

Natasza Łaganowska

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, ul. Będzińska 60,
41-200 Sosnowiec; e-mail: natasza.laganowska@gmail.com

Wpływ składowiska odpadów górniczych „Pochwacie” na środowisko gruntowo-wodne na podstawie badań monitoringowych

Łaganowska N. **Влияние свалки шахтных отходов „Похвате” на грунтово-водную среду на основании мониторинговых исследований.** Мониторинг качества подземных вод в Польше для свалок отходов горной промышленности ведется с целью контроля химизма вод и определения потенциальных угроз среде. Рекомендации по параметрам и частоте контрольных исследований определяет Распоряжение Министра среды от 29 мая 2014 г. по мониторингу объекта обезвреживания отходов горной промышленности (Dz. U. 2014, poz. 875).

В статье представлена характеристика закрытой свалки отходов горной промышленности „Похвате”, принадлежащей каменноугольной шахте „Зофиувка” в г. Ястшембе-Здруй. Объект находится на границе гмины Мшана и г. Ястшембе-Здруй. С 2010 г. продолжается рекультивация свалки в кустарниково-лесном направлении. В настоящее время рекультивирована северная и южная части свалки.

Оценивалось функционирование местной сети мониторинга подземных вод в свете обязывающих законов, а также анализировались физико-химические результаты, переданные Воеводской Инспекцией по охране окружающей среды.

Анализ гидроизогипс приводит к выводу, что размещение точек измерения (пьезометров) вокруг свалки не соответствует юридическим требованиям, определенным в отмеченном Распоряжении Министра. Кроме того, согласно Распоряжению Министра среды от 21 декабря 2015 г. по критериям и способу оценки состояния единичных частей подземных вод (Dz. U. 2016 poz. 85), были превышены предельные значения хорошего химического состояния подземных вод по концентрации сульфатов, хлоридов и показателя электролитической проводимости. По отмеченному Распоряжению воды свалки отличаются слабым химическим состоянием (IV и V классы качества).

На основании полученных результатов можно предположить, что свалка „Похвате” является действующим очагом загрязнений подземных вод.

Łaganowska N. **The influence of mining waste landfill „Pochwacie” on the ground-water environment on the basis of monitoring tests.** The monitoring of landfill’s groundwater quality in Poland is conducted to control water chemism and signal potential threats for the environment. The guidelines on the parameters and the frequency of monitoring tests are specified in the Regulation of the Minister of Environment of 29 May 2014 on the monitoring of an extractive waste utilization facility (Polish Journal of Laws of 2014, item 875).

The article presents the characteristics of the inactive “Pochwacie” landfill, belonging to KWK “Zofiówka” in Jastrzębie-Zdrój. The facility is situated on the border of the Mszana commune and the city of Jastrzębie-Zdrój. Since 2010, the reclamation of the spoil tip in coppice-forest direction has been under way. The northern and the southern parts of the landfill have been reclaimed.

The functioning of the local underground water monitoring network has been assessed according to the applicable regulations and an analysis of the physico-chemical results obtained from the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Katowice has been performed.

The analysis of the hydroisohypses system leads to the conclusion that the distribution of measurement points (piezometers) around the landfill does not meet the legal requirements described in the Regulation of the Minister of Environment of 29 May 2014 on monitoring the mining waste neutralization facility (Polish Journal of Laws of 2014, item 875). In addition, in accordance with the Regulation of the Minister of the Environment of 21

December 2015 on the criteria and method of assessing the status of uniform groundwater bodies (Polish Journal of Laws of 2016 item 85) the limit values for good groundwater chemical status for sulphates, chlorides and the electrolytic conductivity index have been exceeded. According to the above-mentioned regulation, waste water from the landfill is of poor chemical status (IV and V quality class). Based on the obtained results, it can be assumed that the "Pochwacie" landfill is an active source of groundwater pollution.

Słowa kluczowe: składowisko odpadów górniczych, monitoring środowiska, Pochwacie, jakość wód podziemnych

Ключевые слова: свалка отходов горной промышленности, мониторинг окружающей среды, Похвате, качество подземных вод

Key words: mining landfill, environmental monitoring, Pochwacie area, groundwater quality

Zarys treści

Monitoring jakości wód podziemnych w Polsce dla składowisk odpadów jest prowadzony w celu kontroli chemizmu wód i sygnalizacji potencjalnych zagrożeń dla środowiska. Wytyczne dotyczące parametrów i częstotliwości badań monitoringowych określone są w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 29 maja 2014 r. w sprawie prowadzenia monitoringu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Dz.U. 2014 poz. 875).

W artykule przedstawiono charakterystykę nieczynnego składowiska odpadów górniczych „Pochwacie”, należącego do KWK „Zofiówka” w Jastrzębiu-Zdroju. Obiekt zlokalizowany jest na granicy gminy Mszana i miasta Jastrzębie-Zdrój. Od 2010 r. trwa rekultywacja zwałowiska w kierunku zadrzewieniowo-leśnym. Obecnie zreultywowana jest północna i południowa część składowiska.

Ocenie poddano funkcjonowanie lokalnej sieci monitoringu wód podziemnych w świetle obowiązujących przepisów oraz dokonano analizy wyników badań fizykochemicznych uzyskanych z Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Katowicach.

Analiza układu hydroizohips prowadzi do wniosku, iż rozmieszczenie punktów pomiarowych (piezometrów) wokół składowiska nie spełnia wymogów prawnych określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 29 maja 2014 r. w sprawie prowadzenia monitoringu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Dz.U. 2014 poz. 875). Ponadto, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 21 grudnia 2015 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2016 poz. 85) przekroczone zostały wartości graniczne dobrego stanu chemicznego wód podziemnych dla stężenia siarczanów, chlorków i wskaźnika przewodności elektrolitycznej właściwej. W świetle wspom-

nianego wyżej rozporządzenia wody odpływowe ze składowiska są wodami o słabym stanie chemicznym (IV i V klasa jakości).

Na podstawie uzyskanych wyników badań można przyjąć, że składowisko „Pochwacie” jest czynnym ogniskiem zanieczyszczeń wód podziemnych.

Wstęp

Odpady górnictwa węgla kamiennego tworzą jedną z największych grup odpadów generowanych w Polsce (29,6% wytworzonych). Mogą one zostać poddane odzyskowi lub unieszkodliwieniu poprzez składowanie (STEFANIAK, TWARDOWSKA, 2009). Odpady deponowane na zwałowiskach podlegają ciągłemu przeobrażeniu fizycznemu, chemicznemu i biochemicznemu. Z powodu tych przemian, składowiska odpadów górniczych stają się trwałymi ogniskami zanieczyszczenia wód, zwłaszcza jonami chlorkowymi, siarczanowymi oraz jonami metali ciężkich (SZCZEPAŃSKA, 1989), a ich oddziaływanie może być obserwowane długo po zakończeniu ich zwałowania (CHUDY, BAJOR, 2011). Składowiska wywierają istotny wpływ na środowisko wodne powodując zmiany jakości wód w sąsiedztwie składowania. Zmiany te są następstwem ługowania z odpadów przez infiltrującą wodę opadową, składników rozpuszczalnych. Badania monitoringowe tego typu obiektów, np. składowiska „Smolnica”, wskazują na istotny wpływ odpadów górniczych na środowisko gruntowo-wodne (TWARDOWSKA i in., 1997).

Celem niniejszego opracowania jest ocena wpływu składowiska odpadów górniczych „Pochwacie” na wody podziemne i określenie, czy lokalna sieć monitoringowa spełnia wymagania

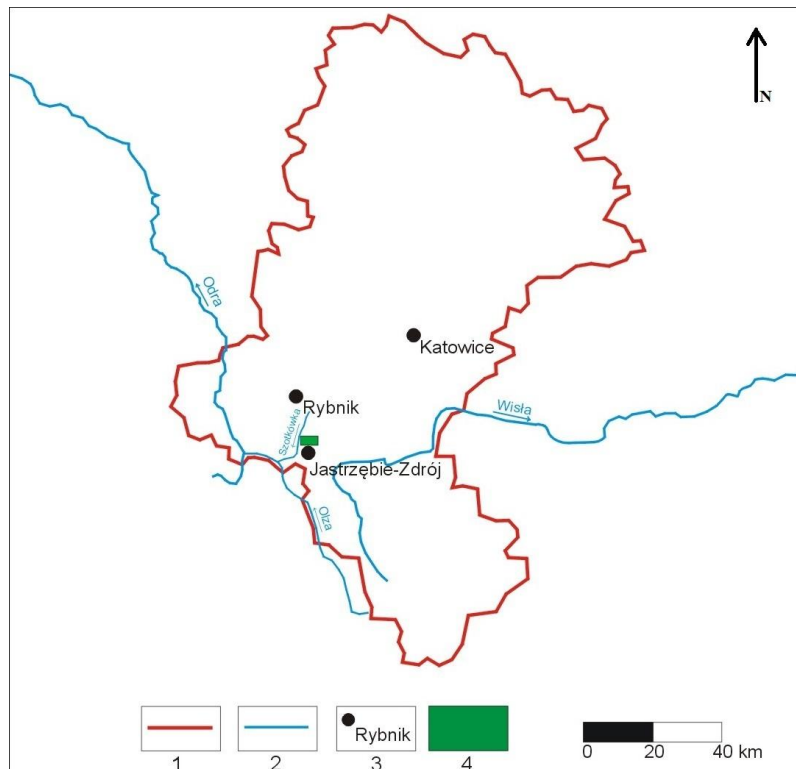
regulacji prawnych oraz czy może być wiarygodnym źródłem danych o chemizmie badanych wód.

Przedmiot badań

Składowisko odpadów górniczych „Pochwacie” jest zlokalizowane na terenie gminy Mszana i miasta Jastrzębie-Zdrój, w południowej części województwa śląskiego (rys. 1). Położone jest

w granicach obszaru górnictwa Ruch „Jas-Mos”. Właścicielem obiektu jest kopalnia „Zofiówka”, należąca do Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. Jest jednym z największych tego typu obiektów znajdujących się w województwie śląskim: jego powierzchnia wynosi około 138 ha.

Obszar wokół składowiska jest słabo zainwestowany. Na terenie przylegającym do tego obiektu występują łąki, pastwiska, nieużytki oraz budynki mieszkalne i gospodarcze. Od strony za-



Rys. 1. Lokalizacja składowiska odpadów górniczych „Pochwacie”:

1 – granica województwa śląskiego, 2 – rzeki, 3 – miejscowości, 4 – rejon składowiska

Рис. 1. Местоположение свалки шахтных отходов „Похвате”:

1 – пределы Силезского воеводства, 2 – реки, 3 – населенные пункты, 4 – местоположение свалки „Похвате”

Fig. 1. The location of the mining waste landfill „Pochwacie”:

1 – border of the Silesia voivodeship, 2 – rivers, 3 – localities, 4 – landfill area

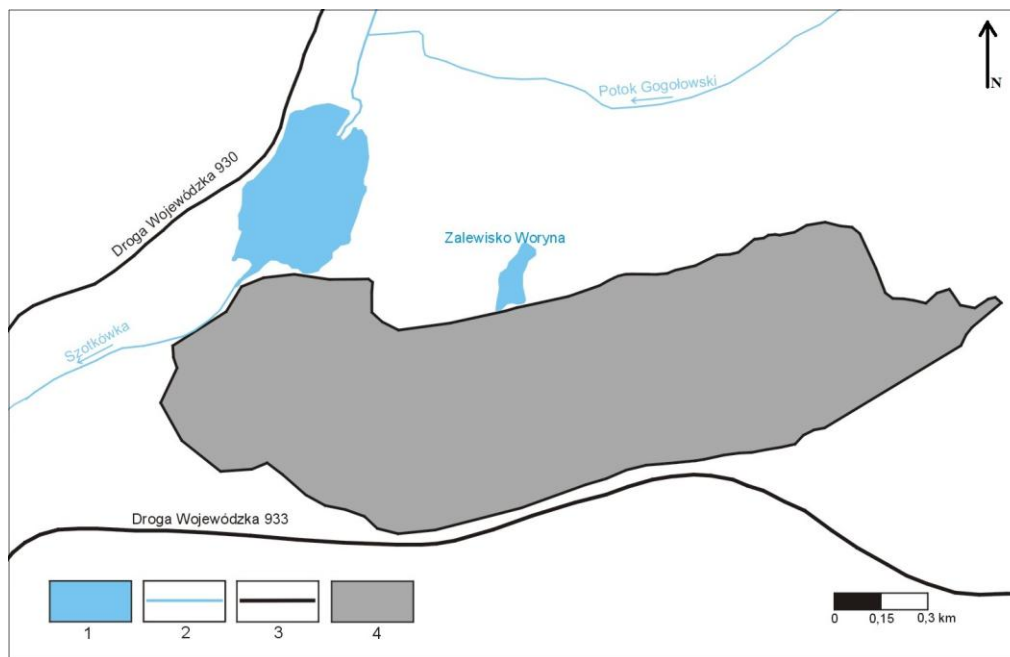
(opracowanie własne na podstawie www.geoportal.gov.pl – собственная разработка на основании www.geoportal.gov.pl)

chodniej składowisko „Pochwacie” graniczy z rzeką Szotkówką i drogą wojewódzką 930. Od strony południowej przebiega droga wojewódzka 933 (rys. 2).

