

AGATA DROBNIEWSKA

*Warszawski Uniwersytet Medyczny
Wydział Farmaceutyczny
Zakład Badania Środowiska
Banacha 1, 02-097 Warszawa
E-mail: agata.drobniewska@wum.edu.pl*

BIOTESTY JAKO NARZĘDZIE WSPIERAJĄCE ZARZĄDZANIE PROCESEM OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW

WSTĘP

Żyjemy w czasach, kiedy wzrost i aspiracje ludzi są głównym motorem sprawnym eksploatacji większości ekosystemów na Ziemi. Ogromny postęp gospodarczy, zarówno w krajach rozwiniętych, jak i rozwijających się, owocuje zatem nie tylko wzrostem poziomu życia społeczeństwa, ale także zwiększoną antropopresją na środowisko naturalne, a co za tym idzie – jego globalną degradacją. Z perspektywy postępującej degradacji środowiska przyrodniczego w skali globalnej oddziaływania człowieka na ekosystemy można podzielić na dwie główne formy. Pierwsza, to emisja substancji toksycznych jako wynik wzrastającego zużycia energii i materii, a także chemizacji. Druga, to degradacja cykli krążenia wody i biopierwiastków w krajobrazie.

Tereny miejskie, ze względu na siłę negatywnego wpływu wywieranego na zasoby wodne, wymagają szczególnej uwagi (ZALEWSKI i WAGNER 2007, 2008). Dane statystyczne wskazują, że już ponad połowa populacji z 7 miliardów ludzi na świecie żyje na obszarach zurbanizowanych. Zarządzanie zasobami wody w miastach musi sprostać tym wyzwaniom, co wymaga wdrażania systemowych i innowacyjnych rozwiązań. Efektywna, z punktu widzenia ekosystemów miejskich, gospodarka wodna wymaga rozpoznania wpływu działalności

człowieka na cykl hydrologiczny i na środowisko, warunków socjoekonomicznych systemu, a także czynników klimatycznych, topograficznych i hydrologicznych (MARSALEK i współaut. 2006). Takie rozpoznanie jest konieczne w celu zapewnienia zrównoważonego rozwoju społeczno-gospodarczego miast i państw.

Oczyszczalnie ścieków, wprowadzając oczyszczone ścieki do rzek, pełnią istotną rolę w zachowaniu odpowiedniej jakości wód powierzchniowych. Jednakże, pomimo stosowania najnowszych technologii, które pozwalają usunąć zanieczyszczenia w stopniu wymaganym przez aktualnie obowiązujące przepisy, nieustannie pojawiają się trudności z osiągnięciem dobrego stanu ekologicznego rzek.

Osiągnięcie harmonii pomiędzy technologiami inżynieryjnymi i przyjaznymi środowisku wymaga zastosowania alternatywnych i innowacyjnych metod. Kalibracja takich metod i ich dostosowanie do istniejących uregulowań prawnych wymaga wielu badań eksperymentalnych oraz transferu wiedzy poprzez np. pomoc w tworzeniu systemów wspierania decyzji. Rolę takiego narzędzia mogą pełnić także biotesty zastosowane jako element wspierający zarządzanie procesem oczyszczania ścieków.

ZASTOSOWANIE ANALIZ BIOINDYKACYJNYCH

Do oczyszczalni ścieków, a tym samym do środowiska docierają nie tylko związki, których oznaczanie jest wymagane przez przepisy jak metale, związki organiczne typu WWA, PCB, pestycydy, w tym DDT i pochodne (MŚ 2009), ale także związki nowe (ang. emerging pollutants) (FARRE i współaut. 2008). Ponadto, istnieje wiele nieznanymi substancji i produktów ich przemian o nieznanym wpływie na środowisko. Niektóre z tych związków są trwałe w środowisku, wykazują zdolność do bioakumulacji i potencjalnie mogą być toksyczne. Prowadzi to do niewykrywania wielu substancji toksycznych i w efekcie zaniża ocenę realnego ryzyka, a także nie pozwala na poznanie biologicznej aktywności próbek. Uzupełnieniem analiz chemicznych pozwalającym poznać charakter ścieków dopływających do oczyszczalni oraz efektywność ich oczyszczania stała się w ostatnich latach analiza bioindykacyjna.

