

# Chemizm wód podziemnych w rejonie Kopalni Węgla Brunatnego Bełchatów po 20 latach eksploatacji kopalni metodą odkrywkową

Wojciech Siciński\*, Józef Kuszneruk\*\*

Odwodnienie nadkładu oraz złoża węgla brunatnego umożliwiające jego odkrywkową eksploatację powoduje m.in. zmiany naturalnych warunków wodnych i hydrochemicznych. Prace odwodnieniowe na złożu rozpoczęto w 1973 r. wierceniem studni odwodnieniowych o głębokości ok. 250–300 m, a ich eksploatację rozpoczęto w październiku 1975 r. Chemizm wód podziemnych w rejonie złoża przed rozpoczęciem eksploatacji (odwadniania) wykazywał niewielkie zróżnicowanie (do głęb. ok. 300 m) związane z budową geologiczną i tektoniczną tego regionu, będącą wielokrotnie tematem wielu publikacji naukowych (*Budowa geologiczna Polski*, 1990; Bieniewski i in., 1980; Ciuk, 1980). W związku z powyższym ograniczono się jedynie do podania jej bardzo ogólnego zarysu.

## Zarys tektoniki, geologii i hydrogeologii

Rów Kleszczowa stanowi wąską strukturę tektoniczną o ogólnym przebiegu W–E utworzoną w podłożu mezozoicznym. W rejonie złoża i jego otoczeniu występują utwory: jury dolnej (lias) piaski i słabo scementowane piaskowce oraz iłowce i mułowce; jury środkowej (dogger) iłowce i mułowce; jury górnej (malm) margle i wapienie; kredy piaski i piaskowce albu i cenomanu oraz margle i wapienie margliste (cenoman, mastrycht).

We wschodniej i centralnej części eksploatowanego pola Bełchatów występują utwory jury dolnej i środkowej zalegające w jądrze antykliny Łękińska (najbardziej zaburzonej i wyniesionej struktury jurajskiej). Antyklina obcięta jest neotektonicznymi strefami uskoku: Widawki od SW i Folwarku od NW o przebiegu zbliżonym do osi antykliny z NW na SE. Jura górna leży na jej skrzydłach: wschodnim i zachodnim. Natomiast po wschodniej, zachodniej i północnej stronie antykliny występują utwory kredowe, tworzące synkliny (Ciuk, 1980; Siciński, 1995). W rejonie zachodniej granicy pola Bełchatów w odległości ok. 5 km od eksploatowanych obecnie barier studziennych występuje niewielki wysad solny Dębina (ryc. 1). Zwierciadło solne wysadu leży wyżej niż spąg węgla brunatnego przewidzianego do eksploatacji. Stanowi on potencjalne zagrożenie dla chemizmu wód podziemnych pompowanych przez system odwodnieniowy kopalni (Bieniewski i in., 1980; Wojtkowiak & Szczepanik, 1994). Warunki hydrogeologiczne w rejonie złoża Bełchatów są uwarunkowane: miąższością utworów kenozoicznych, ich litologią, występowaniem i przebiegiem wymyć erozyjnych, stopniem rozwoju zjawisk krasowych oraz tektoniką podłoża mezozoicznego (Bieniewski i in., 1980; Wojtkowiak & Szczepanik, 1994;

Siciński, 1995). Wody podziemne występujące w utworach czwartorzędu, trzeciorzędu i mezozoiku tworzą generalnie jeden wspólny poziom wodonośny. Ogólnie wody te można podzielić na dwie grupy: słodkie występujące w utworach wodonośnych nadkładu, jury i kredy oraz zmineralizowane, występujące w utworach triasu i permu. Ekranami nieprzepuszczalnymi dla krążenia wód w pionie są ilaste osady retyku i kajpru oraz ilaste osady kredy doggeru. Migrację tych wód mogą utrudniać także margliste osady kredy górnej oraz margle kimerydu. Przemieszczanie się ich mogą ułatwiać: zbrekcionowane strefy uskoku, lokalne odspojenia na uskokuach przesuwczych, tensyjny charakter dyslokacji w osi antykliny Łękińska oraz zerodowanie w jej przegubowej części nieprzepuszczalnych osadów doggeru (Siciński & Czabaj, 1994; Siciński, 1995).

## Chemizm wód podziemnych

Z uwagi na występowanie lokalnych izolacji chemizm wód podziemnych (w okresie dokumentowania) był słabo zróżnicowany (Bieniewski i in., 1980). Obecne stężenia podstawowych składników chemicznych (po 20 latach odwadniania złoża) przedstawiono w tab. 1.

