

Modelowanie numeryczne w celu oceny wpływu eksploatacji rud miedzi w Lubińsko-Głogowskim Obszarze Miedzionośnym na warunki eksploatacji ujęcia „Sobin-Jędrzychów”

Karol Zawistowski¹

Numerical modelling of the impact of copper ore mining on exploitation conditions of the “Sobin-Jędrzychów” groundwater intake, Lubin-Głogów Mining District. *Prz. Geol.*, 65: 1403–1410.

Abstract. Drainage of aquifers, processing of copper ores, and surface storage of extractive wastes (post-processing copper ore tailings) accompanying the mining activities in the Lubin-Głogów Copper Ore District (LGOM), SW Poland, affect the natural environment of the area, including surface and groundwaters. The paper focuses on assessment of the influence of this processes on operating conditions of the “Sobin-Jędrzychów” groundwater intake. In order to simulate the aquifer and processes, a multiple (7) layer numerical model was developed and water balance calculations were performed. MODPATH computational particle tracking analysis was used to analyze migration of pollutants from the foreground of the “Gilów” tailings storage into the subsurface, including deeper aquifers. The modelling studies have shown that the impact of mining drainage on groundwater resources is rather insignificant in the area of the “Sobin-Jędrzychów” intake. However, its southern part may be negatively influenced by migration of pollutants from the front of the “Gilów” tailings storage.

Keywords: numerical modelling, LGOM, mine-drainage, groundwater exploitation, Sobin-Jędrzychów, water quality

Prowadzona od połowy lat 60. intensywna działalność górnicza w Lubińsko-Głogowskim Obszarze Miedzionośnym (LGOM), obecnie realizowana przez KGHM Polska Miedź S.A., wywołała zmiany w środowisku wodnym rejonu. Czynnikiem, który w decydujący sposób wpłynął na zmianę warunków hydrodynamicznych obszaru występowania wód podziemnych, jest proces górniczego odwadniania złoża rud miedzi i towarzyszących mu wyrobisk kopalnianych. Wytworzyła się tu antropogeniczna baza drenażu dla wód okołozłożowych, która przez kontakty hydrauliczne oddziałuje na leżące wyżej poziomy wodonośny. Opisane zmiany najwyraźniej zaznaczają się w poziomie wodonośnym wapieni i dolomitów Ca1 cechsztynu, drenowanym bezpośrednio wyrobiskami górniczymi, a także w poziomach drenowanych pośrednio wskutek istnienia kontaktów hydraulicznych. Efektem tych zmian jest deformacja pierwotnego kształtu powierzchni piezometrycznej poziomów wodonośnych, pozostających w strefie odwadniania kopalni (Bocheńska i in., 1998; Bocheńska, Kalisz, 2003; Becker i in., 2007).

W omówionych warunkach od 1964 r. funkcjonuje ujęcie wód podziemnych „Sobin-Jędrzychów”. Ujęcie to ma postać liniową, o przebiegu NW-SE (ryc. 1) i jest położone na odcinku o długości ok. 7 km między miejscowościami Sobin i Jędrzychów. Ujmuje piaszczysto-żwirowy plejstoceniowy poziom wodonośny przy pomocy 22 studni eksploatacyjnych. Ujęcie „Sobin-Jędrzychów” wybrano do badań z powodu jego lokalizacji na obszarze najintensywniejszego drenażu górniczego, występującego w strefie podkenozoicznych wychodni permu, wzdłuż południowych granic obszarów górniczych kopalni KGHM PM S.A (ryc. 1). Ponadto ujęcie „Sobin-Jędrzychów” charakteryzuje się największym poborem (ok. 100 m³/h) spośród wszystkich ujęć działających na obszarze oddziaływania

opisanego odwadniania górniczego. Odgrywa tym samym niezwykle istotną rolę w zaopatrzeniu w wodę mieszkańców i działającego na tym terenie przemysłu.

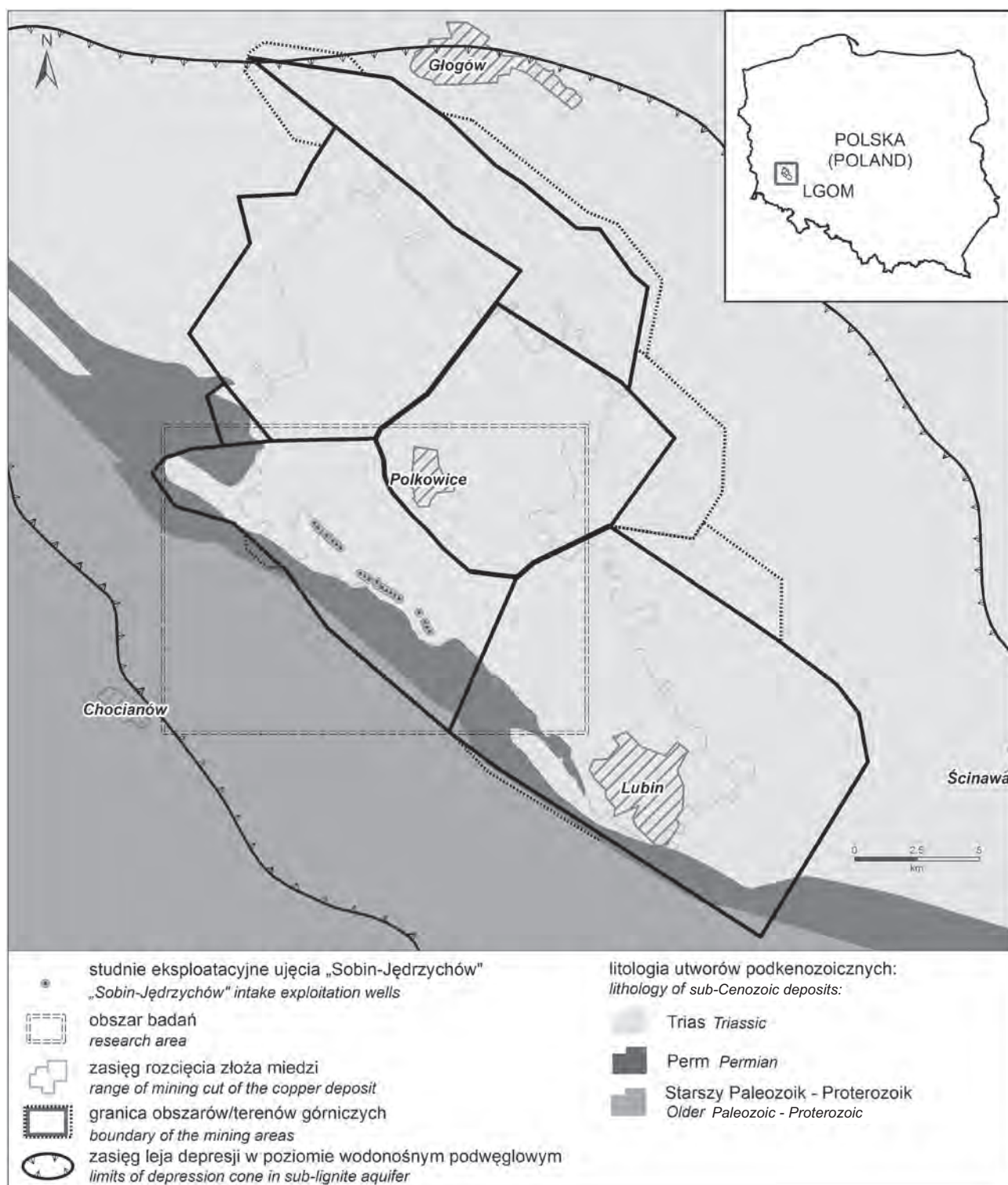
Głównym zadaniem podjętego problemu badawczego było rozpoznanie warunków hydrogeologicznych, hydrodynamicznych, budowy strukturalnej oraz wykształcenia litologicznego utworów paleogeńsko-neogeńskich i czwartorzędowych rejonu ujęcia „Sobin-Jędrzychów”, a w konsekwencji konstrukcja modelu matematycznego, umożliwiającego określenie systemu krążenia wód podziemnych, składników bilansu wodnego oraz ocenę wpływu odwadniania kopalnianego na wody podziemne eksploatowane przez omawiane ujęcie.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

