

mgr Marzena Nowakowska*, **

* Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Szczecinie
ul. Tama Pomorzańska 13a, 70-030 Szczecin

** Instytut Geologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
ul. Maków Polnych 16, 61-606 Poznań

* Regional Board of Water Management in Szczecin

** Institute of Geological, Adam Mickiewicz University in Poznań

**WPLYW WÓD POWIERZCHNIOWYCH NA
ZANIECZYSZCZENIE WÓD PODZIEMNYCH
W REJONIE NIECZYNNEGO SKŁADOWISKA ODPADÓW
KOMUNALNYCH W SIERAKOWIE**
SURFACE WATERS INFLUENCE ON GROUNDWATERS
CONTAMINATION NEARBY CLOSED MUNICIPAL WASTE LANDFILL
IN SIERAKOWO

Streszczenie

Nieczynne składowisko odpadów komunalnych w Sierakowie eksploatowano nieco ponad trzydzieści lat, a jego początki sięgają roku 1974, gdy rozpoczęto deponowanie odpadów w wyrobiskach byłej żwirowni. Położone jest w strefie zboczowej zaburzonej glaciektonicznie plejstocenijskiej wysoczyzny morenowej, gdzie wśród słaboprzepuszczalnych glin oraz ilów występują serie piaszczysto-żwirowe. Taka budowa geologiczna stwarza skomplikowane warunki migracji zanieczyszczeń. Składowisko, jako jedno z nielicznych, od początku istnienia zostało objęte monitoringiem wód podziemnych, sukcesywnie poszerzanym wraz z rozbudową o nowe kwatery. Obserwacjom poddane są także wody powierzchniowe: przepływający pomiędzy kwaterami niewielki ciek, zwany Strumieniem Północnym oraz staw rybny.

Istotną rolę w migracji zanieczyszczeń ze składowiska odpadów spełniają wody powierzchniowe. Badania monitoringowe wykazują najbardziej wyraźne oddziaływanie składowiska na wody stawu rybnego, poniżej północnej kwatery. Dopływ zanieczyszczeń dodatkowo ułatwia występująca tu dolina Suchego Parowu, gdzie obserwuje się stagnujące, silnie zanieczyszczone wody. Dalsza migracja zanieczyszczeń postępuje wraz z wodami Strumienia Północnego, którego wody infiltrują do wód podziemnych w obrębie lokalnego obniżenia. Wody podziemne w tym rejonie charakteryzują się wyższym stopieniem zawartości azotu amonowego, chlorków oraz przewodności elektrolitycznej.

Abstract

Closed municipal waste landfill in Sierakowo was exploited for over 30 years, since the deposition of waste in post-gravel pit excavation in 1974. It is situated among pleistocene moraine upland

slope glaciectonically disrupted, where between slightly permeable tills and clays are located sand-gravel layers. This kind of geological structure creates complicated conditions for migration of water contaminants. Landfill, as one of the few, was taken from the beginning under the permanent monitoring of groundwater, successively increasing along with the development of new quarters. Another object of observations is surface waters: a small creek flowing between quarters called Strumień Północny and a fish pond. Important role in the migration of contaminants from the landfill fulfill surface waters. Monitoring studies show the most distinct impact is on the water storage in fish pond, below the northern quarter. Input of pollutants is additionally easier due to the Suchy Parów valley, where occurs stagnating, heavy contaminated water. Further migration of pollutants continue along waters of the Strumień Północny, which infiltrates into the groundwaters in the area of local reduction. This situation influences on the groundwaters chemism, where amount of ammonia nitrogen, chlorides and electrolytical conductivity of water increases.

