

Tempo obniżania wód podziemnych w poziomach paleogeńsko-neogeńskich w południowym obszarze działalności kopalń miedzi KGHM

The rate of groundwater level lowering at Paleogene- Neogene aquifers on the south territory of the KGHM deep cooper mines

Stanisław Staśko¹, Piotr Bylebył²

Streszczenie: Trwająca ponad 50 lat eksploatacja w kopalniach miedzi KGHM stwarza unikatowy w skali kraju eksperyment odwadniania wód podziemnych. Kopalnie eksploatujące złoża w formacjach permu wywołały zmiany warunków hydrogeologicznych w osadowych wodonośnych formacjach paleogenu i neogenu. Nie stwierdzono żadnych zmian w najmłodszym piętrze wodonośnym czwartorzędu. W artykule poddano analizie wyniki zmian powierzchni piezometrycznych w trzech warstwach wodonośnych (pliocenu, miocenu i oligocenu) w latach 1967-2012. Największe obniżenie powierzchni piezometrycznej powyżej 260 m jest stwierdzone lokalnie w dolnym (oligoceńskim) poziomie wodonośnym, a średnie tempo obniżania wód wynosi około 3 m/rok. W środkowym poziomie wodonośnym (miocenu) odnotowano niższe zmiany, a tempo obniżenia poziomu wody wynosi 0,6 m/rok. Górny poziom (wieku plioceńskiego) nie wykazuje istotnych zmian. Zmiany tempa opadania zwierciadeł i przestrzennego ich wykazują związek z lokalizacją głębokiego drenażu podziemnego, pojemności wodnej i wykształcenia opisywanych formacji wodonośnych.

Abstract: Lasting above 50 years exploitation of the copper mines KGHM makes unique in the scale of the country the experiment of the groundwater dewatering. Deep- mine works in Permian and Triassic formation results in modifications of the hydrogeological conditions in overlying aquifers of Paleogene - Neogene age. No changes in youngest Quaternary formation has been noticed. In the article results of changes of piezometric surfaces in three aquifers (Pliocene, Miocene and Oligocene) in years 1967-2012 has been illustrated and studied. The greatest decrease of the range above 260 m is recorded locally in the bottom (Oligocene) aquifer and the groundwater lowering rate is above 3 m/year. In the middle aquifer (Miocene) lower changes has been reported and the rate of water level lowering amounts 0.6 m/ year. While the upper aquifer (Pliocene age) does not show any significant changes. An explanations of the variability of the lowering rate and the range of the groundwater level depression based on deep drainage localization, the water capacity and the Cenozoic formation and aquifer's occurrence.

Słowa kluczowe: odwodnienie górnicze, obniżenie zwierciadła wód podziemnych, tempo obniżania, kopalnie miedzi KGHM

Key words: mine dewatering, groundwater level lowering, rate of lowering, KGHM copper mines

WSTĘP

Kopalnie KGHM Polska Miedź S.A. (KGHM) obejmują powierzchnię ponad 440 km² i eksploatują siarczkowe rudy miedzi w utworach permskich na głębokości 800-1000 m poniżej powierzchni terenu. Trwające ponad 50 lat roboty odwodnieniowe stanowią unikalny w skali kraju eksperyment poboru wód z tak dużych głębokości i na taką skalę. Wielkość obniżenia pierwotnego zwier-

ciadła wód w seriach złożowych osiąga wartości ponad 460 m. Odwodnienie wyrobisk górniczych głębokich formacji z wydajnością 45-59 m³/min (64-85 tys. m³/dobę) wywołuje reakcję w wyżej leżących warstwach triasu i paleogeńsko-neogeńskich, nie powodując zmian w najmłodszych osadach czwartorzędowych. Obserwacje i pomiary pozwalają śledzić i analizować zmiany zalegania zwierciadeł wód podziemnych i tempa ich obniżania w złożonym wielowarstwowym systemie wodonośnym wraz z rozwojem i postępowaniem robót górniczych.

W artykule skoncentrowano się na zmianach warunków hydrogeologicznych w najpłytszych poziomach systemu wodonośnego. Szczegółowej analizie poddano

¹ – Uniwersytet Wrocławski, ul. Cybulskiego 32, 50-2015 Wrocław

e-mail: stanislaw.stasko@uwr.edu.pl,

² – KGHM Polska Miedź S.A.

zmiany, jakie zaszły w skałach nadkładu, a szczególnie formacji paleogenu i neogenu. Poziomy te decydują o wielkości dopływu do formacji złożowych, a badanie ich zmian odgrywa decydującą rolę dla zarówno bezpieczeństwa eksploatacji, jak i ochrony ekosystemów na powierzchni terenu.