Na obszarze górniczym KGHM z punktu widzenia warunków hydrogeologicznych wyróżnia się dwa rejon: południowy i północny (poza obszarem badań). Rejon południowy, w obrębie którego zlokalizowany jest ujęcie „Sobin-Jędrzychów”, obejmuje strefę podkenozoicznych wychodni cechsztynu. Występują tu skomplikowane warunki tektoniczne i hydrogeologiczne, a liczne rozmycia erozyjne zapewniają bezpośredni lub pośredni kontakt zdrenowanego górotworu permu z utworami poziomu podwęglowego (Bocheńska, Kalisz, 2001; Becker i in., 2006). W poziomie tym, na obszarze badanego ujęcia, notuje się depresje w przedziale 100–220 m. W leżącym wyżej, odwzorowanym na modelu, poziomie międzywęglowym (środkowego miocenu), zwierciadło dynamiczne zostało obniżone o maksymalnie 35 m (Bylebył, 2013).

Na obszarze ujęcia „Sobin-Jędrzychów” piętro czwartorzędowe składa się dwóch piaszczysto-żwirowych pozio-

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, al. Jaworowa 19, 53-122 Wrocław; karol.zawistowski@pgi.gov.pl.



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań na tle Lubińsko-Głogowskiego Obszaru Miedzionośnego (LGOM)
Fig. 1. Study area location against at the background of the Lubin-Głogów Copper Ore District (LGOM)

mów wodonośnych, rozdzielonych nieciągłą warstwą mulków. Oba poziomy pozostają ze sobą w więzi hydraulicznej. Swobodne lub subartezyjskie zwierciadło wody występuje na głębokości od kilkunastu cm do ok. 11 m p.p.t. W obrębie ujęcia panują bardzo korzystne warunki hydrogeologiczne: średni wydatek jednostkowy studni (q_{st}) wynosi 16,0–42,0 m³/h/m, a średni współczynnik filtracji (k_{st}) – 0,000547 m/s, czyli 47,26 m/d (Gajewska, 1990).

METODYKA BADAŃ

Badania modelowe przeprowadzono w ustalonych warunkach filtracji wód podziemnych. Do obliczeń wykorzystano program MODFLOW 2000 w konfiguracji Groundwater Vistas 5.51. Model numeryczny opracowano dla obszaru o powierzchni 209,1 km², z czego na aktywną część przypadło 118,5 km². Granice modelowanego obsza-

ru wyznaczono w odpowiednim oddaleniu od badanego ujęcia na podstawie roboczych map hydroizohips wykonanych podczas konstrukcji modelu przyrodniczego.

Strukturę modelu dopasowano do numerycznego modelu terenu DTM. Obszar badań pokryto siatką dyskretyzacyjną, składającą się z bloków obliczeniowych o wymiarach 50×50 m. Aktywna część modelu obejmowała 226 wierszy i 324 kolumny, co przełożyło się na 47 380 komórek obliczeniowych. Podczas konstrukcji modelu przyrodniczego zebrano i przeanalizowano liczne (>550) profile i karty otworów wiertniczych oraz archiwalne opracowania i dokumentacje realizowane na obszarze badań (m.in. Maksymiak i in., 1963; Zaleska i in., 1992, 2000; Malinowska-Pisz, 1997; Wawrzyniak, 2005; Wojciechowska, 2006; Przybylski, Badura, 2009).

Schematyzację warunków hydrogeologicznych badanego obszaru przeprowadzono na podstawie wykonanego wcześniej modelu przyrodniczego. Wydzielono 7 warstw, które odzwierciedlają cztery poziomy wodonośne: holoceński (w-wa I), plejstoceni (w-wa III), plioceni – nadwęglowy (w-wa V), mioceni – międzywęglowy (w-wa VII) i trzy poziomy rozdzielające (słaboprzepuszczalne) – warstwy II, IV i VI. Przykład relacji strukturalnych między warstwami modelu zaprezentowano na rycinie 2.

