

# Zanieczyszczenie środkowej i dolnej Odry wybranymi metalami ciężkimi w latach 1991÷2005 na podstawie wyników monitoringu geochemicznego osadów dennych

*Grażyna Głosińska, Jerzy Siepak  
Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Poznań*

## 1. Wstęp

Odra jest jedną z najważniejszych rzek Polski, jej dolina jest ważnym korytarzem ekologicznym, niezwykle cennym przyrodniczo.

Rzeka jest odbiornikiem ścieków zarówno oczyszczonych, jak i nieoczyszczonych, pochodzących często ze źródeł niekontrolowanych. Zanieczyszczenie wód i osadów dennych rzeki uniemożliwia rekreacyjne wykorzystanie rzeki i zagraża środowisku – między innymi doskonale zachowanym, unikatowym dziś w Europie, bezcennym wręcz lasom nadrzecznym: grądom i łęgom.

Pośredni wpływ na jakość wód Odry ma stan gospodarki wodno – ściekowej na obszarze całej zlewni – poprzez jakość wód jej głównych dopływów. Stan czystości Odry w jej środkowym i dolnym biegu uzależniony jest w znacznej mierze od wpływu zanieczyszczeń ze źródeł zlokalizowanych na Górnym i Dolnym Śląsku; przyjmuje również zanieczyszczenia z terenu Niemiec i Czech.

Osady denne odgrywają ważną rolę w systemach wodnych, zarówno jako zbiorniki, gdzie zanieczyszczenia mogą być przechowywane, jak i źródła tych zanieczyszczeń dla organizmów wodnych. Z powodu ich zdolności do zatrzymywania metali, osady denne są dobrym wskaźnikiem jakości wody i zapisem skutków działalności antropogenicznej. Stąd też są szeroko stosowane w badaniach środowiskowych. Znajomość składu chemicznego osadów jest w

wielu przypadkach lepszym wskaźnikiem zanieczyszczenia środowiska, niż znajomość składu chemicznego wody, bardziej zmiennego w czasie.

Problem zanieczyszczenia osadów dennych jest coraz bardziej doceniany. Ocena zanieczyszczeń osadów, obok oceny jakości wód, służy ocenie jakości ekosystemów wodnych, tym bardziej, że zanieczyszczenia osadów dennych stanowią zagrożenie dla sąsiadujących z nimi ekosystemów lądowych.

Celem pracy było porównanie zanieczyszczenia osadów dennych śródkowej i dolnej Odry na odcinku Nowa Sól – Police w latach 1991÷2005 w ujęciu przestrzennym i czasowym.

## **2. Metodyka prowadzenia badań i oceny zanieczyszczeń osadów dennych**

Pierwsze badania osadów rzek i jezior pod kątem zawartości metali ciężkich przeprowadzono w 1990 roku. Badania miały charakter wdrożeniowy, stąd za rok bazowy, do którego odniesione zostały wyniki badań metali ciężkich, otrzymane w latach następnych, przyjęto drugi rok badań – rok 1991 [1].

Zatem monitoring geochemiczny osadów wodnych realizowany jest od 1991 roku przez Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie na zlecenie Inspekcji Ochrony Środowiska. Celem monitoringu geochemicznego osadów wodnych jest kontrolowanie zawartości metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych oraz innych pierwiastków w osadach aluwialnych i jeziornych, a także śledzenie zmian w koncentracji pierwiastków śladowych w czasie [2].

Próbki osadów dennych pobierane są do badań raz w roku. Liczba kontrolowanych punktów w danym roku jest ustalana w porozumieniu z Inspekcją Ochrony Środowiska. Obserwacje osadów rzek prowadzone są ogółem w 301 punktach obserwacyjnych, w tym corocznie w 80 punktach reperowych, zaś pozostałe 221 w cyklu 3-letnim [1÷3]. Próbki osadów aluwialnych pobierane są w okresie letnim, ze strefy brzegowej koryt rzecznych, z przeciwnej strony nurtu, z miejsc, gdzie następuje depozycja zawieszin (każda próbka stanowi średnią z 4/5 pobrań na odcinku około 50 metrów). Badaniom poddawane są próbki najdrobniejszego osadu (frakcja < 0,2 mm), zawierającego duże ilości frakcji ilastej. Prace laboratoryjne wykonywane są w centralnym Laboratorium Chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie [2, 3].

Punkty obserwacyjne zlokalizowane są przy ujściach rzek dłuższych niż 60 km, przy ujściach rzek, których wody nie odpowiadają normom czystości wód powierzchniowych, poniżej miejsc zrzutu ścieków z większych ośrodków miejskich i przemysłowych oraz w punktach rozmieszczonych wzdłuż dłuższych rzek [3].

