

PROGNOZA DZIAŁANIA SYSTEMU MELIORACYJNEGO NA TERENACH POGÓRNICZYCH BYŁEJ KOPALNI SIARKI PIASECZNO ZAGROŻONYCH PODTOPIENIEM

THE FORECAST OF DRAINAGE SYSTEM FUNCTIONING ON POST-MINING AREAS OF FORMER PIASECZNO SULPHUR MINE THREATENED WITH FLOODING

**Andrzej Haładus, Ryszard Kulma, Adam Postawa - AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
Justyna Burchard-Piekutowska - Przedsiębiorstwo Usługowo-Projektowe SIGMA BP Sp. z o. o., Tarnobrzeg
Przemysław Bukowski, Katarzyna Niedbalska - Główny Instytut Górnictwa, Katowice**

Odkrywka „Piaseczno” po byłej kopalni siarki od prawie 40. lat pozostaje w stanie niezlikwidowanym. Utworzony zbiornik, w wyniku samonapełnienia wodami podziemnymi, spiętrzony jest obecnie do rzędnej 138,0 m n.p.m., której utrzymanie zapewnione jest poprzez odprowadzanie wód nadmiarowych do Wisły. Dalsze piętrzenie wody w odkrywce może prowadzić do podtopiania terenów w rejonie zbiornika, a tym samym spowodować ogromne szkody w stanie zagospodarowania i użytkowania tych terenów.

Wykonane, na modelu numerycznym, wielowariantowe prognozy hydrogeologiczne umożliwiły, w zależności od wysokości położenia lustra wody w zbiorniku, wybór optymalnego sposobu w zakresie regulacji stosunków wodno-gruntowych na terenach znajdujących się w zasięgu depresyjnego oddziaływania likwidowanego wyrobiska „Piaseczno”. Osiągnięcie docelowej wysokości napełnienia zbiornika musi być jednak poprzedzone wykonaniem podstawowego systemu melioracyjnego uzupełnionego na wybranych fragmentach terenu melioracją szczegółową.

Słowa kluczowe: likwidacja kopalń odkrywkowych, prognozy hydrogeologiczne

The „Piaseczno” open pit of the former sulphur mine has been in an unliquidated state for nearly 40 years. The created reservoir, as a result of self-flooding with groundwater, is currently dammed up to an ordinate of 138.0 m above sea level, the maintenance of which is ensured by drainage of redundant water to the Vistula. Further damming up of the water in the open pit can lead to flooding of the areas in the surrounding of the reservoir, and thus cause great damage in the state of development and usage of these areas.

The hydrogeological forecasts performed on a numerical model enabled, depending on the water table level in the reservoir, the selection of the optimal method for regulating water-ground relations in the areas within the depression range of the „Piaseczno” mine. The achievement of the target water level in reservoir must be preceded by the implementation of the basic drainage system supplemented with specific melioration on selected areas.

