

## WIELOPIERŚCIENIOWE WĘGLOWODORY AROMATYCZNE JAKO ELEMENT ZANIECZYSZCZENIA OSADÓW DENNYCH KANAŁU GLIWICKIEGO

MACIEJ KOSTECKI, MARIANNA CZAPLICKA

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska, Polska Akademia Nauk, ul. M. Skłodowskiej-Curie 34, 41-819 Zabrze

Keywords: polycyclic hydrocarbons, bottom sediments.

### POLYCYCLIC HYDROCARBONS AS THE POLLUTANTS OF BOTTOM SEDIMENTS OF GLIWICE CHANNEL

The results of first investigation (from the formation in 1939) Gliwice Channel of polycyclic hydrocarbons concentration in bottom sediments was given. PAHs is a very important element of pollution for point of view of bottom deposits utilisation. From the Gliwice Harbour during the channel concentrations of PAHs are reduce. The most polluted is section of first 10 km. The highest concentration (7528  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) was determined in the bottom sediments of Klodnica River, on the water intake to the channel. The smallest concentration was determined on the section from 19 to 28.9 km of channel (175 to 700  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ). The section from chemical factory Blachownia to Kozle Harbour has concentrations 946.88  $\mu\text{g}/\text{kg}$  to 2254.915  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . During the every flood – gate – sections the PAHs concentrations were increased. The hydraulic conditions are the agent determining the distribution of PAHs by influent on the organic suspended solids sedimentation.

#### Streszczenie

Przedstawiono wyniki pierwszych, od chwili powstania w 1939 r. Kanału Gliwickiego, badań nad zawartością wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w jego osadach dennych. Substancje te stanowią istotny rodzaj zanieczyszczeń z punktu widzenia eksploatacji kanału i utylizacji usuwanych osadów dennych. W miarę oddalania się od portu w Gliwicach ogólna zawartość oznaczanych wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zmniejszała się. Najsilniej zanieczyszczony jest odcinek pierwszych 10 km. Najwyższe stężenia (7528  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) stwierdzono w osadach dennych rzeki Klodnicy w miejscu, gdzie przez jaz woda rzeki kierowana jest do portu w Gliwicach. Najniższe stężenia WWA w osadach stwierdzono na odcinku od 19,2 do 28,9 km osi kanału, od śluzy w Rudzińcu do śluzy w Nowej Wsi. Zakres ich występowania wynosił od 175 do 700  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Odcinek kanału od ZCH Blachownia do portu w Kozlu cechował się znowu podwyższonymi stężeniami, od 946,88 do 2254,915  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Stwierdzono prawidłowość polegającą na wzroście zawartości węglowodorów na poszczególnych odcinkach kanału (od śluzy do śluzy)

z osiągnięciem najwyższych wartości dla danego odcinka przed kolejną śluzą (podobieństwo do pity o stopniowo malejących zębach). Za czynnik odgrywający zasadniczą rolę w charakterystycznym rozmieszczeniu wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w osadach dennych należy uznać warunki hydrauliczne kanału, określające warunki sedymentacji zawieszin organicznych.

## WPROWADZENIE

Kanał Gliwicki zasilany jest wodą rzeki Kłodnicy. W dorzeczu tej rzeki, mającej 75,3 km długości, znajduje się niemal cały obszar konurbacji katowickiej [3]. Prawie na całej swojej długości rzeka płynie przez obszary silnie zurbanizowane i uprzemysłowione. Są to tereny podlegające silnym przekształceniom w wyniku działalności przemysłowej i górniczej [4]. Poza wodami naturalnymi Kłodnica prowadzi duże ilości ścieków, których udział przekracza około dwukrotnie ilość wód naturalnych. Szczególnie niekorzystnie na jakość wody w rzece wpływają: zrzuty wód kopalnianych, ścieków koksowniczych i komunalnych, spływy ścieków opadowych z powierzchni szczelnych miast, tj. dachów, dróg i ulic oraz zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego [2, 5–7, 9, 13].

Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne są na ogół trudno rozpuszczalne w wodzie. Wykazują natomiast silne powinowactwo do zawiesziny o charakterze organicznym, wraz z którą, po zaadsorbowaniu się na jej powierzchni, opadają na dno i wchodzi w skład osadów dennych. Jako związki uważane za mutagenne i kancerogenne po przedostaniu się do środowiska, zanim ulegną rozkładowi mogą oddziaływać szkodliwie zwłaszcza na organizmy wyższe [1, 2, 10].

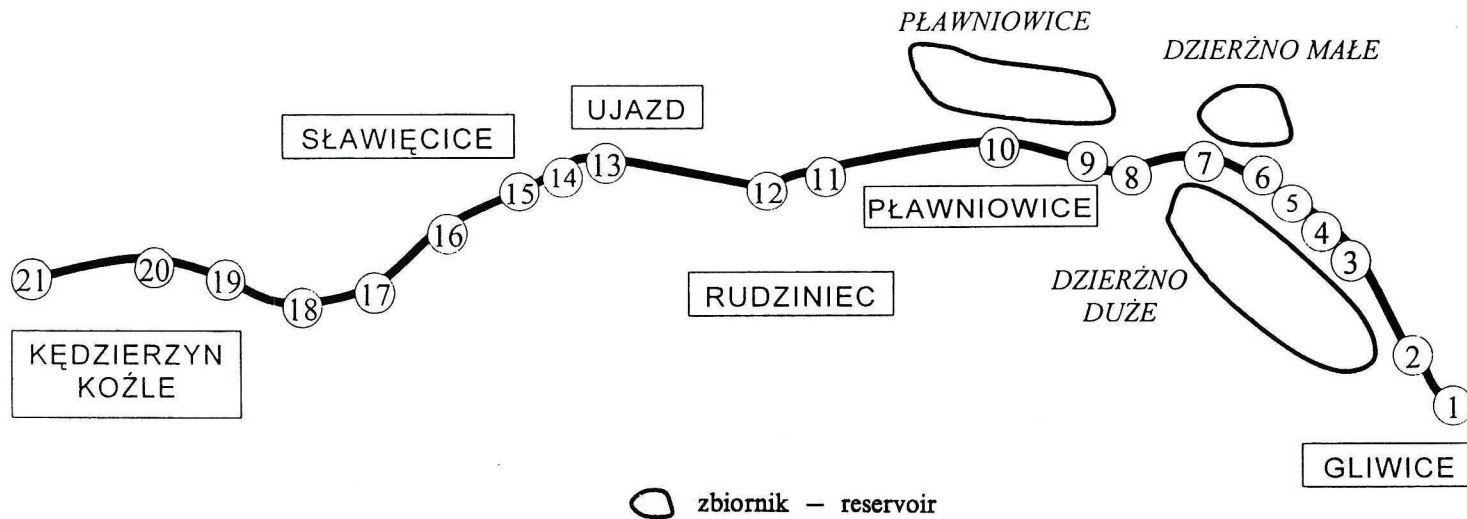
## CEL I ZAKRES BADAŃ

Funkcjonowanie kanałów wymaga systematycznej konserwacji. Polega ona przede wszystkim na usuwaniu osadów dennych z koryta kanału. Ponieważ wydobyte osady wymagają odpowiedniego zagospodarowania, niezbędna jest wiedza na temat stopnia i rodzaju ich skażenia na poszczególnych odcinkach. To właśnie było celem przeprowadzonych badań, pierwszych od chwili utworzenia kanału w 1939 roku. W osadach dennych oznaczano zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zalecanych do oznaczania w środowisku przez Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska (EPA) [12].

