

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE ZŁOŻA WAPIENI I MARGLI LATOSÓWKA-RUDNIKI W RUDNIKACH KOŁO CZĘSTOCHOWY

HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE LATOSÓWKA-RUDNIKI LIMESTONE AND MARL DEPOSIT IN RUDNIKI NEAR CZĘSTOCHOWA

MARIUSZ CZOP¹, MARTYNA GUZIK², JACEK MOTYKA¹,
ANDRZEJ PACHOLEWSKI², KAZIMIERZ RÓŻKOWSKI¹

Abstrakt. Cementownia Rudniki znajduje się w miejscowości Rudniki koło Częstochowy. Na jej potrzeby prowadzona jest eksploatacja w nieodległej Kopalni Latosówka. Intensywny drenaż poziomy górnojurajskiego związany z wydobywaniem powoduje zmianę układu hydrodynamicznego rejonu, wytwarzając oparty na Warcie lej depresji. Planowane zwiększenie wydobycia spowoduje dalszą rozbudowę strefy zdepresjonowanej, głównie ku północy i zachodowi, zwiększając oszacowany drogą modelowania matematycznego dopływ do systemu odwadniania kopalni.

Słowa kluczowe: warunki hydrogeologiczne, złożo Latosówka-Rudniki, Wyżyna Wieluńska.

Abstract. Rudniki Cement Plant at Rudniki village is supplied with carbonates by the nearby located Latosówka open pit. Intense drainage of the upper Jurassic aquifer due to limestone and marl exploitation has changed the hydrodynamic field creating a depression cone recharged by the Warta River. The planned production increase will cause further development of the depression zone, mainly towards the north and west, resulting in the increase of water inflow to the mine dewatering system, estimated by numerical modelling.

Key words: hydrogeological conditions, Latosówka-Rudniki deposit, Wieluń Upland.

WSTĘP

W Rudnikach koło Częstochowy eksploatowane są wapienie i margle jurajskie na potrzeby przemysłu cementowego. Pierwsze prace dokumentujące zasoby surowców węglanowych złoża Latosówka były wykonane w latach pięćdziesiątych ubiegłego stulecia (Fic, 1985). W miarę wyczerpywania się zasobów tego złoża, eksploatację wapieni i margli przeniesiono na sąsiedni obszar złożowy Rudniki, gdzie eksploatuje się te skały na dwóch pozio-

mach wydobywczych. Obie odkrywki połączono przekopem. W ostatnich kilku latach wydobycie surowców dla przemysłu cementowego sięgnęło około 800 tysięcy ton rocznie.

Złożo Latosówka-Rudniki znajduje się w obrębie monokliny śląsko-krakowskiej, rozległej struktury geologicznej o zasięgu regionalnym w południowej Polsce, zapadającej w kierunku północno-wschodnim (fig. 1). Jest ona zbudowa-

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: mariucz@agh.edu.pl, motyka@agh.edu.pl, kazik@agh.edu.pl

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Górnośląski, ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec; e-mail: martyna.guzik@pgi.gov.pl, andrzej.pacholewski@pgi.gov.pl

