INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 7/2008, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 201–212
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Andrzej Moryl, Ewa Kucharczak, Tadeusz Kiwacz, Katarzyna Suszek

OCENA JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH W REJONIE ELEKTROWNI I KOPALNI „TURÓW" NA PODSTAWIE BADAŃ ZAWARTOŚCI METALI

ESTIMATION OF GROUNDWATERS QUALITY IN AREA OF POWER STATION AND MINE "TURÓW" ON THE BASE OF METALS CONTENTS STUDY

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań jakości wód podziemnych przeprowadzone w dwóch rejonach badawczych. Pierwszy zlokalizowany był w pobliżu Elektrowni i Kopalni „Turów" (Bogatynia, Działoszyn, Wolanów, Bratków). Drugi, stanowiący grupę kontrolną, usytuowany był na terenie gmin położonych w centralnej i północnej części powiatu zgorzeleckiego (Jerzmanki, Sławnikowice, Łagów, Gronów, Jagodzin). W próbkach wód, pobranych do analizy, oznaczano zawartość żelaza, manganu, ołowiu, kadmu, glinu, arsenu, cynku, miedzi i chromu oraz wskaźniki fizyko-chemiczne jakości wód tj. odczyn, przewodność, amoniak, azotany, azotyny, siarczany, fosforany, chlorki, twardość ogólną. Nie stwierdzono istotnych różnic w zawartości wymienionych składników w próbkach wód z obu rejonów badawczych. Kryterium zawartości metali ciężkich pozwala zaliczyć próbki wód podziemnych do I lub II klasy jakości. Wyjątek stanowi zawartość glinu (III lub IV klasa). Przy uwzględnieniu pozostałych parametrów fizyko-chemicznych, ogólna ocena jakości wód podziemnych wypada znacznie słabiej. Próbki wód znajdują się w klasie II, III, a nawet V (Jagodzin). Spowodowane jest to zwiększoną zawartością azotanów, amoniaku, manganu, glinu i arsenu. Z tego powodu próbki wód nie spełniają normy jakości wody do picia.

Słowa kluczowe: wody podziemne, jakość wód, metale

Summary

Results of research works carried in two investigative areas are presented in the paper. The first was situated near Power Station and Mine "Turów" (Bogatynia, Działoszyn, Wolanów, Bratków). The second, presenting check group, was situated in central and northern districts of Zgorzelec administrative district (Jerzmanki, Sławnikowice, Łagów, Gronów, Jagodzin). In samples of water, collected for analysis, contents of iron, manganese, lead, cadmium, aluminium, arsenic, zinc, copper, chromium, physical and chemical parameters of groundwater quality such as pH, conductivity, ammonia, nitrates, nitrites, sulphates, phosphates, chlorides, total hardness was determined. It was not affirmed important differences in contents of mentioned components in samples of waters in both investigative areas. Criterion of metals contents allows to include samples of groundwaters for I or II class of quality. Exceptions presents contents of aluminium (III or IV class). Taking into consideration remaining physical and chemical parameters, general estimate of groundwater quality falls out considerably weakly. Samples of water locates in II, III and even V class (Jagodzin). It is caused by increased contents of nitrates, ammonia, manganese, aluminium and arsenic. For this reason samples of waters do not meets conditions for drinking water quality norm.

Key words: *groudwaters, quality of waters, metals*

WSTĘP

Region zgorzelecko-bogatyński, zwany również Workiem Turoszowskim, a wspólnie z terenami północno-zachodnich Czech i niemiecką częścią Dolnej Saksonii stanowiący obszar „Czarnego Trójkąta", należy do najbardziej zdegradowanych ekologicznie obszarów w Europie. Działalność górnicza, związana z wyjątkowo bogatymi złożami węgla brunatnego, rozwijała się na tym obszarze już od połowy XVIII wieku. Na początku XX wieku, w niemieckiej części obszaru, powstała pierwsza elektrownia opalana węglem brunatnym. Po stronie polskiej rozpoczęto na przełomie lat 50. i 60. budowę Elektrowni „Turów", którą zlokalizowano w pobliżu istniejącej odkrywki węgla brunatnego w Turoszowie. Na ówczesne czasy była to największa inwestycja energetyczna tego typu nie tylko w Polsce, ale i w Europie. Również na obszarze czeskiej części Trójkąta pojawiło się kilka elektrowni i kopalń węgla brunatnego.

