

Przekształcenia warunków hydrogeologicznych w obszarach odkrywkowej eksploatacji piasków podsadzkowych w rejonie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego

Janusz Kropka*, Jacek Wróbel*

W ostatnich 10–15. latach nastąpił gwałtowny spadek zapotrzebowania na piaski do podsadzania wyrobisk górniczych w kopalniach węgla kamiennego. Proces ten może przybliżyć moment zakończenia ponad 100-letniej, odkrywkowej eksploatacji złóż piasków podsadzkowych w rejonie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Aktualnie eksploatowane 4 złoża czwartorzędowych piasków charakteryzują się prostymi warunkami hydrogeologicznymi. Średni, sumaryczny dopływ wody z drenażu czwartorzędowych poziomów wodonośnych i infiltracji wód rzecznych do wyrobisk odkrywkowych wynosi 140,0–150,0 m³/min, przy maksymalnej depresji 24,0–30,0 m oraz łącznym zasięgu drenażu górniczego ok. 130,0–140,0 km². Pomimo wielu zagrożeń antropogenicznych, ponad 90,0% wód dopływających do wyrobisk górniczych posiada skład chemiczny wód zwykłych. Wstępne prognozy zmierzają głównie do lesnej i wodnej rekultywacji wyrobisk górniczych.

Słowa kluczowe: piaski podsadzkowe, kopalnie odkrywkowe, odwadnianie, zmiany warunków hydrogeologicznych

Janusz Kropka & Jacek Wróbel — **Transformations of hydrogeologic conditions by surface mining of filling sands in the Upper Silesian Coal Basin (southern Poland).** Prz. Geol., 49: 631–638.

S u m m a r y. A rapid decrease in demand for filling sands in coal mines has been observed for the last 10–15 years. This trend can end over a 100-year-old surface mining of filling sands in the Upper Silesian Coal Basin. Four presently active deposits of Quaternary sands are characterized by simple hydrogeological conditions. An average total water inflow derived from Quaternary aquifers drainage and river infiltration is 140.0–150.0 m³/min., with a maximal depression of 24.0–30.0 m, and a total extent of mine drainage as far as 130.0–140.0 km². Despite many anthropogenic threats, over 90% of water flowing into mine workings reveals the chemical composition of fresh water. The preliminary predictions aim mainly at forestation and aquifer reclamation of mine workings.

Key words: filling sands, open pits, dewatering, changes of hydrogeological conditions

W około 2000 r. w polskim górnictwie węgla kamiennego, w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW) minęło 110 lat zapoczątkowania, a następnie stosowania na przemysłową skalę, tzw. płynnej podsadzki. Przyuszczalnie po raz pierwszy na przełomie lat 80. i 90. XIX w. zaobserwowano naturalne, samoczynne przedostawanie się piasków z wodą i kurzawek z nadległego, czwartorzędowego nadkładu do zrobów górniczych, w rejonie eksploatacji wychodni pokładu węgla kamiennego 510 w kopalni Niwka, a następnie ich podsadzanie. W 1894 r. sposób ten zapożyczono, stosując piasek transportowany z wodą do gaszenia pożaru w rejonie szybu Cieszkowski, obecnie zlikwidowanej już kopalni „Paryż” („Generał Zawadzki”) w Dąbrowie Górniczej (Lisowski, 1997; Staniek, 1985). W pierwszych 40–50. latach piaski podsadzkowe były wydobywane głównie z małych — o powierzchni kilka–kilkadziesiąt hektarów — przykopalnianych piaskowni, zlokalizowanych m.in. w miejscowościach Gliwice, Siemianowice, Katowice, Będzin–Brzozowica, Siemonia, Sosnowiec–Bór i Mysłowice–Jezor (ryc. 1). Wody kopalniane, które dopływały do płytkich wyrobisk odkrywkowych w ilości kilka m³/min, były następnie grawitacyjnie odprowadzane do najbliższych cieków powierzchniowych. Intensywny rozwój górnictwa odkrywkowego piasków podsadzkowych rozpoczął się po II wojnie światowej, w latach 40. i 50. Wiązało się to m.in. z pozyskiwaniem znacznych ilości węgla kamiennego z filarów ochronnych, utworzonych dla obszarów zabudowanych i innych ważnych obiektów chronionych na powierzchni. Wyeks-

ploatowane w kopalniach węgla kamiennego filary musiały być wypełnione materiałem o niskiej ściśliwości i wysokiej wodoprzepuszczalności. W tym okresie piaski podsadzkowe eksploatowano m.in. w dużych kopalniach Pławniowice i Przezchlebie k. Pyskowic, Chechło k. Tarnowskich Gór oraz Brzezinka i Dzieckowice w dolinie Przemszy k. Mysłowic (ryc. 1). W latach 60. i 70., największego zapotrzebowania na piaski, ich łączne średnioroczne wydobywanie przekraczało 30 mln m³, przy czym w 1970 r. dostarczono do kopalń ponad 45 mln m³ piasków podsadzkowych (Lisowski, 1997). W drugiej połowie lat 70. i latach 80. górnictwo węgla kamiennego w GZW zaczęło preferować eksploatację swoich złóż metodą na zawał i zapotrzebowanie na piaski podsadzkowe zaczęło wyraźnie spadać. Obecnie ich wydobywanie wynosi ok. 8 mln m³/rok.

Celem pracy jest podsumowanie, według stanu na koniec 1999 r., problematyki hydrogeologicznej w obszarach czynnej eksploatacji górniczej piasków podsadzkowych. Trudna sytuacja ekonomiczna kopalń piasków ogranicza zakres badań i pomiarów hydrogeologicznych, które w tej sytuacji nie wnoszą istotnych elementów do istniejącego już rozpoznania warunków hydrogeologicznych w ich rejonach. Jednocześnie bardzo ograniczona eksploatacja złóż piasków i brak dopływu wód z zasobów statycznych świadczą o ustabilizowanej sytuacji hydrogeologicznej w zasięgu ich wpływu. Autorzy wykorzystują w pracy dane i informacje zawarte w dokumentacjach hydrogeologicznych kopalń, sporządzonych w latach 1994–1996, a także wyniki własnych obserwacji i pomiarów hydrogeologicznych prowadzonych nieregularnie w ostatnich kilkunastu latach. W pracy szczególną uwagę zwrócono na dyskusyjne, nie zinterpretowane do końca zasięgi lejów depresji, ocenę rzeczywistych ucieczek wody

*Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec

z cieków otaczających kopalnie do ich systemów drenazowych, obliczenia modułów dopływu podziemnego oraz współczynnika odpływu podziemnego w poszczególnych obszarach kopalń. Zawarto także krótkie informacje na temat zagadnień złożowo-górnicznych, szkód górniczych, przewidywanego zakończenia eksploatacji górniczej i kierunków rekultywacji wyrobisk. Jednocześnie, w warunkach zbliżającego się zakończenia działalności kopalń, zasygnalizowano potrzebę wspólnego, metodycznie ujednoliconego monitorowania środowiska wodnego w zasięgu ich terenów górniczych.

