

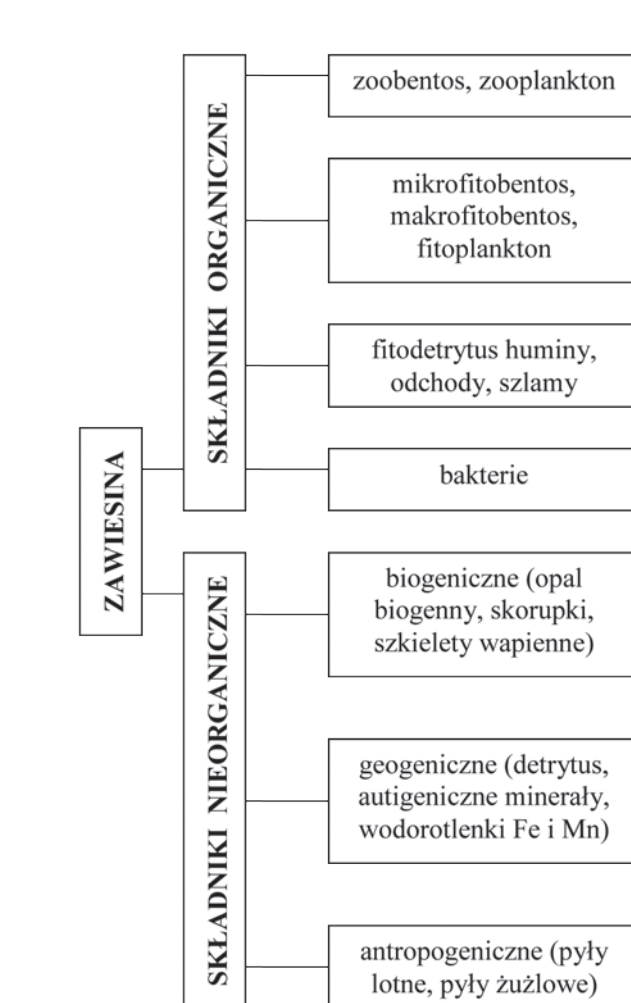


Zawiesina w wodach płynących aglomeracji górnośląskiej – problemy i wyzwania

Witold Nocoń*

Zawiesina ogólna są to frakcje materiału przenoszone w roztworze wodnym i podlegające dyspersji, które zatrzymywane są podczas sączenia wody na filtrze o średnicy porów 0,45 mm [1]. W skład zawiesiny wchodzi zarówno cząsteczki pochodzenia mineralnego jak i organicznego. Do mineralnych składników zawiesin można zaliczyć: cząstki drobnego piasku, glinę, wytrącone związki żelaza i manganu [2]. Natomiast zawiesinę pochodzenia organicznego stanowią: żywe i martwe organizmy wodne, składniki organiczne ze ścieków bytowo-gospodarczych i przemysłowych.

Zawiesina stanowi nieodłączny składnik prawidłowo funkcjonującego ekosystemu rzeczny mający znaczny wpływ na kształtowanie warunków fizyczno-chemicznych panujących w przemierzających się masach wody. Zawiesina oddziałuje również bezpośrednio na ekosystemy wodne z punktu widzenia biologicznego. Jest jednym z czynników, który kształtuje warunki życia biologicznego w wodach płynących, transportując na znaczne odległości substancje niezbędne do prawidłowego funkcjonowania całych



Rys. 1. Składniki zawiesiny [1]

łańcuchów pokarmowych. Zawiesina odgrywa ponadto niebagatelną rolę w ustawicznym przekształcaniu środowisk wodno-lądowych. Przez tysiące lat poprzez sedymentację i przemiany zawiesin

rzecznych powstają wielkie obszary wodno-błotne będące jednymi z najcenniejszych elementów środowiska naturalnego, które odgrywają również bardzo istotną rolę w gospodarce, stanowiąc na-

turalne oczyszczalnie ścieków oraz odnawialne rezerwuary wody słodkiej [3].

Stężenia zawiesin w wodzie wahają się w bardzo szerokich granicach. W oligotroficznym wodach płynących (np. rzeki górskie) oraz zbiornikach wód stojących typu sielawowego stężenia zawiesiny ogólnej są rzędu kilku – kilkunastu mg/dm³. W rzekach nizinnych oraz żyznych (zeutrofizowanych) jeziorach, stawach i zbiornikach zaporowych obserwuje się stężenia zawiesin znacznie przekraczające wartość 20 mg/dm³. Najwyższe stężenia zawiesin naturalnie notowane w wodach występują w okresach wezbrań powodziowych i często znacznie przekraczają wartość 1000 mg/dm³.