Tak wysoki poziom uprzemysłowienia w tym rejonie spowodował znaczną degradację środowiska, tym bardziej, że działające tu przedsiębiorstwa stosowały przestarzałe technologie. Przyczyniły się do tego również bardzo specyficzne warunki klimatyczne, których występowanie związane jest ze złożoną topografią obszaru „Czarnego Trójkąta". W efekcie na obszarze tym dochodzi do znacznego, lokalnego koncentrowania się zanieczyszczeń powietrza, z bardzo małymi możliwościami ich rozprzestrzeniania. Mimo tego, są to tereny szczególnie cenne przyrodniczo i atrakcyjne turystycznie. Znajduje się tutaj wiele

obszarów chronionego krajobrazu oraz parków narodowych, w związku ze znaczną różnorodnością form krajobrazowych i ciekawym ukształtowaniem terenu.

Od początku lat 90. zarówno w Polsce, jak i po stronie niemieckiej i czeskiej rozpoczęto zdecydowaną politykę proekologiczną. Zapoczątkowało ją podpisanie w 1991 roku przez ministrów ochrony środowiska wszystkich trzech państw wspólnej deklaracji o współpracy w rozwiązywaniu problemów środowiska w „Czarnym Trójkącie" oraz podpisanie w 1992 roku pomiędzy wojewodą jeleniogórskim a kierownictwem Elektrowni: „Porozumienia w sprawie współdziałania w przystosowaniu Elektrowni Turów do wymogów ochrony środowiska". Kopalnia i Elektrownia „Turów" rozpoczęły realizację wielu zadań inwestycyjnych m.in. modernizację bloków elektrowni, wdrażanie metody odsiarczania spalin, rekultywację wyrobiska KWB „Turów", czy ochronę wód, poprzez modernizację zbiorników retencyjnych i infrastruktury wodno-kanalizacyjnej. Po stronie niemieckiej zostały zamknięte lub poważnie ograniczyły swoją działalność produkcyjną elektrownia Hirschfelde i Hagenwerder. Programami proekologicznej modernizacji objęto również zakłady zlokalizowane po czeskiej stronie „Czarnego Trójkąta", które w dość dużym stopniu przyczyniły się do obumierania lasów w Rudawach Czeskich oraz Górach Izerskich, a konsekwencją tego była zasadnicza zmiana warunków hydrogeologicznych.

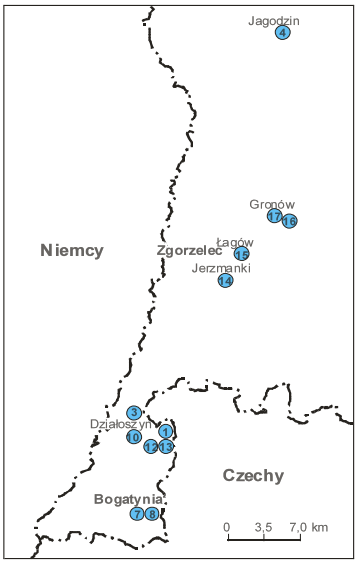
Efektem tych nasilonych działań proekologicznych był zdecydowany spadek emisji SO_2, NO_2 oraz pyłów do atmosfery, zanotowany wyraźnie na przełomie lat 1995–96, z utrzymującą się do tej pory tendencją spadkową [Raport 2006]. Jednak, mimo znacznych nakładów proekologicznych, nadal obecność Elektrowni „Turów", jak wynika z raportu WIOŚ we Wrocławiu, stawia powiat zgorzelecki na pierwszym miejscu w województwie dolnośląskim w emisji zanieczyszczeń gazowych (74% ilości w całym województwie) oraz zanieczyszczeń pyłowych – 30%. Publikowane 15 lat temu kompleksowe opracowania, dotyczące oddziaływania Elektrowni i Kopalni „Turów" wykazywały, iż spośród wielu emitowanych przez ww. zakłady pierwiastków, szczególnie niebezpieczne są: ołów, kadm, arsen i glin, których toksyczne działanie może być w znacznym stopniu modyfikowane przez miedź i cynk.

