

Dominika DĄBROWSKA*, Andrzej J. WITKOWSKI

ZMIENNOŚĆ CZASOWA WYBRANYCH WSKAŹNIKÓW ZANIECZYSZCZEŃ W WODACH PODZIEMNYCH W REJONIE NIECZYNNEGO SKŁADOWISKA ODPADÓW KOMUNALNYCH W TYCHACH-URBANOWICACH

Zespół składowisk odpadów komunalnych w Tychach-Urbanowicach składający się z czynnego i nieczynnego składowiska to obiekt będący zarówno potencjalnym i rzeczywistym ogniskiem zanieczyszczeń wód podziemnych. Zespół ten posiada w miarę dobrze rozwiniętą podwójną sieć monitoringu wód podziemnych. W rejonie omawianego obiektu występują dosyć proste warunki hydrogeologiczne, w tym leżący w podłożu odkryty i bardzo podatny na zanieczyszczenie czwartorzędowy poziom wodonośny co pozwala na wieloaspektowe badania nad negatywnym oddziaływaniem starych składowisk odpadów komunalnych na wody podziemne. Niniejszy artykuł prezentuje przebieg zmian wybranych wskaźników zanieczyszczeń w wodach podziemnych w rejonie nieczynnego składowiska w oparciu o dane z realizowanego w rejonie tych składowisk w latach 1995-2013 lokalnego monitoringu.

1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SKŁADOWISK

W skład badanego zespołu składowisk odpadów komunalnych w Tychach-Urbanowicach wchodzi składowisko nieczynne o uszczelnionym podłożu i zrehabilitowane, nowe składowisko oraz sortownia odpadów, system ujmowania i wykorzystywania gazu składowiskowego i budynek administracyjno-dydaktyczny zajmujące łączną powierzchnię 12,7 ha.

Nieczynne składowisko o powierzchni 3,5 ha istniało przed 1988 rokiem i pełniło funkcję składowiska odpadów budowlanych. W 1988 roku składowisko przekształcono w składowisko odpadów komunalnych miasta Tychy. Z uwagi na brak posiadania zabez-

* Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Uniwersytetu Śląskiego, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec, ddabrowska@us.edu.pl

pieczeń przed infiltracją zanieczyszczeń do wód podziemnych spowodowanym brakiem uszczelnienia podłoża, składowisko zostało zamknięte.

W 1994 r. wybudowano nowe składowisko (zlokalizowane ok. 15-25 m na wschód od starego składowiska). Budowę nowego składowiska, składającego się dwóch oddzielnych kwater, realizowano w dwóch etapach z wykorzystaniem różnych technik uszczelniania podłoża. Kwatera pierwsza (KW-1/1) oddana do użytku w 1994 roku wyposażona jest w system uszczelnień złożony z dwóch folii PEHD o grubości 1,5 mm każda, rozdzielonych 30 centymetrową warstwą piasku. System uszczelnień obejmuje również skarpy (warstwa piasku o grubości 10 cm oraz folia PEHD o grubości 1,5 mm). Kwatera ta posiada potrójny system drenażu: drenaż odcieków (nadfoliowy), drenaż międzyfoliowy oraz podfoliowy (w gruncie rodzimym).

W 1996 roku rozpoczęła się rekultywacja powierzchni nieczynnego składowiska. Wierzchowinę przykryto wyrównaną warstwą piasku, folią PEHD o grubości 1,5 mm i warstwą ziemi o grubości od 30 do 70 cm. Folia ta przykrywa skarpy składowiska na długość ok. 1 m. Czas rekultywacji starego składowiska trwał niespełna rok.

W 2004 roku została otwarta druga kwatera nowego składowiska (KW-1/2). Kwaterę o nieckowatym kształcie ukształtowano przez niwelację terenu i obwałowanie. Niecka pokryta jest kolejno od spodu warstwą bentonitu o grubości 6 mm, folią PEHD o grubości 2 mm, geowłókniną o gramaturze 800 g/m² i piaskową warstwą osłonowo-filtracyjną o grubości 40 cm. W obrębie tej kwatery działa system drenażu składający się z drenażu nadfoliowego (odcieków) i drenażu podfoliowego. Ujmowane odcieki odprowadzane są kolektorem do położonej na południe oczyszczalni ścieków. Obecnie obydwie kwatery są połączone w jedno nadpoziomowe składowisko [2].

2. BUDOWA GEOLOGICZNA I WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Zespół składowisk położony jest w centralnej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, w obrębie zapadliska przedkarpackiego. Profil geologiczny stanowią utwory karbonu, lokalnie triasu, trzeciorzędu (miocen) i czwartorzędu.

Karbon (warstw łaziskie) zbudowany z piaskowców oraz z mułowców stanowi podłoże dla osadów młodszych. Lokalnie na utworach karbonu zalegają wyerodowane fragmenty platformy Triasu Śląskiego. Osady trzeciorzędu tworzone są przez słabo-przepuszczalny kompleks ilasty z wkładkami gipsów, piaskowców i żwirów [5]. Osady czwartorzędowe występują tu w formie plejstoceńskich utworów akumulacji rzecznej i zastoiskowej i wykształcone są w postaci piasków różnoziarnistych o barwie żółtej do szarżółtej, niekiedy gliniastych i zwięzłych. Mniejsze znaczenie mają tu żwiry. Lokalnie pojawiają się także gliny piaszczyste i pylaste oraz pyły. Miąższość osadów czwartorzędowych waha się od 12,5 do 17m [7].