Ogólna charakterystyka złóż

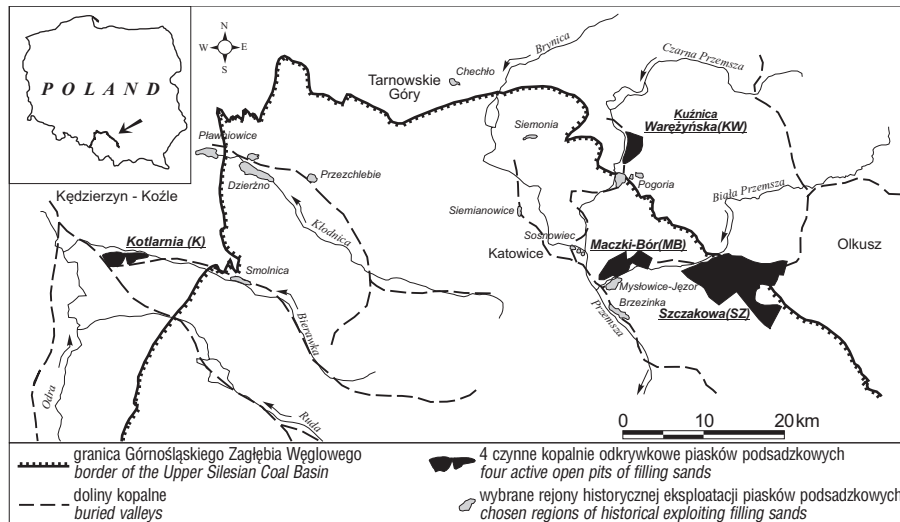
Formę, budowę, miąższości i zawodnienie złóż piasków podsadzkowych, a także jakość wydobywanej kopa-

liny, determinowały przedczwartorzędowa rzeźba terenu, procesy morfogenetyczne oraz akumulacyjna działalność wód lodowcowych i rzecznych. Zasadniczą rolę odegrał tu eoplejstoceniński rozwój rzeźbotwórczy, w którym na obszarze południowej Polski powstały doliny kopalne o dość stromych zboczach i nieckowate obniżenia typu kotlin, wcięte w podłoże poczwartorzędowe na głębokość od kilkudziesięciu do ponad 100 metrów. W kilku etapach na przestrzeni eo-, mezo- i neoczwartorzędu, wody progla-cjalne, ekstraglacialne i rzeczne związane ze zlodowace-niem Odry, Warty oraz rzeczne związane ze zlodowaceni-em Wisły, deponowały we wspomnianych obniżeniach morfologicznych materiał klastyczny, w zdecydowanej przewadze piaszczysty i piaszczysto-żwirowy (Lewandowski & Zieliński, 1988).

Tab.1. Kopalnie piasku Kotlarnia (K), Kuźnica Warężyńska (KW), Maczki-Bór (MB) i Szczakowa (SZ). Zagadnienia złożowo-górniczne

Table 1. Kotlarnia (K), Kuźnica Warężyńska (KW), Maczki-Bór (MB) and Szczakowa (SZ) sand pits. Depository-mining issues

Kopalnia	Koncesja	Nazwa obszaru górniczego	Charakterystyka złóż	Metoda eksploatacji złóż	Przewidywane zakończenie eksploatacji	
Rok rozpoczęcia eksploatacji		Powierzchnia			Kierunki rekultywacji	
Rzędne naturalnej powierzchni terenu [m] n.p.m.		[km ²]				
K 1966 182,0 – 197,0	nr 152/94 z dn. 29.08.1994 r. termin ważności: 31.08.2016 r.	OG Kotlarnia III 14,187	piaski średnioziarniste z lokalnymi wtrąceniami żwirów i otoczków, mieszanki piaskowo-żwirowe (pospółki)	odkrywkowy w głębinie, system ścianowy, wachlarzowo-zabierkowy, śr. długość skarp 1500-2000 m, wysokość skarp 3-13 m	eksploatacja na 1. lub 2. poziomach eksploatacyjny ch (I lub II warstwy) w IV sektorach, do rzędnej +173,0 - +185,0 m n.p.m.	2024 r. wodny
KW 1967 265,0 - 280,0	nr 85/94 z dn. 10.06.1994 r. termin ważności: 30.06.2003 r.	OG Kuźnica Warężyńska 12,713	piaski drobnoziarniste i średnioziarniste z lokalnymi wkładkami piasków gruboziarnistych, żwirów i otoczków (głównie w spągu)		eksploatacja na 4. poziomach eksploatacyjny ch (IV warstwy) do spągu złoża tj. do śr. rzędnej +243,0 - +249,0 m n.p.m.	2004 r.? wodny
MB okres międ- dwojenny 250,0 - 255,0	nr 11/96 z dn. 13.05.1996 r. termin ważności: 01.07.2006 r.	OG Bór III 6,563			eksploatacja na 3. poziomach eksploatacyjny ch (III warstwy) do spągu złoża tj. do śr. rzędnej +222,0 - +224,0 m n.p.m.	2006 r.? przemysłowo-wodny
SZ 1954 260,0 - 320,0	nr 60/93 z dn. 05.05.1993 r. termin ważności: 30.04.2003 r.	OG Szczakowa II, III, IV 20,040			głębokość eksploatacji uzależniona od możliwości grawitacyjnego odwodnienia złoża, któremu odpowiadają poziomy od +262,0 na Polu I do +305,0 m n.p.m. na Polu Siersza	2003 r.? leśny lub leśno-wodny



Ryc. 1. Lokalizacja kopalń piasku podsadzowego na tle zasięgu Górnosląskiego Zagłębia Węglowego
Fig. 1. Location of filling sand open pits versus the extend of the Upper Silesian Coal Basin

Obecnie udokumentowane złoża piasków podsadzowych eksploatują cztery kopalnie odkrywkowe (ryc. 1). Kopalnia Kotlarnia (K) jest zlokalizowana w zachodnim obrzeżeniu GZW (ok. 10,0–12,0 km na zachód od granicy geologicznej zagłębia), w strefie głębokiej depresji neotektonicznej zwanej rowem Kędzierzyna (Dyjur i in., 1978). Kopalnia jest wciśnięta pomiędzy współczesną (od północy) i kopalną (od południa) doliną Bierawki oraz doliną kopalną Rybnik–Koźle (rynną Rudy; od zachodu). Wymienione doliny kopalne wycięte są w ilasto-mułowco-

wych utworach morskiego miocenu i wraz z pozostałymi na tym obszarze, doliną kopalną Odry i Kłodnicy, zbiegają się w rejonie Kędzierzyna–Koźle. Czwartorzęd rejonu kopalni K charakteryzuje się wyraźną odmiennością w stosunku do pozostałych złóż. Tworzy on generalnie zwartą pokrywę reprezentowaną przez piaski, żwiry, gliny piaszczyste oraz ily zastoiskowe i mułki o miąższości od kilku do ok. 40 m na przeważającej części obszaru oraz ponad 100 m w granicach doliny kopalnej Rybnik–Koźle. Kopalnia (K) eksploatuje

górny poziom piasków i żwirów o miąższości od kilku do 20 m. Złoże podściela poziom glacialny zbudowany z glin, mułków zastoiskowych i ilów o zmiennej miąższości.