Tab. 1. Stężenia wybranych parametrów chemicznych w rejonie KWB Bełchatów

Rejon występ.	Poziom obszar	Stężenie w mg / dm <sup>3</sup>								mineralizacja ogólna
		Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Fe <sup>+3</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sup>-</sup>	SO <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>	
Odkrywka	wszystkie łącznie	78	10	1,0	34	5	238	38	21	425
	Jg pół. cz. syst. odw.	82	10	1,0	7	2	239	40	15	432
	Jd Ant. Łękińska	64	11	1,3	134	11	264	40	111	547
Wysad Dębina	wszystkie łącznie	60	11	1,0	48	3	180	61	46	456
	Jura górna	27	12	0,8	80	10	223	63	83	554

Większość pompowanych wód przez system odwodnieniowy to wody słodkie typu wodorowęglanowego o charakterze HCO<sub>3</sub>-Ca. Na diagramach kołowych (ryc. 2) przedstawiono stężenia składników chemicznych (wybranych jonów) wód podziemnych (wszystkie poziomy wodonośne łącznie) oraz diagram ilustrujący stężenia składników wg. normy dla klas czystości wód powierzchniowych (Klasa Ib). Promień koła  $r$  jest uzależniony od wielkości mineralizacji ogólnej i obliczono go wg wzoru:

$$r = \sqrt{\frac{M}{\pi}}$$

gdzie:

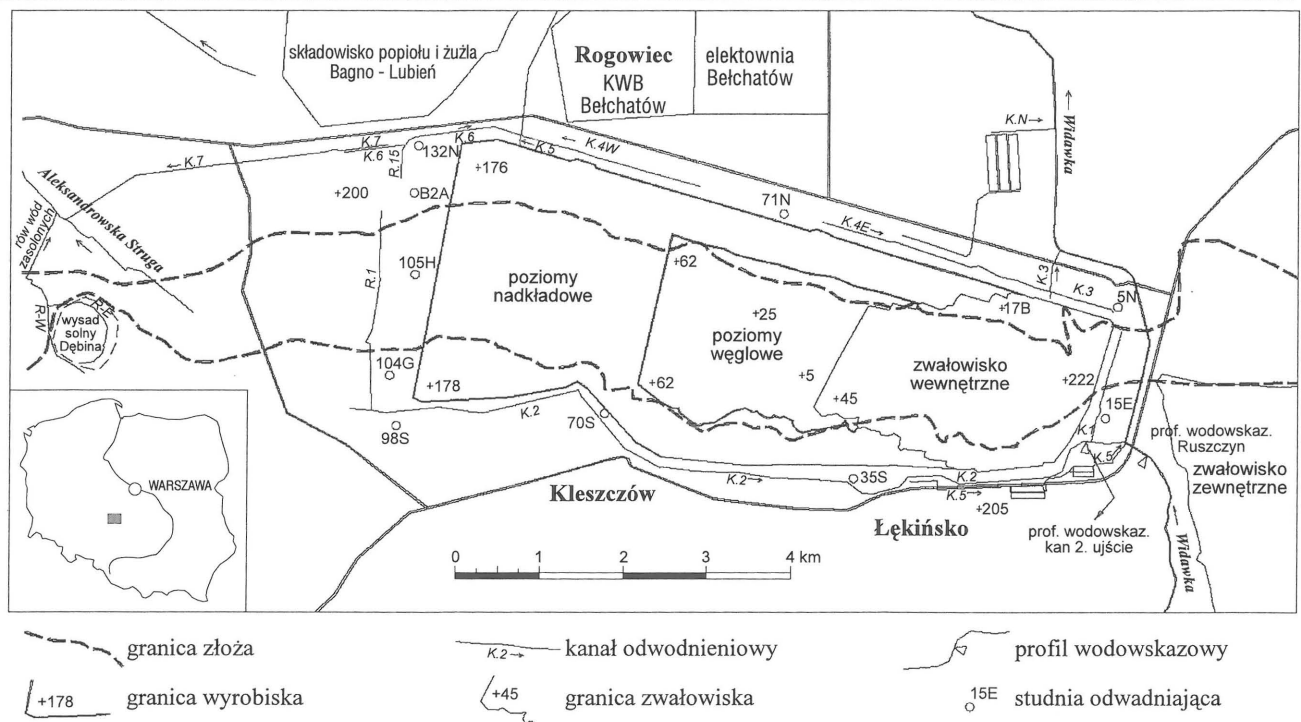
$M$  — wskaźnik składników mineralnych wody równy:

$$M = \frac{\sum AK}{n}$$

$\sum AK$  — sumaryczny ciężar składników A (anionów), B (kationów) rozpuszczonych w wodzie (mg/dm<sup>3</sup>),  
 $n$  — liczba składników w mg/dm<sup>3</sup> rozpuszczonych w