Na „Pochwacie” materiałem deponowanym są odpady górnicze, które zostały wytworzone w wyniku działalności KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka” w Jastrzębiu-Zdroju. Współskładowany jest również popiół

i żużel wytwarzany przez EC „Zofiówka”. Taka praktyka może być stosowana w celu zapobiegania tworzenia się kwaśnych wycieków z siarczkowych odpadów wydobywczych oraz w celu uszczelnienia bryły zwałowiska (STEFANIAK i in., 2013; DĄBROWSKA, ŁĄCZNY, 1997).

Zwałowisko jest uformowane ponad powierzchnią terenu i obecnie prowadzone jest ostateczne formowanie jego bryły w fazie poeksploatacyjnej.



Rys. 2. Zasięg składowiska odpadów górniczych „Pochwacie”:

1 – zalewisko, 2 – rzeka/potok, 3 – droga wojewódzka, 4 – składowisko odpadów górniczych „Pochwacie” (opracowanie własne na podstawie www.geoportal.gov.pl, <http://mszana.e-mapa.net/>)

Рис. 2. Свалка шахтных отходов „Похвате”:

1 – водоем, 2 – река/поток, 3 – воеводская дорога, 4 – свалка „Похвате” (собственная разработка на основании: www.geoportal.gov.pl, <http://mszana.e-mapa.net/>)

Fig. 2. Range of mining waste landfill „Pochwacie”:

1 – floodplain, 2 – river/stream, 3 – voivodship road, 4 – landfill (own elaboration based on www.geoportal.gov.pl, <http://mszana.e-mapa.net/>)

Odzyskiwane są niego odpady z wydobywania węgla kamiennego, popłuczkowe, z flotacyjnego wzbogacania węgla. Odpady te były wbudowywane i formowane w bryłę przy użyciu maszyn budowlanych i urządzeń. Zagęszczenie bryły składowiska odbywało się poprzez wibrowanie. Miało ono na celu zmniejszenie współczynnika filtracji odpadów. Taka procedura umożliwia obniżenie zdolności filtracyjnych o 2–3 rzędy wielkości w stosunku do odpadów niezagęszczonych i niwelowanie procesu infiltracji wód przez bryłę składowiska (SZCZEPAŃSKA, SZCZEPAŃSKI, WOLSKI, 1993). Było to o tyle ważne, że jedyną izolację składowiska stanowi przypowierzchniowa warstwa pyłów i glin o miąższości do kilku metrów. Należy jednak pamiętać, że nie jest to wystarczająca bariera zapobiegająca migracji substancji mogących zanieczyścić wody podziemne.

W celu dodatkowego zmniejszenia infiltracji wód ze składowiska do środowiska gruntowo-

wodnego, wykonano system odwadniania składający się z sieci rowów odwodnieniowych, usytuowanych na wierzchołku, rowów pośrednich i rowów opaskowych u podnóża zwałowiska. Odcieki są prowadzone do rzeki Szotkówki. Ponadto wody dopływające z terenów przyległych do stopy składowiska w części północnej zasilają zalewisko Woryna, w części południowo-zachodniej wody są kierowane do rzeki Szotkówki, zmineralizowane wody wyciekające ze skarp i podnóża składowiska są kierowane do zbiornika wód słonych (ŚLASKI, 2016).

Składowisko w części północnej i południowej jest już rekultywowane w kierunku zadrzewieniowo-leśnym (MICHALIK, PEŁKA-GOŚCINIĄK, 2012; fot. 1). Zachodnia część składowiska nie została dotychczas poddana procesowi rekultywacji (fot. 2).



Fot. 1. Składowisko odpadów „Pochwacie” od strony południowej, fragment zrehabilitowany (fot. N. Łaganowska)

Фот. 1. Свалка отходов „Похвате” с юга, рекультивированный участок (фот.: Н. Лагановская)
 Phot. 1. The southern site of the „Pochwacie” mining landfill, the reclaimed fragment (phot. by: N. Łaganowska)



Fot. 2. Niezrehabilitowana zachodnia część składowiska „Pochwacie” (fot. N. Łaganowska)

Фот. 2. Нереккультивированный западный участок свалки отходов „Похвате” (фот.: Н. Лагановская)

Phot. 2. Non-reclaimed, western side of „Pochwacie” landfill (phot. by: N. Łaganowska)

Budowa geologiczna

Składowisko odpadów górniczych „Pochwacie” jest zlokalizowane na południowo-zachodnim skłonie niecki głównej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, na wschód od nasunięcia orłowskiego i w obrębie zapadliska przedkarpackiego.

W profilu geologicznym okolic zwałowiska znajdują się utwory serii złożowej karbonu produkcyjnego, utwory neogenu oraz osady czwartorzędu. Utwory karbonu produkcyjnego są reprezentowane przez warstwy orzeskie, rudzkie oraz siodłowe. Neogenu jest reprezentowany przez osady morskie miocenu, wykształcone jako ropy i ropy szarozielone. Miejscami występują wkładki pylaste lub piaszczyste.

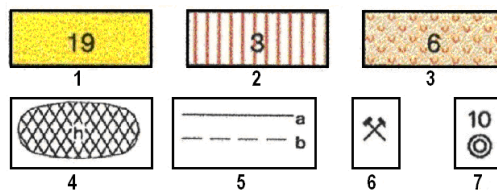
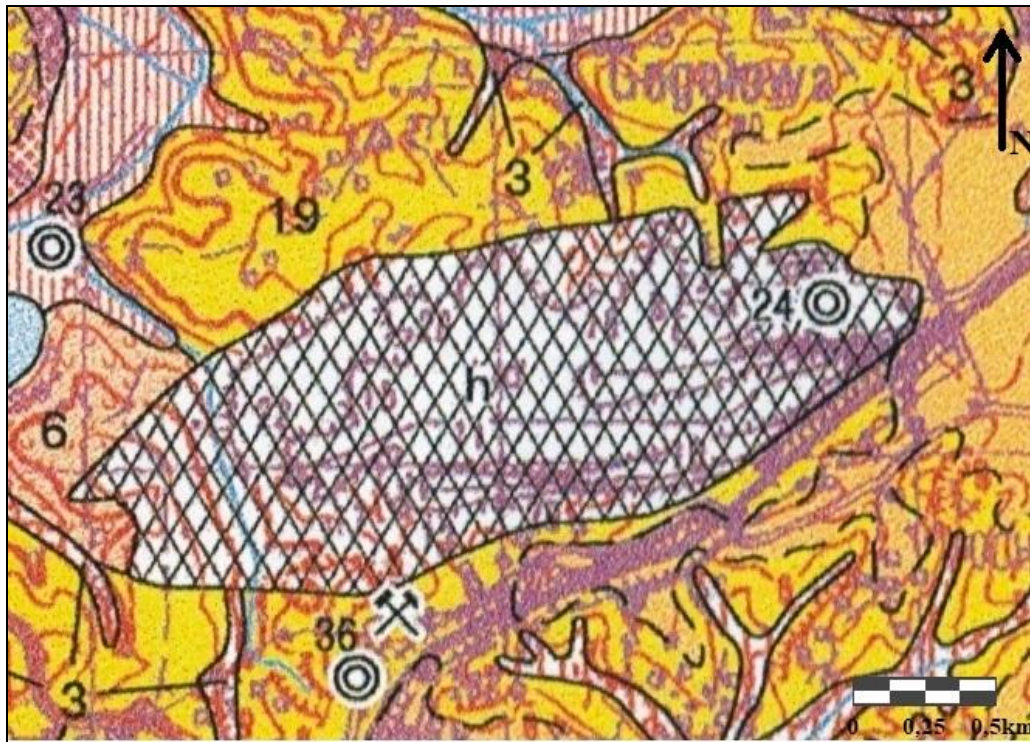
Czwartorzęd cechuje się zmienną grubością i złożową budową, a utwory te zalegają na zerodowanej powierzchni neogenu. Reprezentowany jest przez glacialne piętra plejstocenu, osady fluwioglacjalne oraz aluwia piętra holocenu. Te

ostatnie są wykształcone jako drobne i średnie piaski oraz mułki, wypełniające doliny potoków. Osady fluwioglacjalne wykształcone są w postaci piasków o równej granulacji (często występują razem ze żwirem), które wypełniają stare doliny oraz w postaci glin morenowych piaszczystych z otoczkami skał. Miejscami występują pyły piaszczyste lub też gliny pylaste budujące wzgórze. Utwory czwartorzędowe pokrywają całą powierzchnię omawianego obszaru i osiągają miąższość do około 45 m (ŚLASKI, 2013; rys. 3).

Warunki hydrogeologiczne

Warunki hydrogeologiczne obszaru składowiska „Pochwacie” zostały scharakteryzowane na podstawie danych uzyskanych z sieci otworów piezometrycznych należących do KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka”.