Trzy pozostałe kopalnie, Kuźnica Warężyńska (KW), Maczki–Bór (MB) i Szczakowa (SZ), są położone na silnie urozmaiconej morfologicznie i geologicznie Wyżynie Śląskiej, w zasięgu dolin kopalnych i obniżen typu kotlin. Utwory czwartorzędowe mają tu mało zróżnicowaną litologię, z bardzo wyraźną dominacją utworów piaszczystych i piaszczysto-żwirowych. W warunkach naturalnych mak-

Tab. 2. Kopalnie piasku Kotlarnia (K), Kuźnica Warężyńska (KW), Maczki-Bór (MB) i Szczakowa (SZ). Zagadnienia hydrogeologiczne (odwodnienie)

Table 2. Kotlarnia (K), Kuźnica Warężyńska (KW), Maczki-Bór (MB) and Szczakowa (SZ) sand pits. Hydrogeological (dewatering) issues

Kopalnia	Poziom wodonośny		System odwadniania wyrobisk górniczych	Dopływ Q_{sr} [m ³ /min]	
	Charakter	Miąższość w warunkach naturalnych [m] Współczynnik filtracji k_{sr} [m/24h]			
K	zwierciadło swobodne	kilka — 44,0	odwodnienie powierzchniowe, grawitacyjne, rowami przyskarpowymi a następnie systemem rowów i kanałów odwadniających (o nachyleniu 0,7–3,0 ‰ _{ob}) zlokalizowanych poniżej rzędnych poziomów eksploatacyjnych	23,7	
		13,5		kanał główny odprowadzający wody zanieczyszczone do rzepia wód zanieczyszczonych (+167,6 m n.p.m.), rzepie wód czystych (+169,1 m n.p.m.), zrzucane do Bierawki	1,0–16,0
KW		kilka — 32,0		wody kopalniane dopływają do rzepia z pompownią PK-4 (+241,5 m n.p.m.) i PK-3 (+250,0 m n.p.m.), zrzucane do Czarnej Przemszy	19,1
		14,1			1,0–30,5
MB	kilka — 25,0	wody kopalniane dopływają do rzepia z pompownią nr 6 (+220,9 m n.p.m.), zrzucane do Białej Przemszy		19,2	
	23,2			16,5	
SZ	kilka — 55,0	wody z kanału centralnego (pow. zlewni ok. 66,0 km ²) ujmowane na ujęciu wodociągowym w Sosnowcu - Maczkach lub odprowadzane do Białej Przemszy		81,1–85,2	
	48,4 (Pole I)			1,0–30,0	
	24,2 (Pole II)		12,3		
	11,4 (Pole S)				

symalne miąższości tych utworów wynosiły 40–60 m. W podłożu eksploatowanych złóż występują mułowcowo-iłowcowo-piaszczyste utwory karbonu produktywnego (namur A–westfal B), permu (czerwony spągowiec) oraz dolnego i środkowego pstrego piaskowca, o zróżnicowanej przepuszczalności.

Problematykę złożowo-górnictwa omawianych kopalń przedstawiono w tab. 1.

Cechą wspólną omawianych złóż było występowanie w warunkach naturalnych jednego, czwartorzędowego poziomu wodonośnego, zbudowanego z piasków głównie średnioziarnistych, drobnoziarnistych,

Tab. 3. Kopalnie piasku Kotlarnia (K), Kuźnica Warężyńska (KW), Maczki–Bór (MB) i Szczakowa (SZ). Wpływy drenującego odwadniania kopalń piasku na wody podziemne

Table 3. Kotlarnia (K), Kuźnica Warężyńska (KW), Maczki–Bór (MB) and Szczakowa (SZ) sand pits. An influence of draining dewatering of sand pits on groundwater

