedsiębiorstwa) i służbę publiczną (do zarządzania systemem wody pitnej) do objętości wody pitnej wprowadzonej do sieci dystrybucyjnej.* Według Narodowego Obserwatorium Usług Wodno-Kanalizacyjnych Sispea [6] w styczniu 2024 dla Francji wskaźnik ten wyniósł 84%. Gminom postawiono cel 85%. Jeśli straty są większe, wówczas dopuszcza się nałożenie kar na dostawcę wody.

Z kolei normy Niemieckiego Towarzystwa Naukowo-Technicznego Gazu i Wody (DVGW) [7] są ogólnie uznanymi normami technicznymi. Norma W 392 obejmuje tworzenie bilansu wodnego, określanie strat wody, tworzenie powiązanych kluczowych danych i monitorowanie sieci. Choć nie ma jednego ogólnokrajowego progu strat wody ani obligatoryjnego przepisu ustawowego określającego maksymalny poziom strat, operatorzy są zobowiązani przez prawo do zminimalizowania strat i prowadzenia gospodarki wodnej w sposób efektywny.

W Holandii obowiązuje ogólnokrajowe podejście do strat wody w sieciach wodociągowych, choć nie ma ściśle określonego maksymalnego progu strat dla całego kraju. Zamiast tego funkcjonuje system benchmarkingu.

Bardzo rozwinięty system monitorowania strat ma Dania.

Erhard ROCO Wave – przepustnica, która łączy tradycję i nowoczesność

Justyna Wronka-Bukowska,
Marek Kuś

Marka Erhard od ponad 70 lat specjalizuje się w produkcji przepustnic podwójnie mimośrodowych. Model ROCO Wave, wytwarzany w Heidenheim (Niemcy), to efekt dziesięcioleci udoskonaleń konstrukcji i obserwacji armatury w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Dzięki temu dziś stanowi jedno z najbardziej zaawansowanych i wszechstronnych rozwiązań w swojej klasie.

Dlaczego właśnie podwójny mimośród?

Najczęściej stosowane są dwa typy: przepustnice centryczne międzykołnierzowe oraz przepustnice podwójnie mimośrodowe w długości zabudowy szereg 14. Pierwsze z nich są kompaktowe i tanie, ale ich żywotność ogranicza konstrukcja – uszczelnienie narażone jest na ciągłe tarcie, a osady mogą przyspieszać zużycie. Przepustnice podwójnie mimośrodowe, choć wymagają większej przestrzeni montażowej, zapewniają znacznie dłuższą trwałość uszczelnienia, niezawodność pracy i wyższe bezpieczeństwo instalacji. Żeliwo sferoidalne GJS 400-15 i opcjonalne GJS 400-18 LT (o podwyższonej plastyczności) pozwalają armaturze pracować zarówno w standardowych warunkach sieci wodociągowych, jak i w środowisku o niższych temperaturach. Fakt, że produkcja obejmuje średnice od DN 80 aż do DN 3000, sprawia, że ROCO Wave można spotkać zarówno w miejskich instalacjach wodociągowych, jak i na **zaporach**, w **elektrowniach wodnych** czy **układach chłodzenia**.

Trwałość budowana od podstaw

Jednym z filarów trwałości ROCO Wave jest zastosowanie **pokryć antykorozyjnych najwyższej jakości**. W standardzie armatura powlekana jest proszkową żywicą epoksydową zgodnie z wytycznymi GSK, posiadającą certyfikat RAL-GZ 662 o grubości warstwy od min. 750 µm do 800 µm. Alternatywami dostępne

- **połączenie wałka z dyskiem o przekroju poligonalnym** eliminuje luzy nawet po wielu latach eksploatacji, zwiększa odporność na obciążenia w tym także dynamiczne nawet o 20%, dodatkowo pozwala na pełne zabezpieczenie antykorozyjne dysku przepustnicy,
- **przekładnia korbowo-wodzikowa SKG** – jedno z najbardziej charakterystycznych rozwiązań – zapewnia automatyczne spowolnienie procesu zamykania w końcowej fazie, chroniąc instalację przed uderzeniami hydraulicznymi. To mechaniczne, niezależne od zasilania elektrycznego zabezpieczenie, które w praktyce potrafi uchronić rurociąg przed kosztowną awarią.