Warunki hydrogeologiczne w sąsiedztwie obiektu pozostają w ścisłym związku z budową geologiczną. Pod zwałowiskiem znajduje się za-



Rys. 3. Fragment szczegółowej mapy geologicznej Polski (wg: WÓJCIK, 1999):
 1 – piaski i piaski ze żwirami, 2 – iły, gliny i piaski den dolinnych, 3 – gliny i iły koluwialne,
 4 – składowisko „Pochwacie”, 5 – granice geologiczne: a – pewne, b – przypuszczalne,
 6 – czynny szyb kopalni, 7 – otwór wiertniczy

Рис. 3. Фрагмент Подробной геологической карты Польши (по: WÓJCIK, 1999):
 1 – песок и песок с гравием, 2 – суглинки и глины в днищах долин, 3 – глины и коллювиальные суглинки,
 4 – свалка „Похватее”, 5 – геологические границы: а – достоверные, б – предполагаемые, 6 – действующая шахта, 7 – буровая скважина

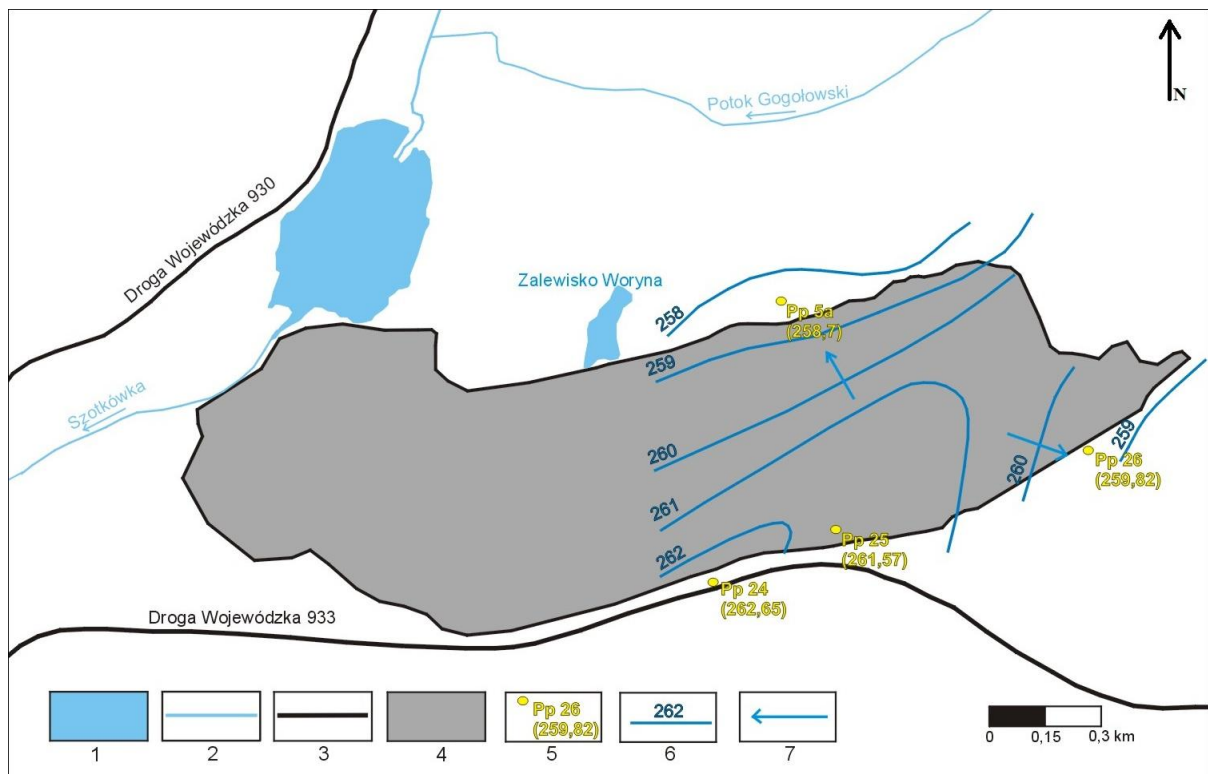
Fig. 3. A fragment of a Detailed Geological Map of Poland (after: WÓJCIK, 1999):
 1 – sands and sands with gravels, 2 – loam, clays and sands in the bottom of the valleys, 3 – clays and colluvial loam, 4 – landfill, 5 – geological boundaries: a – sure, b – supposed, 6 – active mine shaft, 7 – borehole

sadnicze piętro wodonośne uformowane z przepuszczalnych utworów czwartorzędu, w którego obrębie można wyróżnić trzy poziomy wód podziemnych.

Pierwszy poziom wodonośny występuje w piaskach pylastych i występuje pod całym składowiskiem z wyłączeniem jego zachodniej części i jest poziomem lokalnym. Zwierciadło wód podziemnych stabilizuje się na rzędnych od +258,70 do +262,80 m n.p.m. i ma charakter swobodny. Wody pierwszego poziomu spływają w kierunku północnym i północno-wschodnim

(rys. 4). W kilku miejscach są one drenowane przez małe cieki powierzchniowe i zbiorniki powierzchniowe, np. Zalewisko Woryna, czy też Potok Gogołowski (rys. 4).

Drugi poziom wodonośny związany jest ze średnimi i grubymi piaskami, i występuje na całym badanym obszarze. Izolowany jest od pierwszego poziomu kilkumetrową warstwą utworów nieprzepuszczalnych. Zwierciadło wód podziemnych ma charakter napięty, przechodzący w swobodny w kierunku północnym. Stabilizuje się na rzędnych od +231,15 do +249,31 m n.p.m.



Rys. 4. Lokalna sieć monitoringu wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego wraz z układem hydroizohips dla składowiska odpadów górniczych „Pochwacie”:

1 – zalewisko, 2 – rzeka/potok, 3 – droga wojewódzka, 4 – składowisko, 5 – piezometr z rzędną zwierciadła wody [m n.p.m.] (stan z 16.09.2015), 6 – hydroizohipsa, 7 – kierunek przepływu wód podziemnych

Рис. 4. Местная сеть мониторинга подземных вод первого водоносного горизонта с распределением гидроизогипс для свалки отходов „Похватее”:

1 – водоем, 2 – река/поток, 3 – воеводская дорога, 4 – свалка, 5 – пьезометр с абсолютной высотой (ординатой) водного горизонта (состояние: 16.09.2015 г.), 6 – гидроизогипса, 7 – направление течения подземных вод

Fig. 4. The local groundwater monitoring network of the first aquifer with hydroisohypses (:

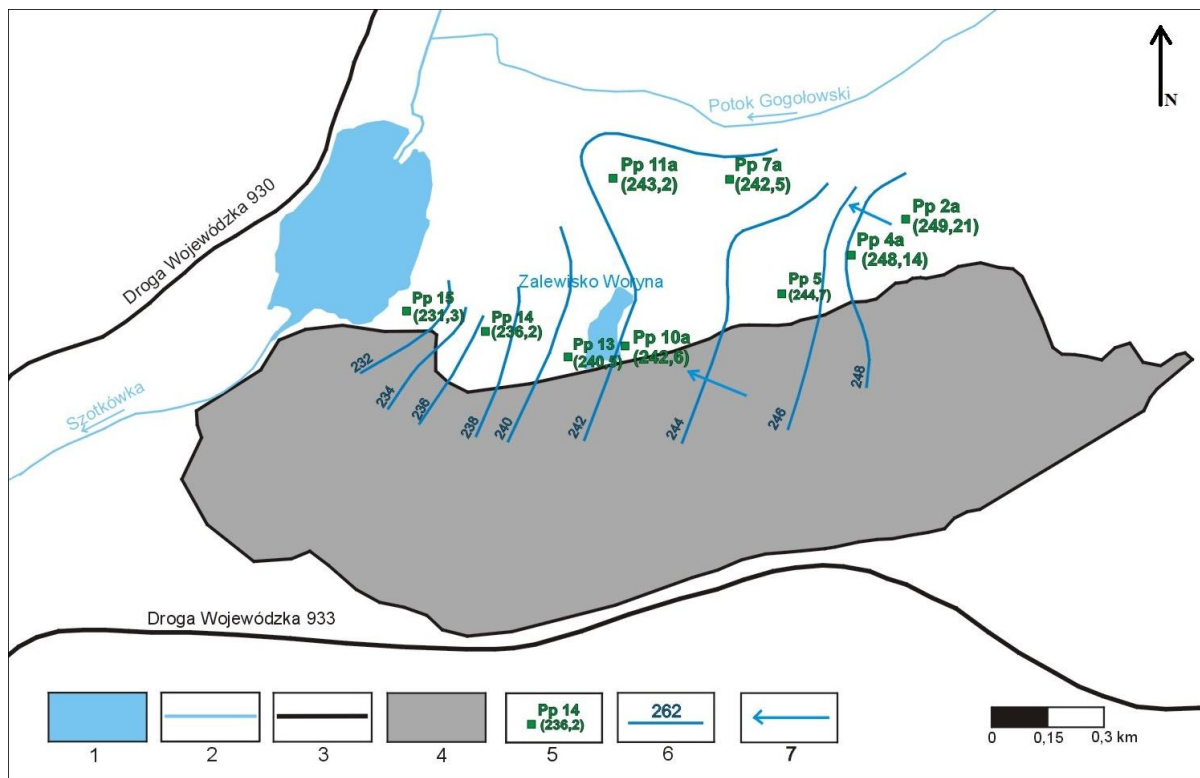
1 – floodplain, 2 – river/stream, 3 – voivodship road, 4 – landfill, 5 – piezometer with water table level [m a.s.l.] (condition from 16.09.2015), 6 – hydroisohypse, 7 – direction of groundwater flow

(opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ w Katowicach – собственная разработка на основании данных из ВИООС в Катувийе – own elaboration based on the data provided by the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Katowice)

Wody tego poziomu spływają w kierunku zachodnim, a drenowane są przez cieki powierzchniowe i stawy oraz rzekę Szotkówkę wraz z jej zalewiskiem (ŚLASKI, 2016; rys. 5).

Można przypuszczać, że opisywany drugi poziom wodonośny w okolicach składowiska „Pochwacie” jest poziomem przedstawionym

na Mapie Pierwszego Poziomu Wodonośnego w skali 1 : 50 000, arkusz 991-Zebrzydowice [M-34-74-A] (KEMPA, BIELEWICZ, 2007). Wskazują na to: kierunki przepływu wód podziemnych, budowa geologiczna opisywanego obszaru, rzędne i charakter zwierciadła oraz litologia

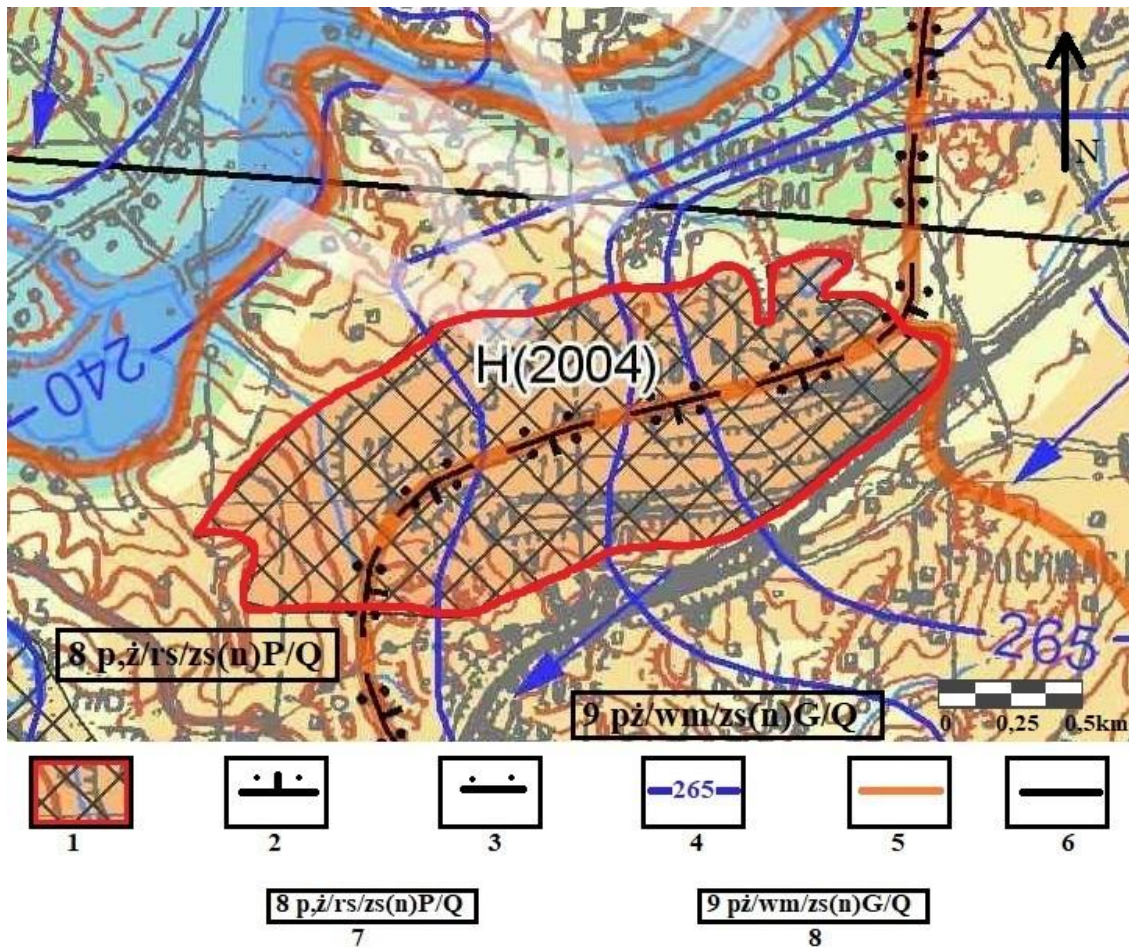


Rys. 5. Lokalna sieć monitoringu wód podziemnych drugiego poziomu wodonośnego wraz z układem hydroizohips dla składowiska odpadów górniczych „Pochwacie”:
 1 – zalewisko, 2 – rzeka/potok, 3 – droga wojewódzka, 4 – składowisko, 5 – piezometr z rzędną zwierciadła wody [m n.p.m.] (stan z 16.09.2015), 6 – hydroizohipsa, 7 – kierunek przepływu wód podziemnych
 Рис. 5. Местная сеть мониторинга подземных вод второго водоносного горизонта с распределением гидроизогипс для свалки отходов „Похвате”:
 1 – водоем, 2 – река/поток, 3 – воеводская дорога, 4 – свалка, 5 – пьезометр с абсолютной высотой (ординатой) водного горизонта (состояние: 16.09.2015 г.), 6 – гидроизогипса, 7 – направление течения подземных вод

