

Elżbieta Halina Grygorczuk-Petersons, Józefa Wiater

WPLYW SKŁADOWISKA ODPADÓW KOMUNALNYCH NA JAKOŚĆ WÓD PODZIEMNYCH

Streszczenie. Celem badań była ocena oddziaływania składowiska odpadów na środowisko wód podziemnych. Ocenę stanu wód podziemnych w rejonie uszczelnionego składowiska przeprowadzono na podstawie badań własnych i monitoringowych otrzymanych z urzędu gminy, przeprowadzonych w latach 2006-2008 i 2011-2012. W wodach odpływających z terenu składowiska stwierdzono wzrost wartości wszystkich analizowanych wskaźników zanieczyszczeń takich jak: pH, przewodność elektrolityczna właściwa, ogólny węgiel organiczny (OWO), WWA i stężenia metali ciężkich: cynk(Zn), miedź (Cu), ołów (Pb), kadm (Cd), chrom (Cr), rtęć (Hg). Nowoczesne składowisko X posiadające uszczelnienie w postaci geomembrany nie ogranicza odpływu z niego odcieków do wód podziemnych.

Słowa kluczowe: składowisko odpadów komunalnych, uszczelnienie, wody podziemne, jakość.

WSTĘP

Składowiska są obiektami służącymi do składowania odpadów na powierzchni terenu w sposób nie uciążliwy dla środowiska, zarówno podczas eksploatacji, jak i po jej zakończeniu. Pomimo zastosowania najlepszych zabezpieczeń składowanie odpadów jest zawsze uciążliwym dla środowiska [Koc-Jurczyk, Różak 2011]. Głównym zagrożeniem wód powierzchniowych i podziemnych niezależnie, od jakości stosowanego uszczelnienia, są odcieki [Wiercik, Szymańska-Pulikowska 2010]. Ładunek zanieczyszczeń zgromadzony w złożu składowiska odpadów w pewnej części – wraz z upływem czasu przenika przez zastosowaną izolację, jako zabezpieczenie środowiska gruntowo wodnego. Zanieczyszczenie, które wraz z odciekami przedostaje się przez izolację nazywa się stężeniem przechodzącym [Klimek i in. 2010]. Tak, więc zanieczyszczenie wód podziemnych związane jest z powstawaniem i migracją odcieków, powstających przede wszystkim na skutek infiltracji wód opadowych przez warstwę odpadów oraz dopływy wód powierzchniowych i podziemnych. Woda ułatwia przebieg wielu reakcji chemicznych, a także rozpuszczanie i wymywanie substancji zawartych w odpadach, powodując zanieczyszczenie środowiska wodnego [Szyszkowski 1998, Stępnik 2001]. Niewielkie znaczenie mają również wody dostarczone wraz z odpadami oraz powstałe w wyniku rozkładu substancji organicznej zawartej w odciekach.

Ilość odcieków w ciągu roku nie jest jednak wartością stałą. Największa ilość odcieków powstaje w miesiącach od kwietnia do września – w porze intensywnych opadów, mniejsza od maja do października. Zdarzają się równieżienne wielkości

szczytowe odcieków spowodowane topnieniem śniegu lub ulewnymi deszczami. Przekraczają one wielkości przeciętne nawet dziesięciokrotnie.

Wraz ze starzeniem się składowiska ilość odcieków wzrasta, co należy przypisać wysyceniu zdolności retencyjnej odpadów przy jednoczesnym zmniejszeniu się pojemności wodnej odpadów w wyniku mineralizacji substancji organicznej [Szpadt 2006].

Dużym zagrożeniem wód w pobliżu składowisk jest obecność w odciekach metali ciężkich (kadm, cynk, ołów, miedź, nikiel, chrom) oraz wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA), które zresztą podlegają monitoringowi. Toksyczność metali ciężkich zakłóca naturalną równowagę biologiczną oraz spowalnia proces samooczyszczania wód. Ich stężenie zmniejsza się z czasem, w większości przypadków jest ono mniejsze niż dopuszczalne dla ścieków odprowadzanych od odbiornika [Szyca 2003]. Komisja Toksykologii Środowiskowej Polskiej Akademii Nauk uznała wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne za najgroźniejsze trucizny środowiskowe o działaniu rakotwórczym. Nie powinny one stanowić dużego zagrożenia, ponieważ są to związki praktycznie nierozpuszczalne w wodzie, ich aktywność rośnie jednak w obecności detergentów w odciekach, które zwiększają rozpuszczalność WWA.

