

*Jacek Motyka**, *Mariusz Czop**, *Waldemar Jończyk***, *Zbigniew Stachowicz****,
*Ilona Jończyk***, *Renata Martyniak***

WPLYW GŁĘBOKIEJ EKSPLOATACJI WĘGLA BRUNATNEGO NA ZMIANY ŚRODOWISKA WODNEGO W REJONIE KOPALNI „BEŁCHATÓW”

1. Zarys działalności KWB „Bełchatów”

BOT KWB „Bełchatów” SA jest przedsiębiorstwem górniczym prowadzącym działalność w zakresie odkrywkowej eksploatacji węgla brunatnego i kopalin towarzyszących. Złoże węgla brunatnego „Bełchatów” znajduje się w centralnej części przebiegającej równoleżnikowo jednostki tektonicznej nazywanej Rowem Kleszczowa. Główny pokład węgla znajduje się na głębokości średnio ok. 130 m. Roboty górnicze prowadzone są w zakresie zdejmowania nadkładu oraz eksploatacji węgla. Złoże węgla brunatnego eksploatowane jest na Polu Bełchatów oraz udostępniane na Polu Szczerców. Występowanie w centralnej części złoża wysadu solnego Dębina, którego strukturę należy chronić przed naruszeniem, warunkuje przyjęty sposób eksploatacji, tj. generalnie w kierunku wysadu solnego:

- na Polu Bełchatów eksploatacja prowadzona jest ze wschodu na zachód,
- na Polu Szczerców eksploatacja prowadzona jest z zachodu na wschód.

Wydobycie węgla brunatnego uwarunkowane jest wyprzedzająco prowadzonym odwodnieniem złoża systemem studni wielkośrednicowych. Odwodnienie kopalni stanowią:

- system odwodnienia wgłębnego,
- system odwodnienia powierzchniowego.

Zadaniem systemów odwodnienia Zakładu Górniczego KWB „Bełchatów” jest ujmowanie wód podziemnych i powierzchniowych w celu odwodnienia górotworu w stopniu umożli-

* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

** BOT KWB „Bełchatów” SA

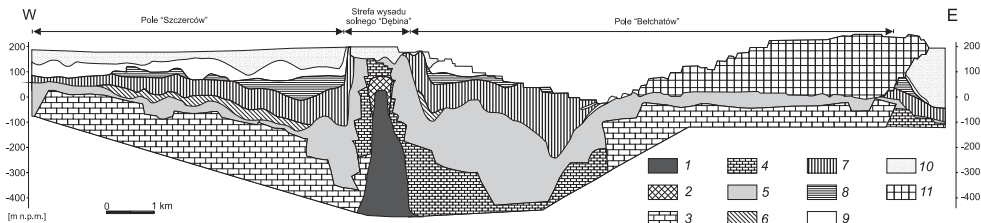
*** Poltegor-Projekt sp. z o.o., Wrocław

liwiającym bezpieczną eksploatację węgla brunatnego. Ujmowane wody odprowadzane są do naturalnej sieci hydrograficznej rejonu, tzn. do rzeki Widawki i rzeki Krasowej. Odbiorniki wód kopalnianych zostały przystosowane do przyjęcia wód pochodzących z odwodnienia poprzez przebudowę koryt rzecznych z zachowaniem naturalnej zlewni powierzchniowej.

2. Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne

Złoże węgla brunatnego znajduje się w wąskiej strefie zapadliskowej rozciągającej się w kierunku W–E na odcinku ok. 65 km (Rów Kleszczowa). Rów ten stanowi granicę między Niecką Łódzką na północy a elewacją radomszczańską na południu. Jest to obszar charakteryzujący się bardzo skomplikowaną tektoniką. Występują tu co najmniej dwie krzyżujące się generacje uskoków: o kierunku zbliżonym do NW–SE o dużych przesunięciach pionowych w obrębie kenozoiku oraz o kierunku zbliżonym do SW–NE, bardzo czytelnych w całym znanym profilu litostratygraficznym osadów rejonu bełchatowskiego. Kontynuacja procesów tektonicznych w czasie tworzenia się węgla spowodowała powstanie w obrębie Rowu Kleszczowa tzw. rowu II rzędu. Jest to strefa utworzona wzdłuż południowej granicy złoże, w której miąższość węgla dochodzi do 200 m, a strop węgla uległ znacznemu obniżeniu.

