

## **ANALIZA CZASU WYSTĄPIENIA ZANIECZYSZCZENIA POWIERZCHNI ZIEMI NA PRZYKŁADZIE POMIARU STĘŻENIA I ANALIZY ROZKŁADU FENOLU**

Jakub Nieć

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Anna Nieć

Instytut Nauk Prawnych Polskiej Akademii Nauk

Paweł Zawadzki, Marcin Spychała

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

**Streszczenie.** Czas wystąpienia zanieczyszczenia w powierzchni ziemi jest informacją prawnie relewantną, bowiem to właśnie ten parametr nierzadko determinuje możliwość wykazania związku pomiędzy działalnością danego podmiotu, a skutkiem w postaci zanieczyszczenia. W zależności od tego, kiedy doszło do zdarzenia i kto był jego sprawcą, zanieczyszczenie może zostać uznane np. za szkodę w powierzchni ziemi albo zanieczyszczenie historyczne.

Odwołując się do właściwości fenolu, który jest substancją zarówno występującą w środowisku w stanie naturalnym, jak i ważnym półproduktem stosowanym w przemyśle chemicznym, przeanalizowano możliwość określenia czasu wystąpienia tego zanieczyszczenia w powierzchni ziemi na podstawie znajomości czasu połowicznego rozkładu. Wyniki analiz przedstawiono na wykresach, z których w ocenie autorów oszacować można prawdopodobny czas powstania zanieczyszczenia. Wykonane obliczenia potwierdzają, że uwzględniając stosunkowo szybką biodegradowalność analizowanej substancji, pomiar jej stężenia w gruntach typu B i C powinien nastąpić maksymalnie w terminie odpowiednio do 170 i do 90 dni od momentu wystąpienia zanieczyszczenia. Wyniki analiz wskazują ponadto, że na terenach użytkowanych przemysłowo, pomiar stężenia fenolu wykonany w terminie powyżej 90 dni (przyjmując 10-dniowy czas rozpadu) a czasem nawet 20 dni (dla dwudniowego czasu rozpadu) od momentu powstania zanieczyszczenia nie znajduje uzasadnienia. W ocenie autorów, znajomość powyższych faktów może mieć kluczowe zna-

---

Adres do korespondencji – Corresponding authors: dr inż. Jakub Nieć, dr inż. Paweł Zawadzki, dr Marcin Spychała, Katedra Inżynierii Wodnej i Sanitarnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Piątkowska 94 E, 60-649 Poznań; mgr Anna Nieć, Instytut Nauk Prawnych, Polska Akademia Nauk; e-mail: [jniec@up.poznan.pl](mailto:jniec@up.poznan.pl), [pzaw@au.poznan.pl](mailto:pzaw@au.poznan.pl), [marsp@up.poznan.pl](mailto:marsp@up.poznan.pl), [anianiec@wp.pl](mailto:anianiec@wp.pl).

czeniu w doborze parametrów pomiarowych oraz dla określenia podmiotu odpowiedzialnego za zanieczyszczenie powierzchni ziemi np. fenolem.

**Słowa kluczowe:** fenol, współczynnik filtracji, czas połowicznego rozpadu

## WSTĘP

Emisja, która może być szkodliwa dla zdrowia ludzi lub stanu środowiska, która może powodować szkodę w dobrach materialnych, pogarszać walory estetyczne środowiska lub która może kolidować z innymi, uzasadnionymi sposobami korzystania ze środowiska, stanowi zanieczyszczenie w rozumieniu art. 3 pkt 49 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (dalej: u.p.o.ś.) [Ustawa... 2001].

