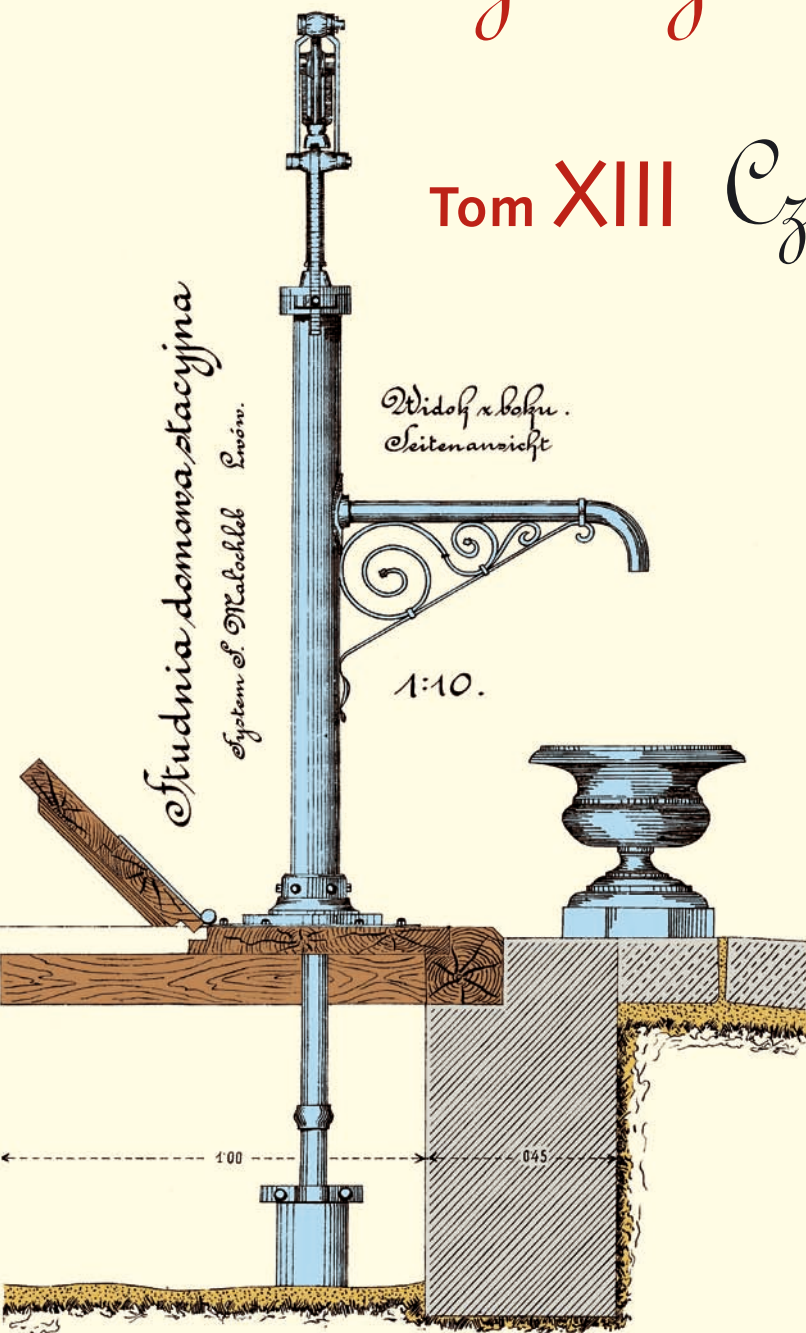


# Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 3.





Wydanie publikacji zostało sfinansowane przez  
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

Recenzenci:

Jadwiga Szczepańska  
Wojciech Ciężkowski  
Józef Górski  
Andrzej Kowalczyk  
Ewa Krogulec  
Grzegorz Malina  
Jerzy Małecki  
Marek Marciniak  
Jacek Motyka  
Marek Nawalany  
Jan Przybyłek  
Andrzej Rózkowski  
Andrzej Sadurski  
Andrzej Szczepański  
Stanisław Staśko  
Stanisław Witczak  
Andrzej Zuber

