

*hydrogeologia, górnictwo odkrywkowe,
odwadnianie kopalń, dopływ wód podziemnych,
system odwadniania, złoża „Złoczew”*

Józef SAWICKI*

HYDROGEOLOGICZNE I GÓRNICZE UWARUNKOWANIA EKSPLOATACJI ZŁOŻA WĘGLA BRUNATNEGO „ZŁOCZEW”

Wpłynęło 10 marca 2010 r., zaakceptowano 23 marca 2010 r.

W artykule opisano warunki hydrogeologiczne bardzo głęboko występującego złoża węgla brunatnego „Złoczew”, jego usytuowania w rowie tektonicznym. Zwrócono uwagę na liczne uskoki, które spowodowały dosyć silne zróżnicowanie wysokości stropu i spągu złoża. Złoże usytuowane jest w otoczeniu wapieni górnej jury, również silnie zaangażowanych tektonicznie i miejscami z rozwiniętymi zjawiskami krasowymi. Charakter budowy geologicznej, usytuowania złoża i otoczenie utworów o lokalnie bardzo dobrych warunkach przepływu wód podziemnych wskazuje na konieczność wyboru nieco innego systemu odwadniania, niż dotychczas stosowanego w odkrywkach „Bełchatów” i „Szczerców”. Jednocześnie głębokość złoża i jego silne zawodnienie stawia pytanie, czy i w jakich warunkach jego eksploatacja byłaby ekonomicznie uzasadniona.

1. WSTĘP

Na zlecenie zespołu Elektrowni Pątnów Adamów Konin, Instytut Górnictwa PWr. w 2009 r. opracował koncepcyjny projekt eksploatacji złoża węgla brunatnego „Złoczew”[16]. Byłem autorem projektu odwodnienia tego złoża. Hydrogeologiczne aspekty zawodnienia złoża będą, jak sądzę, w przyszłości najważniejsze w podjęciu decyzji o jego eksploatacji lub jej zaniechaniu.

Od czasu wykonania „Kompleksowej dokumentacji geologicznej złoża...” w 1979 r. [12] stan rozpoznania geologicznego i hydrogeologicznego otoczenia złoża „Złoczew”

* Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii Górnictwa i Geologii, Instytut Górnictwa, pl. Teatralny 2, 50-051 Wrocław.

znacząco się zmienił. Powstał Centralny Bank Danych Geologicznych [11], liczne mapy geologiczne [9, 10] oraz mapy hydrogeologiczne [1–8] wraz z ich zestawieniami tabelarycznymi zawartymi w objaśnieniach. Obecnie warunki hydrogeologiczne są rozpoznane o wiele lepiej. W projekcie koncepcyjnym odwodnienia złoże te rozproszone informacje zebrano i opracowano pod kątem ich wpływu na skutki, jakie powstałyby w wyniku budowy kopalni odkrywkowej węgla brunatnego i surowców towarzyszących (wapieni jurajskich z krawędzi rowu tektonicznego i wielkich ilości wody).

Do najważniejszych problemów hydrogeologicznych, które trzeba było rozwiązać należały:

- Zasięg i kierunki rozwoju lej depresji kopalni przy eksploatacji pokładu węgla aż do jego spągu;
- Warunki brzegowe rozwoju depresji;
- Wielkość dopływu wody z obszaru zlewni hydrogeologicznej wytworzonej rozwojem leja depresji;
- Ewentualny wpływ kontaktu z korytem i doliną rzeki Warty na zawodnienie złoże węgla brunatnego;
- Zależność wskaźnika zawodnienia złoże w od intensywności jego eksploatacji;
- Dobór takiego systemu odwodnienia, który byłby najbardziej skuteczny i efektywny dla odprowadzenia obliczonych ilości wody oraz dla ich późniejszego wykorzystania.

2. POŁOŻENIE ZŁOŻA I JEGO BUDOWA GEOLOGICZNA

Rów tektoniczny Złoczewa, w swojej zachodniej części, pojawia się w okolicy miejscowości Świątkowice, Swoboda i przebiega w kierunku ENE do okolic wsi Kamionka w pobliżu doliny Warty. Jego długość wynosi około 20 km, lecz użytkowe pokłady węgla brunatnego występują jedynie we wschodniej części rowu od miejscowości Janów do Kamionki (długości około 10 km). Rów powstał w okresie orogenezy alpejskiej, jeszcze przed okresem sedymentacji węglowej, ale pokłady węgla brunatnego (miocen) zostały po jego sedymentacji wraz z podłożem przemieszczone uskokiami poprzecznymi i równoległymi do osi rowu (rys. 1 i 2). Zrzuty niektórych uskokiów poprzecznych dochodzą nawet do 50 m. W okolicy Świątkowic strop wapieni górnej jury w dnie rowu występuje na rzędnej +30 m n.p.m. Nad nim zalega około 100 m utworów trzeciorzędowych, w spągu przeważnie ilastych z wkładkami węgla brunatnego, a w stropie w większości w postaci piasków drobno i średnioziarnistych. Nad nimi występuje około 50 m osadów czwartorzędowych w postaci glin zwałowych i piasków o silnym zróżnicowaniu w płaszczyźnie poziomej i pionowej. Oś rowu zapada w kierunku wschodnim i w okolicy Janowa, tam gdzie zaczyna się złoże węgla, osiąga rzędną około –50 m p.p.m. Strop utworów trzeciorzędowych stwierdzono na

głębokości +120 do +140 m n.p.m. W spagu występują ily miocieńskie z licznymi wkładkami węgla brunatnego o miąższościach dochodzących do 4,5 m. Nad nimi zalega główny pokład węgla brunatnego o miąższości 30–40 m. Ponad głównym pokładem węgla aż do stropu trzeciorzędu występuje bardzo gruba warstwa drobnoziarnistych i pylastych piasków wraz z wkładkami iłów i mułków. Miąższość utworów czwartorzędowych wynosi około 30–40 m. Są to w większości piaski rozdzielone warstwą glin zwałowych. Zmienność wzajemnego usytuowania warstw jest bardzo duża. W całej miąższości utworów czwartorzędowych około 60% stanowią gliny, a 40% piaski o różnych granulacjach i niekiedy są one zaglinione.

Strop utworów wapiennych jury górnej w centralnej części rowu zalega na głębokości –150 do –160 m p.p.m. Jest on poprzecinany licznymi uskokami biegnącymi w poprzek osi rowu oraz równoległe do jego brzegów. We wschodniej części strop jury skokowo, na uskokach poprzecznych, podnosi się coraz wyżej osiągając przy brzegu doliny Warty rzędną około +110 m n.p.m. [12], a więc wysokość zbliżoną do tej jaka występuje na krawędziach rowu tektonicznego. We wschodniej części, na północnej jego krawędzi stwierdzono występowanie margli kredowych w otworze 35z.

Strop utworów trzeciorzędowych zalega w centralnej części rowu tektonicznego na rzędnych +100 do +150 m n.p.m. Najczęściej jest to rzędna około +110 do 120 m n.p.m. We wschodniej części rowu strop trzeciorzędu obniża się do +70 i +90 m n.p.m.. Podobnie jak w części zachodniej spąg trzeciorzędu zbudowany jest z iłów z wkładkami węgla brunatnego, lecz udział węgla jest tu większy i osiąga 50% miąższości warstwy iłów. Nad tą warstwą zalega główny pokład węgla brunatnego, osiągając miąższość około 40–50 m, praktycznie niemal bez przeławiczeń ilastych. Są to warstwy nieprzepuszczalne, choć w węglu może gromadzić się woda.

W centralnej części rowu tektonicznego strop głównego pokładu węgla stwierdzono na trzech poziomach: dwóch wyższych położonych na brzegach północnym i południowym rowu tektonicznego i są to wysokości od 0 do +20 m n.p.m. oraz w rowie drugiego rzędu obejmującym środek rowu tektonicznego Złoczewa, zrzuconym w stosunku do partii brzeżnych o około 40–50 m. W tej środkowej części rowu wysokości stropu węgla wynoszą –60 do –70 m p.p.m.

We wschodniej części złoża zmniejsza się różnica wysokości między brzegami pokładu węgla a jego osią. Zanika również wyniesiony brzeg południowy. Strop pokładu węgla po stronie północnej osiąga rzędne od +10 do –10 m p.p.m., zaś w osi rowu około –20 do –30 m p.p.m.

Nad głównym pokładem węgla, aż do stropu trzeciorzędu, zalega gruba warstwa piasków z soczewkowatymi przeławiczeniami iłów i mułków. Jest ich zwykle więcej w partiach stropowych trzeciorzędu i mogą one tworzyć ciągłą warstwę nieprzepuszczalną.

Utwory czwartorzędowe zbudowane są z mozaiki piasków i glin zwałowych, a w obniżeniach stropu trzeciorzędu również z mułków. Udział utworów gliniastych przeważa w południowej części rowu, zaś w północnej i środkowej można uznać, że piaski i gliny stanowią po około 50 % miąższości czwartorzędu. Grubość tej warstwy

zmienia się od około 30 do 65 m w centralnej części złoża i rośnie w kierunku wschodnim, gdzie osiąga około 80 m, a w otworze 25z nawet ponad 100 m.