WARUNKI GEOLOGICZNE I HYDROGEOLOGICZNE

Warunki hydrogeologiczne kopalń KGHM i LGOM zostały opisane w wielu publikacjach, z których należy wymienić następujące: Bocheńska (1988; 1998; 2003); Bocheńska i in. 2000; Kalisz i in. 1996; 2007; Kalisz, Koncesjusz (red.) 2013; Becker i in. 2007; Piestrzyński (red.) 2007; Szczepański 2007. Pokrywę osadową monokliny przedsudeckiej tworzą skały osadowe paleogenu, neogenu i czwartorzędu. Ich opis litologiczny i stratygraficzny został zawarto w pracach Kłapcińskiego i in. (1984) Dyjora (1978) i Szynkiewicza (2011). Skały paleogenu i neogenu wykazują niepełny profil stratygraficzny, na badanych obszarach nie występują utwory paleocenu. Najstarszymi utworami paleogenu są występujące tylko w północnej części eoceńskie piaski wapienste o miąższości do ponad 20 m, z wkładkami wapieni, w których występują liczne otwornice, (Banaszak, Banaś (red.) 1996). Osady oligoceńskie, obecne na całym badanym obszarze, o miąższości około 100 m, reprezentowane są przez piaski, żwiry, w mniejszym stopniu mułki. Częściowo występują w nich wtrącenia węgla brunatnych, które są powszechne w utworach nadległych (miocen-skich). Miocen, jako starsze ogniwo neogenu, jest bardzo miąższy, maksymalne miąższości osadów wynoszą od 300 do 350 m. Dolny miocen w serii śląsko-łużyckiej (Szynkiewicz 2011), reprezentowany przez żwiry, gliny, mułki oraz ropy, przecina kilka pokładów węgla brunatnych. Pokład Henryk, najmłodsze wystąpienie węgla brunatnych w neogenie, jest datowany na środkowy miocen (Szynkiewicz 2011). Zaliczany jest do części serii skalnej Mużakowa, której pozostałe wystąpienia litologiczne to liczne pospółki, piaski drobnoziarniste, mułki zasilone i zawęglone – całość o miąższości dochodzącej momentami do 100 m. Nad nimi zalegają ropy serii poznańskiej, stwierdzone na całym obszarze badań, podobnie jak na obszarze kraju. Serie tę tworzą trzy wydzielenia. Idąc od dołu, są to dwudziestokilometrowe warstwy ropy sza-

rych z pojedynczymi wkładkami piasków zailonych. Wyżej zalega gruba na ponad 50 m warstwa ropy zielonych, a w stropie miocenu środkowego występują ropy pstry wraz z gruboziarnistymi piaskami. Łączna grubość osadów omawianej serii skalnej waha się od niespełna 10 m do powyżej 100 m, w skrajnych przypadkach ponad 300 m.

Najmłodsze skały pliocenu tworzą drobnoziarniste osady serii skalnej Gozdniczy najczęściej przeławicającej się z ropy poznańskimi. Są to gliny, ropy, mułki i niekiedy piaski drobno- i gruboziarniste (Downorowicz 2011; Downorowicz, Zimny 1971).

Łączna miąższość utworów paleogeńskich i neogeńskich wynosi około 350 m w południowych partiach obszarów badań i wykazuje wzrost w kierunku północnym (Banaszak, Banaś (red.) 1996). Neogeńskie węgle brunatne zostały zastosowane jako odnośnik do nazewnictwa poziomów wodonośnych paleogenu i neogenu (Bocheńska (red.) 1976). Wyróżnia się w nich poziomy wodonośne: podwęglowy, międzywęglowy i nadwęglowy.

Czwartorzęd jest reprezentowany przez utwory piaszczysto-gliniaste o miąższości nieprzekraczającej 100 m, wieku przede wszystkim plejstoceńskiego. Są one związane z działalnością lodowca na tym terenie. Najmłodsze osady, wieku holoceneskiego, występują w dolinach rzek, takich jak Szprotawa, Zimnica czy Moskorzynka.

W profilu hydrogeologicznym można wyznaczyć dwa kompleksy wodonośne: Młodszy, obejmujący wody przepływające w porowych formacjach kenozoicznej paleogenu, neogenu i czwartorzędu, Starszy, związany z wodami krążącymi w utworach paleozoiku i mezozoiku, czyli triasowo-permskim, gdzie przepływ odbywa się w kanałach zarówno porowych, jak i szczelinowo-krasowych. W każdym kompleksie wyróżnia się piętra wodonośne, a w ich obrębie – poziomy wodonośne. Charakterystykę poszczególnych pięter i poziomów wodonośnych opracowano na podstawie prac Bocheńskiej (1988) oraz uzupełniono o nowsze wyniki zawarte w takich publikacjach, jak: Malinowska-Pisz (1997a; 1997b), Bocheńska (2003), Becker i in. (2007), Kalisz i in. (2007), Downorowicz (2011), Staśko i in. (2012).

W skład kompleksu kenozoicznego wchodzi piętra wodonośne paleogeńsko-neogeńskie (trzeciorzędowe) i czwartorzędowe. Stanowią one środowisko porowe gromadzenia i przepływu wód podziemnych porowe w pia-

skach i żwirach. Stanowią one zasadnicze zbiorniki wód podziemnych, decydujące o zawodnieniu serii złożowych.

W czwartorzędowym piętrze wodonośnym wyróżnia się poziomy wodonośne holoceni i plejstoceni. Poziom holoceni reprezentowany jest przez współczesne osady rzeczne i jest ograniczony do dolin rzecznych na badanych obszarach. Poziom plejstoceni jest wykształcony w osadach fluwioglacjalnych piaskach i żwirach, a jego warstwy wodonośne są rozdzielone glinami polodowcowymi. Układ litologiczny powoduje liczne więzi hydrauliczne między poszczególnymi warstwami omawianego poziomu wodonośnego, a lokalnie także obu poziomów wodonośnych czwartorzędowego piętra wodonośnego. Zwierciadło wody pierwszej warstwy ma charakter swobodny, występuje na głębokości od metra do kilkunastu metrów, a jego powierzchnia naśladuje powierzchnię topograficzną terenu (Bocheńska 1988). Lokalnie w obszarach niecek osiadania zwierciadło wód występuje na powierzchni terenu. Miąższość utworów wodonośnych średnio zawiera się w granicach od 20 do 60 m, jedynie lokalnie przekracza 100 metrów.