Redakcja: Andrzej Szczepański, Ewa Kmiecik, Anna Żurek

Teksty artykułów w częściach 2. i 3. zostały wydrukowane z wersji elektronicznej dostarczonej przez Autorów, metodą bezpośredniej reprodukcji (*camera ready*)

Projekt okładki i stron tytułowych: Andrzej Tomaszewski

Na okładce: fragment projektu studni miejskiej we Lwowie z 1906 roku  
— ze zbiorów prof. **Antoniego S. Kleczkowskiego** (1922–2006)

Korekta: Zespół

Skład komputerowy systemem T<sub>E</sub>X: preT<sub>E</sub>Xt, [www.pretext.com.pl](http://www.pretext.com.pl)

Druk: ROMA-POL, [www.romapol.pl](http://www.romapol.pl)

ISBN-13 978-83-88927-16-4

Beata Kłojzy-Karczmarczyk, Janusz Mazurek

**Rtęć w osadach dennych rzeki Chechło w strefie zasilania poziomu triasowego**

**The Mercury in Chechło River Sediments in Water Supply Zone of Triassic Aquifer**

**Słowa kluczowe**

wodonośny poziom triasowy, strefa zasilania, osady denne, zanieczyszczenie rtęcią

**Key words**

Triassic aquifer, water supply zone, sediments, mercury pollution

**Abstract**

In the zone of intensive supply of groundwaters can proceed migration of pollutants (heavy metals including mercury), released from river sediments. Pollutants migrate into the waters of local aquifer. Chechło river is located in the mine depression cones of coal mines and lead and zinc mines. Mercury accumulated in sediments of Chechło river can be assessed as a significant focus of pollution of groundwater reservoir MGB452 — Chrzanów. Results of researches demonstrate considerable concentration of mercury in Chechło river sediments in middle and lower course of the river. The laboratory tests confirmed ability of absorbed mercury to pass into the water.

## 1. Wprowadzenie

Występowanie rtęci w wodach podziemnych związane jest z naturalną obecnością tego pierwiastka w litosferze i atmosferze oraz z działalnością gospodarczą człowieka. Rozwój przemysłu i związane z tym emisje zanieczyszczeń do atmosfery są przyczyną poważnych zmian w naturalnym rozplywie strumienia rtęci w środowisku przyrodniczym (m.in. Kabata-Pendias, Pendias, 1993; Kłojzy-Karczmarczyk, Mazurek, 2006; O'Neil, 1997; Lindqvist i in., 1991). Widocznym efektem zwiększonego zanieczyszczenia rtęcią są zmiany stężeń tego pierwiastka w osadach dennych rzek zbierających wody powierzchniowe z terenów uprzemysłowionych, na których znajdują się liczne źródła emisji rtęci, takie jak: zakłady wydobywczo-przerobcze węgla i rud metali, instalacje spalania węgla, zakłady przerobcze ropy naftowej oraz inne sektory przemysłu wykorzystujące związki rtęci. Rtęć zasorbowana w osadach dennych może w sprzyjających warunkach przejść z powrotem do roztworu wodnego i stanowić tym samym wtórne ognisko zanieczyszczenia (Kłojzy-Karczmarczyk, Mazurek, 2005). Zagrożenie dla wód podziemnych zależy w dużej mierze od charakterystyki zasilania rzeki wynikającej z lokalnych warunków hydrogeologicznych. Możliwe jest zjawisko uwalniania metali z osadów dennych i w konsekwencji migracja do wód podziemnych.

Przedmiotem badań prezentowanych przez autorów pracy jest rozpoznanie stopnia zanieczyszczenia rtęcią osadów dennych rzeki Chechło, największego odbiornika wód powierzchniowych w powiecie chrzanowskim na odcinku od źródeł aż do ujścia do Wisły w Mętkowie. Znaczna część dorzecza Chechła znajduje się w zasięgu oddziaływania lejów depresyjnych wytworzonych w triasowym zbiorniku wód podziemnych GZPW 452 w wyniku drenażu wyrobisk kopalnianych. Wody Chechła zasilają zatem utwory węglanowe triasu (Kowalczyk 2005). W pracy przeprowadzono ponadto analizę formy wymywalnej rtęci w pobranych próbkach osadów, co pozwoliło na wstępne oszacowanie możliwego strumienia rtęci, jaki może zostać uwolniony do roztworu w sprzyjających warunkach i może stanowić zagrożenie dla zasilanych warstw wodonośnych w utworach triasowych.