Wśród rozpoznanych formacji geologicznych w rejonie złoże (rys. 1) stwierdzono występowanie utworów cechsztyńskich (wysad solny Dębina), jurajskich, kredowych, trzeciorzędowych i czwartorzędowych. Głębokość stropu podłoża kredowo-jurajskiego jest bardzo zróżnicowana: w obrębie rowu tektonicznego wynosi od 150 m do 600 m, poza rowem strop mezozoiku występuje na głębokości od 0 m do 150 m.



Rys. 1. Przekrój geologiczny przez złoże węgla brunatnego Bełchatów:

- 1 — sól kamienna, 2 — czapa gipsowo-iłowa, 3 — jura, 4 — kreda, 5 — kompleks powęglowy (Tr),
6 — węgiel brunatny (pozabilansowy), 7 — węgiel brunatny, 8 — kompleks ilasto-węglowy,
9 — kompleks ilasto-piaszczysty, 10 — czwartorzęd, 11 — zwałowisko wewnętrzne

Z punktu widzenia odwodnienia w rejonie złoże węgla brunatnego można wyróżnić następujące kompleksy wodonośne:

- kompleks nadkładowy, który stanowią osady czwartorzędowe wraz z utworami trzeciorzędu, zalegającego nad stropem pokładu węgla lub podłoża mezozoicznego, poza granicami złoże;

- kompleks podwęglowy;
- kompleks mezozoiczny.

Kompleks nadkładowy stanowią osady piaszczyste o różnej granulacji, zmiennej miąższości i rozprzestrzenieniu. Sumaryczne miąższości na obszarze złoża dochodzą do 150 m, przy czym wodonośne osady trzeciorzędu nadwęglowego mają średnio 10÷30 m i reprezentowane są przez piaski drobnoziarniste, często zasilone, tworzące nieciągłe warstwy wśród pakietów ilasto-mułkowych. Wzdłuż północnej granicy złoża, w jego wschodniej części, przebiega głęboka czwartorzędowa rynna erozyjna, która rozcina złożę do jego spągu. Wypełniona jest piaskami i żwirami o dużej miąższości (średnio 155 m) i wysokiej przepuszczalności, przy współczynniku filtracji dochodzącym do 38 m/d.

Wodonośne osady trzeciorzędu podwęglowego występują w postaci piasków, najczęściej drobnych i pylastych, o sumarycznej miąższości od kilku do ok. 60 m. W rowie II rzędu miąższość warstw piaszczystych wzrasta do 100÷150 m. Przepuszczalność piasków podwęglowych w stosunku do utworów wodonośnych części stropowej nadkładu jest niska. Wartość współczynnika filtracji tych piasków, przyjęta jako średnia wartość z analiz granulometrycznych i próbnych pompowań, wynosi 2,5 m/d. Piaski podwęglowe wykazują łączność hydrauliczną zarówno z pokładem węgla, jak i z podłożem mezozoicznym.

Kompleks kredowo-jurajski jest zasobnym zbiornikiem wód podziemnych. Stropowe partie podłoża mezozoicznego budują skrasowiałe i spękane wapienie górnej jury, margle, wapienie i opoki kredowe, a także występujące lokalnie piaski, piaskowce jury dolnej i kredy górnej. Współczynnik filtracji w zależności od wykształcenia litologicznego i rozwoju procesów krasowych kształtuje się w szerokich granicach: od 0,3 m/d (margle), przez 3 m/d dla piaskowców, do 13 m/d dla wapieni.

