

**Tadeusz A. MARCINKOWSKI, Wojciech SŁOMKA,  
Kamil P. BANASZKIEWICZ, Iwona PASIECZNIK,  
Agnieszka SOBIANOWSKA-TUREK**

*Institut Inżynierii Ochrony Środowiska,  
Politechnika Wroclawska*

## **OCENA WPŁYWU SKŁADOWISKA ODPADÓW PRZEMYSŁOWYCH NA SKŁAD WÓD PIEZOMETRYCZNYCH**

### **ASSESSMENT OF INDUSTRIAL WASTE LANDFILLS IMPACT ON THE COMPOSITION OF PIEZOMETRIC WATERS**

*W procesach odzysku surowców z odpadów z rozbiórki samochodów, sprzętu gospodarstwa domowego i elektrycznego powstaje znacząca masa produktów, których ilość, w opisywanym przypadku zakładu unieszkodliwiania, osiąga do 30% masy początkowej poddawanej obróbce. Znaczna ich część nie nadaje się do zagospodarowania i można je jedynie zdeponować na składowisku odpadów.*

*Zakład przetwórstwa odpadów zlokalizowany w południowo-zachodnim rejonie Polski ma w dyspozycji własne składowisko odpadów przemysłowych, które jest monitorowane od momentu oddania go do użytku w roku 2001. Badaniami objęto stan czystości wód piezometrycznych w jego otoczeniu.*

*W celu określenia wpływu zdeponowanych odpadów na środowisko wykonano badania składu fizykochemicznego odpadów i ich ekstraktów wodnych. Kontrolę oddziaływania składowanych odpadów na środowisko przeprowadzano na podstawie cyklicznej obserwacji zmian jakości wody podziemnej w rejonie składowiska.*

*Wyniki badań wód przedstawiono w postaci wykresów zmian wartości wskaźników zanieczyszczeń w kilkuletnim cyklu badawczym tj. od września 2003 roku do kwietnia 2012 roku.*

## **1. Wprowadzenie**

Złom samochodowy, złom metali oraz zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny są odpadami, które zawierają substancje niebezpieczne [1, 2].

W przypadku niewłaściwego lub błędnego postępowania z tymi odpadami, mogą być one groźne dla zdrowia i stanu czystości środowiska naturalnego [3]. Odzysk i recykling surowców z odpadów jest z jednej strony wyzwaniem cywilizacyjnym [4], a drugiej strony wymogiem prawnym [5, 6, 7].

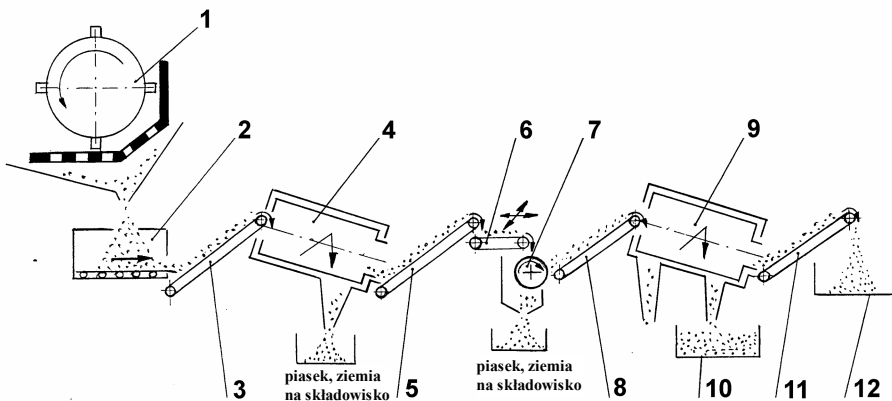
Obowiązek monitoringu składowisk wynika między innymi z przepisów Unii Europejskiej, które - w celu ochrony środowiska i zdrowia ludzkiego - nakazują unikać powstawania wywołujących negatywne skutki wysokich stężeń szkodliwych zanieczyszczeń w wodach podziemnych, zmniejszać je lub zapobiegać ich powstawaniu [8].

W prezentowanej pracy omówiono aspekty bezpiecznego deponowania odpadów przemysłowych i stanu czystości wód podziemnych w otoczeniu składowiska.