Dla pierwszej warstwy modelu przyjęto swobodne zwierciadło wód podziemnych, a dla kolejnych założono, że zwierciadło ma charakter napięty. Zasilanie I warstwy odbywa się na drodze infiltracji wód z opadów atmosferycznych, infiltracji wód powierzchniowych z rzek oraz dopływów bocznych na powierzchniach brzegowych. Kolejne warstwy są zasilane bezpośrednio przez kontakty hydrauliczne z leżącą wyżej warstwą lub na drodze przesączania międzywarstwowego oraz dopływów bocznych.

Do symulacji odwadniania górniczego posłużono się mapą wynikową ciśnień piezometrycznych poziomu międzywęglowego z numerycznego modelu regionalnego LGOM (Staško i in., 2014).

Do modelu wprowadzono warunki brzegowe II i III rodzaju. Warunek brzegowy II rodzaju (Neumana) typu $Q = 0$ przyjęto na fragmentach zewnętrznych granic obszaru badań dla I warstwy modelu, w miejscach, gdzie stwierdzono brak przepływu wód podziemnych (obszar niezawodniony – zwierciadła wody zalegające poniżej spągu I warstwy). Warunek ten przyjęto także na zewnętrznych granicach

warstw rozdzielających oraz w spągu modelu. Warunkiem brzegowym typu $Q = const.$ odwzorowano infiltrację efektywną. Jej wielkość przyjęto na podstawie wykształcenia litologicznego utworów strefy aeracji i wysokości opadów atmosferycznych (średnia z wielolecia – 573,5 mm). Dodatkowym czynnikiem ograniczającym było zurbanizowanie obszaru oraz nachylenie terenu powyżej 10°. Warunek brzegowy $Q = const.$ wykorzystano także do odwzorowania poboru wód podziemnych studniami eksploatacyjnymi i odwadniania górniczego. Warunek brzegowy III rodzaju $Q = f(H)$ (GHB), zastosowano na zewnętrznych granicach warstw wodonośnych modelu. Warunki brzegowe III rodzaju $Q = f(H)$ – wewnętrzne, zastosowano w celu odwzorowania wpływu zwierciadła wody w ciekach powierzchniowych na poziom wód podziemnych. Wszystkie główne rzeki odwzorowano warunkiem tzw. RIVER, mniejsze cieki oraz rzeki w obszarze źródłowym określono warunkiem brzegowym tzw. DRAIN.

KALIBRACJA I WERYFIKACJA MODELU

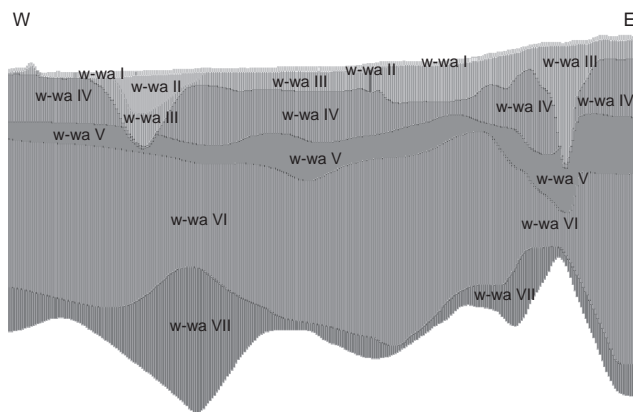
Identyfikację i weryfikację numerycznego modelu filtracji badanego obszaru wykonano zgodnie ze stanem hydrodynamicznym, wynikającym z rzędnej zwierciadła wód podziemnych w otworach hydrogeologicznych, studniach kopanych oraz wysokości zwierciadła wody w ciekach powierzchniowych. Kalibrację modelu przeprowadzono drogą kolejnych przybliżeń, tzw. metodą prób i błędów – według wybranych otworów referencyjnych, kontrolując jednocześnie zgodność rozkładu wysokości hydraulicznych z mapą hydroizohips z modelu przyrodniczego.

Tarowaniu poddano zasadniczo: współczynnik poziomej i pionowej filtracji warstw oraz miejscowo położenie spągu warstw wodonośnych. Kalibracji poddano także warunki brzegowe III rodzaju, związane z oddziaływaniem rzek. Na niektórych odcinkach korygowano parametry koryta rzeki – położenie jego dna lub parametry filtracyjne osadów dennych. Do kalibracji przyjęto tzw. punkty-repery, czyli te punkty z pomiarami zwierciadła wody, które dały podstawę do interpretacji aktualnego stanu hydrodynamicznego systemu. Ostatecznie uzyskane różnice między położeniem zwierciadła wód podziemnych w otworze hydrogeologicznym a wartościami uzyskanymi z modelu mieszczą się w przedziale od -1,29 do 1,31 m, średnio 0,37 m.

Zasadniczym założeniem procesu weryfikacji było otrzymanie bilansu wód podziemnych, który uwzględnia wymianę wód z otoczeniem. Kryterium błędu bilansu wody, czyli różnica między całkowitym dopływem i odpływem w systemie, wyrażona w %, zostało spełnione w rozwiązaniem modelu, gdyż wyniosła $1,06 \cdot 10^{-2}$.

WYNIKI BADAŃ MODELOWYCH

Na pierwszym etapie badań odwzorowano układ krążenia wód podziemnych. Przebieg hydroizohips czwartorzędowych poziomów wodonośnych (I i III warstwa modelu) z uwagi na ich ścisłą łączność hydrauliczną jest zasadniczo bardzo zbliżony. Na przeważającej części badanego obszaru hydroizohipsy poziomu nadwęglowego (V warstwa modelu) nawiązują do układu hydroizohips plejstoceni (III warstwa modelu). Świadczy to o istnieniu więzi hydraulicznych między tymi poziomami, szczególnie w miejscach okien hydrogeologicznych. Układ hydrodynamiczny poziomu międzywęglowego miocenu



Ryc. 2. Przestrzenna zmienność warstw modelu numerycznego (przekrój W-E, rząd 134)