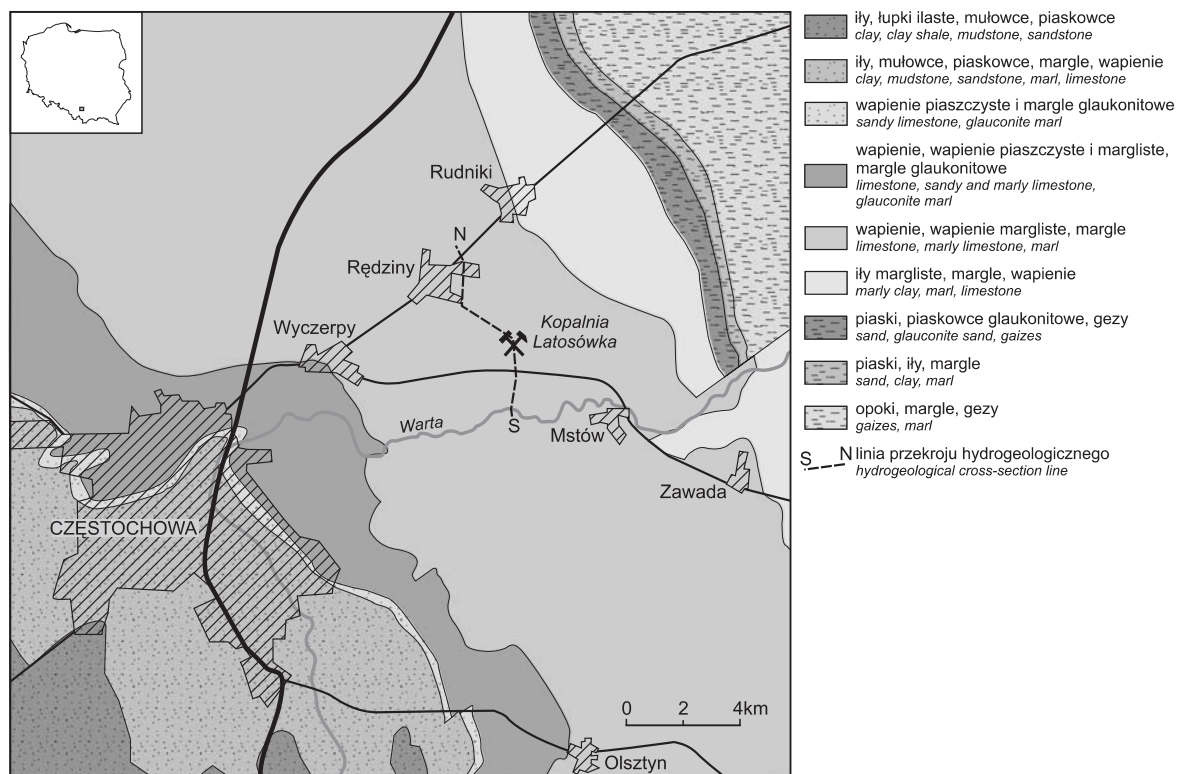


Fig. 1. Mapa geologiczna rejonu Rudnik (Fic, 1985)

Geological map of the Rudniki region (Fic, 1985)

na z utworów triasu i jury, leżących niezgodnie na starszych skałach paleozoicznych. Jura jest reprezentowana w dolnej części przez serie oksfordu, a w górnej kimerydu, które są zbudowane z wapieni skalistych, płytowych i marglistych

oraz margli. Nadkład stanowią utwory czwartorzędowe. Zatem jest to złożo odkryte pod względem hydrogeologicznym, czyli jego zawodnienie jest w dużym stopniu związane z wysokością opadów atmosferycznych.

CHARAKTERYSTYKA PIĘTER WODONOŚNYCH

W rejonie złoża Latosówka-Rudniki zostały rozpoznane dwa piętra wodonośne: czwartorzędowe i jurajskie.

Wodonośne piętro czwartorzędowe jest związane z piaskami i żwirami plejstoceniowymi, pochodzenia rzecznicowego i rzeczniczego, a lokalnie także z najmłodszymi osadami rzeczniczymi holocenu. Jest to piętro nieciągłe, ponieważ czwartorzędowe utwory piaszczysto-żwirowe wypełniają doliny rzeczne i zagłębienia w starszym, jurajskim podłożu.

Na wierzchołkach utwory czwartorzędowe są reprezentowane przez cienkie płyty pokryw zwietrzelinowych i glin krasowych. Miąższość utworów wodonośnych jest bardzo zróżnicowana i waha się od kilku do kilkudziesięciu metrów (fig. 2), a największą miąższość, około 60 m, stwierdzono w słabo rozpoznanej kopalnej dolinie Prawarty. Została ona dość dobrze rozpoznana pracami geofizycznymi. Na tej podstawie stwierdzono, że przebiega ona pomiędzy ujęciem Wierzchowisko a kamieniołomem wapieni Rudniki-Latosówka. Utwory czwartorzędowe, pod względem

hydrogeologicznym mają jeszcze znaczenie w dolinach większych rzek.

Wodonośne piętro jurajskie, ze względu na zróżnicowany charakter litologiczny, jest wielopoziomowe. Górną część tworzą wapień górnej jury (poziom malmu), a dolną piaskowce i zlepienie środkowej jury (poziom doggeru). W rejonie Rudnik, ze względu na stopień rozpoznania geologicznego i hydrogeologicznego, podstawowe znaczenie ma poziom wodonośny malmu. Budujące go wapień tworzą rozległy główny zbiornik wód podziemnych GZWP nr 326 – Częstochowa E. Jest to zbiornik typu szczelinowo-krasowo-porowego o swobodnym zwierciadle wód podziemnych w skali regionalnej. Lokalnie, pod nadkładem czwartorzędowych polodowcowych glin zwałowych, zwierciadło wody w wapieniach jurajskich może mieć charakter subarteryjski lub artezyjski. Również w trakcie wiercenia studni lub otworów wiertniczych można obserwować wznios zwierciadła wody wskutek obecności wypełnionych form krasowych (Nowak, 1993) lub kanałów krasowych.