## METODYKA BADAŃ

### PUNKTY POBORU PRÓB

W celu zbadania zawartości zanieczyszczeń organicznych w osadach dennych pobrano próbki w 21 punktach, rozmieszczonych wzdłuż osi kanału (Rys. 1). Do poboru prób używano czerpacza Eckmanna. Osady pobie-



Rys. 1. Kanał Gliwicki – lokalizacja punktów poboru prób  
 The Gliwice Channel – sampling points

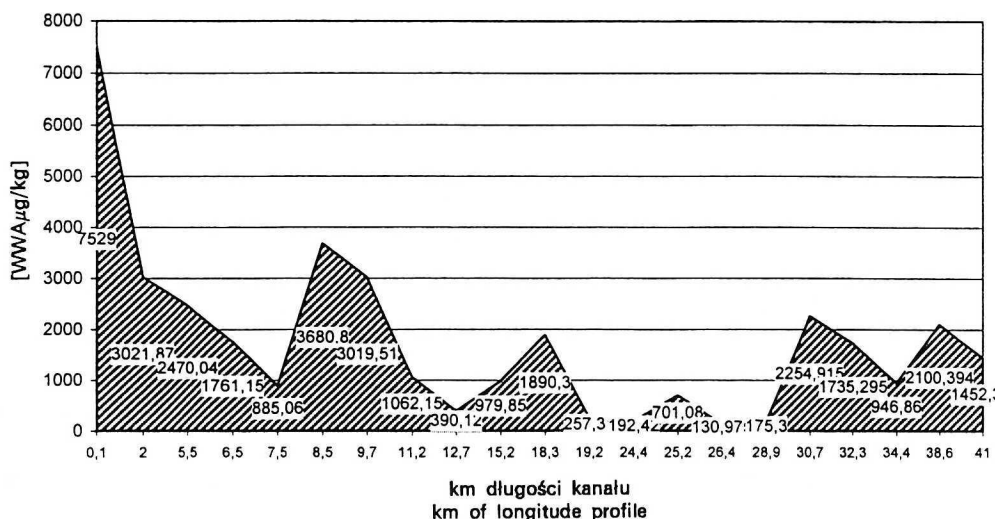
rano z powierzchniowej, 10 cm warstwy osadów. Na każdym stanowisku pobierano 5 próbek o jednakowej objętości, następnie mieszano je w celu uśrednienia.

#### METODYKA ANALITYCZNA

W celu oznaczenia zawartości WWA uśrednione próbki poddano ekstrakcji dichlorkiem metylenu. WWA wydzielano z próbek osadów dennych zgodnie z procedurą opisaną w pracy [13]. Analizę ilościową wykonano metodą chromatografii gazowej, przy użyciu chromatografu gazowego firmy Varian model 3400, wyposażonego w detektor płomieniowo-jonizacyjny i kolumnę kapilarną DB-5 o długości 30 m, średnicy wewnętrznej 0,23 mm i grubości filmu 0,32  $\mu\text{m}$ . Temperatura kolumny w trakcie analizy zmieniała się w zakresie od 65°C do 290°C z utrzymaniem w temperaturze początkowej przez 1 minutę. Narost temperatury zmieniał się w trakcie analizy i wynosił odpowiednio: 25°C/min w zakresie 65°C–140°C i 10°C/min w zakresie 140°C–290°C. Temperatura detektora i dozownika wynosiła 320°C. Oznaczenie ilościowe prowadzono metodą wzorca zewnętrznego.

#### WYNIKI BADAŃ

Ogólną ilość WWA w osadach dennych Kanału Gliwickiego, rozumianą jako sumę oznaczanych 16 substancji, przedstawiono na rysunku 2. Poniżej przedstawiono zmiany stężeń poszczególnych węglowodorów wzdłuż kanału, od portu w Gliwicach do portu w Koźlu.

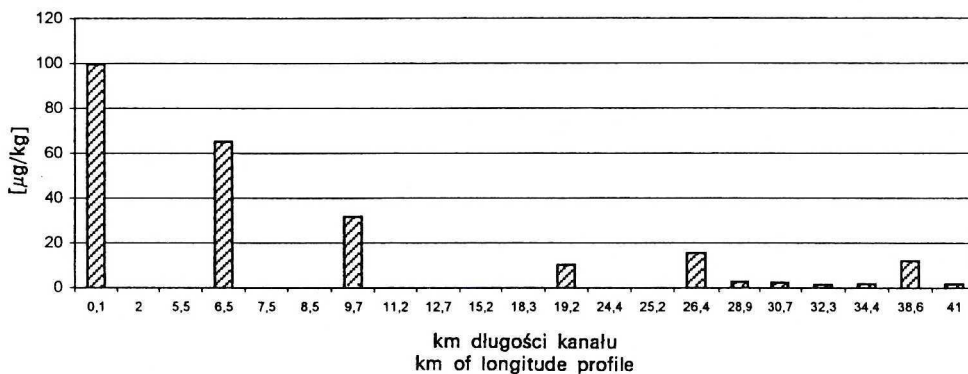


Rys. 2. Stężenie wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w osadach dennych Kanału Gliwickiego

Concentrations of PAHs in bottom sediments of Gliwice Channel

## NAFTALEN

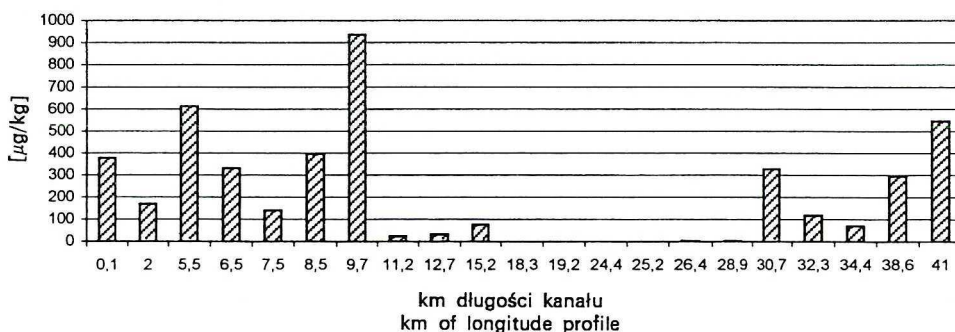
Związek ten wyraźnie występował jedynie na 6 stanowiskach: nr 1, nr 4, nr 7, nr 12, nr 15 oraz nr 20 (Rys. 3). Stężenie naftalenu, wynoszące początkowo 99,57  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , na następnych stanowiskach zmniejszało się kolejno do: 86,1  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , 31,81  $\mu\text{g}/\text{kg}$  aż do najniższej wartości 10,13  $\mu\text{g}/\text{kg}$  na stanowisku nr 12 (poniżej śluzy w Rudzińcu). Tego rzędu stężenia naftalenu występowały także na końcowym odcinku kanału, przy czym największe ilości występowały powyżej kolejnych śluz.