Zawiesina jako zanieczyszczenie wód powierzchniowych

Rozdział substancji na składniki rozpuszczone i związane w zawieszynie zależy od wielu czynników, m.in. rodzaju substancji, jej rozpuszczalności w wodzie, zdolności do sorpcji na minerałach, zdolności do tworzenia kompleksów, pH i Eh wody, temperatury, siły jonowej i składu wody [4].

Stężenia zawiesiny ogólnej są jednym z podstawowych

parametrów jakości wód powierzchniowych [3,5-8]. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. (Dz. U. nr 32, poz. 284) stężenie zawiesiny w I klasie czystości wód powierzchniowych musiało być niższe niż 15 mg/dm³. Dla klas czystości II do IV stężenia te wynoszą odpowiednio: 25, 50, 100 oraz powyżej 100 mg/dm³ dla wód V klasy czystości. W aktualnie obowiązującym rozporządzeniu wartości graniczne stężenia zawiesiny ogólnej wyznaczone są tylko dla I i II klasy czystości, podobnie jak większość wskaźników fizyczno-chemicznych (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 sierpnia 2008 r., Dz. U. nr 162 poz. 1008) i wynoszą one odpowiednio 25 i 50 mg/dm³. Również stężenie zawiesiny jest normowane jeśli chodzi o dopuszczalne jej wartości w ściekach odprowadzanych do środowiska (wody otwarte, gleby itp.). Zawiesiny zarówno pochodzenia naturalnego jak i pochodzące z odprowadzanych do wód różnego rodzaju ścieków oddziałują niekorzystnie na ekosystem [9-12]. Wielu autorów zwraca uwagę na negatywną rolę zawiesiny jaką odgrywa ona w środowisku wodnym, przede wszystkim na niekorzystny wpływ sedymentującej zawiesiny na stałe zmniejszanie pojemności misy zbiorników wodnych [11,13,14]. Ze ścieków przemysłowych pochodzą zanieczyszczenia organiczne oraz metale ciężkie. Substancje te osiadają wraz z zawiesinami na dnie zbiornika współuczestnicząc w tworzeniu osadów

dennych wpływając jednocześnie poprzez oddziaływanie toksyczne, inhibitujaące niektóre procesy biologiczne, na ich specyfikę, określając warunki bytowania zespołów bakterii i organizmów bentosowych zasiedlających osady [15]. Stężenie zawiesiny ogólnej w wodach rzecznych zmienia się w bardzo szerokich granicach. W rzekach górskich i podgórskich na ogół nie przekracza kilku mg/dm³, podczas gdy w rzekach nizinnych często przekracza wartości 25 mg/dm³. Wysokie stężenie zawiesiny występuje przede wszystkim w wielkich rzekach odwadniających żyzne obszary lądowe (np. zlewnie Amazonki, Nilu itp.). W rzekach tych zawiesina nie jest traktowana jako zanieczyszczenie. Jest ona przede wszystkim rozpatrywana pod kątem transportu i dostarczania substancji odżywczych w niższe partie zlewni. Wysokie stężenie zawiesin występuje w okresie wezbrań powodziowych. Badania potwierdzają również wzrastający poziom zanieczyszczenia zawiesiną w regionach poddanych silnej antropopresji [16-18]. Za bardzo wysokie stężenia zawiesiny w wodach płynących odpowiada również przemysł węglowy.