Celem niniejszej pracy była ocena podjętych działań proekologicznych w otoczeniu Kopalni i Elektrowni „Turów", której dokonano na podstawie badań zawartości metali w wodach podziemnych.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono w dwóch rejonach badawczych. Pierwszy zlokalizowany był w pobliżu Elektrowni i Kopalni „Turów" na terenie gminy Bogatynia (Wolanów, Bratków, Bogatynia, Działoszyn, Wyszków). Drugi, stanowiący grupę kontrolną, usytuowany był na terenie gmin położonych w centralnej

i północnej części powiatu zgorzeleckiego, poza zasięgiem bezpośredniego oddziaływania ww. zakładów (Jagodzin, Jerzmanki, Łagów, Sławnikowice, Gronów). Próbki wód podziemnych pobierano ze studni kopanych, zlokalizowanych na terenie gospodarstw rolnych lub ogródków działkowych. Wcześniej wykonano pomiar głębokości położenia zwierciadła wody podziemnej oraz głębokości studni. Głębokość zwierciadła wody podziemnej kształtowała się w pierwszym rejonie badawczym na poziomie od 0,5 m p.p.t. (Bogatynia) do 4,09 m p.p.t. (Wyszków), natomiast w drugim rejonie od 0,3 m p.p.t. (Łagów) do 2,0 m p.p.t. (Jerzmanki). W każdym punkcie pomiarowym pobierano podwójne próbki wód z sąsiadujących z sobą studni, uzyskując w ten sposób ich podwójną liczbę. Lokalizację punktów pomiarowych przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1. Lokalizacja punktów pomiarowych
Fig. 1. Location of measurement points

W terenie wykonano pomiary temperatury, odczynu (pH) oraz przewodności. W badaniach laboratoryjnych określono następujące parametry jakości wód: amoniak, azotany, azotyny, fosforany, siarczany, chlorki, twardość ogólną, zawartość żelaza i manganu. Oznaczenia wykonano metodą fotochemiczną, przy użyciu fotometru PF-11 i odczynników VISOCOLOR-ECO i VISOCOLOR-Ochrona Środowiska. Metodą spektrometrii absorpcji atomowej, na aparacie ICP-AES, firmy Varian oznaczono natomiast zawartość następujących metali: ołowiu, kadmu, glinu, arsenu, cynku, miedzi i chromu. Ocenę jakości wody dokonano na podstawie wytycznych zawartych w:

1. Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 roku w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód [Rozporządzenie 2004].
2. Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 roku w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [Rozporządzenie 2007].
3. Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 roku w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych [Rozporządzenie 2002].
4. Uzyskane wyniki badań przedstawiono w tabelach 1, 2, 3, 4 oraz na rysunku 2.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Pomimo niewielkich stężeń w jakich metale występują w środowisku, w tym w wodach podziemnych [Chełmicki 2002; Długaszek i in. 2006; Wiśniowska-Kielian, Czech 2007], niektóre z nich są toksyczne dla organizmów zwierzęcych i roślinnych. Jako substancje niepodlegające rozkładowi ulegają one bioakumulacji w organizmach, natomiast w kolejnych ogniwach łańcucha pokarmowego może dojść do sukcesywnego zwiększenia ich zawartości (biomagnifikacja).

Spośród wielu metali, do grupy pierwiastków o bardzo wysokim stopniu potencjalnego zagrożenia należy m.in. kadm, ołów, miedź, cynk i chrom [Kabata-Pendias, Pendias 1999]. Z kolei żelazo i mangan to metale o wysokim stopniu potencjalnego zagrożenia, a glin i arsen należą do grupy pierwiastków o średnim stopniu potencjalnego zagrożenia. Na szczególną uwagę zasługują metale z grupy pierwszej, ponieważ wykazują wyraźne własności toksyczne, ujawniające się już na poziomie stężeń naturalnie występujących w przyrodzie. Ponadto kadm, ołów i miedź wykazują wyjątkową podatność na bioakumulację ze środowiska wodnego [Kabata-Pendias, Pendias 1999].