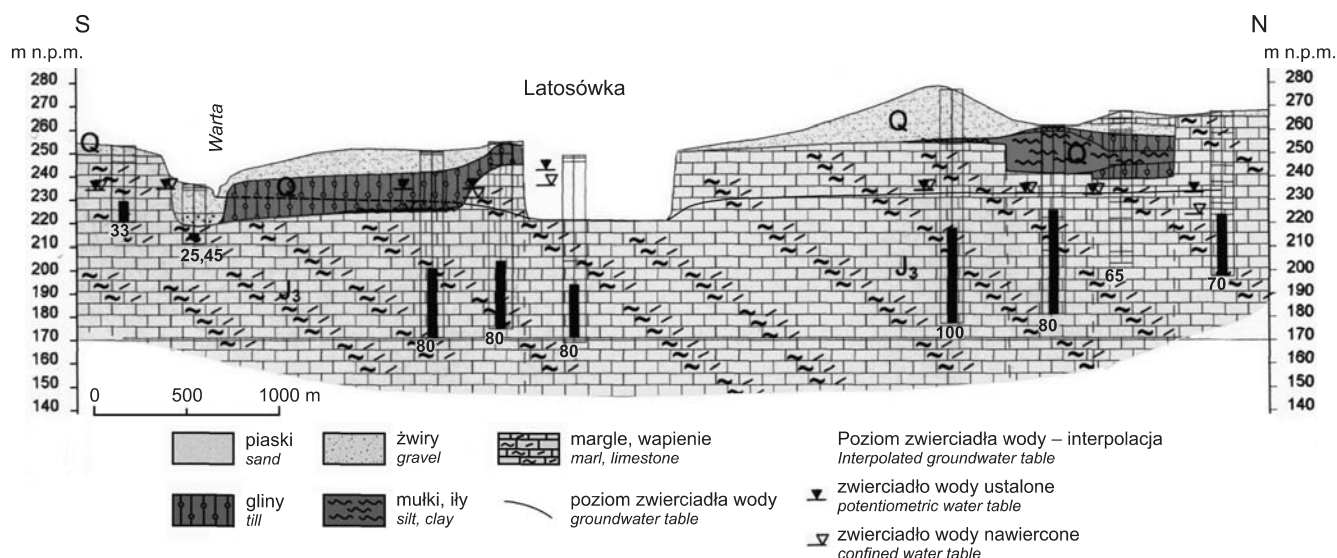


Fig. 2. Przekrój hydrogeologiczny przez odkrywkę Latosówka (lokalizacja na fig. 1)

Hydrogeological cross-section through the Latosówka quarry (for location see Fig. 1)

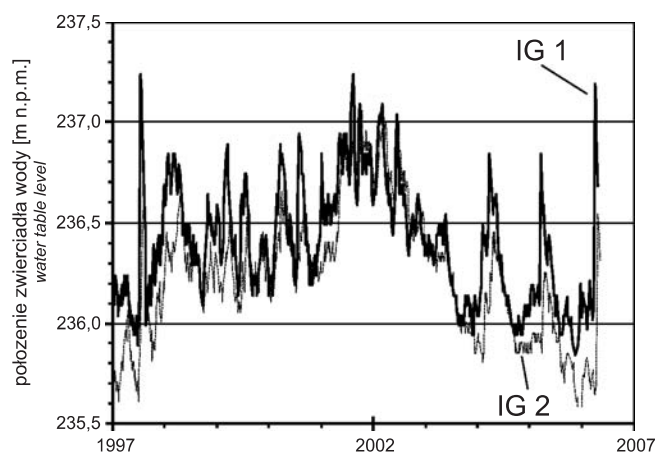
Zjawisko wzniosu zwierciadła wody podziemnej w studni lub w otworze wiertniczym jest też typowe w ośrodku skalnym typu szczelinowego, czy szczelinowo-krasowego. Charakterystyczne dla tego typu zbiorników wód podziemnych są wysokie amplitudy wahań zwierciadła wody (fig. 3)

Na podstawie wyników próbnych pompowań w licznych studniach, rejon częstochowski Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej został uznany za najbardziej dogodny do ujmowania wód podziemnych w porównaniu do rejonu krakowskiego i wieluńskiego (Pacholewski, Rózkowski, 1990). Współczynniki filtracji wapieni jurajskich w tym rejonie mieszczą się najczęściej w przedziale od $1,5 \times 10^{-5}$ do $6,5 \times 10^{-3}$ m/s. Natomiast w okolicy Rudnik współczynniki filtracji utworów jurajskich, określone na podstawie wyników próbnych pompowań w studniach ujęcia Wierzchowisko, mieściły się w granicach od $4,1 \times 10^{-5}$ do $4,1 \times 10^{-4}$ m/s, a więc są typowe dla rejonu częstochowskiego Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej (Pacholewski, Kruk, 2005).

