

Kształtowanie się chemizmu zwykłych wód podziemnych w regionie górnośląskim w warunkach aktywnej antropopresji

Andrzej Rózkowski*, Andrzej Pacholewski**, Andrzej Witkowski*



A. Rózkowski

A. Pacholewski

A. Witkowski

Impact of anthropogenic factors on the potable groundwater chemistry in the Upper Silesia Coal Basin (USCB). *Prz. Geol.*, 53: 742–752.

S u m m a r y. The Upper Silesia urban-industrial region is one of the most industrialized areas in Europe, due to a concentration of mineral deposits, including hard coal, zinc and lead ores and other raw materials. Groundwater is pumped by wells and discharged by mines. Potable groundwater in this area occurs within the Neogene, Cretaceous, Triassic (over 60% of the groundwater resources) and Carboniferous formations. Within these formations, 16 major aquifers fit the quantitative and qualitative criteria proposed by Kleczkowski (1990) and extend over the total area of about 3257 km² (Fig. 2). Within the Pleistocene formation, nine major aquifers of porous character have been identified. They are situated in the areas of buried valleys and modern river valleys. The TDS content ranges from 47 to 1374 mg/L. More than 80% of samples represent quality classes II and III in the four-class scale of water quality, because of urban and industrial impacts. Within the Triassic carbonate formation, five major aquifers have been identified in fractured–karstic–porous dolomites and limestones. This water-bearing complex is overlain partly by impermeable Keuper clays and by permeable Holocene and Pleistocene sediments. The TDS values vary from 103 to 1519 mg/L. Generally groundwater in the Triassic aquifers is of a better quality (classes I and II). Poor quality water (classes III and IV) occurs only within Zn–Pb ore mining areas and in the areas impacted by urban agglomerations. The groundwater occurring in Carboniferous sandstones is generally of poor quality due to mining impact. Therefore, no major aquifers have been distinguished in the Carboniferous strata.

ied valleys and modern river valleys. The TDS content ranges from 47 to 1374 mg/L. More than 80% of samples represent quality classes II and III in the four-class scale of water quality, because of urban and industrial impacts. Within the Triassic carbonate formation, five major aquifers have been identified in fractured–karstic–porous dolomites and limestones. This water-bearing complex is overlain partly by impermeable Keuper clays and by permeable Holocene and Pleistocene sediments. The TDS values vary from 103 to 1519 mg/L. Generally groundwater in the Triassic aquifers is of a better quality (classes I and II). Poor quality water (classes III and IV) occurs only within Zn–Pb ore mining areas and in the areas impacted by urban agglomerations. The groundwater occurring in Carboniferous sandstones is generally of poor quality due to mining impact. Therefore, no major aquifers have been distinguished in the Carboniferous strata.

Key words: Upper Silesia, major aquifers, groundwater chemistry, industrial impact

W okresie ostatniej dekady obserwuje się zintensyfikowanie podstawowych i aplikacyjnych badań środowiska zwykłych wód podziemnych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW). Specyfiką tego środowiska jest formowanie się reżimu wód podziemnych w warunkach oddziaływania najwyższej w naszym kraju antropopresji. Wysoki stopień urbanizacji regionu oraz aktywne oddziaływanie górnictwa na reżim wód podziemnych wywołują postępujące zmiany środowiska hydrogeologicznego. Są one szczególnie wyraźne w okresie postępującej obecnie likwidacją kopalń oraz wydatnie zmniejszonego poboru wód podziemnych.

Rozważaniami objęto obszar Górnośląskiego Zagłębia Węglowego poszerzony o fragment monokliny śląsko-krakowskiej w rejonie występowania triasowego zbiornika Lubliniec–Myszków 327 (ryc. 1, 2). Zbiornik ten ma podstawowe znaczenie dla gospodarki wodnej aglomeracji miejsko-przemysłowej Górnego Śląska, w związku z czym został również uwzględniony w artykule.

W artykule analizowano środowisko hydrogeologiczne wód zwykłych w odniesieniu do warunków gromadzenia i przewodzenia wód w ośrodku skalnym, budowy geologiczno-strukturalnej głównych zbiorników wód podziemnych i ich zasobów oraz kształtowania się pola hydrodynamicznego. Znajomość tych elementów środowiska hydrogeologicznego umożliwiła w dalszej kolejności przedstawienie warunków formowania się składu chemicznego zwykłych wód w rozpatrywanych zbiornikach wód podziemnych.

Nowe dane do ogólnego rozpoznania regionalnych warunków występowania wód zwykłych wniosły, pokrywające cały obszar zagłębia, seryjne mapy hydrogeologiczne Polski (MhP) wykonane w skali 1: 50 000. Redakcja naukowa tych map była w gestii Oddziału Górnośląskiego Państwowego Instytutu Geologicznego (pod kierunkiem mgr inż. A. Pacholewskiego). Wiarygodną ocenę zasobów dyspozycyjnych kilku głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP), opartą na modelach numerycznych, umożliwiła realizacja kilku nowych, hydrogeologicznych dokumentacji regionalnych.

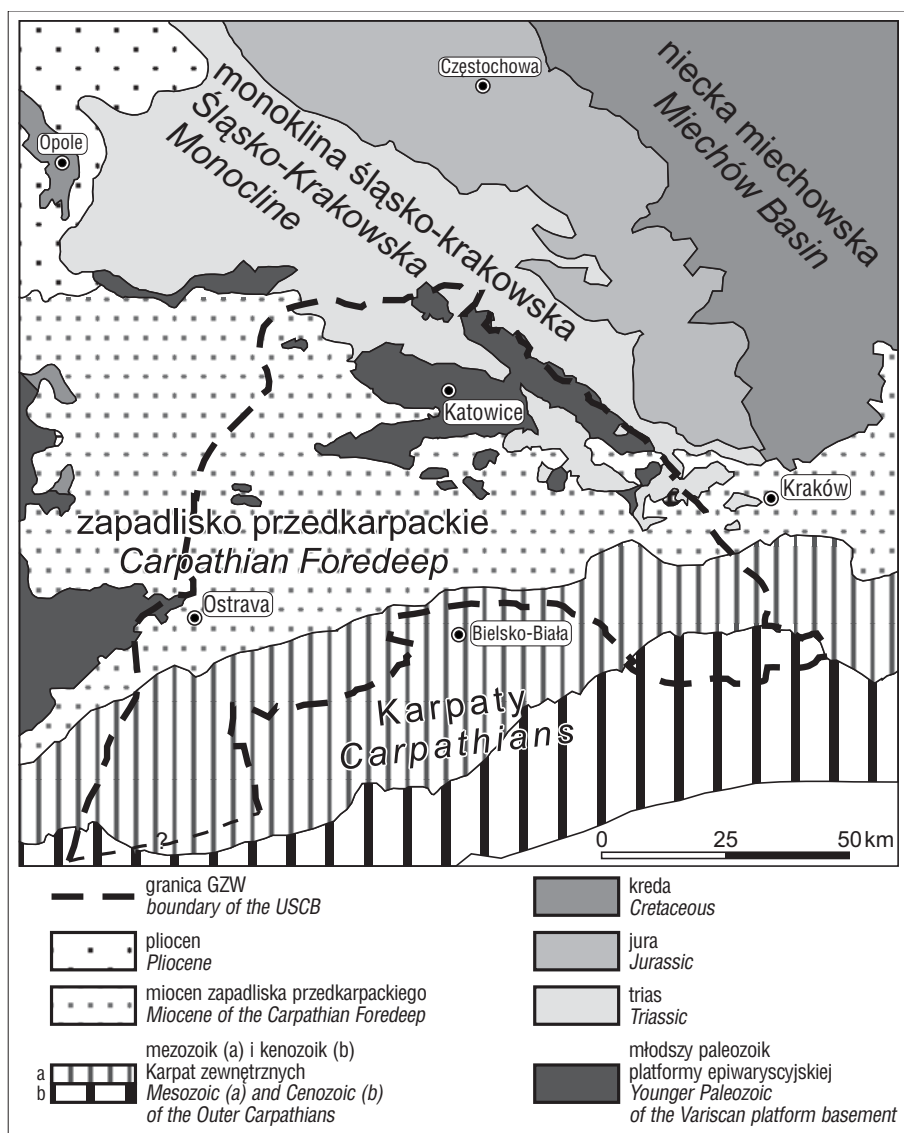
Istotny wkład w rozpoznanie kształtowania się reżimu wód zwykłych i procesów powodujących jego przemiany wniosły publikowane wyniki szczegółowych badań poznawczych i aplikacyjnych, realizowanych w ramach programów CPBP i grantów KBN.

Podsumowanie wyników wieloletnich badań GZWP obszaru zagłębia zawiera wykonana na materiałach realizowanego programu CPBP monografia: *Użytkowe wody podziemne Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia*, opracowana przez zespół hydrogeologów z Oddziału Górnośląskiego Państwowego Instytutu Geologicznego w Sosnowcu oraz z Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Uniwersytetu Śląskiego (Rózkowski i in., 1997). Monografia ta jest oparta na materiałach serii map hydrogeologiczno-sozologicznych GZW w skali 1: 100 000 opublikowanych w Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie w latach 1994–1997. Wykonawcami map są autorzy wspomnianej uprzednio monografii.

Wyniki badań modelowych, prowadzonych w ramach grantów KBN w Katedrze Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej UŚ w Sosnowcu, umożliwiły wypracowanie metod dokumentowania bilansów wodnych i zasobów dyspozycyjnych głównych zbiorników wód podziemnych regionu górnośląskiego. Reżim hydrogeologiczny tych

*Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec; rozkowsk@us.edu.pl

**Państwowy Instytut Geologiczny Oddział Górnośląski, ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec



Ryc. 1. Pozycja Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) na tle jednostek alpejskiego kompleksu strukturalnego (wg Kotasa, 1994)

Fig. 1. Regional setting of the Upper Silesia Coal Basin (USCB) within the Alpine framework (after Kotas, 1994)

zbiorników kształtuje się w warunkach aktywnego drenażu górniczego i poboru wód w zespołowych ujęciach studziennych. Dokonana została również po raz pierwszy waloryzacja tych zbiorników. Wyniki badań przedstawione są w publikacjach: Kowalczyka (1996), Kowalczyka i in. (1996, 2000), Kropki (2002), Sikorskiej-Maykowskiej (2001). Na szczególną uwagę zasługuje jednak monografia hydrogeologiczna autorstwa Kowalczyka (2003), określająca warunki formowania się reżimu oraz bilansu i zasobów wód podziemnych w utworach węglanowych triasu śląsko-krakowskiego. Odnowalność zasobów wód podziemnych została określona badaniami modelowymi (Kowalczyk, 2003), wcześniej rozpoznana metodami izotopowymi (Rózkowski, 1993).