\*IGO Poltegor-Instytut, ul. Parkowa 25, 51-516 Wrocław

\*\*Przedsiębiorstwo Państwowe Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów w Rogowcu, 97-300 Piotrków Trybunalski



Ryc. 1. Szkic sytuacyjny rejonu odkrywki KWB Bełchatów

wodzie przypadających na  $1 \text{ mm}^2$  — powierzchni koła, wartość przyjmowana umownie (w obliczeniach  $n = 1$ )

Lewa połowa koła przedstawia stężenia anionów natomiast prawa kationów, w % mval/dm<sup>3</sup>.

Ogólnie — analizując udział wybranych kationów w badanych wodach stwierdzono, że stężenie jonu Ca<sup>2+</sup> kształtuje się w granicach 70–100 mg/dm<sup>3</sup>. Wyższe stężenie do 130 mg/dm<sup>3</sup> występują w wodach pompowanych przez studnie barier północnych, zafiltrowanych w utworach wodonośnych kredy i jury górnej. Niższe stężenia stwierdzono w wodach jury dolnej i środkowej o podwyższonej zawartości jonu Cl<sup>-</sup>. Jon Ca<sup>2+</sup> dominuje w wodach słodkich, słabo zmineralizowanych i w miarę wzrostu ogólnej mineralizacji jego ilość w stosunku do innych jonów maleje. Zjawisko to jest m.in. jednym ze wskaźników dopływu wód z większych głębokości (Murda i in., 1995). Stężenie jonu Mg<sup>2+</sup> waha się w granicach 5–10 mg/dm<sup>3</sup>, niezależnie od rodzaju (pochodzenia) wód. Ilość Na<sup>+</sup> w większości przypadków mieściła się w granicach 3–5 mg/dm<sup>3</sup>, a w granicach 1–5 mg/dm<sup>3</sup>. Wyższe stężenie w granicach 50–250 mg/dm<sup>3</sup> dla Na<sup>+</sup> oraz 5–15 mg/dm<sup>3</sup> dla K<sup>+</sup> stwierdzono jedynie w wodach o podwyższonej zawartości chlorków, w rejonie antykliny Łękińskiej (jura dolna) oraz wysadu solnego Dębina (jura górna). Zawartość jonu Fe<sup>3+</sup> w wodach podziemnych na tym obszarze jest bardzo zróżnicowana i waha się w granicach 0,1–6 mg/dm<sup>3</sup>. Niższą wartość poniżej 0,5 mg/dm<sup>3</sup> stwierdzono w studniach odwodnieniowych nad Wydawką, najwyższą powyżej 2 mg/dm<sup>3</sup> w studniach barier północnych. Dominującym anionem dla wód podziemnych tego rejonu są jony HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. W rejonie odkrywki zawartość wodorowęglanów jest zróżnicowana: niższa wartość do 180 mg/dm<sup>3</sup> wystąpiła w północno-zachodniej części systemu, w pozostałych mieściła się w przedziale 250–350 mg/dm<sup>3</sup>. W wodach jury dolnej waha się one w granicach 200–280 mg/dm<sup>3</sup>. Siarczany SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> są drugim najczęściej występującym anionem. Najczęściej stężenie jego waha się w granicach 5–165 mg/dm<sup>3</sup>. Najwyższą ilością siarczanów, przy równoczesnym spadku jonów SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,

charakteryzowały się wody niektórych studni w północnej części systemu odwodnienia, co wskazywałoby na czerpanie przez nie wody z głębszych poziomów wodonośnych. Trzecim głównym anionem wód podziemnych są chlorki. Stężenie jonu Cl<sup>-</sup> w większości przypadków jest niewielkie, w ok. 80% nie przekraczają 20 mg/dm<sup>3</sup>. Wyższa wartość, powyżej 70 mg/dm<sup>3</sup>, występuje jedynie w wodach podziemnych pompowanych z utworów wodonośnych z rejonu antykliny Łękińskiej (jura dolna) oraz wysadu solnego Dębina (jura górna). Średnie wartości wybranych anionów i kationów dla wód pompowanych przez studnie z jury górnej (północna część systemu odwodnieniowego), jury dolnej (fragment południowej części systemu odwodnieniowego), oraz rejonu wysadu solnego Dębina (studnie jury górnej) przedstawiono na diagramach kołowych w odniesieniu do ilości pompowanych wód przez system odwodnieniowy (ryc. 3–5).