Rys. 3. Stężenie naftalenu w osadach dennych Kanału Gliwickiego  
The concentration of naphthalene in bottom sediments

## ACENAFTYLEN

Acenaftylen występował na trzech odcinkach kanału (Rys. 4). Na odcinku od portu w Gliwicach do śluzy w Dzierźnie stężenia tego związku są najwyższe, jednocześnie wzrastając od około 300  $\mu\text{g}/\text{kg}$  w okolicy portu w Gliwicach, do prawie 1000  $\mu\text{g}/\text{kg}$  powyżej śluzy w Dzierźnie. Odcinek kanału od śluzy w Dzierźnie do stanowiska usytuowanego przy ZCH „Blachownia” cechują niskie stężenia tego związku, od 20 do 75  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Na odcinku tym występują także miejsca (stanowiska nr 11 do 16), gdzie acenaftylen w badanych

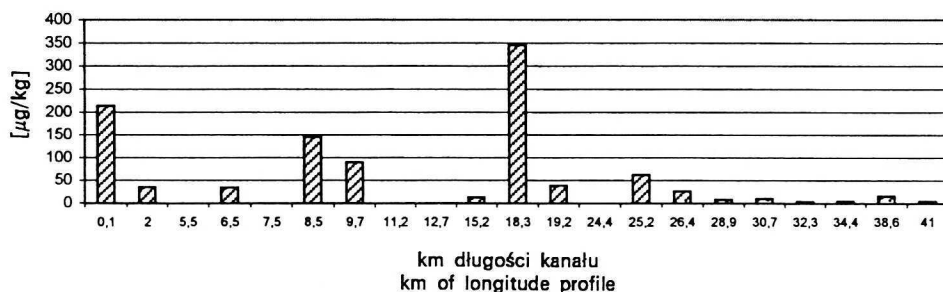


Rys. 4. Stężenie acenaftyleny w osadach dennych Kanału Gliwickiego  
The concentration of acenaphthylene in bottom sediments

osadach nie stwierdzono. Na odcinku trzecim, od Blachowni aż do portu w Koźlu, ponownie stwierdzono wyraźnie wyższe stężenia acenaftylenu, rzędu 300–500  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

#### ACENAFTEN

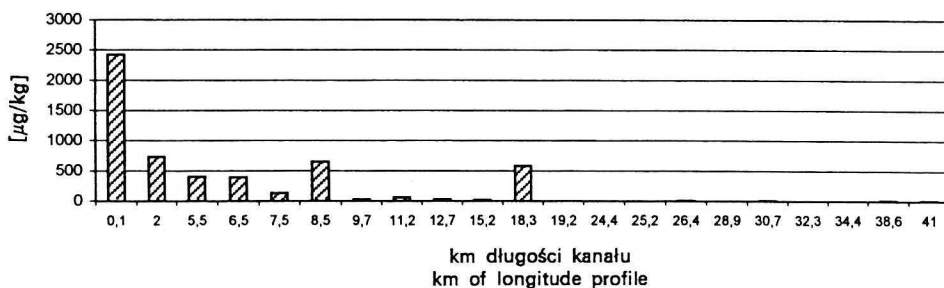
Zakres stężeń tego związku zamykał się w granicach od 3,45  $\mu\text{g}/\text{kg}$  do 345,21  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (Rys. 5). Podwyższone stężenia stwierdzono na stanowiskach nr 1 (ujęcie wody do kanału), nr 6 (w okolicach Bumaru), nr 7 (powyżej śluzy w Dzierźnie), nr 11 (przed śluzą w Rudzińcu), nr 14 (przed śluzą w Sławięcicach). Osady dennie na pozostałych stanowiskach zawierały acenaften w stężeniach rzędu 4  $\mu\text{g}/\text{kg}$  lub mniej.



Rys. 5. Stężenie acenaftenu w osadach dennych Kanału Gliwickiego  
The concentration of acenaphthene in bottom sediments

#### FLUOREN

Najbardziej widoczny spadek stężeń stwierdzono na odcinku pierwszych 7 kilometrów (Rys. 6). Następował on z 2428,89  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (stanowisko nr 1) do 131,46  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (stanowisko nr 5). Tendencja spadkowa utrzymywała się także na pozostałej długości koryta kanału, z wyjątkiem stanowiska po-

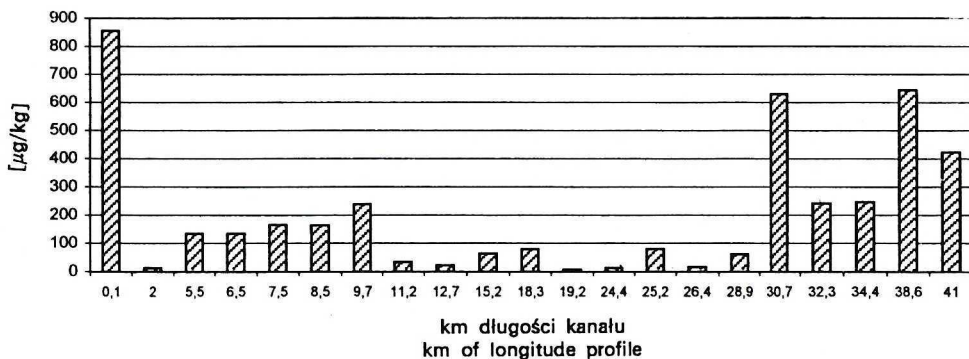


Rys. 6. Stężenie fluorenu w osadach dennych Kanału Gliwickiego  
The concentration of fluorene in bottom sediments

wyżej śluzy w Rudzińcu ( $584,37 \mu\text{g}/\text{kg}$ ). Końcowy odcinek kanału cechowały nadal niskie wartości stężeń, jednakże od śluzy w Nowej Wsi do portu w Koźlu widoczna była niewielka tendencja wzrostowa.

#### FENANTREN

Najwyższe stężenie fenantrenu stwierdzono w osadach rzeki Kłodnicy na ujęciu wody do portu w Gliwicach, wynoszące  $855,11 \mu\text{g}/\text{kg}$  (Rys. 7). Na odcinku od śluzy w Łabędach do stanowiska powyżej śluzy w Dzierźnie stężenie fenantrenu stopniowo wzrastało od  $13,1$  do  $238,51 \mu\text{g}/\text{kg}$ . Poniżej śluzy stężenie zmalało do  $33,04 \mu\text{g}/\text{kg}$ , a następnie stopniowo wzrastało do  $78,04 \mu\text{g}/\text{kg}$  na stanowisku powyżej śluzy w Rudzińcu. Także przed śluzą w Sławęcicach i Nowej Wsi stężenia fenantrenu były wyższe od wartości stwierdzonych w osadach na wcześniejszych stanowiskach poszczególnych odcinków.