Produkcja zakładu oparta jest na linii technologicznej przedstawionej schematycznie na rysunku (Rysunek 1). Zasadniczym elementem linii są wysokowydajne strzeżarki rozdrabniające złom oraz ciąg technologiczny, w którym rozdrobnione odpady poddawane są sortowaniu i segregacji na poszczególne frakcje morfologiczne. Niektóre frakcje przeznaczone są do wtórnego wykorzystania (metale żelazne i nieżelazne oraz wydzielone tzw. paliwo alternatywne). Pozostałość w postaci frakcji najdrobniejszej wysortowanej na sicie o wielkości oczek 15 mm oraz inne niezbywalne odpady przekazywane są do deponowania na własnym składowisku zlokalizowanym w południowym rejonie zakładu. (Rysunek 2).

## 2. Procedura badań

W celu określenia wpływu deponowanych odpadów na środowisko przeprowadzono wstępne badania składu fizykochemicznego odpadów, a także składu fizykochemicznego ekstraktów wodnych z tych odpadów [9].

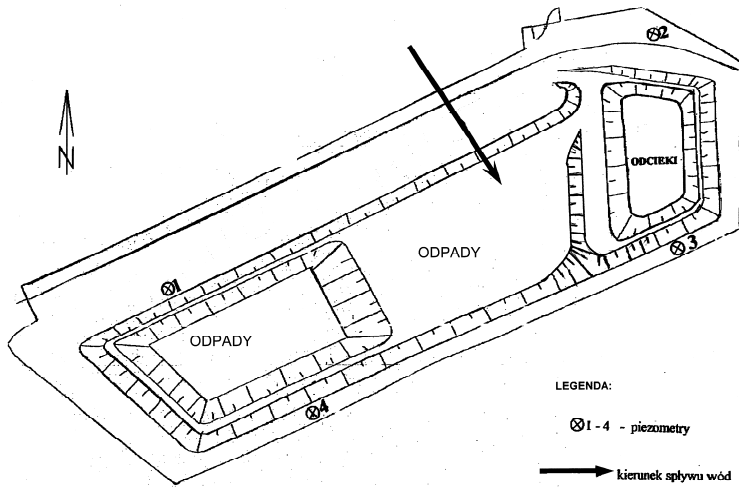


Rys. 1. Linia technologiczna rozdrabniania złomu

Fig. 1. Scrap shredding process line

Wykaz oznaczeń:

- |  |   |
|--|---|
| 1 - strzeżarko-kruszarzka,               | 7 - separator metali kolorowych,            |
| 2 - zbiornik zasypowy,                   | 8 - przenośnik taśmowy,                     |
| 3 - przenośnik taśmowy,                  | 9 - sito obrotowe dwustopniowe,             |
| 4 - sito obrotowe,                       | 10 - boks na odpady palne,                  |
| 5 - przenośnik taśmowy,                  | 11 - przenośnik taśmowy,                    |
| 6 - separator metali ferromagnetycznych, | 12 - boks na odpady do ponownego, przerobu. |



Rys. 2. Składowisko odpadów.

Fig. 2. Industrial waste landfill.

Ekstrakty wodne z odpadów deponowanych na składowisku wykonywano w różnym czasie jeszcze 4-krotnie Kontrolę oddziaływania składowanych odpadów na środowisko przeprowadzano na podstawie cyklicznej obserwacji zmian jakości wody podziemnej w rejonie składowiska.

W tym celu wykonano 4 otwory piezometryczne do głębokości występowania pierwszego poziomu wodonośnego (około 5÷6 m pod poziomem terenu). Określono kierunek przepływu wód podziemnych od północnego-wschodu do południowego-zachodu. Z uwagi na gęstą zabudowę przemysłową od strony północnej piezometry zlokalizowano w bliskim sąsiedztwie składowiska (Rysunek 2).

Piezometry P1 i P2 przewidziane były do obserwacji jakości wód napływających do składowiska. Na podstawie porównania jakości wód w piezometrach P3 i P4 z jakością wód w P1 i P2 analizowano wpływ składowanych odpadów na środowisko wodne. Dodatkowo obserwowano zmiany składu odcieków z odpadów. Próby odcieków pobierano ze stawu zlokalizowanego w zachodniej części składowiska (Rysunek 2). Odcieki spływają do stawu z kwatery odpadów systemem rur drenażowych [10].