2.1. TEREN POŁOŻONY NA PÓŁNOC OD ROWU TEKTONICZNEGO

W północnej części, w pasie sąsiadującym z krawędzią rowu, strop jury górnej zalega na rzędnej około +60 do +80 m n.p.m. W części wschodniej złoża strop jury wznosi się do rzędnej +100 do +110 m n.p.m. Powierzchnia utworów górnej jury wznosi się w kierunku północnym i na linii Burzenin–Brzeźno osiąga rzędną około +140 m n.p.m. Rysunek 1 obrazuje przebieg linii, gdzie utwory wapienne jury górnej wyklinowują się lub są odcięte uskokiem. Po zachodniej stronie tej linii w podłożu czwartorzędu i trzeciorzędu występują na ogół słabo przepuszczalne utwory jury środkowej. Prawie równolegle do tej linii, pomiędzy zachodnią częścią miasta Złoczewa a Klonową przebiega wyraźna dolina w utworach górnej jury. W osi tej doliny strop jury zapada od około +100 m n.p.m. w rejonie Złoczewa do +70 w pobliżu Braszewic, w północnej części mapy. Dolina wypełniona jest utworami trzeciorzędowymi i czwartorzędowymi.

Ponad utworami jury górnej zalegają bezpośrednio warstwy czwartorzędowych glin i piasków o miąższości od 30 m w części północnej do blisko 100 w niektórych miejscach przy krawędzi rowu.

2.2. TERENY POŁOŻONE NA POŁUDNIE OD ROWU TEKTONICZNEGO

Na podstawie sporządzonej mapy stropu utworów górnej jury, jako głównego kompleksu wodonośnego w otoczeniu złoża węgla brunatnego (rys. 1), można stwierdzić, że warstwy wapieni wyklinowują się lub kończą się uskokiem. Na południowy zachód od tej linii w podłożu utworów kenozoicznych występują ility, ilowce, margle i piaskowce jury środkowej. W swojej masie są one prawie nieprzepuszczalne oprócz piaskowców kościeliskich, które niekiedy w okolicy Wielunia stanowią warstwę wodonośną dla studni wierconych. Wapienie górnej jury zalegają na północ i wschód od wymienionej linii. Na zachód od linii uskoku, który przebiega od Ostrówka w kierunku Gromadzic, ich strop jest wyniesiony do rzędnych +150 do +180 m n.p.m. co powoduje, że wychodzą one niemal na powierzchnię terenu i przykrywa je jedynie cienka powłoka utworów czwartorzędowych. Na wschód od linii opisanego uskoku strop jury górnej zalega na rzędnych około +100 do +120 m n.p.m. wznosząc się stopniowo w kierunku południowo-zachodnim, gdzie na przedmieściach Wielunia osiąga rzędną +160 m n.p.m.

W sąsiedztwie linii uskoków ograniczających południową krawędź rowu tektonicznego Złoczewa utwory jury górnej przykryte są warstwą piasków i ilów miocen-skich o miąższości około 20 m. Poziom ten nawiercony został w Ostrówku, w Wielgim i płatowo na N od Rudnickiego Folwarku. Jedynie na granicy rowu tektonicznego w otworze badawczym Świątkowice wykonanym w miejscowości Okalew pod lasem,

nawiercono 110 m utworów trzeciorzędowych, a pod nimi utwory kredowe na wysokości +33 m i wapienie górnej jury dopiero na rzędnej –118 m p.p.m. Świadczy to o bardzo skomplikowanej tektonice tego rejonu.

Wg M. Górniak [5] piaszczysty czwartorzędowy kompleks składa się tu zwykle z 2 warstw: górnej warstwy nadglinowej, z której korzystają studnie kopane oraz z warstwy dolnej o miąższości 5–10 m, ujmowanej przez studnie wiercone. Cała miąższość utworów czwartorzędowych to zwykle 10–20 m.

Trzeciorzęd zbudowany jest z drobnoziarnistych piasków mioceńskich, a niekiedy ilów. Występuje on w przedłużeniu rowu tektonicznego Złoczewa w kierunku zachodnim. Sumaryczna miąższość utworów trzeciorzędowych wynosi 30–40 m. W południowej części w okolicy Wielunia utwory trzeciorzędowe nie występują.

2.3. DOLINA WARTY

Dolina Warty powyżej Osjakowa ma charakter przełomowy. Została wyerodowana w skalach podłoża mezozoicznego i w trzeciorzędzie, a następnie w okresie glacialnym osadziły się utwory wodno-lodowcowe. W Osjakowie utwory jury górnej zalegają na rzędnych około +130 m n.p.m. (poziom wody w Warcie +153 m n.p.m.). W linii doliny Warty strop jury obniża się i w Konopnicy osiąga rzędną +103 m n.p.m. (rzędna rzeki +147 m n.p.m.). Przed Rychłolicami strop jury obniża się do około +80 m n.p.m. i od tego miejsca do Majaczowic Warta przepływa doliną o założeniach tektonicznych. Pod jej korytem przebiega głęboki lecz wąski rów tektoniczny o szerokości 1 km i głębokości ponad 100 m [7]. Rów ten powstał później niż rów tektoniczny Złoczewa, gdyż w całości wypełniony jest osadami czwartorzędowymi. Jego całkowita głębokość nie jest znana, ponieważ odwiercony do 103 m otwór w Małej Wsi nie przewiercił utworów czwartorzędowych. Po prawej stronie koryta Warty w Rychłolicach nawiercono utwory jury środkowej na rzędnej ok.+ 80 m n.p.m., a kilka km dalej na północ w okolicy Wielkiej Wsi utwory jury górnej wychodzą na powierzchnię na okolicznych wzgórzach (+160 m n.p.m.) [7]. Jest to przełom doliny Warty, gdyż po lewej stronie doliny strop wapieni jury górnej stwierdzono na wysokości +144,8 m n.p.m. W pobliżu Burzenina strop wapieni górnej jury występuje na rzędnej +131 do +136 m n.p.m. Poniżej Burzenina w podłożu doliny Warty występują utwory górnej kredy w postaci margli i opok ilastych, a także wapieni i margli.

Utwory trzeciorzędowe w dolinie Warty w pobliżu Osjakowa przyjmują postać ilów o miąższości 5–10 m położonych na marglach i wapieniach jury. Na prawym brzegu doliny Warty w okolicy Rychłolic osiągają miąższość nawet ponad 40 m, przy czym w znacznej części są to piaski. Przedłużeniem tej warstwy w kierunku zachodnim jest rów tektoniczny Złoczewa.

Utwory czwartorzędowe, głównie w postaci piasków, niekiedy żwirów oraz glin i mulów wyścielają całą dolinę Warty. Ich miąższość wynosi zwykle około 20–30 m, gliny przedzielają dolną i górną warstwę wodonośną.

Na szczególną uwagę zasługuje rów tektoniczny Rychłocice–Majaczewice. Jego głębokość sięga ponad 100 m i jest on wypełniony w większości piaskami, a w spągu żwirami. Ma on bezpośredni kontakt hydrauliczny z piaskami trzeciorzędowymi rowu Złoczewa, jak również z silnie zaangażowanymi tektonicznie wapieniami i marglami jury górnej. W przypadku odwadniania złoża węgla rów ten może stanowić drogę przepływu wód z doliny i koryta Warty. Wymaga to dokładniejszego rozpoznania badaniami.

3. WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

W krążeniu wody infiltrującej z opadów biorą udział trzy kompleksy warstw wodonośnych:

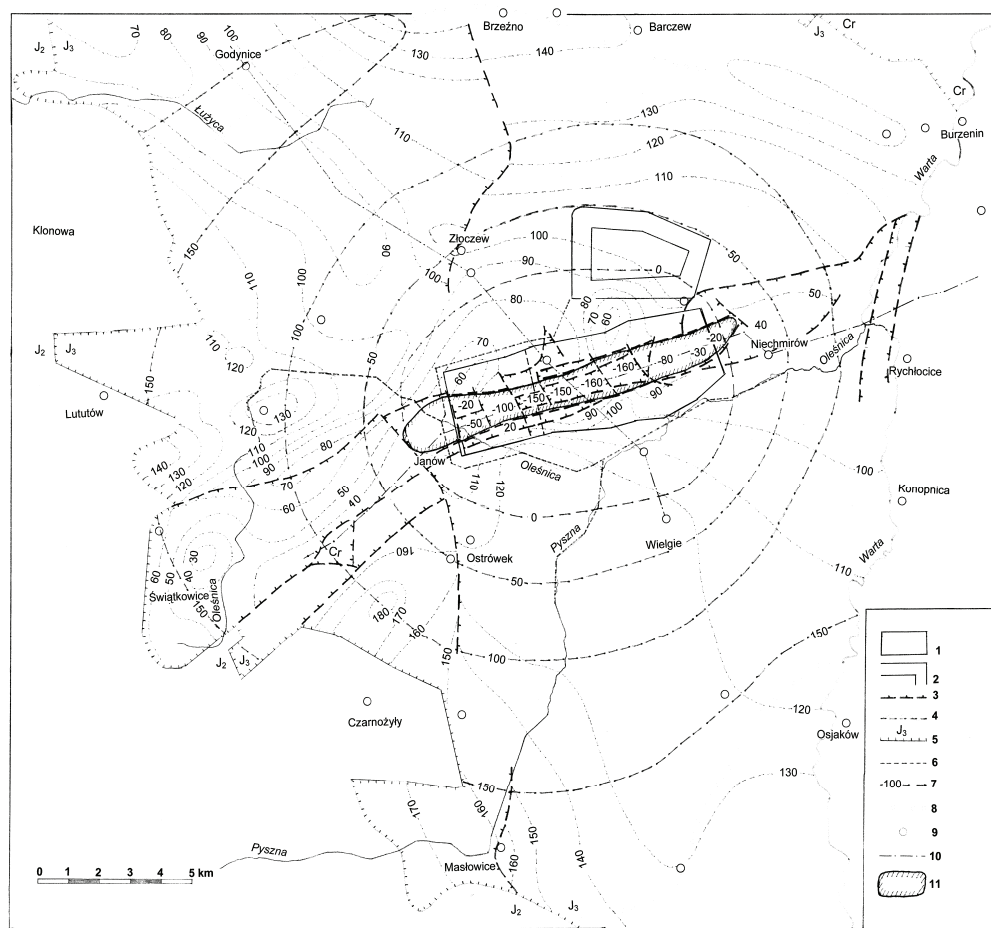
- Poziom czwartorzędowy w formie piasków przypowierzchniowych oraz piasków, a niekiedy żwirów zalegających pod glinami. Współczynniki filtracji tej warstwy są bardzo zmienne i wynoszą od $k = 1,0$ do nawet 38 m/d, przy przeciętnych wartościach $k = 5$ do 10 m/d. Wydajność niektórych studni dochodzi nawet do 50 m³/h, przy przeciętnych około 10 do 20 m³/h [3–8].
- Poziom trzeciorzędowych piasków drobno i średnioziarnistych, niekiedy ilastych i pylastych, występujący w rowie tektonicznym Złoczewa, zwykle w stropowej serii tych utworów, ponad pokładami węgla brunatnego, a niekiedy jako piaski międzywęglowe i podwęglowe. Poza rowem Złoczewa poziom ten występuje płatowo. Z piasków trzeciorzędowych w rowie tektonicznym pobierają wodę studnie wiercone w Gronowie ($Q_e = 21$ m³/h przy $s = 7,2$ m, $k = 9$ m/d) i w Niechmirowie ($Q_e = 57,5$ m³/h przy $s = 6,7$ m, $k = 10,4$ m/d) [1–8, 11].
- Poziom wapieni górnej jury o silnym zaangażowaniu tektonicznym i niekiedy z rozwiniętymi zjawiskami krasowymi, występujący w podłożu całego rozpatrywanego terenu. Właściwości filtracyjne tego poziomu opisane będą w dalszej części.

Zarys przewidywanej odkrywki 2. Zwałowisko zewnętrzne 3. Linie stwierdzonych i przypuszczalnych uskoków tektonicznych w utworach mezozoicznych 4. Naturalne i planowane przełożenia i uszczelnienia koryt rzek 5. Granice występowania struktury warstw górnej jury 6. Izolinie rzędnych stropu górnej jury 7. Przypuszczalne hydroizohipsy zwierciadła wody w utworach górnej jury 8. Zasięg spływu wód podziemnych przy maksymalnym rozwoju depresji przyszłej odkrywki 9. Studnie istniejących ujęć wody z utworów górnej jury 10. Linie zamieszczonych w opracowaniu przekrojów geologicznych 11. Zasięg występowania złoża węgla brunatnego w rowie tektonicznym „Złoczewa”.

Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne rowu tektonicznego Złoczewa i terenów z nim sąsiadujących wskazują na możliwość występowania bardzo licznych kontaktów hydraulicznych pomiędzy wszystkimi opisanymi kompleksami wodonośnymi.

mi. Przy odwadnianiu złoża węgla brunatnego najważniejsze znaczenie odgrywać będzie poziom wodonośny o najwyższej wodoprzewodności, a takim niewątpliwie jest poziom wapieni górnej jury, uszczeliniiony w obrębie licznych uskoków i z rozwiniętymi w stropowej części zjawiskami krasowymi. Obniżenie zwierciadła wody umożliwiające eksploatację węgla brunatnego będzie determinowane odwodnieniem tego poziomu.

Głębokość stropu wapieni jury górnej obrazuje sporządzona mapa hydrogeologiczna (rys. 1).



Rys. 1. Mapa stropu utworów górnej jury i spodziewanego obniżenia zwierciadła wody podziemnej w wyniku eksploatacji złoża „Złoczew”. Opracowanie: J. Sawicki

Rumosze wapieni, strefy zaangażowane tektonicznie oraz dawne zjawiska krasowe będą decydowały o przepływach wody przy odwadnianiu złoża. Należy liczyć się z tym, że najkorzystniejsze warunki dla przepływu wody podziemnej będą występo-

wać w stropowej części tej warstwy wodonośnej oraz w liniach uskoków. Znacznie gorsze warunki przepływu wody charakterystyczne będą dla wnętrza bloków pomiędzy uskokami oraz należy sądzić, że w miarę wzrostu głębokości zdolność przewodzenia wody będzie mniejsza.

Tabela 1. Wydajności i depresje okolicznych studni ujęć wody i prędkość dopływu na m² powierzchni filtra i 1 m depresji

Nr studni	Miejscowość	Użytkownik	Wydajność Q [m ³ /d]	Depresja s [m]	$\varnothing$ otworu [m]	Przelot i dł. Filtra [m]	Predkość dopływu [m/d/m ²]	Prędkość dopływu [m/d/m ² /1 m s]
358	Lututów	wieś	1581	41,5	0,305	58,6–78,5/19,9	84,3	2,03
362	Barczew	wieś	1608	7,0	0,254	40,0–50,0/10,0	201	28,7
363	Broszki	wieś	2033	2,3	0,299	108–125/17	127	55,2
365	Brzeźno	wies	1550	0,5	0,305	29,5–52,0/22,5	71,9	144
366	Brzeźno	Spółdz. Pracy	324	0,8	0,152	38–55/17	40,0	50
379	Uników	wieś	3103	11,5	0,299	92–110/18	184	16
380	Wielgie	miasto	1440	0,95	0,299	68,1–80,0/11,9	128	134
381	Wielgie	miasto	5338	15,72	0,370	75–150/75	61,3	3,9
382	Zapole	POM	219	40,1	0,356	130–150/20	9,82	0,24
384	Złoczew	SKR	605	0,9	0,305	92,7–120,0/27,3	23,5	26,1
387	Złoczew	Spółdz. Mlecz.	1071	0,2	0,305	98,2–104,5/6,3	181	905
389	Burzenin	SKR	115	40,1	0,299	26,4–65,0/38,6	3,16	0,079
390	Burzenin	wieś	1434	15,5	0,305	25,0–51,0/26	58,5	3,77
392	Burzenin	Szkoła podstaw.	180	10,0	0,217	22,0–49,0/27	9,78	0,978
398	Kopanica	wieś	1903	13,4	0,406	72–79/7,0	218	16,3
407	Rychłocice	wieś	2904	16,5	0,299	50–70/20	154	9,33
408	Strumiany	OSiR	864	4,6	0,406	13,5–19/5,5	123	26,7
62	Bieniądzice Staw	ODIM Wieluń	485	13,7	0,356	19–45/26	16,7	1,22

89	Wieluń	Szpital Powiat.	1080	8,0	0,356	23,2– 36,0/12,8	75,5	9,44
90	Wierzchnas	wieś	1073	21,7	0,299	23– 45,8/22,8	50,1	2,31
93	Drobnice	Biuro Proj. Kop.	274	22,2	0,370	41–52/11	21,4	0,96
98	Osjaków	Szkoła podstaw.	1944	5,1	0,346	40–50/10	180	35,3

Wapienie jury górnej są w otoczeniu złoża główną warstwą, w której są założone studnie lokalnych ujęć wody. Na podstawie mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:200000 arkusze Kalisz i Kluczbork [1–2] oraz wg profili otworów z Banku Danych Hydrogeologicznych [11] wybrano studnie w otoczeniu złoża, które pobierają wodę z wapieni górnej jury. Dla studni tych obliczono prędkość dopływu wody przypadającą na 1 m² powierzchni filtra lub „bosego” otworu studziennego oraz prędkość dopływu wody na 1 m² powierzchni filtra i 1 m depresji. Wyniki obliczeń przedstawia tabela 1.

