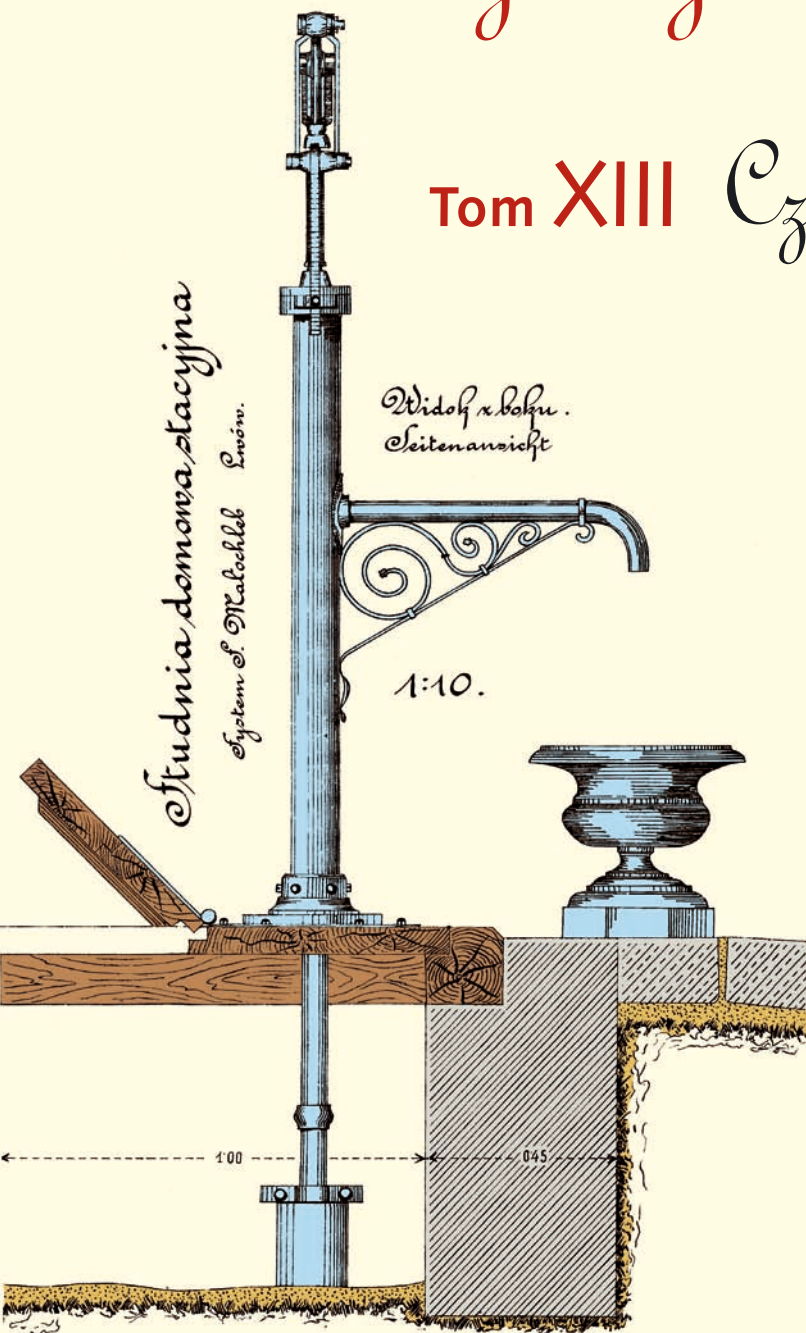


Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 3.





Wydanie publikacji zostało sfinansowane przez
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Recenzenci:

Jadwiga Szczepańska
Wojciech Ciężkowski
Józef Górski
Andrzej Kowalczyk
Ewa Krogulec
Grzegorz Malina
Jerzy Małecki
Marek Marciniak
Jacek Motyka
Marek Nawalany
Jan Przybyłek
Andrzej Rózkowski
Andrzej Sadurski
Andrzej Szczepański
Stanisław Staško
Stanisław Witczak
Andrzej Zuber

Redakcja: Andrzej Szczepański, Ewa Kmiecik, Anna Żurek

Teksty artykułów w częściach 2. i 3. zostały wydrukowane z wersji elektronicznej dostarczonej przez Autorów, metodą bezpośredniej reprodukcji (*camera ready*)

Projekt okładki i stron tytułowych: Andrzej Tomaszewski

Na okładce: fragment projektu studni miejskiej we Lwowie z 1906 roku
— ze zbiorów prof. **Antoniego S. Kleczkowskiego** (1922–2006)