Badania ostatnich lat wniosły istotny rozwój w rozpoznaniu środowiska hydrogeochemicznego wód zwykłych w GZW. Dużo uwagi poświęcono przy tym chemizmowi wód kopalnianych. Celem tych badań było zarówno rozpoznanie aktualnego chemizmu i jakości wód zwykłych, jak również ocena zmian zachodzących w środowisku hydrochemicznym zbiorników wód podziemnych w

warunkach postępującej likwidacji kopalń rud i węgla kamiennego oraz obniżonego poboru wód w ujęciach studziennych (Kropka, 1997; Motyka & Witkowski, 1997; Rózkowski i in., 1997; Rózkowski, 2004; Wilk & Bocheńska, 2004; Witkowski & Rubin, 1999).

Dla oceny czasowych i przestrzennych trendów zmian jakości wód zwykłych w rozpatrywanym obszarze ważne są prace Kropki (1994), Siwka (1997), a przede wszystkim Witkowskiego (1997, 2000), zawierające wyniki interpretacji monitoringu jakości wód regionu górnośląskiego. Interesujące rezultaty dały również wyniki poznawczych badań nad identyfikacją ognisk zanieczyszczeń obserwowanych w wodach podziemnych, autorstwa Labusa (1999).

Problemom ochrony środowiska zwykłych wód podziemnych w regionie górnośląskim poświęcone były liczne prace badawcze, których wyniki zamieszczone były m.in. we wspomnianych uprzednio monografiach (Rózkowski, 1990; Rózkowski i in., 1997; Witkowski, 2000). Wśród prowadzonych prac metodycznych w tym zakresie na uwagę zasługują badania realizowane w ramach grantu KBN

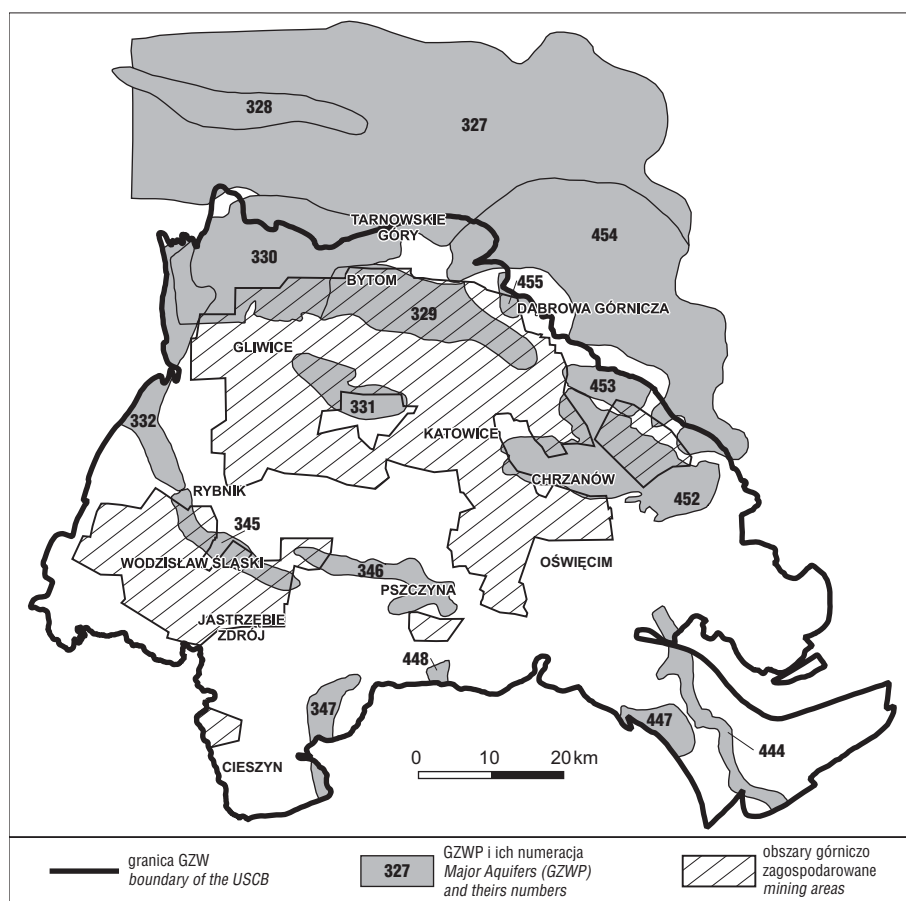
przez Witkowskiego (Witkowski i in., 2002, 2003). Celem ich było wypracowanie i wdrożenie nowych kompleksowych metod oceny podatności na zanieczyszczenie węglanowych zbiorników triasu podlegających aktywnej antropopresji.

Duży postęp uzyskano w rozpoznaniu warunków filtracji i pola hydrodynamicznego kształtującego się w węglanowych zbiornikach triasu śląskiego. Na szczególną uwagę zasługują tu wyniki wieloletnich podstawowych badań Motyki (Motyka, 1998; Motyka & Szuwarzyński, 1996), rozwijanych również przez Kowalczyka i Witkowskiego (1997) w zakresie rozpoznania sieci hydraulicznej kompleksu wodonośnego serii węglanowej triasu. Największy wkład w rozpoznanie pola hydrodynamicznego węglanowych zbiorników triasu, w warunkach aktywnego antropogenicznego drenażu, wniosły badania modelowe Kowalczyka (2003).

Wpływ oddziaływania górnictwa węgla kamiennego oraz górnictwa rud cynku i ołowiu na reżim zwykłych wód podziemnych w GZW jest analizowany w syntezach monograficznych i artykułach problemowych. Wpływ drenażu górnictwa kopalń rudnych na reżim wód zwykłych jest rozpatrywany w monografiach wykonanych pod redakcją Rózkowskiego i Wilka (1980) oraz Wilka i Bocheńskiej (2004) oraz m.in. w pracach Gajowca i Witkowskiego (1993), Kowalczyka (2003) oraz Kropki (2002). Problemy wpływu oddziaływania górnictwa węgla kamiennego na warunki hydrogeologiczne GZW zostały przedstawione w monografiach wykonanych przez Rogoża i Posytek (2000) i pod redakcją Wilka (2003), jak również w licznych problemowych artykułach w tym m.in. Rogoża (1996), Rózkowskiego (1997), Szczepańskiego (1999). Wśród prac analizujących szeroko pojęty wpływ działalności górnictwa na środowisko wodne szczególne miejsce zajmuje monografia Wilka i in. (1990).

Budowa geologiczna

Zgodnie z podziałem Kotasa (1985) na obszarze zagłębia wydziela się cztery podstawowe alpejskie struktury tektoniczne, w zasięgu których występują wody zwykle w różnych piętrach wodonośnych. Są to struktury: mono-



Ryc. 2. Mapa głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP); 1 — granica GZW; 2–3 GZWP i ich numeracja: plejstocenijskie o typie porowym: Rzeka Mała Panew (328), Kłodnica (331), Rybnik (345), Pszczyzna (346), Rzeka górna Wisła (347), Dolina rzeki Skawy (444), Rzeka doliny Białej (448), Biskupi Bór (453), Dąbrowa Górnicza (455); neogeńskie o typie porowym: subniecka kędzierzyńsko-głubczycka (332); neogeńsko-paleogeńsko-kredowe (flisz) o typie szczelinowo-porowym: Zbiornik Godula (447); triasowe o typie szczelinowo-krasowo-porowym: Lubliniec-Myszków (327), Bytom (329), Gliwice (330), Chrzanów (452), Olkusz-Zawiercie (454); 4 — obszary górnictwa kopalniczo zagospodarowane

Fig. 2. Map of Major Aquifers (GZWP); 1 — boundary of the USCB; 2–3 Major Aquifers (GZWP) and their numbers: Pleistocene aquifers (porous): Mała Panew River (328), Kłodnica (331), Rybnik (345), Pszczyzna (346), Upper Vistula River (347), Skawa River Valley (444), Biała River Valley (448), Biskupi Bór (453), Dąbrowa Górnicza (455); Neogen aquifer (porous): Kędzierzyn-Głubczyce Subbasin (332); Neogen-Paleogen-Cretaceous (Flysch) aquifer (fractured — porous): Godula Basin (447); Triassic aquifers (fractured-karstic — porous): Lubliniec-Myszków (327), Bytom (329), Gliwice (330), Chrzanów (452), Olkusz-Zawiercie (454); 4 — Mining areas

kliny śląsko-krakowskiej, cokołu platformy epiwaryscyjskiej, zapadliska przedkarpackiego i Karpat (ryc. 1).

Część monokliny śląsko-krakowskiej, położonej w zasięgu GZW, jest zbudowana z utworów triasu, lokalnie jury i kredy, przykrytych plejstocenem i holocenem. Utwory mezozoiczne zalegają na różnowiekowych, głównie karbońskich, utworach paleozoicznych. Cokół platformy epiwaryscyjskiej jest zbudowany z utworów karbonu, lokalnie permu, przykrytych plejstocenem i holocenem. Zapadlisko przedkarpackie, powstałe u czoła nasunięcia karpackiego, jest wypełnione kompleksem głównie ilastych utworów neogenu, spoczywających z reguły na utworach karbonu. Fragmentarycznie znajduje się pod nasunięciem Karpat fliszowych. Utwory plejstocenu i

holocenu pokrywają utwory starszego podłoża płaszczem o niewielkich miąższościach.

Charakterystyka hydrogeologiczna Głównych Zbiorników Wód Podziemnych

Górnośląskie Zagłębie Węglowe, zgodnie z regionalizacją hydrogeologiczną zwykłych wód podziemnych zaproponowaną przez Paczyńskiego (1995), mieści się w zasięgu trzech podstawowych regionów hydrogeologicznych: śląsko-krakowskiego (XII), przedkarpacciego (XIII) i fragmentarycznie karpacciego (XIV). Odmiennosc budowy geologicznej, a zwłaszcza miąższości i wykształcenia litologicznego skał, powodują istotne różnicowanie warunków do gromadzenia się i przewodzenia wód zwykłych w poziomach wodonośnych poszczególnych regionów i subregionów hydrogeologicznych (ryc. 1). W zasięgu monokliny śląsko-krakowskiej główne poziomy wód zwykłych występują w skałach węglanowych triasu, w obrębie waryscyjskiego cokołu Górnego Śląska w piaskowcach karbonu i piaszczystych utworach plejstocenu, natomiast w zapadlisku przedkarpaccim i w Karpatach — w piaskach plejstocenu i holocenu.

Ośrodki hydrogeologiczne, w zależności od wykształcenia litologicznego budujących je skał, cechują się odmiennymi zdolnościami do przewodzenia i gromadzenia wody. Piaszczyste utwory plejstocenu, holocenu i neogenu są ośrodkami porowymi ciągłymi, na ogół jednorodnymi i izotropowymi. Porowa struktura hydrauliczna określa ich przewodność i pojemność hydrauliczną.

