

Tadeusz MOLEND  
Uniwersytet Śląski, Sosnowiec

## CHARAKTERYSTYKA HYDROGRAFICZNO – HYDROCHEMICZNA WYPŁYWÓW WÓD ODCIEKOWYCH WYBRANYCH SKŁADOWISK ODPADÓW PRZEMYSŁOWYCH

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono charakterystykę hydrograficzno - hydrochemiczną wypływów wód odciekowych wybranych składowisk odpadów przemysłowych. Były to zarówno składowiska odpadów górniczych, jak i hutnictwa rud metali nieżelaznych. Wykazano, że wypływy wód odciekowych mogą mieć charakter punktowy (skoncentrowany), a wydajność poszczególnych odcieków może przekraczać  $10 \text{ dm}^3/\text{s}$ . Wyprowadzenie wód może się odbywać grawitacyjnie lub pod wpływem ciśnienia hydrostatycznego. Wody odciekowe charakteryzuje wysoki stopień zmineralizowania. Stężenia poszczególnych jonów, głównie siarczanów i sodu, przekraczają dopuszczalne normy stawiane ściekom wprowadzanym do wód i gleby.

## HYDROGRAPHICAL AND HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF LEACHATES FROM SELECTED INDUSTRIAL WASTE SITES

**Summary.** The article presents hydrographical and hydrochemical characteristics of leachate from selected industrial waste sites. These comprised dumping sites of waste both from mining and smeltry of non-ferrous metal ores. It has been shown that leachate may occur as point source and the flow rate of particular leachates may exceed  $10 \text{ dm}^3/\text{s}$ . The outflow of waters may be gravitational or due to hydrostatic pressure. Besides, leachates are featured by high mineralization. Concentrations of certain ions, mainly sulphates and sodium, exceed standards for wastewaters discharged to water and soil.

### 1. Wprowadzenie

Z eksploatacją i przetwórstwem złóż surowców mineralnych wiąże się powstawanie znacznej ilości odpadów. W minionym okresie ich depozycja odbywała się najczęściej w bezpośrednim sąsiedztwie zakładu wydobywczego. Wskazując lokalizację składowiska nie

brano pod uwagę takich kryteriów, jak budowa geologiczna, rzeźba terenu czy stosunki wodne obszaru przyszłego składowiska. Nie stosowano również odpowiednich zabezpieczeń technicznych mających na celu ograniczenie negatywnego wpływu składowisk na otoczenie. W rezultacie błędów i zaniedbań przy usuwaniu odpadów do dnia dzisiejszego pozostało wiele nieuporządkowanych składowisk. Są one istotnym ogniskiem zanieczyszczenia wód powierzchniowych i podziemnych rejonu składowisk. Zanieczyszczenie hydrosfery rejonu składowisk związane jest głównie z powstawaniem odcieków. Migrują one zarówno do wód powierzchniowych, jak i podziemnych przyczyniając się tym samym do ich degradacji (Twardowska, Szczepańska i Witczak, 1988; Rózkowski i Chmura, 2000).

W niniejszej pracy przedstawiono charakterystykę hydrograficzno-hydrochemiczną wybranych skoncentrowanych (punktowych) wypływów wód odciekowych. Do badań wytypowano trzy wypływy związane zarówno ze składowiskiem odpadów górnictwa węglowego kamiennego, jak i hutnictwem rud metali nieżelaznych.

## 2. Metody badań

Kartowanie hydrograficzne pozwalające na ocenę zmian stosunków wodnych obszaru składowisk odpadów przeprowadzono zgodnie z wytycznymi podanymi przez Gutry – Korycką i Werner-Więckowską (1996). Analizy chemiczne wód przeprowadzono zgodnie z ogólnie przyjętą metodyką badań hydrochemicznych podawaną przez Krawczyk (1999). Chlorki ( $\text{Cl}^-$ ) oznaczono metodą potencjometryczną z wykorzystaniem jonoselektywnej elektrody chlorkowej. Siarczany ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) oznaczono metodą turbidymetryczną. Sód i potas oznaczono metodą fotometrii płomieniowej. Pomiar odczynu, temperatury oraz przewodnictwa elektrycznego właściwego wykonano za pomocą miernika Multi Line P – 4 (elektroda pH-Sen Tix 97/T, standardowe naczynko konduktometryczne Tetra Con 325). Próby wód do analiz fizyczno - chemicznych pobierane były w miesięcznych odstępach (12 prób) w roku hydrologicznym 2004/2005. Punkty poboru prób zaznaczono na rysunkach. Pomiary natężenia przepływu do  $10 \text{ dm}^3/\text{s}$  wykonywano za pomocą zastawki przepływowej RBC firmy Eijkelkamp. Przy wyższych przepływach stosowano metodę młynkową.