Mimo, że obecnie budowane składowiska są obiektami inżynierskimi i powinny eliminować wpływ odcieków na środowisko wodne oraz glebę, to z uwagi na występujące nieprawidłowości, podczas ich eksploatacji, należy je monitorować.

Celem pracy była ocena, jakości wód podziemnych w rejonie uszczelnionego, geomembraną PEHD, gminnego składowiska odpadów komunalnych.

MATERIAŁY I METODY

Badania prowadzono na czynnym składowisku odpadów komunalnych zlokalizowanym w gminie Krypno województwo podlaskie. Składowisko to powstało w roku 1997. Zalicza się ono do składowisk odpadów komunalnych zmieszanych naziemnych typu hałdowego, charakteryzujących się tym, że bryła odpadów kształtowana jest w formie naziemnego zwałowiska (hałdy nasypowej). Posadowienia obudowy hałdy dokonano na powierzchni zniwelowanego gruntu, w obwałowanej niecce ziemnej. Odpady układane są warstwami na wcześniej wyznaczonych działkach, następnie ugniatane i przykrywane warstwą izolacyjną [Plan... 2006].

Na składowisko dowożone są zmieszane odpady komunalne, jak również skratki, zawartość piaskowników oraz ustabilizowane komunalne osady ściekowe z oczyszczalni ścieków. Średnia roczna ilość składowanych odpadów waha się około 320 ton, a prognozowana ilość odpadów zgromadzonych na składowisku będzie wynosiła 38 500 m³ [Projekt... 1997].

Ogrodzony teren składowiska zajmuje obszar około 1,2 ha, natomiast wysypisko główne około 0,6 ha. Składowisko leży na gruntach rolniczych słabej, jakości, klasy V i VI. Są to grunty piaszczysto-żwirowe wykształcone głównie, jako piaski pylaste i drobne występujące w formie ciągłej o miąższości 2,5-5,2 m. Poniżej znajduje się warstwa gruntów spoistych zastoiskowych wykształconych, jako pyły i pyły piaszczyste. Rzędne terenu wahają się od 134 do 140 m n.p.m. Najwyżej położony teren to

część północno-wschodnia, najniżej północno- zachodnia. Najbliższe otoczenie składowiska stanowią użytki zielone, tereny leśne, pastwiska i łąki oraz droga dojazdowa. Składowisko położone jest na obrzeżach Doliny Biebrzy i Narwi, nie należy jednak do obszarów chronionych głównego zbiornika wód podziemnych. Teren składowiska znajduje się w odległości od 100 do 240 m od zabudowań [Przegląd... 2004], co nie stanowi minimalnej strefy ochronnej 300 m [Bilitewski i in. 2006] wymaganej celem uniknięcia bezpośredniego oddziaływania eksploatacji składowiska na mieszkańców.

Wody podziemne występują w podłożu całego składowiska. Tworzą one poziom wodonośny wśród gruntów piaszczysto-żwirowych wodnolodowcowych o swobodnym zwierciadle. Dno składowiska zgodnie z wymaganiami ustalono powyżej 1 m od stwierdzonego poziomu wód gruntowych [Przegląd... 2004].

Podstawą uszczelnienia składowiska jest folia PEHD o grubości 1,5 mm, wyłożona na obszarze komory (niemal 0,6 ha) wysypiska włącznie z zakotwieniem. Podwójne połączenia zgrzewane poddane zostały próbie ciśnieniowej na szczelność połączenia.

W celu ujęcia wód przesiąkowych zaprojektowano drenaż z rur PEHD – FF STRABUSIL typu TS w otulinie z geowłókniny średnicy 100 mm oraz rury pełne o średnicy 200 mm. Obsypkę drenażową stanowi żwir o uziarnieniu 16/8 mm [Projekt... 1997].