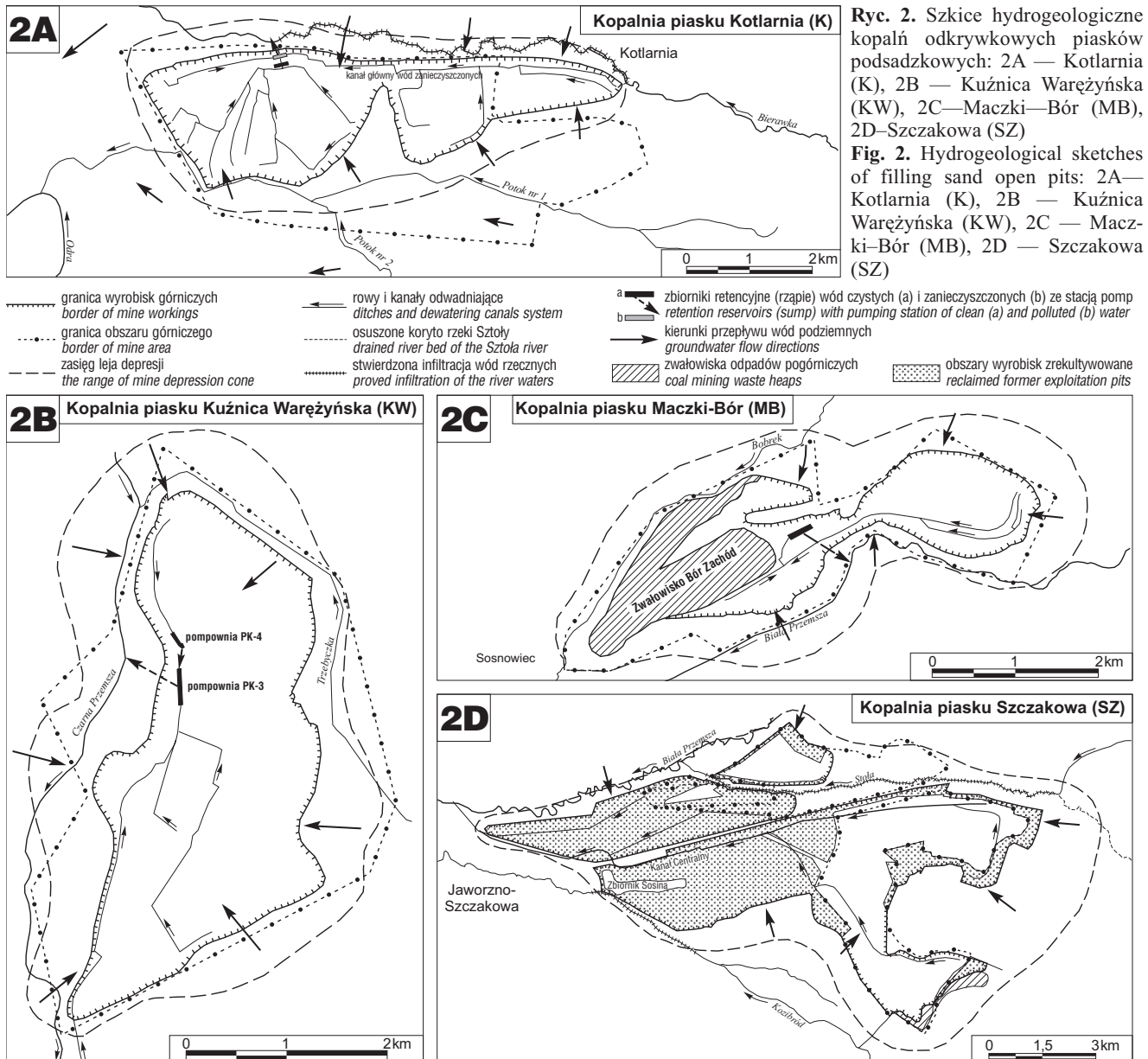
Kopalnia Liczba punktów pomiarowych wód podziemnych	Zasięg drenażu górniczego [km ²] Obserwowany zasięg leja depresji w poziomach czwartorzędowych (od krawędzi wyrobiska) R [m]	Drenujący wpływ kopalń na ciekły powierzchniowe	Drenujący wpływ kopalń na wody podziemne
K 58	13,6 250–550	przełożenie i uregulowanie cieków nr 1 i 2	osuszenie studni gospodarskich i budowa sieci wodociągowej w miejscowościach Bierawa, Grabówka, Korzonek, Ortowice, Stara Kuźnia, Kotlarnia, Goszyce, Lubieszów, Dziergawice, Solarnia
KW 20	18,5 50–950	przełożenie, uregulowanie i uszczelnienie potoku Trzebyczka na odc. 0,00–5,14 km oraz rzeki Czarna Przemśka na odc. 19,25– 25,36 km w latach 1965–1967	osuszenie studni gospodarskich i budowa sieci wodociągowej w miejscowościach Sarnów, Preczów, Marianki, Ratanice, Wojkowie–Kościełne, Ujejsce, Antonów, Podbagienko, Piekło, Karsów
MB 23	13,6 250–850	przełożenie, uregulowanie i uszczelnienie rzeki Biała Przemśka na odc. 0,00–6,60 km w latach 1981–1982 oraz rzeki Bobrek	równoczesny drenaż czwartorzędowego piętra wodonośnego przez kopalnie węgla kamiennego
SZ 20	88,9 100–1350	skrócenie długości koryta rzeki Sztoly z 14,00 do 9,84 km, zmniejszenie pow. zlewni rzeki o ok. 37 km ² , przełożenie, uszczelnienie potoku Jaworzniak w latach 1954, 1973 i 1992–1994, zasadnicza zmiana trasy potoku na długości 0,00–4,60 km, powstanie kanału centralnego o zlewni ok. 66,0 km ²	częściowe osuszenie studni gospodarskich w Borze Biskupim oraz osuszenie studni w Pszeniu i Podlesiu, budowa sieci wodociągowej w tych miejscowościach

podrzednie różnoziarnistych, pospótek i żwirów. Jego miąższości wahały się od kilkudziesięciu cm do 16,0 m w zasięgu wyrobiska K oraz 50,0–55,0 m w zasięgu kopalni SZ (tab. 2). Wartości współczynników filtracji utworów piaszczystych, podrzednie zwirowych, określone na podstawie badań hydrowęzłowych oraz próbnym pompowań w otworach badawczych i studziennych, wynosiły od 1,6 do $4,1 \times 10^{-4}$ m/s. Przewodność wahała się w przedziale 50–1500 m²/d. Zwierciadło wód podziemnych w analizowanych obszarach miało głównie charakter swobodny. Pierwotnie stabilizowało się na głębokości od kilkudziesięciu cm (KW) do 14,4 m (SZ), a głównie w przedziale 3,0–5,0 m. Czwartorzędowe poziomy wodonośne nie były izolowane od powierzchni terenu. Ich zasilanie odbywało się poprzez bezpośrednią infiltrację wód opadowych, a lokalnie w strefach kontaktów hydraulicznych w dolinie kopalnej Czarnej i Białej Przemśki poprzez dopływy wód z utworów węglanowych triasu (rejon Kuźnicy Warężyńskiej, Sławkowa, Boru Biskupiego i Szczakowej). Głębokość położenia zwierciadła wody ulegała wahaniom od 0,5 do 2,0 m i warunkowana była przez wysokość opadów atmosferycznych. Pierwotne, regionalne kierunki przepływu wód podziemnych w omawianych poziomach odbywały się głównie ku dolinie Odry (K) oraz zgodnie z nachyleniem osi doliny kopalnej Czarnej (KW) i Białej Przemśki (MB i SZ). W warunkach naturalnych doliny rzek Bierawki (K), Czarnej Przemśki (KW) i Białej Przemśki (MB i SZ) miały charakter drenujący i stanowiły podstawę drenażu dla lokalnych systemów przepływu wód w utworach czwartorzędowych. Wspomniane doliny kopalne miały w przeszłości i mają obecnie bardzo duże znaczenie hydrogeologiczne. Z jednej strony stanowią znaczące,

czwartorzędowe zbiorniki wód podziemnych (Kleczkowski, red., 1990), a przede wszystkim pełniły w przeszłości oraz obecnie ważną rolę bazy regionalnej drenażu w stosunku do wodonośnego czwartorzędu szerokiej okolicy.