Spływ jonowy obliczono na podstawie wzoru:

$$A_s = T * Q$$

gdzie:

$A_s$  – spływ jonowy [mg/s],

$T$  – masa danego jonu [mg/dm<sup>3</sup>],

$Q$  – natężenie przepływu [dm<sup>3</sup>/s].

Mapy terenu badań wykonano na podstawie kartowania terenowego w programie Map Info. Metody kameralne polegały na analizie archiwalnych materiałów kartograficznych, co dało podstawę do oceny zmian stosunków wodnych w analizowanych zlewniach. Analizę statystyczną przeprowadzono za pomocą programu Statistica.

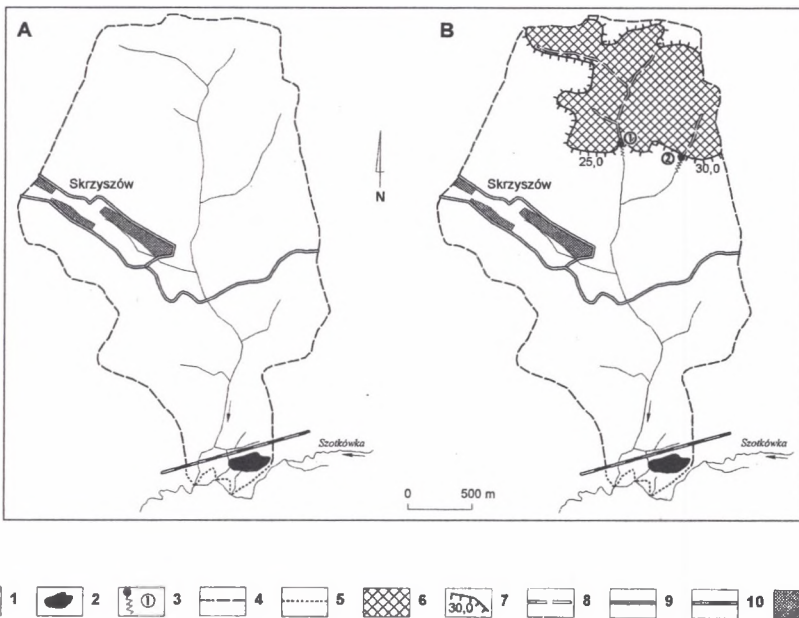
### 3. Wyniki i dyskusja

W niniejszej pracy określono skład fizyczno-chemiczny wód odciekowych dwóch składowisk odpadów przemysłowych. Pierwsze ze składowisk zlokalizowane jest w miejscowości Skrzyszów koło Jastrzębia Zdroju. Składowisko to jest obiektem bardzo specyficznym, gdyż w wyniku depozycji odpadów przemysłowych doszło do zasypania źródłiskowych odcinków dolin rzecznych (rys. 1). Wody opadowe infiltrując przez bryłę zwałowiska po dotarciu do podłoża są „wychwytywane” przez system drenażowy zasypanych dolin rzecznych, a następnie wyprowadzane poza bryłę zwałowiska. Wyptyw wód następuje w miejscu przecięcia bryły zwałowiska z powierzchnią topograficzną doliny (wyptyw nr 1 i 2). Wyptywy te mają charakter punktowy skoncentrowany. Analogiczne wyptywy odnotowali Molenda (2002) oraz Jankowski, Molenda i Rzętała (2002) w przypadku składowisk odpadów KWK „Murcki” (Katowice – Kostuchna) oraz składowiska „Skalny” KWK „Bolesław Śmiały”. Wspomniane wyptywy, jak również wyptyw nr 2 składowiska „Skrzyszów” mają charakter descensyjny (zstępujący). Wyprowadzenie wód w przypadku wyptywu nr 1 ma charakter ascensyjny (wstępujący), a woda wyprowadzana jest pod wpływem ciśnienia hydrostatycznego. Przyczyną zaistnienia tego typu wyptywu mogą być prawdopodobnie strefy o silniej zagęszczonym (skolmatowanym) materiale zwałowiska. Woda spływająca z górnej części zwałowiska z utworów łatwo przepuszczalnych napotyka ku dołowi na warstwy osadów o mniejszych porach i nieprzepuszczalnych, co prowadzi do wystąpienia obszarów ciśnień (rys. 2). W warunkach naturalnych tego typu sytuacji