Oceny zanieczyszczeń metalami ciężkimi osadów dennych środkowej i dolnej Odry dokonano na podstawie wyników badań osadów przeprowadzonych przez Państwowy Instytut Geologiczny na zlecenie Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska: w Zielonej Górze [4, 5] i Szczecinie [6, 7] w ramach monitoringu geochemicznego osadów rzecznych w wybranych punktach obserwacyjnych (tabela 1) i przedstawiono:

1. wyniki klasyfikacji geochemicznej osadów dennych według propozycji Państwowego Instytutu Geologicznego [8] w wybranych punktach obserwacyjnych,
2. trendy zmian wielkości wybranych zanieczyszczeń metalicznych w osadach dennych Odry na przestrzeni lat 1991÷2005 w punktach reperowych sieci monitoringu krajowego analizowanego odcinka Odry (Nowa Sól i Krajnik Dolny),
3. zmiany wielkości wybranych zanieczyszczeń metalicznych w osadach dennych w latach 1991, 1996, 1997 i 2005 wzdłuż analizowanego odcinka Odry.

**Tabela 1.** Lokalizacja wybranych punktów obserwacyjnych monitoringu osadów dennych środkowej i dolnej Odry

**Table 1.** Location of selected measurement points of the middle and lower Odra River sediments monitoring system

Miejscowość	km rzeki	Województwo
Nowa Sól	429,0	lubuskie
Świecko	580,5	
Kostrzyn	615,0	
Gozdowice	645,3	zachodniopomorskie
Krajnik Dolny	690,0	
Kołbaskowo	719,0	
Police	761,6	

W Polsce nie ma uregulowań prawnych w zakresie klasyfikacji osadów wodnych. Monitoring geochemiczny osadów dennych zbiorników wodnych opiera się na klasyfikacji osadów wodnych zaproponowanej przez Państwowy Instytut Geologiczny (PIG) [8] przewidującej cztery klasy jakości osadów (wartości progowe dla poszczególnych klas przedstawia tabela 2): I klasa – osady niezanieczyszczone, II klasa – osady miernie zanieczyszczone, III klasa – osady średnio zanieczyszczone i IV klasa – osady bardzo zanieczyszczone. Wartości progowe dla poszczególnych klas zostały wyznaczone z uwzględnieniem szkodliwego wpływu zakumulowanych w osadach zanieczyszczeń na organizmy wodne.

**Tabela 2** Propozycja klasyfikacji osadów wodnych wg PIG dla metali ciężkich [8]  
**Table 2.** Classification of the bottom sediments for the heavy metals proposed by Polish Geological Institute

Metal	Klasy			
	I	II	III	IV
	ppm			
<b>As</b>	7	30	70	> 70
<b>Cd</b>	0,7	3,5	6,0	> 6,0
<b>Cr</b>	50	100	400	> 400
<b>Cu</b>	20	100	300	> 300
<b>Pb</b>	30	100	200	> 200
<b>Hg</b>	0,2	0,7	0,7	> 0,7
<b>Ni</b>	16	40	50	> 50
<b>Zn</b>	125	300	1000	> 1000

### 3. Omówienie i dyskusja wyników

#### 3.1. Klasyfikacja osadów dennych środkowej i dolnej Odry według klasyfikacji PIG

Osady dennie środkowej Odry (tabela 3a÷3c) (punkty: Nowa Sól, Świecko i Kostrzyn), w latach 1991÷2004 najbardziej zanieczyszczały związki rtęci (bardzo często na poziomie klasy IV) oraz cynku, kadmu i arsenu. W drugiej połowie lat 90. ubiegłego wieku nastąpiło zmniejszenie stężeń metali w osadach dennych Odry, z wyjątkiem rtęci i cynku, a w osadach w Świecku i Kostrzynie – również arsenu, miedzi i ołowiu. Dopiero w latach 2004÷2005 odnotowano wyraźny spadek stężeń związków analizowanych metali ciężkich do poziomów klasy I i II.

W analizowanym 15-leciu, osady dennie dolnego odcinka Odry (tabela 3d÷3g) pobrane w punktach: Gozdowice, Krajnik Dolny, Kołbaskowo i Police były niezanieczyszczone lub co najwyżej miernie zanieczyszczone (do poziomów klasy II) w rozumieniu klasyfikacji PIG. Od roku 2001 są to w większości niezanieczyszczone osady klasy I.