Do analizy zmian zachodzących w wodach podziemnych pomocna była również ogólna obserwacja stanu składowiska w trakcie poboru prób, a także sposobu gospodarowania odpadami i odciekami.

Badane wody piezometryczne pobierano małogabarytowym zestawem pompowym wyposażonym w dwie zanurzeniowe pompy wirowe o wydajności 5 dm<sup>3</sup>/min i wysokości podnoszenia 10 m. Przed pobraniem próbek, wykonywano pompowanie oczyszczające otworów piezometrycznych przez wyczerpanie około trzech objętości słupa wody stagnującej w każdym otworze.

Podstawą decyzji o pobraniu próbki była stabilność mierzonej (w czasie pompowania oczyszczającego) elektrolitycznej przewodności właściwej i pH. W próbach wód oznaczano pH, przewodnictwo elektrolityczne właściwe, azot amonowy, CZT<sub>Cr</sub>, oraz Zn, Cr i Ni.

Oznaczenia wykonano wg metodyk referencyjnych [11].

### 3. Wyniki

Skład odpadów deponowanych na składowisku przedstawiono w tabeli 1. Wykonana analiza składu fizykochemicznego drobnej frakcji odpadów z próby 1 i próby 2 wykazała wysoką zawartość cynku, żelaza oraz wapnia.

Skład ekstraktów wodnych z odpadów deponowanych na składowisku przedstawiono w tabeli 2. Badania wymywania tych metali zarówno dla próby 1 jak i próby 2 wykazały niską podatność na rozpuszczanie ich w wodzie, co wynika z ich metalicznej formy występowania.

Stwierdzono nieco podwyższoną wartość pH, dość niską wartość przewodnictwa elektrolitycznego właściwego, a także niską zawartość azotu amonowego. Mimo wysokiej zawartości metali w odpadach, które występują w formie metalicznej (ze względu na pochodzenie prób), nie stanowią one znaczącego zagrożenia dla środowiska naturalnego.

Tab. 1. Skład fizykochemiczny drobnej frakcji odpadów [9].

Tab. 1. Physicochemical composition of small fraction of waste [9]

L.p.	PARAMETR	JEDNOSTKA	próba 1	próba 2
1	pH		7,5	7,5
2	Wilgotność	%	13,93	9,03
3	Masa organiczna	%	11,43	16,47
4	Azot amonowy	mg N <sub>NH4</sub> /kg sm	90,74	74,92
5	Azot organiczny	mg N <sub>org</sub> /kg sm	61,13	2140,64
6	Azot ogólny	mg N <sub>og</sub> /kg sm	151,87	2215,56
7	Substancje nierozpuszczalne w kwasach (SiO <sub>2</sub> )	% sm	28,17	24,64
8	Wapń	mg Ca/kg sm	21085,92	20644,91
9	Chrom	mg Cr/kg sm	484,625	436,099
10	Cynk	mg Zn/kg sm	27499,56	27546,20
11	Kadm	mg Cd/kg sm	121,244	132,127
12	Nikiel	mg Ni/kg sm	510,455	170,075
13	Żelazo	mg Fe/kg sm	273502,0	303775,1