Jednocześnie ustawodawca w art. 101a ust. 1 i 2 u.p.o.ś. wprost przesądził, iż w odniesieniu do powierzchni ziemi zanieczyszczenie ocenia się na podstawie przekroczenia dopuszczalnych zawartości substancji powodujących ryzyko w glebie lub w ziemi, a zatem zawartości, poniżej których uwzględniając wpływ substancji na zdrowie ludzi i stan środowiska – żadna z funkcji pełnionych przez powierzchnię ziemi nie jest znacząco naruszona. Na podstawie zawartego w art. 101a ust. 5 u.p.o.ś. upoważnienia, minister właściwy do spraw środowiska zobowiązany został do określenia w drodze rozporządzenia sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi, w tym m.in. do wskazania substancji powodujących ryzyko oraz ich dopuszczalnej zawartości w glebie i ziemi. Aktualnie trwają prace nad treścią takiego rozporządzenia, o czym świadczy przedstawiony w dniu 14 lutego 2014 r. projekt rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi, niemniej jednak w stanie prawnym obowiązującym na dzień 1 maja 2015 roku, ostateczna wersja rozporządzenia nie została jeszcze przyjęta. Powyższe implikuje konieczność odwołania się w tym względzie do przepisów wydanego na podstawie art. 105 ust. 1 u.p.o.ś. Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (dalej: r.s.j.g.i.z.) [Rozporządzenie... 2002]. Zgodnie bowiem z art. 15 ustawy z dnia 11 lipca 2014 r. o zmianie ustawy Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw [Ustawa... 2014b], do dnia wejścia w życie przepisów wykonawczych wydanych na podstawie art. 101a ust. 5 u.p.o.ś., za dopuszczalne zawartości w glebie i w ziemi substancji powodujących ryzyko, o których mowa w art. 101a ust. 2 u.p.o.ś., uważa się standardy jakości gleby oraz standardy jakości ziemi określone w dotychczasowych przepisach.

Konkludując, należy zatem stwierdzić, iż do czasu wejścia w życie przepisów wykonawczych, określających dopuszczalne zawartości substancji powodujących ryzyko w glebie lub w ziemi, zanieczyszczenie powierzchni ziemi należy oceniać na podstawie przekroczenia standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi, które z uwzględnieniem aktualnej i planowanej funkcji gruntów, ustawodawca określił odrębnie dla grupy A (obejmującej nieruchomości gruntowe wchodzące w skład obszaru poddanego ochronie na podstawie odrębnych przepisów), grupy B (obejmującej grunty zaliczone do użytków rolnych z wyłączeniem gruntów pod stawami i gruntów pod rowami, grunty leśne oraz zadrzewione i zakrzewione, nieużytki, a także grunty zabudowane i zurbanizowane z wyłączeniem terenów przemysłowych, użytków kopalnych oraz terenów komunikacyjnych) oraz grupy C (obejmującej tereny przemysłowe, użytki kopalne i tereny komunikacyjne).

Podmiot, który tak definiowane zanieczyszczenie powoduje, zgodnie z wyrażoną w art. 7 ust. 1 u.p.o.ś. zasadą „zanieczyszczający płaci” – ponosi koszty usunięcia jego skutków. Jak podkreśla Rakoczy [Bukowski i in. 2013], przyjęte rozwiązanie jest konsekwencją wyrażonego w art. 86 Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r. (Dz.U. z 1997r., Nr 78, poz. 483 ze zm.) zobowiązania do dbałości o stan środowiska i ustanowionej zasady odpowiedzialności za jego naruszenie. Warto nadmienić, na co zwraca uwagę Haczkowska [2014], iż sposób zredagowania przywołanego przepisu, w szczególności sformułowanie „ponosi odpowiedzialność za spowodowane przez siebie jego pogorszenie”, wskazuje, że odpowiedzialność ta ma charakter indywidualny. Biorąc pod uwagę powyższe, należy stwierdzić, że dla przypisania odpowiedzialności za pogorszenie stanu środowiska kluczowe znaczenie będzie miało wskazanie sprawcy zanieczyszczenia, co z kolei niejednokrotnie implikuje konieczność określenia czasu jego wystąpienia. W ocenie autorów czas wystąpienia zanieczyszczenia jest informacją niezwykle istotną, szczególnie w kontekście możliwości wykazania związku pomiędzy zachowaniem danego podmiotu a skutkiem w postaci wystąpienia zanieczyszczenia w powierzchni ziemi. Określenie czasu, w którym doszło do zanieczyszczenia, ma również kluczowe znaczenie dla możliwości uznania danego zdarzenia za szkodę w powierzchni ziemi w rozumieniu art. 6 pkt 11 lit. c) ustawy z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie (dalej: u.z.s.w.ś.) [Ustawa... 2014a] albo historyczne zanieczyszczenie powierzchni ziemi w rozumieniu art. 3 pkt 5a) u.p.o.ś.

Zdaniem autorów, w sytuacjach, gdy brak jest rzetelnej informacji na temat czasu wystąpienia zanieczyszczenia, dla jego wyznaczenia można, przyjmując parametry charakteryzujące daną substancję, wykorzystać metody obliczeniowe. Analizę i dalsze rozważania prowadzono w odniesieniu do fenolu, jako przykładowej substancji chemicznej z przypisanym przez Chemical Abstracts Service indywidualnym numerem tzw. CAS: 108-95-2, dla której ustawodawca określił w załączniku do r.s.j.g.i.z. dopuszczalne stężenie w glebie lub ziemi, które dla poszczególnych rodzajów gruntów przedstawiono w tabeli 1.