Wpływ odwodnienia kopalń piasku na środowisko wód podziemnych

Prowadzona od kilkudziesięciu lat eksploatacja górnictwa piasku spowodowała zmiany pierwotnych warunków hydrogeologicznych w obrębie czwartorzędowych poziomów wodonośnych w granicach omawianych kopalń. W obszarze wpływu odwodnienia górniczego spływ wód podziemnych odbywa się do wyrobisk. Lokalną bazę drenażu wodonośnego czwartorzędu w zasięgu piaskowni, stanowi sieć odwadniających rowów przyskarpowych oraz system rowów i kanałów zbiorczych oraz głównych, wykonanych poniżej rzędnej poziomów eksploatacyjnych (tab. 2). Rowy i kanały tworzą system odwodnienia grawitacyjnego a ich średnie nachylenie wynosi 0,7–3,0‰. W wyrobiskach kopalń K, KW i MB wody kopalniane wspomnianymi rowami i kanałami zbiorczymi dopływają do zbiorników retencyjnych, zlokalizowanych w najniższych miejscach piaskowni. Zbiorniki te poza czasowym retencjonowaniem wód kopalnianych, spełniają także rolę wstępnych osadników, w których wypadają i osadzają się zawiesiny mineralne. Zbiornikom towarzyszą pompownie, które wypompowują czasowo retencjonowane wody kopalniane, a następnie najczęściej przez dodatkowy osadnik (tzw. piaskownik), zrzucają je do pobliskich rzek — KW i MB odpowiednio do Czarnej i Białej Przemśki (ryc. 2B i 2C). Do systemu odwodnienia kopalni K należą dwa



Ryc. 2. Szkice hydrogeologiczne kopalń odkrywkowych piasków podsadzkowych: 2A — Kotlarnia (K), 2B — Kuźnica Warężyńska (KW), 2C — Maczki—Bór (MB), 2D — Szczakowa (SZ)

Fig. 2. Hydrogeological sketches of filling sand open pits: 2A — Kotlarnia (K), 2B — Kuźnica Warężyńska (KW), 2C — Maczki—Bór (MB), 2D — Szczakowa (SZ)

rzapia, do których selektywnie dopływają odpowiednio tzw. wody brudne i czyste (ryc. 2A). Zanieczyszczone wody kopalniane, łącznie z ewentualnymi nadwyżkami wód czystych, zrucane są następnie rurociągiem tłocznym bezpośrednio do rzeki Bierawki, bez dodatkowego piaskownika. Wody czyste przekazywane są rurociągiem, zgodnie z bieżącymi potrzebami, do Zakładów Azotowych w Kędzierzynie-Koźlu. Nieco odmienny jest system odwadniania kopalni SZ (ryc. 2D). Tu wody z drenażu czwartorzędowego poziomu wodonośnego dopływają do kanału centralnego, a następnie poprzez osadniki ujmowane są przez duże ujęcie wodociągowe w Sosnowcu—Maczkach lub też odprowadzane grawitacyjnie kanałem do Białej Przemysłowej (tab. 2, ryc. 2D).

Zasięg wpływu odwodnienia kopalń piasku określono na podstawie porównania obecnego (wg pomiarów w drugiej połowie 1999 r.) oraz naturalnych (z okresu dokumentowania złóż w latach 50. i 60.) stanów położenia zwierciadła wód podziemnych. Interpretację obecnego układu pola hydrodynamicznego umożliwiają wyniki

pomiarów zwierciadła wody w sieci łącznie ok. 120 punktów obserwacyjnych (piezometry, płytkie studnie gospodarskie; tab. 3) oraz rzędne lustra wody w rowach i kanałach odwadniających. Odwadnianie odkrywek obniżyło zwierciadło wód podziemnych w granicach 8,0–30,0 m. Jako zasięg lejów depresji kopalń przyjmuje się izolację depresji $s = 1,0$ m (Wilk i in., 1990). Były one weryfikowane obliczeniami przy wykorzystaniu wzorów empirycznych:

$$\begin{aligned} \text{Sichardta} & R = f(s, k), \\ \text{Kusakina} & R = f(s, k, H) \text{ i} \\ \text{Kerkisa} & R = f(Q, w), \end{aligned}$$

przy uwzględnieniu promienia zastępczego obszaru odwadnianego (r_0) dla wyrobisk o kształcie prostokąta. Dla określenia prognozowanych granic zasięgu leja depresji korzystano także z formuł Szelaka

$$R = f(s, Q, w)$$

oraz Surowa i Kazeńskiego

$$R = f(k, w, H, h).$$

Te ostatnie dawały jednak zawyżone wyniki i nie były stosowane w praktycznych obliczeniach. Systemy odwodnienia piaskowni spowodowały wytworzenie się niezbyt rozległych, w granicach od 100 do 1350 m od krawędzi wyrobisk, najczęściej nieregularnych lejów depresji (tab. 3, ryc. 2). Obliczone na tej podstawie powierzchnie zlewni systemów drenażowych piaskowni wynoszą od 13,6 do 88,9 km² odpowiednio w rejonie kopalni KW i SZ. Łączna powierzchnia lejów depresji czterech działających kopalń piasku podsadzowego wynosi ok. 135,0 km² (tab. 3).

Skomplikowana sytuacja hydrogeologiczna panuje na styku odwadniającej działalności kopalń oraz współczesnych dolin z korytami rzeczny. Wyniki kilkudziesięciu pomiarów hydrometrycznych wykonanych przez autorów głównie w latach 80. i 90., wykazały zróżnicowaną ogólnie niską infiltrację wód z cieków powierzchniowych w zasięgu oddziaływania kopalń. Najwyższą infiltracją 14,4 i 27,7 l/s·1km koryta charakteryzują się odpowiednio rzeki Bierawka i Sztoła (ryc. 2A i 2D). Wody infiltrujące z Bierawki stanowią podstawę zasilania rowu głównego, tzw. wód brudnych wzdłuż północnej skarpy kopalni K, a równocześnie stanowią ok. 30% wód dopływających do wyrobiska. Z naturalnego koryta Sztoły na odcinku 0,400–9,840 km infiltrują zmienne, na przestrzeni ostatnich 20–25 lat ilości wód (od 0,827 do 0,250 m³/s). Rzeka Kozi Bród charakteryzuje się ogólnie niską infiltracją swoich wód (ok. 0,010–0,040 m³/s) w utwory czwartorzędu na odcinku Ciężkowice – Jaworzno–Szczakowa, wzdłuż południowej, obecnie całkowicie zrehabilitowanej części wyrobiska SZ. Wyniki pomiarów hydrometrycznych wykonanych w Białej Przemszy wykazują brak infiltracji na odcinku wzdłuż wyrobisk piaskowni SZ oraz ogólnie niską infiltrację (nie przekraczającą 1,0–3,0 m³/min) wód lub jej brak wzdłuż wyrobisk MB. Przyczyną bardzo niskiej infiltracji wód lub jej braku z Białej Przemszy wzdłuż wyrobisk kopalni SZ i MB jest zakolmatowanie utworów korytowych rzeki. Badania Kropki (1984, 1990) wykazały istnienie w tych utworach tzw. kolmatacji wewnętrznej. Współczynnik filtracji strefy kolmatacji w utworach korytowych Białej Przemszy wynosi 0,02 m/24h.