**Tabela 3.** Klasyfikacja geochemiczna osadów dennych Odry w wybranych punktach obserwacyjnych w latach 1991÷2005

**Table 3.** Geochemical classification of the Odra River sediments in selected measurement points in 1991÷2005 years

(a) Nowa Sól

Rok	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
1991	III	IV	III	III	nb	IV	nb	nb
1992	IV	III	II	III	nb	IV	nb	nb
1993	III	III	II	III	nb	IV	nb	nb
1994	III	III	II	III	nb	IV	nb	nb
1995	III	III	II	III	nb	IV	nb	nb
1996	II	II	I	II	II	IV		III
1997	I	I	I	II	I	I	I	I
1998	II	II	I	II	nb	II	nb	nb
2000	II	II	I	nb	II	II	I	II
2001	II	II	II	II	II	IV	II	III
2002	II	II	I	II	II	IV	I	III
2003	II	II	I	II	II	IV	II	II
2004	II	II	I	II	II	IV	I	III
2005*	II	II	I	II	II	II	I	II

\* [5]; nb – nie badano

(b) Świecko

Rok	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
1991	II	II	I	II	II	II	I	III
1992	II	II	III	III	III	IV	III	IV
1994	I	I	I	I	II	I	I	I
1995	III	III	II	III	III	IV	II	III
1996	III	III	I	II	II	IV	II	III
1997	II	II	I	II	nb	II	nb	nb
1998	III	II	I	II	nb	IV	nb	nb
2001	III	II	II	III	III	IV	III	III
2004	I	I	I	I	I	I	I	II

nb – nie badano

**Tabela 3. cd.**  
**Table 3. cont.**

(c) Kostrzyn

Rok	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
1991	II	II	III	III	IV	iV	iV	III
1992	III	II	II	II	III	II	II	III
1994	II	II	II	III	III	iV	II	III
1995	III	III	II	III	III	iV	II	III
1996	II	II	I	II	II	II	I	II
1997	II	II	I	II	nb	II	nb	nb
1998	II	I	I	II	nb	II	nb	nb
2001	III	II	II	III	III	iV	III	III
2004	II	I	I	I	II	II	I	II

*nb – nie badano*

(d) Gozdowice

Rok	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
1991	I	III	I	I	I	I	I	II
1992	I	I	I	I	I	I	I	I
1994	I	II	I	I	I	I	I	I
1995	II	II	I	II	I	II	I	II
1996	I	I	I	I	I	I	I	I
1997	II	II	I	II	II	II	I	II
1998	I	I	I	I	I	I	I	I
2001	I	I	I	I	I	I	I	I
2004	I	I	I	I	I	I	I	I

**Tabela 3. cd.**

**Table 3. cont.**

(e) Krajnik Dolny

Rok	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
1991	I	I	I	I	I	I	I	I
1992	II	I	I	I	I	I	I	I
1993	I	II	I	II	II	I	I	II
1994	I	II	I	I	II	I	I	II
1995	II	II	I	I	I	II	I	II
1996	I	I	I	I	I	I	I	I
1997	I	I	I	I	I	I	I	I
1998	I	I	I	I	I	I	I	I
1999	I	I	I	I	II	I	I	I
2000	I	I	I	I	I	I	I	I
2001	I	II	I	I	I	I	I	I
2002	I	I	I	I	I	I	I	I
2003	I	I	I	I	I	I	I	I
2004	I	I	I	I	I	I	I	I
2005*	nb	nb	I	I	I	I	I	I

\* [7]; nb – nie badano

(f) Kołbaskowo

Rok	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
1990	I	I	I	II	II	II	II	I
1991	I	II	I	I	II	I	I	I
1992	I	I	I	I	II	I	I	I
1993	I	II	I	II	II	II	I	I
1994	I	I	I	I	I	I	I	I
1995	I	I	I	I	II	I	I	I
1996	I	I	I	I	I	I	I	I
1997	II	II	I	I	I	II	I	II
1998	I	I	I	I	II	II	I	I
2001	I	I	I	I	I	I	I	I
2004	I	I	I	I	I	I	I	I

**Tabela 3. cd.**  
**Table 3. cont.**

(g) Police

Rok	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
1991	I	I	I	I	I	I	I	I
1994	I	I	I	II	II	I	I	I
1996	I	I	I	I	I	I	I	I
1997	I	I	I	I	I	I	I	I
1998	I	I	I	I	I	I	I	I
2001	I	I	I	I	I	I	I	II
2004	I	I	I	I	I	I	I	I