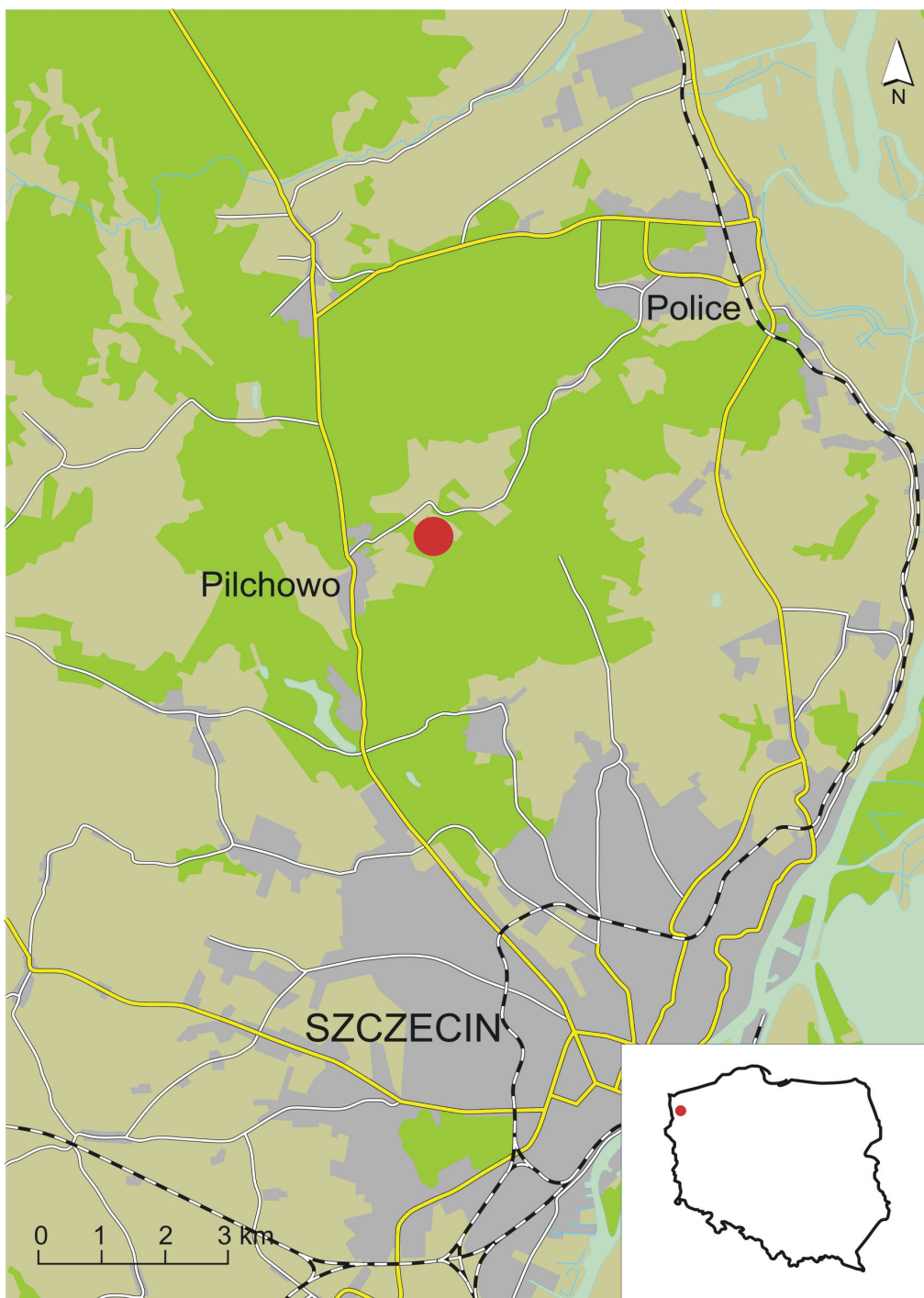
1. WSTĘP

Składowisko odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Sierakowie eksploatowano od 1974 roku przez blisko 30 lat, prowadząc przy tym monitoring wód podziemnych. Składowisko zlokalizowano w wyrobiskach żwirowni, w obrębie plejstocenijskiej wysoczyzny morenowej, co przy obecności zaburzeń glaciectonicznych stwarza skomplikowane warunki migracji zanieczyszczeń. Obserwacje wskazują na uprzywilejowaną drogę migracji zanieczyszczeń poprzez wody powierzchniowe, co jest przedmiotem niniejszego opracowania. Problem ten stanowi jedno z zagadnień analizowanych w pracy magisterskiej pisanej w Zakładzie Hydrogeologii i Ochrony Wód Instytutu Geologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.

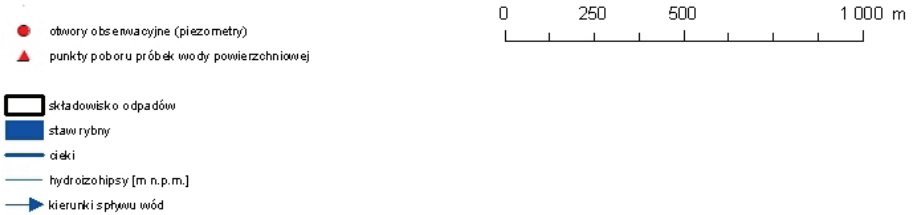
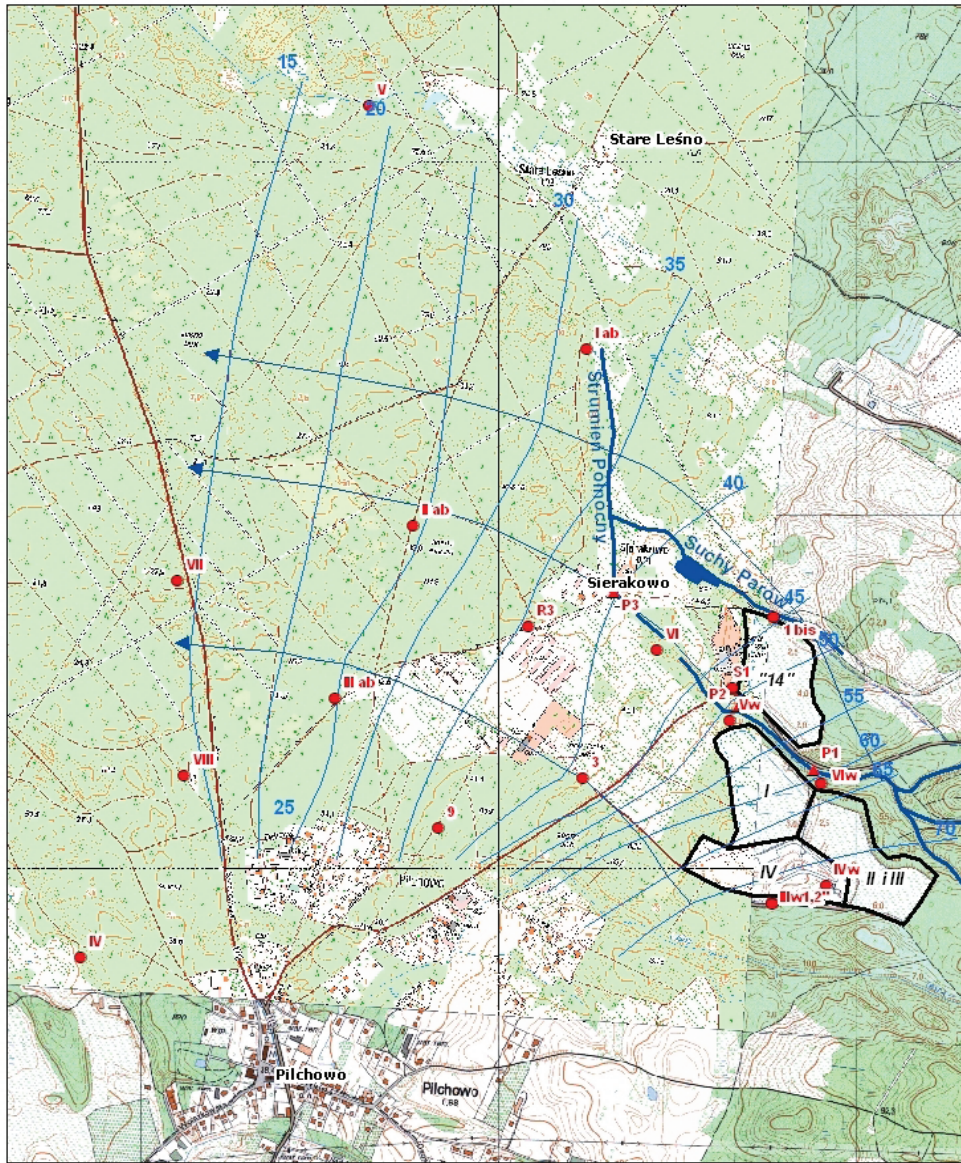
2. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