W rejonie opisywanego zespołu składowisk występują: piętro wodonośne czwartorzędu, triasu i karbonu. Ze względu na charakter pracy warte uwagi jest pierwsze z nich. Najbardziej narażona na czynniki zewnętrzne, czwartorzędowe piętro wodonośne jest odizolowane, od pozostałych, miąższym na ok. 80 m kompleksem słaboprzepuszczalnych utworów ilastych miocenu. Tworzy ono jeden poziom wodonośny związany z utworami piaszczysto-żwirowymi praktycznie niez izolowanymi od powierzchni terenu. Lokalnie poziom ten dzięki słaboprzepuszczalnym utworom gliniasto-ilastym rozdziela się na dwie warstwy pozostające w łączności hydraulicznej. Generalny przepływ wód podziemnych piętra czwartorzędowego odbywa się w kierunku południowym (rys. 1) a podstawę drenażu stanowi rzeka Gostynia.

Zwierciadło wody ma przeważnie charakter swobodny i zgodnie z wynikami pomiarów z 2013 roku, jest położone na głębokości od ok. 2 m ppt. (na północ od składowisk w rejonie piezometru P15) do ok. 8 m ppt. (w części południowej, w rejonie piezometru P80 [6]. Największą głębokość (ok. 11,5 m ppt) odnotowano w piezometrze P18 zlokalizowanym na wierzchowinie nieczynnego składowiska. Zwierciadło napięte występuje w rejonie piezometrów P1, P16 i P18, gdzie utwory gliniastopylaste rozdzielają poziom wodonośny czwartorzędu.

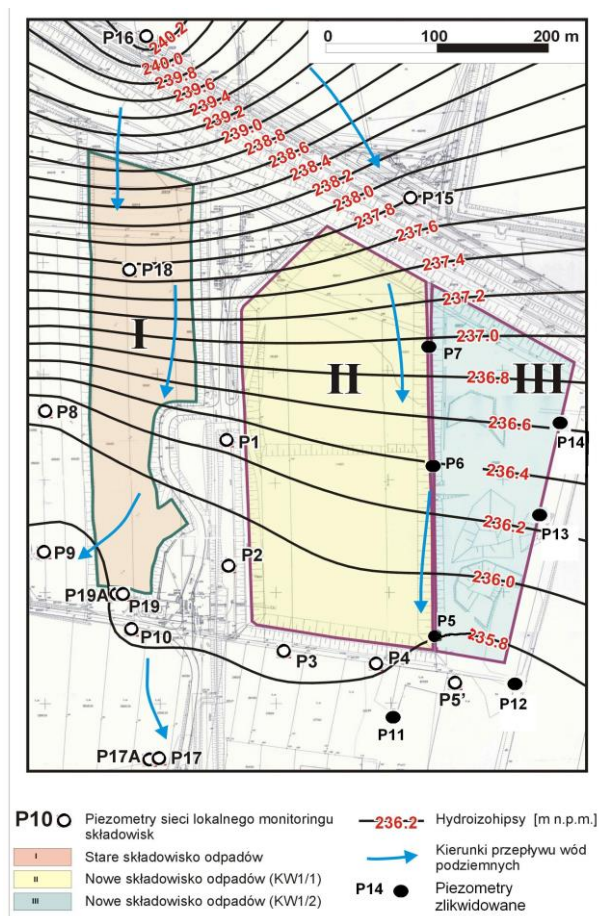
3. SIEĆ MONITORINGU JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH

Zespół składowisk w Tychach-Urbanowicach jest objęty monitoringiem wód podziemnych od 1995 roku. Pierwotna sieć piezometrów obserwacyjnych czwartorzędowego piętra wodonośnego została wykonana pod koniec 1993 i na początku roku 1994.

Pierwsze pomiary miały miejsce w czerwcu 1995 roku. Sieć liczyła wtedy 14 piezometrów od P1 do P14. Wszystkie te piezometry, za wyjątkiem P7 (ok. 12 m), posiadały głębokość około 16 m i ujmowały całą miąższość czwartorzędowego piętra wodonośnego. Sieć ta w 2000 roku została uzupełniona o dwa piezometry (P15 i P16) zlokalizowane w strefie dopływu wód w rejon składowisk. W prawie dwudziestoletniej historii sieć ta podlegała wielokrotnej modyfikacji obejmującej zarówno odwiercenie nowych piezometrów (np. P18 usytuowany na wierzchowinie nieczynnego składowiska oraz 4 piezometry gniazdowe - P17, P17A, P18, P19, P19A) jak i ich likwidację (P5, P6, P7, P11, P12, P13 i P14) (rys. 1.) i aktualnie tworzy ona praktycznie dwa oddzielne, jednak nakładające się, systemy monitoringu. Pierwszy z podsystemów obejmujący monitoring starego składowiska, złożony jest z piezometrów P1, P2, P8, P9, P10, P16, P17, P17A, P18, P19 i P19A. Z kolei drugi stanowi sieć lokalnego monitoringu jakości wód podziemnych czynnego składowiska obejmującą aktualnie 7 piezometrów: P1, P2, P3, P4, P5', P15 i P16 [1].

Likwidacja trzech piezometrów od wschodniej i południowo-wschodniej strony nowego składowiska (P14, P13 i P12) powoduje brak aktualnych danych do określenia zasięgu ewentualnego negatywnego oddziaływania składowiska w tym kierunku i także znacznie zmniejsza wskaźnik reprezentatywności sieci monitoringowej, wynoszący obecnie około 34% [3].