Ekonomia w praktyce

Choć początkowy koszt zakupu przepustnicy ROCO Wave może być wyższy niż produktów konkurencji, to bilans **całkowitego kosztu posiadania** (TCO) przemawia jednoznacznie na jej korzyść. Wynika to z faktu, że całkowity koszt armatury to nie tylko cena nabycia, ale przede wszystkim koszty eksploatacyjne, w tym energia potrzebna do tłoczenia wody. Kluczową rolę odgrywają tu opory miejscowe – w przepustnicach ROCO Wave zostały one znacząco zredukowane dzięki unikatowej konstrukcji. Falisty kształt dysku, jedyny taki na rynku, zmniejsza dodatkowe przewężenia, a jego wewnętrzna rama usztywnia element przy jednoczesnym obniżeniu masy. Dla większych średnic powyżej DN 1600 opracowano wersję szkieletową, która jeszcze efektywniej poprawia parametry przepływowe. Dodatkowo zoptymalizowano siedzisko uszczelnienia, nadając



Chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT) jako podstawowy wskaźnik zanieczyszczenia ścieków w wymiarowaniu stopnia biologicznego oczyszczalni z osadem czynnym

Wojciech Góra

Zdecydowana większość zespołów projektowych w Polsce i duża część w świecie, wymiaruje stopień biologiczny komunalnych oczyszczalni ścieków z osadem czynnym w oparciu o niemiecki zbiór reguł A131. Zbiór ten został wydany w 1981 roku i był aktualizowany w latach: 1991, 2000 (ATV-DVWK-A131) i w roku 2016 (DWA-A131). Wersja z 2000 roku, co do zasady, bazowała na wymiarowaniu wielkości bioreaktorów w oparciu o wskaźnik zanieczyszczenia BZT₅ (biochemiczne zapotrzebowanie tlenu), jednak z możliwością prowadzenia obliczeń również w oparciu o ChZT (chemiczne zapotrzebowanie tlenu). Wersja A131 z 1991 roku bazowała wyłącznie na obliczeniach odnoszących się do BZT₅, natomiast w aktualnej wersji A131 (2016) – obliczenia oczyszczalni komunalnych są prowadzone wyłącznie w oparciu o ChZT. W Polsce zostały wydane polskojęzyczne wersje programów wspierających pracę projektantów: „Ekspert osadu czynnego: Wymiarowanie i kontrola jednostopniowych oczyszczalni ścieków z osadem czynnym wg Wytycznej ATV-A131”, który jest implementacją metody z 2000 roku oraz „Ekspert osadu czynnego: Wymiarowanie i obliczanie jednostopniowych oczyszczalni ścieków z osadem czynnym zgodnie z wytyczną A131” (wersja implementacyjna A131 z roku 2016). Obydwie wersje posiadają polski komentarz wydany przez Wydawnictwo Seidel-Przywecki. We wstępie do komentarza do aktualnej wersji A131 (2016) można przeczytać: „Ponieważ BZT₅ nie pozwala na przeprowadzenie pełnego bilansu ilości osadów i zapotrzebowania tlenu oraz nie jest powszechnie oznaczanym wskaźnikiem, Komitet Techniczny KA-6 zdecydował o tym, że wymiarowanie takich oczyszczalni powinno bazować wyłącznie na ChZT. Obecnie ChZT jest podstawowym parametrem przyjmowanym do wymiarowania i modelowania biologicznego oczyszczania ścieków (...)” [3], przy czym obciążenie oczyszczalni powinno być przyjmowane jako 85 procentyl ładunków ChZT.

Faktem jest, że wielu projektantów cały czas opiera się na

wynikać może choćby ze zdolności adaptacyjnych osadu czynnego do metabolizowania niespecyficznych rodzajów zanieczyszczeń. W takim przypadku część zanieczyszczeń mierzonych jako ChZT ulega tlenowej degradacji biologicznej z wytworzeniem osadu nadmiernego, co nie jest uwzględniane w bilansie opartym na oznaczeniu BZT.

Ponadto należy mieć na uwadze, że samo oznaczenie BZT₅ bywa obarczone niemałym błędem (statystycznie większym niż oznaczenie ChZT). Przykładowo dla analizy próbki wzorca o stężeniu 1000 mgO₂/l (CRM: ISO17034, ISO/IEC17025, Merck) uzyskano w dwóch różnych laboratoriach akredytowanych wartości: 770 ± 180 mgO₂/l oraz 1200 ± 19 mgO₂/l – czyli z błędami ≥ 20% względem rzeczywistego stężenia. W odniesieniu natomiast do oznaczenia ChZT, wielokrotnie porównywano wyniki uzyskiwane przez laboratoria akredytowane z wynikami uzyskanymi metodą zminiaturyzowaną wykonywaną dla ścieków surowych we własnym zakresie (PN-ISO 15705:2005) i uzyskiwano różnice w wynikach stężeń zazwyczaj ≤ 5%.

Można zatem postawić pytanie: Jaki jest wpływ wymiarowania oczyszczalni ścieków w oparciu o ChZT (wg obowiązującej wytycznej A131) oraz w oparciu o BZT₅ na obliczeniową ilość powstających osadów i zapotrzebowanie na tlen, co przekłada się później na wymiarowanie poszczególnych elementów oczyszczalni?