2.1. Lokalizacja składowiska oraz etapy eksploatacji

Obszar badań położony jest w obrębie Wzniesień Szczecińskich Pobrzeża Szczecińskiego [6]. Składowisko odpadów zlokalizowane jest w wyrobiskach żwirowni nieopodal zabudowań wsi Sierakowo, po obu stronach szosy z Pilchowa do Leśna Górnego, na północ od Szczecina (rys. 1). Składa się z 5 kwater eksploatowanych naprzemiennie w latach od 1974 do 2005 roku. Wpierw rozpoczęto eksploatację kwaterę I wypełniając odpadami południowe wyrobisko żwirowni (rys. 2). W 1986 roku uruchomiono kwaterę w miejscu północnego wyrobiska, tak zwaną kwaterę „14”, eksploatowaną do roku 1992. Obie te kwaterę posiadają jedynie naturalne uszczelnienie dna i obecnie są zrehabilitowane. Kolejne kwaterę: II, III i IV zabezpieczone są ekranem z folii z systemem drenażu podfoliowego i nadfoliowego, a ich eksploatację prowadzono w latach 1995-2005. Kwaterę te obecnie są poddawane rekultywacji.



Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań



Rys. 2. Mapa dokumentacyjna obszaru badań

Jeszcze przed rozpoczęciem eksploatacji podjęto próbę rozpoznania warunków hydrogeologicznych, czego efektem jest sporządzona mapa hydroizohips oraz wyznaczenie kierunku spływu wód podziemnych. Wykonano także analizy chemiczne, stanowiące dziś tło hydrochemiczne [3]. W trakcie eksploatacji utworzono stały monitoring wód podziemnych, w pierw obejmujący kierunek na linii od składowiska do ujęcia wód podziemnych w miejscowości Pilchowo, w celu oceny zagrożenia ujęcia wody podziemnej w Pilchowie ze strony składowiska [8]. Wraz z rozbudową składowiska o nowe kwatery rozszerzano monitoring wód, kierując obserwacje na północny zachód, zgodnie ze spływem wód podziemnych. Rozmieszczenie otworów obserwacyjnych przedstawiono na rysunku 2.

2.2. Geomorfologia i hydrografia w rejonie składowiska

Badany rejon obejmuje północno-zachodni skłon Wzgórz Warszawskich. Jest to plejstoceńska wysoczyzna o spłaszczonej powierzchni zmodyfikowanej przez procesy erozji wodnolodowcowej, denudacji oraz akumulacji eolicznej. Krawędzie strukturalne są mniej wyraźne, gdyż procesy denudacji w różnym stopniu oddziaływały na osady podłoża. Tutaj także rozwijają się formy pochodzenia rzecznego. Dolinki, parowy i młode rozcięcia erozyjne uchodzą do większych dolinek rozwiniętych na stokach wysoczyzny. Są to zwykle formy niewielkie, wysokość zboczy nie przekracza kilku metrów [12]. Tę część Wzgórz Warszawskich od północy i północnego-zachodu otacza tarasa kemowa o niezbyt wyrównanej powierzchni, urozmaicona dodatkowo wydrami, wytopiskami i rozcięciami dolinek [5].

Pomiędzy kwaterami składowiska przepływa niewielki ciek zwany Strumieniem Północnym. W pobliżu północnej kwatery składowiska występuje Suchy Parów, w którym okresowo pojawiają się wody opadowe. W jego odcinku ujściowym położony jest staw rybny, dający początek niewielkiemu ciekowi łączącemu się nieopodal z wodami Strumienia Północnego, który infiltruje swe wody w rejonie lokalnego obniżenia na północ od składowiska.

2.3. Warunki geologiczne i hydrogeologiczne

Budowa geologiczna w rejonie wysypiska jest bardzo skomplikowana. Jest to obszar zaburzonej glacitektonicznie moreny czołowej, gdzie przemieszane utwory różnego typu uniemożliwiają interpretację geologiczną i hydrogeologiczną. W budowie geologicznej Wzgórz Warszawskich występują głównie słaboprzepuszczalne gliny zwałowe wieku plejstoceńskiego oraz porwaki ilów mioceńskich. W ich obrębie występują nieregularnie rozmieszczone serie piaszczysto-zwirowe [3, 8, 12].