Ocieki odprowadzane są do zbiornika bezodpływowego, szczelnego o pojemności 10 m³ zlokalizowanego w pobliżu placu wyładowczego odpadów. Dno zbiornika znajduje się około 0,4 m nad zwierciadłem wód gruntowych. Średnia ilość powstających odcieków w ciągu roku wynosi około 3 480 m³. Ocieki wypompowywane są ze zbiornika, a następnie wozem asenizacyjnym transportowane do miejskiej oczyszczalni ścieków. Zdarzają się sytuacje wypływania odcieków ze zbiornika przez górną pokrywę. Tereny w otoczeniu składowiska nie są uzbrojone w sieć rowów i drenaży melioracyjnych. Wody po intensywnych opadach i roztopach spływają po powierzchni lokalnymi obniżeniami terenowymi do ciekę będącego lewym dopływem rzeki Nereśl, której koryto przebiega w odległości około 0,8 km od południowej granicy składowiska. W bezpośrednim sąsiedztwie składowiska odpadów brak jest cieków wodnych, rzek i zbiorników sztucznych lub naturalnych [Plan... 2006].

Wzdłuż drogi dojazdowej utworzono rów pełniący rolę zbiornika zbierającego wody opadowe, a następnie rolę zbiornika odparowującego. Ponadto od strony północnej zaprojektowano wał ziemny w odległości 9,5 m do 1,0 m od ogrodzenia.

Składowisko pierwotnie wyposażone było w dwa piezometry, teraz są to 3 piezometry. Piezometr pierwszy (1) zlokalizowany jest na dopływie wód podziemnych, po stronie zachodniej składowiska w jego najwyższym punkcie. Piezometr drugi (2) zlokalizowany jest w północno-wschodniej części składowiska na odpływie wód podziemnych. Również trzeci piezometr (3) znajduje się na odpływie wód podziemnych, lecz w południowo-wschodniej części składowiska w odległości około 159 metrów od piezometru. Piezometr trzeci znajduje się w najniższej części. Spadek podłużny jak i poprzeczny terenu występuje w kierunku piezometru 3. Dokładna, udokumentowana charakterystyka piezometrów nie istnieje.

Ocenę stanu wód podziemnych w rejonie składowiska wykonano na podstawie wyników monitoringowych otrzymanych z urzędu gminy oraz własnych badań. Na składowisku monitoring wód podziemnych prowadzony jest zgodnie z wytycznymi zawartymi w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 roku [Rozporządzenie 2002]. Obejmuje on pomiar odczynu, przewodności elektrolitycznej właściwej, zawartości ogólnego węgla organicznego (OWO), sumy wielkopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) i metali ciężkich takich jak: cynk (Zn), miedź (Cu), ołów (Pb), kadm (Cd), chrom (Cr), rtęć (Hg).

Wszystkie oznaczenia analityczne wykonywano, zgodnie z Polską Normą, metodami referencyjnymi określonymi w załączniku numer 5 rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych [Rozporządzenie 2010]. Odczyn w wodach mierzono potencjometrycznie. Pomiaru przewodności elektrolitycznej właściwej (PWE) dokonano za pomocą konduktometru. Ogólny węgiel organiczny oznaczono za pomocą analizatora TOC (spektrometria IR), WWA z użyciem chromatografii gazowej GC. Metale ciężkie oznaczono metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA).

Badania wód podziemnych wykonywane były cztery razy do roku, co kwartał w latach 2006-2008 i 2011 oraz 2012. Otrzymane raporty z badań monitoringowych obejmują dziewięć kwartałów w przypadku piezometrów I i II oraz 4 kwartały w przypadku piezometru III. Wyniki badań porównano z wartościami granicznymi wskaźników, jakości wody wg klas, jakości dla wód podziemnych zawartych w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych [Rozporządzenie 2008], oraz poddano analizie statystycznej obliczając wartości średnie, minimalne i maksymalne a także medianę i odchylenie standardowe, wykorzystując program Statistica 6.

WYNIKI I Dyskusja

Na podstawie badań wód piezometrycznych wokół składowiska, w okresie do stycznia 2012 roku, odczyn badanych wód ulegał wahaniom od 6,1 do 7,4 pH (tab. 1). Są to wartości charakterystyczne dla klasy wód podziemnych od I do V klasy [Rozporządzenie 2008]. Odczyn badanych wód z piezometru 2 był najwyższy, a jego wartości wahały się od 6,9 pH do 7,3 pH (tab. 2). Najniższe wartości odczynu występowały w wodach z piezometru 1 zlokalizowanym w najwyższym punkcie na wypływie.

Wielkość odczynu zależy głównie od rodzaju deponowanych odpadów i wieku składowiska. W miarę upływu czasu na skutek zmniejszającej się ilości materii organicznej w masie zdeponowanych odpadów, zmniejsza się ilość produktów kwaśnych [Wiater 2011]. Na zmiany odczynu wpływają także powstające jony amonowe migrujące ze złoża, co sprzyja wyższym odczynom wód, nawet w pierwszym okresie rozkładu [Jagiello 2003].