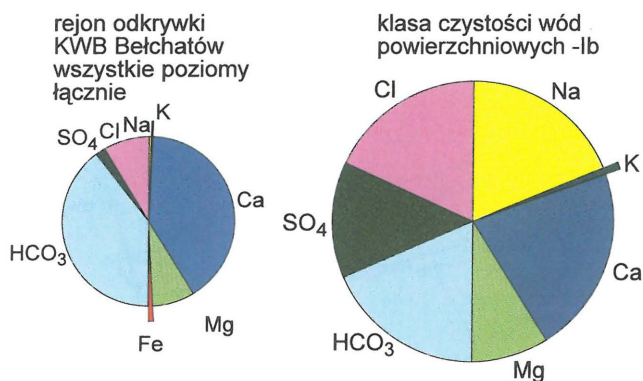
Wody pompowane przez studnie ujmujące utwory wodonośne jury dolnej mają odmienny charakter. Są to wody czterojonowe typu HCO<sub>3</sub>-Cl-Na-Ca lub Cl-Na-HCO<sub>3</sub>-Ca, a ich charakter określa wielkość stężenia jonu Cl<sup>-</sup> (Murda i in., 1995; Siciński, 1995). Obecnie studnie te pracują z niewielkim wydatkiem (ryc. 4), w związku z czym nie wpływają ujemnie na jakość wód kopalnianych.

Podobny charakter mają wody pompowane przez część studni bariery wysadu solnego Dębina, zafiltrowane w utworach wodonośnych jury górnej (ryc. 5).

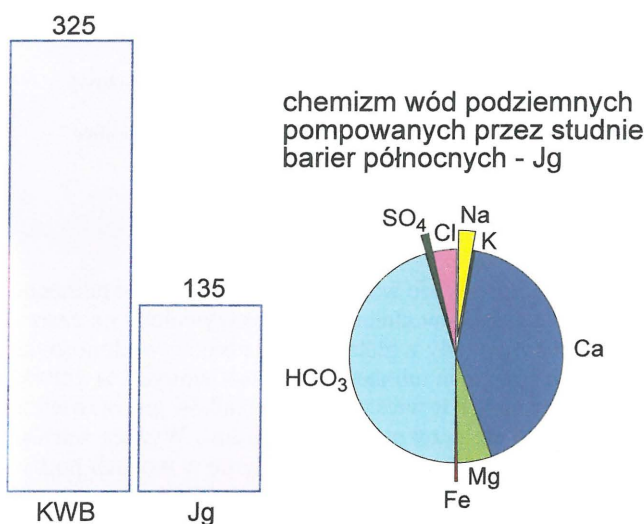
Czynnikami wpływającymi na zmiany chemizmu wód podziemnych w rejonie wyrobiska, niezależnie od ogólnych czynników hydrogeologicznych są: długotrwałe odwadnianie górotworu, pogłębiający się lej depresji oraz zachodzące w górotworze zmiany geochemiczne (Murda i in., 1995; Siciński, 1995).

#### Badania statystyczne

Badania zmian chemizmu wód podziemnych w rejonie

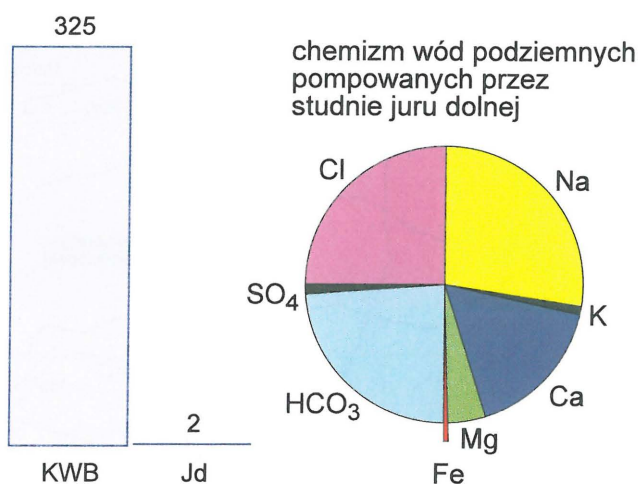


Ryc. 2. Diagram średnich stężeń wybranych jonów w wodach podziemnych oraz wg normy dla klas czystości wód powierzchniowych (klasa Ib)