Składowisko odpadów położone jest w strefie krawędziowej Wzgórz Warszawskich. W partii przypowierzchniowej występują głównie gliny zwałowe,

przewarstwione seriami piaszczystymi. Jedna z takich warstw, której strop występuje na ok. 20 m może mieć kontakt z utworami piaszczystymi rynny pilchowskiej, gdzie zlokalizowane jest ujęcie wody dla miasta Szczecina. Wykonane otwory w rejonie składowiska wskazują na występowanie w podłożu słaboprzepuszczalnych utworów we wschodniej i południowej części badanego obszaru. Natomiast w kierunku północnym i północno-zachodnim pojawiają się dodatkowo serie piaszczysto-żwirowe w obrębie glin i ilów. Piaszczyste osady występują także przy powierzchni w dolinach cieków, które występują w rejonie kwatery północnej składowiska. Osady aluwialne doliny cieku, przepływającego w rejonie kwatery północnej i dalej w kierunku Leśna Starego, mogą mieć połączenie z warstwą podglinową i dalej z utworami rynny pilchowskiej [1].

Obszar badań wg podziału na jednostki hydrogeologiczne [11] mieści się w rejonie pomorskim makroregionu północno-zachodniego. Na całym obszarze występuje jedno, czwartorzędowe piętro wodonośne, o charakterze użytkowym. W jego obrębie występują poziomy wodonośne [10]: przypowierzchniowy oraz międzyglinowy i podglinowy, mające znaczenie na terenie badań, a także poziom związany z kopalną doliną Pilchowa (rynna Pilchowa) na zachód od obszaru badań.

Przypowierzchniowy poziom wodonośny występuje płytko, na głębokości kilku metrów. Brak jest izolacji poziomu osadami słabo przepuszczalnymi, stąd jego zasilanie odbywa się poprzez infiltrację opadów atmosferycznych.

Od skłonu Wzgórz Warszawskich aż do Tanowa rozpościera się międzyglinowy poziom wodonośny, który w obrębie wzgórz ma kontakt z poziomem przypowierzchniowym. Występuje on pod gliną zwałową na głębokości 27-29 m p.p.t., posiada miąższość przeważnie kilkanaście metrów i zasilany jest na drodze przesiąkania z poziomu przypowierzchniowego poprzez nadkład piaszczystych glin zwałowych oraz z dopływu bocznego z Wzgórz Warszawskich w obszarze do nich przylegającym [10].

Podglinowy poziom wodonośny występuje na znacznych głębokościach (poniżej 50 m p.p.t oraz poniżej 100 m p.p.t.) w rejonie Wzgórz Warszawskich i dalej ku północy.

3. METODYKA BADAŃ

Monitoring wód podziemnych prowadzony jest w oparciu o otwory obserwacyjne wykonywane sukcesywnie w miarę rozbudowy składowiska. Pobór próbek do analiz chemicznych następuje także z cieków powierzchniowych, powyżej i poniżej składowiska oraz dodatkowo ze stawu rybnego.

Zgromadzone materiały archiwalne dostarczają wiedzy na temat składu chemicznego wód między innymi w zakresie zawartości chlorków, siarczanów, związków azotu i metali ciężkich. Od roku 2003 oznaczeniom podlegają jedynie: metale ciężkie (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Hg), ogólny węgiel organiczny

(OWO), suma wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) oraz przewodność elektrolityczna właściwa (PEW), zgodnie z obowiązującymi uregulowaniami prawnymi [15]. Ze względu na zmiany zakresu badanych parametrów napotkano na pewne trudności w porównaniu wyników analiz dla dotychczasowego monitoringu. Jednakże podjęto próbę porównania zawartości wybranych parametrów dla stawu rybnego oraz oddalonych o około 1 kilometr piezometrów Ia i Ib, położonych w obrębie lokalnego obniżenia, gdzie wody Strumienia Północnego infiltrują.