Dla zobrazowania problemu zrealizowano obliczenia w dwóch wersjach programu Ekspert osadu czynnego (z 2000 roku oraz z 2016 roku), dla następujących ilości i jakości ścieków z niekorzystnym stosunkiem BZT₅/ChZT równym 0,35:

- | | |
|--------------------------------|--|
| □ Miarodajny przepływ ścieków: | 1000 m ³ /d; |
| □ Godzinowy przepływ ścieków: | 100 m ³ /h; |
| □ ChZT: | 1000 mgO ₂ /l (1000 kgO ₂ /d); |
| □ BZT ₅ : | 350 mgO ₂ /l (350 kgO ₂ /d); |
| □ Azot Kjeldahla: | 80 mg/l; |

Cyberbezpieczeństwo urządzeń pompowych w instalacjach krytycznych

Tomasz Sionkowski,
Andrzej Kielbasa

Infrastruktura wodociągowa stanowi jeden z filarów bezpieczeństwa publicznego i zdrowia mieszkańców. W dobie cyfryzacji i automatyzacji, zarządzanie urządzeniami oraz systemami uzdatniania i dystrybucji wody powszechnie realizowane jest z wykorzystaniem dostępnych technologii cyfrowych. To znaczne ułatwia efektywne funkcjonowanie, ale jednocześnie niestety też zwiększa zagrożenie atakami w cyberprzestrzeni.

W niniejszym artykule przedstawiono aktualne regulacje dotyczące cyberbezpieczeństwa w sektorze wodno-kanalizacyjnym oraz analizę ujawnionych przypadków ataków. Przedstawiono również kierunki działań pozwalających lepiej chronić infrastrukturę i procesy technologiczne w przedsiębiorstwach komunalnych.

Regulacje dotyczące cyberbezpieczeństwa w sektorze wodno-kanalizacyjnym

W Polsce obowiązują Narodowe Standardy Cyberbezpieczeństwa (NSC), opracowane na podstawie amerykańskich norm NIST i dostosowane do krajowego systemu prawnego. Dokumenty takie jak NSC 199, NSC 200, NSC 800-12, NSC 800-18 i NSC 800-30 zawierają wytyczne dotyczące klasyfikacji zagrożeń, minimalnych wymagań bezpieczeństwa oraz procedur szacowania ryzyka.

Dodatkowo, Rekomendacje cyberbezpieczeństwa dla sektora wodno-kanalizacyjnego (R-CYBER-01/2021) wskazują na konieczność wdrażania środków organizacyjnych i technicznych, takich jak separacja sieci OT/IT, monitorowanie systemów SCADA oraz szkolenia personelu.

W kontekście unijnym, kluczowe znaczenie ma Dyrektywa NIS2, która nakłada obowiązek wdrożenia odpowiednich środków bezpieczeństwa przez operatorów usług kluczowych, w tym wodociągów.

Do wejścia w życie Cyber Resilience Act (CRA) i od koniec

Tab. 1. Norma EN 18031 – części

Część normy	Zakres
EN 18031-1:2024	Ochrona sieci i komunikacji
EN 18031-2:2024	Ochrona danych osobowych
EN 18031-3:2024	Ochrona transakcji finansowych

Norma EN 18031 została opublikowana przez CEN/CENELEC jako techniczna podstawa do spełnienia wymagań RED DA. Składa się z trzech części (tabela 1).

Urządzenia pompowo-monitorujące z funkcjami komunikacji bezprzewodowej (np. Wi-Fi, GSM, Bluetooth) **muszą spełniać EN 18031**, jeśli przesyłają dane przez sieć radiową, przetwarzają dane osobowe i obsługują zdalne sterowanie.

3. **IEC 62443** (17 października 2024) – międzynarodowy standard bezpieczeństwa systemów automatyki przemysłowej

Norma IEC 62443 odgrywa kluczową rolę w zapewnieniu cyberbezpieczeństwa dla **automatyki przemysłowej w sektorze wodociągowym**, szczególnie w kontekście systemów sterowania pompami, monitoringu jakości wody, SCADA oraz urządzeń IoT.

4. **NIS2** (październik 2024) – dyrektywa UE nakładająca obowiązki w zakresie cyberbezpieczeństwa na operatorów usług kluczowych

NIS2 (Network and Information Security Directive 2) to zaktualizowana wersja dyrektywy NIS z 2016 roku. Jej celem jest zwiększenie odporności infrastruktury krytycznej na

Skażenie wody pitnej – zagrożenie, którego nie można lekceważyć

Krzysztof Nowacki

Woda jest jednym z najcenniejszych zasobów, od którego zależy nasze życie i zdrowie. Codziennie korzystamy z niej bez zastanowienia, pijemy ją z kranu, używamy do przygotowania posiłków, kąpieli czy utrzymania higieny. Ufamy, że sieć wodociągowa zapewnia bezpieczeństwo i że woda dostarczana do naszych domów jest czysta, wolna od zanieczyszczeń i spełnia wszystkie normy sanitarne. Tymczasem niedawne wydarzenia w Obornikach pokazują, jak łatwo ten system można narazić na poważne zagrożenie i jak niewystarczająco chronione są interesy mieszkańców.

