

Jerzy Sadowski, Mariusz Kucharski

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

MONITOROWANIE STANU ZANIECZYSZCZEŃ HERBICYDOWYCH
W WODACH POWIERZCHNIOWYCH I GRUNTOWYCH NA TERENACH
ROLNICZYCH*

Wprowadzenie

W rolnictwie zrównoważonym środki ochrony roślin powinny być wykorzystywane w taki sposób, aby minimalizować ich niekorzystny wpływ na środowisko. Zapis o nadrzędności ochrony zdrowia ludzi i zwierząt oraz środowiska nad osiąganiem korzyści wynikających z tytułu wzrostu produkcji znajduje odzwierciedlenie w preambule do Dyrektywy nr 91/414/EWG Rady Unii Europejskiej.

W rolnictwie zrównoważonym istotnym zmianom uległa również koncepcja stosowania herbicydów. W chwili obecnej nie mówi się już o zwalczaniu chwastów, ale o regulacji zachwaszczenia w poszczególnych uprawach. Zdecydowały o tym zarówno względy ekonomiczne, jak również zagadnienia ochrony środowiska. Znaczący rozwój i postęp w dziedzinie badań dotyczących praktycznych i ekonomicznych aspektów stosowania herbicydów oraz coraz szersze i precyzyjne badania zachowania się chemicznych środków ochrony roślin w środowisku przyczyniły się do unowocześnienia samych herbicydów i poprawy szeroko rozumianego bezpieczeństwa ich stosowania.

Metody badań

Monitoring jest jedną z metod badawczych pozwalających na obserwację i kontrolę zjawisk towarzyszących chemicznej ochronie roślin. W zależności od celu i zakresu badań wybierane są odpowiednie strategie badawcze. Jako metoda badawcza monitoring umożliwia:

- ocenę potencjalnego zagrożenia środowiska,
- oszacowanie ilości, mobilności i toksyczności środków szkodliwych,
- kontrolę procesu oczyszczania terenów skażonych,
- ocenę przyczyn awarii,
- prewencyjne monitorowanie środowiska.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.4 w programie wieloletnim IUNG - PIB

Metody monitorowania substancji szkodliwych w środowisku można podzielić na trzy zasadnicze grupy ze względu na przyjęte procedury badawcze:

Metoda klasyczna

Polega na pobieraniu próbek wody w terenie (próbkowanie punktowe). Próbki te transportowane są do laboratorium, a następnie sukcesywnie poddawane obróbce i analizom instrumentalnym.

Badania w terenie (field screening)

W odróżnieniu od metody klasycznej sposób ten polega na dokonywaniu na miejscu testów analitycznych, które mogą być stosowane również poza laboratorium, pozwalających wykryć obecność monitorowanych substancji. Dzięki szybkim wynikom analiz (metody polowe mają z reguły skrócone i uproszczone cykle analityczne) możliwe jest elastyczne postępowanie rozpoznawcze. W przypadku analityki w terenie próbkowanie oraz przygotowanie próbek do analizy jest elementem dostosowanym do warunków lokalnych i rozwiązuje się je od razu na miejscu.

Metody łączone

Ta grupa metod łączy w sobie cechy wyżej wymienionych sposobów prowadzenia monitoringu. W terenie dokonuje się wstępnej selekcji próbek. Do dokładnych badań laboratoryjnych pozostawia się tylko te, które we wstępnych testach dały wynik pozytywny. Umożliwia to przebadanie większej liczby próbek oraz elastyczny wybór miejsc ich pobierania. Sposób ten pozwala na dokładniejszą lokalizację występowania skażeń w terenie.

Wybór metody monitorowania zależy w głównej mierze od posiadanego zaplecza laboratoryjnego i aparatury analitycznej.

Przykłady monitorowania wód

W wielu krajach badania z tego zakresu prowadzone są na dużą skalę od szeregu lat. Obok rutynowej kontroli czystości wód prowadzi się prace badawcze w terenie, w celu weryfikacji wyników uzyskanych w badaniach modelowych oraz dogłębniego poznania mechanizmów i procesów wpływających na zachowanie się herbicydów w środowisku. Uzyskane przez poszczególnych autorów wyniki były różne w zależności od skali i metodyki badań.

W latach 1985–1987 w wodach powierzchniowych i gruntowych stanu Arkansas wykryto obecność 18 substancji czynnych herbicydów, w tym głównie pochodnych triazyn, fenylomocznika i związków z grupy 2,4-D w ilościach 0,0055–0,0065 mg · l⁻¹ (2). Podobne badania w stanie Nebraska wykazały obecność atrazyny w 22% próbek wody gruntowej w stężeniu do 0,003 mg · l⁻¹ (25).