Zawodnienie kopalń piasków związane jest przede wszystkim z bezpośrednim zasilaniem obszaru wyrobisk górniczych opadami atmosferycznymi oraz z bocznym dopływem wód podziemnych do odkrywek. Z uwagi na stopień zawodnienia złoża te należą głównie do częściowo zawodnionych i zawodnionych (Staniek, 1989). Średnie ilości wód dopływających do wyrobisk górniczych kopalń są zmienne i zależne przede wszystkim od wielkości opadów atmosferycznych, po intensywnych opadach rosną w granicach do ok. 30% średniego dopływu z wielolecia. Dopływ ten waha się od 16,5 (MB) do 85,0 m³/min (SZ) przy maksymalnej depresji odpowiednio 24,0–30,0 metrów. Kopalnie drenują średnio 140,4–144,5 m³/min wód, z których jedynie ok. 30,0–80,0 m³/min ujmowane jest bezpośrednio na cele głównie wodociągowe. Pozostałe wody zrzucane są do przepływających w pobliżu rzek (zał. 2A–2D). Drenaż w obszarach zdepresjonowanych przez systemy odwodnieniowe kopalń zilustrowano za pomocą modułu zasilania podziemnego piaskowni. Dopływ z zasilania podziemnego waha się od 12,3 (SZ) do 19,2 l/s·km²

(KW) (tab. 2). Interesująca, choć obecnie nie w pełni jeszcze wiarygodna, jest relacja pomiędzy wartościami modułów zasilania podziemnego (tab. 2) a przyjętym szacunkowo średnim z wielolecia opadem atmosferycznym (710 mm = 22,6 l/s·km²). Wynika z niej, że wskaźnik infiltracji opadów jest niezwykle wysoki i waha się od 53,9% do 84,2% odpowiednio dla kopalni SZ i KW. Najwyższe wartości wskaźników infiltracji opadów — 71,1–72,4% i 84,2% odpowiednio K, MB i KW — wynikają z lokalizacji wyrobisk tych kopalń w osiach dolin kopalnych. Wyrobiska kopalń KW i MB sięgają niemal spągu utworów czwartorzędowych, a zatem ich systemy drenażowe przejmują praktycznie całość wód płynących dolinami kopalnymi Czarna i Biała Przemsza. Należy podkreślić, że pomiary hydrometryczne odgrywają zasadniczą rolę w poznaniu charakterystyk i zmienności odpływu wody z terenów górniczych kopalń. Brak wiarygodnych danych pomiarowych doprowadził do uzyskania w przeszłości bardzo dyskusyjnych, czy wręcz absurdalnych (co podkreślają autorzy tych obliczeń) relacji pomiędzy wartościami modułów zasilania podziemnego a opadami atmosferycznymi dla zlewni systemu drenażu kopalni SZ (Fischer i in., 1992; Sawicki, 2000). Średni opad atmosferyczny przeliczony na moduł (22,6 dm³/s·km²) jest tu znacznie niższy niż moduł zasilania (ponad 30,0 dm³/s·km²) uzyskany z przeliczenia wód odpływających w 2. przekrojach zamykających zlewnię piaskowni. Uzyskane w ten sposób wartości współczynnika infiltracji opadów kształtują się w granicach 106–118%!

W charakteryzowanych złożach występują korzystne warunki hydrogeologiczne, stąd też brak jest zagrożeń wodnych w postaci samowypływów, czy wdarć wody ze strony cieków powierzchniowych. Ponieważ leje depresji kopalń odkrywkowych obejmują zagęszczone i średniozagęszczone piaski, w zasięgu drenażu górniczego nie notuje się zjawisk sufozyjnych, a także ujemnego oddziaływania na budownictwo.

Wody dopływające do systemów odwadniania kopalń są ogólnie wodami słodkimi i akratopegami o mineralizacji od 0,15 do 0,90 g/dm³ oraz typami hydrochemicznymi HCO₃–SO₄–Ca–Mg, SO₄–HCO₃–Ca–Mg i SO₄–Ca–Mg z lokalnie podwyższonymi stężeniami żelaza, manganu i azotanów. Jedynie przeważająca część wód dopływających od północy do kopalni K charakteryzują się mineralizacją od 1,10 do 1,80 g/dm³. Są to wody typu Cl–Na, a wysoka zawartość chlorków do 1,0 g/dm³, sodu do 0,65 i siarczanów do 0,27 g/dm³, są związane z infiltracją zanieczyszczonych wód z rzeki Bierawki (ryc. 2A).

Obniżenie zwierciadła wód podziemnych w obszarach bezpośrednio przyległych do wyrobisk, wpływa na zwiększenie głębokości do zwierciadła wody (osuszanie) i obniżenie wydajności płytkich studni gospodarskich i ujęć studziennych ujmujących wody podziemne z drenowanych, czwartorzędowych poziomów wodonośnych, wielkości przepływów wód i zmiany więzi hydraulicznej z drenujących na infiltrujące w ciekach powierzchniowych oraz na uprawy (użytki) leśne i rolne.

Udokumentowany wpływ odwodnienia górniczego na stan płytkich wód gruntowych, spowodował konieczność budowy wodociągów w łącznie dwudziestu trzech miej-

scowościach zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie kopalń (tab. 3). W zasięgu rzeczywistego wpływu drenażu górniczego znajduje się także 5 studni głębinowych, ujmujących wody z czwartorzędowych poziomów wodonośnych na potrzeby wiejskich wodociągów oraz zakładów górniczych (K, SZ). Ujęcia te odwiercono po uruchomieniu kopalń piasku. Udokumentowane, zmniejszone wydajności studni w zasięgu wpływu odwadniania kopalń, nie zagrażają potrzebom ich użytkowników.

Drugim bardzo istotnym zagadnieniem jest wpływ drenażu górniczego na zmiany w naturalnym układzie sieci rzecznej (tab. 3). W okresie do 1999 r. kilkakrotnie przełożenia i uszczelnienia koryt rzecznych powodowały wydatne ograniczenie lub wyeliminowanie infiltracji wód rzecznych (np. Czarna Przemsza, Kozi Bród), a także po ich przełożeniu umożliwiały eksploatację górniczą części złożeń (np. Trzebyczka i Jaworznik w złożach odpowiednio KW i SZ). Największe zmiany zaszły w zasięgu drenażu górniczego kopalni SZ, gdzie nastąpiło wydatne skrócenie o 4,160 km długości koryta oraz zmniejszenie o ok. 37 km² powierzchni zlewni rzeki Sztoly oraz radykalna zmiana przebiegu koryta i zmniejszenie zlewni potoku Jaworznik. Z drugiej strony dzięki eksploatacji piasku w kopalni SZ powstał kanał centralny o zlewni ok. 66,0 km² (ryc. 2D).