Bioindykacja jest metodą polegającą na użyciu organizmu żywego do oceny sumarycznej aktywności badanej próbki. Służy ona ocenie ogólnej jakości środowiska na podstawie reakcji żywego organizmu, tzw. bioindykatora. Reakcja ta obejmuje nie tylko sumaryczne działanie wszystkich substancji pochodzenia antropogenicznego oraz toksyn naturalnych, ale także daje obraz interakcji pomiędzy substancjami toksycznymi a abiotycznymi i biotycznymi czynnikami środowiska (pH, twardość, zawiesiny itp.). Żywy organizm jest swoistym odczynnikiem, wewnątrz którego zachodzą procesy biochemiczne, a ich rezultatem są obserwowane symptomy: zmiany morfologiczne ciała, choroby, a w końcu śmierć. Bioindykacja może zatem dostarczać znacznie więcej istotnych informacji niż tylko ogólnych, liczbowych wskaźników stanu ekosystemu.

Organizmy różnią się wrażliwością, dlatego postuluje się stosowanie zestawu bioin-

dykatorów należących do różnych grup taksonomicznych wybranych ze wszystkich poziomów troficznych: producentów, konsumentów i reducentów (ROJICKOVA-PADROVA i MARSALEK 1998, MANUSADZIANAS i współaut. 2003). Spośród wielu biotestów znanych na całym świecie najpowszechniej stosowane są obecnie mikrobiotesty wykorzystujące mikroorganizmy oraz drobne organizmy roślinne i bezkręgowce tzw. Toxkity (BLAISE 1996).

Wprowadzenie do użycia Toxkitów wyeliminowało problemy z zapewnieniem odpowiedniej liczby bioindykatorów pochodzących z jednego źródła (PERSOONE 1998). Zostały one opracowane przez grupę naukowców pod kierunkiem prof. Guido Persoone z Uniwersytetu Ghent w Belgii (PERSOONE 1998, PERSOONE i VANGHELUWE 2002). Pakiety testowe zawierają organizmy w formie kryptobiotycznej. Wylęg organizmów następuje „na żądanie” użytkownika, w dogodnym czasie i w odpowiedniej ilości osobników. Wyniki badań uzyskanych z zestawu biotestów pozwalają ocenić całościową toksyczność badanych próbek. Ważne jest, że organizmy rozwinięte z Toxkitów mogą charakteryzować się wyższą wrażliwością od organizmów hodowanych w tradycyjny sposób. Zależność taką wykazał między innymi FOCHTMAN (2000). Otrzymane przez niego wartości IC₅₀ (ang. inhibition concentration) dla *Daphnia magna* z Daphtoxkit magna były mniejsze od 1,5 do 10 razy od wartości IC₅₀ skorupia-ka tego samego gatunku pochodzącego z hodowli tradycyjnej. Również PERSOONE (1998) stwierdził, iż dla ponad połowy badanych przez niego czystych substancji chemicznych, *Daphnia magna* z pakietu Daphtoxkit magna wykazała się 1,5 razy wyższą wrażliwością niż ten sam skorupiak pochodzący z tradycyjnych hodowli.

OCZEKIWANIA, WYZWANIA I ZOBOWIĄZANIA

Rozważając wykorzystanie biotestów jako narzędzia wspierającego zarządzanie procesem oczyszczania ścieków należy pamiętać, że przede wszystkim mogą one służyć poznaniu charakteru, toksyczności ścieków dopływających do oczyszczalni oraz efektywności ich oczyszczania na poszczególnych etapach. Może to z kolei być przydatne w

opracowywaniu rozwiązań zgodnych z założeniami Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych (MŚ 2010). Jest to o tyle istotne, iż docelowo każde większe skupisko ludzkie, nazywane w prawie unijnym aglomeracją, w którym wytwarzane są ścieki o ładunku zanieczyszczeń równoważnym ściekom jakie generuje 2 000 dorosłych ludzi

(tzw. Równoważna Liczba Mieszkańców), powinno być wyposażone w system zbierania i oczyszczania ścieków, adekwatny do lokalnych potrzeb i uwarunkowań. W konsekwencji oznacza to, że przystępując do Unii Europejskiej, Polska zobowiązała się zamknąć porządkowanie gospodarki ściekowej do końca 2015 r. Głównym skutkiem realizacji Programu (w skali kraju) będzie polepszenie parametrów jakościowych wód, uzyskane w wyniku zakładanego zmniejszenia ładunku zanieczyszczeń odprowadzanych do wód powierzchniowych (m.in. redukcja zawartości zanieczyszczeń biodegradowalnych w ściekach komunalnych z 69,6% w 2006 r., do co najmniej 90% w 2015 r.).