Wpływ naturalnych warunków hydrogeologicznych na występowanie i poziom skażeń herbicydowych oraz wybór pod tym kątem punktów monitorowania opisują K l e i n e i in. (5). Autorzy stwierdzają obecność triazyn w wodach gruntowych. Natomiast monitoring 18 jezior Szwajcarii wykazuje obecność w ich wodach atrazyny i simazyny w stężeniu do 0,0460 mg · l⁻¹ (1). Monitoring rzeki Sydenham w prowincji

Ontario (Kanada) w latach 1981–1987 wykazuje stałą obecność pochodnych triazynowych (4).

Badania na obszarze południowej Styrii (Austria) pozwoliły wykryć obecność atrazyny w 91% pobranych próbek wód gruntowych (26). Analizy próbek wody z delt wielkich rzek wpadających do Morza Śródziemnego prowadzone wspólnie przez kraje EWG wykazały obecność pochodnych triazynowych (symazyna i atrazyna); (19).

Pochodne fenylomocznikowe (izoproturon i chlorotoluron) oraz triazyny w wodach powierzchniowych i gruntowych wschodniej Anglii wykrył C r o l l (3). Autor zauważa zależność między występowaniem skażeń wód gruntowych a intensywnością i zmianowaniem stosowania herbicydów.

Badania próbek wód powierzchniowych i gruntowych z okolic Paryża wykazały obecność 38 pestycydów, w tym 19 herbicydów (m.in. atrazyna, symazyna i mekoprop), nawet do poziomu $0,8000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (10).

Wieloletnie stosowanie tych samych substancji czynnych (triazyny), jak to ma miejsce w uprawie kukurydzy czy w sadownictwie, może prowadzić do przenikania tych substancji do wód gruntowych i wystąpienia wysokiego poziomu skażeń (9, 11, 12).

Badania monitoringowe i kontrolne wody pitnej wykazują również obecność substancji czynnych herbicydów (głównie pochodnych triazynowych). Jednak stężenia tych związków są na ogół bardzo niskie (7, 8, 18).

Badania w Polsce prowadzone przez IUNG

Pierwsze wyniki badań z lat 1983–1989 wykonane w Zakładzie Ekologii i Zwalczania Chwastów IUNG we Wrocławiu (6) wykazują obecność w wodach powierzchniowych Dolnego Śląska substancji czynnych herbicydów z grup triazyn i kwasów fenoksyalkanokarboksylowych. Rezultaty potwierdzające te wyniki uzyskano w toku kontynuacji i rozszerzenia prac z tego zakresu (20, 22, 23). Na skromną krajową literaturę z tego zakresu składa się kilka przyczyn, a do istotnych należą braki odpowiedniej aparatury analitycznej, duży koszt i pracochłonność badań.

Badania w Zakładzie Ekologii i Zwalczania Chwastów prowadzono według metody klasycznej. Monitorowanie obejmowało sieć stałych punktów pobierania próbek wód powierzchniowych i studziennych w zlewniach rzek: Bystrzycy, Ślęzy i Widawy. Zakładanie sieci punktów poboru wód rozpoczęto w roku 1983. W chwili obecnej obejmuje ona 45 punktów, z których 27 to płynące wody powierzchniowe (rowy melioracyjne, cieki śródpolne), a 18 – studnie o różnej głębokości (głównie 4-6 m). Z punktów tych pobierano próbki wody w dwu zasadniczych terminach:

- wiosennym (w okresie trwania wiosennych zabiegów herbicydowych),
- jesiennym (w okresie jesiennych zabiegów herbicydowych).

Uzupełniająco pobierano wyrywkowo próbki po okresach intensywnych opadów (np. po powodzi w roku 1997 (21)).

W pobranych próbkach wód oznaczano pozostałości kilkunastu substancji aktywnych herbicydów. W tabeli 1 zamieszczono nazwy zwyczajowe i chemiczne analizo-

wanych substancji oraz oznaczalności tych związków. Do finalnego oznaczania pozostałości wykorzystywano chromatografię gazową (Shimadzu GC 17A i Varian CP 3800) z zastosowaniem detektora jonizacyjno-rekombinacyjnego (ECD) oraz wysokosprawną chromatografię cieczową z detektorem UV (Shimadzu SPD 10A). Do weryfikacji wyników budzących wątpliwości (np. wykrycie wyjątkowo „dużych” pozostałości) próbkę analizowano równoległe różnymi metodami (GC i HPLC) dla potwierdzenia lub zanegowania uzyskanego wyniku, a od roku 2005 GLC/MS (Varian Saturn 2200). Stosowane procedury analityczne, które stały się normami, opracowano w Zakładzie Ekologii i Zwalczania Chwastów IUNG-PIB we Wrocławiu (13-17).

Wyniki badań i ich wykorzystanie

Wyniki uzyskane w trakcie monitorowania wód stanowią zbiór rezultatów wielu analiz. Mogą być przedstawiane w różny sposób. Wybór sposobu opracowania wyników ma istotne znaczenie dla wniosków z przeprowadzonych badań. Na wynikach badań uzyskanych w Zakładzie Herbologii i Technik Uprawy Roli IUNG-PIB przedstawiono różne sposoby opracowywania i prezentacji wyników.

