

Agata Rosińska

Badania zawartości polichlorowanych bifenyli w wodzie i osadach dennych Warty na wysokości Częstochowy

Do podstawowych źródeł specyficznych zanieczyszczeń organicznych obecnych w wodach zalicza się ścieki przemysłowe oraz odcieki ze składowisk odpadów. Część tych zanieczyszczeń adsorbuje się na zawieszinach obecnych w wodzie i wraz z nimi osadza na dnie rzek i zbiorników w postaci osadów dennych. W osadach tych mogą być akumulowane takie zanieczyszczenia, jak wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, pestycydy chloroorganiczne, polichlorowane bifenyle (PCB) czy też metale ciężkie [1]. PCB były szeroko wykorzystywane w produkcji przemysłowej, głównie jako ciecze dielektryczne do kondensatorów i transformatorów wysokiego napięcia, płyny robocze w siłownikach hydraulicznych i wymiennikach ciepła, dodatki do farb i lakierów, plastyfikatory do tworzyw sztucznych itp. Po wykryciu szkodliwych (rakovotwórczych, toksycznych, immunodepresyjnych) właściwości PCB, a także ich zdolności do bioakumulacji, produkcja tych związków została wstrzymana w 1997 r., lecz nadal pozostają one w wielu urządzeniach i produktach [2, 3].

Zanieczyszczone osady denne stwarzają duże zagrożenie dla biosfery, ponieważ część szkodliwych składników zawartych w osadach może ulegać desorpcji do wody w wyniku procesów chemicznych i biochemicznych i być dostępna dla organizmów żywych [4, 5]. Niekorzystne oddziaływanie zanieczyszczonych osadów dennych może mieć miejsce nawet wówczas, gdy zawartość zanieczyszczeń w wodzie rzecznej spełnia kryterium jakości. Jakkolwiek naruszenie struktury zanieczyszczonych osadów, naturalne lub spowodowane przez człowieka, może powodować ich przemieszczanie do wyższych warstw wody. Mogą one być również transportowane w dół rzeki i odkładane w innych miejscach, gdzie wcześniej nie stwierdzono obecności zanieczyszczeń. Osady o dużej zawartości szkodliwych składników mogą być źródłem zanieczyszczenia nie tylko środowiska wodnego, ale i przyległych ekosystemów lądowych, np. podczas powodzi mogą się przedostać do gleby na terenach zalewowych [1, 6].

Zawartość poszczególnych PCB w organizmach zamieszkujących środowisko wodne zależy między innymi od ich bioprzyswajalności [7–10]. Istnieje zależność między bioprzyswajalnością danego związku a jego hydrofobowością wyrażoną przez współczynnik podziału

n-oktanol/woda ($\log K_{ow}$) [11, 12]. Im większa wartość $\log K_{ow}$ tym związek jest trudniej rozpuszczalny w wodzie, łatwiej i silniej wiąże się z zawieszinami lub osadem, czego skutkiem jest zmniejszenie jego dostępności dla organizmów żywych.

Zagrożenie, jakie stanowią PCB występujące w wodzie i osadzie dennym dla organizmów żywych, związane jest z możliwością ich kumulacji w tkance tłuszczowej oraz toksycznością bifenyli koplarnych. Jako związki liofilowe, łatwo przenikają przez błony komórkowe organizmów wodnych i szybko włączają się w obieg troficzny, co stanowi również zagrożenie zdrowia ludzi [2, 3]. Związki te mogą występować w tkankach organizmów wodnych (np. ryb) w ilościach nawet tysiąckrotnie większych niż w wodzie i poprzez zwielokrotnienie kumulacji w łańcuchu pokarmowym dostają się do organizmu człowieka, stanowiąc poważne zagrożenie jego zdrowia [7, 8, 11]. Zanieczyszczone polichlorowanymi bifenylami wody i osady denne wpływają na ograniczenie liczebności lub nawet eliminację wielu gatunków mających znaczenie użytkowe i ważnych ekologicznie, np. ślimaków, krabów i ryb. Mogą też przyczynić się do rozwoju organizmów tolerujących szkodliwe składniki, co zaburza naturalną konkurencyjność.

Celem badań była ocena stopnia zanieczyszczenia polichlorowanymi bifenylami wody i osadów dennych w Warcie na wysokości Częstochowy. Przeprowadzone badania stanowią uzupełnienie wiedzy o występowaniu PCB w Warcie, uzyskanej w oparciu o Państwowy Monitoring Środowiska [1].