Keywords: open pits liquidation, hydrogeological forecasts

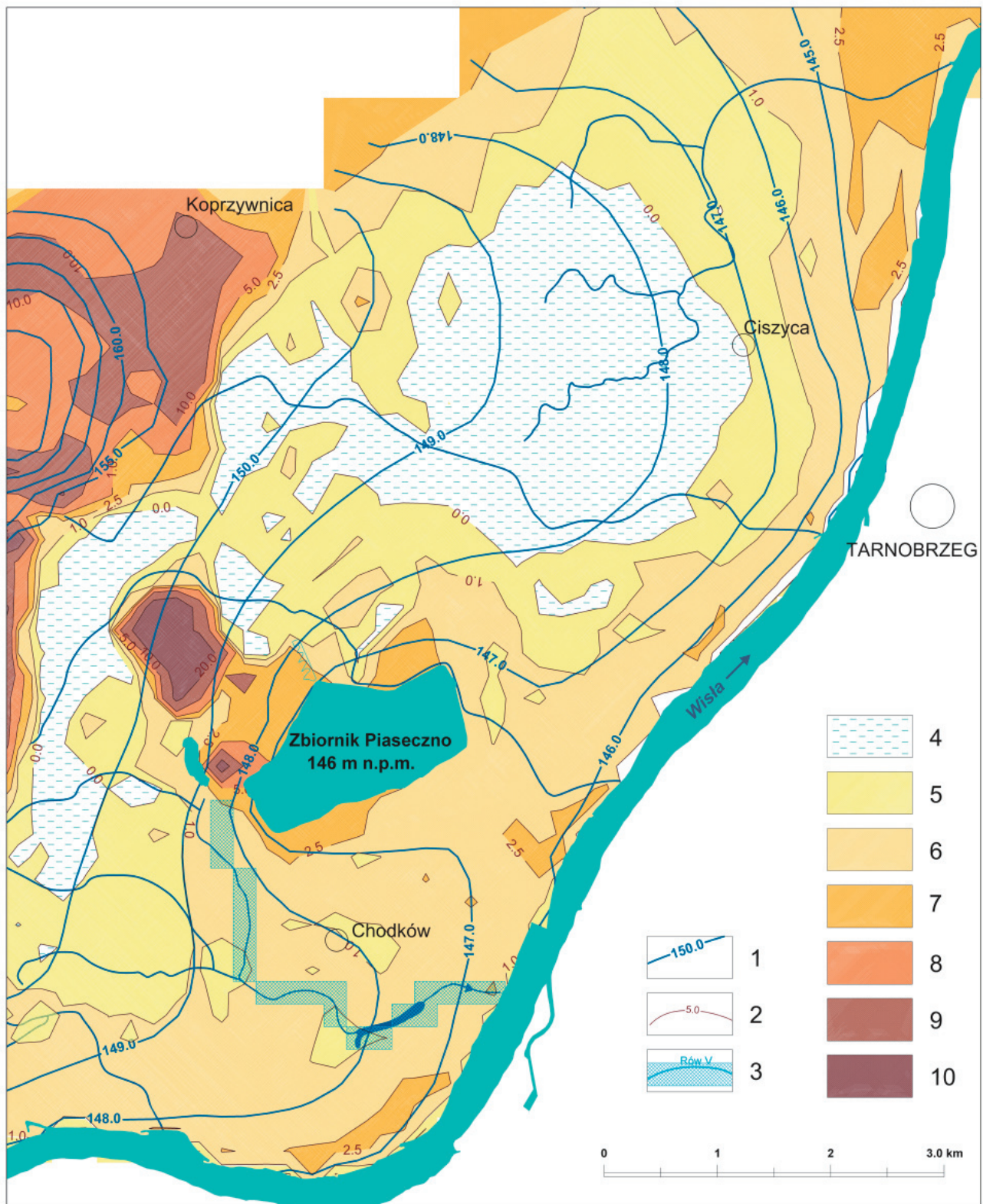
Wprowadzenie

Wyrobisko pogórnice „Piaseczno” zlokalizowane jest w powiecie sandomierskim, w województwie świętokrzyskim, na lewym brzegu Wisły, której koryto jest oddalone o około 1300 m. Eksploatację rudy siarkowej zakończono w 1971 roku i przez następne dziewięć lat wydobywano spod złoza piaski szklarskie dla potrzeb huty szkła. Kubatura wyrobiska „Piaseczno” o głębokości 46 m wynosi około 37 mln m³, a jego powierzchnia około 167 ha.

W przeszłości, w rejonie byłej kopalni „Piaseczno”, z powodu płytkiego zalegania wód podziemnych w piętrze czwartorzędowym, tereny nie miały znaczącej wartości użytkowej. Na glebach tego obszaru ukształtowały się rozległe użytki

zielone (przeważnie łąki), często o bagiennym charakterze. Trwałe użytki zielone tworzyły się na terenach o głębokości do zwierciadła wód gruntowych w przedziale 0,0–1,0 m. Obszary o głębokościach występowania wody od 1,0 do 1,5 m wykorzystywane były jako grunty orne. Powierzchnie niewielkich wzniesień najczęściej pokrywały lasy. W omawianym rejonie rozwinięta była sieć lokalnych cieków powierzchniowych i rowów melioracyjnych.

Intensywne odwadnianie złoza siarki, rozpoczęte w 1956 roku i kontynuowane do dnia dzisiejszego, doprowadziło do głębokich przeobrażeń stosunków wodnych w piętrach neogeńskim i czwartorzędowym. Na lewym brzegu Wisły powstał rozległy lej depresyjny. Nastąpiła niespotykana w innych rejonach transformacja rolniczego wykorzystania terenów poprzez



Rys. 1. Rejonizacja terenów zagrożonych płytkim występowaniem zwierciadła wód podziemnych w warunkach napelnienia zbiornika „Piaseczno” do wysokości 146,0 m n.p.m. przy braku systemu melioracyjnego

1 – hydroizohipsy czwartorzędowego piętra wodonośnego w m n.p.m., 2 – hydroizobaty, izoliny głębokości do zwierciadła wody w m p.p.t., 3 – przebieg projektowanego rowu melioracyjnego i bloki obliczeniowe modelu z symulowanym odbiorem wody, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 – tereny o prognozowanej głębokości do zwierciadła wody wynoszącej: $\leq 0,0$ m p.p.t., tj. tereny zagrożone podtopieniem (4), 0,0–1,0 m p.p.t. (5), 1,0–2,5 m p.p.t. (6), 2,5–5,0 m p.p.t. (7), 5,0–10,0 m p.p.t. (8), 10,0–20,0 m p.p.t. (9) i większej niż 20,0 m p.p.t. (10)

Fig. 1. Regionalization of the area threatened by shallow occurrence of the groundwater table in the conditions of filling the „Piaseczno” reservoir up to the height of 146,0 m a.s.l. in the absence of a drainage system

1 – hydroisohyps of Quaternary water table level in meters above sea level (m a.s.l.), 2 – hydroisobates, isolines of water table depth in meters below surface level (m b.s.l.), 3 – the projected course of the drainage ditch and computational blocks of model simulating water drainage, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 – the projected areas of the depth of the water table: $\leq 0,0$ m b.s.l. i.e. areas at risk of flooding (4), 0,0–1,0 m b.s.l. (5), 1,0–2,5 m b.s.l. (6), 2,5–5,0 m b.s.l. (7), 5,0–10,0 m b.s.l. (8), 10,0–20,0 m b.s.l. (9) and more than 20,0 m b.s.l. (10)

zamianę byłych użytków zielonych na grunty orne i sady, a także plantacje krzewów owocowych. Obniżenie zwierciadła wody poprawiło również warunki budowlane, co spowodowało gwałtowny rozwój zabudowy gospodarczo-mieszkaniowej.

Po zaprzestaniu eksploatacji złoża w dennej części wyrobiska utworzył się zbiornik wodny zasilany dopływami z utworów czwartorzędowych i neogeńskich. W kolejnych latach prowadzono etapami samozatopianie wyrobiska aż do osiągnięcia rzędnej lustra wody wynoszącej około 138,0 m n. p. m. Wyrobisko „Piaseczno” pełni obecnie funkcję drenażową w stosunku do terenów przyległych, zabezpieczając je przed podtapianiem. Stan taki jest utrzymywany poprzez pompowanie wody ze zbiornika z wydajnością około 18 tys. m³/dobę.

Z badań modelowych wynika (rys. 1), że po osiągnięciu docelowej wysokości napełnienia zbiornika „Piaseczno”, tj. 146,0 m n.p.m., należy oczekiwać znaczących zmian stosunków wodnych. Wisła, która wodami częściowo zasilala czwartorzędową warstwę wodonośną, będzie miała wyłącznie charakter drenujący. Przyrosty zawadnionej miąższości utworów przepuszczalnych przekraczać będą miejscami 7,5 m. Obszar objęty wzrostem wysokości położenia zwierciadła wody większym niż 1,0 m zajmie powierzchnię kilkadziesiąt km², przy czym znaczne części obszaru zostaną podtopione. Możliwe jest również pojawienie się wody na powierzchni terenu. Wyniki obliczeń symulacyjnych wskazują, że dalsze piętrzenie wody w zbiorniku do planowanej docelowej wysokości będzie możliwe po wykonaniu systemu melioracyjnego na terenach zagrożonych podtopieniem.