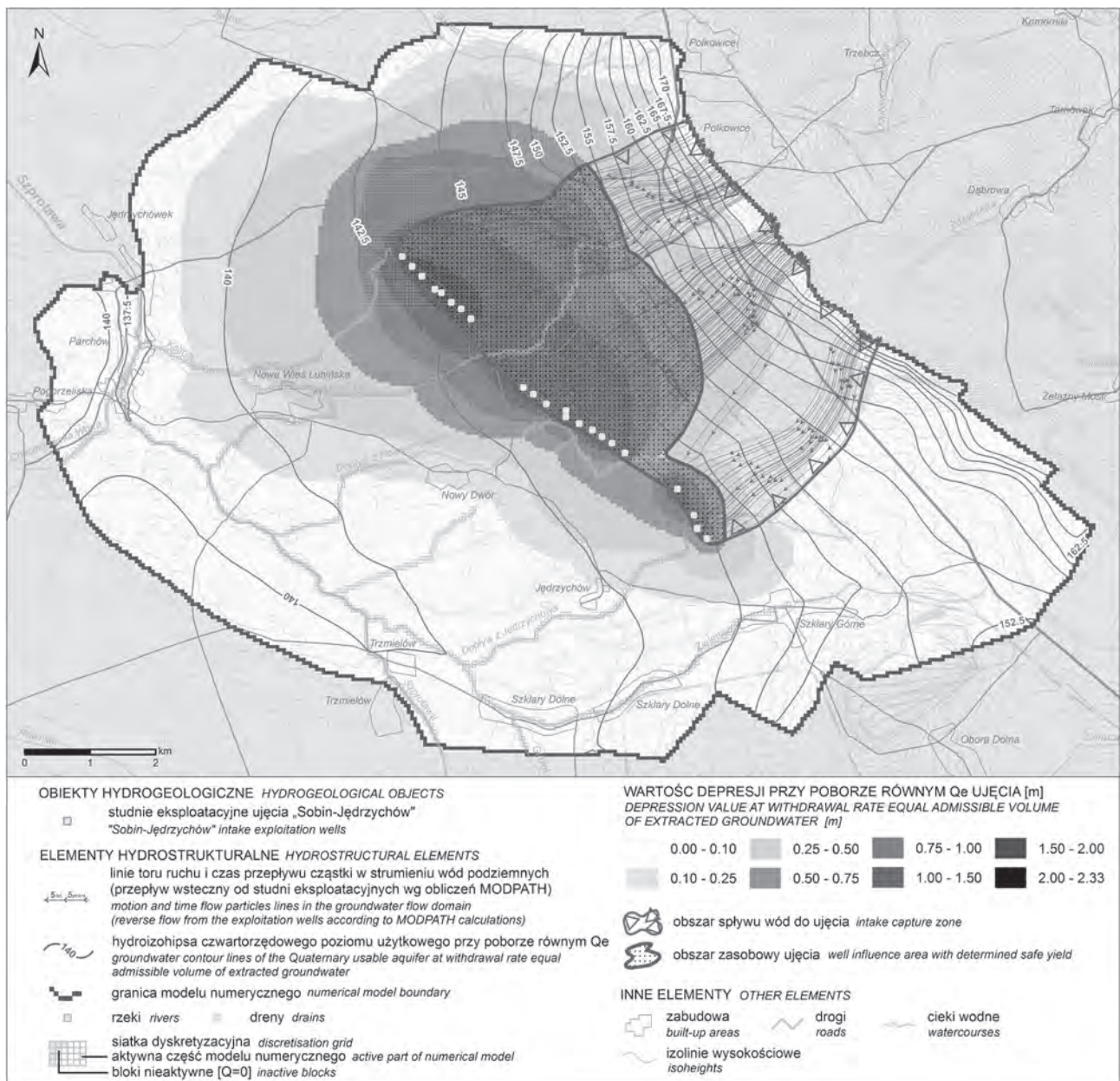
Fig. 2. Spatial variability of numerical model layers (W-E cross-section, row 134)

(VII warstwa modelu) wskazuje na drenaż tego poziomu w wyniku odwadniania kopalń. Kierunki przepływu są podporządkowane wpływowi okien hydrogeologicznych, łączących omawiany poziom z poziomem podwęglowym oligocenu, który z kolei pozostaje w kontakcie hydraulicznym z poziomem wapienia podstawowego. Centrum drenażu jest zlokalizowane w centralnej i północno-wschodniej części obszaru badań między miejscowościami: Polkowice, Nowa Wieś Lubińska, Nowy Dwór, Sobin.

W celu oszacowania wpływu drenażu górniczego na badane ujęcie wyznaczono obszar zasobowy ujęcia. Zadanie to wykonano, kierując się wytycznymi przedstawionymi w Poradniku metodycznym (Dąbrowski i in., 2004). Obszar zasobowy stanowi część obszaru sływu wód do ujęcia, w obrębie którego formuje się zasadnicza część zasobów eksploatacyjnych ujęcia. Obszar sływu wód do ujęcia określono, przeprowadzając analizę kierunku prze-

mieszczania się cząstek obliczeniowych w strumieniu wód podziemnych. W tym celu wykorzystano semi-analityczną metodę śledzenia cząstek na modelu MODPATH, wyznaczając kilkadziesiąt cząstek obliczeniowych wokół studni eksploatacyjnych (ryc. 3). Część pola hydrodynamicznego, w którym przebiegają linie prądu zbiegające się na ujęciu, a więc obszar, z którego strumienie wód podziemnych, kierują się do ujęcia, stanowi strefę sływu wody do ujęcia (ryc. 3).

Do wyznaczenia obszaru zasobowego przyjmuje się umowne kryteria ograniczające. Posłużono się kryterium „rozległości obszaru wpływu (depresji)”, ograniczonego izolinia o wartości 0,5 m (ryc. 3). Wartości depresji otrzymano, porównując ze sobą wyniki symulacji w warunkach naturalnych (bez poboru wody) i w warunkach eksploatacji ujęcia równej zatwierdzonym zasobom eksploatacyjnym (Q_e). Część obszaru sływu wód, w obrębie którego depresja wynosi 0,5 m, przyjęto jako obszar zasobowy ujęcia.



Ryc. 3. Wyznaczony graficznie obszar zasobowy ujęcia „Sobin-Jędrzychów”
Fig. 3. Graphically delineated “Sobin-Jędrzychów” well influence area with determined safe yield

W tak przestrzennie wyznaczonym obszarze przeprowadzono bilans przepływu wód podziemnych, a jego składowe przedstawiono w tabeli 1.