Przedmiot i metodyka badań

Do badań pobrano próbki wody i osadów dennych w czterech przekrojach Warty. Punkty pomiarowe zostały zlokalizowane pod Częstochową w miejscowości Myszków w pobliżu Fabryki Papieru (p. 1) oraz na wlocie Warty do miasta (p. 2), w miejscu ujścia Stradomki do Warty (p. 3) oraz na wylocie Warty z Częstochowy (p. 4) (rys. 1).

W każdym punkcie pomiarowym pobrano po 3 dm³ wody. Warstwa osadu dennego, pobranego czerpakiem rurowym, wynosiła 10 cm, przy czym została podzielona na warstwę górną (z głębokości do 5 cm) i warstwę dolną (z głębokości 5÷10 cm).

Do oznaczenia PCB w wodzie wykorzystano metodę ekstrakcji do fazy stałej (SPE) [13]. W tym celu kolumnienki firmy Bakerbond z wypełnieniem Octadecyl C₁₈ o pojemności



Rys. 1. Lokalizacja punktów poboru próbek wody i osadów dennych
Fig. 1. Location of the sites where river water and bottom sediment samples were collected

6 cm³ wstępnie kondycjonowano dwiema porcjami heksanu po 6 cm³ i jedną porcją 6 cm³ metanolu. Przez kolumnkę przepuszczono 1 dm³ badanej wody, nie dopuszczając do jej wysuszenia. Po zakończeniu filtracji kolumnki osuszono strumieniem powietrza. Następnie w celu wymycia PCB zaadsorbowanych na wypełnieniu kolumny wprowadzono 6 cm³ heksanu zwilżając fazę stacjonarną, po czym powoli odessano ekstrakt do probówki. Czynność tę powtórzono kolejną porcją heksanu. Otrzymany ekstrakt zatężono w próżni do objętości 2 cm³ i poddano analizie chromatograficznej. Procedurze tej poddano wszystkie próbki wody pobrane w czterech punktach pomiarowych, w dwóch powtórzeniach.

Ekstrakcję PCB z osadów dennych wykonano zgodnie z normą EPA 3550B [14]. Pobrany osad wysuszone do stanu powietrznie suchego i przesiano przez sito o średnicy oczek 1mm. Następnie osad zmieszano z bezwodnym Na₂SO₄ i dodano mieszaninę heksan:aceton (1:1, v:v). Tak przygotowany osad poddano działaniu ultradźwięków przez 1min, powtarzając czynność trzykrotnie. Za każdym razem roztwór z nad osadu zdekantowano i dodano do osadu nową porcję mieszaniny heksan:aceton. Tak otrzymane ekstrakty połączono i odparowano w strumieniu azotu do objętości około 5 cm³. Następnie, w celu usunięcia siarki, do ekstraktu dodano sproszkowaną miedź i wytrząsano przez 6h. W celu usunięcia związków polarnych mieszaninę przepuszczono przez kolumnki wypełnione Florosilem (wstępnie kondycjonowane 5 cm³ heksanu). Ekstrakt

zateżono w próżni do 1 cm³ i poddano analizie jakościowej i ilościowej metodą kapilarną chromatografii gazowej (CGC). Do analizy chromatograficznej użyto – jako wzorzec – roztwór PCB-Mix 3 firmy dr Ehrenstorfer, zawierający siedem kongenerów PCB (25, 52, 101, 118, 138, 153, 180) o stężeniu 10 ng/μl każdy, przy czym do ich rozdzielności zastosowano kolumnę DB-5. Do detekcji wykorzystano kwadrupolowy spektrometr mas MS 800 firmy Fisons, pracujący w trybie selektywnego monitorowania jonów. Analiza została przeprowadzona wg programu temperaturowego 40°C – 40°C/min, 120°C – 5°C/min, 280°C – 15 min. Ciśnienie gazu nośnego wynosiło 70 kPa. Kwantyfikację PCB uzyskano przez monitorowanie pojedynczych jonów (SIM) [15]. Oznaczenia PCB w każdej próbce osadu przeprowadzono stosując cztery kolejne nastrożone ekstrakty. W celu sprawdzenia przyjętej w badaniach procedury oznaczania PCB w osadach dennych określono stopień ich odzysku stosując mieszaninę wzorcową PCB-Mix 3. Otrzymane wartości odzysku wynosiły 65÷91% i mieściły się w zakresie podanym w literaturze [9,16]. Precyzję przeprowadzonych oznaczeń wyrażono wartością względnego odchylenia standardowego.