Zawiesina w wodach płynących aglomeracji górnośląskiej

Rejon Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego należy do najsilniej przekształconych działalnością człowieka obszarów Polski. Wpływ antropogeniczny obserwowany jest również w odniesieniu do powierzch-

niowych wód płynących przepływających przez ten obszar. Na tle wszystkich rzek i potoków najbardziej wyróżnia się największa rzeka tego regionu – Kłodnica. Od swych źródeł do ujścia do zbiornika zaporowego Dzierżono Duże przepływa przez silnie zurbanizowany i uprzemysłowiony teren i stanowi jednocześnie główny kolektor ściekowy tego regionu. Z uwagi na odprowadzanie do rzeki znacznych ilości ścieków bytowo-gospodarczych i przemysłowych większość wskaźników fizyczno-chemicznych w Kłodnicy wskazuje na silne zanieczyszczenie rzeki. Działalność przemysłowa w zlewni Kłodnicy (kopalnie węgla kamiennego, zakłady produkcyjne) powoduje, że do tej niewielkiej rzeki odprowadzane są duże ilości ścieków. Rzeki przepływające przez centralną część aglomeracji katowickiej charakteryzują się wysokimi stężeniami zawiesiny ogólnej. Prowadzone od wielu lat badania pokazują, że takie rzeki jak Bytomka, Czarniawka, Potok Bielszowicki czy Kłodnica charakteryzują się stężeniami zawiesiny ogólnej kilku-, kilkunastokrotnie wyższymi w porównaniu z przepływającym przez tereny rolnicze Potokiem Toszeckim (tabela 1).

Problem transportu zanieczyszczeń w zawieszynie

Zawiesina choć sama stanowi element zanieczyszczenia mogący negatywnie oddziaływać na środowisko wodne, jest także jednym z czynników transportujących inne rodzaje zanieczyszczeń. W skład zawiesin wchodzi bardzo wiele związków organicznych i nieorganicznych o mniej lub bardziej skomplikowanej budowie, składzie jakościowym i ilościowym, a także o odmiennych właściwościach fizyczno-chemicznych. Zróżnicowana powierzchnia właściwa ziaren zawiesiny jest przyczyną różnych jej właściwości sorpcyjnych. Bardzo zmienny skład, zawartość związków mineralnych i organicznych, jak również źródła pochodzenia (naturalne, antropogeniczne) wywierają istotny wpływ na ilość transportowanych z zawiesiną zanieczyszczeń. Wśród zagranicznych badaczy coraz częściej pojawiają się opinie, że zawiesina stanowi istotny element transportu metali ciężkich w rzekach i potokach, szczególnie w okresach wysokich przepływów wody [22]. Istotny wpływ na zmniejszenie mobilności metali ciężkich w środowisku wodnym odgrywają procesy

Tabela 1. Stężenia zawiesiny ogólnej w wybranych rzekach aglomeracji górnośląskiej

Rzeka	Zakres stężeń [mg/dm ³]	Źródło
Bytomka	45,6 – 176,7	[17]
Czarniawka	8,3 – 32640	[18]
Potok Bielszowicki	44,2 – 296,8	[19]
Potok Toszecki	1,4 – 43,7	[20]
Kłodnica	3,2 – 1433	[3,21]



współstrącania oraz sorpcji na powierzchni minerałów ilastych i materii organicznej, które stanowią istotne składniki zawiesiny [23].

W Polsce problemem transportu zanieczyszczeń w zawieszynie szerzej zajmują się dwa ośrodki badawcze. Naukowcy z AGH badali rolę zawiesiny w transporcie metali śladowych na terenie całej zlewni Odry [1,24,25]. Kostecki [26] zwrócił uwagę, że zawiesina stanowi istotny element zanieczyszczenia metalami ciężkimi zbiornika Dzierżno Duże. Natomiast w zrealizowanym w IPIŚ PAN projekcie badawczym przeanalizowano zagadnienia transportu metali ciężkich w zawieszinach rzek Kłodnica, Bytomka, Czarniawka i w Potoku Toszeckim. Szeroki zakres badań obejmujący cztery cieki aglomeracji katowickiej odpowiedział na wiele pytań dotyczących transportu metali ciężkich związanych z zawiesziną [27]. Natomiast w pracy [3] dokładnie omówiono problem transportu metali ciężkich w zawieszynie Kłodnicy, w tym udział procentowy metali związanych z zawiesziną w całkowitym ładunku niesionym z biegiem rzeki.

Jak wynika z cytowanych badań zawartość metali toksycznych w zawieszynie jest na ogół znacznie wyższa aniżeli w osadach. Przeprowadzone badania zawartości metali w osadach dennych Białej Przemszy [28] wskazują na bardzo silne zanieczyszczenie. Choć nie badano zawartości metali w samej zawieszynie tej rzeki, ich zawartość w osadach dennych wskazuje, że i zawiesina

jest bardzo silnie zanieczyszczona przede wszystkim cynkiem, ołowiem i kadmem.