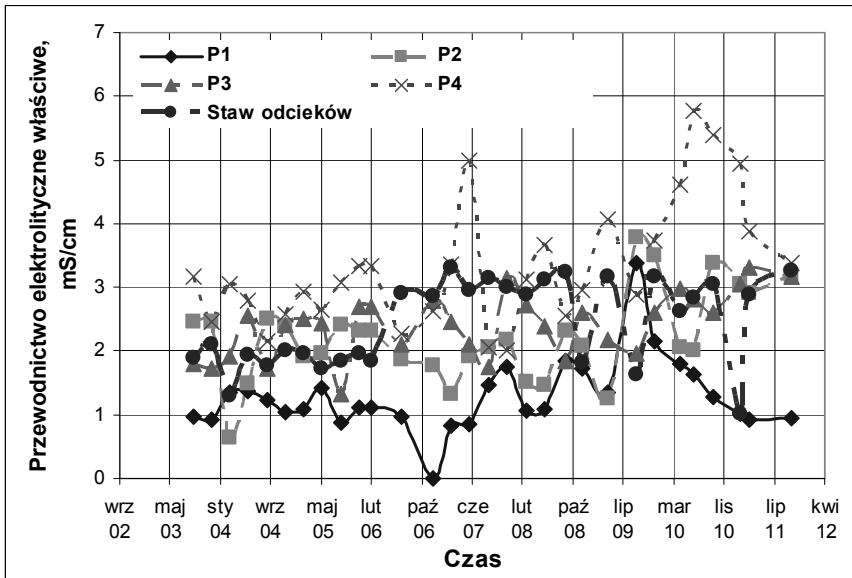
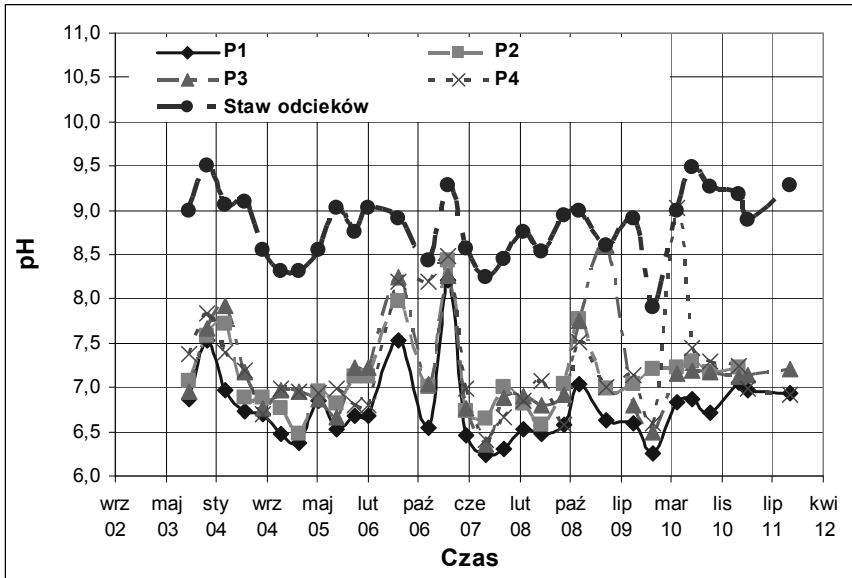
W tabeli 2 pokazano również korzystny wpływ alkalizacji (dawką 25g wapna hydratyzowanego/kg odpadów) na intensywność wymywania związków metali z odpadów.

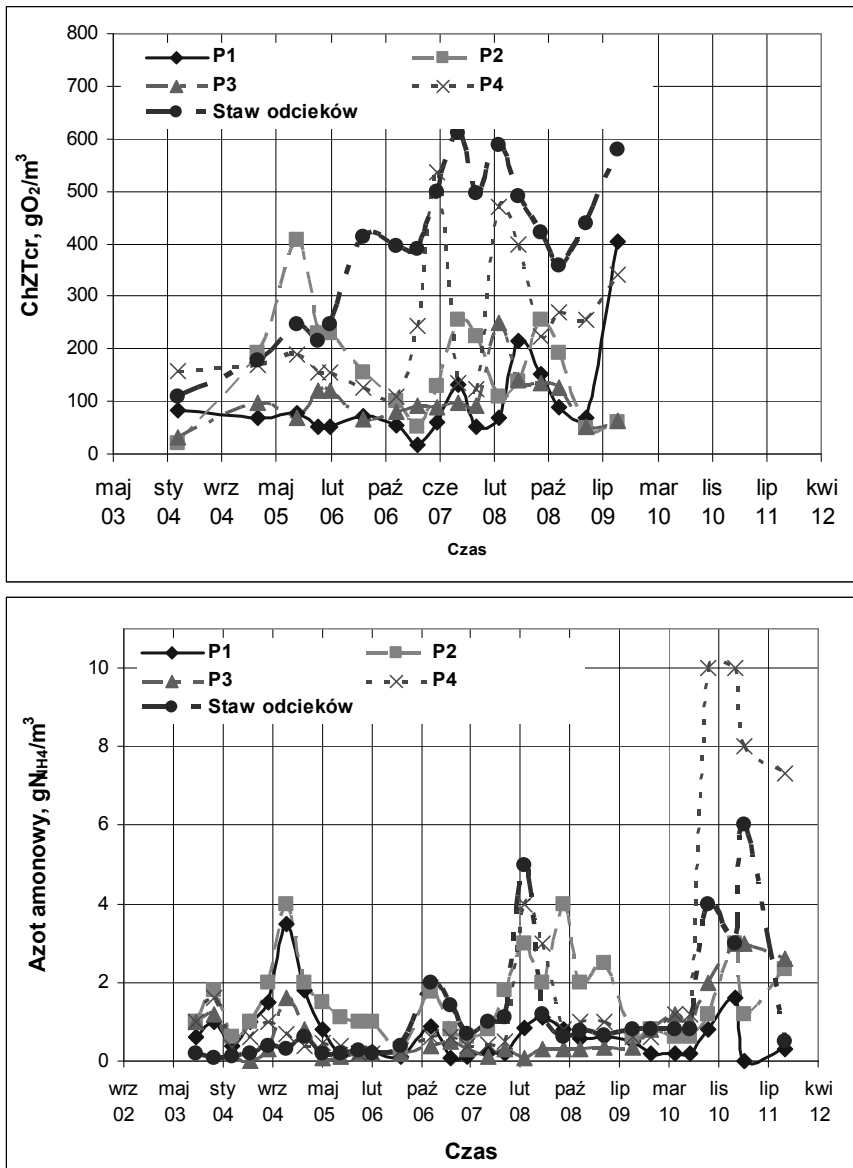
Wyniki badań wód przedstawiono w postaci wykresów zmian wartości wskaźników zanieczyszczeń w kilkuletnim cyklu badawczym tj. od września 2003 roku do września 2009 (Rysunek 3 i Rysunek 4).