Z powyższego zestawienia wynika, że ustawodawca w gruntach klasy B i C warunkuje dopuszczalne stężenie fenolu w zależności od wartości współczynnika filtracji. Taka korelacja generalnie wydaje się uzasadniona, niemniej jednak należy zwrócić uwagę i ocenić krytycznie, że ustalona granica powoduje, iż w pierwszej z wyodrębnionych grup znajdują się grunty o bardzo zróżnicowanych właściwościach. Będą to bowiem zarówno grunty silnie przepuszczalne, o wartości współczynnika filtracji od  $86 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ , jak i półprzepuszczalne, o wartości współczynnika filtracji do  $0,86 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ . Natomiast w drugiej grupie znajdują się grunty o właściwościach praktycznie nieprzepuszczalnych, dla których współczynnik filtracji jest mniejszy od  $0,86 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$  [Pazdro 1977]. Uchybieniem w ocenie autorów jest również brak wskazania w akcie normatywnym referencyjnej metodyki wyznaczania współczynnika filtracji, co może powodować znaczne problemy z interpretacją otrzymanych wyników. Jak bowiem wykazali Nieć i Spychała [2014], w zależności od zastosowanej metody pomiaru, uzyskuje się w analizowanych gruntach statystycznie istotne różnice w wartościach współczynnika filtracji. Podkreślenia wymaga, że dla danego rodzaju gruntu (piasku drobnego i średniego), skrajne wartości współczynnika filtracji otrzymane z zastosowaniem uznanych metod, różniły się o rząd wielkości.

Tabela 1. Wartości dopuszczalne stężeń w glebie lub ziemi wyrażone w  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  suchej masy określone w przepisach rozporządzenia w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi

Table 1. The concentrations limits in the soil or ground expressed in  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  dry weight specified in the regulation on soil quality standards and earth quality standards

| Zanieczyszczenie<br>Contamination | Grupa<br>A<br>Group<br>A | Grupa B<br>Group B   |          |                  | Grupa C<br>Group C |     |                  |          |     |
|-----------------------------------|--------------------------|--|----------|------------------|--------------------|-----|------------------|----------|-----|
|                                   |                          | Głębokość – Depth, m ppt – bgl   |          |                  |                    |     |                  |          |     |
|                                   |                          | 0–0,3  | 0,3–15,0 |                  | > 15               | 0–2 | 2–15             |          |     |
|                                   |                          | Wodoprzepuszczalność gruntów, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$<br>Hydraulic conductivity, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ |          |                  |                    |     |                  |          |     |
|                                   |                          | do<br>to   |          | poniżej<br>below | do<br>to           |     | poniżej<br>below | do<br>to |     |
|                                   |                          |  |          |                  |                    |     |                  |          |     |
|                                   |                          |  |          |                  |                    |     |                  |          |     |
| Fenol<br>Phenol                   | 0,05                     | 0,1  | 0,5      | 20               | 3                  | 40  | 50               | 3        | 100 |

Źródło: Opracowanie własne na podstawie załącznika do Rozporządzenia... 2002.

Warto nadmienić, że fenol jest substancją łatwo dostępną, o relatywnie dobrze rozpoznanych właściwościach, szerokim zastosowaniu m.in. jako środek dezynfekujący w preparatach czyszczących czy surowiec w przemyśle chemicznym i farmaceutycznym, lecz również co akcentowano w dalszej części pracy, dość powszechnie występującą w środowisku również w stanie naturalnym. Mając na uwadze powyższe, w dalszej części artykułu, odwołując się do czasu połowicznego rozkładu jako swoistej właściwości danej substancji, właśnie na przykładzie fenolu, który nadto charakteryzuje się stosunkowo szybkim czasem połowicznego rozkładu, przeanalizowano możliwy czas wystąpienia zanieczyszczenia gleby lub ziemi.