W Polsce jak do tej pory nie ma regulacji prawnych dotyczących zanieczyszczenia zawiesiny metalami ciężkimi. Wszystkie przepisy odnoszą tylko do zanieczyszczenia metalami ciężkimi osadów i są jedynie „zastępczymi” pozwalającymi określić zanieczyszczenie zawiesiny. Kryteria geochemiczne (tabela 2) świadczące o zanieczyszczeniu osadów zaproponował Państwowy Instytut Geologiczny [29]. Graniczne zawartości metali ciężkich, które pozwalają uznać osady, w tym osady rzeczne, za zanieczyszczone zamieszczone (tabela 3) podane są w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. [30].

Problem transportu metali w zawieszynie zauważany jest w innych krajach, gdyż jak wykazują dotychczasowe badania w zawieszynie na ogół obserwowane są wyższe zawartości zanieczyszczeń toksycznych w porównaniu z osadami dennymi [3,27,31]. Ponadto niekorzystne oddziaływanie zawiesiny na środowisko wodne jest znacznie większe w porównaniu z osadami dennymi. W osadach zanieczyszczenia są „unieru-

chomione” stanowiąc jedynie potencjalne źródło zanieczyszczenia, natomiast metale ciężkie i inne substancje szkodliwe występujące w zawieszynie często stanowią zagrożenie realne.

W Niemczech do oceny stopnia zanieczyszczenia elementów ekosystemu wodnego od ponad 10 lat wykorzystywana jest klasyfikacja LAWA (tabela 4), która odnosi się również do występowania metali ciężkich w zawieszinach rzecznych. W klasyfikacji LAWA [32] zaproponowano wydzielenie 7 klas czystości wody, osadów dennych oraz zawiesiny m.in. w zależności od ich zanieczyszczenia metalami ciężkimi.

Powyzsza klasyfikacja została zaproponowana do oceny stopnia zanieczyszczenia zawiesiny i osadów dennych w zlewni Odry [1,24,25] oraz

osadów dennych Kłodnicy oraz wybranych dopływów [33,34].

Problemy i wyzwania

Jednym z parametrów odpowiedzialnych za klasyfikację rzeki jako silnie zanieczyszczonej jest stężenie zawiesiny ogólnej. Różne źródła pochodzenia, bardzo zmienny skład ilościowy i jakościowy, bardzo duża zmienność stężeń i ładunków niesionych z biegiem rzeki są przyczyną powstawania bardzo zróżnicowanych jakościowo osadów dennych. Z punktu widzenia środowiska naturalnego zawiesina może stanowić istotny problem. Podwyższone stężenia zawiesin ograniczają dostęp promieni słonecznych pod powierzchnię wody, hamując proces fotosyntezy. Powoduje to ciągłe nasilanie się zjawisk niedotlenienia głębszych

Tabela 2. Klasyfikacja osadów na podstawie kryteriów geochemicznych [29]

metal [mg/kg sm.]	tło geochemiczne	niezanieczyszczone	miernie zanieczyszczone	zanieczyszczone
Cd	<0,5	1	3,5	6
Cr	6	50	100	400
Cu	7	40	100	300
Ni	6	16	40	50
Pb	15	30	100	200
Zn	73	200	500	1000

Tabela 3. Stężenia metali ujęte w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. które powodują, że osady są zanieczyszczone [30]

Metal	Wartość progowa
Cynk	w stężeniu równym lub wyższym 1000 mg/kg suchej masy
Ołów	w stężeniu równym lub wyższym 200 mg/kg suchej masy
Kadm	w stężeniu równym lub wyższym 7,5 mg/kg suchej masy
Chrom	w stężeniu równym lub wyższym 200 mg/kg suchej masy
Miedź	w stężeniu równym lub wyższym 150 mg/kg suchej masy
Nikiel	w stężeniu równym lub wyższym 75 mg/kg suchej masy

partii wód powierzchniowych, ale również ogranicza głębokość na jakiej mogą się rozwijać fotosyntetyzujące organizmy roślinne.