W maju 2025 roku do sieci wodociągowej należącej do Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Obornikach wtłoczono wodę bezpośrednio z rzeki Wełny. Była to woda nieprzebadana, nieoczyszczona i pochodząca z nielegalnego ujęcia, co mogło spowodować skażenie całego systemu zaopatrzenia w wodę pitną. Pracownicy Spółki, wykonując czynności serwisowe przy jednym z przyłączy, stwierdzili brak zaworu antyskażeniowego, a w konsekwencji – możliwość cofnięcia się wody z prywatnego źródła do publicznej sieci. W toku kontroli odnotowano przepływ wsteczny na poziomie ponad **1 150 m³**, a więc znaczącą ilość, która trafiła z powrotem do sieci.

Co to oznaczało dla mieszkańców?

W przypadku potwierdzonego skażenia jedynym rozwiązaniem byłoby natychmiastowe odcięcie wody wodociągowej dla znacznej części miasta – szacunkowo aż dla 1/3 mieszkańców Obornik. Taka sytuacja wymusiłaby dostarczanie wody alternatywnymi metodami, beczkowozami, cysternami lub w formie wody butelkowanej. Konsekwencje organizacyjne, finansowe i społeczne byłyby ogromne.

Należy pamiętać, że sieć wodociągowa jest systemem naczyniowo połączonym i wprowadzenie do niej substancji niewiadomego pochodzenia z jednego punktu może zagrazić

- przyznania się właściciela posesji do pompowania wody z rzeki,
- realnej groźby skażenia wody dla tysięcy mieszkańców.

Co więcej, organy ścigania nie sprawdziły nawet, czy właściciel posesji posiadał wymagane **pozwolenie wodnoprawne** na pobór wody z rzeki. Ten brak elementarnej weryfikacji rodzi pytania o jakość i rzetelność prowadzonego postępowania.

Jak łatwo skażyć sieć wodociągową

Opisywana sytuacja obnaża słabości systemu ochrony infrastruktury krytycznej. Do wtłoczenia wody z rzeki doszło w prosty sposób, poprzez brak zabezpieczenia instalacji prywatnej. Takie zaniedbanie, choć teoretycznie możliwe do wykrycia, w praktyce przez długi czas mogło pozostać niezauważone.

Wystarczy brak jednego zaworu, by cała sieć została narażona. To pokazuje, że odpowiedzialność indywidualnych użytkowników sieci jest ogromna, ale jednocześnie system powinien zapewniać skuteczniejsze mechanizmy kontroli i egzekwowania obowiązków.

Czy mamy świadomość, jak ważna jest woda?

Sprawa z Obornik stawia zasadnicze pytanie: czy jako społeczeństwo zdajemy sobie sprawę, jak kruche jest nasze bezpieczeństwo wodne? Woda pitna to nie towar jak każdy inny, to dobro strategiczne, którego jakość i dostępność powinny być chronione w sposób absolutny. Tymczasem organy, które powinny stać na straży bezpieczeństwa obywateli, nie dostrzegły w przedstawionej sytuacji zagrożenia.

Czy naprawdę musimy doczekać się poważnego kryzysu sanitarnego, aby świadomość tego problemu dotarła do wszystkich instytucji odpowiedzialnych za bezpieczeństwo?

ScaleBuster – skuteczna ochrona instalacji przed kamieniem i korozją

Zuzanna Bielawiec

Kamień w instalacjach wodnych stanowi jedno z największych wyzwań eksploatacyjnych. Występuje zarówno w budynkach mieszkalnych jak i w obiektach przemysłowych czy komercyjnych. Wytrącające się węglany wapnia i magnezu powodują narastanie twardych i trudnych do usunięcia złożeń w rurach, wymiennikach ciepła, armaturze czy urządzeniach wodnych, prowadząc do zmniejszenia przekrojów hydraulicznych, strat ciśnienia a także obniżenia sprawności urządzeń i wymiany ciepła. W przypadku urządzeń grzewczych już kilkumilimetrowa warstwa osadu może znacząco zwiększyć koszty eksploatacji a także skrócić żywotność urządzeń. W skrajnych przypadkach może doprowadzić do poważnych awarii oraz kosztownych przestojów. Innym, równie często występującym problemem w instalacjach wodnych jest korozja, która dodatkowo osłabia elementy systemów. Inwestorzy i eksploatacyjni od lat poszukują na rynku skutecznych, a zarazem ekonomicznych, rozwiązań w tym zakresie. Odpowiedzią na powyższe problemy może być ScaleBuster.