Korekta: Zespól

Skład komputerowy systemem T_EX: preT_EXt, www.pretext.com.pl

Druk: ROMA-POL, www.romapol.pl

ISBN-13 978-83-88927-16-4

**Andrzej Haładus, Robert Zdechlik,
Przemysław Bukowski**

**Modelowanie przebiegu zatapiania
Ruchu II ZG Janina**

**Numerical Modeling of Flooding Process in the Part
of the Janina Hard Coal Mine**

Słowa kluczowe modelowanie procesów filtracji, zatapianie wyrobisk górniczych

Key words modeling of filtration processes, flooding of the mine workings

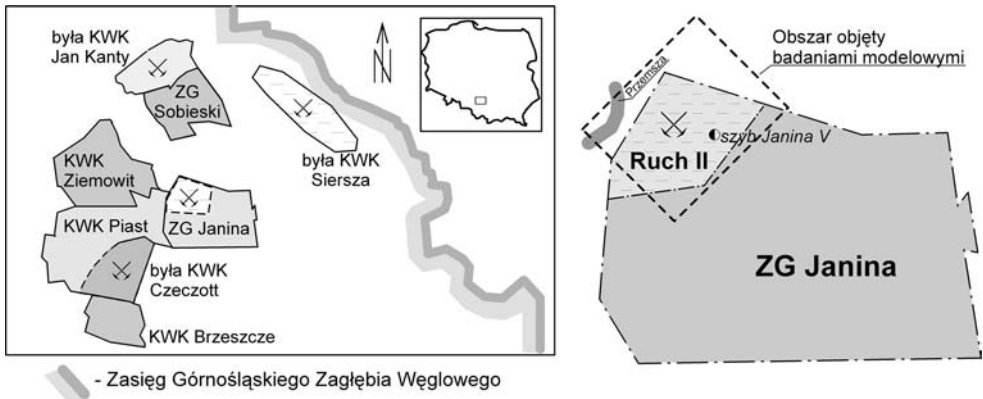
Abstract This article presents the prognosis of partial flooding of mine workings in exploited part of hard coal mine. Prognosis in time was prepared on the base of mathematical model of hydrogeological conditions, which consists of nine layers, that was verified in steady-state and transient conditions. The model presents very high accordance of water inflows to mine workings and groundwater table with real measurements. For creating model and making calculations, the Processing Modflow program has been used.

1. Wstęp

Badania modelowe dla prognozowania warunków hydrogeologicznych dla potrzeb górnictwa węgla kamiennego nie są stosowane często. Wynika to na ogół z trudności z odwzorowaniem złożonych warunków hydrogeologicznych i geologiczno-górnicznych (Adamczyk i in., 1992, 2000; Szczepański i in., 1998).

W celu jak najwierniejszego odwzorowania rzeczywistych rozkładów ciśnień i przepływów filtracyjnych w górotworze oraz w wyrobiskach górniczych Ruchu II ZG Janina, zbudowano skomplikowany model cyfrowy wykorzystując program Processing Modflow. Odwzorowano w nim, związane ze sobą poprzez kontakty hydrauliczne, trzy piętra wodonośne, tj. czwartorzędowe, triasowe i karbońskie.

Obszar górniczy kopalni Janina położony jest w południowo-wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW), w granicach województwa małopolskiego (rys. 1). W jego północno-wschodniej części położony jest Ruch II, który praktycznie stanowił samodzielną jednostkę wydobywczą. Granice Ruchu II od wschodu i południa związane są z uskokami o zrzutach od 60 do 120 m, a od północy i zachodu wyznaczają je granice obszaru górniczego.



Rysunek 1. Położenie obszaru badań modelowych
Figure 1. Location of the model area

Trwający kilkadziesiąt lat drenaż utworów karbonu w rejonie Ruchu II spowodował powstanie leja depresji o powierzchni kilkudziesięciu km² i maksymalnym obniżeniu dochodzącym do 300 m. Po zakończeniu eksploatacji wyrobiska górnicze, w wyniku naturalnego dopływu, były ze zmienną intensywnością zatapiane. Począwszy od końca maja 2005 roku, całkowicie zaprzestano odwadniania tej części kopalni.

2. Ogólna charakterystyka obszaru badań

Obszar górniczy kopalni Janina położony jest we wschodniej części południowego skrzydła niecki głównej, na lokalnym wyniesieniu karbonu. W rejonie Ruchu II wyróżnić można cztery piętra wodonośne, tj. czwartorzędowe, neogeńskie, triasowe i karbońskie (Haładus i in., 2006).