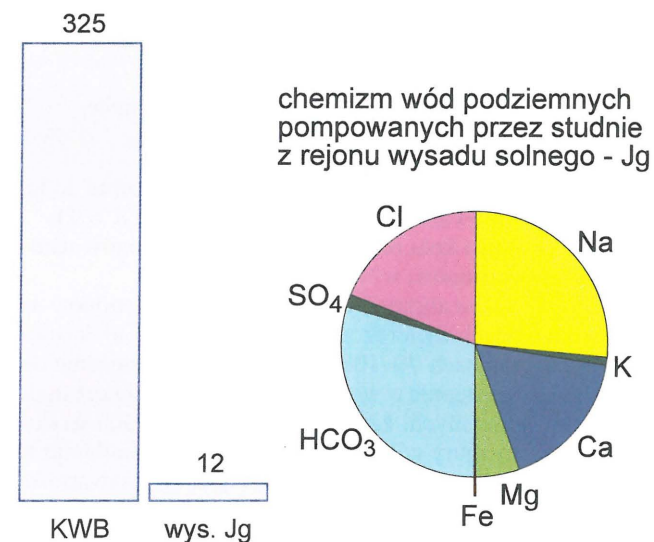


Ryc. 3. Diagram średnich stężeń wybranych jonów: w wodach podziemnych oraz wydatku globalnego kopalni i studni z barier północnych ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

KWB Bełchatów są prowadzone od 1976 r. Na potrzeby monitoringu procesów odwadniania opracowano w IGO Poltegor-Institut bazę danych hydrogeologicznych i hydrochemicznych. Badania statystyczne są prowadzone m.in. dla następujących parametrów chemicznych: sucha pozostałość  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  pod kątem ochrony środowiska, tj. analizy wód zrzucanych przez bariery odwodnieniowe do rowów i kanałów odprowadzających je do rzeki Widawki. W artykule przedstawiono wyniki obliczeń przeprowadzonych dla wybranych dwu elementów systemu odwodnieniowego kopalni, tj. dla studni odwadniających bariery *N* (północna część systemu) oraz bariery *S* (południowa część systemu), obejmującej m.in. studnie zafiltrowane w utworach wodonośnych jury dolnej. Liczebność poszczególnych grup obliczeniowych oraz częstotliwość opróbowania studni odwodnieniowych jest bardzo zmienna w czasie. Związane jest to m.in. z liczebnością czynnych studni w poszczególnych rejonach, wydajnością poszczególnych studni oraz zmiennością chemizmu wód pompowanych przez te studnie (studnie o ekstremalnym chemizmie



Ryc. 4. Diagram stężeń wybranych jonów w wodach podziemnych i wydatku globalnego kopalni i studni rejonu antykliny — Jd ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

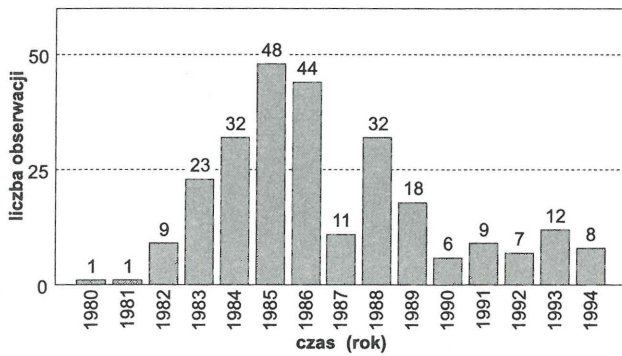


Ryc. 5. Diagram stężeń wybranych jonów w wodach podziemnych oraz wydatku globalnego kopalni i bariery okalającej wysad ( $\text{m}^3/\text{min}$ )

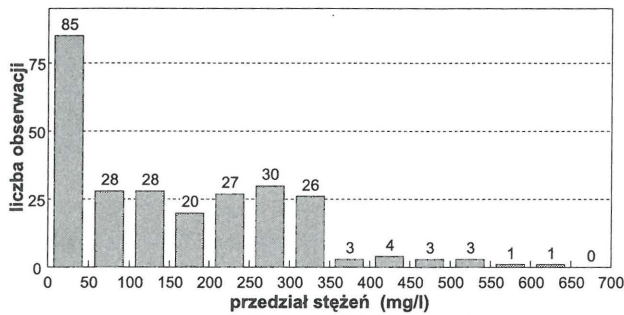
są wyłączane). Zmianę stopnia (częstotliwości) opróbowania studni odwodnieniowych oraz liczebności w poszczególnych przedziałach stężeń, przedstawiono przykładowo dla fragmentu południowej części systemu rejon antykliny Łękińska (ryc. 6, 7).

Badania wykazały ponadto duży rozrzut wartości cech poszczególnych parametrów chemicznych oraz, że wyniki analiz fizykochemicznych wykonywanych przez różne laboratoria dla tych samych punktów poboru i tych samych dat są nieraz bardzo rozbieżne. Wskazuje to na konieczność uzgadniania, przez laboratoria wykonujące analizy fizykochemiczne, techniki pomiarowo-analitycznej lub prowadzenia obliczeń statystycznych na wyselekcjonowanym materiale.