Zazwyczaj jako wynik monitorowania podawane są takie informacje, jak: spektrum wykrywanych substancji, ich maksymalne stężenia oraz wielkości normatywne (Dyrektywa UE określa jako dopuszczalny poziom pozostałości $0,0001 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ dla pojedynczej substancji i $0,0005 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ pozostałości sumarycznych), do których porównywane są uzyskiwane wyniki.

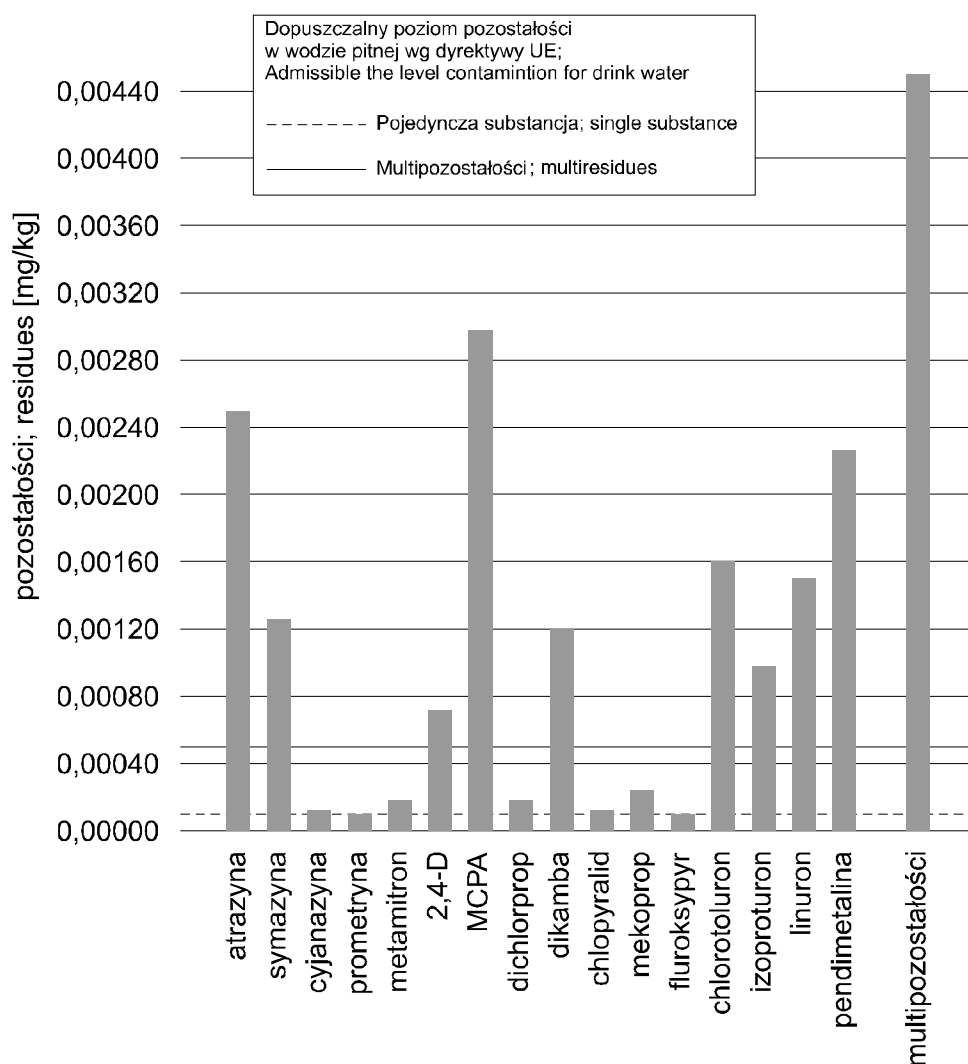
Tabela 1

Substancje aktywne herbicydów monitorowane w wodach powierzchniowych i studziennych