Dyskusja wyników badań

Wyniki oznaczenia zawartości PCB przedstawiono w tabeli 1 oraz zilustrowano graficznie na rysunkach 2 i 3.

Analizując wyniki badań można stwierdzić, że Warta w analizowanym fragmencie jej biegu jest zanieczyszczona polichlorowanymi bifenylami. Analizowane kongenery PCB przypisano do jednej z trzech grup, w zależności od zawartości atomów chloru w cząsteczce, co ma bezpośredni związek z wartością log K_{ow} (im więcej atomów chloru tym większa wartość log K_{ow}):

- 3 i 4 atomy Cl w cząsteczce: PCB 28, PCB 52,
- 5 atomów Cl w cząsteczce: PCB 101, PCB 118,
- 6 i 7 atomów Cl w cząsteczce: PCB 138, PCB 153, PCB 180.

Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że w żadnej z badanych próbek wody w poszczególnych punktach pomiarowych nie wykryto PCB 180, należącego do heptachlorobifenyli, o największej wartości log K_{ow} wśród analizowanych PCB. W punkcie pomiarowym 1, zlokalizowanym poniżej Fabryki Papieru w Myszkowie, stwierdzono obecność czterech kongenerów PCB (28, 52, 101 i 118). Sumaryczna zawartość oznaczonych polichlorowanych bifenyli w tym punkcie wyniosła 3,6 mg/m³. Obecność niższych chlorowanych bifenyli, tj. PCB 28 i PCB 52, w punkcie pomiarowym 1 może wynikać z ich dobrej rozpuszczalności

Tabela 1. Zawartość wybranych kongenerów PCB w wodzie
Table 1. Concentrations of the PCB congeners in the river water

Kongener PCB	Zawartość PCB w punkcie pomiarowym, mg/m ³			
	1	2	3	4
PCB 28	1,0 ± 0,3	2,0 ± 0,6	0,4 ± 0,1	0,6 ± 0,2
PCB 52	1,0 ± 0,2	0,7 ± 0,2	0,2 ± 0,1	1,0 ± 0,2
PCB 101	0,9 ± 0,3	0,7 ± 0,3	1,0 ± 0,3	1,1 ± 0,3
PCB 118	0,7 ± 0,3	2,1 ± 0,7	1,5 ± 0,4	1,8 ± 0,3
PCB 138	<0,1	1,6 ± 0,5	0,9 ± 0,3	2,0 ± 0,5
PCB 153	<0,1	2,3 ± 0,6	2,4 ± 0,5	2,2 ± 0,5
PCB 180	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

w wodzie [2]. Stanowią one zagrożenie, ponieważ są dobrze bioprzyswajalne przez organizmy żyjące w wodzie [10]. Stwierdzony brak w tych próbkach wyżej schlorowanych kongenerów PCB (138, 153 i 180) może być skutkiem ich stosunkowo łatwej adsorpcji na cząstkach osadów dennych [2–4].