Dla uzyskania lepszego obrazu zachodzących w czasie zmian chemizmu wód podziemnych w północnej i południowej części systemu odwodnieniowego wykonano wykresy



Ryc. 6. Wykres stopnia (czystości) opróbowania w latach 1980–1994 — fragment południowej części systemu odwodnieniowego; 261 analiz chemicznych (jura dolna — antyklina Łękińska)



Ryc. 7. Histogram liczebności stężenia jonu Cl w latach 1980–1994 — fragment południowej części systemu odwodnieniowego; 261 analiz chemicznych (jura dolna — antyklina Łękińska)

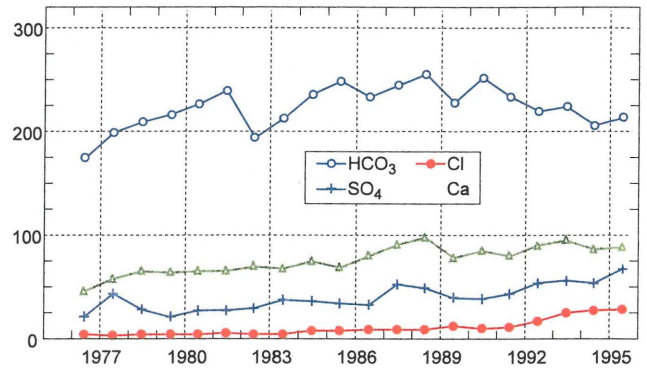
średnich wartości wybranych parametrów chemicznych. W północnej części systemu, bariera N (ryc. 8), stwierdzono (od ok. 1988 r.) wolny spadek zawartości  $\text{HCO}_3^-$  — przy równoczesnym niewielkim wzroście stężeń  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ .

Inny skład i charakter wykazują wody pompowane przez studnie południowej części systemu odwodnieniowego bariera S (ryc. 9). Charakteryzują się one wyższą zawartością  $\text{HCO}_3^-$  (z nieznaczną tendencją wzrostową) oraz wyraźnie wyższymi stężeniami  $\text{Cl}^-$  od połowy 1981 r., aby w 1990 r. osiągnąć wartość max ok. 115  $\text{mg/dm}^3$ . Od tego okresu obserwuje się wyraźny spadek stężenia tego jonu.

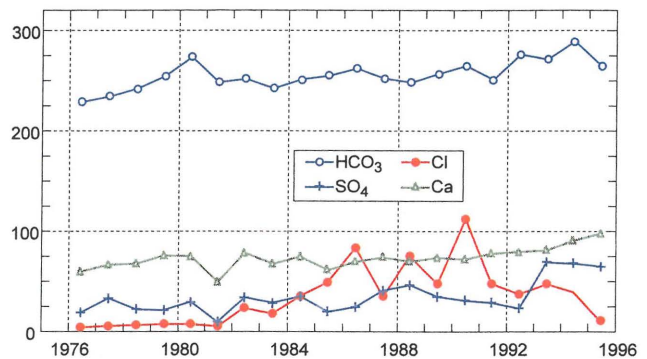
Inny skład chemiczny wód podziemnych pompowanych przez północną (bariera N) i południową (bariera S) część systemu odwodnieniowego (patrz ryc. 3, 4) oraz zmiany stężeń tych parametrów w czasie (ryc. 8, 9) są związane z ich odmiennym charakterem hydrogeologicznym i hydrologicznym (Bieniewski i in., 1980; Murdza i in., 1995; Siciński, 1995). W 1995 r. średnie stężenia wybranych parametrów chemicznych dla tych wód kształtowały się następująco:

	północna część systemu	południowa część systemu
$\text{HCO}_3^-$	214 $\text{mg/l}$	264 $\text{mg/l}$
$\text{SO}_4^{2-}$	68 $\text{mg/l}$	66 $\text{mg/l}$
$\text{Cl}^-$	29 $\text{mg/l}$	11 $\text{mg/l}$
$\text{Ca}^{2+}$	89 $\text{mg/l}$	98 $\text{mg/l}$