Fig. 5. Local groundwater monitoring network of the second aquifer with hydroisohypses:
 1 – floodplain, 2 – river/stream, 3 – voivodship road, 4 – landfill, 5 – piezometer with water table level [m a.s.l.] (condition from 16.09.2015), 6 – hydroisohypse, 7 – direction of groundwater flow
 (opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ w Katowicach – собственная разработка на основании данных из ВИООС в Катовице – own elaboration based on the data provided by the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Katowice)

utworów wodonośnych. Południowo-wschodnia część składowiska zlokalizowana jest na obszarze występowania głównego użytkowego poziomu wodonośnego, będącym pierwszym poziomem wodonośnym. Pozostała część obiektu

występuje w zasięgu pierwszego poziomu wodonośnego w obszarze, na którym poziom wodonośny nie jest głównym poziomem wodonośnym (rys. 6).



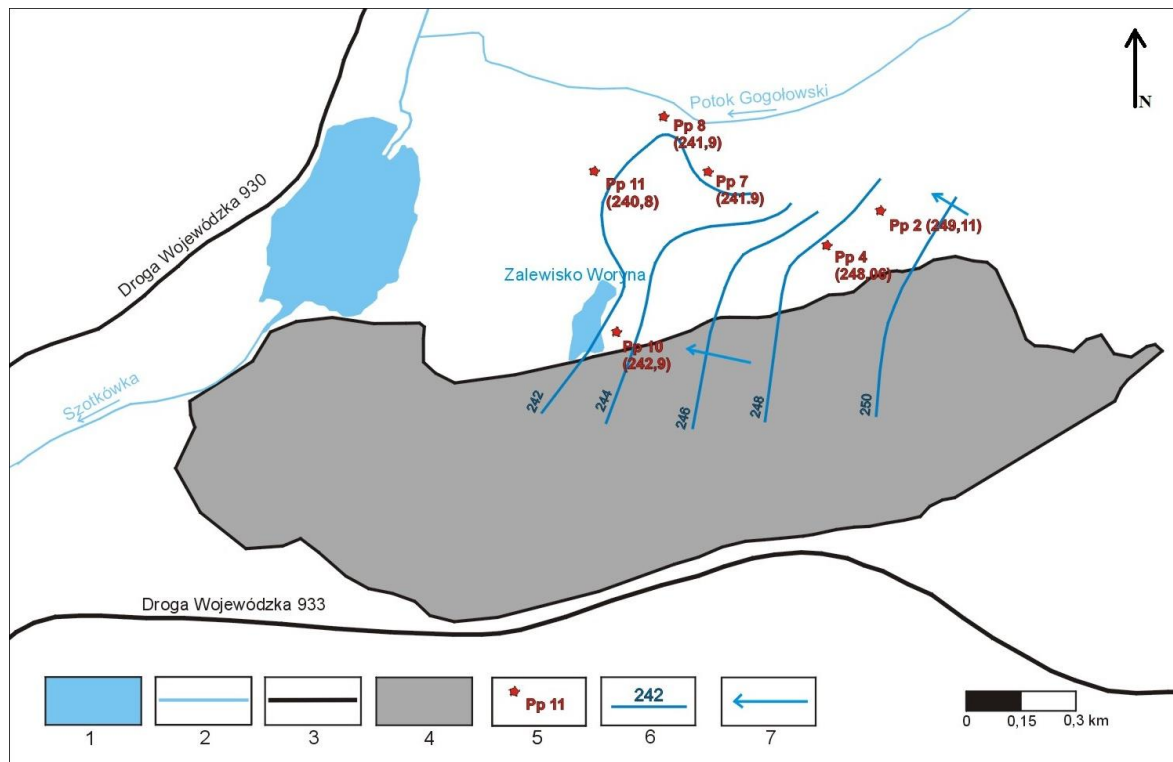
Rys. 6. Fragment Mapy Pierwszego Poziomu Wodonośnego (wg: KEMPA, BIELEWICZ, 2006):
 1 – składowisko „Pochwacie”, 2 – obszar występowania głównego poziomu wodonośnego jako pierwszego poziomu wodonośnego, 3 – obszar występowania pierwszego poziomu wodonośnego nie będącego głównym poziomem wodonośnym, 4 - hydroizohipsa, 5 – zasięg jednostki pierwszego poziomu wodonośnego, 6 – linia przekroju hydrogeologicznego, 7 – jednostka PPW nr 8 (w utworach piasków różnoziarnistych i żwirach, w strefie hydrodynamiczno-geomorfologicznej równiny sandrowej, o zwierciadle swobodnym lokalnie napiętym, nie będąca głównym poziomem wodonośnym; czwartorzęd), 8 – jednostka PPW nr 9 (w utworach piasków i żwirów, w strefie hydrodynamiczno-geomorfologicznej wysoczyzny morenowej, o zwierciadle swobodnym lokalnie napiętym, będąca głównym poziomem wodonośnym; czwartorzęd)

Рис. 6. Фрагмент Карты первого водоносного горизонта (по: КЕМПА, БИЛЕВИЧ, 2006):
 1 – свалка „Похватце”, 2 – область распространения главного водоносного горизонта как первого водоносного горизонта, 3 – область распространения первого водоносного горизонта, где он не является главным, 4 – гидроизогипса, 5 – пределы единицы первого водоносного горизонта, 6 – линия гидрогеологического разреза, 7 – единица PPW № 8 (в разнозернистых песках и гравии, в гидродинамической и геоморфологической зоне задровой равнины, с уровнем свободной воды, которая не является главным водоносным горизонтом, квартал), 8 – единица PPW № 9 (в песках и гравии, в гидродинамической и геоморфологической зоне моренного плато, с уровнем свободной воды, которая является главным водоносным горизонтом, квартал)

Fig. 6. A fragment of the Map of the First Aquifer (after: KEMPA, BIELEWICZ, 2006):
 1 – „Pochwacie” landfill, 2 – the area of the main aquifer as the first aquifer, 3 – the area of the first aquifer not being the main aquifer, 4 – hydroisohypse, 5 – the range of the first aquifer, 6 – hydrogeological cross-section line, 7 – First aquifer unit no. 8, in the works of different-grained sands and gravels, in the hydrodynamic-geomorphological zone of the outwash plain, with a free groundwater table, locally stretched, not being the main aquifer, Quaternary, 8 – PPW unit No. 9, in the formations of sands and gravels, in the hydrodynamic-geomorphological zone of the moraine plateau with a free groundwater table, locally stretched, which is the main aquifer, Quaternary

Trzeci poziom wodonośny jest związany z piaskami gliniastymi. Występuje lokalnie po północnej stronie „Pochwacia”. Od drugiego poziomu wodonośnego jest odizolowany kilkumetrową warstwą utworów nieprzepuszczalnych. Zwierciadło wód podziemnych ma cha-

rakter napięty. Stabilizuje się na rzędnych od +240,70 do +249,21 m n.p.m. Wody spływają w kierunku zachodnim i północno-zachodnim. Są drenowane przez cieki powierzchniowe i zbiorniki (rys. 7).



Rys. 7. Lokalna sieć monitoringu wód podziemnych trzeciego poziomu wodonośnego wraz z układem hydroizohips dla składowiska odpadów górniczych „Pochwacie”:
1 – zalewisko, 2 – rzeka/potok, 3 – droga wojewódzka, 4 – składowisko, 5 – piezometr z rzędnią zwierciadła wody [m n.p.m.] (stan z 16.09.2015), 6 – hydroizohipsa, 7 – kierunek przepływu wód podziemnych

Рис. 7. Местная сеть мониторинга подземных вод третьего водоносного горизонта с распределением гидроизогипс для свалки отходов „Похватее”:

1 – водоем, 2 – река/поток, 3 – воеводская дорога, 4 – свалка, 5 – пьезометр с абсолютной высотой (ординатой) водного горизонта (состояние: 16.09.2015 г.), 6 – гидроизогипса, 7 – направление течения подземных вод

Fig. 7. Local groundwater monitoring network of the third aquifer with hydroisohypses:
1 – floodplain, 2 – river/potok, 3 – voivodship road, 4 – landfill, 5 – piezometer with water table level [m a.s.l.] (condition from 16.09.2015), 6 – hydroisohypse, 7 – direction of groundwater flow

(opracowanie własne na podstawie danych WIOŚ w Katowicach – собственная разработка на основании данных из ВИООС в Катовице – own elaboration based on the data provided by the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Katowice)

W spągu czwartorzędowego piętra wodonośnego zalega warstwa nieprzepuszczalnych utworów ilastych miocenu o dużej miąższości. Utwory te izolują wody czwartorzędowe od neogenu i pośrednio od karbońskiego piętra wodonośnego (ŚLASKI, 2013).

Na podstawie dostępnych opracowań nie ma możliwości wykreślenia całego układu hydroizohips dla składowiska i jego okolicy. Przedstawiony przebieg hydroizohips został wykonany na podstawie pomiarów rzędnych zwierciadła w piezometrach i analizy rzeźby terenu.

Warunki hydrogeologiczne okolic składowiska ujawnia sieć 21 piezometrów (19 czynnych i 2 nieczynne). Poszczególne piezometry obejmują 3 czwartorzędowe poziomy wodonośne:

- pierwszy poziom wodonośny: Pp 5a, Pp 24, Pp 25, Pp 26, Pp 28 a (rys. 4),
- drugi poziom wodonośny: Pp 2a, Pp 4a, Pp 5, Pp 7a, Pp 10a, Pp 11a, Pp 13, Pp 14, Pp 15, Pp 28 (rys. 5),
- trzeci poziom wodonośny: Pp 2, Pp 4, Pp 7, Pp 8, Pp 10, Pp 11 (rys. 7).

Piezometry Pp 28 i Pp 28a są nieczynne z powodu niedrożności i nie zostały zaznaczone na rysunkach.

Metodyka badań

W ramach pracy zestawiono i zweryfikowano analizy pochodzące z lokalnej sieci monitoringu wód podziemnych w sąsiedztwie składowiska „Pochwacie”. Ogółem zweryfikowano 188 analiz z lat 2012–2016. Po weryfikacji wiarygodności analiz dokonano oceny jakości wód podziemnych na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 21 grudnia 2015 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2016 poz. 85). Ponadto, na podstawie uzyskanych danych, wykonano mapy hydroizohips (rys. 4, 5, 7).

W celu kontroli poprawności wyników monitoringu wód, dokonano ilościowej oceny błędów analiz na podstawie jonowego bilansu wody (dla 12 jonów), wyrażonego następującym wzorem (SZCZEPAŃSKA, KMIECIK, 2005; DĄBROWSKA, 2012):

$$B = \frac{\sum rK - \sum rA}{\sum rK + \sum rA} \cdot 100\%$$

gdzie: B – błąd analizy, $\sum rK$ – suma równoważnikowa kationów, $\sum rA$ – suma równoważnikowa anionów.