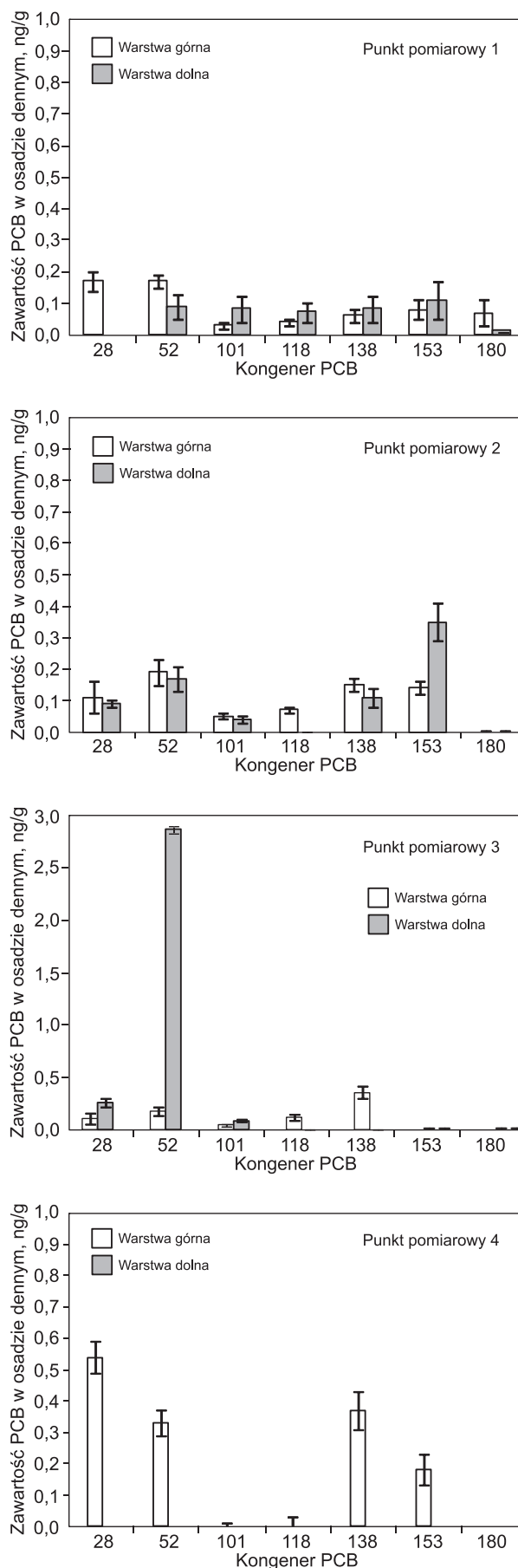
W punkcie pomiarowym 2 (wlot Warty do Częstochowy) stwierdzono największą spośród wszystkich punktów pomiarowych sumaryczną zawartość PCB w wodzie ($9,4 \text{ mg/m}^3$). W pobranych próbkach wody wykryto obecność sześciu kongenerów PCB (28, 52, 101, 118, 138 i 153). Duży udział (63%) wyżej schlorowanych bifenyli, PCB 118, PCB 138, PCB 153, może być przyczyną ich uwalniania się na skutek procesów fizycznych i/lub biochemicznych z osadów dennych do wody [17, 18]. Znaczna sumaryczna zawartość PCB może również świadczyć o niezidentyfikowanych źródłach zanieczyszczeń usytuowanych pomiędzy punktami 1 i 2 [2, 3].

W punkcie pomiarowym 3 sumaryczna zawartość polichlorowanych bifenyli wyniosła $6,4 \text{ mg/m}^3$. Największą ilość oznaczono kongeneru PCB 153 ($2,4 \text{ mg/m}^3$), a najmniejsze – kongenerów PCB 28 ($0,4 \text{ mg/m}^3$) i PCB 52 ($0,2 \text{ mg/m}^3$), należących odpowiednio do tri- i tetrachlorobifenyli. Lokalizacja tego punktu (wlot Stradomki do Warty) dostarcza również informacji o jakości wody w Stradomce. Mała zawartość kongenerów PCB 28 i PCB 52 w wodzie może wynikać z ulotnienia się ich do atmosfery, ze względu na wysoką prężność par tych izomerów PCB [19]. Wciąż duża zawartość w wodzie wyżej schlorowanych bifenyli o kodach 118, 138 i 153, biorąc pod uwagę ich zdolność do adsorpcji na cząstkach stałych, może być skutkiem dopływu tych związków wraz z wodami Stradomki w niezbyt odległym czasie. Świadczyłoby to o niezidentyfikowanym źródle zanieczyszczeń zlokalizowanym wzdłuż biegu tego dopływu Warty.