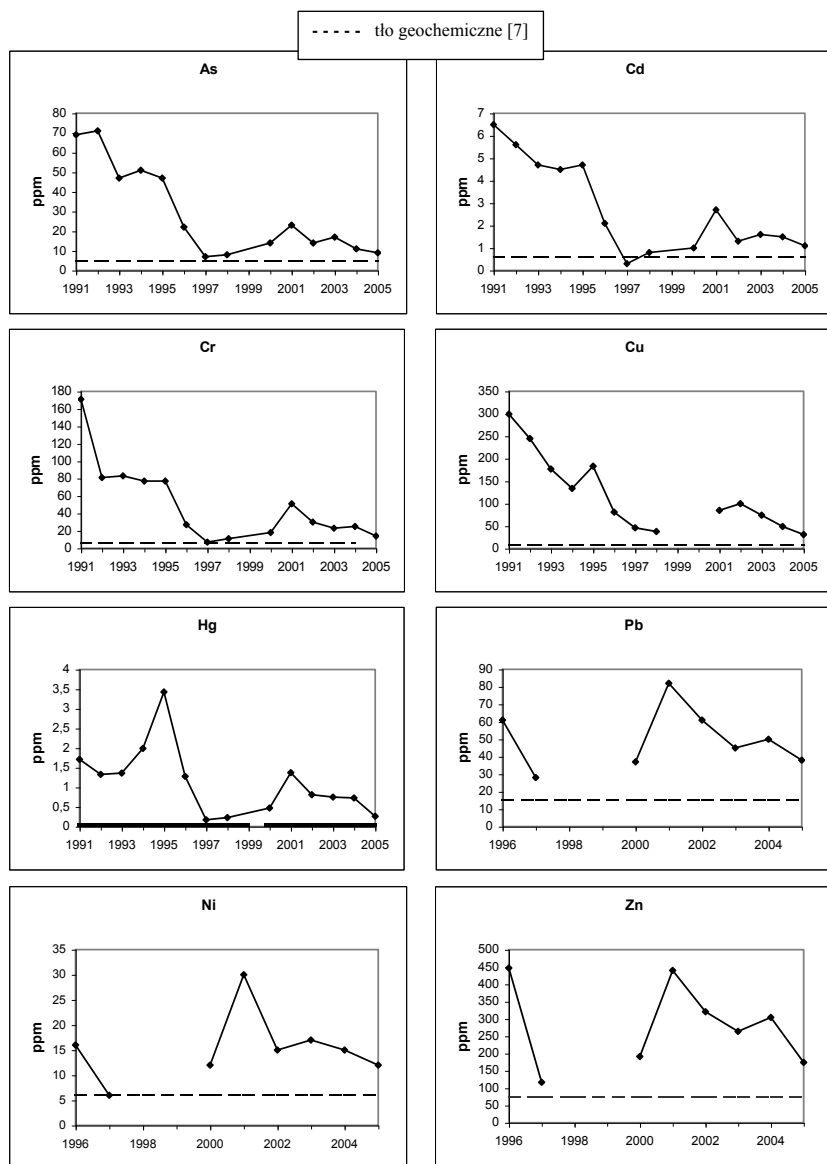
### 3.2. Trendy zmian stężeń metali w osadach dennych środkowej i dolnej Odry w latach 1991÷2005

Zmiany stopnia zanieczyszczenia wybranymi metalami ciężkimi osadów dennych środkowej i dolnej Odry w latach 1991÷2005 można zaobserwować na przykładzie badań przeprowadzonych w punktach reperowych: w Nowej Soli (środkowa Odra) (rysunek 1) i w Krajniku Dolnym (dolna Odra) (rysunek 2), corocznie monitorowanych w ramach monitoringu krajowego.

W osadach dennych pobranych w przekroju Nowa Sól można zaobserwować wyraźną dwufazową tendencję spadkową stężeń wybranych metali ciężkich. Pierwsza faza dotyczy lat 1991÷1997, druga – lat 1998÷2005. Najniższe stężenia większości metali ciężkich w osadach odnotowano w 1997 roku; od roku 1998 następował stopniowy, nieznaczny wzrost stężeń do roku 2001 (dla miedzi do 2002 r.), po czym od roku 2002÷2003 następuje spadek stężeń analizowanych metali ciężkich w osadach dennych Odry w Nowej Soli.