Piezometry P15 i P16 zlokalizowane są na dopływie wód podziemnych w rejon składowisk przy czym pierwszy z nich monitoruje dopływ wód do nowych kwater. Na odpływie wód podziemnych z rejonu nowego składowiska umieszczone są piezometry P3, P4, P5 natomiast z nieczynnego piezometr P10 oraz piezometry gniazdowe usytuowane dwóch grupach (P17, P17A i P19, P19A) ujmujących stropowe (P17 i P19) oraz spągowe (P17A i P19A) partie warstwy wodonośnej. Jedynym piezometrem ujmującym wody pod nieczynnym składowiskiem jest piezometr P18 (rys. 1).



Rys. 1. Sieć monitoringu wód podziemnych w rejonie składowiska odpadów w Tychach-Urbanowicach na tle układu hydrodynamicznego (Witkowski i inni, 2013)

Sieć monitoringu nieczynnego i czynnego składowiska opróbowywana była, zgodnie z obowiązującym do roku 2013, Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów /Dz. U. Nr 220, poz. 1858/.

4. ZMIANY CZASOWE WYBRANYCH WSKAŹNIKÓW ZANIECZYSZCZEŃ WÓD PODZIEMNYCH

Wyniki pomiarów jakości wód podziemnych w rejonie nieczynnego składowiska wykazują się przekroczeniem stężeń dopuszczalnych wartości wielu parametrów chemicznych. Mineralizacja wód podziemnych jest tu zmienna i zależy od położenia piezometru na tle układu hydrodynamicznego. Ogólnie wody w obrębie składowiska zalicza się do wód od słodkich do silnie zmineralizowanych [4]. Wody silnie zmineralizowane występują pod nieczynnym składowiskiem- piezometr P18 oraz w głębszych partiach monitorowanego poziomu wodonośnego w strefie odpływu wód – piezometry gniazdowe ujmujące dolną partię warstwy wodonośnej.

Obecnie budowane składowiska odpadów muszą spełniać szereg warunków określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów /Dz. U. Nr 523, poz. 21/. Składowiska, które nie spełniają poszczególnych wymagań, powinny zostać odpowiednio zabezpieczone i zrehabilitowane.

Brak uszczelnień podłoża starego składowiska negatywnie wpływał na jakość wód podziemnych na opisywanym obszarze. Obecnie widoczne jest pewne ograniczenie infiltracji zanieczyszczeń do wód podziemnych, ale wody podziemne w rejonie tego obiektu nadal zalicza się do słabego stanu chemicznego (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych /Dz. U. Nr 143, poz. 896/).

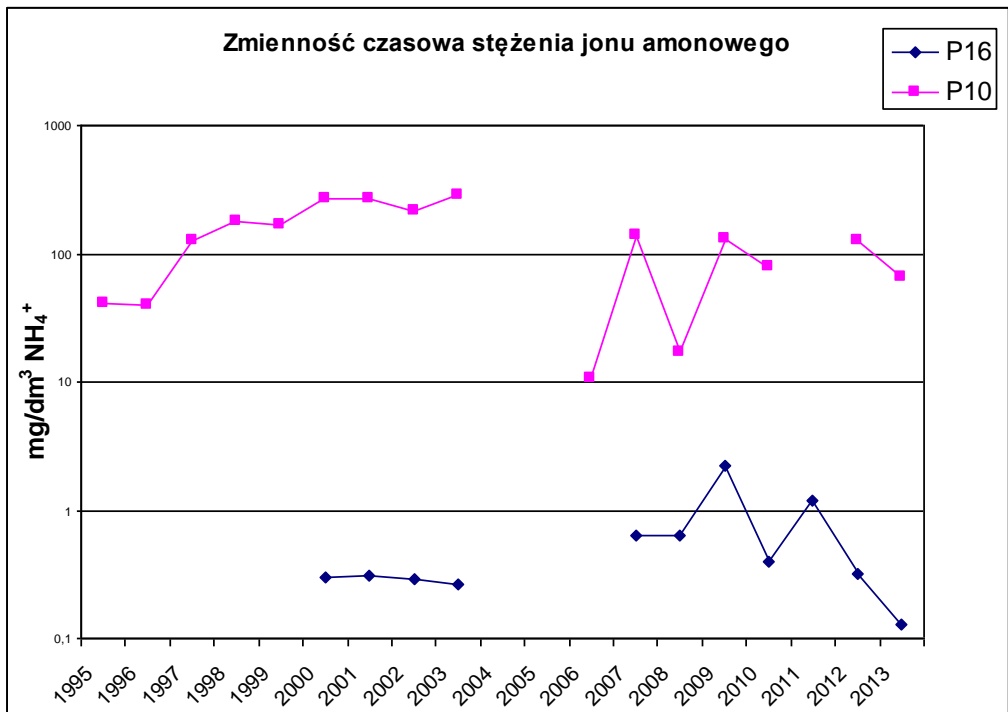
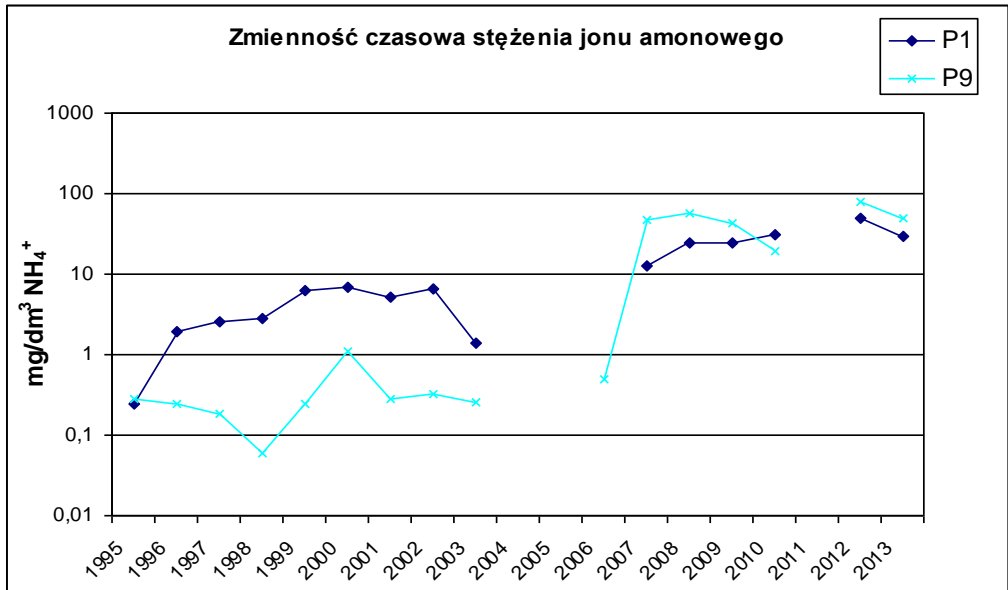
Wyniki badań dla różnych starych obiektów wskazują, że wody podziemne w sąsiedztwie składowisk są niejednokrotnie zanieczyszczone związkami azotu, siarczanami, chlorkami, borem, żelazem, rtęcią [6]. Na drodze przepływu wód za składowiskiem stężenie szeregu zanieczyszczeń stopniowo ulegają zmniejszeniu za sprawą różnych procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych wynikających głównie ze zróżnicowanych warunków utleniająco- redukcyjnych występujących w podłożu składowiska i na jego przedpolu. W tym kontekście w niniejszym artykule dla ww. wymienionych piezometrów przedstawiono zmiany wartości stężeń takich wskaźników zanieczyszczeń jak siarczany, azotany, jon amonowy i żelazo (rys. 2-6). Dodatkowo, w celach porównawczych, przedstawiono zmienność w monitorowanych wodach podziemnych zawartości konserwatywnych i łatwomigrujących chlorków (rys. 6.).