Węglanowe utwory triasu środkowego i dolnego reprezentuje ośrodek hydrogeologiczny niejednorodny, nieciągły i anizotropowy (Motyka, 1998). Anizotropia skał węglanowych jest podporządkowana systemowi spękań ciosowych i międzylawicowych. Struktura hydrauliczna skrasowiałych i uszczelinionych skał serii węglanowej triasu składa się z trzech różnych pod względem geometrii i wymiarów, nałożonych na siebie i współzależnych, ośrodków hydraulicznych: porowego, szczelinowego i krasowego. Wspomniane ośrodki decydują o przewodności i pojemności hydraulicznej górotworu, a ich miarą są wartości współczynników filtracji, porowatości otwartej, zasobności wodnej i ogólnej wodonośności. Badania Motyki w rejonie triasu olkuskiego wykazały średnie wartości porowatości otwartej: matrycy skalnej 0,11, szczelinowej 0,0026 oraz kawernowej 0,006. Uśrednione współczynniki filtracji wspomnianych ośrodków charakteryzują odpowiednio wartości: $2,6 \times 10^{-8}$ m/s, $5,5 \times 10^{-4}$ m/s oraz $1,5 \times 10^{-1}$ m/s.

Szczeliny i kanały krasowe tworzą uprzywilejowane drogi przepływu wód, przestrzeń porowa natomiast stanowi podstawowy zbiornik gromadzący wody. Przeprowadzone badania skał węglanowych wykazały, iż ośrodek szczelinowy jest najbardziej aktywnym systemem hydraulicznym. System kanałów krasowych jest szczególnie aktywny w strefie wadycznej i w strefie przejściowej do freatycznej. Na większych głębokościach pustki krasowe są na ogół wypełnione osadami słabo przepuszczalnymi. Różnicowanie, ogólnie wysokie, wartości współczynników filtracji i wydatków studni wiąże się ze zmiennym stopniem zeszczelinowania i skrasowienia skał.

Struktura hydrauliczna ośrodka hydrogeologicznego skał węglanowych jest dynamiczna — ulega zmianom w czasie, w dużej mierze wskutek oddziaływania czynników

antropogenicznych. Szczególne znaczenie odgrywa tu kilkusetletnia działalność górnictwa rud cynku i ołowiu w zasięgu triasowych GZWP: Bytom, Gliwice, Olkusz–Zawiercie i Chrzanów, udrażniająca i drenująca górotwór.

Szczelinowo-porowy ośrodek hydrogeologiczny piaskowców karbońskich jest niejednorodny, nieciągły i anizotropowy (Rózkowski, 2004). Charakteryzuje się złożoną przestrzenią hydrogeologiczną. Szczelinowy system hydrauliczny odgrywa główną rolę w przewodzeniu wód zwykłych, zaś porowy — w ich gromadzeniu. Systemy te decydują o przewodności i pojemności hydraulicznej całego ośrodka hydrogeologicznego. Struktura hydrauliczna ośrodka hydrogeologicznego jest dynamiczna i ulega zmianom wskutek wtórnego udrożnienia górotworu eksploatacją górnictwa prowadzoną przez kopalnie węgla kamiennego (Bukowski, 1999; Rogoż & Posyłek, 2000).

Wyniki kompleksowych badań, prowadzonych w zasięgu rozpatrywanych regionów hydrogeologicznych, umożliwiły wydzielenie w ich zasięgu użytkowych poziomów wodonośnych (UPWP) w utworach: plejstocenu, neogenu, triasu kredy i karbonu (Rózkowski i in., 1997). W ramach UPWP wyznaczono główne zbiorniki wód podziemnych (GZWP), których opis znajduje się w dalszej części artykułu. Zbiorniki określone jako GZWP są fragmentami UPWP lub całymi UPWP, charakteryzującymi się najbardziej korzystnymi warunkami hydrogeologicznymi. Wydzielenia zbiorników dokonano na podstawie podstawowych kryteriów ilościowych i jakościowych, zaproponowanych w opracowaniu kartograficznym Kleczkowskiego (1990). Lokalizacja i charakterystyka zbiorników została uaktualniona w Państwowym Instytucie Geologicznym w Warszawie i przedstawiona w nowej formie graficznej i w krajowym rejestrze GZWP (Skrzypczyk, 2003).

Uwzględniając wyniki najnowszych kompleksowych badań hydrogeologicznych oraz kryteria wydzielenia zbiorników, w zasięgu rozpatrywanego obszaru wyznaczono 16 GZWP (ryc. 2). Zbiorniki te w całości lub niemal w całości są położone w zasięgu opisywanego obszaru. Jedynie 4 zbiorniki występują fragmentarycznie i w związku z tym nie zostały szerzej opisane w pracy. Wydzielone zbiorniki występują w utworach: plejstocenu, neogenu, kredy i triasu.

Powierzchnia GZWP wynosi 3257 km^2 , ustalone zaś zasoby dyspozycyjne wód, zgodnie z rejestrem PIG, wynoszą ok. 1 068 tys. m^3/rok . Ponad 60% tych zasobów jest związanych ze zbiornikami piętra wodonośnego triasu. Wiąże się to zarówno z wysoką wodonośnością, jak i ze znaczną powierzchnią (2633 km^2) zajmowaną przez te zbiorniki. Wynosi ona ok. 80% w stosunku do całkowitej powierzchni wszystkich GZWP. Granice wydzielonych GZWP są tektoniczno-erozyjne i hydrodynamiczne. Opisywane zbiorniki są częściowo hydrogeologicznie odkrytymi, przepływowymi lub zamkniętymi zbiornikami wód podziemnych (Rózkowski i in., 1997; Kowalczyk, 2003).

Systemy krążenia wód w zbiornikach kształtują się w strefie aktywnej wymiany. Są one zdefiniowane przestrzennymi i hydrodynamicznymi granicami, jak również opisane polami hydrodynamicznymi oraz formami i parametrami ośrodków hydrogeologicznych. W warunkach naturalnych kształtowanie się pola ciśnień jest zależne od stopnia różnicowania rzeźby powierzchni terenu i głębokości wcięcia dolin rzecznych, stanowiących podstawę drenażu systemu krążenia. W zasięgu aktywnie antropogenicznie drenowanych GZWP podstawa drenażu jest z

reguły pogłębiona. Stanowią ją wyrobiska górnicze piaskowni, kopalń rud i węgla kamiennego oraz zespoły studni. Doliny rzeczne z drenujących stają się lokalnie infiltrującymi. Pogłębienie stref drenażu powoduje zmiany układu pola hydrodynamicznego i wzrost gradientów hydraulicznych oraz prędkości przepływu wód w zbiornikach.

W utworach plejstocenu wydzielono 9 GZWP (ryc. 2). Zbiorniki te są położone w zasięgu wszystkich rozpatrywanych regionów i subregionów hydrogeologicznych. Plejstocenijskie poziomy wodonośne reprezentują dwa środowiska geologiczne: obszarów dolin kopalnych i obszarów wysoczyzn. Głównymi plejstocenijskimi zbiornikami wód podziemnych GZWP są jednak piaski i żwiry, wypełniające kopalne doliny i pradoliny rzek. Wspomniane zbiorniki są zarejestrowane pod nazwami: Dolina kopalna rzeki Mała Panew 328, Dolina kopalna rzeki górna Kłodnica 331, Zbiornik Rybnik 345, Zbiornik Pszczyzna-Żory 346, Dolina rzeki górna Wisła 347, Dolina rzeki Skawy 444, Zbiornik Biskupi Bór 453, Zbiornik Dąbrowa Górnicza 455, Dolina rzeki Białej 448. Plejstocenijskie GZWP, związane z formami współczesnych i kopalnych dolin, są zbiornikami na ogół zamkniętymi, częściowo tylko zakrytymi (Chmura i in., 1995; Kropka & Rubin, 1989, Kropka & Wróbel, 2000). Są one zasilane na całej powierzchni swego występowania opadami atmosferycznymi oraz niekiedy przez inne poziomy wodonośne występujące w stratygraficznie starszych utworach. Drenaż zbiorników następuje głównie przez rzeki, lokalnie przez wyrobiska górnicze i zespoły studni. Drogi krążenia wód są krótkie, prędkości przepływu zaś zróżnicowane.

W profilu hydrogeologicznym zbiorników występuje na ogół jeden lub dwa, rzadziej więcej poziomów wodonośnych. Miąższość poziomów wodonośnych w zbiornikach waha się od 0,7 do 80,0 m z tendencją wzrostu w kierunku osi kopalnych dolin. Poziomy wodonośne wykazują zróżnicowaną wodonośność. Są ujmowane licznymi studniami użytkowymi przez wodociągi, zakłady przemysłowe i indywidualnych odbiorców. Wydajności uzyskiwane z pojedynczej studni wahają się od 4,9 do 200,0 m³/h, przy depresjach od 0,3 do 49,3 m.

Neogeński GZWP Subniecka kędzierzyńsko-głubczycka (332), występujący fragmentarycznie w zasięgu opisywanego obszaru, budują piaszczyste osady sarmatu, lokalnie występującego pliocenu, oraz plejstocenu. Utwory sarmatu mają miąższość od kilku do ok. 100 m. Przepuszczalne utwory neogenu tworzą wspólny kompleks wodonośny z utworami plejstocenu (Rudzińska-Zapaśnik, 1997). Wydajności charakterystyczne dla studni kształtują się w granicach od kilkunastu do kilkudziesięciu m³/h. Fliaszowy, kredowo-paleogeński-neogeński GZWP — warstwy godulskie (348) występuje jedynie w niewielkich fragmentach w zasięgu rozpatrywanego obszaru (ryc. 2). Utwory budujące zbiornik zbudowane są głównie w facji piaskowcowej. Jest to zbiornik odkryty drenowany przez ciekę i liczne źródła. Charakteryzuje się niską wodonośnością. Wydajności studni mieszczą się w granicach do 18 m³/h, uzyskując średnią wartość 3,1 m³/h (Rózkowski & Szczepańska, 1996).

W profilu hydrogeologicznym triasowych GZWP występują dwa podstawowe poziomy wodonośne: wapienia muszlowego i retu, często ujmowane łącznie. Warstwą rozdzielającą wspomniane poziomy są margliste utwory warstw gogolińskich, które na znacznych przestrzeniach mogą ulec dolomityzacji, redukcji lub zdyslokowaniu,

tracąc własności izolujące. W związku z powyższym poziomy wodonośne wapienia muszlowego i retu traktuje się jako jeden, łączny kompleks wodonośny zwany kompleksem serii węglanowej triasu. W zasięgu rozpatrywanego obszaru, w ramach tego kompleksu wydzielono 5 GZWP: Lubliniec-Myszków (327), Gliwice (330), Bytom (329) i Chrzanów (452) oraz fragmentarycznie występujący Olkusz-Zawiercie (454).