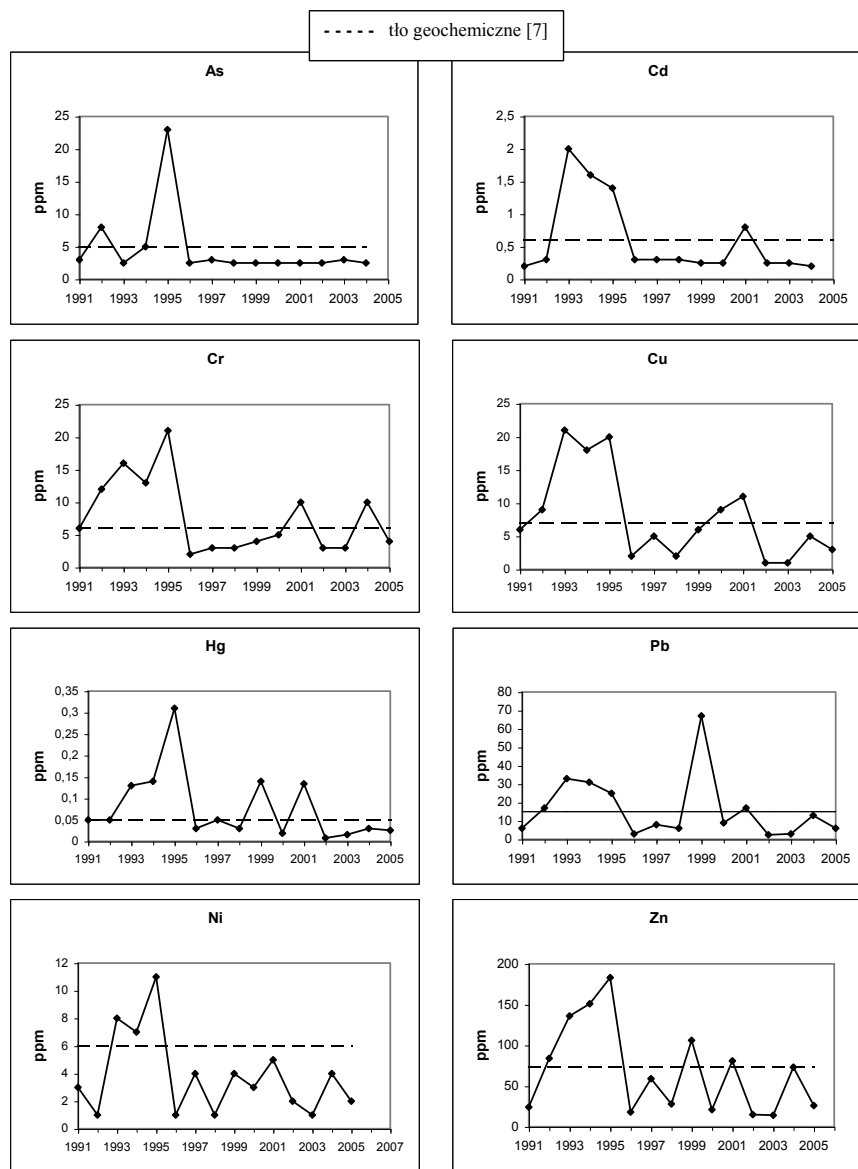
W całym obserwowanym okresie pomiarowym stężenia rozpatrywanych metali (z wyjątkiem kadmu w 1997 r.) nie osiągnęły poziomów niższych od odpowiadających poszczególnym metalom wartości tła geochemicznego, zamieszczonych w tabeli 4 [7]. W 1997 roku, stężenie równe wartości tła geochemicznego odnotowano dla niklu, natomiast wartości zbliżone do tła osiągnęły stężenia arsenu, chromu i rtęci. Stężenia pozostałych metali, mimo iż w 1997 roku obserwowano ich najniższe wartości w całym obserwowanym okresie, przekraczały, choć w różnym stopniu, wartości tła. W 2005 roku stężenia arsenu, kadmu i niklu zbliżyły się do wartości tła geochemicznego, natomiast stężenia pozostałych metali były nadal wyższe od wartości tła.





**Rys. 1.** Zmiany stężeń wybranych metali ciężkich (dla Cu, Pb, Ni, Zn – dane niepełne) w osadach dennych Odry w punkcie obserwacyjnym w **Nowej Sól** (429,0 km) w latach 1991÷2005

**Fig. 1.** Changes of heavy metals concentrations (for Cu, Pb, Hg, Ni, Zn – incomplete data) in the Odra River bottom sediments in **Nowa Sól** (429.0 km) monitoring point in 1991÷2005 years



**Rys. 2.** Zmiany stężeń wybranych metali ciężkich (dla Cu, Pb, Ni, Zn – dane niepełne) w osadach dennych Odry w punkcie obserwacyjnym w **Krajniku Dolnym** (690,0 km) w latach 1991÷2005

**Fig. 2.** Changes of heavy metals concentrations (for Cu, Pb, Hg, Ni, Zn – incomplete data) in the Odra River bottom sediments in **Krajnik Dolny** (690,0 km) monitoring point in 1991÷2005 years

**Tabela 4.** Wartości tła geochemicznego metali w osadach dennych w Polsce [7]

**Table 4.** Geochemical matrix of metals in sediments in Poland [7]

<b>Metal</b>	<b>Tło geochemiczne [ppm]</b>
Arsen	< 5
Kadm	0.6
Chrom	6
Miedź	7
Rtęć	< 0.05
Ołów	15
Nikiel	6
Cynk	73

W osadach dennych Odry pobranych w niżej położonym przekroju Krajnik Dolny stwierdzano dużo niższe stężenia analizowanych metali ciężkich, niż w osadach w Nowej Soli. W roku 1991, w chwili rozpoczęcia badań monitoringowych, stężenia metali odnotowane w osadach pobranych w Krajniku Dolnym były od kilku (dla niklu), kilkunastu (dla ołowiu) do kilkudziesięciu (dla pozostałych metali) razy niższe od ich stężeń w osadach Odry na wysokości Nowa Sól. Zmiany stężeń metali w czasie postępowały również dwufazowo, ale odmiennie, niż w osadach w Nowej Soli. Stężenia rozpatrywanych metali (oprócz kadmu i ołowiu) generalnie zwiększały się do roku 1995 (kadmu i ołowiu – do 1993), po czym w roku 1996 odnotowano wyraźny spadek stężeń wszystkich metali. W tej drugiej fazie, stężenia arsenu, (po nieznacznym wzroście w 1997 r.), pozostały już na tym niższym poziomie, podobnie stężenia kadmu, poza nagłym wzrostem w 2001 r. W 1997 roku nastąpił pewien wzrost stężeń pozostałych metali, dla niektórych nieznacznym. Do roku 2005 stężenia rozpatrywanych metali ciężkich zmieniały się w różnym stopniu dla poszczególnych metali, osiągając w 2005 roku poziom z 1991 roku – w przypadku kadmu, ołowiu, cynku i arsenu, bądź poniżej tego poziomu – w przypadku chromu, miedzi, rtęci i niklu.