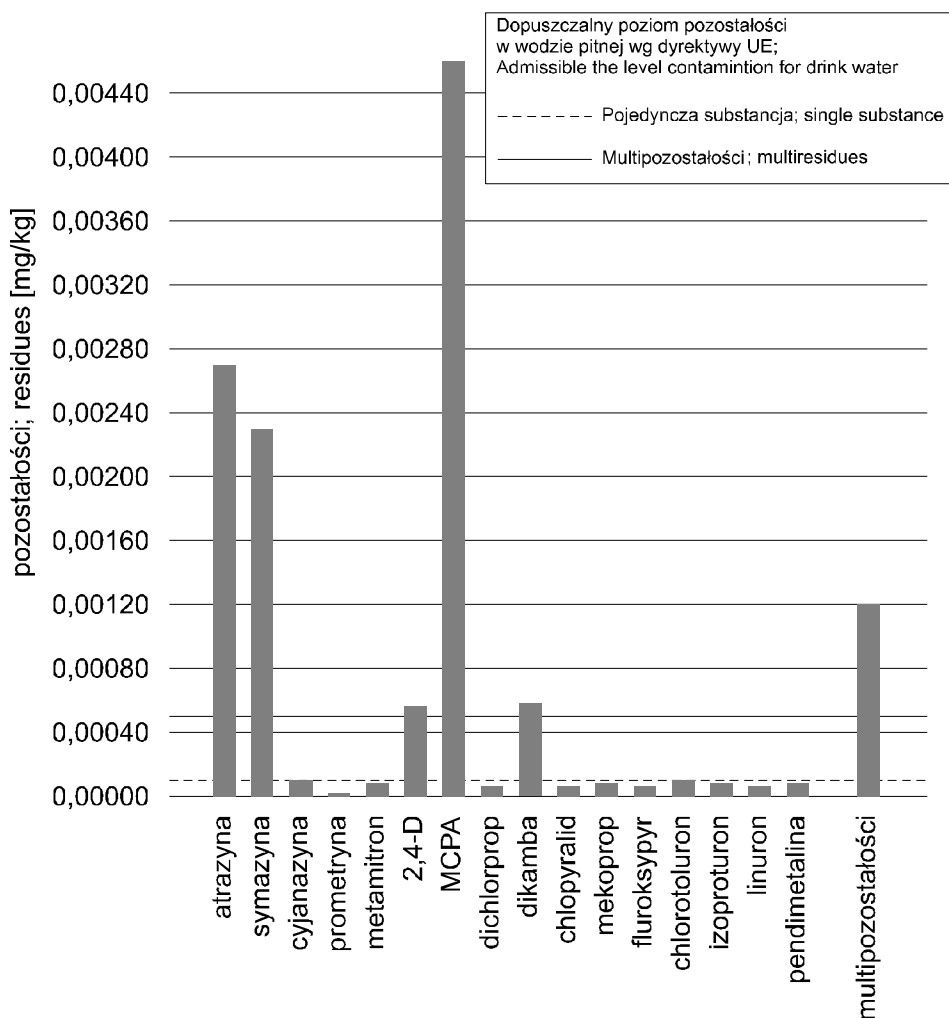
Lp.	Substancja aktywna	Nazwa chemiczna	Oznaczalność ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)
1.	Atrazyna	2-chloro-4-etyloamino-6-izopropylamino-1,3,5-triazyna	0,00002
2.	Cyjanazyna	2-(4-chloro-6-etyloamino-1,3,5-triazyn-2-ylamino)-2-metylopropionitryl	0,00002
3.	Metamitron	4-amino-6-fenyl-3-metylo-1,2,4-triazyn-5(4H)-on	0,00002
4.	Symazyna	2-chloro-4,6-bis(etyloamino)-1,3,5-triazyna	0,00002
5.	2,4-D	kwasy (2,4-dichlorofenoksy) octowe	0,00002
6.	Dichlorprop	kwasy (\pm)-2-(2,4-dichlorofenoksy) propionowe	0,00002
7.	MCPA	kwasy (4-chloro-2-metylofenoksy) octowe	0,00004
8.	Mekoprop	kwasy (4-chloro-2-metylofenoksy) propionowe	0,00004
10.	Dikamba	kwasy 3,6-dichloro-2-metoksy benzoowe	0,00002
11.	Chlopyralid	kwasy 3,6-dichloropirydyno-2-karboksylowe	0,00001
12.	Chlorotoluron	3-(3-chloro-4-metylofenyl)-1,1-dimetylomocznik	0,00002
13.	Izoproturon	3-(4-izopropylfenyl)-1,1-dimetylomocznik	0,00002
14.	Linuron	3-(3,4-dichlorofenyl)-1-metoksy-1-metylomocznik	0,00002
15.	Fluroksypyr	kwasy 4-amino-3,5-dichloro-6-fluoro-2-pirydyloksyloctowe	0,00001
16.	Pendimetalina	N-(1-etylopropyl)-3,4-dimetylo-2,6-dinitrobenzamid	0,00002

Źródło: Opracowanie własne z wykorzystaniem norm (13-17, 20).

Przykłady takiej prezentacji wyników przedstawiono na rysunkach 1 i 2. Taki sposób prezentacji wyników nie jest jednak kompletny i może prowadzić do fałszywych wniosków. Podanie jedynie maksymalnych wykrytych pozostałości nie pozwala na oszacowanie stanu zanieczyszczenia środowiska wodnego. Nie określa bowiem jaki jest odsetek prób, w których wykryto pozostałości poszczególnych substancji aktywnych oraz jak liczne są próbki zawierające określony poziom pozostałości. Taką informację z uzyskanych badań przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Ten sposób prezentacji określa strukturę uzyskanych wyników, a także pozwala na ocenę stanu i stopnia zanieczyszczenia środowiska monitorowanymi agrochemikaliami.