Zbiorniki wód podziemnych w skałach węglanowych są typu szczelinowego, szczelinowo-krasowego lub porowo-szczelinowo-krasowego (Motyka, 1998; Krajewski, Motyka, 1999). W celu lepszej oceny warunków hydrogeologicznych złoża Latosówka-Rudniki wykonano laboratoryjne badania porowatości otwartej 13 próbek wapieni płytowych oraz 5 próbek wapieni marglistych i margli. Próbki wapieni płytowych miały porowatość otwartą od 0,088 do 0,172, przy średniej wartości równej 0,131, a próbki wapieni marglistych i margli od 0,024 do 0,071 – średnio 0,054. Ze względu na małą ilość próbek wielkości te należy traktować jako orientacyjne, ale warto zwrócić uwagę, że uzyskane wartości porowatości wapieni płytowych ze złoża Latosówka-Rudniki są nieco wyższe niż uzyskane przez Liszkowską i Pacholewskiego (1989) dla rejonu zlewni Wiercicy (rejon częstochowski) oraz przez Rózkowskiego i innych (2001) dla rejonu krakowskiego. Rozbieżności mogą jednak wynikać z małej populacji próbek pobranych w rejonie omawianego złoża.

Fig. 3. Zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych piętra jurajskiego w piezometrach sieci obserwacyjno-badawczej PIG w badanym rejonie (nr punktu II/131-IG I i II/132-IG-II)

Changes of the Jurassic aquifer water table level measured in monitoring wells of the PGI groundwater monitoring network (wells II/131-IG-I and II/132-IG-II)



WARUNKI PRZEPIYU WÓD PODZIEMNYCH

Schemat przepływu wód podziemnych w rejonie złoża Latosówka-Rudniki w warunkach naturalnych, tzn. niezakłóconych drenażem górniczym i przez ujęcia wód podziemnych był dosyć prosty – zasilanie wodonośnych utworów czwartorzędu i jury odbywało się przez infiltrację opadów atmosferycznych, a głównym ośrodkiem drenażu była pobliska rzeka Warta. Mniejsze znaczenie miał drenaż nieznacznymi źródłami o małej wydajności oraz związany z poborem wody w studniach gospodarskich. Obecnie, prócz Warty, głównymi ośrodkami drenażu są, położone blisko siebie, odkrywki wapieni i margli Latosówka i Rudniki połączone wkopem oraz ujęcia studzienne wód podziemnych z utworów górnej jury.

Wapienie i margle jurajskie eksploatowano do niedawna w dwóch odkrywkach: Latosówka i Rudniki. W wyrobisku Latosówka eksploatowano skały węglanowe na dwóch poziomach wydobywczych: 235 i 222 m n.p.m. Obecnie w tym rejonie złoża prace wydobywcze zostały wstrzymane, ale rzedna niższego poziomu jest obecnie bazą drenażu górniczego utworów górnej jury w omawianym obszarze. W wyrobisku Rudniki II eksploatuje się te surowce na dwóch poziomach eksploatacyjnych. Pierwszy poziom jest podzielony na dwa podpoziomy: na rzędnej 252 i 242 m n.p.m. Eksploatacja kontynuowana jest na drugim poziomie, na rzędnej 231 m n.p.m. Planuje się zejście z wydobywaniem na kolejny, trzeci poziom o docelowej rzędnej 220 m n.p.m. w kamieniołomie Rudniki II, oraz na poziom 205 m n.p.m. w kamieniołomie Latosówka, który w przyszłości będzie podstawą drenażu wód podziemnych.

Eksploatacja wapieni i margli jurajskich w kamieniołomie Latosówka rozpoczęła się w 1964 r. rozcięciem złoża do rzędnej 235 m n.p.m., tj. mniej więcej do ówczesnego poziomu wód podziemnych. Notowane wtedy dopływy wody do kamieniołomu pochodziły głównie z bezpośredniego opadu na obszar wyrobiska oraz ze spływu powierzchniowego po skarbach odkrywki, z drenażu wodonośnych soczewek w nakładzie czwartorzędowym, a także z płytkiego, podziemnego spływu hipodermicznego. Brak danych odnośnie do wielkości dopływów wody do odkrywki w tym okresie, ale przypuszczalnie nie był to dopływ ciągły, a w okresach opadowych niewielki i nie wymagał budowy specjalnego systemu odwadniania. W 1972 r. rozpoczęto eksploatację na poziomie 222 m n.p.m., tj. około 13 m poniżej naturalnego poziomu wód podziemnych w węglanowych skałach jurajskich. W związku z drenażem skał piętra jurajskiego dopływ wody do odkrywki wzrósł do około 3–4 m³/min, co wymagało jej ciągłego odwadniania. W miarę rozwoju lejki depresji dopływy rosły i osiągały około 8 m³/min w 1982 roku, a po ustaleniu się nowej równowagi hydrodynamicznej zmniejszają się blisko 7 m³/min. Udostępnienie bliźniaczego złoża Rudniki nie spowodowało zaburzenia istniejącej, delikatnej równowagi hydrodynamicznej, ponieważ wapienie eksploatowano do rzędnej 231 m n.p.m., czyli powyżej zwierciadła wody podziemnej, kształtowanego przez system odwadniania kamieniołomu

Latosówka. Od połowy lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia dopływy do systemu odwadniania kopalni Latosówka-Rudniki stabilizują się mniej więcej na poziomie 7,5 m³/min. W latach 2000–2004 dopływy wzrosły do około 11 m³/min, po czym ustabilizowały się na poziomie 10–11 m³/min.