Drugim badanym wskaźnikiem fizyko-chemicznym wód była przewodność elektrolityczna właściwa (PEW), która w okresie prowadzonych badań w wodach piezometru 3 wahała się w szerokich granicach od 232 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ do 2340 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

(tab. 1). Wartości te w większości jednak przypadków mieszczą się w granicach dopuszczalnych dla I klasy czystości wód. Znaczne przekroczenia wartości granicznych dla I klasy stwierdzono w wodach z piezometru 3 w miesiącach wrześniu i listopadzie 2007 roku (odpowiednio $1490 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ i $2340 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), po silnych opadach atmosferycznych w lipcu (tab. 3).

W wodach z piezometru 2 najwyższa przewodność $975 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ występowała w maju 2011 roku. Najniższymi wartościami przewodności z zakresu od $88 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ do $273 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ charakteryzowały się wody z piezometru 1, które były okresowo nawet niższe od wartości granicznych ($200\text{-}700 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) tła hydrogeochemicznego wód podziemnych [Rozporządzenie 2002].

Tabela 1. Wybrane wskaźniki jakości wód podziemnych
Table 1. Particular indicators of ground water quality

Piezometr	Pobór	Odczyn	Przewodność [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	Zawartość		Zawartość metali [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]					
				OWO [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]	WWA [$\mu\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$]	Cr	Zn	Cd	Cu	Pb	Hg
1	12/06	6,2	122	5,9	b.d.	0,002	0,034	< 0,0005	< 0,004	< 0,007	< 0,0004
	05/07	6,1	88	6,0	b.d.	< 0,002	0,042	< 0,0005	< 0,004	< 0,007	< 0,0004
	09/07	6,4	149	4,0	b.d.	< 0,002	0,031	< 0,0005	< 0,004	< 0,007	< 0,0004
	11/07	6,5	175	2,3	b.d.	< 0,002	0,028	< 0,0005	< 0,004	< 0,007	< 0,0004
	03/08	6,9	175	6,0	b.d.	< 0,002	0,020	< 0,0005	< 0,004	< 0,007	< 0,0004
	06/08	6,9	186	7,0	b.d.	< 0,002	0,022	< 0,0005	< 0,004	< 0,007	< 0,0004
	05/11	6,9	273	2,3	< 0,002	< 0,050	< 0,030	< 0,0500	< 0,100	< 0,005	< 0,050
	07/11	6,5	118	6,4	< 0,002	< 0,050	< 0,030	< 0,0500	< 0,100	< 0,005	< 0,050
	11/11	6,6	112	3,6	< 0,002	< 0,050	< 0,030	< 0,050	< 0,100	< 0,005	< 0,050
	01/12	6,6	116	3,0	< 0,002	< 0,050	< 0,030	< 0,050	< 0,100	< 0,005	< 0,050
2	05/11	7,3	975	4,3	< 0,002	< 0,010	< 0,050	< 0,030	< 0,050	< 0,100	< 0,005
	07/11	7,0	610	7,4	< 0,002	< 0,010	< 0,050	< 0,030	< 0,050	< 0,100	< 0,005
	11/11	6,9	604	5,6	< 0,002	< 0,010	< 0,050	< 0,030	< 0,050	< 0,100	< 0,005
	01/12	6,9	616	13,0	< 0,002	< 0,010	0,050	< 0,030	< 0,050	< 0,100	< 0,005
3	12/06	7,2	664	62,2	b.d.	0,004	0,060	< 0,0005	< 0,004	< 0,007	< 0,0004
	05/07	6,6	232	16,0	b.d.	0,002	0,057	< 0,0005	< 0,004	< 0,007	< 0,0004
	09/07	6,9	1490	31,7	b.d.	0,002	0,094	< 0,0005	< 0,004	< 0,007	< 0,0004
	11/07	7,4	2340	47,8	b.d.	0,002	0,068	< 0,0005	< 0,004	< 0,007	< 0,0004
	03/08	6,2	475	46,7	b.d.	0,002	0,130	< 0,0005	< 0,004	< 0,007	< 0,0004
	06/08	6,4	490	38	b.d.	0,002	0,100	< 0,0005	< 0,004	< 0,007	< 0,0004
	05/11	6,66	490	25	< 0,002	< 0,010	< 0,050	< 0,030	< 0,050	< 0,1	< 0,005
	07/11	6,59	784	28	< 0,002	< 0,010	< 0,050	< 0,030	< 0,050	< 0,1	< 0,005
	11/11	6,78	680	40	< 0,002	< 0,010	< 0,050	< 0,030	< 0,050	< 0,1	< 0,005
	01/12	6,84	677	40	< 0,002	< 0,010	0,060	< 0,030	< 0,050	< 0,1	< 0,005