Tab. 2. Skład fizykochemiczny ekstraktów wodnych z drobnej frakcji po sortowaniu rozdrobionego złomu

Tab. 2. Physicochemical composition of aqueous extracts of small fraction after shredded scrap sorting

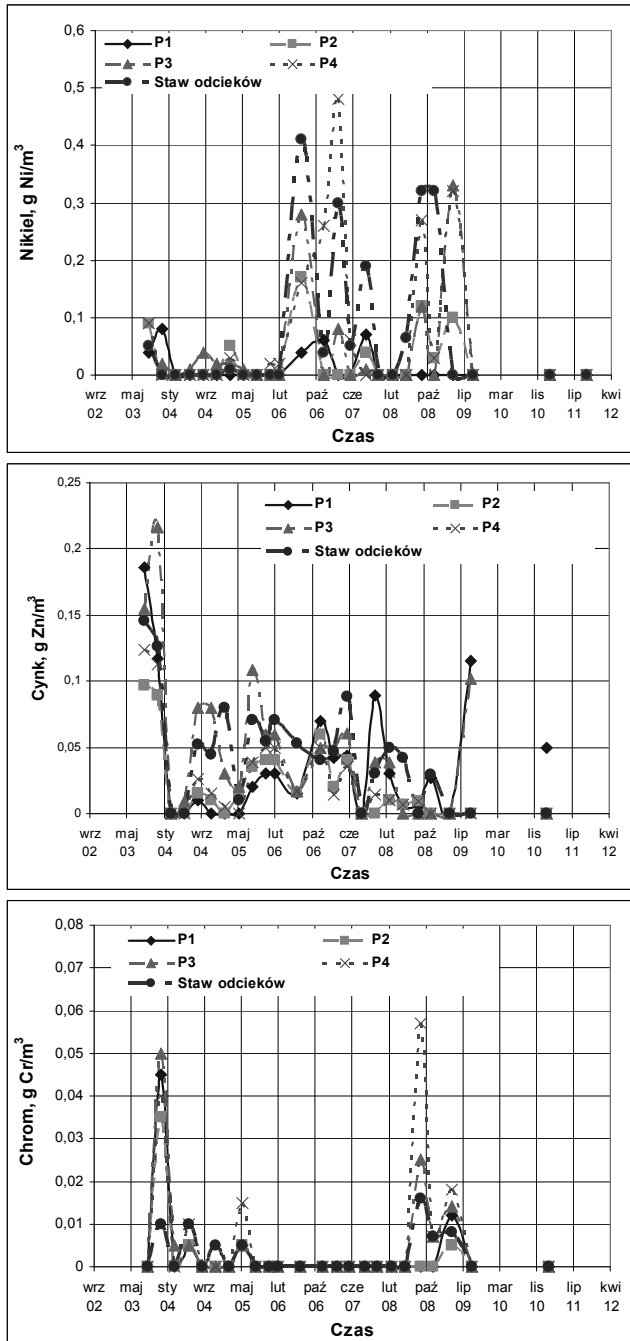
l.p.	Parametr	Jednostka	Próba 1 [6]	Próba 2 [6]	Próba odpadów surowych	Próba z dodatkiem wapna hydratyzowanego w ilości 2,5%	Fracja mineralna wydzielona na prasownikach	Fracja mineralna wydzielona na linii sortowniczej
1	pH		7,84	7,64	7,69	10,55	8,22	7,94
2	Przewodnictwo elektrolityczne właściwe	mS/cm	0,704	0,884	0,546	0,568	0,802	0,699
3	ChZT <sub>Cr</sub>	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	—	—	99,84	203,52	—	—
4	Azot amonowy	g <sub>NH<sub>4</sub></sub> /m <sup>3</sup>	1,3	2,4	0,3	0,4	2,5	1,75
5	Cynk	g Zn/m <sup>3</sup>	2,60	3,44	3,60	0,35	0,286	0,236
6	Kadm	g Cd/m <sup>3</sup>	0,006	0,010	0,02	0,007	<0,003	<0,0030
7	Chrom	g Cr/m <sup>3</sup>	0,03	0,02	0,02	0,023	0,040	0,032
8	Nikiel	g Ni/m <sup>3</sup>	<b>0,027</b>	<b>0,016</b>	<b>0,28</b>	<b>0,19</b>	<b>0,156</b>	<b>0,140</b>