W artykule przedstawiono aktualizację prognoz położenia i głębokości zwierciadła wód podziemnych na obszarze leżącym w zasięgu leja depresji likwidowanego wyrobiska „Piaseczno”. Prognozę wielowariantową przedstawiono w zależności od wysokości napełnienia zbiornika wodą, przy równoczesnym uwzględnieniu planowanej budowy systemu rowów podstawowych, zabezpieczających tereny przed podtapianiem. Obliczenia symulacyjne zostały wykonane na numerycznym modelu hydrogeologicznym Tarnobrzskiego Zagłębia Siarkowego z wykorzystaniem wyników prowadzonego monitoringu wód podziemnych.

Możliwości ochrony terenów w obrębie leja depresyjnego

Przy wyborze sposobu ochrony terenów w rejonie wyrobiska „Piaseczno” rozważano dwa kierunki działań, tj. proekologiczny – polegający na odtworzeniu *quasi* naturalnych warunków przyrodniczych, oraz zachowawczy – sprowadzający się do ochrony obecnego stanu zagospodarowania terenów zagrożonych podtopieniem. Powrót do pierwotnych warunków glebowo-wodnych spowodowałby bardzo duże szkody w aktualnym stanie zagospodarowania i użytkowania terenów. Wybrano więc kierunek zachowawczy, który wymaga budowy systemu melioracyjnego na terenach objętych zasięgiem oddziaływania leja depresji.

Koncepcja systemu melioracyjnego opracowana przez „Hydroprojekt” – Warszawa (Matuszewski i in., 2000) zakłada podział obszaru oddziaływania spiętrzonego zbiornika wodnego „Piaseczno” na pięć zlewni. Będą one tworzyły niezależne układy terytorialne zawierające sieć melioracyjną podstawową i szczegółową.

Sieć podstawową systemu melioracyjnego tworzyć będą rowy główne wraz z przepustami wałowymi i kanałami zru-

towymi do Wisły. Otwarte rowy główne, o łącznej długości 32,6 km, zostaną poprowadzone przeważnie trasami cieków istniejących w przeszłości. Dla obszarów obejmujących grunty orne i sady system podstawowy może zostać uzupełniony o sieć melioracyjną szczegółową, którą utworzą otwarte rowy drugorzędne i drenaży. Przewidziano także możliwość budowy drenaży pierścieniowych dla wydzielonych obszarów stałej zabudowy. Woda nadmiarowa dopływająca do zbiornika „Piaseczno” byłaby odprowadzana za pomocą kanału ulgi do rowu nr I.

Badania modelowe

Ogólna charakterystyka modelu hydrogeologicznego

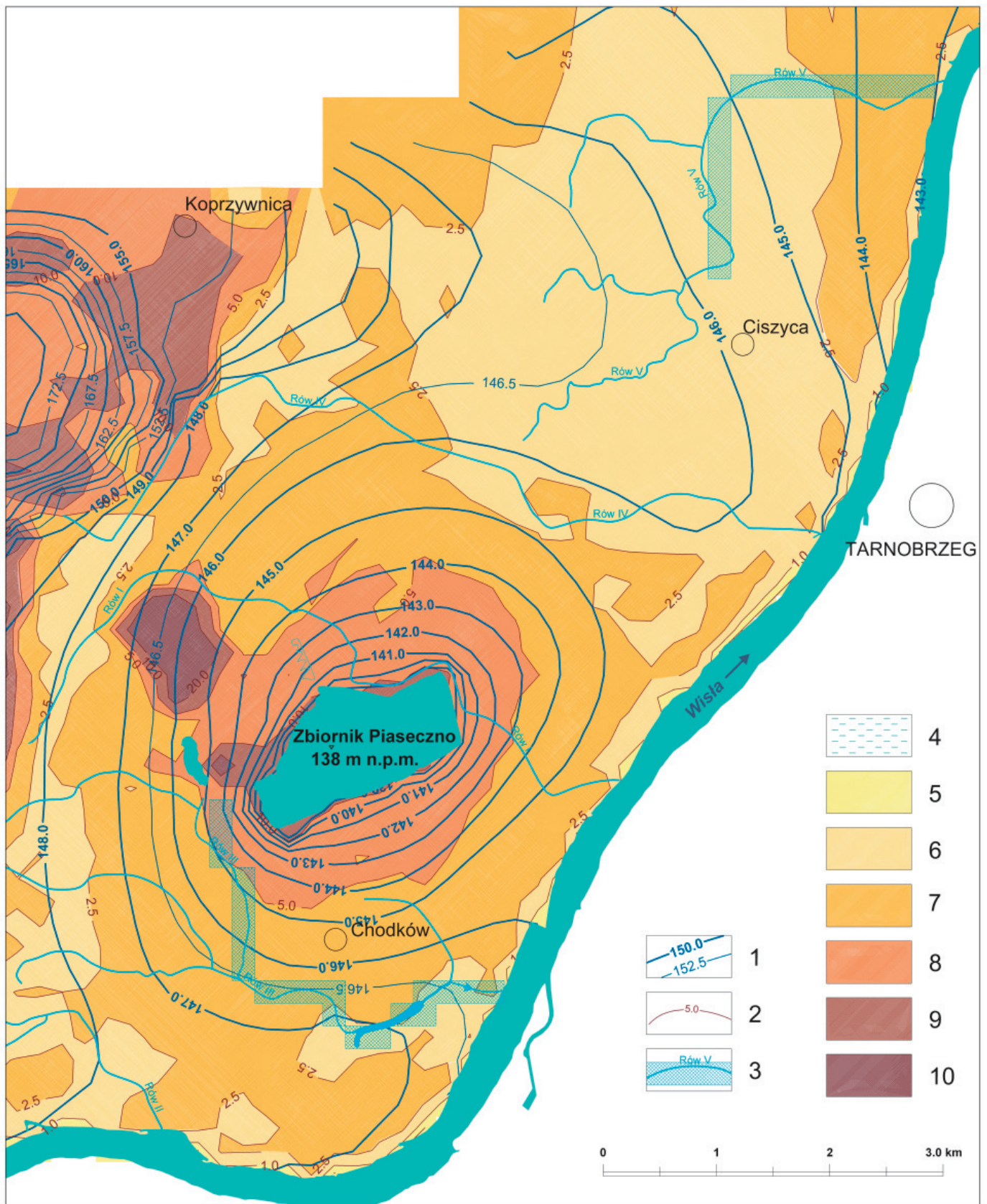
Obliczenia prognozujące stany wód podziemnych i wielkości przepływów filtracyjnych zostały wykonane na trójwarstwowym modelu hydrogeologicznym, opracowanym dla potrzeb rozwiązywania problemów wodnych na obszarze Tarnobrzskiego Zagłębia Siarkowego (TZS). Model numeryczny, sporządzony przy wykorzystaniu programu Processing Modflow (Chiang, Kinzelbach, 2001), obejmuje powierzchnię około 900 km². Obszar badań został podzielony na prostokątne bloki obliczeniowe o wymiarach 200, 400 i 800 m, przy czym w rejonie wyrobiska „Piaseczno” były to bloki kwadratowe o boku 200 m. Model TZS, opisany w licznych publikacjach i opracowaniach (Kulma, Haładus, 2001; Kulma i in., 2006; Haładus i in., 2017), był wykorzystywany do rozwiązywania zagadnień związanych zarówno z eksploatacją siarki jak i likwidacją górnictwa siarkowego w tym rejonie. Interpretacja wyników obliczeń symulacyjnych, w zależności od postawionego zadania, może obejmować cały obszar występowania złóż siarki lub być zawężona do jego części. Przy realizacji badań modelowych, dotyczących odwodnienia terenów przyległych do zbiornika wodnego w wyrobisku poeksploatacyjnym „Piaseczno”, obszar filtracji został ograniczony do lewobrzeżnego fragmentu doliny Wisły (około 85 km²).