W warunkach naturalnych zwierciadło wód podziemnych występowało na głębokości ok. 5 m pod powierzchnią terenu. Zwierciadło wód kompleksu mezozoicznego i trzeciorzędowego znajdowało się na głębokości zbliżonej do poziomu wód w utworach czwartorzędowych. Zasilanie głębszych kompleksów wodonośnych odbywało się na drodze przesączania z poziomów wyżejleżących lub przez okna hydrogeologiczne. Głównymi strefami zasilania były obszary wododziału zlewni Widawki.

3. Sposób odwodnienia złoża

System odwodnienia wyrobisk kopalni „Bełchatów” został dostosowany do budowy geologicznej złoża oraz występowania i zasobności utworów wodonośnych w jego otoczeniu. Warunki hydrogeologiczne, przy uwzględnieniu rozmiarów wyrobisk górniczych, ich powierzchni i głębokości, rzutowały na wybór systemu odwodnienia złoża, który stanowią studnie wielkośrednicowe wiercone w liniach barier wzdłuż północnej i południowej granicy wyrobiska.

System odwodnienia wgłębnego obejmuje:

- studnie barier zewnętrznych,
- studnie barier wewnętrznych stałych,

- studnie barier wewnętrznych nadkładowych,
- system odwodnienia pomocniczego,
- studnie II stopnia odwodnienia dla potrzeb odwodnienia rowu II rzędu.

Główną zasadą odwodnienia wyrobiska jest obniżenie zwierciadła wody w podstawowych kompleksach wodonośnych z wyprzedzeniem czasowym co najmniej jednorocznym w stosunku do udostępnianych poziomów górniczych. Wyrobisko jest zabezpieczane przed zagrożeniem wodnym w postaci wdarcia się wody ze skarpy lub spągu w ilości stanowiącej zagrożenie dla ludzi i urządzeń. Zagrożenie ze strony napiętych wód w poziomach podłożowych likwidowane jest poprzez pracę studni przelewowo-pompowych wierconych na poziomach węglowych lub na dnie wyrobiska. Dla likwidacji zawadzenia resztkowego występującego w osadach nadkładu wiercone są na poziomach roboczych i półkach stałych płytkie studnie pompowe, otwory spływowo-chłonne lub otwory kierunkowe.

W celu analizy postępu odwodnienia określone są w wyrobisku przyrosty depresji, które w koordynacji z dynamiką udostępniania kolejnych poziomów górniczych zapewniają bezpieczeństwo prowadzonych robót. Zejście z eksploatacją węgla do planowanej rzędnej -110 m n.p.m. wymaga obniżenia zwierciadła wody do poziomu co najmniej 1 m poniżej dna wyrobiska lub do poziomu, w którym zapewniona będzie równowaga pomiędzy ciśnieniem wód w tych utworach a ciężarem ławy spągowej.

W obrębie wyrobiska rozbudowywany jest system odwodnienia powierzchniowego, którego zadaniem jest przejęcie wód opadowych, wycieków ze skarp oraz wód pompowanych przez system odwodnienia pomocniczego.

Wody pochodzące z odwodnienia wglębnego kierowane są do rowów i kanałów na powierzchni terenu, którymi odprowadzane są do rzeki Widawki bezpośrednio lub przez jej dopływy. Wody z odwodnienia powierzchniowego po oczyszczeniu w osadnikach terenowych zrzucane są do rzeki. System rowów i kanałów na powierzchni terenu obejmujący praktycznie cały obwód wyrobiska pełni również rolę ochronną przed dopływem do wyrobiska wód ze zlewni.

4. Zmiany środowiska wodnego

Głęboki drenaż wód podziemnych powoduje zmiany w środowisku naturalnym zarówno w najbliższym sąsiedztwie wyrobiska, jak i w znacznej odległości od niego. Odwodnienie złoży, niezbędne dla zapewnienia bezpiecznych warunków eksploatacji górniczej, ma istotny wpływ na środowisko wód podziemnych i powierzchniowych wyrażony zmianami w stosunkach hydrodynamicznych i hydrochemicznych.

4.1. Zmiany warunków hydrodynamicznych

Zmiany hydrodynamiczne związane z drenażem wód w obrębie wyrobiska ujawniają się poprzez rozwój leja depresji i w konsekwencji zmianę kierunku przepływu wód podziemnych. W warunkach naturalnych bazą drenażu wód były doliny rzek: Widawki i Warty.