W bilansie obszaru zasobowego ujęcia zwracają uwagę wysokie dopływy boczne (16 795 m³/d) i niewielki odpływ do leżącej niżej warstwy, wynoszący jedynie 54 m³/d. Tak niska wartość przesączania świadczy o istnieniu na obszarze ujęcia skutecznej izolacji między eksploatowanym poziomem plejstoceniowym a poziomem plioceniowym (nadwęglowym).

Dodatkowo przeprowadzono symulację przepływu w badanym systemie wodonośnym dla warunków zbliżonych do naturalnych. Otrzymany rozkład ciśnień piezometrycznych porównano z ciśnieniami w warunkach drenażu górniczego. Wyniki tego porównania przedstawiono na rycinie 4. Na obszarze zasobowym ujęcia odwadnianie kopalnianie powoduje obniżenie zwierciadła wody eksploatowanego czwartorzędowego poziomu wodonośnego o 0,01 do 0,10 m, co przy sezonowych wahaniami rzędu 1,0–1,5 m i depresji w studniach 1,2–4,3 m (dozwolonych obecnie obowiązującym pozwoleniem wodnoprawnym), nie stanowi zagrożenia dla prawidłowego funkcjonowania ujęcia.

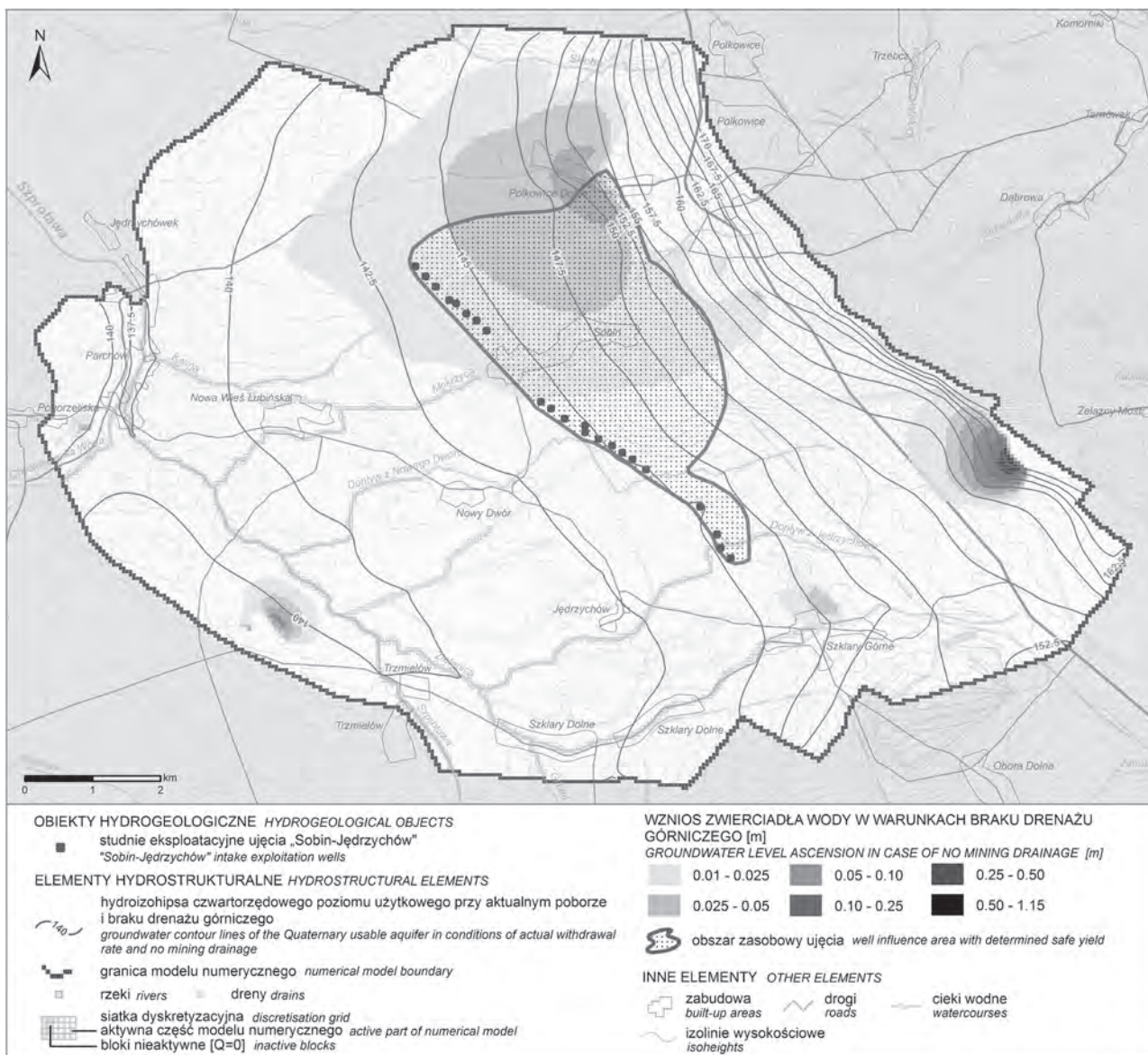
JAKOŚĆ WÓD

Analizę kierunku przemieszczania się cząstek obliczeniowych w strumieniu wód podziemnych wykorzystano także do zweryfikowania potencjalnego kierunku migracji zanieczyszczeń ze znajdującego się w SE części obszaru badań nieczynnego zbiornika odpadów poflotacyjnych (Zbiornika Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych OUOW „Gilów” (ryc. 5). W latach 70. w wyniku filtracji wód nadosadowych (o mineralizacji 6000–9000 mg/dm³ z przewagą jonów siarczanowych, chlorkowych i sodowych) na przedpolu tego zbiornika, nastąpiło zanieczyszczenie wód podziemnych poziomu czwartorzędowego (Kalisz, Sieróń, 1997; Kalisz i in., 2011). W zasięgu strefy zanieczyszczeń znalazło się ujęcie wód podziemnych „Szklary” (zlokalizowane 2 km w kierunku E od badanego ujęcia – ryc. 5). W wyniku degradacji ujmowanych wód praktycznie w całości zostało ono wyłączone z eksploatacji, a nieużywane studnie zlikwidowano. Podjęte prace zabezpieczające oraz zaprzestanie eksploatacji zbiornika powstrzymało dalsze rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń, jednak proces wysładzania się wód następuje bardzo

Tab. 1. Bilans przepływów wód podziemnych na obszarze zasobowym ujęcia wg badań modelowych w warunkach drenażu górniczego i eksploatacji ujęcia w 2011 r.