Osady denne Odry pobrane w punkcie pomiarowym w Krajniku Dolnym, w obserwowanym okresie pomiarowym zawierały metale ciężkie na poziomach stężeń niekiedy znacznie niższych od wartości tła geochemicznego. W roku rozpoczęcia badań monitoringowych stężenia metali były niższe (arsen, kadm, ołów, nikiel, cynk i miedź) bądź równe (chrom i rtęć) wartościom tła. Do roku 1995 zawartość metali w osadach zwiększała się, szczególnie arsenu, kadmu i rtęci; natomiast po 1995 roku stężenia metali w większości nie przekraczały (bądź tylko nieznacznie) wartości tła. W roku 1999 i 2001 stosunkowo wysokie były stężenia rtęci, a wyjątkowo wysokie stężenie ołowiu zanotowano w 1999 roku.

### 3.3. Zmiany stężeń wybranych metali w osadach dennych środkowej i dolnej Odry na odcinku Nowa Sól - Police w latach 1991, 1996, 1997 i 2005

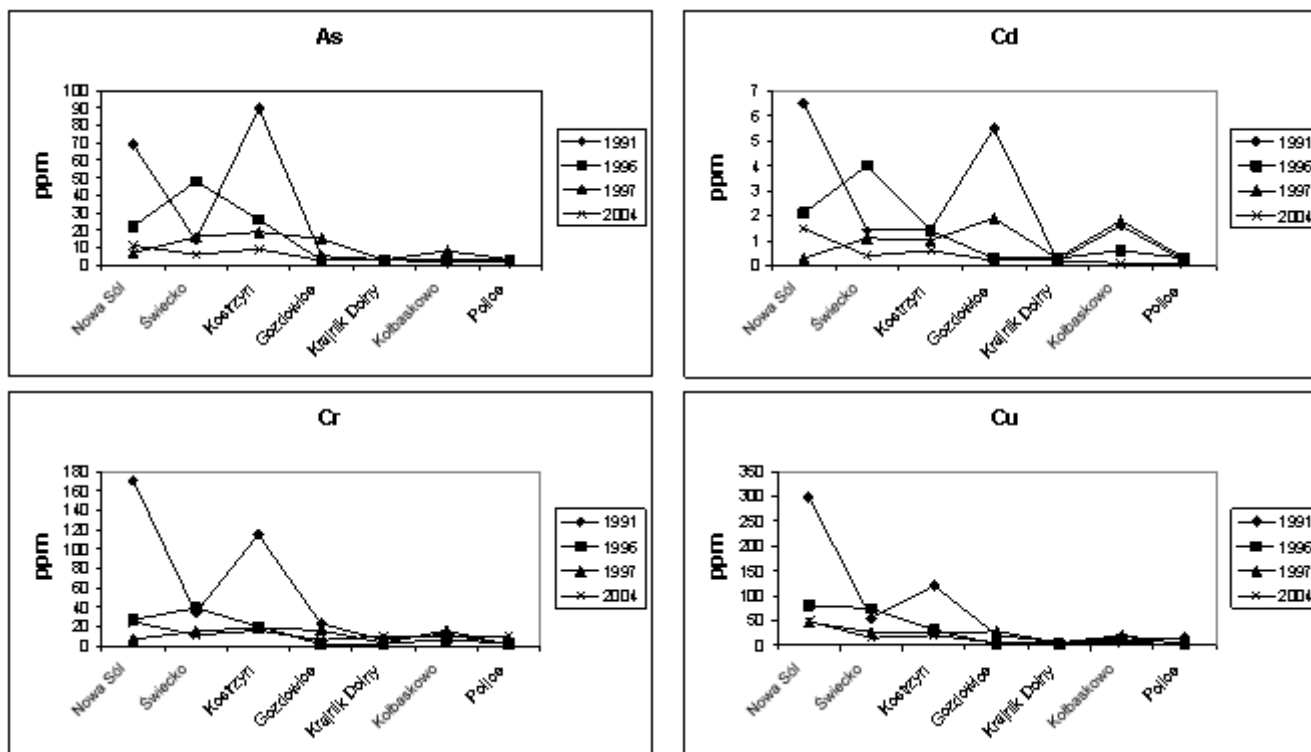
W latach 1991÷2005, wzdłuż biegu Odry na odcinku Nowa Sól – Police, stężenia metali ciężkich w osadach dennych rzeki zmniejszają się, szczególnie wyraźnie od punktu pomiarowego (rysunek 3) w Gozdowicach, osiągając w 2004 roku stężenia nieporównywalnie niższe, niż na początku okresu pomiarowego. Jednak w 1991 roku w Kostrzynie można zauważyć wpływ prawobrzeżnego dopływu – rzeki Warty na jakość osadów, gdzie stężenia większości metali, poza kadmem, osiągały zdecydowanie wyższe poziomy w porównaniu z poprzednim punktem pomiarowym. Nieco podwyższone stężenia większości metali, ale na dużo niższych poziomach, można zaobserwować również w osadach w przekroju Kołbaskowo.