Kadm uznawany jest za pierwiastek szczególnie toksyczny, ponieważ podlega znacznej akumulacji w organach spełniających ważne funkcje w organizmie. Jego zawartość w wodach zależna jest od czynników antropogenicznych. W zwykłych wodach podziemnych występuje w niewielkiej ilości, w zakresie od 0,001 do 0,0005 mg/l, a średnia zawartość w wodach podziemnych klimatu umiarkowanego wynosi nie więcej niż 0,00015 mg/l [Macioszczyk 2006]. Uzyskane w badaniach własnych zawartości tego metalu we wszystkich badanych próbkach, z wyjątkiem Działoszyna (10), gdzie stwierdzono 0,002 mg Cd/l, pozwalają zaliczyć próbki wód podziemnych do II klasy jakości. Spełniają one także normę jakości dla wód pitnych, ponieważ wartość graniczna to 0,005 mg Cd/l.

Ołów w czystych wodach podziemnych występuje zwykle w stężeniach 0,001–0,01 mg/l.

[Macioszczyk, Dobrzyński 2002; Macioszczyk 2006]. Zatrucie człowieka ołowiem manifestuje się rożnymi objawami, np. niedokrwistością czy zmianami neurologicznymi, a w dawkach subtoksycznych posiada silnie działanie kancerogenne i mutagenne. We wszystkich pobranych do badań próbkach wód podziemnych ilości tego metalu wynosiły poniżej 0,0014 mg/l i to pozwoliło zaliczyć je do II klasy jakości. Norma jakości dla wód pitnych, obowiązująca do 1 stycznia 2013 roku, określa, iż maksymalna zawartość tego metalu to 0,025 mg/l, w związku z czym pobrane próbki wód podziemnych wymóg ten spełniają [Rozporządzenie 2007].

Tabela 1. Zawartość metali w próbkach wód podziemnych
Table 1. Content of metals in samples of groundwaters

Próbka Sample	Miejscowość Town/ village	Fe	Mn	Pb	Al	Cd	As	Zn	Cu	Cr
		mg/l								
1	Wolanów	0,07	>0,1	<0,014	0,244	<0,0015	<0,012	0,002	0,005	<0,004
3	Bratków	<0,04	<0,1	<0,014	0,259	<0,0015	<0,012	0,008	<0,002	<0,004
7	Bogatynia	<0,04	0,1	<0,014	0,564	<0,0015	<0,012	0,009	<0,002	<0,004
8	Bogatynia	<0,04	<0,1	<0,014	0,628	<0,0015	<0,012	0,003	0,006	<0,004
10	Działoszyn	<0,04	0,1	<0,014	0,271	0,0020	<0,012	0,007	<0,002	<0,004
12	Wyszków	<0,04	0,1	<0,014	0,257	<0,0015	<0,012	0,003	0,004	<0,004
13	Wyszków	<0,04	<0,1	<0,014	0,269	<0,0015	<0,012	0,004	0,004	<0,004
4	Jagodzin	<0,04	0,1	<0,014	0,518	<0,0015	<0,012	0,022	0,015	<0,004
14	Jerzmanki	0,07	<0,1	<0,014	0,295	<0,0015	<0,012	0,027	<0,002	<0,004
15	Łagów	0,07	0,1	<0,014	0,289	<0,0015	<0,012	0,034	<0,002	<0,004
16	Sławnikowice	0,06	0,1	<0,014	0,288	<0,0015	<0,012	0,004	<0,002	<0,004
17	Gronów	0,05	<0,1	<0,014	0,590	<0,0015	<0,012	0,04	<0,002	<0,004

Tabela 2. Klasyfikacja jakości wód podziemnych – zawartość metali
Table 2. Classification of groundwater quality – content of metals