Rys. 1. Maksymalne pozostałości herbicydów wykryte w wodach powierzchniowych
Źródło: Opracowanie własne.

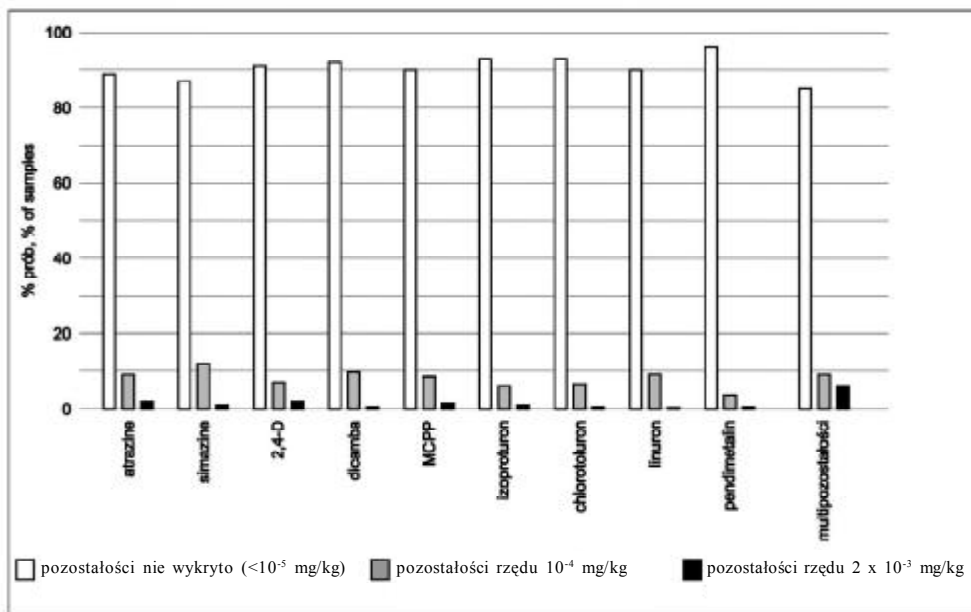


Rys. 2. Maksymalne pozostałości herbicydów w wodach gruntowych

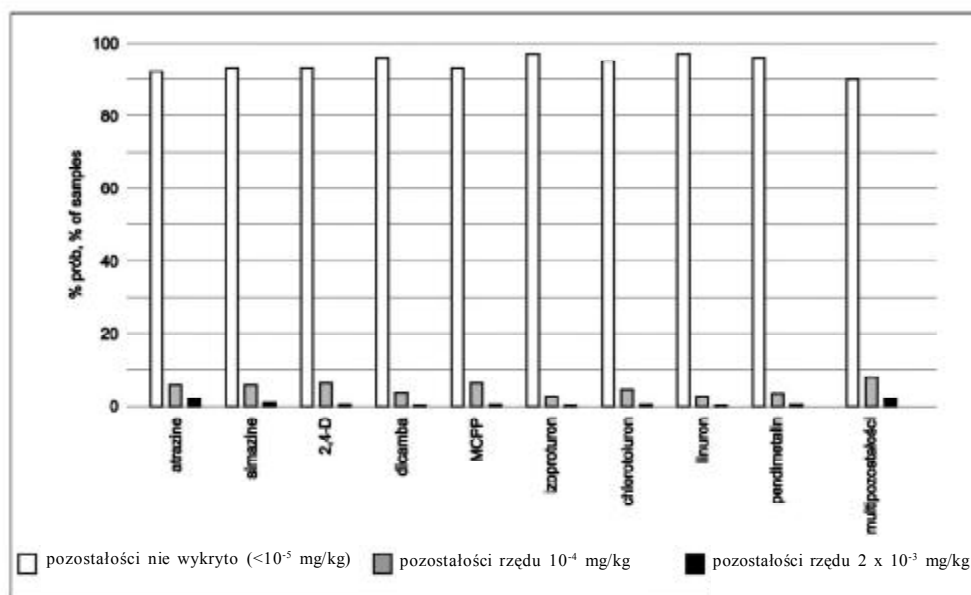
Źródło: Opracowanie własne.

Gromadzenie wyników monitoringu z wielu lat pozwala na zaobserwowanie zmian zachodzących w środowisku wodnym (skala i stopień zanieczyszczeń) oraz określenie trendu zachodzących zmian. Przykład takiego wykorzystania wyników przedstawiono na rysunku 5.