Powyższe działania mogą posłużyć jednocześnie zmniejszeniu toksyczności ścieków, które tym samym nie będą stanowiły zagro-

żenia dla środowiska oraz zdrowia ludzi. Jest to tym bardziej istotne, iż jesteśmy zobowiązani wdrożyć Ramową Dyrektywę Wodną i do 2015 r. osiągnąć dobry stan ekologiczny wód powierzchniowych (DYREKTYWA 2000/60/WE).

Ponadto ocena toksyczności ścieków wpływających do oczyszczalni, ścieków pochodzących od głównych ich dostawców (ang. „hot spots”), mogłaby służyć ochronie organizmów tworzących osady czynny przed szkodliwym ich działaniem, co przekłada się również na czynnik ekonomiczny.

Realizacja powyższych założeń możliwa jest tylko przy właściwym rozpoznaniu skali wpływu jak największej ilości zanieczyszczeń na środowisko i wypracowaniu właściwych metod badawczych.

WYPRACOWANE I STOSOWANE NA ŚWIECIE SYSTEMY OCENY TOKSYCZNOŚCI ŚCIEKÓW

Na świecie powstało wiele programów i systemów, których celem jest zmniejszenie lub wyeliminowanie toksycznych zrzutów do wód powierzchniowych.

KRAJOWY SYSTEM ELIMINACJI ZRZUTÓW ZANIECZYSZCZEŃ NPDES I POMIARY ŁĄCZNEGO EFEKTU TOKSYCZNEGO WET

W 1972 r. w USA została uchwalona ustawa CWA (ang. Clean Water Act), która miała na celu przywrócenie chemicznej, fizycznej i biologicznej integralności wód krajowych. W 1984 r. Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska USEPA (ang. U.S. Environmental Protection Agency) opracowała politykę zmniejszenia lub wyeliminowania toksycznych zrzutów (USEPA 1984). W efekcie powołany został Krajowy System Eliminacji Zrzutów Zanieczyszczeń NPDES (ang. National Pollutant Discharge Elimination System). Zadaniem programu NPDES było kontrolowanie toksycznych zrzutów, wdrożenie standardów jakości wody, a także przywrócenie i utrzymanie jakości wody na poziomie pozwalającym na jej użytkowanie.

W celu realizacji powyższych zadań konieczne było przyjęcie odpowiednich metod badawczych, które zostały przedstawione w dokumencie pt. *Technical Support Document for Water Quality-based Toxics Control* (USEPA 1991). Zwrócono w nim uwagę na trzy podstawowe elementy: analizy chemiczne i

wskaźniki biologiczne, a także pomiary łącznego efektu toksycznego WET (ang. whole effluent toxicity).

WET, zgodnie z definicją USEPA z 1989 r., to łączny efekt toksyczny wywołany przez ścieki na organizmy wodne (USEPA 1994).

Procedura WET opisana w dokumentach USEPA (1991) obejmuje wykonywanie testów toksyczności ostrej i chronicznej mierzących efekt biologiczny (np. śmierć, wzrost, przeżycie i reprodukcję) organizmów wodnych wywołany obecnością ścieków. Badania te są wykorzystywane do przeprowadzania monitoringu wstępnego, na podstawie którego przy udziale danych historycznych, ustalane są lokalne limity poziomów toksyczności dla podmiotów zrzucających ścieki.

Jeśli na wstępnym etapie badań próbki ścieków uznane zostaną za toksyczne, konieczna jest identyfikacja źródeł toksyczności tzw. TIE (ang. toxicity identification evaluation), której dokonuje się na podstawie badań właściwości fizyko-chemicznych jak i pomiarów toksyczności.