Próbka Sample	Miejscowość Town/ village	Fe	Mn	Pb	Al	Cd	As	Zn	Cu	Cr
1	Wolanów	I	II	II	III	II	II	I	I	I
3	Bratków	I	II	II	III	II	II	I	I	I
7	Bogatynia	I	II	II	IV	II	II	I	I	I
8	Bogatynia	I	II	II	IV	II	II	I	I	I
10	Działoszyn	I	II	II	III	II	II	I	I	I
12	Wyszków	I	II	II	III	II	II	I	I	I
13	Wyszków	I	II	II	III	II	II	I	I	I
4	Jagodzin	I	II	II	IV	II	II	I	II	I
14	Jerzmanki	I	II	II	III	II	II	I	I	I
15	Łagów	I	II	II	III	II	II	I	I	I
16	Sławnikowice	I	II	II	III	II	II	I	I	I
17	Gronów	I	II	II	IV	II	II	I	I	I

Tabela 3. Wartości wybranych parametrów fizycznych i chemicznych wód podziemnych
Table 3. Values of chosen physical and chemical parameters of groundwaters

Próbka / Sample	Miejscowość Town/village	pH	Przewodność Conductivity	Amoniak Ammonia	Azotany Nitrates	Azotyny Nitrites	Fosforany Phosphates	Siarczany Sulphates	Chlorki Chlorides	Twardość ogólna Total hardness
		-	µS/cm	mg NH_4/l	mgNO_3/l	mgNO_2/l	mg PO_4/l	mg SO_4/l	mg Cl/l	mg/l
1	Wolanów	6,72	333,1	0,51	14,0	0,02	<0,6	55,0	49,0	65
3	Bratków	6,66	330,4	0,51	6,0	<0,02	0,6	50,0	40,0	65
7	Bogatynia	6,62	529,0	0,51	9,0	<0,02	<0,6	26,0	20,0	135
8	Bogatynia	6,58	439,0	0,64	40,0	<0,02	<0,6	64,0	15,0	95
10	Działoszyn	6,70	333,2	0,51	22,0	<0,02	<0,6	80,0	15,0	65
12	Wyszków	6,60	438,0	0,51	34,0	<0,02	<0,6	90,0	40,0	70
13	Wyszków	6,57	1022,0	0,51	7,0	<0,02	1,2	110,0	190,0	166
4	Jagodzin	6,53	631,0	0,64	120,0	<0,02	<0,6	60,0	40,0	101
14	Jerzmanki	6,79	384,0	0,51	11,0	<0,02	<0,6	42,0	20,0	65
15	Łagów	6,63	526,0	0,39	29,0	<0,02	<0,6	85,0	50,0	80
16	Sławnikowice	6,74	540,0	0,51	10,0	<0,02	<0,6	95,0	25,0	106
17	Gronów	6,75	367,5	0,51	15,0	<0,02	<0,6	85,0	25,0	80

Tabela 4. Ogólna ocena jakości wód podziemnych
Table 4. General estimation of groundwater quality

Próbka Sample	Miejscowość Town/ village	Fe	Mn	Pb	Al	Cd	As	Zn	Cu	Cr
1	Wolanów	I	II	II	III	II	II	I	I	I
3	Bratków	I	II	II	III	II	II	I	I	I
7	Bogatynia	I	II	II	IV	II	II	I	I	I
8	Bogatynia	I	II	II	IV	II	II	I	I	I
10	Działoszyn	I	II	II	III	II	II	I	I	I
12	Wyszków	I	II	II	III	II	II	I	I	I
13	Wyszków	I	II	II	III	II	II	I	I	I
4	Jagodzin	I	II	II	IV	II	II	I	II	I
14	Jerzmanki	I	II	II	III	II	II	I	I	I
15	Łagów	I	II	II	III	II	II	I	I	I
16	Sławnikowice	I	II	II	III	II	II	I	I	I
17	Gronów	I	II	II	IV	II	II	I	I	I

Miedź w wodach podziemnych strefy utleniającej występuje najczęściej w stężeniu od 0,002 do 0,008 mg/l, a w wodach mało zmineralizowanych stężenie to zwykle nie przekracza 0,02 mg/l [Macioszczyk 2006]. Jest ona pierwiastkiem nieodzownym do prawidłowego rozwoju organizmów roślinnych i zwierzęcych, lecz jej nadmiar w wodzie pitnej działa toksycznie. Stwierdzone w badaniach własnych ilości tego metalu kształtowały się w zakresach od 0,002 mg/l do 0,015 mg/l (Jagodzin – 4). Ponadto średnie stężenia w próbkach wód

pobranych z okolic Kopalni i Elektrowni „Turów" były wyższe niż stwierdzone w drugim rejonie badawczym. Uzyskane wyniki pozwalają zaliczyć próbki wód do I klasy jakości, z wyjątkiem Jagodzina (klasa II). Spełniają one również wymagania stawiane wodzie do picia, tj. ≤ 2,0 mg Cu/l.