Przy analizie zmienności tych wskaźników uwzględniono średnie roczne wyniki ich pomiarów z lat 1995-2013 (oznaczenia wykonywano 4, 3 lub 2 razy w ciągu roku) w wybranych 4 piezometrach (P1 – na wschód od składowiska, P9 – na zachód od składowiska, P10 – na odpływie wód, P16 – na dopływie wód) o różnej reprezentatywności z punktu widzenia ich usytuowania w stosunku do nieczynnego składowiska oraz układu hydrodynamicznego czwartorzędowego piętra wodonośnego (rys. 1). Należy dodać, iż w latach 2004-2006 nie wykonywano większości oznaczeń w związku z tym ciągi obserwacji są niepełne i można je podzielić na dwa okresy czasowe: 1995-2003 i 2007-2013. Dla piezometru P16 przedstawione zmiany wartości stężeń wskaźników zanieczyszczeń obejmują lata 2000-2013.

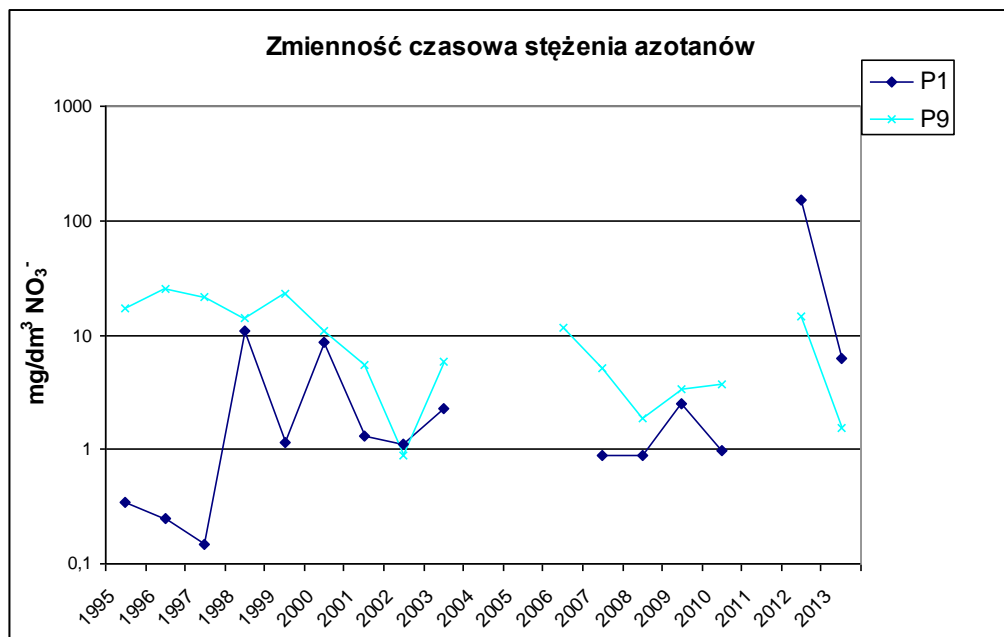
Oddziaływanie nieczynnego składowiska uwidacznia się podwyższoną mineralizacją wód podziemnych odpływających z jego obszaru (np. P10) w stosunku do wód nie będących pod jego wpływem (P5'). Suma substancji rozpuszczonych w wodach podziemnych pod składowiskiem (P18) jest nawet 60 razy większa niż w piezometrach znajdujących się poza wpływem składowiska. Przykładowo suma substancji rozpuszczonych wyniosła 30773 mg/dm³ (czerwiec 2012) w piezometrze P18 przy 462 mg/dm³ (czerwiec 2009) w piezometrze P16 (w strefie dopływu wód, poza strefą negatywnego oddziaływania składowiska) oraz 2430 mg/dm³ w P10 (październik 2009) (w strefie odpływu i negatywnego oddziaływania składowiska).