Charakterystyczną cechą odkrywek jest zależność ich zawodnienia od wysokości opadów atmosferycznych. Ze względu na to, że systematyczne pomiary wielkości dopływu wody do kopalni Latosówka-Rudniki rozpoczęto dopiero w 2003 roku, możliwa jest analiza jakościowa zależności dopływów od wysokości opadów atmosferycznych w ostatnich 6 latach. Porównanie wysokości opadów atmosferycznych z wielkością dopływów wody do odkrywek Latosówka-Rudniki (fig. 4) pokazuje, że ich zawodnienie, mierzone wielkością dopływu stosunkowo słabo zależy od wysokości opadów. Można się dopatrywać wzrostu dopływów wody do omawianych odkrywek w ślad za wysokimi opadami atmosferycznymi, ale z kilkumiesięcznym opóźnieniem.

Ważnym składnikiem antropogenicznego drenażu wodonośnego piętra jurajskiego w otoczeniu kopalni Latosówka-Rudniki są ujęcia wód podziemnych. Średnia ilość wody pobierana w tych ujęciach wynosi około 4800 m³/d, tj. około 3,4 m³/min. Najwięcej wody ujmuje się dla potrzeb Zakładów Chemicznych Rudniki oraz Zakładu Gospodarki Komunalnej Mstów, które potrzebują średnio 3200 m³/d, tj. 2,2 m³/min., czyli około 65% ogólnego poboru wody studniami z piętra jurajskiego. Pierwsze z ujęć znajdując się tylko około 0,5 km od odkrywek lokuje się praktycznie w centrum strefy drenażu, zaś drugie odległe o około 3 km zajmuje strefę peryferii.

Drenaż górniczy i studniami ujęć piętra jurajskiego spowodował zmianę pierwotnych, naturalnych kierunków przepływu wód podziemnych. Wokół tych antropogenicznych ośrodków drenażu wytworzył się połączony lej depresji, którego zasięg, określony metodą modelowania hydrodynamicznego, sięga 2,5–3,0 km, a jego powierzchnia wynosi około 20 km². Na tym obszarze wody podziemne w utworach górnej jury, płynące pierwotnie w kierunku doliny Warty, spływają przede wszystkim do wyrobisk kopalni Latosówka-Rudniki, a także w mniejszej ilości do studni wspomnianych ujęć (fig. 5). Fragment doliny tej rzeki znalazł się w zasięgu wpływu i na tym odcinku woda z Warty infiltruje do podłoża zbudowanego z utworów czwartorzędowych i jurajskich. W tej sytuacji w bilansie wodnym kopalni Latosówka-Rudniki należy uwzględnić także składową dopływu wód infiltracyjnych z Warty, którą na podstawie wyników badań modelowych oszacowano na 5,4 m³/min. Taka wielkość strat wody z Warty mieści się w granicach błędów pomiarów przepływu tej rzeki młynkiem hydrometrycznym i dlatego próby zlokalizowania miejsc ucieczek wody z Warty i próby pomiaru ich wielkości dały wynik bardzo niepewny.