Wody krążące w osadach plejstocenu i holocenu charakteryzują się wysokim współczynnikiem filtracji, sięgającym wartości rzędu 0,001 m/s, i w nich zlokalizowany jest Główny Zbiornik Wód Podziemnych 314 Pradolina Odry, częściowo znajduje się on na obszarach górniczych LGOM. Czwartorzędowe piętro wodonośne jest najczęściej wykorzystywane w ujmowaniu wód podziemnych, gdyż wykazuje najlepsze parametry fizykochemiczne i jest łatwo dostępne. Ogólna mineralizacja wód podziemnych wynosi 0,1-1,2 g/dm³; są to wody typu wodorowęglanowo-wapniowe (Jureczko 1981). Uśrednione wartości mineralizacji w poszczególnych obszarach górniczych wahały się w przedziale od 560 do 686 g/dm³ (Piestrzyński (red.) 2007). W poziomach tych zlokalizowane są ujęcia wód podziemnych: Rynarce, Szklary, Sobin-Jędrzychów, Potoczek, Moskorzynka i Retków-Stara Rzeka. Jedynie ujęcie Osiek I ujmuje wody podziemne międzywęglowego poziomu wodonośnego.

Niżej położone są trzy poziomy wodonośne w osadach paleogenu i neogenu. Najpłycej w neogenie występuje poziom nadwęglowy, odseparowany od wyżej występujących wód miąższymi ilami serii poznańskiej (Bocheńska 1988; 2003; Becker i in. 2007). Poziom międzywęglowy występuje w osadach miocenu bogatych

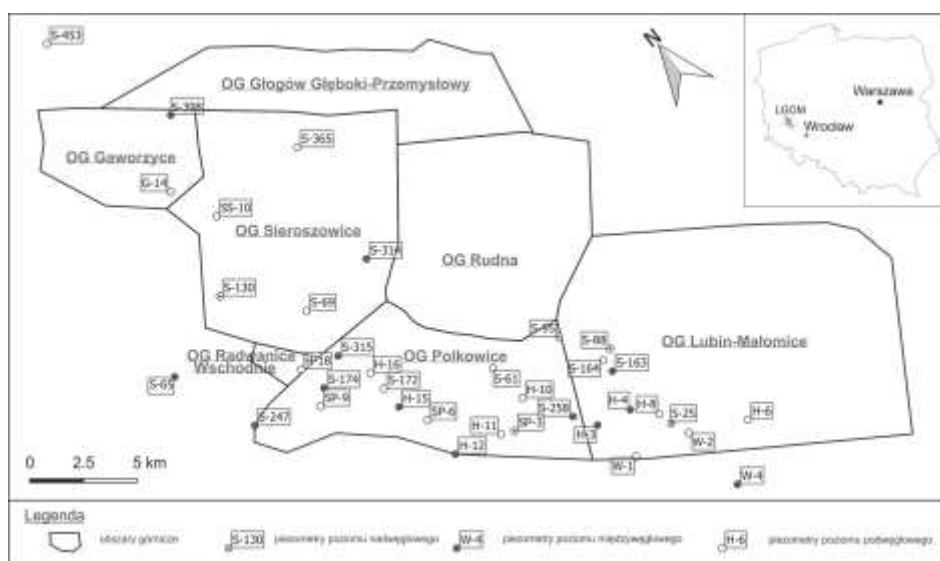
w liczne pokłady i wkładki węgla brunatnych. Poziom podwęglowy obejmuje wody krążące w osadach wieku oligoceni. Poziomy te wykazują zróżnicowane miąższości od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów. Łącznie jednak stanowią zasobny zbiornik dochodzący do 180 m miąższość serii wodonośnych o znacznej pojemności.

Kompleks wodonośny triasowo-permski tworzą piętra: górne triasowe i dolne permskie, będące pod wpływem intensywnego odwodnienia kopalniami. Utwory kompleksu charakteryzują się skomplikowanymi warunkami tektonicznymi, zwłaszcza w południowej części podkenozoicznych wychodni skał permskich, gdzie perm bezpośrednio kontaktuje z najgłębszymi wodami pokrywy osadowej monokliny przedsudeckiej (Markiewicz i in. 2006).

SIEĆ OBSERWACYJNA

W pierwszym etapie dokumentowania złoża rud miedzi na obszarach górniczych LGOM istniało 138 piezometrów we wszystkich poziomach wodonośnych (Bocheńska 1998; Becker i in. 2007). Jednak w ponad 50-letniej historii sieć obserwacyjna podlegała modyfikacji. Część piezometrów uległa likwidacji i jest nieczynna, nieliczne poddano renowacji, a także odwiercano nowe. W latach 1980-1998 liczba piezometrów zmalała do około 40 otworów prowadzących obserwacje w osadach paleogenu – neogenu, aby następnie wzrosnąć do 72 punktów (Bocheńska, Kalisz 2003b). Na przełomie wieków podjęto renowację kilku nieczynnych otworów i zainstalowano kilka nowych na OG Lubin i OG Rudna. W latach 2008-2010 odwiercono kilka nowych otworów i według stanu na czerwiec 2013 r. w sieci monitoringu znajdują się 54 otwory obserwacyjne wód w osadach paleogenu i neogenu, w tym 11 znajduje się na obszarze Lubina, 13 – Rudnej, 18 – Polkowic, 5 – Sieroszowic, 2 – na OG Głogów Głęboki-Przemysłowy, a po 1 – na obszarze Radwanice-Wschód i Radwanice-Zachód; ponadto po jednym – na obszarze Gaworzyc i Bytomia Odrzańskiego.

W omawianym okresie pięć otworów ujmuje poziom nadwęglowy, 15 poziom międzywęglowy, a pozostałe 32 wody przyspągowe kenozoiku. Analizy i studia wykazują, że wyniki z 44 piezometrów są wiarygodne, a 10 punktów obserwacyjnych uznaje się za niesprawne lub uszkodzone (rys. 1).