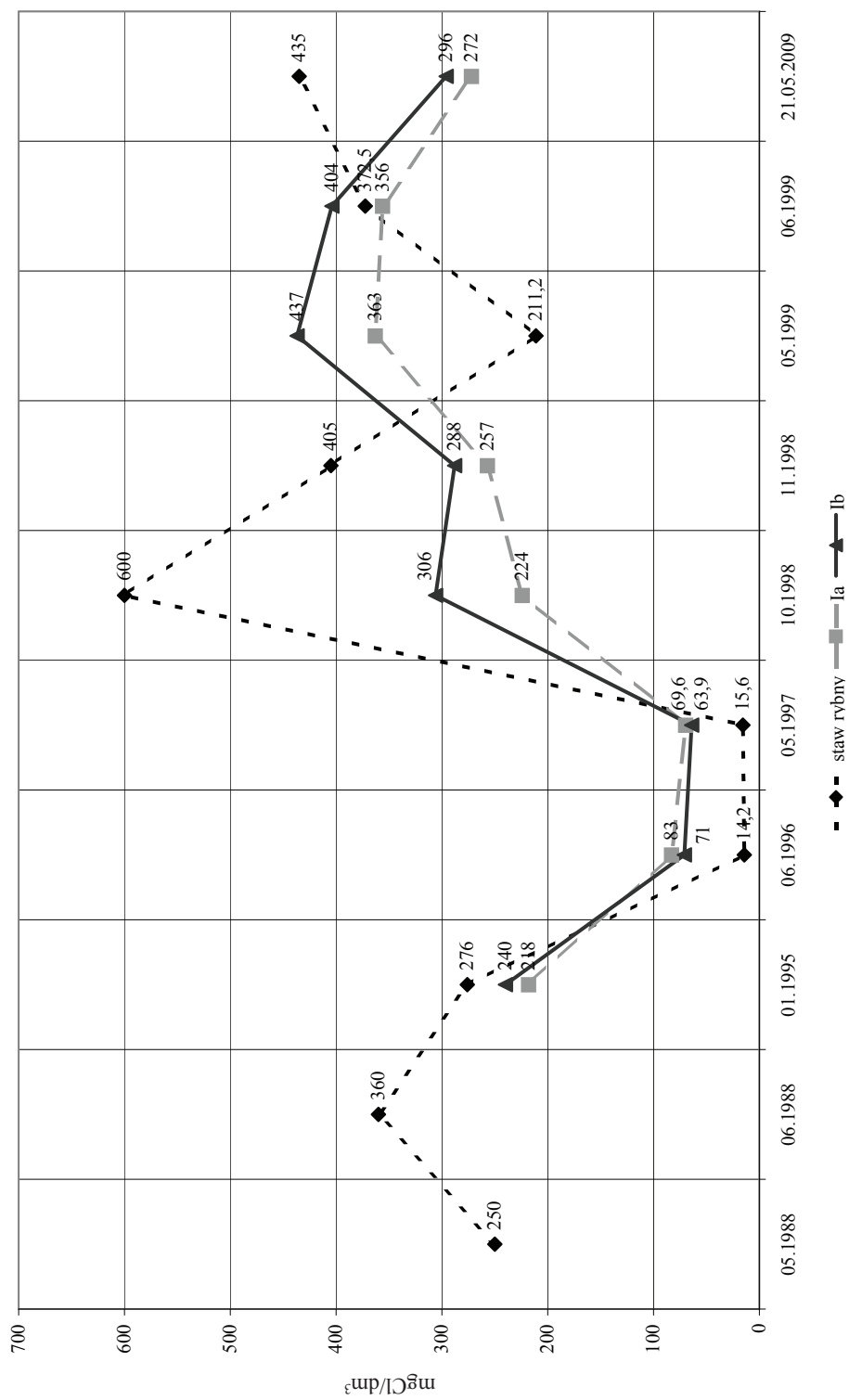
Zebrane dane archiwalne uzupełniono o obserwacje terenowe, między innymi kartowanie cieków, identyfikację punktów skażeń wód oraz pobór próbek wody do oznaczenia chlorków.

4. WYNIKI BADAŃ ORAZ DYSKUSJA

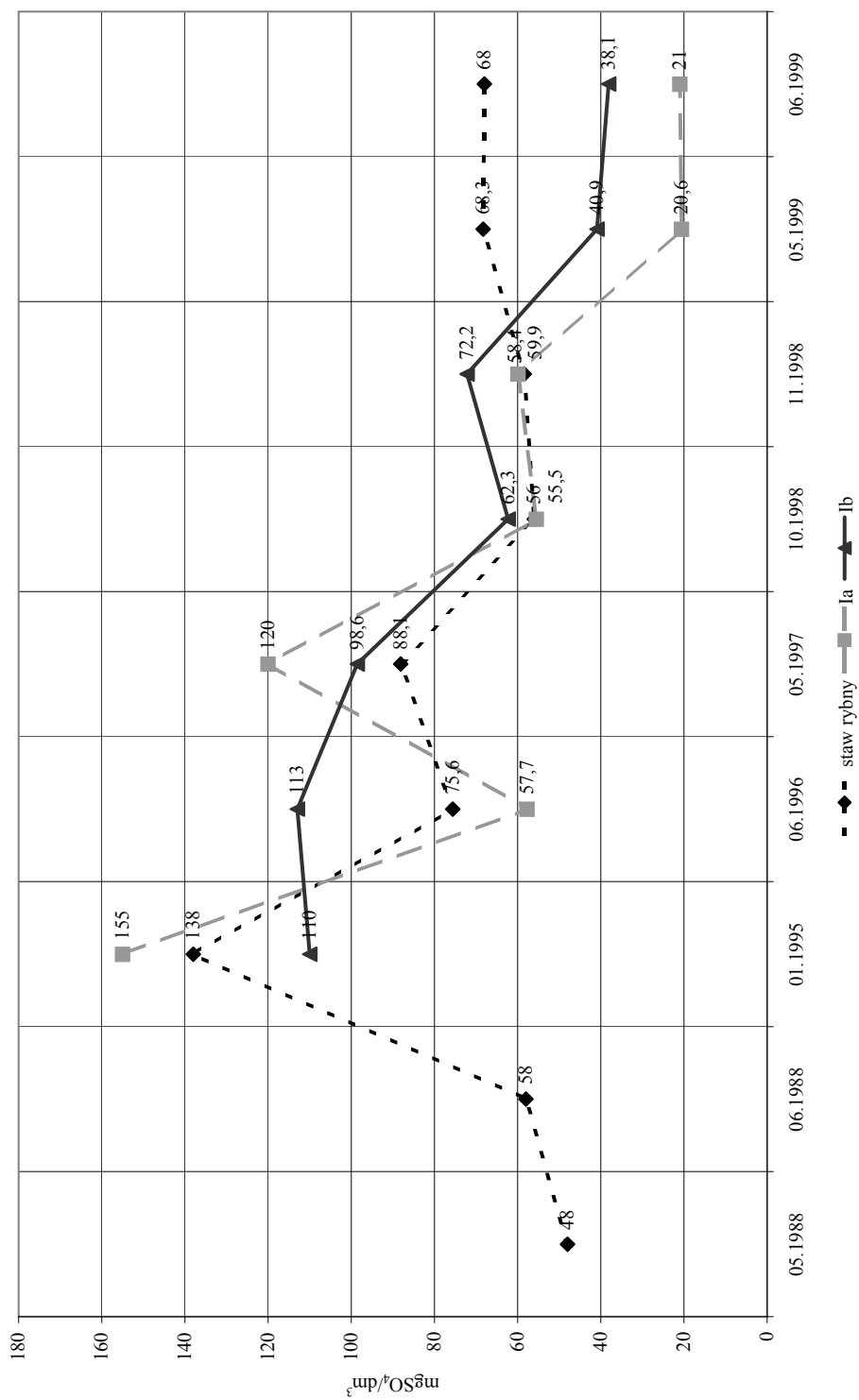
Ocenę wpływu składowiska odpadów w Sierakowie na wody podziemne oparto o archiwalne dane monitoringu wód stawu rybnego oraz piezometrów Ia i Ib, w celu zobrazowania wpływu zanieczyszczonych wód powierzchniowych na chemizm wód podziemnych [7, 10, 17]. Obserwacje prowadzono także w piezometrach położonych w bezpośrednim sąsiedztwie kwatery północnej: przy ujściu Suchego Parowu (otwór 1 i 1bis) oraz w środkowym odcinku Strumienia Północnego (otwór VI). Zmiany stężenia chlorków, siarczanów, azotu amonowego oraz przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW) – parametrów wskaźnikowych zanieczyszczeń antropogenicznych przedstawiono na poniższych wykresach.