Rys. 3. Zmiany jakości wód podziemnych w czasie obserwacji kontrolnych - wskaźniki ogólne.

Fig. 3. Groundwater quality changes during monitoring – general indicators



Rys. 4. Zmiany jakości wód podziemnych w czasie obserwacji kontrolnych - metale.

Fig. 3. Groundwater quality changes during monitoring – metals



## 4. Dyskusja wyników

Wykresy stężeń badanych zanieczyszczeń pokazano dla przewodnictwa elektrolitycznego właściwego i CZT. Stwierdzono korelację między tymi wskaźnikami. (Rysunek 3). Wartości CZT i przewodnictwa w wodzie dopływającej do składowiska (piezometry P1 i P2) są niższe niż w wodzie odpływającej poza składowisko (piezometry P3 i P4). Nie jest to jednak stan obserwowany w całym okresie badań, jak również nie dla wszystkich zanieczyszczeń.

W niektórych przypadkach wody z piezometru P2 mają wartości najwyższe lub bardzo wysokie np.  $CZT_{Cr}$ . W interpretacji takiego stanu pomogła obserwacja składowiska odpadów w trakcie poboru prób. Stwierdzono, że po intensywnych opadach występują przecieki przez skarpe składowiska od strony stawu odcieków - po zachodniej jego stronie (Rys. 2). Wody te w części przedostają się do stawu odcieków, co nie ma wpływu na stężenia zanieczyszczeń w stawie. Zaobserwowano również, że duża część przecieków znalazła ujście drogą dojazdową do kwatery składowiska zgodnie z kierunkiem spadku terenu w okolicy lokalizacji piezometru P2. Przecieki te wsiąkając w grunt powodują zanieczyszczenie wód tego piezometru. Należy zatem wyłączyć piezometr P2 z interpretacji wyników pomiarów do czasu uszczelnienia zachodniej skarpy składowiska i samoczyszczenia się wód podziemnych w otoczeniu tego piezometru.

Występują również przypadki wysokich lub najwyższych wartości wskaźników zanieczyszczeń w piezometrze P1 np. rtęć. Świadczy to o dopływie do składowiska wód bardziej zanieczyszczonych, które powodują, wzrost zawartości w wodach z piezometrów P3 i P4.

Wpływ odpadów na wody podziemne powinien być interpretowany na podstawie korelacji stężeń zanieczyszczeń w odciekach ze stawu i wodach z piezometrów P3 i P4 na odpływie ze składowiska. Taki stan jakości wód jest w przypadku  $CZT_{Cr}$  i przewodnictwa elektrolitycznego właściwego. Potwierdza to także zbliżona tendencja zmian zanieczyszczeń w wodzie z tych piezometrów i w odciekach ze stawu.