występują w obrębie stożków napływowych (Pazdro, 1977). W tym przypadku zwałowisko jest w pewnym sensie analogiem naturalnego stożka napływowego.

Wydajność wypływów jest zróżnicowana. Wydajność wypływu nr 1 zmienia się od 8 do 13 dm<sup>3</sup>/s, a wypływu nr 2 od 1 do 2 dm<sup>3</sup>/s. Duże różnice w wydajności poszczególnych wypływów wynikają z wielkości pól drenażu (rys. 1). Maksymalne wydajności odnotowano wiosną, co jest następstwem wzmożonego zasilania roztopowego. Tak więc reżim hydrologiczny analizowanych wypływów nawiązuje do naturalnych źródeł, bowiem w większości przypadków maksymalne wydajności występują wiosną (Chełmicki, 2001).

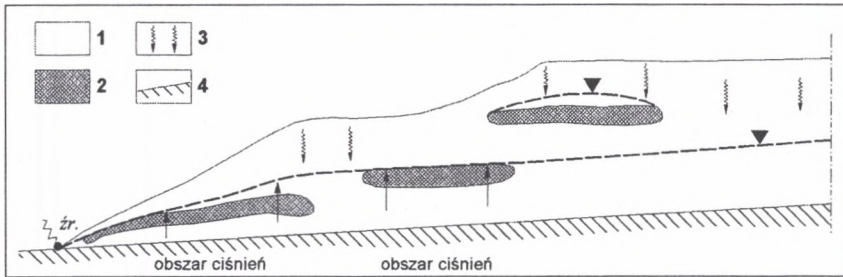
Na składowisku w Świętochłowicach oprócz odpadów górnictwa zdeponowane są również żużle z pieców muflowych, ceramiczne muflę oraz odpady powstałe przy zgazowaniu węgla w czadnicach. Przy tego typu odpadach infiltracja wód jest ograniczona, a tym samym wydajność odcieku wynosi około 0,1 dm<sup>3</sup>/s.



Rys. 1. Zmiany rzeźby terenu i stosunków wodnych w zlewni prawobrzeżnego dopływu Szotkówki (A – 1960 rok, B – 2000 rok). 1 – ciekі powierzchniowe, 2 – zbiorniki wodne, 3 – wypływy wód odciekowych

z numerem stanowiska pomiarowego, 4 – dział wodny zlewni, 5 – dział wodny niepewny, 6 – składowisko odpadów, 7 – krawędź składowiska z podaną wysokością, 8 – zasypane doliny rzeczne (linie drenażu wód infiltrujących), 9 – drogi, 10 – linie kolejowe, 11 – zabudowa

Fig. 1. Changes of the relief and waterflow conditions in the catchment area of right-side tributary of the Szotkówka river (A – in 1960, B – in 2000). 1 – surface streams, 2 – water reservoirs, 3 – leachate effluents and sampling point numbers, 4 – water-shed of the catchment area, 5 – uncertain water-shed, 6 – waste dump, 7 – dump borderline and a dump height, 8 – filled river valleys (lines of infiltration waters drainage), 9 – roads, 10 – railways, 11 – building areas



Rys. 2. Przekrój poprzeczny składowiska „Skrzyszów” (model teoretyczny). 1 – materiał zwalowiska (utwory przepuszczalne), 2 – zagęszczony materiał zwalowiska (utwory słaboprzepuszczalne), 3 – infiltracja wód opadowych, 4 – dno doliny (utwory nieprzepuszczalne)

Fig. 2. Cross-section of the „Skrzyszów” waste dump. 1 – dumped waste (permeable material), 2 – compacted dumped waste (poorly permeable material), 3 – precipitation water infiltration, 4 – valley bottom (impermeable material)