Konsekwencją pomyślnego przeprowadzenia identyfikacji źródeł toksyczności TIE jest zastosowanie jej wyników w praktyce do opracowania procedur nazywanych TRE (ang. toxicity reduction evaluation) prowadzących do zmniejszenia toksyczności próbek ścieków lub wód, do których te ścieki są wprowadzane (USEPA 1999).

Procedura TRE obejmuje przeglądy stosowanych w oczyszczalni metod, poszczególnych procesów oczyszczania, a także używanych surowców/związków chemicznych oraz ostatnio wprowadzonych zmian. Na podstawie wyników przeglądu do oczyszczalni ścieków wprowadza się rozwiązania, które mają na celu ulepszyć proces oczyszczania ścieków. Kolejnym krokiem w procedurze TRE jest testowanie wdrożonych rozwiązań z zastosowaniem narzędzia jakim jest TIE, co służy identyfikacji źródła toksyczności.

W badaniach toksyczności wykorzystuje się standardowe testy z różnorodnymi organizmami oraz gotowe zestawy testowe, które mogą posłużyć jako wskaźniki trendów. W oparciu o przeprowadzone analizy ekotoksykologiczne wprowadza się limity, wydaje pozwolenia czasowe, a także rozwija się program edukacyjny i informacyjny.

KOMPLEKSOWA OCENA WPŁYWU ŚCIEKÓW NA ŻYWE ORGANIZMY WEA

Kolejnym instrumentem pozwalającym kompleksowo ocenić wpływ ścieków na żywe organizmy jest WEA (ang. Whole Effluent Assessment). WEA jest stosowana przez kraje OSPAR, jak i zalecana przez HELCOM.

WEA w ujęciu OSPAR

Pierwsze zapisy o WEA pojawiły się w 1992 r. w ustaleniach po konwencji OSPAR (ang. The Convention for the Protection of the marine Environment of the North-East Atlantic). Konwencja dotyczyła ochrony środowiska morskiego północno-wschodniego Atlantyku i weszła w życie 6 lat później. Została ratyfikowana przez Belgię, Danię, Finlandię, Francję, Niemcy, Islandię, Irlandię, Luksemburg, Holandię, Norwegię, Portugalie, Szwecję, Szwajcarię, Hiszpanię i Wielką Brytanię i zatwierdzona przez Wspólnotę Europejską. Wytyczne dotyczące stosowania WEA pojawiły się dopiero w 2007 r. (OSPAR COMMISSION 2007) i definiowały:

1. Elementy, które wymagają monitoringu: rozróżniano ścieki proste (ścieki o znanym składzie i właściwościach; negatywne oddziaływanie ścieków na organizmy wyjaśnione przez właściwości chemiczne składników) i złożone (ścieki zawierające wiele kompleksów, związków, mieszanin znanych i nieznanymi substancji chemicznych; negatywnego wpływu ścieków nie można ocenić na podstawie ich składu).

2. Badane parametry: toksyczność, bioakumulacja i trwałość. Wyniki opisujące toksycz-

ność, bioakumulację i trwałość są wykorzystywane do ogólnej oceny środowiskowych właściwości substancji, a wybór właściwego badania zależy od ekosystemu, w którym wykonywane są analizy.

3. Kryteria selekcji wstępnej wyboru stanowisk badawczych:

– odnotowana wysoka zawartość węgla organicznego w próbkach wody: badania wykazały, iż w większości przypadków notuje się zależność między wysoką zawartością węgla organicznego i wysokim poziomem toksyczności ostrej;

– określony na stanowiskach rzecznych niski potencjał ekologiczny, niski status ekologiczny.

Bardzo dobrze kryterium to obrazuje przypadek opisany w Niemczech: w rzece Wupper (prawy dopływ Renu) stwierdzono małą ilość ryb, w porównaniu do lat poprzednich. Informacja o ubogim stanie ekologicznym pociągnęła za sobą konieczność wykonania badań diagnostycznych celem ustalenia przyczyny takiego stanu. Wyniki przeprowadzonego monitoringu wskazały, że ścieki jednej z oczyszczalni odprowadzane do tej rzeki, charakteryzowały się brakiem toksyczności względem ryb, ale jednocześnie wysoką toksycznością dla rozwielitek. Odprowadzane ścieki spowodowały zatem spadek liczebności populacji skorupiaków, które stanowiły pokarm ryb, a tym samym spadek ilości ich samych.