Model warunków hydrogeologicznych uwzględnia założenia, które wynikają z rozpoznania budowy geologicznej, warunków hydrogeologicznych i hydrologicznych oraz czynników techniczno-eksploatacyjnych.

- Na całym obszarze występuje czwartorzędowa warstwa wodonośna (warstwa 1) o zwierciadle swobodnym. Stanowią ją utwory piaszczysto-zwirowe o zmiennej miąższości, zależnej od morfologii ilastego podłoża. Neogeńska warstwa wodonośna (warstwa 3) utworzona jest przez wapienie serii chemicznej oraz piaszczysto-piaskowcowe utwory serii baranowskiej. Oba piętra wodonośne rozdzielają słabo przepuszczalne ility krakowieckie (warstwa 2), które zachowują ciągłość na całym obszarze filtracji, a brak ich tylko w rejonie wyrobiska poeksploatacyjnego w Piasecznie.

- Wszystkie rzeki i ich dopływy oraz projektowane rowy sieci podstawowej mają bezpośredni kontakt hydrauliczny z czwartorzędową warstwą wodonośną. Odcinki niektórych rzek tworzyły zewnętrzne lub wewnętrzne warunki brzegowe rozwiązania, np. Kacanka, Koprzywianka i Wisła — w lewobrzeżnej części obszaru filtracji. W aktualnych warunkach cieki te, poza lokalnymi odcinkami, mają charakter silnie drenujący.

- Zasilanie warstwy wodonośnej następuje głównie przez bezpośrednią infiltrację opadów atmosferycznych. Obliczenia prognostyczne wykonano uwzględniając wysokość opadów atmosferycznych z okresu weryfikacji modelu, tj. 672 mm/rok. W stosunku do średniej wartości opadów z lat



Rys. 2. Prognozowane warunki wodne wokół wyrobiska poeksploatacyjnego „Piaseczno” przy jego napelnieniu do wysokości 138,0 m n.p.m. w początkowym etapie działania istniejących odcinków rowów III i V projektowanego systemu melioracyjnego (objaśnienia jak do rys.1)

Fig. 2. Projected water conditions around the „Piaseczno” post-mining excavation after its filling up to the height of 138,0 m above sea level in the initial stage of operation of the existing sections of ditches III and V of the designed melioration system (comments as on fig.1)

2007-2016, wynoszącej 586 mm/rok, czyni ona wyniki prognoz bardziej wiarygodnymi, wskazując na wystąpienie potencjalnych terenów podtopionych.

- Czwartorzędowe piętro wodonośne na obszarze lewobrzeżnej części doliny Wisły eksploatowane jest przez niewielkie ujęcie wód podziemnych w Koprzywnicy o średnim poborze wody w roku 2016 wynoszącym 528 m³/d. Decydujący udział w kształtowaniu stosunków wodnych na tym obszarze ma wyrobisko poeksploatacyjne kopalni siarki w Piasecznie. Średnie natężenie odprowadzanych wód w drugiej połowie 2016 roku osiągnęło wielkość 18 416 m³/d, przy rzędnej lustra wody w zbiorniku wynoszącym 138,02 m n.p.m. Odwadnianie utworów czwartorzędowych w tym rejonie doprowadziło do powstania pomiędzy krawędzią Wysoczyzny Połanieckiej a Wisłą rozległego leja depresji, obejmującego powierzchnię ponad 25 km². Kierunek przepływu wód podziemnych w piętrze czwartorzędowym na obszarze TZS jest w dużej mierze zdeterminowany drenującym charakterem rzek, w tym głównie Wisły.

Weryfikacja modelu hydrogeologicznego

Zmiany parametrów filtracyjnych i korekta warunków brzegowych wprowadzona w trakcie weryfikacji modelu miały bardzo ograniczony zakres. Obejmowały one głównie fragment zwałowiska wewnętrznego w wyrobisku „Piaseczno”, gdzie w ostatnim czasie prowadzono prace zagęszczające grunty. Ponadto zwiększono zasilanie czwartorzędowego piętra wodonośnego z opadów atmosferycznych, dostosowując je do stanu aktualnego.