Tabela pokazuje, że średnia prędkość dopływu wody dla badanych studni ujęć wody wynosi $v = 66,9$ m/d na m² powierzchni czynnej filtra i 1 m depresji. Z tabeli tej również jasno wynika, że studnie Nr 387, 365 i 380 ujmują wody ze struktur krasowych, gdyż praktycznie przy dużych wydajnościach prawie nie wytwarzają depresji.

W przypadku gdy odrzucimy po 3 studnie o bardzo wysokich prędkościach dopływu (Nr 387, 365 i 380) i 3 studnie o bardzo małych prędkościach (Nr 389, 381 i 93), wówczas średnia prędkość osiągnie $v = 17,95$ m/d na m² powierzchni czynnej filtra i 1 m depresji.

W wyniku tak przeprowadzonej analizy, jako miarodajną dla dalszych obliczeń hydrogeologicznych w zakresie do 100 m depresji, przyjęto prędkość 20 m/d na m² powierzchni czynnej filtra i 1 m depresji. Przy depresjach większych niż 100 m założono prędkość o połowę mniejszą. Przy głębokim odwadnianiu rejonu złoża należy się spodziewać pogorszenia warunków przepływu wody wraz ze wzrostem głębokości oraz przejścia z wód o charakterze naporowym w swobodny poziom zwierciadła wody. Przyjęte wartości prędkości dopływu 20 i 10 m/d na m² powierzchni filtra i 1 m depresji były podstawą do wyznaczenia spodziewanych dopływów do studni odwadniających kopalnię.

4. GŁĘBOKOŚĆ EKSPLOATACJI, PRZEWIDYWANY ZASIĘG DEPRESJI I OBSZAR SPŁYWU WODY

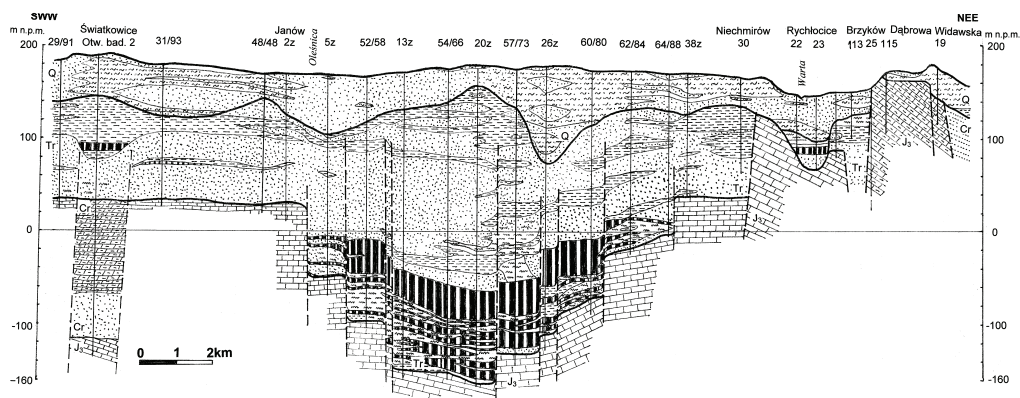
Złoże węgla brunatnego „Złoczew” należy zaliczyć do bardzo głębokich złóż węgla brunatnego. Jego strop położony jest na rzędnej –10 m p.p.m. w zachodniej i wschodniej części rowu tektonicznego, gdzie występują pokłady pozabilansowe. Na

terenie wkopu otwierającego w zachodniej części złoża, przed uskokiem Broszki-Dąbrowa Miętka strop złoża to -15 m p.p.m. a jego spąg -70 m p.p.m. (nie licząc najniższego cienkiego pokładu). Na wschód od tego uskoku strop węgla zapada do rzędnej -50 m p.p.m., a spąg do -150 m p.p.m. i ku wschodowi zapada niżej uzyskując najniższe położenie na linii Lipiny – Stolec (w pobliżu otworu 20z), gdzie strop węgla położony jest na -80 m p.p.m., a spąg na -175 m p.p.m. Najgrubszy pokład o miąższości $30\text{--}40$ m usytuowany jest w stropowej części złoża. Dalej w kierunku wschodnim złoże skokowo na uskokiach wznosi się i we wschodniej części, przydatnej jeszcze do eksploatacji jego strop osiąga rzędną -30 m p.p.m., a spąg -90 m p.p.m. (otwór 60/80, okolice wsi Biesiec) Spągowa część złoża, poniżej głównego pokładu, posiada liczne wkładki ilów, których miąższość jest podobna do miąższości węgla. Ukształtowanie złoża węgla brunatnego w rowie tektonicznym „Złoczewa” przejrzysto obrazuje przekrój (rys. 2) [12].

Przewidywany zasięg depresji określono przez analogie do złóż węgla brunatnego już eksploatowanych oraz do kopalń cynku i ołowiu w rejonie Olkusza, gdzie w ich otoczeniu występują podobne utwory geologiczne – wapienie górnej jury oraz wapienie i dolomity triasowe. Dla tych ośrodków drenażu górniczego określono rzeczywiste spadki zwierciadła wody w kierunkach najbardziej rozwiniętego leja depresji, z podziałem od maksymalnej depresji do jej połowy i od połowy wymiaru depresji do jej zasięgu.

Podstawą tych obliczeń była praca J. Sawickiego „Zmiany naturalnej infiltracji opadów do warstw wodonośnych pod wpływem głębokiego, górniczego drenażu” [13], gdzie były zamieszczone mapy rozwoju leja depresji w kilkunastu ośrodkach drenażu górniczego najsilniej zawodnionych kopalń Polski.

W obliczeniach wykorzystano mapy izoliniowe lejów depresji odkrywki Bełchatów, Adamów i Koźmin, Pątnów, Józwin i Kazimierz oraz kopalń cynku i ołowiu Bolesław, Olkusz i Pomorzany.



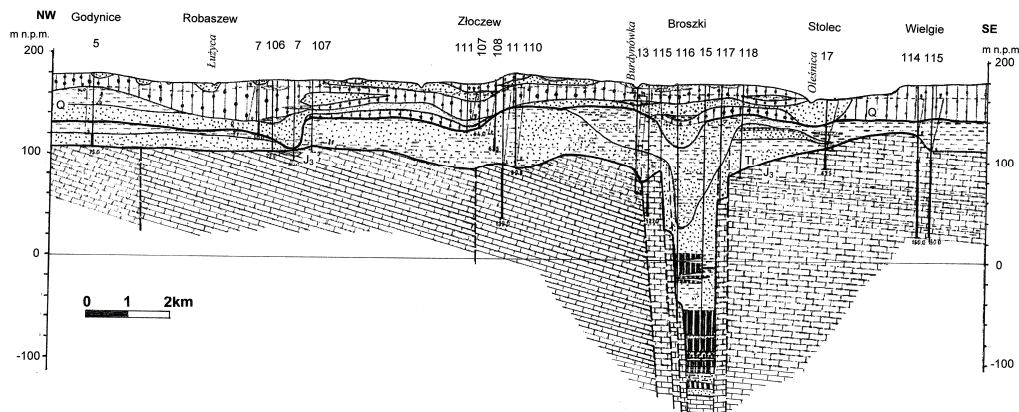
Rys. 2. Przekrój geologiczny wzdłuż rowu tektonicznego „Złoczewa”

Część zachodnia opracowanie J. Sawicki. Część centralna wg Dokumentacji [12], część wschodnia odrys z objaśnień do Mapy Hydrogeologicznej Polski 1: 50 000 ark. Widawa, autor: K. Skąpski, L. Kruk, J. Garecki, kompilacja: J. Sawicki.

Odris z objaśnień do Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50 000, ark. Złoczew, autor Maria Górnik.

Do obliczeń zasięgu depresji dla złoża „Złoczew” przyjęto, na podstawie wykonanych obliczeń, następujące wielkości spadków zwierciadła wody:

- dla stromej części leja depresji (od dna odwodnienia do połowy depresji) $i = 0,040$,
- dla górnej części leja depresji (od jej połowy do granicy zasięgu) $i = 0,011$,



Rys. 3. Przekrój geologiczny poprzeczny przez rów tektoniczny „Złoczewa” i północną część spodziewanego obszaru spływu wody

Dla rejonu wkopu otwierającego, gdzie spąg węgla i konieczny poziom odwodnienia zalega na głębokości -70 m p.p.m., a swobodne zwierciadło wody utrzymuje się w pobliżu rzędnej $+170$, wielkość depresji wyniesie $s = 240$ m.

Zasięg depresji dla jej dolnej, stromej części od -70 do $+50$ m n.p.m wyniesie:

$$\Delta s/i = 120:0,04 \text{ 3000 m.}$$

Zasięg dla górnej części depresji od $+50$ do $+170$ m n.p.m. wyniesie:

$$120:0,011 = 10900 \text{ m.}$$

Łączny zasięg depresji dla wkopu otwierającego wyniesie:

$$R = 3000 + 10\,900 = 13\,900 \text{ m.}$$

Jest to zasięg depresji w kierunkach najbardziej sprzyjających dla jego rozwoju. Będzie to dotyczyć osi rowu tektonicznego Złoczewa i linii głównych uskoków, gdzie można się spodziewać występowania struktur krasowych.