Piętro wodonośne czwartorzędu tworzą utwory piaszczyste, o miąższości na ogół nie przekraczającej 10 m. Utwory wodonośne piętra neogenu nie mają praktycznego znaczenia. Stanowią je cienkie wkładki piasków, występujące w obrębie kompleksu iłów o grubości dochodzącej do 160 m. Wodonośne osady triasu mają ograniczone rozprzestrzenienie. Tworzą je słabo zawadnione wapienie i dolomity, o miąższości na ogół kilku metrów.

Karbońskie piętro wodonośne związane jest z piaskowcami i zlepieńcami krakowskiej serii piaskowcowej (warstwy libiąskie i łaziskie). Współczynniki filtracji zmieniają się w przedziale od $1,0 \cdot 10^{-8}$ do $2,0 \cdot 10^{-6}$ m/s, a odsączalności od 0,007 do 0,07. Udział iłowców i mułowców w tym kompleksie skał nie przekracza 10%.

W rejonie Ruchu II przed rozpoczęciem robót górniczych zwierciadło wody nawiercone w piaskowcach karbońskich na głębokości średnio około 130 m, stabilizowało się na około 20 m (+230 m n.p.m.).

3. Eksploatacja i odwadnianie złoża

Złoże węgla kamiennego w obrębie Ruchu II udostępniono dwoma upadowymi i szybem Janina V. W przedziale głębokości 160÷325 m (rzędne od +100 do -74 m n.p.m.) eksploatowano, systemem ścianowym z zawałem skał stropowych, pokłady węgla 116/2, 117 i 118. Wyrobiska górnicze Ruchu II nie mają połączenia z Ruchem I kopalni Janina i z sąsiednią kopalnią Piast. Najbliżej eksploatację prowadzono w odległości 350÷850 m w obrębie Ruchu I.

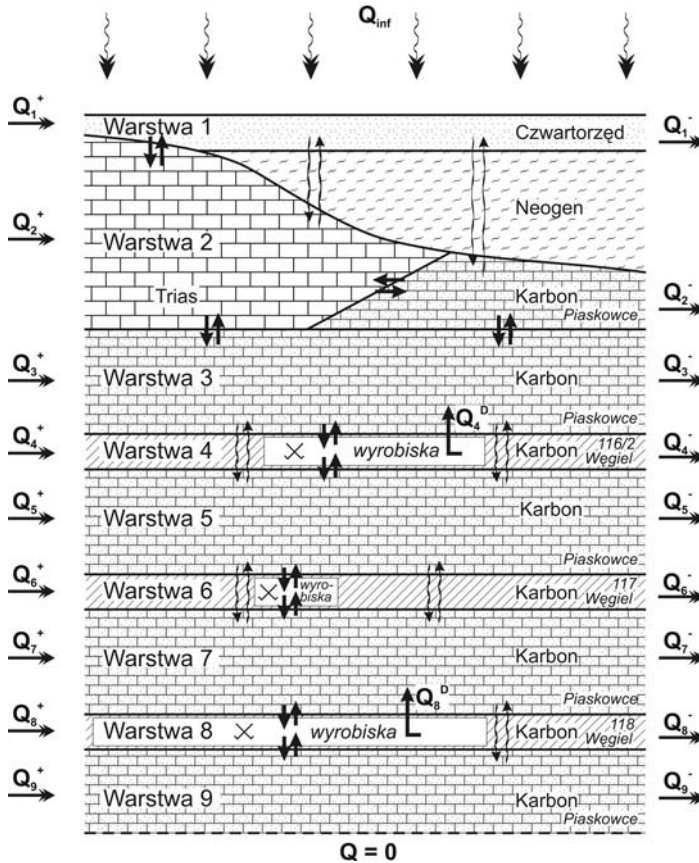
W początkowym okresie eksploatacji, tj. przed 1979 r., dopływy do wyrobisk górniczych wynosiły około $5,5 \text{ m}^3/\text{min}$. Rozwój kopalni spowodował ich wzrost do około $11,0 \div 11,3 \text{ m}^3/\text{min}$ (lata 1985÷1989), natomiast w końcowej fazie eksploatacji dopływy zmniejszyły się do około $8 \text{ m}^3/\text{min}$, w tym około $2,8 \text{ m}^3/\text{min}$ ujmowano do celów pitnych. W 2003 r. zakończono selektywne pompowanie wody, a wody pitne, dopływające głównie do pokładu 116/2, skierowano otworami spływowymi do pokładu 118. Stąd wody odprowadzano na powierzchnię, utrzymując rzędną odwadniania -64 m n.p.m. Następnie spiętrzone wody do -24 m n.p.m., utrzymując taki poziom do czasu zakończenia prac likwidacyjnych. W dniu 30.05.2005 r. ostatecznie wyłączono odwadnianie wyrobisk Ruchu II. Część wyrobisk górniczych, upadowe z powierzchni i szyb likwidowane są poprzez zatopienie. Szyb pełni funkcję otworu obserwacyjnego, a w razie potrzeby także potencjalnego miejsca pompowania wody.