Cynk w wodach podziemnych o małej mineralizacji występuje przeciętnie w stężeniach 0,005–0,05 mg/l. Stężenia stwierdzone w badanych próbkach od 0,002 mg/l (Wolanów) do 0,034 mg/l (Łagów) pozwalają zaliczyć wody do I klasy jakości. Analiza średnich zawartości pomiędzy obydwoma rejonami badawczymi wykazała ponadto wyższe ilości tego metalu w rejonie nienarażonym na emisje związane z działalnością kopalni i elektrowni.

Chrom występuje w wodach podziemnych w nieznacznej, często śladowej ilości i w strefie utleniającej jego stężenie wynosi 0,005–0,01 mg/l. Jest on pierwiastkiem nieodzownym do prawidłowego rozwoju organizmów. Toksyczne natomiast są związki chromu na +6 stopniu utlenienia, ponieważ posiadają właściwości rakotwórcze. We wszystkich badanych próbkach uzyskano stężenie poniżej 0,004 mg/l (I klasa jakości), które pozwala równocześnie zakwalifikować wodę jako zdatną do picia, tzn. zawierającą maksymalnie 0,05 mg Cr/l.

Do pierwiastków o wysokim stopniu potencjalnego zagrożenia należy żelazo, którego stężenie w wodach podziemnych Polski często przekracza obowiązujące normy. Dotyczy to zwłaszcza wód w utworach czwartorzędowych, o zwiększonej zawartości substancji organicznej. W badanych próbkach stwierdzono stężenia niższe od 0,04 mg/l do 0,07 mg/l. Pozwala to zaliczyć wody podziemne obu rejonów badawczych do I klasy jakości. Spełniają one również wymagania stawiane wodom do picia, tj. 0,2 mg Fe/l.

Metalem zaliczanym do tej samej grupy zagrożenia jest również mangan. W wodach podziemnych występuje przeważnie w stężeniach od 0,01 do 0,4 mg/l. Spotykane stężenia w wodach utworów czwartorzędowych Polski to ilości śladowe do kilku mg/l. Wyniki jego zawartości w badanych próbkach wód podziemnych mieściły się w zakresie niższym od 0,1 mg Mn/l do stężeń 0,1 mg Mn/l, z wyjątkiem Wolanowa, gdzie stwierdzono ponad 0,1 mg Mn/l. Nie zaobserwowano różnic w zawartości manganu pomiędzy obydwoma rejonami badawczymi. Wody można zakwalifikować do II klasy jakości, lecz nie spełniają one wymagań dotyczących wody do picia, tj. 0,05 mg Mn/l.

Arsen i glin, zaliczane są do grupy pierwiastków o średnim stopniu potencjalnego zagrożenia. Arsen jest metalem, który dostaje się do wód podziemnych w wyniku zanieczyszczeń przemysłowych.

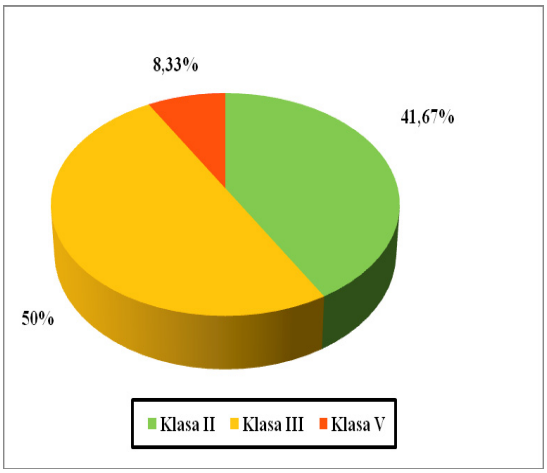
W większości niezanieczyszczonych wód podziemnych jego stężenie nie przekracza 0,01 mg/l, a średnia zawartość w wodach podziemnych strefy klimatu umiarkowanego wynosi tylko 0,0016 mg/l [Macioszczyk 2006]. Dopuszczalne stężenie arsenu w wodzie pitnej wynosi 0,01 mg/l [Rozporządzenie 2007]. Nadmiar tego pierwiastka powoduje choroby skóry, płuc i serca, poprzez niekorzystny wpływ na wiele enzymów, ma również działanie kancerogenne.