Table 1. Groundwater flow balance of well influence area with determined safe yield under the mining drainage and exploitation conditions in 2011

Składniki bilansu wodnego Water balance components	Wyniki modelu numerycznego Numerical model results									
	Obszar zasobowy ujęcia „Sobin–Jędrzychów” = 36,34 km ² Well influence area with determined safe yield = 36,34 km ²									
	wszystkie warstwy all layers		warstwa / layer I Q		warstwa / layer III Q		warstwa / layer V Ng _{plioc.}		warstwa / layer VII Ng _{mloc.}	
	dopływ inflow	odpływ outflow	dopływ inflow	odpływ outflow	dopływ inflow	odpływ outflow	dopływ inflow	odpływ outflow	dopływ inflow	odpływ outflow
[m ³ /d]										
Infiltracja efektywna Recharging infiltration	3948		2037		1910					
Pobór wód podziemnych Water withdrawal		3741				3741				
Zasilanie/drenaż (river) Recharge/discharge (river)	43	139	43	137						
Drenaż (drain) Discharge (drain)		890		890						
Przebiegi boczne (ghb) Lateral flow (ghb)	18227	17421	516	695	16795	15826	258	240	590	626
Przepływ międzywarstwowy Interlayer groundwater flow										
Do/z warstwy górnej Into/from upper layer					2322	1413	54	8	64	
Do/z warstwy dolnej Into/from bottom layer			1380	2254	8	54		64		
Odpływ do poziomu podwęglowego Outflow into undercoal aquifer (h=const)		28								28
Suma (składników bilansu) Total (water balance components)	22219	22219	3977	3977	21036	21036	312	312	654	654
Różnica bilansowa Balance difference		0,11		1,14		0,20		0,003		0,003
Błąd niezgodności obliczeń Calculation error		4,96E-04		6,82E-03		9,49E-04		7,76E-04		4,50E-04



Ryc. 4. Różnice wysokości hydraulicznych na obszarze badań ujęcia „Sobin-Jędrzychów” w warunkach drenażu górniczego i bez jego udziału

Fig. 4. Differences in hydraulic height in the “Sobin-Jędrzychów” research area under conditions of mining drainage and without its influence

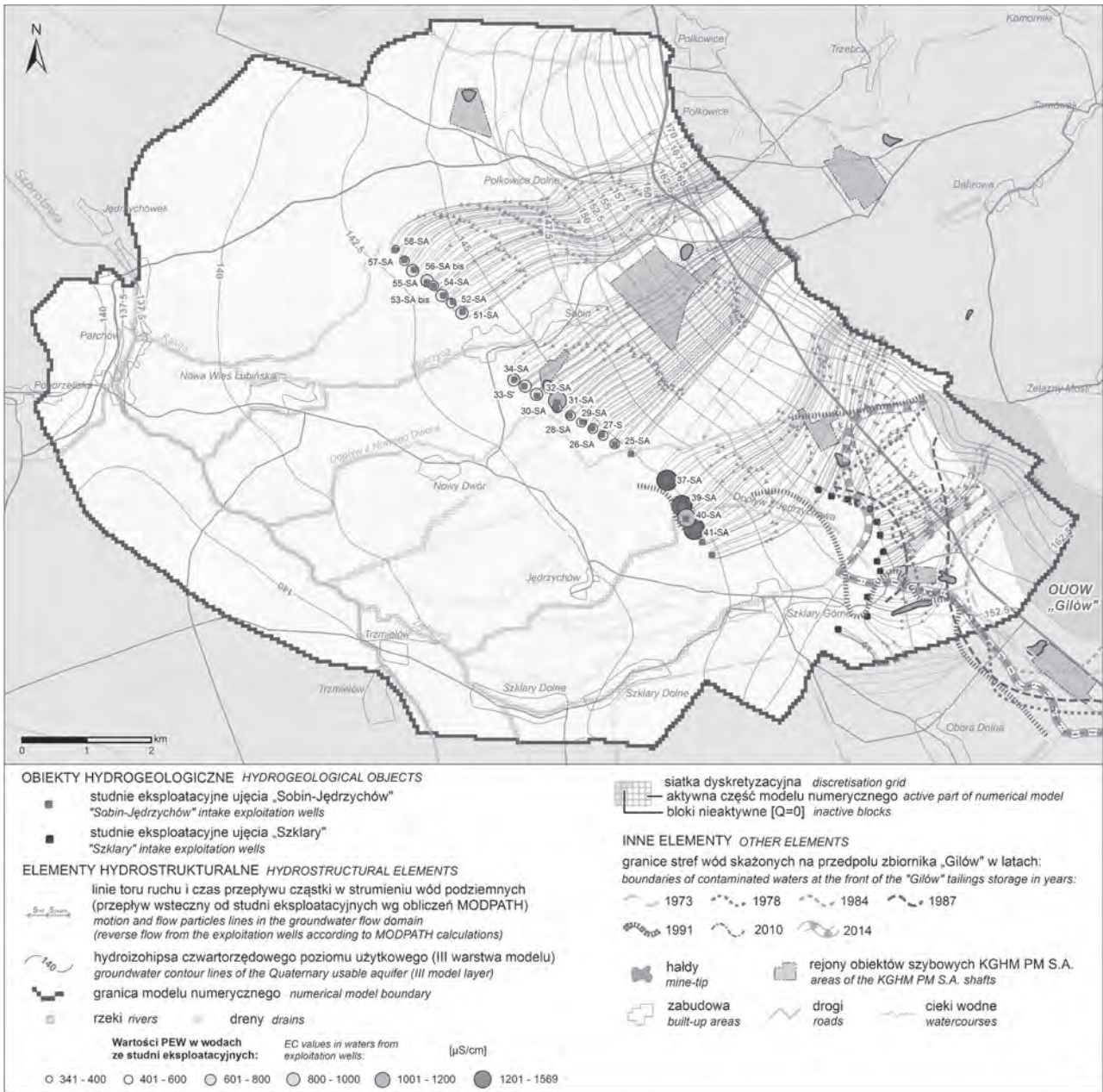
powoli. Zmianę zasięgu występowania wód zanieczyszczonych w latach 1973–2014 pokazano na rycinie 5.