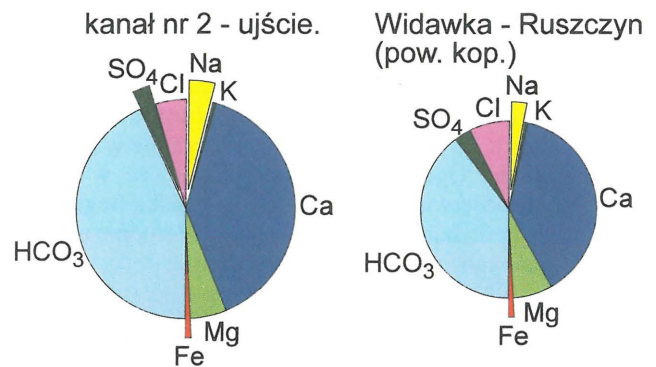
Wyraźnie zaznaczający się spadek stężenia jonu  $\text{Cl}^-$  oraz charakter wód po 1993 r. jest związany przede wszystkim z dwoma zjawiskami. Przeniesieniem głównego ciężaru odwadniania z głębokich studni odwadniających barierę S rejonu antykliny Łękińska na płytsze studnie barier G i G-1



Ryc. 8. Wykres średnich wartości stężeń wybranych jonów dla wód pompowanych przez barierę N, północna część systemu odwodnienia, w latach 1976–1995



Ryc. 9. Wykres średnich wartości stężeń wybranych jonów dla wód pompowanych przez barierę S, południowa część systemu odwodnienia, w latach 1976–1995



Ryc. 10. Diagram średniego stężenia wybranych jonów w wodach podziemnych i powierzchniowych w rejonie kopalni

zlokalizowane na półkach stałych (bariery wewnętrzne), tj. na bariery pompujące wodę o niższej mineralizacji. Potwierdzeniem poprawności takiego układu eksploatacyjnego barier odwodnieniowych uzyskano na modelu numerycznym w IGO Poltegor-Instytut (Siciński & Czabaj, 1994). Drugim ważnym czynnikiem zmieniającym charakter wód w południowej części systemu odwodnieniowego jest jego rozwój w kierunku zachodnim i związana z nim intensywna eksploatacja słabo zmineralizowanych wód podziemnych z utworów wodonośnych jury górnej i kredy. Dodatkowo pewnym czynnikiem wpływającym na wartość średnich stężeń ma wyłączenie, z uwagi na ochronę środowiska, studni z rejonu antykliny Łękińska, które w jakimś okresie pompowały wody o ekstremalnych wartościach mineralizacji. Ponieważ procentowy udział wód z rejonu antykliny jest niewielki

(ryc. 4), występowanie wód o podwyższonej mineralizacji w układzie całej kopalni nie ma większego znaczenia.

Wody pompowane przez system odwodnieniowy kopalni są zrzucane do cieków powierzchniowych, co powoduje konieczność prowadzenia badania tych wód w układzie rowów i kanałów odwadniających oraz wytypowanych cieków powierzchniowych (Murda i in., 1996). Wyniki tych badań stanowią bardzo obszerny materiał dokumentacyjny, który należałoby omówić w odrębnym artykule. W związku z powyższym ograniczono się jedynie do stwierdzenia, że odprowadzane wody kopalniane pod względem składu chemicznego są typu wodorowęglanowego o charakterze  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  oraz odpowiadają klasie I czystości wód powierzchniowych (ryc. 2), a elementem ponadnormatywnym są najczęściej jony Fe (Murda i in., 1995). Dla lepszego porównania chemizmu wód kopalnianych z wodami z cieków powierzchniowych wykonano diagramy (ryc. 10) chemizmu wód z kanału Nr 2 (odprowadza wody z bariery S, m.in. z rejonu antykliny) oraz Widawki w profilu Ruszczyn (powyżej kopalni).

Porównanie ich wskazuje na bardzo duże podobieństwo tych wód pod względem składu chemicznego, z tym że wody kopalniane charakteryzują się minimalnie większą zawartością  $\text{HCO}_3^-$  oraz nieco niższymi stężeniami jonów  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ .

Dodatkowym pozytywnym wynikiem prowadzonych od wielu lat badań nad chemizmem wód podziemnych i powierzchniowych w rejonie KWB Bełchatów jest m.in. fakt, że uzyskane wyniki pozwalają kopalni na obronę przed próbami zrzucania odpowiedzialności za źle prowadzoną gospodarkę ściekowo-kanalizacyjną na terenach gmin sąsiadujących z obszarami górniczymi.