We wszystkich badanych próbkach wód podziemnych stwierdzono zawartość arsenu na poziomach poniżej 0,012 mg As /l, co pozwala zakwalifikować wodę do II klasy jakości, z nieco tylko przekroczonym progiem zawartości dla wód pitnych.

Glin jest składnikiem coraz częściej badanym w wodach podziemnych. Podstawową przyczyną jego obecności w wodach w ilościach podwyższonych jest występowanie skrajnie kwaśnego lub zasadowego odczynu środowiska [Gromysz-Kałkowska, Szubartowska 1999]. W Polsce stężenia glinu sięgające kilku mg/l odnotowano w wodach podziemnych z obszarów podatnych na wpływ kwaśnych depozycji w Sudetach [Macioszczyk 2006]. Mimo podejrzeń o toksyczne oddziaływanie tego pierwiastka na zdrowie człowieka, nie ma dotychczas wystarczających danych medycznych, na podstawie których można by określić dopuszczalne stężenie glinu w wodzie. Jego maksymalną zawartość w wodzie pitnej ustalono na 0,2 mg/l, jedynie ze względu na pogorszenie się walorów estetycznych wody. Zawartości glinu w próbkach wód podziemnych wynosiły od 0,244 mg/l do 0,628 mg/l, przy czym średnie zawartości w obu rejonach badawczych były zbliżone. Oznaczone stężenia pozwalają zakwalifikować próbki wody do III i IV klasy jakości, nie spełniają one również kryterium przyjętego dla wody pitnej. Podwyższona zawartość tego metalu w wodach podziemnych z obu badanych rejonów, szczególnie okolic Bogatyni, wydaje się być jedynym dowodem wpływu na środowisko emisji z Kopalni i Elektrowni „Turów". Przyczyną jego obecności w wodach jest wymywanie z gleb, z których został uwolniony na skutek kwaśnych depozycji [Wspólny raport 2005], a związane jest to z uwalnianiem tlenków siarki podczas spalania paliw kopalnych.

Oprócz badań zawartości metali w próbkach wód podziemnych pochodzących z rejonu zgorzeleckiego wykonano oznaczenia dotyczące podstawowych parametrów fizykochemicznych (tab. 3). Na ich podstawie stwierdzono, że odczyn wynosił od pH 6,53 do 6,79, przewodność mieściła się w zakresach od 330 do 1022 µS/cm, a twardość ogólna w przedziale od 65 do 166 mg $CaCO_3$/l. Stwierdzone ilości amoniaku to od 0,39 do 0,64 mg NH_4/l, azotanów od 6,0 do 120 mg NO_3/l, a azotynów w ilościach 0,02 mg NO_2/l i mniejszych. Ilość oznaczonych fosforanów we wszystkich próbkach wód była niższa od 0,6 mg PO_4/l, z wyjątkiem Wyszkowa, gdzie stwierdzono 1,2 mg PO_4/l. Poziom siarczanów (SO_4) mieścił się w zakresie od 26,0 do 110,0 mg/l, a chlorków od 15,0 do 190,0 mg Cl/l.

Przeprowadzona łączna ocena jakości wód podziemnych, opierająca się na wszystkich badanych parametrach spowodowała, że badane wody podziemne zostały zakwalifikowane do klasy II, III a nawet V (Jagodzin) (tab. 4). Głównym sprawcą są zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego i komunalnego (azotany, fosforany [Kowalski 2007]). Spośród badanych prób wody 50% mieści się w klasie II, 42% w klasie III i 8 % w klasie V (rys. 2).