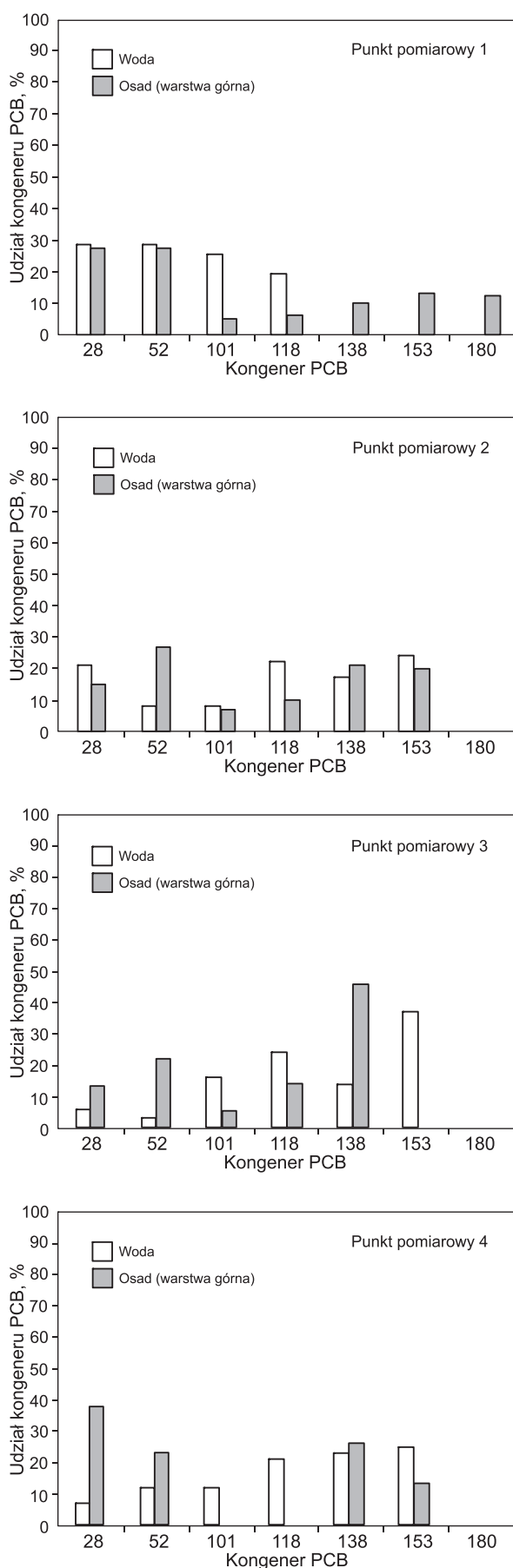
W punkcie pomiarowym 4, podobnie jak w pozostałych, największą zawartość PCB odnotowano w przypadku kongeneru PCB 153 ($2,2 \text{ mg/m}^3$), a najmniejszą – PCB 28 ($0,6 \text{ mg/m}^3$). Sumaryczna zawartość wszystkich wykrytych polichlorowanych bifenyli wyniosła $8,6 \text{ mg/m}^3$.

We wszystkich punktach pomiarowych stwierdzono największą zawartość kongeneru PCB 153 (oprócz p. 1, w którym tego kongeneru nie wykryto), czego przyczyną może być dominująca obecność tego kongeneru w preparatach zanieczyszczających wody Warty polichlorowanymi bifenylami. Ponadto dużą zawartość kongeneru PCB 118 (pentachlorobifenyl) zaobserwowano w punktach 2, 3 i 4. Względnie mniejsza zawartość kongenerów niżej schlorowanych o kodach 28 i 52 we wszystkich punktach pomiarowych w stosunku do wyżej schlorowanych może być skutkiem ich ulatniania się do atmosfery [19].

Analizując wyniki badań osadów (rys. 2) można stwierdzić, że zarówno górna, jak i dolna warstwa osadów dennych z Warty jest zanieczyszczona polichlorowanymi bifenylami. W punkcie pomiarowym 1, zlokalizowanym w Myszkowie, w górnej warstwie osadu stwierdzono obecność wszystkich siedmiu badanych kongenerów PCB, natomiast w wodzie nie stwierdzono obecności wyżej schlorowanych PCB o kodach 138, 153 i 180. Największą zawartość PCB w górnej warstwie osadu stwierdzono w przypadku niżej schlorowanych bifenyli (PCB 28 i PCB 52), których procentowy udział wynosił 55%. W dolnej warstwie osadu nie stwierdzono obecności PCB 28, który ma stosunkowo



Rys. 2. Zawartość polichlorowanych bifenyli w osadach dennych
Fig. 2. PCB content of bottom sediments



Rys. 3. Porównanie zawartości kongenerów PCB w wodzie i osadach dennych

Fig. 3. Contents of PCB congeners observed in river water and bottom sediments

dobrą rozpuszczalność w wodzie. Obecność wyżej schlorowanych kongenerów PCB 138 i PCB 153 w dolnej warstwie osadu wynikać może z ich lepszej adsorpcji na cząstkach osadów, a małej rozpuszczalności w wodzie [2,4]. Większa zawartość niżej schlorowanych PCB w górnej warstwie osadu może świadczyć o ich podwyższonej zawartości w wodzie [20].