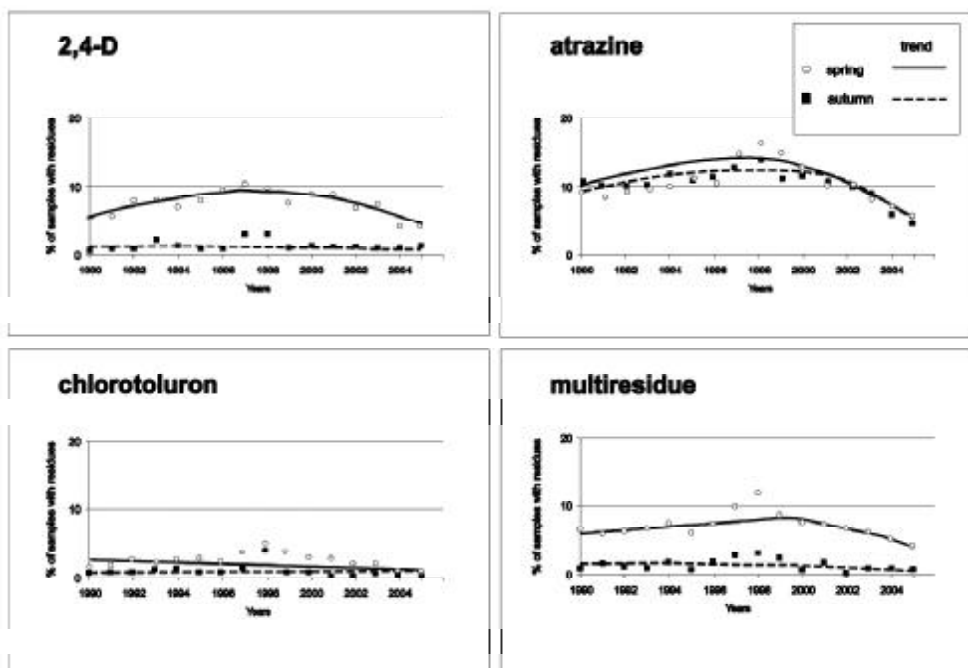
Wyniki wieloletnich badań pozwalają również na sporządzanie różnorodnych opracowań odnoszących się do wybranych wycinków monitorowanego terenu. Taki sposób wykorzystania wyników przedstawiono na rysunku 6. Prezentowany przykład pozwala na ocenę stopnia zanieczyszczenia wód w wybranej zlewni (w tym przypadku rzeki Widawy).



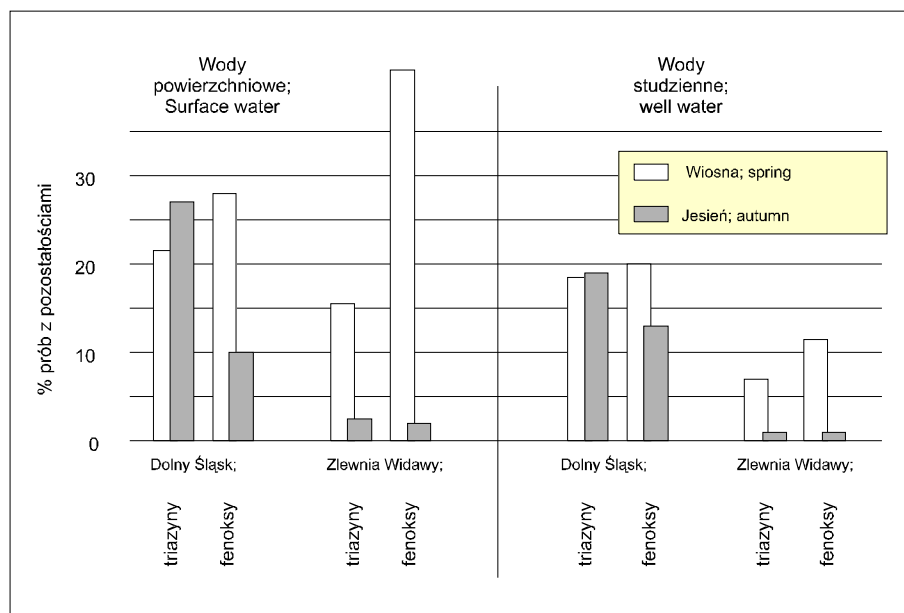
Rys. 3. Poziom i częstotliwość występowania pozostałości w wodach powierzchniowych
 Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 4. Poziom i częstotliwość występowania pozostałości w wodach gruntowych
 Źródło: Opracowanie własne.



rys. 5. Częstotliwość występowania pozostałości herbicydów w wodach gruntowych
 Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 6. Poziom zanieczyszczenia wód w zlewni rzeki Widawy
 Źródło: Opracowanie własne.