## 2. Charakterystyka obszaru oraz metodyka badań

Rzeka Chechło wypływa drobnymi strumieniami z licznych torfowisk w Puszczy Dulowskiej. Na rzece w rejonie Piły Kościeleckiej znajduje się sztuczny zbiornik o powierzchni ponad 40 hektarów. Ujściowy odcinek rzeki znajduje się w miejscowości Mętków. Zlewnia Chechła ma około 116 km<sup>2</sup> powierzchni. Kształt zlewni jest nieregularny, zaznacza się asymetria powierzchni. Chechło zbiera wody z kilku stałych i okresowych dopływów. Ważniejszymi dopływami są potoki: Pstrużnik, Ropa, Wodna oraz Luszówka. Niektóre z nich zostały częściowo osuszone w wyniku prowadzonej eksploatacji złóż. Na wielu odcinkach doliny Chechła widoczne są ślady po dawnym korycie rzeki. Regulacja cieku powierzchniowego pogłębiła koryto Chechła, a jego wyprostowanie przyczyniło się do zwiększenia spadku i wzrostu erozji dennej. Jednym z ważniejszych dopływów jest potok Wodna. Ciek ten otrzymuje duży ładunek zanieczyszczeń związany ze zrzutem nadmiaru wód dołowych z kopalni „Trzebionka” oraz okresowo zasilany jest wodami odciekowymi odprowadzanymi rowem opaskowym ze stawu osadowego.

Pierwotny układ hydrograficzny w zlewni Chechła został w znacznym stopniu przekształcony w wyniku działalności przemysłowej: kopalnie węgla kamiennego i rud Zn-Pb, regulacja koryt, budowa zbiornika zaporowego, zrzut wód kopalnianych. Obecnie w wyniku całkowitego zaprzestania odwadniania kopalni „Siersza” oraz częściowo kopalni „Trzebionka”, należy oczekiwać powolnego odbudowywania się prawobrzeżnych cieków powierzchniowych zasilających Chechło. Znaczna część dorzecza Chechła położona jest w zasięgu triasowego piętra wodonośnego, również w zasięgu wychodni GZWP 452 (rys. 1).



**Rysunek 1.** Lokalizacja terenu badań na tle fragmentu Mapy Głównych Zbiorników Wód Podziemnych w Polsce (wg Kleczkowski (red.), 1990)

**Figure 1.** Location of terrain of investigations on the fragment of chart of MGB in Poland (according Kleczkowski (ed.), 1990)

Jakość wód powierzchniowych ciekę Chechło i jego dopływów określana jest na podstawie raportów WIOŚ w Krakowie jako pozaklasowa (dane WIOŚ, 2002–2003). W wodach notuje się wysokie stężenia siarczanów i cynku. W osadach dennych Chechła w Mętkowie, stwierdza się wysokie zawartości arsenu, kadmu, ołowiu i szczególnie duże stężenia cynku (ponad 2000 mg/kg). Prowadzony monitoring nie uwzględnia badań stężenia rtęci w osadach z Chechła.

W celu określenia zawartości rtęci w osadach dennych rzeki Chechło wytypowano szereg miejsc poboru próbek począwszy od strefy źródłkowej zlokalizowanej w podmokłych torfo-

wiskach Puszczy Dulowskiej aż po strefę bezpośredniego ujścia Chechła do Wisły w miejscowości Mętaków koło Babic. Próbkę osadów dennych pobierano za pomocą przystosowanych do opróbowania szlamu próbników rdzeniowych Eijkelkamp. Pobór próbek następował na odcinkach rzeki o ustabilizowanym przepływie w miejscach akumulacji materiału drobnoziarnistego. Do analiz wytypowano materiał pobrany z głębokości od 30 do 50 cm w profilu osadów dennych. Miało to na celu uzyskanie próbek jak najmniej różniących się składem granulometrycznym. Jak wynika z wcześniejszych badań autorów, najwięcej rtęci kumuluje się w drobnej frakcji osadów dennych (ziarna o średnicach  $< 0,080$  mm). Próbkę osadów przed poddaniem analizom były poduszane w temperaturze poniżej  $60^{\circ}\text{C}$ . Miało to na celu ograniczenie strat rtęci w próbkach w wyniku parowania w procesie suszenia. Dla wszystkich pobranych próbek oznaczono zawartość całkowitą rtęci. W celu określenia możliwości migracji rtęci zasorbowanej w osadach dennych do wód podziemnych wykonano klasyczne testy wymywalności 1:10 zgodnie z normą PN-97/Z-15009. Próbkę do badań zostały poddane homogenizacji i wysuszone do stałej masy w temperaturze ok.  $60^{\circ}\text{C}$ .

