

Modele obliczeniowe do wyznaczania przewidywanych stężeń substancji w wodach powierzchniowych

DOI: 10.15199/62.2016.3.50

Środki ochrony roślin muszą spełnić wiele kryteriów oraz przejść skomplikowaną procedurę ewaluacji, aby mogły zostać dopuszczone do obrotu. Ocenie podlega wiele aspektów oddziaływania środków ochrony roślin na zdrowie ludzi i zwierząt oraz na środowisko. Jednym z nich jest los i zachowanie środka ochrony roślin w środowisku. Ten bardzo ważny aspekt oceny ma na celu ustalenie przewidywanych stężeń substancji aktywnej będącej składnikiem danego środka ochrony roślin oraz produktów jej rozpadu, zwanych metabolitami, w poszczególnych elementach środowiska. Za pomocą danych pochodzących z badań laboratoryjnych oraz terenowych i modeli matematycznych obliczane są przewidywane stężenia substancji aktywnej i jej metabolitów w glebie¹⁾, wodach podziemnych, wodach powierzchniowych oraz w powietrzu. Omówiono modele zalecane do oceny losu i zachowania środków ochrony roślin w wodach powierzchniowych.

Przy ocenie losu i zachowania środków ochrony roślin w środowisku zazwyczaj bierze się pod uwagę tylko wchodzące w ich skład substancje aktywne, a składniki pomocnicze formułacji nie są uwzględniane, jeżeli ich oddziaływanie jest ograniczone do skutków krótkoterminowych (np. tworzenie stabilnej zawiesiny opryskowej), a ich wpływ na procesy długotrwałe (degradacja, przemieszczanie się w środowisku) jest znikomy. Wytyczne do wykonania oceny przewidywanych stężeń w wodach powierzchniowych i osadach zawarte są w rozporządzeniu²⁾ oraz w wytycznych FOCUS³⁾.

Istnieje wiele matematycznych modeli obliczeniowych wykorzystywanych do szacowania przewidywanych stężeń środowiskowych substancji aktywnych i metabolitów

PEC (*predicted environmental concentration*) w wodach powierzchniowych PEC_{SW} (*surface water*) i w osadach PEC_{SED} (*sediment*). Grupa FOCUS dostosowała wiele modeli obliczeniowych do wyznaczenia wartości PEC wynikających ze stosowania środków ochrony roślin. Rozporządzenie²⁾ nakazuje szacowanie wartości PEC_{SW} i PEC_{SED} , ale nie wskazuje konkretnych narzędzi i modeli. Modele FOCUS zostały zalecane do stosowania w Polsce dokumentem MRiRW pt. „Ogólne wskazówki dotyczące oceny losu i zachowania środków ochrony roślin w środowisku”. Rozporządzenie²⁾ włączało do polskiego systemu prawnego załączniki II i III dyrektywy 91/414/EWG, która obecnie jest zastąpiona rozporządzeniem (regulacją) EC/1107/2009, a załączniki regulacjami 284/2013 i 285/2013 (i notami technicznymi do nich).

Procedura oceny losu i zachowania środka ochrony roślin w wodach powierzchniowych z zastosowaniem modeli FOCUS zakłada stopniową ocenę w czterech krokach, uwzględniających coraz więcej danych i coraz bardziej rzeczywiste warunki stosowania środka.

Stopniowa ocena wg modeli FOCUS

Krok 1 obejmuje proste obliczenia z zastosowaniem jednego, ściśle ustalonego scenariusza zakładającego najbardziej niekorzystne, a przy tym najmniej rzeczywiste, warunki stosowania środka w najwyższej proponowanej dawce. Nie uwzględnia się tu różnic klimatycznych, rodzajów upraw, topografii terenu i typu gleby. Przyjmuje się, że ilości tego środka, jakie dostają się do wód w wyniku znosu, spływu powierzchniowego, erozji i/lub drenażu to sumy tych ilości pochodzące z poszczególnych zastosowań środka, a więc że cała dawka dostaje się do wód jednokrotnie.