Triasowe szczelinowo-krasowo-porowe GZWP są zbiornikami częściowo hydrogeologicznie zakrytymi. Granice ich są geologiczne lub hydrodynamiczne. Pola hydrodynamiczne zbiorników kształtują się w warunkach intensywnego skupionego drenażu ujęciami studziennymi, a w przypadku GZWP 329, 452 i 454 również drenażu górniczego wyrobiskami rud Zn-Pb. Swobodne zwierciadło wód w zbiornikach obserwuje się w zasięgu obszarów zasilania oraz drenażu górniczego. Strefa ciśnień piezometrycznych formuje się w zasięgu obszarów przykrycia kompleksu serii węglanowej triasu nieprzepuszczalnym nadkładem (Kropka, 1996, 2004; Kowalczyk, 2003; Rózkowski, 1990; Rózkowski i in., 1997; Rózkowski & Wilk, 1980; Wilk & Bocheńska, 2004). Wykonane w ostatnich latach przez Kowalczyka (2003) badania modelowe rozpatrywanych zbiorników umożliwiły szczegółowe odwzorowanie ich systemów wodonośnych.

Ze względu na rozmiary eksploatacji wód podziemnych oraz obserwowane skutki hydrogeologiczne i środowiskowe, uważa się, iż zbiorniki są intensywnie eksploatowane a nawet lokalnie przeeksploatowane. Intensywny pobór wód prowadzi do formowania się głębokich obszarów depresji w zasięgu wszystkich rozpatrywanych zbiorników.

Obserwuje się występowanie lokalnych i regionalnych systemów przepływu wód w opisywanych zbiornikach. Systemy lokalne są rozwinięte głównie w zasięgu obszarów zasilania, gdzie są drenowane przez rzeki. Regionalne systemy przepływu prześledzono w zbiornikach Lubliniec-Myszków (327) oraz Gliwice (330). Podstawą drenażu regionalnego systemu przepływu jest dolina rzeki Odry oraz regionalne strefy dyslokacji. Zasilanie triasowych GZWP następuje w strefach wychodni bezpośrednio lub pośrednio poprzez przepuszczalny nadkład oraz w rejonach występowania okien hydrogeologicznych. Obserwuje się również występowanie wymuszonego zasilania z sąsiednich poziomów wodonośnych na skutek intensywnego drenażu kompleksu serii węglanowej triasu.

Zróżnicowanie przepuszczalności ośrodka hydrogeologicznego oraz gradientów hydraulicznych w obszarach intensywnego drenażu powoduje występowanie zmiennych prędkości przepływu w zbiornikach. Prędkości rzeczywiste, określone wzorem Darcy'ego, kształtują się w granicach od 50 do ponad 2000 m/rok. Wysokie prędkości występują w obszarach aktywnego drenażu. Notuje się znaczne zróżnicowanie prędkości przepływu wód w poszczególnych systemach hydraulicznych masywu skalnego. Badania Motyki (1988) wykazały, iż w systemach kanałowych lokalnie obserwowane prędkości przepływu dochodzą do kilkudziesięciu km/rok. Natomiast prędkości przepływu przestrzenią porową górotworu są niskie, zazwyczaj rzędu kilku m/rok.

Zróżnicowana wodonośność opisywanych GZWP jest zależna od geometrii zbiorników i parametrów ośrodka hydrogeologicznego oraz intensywności zasilania i drenażu. Triasowe GZWP, ze względu na swą powierzchnię i znaczną wodonośność, mają podstawowe znaczenie dla

gospodarki wodnej miejsko-przemysłowej aglomeracji Śląska. Wydajności uzyskiwane z pojedynczych studni, wynoszące przeciętnie 110 m³/h przy kilkunastu metrach depresji, dochodząc mogą do ponad 800 m³/h przy kilkumetrowej depresji. Zróżnicowanie wydatków jednostkowych w granicach od 0,2 do 550 m³/h wskazuje na wysoką anizotropię ośrodka hydrogeologicznego.

W profilu hydrogeologicznym karbonu górnego występują zespoły oddzielnych poziomów wodonośnych zbudowanych z piaskowców i mułowców. Poziomy te, o miąższościach od kilku do kilkudziesięciu metrów, są od siebie izolowane wkładkami nieprzepuszczalnych ilowców. W obszarach sedymentacyjnych wyklinowań warstw izolujących, w strefach uskokowych oraz w zasięgu obszarów eksploatacji górniczej obserwuje się łączność hydrauliczną między poszczególnymi poziomami wodonośnymi (Rózkowski, 2004; Wagner, 1998).

Wody zwykle występują we wszystkich ogniwach litostratygraficznych karbonu w zasięgu ich bezpośrednich wychodni lub w warunkach przykrycia utworów karbonu przepuszczalnym nadkładem. Powierzchnia wychodni karbonu pod przepuszczalnym nadkładem wynosi 1750 km². Naturalna głębokość występowania wód zwykłych wynosi ok. 200 m. Wzrasta ona w zasięgu obszarów górniczych na skutek wtórnego uszczelnienia górotworu (Wilk, 2003; Rózkowski, 2004). Charakterystyczne wydajności nielicznych studni czerpiących wody z karbońskich poziomów wodonośnych mieszczą się w przedziale od kilkunastu do kilkudziesięciu m³/h, przy zróżnicowanych depresjach.

Zasilanie karbońskich poziomów wodonośnych następuje na ich bezpośrednich wychodniach lub poprzez przepuszczalny nadkład. Maksymalne zasilanie występuje poprzez silnie wodonośne utwory plejstocenu w zasięgu współczesnych i kopalnych dolin rzecznych. Podstawę drenażu karbońskich zbiorników stanowią wyrobiska górnicze, lokalnie doliny rzeczne. Drogi przepływu wód w karbońskich GZWP wymuszają warunki ich naturalnego zasilania i antropogenicznego drenażu. W obszarach aktywnego drenażu górniczego gradienty hydrauliczne wzrastają do kilku procent.

Karbońskie poziomy wodonośne prowadzące wody zwykle znajdują się w zasięgu wpływu eksploatacji i drenującego wpływu górnictwa, co utrudnia a często nawet uniemożliwia wykorzystanie występujących w nich wód użytkowych dla celów gospodarki wodnej. W związku z powyższym wspomniane zbiorniki nie znajdują się obecnie w krajowym rejestrze GZWP.

Prowadzona obecnie na szeroką skalę restrukturyzacja górnictwa i związane z nią częściowe zatapianie kopalń, powodują znaczące zmiany reżimu wód podziemnych w utworach karbonu, z czym wiąże się celowość ponownej analizy możliwości gospodarowania ich zasobami. W opinii Wagner (1997) możliwe jest wydzielenie 2 potencjalnych karbońskich GZWP prowadzących wody użytkowe. Są to GZWP: Będzin oraz Tychy–Siersza.

Przedstawiona charakterystyka środowiska hydrogeologicznego zbiorników wód podziemnych, położonych w zasięgu GZW, wskazuje na znaczne zróżnicowanie ich warunków hydrogeologicznych. Dotyczy to zarówno właściwości hydrogeologicznych zbiorników, wodonośności górotworu, kształtowania się pola hydrodynamicznego i hydrogeochemicznego, jak i intensywności oddziaływania antropopresji na ich środowisko wodne. Obserwowaną zmienność warunków hydrogeologicznych należy wiązać przede wszystkim ze zróżnicowaniem budo-

wy geologicznej zbiorników i warunków ich zasilania, jak również zmienną intensywnością oddziaływania antropopresji, wyrażonej głównie wpływem eksploatacji górniczej.

Wpływ górnictwa na warunki hydrogeologiczne użytkowych poziomów wodonośnych

Działalność górnicza w zasięgu GZW ma kilkusetletnią tradycję. Eksploatowane są tu systemem podziemnym lub odkrywkowym złoża: węgla kamiennego, rud cynku i ołowiu i surowców skalnych, głównie piasków i skał węglanowych. Intensywny rozwój górnictwa w rozpatrywanym regionie nastąpił w XIX w. w związku z postępem techniki oraz ogólnym rozwojem przemysłu a zwłaszcza hutnictwa.

Długotrwała eksploatacja górnicza i związany z nią drenaż górotworu spowodowały zasadnicze zmiany warunków hydrogeologicznych w GZWP, w zasięgu których występują złoża. Eksploatacja górnicza, a zwłaszcza drenaż górotworu, doprowadziły do zakłócenia naturalnego reżimu hydrogeologicznego. Objawia się to w przypadku użytkowych poziomów wód podziemnych głównie aktywnym ich drenażem, zmianami układu pola hydrodynamicznego oraz degradacją jakości wód. Skala tych procesów jest różna w zasięgu poszczególnych GZWP i zależna od ich budowy geologicznej oraz warunków hydrogeologicznych, jak również systemu, zasięgu i rozwoju eksploatacji górniczej. Obecnie wskutek wyczerpywania się złóż oraz ze względu na uwarunkowania ekonomiczne następuje stopniowa likwidacja kopalń. Proces ten prowadzić będzie do zmian ustalonych obecnie warunków hydrogeologicznych.

Obecnie na obszarze GZW czynnych jest 40 kopalń węgla kamiennego drenujących górotwór i pompujących wody o zróżnicowanej mineralizacji do wysoko zmineralizowanych solanek włącznie. Kopalnie silnie zawodnione, pompujące 220 m³/min wód zwykłych, grupują się w zasięgu wychodni karbonu pod przepuszczalnym nadkładem, głównie w zasięgu potencjalnych karbońskich GZWP Tychy–Siersza i GZWP Będzin.

Powierzchnia drenażu, obejmująca karbońskie użytkowe poziomy wodonośne, wynosi ok. 1100 km², w tym pod wpływem drenażu górniczego kopalń węgla kamiennego znajduje się również ok. 400 km² powierzchni obszaru występowania plejstoceńskich poziomów wodonośnych. Aktywnemu drenażowi podlegają również poziomy wodonośne triasu w GZWP Bytom oraz w mniejszym stopniu w GZWP Chrzanów.

Historyczna i współczesna eksploatacja złóż rud cynku i ołowiu w zasięgu GZW związana jest z 3 rejonami złożowymi: tarnogórskim, bytomskim i chrzanowskim (Kropka 1997; Rózkowski & Wilk, 1980; Wilk & Bocheńska, 2004). Wspomniane rejonu kopalnictwa rudnego obejmują północno-wschodnią część GZWP Gliwice (rejon tarnogórski), centralną część GZWP Bytom (rejon bytomski) oraz północno-wschodnią część GZWP Chrzanów (rejon chrzanowski). Główną formą oddziaływania górnictwa rud cynku i ołowiu na środowisko wodne jest intensywny drenaż, wynoszący ok. 60 m³/min oraz związane z tym ilościowe zubożenie zasobów wód głównego, środkowo-triasowego, poziomu wodonośnego (Wilk & Bocheńska, 2004). Szacuje się, że łączny obszar objęty aktualnym drenażem górniczym wynosi ok. 140 km². Drenujący wpływ kopalń rudnych objął swoim zasię-

giem wiele ujęć studziennych, ujmujących głównie wody poziomu wapienia muszlowego. W niecce bytomskiej w zasięgu wpływu odwadniania rudnych wyrobisk górniczych praktycznie całkowicie zdrenowaniu uległ wspomniany poziom wodonośny (Kropka, 1999, 2004). Badania Kropki (2002) prowadzone w ramach tej hydrostruktury umożliwiły również wypracowanie metod bilansowania wód podziemnych w obszarach górniczych i zurbanizowanych.