Obserwowane w środowisku gruntowo-wodnym często niskie stężenia rtęci oraz jej lotność powodują trudności na etapie poboru prób a następnie analizy. W pracy autorzy wykorzystali metodę będącą modyfikacją klasycznej metody AAS, umożliwiającą pomiar progowych (rzędu nanogramów) ilości rtęci w próbkach stałych i ciekłych różnego pochodzenia. Metoda polega na połączeniu aparatury do mineralizacji z wysokiej czułości spektrometrem, co gwarantuje minimalne straty rtęci w procesie analizy. Do przeprowadzenia badań wykorzystano dedykowany spektrometr absorpcji atomowej AMA 254 firmy Altec (Mazurek, 2001).

### **3. Analiza zawartości rtęci w osadach dennych**

Wyniki analiz całkowitej zawartości rtęci w pobranych próbkach osadów dennych z rzeki Chechło zestawiono w tabeli 1. W tabeli zestawiono ponadto wyniki wykonanych analiz zawartości Hg w wyciągach wodnych sporządzonych z pobranych osadów.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że w osadach dennych Chechła następuje kumulacja rtęci. Poziom jej zawartości kształtuje się w szerokich granicach od ok.  $0,005$  mg/kg s.m. do ponad  $1$  mg/kg s.m. Obserwowane wartości zbliżone są do opisywanych w literaturze badań stężeń rtęci w osadach dennych innych rzek na terenie Polski (Bojakowska i in., 2006).

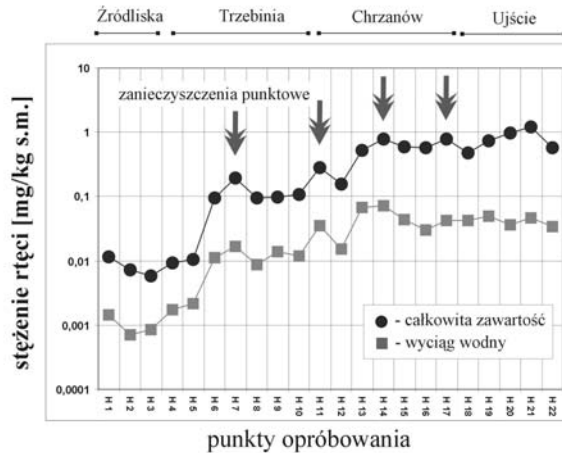
Na rysunku 2 przedstawiono zmienność stężenia rtęci w osadach dennych rzeki Chechło w miarę oddalania się od strefy źródłiskowej. Dla porównania zamieszczono także wykres zmian stężeń formy wymywalnej rtęci w odpowiadających sobie punktach opróbowania. Na podstawie uzyskanych wyników można sądzić, że największy wpływ na zanieczyszczenie rtęcią na omawianym terenie mają głównie punktowe źródła zanieczyszczeń, takie jak rzuty wód kopalnianych oraz odprowadzenia ścieków komunalnych i przemysłowych. Należy zaznaczyć, że efekt wzrostu koncentracji rtęci w osadach dennych następuje dopiero w pewnej odległości od miejsca zrzutu (2–5 km). Jest to wynikiem transportu zanieczyszczeń w zawieszynie wodnej, z której powoli następuje wytrącanie się metali i unieruchamianie ich w kompleksach sorpcyjnych.