Rys. 1. Sieć obserwacyjna piezometrów kopalń KGHM
Fig. 1. Network of the observation piezometers in KGHM mines

Sieć piezometrów jest rozmieszczona nieregularnie. Mała jest liczba otworów leżących poza granicami obszarów górniczych, zwłaszcza w kierunku południowym, gdzie jest tylko otwór W-4. Również na zachód od obszarów górniczych kopalni Polkowice-Sieroszowice istnieje jeden piezometr w poziomie międzywęglowym (S-65). W ostatnich latach zainstalowano nowe otwory na północny zachód od OG Sieroszowice (poziomy podwęglowe SS-10 i G-14 oraz cechsztyński Ca1 SS-11), a w kierunku północnym od lat 80. znajdują się otwory S-398 (poziomy międzywęglowy), S-431 (osady cechsztyńskie Ca2) oraz piezometr wysunięty najbardziej na północ, ulokowany w bezpośrednim sąsiedztwie Huty Miedzi Głogów, w poziomie podwęglowym S-453.

WYNIKI POMIARÓW I METODY ANALIZ

W celu prześledzenia zmian w poziomach wodonośnych neogenu i paleogenu zestawiono wyniki pomiarów położenia zwierciadeł wód podziemnych z lat 1976-2012 w poszczególnych poziomach. Następnie obliczono średnie wartości położenia zwierciadeł dla okresów pięciu i dziesięciu lat. Do obliczenia wielkość całkowitego obniżenia wykorzystano pierwotnie pomierzone stany i odniesiono je pomiarów z czerwca 2013 r. Ponieważ największe zmiany notuje się w obszarach południowych złóż, gdzie dochodzi do bezpośrednich kontaktów serii paleogenu i permu, szczególną uwagę skupiono na obszarach górniczych Lubin, Polkowice i Sieroszowice.

Jak wynika z prowadzonych podczas ponad 40 lat obserwacji w poziomie najwyższym, nie stwierdzono

istotnych zmian ani tendencji (tab. 1). Wielkość zmian zawiera się w przedziale niewielkich wartości rzędu 0,14-1,54 m, co jest typowe dla naturalnych rocznych wahań.

Spadek zwierciadła wód podziemnych poziomu międzywęglowego na obszarze na południe od granic złóż był niewielki i wynosił 20-30 m. Największe obniżenia obserwowane są w dwóch izolowanych lejach depresyjnych na obszarze wychodnim pod trzeciorzędowych. Pierwszy zaznacza się na południe od Lubina w rejonie Krzeczyna (W-4) i osiąga 132 m. Drugi jest na granicy obszaru górniczego Polkowice w rejonie Jabłonowa (S-247); osiąga maksymalną wartość obniżenia dla tego poziomu 265 m (tab. 2). Pomiędzy tymi maksymalnymi obniżeniami powierzchni piezometrycznej rzędne zwierciadła układały się na wysokości 40-80 m n.p.m. W obszarze północnym obserwowano niewielkie obniżenia zwierciadła w zakresie wartości 10-20 m.

Na skutek odwodnienia górniczego i kontaktów hydraulicznych ze złożem w poziomie podwęglowym rejestruje się największe obniżenia zwierciadła wód podziemnych w zakresie 107-262 m, z wyjątkiem czterech punktów, gdzie odnotowano zmiany od 45-97 m (tab. 3). Obserwuje się dwa rozległe połączone leje depresji powierzchni piezometrycznej: pierwszy – w rejonie miejscowości Obora (H-8), gdzie obniżenie zwierciadła pierwotnego osiąga wartość 262 m, drugi – z centrum w rejonie Sobina (S-172) wykazuje wartość 224 m. Przy tym obniżona powierzchnia piezometryczna wykazuje przesunięcie w głąb obszarów złóżowych ku północy. Znacznie niższe obniżenia obserwowane są na północ-

ARTYKUŁ PROBLEMOWY

Tabela 1. Zmiany położenia zwierciadła wód poziomu nadwęglowego w latach 1976-2012
Table 1. The change of groundwater level in Pliocene aquifer in 1976-2012 years

Piezometr Piezometer	Miejscowość Place	Rzędna terenu [m n.p.m.] Altitude [m. a.s.l.]	Rzędna zwierciadła [m n.p.m.] Water level [m a.s. l.]					depresja depression [m]	
			przed budową kopalń before the mine construction	1976	1985	1994	2003		2012
O/ZG Polkowice-Sierszowice									
S-95	Lubiński Las	159,8	148,8	147,7	148,1	147,3	148,1	147,8	1,05
S-130	Radwanice	136,28	132,5		127	126,7	126,4	129,6	4,33
SP-3	Jędrzychów	143,53	143,7					143,5	-0,14
O/ZG Lubin									
S-25	Obora	165,97	142,4	141,1	142,4	142	144	143,8	-1,54
S-88	Lubiński Las	160,47	150	151	149,9	149,7	149,9	149,2	0,8

Tabela 2. Zmiany położenia zwierciadła wód poziomu międzywęglowego w latach 1976-2012
Table 2. The change of groundwater level in Miocene aquifer in 1976-2012 years

Piezometr Piezometer	Miejscowość Place	Rzędna terenu [m n.p.m.] Altitude [m. a.s.l.]	Rzędna zwierciadła [m n.p.m.] Water level [m a.s. l.]					depresja depression [m]	
			przed budową kopalń Before the mine construction	1976	1985	1994	2003		2012
O/ZG Polkowice-Sierszowice									
H-12	Włoszczów	141,40	110,0	104,2	-	82,42	74,52	69,91	40,45
H-15	Sobin	146,99	100,0	87,11	79,76	-74,5	-19,8	4,34	90,0
S-65	Buczyna	134,82	111,3		106,4	96,7	89,3	85,11	26,3
S-174	Polkowice Dolne	146,54	106,3	102,0	93,5	88,2	80,35	75,41	31,0
S-247	Jabłonów	135,58	115,0			-136,0	-152,0	-150,0	265,0
S-314	Sucha Górna	161,99	99,1		83,22	78,0	75,47	75,3	23,70
S-315	Polkowice Dolne	148,98	104,8	101,2	92,2	89,2	82,95	75,30	29,70
S-398	Nielubia	127,86	99,0		63,95	49,57	43,35	39,87	57,90
O/ZG Lubin									
H-3	Obora	165,61	110,0				33,18	29,38	80,7
H-4	Obora	162,77	125,0				119,3	117,2	8,0
S-163	Lubiński Las	154,71	110,7	104,7	103,6		106,4	105,3	5,10
W-4	Krzeczyn	139,29	100,0				-39,30	-33,9	132,4

nych granicach złóż, gdzie wynoszą one 70-80 m.