Krok 2 wykorzystuje ten sam scenariusz, który ma zastosowanie w Kroku 1. Jest on jednak urealniony i uwzględnia wielokrotne stosowanie środka ochrony roślin, a także

czas jego zastosowania oraz możliwość zatrzymywania na roślinach. Jeżeli środek ma być stosowany więcej niż raz w sezonie, wówczas obliczenia PEC_{SW} w Kroku 2 wykonuje się z uwzględnieniem wszystkich zastosowań. W takim przypadku obliczenia w Kroku 2 mogą stać się przydatne do określenia najgorszego możliwego przypadku stosowania środka oraz do identyfikacji sposobu lub sposobów stosowania, które będą wymagały dalszej oceny w Kroku 3. Do obliczeń na poziomie Kroków 1 i 2 stosowany jest program STEP_ONE_TWO (*Surface watertool for exposure predictions Step 1&2*). Model ten wymaga wprowadzenia takich danych, jak masa cząsteczkowa, rozpuszczalność w wodzie, okres półtrwania DT_{50} (*period required for 50 percent disappearance*) w glebie, współczynnik adsorpcji węgla organicznego K_{oc} (*organic carbon adsorption coefficient*), okres półtrwania DT_{50} w układzie osad-woda (lub dla Kroku 2 DT_{50} w wodzie i DT_{50} w osadzie), liczba zastosowań, dawka oraz przerwy pomiędzy zastosowaniami. Kroki 1 i 2 pozwalają przede wszystkim na wskazanie tych substancji, które praktycznie nie wywołują ryzyka dla środowiska wodnego.

Krok 3 wykorzystuje scenariusze odzwierciedlające najbardziej niekorzystne, ale rzeczywiste warunki, jakie mogą wystąpić w środowisku w okresie stosowania środka. Scenariusze te uwzględniają wiele założeń, w tym dotyczące warunków klimatycznych, ukształtowania terenu, rodzaju gleby, pokrywy roślinnej, rodzaju uprawy, zabiegów agrotechnicznych, podstawowych dróg narażenia (drenaż, spływ) wód powierzchniowych na dostające się z pól środki ochrony roślin oraz rodzajów zbiorników wodnych (stawy, rowy, strumienie). Zbiorniki wodne zostały sparametryzowane, nadano im stałą szerokość oraz długość i odległość szczytu wału od wody. Wartości te zostały przedstawione w tabeli 1.

W tabeli 2 zestawiono scenariusze wykorzystywane w Kroku 3 oraz wskazano repre-

* Autor do korespondencji:

Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Krucza 5/11d, 00-548 Warszawa, tel.: (22) 375-05-48, fax: (22) 375-05-01, e-mail: marta.kijewska@ios.edu.pl

Tabela 1. Parametry zbiorników wodnych³⁾

Zbiornik wodny	Szerokość, m	Całkowita długość, m	Odstęłość od szczytu wału do wody, m
Rów	1	100	0,5
Staw	30	30	3,0
Strumień	1	100	1,0

zentatywnie stacje meteorologiczne, z których zaczerpnięto informacje o opadach i temperaturze dla danego regionu, a także zdefiniowano właściwości gleb. Scenariusze D są scenariuszami drenażu, dla których główną drogą migracji zanieczyszczeń do wód powierzchniowych jest drenaż i znos. W drenażu zanieczyszczenia są odprowadzane rowami melioracyjnymi oraz przez wewnętrzny system drenów w glebie do wód powierzchniowych. Kolejnym szlakiem migracji zanieczyszczeń jest znoszenie z chmurą oprysku do wód powierzchniowych. Scenariusze R są scenariuszami splywu powierzchniowego, dla których jest on (oraz znos) główną drogą migracji zanieczyszczeń do wód powierzchniowych. Splyw powierzchniowy polega na transporcie zanieczyszczeń poprzez dodatkowy strumień wody wywołany opadami, topnieniem śniegu lub nawadnianiem.