Do wód podziemnych chlorki dostają się również wraz z zanieczyszczeniami antropogenicznymi, charakteryzując się przy tym łatwością migracji [9]. Dla obszaru badań zestawiono dane monitoringu z lat 1988-2009. Porównując zawartość chlorków w wodzie stawu rybnego oraz otworów obserwacyjnych Ia i Ib daje się zauważyć podobny przebieg linii wykresów dla tych punktów. Co więcej, nagły spadek chlorków w wodzie stawu rybnego w latach 1996-1997 znajduje odzwierciedlenie w jakości wody podziemnej ujmowanej przez otwory obserwacyjne. Można ten moment wiązać z wykonanymi wówczas pracami geotechnicznymi obwałowania północnej kwatery, co zapewne przyczyniło się do ograniczenia migracji zanieczyszczeń do Suchego Parowu i dalej do wód stawu rybnego [2].

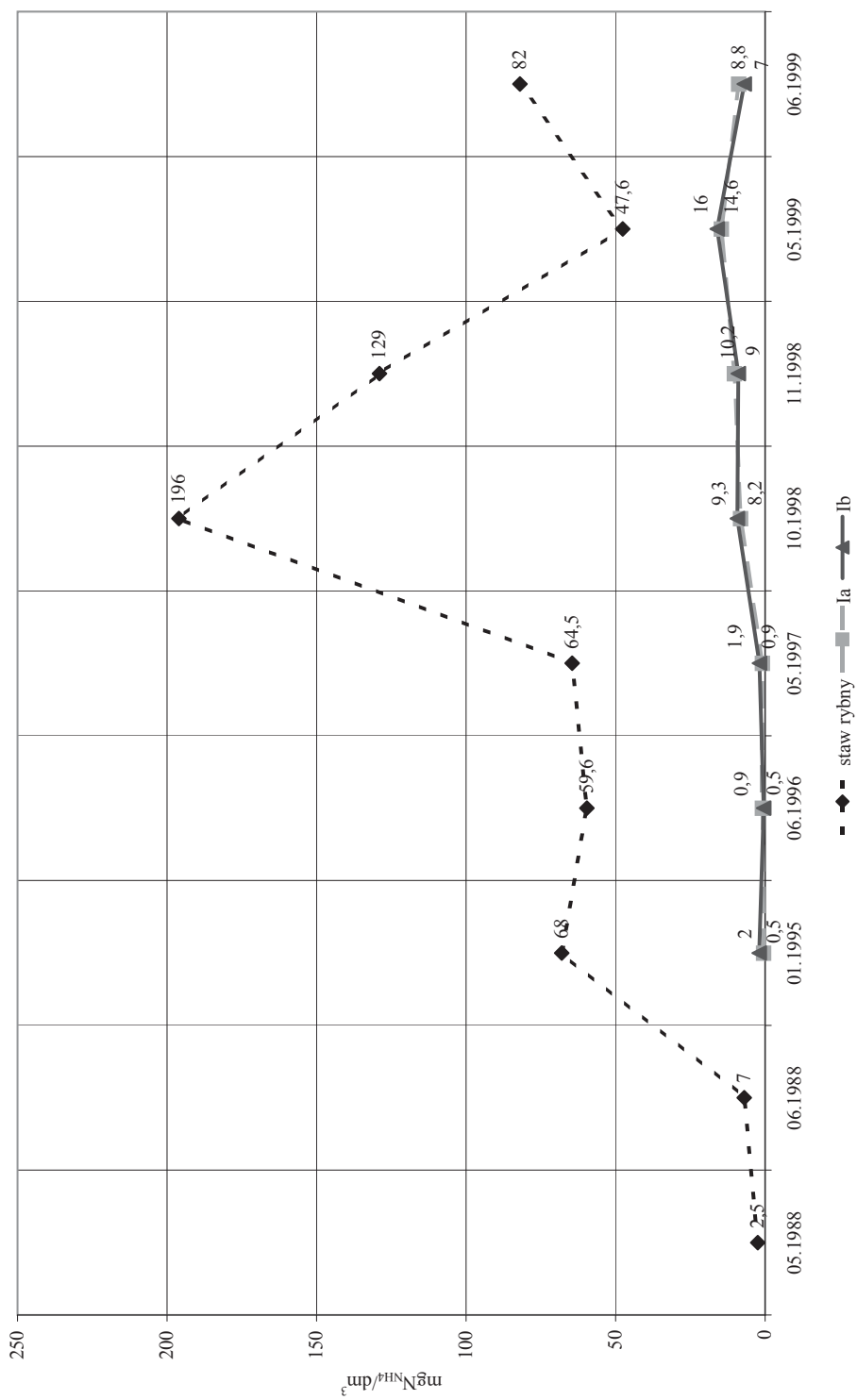
Siarczany pochodzenia antropogenicznego mogą przenikać do wód bezpośrednio, jako ścieki przemysłowe i gospodarcze oraz w wyniku ługowania odpadów stałych [9]. Wody na obecność siarczanów na badanym obszarze przeanalizowano w podobnym przedziale czasu jak dla chlorków, to jest dla lat 1988-2009. Zawartość siarczanów waha się w granicach 155 mg/dm^3 w 1988 roku do 21 mg/dm^3 w 2009 roku, przy zachowaniu trendu spadkowego dla wszystkich punktów badawczych.