Odtworzony na modelu w rejonie odkrywki „Piaseczno” układ pola hydrodynamicznego z grudnia 2016 roku wykazuje dużą zgodność z pomiarami wykonanymi w 26 otworach hydrogeologicznych. Różnice pomiędzy wielkościami obserwowanymi a uzyskanymi na modelu mieściły się w przedziale od -0,3 do 0,35 m, a odchylenie standardowe wynosiło 0,11 m (Kulma, Zdechlik, 2009). Rzeczywista ilość wody odprowadzanej z odkrywki wynosiła 18 416 m³/d a obliczona na modelu 18 354 m³/d (błąd względny około 0,34%).

Pompowanie wody z likwidowanego wyrobiska górnicego skutkuje ciągłym utrzymaniem leja depresji o powierzchni około 25 km² w obrębie czwartorzędowego piętra wodonośnego. Do odprowadzania wody nadmiarowej z odkrywki do Wisły wykorzystywany jest istniejący od dawna rów III. Obecnie obniżony układ zwierciadła wód podziemnych nie zagraża podtapianiem terenów wokół powstałego zbiornika (rys. 2).

Wyniki badań prognostycznych

Badania symulacyjne na modelu TZS zrealizowano zakładając etapowość przebiegu likwidacji odkrywki „Piaseczno”. Taki sposób prowadzenia obliczeń pozwolił uwzględnić przyrosty wysokości napełnienia zbiornika co 1,0 m, tj. od obecnej rzędnej lustra wody wynoszącej 138,0 m n.p.m. (wariant 0) do wielkości docelowej, tj. 146,0 m n.p.m. (wariant 8). Aby ograniczyć wpływ piętrzenia wody w zbiorniku na możliwość podtopienia terenów, na modelu, w rejonach zagrożonych, symulowano sukcesywną rozbudowę podstawowego systemu melioracyjnego. Ostateczna ilość wody, którą trzeba będzie odprowadzać z wyrobiska, będzie wynikiem dopływu z neogeńskiego i czwartorzędowego piętra wodonośnego, wielkości opadów na powierzchnię zbiornika, potencjalnego parowania

z tej powierzchni oraz spływu powierzchniowego. Powierzchnia lustra wody w zbiorniku będzie się zmieniać od 138,0 ha (wariant 0) do 167,3 ha (wariant 8).

Wariant 1 – napełnienie zbiornika „Piaseczno” do wysokości 139,0 m n.p.m.

Wzrost wysokości położenia zwierciadła wody w wyrobisku o jeden metr spowoduje, że ilość wód, którą należy z niego odprowadzić zmniejszy się do ok. 17 740 m³/d, a więc o ponad 410 m³/d. Zapewnienie warunków dotychczasowego użytkowania terenów, przy zaleganiu zwierciadła wód podziemnych na głębokości poniżej 1,0 m p.p.t., jest możliwe przy działaniu obecnie istniejącego systemu melioracyjnego. Zwierciadło wód podziemnych w miejscach najbardziej zagrożonych podtopieniami podniesie się o kilka centymetrów, a bilans wodny rowów III i V zmieni się w niewielkim zakresie. Czas samonapełnienia zbiornika powinien wynosić co najmniej 78 dni.

Wariant 2 – spiętrzenie wody w zbiorniku „Piaseczno” do rzędnej 140,0 m n.p.m.

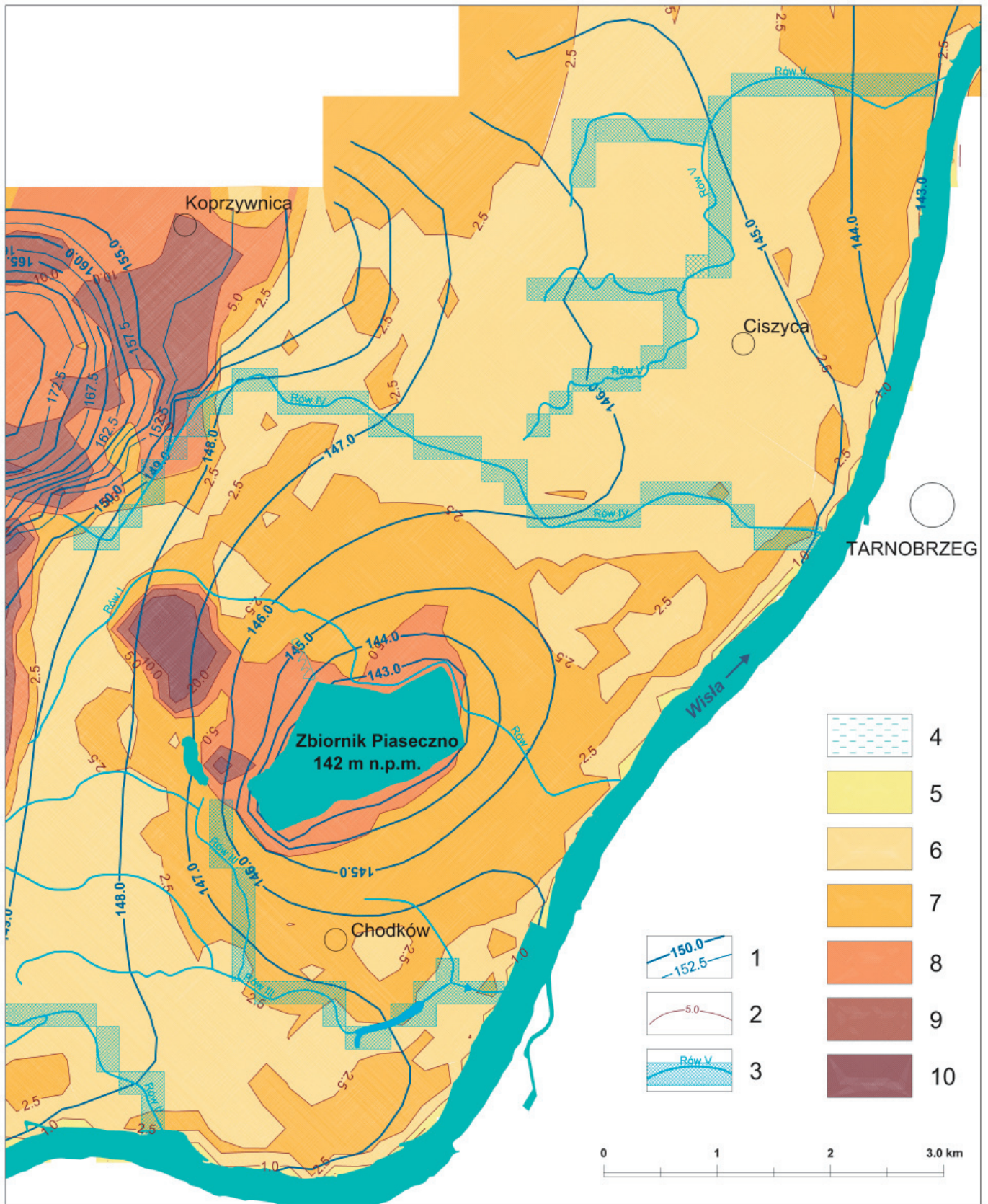
Minimalny czas napełnienia zbiornika do wysokości 140 m n.p.m. wyniesie 84 dni. Niedopuszczenie do powstania podtopień w rejonie Ciszycy, wymagać będzie rozbudowy rowu V o dwa odcinki przebiegające równoleżnikowo, o długościach 1900 i 1600 m. Drenaż wód podziemnych przez rozbudowany rów będzie wynosił 1 620 m³/d, a ilość wydatkowanej przez niego wody utrzyma się na poziomie 270 m³/d. Wielkości zasilania i drenażu warstwy wodonośnej przez rów III wyniosą odpowiednio 890 i 90 m³/d. Ze zbiornika trzeba będzie odprowadzać wodę nadmiarową z wydajnością ok. 16 830 m³/d. Nastąpi dalsza niewielka modyfikacja pola hydrodynamicznego, zwłaszcza w rejonie rowu V i bezpośrednio w pobliżu odkrywki.