4. Przypadki wykorzystania testów toksyczności (testów WEA) do oceny wpływu ścieków przemysłowych na funkcjonowanie oczyszczalni oraz wpływu ścieków na jakość wód powierzchniowych.

Rozróżniono dwa pojęcia: ścieki przemysłowe pośrednie (ścieki odprowadzane po oczyszczeniu wstępnym do zbiorczej oczyszczalni ścieków i po tym etapie kierowane do wód powierzchniowych) i bezpośrednie (ścieki odprowadzane po oczyszczeniu bezpośrednio z zakładów przemysłowych do wód powierzchniowych).

Istotne jest, iż powyższy zapis zgodny jest zapisem w Ramowej Dyrektywie Wodnej mówiącym o dopuszczalnych wartościach emisji (DYREKTYWA 2000/60/WE, artykuł 2 Nr. 40): „Dopuszczalne wartości emisji oznaczają: masę, wyrażoną w postaci pewnych szczególnych parametrów, stężenie i/lub poziom emisji, które nie mogą zostać przekroczone podczas jednego lub więcej przedziałów czasu. [...] Dopuszczalne wartości emisji dla substancji są zwykle stosowane w punkcie,

w którym emitowane substancje opuszczają instalacje, bez uwzględniania rozcieńczenia. W odniesieniu do pośredniego odprowadzania do wód, przy określaniu dopuszczalnych wartości emisji z instalacji może być uwzględniany efekt oczyszczania ścieków w oczyszczalni przy założeniu, że zagwarantowany jest odpowiedni poziom ochrony środowiska naturalnego jako całości i że nie prowadzi to do wyższych poziomów zanieczyszczenia środowiska”.

5. Zalecenie wykonania testów z wykorzystaniem organizmów z różnych poziomów troficznych (np. bakterie, glony, skorupiaki i ryby).

6. Etapowość badań. Przystępując do badania toksyczności próbek w pierwszym etapie powinny zostać przeprowadzone badania przesiewowe. Etap drugi dotyczy tylko tych próbek, które wykazują poziom toksyczności w etapie pierwszym.

7. Przypadki, w których wykonanie testów toksyczności chronicznej jest konieczne: zarejestrowana toksyczność ostra (przyjmuje się, że stężenie, przy którym występuje toksyczność ostra jest 10 razy wyższe od stężenia, przy którym występuje toksyczność chroniczna), stwierdzona bioakumulacja.

8. Rodzaje testów wykonywanych w ramach oceny WEA: badające toksyczność ostrą i chroniczną (ogólnie dostępne z wykorzystaniem bakterii, glonów, skorupiaków), bioakumulację, mutagenność i genotoksyczność, działanie rozprzegające układ hormonalny, trwałość.

WEA w ujęciu HELCOM

Zalecenia stosowania badań toksyczności ścieków wydała również Komisja Helsińska (HELCOM). Dotyczą one jednak wyłącznie próbek ścieków oczyszczonych odprowa-

dzanych do wód z zakładów chemicznych, tekstylnych i zakładów produkujących i konfekcjonujących środki ochrony roślin. Zgodnie z założeniami Bałtyckiego Planu Działań HELCOM (HELCOM 2007) wykorzystanie WEA służy identyfikacji i redukcji pojedynczych substancji, a także ograniczeniu wartości toksyczności zrzutów. HELCOM zaleca stosowanie testów toksyczności z wykorzystaniem bakterii, glonów, rozwielitek i ryb z zaznaczeniem, że konieczne jest wykonanie dwóch testów. Na podstawie badań z wykorzystaniem tychże testów wprowadzono limity toksyczności ścieków (np. TU = 2 dla ryb w teście 96 h, TU = 8 dla rozwielitki w teście 48 h, TU = 16 dla bakterii luminescencyjnych 30 min, TU = 16 dla glonów w teście 72 h).