Wpływ oddziaływania eksploatacji górniczej i jej likwidacji na środowisko wodne triasowego GZWP 452 w niecce chrzanowskiej był przedmiotem licznych badań hydrogeologicznych (Gajowiec & Witkowski 1993; Kowalczyk 2003; Motyka i in., 1999; Szuwarzyński, 2004). Wspomniane badania wniosły nowe elementy w rozpoznanie warunków hydrogeologicznych opisywanego zbiornika, a zwłaszcza warunków zasilania i drenażu oraz formowania się pola hydrodynamicznego i procesów kształtujących chemizm wód podziemnych.

W warunkach naturalnych wody podziemne zbiorników triasowych charakteryzowały się bardzo dobrą jakością. Obecnie eksploatacja górnicza intensyfikuje negatywne oddziaływanie różnorodnych ognisk zanieczyszczeń na wody, co powoduje degradację ich jakości. Głównymi ogniskami zanieczyszczeń wód podziemnych w utworach triasu jest gęsta sieć wyrobisk, umożliwiająca utlenianie minerałów siarczkowych, liczne składowiska odpadów górnictwa oraz bogata infrastruktura miejska. Wody kopalniane charakteryzują się podwyższoną mineralizacją i wielojonowym typem wód. Z reguły zawierają podwyższone stężenia cynku i ołowiu.

Prowadzona obecnie likwidacja kopalń węgla kamiennego i rud Zn–Pb ma istotny wpływ na zmianę środowiska wodnego w GZW, w tym również warunków hydrogeologicznych opisywanych GZWP. Obecny stan środowiska wód podziemnych znajdującego się pod wpływem zatapiających kopalń i dalsze prognozy w tym zakresie przedstawione są w monograficznych pracach: Kropki (2004), Rogoża i Posytek (2000), Rózkowskiego (2004), Szczepeńskiego (2003), Wilka (2003), Wilka i Bocheńskiej (2004).

Zaprzestanie odwadniania kopalń powoduje samozatopienie wyrobisk górniczych i wypełnianie lejów depresji wywołanych drenażem górniczym. Ulega zmianie chemizm i jakość wód podziemnych z powodu procesów mieszania się wód z różnych, połączonych wskutek eksploatacji górniczej, poziomów wodonośnych i przemycania zrobów likwidowanych kopalń. Głównym procesem powodującym zmiany chemizmu wód przepływających przez zroby poeksploatacyjne jest rozpuszczanie produktów utleniania pirytywów, co prowadzi do wzbogacania wód w siarczany i metale oraz obniżenia pH wód. Jakość wód użytkowych poziomów wodonośnych jest i będzie również nadal zagrożona po zatopieniu kopalń wskutek oddziaływania składowanych odpadów na powierzchnię i w wyrobiskach górniczych.

Badania Szczepeńskiej (1987) i Twardowskiej i in. (1988) wykazały, iż degradacja środowiska wodnego w rejonach zwałowisk odpadów górniczych kopalń węgla kamiennego jest spowodowana wymywaniem łatwo rozpuszczalnych soli i wprowadzaniem ich do wód powierzchniowych i podziemnych. W efekcie obserwuje się wzbogacanie wód w siarczany, chlorki i metale ciężkie. W świetle wspomnianych badań zwałowiska górnicze stanowią długotrwałe ogniska zanieczyszczeń, które będą ist-

niały jeszcze przez okres kilkudziesięciu lat po likwidacji kopalń węgla kamiennego.

W zasięgu rozpatrywanego obszaru, w ramach śląsko-krakowskiego regionu hydrogeologicznego, eksploatowane są metodą odkrywkową, poniżej zwierciadła wód gruntowych, złoża surowców skalnych. Są to złoża skał węglanowych oraz skał okruchowych (piaski i żwiry). W zasięgu dolin kopalnych są zlokalizowane wszystkie duże, silnie zawodnione, kopalnie piasków. Należą do nich: zlikwidowana obecnie piaskownia Maczki–Bór, położona w zasięgu doliny kopalnej Białej Przemyszy oraz znajdująca się w fazie likwidacji piaskownia Kuźnica Wareżyńska, zlokalizowana w zasięgu doliny Czarnej Przemyszy (Kropka & Wróbel, 2000). Wskutek intensywnej drenacji górniczej nastąpiły wyraźne zmiany warunków hydrogeologicznych w zbiornikach plejstoceniowych, w zasięgu których prowadzona jest lub była eksploatacja piasków. Rolę stref drenacji w warunkach prowadzonej eksploatacji przejęły wyrobiska górnicze kopalń piasków. Zwierciadło wód uległo obniżeniu w granicach do 22,0 m (Rózkowski i in., 1997). Obecnie zaniechanie eksploatacji i wykorzystanie wyrobisk poeksploatacyjnych do składowania w nich różnego rodzaju odpadów wpływa negatywnie na środowisko hydrochemiczne zbiorników plejstoceniowych. Zagadnienia te są tematem aktualnych badań hydrogeologicznych.

Charakterystyka hydrochemiczna zbiorników

Warunki hydrogeologiczne, budowa geologiczna oraz procesy antropogeniczne są podstawowymi czynnikami kształtującymi chemizm i jakość wód zwykłych w GZWP.

Współdziałanie wód podziemnych ze środowiskiem skalnym jest podstawowym czynnikiem geogenicznym kształtującym chemizm wód podziemnych. Efektem oddziaływania antropopresji, o różnym stopniu nasilenia, jest ogólnie obserwowany w górnosląskich GZWP wzrost i zróżnicowanie stężeń jonów w wodach podziemnych, zmiany typów hydrochemicznych oraz pogarszanie się jakości wód.

Chemizm wód formuje się w strefie aktywnej wymiany wód podziemnych z powierzchniowymi. Duże prędkości przepływów i łatwość wymiany wód wpływają na krótki czas wzajemnych kontaktów między skałą i wodą oraz dobre przemycie ośrodka skalnego, stąd niska mineralizacja wód. Warunki krążenia są mniej sprzyjające pod większym nadkładem nieprzepuszczalnych skał, zwłaszcza w rowach tektonicznych, w głębokich nieckach czy w strukturach monoklinalnych z dala od stref wychodni. Wpływa to na zmianę składu chemicznego wód i wzrost ich mineralizacji, zwłaszcza w przypadku triasowych GZWP.

Eksploatacja i drenaż górniczy oraz zespołowe pompowania w ujęciach studziennych powodują obniżanie się naturalnej podstawy drenażu strefy aktywnej wymiany. Manifestuje się to zmianami warunków zasilania i dróg krążenia wód w zbiornikach oraz występowaniem procesów mieszania się wód z różnych poziomów wodonośnych, w warunkach oddziaływania aktywnej antropopresji. Procesy te wpływają drastycznie na zmianę pola hydrogeochemicznego zbiorników (Rózkowski, 2004; Witkowski, 2004).

Chemizm wód występujących w plejstoceniowych UPWP i GZWP charakteryzuje znaczne zróżnicowanie ich składu chemicznego i właściwości fizycznych. Jest to

związane przede wszystkim z płytkim występowaniem wód i dużą ich podatnością na zanieczyszczenia.

Wody, zgodnie z klasyfikacją ich mineralizacji, mieszczą się w klasach wód: ultrastłdkich, słodkich, akratopogów i wód mineralnych. Wartości suchej pozostałości mieszczą się w zakresie 47–1374 mg/dm³. Podwyższone wartości ogólnej mineralizacji (>1 g/dm³) obserwuje się punktowo w studniach w bezpośrednim sąsiedztwie składowisk odpadów, głównie hałd kopalnianych oraz wzdłuż rzeki Odry, Wisły i Kłodnicy. Wody podziemne zbiorników holocenów i plejstocenów należą głównie do wielojonowych typów hydrochemicznych. Zbiornik neogeoński zbudowany z utworów sarmatu i pliocenu jest częściowo odkryty, w związku z czym istnieje więź hydrauliczna między wodami w utworach sarmatu, plejstocenu i holocenu. Wody występujące w utworach neogenu charakteryzują się niskimi wartościami suchej pozostałości, mieszczącymi się zazwyczaj w granicach 160–432, maksymalnie 614 mg/dm³. Na przeważającej części obszaru są to wody typu HCO₃-Ca, lokalnie HCO₃-Ca-Mg i HCO₃-Na-Ca.

Chemizm wód w serii węglanowej triasu śląsko-kra-kowskiego (GZWP: Lubliniec-Myszków, Gliwice, Bytom, Chrzanów) formuje się w środowisku skał węglanowych, w półzakrytych i odkrytych zbiornikach. Skład chemiczny wód serii węglanowej triasu w GZWP: Lubliniec-Myszków, Gliwice, Bytom, Olkusz-Zawiercie i Chrzanów charakteryzuje się zróżnicowaniem. Wody badanej populacji należą do wód słodkich, akratopogów i wód mineralnych. Ogólna mineralizacja wód, wyrażona suchą pozostałością, mieści się w przedziale 103–1519 mg/dm³. Reprezentatywne wartości mieszczą się w przedziale 104–480 mg/dm³. Wody zaliczane są najczęściej do typów hydrochemicznych: HCO₃-Ca-Mg oraz HCO₃-SO₄-Ca-Mg. W przypadku daleko posuniętej degradacji ich jakości są to wody wielojonowe z podwyższonymi stężeniami siarczanów i chlorków.

W triasowych masywach dolomitowo-wapiennych w strefie aktywnej wymiany w warunkach naturalnych dominuje typ wód HCO₃-Ca i HCO₃-Ca-Mg. Pod przykryciem serii węglanowej triasu nieprzepuszczalnym kompleksem skał retyko-kajpru natomiast, w obszarze kształtowania się ciśnień piezometrycznych, obserwuje się wzrost ogólnej mineralizacji wód oraz występowanie typu hydrochemicznego wód HCO₃-SO₄-Ca-Mg.

Wody zwykłe w utworach karbonu występują wyłącznie w obszarach wychodni wspomnianej formacji, w związku z czym mają ograniczony zasięg. Rozpatrywane zbiorniki w większości znajdują się pod wpływem aktywnego drenażu górniczego kopalń węgla kamiennych. Sucha pozostałość tych wód, w warunkach naturalnych zaliczanych do zwykłych, mieści się w przedziale 174–1763 mg/dm³. Na podwyższonej mineralizację wód ma wpływ przede wszystkim eksploatacja górnicza. Wśród typów chemicznych wód przeważają wody wielojonowe z podwyższonymi stężeniami jonów SO₄ i Cl (Rózkowski i in., 2002; Rózkowski, 2004).

Obserwuje się ścisłą zależność jakości wód zwykłych od stopnia hydrogeologicznego odkrycia zbiornika, ośrodka skalnego, intensywności drenażu oraz charakteru zagospodarowania przestrzennego powierzchni terenu, w tym szczególnie zagospodarowania górniczego. Wody o niskich klasach jakości występują głównie w obszarach uprzemysłowionych, w zbiornikach hydrogeologicznie odkrytych, na ogół aktywnie drenowanych.