WYNIKI ANALIZ I ICH DYSKUSJA

Do określenia tempa obniżania się powierzchni piezometrycznych w latach 1967-2012 przyjęto krótsze, 5-

letnie okresy obliczeniowe (tab. 4-6). Na podstawie wyników obserwacji w sieci monitoringowej obliczono wielkości obniżania dla tych interwałów czasowych oraz średnie tempo dla całego analizowanego okresu. Wyniki pomiarów dla poziomu nadwęglowego wykazały, że

Tabela 3. Zmiany położenia zwierciadła wód poziomu podwęglowego w latach 1976-2012
Table 3. The change of groundwater level in Oligocene aquifer in 1976-2012 years

Piezometr Piezometer	Miejscowość Place	Rzędna terenu [m n.p.m.] Altitude [m. a.s.l.]	Rzędna zwierciadła [m n.p.m.] Water level [m a.s. l.]					depresja [m] depression [m]	
			przed budową kopalń before the mine construction	1976	1985	1994	2003		2012
O/ZG Polkowice-Sierszowice									
H-10	Jędrzychów (ujęcie)	144,51	77,5	24,14	-7,96	-53	-47,3	-77,3	154,7
H-11	Jędrzychów	142,8	76,0	46,27	41,87	38,27	33,9	30,77	45,4
H-16	Polkowice Dolne	152,81	80,0	60,97	71,09	-167	-141,3	-115	194,8
H-18	Ulanów	137,0	79,0	56,56	-29,7	-120,7	-134,7	-134,2	213,2
S-61	Sobin	155,43	85,73	63	19,3	0,2	-6,35	-11,8	97,7
S-69	Sierszowice	144,92	77,5	67	10,2	-32,5	-38,3	-37,2	115,3
S-172	Sobin	149,63	77,62	51,72	-49,2	-144	-147	-146	224,4
S-365	Jerzmanowa	209,31	88		31,56	-16,3	-21,8	-19,2	107,3
S-453	Wróblin Głogowski	76,04	69,24		61,03	43,49	38,05	36,79	39,2
SP-6	Sobin	143,42	80					-89,1	182,4
SP-9	Parchów	145,5	80					-78,3	167,5
SS-10	Borów	164,12	80					-37,6	117,6
G-14	Drożów	158,13	73					-16,7	89,7
O/ZG Lubin									
H-8	Obora	152,56	85				-177,3	-177,2	262,2
H-6	Lubin	127,21	81,15	-5,75	-64,7		-71,5	-72,8	153,8
S-164	Lubiński Las	154,81	73,18	15,64	-31,2	-104	-43,8	-48,7	122,4
W-1	Obora	166,56	80				-81,4	-81,9	161,5
W-2	Obora	166,06	85				-85,4	-91,7	176,7

zmiany mieszczą się w granicach naturalnych wahań, więc pominięto je w rozważaniach.

Tempo opadania zwierciadła wód podziemnych w poziomie międzywęglowym zawierało się w przedziale 0,05-1,94 w latach początkowych (1967-1997) w rejonie Polkowice-Sierszowice, a następnie ustabilizowało się, wynosząc 0,01-1,04 m. Najwyższe zmiany notowano w ostatnim okresie w punkcie S-247. Niższe wartości zmian tempa notowano w rejonie Lubina, gdzie zawierały się w przedziale 0,01- 0,69 m. W tym środkowym poziomie widoczna jest stała tendencja do opadania zwierciadła, obliczona jako 0,60 m/rok.

Ilustrację wolnych i w miarę stabilnych zmian ciśnień w środkowym poziomie (międzywęglowym) przedstawiono na rys. 2. Znacznie większe są zmiany

w dolnym poziomie (rys. 3). Zmiany w powierzchni piezometrycznej poziomu powęglowego, historycznie rzecz ujmując, wykazują trzy różne okresy.

Stać tendencja do opadania zwierciadła wód podziemnych była obserwowana w OG Polkowice-Sierszowice w latach 1967-1982. Wysokie tempo rocznego obniżania mieściło się w przedziale 1,5 m-6,9 m/rok. Od lat 1982-1992 odnotowano skokowy wzrost tempa rocznego do wartości 9,7 m/rok, aby w latach następnych nastąpiła stabilizacja wartości mieszczących się w przedziale 0,7-5,2 m/rok.