Tabela 2. Podstawowe dane statystyczne parametrów wody**Table 2.** Basic statistics of water parameters

Numer piezometru	1			2			3		
Parametr	Odczyn	PWE [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]	OWO [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]	Odczyn	PWE [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]	OWO [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]	Odczyn	PWE [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]	OWO [$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$]
Minimum	6,1	88	2,3	6,9	604	4,3	6,2	232	16
Maksimum	6,9	273	7,0	7,3	975	13,0	7,4	1490	62,2
Średnia	6,6	151	4,65	7,0	701,2	7,6	6,7	832,2	37,5
Odchylenie standardowe	0,28	54	1,80	0,19	182,6	3,83	0,11	624,1	13,1
Mediana	6,55	254,5	30,3	6,95	613	6,50	6,72	670,5	39,0

Tabela 3. Średnie miesięczne opady atmosferyczne w rejonie badań**Table 3.** Mean monthly precipitations in examination region

Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Suma roczna opadów
	Opad w milimetrach												
2000	34	25	46	32	9	36	88	56	30	3	63	31	453
2004	23	54	31	32	74	62	95	118	17	34	41	38	619
2005	34	32	38	7	99	46	60	69	60	12	30	59	546
2007	95	31	21	25	74	45	134	61	41	30	35	13	602
2008	63	27	53	44	59	35	98	78	44	33	31	38	551
2010	33	29	30	32	110	108	124	126	114	24	81	36	851

Można stwierdzić, że przewodność wód z piezometrów 1-3 była najwyższa w okresie letnio-jesiennym. Wzrost przewodności zwykle oznacza dostanie się do wody substancji mineralnych z odpadów mineralnych deponowanych na składowisku, co zaznacza wyraźny wpływ tego składowiska na wartość tego wskaźnika.

Zdecydowanie większe wartości przewodności stwierdzono w wodach piezometru zlokalizowanego najbliżej składowiska, o których decydowały dopływające zanieczyszczenia antropogeniczne w wyniku egzotermicznych procesów rozkładu substancji organicznej [Wiater 2011].

Do parametrów sumarycznych powszechnie stosowanych do oceny stopnia zanieczyszczenia należy stężenie ogólnego węgla organicznego (OWO), które oznacza sumę węgla zawartego w związkach organicznych zawartych w odciekach i wodach podziemnych. Stężenie węgla organicznego w badanych wodach obniżało, jakość badanych wód.

Badane wody z piezometru 3 zaliczono do V klasy, jakości wody, a z piezometru 1 do klasy I i II jakości wody. Najwięcej węgla przedostało się do wód piezometru 3 (tab. 2), najbliższej zlokalizowanego nie tylko od składowiska, ale również od zbiornika na odcieki, z którego bardzo często przez pokrywą przelewają się odcieki na pobliskie piaskowo-żwirowe grunty (bez uszczelnienia).

W wodach z piezometru 2 wartości OWO wahały się między $4,3 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (maj 2011), a $13 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (styczeń 2012). Wyraźnie widać dużą różnicę stężenia OWO w wodach z poszczególnych piezometrów, co spowodowane było między innymi odległością między piezometrami (między piezometrem 2 i piezometrem 3 jest to 159 metrów) oraz wysokością ich położenia (piezometr 1 leży w najwyższym punkcie).

Stężenie OWO w badanych wodach z piezometrów 1-3 jest różnorodne (tab. 1) i wskazuje na wpływ deponowanych odpadów na składowisku w miejscowości Zastocze na stan zanieczyszczenia wód podziemnych. Oddziaływanie składowiska uwidacznia się wyraźnie w zwiększonych stężeniach węgla w wodach piezometrów 2 i 3 zlokalizowanych na wypływie. Obniżenie stężenia węgla w badanych wodach wraz ze wzrostem odległości od składowiska świadczy o roli infiltracyjnej gleby na ich zatrzymywanie [Tipping, Woof 1991].