Zasięg leja depresji zwiększa się po stronie zachodniej i południowo-zachodniej, a jego wschodnia część znajduje się w strefie regresji zwierciadła wód podziemnych na skutek kontrolowanego wyłączenia studni odwadniających w związku z przesuwaniami się frontów eksploatacyjnych na Polu Bełchatów w kierunku zachodnim.

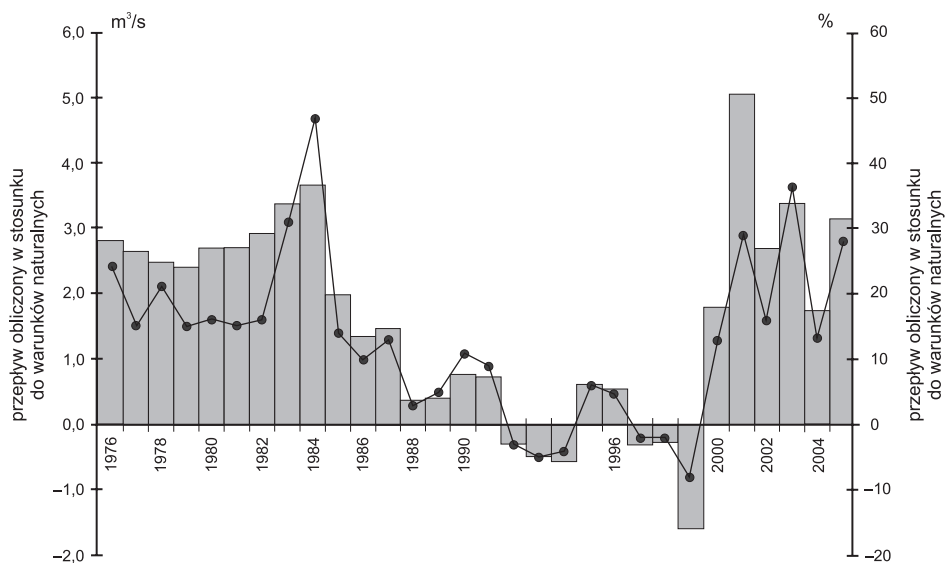
Rozwój leja depresji powoduje:

- obniżenie poziomu wód gruntowych i zanik wody w płytkich studniach gospodarskich;
- obniżanie ciśnienia piezometrycznego w warstwach leżących pod utworami słaboprzepuszczalnymi;
- zmniejszenie przepływu w ciekach powierzchniowych na skutek malejącego dopływu wód podziemnych i powierzchniowych;
- ucieczki wody z nieuszczelnionych koryt rzecznych na obszarze leja depresji w rejonie intensywnego drenażu kopalni;
- zmniejszenie stanu uwilgotnienia gleb, a wraz z tym spadek plonowania gleb (dotyczy to trwałych użytków zielonych (łąki, pastwiska) oraz gruntów ornych 9. kompleksu zbożowo-pastewnego słabego jako najbardziej wrażliwych na zmiany poziomu wody gruntowej);
- obniżenie zasobności wodnej na obszarach lasów, co jest zauważalne w największym stopniu na siedliskach bagiennych i wilgotnych powodując szkody w drzewostanie;
- odkształcenie terenu na skutek odwodnienia górotworu (dotychczasowe obserwacje wskazują, iż osiadanie terenu jest niewielkie; prowadzone obserwacje geodezyjne i ich analiza pokazują, że maksymalne deformacje zachodzą jedynie w bliskim sąsiedztwie wyrobiska górniczego).

Dla całej zlewni Widawki nastąpiło zmniejszenie współczynnika odpływu z wartości 0,32 do 0,20. Dla kontrolowanych profili na rzece Widawce poniżej zrzutów wód kopalnianych wpływ kopalni „Bełchatów” przejawia się przyrostem przepływów wody w stosunku do warunków naturalnych. Średni roczny przepływ w profilu Podgórze (odcinek ujściowy Widawki) był większy o 3,17 m³/s, co stanowi 28% przepływu [2, 3]. Zmiany przepływu w rzece Widawce zostały przedstawione na kolejnym rysunku (rys. 3).