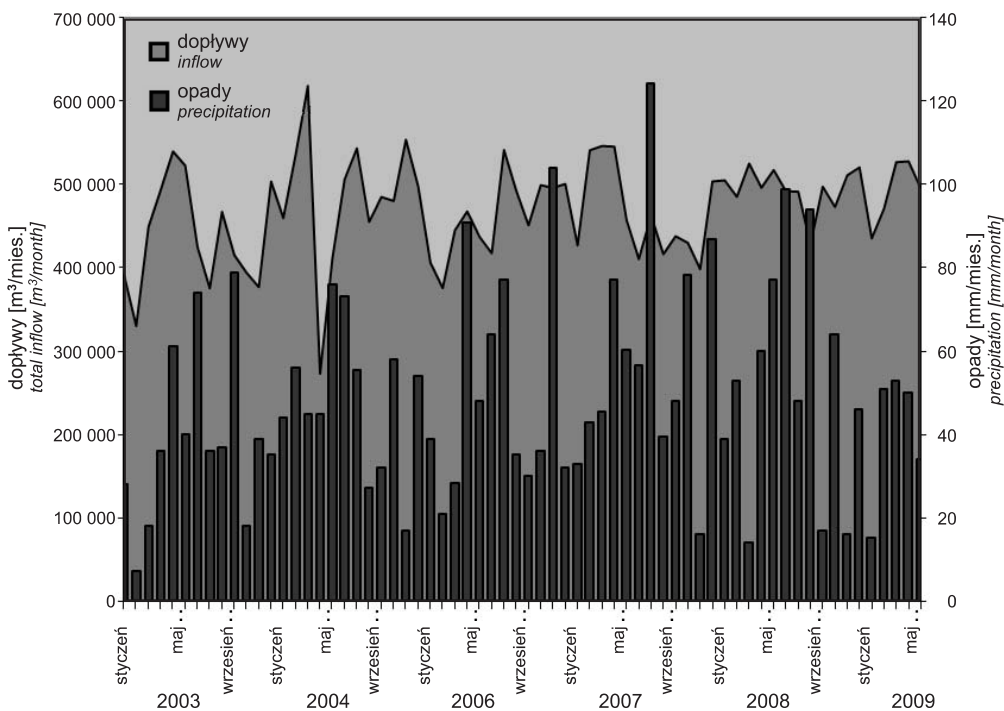


Fig. 4. Dopływy miesięczne do kopalni Latosówka na tle opadów atmosferycznych

Monthly inflows to the Latosówka open pit against the precipitation sum

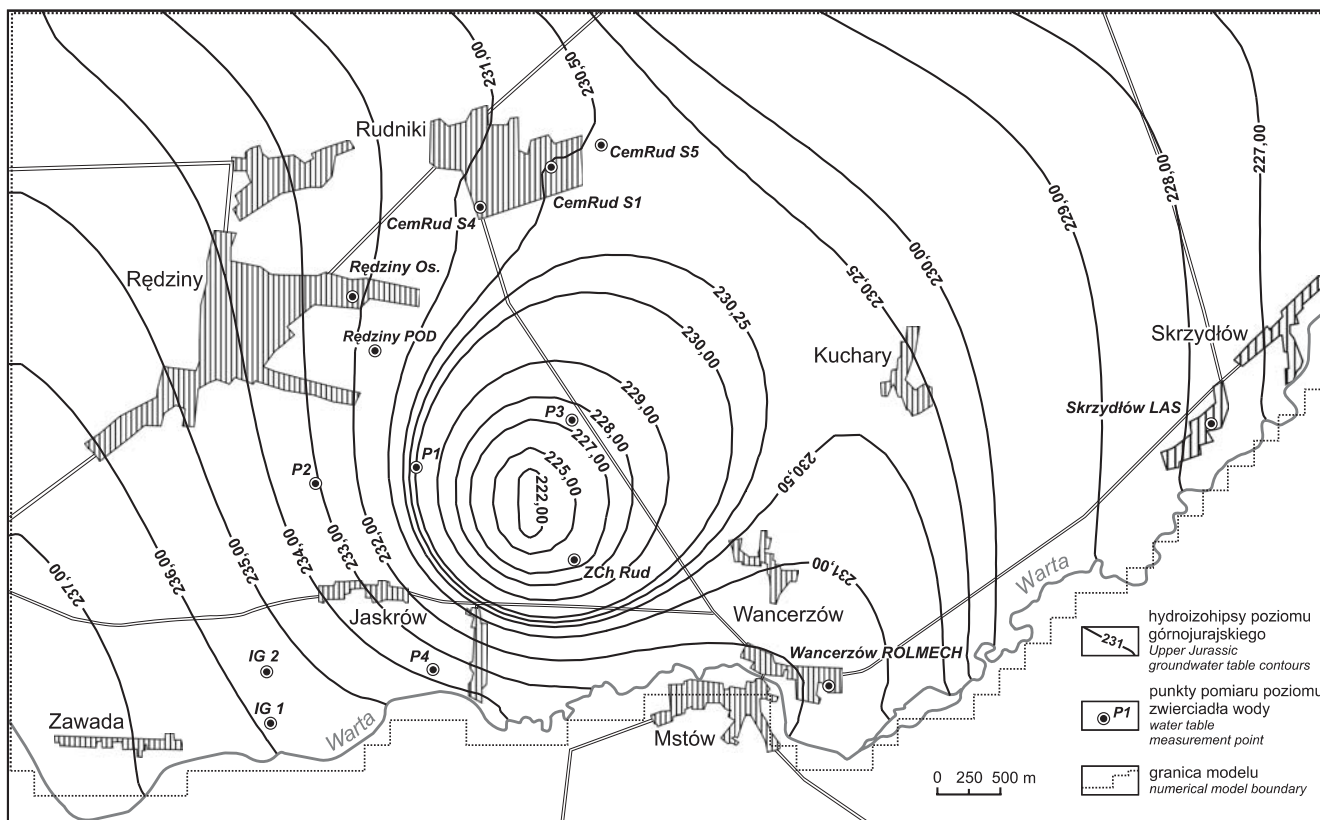


Fig. 5. Układ zwierciadła górnajurajskiego poziomu wodonośnego w rejonie Rudnik

Contour map of the Upper Jurassic aquifer hydrodynamic field in the Rudniki region