Na mapie (rysunek) przedstawiono lokalizację poszczególnych scenariuszy. Poszczególnym scenariuszom przypisano różne zbiorniki wodne mające charakterystykę wody powierzchniowej danego obszaru. Wyróżniono stawy (wody stałe lub wolno płynące), rowy (wody stosunkowo wolno płynące) i strumienie (szybko przemieszczające się wody). W tabeli 3 przedstawiono przypisanie zbiorników wodnych do poszczególnych scenariuszy.

Modele obliczeniowe i scenariusze dla warunków polskich

Po rozszerzeniu Unii Europejskiej o nowe państwa członkowskie zaistniała konieczność opracowania dodatkowych scenariuszy, które uwzględniałyby warunki panujące na obszarze tych państw. Do chwili opracowania i zatwierdzenia nowych scenariuszy nowe państwa członkowskie zobligowano, aby w procesie rejestracji środków ochrony roślin stosowały scenariusze najbardziej odpowiadające warunkom rolniczym panującym na ich obszarze. Jeśli nie ma takich scenariuszy, zalecane jest stosowanie scenariuszy „wrażliwszych”, stanowiących gorszy przypadek. Dopasowanie istniejących scenariuszy do warunków panujących w nowych państwach

Tabela 2. Scenariusze wykorzystywane w modelach obliczeniowych w Kroku 3³⁾

Symbol scenariusza	Średnia roczna temperatura, °C	Roczny opad, mm	Rodzaj gleby	Zawartość węgla organicznego, %	Nachylenie, %	Stacja pogodowa
D1	6,1	556	ił pylasty	2,0	0–0,5	Lanna
D2	9,7	642	ił	3,3	0,5–2	Brimstone
D3	9,9	747	piasek	2,3	0–0,5	Vreedepeel
D4	8,2	659	glina	1,4	0,5–2	Skousbo
D5	11,8	651	glina	2,1	2–4	La Jailliere
D6	16,7	683	glina ilasta	1,2	0–0,5	Thiva
R1	10,0	744	pył gliniasty	1,2	3	Weiherbach
R2	14,8	1402	glina piaszczysta	4	20	Porto
R3	13,6	682	glina ilasta	1	10	Bologna
R4	14,0	756	glina piaszczystoilasta	0,6	5	Roujan

Rys. Lokalizacja zastosowania scenariuszy FOCUS dla wód powierzchniowych^{3, 4)}Tabela 3. Drogi migracji zanieczyszczeń i reprezentatywne zbiorniki wodne dla scenariuszy³⁾

Scenariusz	Źródło	Zbiornik wodny
D1	drenaż i znos	rów, strumień
D2	drenaż i znos	rów, strumień
D3	drenaż i znos	rów
D4	drenaż i znos	staw, strumień
D5	drenaż i znos	staw, strumień
D6	drenaż i znos	rów
R1	spływ powierzchniowy i znos	staw, strumień
R2	spływ powierzchniowy i znos	strumień
R3	spływ powierzchniowy i znos	strumień
R4	spływ powierzchniowy i znos	strumień

członkowskich przeprowadzono przez porównanie parametrów klimatu (opady, temperatura), gleby (tekstura, zawartość materii organicznej) oraz uprawianych roślin określonych dla scenariuszy FOCUS z parametrami określonymi dla tych państw. Spośród scenariuszy wykorzystywanych do obliczeń dla wód powierzchniowych w Kroku 3 trzy scenariusze odzwierciedlają najbardziej niekorzystne warunki dla upraw mogące wystąpić na obszarze Polski. Do scenariuszy tych należą R1 (dla obszarów górskich) i D3 oraz D4 (dla obszarów nizinnych).

Na potrzeby obliczeniowe dla Kroku 3 powstały takie modele obliczeniowe, jak PESTLA, MACRO i CRACK_P (uwzględniające drenaż), GLEAMS, PRZM i PELMO (uwzględniające spływ powierzchniowy) oraz SLOOT, BOX, ABIWAS, EXAMS, WASP i TOXSWA⁵⁾. Znane są też takie modele, jak niemiecki ESCAPE i brytyjski Drift&Drainage oraz Drift Calculator używany do wyznaczania PEC dla środowiska.