Zgodnie z wynikami badań dla wybranych piezometrów wartości stężenia jonu amonowego w badanym okresie czasu mieszczą się w przedziale od 0,14 mg/dm³ w piezometrze P1 (grudzień 1995) znajdującym się na wschód od nieczynnego składowiska do 3985,5 mg/dm³ (wrzesień 2012) w P18 na wierzcholinie składowiska i 403,14 mg/dm³ w piezometrze P10 (październik 2000) na odpływie. Na dopływie wód w rejon składowiska stężenie tych jonów wykazuje trend malejący. Na pozostałym obszarze stężenie jonu amonowego jest ustabilizowane.

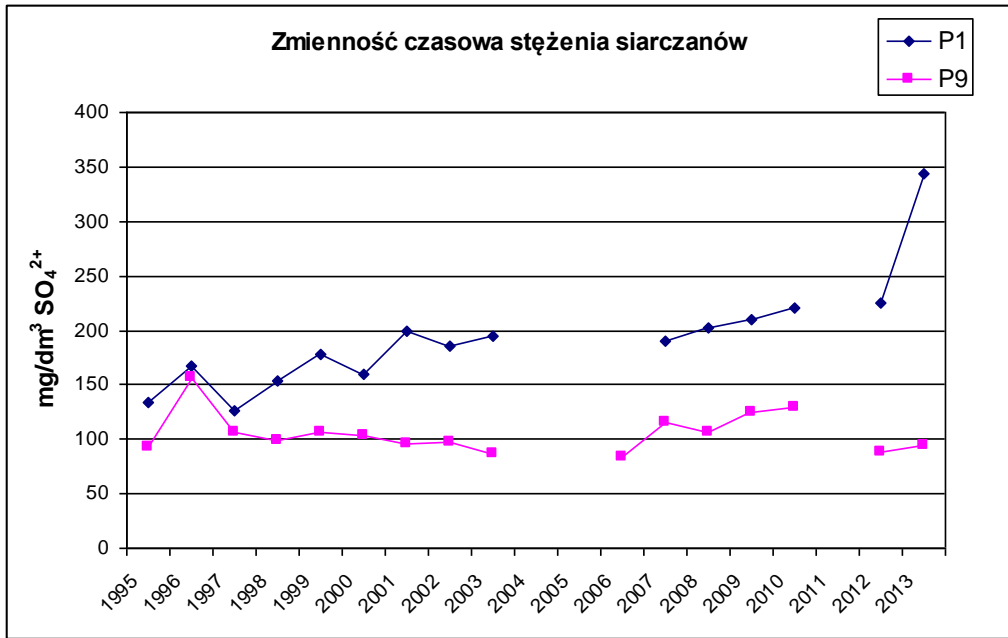
Wahania zawartości azotanów widoczne są w wodach we wszystkich piezometrach wokół składowiska. Azotany w obrębie nieczynnego składowiska występują w zakresie od 0,04 mg/dm³ w piezometrze P1 (maj 1997) do 160 mg/dm³ również w P1 (wrzesień 2012). W wodach pod składowiskiem maksymalne stężenie wyniosło 25,2 mg/dm³ (lipiec 2011). Na dopływie wód do składowiska w piezometrze P16 stężenie azotanów nie przekroczyło 112 mg/dm³ (maj 2010). Skokowe zmiany zawartości tych jonów można było zaobserwować w pierwszym okresie pomiarowym. W drugim okresie pomiarowym daje się zauważyć wzrost zawartości tych jonów na dopływie wód do składowiska. Na odpływie wód azotany utrzymują się na podobnym, stosunkowo niskim poziomie (rys. 3.). Jest to związane z generalnie redukcyjnym charakterem środowiska gruntowo-wodnego w obrębie składowiska i jego podłożu i zachodzących tam procesów denitryfikacyjnych.