4. Przebieg badań modelowych

4.1. Weryfikacja modelu

Dla złożonych i zmienionych w wyniku eksploatacji węgla kamiennego warunków hydrogeologicznych w rejonie Ruchu II, stworzono skomplikowany model matematyczny. Do jego przygotowania, weryfikacji, obliczeń prognostycznych i wizualizacji wyników wykorzystano program Processing Modflow Pro ver. 7.0 (Chiang, Kinzelbach, 2001).

Bezpośrednimi badaniami modelowymi objęto obszar 8,82 km², podzielony na 882 kwadratowe bloki obliczeniowe o boku 100 m. Model tworzy dziewięć warstw (rys. 2): czwartorzędowa, triasowo-karbońska i siedem karbońskich.



Rysunek 2. Schemat ideowy wielowarstwowego modelu matematycznego obszaru badań.

Objaśnienia: Q_1 – dopływ/odpływ w obrębie warstwy; Q_{inf} – zasilenie z infiltracji opadów atmosferycznych

Figure 2. The ideological scheme of multilayer mathematic model of investigated area.

Explanation: Q_1 – inflow/outflow within the layer; Q_{inf} – recharge to the groundwater system

Cyfrowy model warunków hydrogeologicznych rejonu Ruchu II został zweryfikowany w dwu etapach: w pierwszym, w warunkach przepływów ustalonych i w drugim – w nieustalonych. W wyniku kalibracji modelu w etapie I uzyskano bardzo wysoki stopień jego dopasowania do wartości rzeczywistych, dla stanu na połowę 2003 r. Różnice pomiędzy dopływami symulowanymi (Q_S) w poszczególnych pokładach a rzeczywistymi (Q_R), wynosiły od 12 do 272 m³/d, przy czym maksymalny błąd sięgał 6%. Natomiast w odniesieniu do całkowitych dopływów do Ruchu II, wynoszących 11 520 m³/d, uzyskane rozbieżności są niewielkie, stanowiąc około 1,2% dopływów łącznych.

Model cyfrowy, wykalibrowany dla stanu na połowę 2003 r., posłużył do przygotowania modelu filtracji do prognozowania w czasie przebiegu procesu zatapiania Ruchu II. W tym celu rzeczywisty początkowy przebieg procesu zatapiania dla dwóch stanów, tj. po 111 dniach (od 22.11.2003 r. do 12.03.2004 r.) i dalszy po 102 dniach (trwający do 22.06.2004 r.) odtworzono na istniejącym modelu, dokonując w blokach obliczeniowych korekt pojemności wodnej (tab. 1). Zwierciadło w tym okresie zostało w wyrobiskach spiętrzone z -64,0 do -24 m n.p.m. W rezultacie na koniec symulowanego okresu (22.06.2004 r.) z wyrobisk odbierano około 9 360 m³/d wody, a na modelu osiągnięto 9 572 m³/d. Różnica między tymi wielkościami wynosiła około 2,3%.

Tabela 1. Schemat wykonanych badań modelowych
Table 1. Scheme of the conducted model measurements

Etap badań	Kalibracja modelu nieustalonego			Przygotowanie prognozy	Prognoza
	ustalone	nieustalone			
Warunki filtracji	ustalone	nieustalone			
Data	30.06.2003÷ ÷22.11.2003	12.03.2004	22.06.2004	28.02.2005	28.02.2006
Długość etapu [dni]		111	102	251	365
Rzeczywista rzędna zatapiania [m n.p.m.]	-64,0	-24,0	-24,0	-24,0	+14,85*
Uzyskana na modelu rzędna zatapiania [m n.p.m.]	-64,0	-24,0	-24,0	-24,0	od +17,0 do +18,2
Rzeczywista ilość odprowadzanych wód [m ³ /d] / [m ³ /min]	<u>11 520</u> 8,0	<u>2 304</u> 1,6	<u>~9 360</u> ~6,5	<u>~10 510</u> ~7,3	<u>0÷3 600**</u> 0÷2,5**
Uzyskana na modelu ilość odprowadzanych wód [m ³ /d] / [m ³ /min]	<u>11 664</u> 8,1	<u>2 304</u> 1,6	<u>9 572</u> 6,65	<u>10 604</u> 7,36	<u>0</u> 0

* poziom zwierciadła wody w dniu 27.04.2006 r.