Dla najgłębszej części przyszłej odkrywki spąg węgla występuje na poziomie -160 m poniżej poziomu morza. Depresja całkowita wyniesie tu $s = +170 - (-160) = 330$ m. Podzielono ją podobnie jak poprzednio:

- od -160 do $+50$ m = 110 m i tu zasięg depresji osiągnie $5\,250$ m,
- od $+50$ do $+170$ = 120 m, zasięg depresji wyniesie $10\,900$ m.

Łączny maksymalny zasięg leja depresji, w najbardziej uprzywilejowanych kierunkach, osiągnie około 16 km od centrum drenażu.

Rozwój leja depresji w kierunku zachodnim i południowo-zachodnim będą ograniczały wychodnie słabo przepuszczalnych warstw jury środkowej lub wyklinowanie warstw jury górnej, zbudowanej w większości z wapieni. Obrazuje to mapa (rys. 1). W końcowej fazie eksploatacji przyszłej kopalni ograniczenia takie wystąpić mogą w kierunku północno-wschodnim, gdzie utwory jury górnej zapadają pod margle kredowe.

5. OBLICZENIE DOPIŁYWÓW POCHODZĄCYCH Z ZASOBÓW DYNAMICZNYCH

Na mapie hydrogeologicznej (rys. 1) wyznaczono spodziewany obszar spływu wody dla docelowego stanu eksploatacji. Granice obszaru spływu wody poprowadzono od strony zachodniej i południowo-zachodniej po wychodniach jury środkowej, zaś w pozostałych kierunkach wg zasięgu spodziewanej depresji i możliwości odwrócenia spadków zwierciadła wody podziemnej w kierunku przyszłej kopalni. Tak wyznaczony obszar zasilania (powierzchnia zlewni hydrogeologicznej) wyniesie:

- dla wkopu otwierającego $A_1 = 250$ km²;
- dla kopalni w końcowej fazie eksploatacji $A_2 = 425$ km²;
- Założono [13], że przeciętna wielkość współczynnika infiltracji efektywnej w obszarze zlewni hydrogeologicznej odwadnianej kopalni wyniesie 40% średniej rocznej sumy opadów. Przeciętna roczna suma opadów w zlewni rzeki Oleśnicy (1951–1970) wynosiła 598 mm ≈ 600 mm. Infiltracja efektywna wyniesie $W_e = 240$ mm/rok, co odpowiada $7,56$ dm³/s·km². Dopływ wody z zasobów dynamicznych wyniesie więc:

- dla wkopu otwierającego
 $Q_{\text{dyn}} = A_1 \cdot W_e = 259 \cdot 7,56 = 1960$ dm³/s = $1,96$ m³/s,
- dla końcowej fazy eksploatacji kopalni
 $Q_{\text{dyn}} = A_2 \cdot W_e = 520 \cdot 7,56 = 3931$ dm³/s = $3,93$ m³/s.

Są to dopływy pochodzące z zasobów dynamicznych z obszaru zlewni kopalni. Do ich wielkości należy dodać dopływy pochodzące ze szczyptywania wody z leja depresji oraz wody przefiltrowane z rzek, głównie z rzeki Warty w miarę zbliżania się kopalni do jej doliny.

6. DOPŁYW WODY Z ZASOBÓW STATYCZNYCH OBJĘTOŚCI LEJA DEPRESJI

Wytworzenie głębokiego i rozległego leja depresji wymagać będzie wypompowania bardzo dużych ilości wody, zwłaszcza początkowej fazy odwadniania, w okresie prowadzenia robót udostępniających i budowy wkopu otwierającego oraz eksploatacji początkowej węgla brunatnego. Przewiduje się, że początkowy okres odwadniania i tworzenia leja depresji trwać będzie około 12 lat, aby osiągnąć eksploatację spagowych pokładów węgla w rejonie wkopu otwierającego. Na podstawie mapy przewidywanego leja depresji obliczono powierzchnię przewidywanej izoliny +50 m n.p.m., +100 m n.p.m., +150 m n.p.m. oraz zasięgu zlewni, co w przybliżeniu wynosi +170 m n.p.m.. Powierzchnie leja depresji na poszczególnych izolinach, objętości warstw objętych depresją oraz objętości wody w tych warstwach, przedstawia tabela 2. W miarę eksploatacji kopalni lej depresyjny wywołany jej odwodnieniem będzie się powiększał i przesunął w kierunku wschodnim. Po wyeksploatowaniu węgla brunatnego z rejonu wkopu otwierającego, gdzie spąg pokładów osiąga rzędną –70 m p.p.m., nastąpi pogłębienie eksploatacji do poziomu –160 m p.p.m., a więc o 90 m niżej. Obliczenia koniecznych do szczypania zasobów statycznych wody dla całkowicie rozwiniętego leja depresji obrazuje tabela 2.

Natężenie dopływu z zasobów statycznych leja depresji Q_{stat} obliczono poniższym wzorem, przy założeniu 35-letniego czasu eksploatacji t .

$$Q_{\text{stat}} = \frac{V_{\text{wody}}}{t} = \frac{2\,688\,000\,000\text{ m}^3}{31\,536\,000\text{ s} \cdot 35} = 2,43\text{ m}^3/\text{s}.$$

Tabela 2. Obliczenie objętości wody w leju depresji w okresie odwadniania do końca eksploatacji węgla

Rzędna izoliny	Powierzchnia [km ²]	Objętość warstwy [km ³]	Założony współczynnik odsączalności		Średni współ. odsączalności warstwy	Objętość wody [mln m ³]
			Piaski	Gliny, iły		
–160	15					
		15,0			0,04	600
+50	128					
		9,00			0,05	450
+100	234					
		17,00	0,12	0,03	0,075	1275
+150	447					
		4,31	0,12	0,03	0,075	363
+160	520					
Razem						2688

W rzeczywistości w początkowym okresie odwadniania dopływ ten będzie znacznie wyższy, a w miarę upływu czasu odwadniania złoża będzie się stopniowo zmniejszał.

szał. Wzrastać będzie natomiast dopływ z zasobów dynamicznych, gdyż będzie się powiększać zlewnia hydrogeologiczna kopalni (obszar spływu wody).

7. DOPŁYW WODY Z KORYTA RZEKI WARTY I ZMIANY NATURALNYCH PRZEPŁYWÓW RZEK POD WPLYWEM ODWODNIENIA

Gdy fronty robót górniczych zbliżą się do doliny rzeki Warty, należy liczyć się ze zwiększonym dopływem wody przefiltrowywanej z jej koryta. Szczegółowe obliczenie natężenia dopływu tej wody możliwe będzie po lepszym niż dotychczas rozpoznaniu geologicznym i hydrogeologicznym, na drodze badań modelowych. W chwili obecnej przyjęto jedynie orientacyjne założenia miąższości czynnej warstwy wodonośnej i jej współczynników filtracji. Założono, że spadki zwierciadła wody skierowane w kierunku kopalni utrzymywać się będą na odcinku $L = 15$ km doliny rzeki Warty. Założono, że spadek średni zwierciadła wody na granicy doliny wyniesie $i = 0,02$ (2%). Przyjęto średnią na tym odcinku miąższość warstwy wodonośnej $m = 10$ m i współczynnik filtracji tej warstwy $k = 10$ m/d = 0,00011 m/s. Przy takich założeniach dopływ wody z filtracji z koryta Warty wyniesie:

$$Q_{f.rz} = k \cdot i \cdot m \cdot L = 0,00011 \cdot 0,02 \cdot 10 \cdot 15\,000 = 0,350 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Jak wynika z powyższego obliczenia, dopływ z filtracji wody z koryta Warty powiększy dopływ z zasobów dynamicznych o około 10%.

W wyniku głębokiego górniczego drenażu nastąpi obniżenie zwierciadła wody w leju depresji przyszłej kopalni. Skutkować to będzie całkowitym zanikiem dopływu wód podziemnych do koryt rzek, gdyż ich rolę przejmie system odwodnienia kopalni. Tak więc w leju depresji kopalni rzeki stracą zasilanie z wód podziemnych. Dopływ do rzek odbywać się może jedynie z lokalnych zawieszonych na glinach poziomów wodonośnych. W leju depresji kopalni znacząco zmniejszy się spływ powierzchniowy po opadach. Wody opadowe łatwiej będą wsiąkać w powierzchnię gruntów, a następnie infiltrować do warstw wodonośnych drenowanych głównie przez kopalnię. Spływ powierzchniowy będzie możliwy jedynie po gwałtownych opadach, wyraźnie przekraczających prędkość infiltracji oraz po zamrożniętych gruntach w okresie roztopów wiosennych.