W ogólnej ocenie zmian zanieczyszczeń w okresie obserwacji stwierdzono niewielki wpływ składowiska na środowisko wodne. Prawdopodobnie jest to spowodowane metaliczną, a nie jonową, formą metali zawartych w deponowanych odpadach.

Obserwacja przebiegu zmian wartości zanieczyszczeń pokazuje, że w ostatnim roku obserwacji wzrosło zanieczyszczenie wód podziemnych niklem, związkami organicznymi ( $CZT_{Cr}$ ), jak również zasolenia mierzonego jako przewodnictwo elektrolityczne właściwe.

Stężenia badanych zanieczyszczeń w wodach podziemnych (Rysunek 3 i Rysunek 4) są niższe lub porównywalne ze stężeniami zanieczyszczeń ekstraktów wodnych z odpadów surowych (Tabela 2), co potwierdza znikome oddziaływanie odpadów na wody podziemne w rejonie składowiska.

## 5. Podsumowanie

1. Badania wstępne odpadów surowych, analiza zmian stężeń zanieczyszczeń w wodach podziemnych, a także obserwacja sposobu eksploatacji składowiska oraz gospodarowanie odpadami i odciekami z odpadów brane pod uwagę wspólnie, stwarzają podstawę prawidłowej interpretacji oddziaływania odpadów na środowisko wodne.

2. Należy w maksymalnym stopniu zagospodarować powstające odpady minimalizując powierzchnię i objętość składowiska, co w konsekwencji ograniczy jego oddziaływanie na środowisko.
3. Należy uszczelnić skarpy składowiska i udrożnić drenaż odcieków. W ten sposób będzie można uniknąć oddziaływania przecieków na wody podziemne.
4. Staranny dobór lokalizacji piezometrów kontrolnych, umożliwi stworzenie rzeczywistego obrazu ła zanieczyszczeń i jednoznaczną interpretację zmian oraz oddziaływania odpadów na środowisko. Można to osiągnąć poprzez zainstalowanie nowego piezometru umożliwiającego obserwację rzeczywistego ła, rezygnując jednocześnie z obserwacji skażeń w piezometrze P 2.

## Bibliografia

- [1] Industrial Waste Treatment Handbook. Woodard&Curran, Inc. Elsevier Inc., USA, 2006.
- [2] Wang L. K., Shamas N. K., Hung J. Waste Treatment in the Metal Manufacturing, Forming, Coating, and Finishing Industries. CEC Press, Taylor & Francis Group, 2009.
- [3] Maczulak A. Clearing up the Environment. Hazardous Waste Technology. Facts On File, Inc., 2009.
- [4] Blackman W. C. Jr. Basic Hazardous Waste Management. CRC Press LLC, 2001.
- [5] Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej Nr 62. Ustawa o odpadach. Poz. 628 z dnia 27 kwietnia 2001.
- [6] Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej Nr 25 Ustawa o recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji. Poz. 202 z dnia 11 lutego 2005 r.
- [7] Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej Nr 180. Ustawa o zużytych sprzęcie elektrycznym i elektronicznym. Poz. 1495 z dnia 29 lipca 2005 r.
- [8] Dyrektywa 2006/118/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 372/19
- [9] Marcinkowski T., Słomka W. Badania, ocena i opracowanie sposobów wykorzystania ziemi jako frakcji mineralnej powstałej przy sortowaniu złomu Raport Serii SPR Nr 14 /2001 Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej. 2001 r.
- [10] Marcinkowski T., Słomka W. Badania i ocena wód piezometrycznych i wody ze stawu odciekowego w rejonie składowiska odpadów ze strzępienia złomu. Prace niepublikowane Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej z badań z lat 2003-2007.
- [11] Marcinkowski T., Słomka W., Banaszkiwicz K. Badania i ocena wód piezometrycznych i wody ze stawu odciekowego w rejonie składowiska odpadów ze strzępienia złomu. Prace niepublikowane Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej z badań z lat 2008-2010.

- [12] Marcinkowski T., Słomka W., Banaszekiewicz K., Pasiecznik I., Sobianowska-Turek A. Badania i ocena wód piezometrycznych i wody ze stawu odciekowego w rejonie składowiska odpadów ze strzępienia złomu. Prace niepublikowane Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej z badań z lat 2011-2012.
  
- [13] Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej Nr 32. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. Poz. 284. z dnia 11 lutego 2004 r.