** odprowadzано wody w okresie od 15.03.2005 do 29.05.2005 r.

4.2. Wyniki obliczeń prognostycznych

Badania modelowe zakończono pod koniec 2004 r. W związku z tym, do wykonania prognoz wykorzystano harmonogram prac, zgodnie z którym dalsze zatapianie Ruchu II miało się rozpocząć 01.03.2005 r. Do tego czasu odwadnianie wyrobisk miało być utrzymywane na dotychczasowej rzędnej, tj. -24 m n.p.m. Symulowano więc na modelu proces zatapiania przez kolejne 251 dni, obserwując dalszy niewielki przyrost dopływów. Z prognozy na dzień 28.02.2005 r. uzyskano 10 604 m³/d, a potwierdzone później pomiarami ilości odprowadzanych wód wynosiły 10 510 m³/d.

Następnie na modelu symulowano całkowite wyłączenie odwadniania z dniem 01.03.2005 r. i trwający jeden rok proces zatapiania wyrobisk i górotworu. Na dzień 28.02.2006 r. prognozowany poziom zwierciadła osiągnął rzędne od +17,0 do +18,2 m n.p.m. Jednak rzeczywisty proces zatapiania rozpoczął się 15.03.2005 r., a do dnia 29.05.2005 r. odbierano jeszcze około 3 600 m³/d. Z dniem 30.05.2005 r. ostatecznie zakończono odwadnianie wyrobisk. W dniu 27.04.2006 r. rzędna zwierciadła w rejonie wyrobisk osiągnęła poziom +14,85 m n.p.m. Pomimo dłuższej trwającego okresu zatapiania wyrobisk (410 dni) niż przyjęty w prognozie (365 dni), średnie rzeczywiste ilości wód powodujące zatapianie wyrobisk i górotworu były mniejsze. Rezultaty prognozy są więc bardzo zbliżone do wielkości rzeczywistych.

5. Podsumowanie

Stworzono złożony cyfrowy model warunków hydrogeologicznych dla rejonu Ruchu II ZG Janina, na którym uzyskano wyniki bardzo zbliżone do wartości rzeczywistych. Istotnym czynnikiem decydującym o wiarygodności prognoz był wieloetapowy i prawidłowo przeprowadzony proces kalibracji modelu w warunkach przepływu ustalonego i nieustalonego. Wysoka zbieżność rezultatów badań prognostycznych z późniejszymi obserwacjami predysponuje metodykę badań modelowych do prognozowania procesów zatapiania kopalń węgla kamiennego.

Literatura

- Adamczyk A.F., Haładus A., Szczepański A., Wątor L., 1992: *Możliwości lokowania zasolonych wód kopalnianych w nieczynnych wyrobiskach na przykładzie KWK Silesia*. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, t.8, z.2, Kraków: 269-282.
- Adamczyk A.F., Haładus A., Szczepański A., Zdechlik R., 2000: *Conceptual dewatering project for closed hard-coal mines of the Sosnowiec sub-system*. [in:] 7th International Mine Water Association Congress, Proceedings, Congress Theme: „Mine Water And the Environment”, Katowice-Ustroń: 206-217.
- Chiang W.-H., Kinzelbach W., 2001: *3D-Groundwater Modeling with PMWIN*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.

- Haładus A., Zdechlik R., Bukowski P., Świstak M., 2006: *Badania modelowe prognozowania procesu zatapiania kopalni na przykładzie ZG „Janina”*. Przegląd Górniczy, Vol. 62, No. 7-8.
- Szczepański A., Adamczyk A.F., Haładus A., Zdechlik R., 1998: *Propozycja zmian systemu odwadniania likwidowanych kopalń w północnej i północno-wschodniej części GZW*. [in:] Jankowski A.T. [red.] *Hydrogeologia obszarów zurbanizowanych i uprzemysłowionych*. Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach nr 1718, Katowice: 220-228.