**Tabela 1.** Wyniki oznaczeń zawartości Hg w próbkach osadów dennych rzeki Chechło  
**Table 1.** Results of total concentrations Hg in samples of bottom sediments in Chechło river

Nr próbki	Lokalizacja	Koncentracja Hg		% udziału formy wymywalnej Hg
		zawartość całkowita [mg/kg]	wyciąg wodny 1:10 [mg/dm <sup>3</sup> ]	
H 1	Puszcza Dulowska	0,01153	0,00143	12,4
H 2	Puszcza Dulowska	0,00720	0,00070	9,7
H 3	Puszcza Dulowska	0,00577	0,00084	14,5
H 4	Bolęcín –Gliniak	0,00927	0,00172	18,6
H 5	Piła Kościelecka – Folwark	0,01065	0,00216	20,3
H 6	Zbiornik Chechło I	0,09505	0,01112	11,7
H 7	Zbiornik Chechło II	0,1957	0,01663	8,5
H 8	Trzebinia – Pstrużnik	0,09443	0,00878	9,3
H 9	Chrzanów – Szpitalna	0,09931	0,01400	14,1
H 10	Chrzanów – Wodna	0,1076	0,01173	10,9
H 11	Chrzanów – Kadłubek	0,2796	0,03523	12,6
H 12	Chrzanów – Rospontowa	0,1548	0,01548	10,0
H 13	Chrzanów – Borowiec I	0,5277	0,06755	12,8
H 14	Chrzanów – Borowiec II	0,7833	0,07285	9,3
H 15	Chrzanów – Zagórcze	0,6029	0,04401	7,3
H 16	Żarki – Młyn	0,5722	0,02975	5,2
H 17	Żarki – Las I	0,7924	0,04200	5,3
H 18	Żarki – Las II	0,4820	0,04290	8,9
H 19	Mętków – Chechlana	0,7410	0,04965	6,7
H 20	Mętków – Podtopol	0,9825	0,03635	3,5
H 21	Mętków – Ujście I	1,2260	0,04659	3,8
H 22	Mętków – Ujście II	0,5727	0,03379	5,9

Wymywalność związków rtęci z pobranych gruntów kształtuje się generalnie na dość niskim poziomie, bez względu na wysokie stężenie rtęci całkowitej. Analiza wymywalności, przeprowadzona w warunkach laboratoryjnych wykazała, że w próbkach o najniższej zawartości rtęci, do wody przechodzi procentowo więcej Hg niż w próbkach osadów najbardziej zanieczyszczonych. Średnio do wody przechodzi ok. 4–8% całkowitej ilości

rtęci, jaka była zgromadzona w próbkach o wyższej koncentracji tego pierwiastka. Analiza przeprowadzona dla próbek o niskiej zawartości rtęci wykazała, że do roztworu przechodzi średnio 9–19% całkowitej zawartości rtęci. Maksymalną wymywalność zaobserwowano w próbce H 14, sięgającą 0,07 mg/kg, stanowi to 9% całkowitej zawartości rtęci w próbce pobranej w tym punkcie. Wartości stężenia rtęci w wodach rzeki Chechło w wybranych punktach nie przekraczają 0,0005 mg Hg/dm<sup>3</sup> wody. Wartość tła geochemicznego Hg w osadach dennych rzek polskich wynosi <0,05 mg/kg.



**Rysunek 2.** Stężenie formy całkowitej rtęci oraz formy wymywalnej w osadach dennych rzeki Chechło

**Figure 2.** Concentration of total form of mercury and concentration of leachate form in water extract of bottom sediments from Chechło river

Zawartość formy wymywalnej jest dość niska, jednak dla większości pobranych próbek stężenie rtęci już w pierwszym wymywaniu przekracza normy dopuszczalne dla jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 19 listopada 2002 roku w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi oraz dla klasy A1 czystości wód powierzchniowych zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 roku w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia.

Istnieje zatem ryzyko zanieczyszczenia wód podziemnych związkami rtęci w strefach zasilania zbiorników wód podziemnych przez infiltrujące wody rzeczne.

## 4. Podsumowanie i wnioski

Zanieczyszczenie rtęcią osadów dennych potoku Chechło charakteryzuje się znaczną zmiennością. Najwyższe stężenie rtęci stwierdzono w rejonie Chrzanowa i Trzebinii oraz w ujściowym odcinku w rejonie Mętkowa. Odcinek od źródeł do Trzebinii charakteryzuje



się znacznie niższym poziomem zanieczyszczenia rtęcią. Można sądzić, że wartości tu obserwowane są głównie wynikiem oddziaływania zanieczyszczonych opadów atmosferycznych, pochodzących niekoniecznie z terenów Trzebini czy Chrzanowa.