ScaleBuster to urządzenie, które chroni instalacje wodne przed odkładaniem się kamienia oraz korozją. Do pracy nie potrzebuje ani chemikaliów, ani zasilania, co czyni jego eksploatację wolną od kosztów. Konstrukcja ScaleBustera opiera się na opatentowanej technologii wykorzystującej zjawiska elektrostatyczne i hydrauliczne w celu wytrącania węglanów wapnia i magnezu w postaci zawiesiny. Zamiast osadzać się w formie twardego kalcytu, sole te krystalizują się jako aragonit – miękka, nieprzylegająca do powierzchni struktura.

Wewnątrz urządzenia znajdują się przekładki teflonowe, komory turbulencji oraz anody (rysunek 1). Specjalna konstrukcja powoduje szereg zjawisk, które razem odpowiadają za skuteczność tej technologii:

- turbulencje i kawitacja w komorach turbulencji urządzenia, prowadzące do gwałtownych zmian ciśnienia i rozpadu węglanów

- tworzenie kryształów węglanów wapnia w formie aragonitu oraz łączenie się cząstek w większe skupiska łatwo wypływające z instalacji,
- galwaniczna ochrona katodowa dzięki anodzie typu Dry Contact, ograniczająca korozję w instalacjach.

Działanie ScaleBustera to nie tylko ochrona instalacji przed powstawaniem nowych osadów. Dzięki procesom tworzenia kryształów aragonitu oraz zaburzeniu równowagi wodorowęglanowej woda po przejściu przez urządzenie staje się mniej nasycona węglanem wapnia. Oznacza to, że ma zdolność do rozpuszczania już istniejących złożeń w instalacji. Proces ten przebiega stopniowo i bezpiecznie, bez stosowania agresywnych środków, co sprawia, że ScaleBuster działa nie tylko prewencyjnie, ale także oczyszcza instalację.

ScaleBuster znajduje szerokie zastosowanie w instalacjach wodnych, np. w:

- gospodarstwach domowych i budownictwie wielorodzinnym – ochrona instalacji oraz kotłów, pralek, zmywarek,
- obiektach komercyjnych – instalacje i urządzenia wodne w hotelach, szpitalach, restauracjach, biurach, szkołach,
- instalacjach przemysłowych – układy wież chłodniczych, wymienniki ciepła, stacje przygotowania wody technologicznej,
- infrastrukturze komunalnej – wodociągi, instalacje ciepłownicze.

Urządzenia produkowane są w szerokim zakresie średnic – standardowo do DN 600, z możliwością wykonania także modeli o średnicy 800 mm czy nawet 1000 mm (rysunek 2).

Warto zwrócić uwagę, że ze względu na swoje działanie, ScaleBuster może być także praktyczną alternatywą dla klasycznych zmiękczaczy. Urządzenia jonowymienne skutecznie redukują twardość wody, zabezpieczając instalację przed kamieniem, ale ich eksploatacja wiąże się z koniecznością regularnej regeneracji złoża i uzupełniania soli, co generuje koszty oraz zanieczyszczenia. Te ostatnie, trafiają do melchów oczyszczalni

***Legionella spp.*: niewidoczny przeciwnik. O wodzie, odpowiedzialności i pułapkach instalacyjnych codzienności**

Agnieszka Dybała-Kamińska

Obecność wody to nieodłączny znak rozwoju cywilizacyjnego, a jej jakość stanowi kluczowy wskaźnik naszego bezpieczeństwa. Współczesne systemy wodociągowe, projektowane przede wszystkim z myślą o komforcie użytkowników, coraz częściej muszą mierzyć się z pytaniem, które jeszcze niedawno było domeną laboratoriów.

1. *Legionella spp.* – niewidoczne zagrożenie w wodzie użytkowej

W wodzie, która ma zapewniać nam komfort i bezpieczeństwo, mogą rozwijać się mikroorganizmy zdolne zagrozić zdrowiu człowieka. Jednym z nich jest bakteria z rodzaju *Legionella* – trudna do wykrycia, ale często obecna w systemach wodnych budynków mieszkalnych, szpitalnych czy hotelowych.

Bakteria z rodzaju *Legionella* jest dyskretnym i trudnym do zidentyfikowania rezydentem instalacji wodnych. Występuje tam, gdzie temperatura jest zbyt niska, by ją zabić, a jednocześnie na tyle wysoka, by umożliwić jej przetrwanie. Zagnieżdża się w martwych odgałęzieniach rur, biofilmie oraz nagrzanych kolankach. Nie unosi się wartkim strumieniem wody, lecz pozostaje w ukryciu, czekając na odpowiedniego gospodarza, u którego może wywołać poważne konsekwencje zdrowotne.

Kontrola obecności *Legionella spp.*, to nie kwestia teorii, ale praktycznego nadzoru nad instalacjami wodnymi, gdzie komfort i higiena muszą iść w parze z bezpieczeństwem mikrobiologicznym.