Podsumowanie

Wyniki uzyskiwane w trakcie badań monitoringowych pozwalają na przygotowanie raportów o stanie zanieczyszczenia środowiska oraz na określanie przyczyn obserwowanych sytuacji. Wyniki uzyskiwane w badaniach prowadzonych przez Zakład Herbolgii i Technik Uprawy Roli IUNG - PIB we Wrocławiu pozwalają na następujące stwierdzenia:

- Częstość wykrywania pozostałości substancji aktywnych w wodach powierzchniowych związana jest z terminami zabiegów wiosennych i jesiennych oraz asortymentem stosowanych herbicydów. Wiosną najczęściej stosowane są herbicydy zawierające głównie 2,4-D i MCPA. Pozostałe substancje z tej grupy (dikamba, 2,4-DP, MCPP, chlopyralid, fluroksypyr) stanowią zwykle niskoprocentowy dodatek w preparatach wieloskładnikowych. Substancje pochodne fenylomocznika (chlorotoluron i izoproturon) zawarte są w preparatach stosowanych w zabiegach wiosennych i jesiennych. Natomiast pochodne triazyn stosowane są najczęściej w terminach wiosennych. Znajduje to odzwierciedlenie w wynikach monitoringu wód powierzchniowych.

- Do wód powierzchniowych herbicydy przedostają się głównie w wyniku znośzenia kropli cieczy opryskowej w czasie zabiegu. Inne drogi przenikania herbicydów do wód nie transportują takich ilości pozostałości. Ponadto w płynących wodach powierzchniowych następuje szybkie rozcieńczenie trafiających do wody substancji, co sprawia, że po kilku dniach w tym samym punkcie poziom pozostałości może być zupełnie różny. Pojedynczy wynik jest więc „fotografią momentu pobierania próby”. Natomiast wyniki z wielu lat odzwierciedlają skalę i dynamikę zjawiska przedostawania się agrochemikaliów do wód powierzchniowych na terenie objętym badaniami.

- W wodach gruntowych nie stwierdzono tak wyraźnych różnic w sezonowości (wiosna–jesień) występowania skażeń herbicydowych.

- Równie istotne, jak dane dotyczące częstości występowania, są informacje o wielkości wykrywanych pozostałości. Poziom $<10^{-5} \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ to próby, w których pozostałości nie wykryto. Poziom $10^{-4} \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ to próby z pozostałościami na granicy wykrywalności stosowanych metod analitycznych. Poziom $2 \cdot 10^{-3} \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ i więcej cechuje próby, w których pozostałości przekraczają dopuszczalne wielkości dla wody pitnej.

- W wodach powierzchniowych odsetek prób zawierających pozostałości na poziomie $2 \cdot 10^{-3} \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ był znikomy. Zwykle było to nie więcej niż 2 próbki w roku – dotyczy to pojedynczych substancji, jak i multipozostałości. Skażenia na poziomie wykrywalnym, ale nie przekraczającym dopuszczalnych norm dla wody pitnej zawierało nie więcej niż 10% prób. Zdecydowana większość badanych wód powierzchniowych nie zawierała pozostałości substancji aktywnych.

- W wodach pobranych ze studni odsetek prób w poszczególnych grupach wyników był zbliżony do rezultatów dla wód powierzchniowych. Dodać należy, że w okresie lat 1990–2005 pozostałości o stężeniach przekraczających dopuszczalne

normy na ogół nie były wykrywane. Zdarzały się jedynie przypadki incydentalne. Intensywność i szybkość przenikania pozostałości herbicydów do wód podziemnych zależy od wielu czynników. W znacznym uproszczeniu jako najistotniejsze można wymienić: właściwości fizykochemiczne substancji aktywnej, typ i skład granulometryczny gleby oraz warunki meteorologiczne (głównie rozkład w czasie i intensywność opadów).

- W wodach powierzchniowych i gruntowych zaobserwowano tendencję spadkową występowania pozostałości herbicydów, zwłaszcza pochodnych triazynowych. Związane jest to ze stopniowym wycofywaniem z produkcji i sprzedaży preparatów zawierających tę grupę substancji aktywnych.