Odrębnym zagadnieniem, problemem hydrochemicznym jest składowisko popiołów (elektrowni) Bagno-Lubień oraz ich nieselektywne składowanie od 1993 r. w zwałowisku wewnętrznym kopalni. Wyniki prowadzonych badań zostały częściowo opublikowane w literaturze (Glazer i in., 1995) oraz pracach IGO Poltegor-Instytut (Murda i in., 1995; Siciński, 1995). Wymaga ono dalszych szczegółowych badań a ich wyniki winne być omówione w oddzielnym artykule. Ogólnie można stwierdzić, że w chwili obecnej nie obserwuje się wpływu składowiska Bagno-Lubień na wody podziemne pompowane przez studnie odwodnieniowe zlokalizowane w jego sąsiedztwie.

	rejon odkrywki	rejon składowiska
$\text{HCO}_3^-$	220 mg/l	225 mg/l
$\text{SO}_4^{2-}$	55 mg/l	45 mg/l
$\text{Cl}^-$	20 mg/l	15 mg/l
$\text{Ca}^{2+}$	85 mg/l	80 mg/l

Niewielki wpływ może jedynie wystąpić w ciekach powierzchniowych odprowadzających wody z tego obszaru (Murda i in., 1995). Również w otworach  $P_p$  (we wkopie) oraz piezometrach wewnętrznych  $P_w$ , obecnie nie obserwuje się wpływu nieselektywnego składowania popiołów w zwałowisku wewnętrznym (Glazer i in., 1995; Murda i in., 1995). Zwałowisko wewnętrzne znajduje się na obszarze silnie zdepresjonowanego zwierciadła wód podziemnych

(pod wpływem działania systemu odwodnieniowego). Sukcesywne oddalanie się centrum systemu odwodnieniowego na zachód będzie powodowało regresję zwierciadła wód podziemnych, co może spowodować wymywanie składników chemicznych wskutek przepływu wód. Obecnie popioły zdeponowane na zwałowisku mogą być jedynie wymywane przez wody infiltrujące z opadów atmosferycznych (Glazer i in., 1995; Siciński, 1995).

## Podsumowanie

Wody podziemne wszystkich trzech poziomów wodo-nośnych (czwartorzędowego, trzeciorzędowego i mezozoicznego) pompowane obecnie przez system odwodnieniowy kopalni należą do wód słodkich, typu wodorowęglanowego o charakterze  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ . Odmienny charakter mają wody podziemne w rejonie antykliny Łękińska (jura dolna) oraz wysadu solnego Dębina (jura górna) — czterojonowe typu  $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na-Ca}$  lub  $\text{Cl-HCO}_3\text{-Na-Ca}$ , a ich charakter określa wielkość stężenia jonu  $\text{Cl}^-$ . Większość badanych wód pod względem składu chemicznego dpowiada klasie I czystości wód powierzchniowych, a składnikiem ponadnormatywnym są najczęściej jony Fe. Wody podziemne z rejonu antykliny Łękińska, rejonu o odmiennym charakterze hydrogeologicznym i hydrochemicznym w chwili obecnej nie stanowią żadnego zagrożenia dla wód rzeki Widawki (Murda i in., 1995; Siciński, 1995; Wojtkowiak & Szczepanik, 1994). Zlokalizowane na południowy-wschód od odkrywki, tzw. mokre składowisko popiołów Bagno-Lubień oraz nieselektywne składowanie popiołów, z nadkładem złoża w zwałowisku wewnętrznym aktualnie również nie wpływają ujemnie na jakość wód pompowanych przez system odwodnieniowy kopalni. Mokre składowanie popiołów może jedynie wpływać na chemizm wód w ciekach powierzchniowych odprowadzających wody z tego obszaru.

## Literatura

- Budowa geologiczna Polski, 1990 — Hydrogeologia. t. 7, Wyd. Geol.: 144–150.
- BIENIEWSKI J., KLECZKOWSKI A.S. & SEWERYN L. 1980 — Przew. 52 Zjazdu Pol. Tow. Geol., Bełchatów: 124–144.
- CIUK E. 1980 — Ibidem: 38–56.
- GLAZER Z., SOŁTYK W. & KUSZNERUK J. 1995 — Tech. Poszuk. Geol., 4–5: 53–61.
- MURDA J., SOWIŃSKA G. & TOMALA M. 1995 — Analiza jakości wód odprowadzanych z systemu odwadniania do rzeki Widawki i ich wpływ na jakość wody w Widawce. Cz. I. IGO Poltegor-Instytut. Wrocław.
- SICIŃSKI W. 1995 — Analiza jakości wód odprowadzanych z systemu odwadniania do rzeki Widawki i ich wpływ na jakość wody w Widawce. Cz. II. IGO Poltegor-Instytut. Wrocław.
- SICIŃSKI W. & CZABAJ W. 1994 — Model numeryczny odwodnienia odkrywki Bełchatów w rejonie antykliny Łękińska w aspekcie dopływu wód zmineralizowanych do systemu odwadniającego. IGO Poltegor-Instytut Wrocław.
- WOJTKOWIAK B. & SZCZEPANIK P. 1994 — Wpływ KWB Bełchatów na zasoby wodne rejonu — Cz. III. Ocena zmian jakości wód kopalnianych. Poltegor-Projekt.