W pracy poddano ocenie zasadność pomiaru fenolu w gruncie w związku z jego stosunkowo szybką biodegradowalnością. W celu określenia prawdopodobnego terminu powstania zanieczyszczenia konieczne jest uwzględnienie czasu migracji zanieczyszczeń, które poza biodegradowalnością zanieczyszczenia będzie uzależnione m.in. od prędkości filtracji, działań mechanizmów opóźniających transport, takich jak sorpcja szczególnie widoczna w gruntach zawierających cząstki ilaste [Garbulewski i Fronczyk 2004]. Szybkość rozpadu będzie również uzależniona od warunków atmosferycznych w tym temperatury opadu deszczu (wilgotności), nasłonecznienia i wiatru [Wandrasz i Czop 2006]. Podobną tematykę podęli inni autorzy, w tym Maliszewska-Kordybach [1990], która przeanalizowała szybkość rozkładu wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) na przykładzie fluorenu, antracenu i pirenu. Wyniki przeprowadzonych analiz wykazały, że w przypadku opisanych WWA czas połowicznego rozpadu wyniósł odpowiednio: 17÷51 dni, 18÷46 dni i 28÷71 dni w zależności od wilgotności. Należy zaznaczyć, że najkrótsze czasy połowicznego rozpadu uzyskano w warunkach wilgotności rzędu 50–65%. Taki poziom wilgotności stwarza optymalne warunki rozwoju mikroflory glebowej, która odpowiedzialna jest w głównej mierze za szybkość usuwa-

nia WWA ze środowiska glebowego. Wandrasz i Czop [2006] przeprowadzili podobny eksperyment, z tym że w glebie mineralnej, ale wyjałowionej, gdzie czas połowicznego rozpadu nie przekroczył 25 dni dla wszystkich trzech substancji (fluorenu, antracenu i pirenu). Inni autorzy wykazali, że wprowadzenie zanieczyszczeń do gruntu w postaci substancji ropopochodnych powoduje nadto ponad dwudziestokrotne zwiększenie współczynnika przepuszczalności gruntu [Garbulewski i Fronczyk 2004].

## **MATERIAŁ I METODY**

Podkreślenia wymaga, iż co do zasady, w myśl §1 ust.1 r.s.j.g.i.z., glebę lub ziemię uznaje się za zanieczyszczoną, gdy stężenie co najmniej jednej substancji z wymienionych w załączniku do rozporządzenia, przekracza wartość dopuszczalną. Wyjątek od tej reguły stanowią będą przypadki, gdy przekroczenie wartości dopuszczalnej stężenia substancji w badanej glebie lub ziemi wynika z naturalnie wysokiej jej zawartości w środowisku. W takich bowiem sytuacjach, zgodnie z §1 ust. 4 r.s.j.g.i.z., ustawodawca nakazuje kontrfaktycznie przyjąć, iż przekroczenie dopuszczalnej wartości stężeń w glebie lub ziemi nie nastąpiło. Podobne rozwiązanie powtórzone zostało w dodanym przez art. 1 pkt 12 ustawy o zmianie ustawy Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw [Ustawa... 2014] art. 101a ust. 4 u.p.o.ś., który stanowi, że gleby, ziemi lub wód gruntowych nie uznaje się za zanieczyszczone, jeżeli stwierdzone w niej zawartości substancji są pochodzenia naturalnego. W świetle poczynionych spostrzeżeń, dla prawidłowej oceny wystąpienia w konkretnym przypadku zanieczyszczenia niezwykle istotna wydaje się znajomość specyfiki poszczególnych substancji w tym naturalnych źródeł ich występowania oraz czynników sprzyjających naturalnie wysokiej ich zawartości w środowisku. W odniesieniu do substancji, jaką jest fenol, powyższe kwestie poddano analizie w dalszej części artykułu.

Jak podaje Furczak i Turska [2006], w przypadku monokultur ujawniono stężenie różnych związków fenolowych w gruncie na poziomie  $0,9 \div 1,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  suchej masy gruntu. Szczególnie w przypadku braku płodozmianu takich upraw jak żyto, owies, jęczmień, ziemniaki czy kukurydza niebezpiecznie podnosi się poziom fenolu w glebie z powodu kumulacji rozkładających się resztek roślinnych [Michałowski 2011]. W przypadku zbyt długiego zalegania takich resztek na polach obumierające rośliny również są dodatkowym źródłem fenolu w gruncie [Hruszka 1982 i 1987]. Ze względu na stosunkowo łatwą rozpuszczalność fenolu w wodzie następuje jego migracja zgodna z przepływem wód gruntowych. Fenol zasadniczo również nie ulega bioakumulacji. Biorąc pod uwagę właściwości fenolu, należy mieć na uwadze stosunkowo szybki czas połowicznego rozpadu. W glebie zgodnie z danymi literaturowymi czas połowicznego rozpadu wynosi do 2 do 10 dni [Mrozik 2009] lub od 0,5 do 7 dni według Howarda i in. [1991] dla czystego fenolu (w postaci krystalicznej). Fenol w wodzie ulega biodegradacji w czasie od poniżej 1 dnia w wodach z jeziora do 9 dni w ujściach rzek.