Przejawy zanieczyszczenia wód podziemnych obserwuje się także w obrębie SE części badanego ujęcia „Sobin-Jędrzychów”, co sugerowały służby hydrogeologiczne Z.G. „Lubin” już w 1991 r. (Zaleska i in., 1992) (ryc. 5 – zasięg wód skażonych w 1991 r.). Pierwotna średnia wartość mineralizacji ogólnej dla wód pobieranych ze studni SE odcinka ujęcia (37-SA, 39-SA, 40-SA, 41-SA) wynosiła ok. 200 mg/dm³, a w 2013 r. (ostatnie wykonane pomiary) kształtowała się na poziomie 900–1200 mg/dm³ (ryc. 6). Podobnie wysokie były w tej części ujęcia wartości PEW (1150–1560) (ryc. 5, 6), na bazie których wyznacza się aktualnie granice strefy wód skażonych wokół składowiska „Gilów” (Konsencjusz i in., 2016).

W celu zweryfikowania potencjalnego kierunku migracji zanieczyszczeń z przedpola zbiornika „Gilów” w kierunku badanego ujęcia, na modelu numerycznym przeprowadzono symulację odpowiadającą wielkości eksploatacji

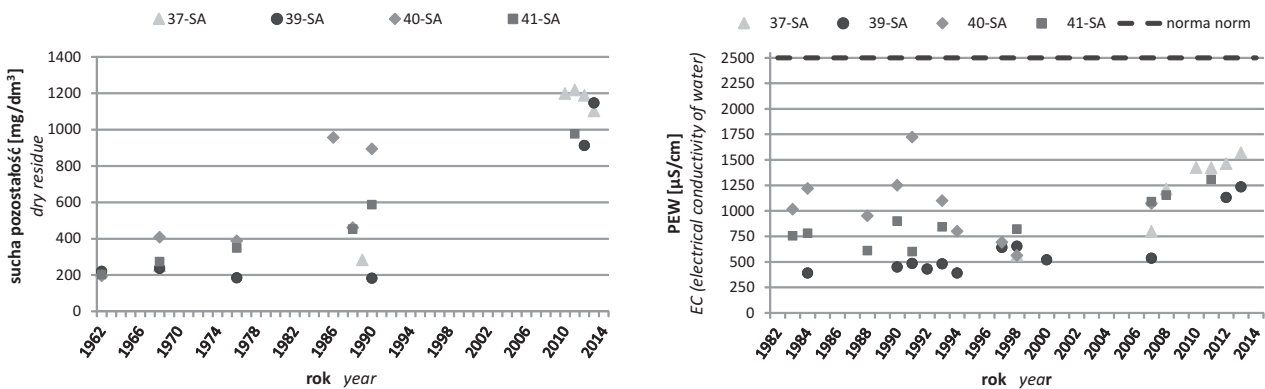
w latach 70. i 80. wraz z wyznaczeniem linii splywu wód do ujęcia. Prowadzony w tym okresie pobór wody był trzykrotnie wyższy od obecnego. Eksploatowano także dwie dodatkowe studnie w południowo-wschodniej części ujęcia. W tym czasie funkcjonowało ponadto ujęcie „Szklary”, którego obszar zasilania obejmował strefę zanieczyszczonych wód. Współdziałanie tych dwóch ujęć spowodowało prawdopodobnie migrację chlorków i siarczanów w okolice SE części ujęcia „Sobin-Jędrzychów” i wzrost ogólnej mineralizacji pobieranych tu wód (ryc. 5).

Mimo że na terenie ujęcia obserwuje się podwyższone wartości PEW, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 27 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. z 2015 r. poz. 1989), mieszczą się one w ustalonych normach. Aktualne badania siarczanów i chlorków w wodzie ujmowanej studniami południowo-wschodniego odcinka ujęcia oscylują wokół granicy dopuszczalnej normy, niekiedy ją przekraczając.



Ryc. 5. Linie splotu wód do studni ujęcia „Sobin-Jędrzychów” w latach 70. i 80. na tle rozwoju strefy wód zanieczyszczonych na przedpolu OUOW „Gilów”

Fig. 5. Lines of groundwater flow to the wells of the “Sobin-Jędrzychów” intake in the 1970s and 1980s against the background of the contaminated water zone at the foreground of the OUOW “Gilów”



Ryc. 6. Zmiana wartości suchej pozostałości i PEW w studniach południowo-wschodniej części ujęcia w latach 1962–2013 (sucha pozostałość) i 1982–2013 (PEW)

Fig. 6. Change of the dry residue and EC values in the wells of the south-east part of the intake during the years 1962–2013 (dry residue) and 1982–2013 (EC)

Na podstawie wyników symulacji w warunkach aktualnej wielkości eksploatacji można stwierdzić, że linie prądu wód zasilających studnie południowo-wschodniej części ujęcia przecinają rejon obiektu szybowego Polkowice III i przebiegają w odległości ok. 300 m od strefy zanieczyszczenia wód podziemnych na przedpolu OUOW „Gilów”. Nośnikiem zanieczyszczeń może być jednak ciek Dopływ z Jędrzychowa, który zaczyna swój bieg w okolicy strefy skażonej, a następnie przepływa między studniami SE części ujęcia. W tym rejonie poziom wodonośny nie jest izolowany od powierzchni, co ułatwia infiltrację zanieczyszczeń. Dokładne zbadanie dróg i czasu migracji omówionych zanieczyszczeń wymaga jednak dodatkowych szczegółowych badań.

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania modelowe wykazały znikomy wpływ drenażu górniczego na zasobność eksploatawanej przez ujęcie „Sobin–Jędrzychów” struktury wodonośnej. Obliczone niewielkie odpływy do warstwy podścielającej ujmowany poziom wodonośny świadczą o istnieniu w obszarze ujęcia skutecznej izolacji między eksploatawanym poziomem plejstoceńskim a poziomem plioceńskim (nadwęglowym). Odwadnianie kopalniane na obszarze zasobowym ujęcia powoduje obniżenie zwierciadła wody czwartorzędowego poziomu wodonośnego o maksymalnie kilkanaście cm. Biorąc pod uwagę występujące na badanym obszarze sezonowe wahania zwierciadła wody rzędu 1,0–1,5 m, a także wielkość dozwolonych obecnie obowiązującym pozwoleniem wodnoprawnym depresji w studniach eksploatacyjnych (1,2–4,3 m), obniżenia te nie stanowią zagrożenia dla prawidłowego funkcjonowania ujęcia. Niekorzystny wpływ na SE część ujęcia może jednak wywierać migracja zanieczyszczeń z przedpola składowiska „Gilów”. Zagadnienie to wymaga jednak bardziej zaawansowanych i szczegółowych badań.