Na potrzeby artykułu założono dopuszczalny błąd graniczny o wartości 10%. Od 2012 do 2016 roku przeprowadzono łącznie 188 analiz fizykochemicznych wód podziemnych dla rejonu składowiska. Za wiarygodne uznano 144 analizy (76,59% sumy analiz).

Składowisko „Pochwacie” jest obiektem w fazie poeksploatacyjnej. Zgodnie z Rozporządze-

niem Ministra Środowiska z dnia 29 maja 2014 r. w sprawie prowadzenia monitoringu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Dz.U. 2014 poz. 875), badania jakości wód podziemnych są prowadzone z częstotliwością co 6 miesięcy.

Badane są następujące parametry chemiczne: przewodność elektrolityczna właściwa (PEW), odczyn, substancje rozpuszczone, CHZT-Cr, BZT5, ołów, cynk, azotany, siarczany, chlorki, jon amonowy, azotyny, wapń, magnez, żelazo, mangan, sód, potas, wodorowęglany, kadm. Wpływ obiektu na środowisko gruntowo-wodne, pod względem charakterystycznych wskaźników dla odpadów górniczych, został oceniony na podstawie wyników badań przeprowadzonych w latach 2012–2016 (tab. 1.). Ze względu na odbiegające wyniki badań monitoringowych w piezometrze Pp 5 ujmującym drugi poziom wodonośny, wyłączono go z interpretacji. W artykule przeanalizowano PEW, zawartość siarczanów i chlorków w wodach podziemnych w rejonie składowiska.

Wyniki badań monitoringowych

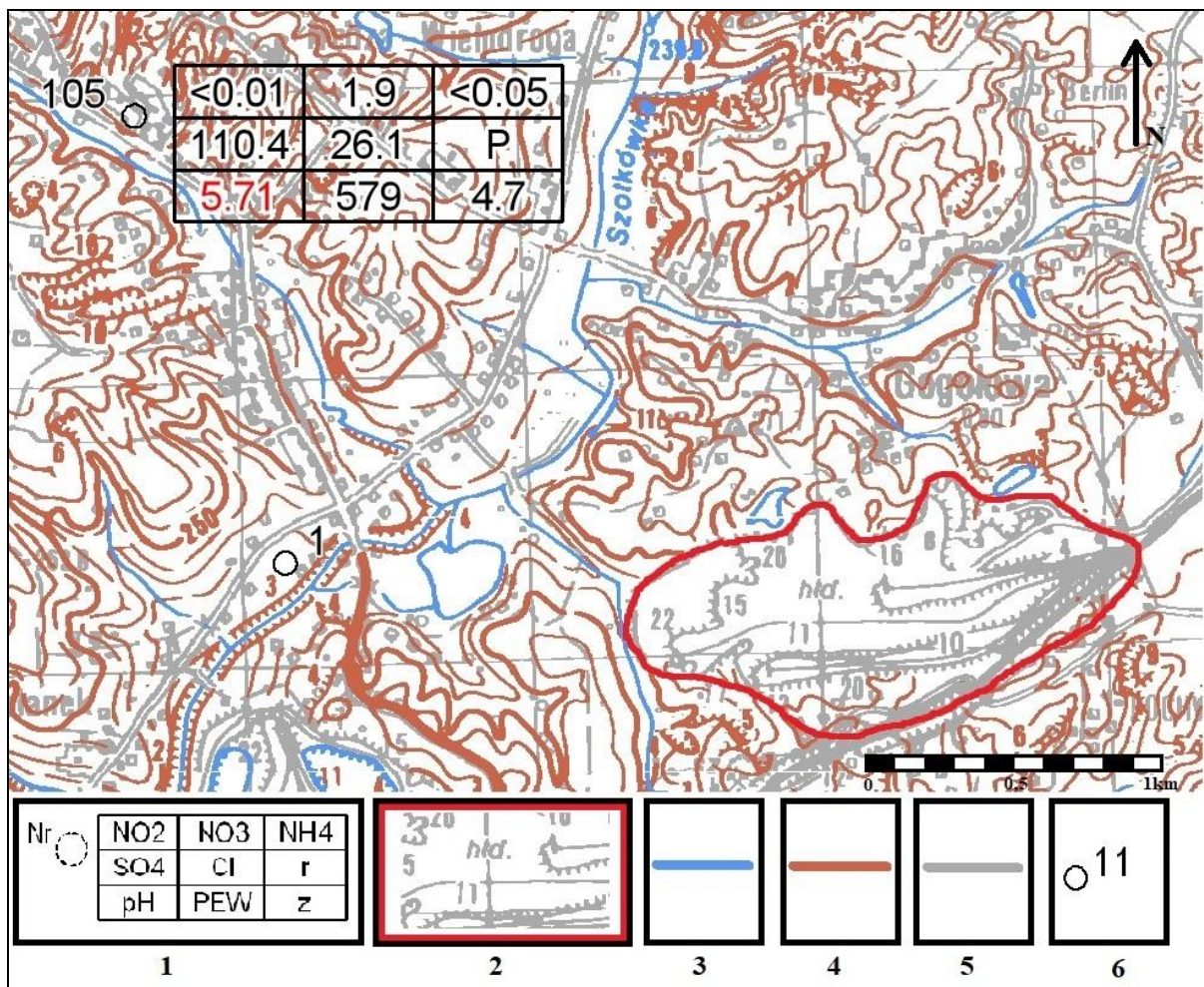
Charakterystycznymi cechami wód podziemnych pozostających pod wpływem składowisk odpadów pochodzących z wydobycia węgla kamiennego, są: podwyższona wartość PEW, wysokie stężenie siarczanów oraz chlorków (TWARDOWSKA, SZCZEPAŃSKA, 1995, RAKWIC 2011). Wymienione cechy zaobserwowano również w wynikach monitoringu wód podziemnych okolic omawianego składowiska.

Odpady deponowane na składowisku „Pochwacie” mają posłużyć jako kruszywo do likwidacji sąsiadującego ze składowiskiem zalewiska na rzece Szotkówce, które powstało na skutek osiadania terenu. Przeprowadzone statyczne testy wymywalności pozwoliły na oszacowanie potencjalnej wielkości ładunków zanieczyszczeń, które mogą zostać wymyte z kubatury skał płonnych, niezbędnej do wykonania prac inżynierskich. Dla chlorków ładunek ten oszacowano na 2 178 Mg, a w przypadku siarczanów – na 3 630 Mg (SOŁTYSIAK, DĄBROWSKA, 2018).

Należy zauważyć, że sieć lokalnego monitoringu jedynie w przypadku pierwszego poziomu wodonośnego na dopływie wód podziemnych

posiada wymagany w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 29 maja 2014 r. w sprawie prowadzenia monitoringu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Dz.U. 2014 poz. 875) jeden punkt pomiarowy od strony dopływu wód do składowiska – jest to piezometr Pp 24 (rys. 4). Wody pierwszego poziomu wodonośnego, dopływające do składowiska, w zakresie analizowanych wskaźników są wodami o dobrym stanie chemicznym (I–III klasy jakości wód podziemnych). W przypadku pozostałych poziomów wodonośnych nie ma możliwości określenia tła hydrogeochemicznego na podstawie lokalnej sieci monitoringowej, ponieważ na dopływie wód do składowiska nie ma punktów pomiarowych. Dla określenia tła hydrogeochemicznego drugiego poziomu wodonośnego w pobliżu składowiska przeanalizowano Mapę Hydrogeologiczną Polski 1 : 50 000 (pierwszy poziom wodonośny, wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód) wraz z objaśnieniami (RUBIN, RUBIN,

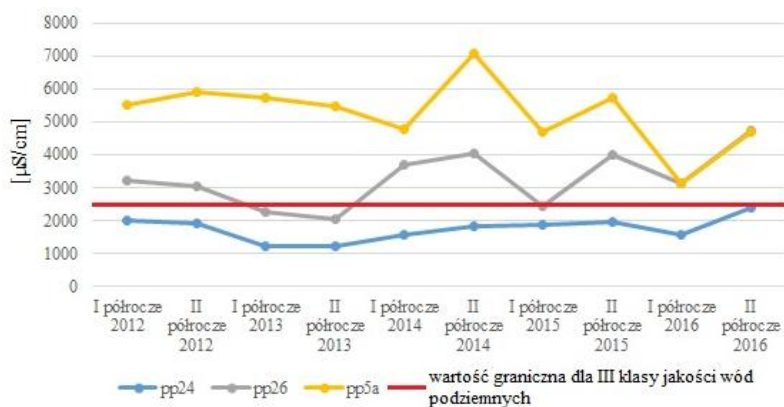
2013a, b). W materiałach tych przedstawiono wyniki badań chemizmu wód pobranych w studniach kopanych, zlokalizowanym w zasięgu arkusza 991-Zebrzydowice. Założono, że studnia kopana nr 105 (rys. 8.) odzwierciedla chemizm wód podziemnych wokół obszaru składowiska „Pochwacie”. Studnia nr 105 jest zlokalizowana w Połomii przy ul. Centralnej 110, w odległości 1,80 km od zachodniej krawędzi składowiska, w kierunku północno-wschodnim. W I–II klasie jakości wód podziemnych mieszczą się następujące parametry: PEW (579 $\mu\text{S}/\text{cm}$), azotyny (<0,01 mg/l), azotany (1,9 mg/l), jon amonowy (<0,05 mg/l), siarczany (110,4 mg/l), chlorki (26,1 mg/l). Odczyn wynoszący 5,71 w skali pH mieści się w IV–V klasie jakości wód podziemnych (Dz.U. 2016 poz. 85). Można przypuszczać, że chemizm wód trzeciego poziomu wodonośnego będzie zbliżony do chemizmu wód drugiego poziomu wodonośnego.



Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 grudnia 2015 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2016 poz. 85) określa wartości graniczne dla klas jakości wód podziemnych. Klasa I, II i III oznacza wody o dobrym stanie chemicznym, natomiast klasa IV i V – o słabym stanie chemicznym wód. Wartości graniczne dla III klasy dla wartości PEW wynosi 2 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dla stężenia siarczanów 250 mg/l, dla stężenia chlorków 250 mg/l.