W osadach pobranych na obszarze Trzebini i Chrzanowa następuje wzrost zawartości rtęci, będący najprawdopodobniej wynikiem sumowania się oddziaływania intensywnego przemysłu oraz zrzutu ścieków komunalnych wprowadzanych z aglomeracji miejskich. Wykonane badania wykazały znaczne stężenie rtęci w osadach dennych w środkowym i dolnym biegu Chechła. Badania laboratoryjne potwierdziły zdolność przechodzenia zaadsorbowanej rtęci z powrotem do roztworu wodnego.

Porównanie uzyskanych wyników z wynikami badań stężenia rtęci w innych rzekach Polski (Bojakowska i in., 2006) pozwala na stwierdzenie że badane osady zawierają rtęć w ilościach typowych dla rejonów o znacznym uprzemysłowieniu. W przyujściowych odcinkach rzek oraz w pobliżu ujęć ścieków przemysłowych notuje się najczęściej zawartości rtęci w przedziale od 0,6 do 1,5 mg/kg s.m.

Wymywalność związków rtęci z pobranych osadów dennych kształtuje się generalnie na niskim poziomie w porównaniu do wysokich zawartości rtęci całkowitej w osadach. Przeprowadzone testy wymywalności wskazują jednak na realne zagrożenie zanieczyszczeniem wód podziemnych w strefach zasilania triasowego poziomu wodonośnego. Istnieje ryzyko zanieczyszczenia wód podziemnych związkami rtęci, szczególnie na wychodniach węglanowych utworów triasu w okolicach Chrzanowa. Rtęć nagromadzona w osadach dennych Chechła może stanowić istotne źródło zanieczyszczenia zbiornika wód podziemnych GZWP 452 — Chrzanów. Biorąc pod uwagę przeprowadzone analizy, celowe jest określenie możliwej wielkości strumienia rtęci zasilającego wody podziemne na obszarze zlewni Chechła. Dla dokładniejszego rozpoznania zagrożenia należy dokonać oszacowania bilansu odpływu wody oraz wykonać opróbowanie ujęć wód podziemnych w obrębie utworów triasowych zasilanych wodami Chechła.

## Literatura

- Bojakowska I., Gliwicz T., Małecka K., 2006: *Wyniki geochemicznych badań osadów wodnych Polski w latach 2003-2005*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, IOŚ, Warszawa.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1993: *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Kleczkowski A.S. (red), 1990: *Mapa obszarów Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony*. Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej AGH, Kraków.
- Klojzy-Karczmarczyk B., Mazurek J., 2005: *Rtęć w strefie aeracji otoczenia drogi krajowej 79 na odcinku Chrzanów – Kraków*. XII Sympozjum „Współczesne Problemy Hydrogeologii”. Toruń, tom XII, s. 337–344.
- Klojzy-Karczmarczyk B., Mazurek J., 2006: *Obieg rtęci w systemie biologiczno – mechanicznej oczyszczalni ścieków komunalnych*. Wyd. IGSMiE PAN, Gospodarka Surowcami Mineralnymi, tom 22 zeszyt specjalny 1, str.139–148.

- Kowalczyk A., 2005: *Zasilanie wód podziemnych w warunkach antropopresji na przykładzie triasu śląsko-krakowskiego*. XII Sympozjum „Współczesne Problemy Hydrogeologii”. Toruń, tom XII, s. 363–369.
- Lindqvist O. et al, 1991: *Mercury in the Swedish environment – Recent research on causes, consequences and corrective methods*. Water, Air and Soil Pollution, v. 55, Nr 1/2, p. 1–261.
- Mazurek J., 2001: *Występowanie rtęci w środowisku przyrodniczym oraz sposoby jej oznaczania*. Czasopismo Techniczne, Kraków.
- O’Neil P., 1997: *Chemia środowiska*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Wrocław.
- PN-97/Z-15009 *Odpady stałe. Przygotowanie wyciągu wodnego*.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 listopada 2002 roku w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. nr 203 poz.1718).*
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 roku w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia (Dz.U. nr 204 poz. 1728).*