Istotne jest, iż sam system oceny toksyczności ścieków znalazł odzwierciedlenie we wprowadzanych uregulowaniach prawnych w niektórych krajach, które dostrzegły konieczność łączenia tradycyjnej analityki chemicznej i bioanalityki, a następnie ich praktycznego wykorzystania w zintegrowanym systemie zarządzania środowiskiem. Dobrym przykładem są: Niemcy, w których to ustawodawstwo definiuje dopuszczalne wartości toksyczności dla ścieków dla kilku sektorów przemysłu; Litwa, w której od 2006 r. istnieje obowiązek wykonywania testu toksyczności ostrej z wykorzystaniem *Daphnia magna* dla ścieków wpływających do wód powierzchniowych; Szwecja i Dania, w których zostały zdefiniowane pozastatutowo wytyczne dotyczące wykorzystania WEA w przyznawaniu pozwoleń środowiskowych dla większych zakładów przemysłowych; a także Finlandia, w której wykorzystanie WEA nie jest obowiązkowe, ale sporadycznie stosowane w procedurach przyznawania pozwoleń środowiskowych.

SYSTEM BEZPOŚREDNIEJ OCENY TOKSYCZNOŚCI PRÓBEK ŚCIEKÓW I WÓD, DO KTÓRYCH ZRZUCANE SĄ ŚCIEKI

Kolejnym przykładowym systemem oceny toksyczności próbek ścieków i wód, do których zrzucane są ścieki jest DTA (ang. direct toxicity assessment) (ENVIRONMENT AGENCY 2007). Bezpośrednia ocena toksyczności próbek stosowana jest od lat 90. m.in. w Australii, Nowej Zelandii oraz Wiel-

kiej Brytanii. Pierwsze jednak wytyczne dotyczące badań tego typu zostały wydane dopiero w 2000 r. System DTA jest traktowany jako narzędzie do zbadania możliwości zmniejszenia toksyczności ścieków i identyfikacji Najlepszych Dostępnych Technik (ang. best available techniques, BAT).

WYKORZYSTANIE WEA W POLSCE

W przypadku Polski do tej pory tematyka konieczności oceny toksyczności ścieków była poruszana jedynie sporadycznie, głównie w środowiskach naukowych. Badania na szerszą skalę prowadzone były w tym zakresie dopiero w ramach realizacji projektu COHIBA (ang. control of hazardous substances in the Baltic Sea region), w którym Polska uczestniczyła w latach 2009-2012 (WWW.COHIBA-PROJECT.NET). Projekt dotyczył źródeł, wielkości zrzutów, toksyczności i sposobu zarządzania substancjami niebezpiecznymi w rejonie Morza Bałtyckiego, a jednym z celów projektu był rozwój dobrych praktyk kosztowo-efektywnego monitoringu wód opartego na metodzie pełnej oceny odprowadzanych ścieków i wód WEA (ang. whole effluent assessment). W ramach projektu realizowane były analizy, które obejmowały nie tylko pomiary toksyczności ostrej i chronicznej ścieków zrzucanych do Morza Bałtyckiego, ale również pomiary bioakumulacji, mutagenności

i trwałości oraz obecności substancji zaburzających równowagę hormonalną, które nie są uwzględniane w WET. Narzędzie jakim jest WEA nie powinno być mylone z biologicznym/ekologicznym monitoringiem przewidzianym w ramach Ramowej Dyrektywy Wodnej RDW (DYREKTYWA 2000/60/WE). Zgodnie z założeniami RDW prowadzone badania mają służyć ocenie stanu ekologicznego wód opartego na bogactwie gatunkowym i strukturze fauny i flory wodnej, a zatem ocenie efektu końcowego. Z wykorzystaniem badań WEA wykonywanych na ściekach, odciekach itp. jesteśmy w stanie zapobiec negatywnym skutkom i wpłynąć tym samym na poprawę jakości wody. W ramach projektu opracowano zalecenia dotyczące badania toksyczności ścieków zrzucanych do Morza Bałtyckiego, ustalono optymalną metodykę pomiarów, najodpowiedniejsze organizmy testowe oraz ustalono zalecane limity toksyczności zrzutów (FOCHTMAN i współaut. 2011).

CZY BIOTESTY, PARAMETR TOKSYCZNOŚCI MOGĄ BYĆ TRAKTOWANE JAKO NARZĘDZIE WSPIERAJĄCE ZARZĄDZANIE PROCESEM OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW?