Przepływ w rzece Krasowej uległ istotnym zmianom na skutek oddziaływania kopalni „Bełchatów”. Koryto powyżej zbiornika Winek (górny odcinek rzeki) jest całkowicie pozbawione przepływu. W profilu ujściowym (miejsowość Krasowa) przepływ w roku 2005 r. był ponad 5-krotnie wyższy od przepływu w warunkach naturalnych i wyniósł 4,54 m³/s. Na przepływ w rzece Krasowej wpływają przede wszystkim zrzuty wód kopalnianych oraz straty w odpływie spowodowane lejem depresji w obrębie zlewni rzeki [2, 3].

Niektóre mniejsze cieki znajdujące się w zasięgu leja depresji są okresowo lub całkowicie pozbawione wody. Są to: Ciek z Brudziec, Jeziorka w profilu Ozga, Ciek Zabłocia, rzeka Nieciecz w profilu Jastrzębice, Kręcica w profilu Żaby. Po zaprzestaniu odwodnienia i odbudowie zwierciadła wody na tym terenie nastąpi prawdopodobnie przywrócenie naturalnego zasilania, które spowoduje przepływ w tych ciekach.



Rys. 3. Zmiana przepływów Widawki w wyniku oddziaływania kopalni „Bełchatów”

4.2. Zmiany warunków hydrochemicznych

Zmiany składu chemicznego elementów środowiska wodnego związane są zarówno z wtórnymi zmianami geochemicznymi zachodzącymi w strefie areacji w obrębie całego leja depresji, jak też z istnieniem zagrożeń naturalnych, w tym wysadu solnego Dębina.

Zmiana składu chemicznego wód w strefie areacji

W związku z przesuwaniem się frontów eksploatacyjnych w kierunku zachodnim na Polu Bełchatów w rejonie zwałowiska wewnętrznego wyłączane są sukcesywnie studnie odwodnieniowe. Zmiany zachodzące w środowisku wodnym rejonu, w którym następuje odbudowa zwierciadła wód podziemnych, analizowane są m.in. w oparciu o koncentrację trytu. Oznaczenia zawartości trytu wskazują, że odbudowa ciśnienia w warstwach wodonośnych następuje przede wszystkim w wyniku infiltracji współczesnego opadu atmosferycznego. Od 2005 r. obserwuje się jednak wydłużanie „średniego wieku” podziemnego przepływu wody, co interpretuje się jako udział wód systemów głębszego krążenia lub dopływ z bardziej odległego obszaru zasilania. Istotne znaczenie dla tempa odbudowy zwierciadła wody ma wielkość opadów atmosferycznych, które są głównym źródłem zasilania. Cechą charakterystyczną dla wód podziemnych w rejonie zwałowiska wewnętrznego jest ich podwyższona mineralizacja oraz dominujący udział jonów wapniowego i siarczanowego. Związane jest to z podziemnym utlenianiem minerałów siarczkowych do dobrze rozpuszczalnych i ulegających hydrolizie siarczanów. Proces ten zachodzi w warunkach obniżonego zwierciadła wody, w sztucznie stworzonej strefie areacji, gdzie istnieje swobodny dostęp tlenu do

minerałów siarczkowych, co powoduje powstawanie bardzo dobrze rozpuszczalnych siarczanów. Przy podnoszeniu się zwierciadła wody wspomniane siarczany (głównie magnezu, żelaza i wapnia) przechodzą do roztworu, powodując podwyższenie mineralizacji oraz twardości wody. Stopień zaawansowania przemian hydrochemicznych jest zróżnicowany w poszczególnych rejonach obszaru odbudowy zwierciadła wody. We wschodniej części zwałowiska proces ten jest praktycznie w fazie końcowej, po stronie zachodniej utlenianie siarczków jeszcze się nie rozpoczęło. Zwiększające się stężenie siarczanów w wodach podziemnych jest sygnałem mówiącym o wczesnej fazie wzniosu zwierciadła wody.