Bardzo trudnym zagadnieniem w jednoznacznej ocenie są szkody górnicze w użytkach leśnych i rolnych. Z utworów piaszczystych zbudowanych głównie z kwarcu, ubogich w składniki zasadowe na omawianym obszarze powstały gleby biellicowe. Są to gleby silnie zakwaszone najczęściej o pH w granicach 3,0–5,0, o małej i bardzo małej pojemności sorpcyjnej i niewielkich zdolnościach buforowych. Na omawianych obszarach przeważają gleby o niskich klasach bonitacyjnych R–V, R–VI, cechujące się niskim poziomem wody podziemnej i typowym, opadowo-retencyjnym typem gospodarki wodnej. Obniżenie stopnia uwilgotnienia w profilu glebowym, tak charakterystyczne dla obszarów obniżonego zwierciadła wód podziemnych i okresów posusznych, powoduje nadmierny rozkład substancji organicznej i zmniejszenie się zawartości związków próchnicznych w poziomie akumulacyjnym. W następstwie tego zjawiska obniżają się i tak już niskie właściwości sorpcyjne gleby w stosunku do składników pokarmowych roślin oraz zdolności magazynowania wód opadowych.

Przewidywane zakończenie eksploatacji górniczej — rekultywacja wyrobisk górniczych

Gwałtowny spadek zapotrzebowania na piaski do podszadzenia wyrobisk górniczych w czynnych kopalniach węgla kamiennego GZW, spowodował wydatne zmniejszenie tempa ich eksploatacji. Prognozy dotyczące faktycznego zakończenia eksploatacji górniczej są bardzo niewiarygodne. Przyjmuje się, że najszybciej, bo w latach 2003–2006, eksploatację górniczą mogą zakończyć kopalnie KW, MB i SZ. Pomimo bliskiego końca eksploatacji, brak jest jednoznacznych koncepcji rekultywacji wspomnianych wyrobisk. Jeszcze w latach 80. prognozy rekultywacji terenów poeksploatacyjnych przewidywały

rozbudowę istniejących lub budowę nowych zwałowisk odpadów przemysłowych (górnictwych, elektrowniowych, hutniczych) w wyrobiskach K, KW i MB. Jedynie wody ze zlewni kanału centralnego w granicach kopalni SZ od samego początku zarezerwowano na cele użytkowe, tj. wodociągowe. Obecnie nawet wstępne analizy i założenia przedprojektowe odступują od przemysłowego zagospodarowania wyrobisk poeksploatacyjnych, jednoznacznie zmierzając w kierunku rekultywacji wodnej (K, KW), leśnej lub mieszanej leśno-wodnej (SZ) i przemysłowo-wodnej (MB).

Górnictwo odkrywkowe piasków podsadzkowych w Polsce realizuje przede wszystkim 2 podstawowe kierunki rekultywacji swoich wyrobisk popiaskowych: leśny i wodny. Podstawą leśnej działalności rekultywacyjnej na omawianych terenach jest sposób zalegania luźnych piasków na prawidłowo ukształtowanym dnie i skarpach (najczęściej o nachyleniu 1:1,5 lub 1:2) wyrobiska, a także właściwa głębokość (na terenie kopalni SZ od 0,41 do 1,00 m) występowania wód podziemnych (Krzaklewski, 1990). Bardzo intensywne i udane zarazem zalesianie prowadzone w części zachodniej i centralnej wyrobisk popiaskowych spowodowało, że w latach 90. kopalnia SZ przekazała ok. 2000 ha użytków leśnych w gospodarowanie lasom państwowym (ryc. 2D). Zdecydowanie mniej korzystna sytuacja panuje w zachodniej części kopalni MB, gdzie od połowy lat 70. są lokowane odpady w ramach powstałego tam zwałowiska odpadów pogórnictwych Bór Zachód (ryc. 2C). Obecnej eksploatacji tego składowiska towarzyszy udana profilaktyka przeciwpożarowa, leśna rekultywacja powstałej bryły zwałowiska oraz monitoring wód podziemnych w jego rejonie.

Rekultywacja wodna wyrobisk popiaskowych wymaga racjonalnej gospodarki złożami piasku i daleko idącej mechanizacji urabiania, co powoduje konieczność eksploatacji złóż do spągu, przy zastosowaniu sztucznego odwadniania. Wymaga ona także wcześniejszego formowania skarp i czaszy zbiornika, wybudowania obiektów hydrotechnicznych, zapewniających optymalną wysokość piętrzenia wody oraz zabezpieczenie w miarę możliwości dopływu wody do zbiornika oraz uporządkowania i rekultywacji biologicznej terenów przybrzeżnych (Czuber, 1988). Powyższe zabiegi m.in. spowodowały w przeszłości udaną rekultywację wodną z przeznaczeniem rekreacyjnym zbiorników Pławniowice k. Pyskowic, Chechło k. Tarnowskich Gór, Rogoźnik k. Będzina oraz Sosina w części zrehabilitowanej byłej kopalni piasku SZ w Jaworznie–Szczakowej (ryc. 2D). Wstępne założenia i opracowania przedprojektowe zakładają, że kierunek wodny rekultywacji obejmie w całości wyrobiska popiaskowe K i KW. Utworzenie zbiornika o pojemności ok. 10 mln m³ wody i powierzchni ok. 1 km² w wyrobisku popiaskowym Bór–Wschód, przewiduje także obowiązujący miejscowy plan ogólnego zagospodarowania przestrzennego miasta Sosnowca dla terenu objętego eksploatacją kopalni MB (tab. 1). W ostatnich latach ujawniła się tendencja do ograniczenia przestrzennego rozwoju kopalni SZ, z równoczesnym zaleceniem wgłębnego, do spągu eksploatacji piasków wschodniej części złoża a tym samym odwodnienia wyro-

biska za pomocą lokalnych pompowni. Eksploatacja taka umożliwiłaby następnie utworzenie dwóch zbiorników wodnych o łącznej pojemności od 10 do 13 mln m³. Z mało jeszcze wiarygodnych prognoz wynika, że w obszarze omawianych czterech kopalń (po zakończeniu eksploatacji górniczej) może powstać 5 zbiorników wodnych o łącznej pojemności ok. 100 mln m³.