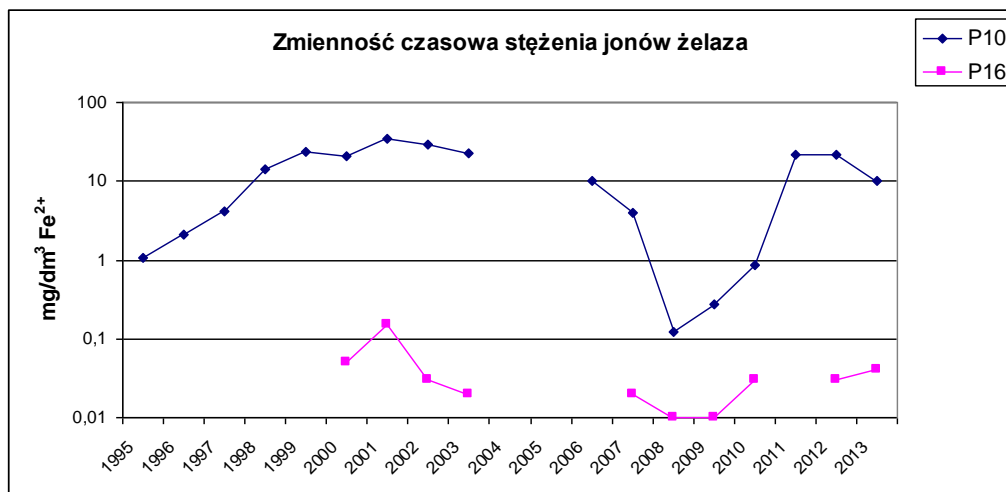
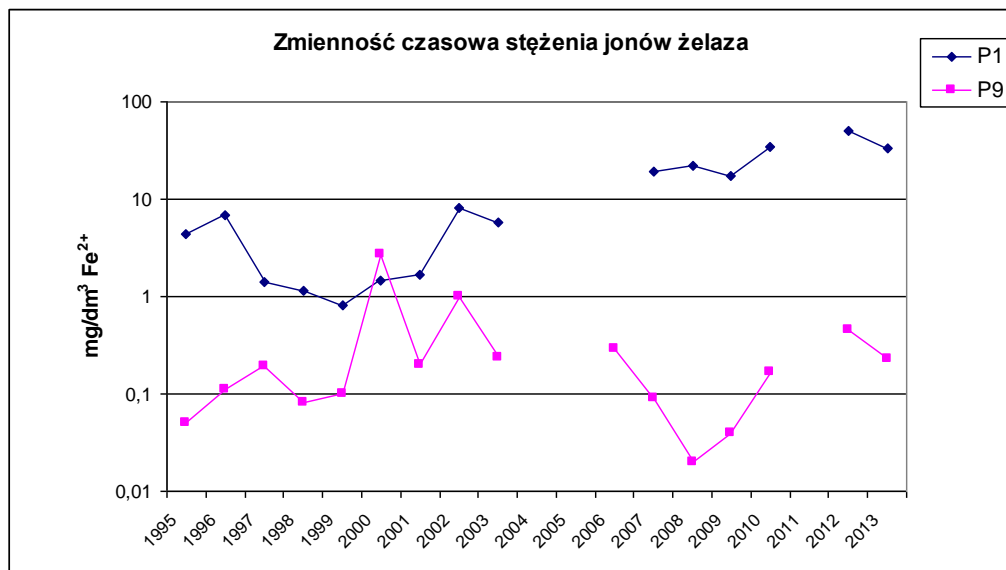
Rys. 2. Zmienność czasowa stężenia jonu amonowego w wodach podziemnych w rejonie nieczynnego składowiska w Tychach-Urbanowicach w latach 1995-2013



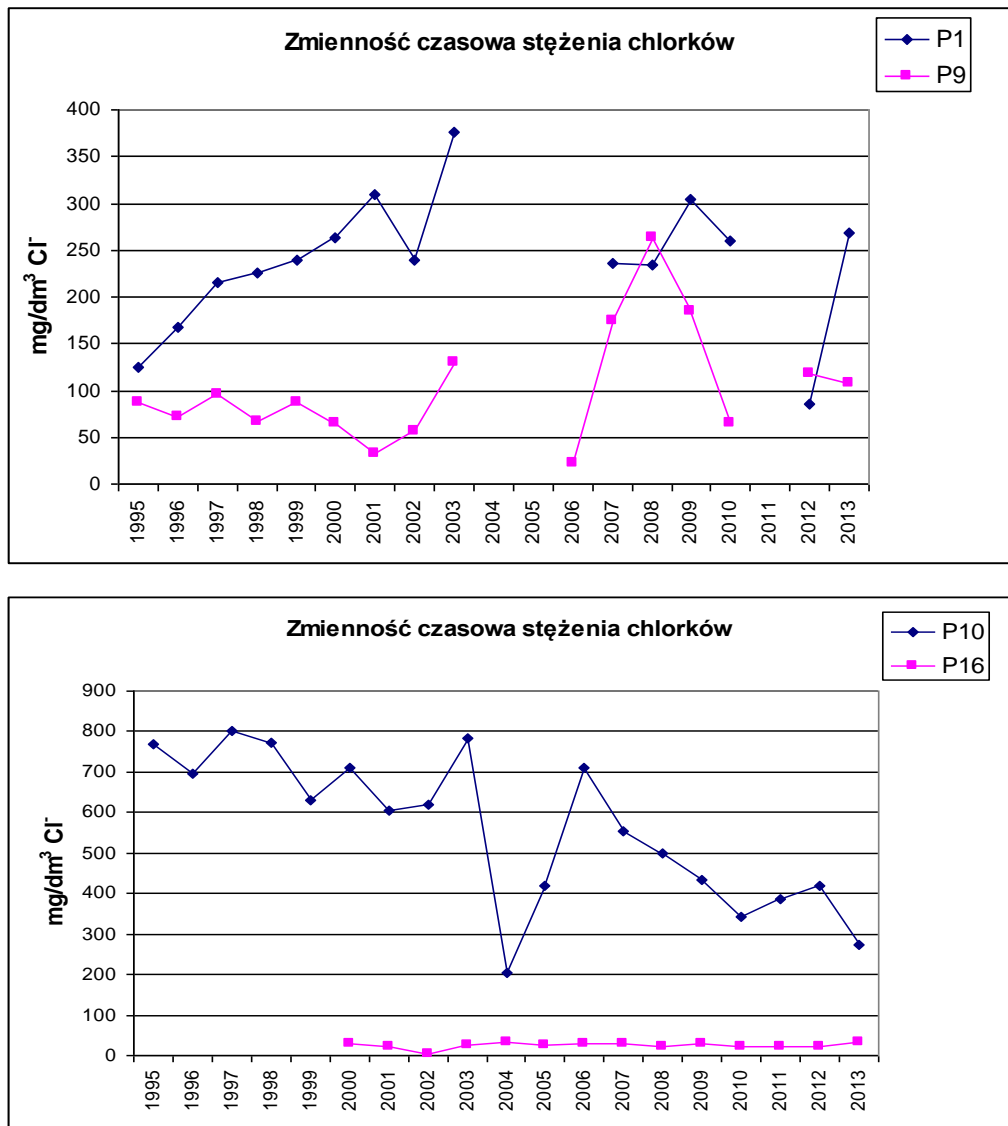
Rys. 3. Zmienność czasowa stężenia azotanów w wodach podziemnych w rejonie nieczynnego składowiska w Tychach-Urbanowicach w latach 1995-2013