Wody odciekowe analizowanych składowisk odpadów górniczych charakteryzuje wysoka przewodność elektryczna wynosząca w przypadku zwalowiska Skrzyszów od 5,8 do 7,8 mS/cm w odcieku nr 1 i od 6,0 do 7,2 mS/cm w odcieku nr 2. W przypadku hały w Świętochłowicach przewodność była wyższa, a maksymalne wartości przekraczały 8,5 mS/cm (rys.3). Wysoka przewodność wód odciekowych spowodowana jest głównie obecnością jonów siarczanowych ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) oraz sodowych ( $\text{Na}^+$ ) (rys. 4, 5). Wysokie stężenia siarczanów są charakterystyczne dla wód odciekowych wszystkich składowisk odpadów górniczych, co potwierdzają badania Twardowskiej i Szczepańskiej (1993), Różkowskiego i Chmury (2000). Ich źródłem są głównie piryty  $\text{FeS}_2$ , bowiem anion  $\text{S}^{2-}$  w środowisku wilgotnym w warunkach tlenowych utlenia się do  $\text{SO}_4^{2-}$  (Dojlido, 1995). Stosunkowo niskie stężenia odnotowano w przypadku chlorków i potasu (rys. 6, 7). W przypadku składowiska „Skrzyszów” maksymalne koncentracje chlorków nie przekraczają  $370 \text{ mg/dm}^3$ , a potasu  $60 \text{ mg/dm}^3$ . Wyższe stężenia chlorków i potasu odnotowano na składowisku odpadów mieszanych w Świętochłowicach (rys. 6, 7).

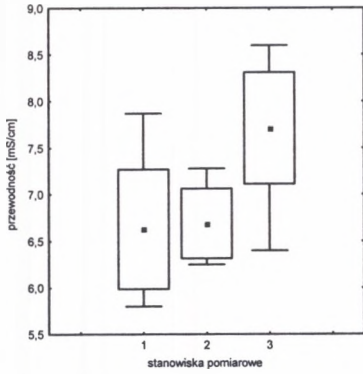
Istotne różnice odnotowano w odczynie wód odciekowych (rys. 8). Największą zmienność odczynu wykazywał odciek w Świętochłowicach, natomiast najmniejszą odnotowano w wypływie nr 2 w Skrzyszowie.

Charakterystyczną cechą odcieków jest podlegająca niewielkim wahaniom w cyklu rocznym temperatura wód (rys. 9). Dotyczy to w szczególności wypływu nr 1 w Skrzyszowie, gdzie amplituda nie przekracza  $1^\circ\text{C}$ . Średnia roczna temperatura wód wynosząca  $15,5^\circ\text{C}$  jest

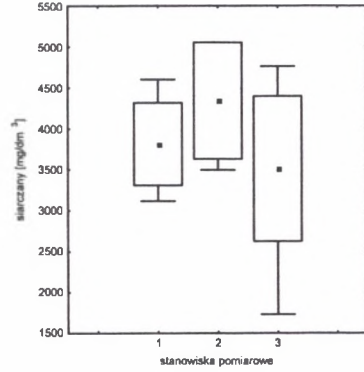
prawie dwukrotnie wyższa od średniej rocznej temperatury powietrza wynoszącej dla Skrzyszowa 8°C. Najwyższą zmienność temperatur odnotowano w przypadku składowiska w Świętochłowicach. Jest to następstwo płytkiego krążenia wód, które podatne są na działanie czynników atmosferycznych. Odnotowane temperatury wód są porównywalne z innymi obiektami tego typu. Jedynie w przypadku składowisk termicznie czynnych temperatura wód odciekowych jest wyższa. Maksymalna temperatura, jaką autor odnotował w trakcie badań prowadzonych na innych obiektach tego typu, wynosiła 50°C. Odciek taki funkcjonuje na składowisku „Skalny” w Łaziskach.