Aby możliwe było samoczyszczanie wód powierzchniowych niezwykle istotnym zagadnieniem jest zachowanie możliwości przenikania promieni słonecznych do jak najgłębszych warstw wody. Można tego dokonać na dwa sposoby: doraźnie – ograniczając stężenie biomasy w trakcie walki z zakwitami, lub podejść do problemu kompleksowo, tj. ograniczyć „u źródła” możliwości powstawania i wprowadzania do wód powierzchniowych zawiesin. Pierwszy sposób z uwagi na stosowane metody może mieć tylko bardzo ograniczone zastosowanie – w praktyce nadaje się do chwilowej poprawy warunków w pojedynczych zbiornikach wód stojących. Natomiast sposoby na poprawę stanu ekologicznego ekosystemów wodnych poprzez eliminację lub znaczne ograniczenie możliwości wprowadzania bądź powstawania zawiesin „u źródła” dają szansę nie tylko poprawy jakości wód w zbiornikach lecz również pozwalają na poprawę funkcjonowania zdegradowanych do chwili obecnej ekosystemów wód płynących i to na znacznych obszarach. W tym drugim przypadku potrzebna jest jednak koordynacja działań wielu podmiotów, począwszy od wielkich zakładów przemysłowych wprowadzających do środowiska olbrzymie ilości zanieczyszczeń, na poszczególnych mieszkańcach, dbających o przyszłość

Tabela 4. Klasyfikacja LAWA [32]

	Klasa czystości						
	I	I – II	II*	II – III	III	III – IV	IV
Cynk	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	≤ 1600	≤ 3200	> 3200
Ołów	≤ 25	≤ 50	≤ 100	≤ 200	≤ 400	≤ 800	> 800
Miedź	≤ 20	≤ 40	≤ 80	≤ 160	≤ 320	≤ 640	> 640
Nikiel	≤ 30	≤ 60	≤ 120	≤ 240	≤ 480	≤ 960	> 960
Chrom	≤ 80	≤ 160	≤ 320	≤ 640	≤ 1280	≤ 2560	> 2560
Kadm	≤ 0,3	≤ 0,6	≤ 1,2	≤ 2,4	≤ 4,8	≤ 9,6	> 9,6
Klasa I	Nie zanieczyszczone						
Klasa I – II	Nie zanieczyszczone/Umiarkowanie zanieczyszczone						
Klasa II*	Umiarkowanie zanieczyszczone						
Klasa II - III	Umiarkowanie zanieczyszczone/Silnie zanieczyszczone						
Klasa III	Silnie zanieczyszczone						
Klasa III – IV	Silnie/Bardzo silnie zanieczyszczone						
Klasa IV	Bardzo silnie zanieczyszczone						

* Zalecane dopuszczalne wartości zanieczyszczenia

swoją i swoich dzieci skończywszy. Czasem nawet nie trzeba wielkich środków finansowych, a jedynie zmiany nawyków.

Górnośląskie rzeki objęte są regionalnym monitoringiem jakości wód powierzchniowych, który często ogranicza się do podania stanu istniejącego, porównania ze stanem z przeszłości i zwrócenia uwagi na określone tendencje. W ograniczonym zakresie oznaczana jest również zawartość metali ciężkich w osadach dennych. Badania te nie wyjaśniają jednak co dzieje się z metalami ciężkimi w rzece, dlaczego w danym miejscu jest ich więcej lub mniej oraz jak zmienia się ich zawartość w zawieszynie, jak zmieniają się ładunki metali ciężkich transportowane z zawiesziną z biegiem rzeki i co jest tego przyczyną, które składniki zawiesziny odpowiedzialne są za transport poszczególnych metali.

Różne właściwości fizyczno-chemiczne zawieszin jak chociażby zawartość składników

mineralnych i organicznych, wpływają na zdolności do kumulowania metali ciężkich. Kłopot w tym, jeszcze kilkanaście lat temu problem transportu zanieczyszczeń związanych z zawiesziną traktowany był raczej marginalnie. Dopiero ostatnich kilka lat przyniosło pewne ożywienie w tej tematyce i pozwoliło uporządkować zebrane dane odnośnie roli zawieszin w transporcie metali ciężkich. Dotychczasowe prace nie rozwiązują jednak wszystkich aspektów tego zagadnienia. Pozwala to wskazać problemy z jakimi należy się jeszcze zmierzyć. Zdaniem autora dalsze badania powinny koncentrować się na następujących zagadnieniach:

- określeniu biodostępności metali ciężkich związanych z zawiesziną oraz czynników na nią wpływających,
- zbadaniu mobilności metali ciężkich związanych z zawiesziną.