Wyniki badań monitoringowych wskazują na negatywny wpływ składowiska na wody pierwszego poziomu wodonośnego. Wartość PEW w latach 2012–2016 dla piezometru Pp 5a średnio

2-krotnie przekraczała wartość graniczną dla III klasy jakości wód. Największą wartość odnotowano w II półroczu 2014 r – 7 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Wysokie wartości PEW należy wiązać z niewielką odległością piezometru Pp 5a od bryły zwałowiska (rys. 4). W piezometrze Pp 26, który jest zlokalizowany po wschodniej części składowiska, notowane były zazwyczaj nieznaczne przekroczenia granicznych wartości III klasy jakości – 3 060–4 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (rys. 9). Największe przekroczenie PEW w punkcie Pp 26 nastąpiło w II półroczu 2016 r. i wartość wynosiła 4 740 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Wody w piezometrze Pp 24 osiągają wartość PEW od 1 227 do 2 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Rys. 9. Wartość PEW dla wód pierwszego poziomu wodonośnego w latach 2012–2016 r. (opracowanie własne na podstawie wyników udostępnionych przez WIOŚ w Katowicach)

Рис. 9. Значения электролитической проводимости (PEW) вод первого водоносного горизонта за период 2012–2016 гг. (собственная разработка на основании данных из Воеводской Инспекции по охране окружающей среды ВИООС в Катовице)

Fig. 9. EC value for water of the first aquifer in 2012–2016 (own elaboration based on the results provided by the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Katowice)

Zauważono podwyższone stężenia dla siarczanów. Największe stężenie siarczanów notowane było w piezometrze Pp 5a. Wartość gra-

niczna III klasy dla tego wskaźnika została przekroczone około 5–10-krotnie. Największe stężenie siarczanów, wynoszące 2 490 mg/l, stwierdzono

←

Rys. 8. Tło hydrogeochemiczne naturalnych wód podziemnych wokół składowiska „Pochwacie” (na podstawie: RUBIN K., RUBIN H., 2013b):

- 1 – punkt opróbowania wód podziemnych, 2 – składowisko, 3 – wody powierzchniowe, 4 – poziomicę,
- 5 – drogi i zabudowa mieszkalna, 6 – studnia kopana

Рис. 8. Гидрогеохимический фон природных подземных вод вокруг свалки „Похвате” (на основании: RUBIN K., RUBIN H., 2013b):

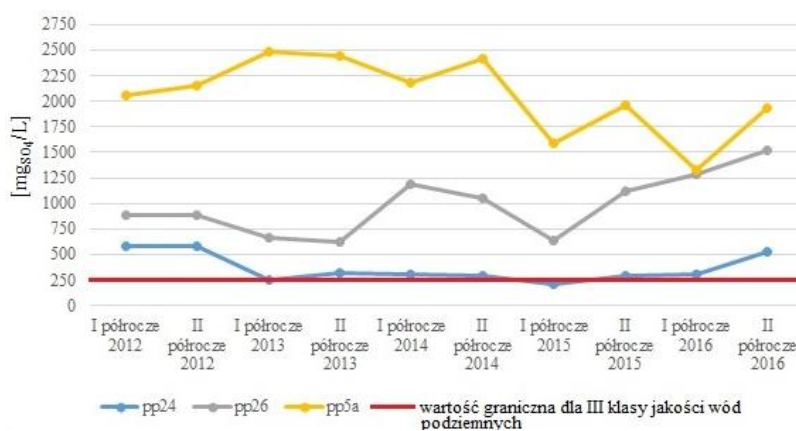
- 1 – точка отбора воды для анализов, 2 – свалка, 3 – поверхностные воды, 4 – горизонталы,
- 5 – дороги и постройки, 6 – колодец

Fig. 8. Hydrogeochemical background of natural groundwater around the "Pochwacie" landfill (based on RUBIN K., RUBIN H., 2013b):

- 1 – groundwater sampling point, 2 – landfill, 3 – surface waters, 4 – contour lines, 5 – road and residential development, 6 – dug well

w I półroczu 2013 r. W wodach piezometru Pp 26 stężenie siarczanów przekroczone było 3–6-krotnie. Najwyższe stężenie wystąpiło w II pół-

roczu 2016 r. i wynosiło 1 521 mg/l. Wody w piezometrze Pp 24 miały podwyższone stężenia siarczanów – od 209,5 do 588 mg/l (rys. 10).



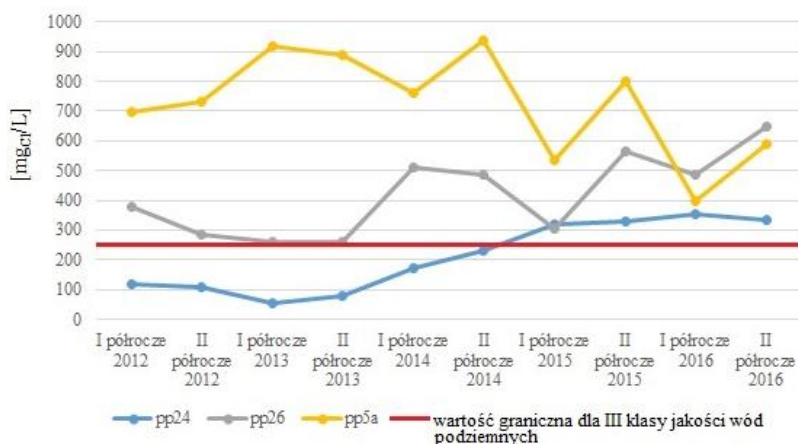
Rys. 10. Stężenie siarczanów w wodach pierwszego poziomu wodonośnego w latach 2012–2016 (opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez WIOŚ w Katowicach)

Рис. 10. Концентрация сульфатов в водах первого водоносного горизонта за период 2012–2016 гг. (собственная разработка на основании данных из ВИООС в Катовице)

Fig. 10. Sulphates concentration for waters of the first aquifer in 2012–2016 (own elaboration based on data provided by the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Katowice)

Analogiczną sytuację zaobserwowano w przypadku stężenia chlorków. Najwyższe stężenia odnotowano w piezometrze Pp 5a (937,2 mg/l w II półroczu 2014 r.). W piezometrze Pp 26 również zaobserwowano przekroczenia wartości granicznych dla III klasy jakości wód. Stężenia chlorków w Pp 26 wahają się od 260 do 648,5 mg/l. Wody w piezometrze Pp 24 w latach 2012–2013 nie były zanieczyszczone chlorkami. Przekroczenie war-

tości granicznej stężenia Cl dla dobrego stanu wód w tym punkcie pomiarowym odnotowano w latach 2015 i 2016 – stężenie Cl wynosiło wówczas od 320,8 do 352,5 mg/l (rys. 11). Z interpretacji wyników monitoringu dla wód pierwszego poziomu wodonośnego wykluczono piezometr Pp 25 z powodu przekroczeń przyjętej dopuszczalnej granicy błędnej analizy, wynoszącej 10%.



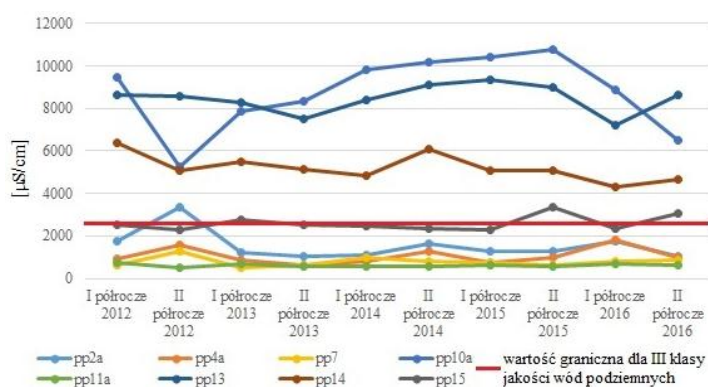
Rys. 11. Stężenie chlorków w wodach pierwszego poziomu wodonośnego w latach 2012–2016 (opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez WIOŚ w Katowicach)

Рис. 11. Концентрация хлоридов в водах первого водоносного горизонта за период 2012–2016 гг. (собственная разработка на основании данных из ВИООС в Катовице)

Fig. 11. Chloride concentration for waters of the first aquifer in years 2012–2016 (own study based on data provided by the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Katowice)

Cechy wód drugiego poziomu również wskazują na negatywny wpływ zwałowiska. O ile w piezometrach Pp 2a, Pp 4a, Pp 7a i Pp 11a w latach 2012–2016 nie zanotowano przekroczenia granicznej wartości III klasy jakości wód dla PEW (jedyne przekroczenie dla wspomnianych punktów pomiarowych wystąpiło w II połowie 2012 roku, kiedy w piezometrze Pp 2a odnotowano wartość PEW 3 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$), to w po-

zostałych piezometrach zlokalizowanych na odpływie wód od strony bryły składowiska (Pp 10a, Pp 13, Pp 14, Pp15) stwierdzono znaczne przekroczenia tego wskaźnika (od 10 do 43 razy). Największe przekroczenie wartości granicznej III klasy dla PEW nastąpiło w II półroczu 2015 r. w piezometrze Pp 10a i wartość ta wynosiła 10 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (rys. 12).



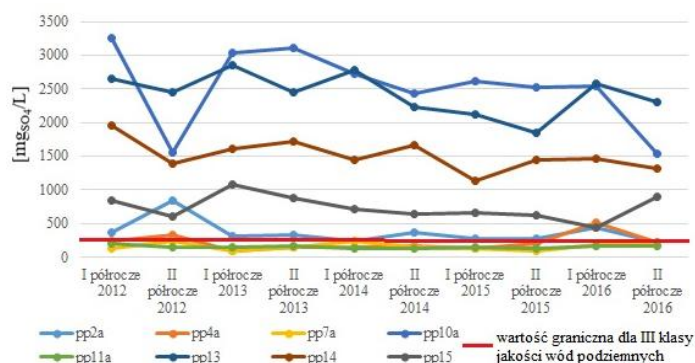
Rys. 12. Wartość PEW dla wód drugiego poziomu wodonośnego w latach 2012–2016 (opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez WIOŚ w Katowicach)

Рис. 12. Значения электролитической проводимости (PEW) вод второго водоносного горизонта за период 2012–2016 гг. (собственная разработка на основании данных из ВИООС в Katowice)

Fig. 12. EC value for second aquifer water in 2012–2016 (own study based on data provided by the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Katowice)

Stężenia siarczanów w piezometrach Pp 4a, Pp 7a i Pp 11a nie przekraczały wartości granicznej dla III klasy jakości. Epizodycznie zostały zaobserwowane takie przekroczenia w Pp 4a: 330 mg/l w II półroczu 2012 r. i 516 mg/l w I połowie 2015 r. W piezometrze Pp 2a odnotowano niewielkie przekroczenia stężenia siarczanów: największe dla tego punktu w II półroczu 2012 r. wy-

nosiło 834 mg/l. W piezometrach Pp 10a, Pp 13, Pp 14, Pp 15 zauważalne są duże wartości tego parametru: 3 250 mg/l w Pp 10a w I półroczu 2012 roku, 2 850 mg/l w Pp 13 w I półroczu 2013 r., 1 960 mg/l w Pp 14 w I połowie 2012 r. oraz 1 079 mg/l w Pp 15 w I półroczu 2013 r. Do roku 2016 stężenie siarczanów nie uległo większej poprawie (rys. 13).



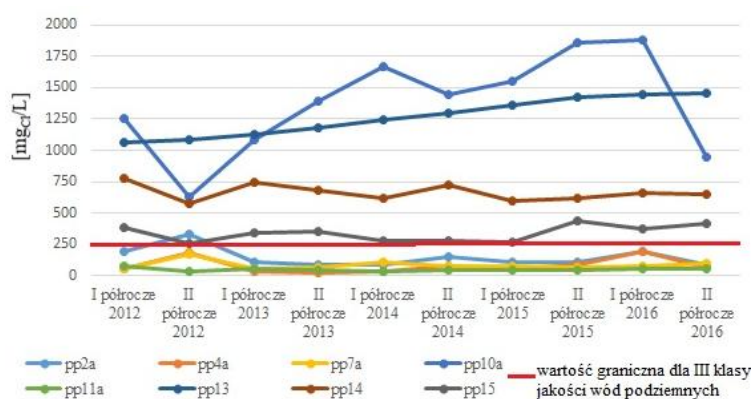
Rys. 13. Stężenie siarczanów w wodach drugiego poziomu wodonośnego w latach 2012–2016 (opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez WIOŚ w Katowicach)

Рис. 13. Концентрация сульфатов в водах второго водоносного горизонта за период 2012–2016 гг. (собственная разработка на основании данных из ВИООС в Katowice)

Fig. 13. Sulphates concentration for waters of the second aquifer in 2012–2016 (own study based on data provided by the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Katowice)

Graniczna wartość dla III klasy jakości dla stężeń chlorków wód drugiego poziomu wodonośnego nie była przekroczone w punktach pomiarowych Pp 2a (jedynie epizodyczne przekroczenie w II półroczu 2012 r.: 337 mg/l), Pp 4a, Pp 7a i Pp 11a. W piezometrach Pp 10a, Pp 13, Pp 14 oraz Pp 15 zaobserwowano wysokie stężenia jonu chlorkowego. Największe stężenie ustalono w Pp 10a: 1 882 mg/l w I połowie 2016 roku. W Pp 13 najwyższe stężenie zaobserwowano w II półroczu 2016 r.: 1 455 mg/l. W Pp 14 naj-

większe stężenie – 772,7 mg/l – odnotowano w I półroczu 2012 r. W punkcie Pp 15 wartość graniczna dla III klasy jakości wód była przekroczone w mniejszym stopniu, a stężenia wynosiły od 261 do 438,5 mg/l (rys. 14). Przy analizie wyników jakości wód podziemnych drugiego poziomu wodonośnego, w interpretacji pominięto piezometr Pp 5, ponieważ proponowany układ hydroizohips i wyniki analiz fizyko-chemicznych wód podziemnych sugerują, iż mogą to być wody zawieszone (tab. 1).