Szczególnie negatywną rolę odgrywa szeroko pojęta podziemna eksploatacja górnicza, występująca w przypadku górnictwa rud Zn-Pb w triasowych GZWP Bytom, Olkusz-Zawiercie i Chrzanów, w przypadku górnictwa węgla kamiennego zaś w karbońskich potencjalnych GZWP (Będzin, Tychy-Siersza). Wody kopalniane, wskutek oddziaływania antropopresji, są bakteriologicznie zanieczyszczone, twarde, mętne, z podwyższonymi zawartościami chlorków, związków azotu, metali, siarczanów, manganu, z wysoką zawartością zawiesiny. Opiswane wody wymagają często bardzo skomplikowanego uzdatniania. Wykorzystywanie ich na szerszą skalę do celów pitnych wymaga kosztownych zabiegów technicznych.

Ocenę jakości wód badanych GZWP dokonano stosując klasyfikację PIOŚ (1993), ze względu na chwilowy brak obowiązujących przepisów ogólnokrajowych w tym zakresie. Stwierdzono, iż wody przeważnie wysokiej jakości występują w obszarach zagospodarowanych rolniczo lub zalesionych, na ogół z dala od dużych aglomeracji miejsko-przemysłowych.

Do wód czystych oraz słabo zanieczyszczonych (Ib i II klasy jakości) należy również zaliczyć wody triasowych GZWP: Gliwice, Chrzanów, półodkrytych hydrogeologicznie. Wysokie zanieczyszczenia wód są notowane lokalnie i są związane z występowaniem podwyższonych stężeń jonów SO₄, K, Fe, Mn, Cd, As, Al, PO₄, NO₃, NH₄ oraz wysokich wartości suchej pozostałości i twardości ogólnej. Wody z triasowego GZWP: Lubliniec-Myszków charakteryzują się dużym udziałem wód I i II klasy jakości. Wody opróbowane w zasięgu obszarów górniczych GZWP Bytom oraz górniczo zagospodarowanych fragmentów GZWP Chrzanów charakteryzują się niskimi klasami jakości wskutek oddziaływania antropopresji.

Zanieczyszczenie wód z utworów holocenu i plejstocenu jest związane z podwyższonymi stężeniami niemal wszystkich makro i mikro oraz podrzędnych składników. Pod względem jakości wody te należą do klasy Ib (7,6%), II (43,8%), III (38,1%) i do wód pozaklasowych (10,5%). Wody pozaklasowe wydzielono ze względu na przekroczenie pH oraz podwyższone stężenia jonów: Fe, Mn²⁺, NO₃⁻, Al³⁺, K⁺, Na⁺, Zn²⁺.

Obserwowane zróżnicowanie między wyznaczonymi wartościami aktualnego tła hydrogeochemicznego i ekstremalnymi stężeniami jonów umożliwia wyznaczenie obszarów anomalii hydrochemicznych, w zasięgu których występują wody zanieczyszczone. Należy podkreślić, iż aktualne tło hydrogeochemiczne w większości poziomów wodonośnych nie koresponduje z tłem naturalnym.

W rozpatrywanym regionie stwierdzono występowanie anomalii hydrogeochemicznych, kształtujących się zarówno w warunkach naturalnych, jak i antropogenicznych. Dominujące znaczenie mają jednak anomalie pochodzenia antropogenicznego. Stosując podział proponowany przez Macioszczyk (1987) wyróżnić tu należy anomalie wzbudzone hydrodynamicznie oraz anomalie wywołane zanieczyszczeniami.

Anomalie wzbudzone hydrodynamicznie są obserwowane głównie w triasowych i karbońskich GZWP i UPWP podległych aktywnemu drenażowi, głównie górnictwu.

Wykonane przez autorów mapy hydrogeologiczno-sozologiczne Górnego Śląska i jego obrzeżenia (Rózkowski & Siemiński, 1995; Rózkowski & Chmura, 1996; Rózkowski i in., 1996) oraz inne badania własne wskazują, iż istotną rolę w formowaniu się anomalii hydrogeochemicznych odgrywają procesy migracji zanieczyszczeń z

powierzchniowych ognisk zanieczyszczeń. Należy zaznaczyć, iż jednoznaczne określenie genezy obserwowanych anomalii hydrogeochemicznych jest utrudnione w uprzemysłowionym i zurbanizowanym obszarze GZW. Zaznacza się tu bowiem współwystępowanie i nakładanie się na siebie różnych typów i rodzajów anomalii hydrogeochemicznych.

Interpretacja tła hydrogeochemicznego wskazuje, iż występujące w zasięgu rozpatrywanego obszaru anomalie zanieczyszczeń wód podziemnych mają charakter zarówno punktowy jak i przestrzenny. Anomalie o charakterze przestrzennym wiążą się głównie z obszarami zurbanizowanymi i uprzemysłowionymi, a w szczególności zagospodarowanymi górniczo. Lokalne anomalie hydrogeochemiczne są związane z migracją zanieczyszczeń z punktowych, powierzchniowych, ognisk zanieczyszczeń.

Monitoring jakości i ilości wód podziemnych

Celem rozpoznania oraz kontroli jakości i ilości wód podziemnych w użytkowych poziomach wodonośnych, jak również celem śledzenia wpływu ognisk zanieczyszczeń na hydrosferę podziemną, na terenie GZW jest prowadzony monitoring wód podziemnych.

Jest on realizowany w sieciach obserwacyjnych: krajowej, regionalnych i lokalnych. Sieć krajowa ma za zadanie prowadzenie obserwacji stanu zwierciadła wód podziemnych oraz przede wszystkim kontroli jakości użytkowych wód piętér wodonośnych, znajdujących się pod wpływem wielkopowierzchniowych ognisk zanieczyszczeń. Badania prowadzi Oddział Górnośląski PIG. Sieć krajowa w analizowanym obszarze liczy 17 punktów obserwacyjnych.

Badania w ramach monitoringu regionalnego (RMWP) obejmujące część analizowanego obszaru były prowadzone w dwóch sieciach obserwacyjnych: Wydziału Ekologii Urzędu Wojewódzkiego (WE-UW) w Katowicach (w latach 1991–1996) oraz Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej (RZGW) w Katowicach (w latach 1993–1999). Monitoring ten był realizowany przez Katedrę Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej (KHiGI) UŚ. Wyniki badań przedstawione są w pracach studialnych i publikacjach (m.in. Kleczkowski i in. 1995; Kropka, 1994; Kropka i in., 1995; Rózkowski & Siwek, 1996; Witkowski, 1996, 2000; Witkowski & Rubin, 1997, 1999). Głównym zadaniem monitoringu regionalnego jest rozpoznanie oraz stała kontrola jakości wód podziemnych w użytkowych poziomach wodonośnych ze szczególnym uwzględnieniem niezwykle podatnych na zanieczyszczenie szczelinowo-krasowych zbiorników triasowych. By sprostać temu zadaniu niezależnie obserwowana była sieć monitoringu położona w ramach obszaru działalności RZGW — Katowice (byłe województwo katowickie i bielskie — 55 punktów obserwacyjnych) oraz sieć regionalna obejmująca dwa zbiorniki triasowe GZWP: Gliwice i Lubliniec–Myszków zlokalizowane poza tym obszarem (29 punktów obserwacyjnych). Obecnie po zmianach w podziale administracyjnym Polski oraz likwidacji RZGW w Katowicach i powołaniu RZGW w Gliwicach badania w ramach monitoringu regionalnego realizowane są w jednej zintegrowanej sieci obserwacyjnej województwa śląskiego (łącznie 121 punktów) przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (WIOŚ) w Katowicach. W rozpatrywanym obszarze zlokalizowane są 44 punkty tej sieci.

Zadaniem monitoringu lokalnego jest rozpoznanie i śledzenie negatywnego wpływu ognisk zanieczyszczeń na

jakość wód podziemnych w celu przeciwdziałania skutkom degradacji jakości tych wód. Jest on również organizowany wokół dużych ujęć wód podziemnych w formie sieci osłonowej oraz w granicach obszarów górniczych kopalń w celu ustalenia zasięgu wpływu drenażu górniczego. Badania w stu kilkudziesięciu sieciach lokalnych prowadzą różne jednostki i instytucje, w tym również KHiGI–UŚ. Są one finansowane przez właścicieli obiektów zanieczyszczających środowisko lub przedsiębiorstwa wodociągowe w przypadku sieci osłonowych.

Biorąc pod uwagę wyniki badań wykonanych w 2003 r. w ramach sieci krajowej i regionalnej (łącznie w 60 punktach obserwacyjnych) można stwierdzić, iż wody podziemne w omawianym obszarze, uwzględniając klasyfikację PIOŚ (1993), są zróżnicowanej jakości (Głubiak-Witwicka i in., 2004). Wody zarówno wysokiej, jak i średniej i niskiej jakości stwierdzono w tej samej liczbie punktów obserwacyjnych (19). W 3 punktach (5%) stwierdzono wody istotnie zanieczyszczone antropogenicznie (tzw. pozaklasowe). Uwzględniając stratyografię monitorowanych zbiorników stwierdzono, iż w zbiornikach neogeńskich dominują wody zwykle klasy II, w triasowych klasy Ib i IIIa, w karbońskich klasy III i pozaklasowe. Niepokojący jest duży udział wód niskiej jakości, w ok. 30% badanych punktów, w zasobnych zbiornikach triasowych.

Przeprowadzone interpretacje wyników monitoringu wskazują, iż identyfikacja stref i stopnia degradacji jakości wód powinna opierać się o wyznaczone dla każdego zbiornika tło hydrochemiczne oraz obowiązującą klasyfikację jakościową wód. Identyfikacja stref zdepresjonowanych, przede wszystkim w zbiornikach przeekspluowanych, powinna opierać się o rozpoznanie pola hydrodynamicznego odwzorowanego na modelach numerycznych i dane z bilansów wodnych zawarte w dokumentacjach hydrogeologicznych zbiorników.

W celu wiarygodnej i kompleksowej oceny stanu jakości wód podziemnych w danym rejonie niezbędne jest uwzględnienie wyników badań z różnych sieci obserwacyjnych (krajowa, regionalna i lokalne). Istotnym krokiem w tym kierunku jest wprowadzenie przez katowicki WIOŚ do programu Państwowego Monitoringu Środowiska w woj. śląskim 25 lokalnych sieci monitoringowych (Głubiak-Witwicka i in., 2003, 2004).

Należy podkreślić, iż w związku z restrukturyzacją górnictwa i likwidacją wielu kopalń w GZW niezbędne jest prowadzenie racjonalnego i reprezentatywnego monitoringu jakościowo-ilościowego wód podziemnych na terenie objętym wpływem eksploatacji górniczej.