Migrację zanieczyszczeń w gruncie opisano szeroko w literaturze [Kowalik 2001, Zieliński 2007]. W znacznej mierze upraszczając obliczenia w tym w szczególności pomijając procesy sorpcji zależne m. in. od warunków gruntowych i atmosferycznych oraz biodegradacji (uzależnionej m.in. od temperatury, wilgotności i pH), posłużono się procesem rozpadu w funkcji czasu wyznaczonym w sposób empiryczny:

$$\frac{\delta c}{\delta t} = -\lambda c \quad (1)$$

gdzie:

$c$  – stężenie,  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$t$  – czas, doba

$\lambda$  – stała rozpadu,  $\text{doba}^{-1}$

Po scałkowaniu i przekształceniu dla warunku początkowego  $t = 0$  i  $c = c_0$  równanie kinetyki rozpadu przyjmuje postać prawa rozpadu [Rembeza 1998]:

$$c = c_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

Z powyższej zależności można w prosty sposób wyznaczyć czas połowicznego rozpadu, tzn. czas, po którym stężenie zanieczyszczenia będzie wynosiło połowę stężenia początkowego:

$$t_{0,5} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (3)$$

Czasy połowicznego rozpadu wyznaczone w sposób empiryczny publikowane są przez wielu autorów [Howard i in. 1991, Rabus i Widdel 1995, Mroziak 2009].

## WYNIKI I OMÓWIENIE

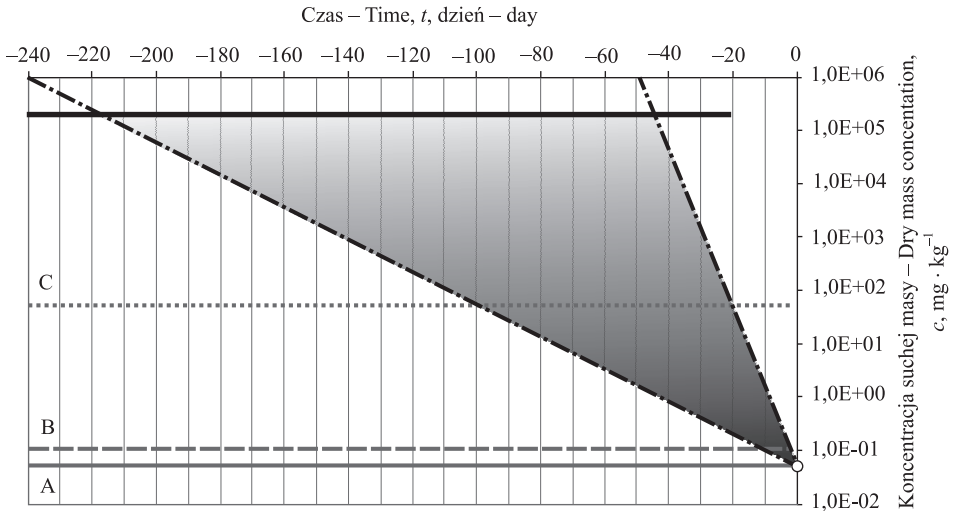
W pracy wykonano obliczenia zmiany w czasie stężenia fenolu w gruncie, przyjmując za Mroziak [2009] czas połowicznego rozkładu w granicach od 2 do 10 dni. Na ryc. 1 przedstawiono scenariusz, w którym dochodzi do zanieczyszczenia gruntu czystym fenolem, który wypełnia wszystkie pory gruntowe piasku (warunki nasycone). Następnie na podstawie sporządzonych wykresów można oszacować zmiany stężenia fenolu w gruncie z uwzględnieniem czasu połowicznego rozpadu w granicach od 2 do 10 dni. Na wykresie przedstawiono dodatkowo w formie linii poziomych stężenia dopuszczalne dla gruntów A (linia ciągła), B (linia przerywana) i C (linia kropkowana). Grubą czarną linią zaznaczone maksymalne teoretyczne stężenie fenolu w formie krystalicznej w piasku średnim o porowatości 40% ( $c_{\max} = 1,9 \cdot 10^5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Maksymalne stężenie wyliczono zgodnie z poniższym wzorem:

$$c_{\max} = \frac{428}{1850 + 428} = \frac{428 \cdot 10^6}{2278} = 1,88 \cdot 10^5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \approx 1,9 \cdot 10^5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (4)$$