W punktach pomiarowych 2, 3 i 4 nie stwierdzono obecności PCB 180, zaliczanego do heptachlorobifenyli, którego nie oznaczono również w próbkach wody pobranych w tych punktach. W górnej warstwie osadu w punkcie pomiarowym 2, zlokalizowanym na wlocie Warty do Częstochowy największą zawartość polichlorowanych bifenyli zaobserwowano w przypadku nisko schlorowanego PCB 52 (0,19 ng/g). W dolnej warstwie osadu nie stwierdzono obecności kongenerów PCB 118 i PCB 180, a największą zawartość (0,35 ng/g) zaobserwowano w przypadku PCB 153 zawierającego 6 atomów chloru w cząsteczce.

W punkcie pomiarowym 3 w górnej warstwie osadu stwierdzono obecność pięciu spośród badanych kongenerów, przy czym najwięcej było heksachlorobifenylu – PCB 138 (0,35 ng/g). W dolnej warstwie osadu stwierdzono obecność tylko trzech kongenerów, przy czym największą zawartością (2,86 ng/g) charakteryzował się PCB 52 zaliczany do tetrachlorobifenyli.

W ostatnim punkcie pomiarowym 4 obecność PCB stwierdzono tylko w górnej warstwie osadu. Oznaczono cztery kongenery PCB o kodach 28, 52, 138 i 153, a ich sumaryczna zawartość wyniosła 1,42 ng/g. Najwięcej było nisko schlorowanego PCB 28 (0,54 ng/g). Większa zawartość niżej schlorowanych PCB w górnej warstwie osadu w punkcie 4, w porównaniu z punktem pomiarowym 3, może świadczyć o tym, że na tym odcinku rzeki występuje nowe źródło PCB, które zdążyły zaadsorbować się w górnej warstwie osadu.

Zaobserwowano, że wraz z biegiem Warty wzrasta sumaryczna ilość polichlorowanych bifenyli w osadach dennych (z wyjątkiem punktu 4), natomiast największą sumaryczną zawartość PCB w wodzie stwierdzono w punktach 2 i 4, co może świadczyć o tym, że na terenie Częstochowy mogą znajdować się jakieś źródła zanieczyszczeń. Obecność PCB w osadach w tych miejscach może być związana z sedymentacją zanieczyszczeń pochodzących ze ścieków, spływem powierzchniowym czy też depozycją z atmosfery [3,19]. Odmiennej skład jakościowy PCB w wodzie i osadach w punktach 1 i 2 sugeruje, że w pobliżu tej części Warty może się znajdować jakieś dodatkowe źródło PCB. Przyczyną dużej sumarycznej ilości PCB w osadzie w punkcie 3, a przede wszystkim znacznego udziału tetrachlorobifenylu o kodzie 52 (77%) mogła być np. awaria jednego z kilkuset transformatorów pracujących na terenie miasta lub niekontrolowane składowisko odpadów. Brak analizowanych PCB w dolnej warstwie osadu w punkcie 4 i ich obecność w warstwie górnej może być przyczyną zanieczyszczenia osadów w niedalekiej przeszłości lub obecnie. Do określenia dopuszczalnej zawartości zanieczyszczeń w osadach opracowano między innymi kryteria określające tzw. wartości dolne (TEL) i górne (PEL) [6]. Poziom TEL odpowiada zawartości składników chemicznych, poniżej których toksyczny wpływ zanieczyszczeń występuje rzadko, natomiast przy wartościach powyżej PEL szkodliwe oddziaływanie zanieczyszczeń jest już widoczne. Stopień zanieczyszczenia badanych osadów dennych

(w przeliczeniu na suchą masę) polichlorowanymi bifenylami nie przekraczał wartości TEL ($<0,02 \text{ mg/kg}$) [1]. Jednak dane literaturowe wskazują, że stężenie PCB w organizmach żyjących w środowisku wodnym jest większe od ich zawartości w osadzie [7–9, 11, 20]. Wynika to z faktu, że hydrofobowe PCB mają tendencję do bioakumulacji w organizmach żywych oraz do biomagnifikacji, czyli zwiększania stężenia w łańcuchu troficznym [21]. Skład badanych PCB w powierzchniowej warstwie osadów może podlegać ciągłym zmianom, spowodowanym rozkładem zawartych w osadzie substancji organicznych [22] oraz wymianą składników między wodą i osadem (sorpcja–desorpcja, rozpuszczanie–wytrącanie) [3, 17, 18, 23].

Wnioski

♦ W wodzie i osadach dennych z Warty na terenie Częstochowy stwierdzono obecność polichlorowanych bifenyli, przy czym wzrost zawartości PCB w osadach dennych wzdłuż biegu rzeki może świadczyć o tym, że na terenie miasta znajdują się potencjalne źródła tych zanieczyszczeń.