Wariant 3 – napełnienie zbiornika „Piaseczno” do wysokości 141,0 m n.p.m.

Rozbudowa rowu V, o kolejny odcinek o długości 1300 m w kierunku południowo-zachodnim, powinna umożliwić spiętrzenie wody w zbiorniku do rzędnej 141,0 m n.p.m. Działanie to nie spowoduje istotnych zmian w położeniu zwierciadła wód podziemnych oraz nie stworzy miejsc zagrożonych podtopieniem. Rów V powinien zwiększyć drenaż wód podziemnych do ok. 1 890 m³/d, z wydatkowaniem ilości wody jak w wariant 2, natomiast rów III zasili warstwę wodonośną z natężeniem 880 m³/d, przy jej drenażu wynoszącym ok. 150 m³/d. Ze zbiornika „Piaseczno” należałoby pompować wodę z natężeniem ok. 15 860 m³/d. Osiągnięcie nowej rzędnej lustra wody wymagać będzie co najmniej 91 dni.

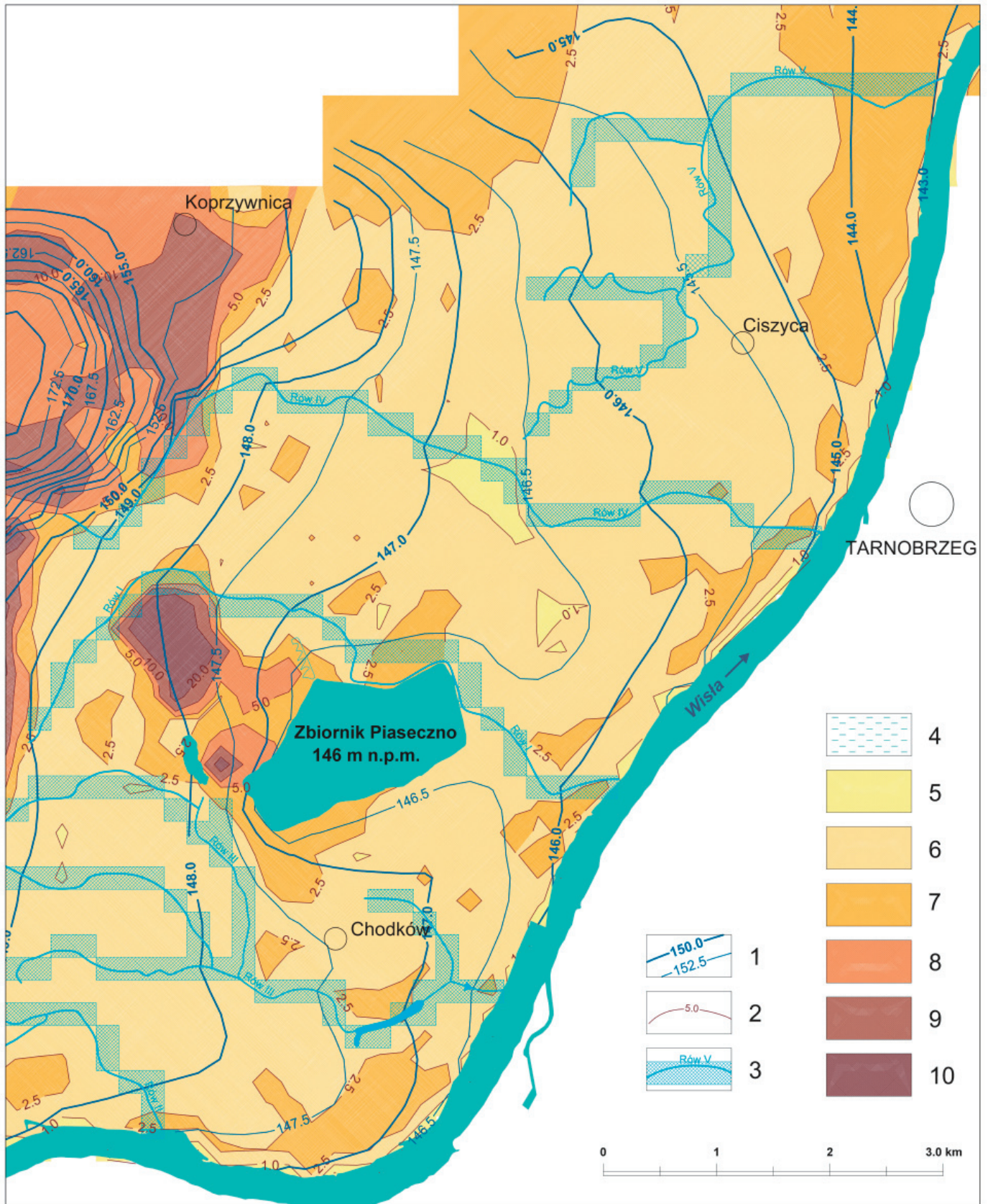
Wariant 4 – spiętrzenie wody w zbiorniku „Piaseczno” do rzędnej 142,0 m n.p.m.