SKŁAD CHEMICZNY WÓD PODZIEMNYCH

W celu zbadania składu chemicznego wód podziemnych w rejonie kopalni Latosówka-Rudniki pobrano próbkę wody z rzepia w odkrywcę Rudniki, próbki z 4 piezometrów, w których monitoruje się zmiany stanu środowiska wód podziemnych, wywołane drenażem górniczym, pięć próbek z punktów rozrzuconych na obszarze badań oraz 1 próbkę z Warty, poniżej miejsca zrzutu wód z odwodnienia górniczego. Wykorzystano także wyniki archiwalnych, na ogół wskaźnikowych analiz składu chemicznego wód z ujęć studziennych. Syntetyczne wyniki analiz zestawiono w tabeli 1.

Analizowane wody są na ogół słabo zasadowe, sporadycznie słabo kwaśne, a ich przewodność elektrolityczna właściwa (PEW) mieści się w szerokim przedziale wartości, tzn. od 0,28 do 1,06 mS/cm. Wśród kationów dominują jony wapnia, a anionów jony wodorowęglanowe i dlatego około 70% badanych wód, pod względem hydrochemicznym jest typu Ca-HCO₃. Wody z ujęć zanieczyszczonych ściekami bytowymi lub wskutek nawożenia użytków rolnych są

wzbogacone w azotany i w dwóch ujęciach (Rędziny Osiedle i Wincerzów sad) były typu Ca-HCO₃-NO₃. W latach 2005 i 2006 taki typ wody stwierdzono także w próbkach wody pobieranej z piezometru P1. W niektórych ujęciach stwierdzono także podwyższone stężenia chlorków, dochodzące do 60 mg/l oraz sodu do 33 mg/l i potasu do 5,4 mg/l, co świadczy o prawdopodobnym zanieczyszczeniu ściekami bytowymi.

Wśród mikroskładników żelazo wraz z manganem pozostają na niskim poziomie, znacznie poniżej norm przewidzianych dla wód pitnych, z wyjątkiem studni Latosówka 3, której opróbowane wody znacząco wpłynęły na zamieszczone w tabeli 1 statystyki. Znacznie zawyżone wyniki, kształtujące maksima w odpowiednich zakresach, są efektem sporadycznego użytkowania, a zarazem prawdopodobnie słabego oczyszczenia otworu przez zewnętrzną ekipę pobierającą próbkę. Wapniowce, a więc stront i bar osiągają wartości przeciętne dla środowisk węglanowych, przy typowych wyższych koncentracjach strontu.

Tabela 1

Syntetyczne zestawienie wielkości parametrów fizykochemicznych wód w rejonie złoża Latosówka-Rudniki

Synthetic matching of groundwater physico-chemical parameters in the vicinity of the Latosówka-Rudniki deposit

Parametr	Jednostka	Minimum	Maksimum	Średnia arytmetyczna	Odchylenie standardowe	Liczebność
pH	–	6,82	8,00	7,39	0,29	16
PEW	μS/cm	276	1060	554	219	16
Mineralizacja ogólna	mg/l	295,75	812,98	442,77	175,19	10
Ca		58,15	198,91	108,09	47,15	10
Mg		1,05	5,24	2,17	1,21	10
Na		1,21	33,21	8,97	9,46	10
K		0,30	5,37	1,48	1,41	10
HCO ₃		119,40	425,40	238,74	91,92	10
SO ₄		7,34	67,03	30,37	17,60	10
Cl		9,03	60,18	26,05	17,65	10
SiO ₂		1,51	7,40	3,26	1,73	10
NO ₃		> 0,50	91,90	20,16	20,97	16
Fe		0,005	2,190	0,152	0,543	16
Mn		> 0,001	0,236	0,020	0,058	16
Ba		0,008	0,034	0,017	0,008	10
Sr		0,046	0,284	0,111	0,066	10