Niestety brak jest wyników stężeń niklu, cynku i ołowiu z 1997 roku. Stężenia większości metali były wówczas generalnie niższe, niż przed powodzią, natomiast w osadach Odry dolnego odcinka występowały na poziomach wyższych, niż przed rokiem. natomiast w osadach Odry dolnego odcinka występowały na poziomach wyższych, niż przed rokiem, w największym stopniu dotyczy to kadmu, rtęci i cynku. W 1997 roku można zaobserwować najbardziej wyrównane poziomy stężeń metali w osadach wzdłuż analizowanego odcinka Odry. Pewien wyjątek stanowi mobilny [9] kadm. W latach 2004÷2005 stężenia wybranych metali ciężkich w osadach dennych środkowej i dolnej Odry osiągnęły najniższe, z dotychczasowych, poziomy, zarówno w ujęciu przestrzennym, jak i czasowym. Zauważalny jest również znacznie mniejszy napływu związków metali z wodami Warty w Kostrzynie.

## 4. Podsumowanie

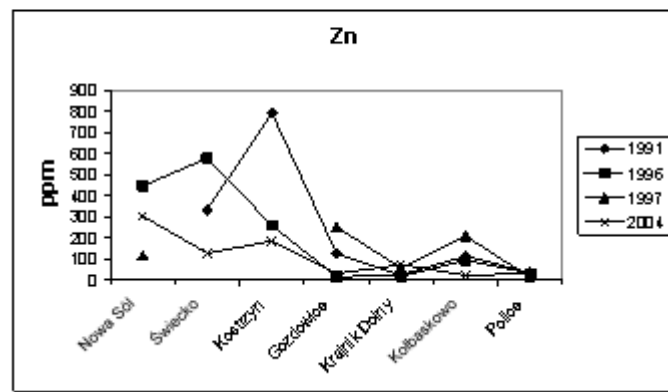
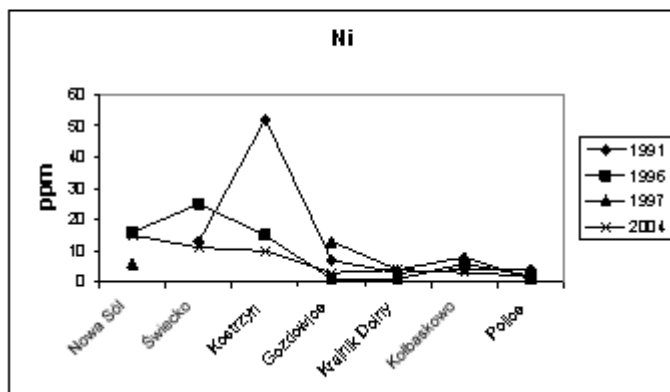
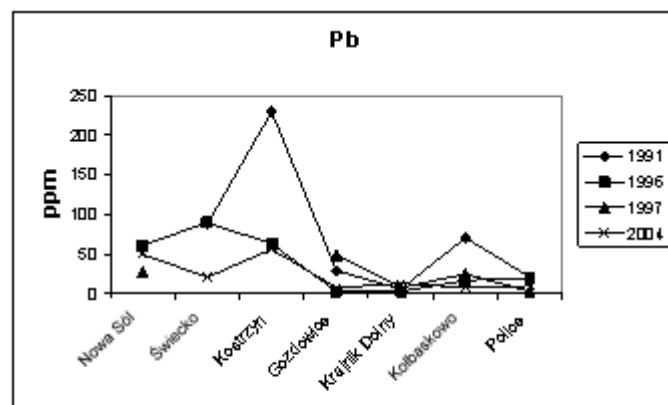
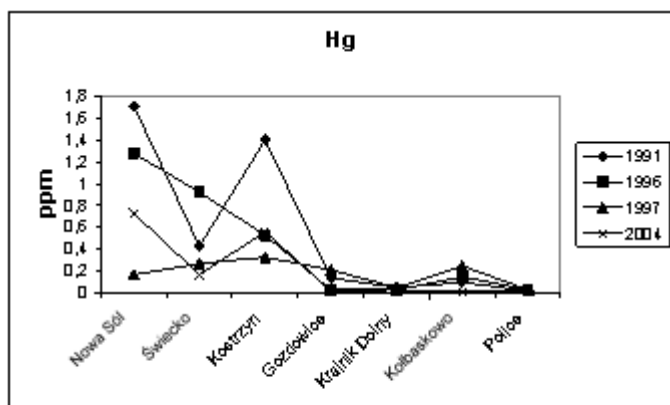
W latach 1991÷2005 miał miejsce sukcesywny (z wyjątkiem 2001r.) spadek stężeń wybranych metali ciężkich w osadach dennych środkowej i dolnej Odry na odcinku Nowa Sól – Police), szczególnie zauważalny od połowy lat 90. ubiegłego wieku. O ile na odcinku środkowej Odry występowały jeszcze bardzo zanieczyszczone osady denne klasy IV (głównie ze względu na stężenia rtęci), to w osadach dennych Odry w jej dolnym biegu nie stwierdzano poważnych zanieczyszczeń metalicznych – osady te były najczęściej niezanieczyszczone w świetle klasyfikacji osadów wodnych zaproponowanej przez Państwowy Instytut Geologiczny.