Uzyskanie odpowiedzi na powyższe pytania może stać się przyczynkiem do wyodręb-

nienia zawiesziny jako czynnika odpowiedzialnego za transport zanieczyszczeń w środowisku wodnym, co z kolei przyczyni się do skutecznej ochrony wód płynących przed postępującą degradacją.

Literatura

- [1] Adamiec E.: *Rola zawiesziny w zanieczyszczeniu metalami śladowymi rzeki Odry*, Wydawnictwa AGH, Kraków, 2003
- [2] Hermanowicz W., Dojlido J., Zerbe J., Dożańska W., Kozirowski B.: *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*, Wyd. Arkady, Warszawa, 1999
- [3] Nocoń W.: *Rola zawieszin w transporcie metali ciężkich w płynących wodach powierzchniowych*, rozprawa doktorska, Gliwice 2011
- [4] Dojlido J.R.: *Chemia wód powierzchniowych*, Wyd. Ekonomia i środowisko, Białystok, 1995
- [5] Brański J.: *Oznaczanie ilości unosin metodą wagową bezpośrednią przy użyciu sączków*, Prace PIHM, 94, s. 13-21, 1968
- [6] Fal B.: *Transport rumowiska unoszonego i rozpuszczonego w środkowej Wiśle oraz próba*