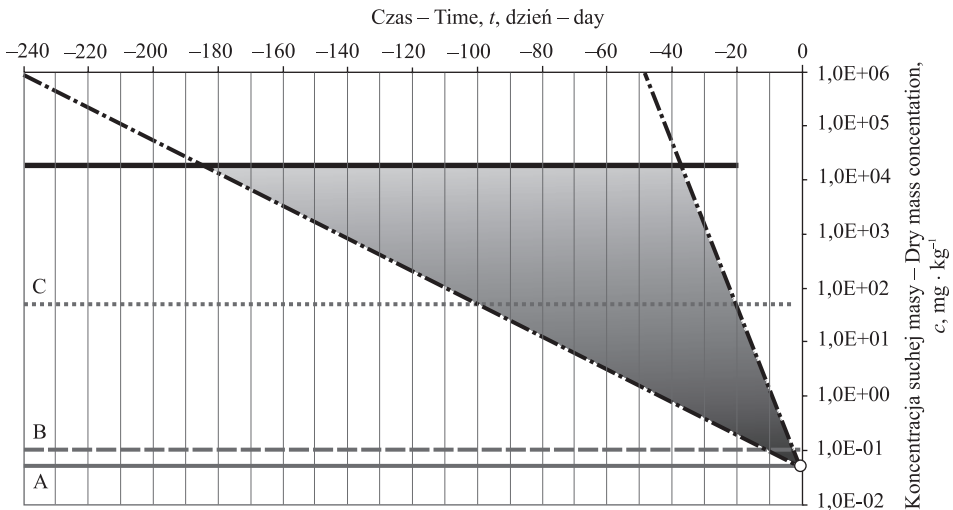
Następnie uwzględniono wprowadzenie zanieczyszczenia w postaci wodnego roztworu fenolu w analizowanym piasku. Stężenie maksymalne uzyskano poprzez uwzględnienie największej rozpuszczalności fenolu (o gęstości  $\rho = 1070 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) ustalonej na 84 g na 1 l wody. Przy uwzględnieniu 40% porowatości gruntu w objętości jednego  $\text{m}^3$  o gęstości fazy stałej przyjętej na poziomie  $1850 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  otrzymano

$33,6 \cdot 10^3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  fenolu. Wyniki obliczeń z uwzględnieniem stężenia maksymalnego ( $c_{\text{max}} = 1,8 \cdot 10^4 \text{ mg/kg}$  – gruba czarna linia) obliczonego zgodnie ze wzorem 5 a wyniki przedstawiono na ryc. 2.

$$c_{\text{max}} = \frac{33,6}{1850 + 33,6} = \frac{33,6 \cdot 10^6}{1883,6} = 1,78 \cdot 10^4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \approx 1,8 \cdot 10^4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \quad (5)$$



Ryc. 1. Wyniki analizy rozkładu czystego fenolu w gruncie w czasie  
 Fig. 1. The results of the decomposition of pure phenol in the ground at the time of



Ryc. 2. Wyniki analizy rozkładu roztworu wodnego fenolu nasyconego w gruncie w czasie  
 Fig. 2. The results of the time distribution of a saturated aqueous phenol solution in the soil