Rysunek 2. Ocena jakości wód podziemnych
Figure 2. Estimation of groundwaters quality

Analiza przeprowadzona na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 roku w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych [Rozporządzenie 2002] wykazała, że tylko próbki wód podziemnych pochodzące z miejscowości Jagodzin (4) można uznać za zanieczyszczone, z Bogatyni (8) – za zagrożone zanieczyszczeniem, a pozostałe za niezagrożone zanieczyszczeniem.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania wykazały, że emisje związane z działalnością Kopalni i Elektrowni „Turów" nie mają istotnego wpływu na zawartość metali w wodach podziemnych badanego rejonu. Ze względu na zawartość żelaza, manganu, ołowiu, kadmu, arsenu, cynku, miedzi i chromu próbki wód można zaliczyć do I lub II klasy jakości [Rozporządzenie 2004]. Jedynym wyjątkiem jest podwyższona zawartość glinu (III lub IV klasa jakości). Może ona wynikać z uwalniania tego pierwiastka z gleb pod wpływem kwaśnych opadów atmosferycznych, spowodowanych emisją SO_2 do atmosfery.
2. Stwierdzono brak istotnych różnic w stężeniu badanych metali w wodach w obu rejonach badawczych.
3. Ogólna ocena jakości wód, przeprowadzona na podstawie zawartości metali w powiązaniu z badaniami parametrów fizykochemicznych wskazuje, że próbki wód należy zaliczyć do II, III, a nawet V klasy jakości. Decyduje o tym zawartość azotanów i fosforanów, pochodzenia rolniczego bądź komunalnego.

4. Badane próbki wód podziemnych nie spełniają wymagań przewidzianych dla wód pitnych. Przekroczone są głównie zawartości glinu, arsenu i manganu [Rozporządzenie 2007].

5. Biorąc pod uwagę wrażliwość wód na związki azotu ze źródeł rolniczych [Rozporządzenie 2002], można stwierdzić, że większość wód należy uznać za niezagrożone zanieczyszczeniem.

BIBLIOGRAFIA

Chełmicki W. *Woda. Zasoby, degradacja, ochrona.* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2002.

Długaszek M, Szopa M., Graczyk A. *Zawartość metali ciężkich w polskich wodach mineralnych i Źródlanych*. J.Elementol., 1(3), 2006, s.243–248.

Gromysz-Kałkowska K., Szubartowska E. *Glin. Występowanie w przyrodzie oraz wpływ na organizmy roślin, zwierząt i człowieka.* Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin 1999.

Kabata-Pendias A., Pendias H. *Biogeochemia pierwiastków śladowych.* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1999.

Kowalski J. *Hydrogeologia z podstawami geologii*. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, Wrocław 2007.

Macioszczyk A., Dobrzyński D. *Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych.* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.

Macioszczyk A. (red.) *Podstawy hydrogeologii stosowanej.* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006.

Raport o stanie środowiska województwa dolnośląskiego w 2006 roku, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu, 2007, http:// www.wroclaw.pios.gov.pl.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 roku w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych (Dz.U. Nr 241, poz. 2093).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 roku w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód (Dz.U. z 2004 r. nr 32, poz. 284).

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 roku w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 07.61.417).

Wiśniowska-Kielian B., Czech T. *Heavy metal concentrations in well waters from Limanowa town area*. Ecolog. Chem. Engineering, 14(5–6), 2007, s. 571–580.

Wspólny raport o jakości powietrza w trójgranicznym regionie Republiki Czeskiej, Polski i Niemiec w roku 2004 (były region Czarnego Trójkąta), 2005, CHMU (Czechy), WIOŚ (Polska), LfUG, UBA (Niemcy).

Dr Andrzej Moryl
Instytut Inżynierii Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Dr Ewa Kucharczak
Katedra Biochemii, Farmakologii i Toksykologii
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Mgr inż. Tadeusz Kiwacz
Mgr inż. Katarzyna Suszek
Instytut Inżynierii Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Recenzent: *Prof. dr hab. Jerzy Kowalski*