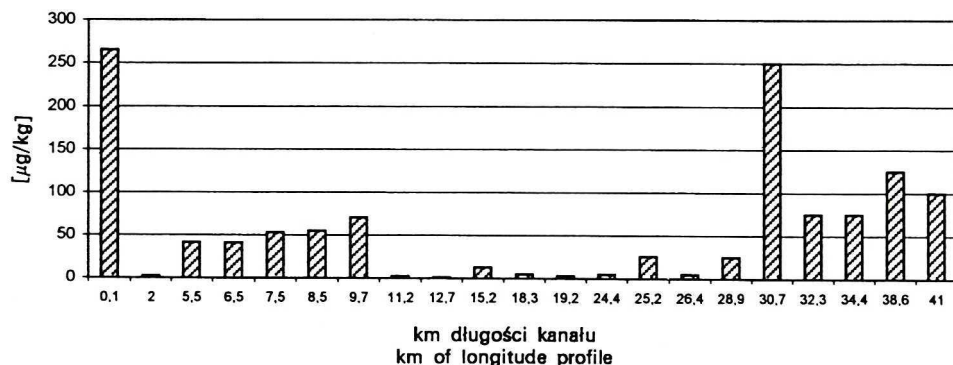


Rys. 7. Stężenie fenantrenu w osadach dennych Kanału Gliwickiego  
The concentration of fenanthrene in bottom sediments

Odcinek kanału od km 30,7 do portu w Koźlu charakteryzował się stężeniami wyraźnie wyższymi od stwierdzonych na pozostałych stanowiskach. Poniżej Blachowni stężenie fenantrenu w osadach dennych wynosiło  $629,46 \mu\text{g}/\text{kg}$ , a przed śluzą w Kłodnicy  $644,27 \mu\text{g}/\text{kg}$ .

#### ANTRACEN

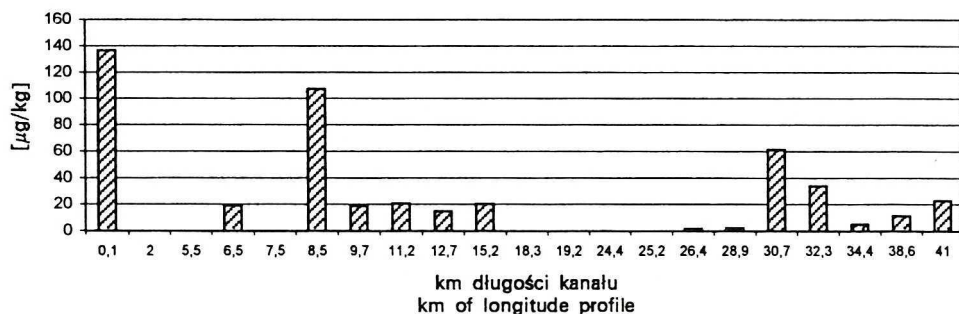
Rozkład stężeń antracenu kształtował się uderzająco podobnie do rozkładu stężeń fenantrenu (Rys. 8). I w tym przypadku widoczne były wyższe wartości stężeń występujące na stanowiskach usytuowanych powyżej kolejnych śluz. Odcinki, pierwszy od km 0,0 do km 8,5, oraz drugi, od km 30,7 do km 41, charakteryzowały się stężeniami wyższymi aniżeli osady na stanowiskach środkowego odcinka kanału.



Rys. 8. Stężenie antracenu w osadach dennych Kanału Gliwickiego  
The concentration of anthracene in bottom sediments

#### FLUORANTEN

Podwyższone stężenia fluorantenu wystąpiły na stanowisku nr 1 (ujęcie wody do portu w Gliwicach), następnie na stanowisku nr 6, oraz na stanowisku nr 17 (Rys. 9).



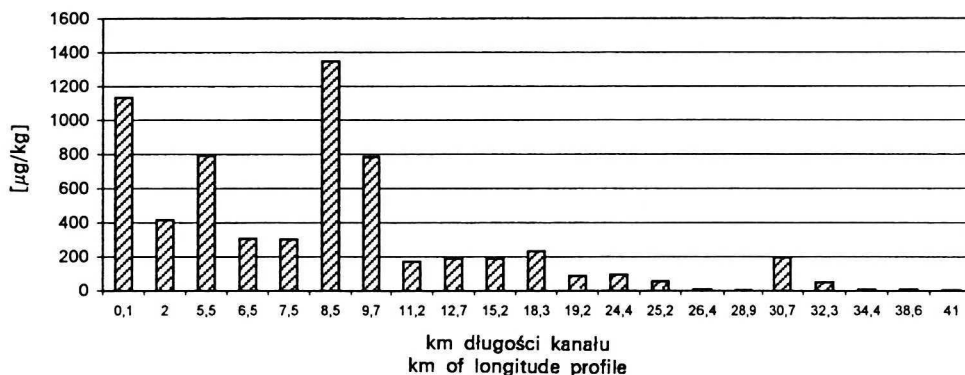
Rys. 9. Stężenie fluorantenu w osadach dennych Kanału Gliwickiego  
The concentration of fluorantene in bottom sediments

Na osi kanału widać dwa charakterystyczne odcinki, na których stężenia fluorantenu w osadach są wyższe niż na pozostałych stanowiskach. Pierwszy odcinek obejmuje stanowiska od nr 6 do nr 10, praktycznie od śluzy w Dzierżnie do śluzy w Rudzińcu. Odcinek drugi obejmuje ostatnie kilometry kanału, od stanowiska nr 17 do nr 21, tj. od Blachowni do portu w Koźlu.

#### PIREN

Od ujęcia wody (jaz powyżej portu w Gliwicach) do km 7,5 osi kanału stężenie pirenu zmniejszyło się z 1134,07 µg/kg do 301,99 µg/kg. Powyżej śluzy w Dzierżnie stężenia pirenu były znacznie wyższe, wynosiły 1348,54 µg/kg i 782,75 µg/kg. Od tego miejsca stężenie pirenu w osadach malało: od 171,08 µg/kg na stanowisku nr 8 do 4,45 µg/kg na stanowisku nr 21 (Rys. 10).

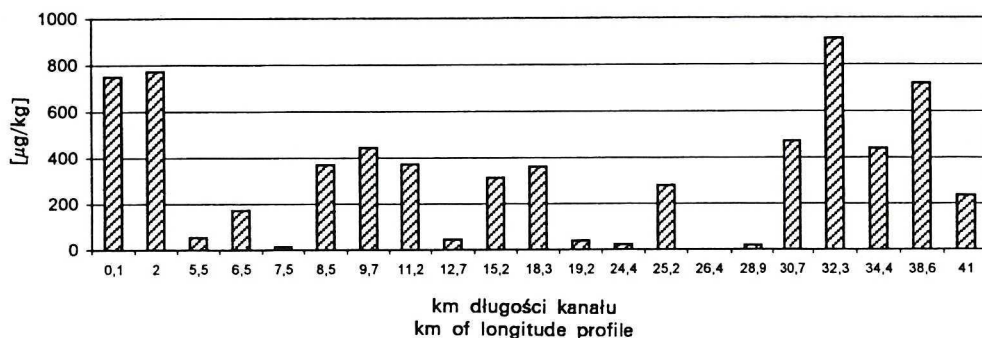




Rys. 10. Stężenie pirenu w osadach dennych Kanału Gliwickiego  
The concentration of piren in bottom sediments