Wody odciekowe analizowanych składowisk wykazują wysoki poziom zanieczyszczenia substancjami mineralnymi. Stężenia niektórych jonów przekroczyły dopuszczalne wartości, jakie stawiane są ściekom wprowadzanym do wód lub ziemi (Rozporządzenie..., 2004). Dotyczy to w szczególności siarczanów, dla których norma wynosi 500 mg/dm<sup>3</sup>, a średnia zawartość w wodach odciekowych przekracza 3500 mg/dm<sup>3</sup>. W przypadku składowiska Skrzyszów przekroczone zostały również graniczne wartości dla sodu (norma 800 mg/dm<sup>3</sup>), a na składowisku w Świętochłowicach potasu (norma 80 mg/dm<sup>3</sup>).

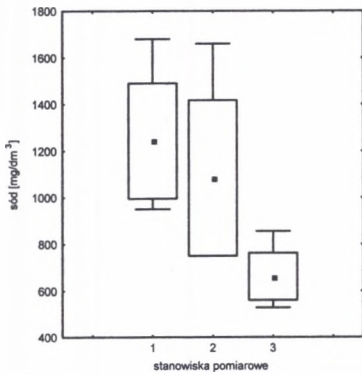
Wody odciekowe wprowadzają do cieków powierzchniowych znaczny ładunek zanieczyszczeń prowadząc tym samym do znacznej degradacji wód. Przykładowo, w ciągu doby wraz z wodami odciekowymi składowiska Skrzyszów wynoszone są ponad 3 tony soli. Obecnie należałoby podjąć działania zmierzające do oczyszczania wód odciekowych. Prowadzone badania w obrębie naturalnych mokradeł wskazują, że w oczyszczaniu wód odciekowych składowisk odpadów przemysłowych zastosowanie mogłyby znaleźć hydrofitowe oczyszczalnie ścieków (Molenda i Rzętała, 1995; Molenda, 2002). W analizowanej zlewni na utworzenie hydrofitowej oczyszczalni można by zaadaptować stary staw hodowlany położony w dolnej części zlewni (rys. 1). Do gatunków roślin, które dobrze tolerują wysoki poziom zanieczyszczenia wód, a jednocześnie wykazują wysoką sprawność oczyszczania, zaliczyć możemy trzcinę oraz pałkę szerokolistną (Obarska-Pempkowiak, 2002).



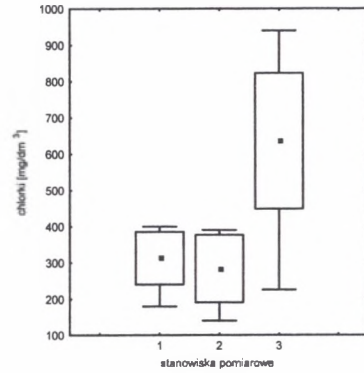
Rys. 3. Przewodność elektryczna wód odciekowych  
Fig. 3. Electric conductivity of leachate



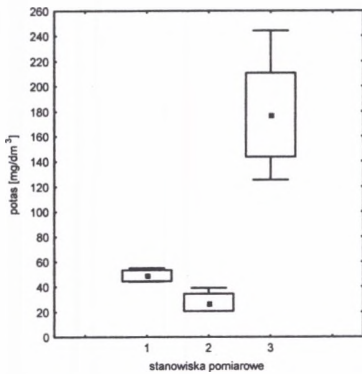
Rys. 4. Stężenia siarczanów w wodach odciekowych  
Fig. 4. Sulphate concentrations in leachate



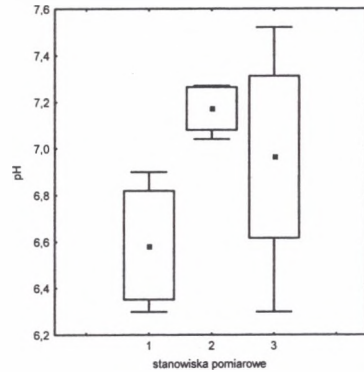
Rys. 5. Stężenia sodu w wodach odciekowych  
Fig. 5. Sodium concentrations in leachate



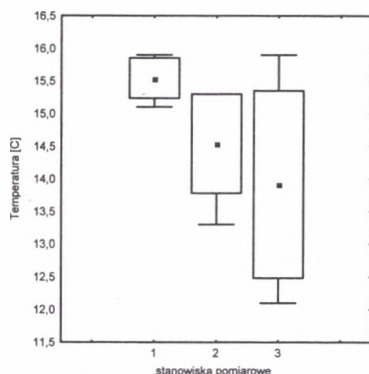
Rys. 6. Stężenia chlorków w wodach odciekowych  
Fig. 6. Chloride concentrations in leachate