Stopień zagrożenia wód podziemnych

Ogólnie w omawianym obszarze stopień zagrożenia wód podziemnych ze strony zanieczyszczeń antropogenicznych jest bardzo wysoki. W obszarach poszczególnych zbiorników wód podziemnych zagrożenie to jest jednak bardzo zróżnicowane. Stopień zagrożenia wód podziemnych ze strony zanieczyszczeń antropogenicznych uzależniony jest zarówno od czynników przyrodniczych, jak również od stopnia antropopresji.

Czynniki przyrodnicze decydują o naturalnej podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie antropogeniczne. Do najważniejszych czynników tego rodzaju należy litologia i miąższość strefy aeracji, warunkujące pionową migrację zanieczyszczeń z powierzchni terenu do wód podziemnych oraz parametry hydrogeologiczne poziomów

wodonośnych, warunkujące poziomy przepływ wód w obrębie danego zbiornika.

Uwzględniając obydwa czynniki, za najbardziej zagrożone należy uznać nie izolowane fragmenty zbiorników triasowych oraz zbiorniki holoceny, w których zwierciadło wód występuje stosunkowo płytko i jest nie izolowane lub słabo izolowane przez warstwy słabo przepuszczalne. Z kolei najmniej zagrożone są północne obszary triasowego GZWP Lubliniec–Myszków oraz przykryte fragmenty zbiorników Gliwice i Chrzanów oraz neogeński GZWP subniecka kędzierzyńsko-głubczycka.

Problem oceny podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie w szczególności istotnych z punktu widzenia zaopatrzenia w wodę, szczelinowo-krasowych zbiornikach triasowych był i jest przedmiotem badań realizowanych w Katedrze Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Uniwersytetu Śląskiego (Różkowski, 1990; Różkowski i in., 2000; Sikorska-Maykowska, 2001; Witkowski i in., 2003; Kropka, 2004; Witkowski, 2004; Witkowski & Kowalczyk, 2004). Ponadto zajmowano się problemem waloryzacji zbiorników wód podziemnych, przy której uwzględniano niezwykle ważny aspekt ich podatności na zanieczyszczenie (Różkowski & Kowalczyk, 1997; Kowalczyk i in., 2000; Sikorska-Maykowska, 2001).

W latach 1999–2001 realizowany był projekt badawczy KBN *Podatność na zanieczyszczenie i jakość wód podziemnych szczelinowo-krasowych zbiorników w obszarach intensywnego drenażu (na przykładzie GZWP Olkusz–Zawiercie oraz Chrzanów)*. Efektem tych prac było m.in. opracowanie map podatności obydwu zbiorników w skali 1:50000, a wybranych fragmentów zbiorników w skali 1:25000 (Witkowski i in., 2002). Przy wykonywaniu tych map zastosowano system rangowo-punktowy oparty na zmodyfikowanym systemie DRASTIC, przy czym wynikowe mapy podatności konstruowano przy zastosowaniu metod GIS (Witkowski i in., 2003).

Przeprowadzona analiza obecnego stanu zagrożenia jakości wód podziemnych GZWP pozwala na określenie głównych zasad eliminacji negatywnych skutków aktualnych i planowanych działań gospodarczych na ich obszarach.

W związku z restrukturyzacją górnictwa i likwidacją wielu kopalń, jak również w celu ochrony obszarów alimentacji zbiorników, niezbędne jest rozszerzenie sieci monitoringu jakościowo-ilościowego wód podziemnych na terenie GZW.

Literatura

BUKOWSKI P. 1999 — Chłonność wodna górotworu karbońskiego i jej wpływ na przebieg zatapiania likwidowanych kopalń. Praca doktorska. Archiwum Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice. 148.
 CHMURA A., JÓZEFKO I., KOWALCZYK A., RÓŻKOWSKI A., WAGNER J & WITKOWSKI A. 1995 — Główne zbiorniki użytkowych wód podziemnych w obszarze RZGW — Katowice. [W:] Mat. Sympozjum „Współczesne problemy hydrogeologii”. t. VII, cz. 1. Kraków–Krynica: 79–86.
 GAJOWIEC B. & WITKOWSKI A. 1993 — Impact of lead/zinc ore mining on groundwater quality in Trzebieńka Mine (Southern Poland). Mine Water and the Environment, vol. 12, Annual Issue: 1–10.
 GLUBIAK-WITWICKA E., PASZEK L. & STOROŻENKO Z. 2003 — Wody podziemne. [W:] Czerwińska B., Głęb J., Szymańska-Kubiczka L. (red.) — Stan środowiska w województwie śląskim w 2002 roku. Wojewoda Śląski i WIOŚ Katowice: 91–101.
 GLUBIAK-WITWICKA E., PASZEK L. & STOROŻENKO Z. 2004 — Wody podziemne. [W:] — Czerwińska B., Głęb J., Szymańska-Ku-

bicka L. (red.) — Stan środowiska w województwie śląskim w 2003 roku. Wojewoda Śląski i WIOŚ Katowice: 75–84.
 KLECZKOWSKI A. S. (red.) 1990 — Główne zbiorniki wód podziemnych w Polsce — własności hydrogeologiczne, jakość wód, badania modelowe i poligonowe. Kraków: Wyd. AGH 1990, 120.
 KLECZKOWSKI A. S., SZCZEPAŃSKA J., WITCZAK S., RÓŻKOWSKI A. & WITKOWSKI A. 1995 — Regionalny monitoring jakości wód podziemnych (RMWP) w zlewni górnej Wisły — zagadnienia metodyczne. Współczesne problemy hydrogeologii. tom VII, cz. 1, Kraków–Krynica: 203–218.
 KOTAS A. 1985 — Structural evolution of the Upper Silesia Coal Basin (Poland). X Congress Int. Strat. Geol. Carb. Compt. Rend. 3, Madrid: 459–469.
 KOTAS A. (sc. ed.) 1994 — Coal–Bed Methane Potential of the Upper Silesian Coal Basin, Poland. Pr. Państw. Inst. Geol., 142, Warszawa, 81.
 KOWALCZYK A. 1996 — Problemy oceny zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w zlewniach w warunkach aktywnej antropopresji. Pr. Geol., 44: 840–844.
 KOWALCZYK A. 2003 — Formowanie się zasobów wód podziemnych w utworach węglanowych triasu śląsko-krakowskiego w warunkach antropopresji. A. T. Jankowski (red.). Pr. Naukowe Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, 2152: 196.
 KOWALCZYK A., KROPKA J., RÓŻKOWSKI A. & RUBIN K. 1996 — Rozpoznanie, zagospodarowanie i zasoby wód podziemnych wybranych zbiorników triasu górnośląskiego. Pr. Geol., 44: 827–833.
 KOWALCZYK A., RÓŻKOWSKI A. & WITKOWSKI A. J. 2000 — The valuation of major aquifers of the Upper Silesia region. [W:] Sililo O. (ed.) — Groundwater Past Achievements and Future Challenges. A. A. Balkema. Rotterdam, Brookfield: 181–186.
 KOWALCZYK A. & WITKOWSKI A. 1997 — Determination of specific yield of a Carbonate aquifer by analysis of discharge curves for wells and springs and laboratory tests. [W:] G. Günay, A. J. Johnson (eds.) — Karst Waters & Environmental Impacts. A. A. Balkema. Rotterdam, Brookfield: 365–370.
 KROPKA J. 1994 — Monitoring regionalny jakości wód podziemnych triasu północnego (GZWP 327) i gliwickiego (GZWP 330), Etap I, Arch. Katedry Hydr. i Geol. Inż. UŚ., Sosnowiec.
 KROPKA J. 1996 — Drogi krążenia, zasoby i zagospodarowanie wód podziemnych w triasowym zbiorniku Bytom w warunkach aktywnej działalności górnictwa. Pr. Geol., 44: 845–849.
 KROPKA J. 1997 — Górnictwo rud Zn–Pb. [W:] Użytkowe wody podziemne Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia. A. Różkowski, A. Chmura & A. Siemiński (red.), Pr. Państw. Inst. Geol., 159: 84–90.
 KROPKA J. 1999 — Hydrodynamiczne, hydrochemiczne i ekonomiczno-techniczne aspekty przeeksplotowania triasowego zbiornika Gliwice (GZWP nr 330, trias śląsko-krakowski). Projekt badawczy KBN nr 9 T12B 01612. Arch. KHiGI UŚ., Sosnowiec.
 KROPKA J. 2002 — Problemy bilansowania wód podziemnych w obszarach górniczych i zurbanizowanych. [W:] E. Kowalczyk (red.) — Gospodarowanie zasobami wód podziemnych. XIV Konferencja z cyklu: Problemy wykorzystania wód podziemnych w gospodarce komunalnej. Częstochowa: 86–93.
 KROPKA J. 2004 — Rejon bytomski. [W:] Wilk & T. Bocheńska (red.) — Hydrogeologia polskich złóż kopalni i problemy wodne górnictwa. t. 2, Z. . AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowe Dydaktyczne, Kraków: 211–242.
 KROPKA J., KOWALCZYK A. i in. 1995 — Zintegrowany system monitoringu głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w granicach województwa katowickiego. Arch. Kat. Hydr. i Geol. Inż. UŚ., Sosnowiec.
 KROPKA J. & RUBIN H. 1989 — Czwartorzędowe zbiorniki wód podziemnych regionu górnośląskiego i problemy ich ochrony. [W:] Mat. Konferencji. Pr. Nauk. Inst. Geotechn. Politech. Wrocław., 58: 61–67.
 KROPKA J. & WRÓBEL J. 2000 — Hydrogeological problems concerning open digging of filling sands in the area of Upper Silesian Coal Basin (southern Poland). 7th IMWA Congress. Mine Water and Environment. Ustroń, Poland: 555–564.
 LABUS K. 1999 — Stopień zanieczyszczenia i identyfikacja ognisk zanieczyszczenia kadmem, ołowiem i cynkiem wód powierzchniowych i podziemnych zlewni Białej Przemysy. PAN — Oddział w Krakowie. Komisja Nauk Geologicznych. Pr. Geol., 146.
 MACIOSZCZYK A. 1987 — Hydrogeochemia. Wyd. Geol.
 MOTYKA J. 1988 — Węglanowe osady triasu w olkusko-zawierciańskim rejonie rudnym jako środowisko wód podziemnych. Geologia. Z. 36. Wyd. AGH. Kraków.
 MOTYKA J. 1998 — A conceptual model of hydraulic networks in carbonate rocks, illustrated by examples from Poland. Hydrogeol. Journ., 6: 469–482.