### CHRYZEN

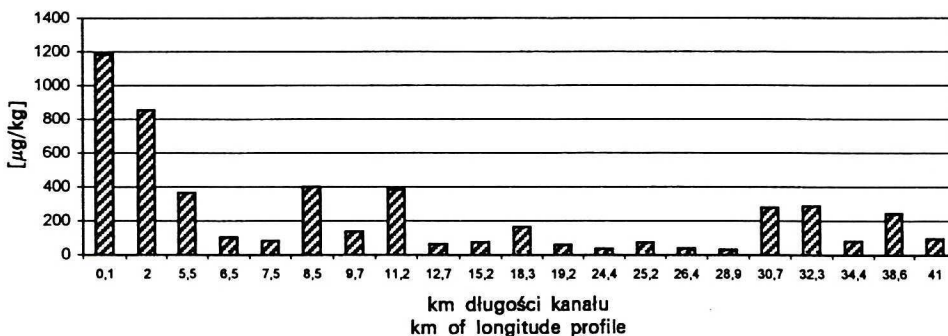
Stężenia chryzenu w osadach dennych kanału były wysokie i zmieniały się w granicach od 0,97 µg/kg do 912,13 µg/kg (Rys. 11). Podobnie jak w wielu przypadkach opisanych wcześniej zmian, wysokie stężenia stwierdzono powyżej śluz dzielących kanał na sekcje. Najwyższe stężenia zanotowano na pierwszych dwóch stanowiskach pomiarowych. Następnie równie wysokie stężenia oznaczono w próbach z 5 końcowych stanowisk, w rejonie Nowej Wsi, Kłodnicy i portu w Koźlu.



Rys. 11. Stężenie chryzenu w osadach dennych Kanału Gliwickiego  
The concentration of chrysene in bottom sediments

### BENZO(A)ANTRACEN

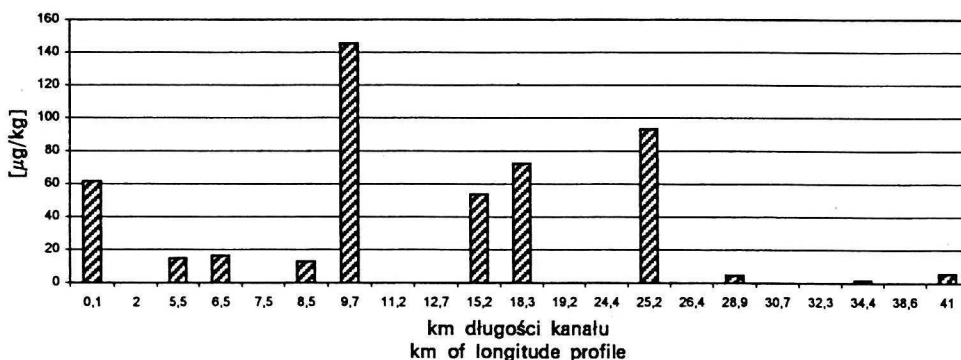
Wzdłuż osi kanału następuje stopniowe zmniejszanie się zawartości tego związku w osadach (Rys. 12). Najsilniej spadek wartości stężeń widoczny jest na kolejnych pierwszych 5 stanowiskach. Jednocześnie widać opisywaną już wielokrotnie regułę, że wyższe stężenia pojawiają się na stanowiskach powyżej kolejnych śluz. Tendencja spadkowa utrzymywała się aż do Blachowni. Następnie na odcinku od Blachowni do portu w Koźlu stwierdzono wzrost wartości stężeń.



Rys. 12. Stężenie benzo(a)antracenu w osadach dennych Kanału Gliwickiego  
The concentration of benzo(a)anthracene in bottom sediments

#### BENZO(B+K)FLUORANTEN

Zakres zmian stężeń benzo(b+k)fluorantenu wynosił od 0,01 µg/kg do 145,49 µg/kg (Rys. 13). W przypadku tego związku szczególnie wyraźnie widoczne są wysokie stężenia na stanowiskach powyżej śluz w Dzierźnie, Rudzińcu i Sławięcicach. Ponadto charakterystyczny jest szeroki zakres stężeń.



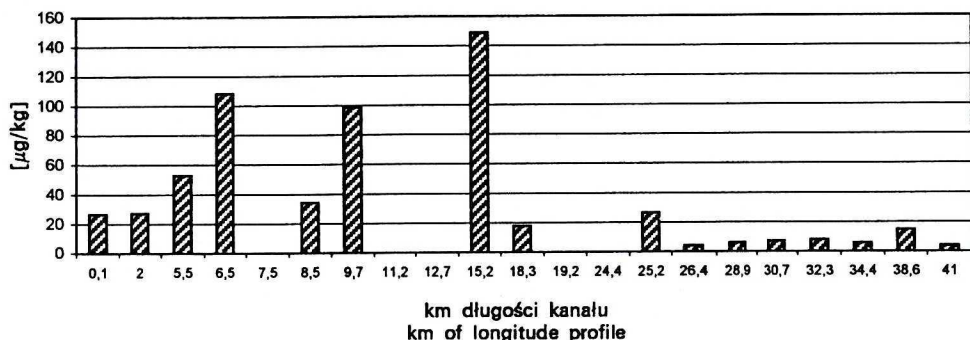
Rys. 13. Stężenie benzo(b+k)fluorantenu w osadach dennych Kanału Gliwickiego  
The concentration of benzo(b+k)fluorantene in bottom sediments

#### BENZO(A)PIREN

Stężenia benzo(a)pirenu w osadach dennych kanału na odcinku od stanowiska nr 1 do stanowiska nr 10, czyli na odcinku pierwszych 15 km, wykazywały tendencję wzrostową (Rys. 14). Na tym odcinku stężenie tego związku wzrastało od 28,6 µg/kg do 148,96 µg/kg. Na pozostałym odcinku stwierdzone wartości stężeń wynosiły od 0,01 µg/kg do 26,52 µg/kg, z nieznaczną tendencją spadkową.

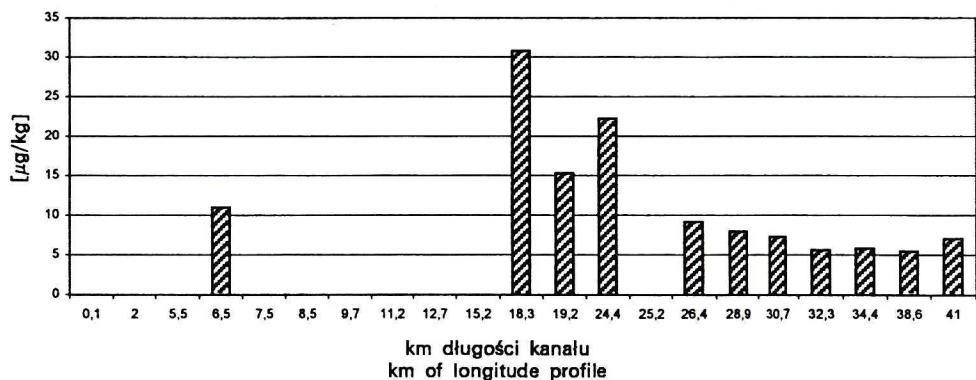
#### BENZO(G,H,I)PERYLEN

Przestrzenny rozkład tego węglowodoru został zamieszczony w opracowaniu ze względów dokumentacyjnych. Jednakże wyniki oznaczeń należy trak-



Rys. 14. Stężenie benzo(a)pirenu w osadach dennych Kanału Gliwickiego  
The concentration of benzo(a)pyrene in bottom sediments

tować jako wstępne i wymagające potwierdzenia, ponieważ trudno jest wytłumaczyć fakt, że benzo(g,h,i)perylen pojawia się w osadach dennych dopiero na 18. kilometrze koryta kanału (Rys. 15).