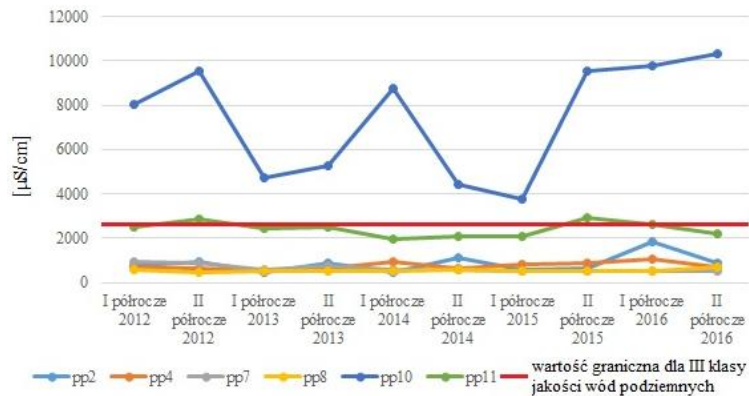
Rys. 14. Stężenie chlorków w wodach drugiego poziomu wodonośnego w latach 2012–2016 (opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez WIOŚ w Katowicach)

Рис. 14. Концентрация хлоридов в водах второго водоносного горизонта за период 2012–2016 гг. (собственная разработка на основании данных из ВИООС в Катувике)

Fig. 14. Chloride concentration for waters of the second aquifer in years 2012–2016 (own study based on data provided by WIOŚ in Katowice)

Wyniki analiz wód podziemnych trzeciego poziomu wodonośnego wskazują, że wysokie wartości dla PEW, siarczanów oraz chlorków obserwowano jedynie w dwóch punktach: Pp 10 i Pp 11. W piezometrach Pp 2, Pp 4, Pp 7 i Pp 8 nie odnotowano przekroczeń wartości granicznych dla III klasy jakości wód (wody o dobrym stanie chemicznym). Najwyższy zanotowany wskaźnik PEW wynosi 10 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (II półroczu 2016 r.) i został stwierdzony w punkcie pomiarowym Pp 10. W piezometrze Pp 11 również zauważalne były przekroczenia PEW – od 2 085 w II półroczu 2014 r. do 2 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ w II połowie 2015 r. (rys. 15). Stężenia siarczanów w Pp 10 miały wartości od 1 191 mg/l w I półroczu 2015 r.

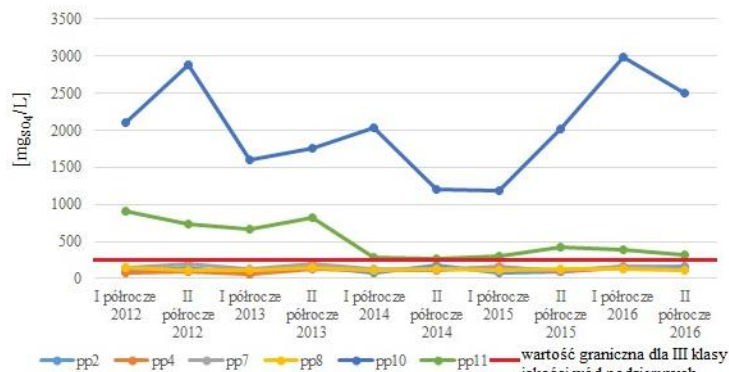
do 2 982 mg/l w I półroczu 2016 r. W punkcie Pp 11 także przekroczone były graniczne wartości dla III klasy – od 267,5 mg/l w II półroczu 2014 do 908 mg/l w I półroczu 2012 r. (rys. 16). Również stężenie chlorków w piezometrach Pp 10 i Pp 11 nie spełniało wymogów dla wód o dobrym stanie chemicznym. Najwyższe stężenie chlorków w Pp 10 zostało odnotowane w II półroczu 2016 roku i wynosiło 1 770 mg/l. W I półroczu 2015 roku stężenie chlorków w Pp 10 odpowiadało III klasie jakości wód i wynosiło 240,3 mg/l. W piezometrze Pp 11 przez cały analizowany okres stężenie chlorków było przekroczone – od 267,5 mg/l w II półroczu 2014 r. do 417,3 mg/l w II półroczu 2015 r. (rys. 17).



Rys. 15. Wartość PEW dla wód trzeciego poziomu wodonośnego w latach 2012–2016 (opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez WIOŚ w Katowicach)

Рис. 15. Значения электролитической проводимости (PEW) вод третьего водоносного горизонта за период 2012–2016 гг. (собственная разработка на основании данных из ВИООС в Катовице)

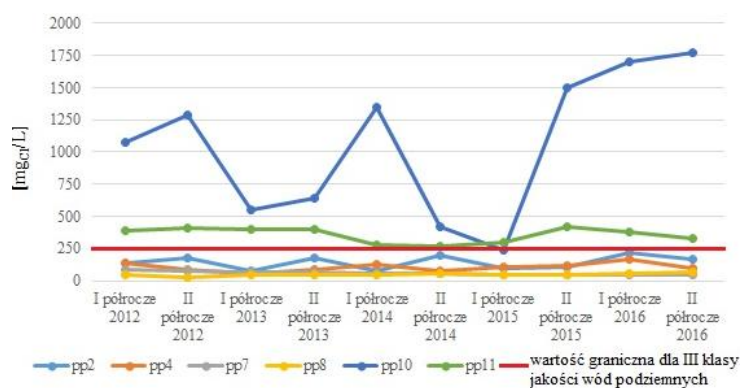
Fig. 15. EC value for the third aquifer in years 2012–2016 (own study based on data provided by the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Katowice)



Rys. 16. Stężenie siarczanów w wodach trzeciego poziomu wodonośnego w latach 2012–2016 (opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez WIOŚ w Katowicach)

Рис. 16. Концентрация сульфатов в водах третьего водоносного горизонта за период 2012–2016 гг. (собственная разработка на основании данных из ВИООС в Катовице)

Fig. 16. Sulphates concentration for waters of the third aquifer in years 2012–2016 (own study based on data provided by the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Katowice)



Rys. 17. Wartość stężenia chlorków dla wód trzeciego poziomu wodonośnego w latach 2012–2016 (opracowanie własne na podstawie danych udostępnionych przez WIOŚ w Katowicach)

Рис. 17. Концентрация хлоридов в водах второго водоносного горизонта за период 2012–2016 гг. (собственная разработка на основании данных из ВИООС в Катовице)

Fig. 17. Концентрация хлоридов в водах второго водоносного горизонта за период 2012–2016 гг. (собственная разработка на основании данных из ВИООС в Катовице)

Tabela 1. Wyniki badań wybranych parametrów wód podziemnych rejonu składowiska odpadów górniczych „Pochwacie” (dane udostępnione przez WIOŚ w Katowicach)
 Таблица 1. Результаты анализов избранных параметров подземных вод окрестностей свалки „Похватие” (по данным из ВИООС в Katowice)
 Table 1. The results of tests on selected groundwater parameters of the "Pochwacie" landfill (data provided by the Provincial Inspectorate for Environmental Protection in Katowice)

Póbczce (rok)	Parametr	I poziom wodonośny				II poziom wodonośny										III poziom wodonośny				
		Pp 2a	Pp 24	Pp 25	Pp 26	Pp 2a	Pp 4a	Pp 5	Pp 7a	Pp 10a	Pp 11a	Pp 13	Pp 14	Pp 15	Pp 2	Pp 4	Pp 7	Pp 8	Pp 10	Pp 11
I (2012)	PEW[μ S/cm]	5505	1998	5085	3200	1776	950	572	618	9450	774	8647	6400	2530	737	714	960	558	8045	2510
	SO ₄ [mg/L]	2060	588	1690	880	368	230	98	128	3250	194	2650	1960	832	98	70	147	137	2105	908
	Cl [mg/L]	698,3	119,3	354,5	378,4	196	60,74	56,74	56,34	1249	74,1	1062	772,7	385	136,8	133,3	82,48	41,64	1078	387,5
II (2012)	PEW[μ S/cm]	5900	1928	5150	3060	3340	1600	594	1300	5270	534	8590	5080	2260	927	659	872	448	9550	2870
	SO ₄ [mg/L]	2158	578	1425	890	834	330	142	240	1558	138	2450	1380	606	138	98	191	111	2888	734
	Cl [mg/L]	731,8	106,9	383,3	283	337	179,6	55,15	178,2	634,1	32,9	1085	575,3	261	173,4	83,09	73,44	30,09	1290	413
I (2013)	PEW[μ S/cm]	5730	1227	4660	2260	1203	645	581	634	7890	657	8300	5510	2770	464	488	594	508	4730	2420
	SO ₄ [mg/L]	2490	245	1380	668	308	94	120	83	3030	152	2850	1600	1079	54	58	129	103	1600	668
	Cl [mg/L]	918,1	54,49	552,8	260,3	109,4	34,96	58,33	53,75	1087	51,6	1132	745,3	343	77,2	52,47	65,61	45,06	550,4	400,8
II (2013)	PEW[μ S/cm]	5480	1231	4500	2050	1048	627	590	599	8310	591	7500	5150	2550	863	623	741	488	5250	2500
	SO ₄ [mg/L]	2450	317	1670	627	328	138	138	152	3105	159	2450	1715	880	169	125	196	143	1760	815
	Cl [mg/L]	886,3	76,66	379,9	260	66,44	25,33	59,3	54,46	1391	45,4	1180	686,4	352	179,7	83,82	66,6	45,9	642,7	402,9
I (2014)	PEW[μ S/cm]	4770	1565	5000	3690	1077	801	-	962	9840	553	8370	4850	2460	476	946	563	527	8770	1980
	SO ₄ [mg/L]	2180	310	2080	1190	243	154	-	236	2725	134	2770	1435	718	79	112	134	119	2030	561
	Cl [mg/L]	758,2	170,5	245,4	509,4	88,71	36,46	-	106,3	1665	35,8	1242	616	283,6	76,71	129,7	57,08	45,61	1344	280,8
II (2014)	PEW[μ S/cm]	7100	1805	5830	4040	1628	1251	-	815	10200	594	9110	6070	2360	1130	615	570	559	4410	2085
	SO ₄ [mg/L]	2412	290,2	1506	1050	360,6	167,9	-	145,7	2428	121	2223	1663	630,6	184,4	102,5	125,9	125,	1202	533
	Cl [mg/L]	937,2	228,9	415,4	487,2	154,6	79	-	80,24	1442	41,58	1292	720,5	278,6	197,4	72,79	56,68	53,9	421,2	267,5
I (2015)	PEW[μ S/cm]	4690	1851	6350	2430	1292	769	662	724	10420	618	9330	5080	2300	587	809	506	486	3740	2100
	SO ₄ [mg/L]	1591	209,5	1665	630,6	276,6	133,8	158,3	134,6	2620	146,8	2116	1126	648,5	83,6	159,9	137,8	102,9	1191	554,2
	Cl [mg/L]	534	320,8	729	303,2	108,2	54,41	60,57	75,25	1551	46,77	1355	599,7	272,4	96,49	103,1	46,03	41,01	240,3	300,5
II (2015)	PEW[μ S/cm]	5730	1961	6310	4000	1277	955	670	601	10750	588	9000	5050	3350	623	864	494	536	9560	2900
	SO ₄ [mg/L]	1962	295,8	1820	1120	270,7	193,8	146,8	92,8	2519	132,4	1839	1450	615,8	86	98,2	107	120,2	2012	641,7
	Cl [mg/L]	798,9	327,7	740	565,8	112,6	86,49	64,53	62,31	1855	43,25	1423	619,7	438,5	109,4	114,1	46,41	47,29	1498	417,3
I (2016)	PEW[μ S/cm]	3120	1583	5890	3130	1782	1802	603	804	8880	665	7200	4290	2370	1846	1058	527	490	9780	2620
	SO ₄ [mg/L]	1331	304,9	1761	1282	441,9	516	198	190,1	2534	159,1	2576	1471	440,9	165,1	137,7	157,4	122,2	2982	828,3
	Cl [mg/L]	397,3	352,5	674,1	486,3	190	195,7	64,19	80,14	1882	57,49	1449	658	370,4	221,7	166,7	45,83	51,13	1702	383
II (2016)	PEW[μ S/cm]	4700	2400	6510	4740	1069	1011	643	862	6500	650	8630	4640	3070	884	677	508	700	10340	2170
	SO ₄ [mg/L]	1937	519,9	1807	1521	225,5	225,3	164,2	192,1	1540	156,6	2304	1323	869,9	166,4	121,5	120,1	112,4	2495	592,4
	Cl [mg/L]	588,3	336	887,2	648,5	93,67	64,94	66,47	99,44	947,5	52,06	1455	650	416,1	162,2	92,6	43,35	69,89	1770	323,3