2. Gdzie kończy się instalacja, a zaczyna ryzyko?

Legionella pneumophila, najczęściej izolowany gatunek, wywołuje legionellozę – zapalenie płuc o gwałtownym przebiegu. Dla osób z osłabioną odpornością: pacjentów szpitali,

niektórych obiektów medycznych obowiązują bardziej rygorystyczne wartości parametryczne. Ustalona na podstawie badań oraz kompromisów, ta wartość stanowi punkt odniesienia, według którego system uznaje się za „pod kontrolą”, gdy liczba bakterii mieści się w określonych granicach.

Kontrola to jednak znacznie więcej niż sama zgodność z normą. Obejmuje także świadomość, że brak wykrycia bakterii nie wyklucza istnienia zagrożenia. Hodowlana metoda badania zgodna z normą PN-EN ISO 11731 stanowi złoty standard, jednak wymaga czasu i doświadczenia, a wyniki nie są dostępne natychmiast.

Monitoring wody, zarówno mikrobiologiczny, jak i termiczny, powinien stać się elementem rutyny, a nie wyjątkiem. Personel techniczny musi zdawać sobie sprawę, że walka z *Legionella spp.*, to nie jednorazowa interwencja, lecz ciągły proces wymagający kompetencji, odpowiedzialności i odpowiednich środków.

4. Dezynfekować? Ale jak?

Każdy obiekt ma swoją historię, a każda instalacja charakteryzuje się unikalną specyfiką, inną geometrią, przebiegiem rur oraz punktami podatności. W związku z tym nie istnieje jedna skuteczna metoda walki z *Legionella spp.*, choć można wyróżnić kilka podstawowych scenariuszy postępowania:

- Termiczna dezynfekcja polega na podniesieniu temperatury wody powyżej 70°C i dokładnym płukaniu całego systemu. Jest to metoda szybka, jednak często jej efekty są krótkotrwałe.
- Dezynfekcja chemiczna wykorzystuje środki oparte na chlorze, dwutlenku chloru lub monochloraminie. Wymaga to jednak stałego nadzoru oraz specjalistycznej wiedzy chemicznej.
- Promieniowanie UV znajduje zastosowanie punktowe, na

Akcja REGENERACJA, czyli jak skutecznie dbać o studnie wykorzystując metodę regeneracji hydrodynamicznej

Paweł Górczyński

Wykonanie nowej studni ujęciowej to proces czasochłonny i bardzo kosztowny. To inwestycja, o którą trzeba dbać, aby zapewnić jej sprawność i jak najlepsze parametry. Niestety otwory studzienne podczas eksploatacji podlegają różnorodnym procesom starzenia się i już po kilku latach użytkowania ich wydajność może spaść względem parametrów osiągniętych po ich odwierceniu. Procesy starzenia się studni można jednak w łatwy sposób spowolnić lub nawet zatrzymać, wykonując szybkie i mało kosztowne procesy regeneracji.

Dla przedsiębiorstw wodociągowych czy prywatnych inwestorów zwiększenie zaopatrzenia w wodę poprzez budowę nowych studni to inwestycje trwające latami. Potrzebny jest czas zarówno na przygotowanie dokumentacji pod budowę, czas na pozyskanie funduszy, a także na przeprowadzenie postępowań przetargowych aż do etapu wykonawczego. A co gdyby skoncentrować się na odpowiednim „serwisowaniu” już istniejących studni, aby zapewnić ich eksploatację na jak najlepszym poziomie? Okazuje się często, że konieczność budowy nowej studni może wynikać z zaniedbań związanych z niewiedzą, brakiem środków lub po prostu z niechęcią użytkownika do jakiegokolwiek ingerencji w istniejącą już infrastrukturę studzienną. Skoro właścicielowi nowego otworu studziennego udało się przebrnąć przez wyboistą drogę inwestycyjną, to niekiedy ciężko jest go przekonać do dalszych inwestycji, mających zapewnić sprawną pracę studni. Ale studnia to nie samograj, który nie wymaga żadnych prac. Co więcej, ich brak prowadzi nierzadko do awarii lub poważnych spadków wydajności. Jako firma wykonawcza i doradcza z ponad 20-letnim doświadczeniem, spotykamy się często z zapytaniem, co można zrobić w przypadku zrywania zwierciadła wody w otworze lub znacznego, niemal już katastrofalnego spadku wydajności studni? Dzieje się tak w przypadku otworów zarówno kilkuletnich, jak i eksploatowanych wiele lat. Remedium na obniżającą się dynamiczną zwierciadła wody i związane z tym spadki

poddawanych jest od 100 do ponad 200 studni rocznie. Bazując na analizie pomiaru wydajności, uwzględniającej wiek oraz czas poprzedniej regeneracji, corocznie wybierane są studnie przeznaczone do prac regeneracyjnych na kolejne 12 miesięcy.

Lata doświadczeń z różnymi pracami odbywającymi się na wymienionych ujęciach zaowocowały wypracowaniem skutecznej, szybkiej oraz bezpiecznej dla studni i ujęcia metody regeneracji.