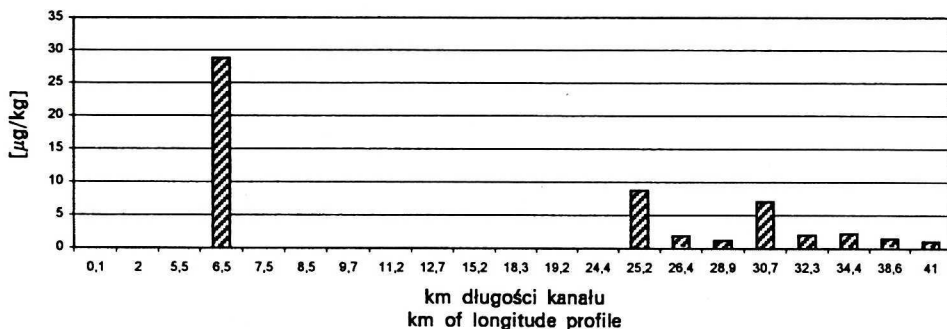


Rys. 15. Stężenie benzo(g,h,i)peryleny w osadach dennych Kanału Gliwickiego  
The concentration of benzo(g,h,i)perylene in bottom sediments

Wszystkie węglowodory oznaczane są z jednej, wyekstrahowanej z osadów próbki. Biorąc zatem pod uwagę fakt, że na podstawie wyników oznaczeń wielu węglowodorów można wykazać ich wiarygodność, przyjęto że i w tym przypadku przedstawiony rozkład stężeń mógł mieć miejsce. Tym bardziej, że podobny rozkład przestrzenny wykazują analizy następnego węglowodoru, tj. dibenzo(a,h)antracenu + indeno(1,2,3-cd)pirenu.

#### DIBENZO(A,H)ANTRACEN + INDENO(1,2,3-CD)PIREN

W przypadku tego związku, podobnie jak w przypadku benzo(g,h,i)peryleny wyróżnia się stanowisko nr 4, na którym stwierdzono stężenie 28,78 µg/kg (Rys. 16). Wyjątkowość tego stanowiska wynika z faktu, że ani wcześniej, ani na stanowiskach następnych, aż do stanowiska nr 14 (25,2 km osi kanału) zwią-



Rys. 16. Stężenie dibenzo(a,h)antracenu + indeno(1,2,3-cd)pirenu w osadach dennych Kanału Gliwickiego

The concentration of dibenzo(a,h)anthracene + indeno(1,2,3-cd) pyrene in bottom sediments

zek ten nie występował. Ponownie pojawia się on dopiero na stanowisku nr 14 i występuje w ilościach od 1,0 µg/kg do 8,7 µg/kg na odcinku od 25,2 do 41 km osi kanału.

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

Na rysunku (Rys. 2) przedstawiono ogólne stężenie WWA na poszczególnych stanowiskach. Za tzw. „ogólną zawartość” przyjęto sumę 16 WWA oznaczanych wg EPA. Przeprowadzone badania wykazały, że WWA stanowią istotny dla eksploatacji kanału rodzaj zanieczyszczeń. Wysokie stężenia wskazują na ich systematyczne doprowadzanie wraz z wodami silnie zanieczyszczonej rzeki Kłodnicy [5, 6]. Mętność wody w rzece zasilającej kanał oraz kanału na odcinku od portu w Gliwicach do śluzy w Dzierźnie ogranicza dostęp światła, przez co utrudnia reakcje fotoutleniania węglowodorów [13, 14, 15].

Przedstawione wyniki mają charakter wstępny. Jednakże z uwagi, że są to pierwsze i jak dotychczas jedyne badania określające zawartość tych związków w osadach Kanału Gliwickiego, ich wartość merytoryczna wydaje się być znacząca. Pozwalają one dokonać porównania zawartości WWA na stanowiskach wzdłuż osi kanału, uwzględniając jego charakterystyczne punkty, jakimi są śluzy.

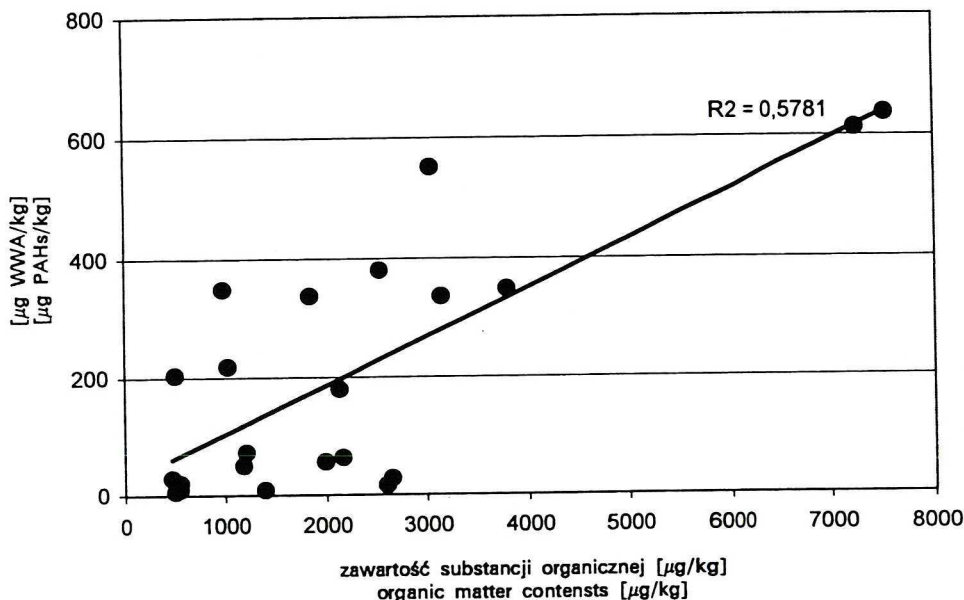
Najsilniej zanieczyszczony jest odcinek pierwszych 10 km, od ujęcia wody rzeki Kłodnicy do kanału do śluzy w Dzierźnie. Najwyższe stężenia (7528 µg/kg) stwierdzono w osadach dennych rzeki Kłodnicy w miejscu, gdzie przez jaz woda rzeki kierowana jest do portu w Gliwicach. Na odcinku do 7,5 km niżej, stężenia WWA zdecydowanie zmniejszają się – pod mostem we wsi Dzierżno dochodzą do 885 µg/kg.