LITERATURA

- FIC A., 1985 – Dokumentacja geologiczna w kat. B + C1 złoża wapieni i margli górnourajskich „Latosówka-Rudniki II”. Przeds. Geol., Kraków.
- KRAJEWSKI S., MOTYKA J., 1999 – Model sieci hydraulicznej w skałach węglanowych w Polsce. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **388**: 115–138.
- LISZKOWSKA E., PACHOLEWSKI A., 1989 – Ilościowa ocena struktury hydraulicznej masywu wapieni górnourajskich zlewni Wiercicy. *W: Wody szczelinowo-krasowe i problemy ich ochrony*: 23–32. Mat. Konf. Nauk. Wyd. SGGW–AR, Warszawa.
- MOTYKA J., 1998 – A conceptual model of hydraulic networks in carbonate rocks, illustrated by examples from Poland. *Hydrogeol. J.*, **6**, 4: 469–482.
- NOWAK W.A., 1993 – Skrasowienie podziemne wapieni i jego odzwierciedlenie w rzeźbie Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej w rejonie Częstochowy. *Studia Ośr. Dokum. Fizjograf.*, **21**: 9–137.
- PACHOLEWSKI A., RÓŻKOWSKI A., 1990 – GZWP jury górnej regionu krakowsko-wieluńskiego. Charakterystyka hydrogeologiczna. *W: Szczelinowo-krasowe zbiorniki wód podziemnych Monokliny Śląsko-Krakowskiej i problemy ich ochrony* (red. A. Rózkowski): 51–59. CPBP 04.10 Ochrona i Kształtowanie Środowiska Przyrodniczego. Wyd. SGGW–AR, Warszawa.
- PACHOLEWSKI A., KRUK L., 2005 – Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne wraz z projektem monitoringu oraz instrukcją metodyczną sporządzania takich dokumentacji dla wybranego odcinka projektowanej lokalizacji autostrady. Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- RÓŻKOWSKI J., MOTYKA J., BORCZAK S., RÓŻKOWSKI K., 2001 – Własności hydrogeologiczne matrycy skalnej wapieni górnourajskich Wyżyny Krakowskiej w świetle badań laboratoryjnych. *W: Współczesne problemy hydrogeologii*, t. 10, cz. 1: 253–256. UWroc., Wrocław.

SUMMARY

Rudniki Cement Plant at Rudniki village is supplied with Jurassic carbonates by the nearby located Latosówka open pit. The extracted Jurassic rocks are represented by the lower part of the Oxfordian and the upper part of the Kimmeridgian section. Lithologically, they consist of rocky, platy and marly limestones and marls overlain by Quaternary deposits. The production involves two deposits of Latosówka and Rudniki. Neighbouring open pits are connected by a cross-cut. Within the last few years, the exploitation of carbonates for cement industry reached about 800 thousand tons per year.

Two aquifers (Quaternary and Jurassic) have been identified in the vicinity of the Latosówka-Rudniki deposit. The Quaternary aquifer consists of Pleistocene sands and gravels of alluvial-glacial and alluvial origin and locally youngest Holocene alluvia. The aquifer is discontinuous. The thickness of water-bearing strata is very varied, ranging from a few to several tens of metres. The Jurassic aquifer is stratified according to its diversified lithological character. The only deposit of great significance near Rudniki is the Malm horizon. Carbonates of the horizon form a vast Main Groundwater Basin no 326 – Częstochowa E, of fissure-karst-pore character with a free water table on a regional scale. Permeability coefficients range from 4.1×10^{-5} to 4.1×10^{-4} m/s and are typical of the region, while open porosity coefficients measured at the laboratory vary from 0.024 to 0.172 and are relatively high.

In the area adjacent to the deposit, hydrodynamic conditions were not complicated in natural conditions, i.e. not affected by mine drainage and groundwater intakes. Recharge of the Quaternary and Jurassic horizons occurred through precipitation infiltration, and the Warta River was the main

draining object. Currently, the open pit draining system is of primary significance, with a discharge of about 10–11 m³/min. Of grate importance are also groundwater intakes, exploiting about 3.4 m³/min. Most of water is extracted by two intakes: Rudniki Chemical Factory and Mstów Municipal Services Company, comprising about 65% of the total discharge from the Jurassic aquifer. Mining drainage in connection with activity of groundwater intakes changed the natural groundwater filtration patterns. A cone of depression evolved around the anthropogenic drainage systems. Its diameter, determined by numerical modelling, is 2.5–3.0 km, and it covers an area of about 20 km². The Warta River has changed its character to infiltrating along the valley influenced by the drainage. Infiltration was estimated from numerical modelling at 5.4 m³/min.

Groundwater quality in the Rudniki region was recognized on the basis of data collected from eleven sampling points, as well as archival analysis. The water is mainly slightly alkaline, rarely slightly acidic, of electrolytic conductivity ranging from 0.28 to 1.06 mS/cm. According to physico-chemical parameters, the water is typical of the Jurassic aquifer. Some 70% of samples were of Ca–HCO₃ hydrochemical type. Contaminants were derived from agricultural activity, including fruit farming, or are the result of an improperly developed and managed sewage system. There were only two points where contamination originated from municipal waste or fertilization. Enrichment in some compounds, mainly in nitrates, caused an alteration of the hydrochemical type to a Ca–HCO₃–NO₃ type. Chloride, sodium and potassium compounds also occur in elevated concentrations.