Najwyższej klasy sprzęt i technologia

Przy tak dużej liczbie studni na ujęciach wody, prace regeneracyjne muszą być przeprowadzane wydajne i przede wszystkim bezpieczne, a zagwarantować to może wysokiej jakości sprzęt. Zbudowana na podwoziu samochodu ciężarowego maszyna wyposażona została w wysoko wydajny agregat ciśnieniowy, a na samochodzie dodatkowo zamontowano dźwig HDS (rysunek 1). Uniezależnia nas to od dodatkowych jednostek, niezbędnych do demontażu pomp i armatury studziennej. Sterowanie procesem regeneracji odbywa się z panelu kontrolnego maszyny – operatorzy mogą dowolnie sterować ciśnieniami, przepływem oraz programować czas i liczbę powtórzeń czyszczenia danej strefy studni (rysunek 2). Po zadaniu parametrów pracy operatorzy mogą zająć się innymi czynnościami, takimi jak kontrola zasilania maszyny w wodę czy czynności przygotowawcze do pracy przy innej studni.

Przeprowadzany przez nas proces to w skrócie zadanie polegające na wprowadzeniu do studni różnego rodzaju głowic, zakończonych dyszami, które przy pomocy agregatu podają wodę pod dużym ciśnieniem wraz z kontrolowanym, dochodzącym do 100 l/min, przepływem (rysunek 3). Zasilanie maszyny regeneracyjnej w wodę niezbędną do pracy odbywa się z sąsiadujących studni lub bezpośrednio z rurociągów tłoczących wodę surową. W przypadku prac, które wykonujemy

Nic lepszego nad wodę

Jakub Skrzypczak

Wielokrotnie przechadzając się poznańskim Placem Wolności, zarówno turyści, jak i mieszkańcy, mijają specyficzną rzeźbę ustawioną na wysokim cokole. Dama, spowita szlachetną patyną, która dumnie nań siedzi i przygląda się przechodniom, nie jest przypadkową postacią. I tak jak ostatnio miałem okazję podzielić się z Państwem historią mitycznych postaci zaklętych w metalu i kamieniu, na narożach Starego Rynku, a mowa o fontannach Prozerpiny, Apolla, Neptuna i Marsa, tak i w tej historii wątek antycznego bóstwa nas nie ominie. Owa kobieta to Hygea, czasem zwana Higieją lub Hygieją. Czy nazwa nam coś mówi? Oczywiście, że tak! Skojarzenia od razu wiodą nas do słowa „higiena”. Zresztą tak w języku polskim, jak i wielu innych, gdzie fonetyka nieubłaganie sugeruje ten sam źródłosłów, słowo „higiena” pochodzi właśnie od imienia tego bóstwa, które patronowało zdrowemu ciału, a przecież „Nic lepszego nad wodę”, czyż nie?

Wielki dar dla miasta

Skoro Hygea ma uosabiać zdrowie, to jaki związek ma z miejscem, w którym stanęła jej fontanna? Proszę się skupić, bo i dla mnie to niepojęta historia, choć opowiadam ją turystom niezliczoną ilość razy. Jest to swego rodzaju konsekwencja, a właściwie zwieńczenie olbrzymiej inwestycji, która nastąpiła w Poznaniu za sprawą hrabiego Edwarda Raczyńskiego. Kim był Raczyński? To magnat, filantrop, wielki organicznik i działacz, którego żywot przypadł na trudny czas zaborów. Któż tę historię opowie nam lepiej niż ta zastygła w skupieniu kobieta? Inskrypcja wyryta na ścianie cokołu zajmowanego przez Hygeę głosi: „Edward Raczyński obdarzył miasto w roku 1841 nowym wodociągiem doprowadzając wodę źródlaną ze Wzgórza Winiarskiego i wybudował tę studnię na zbiegu ul. 23 lutego z Al. Marcinkowskiego poświęcając ją Wincentemu Priessnitzowi (1799-1851) twórcy wodolecznictwa”

w kulturze, sztuce, rolnictwie, wątkach militarnych, czy nawet ekonomicznych, udało się odzyskać niepodległość w kolebce polskiej państwowości. Organiczni patrzyli dalej niż czubek ich własnego nosa – myśleli w sposób republikański, dalej niż kadencyjne postrzeganie rzeczywistości, a podejmowane działania miały sięgać kolejnych pokoleń. Co symptomatyczne, żaden z wielkich działaczy, których wymienię, nie dożył odzyskania niepodległości. Mimo to, ich rola i oddanie należy uznać za bezcenne. I taki był też cel Raczyńskiego. Fundował wodociągi dla Poznania, nie dla zaborcy.