W przypadku ścieków mamy do czynienia ze zmiennością ich charakteru i zróżnicowaniem poziomów stężeń substancji toksycznych. Zmienność nie wynika tylko z modyfikacji samych procesów technologicznych w podmiotach przemysłowych produkujących ścieki, ale także zależy od aktualnie panujących warunków pogodowych, w tym przede wszystkim od ilości opadów i wahać się może w trybie sezonowym, tygodniowym, jak i dobowym. Nie można także zapominać, iż w ściekach systematycznie oznaczają się nowe, wcześniej nie identyfikowane związki, które mogą nie zostać wykryte za pomocą rutynowo prowadzonych analiz fizykochemicznych. Bioindykacja jest metodą oceniającą ogólną, a czasem specyficzną aktywność biologiczną układu, którym jest organizm żywy. Ocena jego reakcji na substancję szkodliwą, a nierzadko także na kilka substancji,

które mogą działać synergistycznie, pozwala na stwierdzenie, jakie efekty może przynieść takie narażenie na środowisko. Poznanie toksyczności ścieków wobec organizmów wodnych może także obniżyć ryzyko zagrożenia dla złoża biologicznego w oczyszczalni, co z kolei zabezpiecza oczyszczalnię przed obniżeniem wydajności oczyszczania ścieków.

Zarówno przytoczone wyżej przykłady, jak i wiedza literaturowa potwierdzają, że parametr toksyczności, wykorzystanie biotestów stanowi doskonałe narzędzie wspomagające nie tylko poprawę jakości ścieków zrzucanych do wód powierzchniowych z oczyszczalni, ale również umożliwia efektywne zarządzanie strumieniami ścieków wprowadzanych do oczyszczalni jak i może wspierać zarządzanie procesem oczyszczania ścieków.

BIOTESTY JAKO NARZĘDZIE WSPIERAJĄCE ZARZĄDZANIE PROCESEM OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW

Streszczenie

Oczyszczalnie ścieków wprowadzając oczyszczalne ścieki do rzek, spełniają istotną rolę w zachowaniu odpowiedniej jakości wód powierzchniowych. Jednakże pomimo wprowadzania najnowszych technologii, które pozwalają usunąć zanieczyszczenia w stopniu wymaganym przez aktualnie obowiązujące przepisy, nieustannie pojawiają się trudności z osiągnięciem dobrego stanu ekologicznego rzek. Do oczyszczalni ścieków, a tym samym do środowiska docierają jednak nie tylko związki, których oznacza-

nie jest wymagane przez przepisy, ale także związki nowe. Prowadzi to do niewykrywania wielu substancji toksycznych i w efekcie zaniża ocenę realnego ryzyka. Uzupełnieniem analiz chemicznych pozwalającym poznać charakter ścieków dopływających do oczyszczalni oraz efektywność ich oczyszczania stała się w ostatnich latach analiza bioindykacyjna. Artykuł omawia możliwość wykorzystania biotestów w procesie zarządzania oczyszczalnią ścieków.

BIOASSAYS AS A SUPPORTING TOOL IN MANAGEMENT OF THE WASTEWATER TREATMENT PLANT

Summary

Wastewater treatment plants (WWTP) are playing the fundamental role in the maintaining high water quality. However, in spite of introducing more and more advanced treatment technologies, the treatment plants still appear to be threat for achievement of good ecological status of freshwater ecosystems and environmental sustainability. The quality of waste is assessed according to regulations, which covers only limited number of pollutants. However, there are contaminants that are not currently cov-

ered by existing regulations which influence waste quality. As a result, the waste contains unidentified contaminations, which underestimate the real risk. As an addition to chemical analysis bioindication methods started to be used in recent years to assess the quality of the waste in wider range and to increase the effectiveness of the treatment process. Presented article discusses the potentiality of using bioassays in the management of WWTP.