Autor pragnie serdecznie podziękować Recenzentowi artykułu za wnikliwą i konstruktywną recenzję.

LITERATURA

- BECKER R., MARKIEWICZ A., KALISZ M., KRZYWAŃSKI A., SZUMILAS S., WŁOCH A. 2006 – Charakter kontaktów pomiędzy poziomami wodonośnymi w obszarze miedzianośnym południowej części monokliny przedsudeckiej w aspekcie oceny zagrożeń wodnych kopalń KGHM Polska Miedź SA. Warsztaty z cyklu: Zagrożenia naturalne w górnictwie. Mat. Symp.: 43–56.
- BECKER R., FISCHER J., KALISZ M. 2007 – Hydrogeologia. [W:] Monografia KGHM Polska Miedź S.A. Wyd. KGHM Cuprum CBR, Wrocław: 82–90.
- BOCHENSKA T., KALISZ M. 2001 – Warunki hydrodynamiczne w strefie wychodni cechsztynu w rejonie kopalń rud miedzi „Lubin” i „Polkowice” – stan 2000 r. [W:] Współczesne Problemy Hydrogeologii, Wrocław.
- BOCHENSKA T., KALISZ M. 2003 – Wpływ eksploatacji górniczej na środowisko wodne. [W:] Hydrogeologia polskich złóż kopalni i problemy wodne górnictwa, t. 2: 118–131. Wydaw. AGH, Kraków.
- BOCHENSKA T., GURWIN J., MARSZAŁEK H., POPRAWSKI L., WAŚIK M. 1998 – Kenozoiczne zbiorniki wód podziemnych rejonu Lubin–Głogów. Wydaw. Uniw. Wroc., 2109, Wrocław.
- BYLEBYŁ P. 2013 – Zmiany warunków hydrogeologicznych paleogeńsko-neogeńskiego piętra wodonośnego w obszarach górniczych Lubin, Polkowice, Sieroszowice. UWroc., Wrocław [pr. magister].
- DĄBROWSKI S., GÓRSKI J., KAPUŚCINSKI J., PRZYBYŁEK J., SZCZEPAŃSKI A. 2004 – Metodyka określania zasobów eksploatacyjnych ujęć zwykłych wód podziemnych. Poradnik metodyczny. Min. Środ., Warszawa.
- GAJEWSKA K. 1990 – Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych w kat. A – ujęcie Sobin–Jędrzychów. Przeds. Geol. Wrocław.
- KALISZ M., SIEROŃ H. 1997 – Antropogeniczne przekształcenie chemizmu i ochrona wód podziemnych na OG „Lubin” i OG „Małomice”. [W:] Współczesne Problemy Hydrogeologii, Kiekrz k/Poznań: 437–441.
- KALISZ M., CYGAN S., CZMIEL J., GRUSZYŃSKA J., KISIELEWICZ Z., KONSENCJUSZ D., MERTA A., WORSKA-KOZAK M., 2011 – Monitoring wód podziemnych i powierzchniowych w rejonie oddziaływania kopalń KGHM Polska Miedź S.A. – Pomiary i raport roczny za rok 2010, etap II. KGHM CUPRUM Sp. z o.o. – CBR, Wrocław.
- KONSENCJUSZ D., CYGAN S., CZMIEL J., JANICKI D., KISIELEWICZ Z., MERTA A., PATEREK M., WARZECHA J. 2016 – Monitoring wód podziemnych i powierzchniowych w rejonie oddziaływania kopalń KGHM Polska Miedź S.A. – Pomiary i raport roczny w roku 2015. KGHM CUPRUM Sp. z o.o. – CBR, Wrocław.
- MAKSYMIAK J., BRZEZIŃSKI H., DASZKIEWICZ W., GORLICKA B. 1963 – Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wód podziemnych z utworów czwartorzędowych dla szybów kopalń Polkowice i Lubin w rejonie Szklary Górne–Jędrzychów–Sobin. Przeds. Hydrogeol., Wrocław.
- MALINOWSKA-PISZ A. 1997 – Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000 wraz z objaśnieniami, ark. Lubin (687). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PRZYBYLSKI B., BADURA J. 2009 – Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, ark. Lubin (687) Reambulacja, Państw. Inst. Geol.–PIB, Warszawa.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Zdrowia z dnia 27 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. z 2015 r. poz. 1989).
- STAŚKO S., GURWIN J., BUCZYŃSKI S., WCISŁO M. 2014 – Sprawozdanie z realizacji projektu badawczego pt. Numeryczny model hydrogeologiczny 3D (regionalny), uwzględniający strefę oddziaływania górnictwa rud miedzi LGOM – etap IV, końcowe. UWroc. Wydz. Nauk o Ziemi i Kształt. Środ., Inst. Nauk Geol., Wrocław.
- WAWRZYŃIAK H.E. 2005 – Operat Wodnoprawny na pobór wody podziemnej z ujęcia „Sobin–Jędrzychów”. Arch. Energetyka Sp. z o.o., Lubin.
- WOJCIECHOWSKA R. 2006 – Baza danych GIS Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000, Pierwszy Poziom Wodonośny, Występowanie i Hydrodynamika, ark. Lubin (0687). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ZALESKA M., KOŁACZKOWSKI M., KUZYŃKÓW H., NIŻYŃSKI S. 1992 – Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych, trzeciorzędowych i kredowych na obszarze woj. legnickiego. Przeds. Geolog., Wrocław.
- ZALESKA M., ZIELIŃSKI W., HAŁADAJ J. 2000 – Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych z utworów czwartorzędowych (druga aktualizacja zasobów eksploatacyjnych ujęcia wody „Osiek II”). Arcadis Ekokonrem Sp. z o.o., Wrocław.