Dalsze podwyższenie napełnienia zbiornika, przy równoczesnym utrzymaniu zwierciadła wody na głębokości 1,0–2,5 m p.p.t., wymagać będzie rozbudowy rowu V o kolejny odcinek o długości ok. 1200 m oraz wykonania rowów II i IV (rys. 3). Odbiór wód podziemnych przez rów V wzrośnie do ok. 1 980 m³/d. Rów II o długości ok. 3500 m będzie miał zdecydowanie charakter drenujący warstwę wodonośną z natężeniem ok. 960 m³/d. Długość rowu IV powinna wynosić ok. 7500 m. Będzie on drenował i zasilał warstwę odpowiednio w ilości 1 340 i 380 m³/d. Rów III, odprowadzający wody nadmiarowe ze zbiornika z wydajnością 14 290 m³/d, efektywnie zasilać będzie warstwę (różnica pomiędzy zasilaniem a drenażem) w ilości ok. 550 m³/d. W układzie pola hydrodynamicznego uwidoczni się dalsze spłylenie leja depresji wokół odkrywki „Piaseczno”. Minimalny czas napełnienia zbiornika w przedziale 141,0–142,0 m n.p.m. powinien wynosić ok. 100 dni.



Rys. 3. Prognozowane warunki wodne wokół wyrobiska poeksploatacyjnego „Piaseczno” przy jego napełnieniu do wysokości 142,0 m n.p.m. i funkcjonowaniu rozbudowanego systemu melioracyjnego (objaśnienia jak do rys. 1)

Fig. 3. Projected water conditions around the „Piaseczno” post-mining excavation after its filling up to the height of 142.0 m above sea level and the functioning of an extensive drainage system (comments as on fig. 1)



Rys. 4. Prognozowane warunki wodne wokół wyrobiska poeksploatacyjnego „Piaseczno” przy jego napelnieniu do wysokości 146,0 m n.p.m. w końcowym etapie działania systemu melioracyjnego (objaśnienia jak do rys.1)

Fig.4. Projected water conditions around the „Piaseczno” post-mining excavation after its filling up to the height of 146.0 m above sea level at the final stage of the drainage system operation (comments as on fig.1)

Wariant 5 – napełnienie zbiornika „Piaseczno” do wysokości 143,0 m n.p.m.

Kolejny wzrost piętrzenia wody w wyrobisku „Piaseczno” o 1,0 m wymagać będzie co najmniej 114 dni i dalszej rozbudowy sieci melioracyjnej o boczny odcinek rowu III o długości ok. 2300 m. Zrównoważy to ilości wód drenowanych i wydatkowanych przez ten rów do ilości po około 570 m³/d. Efektywny drenaż warstwy wodonośnej przez pozostałe rowy będzie wynosić około: rów II – 970 m³/d, rów IV – 1 580 m³/d i rów V – 1 730 m³/d. Ze zbiornika powinno się pompować około 12 720 m³/d wody. Prognozowany układ zwierciadła wód podziemnych wskazuje na dalsze spłylenie leja depresji, które nie stwarza zagrożenia podtopieniem terenów w rejonie zbiornika.

Wariant 6 – spiętrzenie wody w zbiorniku „Piaseczno” do rzędnej 144,0 m n.p.m.

Na obszarze lewobrzeżnym Doliny Wisły utrzymanie zwierciadła wód podziemnych na głębokości 1,0–2,5 m p.p.t. wymagać będzie działania systemu melioracyjnego, który utworzą rowy podstawowe II, III, IV i V. Efektywny drenaż wyniesie około: 1 000 m³/d – przez rów II, 700 m³/d – przez rów III, 2 220 m³/d – przez rów IV i 1 780 m³/d – przez rów V. Konieczna będzie jednak rozbudowa rowu III o kolejne dwa rowy boczne o długości ok. 2000 i 2850 m. Podwyższenie poziomu wody w zbiorniku do rzędnej 144,0 m n.p.m. wymagać będzie co najmniej 133 dni i odprowadzania z niego wód w ilości ok. 10 890 m³/d. Pomimo rozbudowy systemu melioracyjnego w obszarze mogą wystąpić pojedyncze miejsca, w których poziom wody zalega na głębokości nieco mniejszej niż 1,0 m p.p.t.

Wariant 7 – napełnienie zbiornika „Piaseczno” do wysokości 145,0 m n.p.m.

Dalsze piętrzenie wody w odkrywcę wymusza konieczność włączenia do eksploatacji rowu I otaczającego ją od strony północnej. Rów powinien drenować warstwę wodonośną z natężeniem ok. 1 950 m³/d oraz zasilać z wydajnością ok. 770 m³/d. Wielkości efektywnego drenażu przez pozostałe rowy mogą wynosić około: rów II – 1 010 m³/d, rów III – 920 m³/d, rów IV – 2 440 m³/d i rów V – 1 830 m³/d. Ze zbiornika trzeba będzie pompować wodę w ilości ok. 8 910 m³/d. Mimo wprowadzenia rowu I ujawniło się jedno miejsce, o powierzchni około 25 ha, leżące na północ od Krzczina, gdzie głębokość do zwierciadła może wynosić mniej niż 1,0 m p.p.t. Przyrost warstwy wody w wyrobisku o 1,0 m wymagać będzie co najmniej 161 dni naturalnego napełniania zbiornika.