W leju depresji wystąpią również straty wody z nie uszczelnionych koryt rzek takich jak Oleśnica lub Pyszna, które zasilane są poza lejem depresji i przez obszar zdepresjonowany działaniem kopalni, przepływać będą „tranzytem”. Z tej przyczyny rzeki te w obrębie leja depresji powinny zostać przełożone do nowych szczelnych koryt. Obrazuje to rysunek 1. Jedynie ujściowy odcinek rzeki Oleśnicy i rzeka Warta będą miały pozostawione naturalne koryta. Wszystkie małe dopływy Oleśnicy w obszarze objętym zasięgiem depresji całkowicie stracą wodę, lub będzie się ona pojawiała jedynie epizodycznie.

8. SUMA DOPŁYWÓW WODY I MOŻLIWOŚCI ICH ZAGOSPODAROWANIA

Przez okres budowy wkopu otwierającego dopływ całkowity do odkrywki $Q_{\text{całk.}}$ składać się będzie z sumy dopływów z zasobów dynamicznych, czyli w tym przypadku z zasobów pochodzących z infiltracji opadów w obszar zlewni hydrogeologicznej (obszar spływu wody podziemnej do kopalni) $Q_{\text{inf. opadu}}$ oraz z dopływu wody z objętości wytworzonego w tym czasie leja depresji, czyli dopływu z zasobów statycznych $Q_{\text{stat.}}$. Oszacowano, że w sumie dopływ ten wynosić będzie około 4,5 do 5,0 m³/s. W tym czasie nie przewiduje się dopływów wody z doliny rzeki Warty [14].

W miarę postępów frontów roboczych w kierunku wschodnim powiększać się będzie obszar zlewni hydrogeologicznej, co skutkować będzie zwiększającym się dopływem wody z zasobów dynamicznych $Q_{\text{inf. opadów}}$. Równocześnie dopływ z zasobów statycznych $Q_{\text{stat.}}$ ulegnie zmniejszeniu, gdyż mimo że objętość leja depresji będzie wzrastać, to dopływ ten rozłożony będzie na większą ilość lat. W końcowym stadium eksploatacji zaznaczać się będzie dopływ z filtracji wody z doliny rzeki Warty określony na 0,35 m³/s.

Suma dopływów wody w końcowym stadium odwodnienia kopalni wyniesie:

$$Q_{\text{całk.}} = Q_{\text{inf. opadów}} + Q_{\text{stat.}} + Q_{f.rz.} = 3,93 + 2,43 + 0,35 = 6,71 \text{ m}^3/\text{s},$$

gdzie:

$Q_{\text{inf. opadów}}$ – dopływ z infiltracji opadów w obszar zlewni hydrogeologicznej kopalni,

$Q_{\text{stat.}}$ – dopływ wody z objętości leja depresji kopalni (z zasobów statycznych),

$Q_{f.rz.}$ – dopływ z filtracji wody z doliny rzeki Warty.

W chwili obecnej trudno określić w jaki sposób można zagospodarować tak duże ilości wody z odwodnienia złoża. Należy się spodziewać, że będą to wody o bardzo dobrej jakości, nadające się po niewielkim uzdatnieniu dla celów konsumpcyjnych. W sąsiedztwie złoża brak jest jednak dużych ośrodków miejskich, które mogłyby być odbiorcami tej wody.

Nasuwać się następujące koncepcje wykorzystania wód:

- Budowa w pobliżu eksploatowanego złoża elektrowni ciepłej oraz cementowni i wykorzystanie wody w obiegu technologicznym i chłodniczym obu tych zakładów. Wiąże się to z dużym bezzwrotnym zużyciem wody, przez jej odparowanie w chłodniach kominowych.
- Budowa kanału melioracyjnego biegnącego w pobliżu działu wodnego rzeki Warty i Prosnicy i intensyfikacja upraw rolniczych na tych terenach oraz zaopatrzenie w wodę hodowli i przemysłu rolno-spożywczego. Nadmiary wody, zwłaszcza w okresie zimowym, mogłyby być przekazywane do zbiornika retencyjnego w Jeziorsku.

- Zrzut wody z odwodnienia do rzeki Oleśnicy i dalej do Warty i okresowe jej gromadzenie w zbiorniku retencyjnym w Jeziorsku oraz rozszerzenie gospodarczego wykorzystania wody w okolicy tego zbiornika.

9. CZAS EKSPLOATACJI WĘGLA I WSKAŹNIK ZAWODNIENIA ZŁOŻA

Wstępnie udokumentowane zasoby węgla brunatnego w złożu „Złoczew” szacowane są na 400 mln ton. Założono, że czas potrzebny do osiągnięcia wydobywania węgla od chwili rozpoczęcia odwadniania złoża to okres minimum 10 lat. Przyjęto, że średni dopływ przez cały okres eksploatacji złoża wynosić będzie około 5 m³/s. Spowoduje to konieczność wypompowania 157,7 mln m³ wody w ciągu jednego roku, nie licząc odwodnienia powierzchniowego odkrywki. W zależności od zdolności wydobywczych ewentualnej przyszłej kopalni wskaźnik zawodnienia złoża przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Dopływ wody i wskaźnik zawodnienia
w zależności od zdolności wydobywczych przyszłej kopalni

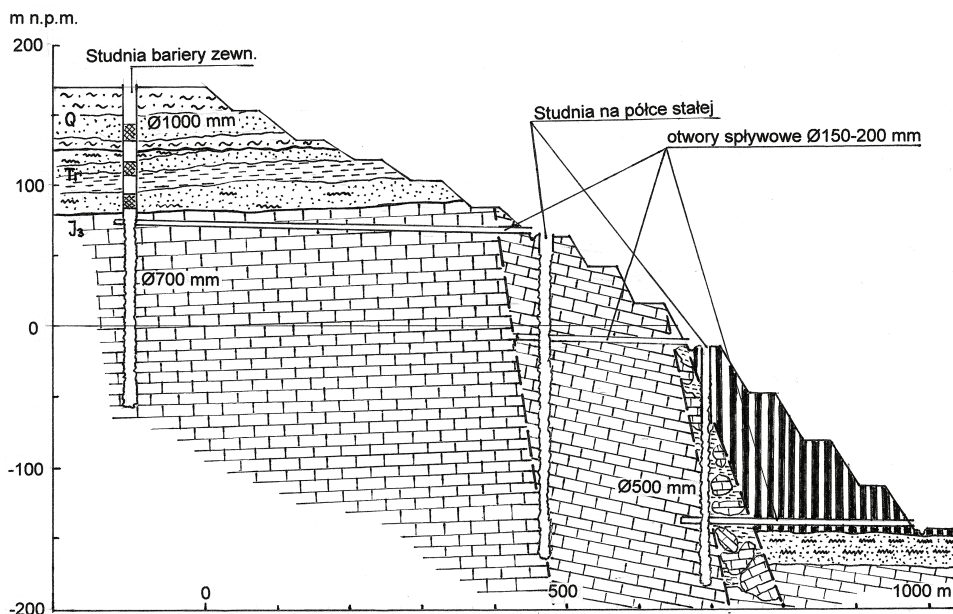
Eksploracja węgla brunatnego w ciągu 1 roku	Czas eksploatacji kopalni	Ilość wypompowanej wody w mln m ³	Suma wypompowanej wody w mln m ³	Wskaźnik zawodnienia m ³ H ₂ O/ 1 t węgla
Budowa wkopu otwierającego (od początku odwadniania złoża)	0 lat	1 577	1577	–
Eksploracja węgla 10 mln t/rok	40 lat	6 300	7 877	19,7
Eksploracja węgla 20 mln t/rok	20 lat	3 150	4 727	11,8
Eksploracja węgla 30 mln t/rok	13,3 lat	2 095	3 672	9,2
Eksploracja węgla 35 mln t/rok	11,4 lat	1 800	3 375	8,44

Z przedstawionego obliczenia wynika, że eksploatacja byłaby opłacalna jedynie przy dużym i szybkim wydobywaniu węgla brunatnego. Ostatni wiersz tabeli 3 dostosowano do zdolności spalania węgla brunatnego w Elektrowni „Bełchatów”. Dla porównania wskaźnik zawodnienia złoża w odkrywce „Bełchatów” w 1995 r. (przed uruchomieniem odwadniania odkrywki „Szczerców”) wynosił 4,95 m³ wody/1 t węgla. Obecnie przy równoczesnym odwadnianiu odkrywki „Bełchatów” i „Szczerców” wskaźnik ten wzrósł do około 8,75 m³ wody na 1 t węgla brunatnego.