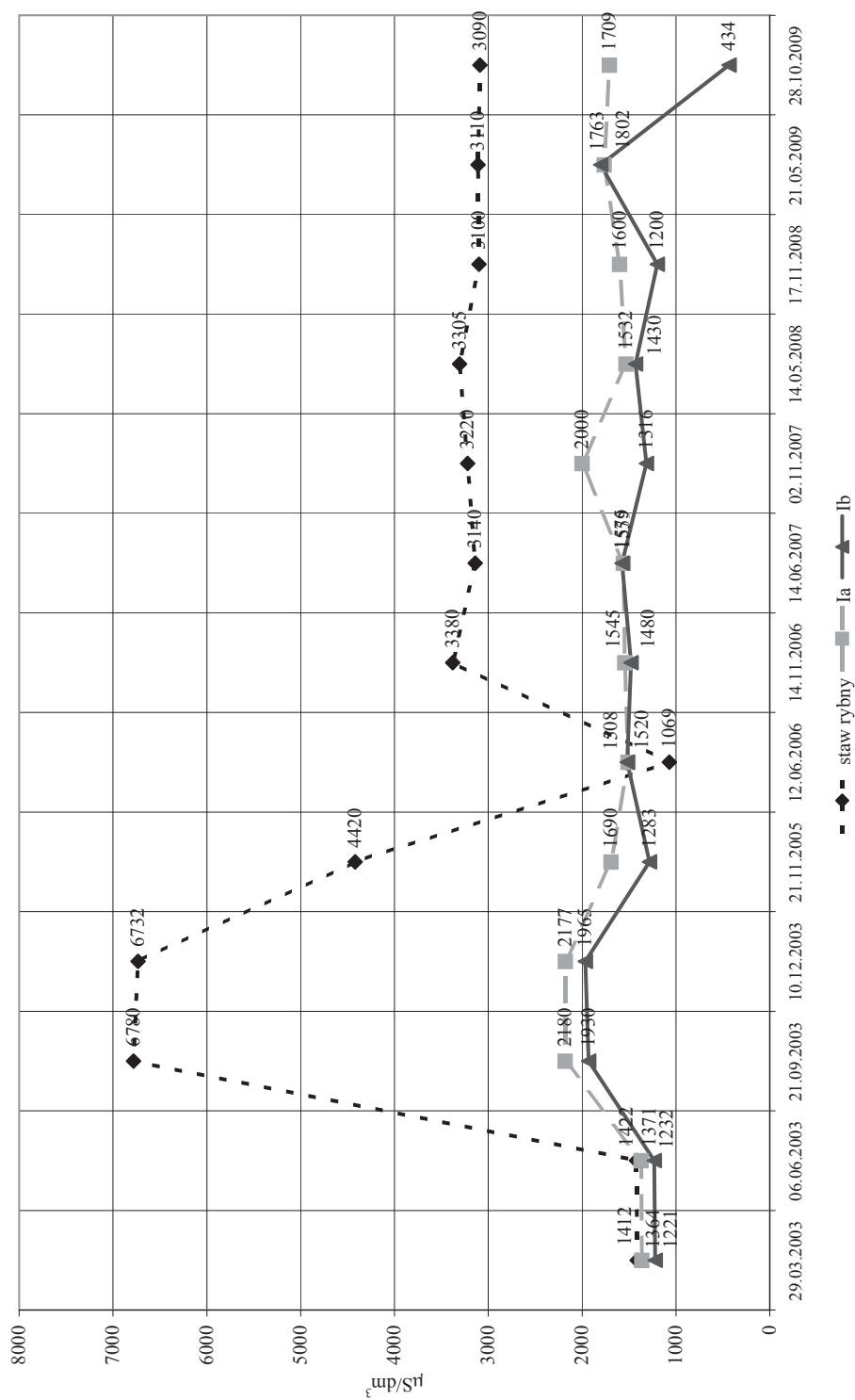
Rys. 3. Porównanie zawartości chlorków w otworach obserwacyjnych Ia i Ib oraz stawie rybnym



Rys. 4. Porównanie zawartości siarczanów w otworach obserwacyjnych Ia i Ib oraz stawie rybnym



Rys. 5. Porównanie zawartości azotu amonowego w otworach obserwacyjnych la i lb oraz stawie rybnym