Literatura

1. Buser H. R.: Atrazine and other s-triazine herbicides in lakes and in rain in Switzerland. *Environ. Sci. Technol.*, 1990, **24(7)**: 1049-1058.
2. Cavalier T. C., Lavy T. L., Mattice J. D.: Assessing Arkansas ground water for pesticides: methodology and findings. *Ground Water Monit. Rev.*, 1989, **9(4)**: 159-166.
3. Croll B. T.: Pesticides in surface waters and ground waters. *J. Institut. Water Environ. Manag.*, 1991, **5(4)**: 389-395.
4. Frank R., Clegg B. S., Chapman N. D.: Triazine and chloroacetamide herbicides in Sydenham River water and municipal drinking water, Dresden, Ontario, Canada, 1981-1987. *Arch. Environ.-Contamin. Toxic.*, 1991, **19(3)**: 319-324.
5. Kleine W., Litz N., Müller-Wegener U., Milde G.: Strategie und bisherige Ergebnisse einer Beprobungsserie von Eigenwasserversorgungsanlagen auf PSM-Belastungen im Grundwasser. *Mitt. Deuts. Bodenkund.-Gesell.*, 1989, **59(2)**: 1079-1084.
6. Kostowska B., Sadowski J., Rola J.: Herbicydy a środowisko glebowo-wodne. *Mat. Kraj. Konf. Nauk.-Techn. „Stan zagrożenia środowiska glebowo-wodnego przez agrochemikalia”*. Wyd. SITR-NOT Wrocław, 1989, 1-28.
7. Koterba M. T., Banks W. S. L., Shedlock R. J.: Pesticides in shallow groundwater in the Delmarva Peninsula. *J. Environ. Quality*, 1993, **22(3)**: 500-518.
8. Kross B. C., Selim M. I., Hallberg G. R., Bruner D. R., Cherryholmes K.: Pesticide contamination of private well water, a growing rural health concern. *Environ. Intern.*, 1992, **18(3)**: 231-241.
9. Kuhn G., Franzle O.: Assessment of pollution of groundwater by atrazine. *Land Degrad. Rehab.*, 1993, **4(4)**: 245-251.
10. Legrand M. F., Costentin E., Bruchet A.: Occurrence of 38 pesticides in various French surface and ground waters. *Water-Supply*, 1992, **10(2)**: 51-61.
11. Litz N.: Information on the contamination situation by herbicides in former border areas. *Nachricht. Deuts. Pflanzenschut.*, 1991, **43(12)**: 257-261.
12. Pickett C. H., Hawkins L. S., Pehrson J. E., O'Connell N. V.: Irrigation practices, herbicide use and groundwater contamination in citrus production: a case study in California. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 1992, **41(1)**: 1-17.
13. Polska Norma – PN-R-04109: Materiał roślinny i gleba. Oznaczanie pozostałości herbicydów. Substancja aktywna – chlopyralid. Wyd. Norm., Warszawa, 1994.
14. Polska Norma – PN-R-04111: Materiał roślinny i gleba. Oznaczanie pozostałości herbicydów. Substancja aktywna – pochodne fenoksykwasów. Wyd. Norm., Warszawa, 1994.
15. Polska Norma – PN-94/R-04113: Gleba i materiał roślinny. Oznaczanie pozostałości herbicydów. Substancja aktywna – metamitron. Wyd. Norm., Warszawa, 1994.

16. Polska Norma – PN-94/R-04118: Gleba i materiał roślinny. Oznaczanie pozostałości herbicydów. Substancja aktywna – pochodne triazyn. Wyd. Norm., Warszawa, 1994.
17. Polska Norma – PN-R-04123: Materiał roślinny i gleba. Oznaczanie pozostałości herbicydów. Substancja aktywna – pochodne mocznika. Wyd. Norm., Warszawa, 1994.
18. Radix P., Belleville L., Eyguen J., Chevallier P.: Pesticides pollution in several drinking water networks in the south-eastern part of France. *Fresenius-Environ. Bull.*, 1992, suppl., 36-41.
19. Readman J. W., Albanis T. A., Barcelo D., Galassis S., Tronczynski J., Gabrieldes G. P.: Herbicide contamination of mediterranean estuarine waters: results from a MED POL pilot survey. *Marine Poll. Bull.*, 1993, **26(11)**: 613-619.
20. Sadowski J., Kostowska B.: Stopień skażenia wód śródlądowych przez herbicydy. *Mat. 28 Sesji Nauk. IOR Poznań, cz. I. Referaty*, 1988, 85-93.
21. Sadowski J., Kucharski M.: Skażenia wód podziemnych w wyniku powodzi 1997. *Progr. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 1998, **38(1)**: 30-35.
22. Sadowski J., Rola J., Kostowska B.: Belastungssituation von Grund- und Oberflächenwasser mit Herbiziden in Südwestpolen. *Proc. 8th Symp. EWRS, Braunschweig*, 1993, **2**: 537-542.
23. Sadowski J., Kostowska B., Rola J.: Monitoring wód powierzchniowych i gruntowych województwa wrocławskiego na zawartość herbicydów. *Mat. 34 Sesji Nauk. IOR Poznań, cz. I. Referaty*, 1994, 245-251.
24. Sadowski J., Kucharski M.: Herbicide residues of water in water-collecting area of Widawa river. *Pol. J. Environ. Stud.*, 2006, **15(5)**: 441-445.
25. Spalding R. F., Burbach M. E., Exner M. E.: Pesticides in Nebraska's ground water. *Ground Water Monit. Rev.*, 1989, **9(4)**: 126-133.
26. Zouzaneas P., Sovegjarro F., Stadlbauer H., Schmid E. R.: Bestimmung von 35 ausgewählten Pestiziden in Grundwasserproben aus der Südsteiermark. *Ernahrung*, 1993, **17(2)**: 77-82.

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Jerzy Sadowski
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli
IUNG-PIB
ul. Orzechowa 61
50-540 Wrocław
tel. (071) 363 87 07
e-mail: j.sadowski@iung.wroclaw.pl