Suma wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w badanych wodach w całym okresie badawczym 2011-2012 była niższa niż graniczna wartość dla I klasy wód podziemnych, w związku z powyższym zaliczone one zostały do I klasy.

Stężenie metali ciężkich w wodach podziemnych z piezometrów 1-3 w większości przypadków przekraczały normy dla I klasy jakości wód podziemnych.

Stężenie cynku wód z piezometru 3 było podwyższone kilkukrotnie przez cały badany okres badawczy (II klasa), natomiast wody z piezometrów 1 i 2 nie przekraczały normy I klasy, w całym okresie monitoringu.

Stężenie chromu przekraczało stężenie graniczne dla klasy I jakości wód tylko w badanych wodach z piezometru 3 od maja 2011 roku do stycznia 2012 roku.

Największe stężenia metali ciężkich stwierdzono w wodach z piezometru 3 w przypadku kadmu i rtęci (klasa V), w wodach z piezometru 1 – miedzi (klasa III), a w wodach z piezometru 2 w przypadku ołowiu (klasa III). Podwyższone stężenia kadmu w wodach z piezometru 1 (najwyżej położonego), klasyfikujące te wody do III i V wskazuje na stosowanie nawozów fosforowych na terenach uprawnych stanowiących ponad 80% powierzchni gminy. Właśnie nawozy fosforowe są ważnym źródłem kadmu w glebie, z której na skutek infiltracji kadm charakteryzujący się dużą mobilnością migruje do wód podziemnych.

Można więc stwierdzić, że składowisko odpadów pod względem badanej zawartości metali ciężkich w wodach podziemnych wpływa znacząco na ich jakość.

Stężenia niektórych metali ciężkich zmieniają się w zależności od fazy. W fazie kwaśnej, przy niskich wartościach odczynu, wpływających na zwiększenie rozpuszczalności metali w wodzie występują najwyższe stężenia metali. Wraz ze wzrostem wartości odczynu stężenia te się obniżają. Jednocześnie, nie stwierdzono istotnych różnic w stężeniach takich metali jak kadm, chrom, miedź, nikiel, arsen, ołów w odciekach pomiędzy fazą kwaśną i metanową. Różnica taka występuje jedynie w przypadku cynku [Ehrig 1980, Kruse 1994].

Taka sytuacja miała najczęściej miejsce w przypadku składowania odpadów komunalnych bez zastosowanego uszczelnienia niecki [Szymański 1995]. Jednocześnie w omawianych badaniach zanieczyszczenie wód podziemnych zmniejszało się wyraźnie wraz ze wzrostem odległości od krawędzi składowiska

Istotny wpływ na jakość wód podziemnych w pobliżu analizowanego składowiska odpadów, miały wylewające się odcieki ze zbiornika magazynującego oraz spływy powierzchniowe, wymywające zanieczyszczenia ze zdeponowanych odpadów, występujące w trakcie opadów atmosferycznych, rozlewające się po nie uszczelnionym terenie wokół składowiska na skutek braku rowów opaskowych. Potwierdzeniem takiego stwierdzenia jest fakt wzrostu zanieczyszczenia wód podziemnych w drugiej połowie 2007 roku (tab. 1) – po odnotowanych silnych nawałnicach burzowych, które przeszły nad województwem podlaskim w lipcu 2007 roku, kiedy to miesięczne opady atmosferyczne były najwyższe w ostatnim 10-leciu i wynosiły 134 mm (tab. 2).

WNIOSKI

1. W analizowanym okresie badawczym, stwierdzono negatywny wpływ uszczelnionej geomembraną składowiska odpadów komunalnych X na wody podziemne.
2. Jakość wód podziemnych na badanym terenie jest zróżnicowana w zależności od punktu badawczego (piezometru). Wody w piezometrze położonym w najniższym punkcie komory składowej charakteryzowały się najwyższymi stężeniami badanych zanieczyszczeń.
3. Przyczyną uwolnień zanieczyszczeń do wód podziemnych może być nieszczelność geomembrany, wynikająca z niedokładności wykonanych połączeń lub jej uszkodzenia w trakcie eksploatacji, brak rowów opaskowych oraz niesystematyczny wywóz odcieków, co powoduje wypływanie odcieków ze zbiornika przez górną pokrywę na tereny w otoczeniu składowiska. Sprzyja to infiltracji odcieków do wód podziemnych poza niecką składowiska, szczególnie po obfitych opadach atmosferycznych.