Obecnie dla Kroku 3 wykorzystuje się program MACRO uwzględniający drenaż, program PRZW uwzględniający spływ i erozję oraz program TOXSWA pozwalający na obliczenia ostatecznych wartości PEC_{sw} na podstawie danych dotyczących znosu i splywu/erozji lub drenażu. Modele zostały

tak przygotowane, aby dane uzyskiwane przy obliczeniach za pomocą programów MACRO i PRZW mogły być w pełni wykorzystane jako dane wejściowe do programu TOXSWA. W Kroku 3 dodatkowo uwzględnia się dane wejściowe dotyczące znosu. Dane te są obliczane za pomocą narzędzia zwanego SWASH (*surface water scenarios help*). Dane wejściowe do SWASH obejmują wielkość dawki, liczbę zastosowań, typ uprawy i rodzaj zbiornika wodnego. Dane uzyskane z obliczeń SWASH są tak dobrane, aby mogły być zastosowane w modelach MACRO, PRZM i TOXSWA.

Model TOXSWA umożliwia prześledzenie zachowania środka ochrony roślin w wodach powierzchniowych (rów, staw lub strumień graniczący z polem uprawnym) i obliczenie jego stężeń środowiskowych zarówno w wodzie, jak i w osadzie zbiornika. Do obliczeń przyjmuje się założenie, że stężenie w wodzie różnicuje się w płaszczyźnie poziomej, ale nie zależy od głębokości, zaś stężenie w osadzie jest zmienne zarówno w kierunku pionowym, jak i poziomym. TOXSWA uwzględnia transport, rozkład, sorpcję oraz ulatnianie się środka. Model ten nie pozwala na symulację takich procesów, jak drenaż czy spływ/erozja, a jedynie wykorzystuje zmienne uzyskane z obliczeń za pomocą innych modeli jako dane wejściowe opisujące badany system wodny. TOXSWA nie pozwala również na symulację tworzenia się metabolitów w wodzie lub osadzie, ale umożliwia obliczenie (lub przynajmniej oszacowanie) stężeń metabolitu, który dostaje się do wód powierzchniowych lub do osadu.

Krok 4 uwzględnia szczegółową charakterystykę ukształtowania terenu oraz możliwość wprowadzenia ograniczeń w stosowaniu środka ochrony roślin. Celem obliczeń wykonywanych w Kroku 4 jest uwzględnienie warunków bardziej zbliżonych do rzeczywistych niż te, które były wykorzystywane w Kroku 3, a także zmianowanie roślin, gleb, warunków klimatycznych, topografii i zbiorników wodnych specyficznych dla regionu, w którym ma być stosowany środek. W każdym przypadku gdy zastosowanie Kroku 4 jest niezbędne, określenie potrzebnych scenariuszy wymaga przeprowadzenia studium przypadku w zależności od proponowanego stosowania środka, właściwości środka oraz przyczyn, z powodu których ocena na poziomie Kroku 3 nie była wystarczająca. Wskazówki dotyczące oceny na poziomie Kroku 4 zawarte są w odpowiednich wytycznych⁶⁻⁸. Krok 4 należy do badań bardziej szczegółowych, polegających m.in. na: (i) uściśleniu wartości parametrów wejściowych (np. poprzez wykorzystanie do obliczeń zakresu wartości

otrzymanego w badaniach rozkładu, a nie jedynie wartości średnich, lub wykonanie dodatkowych badań i przeprowadzenie ponownej symulacji na modelu z wykorzystaniem uzyskanych w nich wyników), (ii) umieszczeniu w etykietce stosowania zapisów ograniczających stosowanie środka (np. poprzez ustanowienie stref buforowych, ograniczeń w okresach stosowania środka), których skuteczność musi być potwierdzona poprzez wykonanie na modelu ponownej symulacji uwzględniającej proponowane ograniczenie, oraz (iii) opracowaniu specyficznych scenariuszy odzwierciedlających właściwe dla danego środka środowiskowe i rolnicze warunki jego stosowania.