Rys. 7. Stężenia potasu w wodach odciekowych  
Fig. 7. Potassium concentrations in leachate



Rys. 8. Odczyn wód odciekowych  
Fig. 8. pH of leachate



Rys. 9. Temperatura wód odciekowych  
Fig. 9. Temperature of leachate

#### 4. Wnioski

Przeprowadzone badania pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

- zasypywanie dolin rzecznych odpadami prowadzi do powstania wypływów wód odciekowych o skoncentrowanym charakterze,
- wydajność odcieków uzależniona jest głównie od powierzchni składowiska, rodzaju i stopnia zagęszczenia zdeponowanego materiału, nachylenia stoków itp.,
- wypływy mogą mieć charakter zstępujący (descensyjny) lub wstępujący (ascensyjny),
- wody odciekowe wykazują wysoki stopień zmineralizowania będący następstwem ługowania zdeponowanych odpadów,
- wody odciekowe wykazują dużą stabilność termiczną w cyklu rocznym,
- stężenia niektórych jonów (głównie siarczanów i sodu) przekraczają dopuszczalne normy, jakie stawiane są ściekom wprowadzanym do wód i gleby.

#### LITERATURA

1. Chelmiński W.: Źródła Wyżyny Krakowsko – Wieluńskiej i Miechowskiej. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków 2001.
2. Dojlido J.R.: Chemia wód powierzchniowych. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok 1995.
3. Gutry-Korycka M., Werner-Więckowska H.: Przewodnik do hydrograficznych badań terenowych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996.



4. Jankowski A.T., Molenda T., Rzętała M.: Antropogeniczne „źródła” zwałów górnictwa węgla kamiennego. Stan i Antropogeniczne Zmiany Jakości Wód w Polsce, t. II. red. J. Burchard. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 113-128, 2002.
5. Krawczyk W. E.: Hydrochemia. Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 1999.
6. Molenda T.: Rewitalizacja ekosystemów wodnych w warunkach zróżnicowanej antropopresji. Maszynopis pracy doktorskiej, Uniwersytet Śląski, 2002.
7. Molenda T., Rzętała M.: Charakterystyka hydrograficzna i hydrochemiczna źródłowej części zlewni Ślepiotki [w:] Kształtowanie środowiska geograficznego i ochrona przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych, WBiOŚ, WNoZ UŚ, Katowice-Sosnowiec 19:25-30, 1995.
8. Obarska-Pempkowiak H.: Oczyszczalnie hydrofitowe. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2002.
9. Pazdro Z.: Hydrogeologia ogólna. WG, Warszawa 1977.
10. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 lipca 2004 r. (Dz. U. z dnia 28 lipca 2004 r.).
11. Rózkowski J., Chmura A.: Zagrożenia środowiska wodnego związane ze składowaniem odpadów pogórnich w rejonie Rybnika [w:] Środowisko Przyrodnicze Regionu Górnośląskiego – Stan Poznania, Zagrożenia i Ochrona, Wydział Nauk o Ziemi UŚ, Sosnowiec 2000.
12. Twardowska I., Szczepańska J., Witczak S.: wpływ odpadów górnictwa węgla kamiennego na środowisko wodne. Ocena zagrożenia, prognozowanie, zapobieganie. Prace i Studia IPIŚ PAN, nr 35, Wrocław 1988, ss.25.
13. Twardowska I., Szczepańska J.: Problemy wpływu na środowisko lokowania odpadów górnictwa węglowego na powierzchni. [W] Konferencja naukowa "Gospodarka odpadami komunalnymi i przemysłowymi". Prezentacje IV. Inorganic Activities Ltd. w Gliwicach. Ustroń-Zawodzie, 20-22 październik, 1993.
14. Twardowska I., Kyzioł J., Szczepańska J., Nguyen Anh Q.: Przestrzenno – czasowa zmienność jakości wód podziemnych w otoczeniu składowisk odpadów górnictwa węglowego na tle gospodarki odpadami i warunków hydrogeologicznych [w:] Współczesne problemy hydrogeologii, t. VIII, UAM, Poznań – Kiekrz 1997.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Irena Twardowska