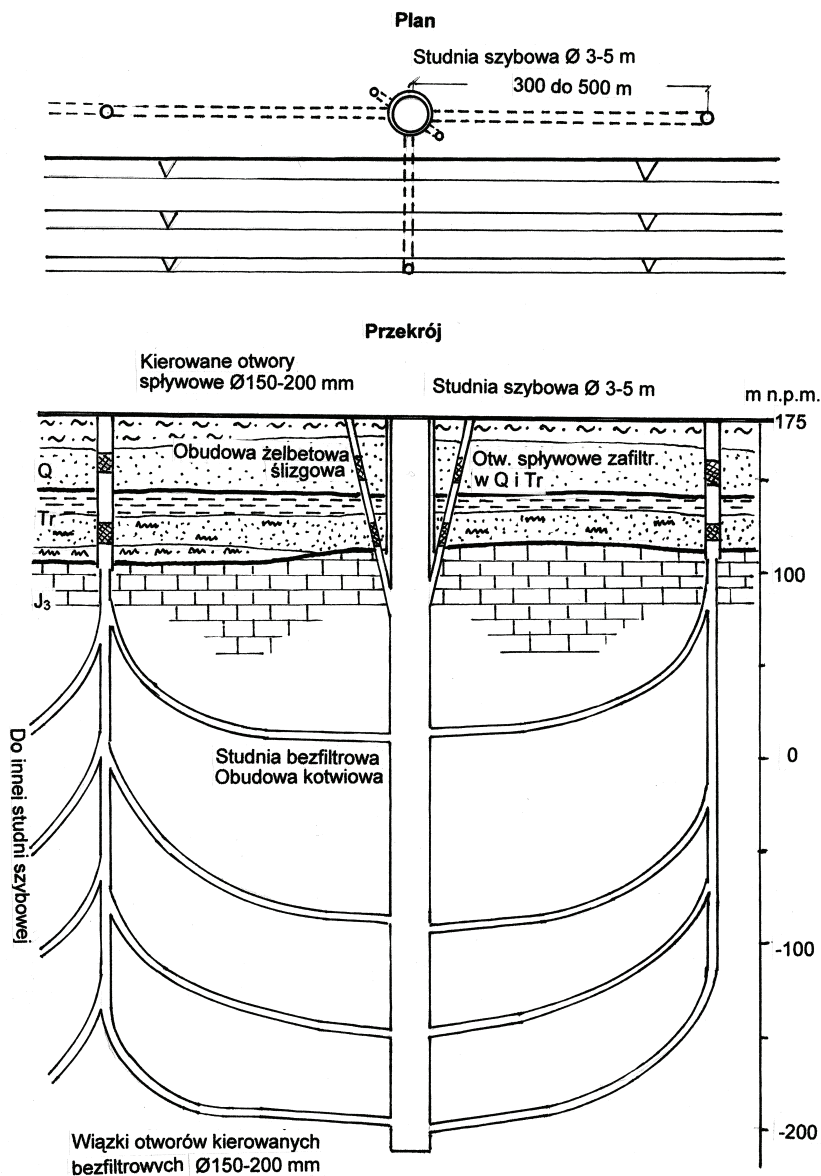
10. ODWODNIENIE WGLĘBNE

Odwodnienie wglębne wkopu otwierającego i całej odkrywki w warunkach geologicznych występowania złoża, którego strop zalega kilkadziesiąt m poniżej mezozoicznych, stromych krawędzi rowu tektonicznego, może być rozwiązane w inny sposób, niż w istniejących w Polsce kopalniach węgla brunatnego. Można tu zaproponować dwa sposoby odwadniania:

- 1 Odwodnienie studniami wierconymi w trzech rzędach barier zewnętrznych i na półkach stałych oraz otworami poziomymi, wierconymi z odsłoniętego poziomu niższej półki w kierunku osi studni. Tak wykonane otwory poziome mogą stopniowo przejmować rolę pomp odwadniających, a jednocześnie odsuwać będą zwierciadło wody od skarp stałych odkrywki. Pozwoli to na znaczne oszczędności w ilości czynnych pomp głębinowych. Schemat takiego sposobu odwadniania przedstawia rysunek 4.
- 2 Odwodnienie przy pomocy kilku studni szybowych, dogłębionych poniżej spągu węgla brunatnego, działających jako studnie zbiorcze oraz otworów spływowych wierconych w skałach wapiennych jako wiązki otworów w kilku poziomach i kierowanych do tych studni szybowych wg schematu (rys. 5). Po wyeksploatowaniu węgla z rejonu wkopu otwierającego, rolę studni szybowych przejąć może odkrywka, do której byłyby skierowane otwory spływowe. Podobny sposób odwadniania, ale bez otworów spływowych, zastosowa-



Rys. 4. System odwodnienia złoża przy pomocy studni i otworów spływowych



Rys. 5. System odwodnienia złoża przy pomocy studni szybowych i spływowych otworów kierowanych

no do odwadniania złóż rud boksytów w kopalniach rejonu Topolcy na Węgrzech. Tam woda z utworów wapieni i dolomitów triasowych, silnie spękanych, jest pobierana z 4 lub 5 studni szybowych i pompami głębinowymi wysokiego tłoczenia odprowadzana do rurociągów zaopatrujących w wodę osiedla na

północno-zachodnim brzegu jeziora Balaton. Studnie wytwarzają regionalną depresję i odwadniają soczewkowe złoża boksytu zalegające powyżej wytworzonej depresji.

Oba systemy odwadniania miałyby zastosowanie do zdrenowania skał wapieni górnej jury, jako głównego poziomu wpływającego na zawodnienie złoża. Piaski czwartorzędowe i trzeciorzędowe nad złożem i w jego obrębie wymagać będą albo budowy specjalnych studni odwadniających, albo wykonania zafiltrowanych otworów spływowych do warstw jury, odwadnianych sposobem wyżej opisanym.

W wapiennych skałach górnej jury większość studni ujęć wody wymienionych w tabeli 1 to studnie bezfiltrowe („bose”). Studnie odwodnieniowe wg 1 sposobu odwadniania powinny być wiercone początkową średnicą 1000 lub 1200 mm do stropu utworów jury i zafiltrowane kolumną rur $\varnothing$ 750 lub 800 mm, a poniżej stropu jury, w wapieniach, wierceniem bosym – bezfiltrowo $\varnothing$ 700 mm, do wymaganej głębokości. Dla takiej konstrukcji studni przewidywana średnia wydajność wyniesie od 75 dm³/s w początkowym okresie odwadniania do około 10 dm³/s z chwilą uzyskania docelowego stanu odwodnienia złoża. Przeciętna wydajność pojedynczej studni w barierach otaczających odkrywkę to około 40 dm³/s.

11. ODWODNIENIE POWIERZCHNIOWE

W ramach odwodnienia powierzchniowego przewiduje się przełożenie, uszczelnienie i przebudowę koryt rzek: Oleśnicy na odcinku od 3,9 do 17,0 km (13,1 km), Pysznnej od ujścia do km 4,0 i rzeczki Burdynówki na całej swej długości – około 6 km. Ponadto konieczna będzie budowa szczelnych kanałów odprowadzających wodę ze studni barier zewnętrznych. Ich łączna długość wyniesie około 18 km. Podobna będzie łączna długość rowów odprowadzających wody ze studni z przedpola robót górniczych. Dwie pompownie spagowe powinny być przystosowane do możliwości wypompowania około 1 m³/s każda. Ponadto przewidziano działanie kilku pompowni przenośnych usytuowanych na poziomach roboczych i budowę kilkudziesięciu km rowów podskarpowych.

Północny i południowy osadnik wód brudnych, dwu lub trzy komorowy, powinien powstać już w początkowym etapie budowy kopalni. Później w miarę potrzeb powinny być budowane następne osadniki. Powierzchnia jednego osadnika to około 3 ha.

Zwałowisko zewnętrzne wymagać będzie zdrenowania stopy zwałowiska, a następnie budowy rowów podskarpowych, rurociągów sprowadzających wodę na niższe poziomy i odmulników przed zrzutem wód spływowych do sieci hydrograficznej. Konieczne będzie dostosowanie tej sieci do przepuszczenia zwiększonej ilości wody z odwodnienia zwałowiska zewnętrznego.