LITERATURA

- BLAISE CH., 1996. *Microbiotesting: An expanding field in aquatic toxicology*. Ecotoxicol. Environ. Safety 40, 115–119.
- DYREKTYWA 2000/60/WE. *Ramowa Dyrektywa Wodna. Directive of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*. Official J. Europ. Communities L 327, 1–72.
- ENVIRONMENT AGENCY, 2007. *Guidance on the use of Direct Toxicity Assessment in PPC Impact Assessments*. Integrated Pollution Prevention & Control (IPPC). D. Leverett, Biological Effects Laboratory.
- FARRE M., PEREZ S., KANTIANI L., BARCELO D., 2008. *Fate and toxicity of emerging pollutants, their metabolites and transformation products in the aquatic environment*. Trends Aquat Chem 27, 991–1007.
- FOCHTMAN P. 2000. *Acute toxicity of nine pesticides as determined with conventional assays and alternative microbiotests*. [W:] *New microbiotests for routine toxicity screening and biomonitoring*. PERSOONE G., JANSSEN C., DE COEN W. (red.). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 233–241.
- FOCHTMAN P., MIELŻYŃSKA-ŚVACH D., NAŁĘCZ-JAWECKI G., NAKARI T., NOWAK B., MUNNE P., PLAZA G., SCHULTZ E., ZIELONKA U., 2011. COHIBA WP 3 national report Polish results. U. http://www.cohiba-project.net/identification/results/en_GB/results/ (październik 2011r.).
- HELCOM, 2007. *Baltic Sea Action Plan*. HELCOM: Helsinki.
- MANUSADZIANAS L., BALKELYTE L., SADAUSKAS K., BLINOVIA I., POLLUMAA L., KAHRU A., 2003. *Ecotoxicological study of Lithuanian and Estonian wastewaters: selection of the biotests and correspondence between toxicity and chemical-based indices*. Aquat Toxicol 63, 27–41.
- MARSALEK J., JIMÉNEZ-CISNEROS B.E., MALMAQUIST P.-A., KARAMOUEZ M., GOLDENFUM J., CHOCAT B., 2006. *Urban water cycle processes and interactions*. IHP-VI. Technical Documents in Hydrology 78, UNESCO, Paryż.
- MŚ, 2009. *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 stycznia 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzeniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego*. Dz.U. 2009 nr 27 poz. 169.
- MŚ, 2010. *Obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie ogłoszenia krajowego programu oczyszczania ścieków komunalnych oraz jego dwóch aktualizacji*. M.P. 2010 nr 58 poz. 775.
- OSPAR COMMISSION, 2007. *Practical Guidance Document on Whole Effluent Assessment*.
- PERSOONE G., 1998. *Development and validation of toxkit microbiotest with invertebrates, in particular crustaceans*. [W:] *Microscale testing in aquatic toxicology*. WELLS P.G., LEE K., BLAISE CH. (red.). CRC Press LLC, 437–449.
- PERSOONE G., VANGHELUVÉ M., 2000. *Toxicity determination of the sediments of the river Seine in France by application of a battery of microbiotests*. [W:] *New microbiotests for routine tox-*

- icity screening and biomonitoring*. PERSOONE G., JANSSEN C., DE COEN W. (red.). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 427-439.
- ROJICKOVA-PADROVA R., MARSALEK B. I., 1998. *Evaluation of alternative and standard toxicity assays for screening of environmental samples: selection of an optimal test battery*. Chemosphere 37, 495-507.
- USEPA, 1984. *Policy for the Development of Water Quality-Based Permit Limitations for Toxic Pollutants*. 49 FR 9016.
- USEPA, 1991. *Technical Support Document for Water Quality-based Toxics Control*. Office of Water. Washington, DC. EPA/505/2-90-001.
- USEPA, 1994. *Policy for the development of effluent limitations in national pollutant discharge elimination system permits to control whole effluent toxicity for the protection of aquatic life*. EPA 833-B-94-002. 54 FR 23868 at 23895.
- USEPA, 1999. *Toxicity Reduction Evaluation Guidance for Municipal Wastewater Treatment Plants*. EPA/833B-99/002. Office of Wastewater Management U.S. Environmental Protection Agency Washington, D.C. 20460.
- WWW.COhiba-PROJECT.NET (październik 2011r.).
- ZALEWSKI M., WAGNER I., 2007. *Ecohydrology of urban aquatic ecosystems for healthy cities*. [W:] *Aquatic habitats in sustainable urban water management*. WAGNER I., MARSALEK J., BREIL P. (red.). Science, Policy and Practice. Taylor & Francis Group, London, 95-106.
- ZALEWSKI M., WAGNER I., 2008. *Ekohydrologia terenów zurbanizowanych*. Wodociągi Polskie 1, 28-32.