- MOTYKA J., RÓŻKOWSKI K. & SZUWARZYŃSKI M. 1999 — Wstępna charakterystyka zmian składu chemicznego wody z kopalni rud cynku i ołowiu „Trzebieńka” podczas zatapiania wyrobisk. [W:] Krajewski S. & Sadurski A. (red.) — Współczesne problemy hydrogeologii. T. 9. Warszawa—Kielce: 253–258.
- MOTYKA J. & SZUWARZYŃSKI M. 1996 — Elements of the hydraulic network in Triassic carbonate rocks in the Chrzanów area (S Poland). [W:] A. Rózkowski, A. Kowalczyk, J. Motyka & K. Rubin (red.) — Karst-fractured aquifers — vulnerability and sustainability. Pr. Nauk. UŚ., nr 1563, Katowice: 150–161.
- PACZYŃSKI B. (red.) 1995 — Atlas hydrogeologiczny Polski. Cz. II. Zasoby, jakość i ochrona zwykłych wód podziemnych. PIG. Warszawa: PIOŚ 1993 — Klasyfikacja jakości zwykłych wód podziemnych dla potrzeb monitoringu środowiska, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- ROGOŹ M. 1996 — Wpływ likwidacji kopalń na środowisko wód podziemnych i powierzchniowych. Archiwum Górnictwa t. 41.
- ROGOŹ M. & POSYŁEK E. 2000 — Problemy hydrogeologiczne w polskich kopalniach węgla kamiennego. Główny Instytut Górnictwa, Katowice, 402.
- RÓŻKOWSKI A. (red.) 1990 — Szczelinowo-krasowe zbiorniki wód podziemnych Monokliny Śląsko-Krakowskiej i problemy ich ochrony. Warszawa: Wyd. SGGW—AR CPBP 04.10, 123.
- RÓŻKOWSKI A. 1993 — Periglacial waters within the Muschelkalk aquifer in southern Poland. Peryglacialne wody w poziomie wapienia muszlowego w południowej Polsce. Kras i Speleol. UŚ., t. 7: 23–30.
- RÓŻKOWSKI A. 1997 — Impact of coal mining on quality and quantity of fresh groundwater in the Upper Silesian Coal Basin (Poland). [W:] 6th IMWA Congress: „Mine Water and the Environment”. Proc., vol. 1: 98–103.
- RÓŻKOWSKI A. (red.) 2004 — Środowisko hydrogeochemiczne karbonu produktywnego Górnosląskiego Zagłębia Węglowego. Wyd. UŚ., 174.
- RÓŻKOWSKI A. & CHMURA A. (red.) 1996 — Mapa chemizmu i jakości zwykłych wód podziemnych GZW i jego obrzeżenia w skali 1:100 000. PIG. Warszawa
- RÓŻKOWSKI A., CHMURA A. & SIEMIŃSKI A. (red.) 1997 — Użytkowe wody podziemne Górnosląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia. Pr. PIG, 152.
- RÓŻKOWSKI A., JANUSZ M. & SOŁTYSIAK M. 2002 — Wody słodkie i słonawe w utworach karbonu produktywnego w Górnosląskim Zagłębiu Węglowym. [W:] Jakość i podatność wód podziemnych na zanieczyszczenie. [W:] Groundwater Quality and Vulnerability. WNoZ—UŚ., Sosnowiec: 167–176.
- RÓŻKOWSKI A. & KOWALCZYK A. 1997 — Waloryzacja użytkowych poziomów wód podziemnych. [W:] A. Rózkowski, A. Chmura & A. Siemiński A. (red.) — Użytkowe wody podziemne Górnosląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia. Pr. Państw. Inst. Geol., 159: 98–100.
- RÓŻKOWSKI A., KOWALCZYK A. & WITKOWSKI A. J. 2000 — Ocena stopnia zagrożenia jakości wód serii węglanowej triasu śląsko-krakowskiego, w województwie śląskim. [W:] A. T. Jankowski, U. Myga & S. Ostaficzuk (red.) — Środowisko przyrodnicze regionu górnosląskiego — Stan poznania, zagrożenia i ochrona. Pr. WNoZ UŚ., Sosnowiec. 2: 102–110.
- RÓŻKOWSKI A., RUDZIŃSKA-ZAPAŚNIK T. & SIEMIŃSKI A. (red.) 1996 — Mapa warunków występowania, użytkowania, zagrożenia i ochrony zwykłych wód podziemnych Górnosląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia. 1:100 000. PIG. Warszawa.
- RÓŻKOWSKI A. & SIEMIŃSKI A. (red.) 1995 — Mapa ognisk zanieczyszczeń wód podziemnych GZW i jego obrzeżenia w skali 1:100 000. PIG. Warszawa.
- RÓŻKOWSKI A. & SIWEK P. 1996 — Monitoring regionalny jakości wód podziemnych głównych zbiorników wód podziemnych triasu północnego i gliwickiego. Etap II. Arch. Kat. Hydr. i Geol. Inż. UŚ., Sosnowiec.
- RÓŻKOWSKI A. & SZCZEPAŃSKA J. 1996 — Zasoby wód podziemnych — ich użytkowanie i ochrona na przykładzie województwa bielskiego. Polskie Towarzystwo Inżynierii Ekologicznej. Ekoinżynieria, 4, 11: 8–19.
- RÓŻKOWSKI A. & WILK Z. (red.) 1980 — Warunki hydrogeologiczne złóż rud cynku i ołowiu regionu śląsko-krakowskiego. Wyd. Geol. RUDZIŃSKA-ZAPAŚNIK T. 1997 — Charakterystyka hydrogeologiczna użytkowych poziomów wodonośnych. Poziomy wodonośne trzeciorzędu. Chemizm i jakość wód. Poziomy wodonośne trzeciorzędu. [W:] A. Rózkowski i in. (red.) — Użytkowe wody podziemne Górnosląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia. Pr. Państw. Inst. Geol., 159: 29–33, 51–53.
- SIKORSKA-MAYKOWSKA M. (red.) 2001 — Waloryzacja środowiska przyrodniczego i identyfikacja jego zagrożeń na terenie województwa śląskiego, Atlas. Państw. Inst. Geol. i Urząd Marszałkowski Województwa Śląskiego, Warszawa.
- SIWEK P. 1997 — Metody i wyniki regionalnego monitoringu jakości wód podziemnych wybranych zbiorników triasu śląsko-krakowskiego. [W:] Górski J., Liszkowska E. (red.) — Współczesne problemy hydrogeologii. Tom 8. Kiekrz k/Poznań: 201–203.
- SKRZYPCZYK L. 2003 — Rejestr Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) w Polsce wg stanu na 31.01.2003. Arch. PIG. Warszawa.
- STANIEWICZ-DUBOIS H. 1995 — Wskazówki metodyczne dotyczące tworzenia regionalnych i lokalnych monitoringów wód podziemnych. Biblioteka Monitoringu Środowiska. PIOŚ, Warszawa.
- SZCZEPAŃSKA J. 1987 — Zwałowiska odpadów górnictwa węgla kamiennego jako ogniska zanieczyszczeń środowiska wodnego. Z. Nauk. AGH nr 1135 Geol. z. 35.
- SZCZEPAŃSKI A. 1999 — Hydrogeologiczne problemy i skutki likwidacji kopalń w Polsce. Mat. Konf. „Hydrogeologiczne problemy eksploatacji i likwidacji kopalń”. Lublin 9–10.11.1999: 42–60.
- SZCZEPAŃSKI A. 2004 — Wpływ górnictwa na środowisko wodne. Prz. Geol., 52: 968–971.
- TWARDOWSKA I., SZCZEPAŃSKA J. & WITCZAK S. 1988 — Wpływ odpadów górnictwa węgla kamiennego na środowisko wodne. Ocena zagrożenia, prognozowanie, zapobieganie. Pr. Stud. PAN Inst. Inż. Środ.
- WAGNER J. 1997 — Poziomy wodonośne karbonu. [W:] A. Rózkowski, A. Chmura & A. Siemiński (red.) — Użytkowe wody podziemne Górnosląskiego Zagłębia Węglowego i jego obrzeżenia. Pr. Państw. Inst. Geol., 159: 66–68.
- WAGNER J. 1998 — Charakterystyka hydrogeologiczna karbonu produktywnego niecki głównej Górnosląskiego Zagłębia Węglowego. [W:] Biul. PIG. 383. Warszawa: 55–96.
- WILK Z. (red.) 2003 — Hydrogeologia polskich złóż kopalni i problemy wodne górnictwa. t. 1. AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków, 611 s.
- WILK Z., ADAMCZYK A. F. & NAŁĘCKI T. 1990 — Wpływ działalności górnictwa na środowisko wodne w Polsce. Warszawa: Wyd. SGGW—AR 1990.
- WILK Z. & BOCHENSKA T. (red.) 2004 — Hydrogeologia polskich złóż kopalni i problemy wodne górnictwa. t. 2. AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków.
- WITKOWSKI A. J. 1997 — Monitoring jakości zwykłych wód podziemnych w obszarze działania Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Katowicach. Raport z badań wykonanych w latach 1993–1996. RZGW w Katowicach, WNoZ UŚ., Katowice.
- WITKOWSKI A. J. 2000 — Regionalny monitoring jakości zwykłych wód podziemnych na obszarze działania Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Katowicach (wyniki badań prowadzonych w latach 1993–1999 w granicach Zarządu obowiązujących do 31.12.1999 r.). RZGW w Katowicach, WNoZ UŚ., Katowice.
- WITKOWSKI A. J. 2004 — Assessing the risk of groundwater contamination by sulphates in an intensively pumped aquifer, International Conference on Groundwater Vulnerability Assessment and Mapping, Ustroń, Poland: 147–149.
- WITKOWSKI A. J. i in. 2002 — Podatność na zanieczyszczenie i jakość wód podziemnych szczelinowo-krasowych zbiorników w obszarach intensywnego drenażu (na przykładzie GZWP Olkusz—Zawiercie oraz Chrzanów). Raport z realizacji projektu badawczego KBN nr 9T12B 011 16. Archiwum KHIGI UŚ., Sosnowiec.
- WITKOWSKI A. J. & KOWALCZYK A. 2004 — A simplified method of regional groundwater vulnerability assessment. International Conference on Groundwater Vulnerability Assessment and Mapping, Ustroń, Poland: 150–152.
- WITKOWSKI A. J., MOTYKA J. & WRÓBEL J. 2003 — Assessment of potential risk of groundwater contamination in areas subjected to the intensive mining drainage. Case study from Poland — Olkusz Zn—Pb ore mining region. [W:] Mine Water and the Environment, Proceedings 8th International Mine Water Association Congress, Johannesburg, RPA: 221–234.
- WITKOWSKI A. J. & RUBIN K. 1997 — Regional groundwater quality monitoring in the area of Katowice Regional Water Management Council (Southern Poland). [W:] A. Brebbia (ed.) — Water Pollution IV. R. Rajar, C. . Boston, USA: 349–358.
- WITKOWSKI A. J. & RUBIN K. 1999 — Influence of Upper Silesian agglomeration, Poland, on groundwater quality. [W:] Groundwater in the Urban Environment: Selected City Profiles, Chilton (ed.) Balkema, Rotterdam: 267–272.
- WITKOWSKI A. J., RUBIN K., KOWALCZYK A., RÓŻKOWSKI A. & WRÓBEL J. 2003 — Groundwater vulnerability map of the Chrzanów karst-fissured Triassic aquifer (Poland). Environmental Geology, 44: 59–67.