Ocena na poziomie Kroku 4 jest typowym studium przypadku, które polega na przeanalizowaniu wyników oceny wykonanej dla danego środka w Krokach 1-3, które nie wystarczyły do wykluczenia nieakceptowalnego wpływu środka na organizmy wodne. W obliczeniach stosuje się zmniejszenie znosu i spływu poprzez zastosowanie stref buforowych. W tabeli 4 przedstawiono najgorszy przypadek (na 90百分ylny) zmniejszenia narażenia przy różnej szerokości strefy buforowej oraz różnych fazach spływu powierzchniowego. Stopień zmniejszenia zależy od szerokości i rodzaju strefy, rodzaju uprawy, prędkości wiatru oraz rodzaju zastosowanego urządzenia dozującego środek ochrony roślin.

W przypadku zmniejszenia spływu powierzchniowego stosuje się strefę porośniętą zwartą roślinnością. W przypadku zmniejszenia znosu z chmurą oprysków w wielu krajach UE stosuje się strefy buforowe bez oprysków z możliwością zmniejszenia narażenia nawet powyżej 95%. W celu ograniczenia znosu rekomendowane są specyficzne technologie, takie jak dysze zmniejszające znos, opryskiwanie z rękawem powietrznym

Tabela 4. Zmniejszenie spływu powierzchniowego i znosu z chmurą oprysków⁷⁾

Szerokość strefy buforowej pokrytej zwartą roślinnością, m	10-12	18-20
Zmniejszenie objętości spływu powierzchniowego wody, %	60	80
Zmniejszenie masy środków ochrony roślin transportowanych w fazie wodnej, %	60	80
n (dla fazy wodnej)	36	30
Zmniejszenie masy zerodowanych osadów, %	85	95
Zmniejszenie masy środków ochrony roślin transportowanych w fazie osadów, %	85	95

czy opryskiwanie ekranowe³⁾. Technologie te stosuje się w opryskiwaniu roślin uprawianych na terenach graniczących ze zbiornikami wodnymi, gdzie zatrzymywanie środka przez rośliny jest znikome. W wielu krajach do ograniczenia znosu stosuje się wiatrochrony składające się z drzew lub roślinności wyższej przynajmniej o 1 m niż uprawa. W zależności od ulistnienia wiatrochronu ograniczenie znosu może sięgać 90%. Do oceny narażenia zaleca się stosowanie ograniczenia o 25% dla bezlistnych drzew, o 50% dla drzew o średnim ulistnieniu i o 75% dla pełnego ulistnienia wiatrochronu. W przypadku drenażu nie ma możliwości jego ograniczenia.

Wszystkie opracowane przez grupę FOCUS programy modelowe dla wód powierzchniowych umożliwiają dokonanie obliczeń przewidywanych stężeń środowiskowych zarówno dla substancji aktywnej, jak i metabolitów, które powstają w glebie. Określa się właściwości takich metabolitów (w tym ich największe stężenie zaobserwowane w badaniach losu i zachowania w glebie) oraz stosunek masy cząsteczkowej substancji aktywnej i metabolitu. Modele zakładają, że metabolity nie powstają w powietrzu, a więc substancja aktywna może dostawać się do wód powierzchniowych jedynie w wyniku znosu. Wobec tego w obliczeniach PEC_{sw} dla metabolitów możliwe jest jedynie uwzględnienie jednej z dwu dróg narażenia (drenaż lub spływ).

Wszystkie modele umożliwiają podanie wartości rzeczywistej PEC (PEC_{act}), a także średnich ważonych czasowych (TWA-PEC) dla wód powierzchniowych i osadu po 1, 2, 4, 7, 14, 21, 28, 42, 50 i 100 dniach po zastosowaniu środka.

Obliczanie i wykorzystywanie wartości PEC

Do obliczeń PEC_{sw} i PEC_{sed} wykorzystuje się punkty końcowe dla substancji aktywnych zaakceptowane na poziomie unijnym, których wartości zamieszczone są na liście punktów końcowych (*list of endpoints*) w raporcie z oceny DAR (*draft assessment report*).