♦ Osady dennie na skutek procesów fizycznych lub biochemicznych mogą być źródłem wtórnego zanieczyszczenia wody w Warcie polichlorowanymi bifenylami.

♦ Suma analizowanych kongenerów PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153 i 180) w wodzie mieściła się w zakresie $3,6\text{--}9,4 \text{ mg/m}^3$.

♦ Zanieczyszczenie osadów dennych nie przekraczało wartości TEL ($<0,02 \text{ mg/kg}$), czyli osady te nie stwarzają obecnie zagrożenia dla organizmów wodnych.

Praca została wykonana w ramach tematu badawczego nr BW-402-201/06.

LITERATURA

- I. BOJAKOWSKA, T. GLIWICZ, K. MAŁECKA: Wyniki geochemicznych badań osadów wodnych Polski w latach 2003–2005. Inspekcja Ochrony Środowiska, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 2006.
- J. FALANDYSZ: Polichlorowane bifenyle (PCBs) w środowisku: Chemia, analiza, toksyczność, stężenia i ocena ryzyka. Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 1999.
- M.D. ERICSON: Analytical Chemistry of PCBs. CRC, Lewis Publishers, Boca Raton, New York 1997.
- U. DMITRUK, M. PIAŚCIK, J. DOJLIDO, B. TABORYSKA: Badania sorpcji i desorpcji wybranych niebezpiecznych substancji organicznych w układzie woda/osady dennie. *Ochrona Środowiska* 2008, vol. 30, nr 3, ss. 21–25.
- W. GROCHOWIECKA, M. ŚWIDERSKA-BRÓŹ, M. WOLSKA: Skuteczność mikrocedzenia w usuwaniu fitoplanktonu oraz wybranych zanieczyszczeń chemicznych z wody powierzchniowej. *Ochrona Środowiska* 2009, vol. 31, nr 2, ss. 25–30.
- I. BOJAKOWSKA, T. GLIWICZ: Chloroorganiczne pestycydy i polichlorowane bifenyle w osadach rzek Polski. *Przegląd Geologiczny* 2005, vol. 53, nr 8, ss. 649–655.
- Ø.A. VOIE, A. JOHNSEN, H.K. ROSSLAND: Why biota still accumulate high levels of PCBs after removal of PCB contaminated sediments in Norwegian fjord. *Chemosphere* 2002, Vol. 46, pp. 1367–1372.
- R. GÖTZ, O.-H. BAUER, P. FRIESEL, T. HERRMAN, E. JANTZEN, M. KUTZKE, R. LAUER, O. PAEPKE, K. ROCH, U. ROHWEDER, R. SCHWARTZ, S. SIEVERS, B. STACHEL: Vertical profile of PCDD/Fs, dioxin-like PCBs, other PCBs, PAHs, chlorobenzenes, DDX, HCHs, organotin compounds and chlorinated ethers in dated sediment/soil cores from flood-plains of the river Elbe, Germany. *Chemosphere* 2007, Vol. 67, No. 3, pp. 592–603.
- Q.H. ZHANG, G.B. JIANG: Polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins/furans and polychlorinated biphenyls in sediments and aquatic organisms from the Taihu Lake, China. *Chemosphere* 2005, Vol. 61, pp. 314–322.
- C.-T. FU, S.-C. WU: Seasonal variation of the distribution of PCBs in sediments and biota in a PCB-contaminated estuary. *Chemosphere* 2006, Vol. 62, pp. 1786–1794.
- P. BAUMARD, H. BUDZINSKI, P. GARRIGUES, J.C. SORBE, T. BURGEOT, J. BELLOCO: Concentration of PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons) in various marine organisms in relation to those in sediments and trophic level. *Mar. Poll. Bull.* 1998, 36, pp. 951–960.
- W. ZHOU, Z. ZHAI, Z. WANG, L. WANG: Estimation of n-octanol/water partition coefficients (K_{ow}) of all PCB congeners by density functional theory. *Journal of Molecular Structure (THEOCHEM)* 2005, 755, pp. 137–145.
- A. ROSIŃSKA: Contamination of PCBs in sediments from chosen Polish rivers and reservoirs. 35th International Conference of SSCHE, Tatranske Matliare (Slovakia) 2008.
- EPA Method 3550B: Ultrasonic extraction. A procedure for extracting nonvolatile and semivolatile organic compounds from solids such as soil, sludges and wastes.
- M. JANOSZ-RAJCZYK, L. DĄBROWSKA, A. ROSIŃSKA, J. PŁOSZAJ, E. ZAKRZEWSKA: Zmiany ilościowo-jakościowe PCB, WWA i metali ciężkich w kondycjonowanych osadach ściekowych stabilizowanych biochemicznie. Politechnika Częstochowska, Monografie nr 120, Częstochowa 2006.
- S. JOSEFSSON, R. WESTBOM, L. MATHIASSEN, E. BJÖRKLUND: Evolution of PLE exhaustiveness for the extraction of PCBs from sediments and the influence of sediment characteristics. *Analytica Chimica Acta* 2006, Vol. 560, pp. 94–102.
- Y. GONG, J.V. DEPTINO, G.Y. RHEE, X. LIU: Desorption rates of two PCB congeners from suspended sediment – I. Experimental results. *Water Research* 1998, Vol. 32, No. 8, pp. 2507–2517.
- G. CORNELISSEN, K.A. HASSELL, P.C.M. VANNOORT, R. KRAAU, P.J. VANEKEREN, C. DUKEMA, P.A. DE JAGER, H.A.J. GOVERS: Slow desorption of PCBs and chlorobenzenes from soils and sediments: Relations with sorbent and sorbate characteristics. *Environ. Pollution* 2000, Vol. 108, pp. 69–80.
- F. MENG, B. ZHANG, P. GBOR, D. WEN, F. YANG, C. SHI, J. ARONSON, J. SLOAN: Models for gas/particle partitioning, transformation and air/water surface exchange of PCBs and PCDD/Fs in CMAQ. *Atmospheric Environment* 2007, Vol. 41, pp. 9111–9127.
- A.M. FERREIRA, M. MARTINS, C. VALE: Influence of diffuse sources on levels and distribution of polychlorinated biphenyls in the Guadiana River estuary, Portugal. *Marine Chemistry* 2003, Vol. 83, pp. 175–184.
- R. D'ADAMO, S. PELOSI, P. TROTTA, G. SANSONE: Bioaccumulation and biomagnifications of polycyclic aromatic hydrocarbons in aquatic organisms. *Marine Chemistry* 1997, Vol. 56, pp. 45–49.
- C.-C. HUNG, G.-C. GONG, K.T. JIANN, K.M. YEAGER, P.H. SANTACHI, T.L. WADE, J.L. SERICANO, H.-L. HSIEH: Relationship between carbonaceous materials and polychlorinated biphenyls (PCBs) in the sediments of Danshui River and adjacent coastal areas, Taiwan. *Chemosphere* 2006, Vol. 65, No. 9, pp. 1452–1461.
- C. VANIER, M. SYLVESTRE, D. PLANAS: Persistence and fate of PCBs in sediments of Saint Lawrence River. *The Science of the Total Environment* 1996, Vol. 192, No. 3, pp. 229–244.