Rys. 6. Porównanie przewodności elektrolitycznej właściwej w otworach obserwacyjnych Ia i Ib oraz stawie rybnym

Do roku 1999 badania monitoringowe obejmowały oznaczanie azotu amonowego, który charakteryzuje się wolniejszym tempem migracji. Obecność jonów amonowych w wodzie podziemnej świadczy o kontakcie z zanieczyszczeniami antropogenicznymi. Na załączonym wykresie nastąpił wzrost zawartości tego parametru w wodzie stawu rybnego nawet do $196 \text{ mgN}_{\text{NH}_4}/\text{dm}^3$ w 1998 roku. Pewien wzrost zawartości azotu amonowego obserwuje się także w otworach Ia i Ib. Obawy budzi jednak samo pojawienie się jonów amonowych w wodach podziemnych.

Przewodność elektrolityczna właściwa (PEW) badana jest od 2003 roku. Jest to wskaźnik mówiący o wielkości mineralizacji wód, a zatem w przypadku obecności składowiska odpadów także o poziomie zanieczyszczenia. Charakterystycznym momentem jest nagły wzrost PEW w drugiej połowie roku 2003, co znajduje odzwierciedlenie również w otworach obserwacyjnych Ia i Ib. Wartości te osiągają ponad $6700 \text{ }\mu\text{S}/\text{dm}^3$, przekraczając tym samym normy jakości dla wód powierzchniowych [16].

Powyższe zestawienia nasuwają dwa ważne wnioski. Pierwszy jest potwierdzeniem wcześniej wykrytego przenikania zanieczyszczeń do cieków powierzchniowych drogą przepływu podziemnego przez północne obwałowania składowiska do Suchego Parowu. Podczas okresowych przepływów wód zanieczyszczenia te przedostają się do stawu rybnego [1]. Należy podkreślić, iż kwatera północna posiada naturalne przepuszczalne podłoże. Pewne ilości tych odcieków zaobserwowano także w 2009 i 2010 roku podczas wizji terenowych.

Zbieżność przebiegu przeprowadzonych porównań zawartości oznaczanych parametrów dla stawu rybnego oraz otworów obserwacyjnych Ia i Ib zlokalizowanych w pobliżu lokalnego obniżenia jest dowodem zaistniałego kontaktu wód powierzchniowych z wodami podziemnymi, zatem zachodzącej tu infiltracji wód Strumienia Północnego. Co więcej, zanieczyszczenie dociera również do głębszych warstw wodonośnych, ujmowanych przez otwór obserwacyjny Ib.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Błaszyk T., Górski J. 1993: Ocena wpływu na środowisko istniejących i projektowanych wysypisk komunalnych w rejonie Sierakowa k/Szczecina. IKS Sp. z o.o., Poznań.
- [2] Błaszyk T., Remisz W. 1997: Sprawozdanie z badań fizyczno-chemicznych wód podziemnych i powierzchniowych na sieci monitoringu lokalnego w rejonie składowiska odpadów komunalnych w Sierakowie k/Szczecina. Zakład Hydrogeologii UAM, Poznań.
- [3] Byczyński H., Piszcz A. 1969: Unieszkodliwianie odpadków miejskich metodą wysypisk kontrolowanych. Instytut Gospodarki Komunalnej, Poznań.
- [4] Byczyński H., Remisz W. 1983: Badania nad oddziaływaniem centralnego wysypiska w Sierakowie k/Szczecina na wody podziemne. Instytut Kształtowania Środowiska, Poznań.
- [5] Dobracka E. 1982: Objąsnienia do szczegółowej Mapy Geologicznej Polski. Arkusz Tanowo (189), 1:50 000, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- [6] Kondracki J. 2002: Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.

- [7] Kucharski A. i in. 1999: Opracowanie wyników badań monitoringowych zanieczyszczenia wód powierzchniowych i podziemnych w rejonie składowisk odpadów komunalnych w Sierakowie wykonanych w latach 1995-1997 i 1998-1999. Przedsiębiorstwo Realizacji Instalacji Ochrony Środowiska PROAT-SERVICE, Szczecin.
- [8] Kurpios K. 1979: Sprawozdanie z badań geologicznych w rejonie składowiska odpadów komunalnych dla m. Szczecina. Przedsiębiorstwo Zaopatrzenia Rolnictwa w Wodę „Wodrol”, Szczecin.
- [9] Macioszczyk A., Dobrzyński D. 2002: Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [10] Matkowska Zofia 1998: Objasnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50 000, arkusz Police (190). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- [11] Paczyński B. (red) 1993-1995: Atlas Hydrogeologiczny Polski 1:500 000. Państwowy Instytut Geologiczny Warszawa.
- [12] Piotrowicz H. 1989: Oddziaływanie centralnego wysypiska odpadów w Sierakowie k/Szczecina na wody podziemne. Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Poznań.
- [13] Piotrowski A. 1981: Objasnienia do szczegółowej Mapy Geologicznej Polski. Arkusz Dołuje (227), 1:50 000. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- [14] Piotrowski A. 1982: Objasnienia do szczegółowej Mapy Geologicznej Polski. Arkusz Police (190), 1:50 000. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- [15] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowiska odpadów (Dz. U. z 2002 r. Nr 220, poz. 1858).
- [16] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz. U. z 2008 r. Nr 143, poz. 896).
- [17] Wichowska A. 2008: Badania kontrolne środowiska w obrębie składowisk odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Kluczu i Sierakowie. Sprawozdanie z badań. Przedsiębiorstwo Geologiczne POLGEOL S.A., Warszawa.