W dokumencie GAP (*good agriculture practice*), obejmującym przewidywany zakres stosowania, zawarte są informacje dotyczące zakresu i ilości stosowania środka ochrony roślin, terminu jego stosowania, podanego jako faza wzrostu⁹⁾ oraz odstęp między zabiegami w przypadku wielokrotnego stosowania. W zależności od uprawy i fazy wzrostu określane jest zatrzymanie (intercepcja) środka na powierzchni roślin. Dodatkowo uwzględniane są metabolity substancji aktywnej, uznane za znaczące, powstające w wyniku przemian biotycznych i abiotycznych w środowisku. Dla nich, podobnie jak dla substancji aktywnej,

wymagane są dane obejmujące właściwości fizyczno-chemiczne oraz informacje z zakresu ich przemian w warunkach laboratoryjnych i/lub polowych, takie jak masa cząsteczkowa, ciśnienie par, rozpuszczalność w wodzie, współczynnik podziału K_{OC} lub K_{OMP} , czas połowicznego rozkładu substancji DT_{50} w 20°C (w glebie, wodzie i układzie woda-osad) oraz maksymalna ilość substancji obserwowana w glebie i w układzie woda-osad.

Wartości parametrów charakterystyczne dla substancji aktywnej i jej metabolitów wykorzystywane są w procesie szacowania przewidywalnych stężeń środowiskowych w wodach powierzchniowych i osadach dennych.

W każdym kroku obliczone wartości PEC_{sw} porównuje się z odpowiednimi danymi ekotoksykologicznymi. Z reguły najmniejsza wartość ostrej i długoterminowej toksyczności (L(E)C50) (NOEC) dla organizmów wodnych, glonów, rozwielitki i ryb jest porównywana z początkową wartością PEC_{sw} i na tej podstawie oblicza się współczynnik narażenia toksycznego (TER). Jeżeli na podstawie obliczonych w Kroku 1 wartości PEC_{sw} wartość TER jest większa od wartości progowej TER, wówczas można przyjąć że badana substancja aktywna nie będzie miała nieakceptowalnego wpływu na środowisko wodne, a więc jej stosowanie będzie bezpieczne. W takim przypadku nie jest konieczne prowadzenie dalszej oceny ryzyka dla wód powierzchniowych, a otrzymane wartości PEC_{sw} są wystarczające do zakończenia oceny. Jeżeli jednak wartość progowa TER nie zostanie przekroczona, wówczas wykonywane są obliczenia uwzględniające założenia dla Kroku 2. Ponownie dokonuje się obliczeń wartości PEC_{sw} i odnosi się je do odpowiednich danych ekotoksykologicznych dla organizmów wodnych. Podobnie jak w Kroku 1, jeżeli na podstawie obliczonych w Kroku 2 wartości PEC_{sw} wartość TER jest większa od wartości progowej wówczas można uznać, że stosowanie środka będzie bezpieczne i zakończyć ocenę. W przeciwnym razie konieczne jest dokonanie oceny w Kroku 3.

Zasada prowadzenia oceny w Kroku 3, jest taka sama jak w przypadku wcześniej opisanych kroków. W Kroku 3, ze względu na konieczność wykonania obliczeń dla kilku scenariuszy, uzyskana wartość TER obliczona na podstawie maksymalnego PEC_{sw} dla substancji może być (i) mniejsza od wartości progowej dla wszystkich scenariuszy lub (ii) tylko dla niektórych scenariuszy albo (iii) może być większa od wartości progowej dla wszystkich scenariuszy. W pierwszym przypadku środek nie może być dopuszczony do obrotu, chyba że

zostanie udowodnione na podstawie badań wyższego rzędu (np. badań ekotoksykologicznych wyższego rzędu, danych monitoringowych), że substancja nie będzie miała nieakceptowalnego wpływu na organizmy wodne. Możliwe jest również przejście do Kroku 4. W drugim przypadku środek może zostać dopuszczony do obrotu jedynie na tych terenach, na których możliwe będzie jego bezpieczne stosowanie. W ostatnim przypadku środek może zostać dopuszczony do obrotu, choć na podstawie obliczeń modelowych nie można zupełnie wykluczyć w pewnych specyficznych warunkach środowiskowych wpływu środka na bardzo wrażliwe gatunki wodne. Dlatego też może być konieczne wykonanie dodatkowych badań na organizmach wrażliwych na dany środek.