## DYSKUSJA

Przeprowadzone obliczenia mogą posłużyć w interpretacji uzyskanych wyników pomiaru stężenia fenolu w gruncie. Na podstawie obliczeń zmian w czasie stężenia fenolu w gruncie w sytuacji skrajnie niekorzystnej tzn. zanieczyszczenie spowodowało nasycenie ośrodka porowatego wykazano, że pomiar stężenia fenolu w gruncie powinien być wykonany w terminie od 20 do 90 dni od daty zanieczyszczenia (w zależności od czasu połowicznego rozpadu) dla gruntów zaliczanych do grupy C (czyli o przeznaczeniu przemysłowym). Podobnie w gruntach zaliczanych do grupy B w sytuacji zanieczyszczenia gleby w stopniu powodującym jej całkowite wysycenie, pomiar stężenia fenolu powinien zostać wykonany najpóźniej do 170 lub do 40 dni przy uwzględnieniu odpowiednio dziesięciodniowego i dwudniowego czasu połowicznego rozpadu. Zbliżone wnioski zaprezentowali Wandrasz i Czop [2006], opierając się na przeprowadzonych analizach stwierdzili podobną ruchliwość oraz rozkład fluorenu, antracenu i pirenu (WWA) w glebie mineralnej. Przeprowadzone badania miały na celu wykazanie migracji zanieczyszczeń przy ograniczonym procesie biodegradacji (stosunkowo krótki czas eksperymentu – 30 dni i wyjałowienie gleby). Mimo przyjętych założeń we wszystkich próbach na głębokości około 30 cm po czasie 30 dni stężenie wszystkich zanieczyszczeń było bliskie  $0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$

Dokonując rekapitulacji poczynionych spostrzeżeń, zdaniem autorów w ocenie zanieczyszczenia gleby należy brać pod uwagę również szybkość migracji zanieczyszczeń pod wpływem infiltracji. Wandrasz i Czop [2006] wykazali, że przykładowe WWA przemieszczają się na głębokość około 20 cm już po 5 dniach od pojawienia się zanieczyszczenia na powierzchni a wprowadzone zanieczyszczenia mogą dodatkowo modyfikować wartość współczynnika filtracji. Istnieje zatem potrzeba niemal indywidualnego podejścia przy badaniu zanieczyszczeń środowiska glebowego. Powyższa konstatacja znajduje w pewnym stopniu odzwierciedlenie w § 1 ust.3 pkt 1) r.s.j.g.i.z., zgodnie z którym, w pierwszym etapie określania wartości dopuszczalnej na danym terenie, należy ustalić listę substancji, których wystąpienie jest spodziewane, przy czym ustawodawca jako przesłanki spodziewanego wystąpienia wskazał jedynie prowadzoną na danej nieruchomości lub w jej sąsiedztwie działalność.

## PODSUMOWANIE

Przeprowadzone obliczenia pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. W podejmowaniu decyzji co do zakresu pomiarowego na danym terenie należy, poza specyfiką działalności mogącej powodować zanieczyszczenie, przede wszystkim uwzględniać parametry substancji, których wystąpienie jest spodziewane w tym chociażby czas połowicznego rozkładu.
2. Rozpoczynając czynności zmierzające do ustalenia i wskazania sprawcy zanieczyszczenia, zasadne byłoby uwzględnienie czasu rozkładu cechującego daną substancję.
3. Różnicowanie dopuszczalnego stężenia zanieczyszczeń w gruncie w zależności od wartości współczynnika filtracji bez podania metodyki jego wyznaczenia, przy jednoczesnym przyjęciu granicy podziału pozwalającej na wyodrębnienie jedynie gruntów



przepuszczalnych i praktycznie nieprzepuszczalnych wydaje się niezasadne i w ocenie autorów może prowadzić do nadużyć. Z tego względu *de lege ferenda* wskazane byłoby odstępianie od uwzględniania tego parametru przy określaniu dopuszczalnych zawartości w glebie i ziemi substancji powodujących ryzyko lub wskazanie metodyki referencyjnej jego wyznaczania.

4. W ocenie autorów analizy zanieczyszczenia środowiska glebowego powinny wykorzystywać zaawansowane narzędzia uwzględniające modele transportu zanieczyszczeń w profilu glebowym.