W rejonie śluzy Dzierżno (od 8,5 do 9,7 km osi kanału) stężenia były wyższe i wynosiły ponad 3000 µg/kg. Następnie na odcinku od 11,2 km do 15,2 km osi kanału ponownie oznaczono niższe wartości stężeń, aby nieco powyżej śluzy w Rudzińcu stwierdzić stężenie dochodzące do 2000 µg/kg.

Najniższe stężenia WWA w osadach stwierdzono na odcinku od 19,2 do 28,9 km osi kanału, od śluzy w Rudzińcu do śluzy w Nowej Wsi. Zakres stężeń wahał się od 175 do 700  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Kolejny odcinek kanału, od ZCH Blachownia do portu w Koźlu, charakteryzował się podwyższonymi stężeniami WWA w granicach od 946,88 do 2254,915  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .

W miarę oddalania się od portu w Gliwicach ogólna zawartość wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych zmniejsza się. Zauważyć jednak można, że pomimo wyraźnej tendencji spadkowej występują odcinki, na których stężenia wzrastają. Na ogół ma to miejsce powyżej śluz. Wskazuje to na rolę specyficznego ruchu wody transportującej zawiesziny w kształtowaniu obserwowanego rozkładu stężeń [5, 6]. Ruch ten wynika z faktu, że urządzenie hydrotechniczne, jakim jest kanał wyposażony w śluzy, nie jest typowym ciekim, lecz szeregiem „zbiorników zaporowych” (spiętrzeń) tworzących kaskadę.

Zmniejszanie się stężeń poszczególnych węglowodorów w osadach dennych wzdłuż osi kanału wskazuje na zachodzące procesy samooczyszczania, w szczególności proces sedymentacji, a także mikrobiologiczny rozkład substancji organicznych wykorzystywanych przez drobnoustroje jako źródło węgla [10, 11, 13]. Stwierdzone stężenia węglowodorów pozostają w wyraźnej zależności od zawartości materii organicznej w osadach dennych (Rys. 17).



Rys. 17. Zależność między stężeniem substancji organicznej a stężeniem WWA w osadach dennych Kanału Gliwickiego

The relationship between organic matter and PAHs concentration in bottom sediment

Na podstawie wielkości stężeń WWA w osadach dennych można wyróżnić cztery odcinki kanału o różnym stopniu zanieczyszczenia (Rys. 2). W tabeli 1 przedstawiono wartości średnie udziałów procentowych dla tych odcinków.

Tabela 1. Średnie udziały procentowe wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w osadach dennych Kanału Gliwickiego

The percent average participation of PAHs in the bottom sediments of Gliwice Channel

| Wskaźnik<br>Indicator                           | Odcinki kanału<br>Sections of canal |                  |                   |                 |
|---|-------------------------------------|------------------|-------------------|-----------------|
|   | 0,1 km – 7,5 km                     | 8,5 km – 18,3 km | 19,2 km – 28,9 km | 30,7 km – 41 km |
| Naftalen  | 1,0                                 | 0,2              | 3,4               | 0,2             |
| Acenaftylen                                     | 14,0                                | 10,0             | 0,9               | 14,2            |
| Acenaften                                       | 1,2                                 | 4,4              | 9,5               | 0,4             |
| Fluoren   | 22,0                                | 5,8              | 0,7               | 0,2             |
| Fenantren                                       | 8,7                                 | 5,3              | 13,7              | 25,5            |
| Antracen  | 2,7                                 | 1,0              | 5,1               | 7,2             |
| Fluoranten                                      | 0,6                                 | 1,9              | 0,5               | 1,5             |
| Piren   | 22,4                                | 26,4             | 19,5              | 2,6             |
| Chryzen   | 9,8                                 | 20,4             | 15,3              | 34,1            |
| Benzo(a)antracen                                | 14,8                                | 14,0             | 19,5              | 11,0            |
| Benzo(b + k)fluoranten                          | 0,5                                 | 2,4              | 3,2               | 0,1             |
| Benzo(a)piren                                   | 1,9                                 | 3,4              | 2,0               | 0,5             |
| Benzo(g,h,i)perylene                            | 0,1                                 | 0,3              | 6,2               | 0,4             |
| Dibenzo(a,h)antracen<br>+ indeno(1,2,3-cd)piren | 0,3                                 | 0,0              | 0,7               | 0,2             |

Analizując udziały procentowe poszczególnych WWA w ogólnej ilości tych związków, zauważono dominujący udział acenaftyleny, pireny, chryzenu i benzo(a)antracenu w większości badanych próbek. Dominacja udziału tych węglowodorów utrzymuje się na całej długości kanału, niezależnie od wielkości ich stężeń.

Biorąc pod uwagę typowe składy ścieków koksowniczych, przemysłowych i komunalnych oraz udziały WWA zaadsorbowanych na pyłe atmosferycznym, należy zauważyć, że żadne z tych źródeł emisji nie charakteryzuje się tak wysokim udziałem ww. związków. Nie można w związku z tym wykluczyć, że substancje te powstają w wyniku przemian biologicznych [1, 2, 8, 10, 13, 14]. Potwierdzenie tej tezy wymaga przeprowadzenia badań mechanizmów biologicznej degradacji tego typu zanieczyszczeń.

Na odcinku pierwszym wysoki był także udział fluorenu (22%), który jednak na dalszych odcinkach bardzo silnie się zmniejszał (0,2%). Odwrotnie

kształtował się udział fenantrenu, wzrastając od 0,2% na pierwszym, do średnio 25,5% na odcinku końcowym kanału.

Maliszewska-Korzybacz [9] wyróżnia VI klas czystości gleb pod względem zawartości WWA. Wskazuje ona w ten sposób na stopień zagrożenia antropopresją, w szczególności oddziaływaniem przemysłu.

Graniczne stężenia WWA w poszczególnych klasach określono następująco: I – 200  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , II – 600  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , III – 1000  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , IV – 3000  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , V – 10 000  $\mu\text{g}/\text{kg}$ , VII – powyżej 10 000  $\mu\text{g}/\text{kg}$ . Zawartość WWA w osadach dennych ekosystemów wodnych nie podlega żadnej klasyfikacji. Osady dennie nie są glebami w dosłownym znaczeniu tego słowa, niemniej z chwilą ich wydobycia z dna zbiornika lub kanału wymagają utylizacji. Najczęściej wykorzystywane są do rekultywacji gruntów. W tabeli 2 przedstawiono wstępną klasyfikację osadów dennych Kanału Gliwickiego, opierając się na powyższych kryteriach.

## WNIOSKI

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Przeprowadzone badania wykazały, że obecność wysokich stężeń wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w osadach dennych Kanału Gliwickiego stanowi element skażenia ekosystemu.

2. Stwierdzone stężenia WWA odpowiadają wartościom charakterystycznym dla gleb skażonych antropogenicznie.

3. Zjawisko polegające na powtarzającym się wzroście zawartości węglowodorów w poszczególnych sekcjach kanału (od śluzy do śluzy) z osiągnięciem najwyższych wartości dla danego odcinka przed kolejną śluzą (od portu w Gliwicach do portu w Koźlu) nosi znamiona prawidłowości.