W OG Lubin w latach początkowych (1967-82) obserwowano najwyższe tempo obniżania się zwierciadła wód mieszczące się w przedziale 4,8-11,3 m/rok. Na przełomie lat 1982-1987 obserwowano wartość 9,1

ARTYKUŁ PROBLEMOWY

Tabela 4. Tempo obniżania się zwierciadła wód poziomu nadwęglowego w okresie badań
Table 4. The rate of groundwater level lowering in Pliocene aquifer during study period

Piezometr Piezometer	Wielolecia Years									Średnie tempo [m/rok] Average rate [m/year]
	1967- 1972	1972- 1977	1977- 1982	1982- 1987	1987- 1992	1992- 1997	1997- 2002	2002- 2007	2007- 2012	
O/ZG Polkowice-Sieroszowice										
S-95	-0,09	-0,31	0,00	0,09	0,03	-0,04	-0,07	0,11	-0,01	0,01
S-130	0,01			0,03	0,10	-0,08	0,10	-0,10	0,40	0,07
SP-3									0,04	0,04
ΔH [m/rok]	-0,03	-0,02	0,06	0,00	0,06	-0,06	0,01	0,01	0,14	0,02
O/ZG Lubin										
S-25	0,06	-0,06	0,03	0,01	0,05	0,03	-0,15	0,05	-0,01	0,01
S-88	-0,18	-0,02	0,11	0,13	0,04	0,10	-0,14	0,05	0,06	0,02
ΔH [m/rok]	-0,02	0,16	0,07	0,07	0,05	0,06	-0,14	0,05	0,03	0,04
ΔH /rok]	-0,02	0,09	0,06	0,03	0,06	0,01	-0,06	0,03	0,10	
Średnie tempo										0,05

ΔH_{cat} – średnie tempo dla wszystkich omawianych obszarów górniczych.

Tabela 5. Tempo obniżania się zwierciadła wód podziemnych poziomu międzywęglowego w okresie badań
Table 5. The rate of groundwater level lowering in Miocene aquifer during study period

Piezometr Piezometer	1967- 1972	1972- 1977	1977- 1982	1982- 1987	1987- 1992	1992- 1997	1997- 2002	2002- 2007	2007- 2012	Średnie tempo [m/rok] Average rate [m/year]
O/ZG Polkowice-Sieroszowice										
H-12		1,58	0,28			1,20	0,60	0,63	0,53	0,80
H-15		0,07	0,37	0,96	-0,26					0,29
S-65	0,18			0,70	1,09	0,73	1,04	0,67	0,38	0,77
S-174	0,05	0,88	0,5	1,95	0,03	0,78	0,75	0,67	0,54	0,68
S-247						5,40	0,01	-0,87	1,00	1,38
S-314				0,78	0,64	-0,21	1,01	0,15	0,01	0,40
S-315		0,89	0,86	1,12	0,22	0,2	1,09	0,75	0,75	0,73
S-398				1,74	1,73	0,45	1,15	0,61	0,37	0,94
ΔH [m/rok]	0,18	0,86	0,59	1,41	0,85	1,16	0,72	0,44	0,51	0,75
O/ZG Lubin										
H-3								0,51	0,22	0,36
H-4								1,26	-0,79	0,24
S-163	0,69	0,27	0,37	0,01	0,09	0,04	0,04	0,01	0,11	0,19
W-4								1,20	-1,26	-0,03
ΔH [m/rok]	0,51	0,53	0,29	0,1	0,07	0,02	0,04	0,76	-0,3	0,22
ΔH_{cat} [m/rok]	0,38	0,69	0,46	0,97	0,64	0,87	0,64	0,56	0,20	
Średnie tempo										0,60

Tabela 6. Tempo obniżania się zwierciadła wód podziemnych w poziomie podwęglowym w okresie badań
Table 6. The rate of groundwater level lowering in Oligocene aquifer during study period

Piezometr Piezometer	1967- 1972	1972- 1977	1977- 1982	1982- 1987	1987- 1992	1992- 1997	1997- 2002	2002- 2007	2007- 2012	Średnie tempo [m/rok] Average rate [m/year]
O/ZG Polkowice-Sierszowice										
H-1		4,80	6,00	5,54	0,66	1,12	0,00	2,11	0,92	2,64
H-10		6,91	1,46	8,90	4,24	0,46	0,00	0,02	3,65	3,21
H-11			0,52	0,64	0,08	0,60	0,49	1,29	0,30	0,56
H-18		1,38	0,02	24,00	9,89	2,32	0,80	0,20	-0,10	4,81
S-61	2,75	2,15	0,05	5,12	0,20	1,00	-0,99	2,10	0,29	1,40
S-69		2,74	2,02	12,67	5,30	-0,20	0,60	-0,28	0,96	3,18
S-172	3,74	1,82	1,5	18,94	17,02	3,60	-0,80	-0,60	0,72	5,10
S-365				10,65	4,20	0,09	0,80	-0,01	0,15	2,65
S-453			0,40	2,14	2,00	0,87	0,58	0,36	0,10	0,92
SS-10									0,064	0,06
ΔH [m/rok]	2,98	2,54	1,54	9,72	5,23	1,29	0,45	0,67	0,73	2,79
O/ZG Lubin										
H-8								0,91	-0,70	0,10
H-6		11,34	7,26	5,49	4,45		0,07	0,22	-0,07	4,58
S-164	8,54	4,36	2,37	12,66	5,70	-	0,34	-0,48	1,19	4,75
W-1								0,2	-0,19	0,01
W-2								0,53	0,41	0,47
ΔH [m/rok]	8,54	5,42	4,82	9,08	5,08	-	0,21	0,28	0,14	4,19
$\Delta H_{cał}$ m/rok]	4,37	3,26	2,08	9,62	5,21	1,29	0,41	0,55	0,57	
Średnie tempo										3,14