Podsumowanie

Procedura oceny losu i zachowania środka w wodach powierzchniowych z zastosowaniem modeli FOCUS zakłada stopniową ocenę w czterech krokach, uwzględniających coraz więcej danych i bardziej rzeczywiste warunki stosowania środka. Istnieje wiele programów służących do wyliczenia wartości PEC, jednak grupa FOCUS zaleca stosowanie tylko niektórych z nich.

Do obliczeń na poziomie Kroków 1 i 2 rekomendowany jest program STEP_ONE_TWO. Na poziomie Kroku 3 wykorzystuje się programy MACRO, PRZW, TOXSWA i SWASH, a w Kroku 4 program SWAN. Obliczenia w tych programach opierają się na scenariuszach przypisanych konkretnym krokom oceny. Kroki 1 i 2 mają jeden i ten sam scenariusz, ale różnią się od siebie liczbą danych potrzebnych do obliczeń wartości PEC_{sw} . Kroki 3 i 4 mają zdefiniowanych dziesięć scenariuszy: sześć scenariuszy drenażu (scenariusze D) i cztery scenariusze spływu powierzchniowego (scenariusze R). Krok 4 różni się od Kroku 3 tym, że można zastosować łagodzenie narażenia wód powierzchniowych przez zmniejszenie znosu z chmurą oprysków (zastosowanie stref buforowych) lub przez zmniejszenie spływu powierzchniowego.

Wartości PEC_{sw} obliczone w poszczególnych krokach porównuje się z odpowiednimi danymi ekotoksykologicznymi. Jeżeli wyliczone na podstawie Kroku 1 narażenia organizmów nie będących celem zwalczania jest za wysokie, to należy wykonać obliczenia wartości PEC_{sw} dla Kroku 2 i powtórzyć obliczenia ekotoksykologiczne. Procedurę tą powtarza się aż do Kroku 4 lub do uzyskania odpowiednio niskiego narażenia.

Otrzymano: 08-09-2015

LITERATURA

- [1] K. Kucharczak, D. Maciaszek, *Przem. Chem.* 2013, **92**, nr 3, 352.
- [2] Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 17 maja 2005 r. w sprawie zakresu badań, informacji i danych dotyczących środka ochrony roślin i substancji aktywnej oraz zasad sporządzania ich oceny, *Dz.U.* 2005, nr 100, poz. 839.
- [3] FOCUS surface water scenarios in the EU evaluation process under 91/414/EEC, Report of the FOCUS Working Group on Surface Water Scenarios, EC Document Reference SANCO/4802/2001-rev.2. 2001.
- [4] Anonim, *Generic guidance for FOCUS surface water scenarios*, Version 1.3, grudzień 2014 r.
- [5] P. Adriaanse, R. Allen, V. Gouy, J. Hollis, J. Hosang, N. Jarvis, T. Jarvis, M. Klein, R. Layton i in., *Surface water models and EU registration of plant protection products*, Report 6476-VI-96 (EU Commission), Regulatory Modelling Group, FOCUS, 1997.
- [6] F. van den Berg, P.I. Adriaanse, J.A. te Roller, FOCUS surface water scenario help (SWASH), version 1.1, User's Guide version 1, Alterra-rapport 507, Alterra, Wageningen 2005.
- [7] C. Brown, A. Alix, J.-L. Alonso-Prados, D. Auteri, J.-J. Gril, R. Hiederer, C. Holmes i in., *FOCUS landscape and mitigation factors in aquatic ecological risk assessment*, t. 1 *Extended summary and recommendations*, SANCO/10422/2005, version 2.0, wrzesień 2007 r.
- [8] C. Brown, A. Alix, J.-L. Alonso-Prados, D. Auteri, J.-J. Gril, R. Hiederer, C. Holmes i in., *FOCUS landscape and mitigation factors in aquatic ecological risk assessment*, t. 2 *Detailed technical reviews*, SANCO/10422/2005, version 2.0, 1 września 2007 r.
- [9] U. Meier, *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants*, BBCH Monograph, Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, 2001.