Podsumowanie

Problemy ekonomiczne kopalń piasków spowodowane gwałtownym spadkiem zapotrzebowania na piaski do podszadzenia wyrobisk górniczych w kopalniach węgla kamiennego, w obecnej sytuacji polskiego górnictwa są niekwestionowanym faktem. Obecne oraz perspektywiczne zapotrzebowanie na piaski budowlane, w tym także przy budowie autostrad (oczywiście z chwilą wyraźnego zintensyfikowania procesu inwestycyjnego) niewiele tu mogą zmienić. Prognozy dotyczące faktycznego zakończenia eksploatacji górniczej piasków podszadzowych są bardzo niewiarygodne. Istniejąca sytuacja mocno ograniczonej eksploatacji górniczej złóż piasków (dużo niższej niż możliwości poszczególnych kopalń), może trwać jeszcze co najmniej kilka-kilkanaście lat.

Omawiane złoża piasków podszadzowych charakteryzują się prostą budową hydrogeologiczną. Pomimo tego z różnych powodów nie rozwiązano w ich obszarach jednoznacznie kilku istotnych i dyskusyjnych problemów hydrogeologicznych. Należą do nich przede wszystkim:

— ustalenie zasięgu oddziaływania drenażu górniczego kopalń K i SZ na terenach sąsiadujących, odpowiednio wzdłuż północnej i południowej oraz północnej i wschodniej granicy wyrobisk,

— określenie obszaru spływu wód do systemu drenażu górniczego odkrywek, kształtującego zasilanie ich z wód podziemnych,

— ilościowe określenie składowych bilansu hydrogeologicznego omawianych kopalń,

— określenie dynamiki zmian wielkości dopływu wód do wyrobisk górniczych, szczególnie do kopalni SZ,

— określenie chemizmu i jakości wód kopalnianych oraz trendów ich zmian,

— udokumentowanie rzeczywistych i potencjalnych zagrożeń dla jakości wód dopływających obecnie do wyrobisk oraz w dalszej perspektywie dla projektowanych zbiorników wodnych.

Rysuje się zatem potrzeba opracowania spójnego dla omawianych kopalń oraz realistycznego z punktu widzenia możliwości finansowych i wykonawstwa projektu badawczego. Jego podstawowym celem byłoby metodycznie ujednolicone monitorowanie środowiska wodnego w zasięgu terenów górniczych kopalń, w okresie zbliżających się, ostatnich lat działalności kopalń. Wyniki tych prac dostarczyłyby danych do racjonalnego prognozowania zmian wspomnianego środowiska wodnego pod wpływem czynników antropogenicznych oraz w warunkach zróżnicowanego zagospodarowania wyrobisk górniczych po zaprzestaniu eksploatacji piasków (zwałowisko odpadów pogórnich, rekultywacja w kierunku leśnym i

wodnym). Bieżące obserwacje i pomiary hydrogeologiczne prowadzone mniej lub bardziej systematycznie przez hydrogeologów kopalń nie spełniają tych wymogów, z powodu przede wszystkim mocno ograniczonych możliwości finansowych poszczególnych kopalń. W projekcie tym istotną rolę powinny odgrywać pomiary hydrologiczne natężenia przepływu wody w kanałach piaskowni i ciekach powierzchniowych okalających wyrobiska. W przypadku kopalń K, KW i MB pomiary te powinny umożliwiać okresową weryfikację danych na temat wielkości dopływających do wyrobisk wód, pozyskiwanych z analizy w okresach miesięcznych, czasu pracy pomp zainstalowanych w pompowniach głównych. Pomiary hydrometryczne odgrywają zasadniczą rolę w poznaniu charakterystyk i zmienności odpływu wody z terenu górniczego kopalni SZ, jednej z największych obszarowo kopalni odkrywkowej w Europie. Jedynie zwiększenie częstotliwości wspomnianych pomiarów na kanale centralnym i rowach odwadniających poszczególne rejony odkrywki, umożliwią następnie, podobnie jak w przypadku pozostałych kopalni, wiarygodne obliczenie zmienności modułu, wskaźnika oraz współczynnika odpływu podziemnego.

Literatura

- CZUBER W. 1988 — Stan i zadania rekultywacyjne gwarectwa kopalń piasku i kolejowego transportu górniczego w Katowicach. [W:] Z. Nauk. AGH, 1222, Sozologia i Sozotechnika, 26: 253–261.
- DYJOR S., DENDEWICZ A., GRODZICKI A. & SADOWSKA A. 1978 — Neogeneńska i staroplejstocenska sedimentacja w obrębie stref zapadliskowych rowów Paczkowa i Kędzierzyna. Geol. Sudet., 13: 31–65.
- FISZER J., SAWICKI J. & ŚLIFIRSKI M. 1992 — Prognoza dopływów i rozwoju leja depresji dla Kopalni Piasków Szczakowa przy pogłębionej eksploatacji. [W:] Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski. Wrocław–Pokrzywna: 165–171.
- KLECZKOWSKI A.S. (red.) 1990 — Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony 1:500 000. Akademia Górniczo-Hutnicza.
- KROPKA J. 1984 — Hydrogeologia obszaru doliny Białej Przemszy między Sławkowem a Niwką. Arch. Inst. Hydr. i Geol. Inż. AGH (praca doktorska).
- KROPKA J. 1990 — Infiltracja wód z rzeki Białej Przemszy na odcinku Maczki–Bór w warunkach kolmatacji jej koryta. [W:] Spraw. z Pos.Kom. Nauk. PAN w Krakowie, 32: 179–181.
- KRZAKLEWSKI W. 1990 — Analiza działalności rekultywacyjnej na terenach pogórnich w głównych gałęziach przemysłu wydobywczego w Polsce. Wyd. SGGW–AR, 44: 1–80.
- LEWANDOWSKI J. & ZIELIŃSKI T. 1988 — Środkowoplejstocenske osady dolin regionu górnośląskiego — dorzecze Przemszy (południowa Polska). [W:] Problemy paleogeografii czwartorzędu — zlodowacenie środkowopolskie. Pr. Nauk. UŚI, 914: 48–66.
- LISOWSKI A. 1997 — Podszadzka hydrauliczna w polskim górnictwie. Oficyna Śląsk: 1–487.
- SAWICKI J. 2000 — Infiltracja opadów w okręgach górniczych. Kopalnia Piasku Podszadzowego Szczakowa. [W:] Zmiany naturalnej infiltracji opadów do warstw wodonośnych pod wpływem głębokiego, górniczego drenażu. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej: 81–88.
- STANIEK F. 1985 — Górnictwo piasków podszadzowych w rejonie Szczakowej i Olkusza. Rudy i Metale, 30: 495–497.
- STANIEK F. 1989 — Warunki wodne złóż kopalń piasku podszadzowego na obszarze województwa katowickiego. [W:] Zasoby i wykorzystanie wód województwa katowickiego, Sosnowiec–Katowice: 80–89.
- WILK Z., ADAMCZYK A.F. & NAŁĘCKI T. (red.) 1990 — Wpływ działalności górnictwa na środowisko wodne w Polsce. Wyd. SGGW–AR, 27: 1–220.