Rosinska, A. Contamination of the Warta River with Polychlorinated Biphenyls in the Area of Czestochowa. *Ochrona Srodowiska* 2010, Vol. 32, No. 1, pp. 15–20.

Abstract: The water and bottom sediments of the river Warta were analyzed for contamination with polychlorinated biphenyls (PCBs). Samples were collected at four sampling sites located along the river within the area of the city of Czestochowa and its immediate vicinity. For the analysis of PCBs, use was made of the solid phase extraction (SPE) method, and qualitative analysis was conducted using a Fisons GC 8000 gas chromatograph. PCBs were separated in a DB-5 column, whereas their detection and identification were performed by means of an MS 800 mass spectrometer with an EI ion source of an ionization energy of 70 eV. The findings of the study have substantiated the presence

of polychlorinated biphenyls both in the bottom sediments and in the water of the river Warta within the area of Czestochowa. The results obtained have also revealed that the concentrations of PCBs in the bottom sediments tend to increase along the length of the river. This is an indication that potential sources of PCB contamination are located in the city. The sum of the PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153 and 180) congeners in the riverine water ranged between 3.6 and 9.4 mg/m³. The extent of bottom sediment contamination in the river section of Czestochowa was not found to exceed the TEL value (<0.02 mg/kg), which demonstrates that the bottom sediments pose no hazard to aquatic organisms.

Keywords: River water, Warta River, bottom sediments, polychlorinated biphenyls (PCBs).