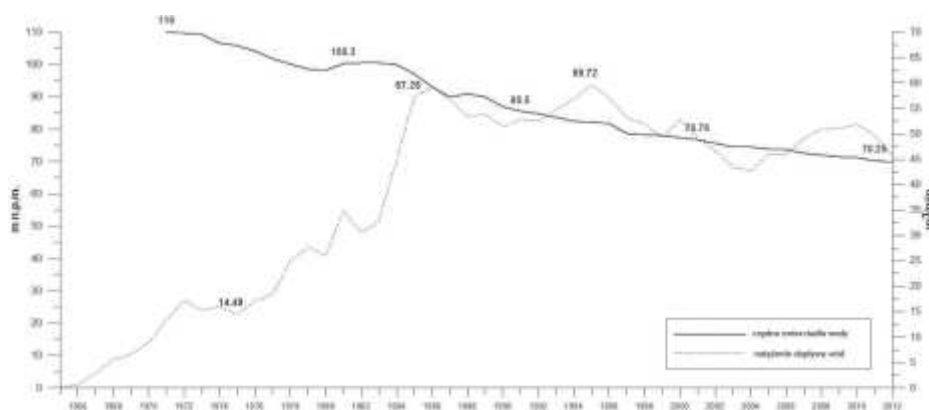
m/rok, a następnie notowano stabilizację tempa na niskim zakresie 0,2-1,1 m/rok. Nagłemu zwiększeniu tempa opadania na przełomie lat 1982/1987 towarzyszył przyrost dopływów do kopalń OG Polkowice-Sierszowice. W ostatnich latach obserwowane zachowanie się zwierciadła może wskazywać na ustalenie się warunków dopływu i odpływu w tych regionach. Uwzględniając aktualne tempo zmian w dolnym poziomie, wynoszące 3 m/rok, i położenie dolnych serii wodonośnych paleogenu na zmiennych rzędnych terenu w zakresie od 110 do 170 m n.p.m., można prognozować przybliżony czas znacznego odwodnienia poziomu podwęglowego na lata 2025-2030.

Pomiary niecek osiadania (Ostrowski i in. 2007) wykazują powiązanie obszarów odwodnienia i subsydencji powierzchni terenu dochodzące do 600-800 mm w analizowanym obszarze.

PODSUMOWANIE

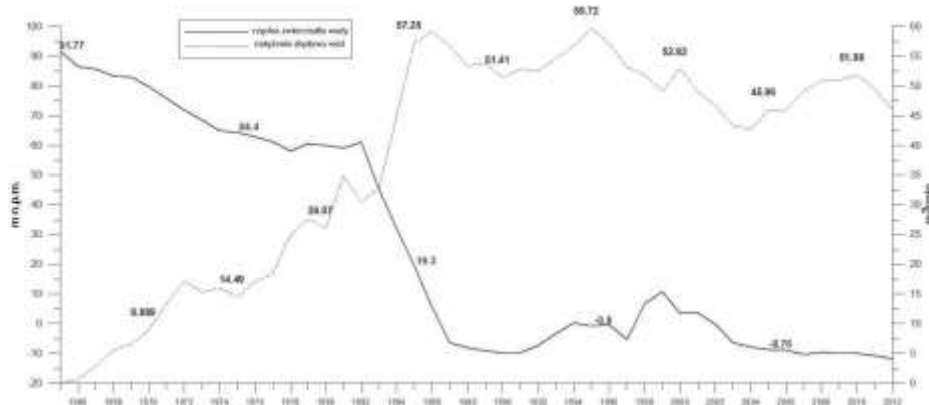
Największe obniżenia zwierciadła wód paleogennych występują w strefie podkenozoicznych wychodni cechsztynu, zwłaszcza w obszarach występowania kontaktów hydraulicznych pomiędzy spągowymi seriami kenozoiku a węglanowymi osadami. Tutaj zachodzi intensywne odwadnianie kopalń Lubin i Polkowice-Sierszowice.

W latach 1967-2012 obserwowano odmienne zachowanie się powierzchni piezometrycznych trzech poziomów wodonośnych paleogenu i neogenu. Dotychczasowe pomiary nie wykazują mierzalnych zmian powierzchni piezometrycznej w najwyższych seriach wodonośnych – nadwęglowych. W środkowej partii (poziomie międzywęglowym) obserwowana jest względnie stała tendencja do opadania zwierciadła o wartości 0,60 m/rok. Obniżenie naturalnego zwierciadła lokalnie osiąga wysokie wartości 126-135 m, jednak regionalnie mieści się



Rys. 2. Przykładowe zmiany zwierciadła wód poziomu międzywęglowego na tle wielkości dopływu wód do kopalń Lubin i Polkowice-Sieroszowice w latach 1965-2012

Fig. 2. An example of groundwater lowering in Miocene aquifer versus total inflow to Lubin and Polkowice-Sieroszowice mines during 1965-2012 years



Rys. 3. Opadanie zwierciadła wód poziomu podwęglowego na tle wielkości dopływu wód do kopalń Lubin i Polkowice-Sieroszowice w latach 1965-2012

Fig. 3. Groundwater decrease in Oligocene aquifer versus total inflow to Lubin and Polkowice-Sieroszowice mines during 1965-2012 years

w przedziale 20-80 m. Najwyższe tempo obniżania się zwierciadła wynoszące 3,10 m/rok rejestrowane jest w poziomie podwęglowym. Obniżenie powierzchni piezometrycznej tych serii wynosi 90-220 m, a lokalnie ponad 260 m i wykazuje trzy zmienne okresy. Korelacja obniżenia ciśnień piezometrycznych w dolnej części paleogenu wykazuje opóźnienie i pociąga za sobą mniejsze zmiany w poziomie międzywęglowym. Świadczy to o dobrej łączności między wodami paleogenu i neogenu.

Wielkości obniżenia i zmiany tempa można wyjaśnić dwoma czynnikami. Po pierwsze pojemnością serii wodonośnych, po drugie tempem prac udostępniających złoża, szczególnie w obszarze południowym. Wysoka miąższość serii miocenu oraz wykształcenie tych formacji wywołują względnie stabilne tempo opadania i niskie jego wielkości (0,60 m). Natomiast niższa pojemność wodna serii dolnych trzeciorzędu (podwęglowego) oraz łatwiejsze kontakty ze złożem w efekcie prowadzą do szybkiego odwodnienia i obniżania zwierciadła wód podziemnych średnio 3 m/rok.