Zmiana chemizmu wód wraz ze wzrostem głębokości drenażu

Przy zwiększaniu głębokości drenażu następuje wzrost stężenia jonów chlorkowych, a w ślad za tym substancji rozpuszczonych, zgodnie z naturalnym gradientem hydrochemicznym [5]. Niewielki wzrost zawartości jonów chlorkowych obserwuje się w wodach pompowanych studniami zlokalizowanymi w wyrobisku Pola Bełchatów, których zafiltrowanie sięga do rzędnej –200 m n.p.m.

Według Z. Pazdry [6] w utworach mezozoicznych Nizżu Polski w przedziale głębokości 200÷2800 m wzrost mineralizacji ogólnej wynosi średnio $570 \text{ mg/dm}^3 / 10 \text{ m}$ głębokości. Na podstawie badań chemizmu wód przeprowadzonych w 2005 r. średni gradient zawartości substancji rozpuszczonych wynosił $77 \text{ mg/dm}^3 / 10 \text{ m}$ głębokości. Powyższe porównanie upoważnia do stwierdzenia, że średni wzrost zawartości NaCl i substancji rozpuszczonych w wodach pompowanych z najniższych partii wyrobiska nie przekracza naturalnego gradientu hydrochemicznego. Na podstawie badań stężenia trytu w wodach pompowanych przez te studnie stwierdza się, że wzrasta średni czas przebywania tych wód w warstwie wodonośnej. Zwiększający się udział wód głębszego krążenia nie powoduje istotnego wzrostu stężenia jonów sodowego i chlorkowego. Pompowane są wody słodkie o mineralizacji do 430 mg/dm^3 , średnio twarde i średnio zasadowe. Wody kopalniane zachowują wszystkie parametry chemiczne dotyczące warunków, jakie należy spełnić przy ich wprowadzaniu do naturalnych wód powierzchniowych (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24.07.2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego) i spełniają wymagania, jakie powinny posiadać wody powierzchniowe II klasy jakości.

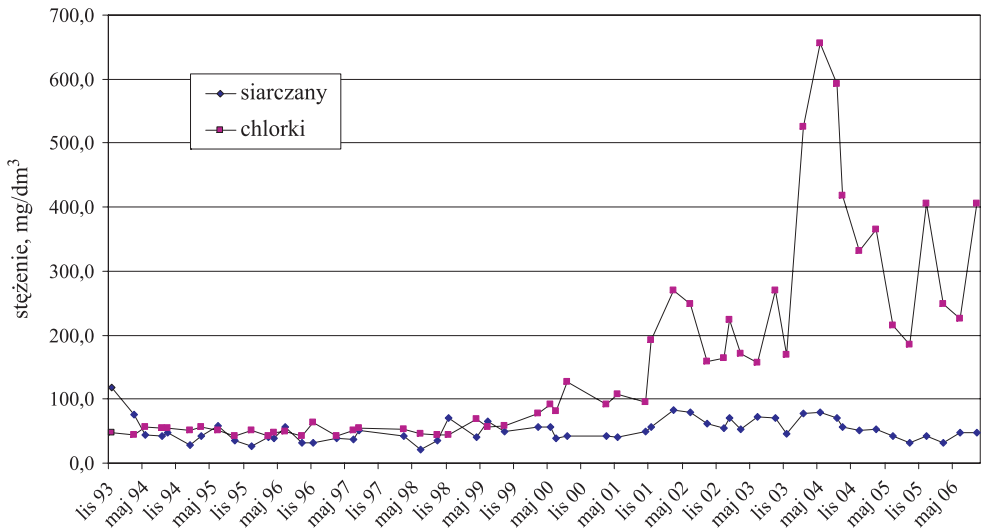
Wysad solny Dębina

Postępujące odwodnienie na Polu Bełchatów powodowało wzrost spadków hydraulicznych na kierunku dopływu wód do centrum drenażu. Wysad solny Dębina znajdujący się w centralnej części złoża „Bełchatów” znajdował się na drodze przepływu podziemnego o wymuszonym kierunku. Ze względu na potencjalne zagrożenie dla prowadzonych robót górniczych oraz dla utrzymania środowiska hydrochemicznego w niezmienionym stanie powstała potrzeba ochrony jego struktury. W latach 1990–1992 została wykonana bariera ochronna wysadu solnego w postaci pierścienia wielkośrednicowych studni odwadniają-