4. Za uzasadnione należy uznać usuwanie osadów dennych, szczególnie z najbardziej zanieczyszczonych odcinków powyżej śluz. Spowoduje to zmniejszenie zanieczyszczenia kanału przez WWA w największym stopniu.

5. Dominującymi w osadach dennych wielopierścieniowymi węglowodoraми aromatycznymi są: piren, chryzen, benzo(a)antracen i acenaftylen. Subdominantami są: fluoren i fenantren.

6. Utrzymujący się na całej długości kanału wysoki udział pirenu, chryzenu, benzo(a)antracenu i acenaftyłenu niezależnie od ich malejącego stężenia wydaje się wskazywać na zachodzące w osadach dennych Kanału Gliwickiego procesy mikrobiologicznej destrukcji substancji organicznych.

7. Za czynnik odgrywający zasadniczą rolę w charakterystycznym rozmieszczeniu WWA w osadach dennych wzdłuż osi Kanału Gliwickiego należy uznać kaskadowy charakter kanału oraz wynikające z tego warunki hydrauliczne (sekwencyjny ruch wody), określające warunki sedymentacji zawieszin organicznych.

Tabela 2. Klasyfikacja osadów dennych Kanału Gliwickiego pod względem zawartości WWA (wg Maliszewskiej-Kordybach [8])  
The classification of bottom sediments of Gliwice Channel in aspect of concentrations PAHs

| Klasa | Stęż. maks. $\mu\text{g}/\text{kg}$ | Stanowisko – kilometr długości Kanału Gliwickiego<br>Sampling points – km longitude profile |     |       |     |     |     |          |      |      |      |           |      |      |            |      |      |      |      |           |          |       |
|-------|-------------------------------------|---|-----|-------|-----|-----|-----|----------|------|------|------|-----------|------|------|------------|------|------|------|------|-----------|----------|-------|
|       |                                     | 1   | 2   | 3     | 4   | 5   | 6   | 7        | 8    | 9    | 10   | 11        | 12   | 13   | 14         | 15   | 16   | 17   | 18   | 19        | 20       | 21    |
|       |                                     | 0   | 2,0 | 5,5   | 6,5 | 7,5 | 8,5 | 9,7      | 11,2 | 12,7 | 15,2 | 18,3      | 19,2 | 24,4 | 25,2       | 26,4 | 28,9 | 30,7 | 32,3 | 34,4      | 38,6     | 41    |
| I     | < 200                               |   |     |       |     |     |     |          |      |      |      | I         | I    |      | I          | I    |      |      |      |           |          |       |
| II    | < 600                               |   |     |       |     |     |     |          | II   |      |      |           |      |      |            |      |      |      |      |           |          |       |
| III   | < 1000                              |   |     |       |     | III |     |          |      | III  |      |           |      | III  |            |      |      |      | III  | III       |          |       |
| IV    | < 1300                              |   |     | IV    | IV  |     |     | IV       |      |      | IV   |           |      |      |            |      | IV   |      |      |           | IV       | IV    |
| V     | < 1000                              | V   | V   |       |     |     | V   | V        |      |      |      |           |      |      |            |      |      |      |      |           |          |       |
| VI    | > 1000                              |   |     |       |     |     |     |          |      |      |      |           |      |      |            |      |      |      |      |           |          |       |
| Rejon |                                     | Łabędy  |     | Bumar |     |     |     | Dzierżno |      |      |      | Rudziniec |      |      | Sławięcice |      |      |      |      | Nowa Wieś | Kłodnica | Koźle |



## LITERATURA

- [1] Bachmann G., K. Terytze, F. Rucka, C.G. Bannick: *NATO ASI series Precautionary values for the protection of soil; Derivation and recommendation for some heavy metals, PCB, and PAH*, Mat. Of Training Course „Technological and Economic Aspects on Soil Bio/Phyto Remediation”, Plovdiv, Bulgaria, 5–17 October 1997.
- [2] Borneff J., H. Kunte: *Carcinogenic substances in water and soil. XVI. Evidence of PAH in water samples through direct extraction*, Arch. Hyg. Bakt., **148**, 585–597 (1964).
- [3] Czaja S.: *Zmiany stosunków wodnych w warunkach silnej antropopresji (na przykładzie konurbacji katowickiej)*, Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego nr 1782, Katowice 1999.
- [4] Jankowski A.T.: *Wpływ urbanizacji i uprzemysłowienia na zmianę stosunków wodnych w regionie Śląskim w świetle dotychczasowych badań*, Geographia. Studia et Disertationes T.10, Uniwersytet Śląski, Katowice, 62–98 (1987).
- [5] Kostecki M.: *Zawiesina jako element zanieczyszczeń antropogennego ekosystemu wodnego na przykładzie zbiornika zaporowego Dzierżno Duże*, Archiwum Ochrony Środowiska, **26** (4), 75–94 (2000).
- [6] Kostecki M., M. Czaplicka, A. Węglarz: *Wybrane związki organiczne (BTEX, WWA) w osadach dennych antropogennego zbiornika wodnego Dzierżno Duże*, Archiwum Ochrony Środowiska **26** (4), 95–108 (2000).
- [7] Kot A., J. Namieśnik: *Nowe techniki pobierania i przygotowania próbek stałych (gleb) i ciekłych (wody) do analizy chromatograficznej. Związki organiczne w środowisku i metody ich oznaczania*, Bibl. Monitoringu Środowiska, Warszawa 1997, 35.
- [8] Kubica K., M. Czaplicka, T. Kordas: *Determination contaminates in soil from coking plant*, Anal. Chem. (Warsaw), **43**, 57–65 (1998).
- [9] Maliszewska B.: *Zawartość WWA w glebach użytkowanych rolniczo na terenie woj. lubelskiego*, Roczniki Gleboznawcze, **48**, 95 (1996).
- [10] Maliszewska-Kordybach B., H. Terelak, B. Smreczek: *Wpływ przemysłu, komunikacji i urbanizacji na zawartość WWA w glebach z terenu gruntów ornych w Polsce. Związki organiczne w środowisku i metody ich oznaczania*, Bibl. Monitoringu Środowiska, Warszawa 1998, 233.
- [11] Smreczek B., B. Maliszewska-Kordybach: *Rozkład i oddziaływanie ekotoksykologiczne WWA w glebie zanieczyszczonej przez niektóre metale ciężkie. Związki organiczne w środowisku i metody ich oznaczania*, Bibl. Monitoringu Środowiska, Warszawa 1998, 235.
- [12] US Environmental Protection Agency, *T013 Method the determination of benzo(a)pyrene [B(a)P] and other polynuclear aromatic hydrocarbons [PAHs] in ambient air using gas chromatographic (GC) and high performance liquid chromatographic (HPLC) analysis*, Washington DC 1981.
- [13] *Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w środowisku przyrodniczym*, Prace IKS – PWN, Warszawa 1988.
- [14] Waters W.W.: *The thermal decomposition of some meso-substituted antracene photo-oxides*, J. Chem. Soc., 4340–4346 (1970).
- [15] Wasserman H.H., J.R. Scheffer: *Singled oxygen reactions from photoperoxides*, J. Amer. Chem. Soc., **89**, 3073–3075 (1967).