Rozwój depresji w poziomie podwęglowym w strefie przygranicznej występowania złóż miedzi powoduje ob-

niżenie powierzchni terenu i wystąpienie poddtopień. Uwzględniając aktualne tempo zmian i położenie dolnych serii wodonośnych paleogenu, można prognozować przybliżony czas znacznego odwodnienia poziomu podwęglowego na lata 2025-2030. To z kolei może wywołać znaczne zmiany w seriach zalegających powyżej.

BIBLIOGRAFIA

- Banaszak A., Banaś M., 1996 – *Geologia*, [w:] *Monografia KGHM Polska Miedź S.A.*, CBPM Cuprum, Wrocław.
- Becker R., Fiszer J., Kalisz M., 2007 – *Hydrogeologia*, [w:] *Monografia KGHM Polska Miedź S.A.*, KGHM Cuprum CBR, Wrocław.
- Bocheńska T. (red.), 1976 – *Prognoza maksymalnych deformacji powierzchni i górotworu wywołanych jego odwadnianiem w rejonie kopalń LGOM*. Praca ZBiPM Cuprum, Wrocław.
- Bocheńska T., 1988 – *Kształtowanie się warunków hydrodynamicznych w lubińsko-głogowskim obszarze miedzionośnym pod wpływem odwadniania kopalń*. Acta Universitatis Wratislaviensis nr 1044, Prace

- Geologiczno-Mineralogiczne XIV, Wrocław.
- Bocheńska T., 1998 – *Monitoring dynamiki wód podziemnych objętych wpływem odwadniania kopalń w lubińsko-głogowskim obszarze miedzionośnym*, [w:] *Materiały II Forum Inżynierii Ekologicznej „Monitoring Środowiska”*, Nałęczów.
- Bocheńska T., 2003 – *Hydrogeologia złóż i problemy wodne górnictwa rud miedzi. Monoklina Przedsudecka*, [w:] *Hydrogeologia polskich złóż kopalni i problemy wodne górnictwa*, t. 2, AGH, Kraków.
- Bocheńska T., Fiszer J., Kalisz M., 2000 – *Prognosis of Groundwater Inflow into the Copper Mines in the Lubin-Glogow Region*. *Environmental Geology*, vol. 39, no. 6, s. 587-594.
- Downorowicz S., 2011 – *Zmiana warunków hydrogeologicznych obszaru monokliny przedsudeckiej w wyniku eksploatacji złoża rud miedzi*. Konferencja Środowiskowa Geologów „Geolodzy w służbie Polskiej Miedzi”, Lubin.
- Downorowicz S., Zimny W., 1971 – *Charakterystyka hydrogeologiczna monokliny Przedsudeckiej*, [w:] *Monografia przemysłu miedziowego w Polsce*, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Dyjur S., 1978 – *Wykształcenie i stratygrafia utworów trzeciorzędowych na obszarze Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego*. *Przewodnik 50. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego w Zielonej Górze*, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Jureczko J., 1981 – *Warunki hydrochemiczne w obrębie utworów permsko-triasowych południowo-zachodniej części monokliny przedsudeckiej na tle badań roztworów porowych skał*. *Prace Geologiczne Komitetu Nauk Geologicznych PAN*, Kraków.
- Kalisz M., Cygan S., Klimkiewicz A., 2007 – *Projekt optymalnego drenażu wód kopalnianych w oddziałach górniczych KGHM Polska Miedź S.A. w świetle prognoz dopływów, projektowanej eksploatacji rud miedzi oraz potrzeb technologicznych ZWR w latach 2006-2015*, KGHM Cuprum CBR, Wrocław.
- Kalisz M., Fiszer J., Szczepiński J., 1996 – *Prognoza dopływów wód podziemnych do kopalń rud miedzi KGHM Polska Miedź S.A.*, CBPM Cuprum, Wrocław.
- Kalisz M., Konsencjusz D. (red.), 2013 – *Monitoring wód podziemnych i powierzchniowych w rejonie oddziaływania kopalń KGHM Polska Miedź S.A. – pomiary i raport roczny za lata 2012, 2013, 2014 – etap II*. KGHM Cuprum CBR, Wrocław.
- Kłapciński J., Konstantynowicz E., Salski W., Kienig E., Preid M., Dubiński K., Drozdowski S., 1984 – *Atlas obszaru miedzionośnego (monoklina przedsudecka)*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice.
- Malinowska-Pisz A., 1997 – *Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Lubin (687)*, Przedsiębiorstwo Geologiczne Proxima, Wrocław.
- Piestrzyński A. (red.), 1996 – *Monografia KGHM Polska Miedź S.A.* CBPM Cuprum, Wrocław.
- Staśko S., Gurwin J., Wcisło M., Modelska M., Kryza H., Kryza J., Olichwer T., Buczyński S., Tarka R., Wąsik M., Becker R., 2012 – *Model koncepcyjny systemu hydrogeologicznego obszaru oddziaływania Lubińsko-Głogowskiego Obszaru Miedzionośnego (LGOM)*. *Biul. PIG*, nr 451, s. 203-211.
- Szczepiński A., 2007 – *Wody kopalniane w górnictwie rudnym. Złoża rud miedzi*, [w:] *Hydrogeologia regionalna Polski. T. II. Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane*, red. B. Paczyński, A. Sadurski, PIG, Warszawa.
- Szynkiewicz A., 2011 – *Wiek utworów neogenu w zachodniej części Dolnego Śląska*, [w:] *Mezozoik i kenozoik Dolnego Śląska*, Wydawnictwo WIND, Wrocław.