PIŚMIENNICTWO

- Bilitewski B., Hadtke G., Klaus M. 2006. Podręcznik gospodarki odpadami, teoria i praktyka. Warszawa: Wydawnictwo Seidel-Przywecki: ss. 200.
- Ehrig H. J. 1980. Beitrag zum quantitativen und qualitativen Wasserhaushalt von Mülldeponien, Veröffentlichungen des Institutes für Stadtbauwesen der TU Braunschweig, 2. erweiterte Auflage, 26.
- Jagiello E. 2003. Zanieczyszczenia wód podziemnych przez składowisko odpadów komunalnych Swojczyce. Inżynieria Ekologiczna, 9: 138-144.
- Klimek A., Wysokiński L., Zawadzka-Kos M., Osęka M., Chrząszcz J. 2010. Poradnik metodyczny w zakresie PRTR dla składowisk odpadów komunalnych. Warszawa: ss. 63.
- Koc-Jurczyk J., Różak J. 2011. Skład odcieków pochodzących z rekultywowanego składowiska odpadów komunalnych. Inżynieria Ekologiczna, 27: 72-80.

- Kruse K. 1994. Langfristiges Emissionsgeschehen von Siedlungsabfalldeponien. In: Veröffentlichungen des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft, TU Braunschweig, 54.
- Plan zabudowy i zagospodarowania terenu dla gminy Krypno. 2006. (maszynopis): ss. 32.
- Przegląd Ekologiczny Składowiska Odpadów dla Gminy Krypno, Mońki 2004 (maszynopis): ss. 52.
- Projekt techniczny budowy składowiska dla Gminy Krypno. 1997. (maszynopis): ss. 12.
- Stepniak S. 2001. Charakterystyka ilościowo-jakościowa odcieków ze składowiska odpadów komunalnych. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów*, 35(2): 63–66.
- Szpadt R. 2006. Usuwanie i oczyszczanie odcieków ze składowisk odpadów komunalnych. *Przegląd Komunalny*, 12: 60–66.
- Szyc J. 2003. Odcieki ze składowisk odpadów komunalnych: monografia. Wyd. IOŚ. Warszawa: ss. 93.
- Szymański K. 1995. Ocena zanieczyszczeń wód podziemnych. Koszalin. ISBN 83-86123-26-5: ss. 159.
- Szyszkowski P. 1998. Wpływ wysypiska odpadów komunalnych w Swojcu na zanieczyszczenie wód podziemnych na terenie przyległym. *Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu*, 349: 209-231.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 roku w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych. Dz.U. 2008 nr 143, poz. 896.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 roku w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów. Dz. U. 2002, nr 220, poz. 1858 z późn. zm.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2009 roku w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych Dz. U. 2009, nr 81, poz. 685.
- Tipping E., Woof C. 1991. The distribution of humanic substances between the solid and aqueous phases of acid organic soils, a description based on humanic heterogeneity and charge. *J. Soil Sci.*, 42: 437-448.
- Wiater J. 2011. Wpływ składowisk odpadów komunalnych na jakość wód podziemnych i własności gleb. *Inżynieria Ekologiczna* 26: 133-146.
- Wiercik P., Szymańska-Pulikowska A. 2010. Wpływ składowiska odpadów komunalnych w Wojcyszach na jakość wód podziemnych. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich. Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie*, 8/2: 151-162.

INFLUENCE OF MUNICIPAL LANDFILL SITE ON THE GROUND WATER QUALITY

Abstract. The aim of conducted researches was the assessment of municipal landfill site on the environment of groundwaters. Assessment of groundwater in the area sealed the landfill was performed on the basis of studies and monitoring derived from the Commune Office in the period 2006-2008 and 2011-2012. In groundwater flowing out behind the dumping ground an increase of analysed pollutants concentration was observed: pH, electrolytic conductivity, total organic carbon (TOC), PAH and determination of heavy metals like zinc (Zn), copper (Cu), lead (Pb), cadmium (Cd), chromium (Cr) and mercury (Hg). The modern waste disposal site X having cleavage in the form of geomembrane, doesn't limit the outflow of wastes to the groundwaters.

Keywords: municipal landfill site, basal sealing, groundwater, quality.