## PIŚMIENNICTWO

- Bukowski, Z., Czech, E.K., Karpus, K., Rakoczy, B. (2013). Prawo ochrony środowiska. Komentarz. LexisNexis, wyd. elektroniczne.
- Furczak, J., Turska, B. (2006). Wpływ różnych systemów uprawy soi na rozwój mikroorganizmów i zawartość fenoli w glebie płowej. *Acta Agrophys.*, 8(1), 59–68.
- Garbulewski, K., Fronczyk, J. (2004). Wpływ płynnych zanieczyszczeń na właściwości filtracyjne gruntów. *Seminarium EU GeoEnvNet, Geoinżynierii Środowiska – transfer doświadczeń i dyrektyw UE do nowo przyjętych państw*. Wyd. SGGW, Warszawa, 157–168.
- Haczkowska, M. red. (2014). Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej. Komentarz. LexisNexis, wydanie elektroniczne.
- Howard, P.H., Boethling, R.S., Jarvis, W.F., Meylan, W.M., Michalenko, E.M. (1991). *Handbook of Environmental Degradation Rates*. Ed. H.T. Printup. Lewis Publishers, Chelsea (MI).
- Hruszka, M. (1982). *Studia nad toksycznością związków fenolowych w uprawach monokulturowych*. *Acta Univ. Agricult. Brno*, 3, 79–85.
- Hruszka, M. (1987). Związki fenolowe jako jeden z czynników zanieczyszczenia gleby. *Zesz. Nauk. ART Olsztyn, Agricult.*, 44, 257–267.
- Kowalik, P. (2001). *Ochrona środowiska glebowego*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- Maliszewska-Kordybach, B. (1990). Wpływ poziomu wilgotności gleby piaskowej na zakres i szybkość rozkładu fluorenu, antracenu i pirenu. *Rocz. Glebozn.*, 41(1/2).
- Michałowski, M. (2011). Analiza zanieczyszczeń związkami fenolowymi górnego dorzecza Raby i Dunajca oraz ustalenie źródeł emisji tych związków. *J. Pol. Mineral Engin. Society*, 1(27), 19–26.
- Mrozik, A. (2009). Zmiany w składzie bakteryjnych kwasów tłuszczowych w czasie rozkładu fenolu w glebie. *Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, Katowice*.
- Nieć, J., Spychała, M. (2014). Hydraulic Conductivity Estimation Test Impact on Long-Term Acceptance Rate and Soil Absorption System Design. *Water*, 6, 2808–2820.
- Pazdro, Z. (1977). *Hydrogeologia ogólna*. Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Rabus, R., Widdel, F. (1995). Anaerobic degradation of ethylbenzene and other aromatic hydrocarbons by new denitrifying bacteria. *Arch. Microbiol.* 163, 96–103.
- Rembeza, L. (1998). Przepływy wód i zanieczyszczeń w gruncie. *AR w Poznaniu, Poznań*.
- Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. *Dz.U. Nr 165, poz. 1359*.
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska. *Tekst jedn. Dz.U. z 2013 r., poz. 1232 ze zm.*
- Ustawa z dnia 13 kwietnia 2007 r. o zapobieganiu szkodom w środowisku i ich naprawie. *Tekst jedn. Dz.U. z 2014 r., poz. 1789 ze zm. [2014a]*.
- Ustawa z dnia 11 lipca 2014 r. o zmianie ustawy Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw. *Dz.U. z 2014 r., poz. 1101 [2014b]*.

- Wandrasz, J. W., Czop, M. (2006). Badania procesu ruchu wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w glebie. Arch. Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska, 3, 43–56.
- Zieliński, S. (2007). Skazienie chemiczne w środowisku. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.

### **TIME ANALYSIS OF POLLUTION LAND ON THE EXAMPLE OF MEASUREMENT OF CONCENTRATION AND ANALYSIS OF DISTRIBUTION PHENOL**

**Abstract.** Time of contamination in the surface of the earth is important information under the legal aspect. This parameter is often determined by the ability to demonstrate the relationship between the type of activity of the company, and result, in the form of pollution. Depending on when the event occurred and who was responsible, pollution can be considered for damage in the surface of the earth or historical pollution.

Taking into account the properties of phenol, which is a substance present in the environment both in its natural state, and an important intermediate in the chemical industry, in this paper the opportunity of determination of the time of contamination in the surface of the earth was calculated based on knowledge of the half decay. In the authors opinion the results presented in the diagrams, allow to estimate the time of creation of contamination. The results of calculations confirm that, given the relatively rapid biodegradability analyze, measuring its concentration for soils types B and C should be a maximum time limit done respectively to 170 and to 90 days after the occurrence of pollution.

The results of analyzes also indicate that the areas used industrially measurement of the concentration of phenol made in after 90 days (assuming a 10 day time decay) and sometimes even 20 days (assuming a 2 day time decay) since pollution is not justified. According to the authors, the knowledge of the above facts can be crucial in the selection of measurement parameters and for determining the entity responsible for the pollution of the earth's surface, e.g. phenol.

**Key words:** phenol, hydraulic conductivity, half decay

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 8.12.2015*

Do cytowań – For citation: Nieć, J., Zawadzki, P., Spychała, M., Nieć A. (2015). Analiza czasu wystąpienia zanieczyszczenia powierzchni ziemi na przykładzie pomiaru stężenia i analizy rozkładu fenolu. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 14(4), 75–84.