Wariant 8 – docelowe napełnienie zbiornika „Piaseczno” do rzędnej 146,0 m n.p.m.

Do osiągnięcia końcowej wysokości piętrzenia wody w odkrywcę potrzebne będzie kolejne, co najmniej 217 dni. Ze zbiornika konieczny będzie odbiór wód nadmiarowych w ilości ok. 6 210 m³/d. Łączny efektywny drenaż wód przez istniejące i projektowane rowy tworzące system melioracji

podstawowej powinien wynosić ok. 9 750 m³/d, w tym: rów I – 2 150 m³/d, rów II – 1 060 m³/d, rów III – 1 770 m³/d, rów IV – 2 900 m³/d i rów V – 1 870 m³/d. Działanie wszystkich rowów nie wyeliminowało całkowicie terenów o płytkim zaleganiu zwierciadła wody. Na północ od Krzczina powiększyło się, do około 45 ha, miejsce, gdzie zwierciadło wód podziemnych może występować na głębokości mniejszej od 1,0 m p.p.t. (rys. 4). Pojawiło się również kilka innych mniejszych takich obszarów. Ich likwidacja wymagać będzie wykonania rowów drenażowych sieci szczegółowej.

Podsumowanie

W obecnym stanie zaawansowania prac likwidacyjnych i rekultywacji wyrobiska „Piaseczno” należy kontynuować zachowawczy kierunek ochrony istniejącego stanu zagospodarowania terenów. Przyczyni się to do zmniejszenia potencjalnych szkód w rolnictwie i w zabudowie gospodarczo-mieszkaniowej w otoczeniu zbiornika, wynikających z postępującej odbudowy pierwotnych stosunków wodnych.

Dotychczasowy przebieg napełniania zbiornika „Piaseczno” i brak stref zagrożonych podtopieniem skłaniają do podejmowania decyzji o kolejnych zmianach wysokości poziomu wody w zbiorniku. Wyniki prognozy wskazują na możliwość etapowania prac zabezpieczających z wykorzystaniem projektowanej sieci podstawowych rowów melioracyjnych, której funkcjonowanie może skutecznie chronić tereny zagrożone podtopieniem w rejonie Piaseczna.

Symulacje wykonane na modelu hydrogeologicznym potwierdzają, że stopniowe (po około 1,0 m wysokości) napełnienie zbiornika może mieć przebieg nie prowadzący do podtopień terenu. Każdorazowa zmiana położenia zwierciadła wody w zbiorniku od 138 m n.p.m., kolejno do wysokości 139, 140 i 141 m n.p.m., wymaga jednak prowadzenia obserwacji w otworach piezometrycznych przez okres 2–3 lat (Haładus i in., 2011). Spiętrzenie wody w zbiorniku „Piaseczno” do wysokości 141,0 m n.p.m. będzie wymagać tylko niewielkich inwestycji w tworzenie systemu melioracyjno-drenażowego w rejonie Ciszycy (rozbudowa rowu V).

Osiąganie wyższych poziomów napełnienia zbiornika, tj. od 142,0 do 146,0 m n.p.m. powinno następować z zachowaniem przyjętego harmonogramu budowy rowów melioracyjnych sieci podstawowej i obserwacji zmian w czwartorzędowym piętrze wodonośnym na obszarze otaczającym zbiornik „Piaseczno”.

W zależności od wyników prowadzonego monitoringu hydrogeologicznego w kolejnych etapach napełniania zbiornika może zachodzić potrzeba uzupełnienia sieci podstawowej dodatkowymi rowami lub drenażami sieci szczegółowej dla zabezpieczenia użytków rolnych i obiektów budowlanych.

Literatura

- [1] Chiang W.-H., Kinzelbach W., 2001 – *3D-Groundwater Modeling with PMWIN*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, s.346
- [2] Haładus A., Kulma R., Flisiak J., Szczepańska-Plewa J., 2011 – *Wytyczne dla dalszego prowadzenia monitoringu środowiska w końcowej fazie likwidacji kopalń siarki „Machów” i „Piaseczno”*. FNiTG Kraków, s.58
- [3] Haładus A., Kulma R., Kirejczyk J., Burchard L., Burchard T., Pantula Z., Tabor M., Burchard-Flak M., 2017 – *Aktualizacja ekspertyzy określającej warunki techniczno-ekonomiczne wariantowego sposobu zabezpieczenia terenów w zasięgu leja depresji w zależności od różnych poziomów docelowego lustra wody w wyrobisku „Piaseczno”*. PUP „SIGMA BP” Sp. z o.o., Tarnobrzeg, s.34
- [4] Kulma R., Bielec B., Burchard T., Florek P., Haładus A., Kania J., Kirejczyk J., Pantula Z., Szczepańska J., 2006 – *Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne w rejonie likwidowanego wyrobiska byłej Kopalni Siarki „Piaseczno” – stan prognozowany w związku z przewidywaną zmianą poziomu odwadniania i po jego całkowitym zakończeniu*. PUP „SIGMA BP” Sp. z o.o., Tarnobrzeg, s.105
- [5] Rzepa S., *Możliwości wykorzystania węgla brunatnego poza energetyką*. Górnictwo Odkrywkowe 45/6 2003
- [6] Kulma R., Zdechlik R., 2009 – *Modelowanie procesów filtracji*. Wyd. AGH, Kraków, s.150
- [7] Matuszewski J., Rakusa-Suszczewski W., Pięcek D., 2000 – *Aktualizacja studium hydrotechnicznego (gospodarka wodna, system melioracyjno-drenażowy) w oparciu o wyniki zaktualizowanej prognozy hydrogeologicznej*. HYDROPROJEKT – Warszawa Sp. z o.o., Warszawa, s.23



Uzdrowisko Szczawno Zdrój (Hala Spacerowa)

z arch. Uzdrowiska