Rys. 4. Zmienność czasowa stężenia siarczanów w wodach podziemnych w rejonie nieczynnego składowiska w Tychach-Urbanowicach w latach 1995-2013



Rys. 5. Zmienność czasowa stężenia żelaza w wodach podziemnych w rejonie nieczynnego składowiska w Tychach-Urbanowicach w latach 1995-2013



Rys. 6. Zmienność czasowa stężenia chlorków w wodach podziemnych w rejonie nieczynnego składowiska w Tychach-Urbanowicach w latach 1995-2013.

Stężenie siarczanów zmienia się od 14,55 mg/dm³ w piezometrze P10 (wrzesień 2004) do 676 mg/dm³ w tym samym piezometrze (kwiecień 1996). W piezometrze P1 widoczny jest łagodny wzrost zawartości tych jonów w obu okresach pomiarowych. Na dopływie wód do składowiska zawartość tych jonów nie przekroczyła 160 mg/dm³ (czerwiec 2005). W wodach podziemnych pod składowiskiem stężenie siarczanów

osiągnęło wartość 250 mg/dm^3 (październik 2009). Stabilizację zawartości siarczanów można zaobserwować w przypadku piezometrów zlokalizowanych na zachód od składowiska (np. P9) natomiast ich spadek zarówno na dopływie (np. w P16) jak i na odpływie (np. w P10) (rys. 4.). Szczególnie wyraźny spadek zawartości siarczanów, z ponad 400 mg/dm^3 w początkowym okresie obserwacji do ok. 50 mg/dm^3 w 2013 roku, odnotowano w piezometrze P-10 (rys. 4). Warto wspomnieć również fakt, iż w ostatnich latach zarówno na dopływie (P-16) jak i na odpływie (P-10) w monitorowanych wodach notowane są zbliżone (generalnie nieco niższe na dopływie) wartości siarczanów, co wskazuje na nie generowanie przez składowisko dodatkowego ich ładunku, a wręcz na możliwość zachodzenia w jego podłożu procesów desulfatyzacji.

Duże zmiany zachodzą w przypadku zawartości jonu żelaza. Zawartość jonów żelaza mieści się w przedziale od $0,004 \text{ mg/dm}^3$ w piezometrze P16 (czerwiec 2009) do $53,7 \text{ mg/dm}^3$ w piezometrze P1 (czerwiec 2013). W wodach podziemnych pod składowiskiem wartości tego jonu nie przekroczyły 20 mg/dm^3 (październik 2008). Na odpływie wód największą jak dotąd wartością jonu żelaza było $44,8 \text{ mg/dm}^3$ (październik 2002) (rys. 5.). Na wschód od składowiska widać nieznaczny trend rosnący zawartości jonów żelaza. Po stronie zachodniej i na dopływie można zauważyć stabilizację stężenia tego składnika. W wodach za składowiskiem, w pierwszym okresie pomiarów widoczna była tendencja rosnąca. Na początku drugiego okresu pomiarowego widoczny jest spadek zawartości jonów żelaza w wodach podziemnych. Od roku 2011 wartości te się stabilizują.

W rejonie analizowanego składowiska w wodach podziemnych stwierdzono także podwyższone zawartości chlorków. Zawartość chlorków jako składnika konserwatywnego praktycznie niepodlegającego sorpcji oraz niewrażliwego na zmianę warunków utleniająco-redukcyjnych jest uzależniona od rodzaju środowiska skalnego oraz wielkości dodatkowego ich ładunku generowanego przez działalność antropogeniczną, w tym składowisko.