12. WNIOSKI

1. Położenie złoża „Złoczew” w rowie tektonicznym, podobnie jak w KWB „Bełchatów”, pozwala przypuszczać, że zastosować można daleko idące analogie odnośnie sposobów i kosztów eksploatacji. Jest to pogląd nie zgodny z rzeczywistością. Brak tej porównywalności wynika z innego charakteru skał otoczenia złoża Złoczew w stosunku do złóż rejonu Bełchatowa oraz znacznie głębszego zalegania pokładów węgla. W otoczeniu złoża „Złoczew” powszechnie występują silnie spękane wapienie górnej jury, miejscami z rozwiniętymi zjawiskami krasowymi. Takie skały charakteryzują się bardzo zmiennym współczynnikiem filtracji wody od bardzo małych wartości wewnątrz bloków skał do bardzo wysokich w strefach uskokowych i nawet do współczynników fluacji w szczelinach i korytarzach krasowych. W KWB „Bełchatów” w skałach podłoża mezozoicznego występują wapienie, mułowce, iłowce, piaskowce i margle. Skały te są znacznie słabiej przepuszczalne od tych, które otaczają złożo „Złoczew”.
2. Rzędne zlegania spągu wyeksploatowanego złoża w polu Bełchatów odpowiadają stropowym pokładom w złożu „Złoczew”. Tylko t. zw. rów drugiego rzędu w KWB „Bełchatów” usytuowany jest na podobnej głębokości jak złożo „Złoczew” [16].
3. Rozpoznanie geologiczne złoża „Złoczew” [12] objęło jedynie obszar rowu tektonicznego w zasięgu występowania węgla brunatnego. W opracowaniu [16] włożono wiele starań dla rozpoznania warunków hydrogeologicznych wapieni jury górnej, które są bazą wielu okolicznych ujęć wody i stanowić będą warstwę wodonośną najsilniej wpływającą na zawodnienie złoża. W wyniku analizy materiałów zawartych w spisie literatury [1–12] powstała autorska mapa hydrogeologiczna stropu wapieni górnej jury [10] obejmująca całą strukturę tej jednostki na zachód od rzeki Warty (rys. 1). Obliczenia wydajności jednostkowych studni przypadających na 1 m depresji i 1 m² powierzchni filtra były podstawą określenia wydajności studni odwodnieniowych.
4. Podstawą obliczeń zasięgu depresji przyszłej kopalni były rzeczywiste spadki zwierciadła wody w istniejących ośrodkach drenażu górniczego w KWB „Bełchatów”, KWB „Konin”, KWB „Adamów” oraz w kopalniach cynku i ołowiu „Olkusz” i „Pomorzany”. Wyznaczony zasięg leja depresji w kierunkach najbardziej sprzyjających jego rozwojowi wyniesie od 14 do około 16 km od środka kopalni w jej pełnym rozwoju. Jest to autorska metoda obliczenia oparta o wyniki uzyskane w wymienionych powyżej kopalniach. Dotychczas nie była ona stosowana. Przy swobodnym zwierciadle wody jej spadek $i = 1\%$ uznać można za krytyczny dla bardzo dobrze przepuszczalnych warstw wodonośnych. Przy niższych wartościach tego spadku nie ma zastosowania wzór Darcy, gdyż opory przepływu wody przez grunty są tak duże, że nie pozwalają na ruch wody podziemnej.

5. Obliczenia zasięgu depresji pozwoliły na wyznaczenie hydrogeologicznej zlewni wytworzonej przez system odwodnienia oraz na obliczenie dopływów wody z podziałem na dopływ z infiltracji opadów, dopływ z zasobów statycznych leja depresji oraz filtracji wody z koryta i doliny rzeki Warty [8]. W tej kolejności wynoszą one: Dla wkopu otwierającego: $1,96 + 2,61 + 0,0 = 4,57 \text{ m}^3/\text{s}$, a dla całej odkrywki w końcowej fazie eksploatacji: $3,93 + 2,43 + 0,35 = 6,71 \text{ m}^3/\text{s}$.
6. Tak wielkie ilości wypompowanej wody o spodziewanej bardzo dobrej jakości wymagają rozsądnego i wcześniej przemyślanego rozwiązania. Propozycje takie zostały przedstawione w tekście opracowania, jednak najkorzystniej byłoby wodę tę przeznaczyć dla celów pitnych i komunalnych.
7. Wytworzenie leja depresji na bardzo rozległym obszarze spowoduje zapewne utlenienie się różnych związków chemicznych zawartych w gruntach. Powrót zwierciadła wody po zakończeniu procesu odwadniania złoża spowoduje uwodnienie tych produktów wietrzenia, co może doprowadzić do obniżenia jakości wód podziemnych lub nawet do ich degradacji dla celów komunalnych.
8. Biorąc pod uwagę silne zawodnienie złoża „Złoczew”, jego eksploatacja może być opłacalna tylko przy szybkim i dużym wydobywaniu węgla brunatnego. Dobitnie obrazuje to tabela 3. Przy rocznym wydobywaniu węgla w ilości około 35 mln t wskaźnik zawodnienia wynosi $8,5 \text{ m}^3$ wody na jedną tonę węgla. Jest to wartość porównywalna z zawodnieniem występującym aktualnie w złożu Bełchatów. Stąd wniosek, że tylko dostarczając węgiel do tak dużej elektrowni jak Elektrownia „Bełchatów” eksploatacja złoża może być opłacalna. Odrębną sprawą, poza tematem tego artykułu, jest sposób i koszt transportu węgla.

LITERATURA

- [1] PŁOCHNIEWSKI Z. (red.), *Mapa Hydrogeologiczna Polski*, skala 1: 200 000 wraz z objaśnieniami, Arkusz Kalisz, Wyd. Geologiczne, Warszawa 1989.
- [2] RÓŹKOWSKI A. (red.), *Mapa Hydrogeologiczna Polski*, skala 1: 200 000 wraz z objaśnieniami, Arkusz Kluczbork, Wyd. Geologiczne, Warszawa 1988.
- [3] HERBICH P. (red.), *Mapa Hydrogeologiczna Polski*, Min. Środowiska, skala 1:50 000 wraz z objaśnieniami, Arkusz Złoczew, Wyd. PIG, Warszawa 2000.
- [4] PACHOLEWSKI A. (red.), *Mapa Hydrogeologiczna Polski*, Min. Środowiska, skala 1:50 000 wraz z objaśnieniami, Arkusz Wieluń, Wyd. PIG, Warszawa 2000.
- [5] HERBICH P. (red.), *Mapa Hydrogeologiczna Polski*, Min. Środowiska, skala 1:50 000 wraz z objaśnieniami, Arkusz Lututów, Wyd. PIG, Warszawa 2000.
- [6] RÓŹKOWSKI A. (red.), *Mapa Hydrogeologiczna Polski*, Min. Środowiska, skala 1:50 000 wraz z objaśnieniami, Arkusz Skomlin, Wyd. PIG, Warszawa 2000.
- [7] HERBICH P. (red.), *Mapa Hydrogeologiczna Polski*, Min. Środowiska, skala 1:50 000 wraz z objaśnieniami, Arkusz Widawa, Wyd. PIG, Warszawa 2000.
- [8] PACHOLEWSKI A. (red.), *Mapa Hydrogeologiczna Polski*, Min. Środowiska, skala 1:50 000 wraz z objaśnieniami, Arkusz Osjaków, Wyd. PIG, Warszawa 2000.
- [9] BRANOWSKI J., MAŃKOWSKA A., *Mapa geologiczna Polski bez utworów czwartorzędowych* 1:200 000, arkusz Kalisz, Opracowanie: Inst. Geologiczny, Wyd. Geologiczne, Warszawa 1972.

- [10] MIŁACZEWSKA E. (redakcja) Praca zbiorowa, *Atlas tektoniczny Polski 1: 750 000*, PIG, Warszawa 1998.
- [11] Centralny Bank Danych Geologicznych; Odpisy 90 profili otworów badawczych, surowcowych – poszukiwawczych i hydrogeologicznych w otoczeniu złoża węgla brunatnego „Złoczew”.
- [12] ZYGAR J., Kombinat Geologiczny „Zachód”, autor; *Kompleksowa dokumentacja geologiczna złoża węgla brunatnego „Złoczew” w kategorii C–2* (niepubl.), Centr. Archiw. Geologiczne PIG nr 4327/197, Wrocław 1979.
- [13] SAWICKI J., *Zmiany naturalnej infiltracji opadów do warstw wodonośnych pod wpływem głębokiego, górniczego drenażu*, Ofic. Wyd. PWr., Wrocław 2000.
- [14] SAWICKI J., DERKOWSKA-SITARZ M., *Metody określenia udziału dopływów wód z zasobów dynamicznych i statycznych w całkowitym dopływie wód podziemnych do kopalń*, Prace Nauk. Instytut. Górnictwa PWr. Nr 113, Studia i Materiały Nr 31, Wrocław 2005.
- [15] WILK Z. (red.), *Hydrogeologia polskich złóż kopalin i problemy wodne górnictwa*. Tom 1. Uczelniane Wyd. Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2003.
- [16] BUTRA J. (red.), *Studium wykonalności zagospodarowania złoża węgla brunatnego „Złoczew” – Koncepcja zagospodarowania zagospodarowania złoża węgla brunatnego „Złoczew”*, PWr., Wydz. Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Wrocław 2009.

HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS AND MINING OPERATION BROWN COAL DEPOSITS “ZŁOCZEW”

The article describes the hydrogeological conditions occurring very deep deposits of brown coal “Złoczew”, its place in the tectonic trench. Attention is drawn to the numerous faults, which caused quite a strong differentiation of the ceiling and floor deposits. The deposit is situated in the surroundings of the Upper Jurassic limestones, also heavily involved tectonic and places with developed karst phenomena. The nature of the geological structure, location of deposits and around tracks with very good local groundwater flow conditions indicate the necessity to choose slightly different drainage system than previously used in the pit, “Bełchatów” and “Szczerców”. At the same time the depth of the deposit and its strong hydration raises the question whether and under what conditions its operation would be economically justified.