W wyniku wezbrań i powodzi rzeki w 1997 roku, nastąpiło zmniejszenie (niekiedy znaczne) stężeń metali w zanieczyszczonych osadach Odry środkowej wskutek ich uwolnienia z osadów. Część metali, niesiona w zawieszynie, wzbogaciła osady dolnego odcinka Odry.



**Rys. 3.** Zmiany stężeń wybranych metali (dla Cu, Pb, Ni, Zn – dane niepełne) w osadach Odry na odcinku Nowa Sól-Police w latach 1991, 1996, 1997 i 2005

**Fig. 3.** Changes of heavy metal concentrations (for Cu, Pb, Hg, Ni, Zn – incomplete data) in the Odra River bottom sediments in Nowa Sól – Police section in 1991, 1996, 1997 and 2005 years



Rys. 3. cd.  
Fig. 3. cont.

Jakość osadów analizowanego odcinka środkowej Odry odzwierciedlała wpływ zanieczyszczeń niesionych przez rzekę z uprzemysłowionych terenów położonych w jej górnym biegu. Z biegiem rzeki, wskutek postępującej sedymentacji zawiesin, następuje poprawa jakości jej osadów dennych. Z roku na rok niweluje się także zróżnicowanie przestrzenne zawartości metali ciężkich w osadach – w 2004 roku tylko osady w najwyższej położonej Nowej Soli były jeszcze zanieczyszczone, głównie rtęcią i cynkiem, osady niżej położone były już zadowalającej jakości. W latach 2004÷2005 już na całej długości analizowanego odcinka środkowej i dolnej Odry osady były niezanieczyszczone lub co najwyżej miernie zanieczyszczone.

Wyraźna tendencja spadkowa zawartości metali ciężkich w osadach dennych Odry jest efektem zmniejszonego dopływu zanieczyszczeń do rzeki w postaci ścieków, spływu powierzchniowego i opadów atmosferycznych, w wyniku, między innymi, rosnącej ilości oczyszczalni ścieków, proekologicznego rolnictwa i obniżenia ilości emisji zanieczyszczeń do atmosfery.

## Literatura

1. **Bojakowska I, Gliwicz T., Szatkowska-Konon H.:** *Osady denne w wodach powierzchniowych w Stan Środowiska w Polsce w latach 1996÷2001*. Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 2003.
2. Stan Środowiska w Województwie Lubuskim w 2001 roku. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Zielona Góra – Gorzów Wlkp. 2002.
3. **Bojakowska I., Gliwicz T.:** *Wyniki monitoringu geochemicznego osadów wodnych Polski w latach 2000-2002* Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 2003.
4. Wyniki badań stężeń metali ciężkich w osadach dennych Odry przeprowadzonych przez Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie - dane udostępnione przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Zielonej Górze - Delegatura w Gorzowie Wielkopolskim.
5. [www.zgora.pios.gov.pl](http://www.zgora.pios.gov.pl)
6. Wyniki badań stężeń metali ciężkich w osadach dennych Odry przeprowadzonych przez Państwowy Instytut Geologiczny w Warszawie - dane udostępnione przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Szczecinie.
7. [www.wios.szczecin.pl](http://www.wios.szczecin.pl)
8. **Bojakowska I.:** *Kryteria oceny zanieczyszczenia osadów wodnych*. Przegląd Geologiczny, 49, 3, 213-218. 2001.
9. **Głosińska G., Sobczyński T., Boszke L., Bierła K., Siepak J.:** *Fractionation of Some Heavy Metals in Bottom Sediments from the Middle Odra River*. Polish Journal of Environmental Studies, 14, 3. 2005.