Poszło o napis

Posąg Hygei miał niejako symbolicznie wieńczyć inwestycję – stanowić klamrę kompozycyjno-treściową dla systemu wodociągów. Raczyński zamówił rzeźbę u Alberta Wolffa. Grecka bogini miała zapożyczyć rysy od żony Edwarda, Konstancji Raczyńskiej. Statuy jednak nie odebrał... W związku z niesłusznymi oskarżeniami, których Edward padł ofiarą przy okazji prac związanych z fundacją Złotej Kaplicy, znacząco podupadł na zdrowiu. A poszło o... tabliczkę z nazwiskiem. Raczyński wszak był współautorem koncepcji powstania Złotej Kaplicy, ściśle współpracował przy projekcie z biskupem Teofilem Wolickim, zaangażował w ten proces własne środki, fundując, m.in. dwie ponadwymiarowe rzeźby przedstawiające Mieszka I z krzyżem i Bolesława Chrobrego z mieczem, które można podziwiać do dnia dzisiejszego naprzeciw sarkofagu piastowskich władców. Miał więc moralne prawo, by jego nazwisko znalazło się na tabliczce, u stóp Mieszka. Tabliczka nie miała być laudacją na cześć Raczyńskiego, a jej skromne rozmiary nie miały nawet jak przyćmić monumentalnej statuy. Zwyczajna informacja o fundatorze, podkreślmy, że zgodna z prawdą. Dziś wszyscy wiemy, że gdyby nie Raczyński, to Złota Kaplica – miejsce pochówku pierwszych Piastów, prawdopodobnie by nie powstała

Czysta woda dzięki nauce: Ruth Patrick i jej ekosystemy

Joanna Antos,
Wiktoria Gadzińska

Ruth Patrick (26 listopada 1907 – 23 września 2013) to nazwisko, które do dziś budzi szacunek w środowisku naukowym. Choć nie była postacią rozpoznawalną w mediach, jej praca miała ogromny wpływ na rozwój ekologii i ochrony środowiska wodnego. Dzięki jej badaniom dziś inaczej patrzymy na rzeki, jeziora i strumienie – nie tylko jak na zbiorniki wody, ale jak na złożone, delikatne ekosystemy, których stan mówi nam wiele o kondycji całej przyrody.

Od dziecięcej pasji do naukowej kariery

Patrick urodziła się w Kansas w 1907 roku. Już od najmłodszych lat wykazywała wyjątkowe zainteresowanie przyrodą. Jako mała dziewczynka spędzała czas na obserwacji strumieni i zbieraniu próbek wody, które później analizowała pod mikroskopem swojego ojca, chemika Franka Patricka. To właśnie on nauczył ją, że nawet najmniejsze organizmy mają znaczenie i odgrywają ważną rolę w utrzymaniu równowagi ekologicznej.

Z czasem ta dziecięca pasja przerodziła się w zawodowe powołanie. Patrick ukończyła studia przyrodnicze na Uniwersytecie Virginia, a następnie zdobyła tytuł doktora botaniki na Uniwersytecie Pensylwanii. Całą swoją karierę zawodową związała z Akademią Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Drexel w Filadelfii. To właśnie tam prowadziła najważniejsze badania nad wpływem działalności człowieka na środowiska wodne.

Nauka, która wsłuchuje się w naturę

W czasach, gdy jakość wody oceniano głównie na podstawie parametrów chemicznych, Patrick postawiła odważną tezę: to

nie wystarczy. Sama chemia nie oddaje rzeczywistego stanu ekosystemu. Według niej, aby naprawdę zrozumieć, co dzieje się z wodą i organizmami w niej żyjącymi, należy obserwować także strukturę biologiczną zbiornika – czyli liczbę, różnorodność i kondycję roślin, ryb, owadów i mikroorganizmów.

Ruth Patrick była pionierką w dziedzinie bioindykacji – czyli badania jakości środowiska na podstawie obecności i stanu organizmów wskaźnikowych. Jej ulubionym „narzędziem” badawczym były okrzemki (łac. *Diatomophyceae*) – mikroskopijne glony, które reagują bardzo precyzyjnie na zmiany w środowisku wodnym. To dzięki nim była w stanie wykrywać zanieczyszczenia, określać poziom pH, ilość składników odżywczych i stopień eutrofizacji wód.

Jednym z jej pierwszych innowacyjnych wynalazków był diatometr – specjalistyczne urządzenie wykorzystujące wrażliwość okrzemek do monitorowania jakości wody. Diatometr umożliwił naukowcom bardziej precyzyjne i biologicznie uzasadnione pomiary stanu rzek i jezior.

Indeks Patrick – biologiczna miara zdrowia rzek

Zainteresowanie mikroorganizmami wodnymi doprowadziło Patrick do opracowania tzw. indeksu Patrick – jednego z pierwszych systemów oceny jakości wód opartych na różnorodności biologicznej. Zasada była prosta: im więcej gatunków typowych dla czystych środowisk występowało w badanym zbiorniku, tym lepszy był jego stan ekologiczny. Indeks Patrick wprowadził do nauki zupełnie nowe podejście: ocenianie jakości wód nie tylko przez pryzmat chemii, ale także życia biologicznego, które w nich funkcjonuje.