Minimalne stężenie chlorków wynosi $14,29 \text{ mg/dm}^3$ w piezometrze P16 (czerwiec 2004) a maksymalne 6630 mg/dm^3 w piezometrze P18 (maj 2010). W piezometrze na odpływie maksymalną wartością było 970 mg/dm^3 w piezometrze P10 (wrzesień 2003). Na zachód od składowiska widoczna jest stabilizacja zawartości tych jonów. W piezometrach na wschód od składowiska w pierwszym okresie pomiarowym był widoczny wzrost stężeń, a w drugim okresie stabilizacja. W wodach piezometru P16 poza wpływem składowiska, w całym okresie pomiarowym, wartości chlorków utrzymują się na tym samym, niskim poziomie nie przekraczającym 53 mg/dm^3 . Z kolei w monitorowanym otoczeniu składowiska obserwujemy duże okresowe wahania zawartości chlorków, których wartości stężeń są znacznie wyższe. Tendencje spadkowe ich zawartości obserwuje się w wodach podziemnych w strefie ich odpływu z obszaru składowiska (w P-10) (rys. 6) co może świadczyć o zmniejszającym się ich ładunku dopływającym ze składowiska po jego rekultywacji.

5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wyniki realizowanego od 19 lat monitoringu jakości wód podziemnych w rejonie zespołu składowisk odpadów komunalnych w Tychach-Urbanowicach wskazują na duży negatywny wpływ nieczynnego składowiska na jakość wód podziemnych czwartorzędowego piętra wodonośnego. Zawartość jonów amonowych w wodach piezometru P18 i piezometru P10 wskazuje, na występowanie warunków redukcyjnych pod składowiskiem i na odpływie wód ze składowiska. Jednocześnie w wodach podziemnych na dopływie do składowiska panują warunki utleniające, o czym świadczą wyniki pomiarów dla azotanów w piezometrze P16.

Widoczne są duże wzrosty stężeń wybranych wskaźników zanieczyszczeń w wodach podziemnych w rejonie nieczynnego składowiska. Zmiany te uwidaczniają się głównie w wynikach pomiarów chlorków, siarczanów, jonu amonowego czy żelaza z lat 1995-2003 dla piezometru P1 zlokalizowanego na wschód od składowiska i piezometru P10 zlokalizowanego na odpływie wód. W okresie od 2007 do 2013 roku wartości stężenia większości wskaźników zanieczyszczeń uległy stabilizacji. W przypadku piezometru P18 zlokalizowanego na wierzchołku nieczynnego składowiska, wody podziemne ujmowane w jego podłożu charakteryzują się nawet kilkudziesięciokrotnie większymi zawartościami szeregu wskaźników zanieczyszczeń w stosunku do wód otaczających składowisko i to zarówno w strefie ich dopływu (np. w P-16) jak i odpływu (np. w P-10).

LITERATURA

- [1] DĄBROWSKA D., *Zmienność składu chemicznego wód podziemnych w rejonie nieczynnego składowiska odpadów komunalnych w Tychach-Urbanowicach, Praca magisterska.*, Uniwersytet Śląski, Sosnowiec, 2012
- [2] DĄBROWSKA D., WITKOWSKI A. J., *Skład chemiczny i jakość wód podziemnych czwartorzędowego piętra wodonośnego w rejonie zespołu składowisk w Tychach-Urbanowicach*, V Międzynarodowe Warsztaty dla Młodych Hydrogeologów, Łądek Zdrój, 2013
- [3] DĄBROWSKA D., KUCHARSKI R., WITKOWSKI A. J., *Wskaźnik reprezentatywności sieci monitoringowej dla składowiska odpadów komunalnych w Tychach-Urbanowicach*, Sosnowiec, niepublikowane; 2013
- [4] PAZDRO Z., KOZERSKI B., *Hydrogeologia ogólna*, Wydawnictwa geologiczne, Warszawa, 1990
- [5] WITKOWSKI A. J. i inni, *Monitoring wód podziemnych na składowisku odpadów komunalnych w Tychach-Urbanowicach – Sprawozdania z badań wykonanych w latach 1995-2001*, Uniwersytet Śląski Sosnowiec; 2001
- [6] WITKOWSKI A. J. i inni, *Monitoring jakości wód podziemnych dla fazy poeksploatacyjnej składowiska odpadów komunalnych w Tychach-Urbanowicach w 2013 roku*; ZBU Intergeo Sp. z o.o. Sosnowiec; 2013
- [7] WITKOWSKI A. J., ŻUREK A. M., *Wpływ starych, zrehabilitowanych składowisk odpadów komunalnych na wody podziemne*. [w]: Współczesne Problemy Hydrogeologii., T.13., Red. A. Szczepański, E. Kmieciak, A. Żurek, Kraków, 2007

- [8] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 kwietnia 2013 r. w sprawie składowisk odpadów /Dz. U. Nr 523, poz. 21/
- [9] Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych /Dz. U. Nr 143, poz. 896/
- [10] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów /Dz. U. Nr 220, poz. 1858/

TEMPORAL VARIATIONS OF SELECTED INDICATORS OF GROUNDWATER POLLUTION IN THE AREA OF THE LANDFILL IN TYCHY-URBANOWICE

The system of landfills in Tychy-Urbanowice consists of an active and an inactive landfill. It is a potential and actual source of pollution of groundwater. The results obtained from 19 years of monitoring groundwater quality indicate a strong negative impact of the inactive landfill on groundwater quality of the quaternary aquifer. The content of ammonium ions in the waters under the landfill and in the outflow indicates the occurrence of the reducing conditions.

There are visible large increase in the concentration of selected indicators of pollution in groundwater in the area of the inactive landfill. These changes are reflected mainly in the results of measurements of chloride, sulfur, ammonium ion or iron.

In the case of the piezometers located on the plateau of the inactive landfill, groundwater include repeatedly higher concentration of selected pollution indicators.