Podsumowanie

Po przeanalizowaniu wyników zweryfikowanych analiz fizyko-chemicznych pochodzących z monitoringu jakości wód podziemnych dla okolic składowiska „Pochwacie” można stwierdzić, że jest ono aktywnym ogniskiem zanieczyszczeń. Wyniki analiz wód pobranych z lokalnej sieci monitoringu wskazują na podwyższoną wartość wskaźnika przewodności elektrolitycznej właściwej oraz na podwyższone stężenie siarczanów i chlorków. Z uwagi na krótki okres objęty analizą wyników z lokalnej sieci monitoringowej wód podziemnych nie można przewidzieć, czy trendy dla analizowanych parametrów będą rosnące, czy malejące. Należy zatem kontrolować obiekt i obserwować zmiany w chemizmie wód podziemnych.

Chlorki są jako pierwsze wymywane ze świeżo zdeponowanych odpadów i cechują się bardzo wysoką dynamiką ługowania. Stopień wymycia chlorków w pierwszym roku po zdeponowaniu może wynosić od 81 do 86,7%. Oznacza to, że zagrożenie zanieczyszczenia wód w oko-

licach zwałowiska występuje w ograniczonym okresie (SZCZEPAŃSKA, 1989). Składowisko „Pochwacie” jest i najprawdopodobniej w dalszym ciągu będzie ogniskiem zanieczyszczenia wód podziemnych chlorkami. Powodem tego jest zagęszczenie bryły i składowanie popiołów elektrownianych, co opóźnia przesączanie infiltrujących wód do podłoża składowiska. Odmiennej charakter dynamiki ługowania mają siarczany. Zmiany zawartości tego parametru zależą od tworzenia się siarczanów w wyniku rozkładu siarczków (FeS₂) oraz ługowania ich przez wody infiltracyjne. Gdy w bryle składowiska dochodzi do procesu utleniania piryty w obecności tlenu i wody, powstają następujące produkty: jony wodorowe H⁺, żelazo Fe²⁺ i Fe³⁺ oraz siarczany. Produkty te są ługowane przez wody infiltrujące bryłę składowiska. (SZCZEPAŃSKA, 1989). Wielkość ładunku siarczanów jest związana z ilością zdeponowanych odpadów. Biorąc pod uwagę wielkość składowiska oraz wyniki badań monitoringowych, z których wynika, że następuje proces wymywania siarczanów ze zwałowiska, można domniemywać, że „Pochwacie” może być

być aktywnym ogniskiem zanieczyszczeń przez następne dekady.

Na podstawie przeprowadzonej weryfikacji błędów analiz można stwierdzić, że analizy fizykochemiczne wód podziemnych pobieranych z „Pochwacia” nie są wykonywane z należytą dokładnością. Dla zniwelowania błędów pomiarowym proponowane jest zastosowanie procedury kontroli jakości QA/QC. Wykonywanie tej procedury pozwoliłoby na określenie ewentualnych błędów powstałych w procesie próbowania, utrwalania, przechowywania, transportu próbek do laboratorium oraz uzyskanie wiarygodnych i precyzyjnych wyników. Procedura kontroli jakości pomiarów z powodzeniem została wprowadzona przykładowo na składowisku odpadów górniczych „Smolnica” (SZCZEPAŃSKA i in., 1997).

Biorąc pod uwagę zaproponowany rozkład hydroizohips i kierunki przepływu wód podziemnych, można stwierdzić, że lokalna sieć monitoringu, ujmująca drugi i trzeci poziom wodonośny, nie spełnia wymogów Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 29 maja 2014 r. w sprawie prowadzenia monitoringu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Dz.U. 2014 poz. 875). Zgodnie z rozporządzeniem, rozkład punktów obserwacyjnych powinien być następujący: 1 piezometr zlokalizowany na dopływie wód w kierunku bryły składowiska, 2 pozostałe na przewidywanym odpływie wód podziemnych. W obecnej sytuacji wody dopływające do składowiska w drugim i trzecim poziomie wodonośnym nie są ujmowane przez żaden piezometr. Wody z piezometrów ujmujących te poziomy, zlokalizowanych w sąsiedztwie składowiska, wykazują duże stężenia składników charakterystycznych dla odpadów górniczych. Brak odpowiednio usytuowanego punktu pomiarowego na dopływie praktycznie uniemożliwia interpretację wyników z powodu braku tła hydrogeologicznego. Jedynie sieć piezometrów monitorujących pierwszy poziom wodonośny spełnia wymogi rozporządzenia ministerialnego.

Literatura

Chudy K., Bajor M., 2011: Skład chemiczny wód powierzchniowych niecki wałbrzyskiej w 20 lat po

likwidacji kopalń węgla kamiennego. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, 445. Warszawa: 43–50.

Dąbrowska D., 2012: Zmienność składu chemicznego wód podziemnych w rejonie składowiska odpadów w Tychach-Urbanowicach. WNoZ UŚ, Sosnowiec (m-pis).

Dąbrowska L., Łączny J. M., 1997: Wspólne składowanie odpadów powęglowych i mieszaniny popiołowo-wodnej dla zmniejszenia zagrożenia wód podziemnych. Współczesne problemy hydrogeologii, 8. Wrocław: 209–211.

Kempa J., Bielewicz R., 2006: Mapa Hydrogeologiczna Polski, Pierwszy poziom wodonośny, występowanie i hydrodynamika, 1 : 50 000, arkusz 991-Zebrzydowice. Państwowy Instytut Górniczy, Państwowy Instytut Badawczy, Ministerstwo Środowiska. Warszawa.

Michalik O., Pełka-Gościński J., 2012: Zwałowisko odpadów powęglowych „Pochwacie” – kierunki rekultywacji i plany zagospodarowania. Acta Geographica Silesiana, 2. nr specjalny. WNoZ UŚ, Sosnowiec: 59–63.

Rakwicz B., 2011: Modelowanie hydrochemiczne jako element oceny przydatności odpadów górnictwa podziemnego w budownictwie drogowym. Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice: 19–39.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 29 maja 2014 r. w sprawie prowadzenia monitoringu obiektu unieszkodliwiania odpadów wydobywczych (Dz.U. 2014 poz. 875).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 grudnia 2015 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu jednolitych części wód podziemnych (Dz.U. 2016 poz. 85).

Rubin K., Rubin H., 2013a: Baza danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski 1 : 50 000, pierwszy poziom wodonośny, wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód, objaśnienia, arkusz Zebrzydowice (0991). Państwowy Instytut Geologiczny, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa: 1 4.

Rubin K., Rubin H., 2013b: Mapa hydrogeologiczna Polski 1 : 50 000, pierwszy poziom wodonośny jakość wód, arkusz Zebrzydowice (991). Państwowy Instytut Geologiczny, Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.

Stefaniak S., Miszczak E., Kmiecik E., Szczepańska-Plewa J., Twardowska I., 2013: Interakcja odpadów powęglowych i odpadów elektrowniowych oraz jej wpływ na chemizm roztworów w składowisku. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, 456. Warszawa: 555–562.

- Stefaniak S, Twardowska I., 2009: Zmiany jakości wód podziemnych i powierzchniowych w wyniku kontaktu wód infiltracyjnych i zalewowych z obwałowaniem nasypu hydrotechnicznego wykonanego z odpadów górnictwa węgla kamiennego. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 436. Warszawa: 48 3–488.
- Sołtysiak M., Dąbrowska D., 2018: Natural and formal-legal aspect of the environmental impact assessment of the planned reclamation of mining damage in the Szotkówka valley (Southern Poland). 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, vol. XVII, issue 5.4: 501–508.
- Szczepańska J., 1989: Zanieczyszczenie i możliwości ochrony środowiska wodnego w rejonach składowania odpadów górnictwa węglowego. *Prace Naukowe Instytutu Geotechniki Politechniki Wrocławskiej*, 29, Wrocław: 479–483.
- Szczepańska J., Kmieciak E., 2005: Ocena stanu chemicznego wód podziemnych w oparciu o wyniki badań monitoringowych. AGH, Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne, Kraków: 115–117.
- Szczepańska J., Szczepański A., Wolski P., 1993: Zmienność parametrów hydrogeologicznych odpadów górnictwa węgla kamiennego w zależności od czasu depozycji i stopnia zagęszczenia. *Współczesne Problemy Hydrogeologii*. Wrocław: 301–306.
- Szczepańska J., Witczak S., Postawa A., Knap W., 1997: Zapewnienie jakości/kontrola jakości (QA/QC) badań hydrogeochemicznych w monitoringu wód podziemnych. VIII sympozjum: Współczesne problemy hydrogeologii, 8, Poznań–Kiekrz. Poznań: 205–208.
- Ślaski R., 2013: Sprawozdanie z badań wód podziemnych i powierzchniowych w sieci monitoringu lokalnego dla składowiska odpadów górniczych „Pochwacie” KWK Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka” za 2013 rok. Centralne Laboratorium Pomiarowo-Badawcze Sp. z o.o, Jastrzębie-Zdrój: 8–14 (m-pis).
- Ślaski R., 2016: Sprawozdanie z badań wód podziemnych i powierzchniowych w sieci monitoringu lokalnego dla składowiska odpadów górniczych „Pochwacie” KWK „Borynia-Zofiówka-Jastrzębie” Ruch „Zofiówka” za 2015 rok. Centralne Laboratorium Pomiarowo-Badawcze Sp. z o.o, Jastrzębie-Zdrój: 8–16 (m-pis).
- Twardowska I., Kyzioł J., Szczepańska J., Nguyen Anh Q., 1997: Przestrzenno-czasowa zmienność jakości wód podziemnych w otoczeniu składowisk odpadów górnictwa węglowego na tle gospodarki odpadami i warunków hydrogeologicznych. *Współczesne problemy hydrogeologii*, 8. UAM, Poznań: 255–259.
- Twardowska I. Szczepańska J. 1995: Składowisko odpadów skał karbońskich jako długotrwałe ognisko zanieczyszczenia wód podziemnych: badania monitoringowe. *Współczesne problemy hydrogeologii*, 7. Kraków: 475–483.
- Wójcik A. 1999: Szczegółowa mapa geologiczna Polski, 1 : 50 000, arkusz 991-Zebrzydowice. Państwowy Instytut Górniczy, Ministerstwo Środowiska, Warszawa.
- www.geoportal.gov.pl
<http://mszana.e-mapa.net/>

Wpłynął do redakcji: 27 marca 2019

Поступила в редакцию: 27 марта 2019

Received: 27 March 2019