- ustalenia ogólnej masy transportu w rejonie Warszawy, *Prace PIHM*, 88, s. 83-92, 1965
- [7] Nocoń W.: *Oznaczanie zawiesiny ogólnej – metoda z wykorzystaniem filtrów membranowych*, *Laboratorium – Przegląd Ogólnopolski* nr 11, s. 10-11, 2006
- [8] Stach A: *Przebieg transportu substancji rozpuszczonych i zawiesin w trakcie wezbrania opadowego w dwóch zlewniach dorzecza Parsęty*. *Spraw. PTPN*, 106, s. 24 – 28, 1988
- [9] Anh M.T., L.M. Triet, J. Sauvain, J. Tarradellas: *PAH concentration levels in air particles and sediments of Ho Chi Minh city, Vietnam*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 63, s. 728-735, 1999
- [10] Bojanowski R., T. Koszałka: *Transport pierwiastków śladowych wodami Wisły do Bałtyku*. *Studia i Materiały Oceanograficzne* nr 14. *Chemia morza* (2), 199, 1976
- [11] Kostrzewski A., Mazurek M., Zwoliński Z.: *Reżim transportu fluwialnego a charakter procesów denudacyjnych w zlewni górnej Parsęty*. *I zjazd Geomorfologów Polskich, Poznań*, s. 61-62, 1991
- [12] Krzemień K., Świętochowicz J.: *Zróznicowanie i zmienność koncentracji zawiesiny w zlewni Starej Rzeki*. *Z. Nauk. UJ., prace Geogr.* 88, s. 71-86, 1992
- [13] Kostrzewski A., Mazurek M., Zwoliński Z.: *Sezonowa zmienność składu chemicznego wód górnej Parsęty (Pomorze Zachodnie) jako odzwierciedlenie funkcjonowania systemu zlewni*. *Kom. Nauk. Prez. PAN „Człowiek i Środowisko”*. *Z. Nauk.* 6, s. 79-99, 1993
- [14] Pasternak K.: *Akumulacja metali ciężkich w osadach dennych Białej Przemszy jako wskaźnik ich rozprzestrzeniania drogą wodną z górnico-hutniczego ośrodka przemysłu cynku i ołowiu*. *Acta Hydrobiologica* 16, s. 51-63, 1974
- [15] Kostecki M.: *Informacja o wynikach pierwszych badań stanu zanieczyszczenia wody i osadów dennych Kanału Gliwickiego (woj. śląskie)*. VII Międzynarodowa Konferencja „Problemy Ochrony Wód w Dorzeczu Odry” – Łądek-Zdrój, 2001
- [16] Nocoń W.: *Wody płynące aglomeracji katowickiej*, *Laboratorium – Przegląd Ogólnopolski*, nr 4, s. 47-51, 2008
- [17] Nocoń W., Kostecki M.: *Hydro-chemical characteristic of the Bytomka River*, *Arch. Ochr. Środ.*, vol. 31, nr 1, s. 31-42, 2005
- [18] Nocoń W., Kostecki M.: *Hydro-chemical characteristic of the Czarniawka River*, *Arch. Ochr. Środ.*, vol. 31, nr 2, s. 95-104, 2005
- [19] Działożyńska-Wawrzekiewicz M. [red. S. Hławiczka] 2008: *Metale ciężkie w osadach rzecznych terenów zurbanizowanych zlewni Kłodnicy*, [w:] *Metale ciężkie w środowisku*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok 2008 s. 168-184
- [20] Kozłowski J., Kostecki M., Nocoń W.: *Wpływ zmian jakości wody w Potoku Toszekim w latach 1976 – 2004 na stopień zanieczyszczenia wody w zbiorniku zaporowym Pławniowice*, *Ochrona Środowiska*, Vol. 26, Nr 4, 2006, s. 35-40
- [21] Nocoń W., Kostecki M., Kozłowski J.: *Charakterystyka hydrochemiczna rzeki Kłodnicy*, *Ochrona Środowiska* vol. 28, nr 3, s. 39-44, 2006
- [22] Bibby R. L., Webster-Brown J. G.: *Characterisation of urban catchment suspended particulate matter (Auckland region, New Zeland); a comparison with non-urban SPM*, *Science of the Total Environment*, 343, s. 177-197, 2004
- [23] Brekhovskikh V.F., Volkova Z.V., Kocharyan A.G.: *Heavy Metals in the Ivan'kovo Reservoir Bottom Sediments*. *Water Resources*, 28, 3 s. 278–287, 2001
- [24] Adamiec E., Helios-Rybicka E.: *Distribution of Pollutants in the Odra River System Part IV. Heavy Metal Distribution in Water of the upper and Middle Odra River, 1998-2000*, *Polish Journal of Environmental Studies* Vol. 11, No. 6, 669-673, 2002
- [25] Adamiec E., Helios-Rybicka E.: *Distribution of Pollutants in the Odra River System Part V. Metals Content in the Suspended Matter and Sediments of the Odra River System and Recommendations for River Chemical Monitoring*, *Polish Journal of Environmental Studies* Vol. 11, No. 6, s. 675-688, 2002
- [26] Kostecki M.: *Zawiesina jako element zanieczyszczeń antropogenne ekosystemu wodnego na przykładzie zbiornika zaporowego Dzierżno Duże*, *Archiwum Ochrony Środowiska*. vol. 26, nr 4, s. 75-94, 2000
- [27] Kostecki M., Nocoń W., Kozłowski J., Głowala K., Suchka J.: *Ekologiczne skutki antropopresji jako efekt fizyczno-chemicznych przemian zawiesin w powierzchniowych wodach potamicznych. Rola zawiesin w transporcie i dyslokacji zanieczyszczeń toksycznych*. Raport końcowy (praca niepubl.), 2005
- [28] Nocoń W., Nocoń K., Barbusiński K.: *The influence of zinc-lead ore mining industry on the level of the Biała Przemsza bottom sediments contamination*, *Architecture Civil Engineering Environment Journal* (w druku)
- [29] www.pgi.gov.pl
- [30] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 kwietnia 2002 r. w sprawie rodzajów oraz stężeń substancji, które powodują, że urobek jest zanieczyszczony*, (Dz. U. nr 55, poz. 498)
- [31] Anmar W. Sabri, A. Ra-sheed Khalid, I. Kassim Thae: *Heavy metals in the water, suspended solids and sediment of the river Tigris impoundment at Samarra*, *Water Research*, Vol 27, Issue 6, s. 1099-1103, 1993
- [32] LAWA – *Landesarbeitsgemeinschaft Wasser; Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland – chemische Gewässergüte-klassifikation, Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer binnengewässer – Band 2*, Berlin, 1998
- [33] Barbusiński K., Nocoń W.: *Zawartość związków metali ciężkich w osadach dennych Kłodnicy*, *Ochrona Środowiska*, Vol. 33, Nr 1, 2011, s. 13-17
- [34] Nocoń W.: *Metale ciężkie w osadach dennych wybranych dopływów rzeki Kłodnicy*, *Inżynieria i Ochrona Środowiska*, t. 12 nr 2, 2009, s. 65-76

* dr inż. Witold Nocoń, Politechnika Śląska, Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice, e-mail: wknocon@polsl.pl