cych. Celem bariery jest ochrona wód podziemnych rejonu przed zasoleniem dzięki wyeliminowaniu przepływu wód przez strefę wysadu i niedopuszczeniu do rozmywania ciała solnego. Eksploatacja bariery kontrolowana jest na bieżąco odrębnym systemem monitoringu.

Dotychczasowa eksploatacja oraz wyniki kontroli chemizmu wód podziemnych w otworach obserwacyjnych między wysadem solnym a wyrobiskiem górniczym P/Belchatów potwierdzają skuteczność bariery. Na podstawie dotychczasowych prognoz oraz uzyskanych wyników badań jakości wód podziemnych w otoczeniu wysadu solnego Dębina i w zachodniej części przedpola P/Belchatów nie przewiduje się negatywnego wpływu wysadu na jakość wód kopalnianych.

Osiągnięcie w rejonie wysadu średniej depresji zwierciadła wody: -4 m n.p.m. (stan na koniec 2006 r.) powoduje wzrost udziału jonów chlorkowych i sodowych oraz w mniejszym stopniu siarczanowych w wodach pompowanych ze studni. Zmianę zawartości tych jonów przedstawiają wykresy obrazujące chemizm w rowie zbiorczym odprowadzającym wodę z rejonu wysadu od początku eksploatacji bariery ochronnej (rys. 4).



Rys. 4. Wykres zmienności stężenia chlorków i siarczanów w rowie zbiorczym

Stężenie siarczanów w ciągu całego okresu funkcjonowania bariery nie przekroczyło 100 mg/dm^3 w rowie zbiorczym. Zawartość chlorków wykazuje znacznie większy przedział zmienności: do 2000 r. stężenie chlorków utrzymywało się poniżej 200 mg/dm^3 , w ciągu 4 lat wzrastało do stężenia ekstremalnego w połowie 2004 r.; obecnie obserwuje się tendencję malejącą [7, 8].

Kształtowanie się składu chemicznego wód odprowadzanych z bariery ochronnej wysadu solnego w zakresie głównych jonów w całym okresie eksploatacji wskazuje na zmianę typów wód pompowanych. Przy zmniejszającej się zawartości jonów wapniowych i wodo-

rowęgłanowych wzrasta procentowy udział jonów sodowych i chlorkowych, procentowa zawartość siarczanów wykazuje tendencję malejącą. Tendencja taka jest zgodna z naturalną geochemiczną zmianą typów twardości wody przy zwiększającej się głębokości drenażu wód podziemnych.

Bariera ochronna wysadu solnego Dębina, ze względu na zadania, jakie spełnia, jest nowatorskim i unikalnym rozwiązaniem zastosowanym w odwadnianiu kopalń odkrywkowych na skalę krajową i europejską.

5. System monitoringu

Kopalnia Bełchatów, prowadząc odkrywkową eksploatację węgla na stosunkowo dużym obszarze i przy dużej głębokości wydobywania, w znacznym stopniu ingeruje w środowisko naturalne. Mając na uwadze uciążliwości dla otoczenia, kopalnia realizuje przedsięwzięcia minimalizujące skutki swojej działalności. Jednym z nich jest szeroko rozwinięty monitoring stanu, ilości i jakości wód podziemnych oraz powierzchniowych. Badania wpływu odwodnienia na środowisko naturalne oceniane jest poprzez:

- pomiary położenia zwierciadła wody w otworach obserwacyjnych sieci wewnętrznej (956 piezometrów) i zewnętrznej (682 rurek piezometrycznych);
- bilans hydrologiczny zlewni rzeki Widawki, wykonywany corocznie od momentu rozpoczęcia działalności gospodarczej, tj. od 1975 r., na podstawie wyników obserwacji stanów wody rzek, kanałów i rowów, natężenia przepływu (ok. 600 pomiarów w roku), ilości opadów atmosferycznych (28 posterunków opadowych) i innych czynników meteorologicznych (temperatura powietrza, kierunek i prędkość wiatrów, pokrywa śnieżna, szadź, okresy burzowe);
- analizę chemizmu wód pompowanych i odprowadzanych z systemów odwodnienia oraz ich wpływ na wody w rzece Widawce (ok. 600 prób w zakresie makroskładu, ok. 160 prób w zakresie mikroskładu i środowiskowych izotopów promieniotwórczych).

6. Podsumowanie

- 1) W celu zapewnienia bezpieczeństwa prowadzenia robót górniczych prowadzone jest wyprzedzająco odwodnienie złoża węgla brunatnego „Bełchatów” metodą studni odwodnieniowych, wierconych w liniach barier.
- 2) Geologiczne warunki zalegania złoża oraz występowanie i zasobność utworów wodonośnych uwarunkowały przyjęty system odwodnienia. Zaletą zastosowanej metody jest optymalizacja budowy systemu odwodnienia w nawiązaniu do robót górniczych i aktualnych potrzeb, także przejęcie praktycznie całkowitych dopływów wód podziemnych do wyrobiska przy minimalizacji głębokości drenażu.

- 3) Odwodnienie złoża węgla brunatnego „Bełchatów” powoduje zmianę stosunków wodnych w górotworze na obszarze objętym zasięgiem leja depresji.
- 4) Wpływ na środowisko wodne spowodowany odwodnieniem złoża polega na zmianie warunków hydrodynamicznych i hydrochemicznych w górotworze.
- 5) Szeroko rozwinięty monitoring w zakresie ilości i jakości wód podziemnych oraz powierzchniowych pozwala na analizę zjawisk zachodzących pod wpływem prowadzonej działalności, a także daje możliwość ustalania wczesnych symptomów negatywnych procesów i przeciwdziałania ich skutkom.

LITERATURA

- [1] *Kuszneruk J., Wojtkowiak B.*: Ocena efektywności odwadniania złoża węgla brunatnego — Pole Bełchatów — systemem wielkośrednicowych studni głębinowych w poszczególnych okresach funkcjonowania kopalni. Sympozjum Naukowe „25 lat doświadczeń KWB „Bełchatów”, 2000
- [2] *Jończyk I., Stachowicz Z., Szczepiński J.*: Dynamika rozwoju leja depresji BOT KWB Bełchatów SA w następstwie eksploatacji systemu odwadniania węglanego. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, nr 112, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2005
- [3] *Stachowicz Z. i in.*: Operat wodnoprawny na odwodnienie Zakładu Górniczego KWB „Bełchatów”. Poltegor-Projekt Sp. z o.o., Wrocław 2005 r. (niepubl.)
- [4] *Wachowiak G. i in.*: Rocznik meteorologiczny i hydrologiczny obszaru oddziaływania odwodnienia KWB „Bełchatów” SA. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej O/Poznań, Poznań 2006 (niepublikowane)
- [5] *Macioszczyk A.*: Hydrogeochemia. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1987
- [6] *Pazdro Z.*: Hydrogeologia ogólna. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1983
- [7] *Martyniak R., Sołtyk W., Górski G.*: Dynamika i kierunki zmian jakości wód podziemnych w rejonie wysadu solnego „Dębina” w aspekcie eksploatacji złoża węgla brunatnego „Bełchatów”. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, nr 112, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2005
- [8] *Sołtyk W. i in.*: Badania i ocena chemizmu wód odprowadzanych z systemu odwodnienia O/Bełchatów i bariery ochronnej wysadu solnego do rzeki Widawki i ich wpływ na wody w rzece, poniżej kopalni z uwzględnieniem wpływu składowisk popiołów i zwałowiska wewnętrznego – 2005 r., Raport ICHTJ nr 3/VI/2006, Warszawa 2006 (niepublikowane)