

Modernizacja systemu odprowadzenia wód opadowych z bezodpływowych niecek na terenie zlikwidowanej kopalni

Data wpłynięcia do Redakcji: 04/2023
Data akceptacji przez Redakcję do publikacji: 05/2023

2023, volume 12, issue 1, pp. 109-119

Andrzej Chmiela
Spółka Restrukturyzacji Kopalń S.A., Poland

Stefan Czerwiński
Poland

Jan Kania
Politechnika Śląska, Poland

Małgorzata Wysocka
Główny Instytut Górnictwa, Poland



Streszczenie: Wieloletnie wydobywanie węgla kamiennego wpływa na deniwelację powierzchni terenu. Analiza zmian warunków hydrogeologicznych i stanu zagrożeń wodnych w zakładach górniczych wymusiła pracę nad nowymi możliwościami oceny i zwalczania zagrożenia wodnego. Obecnie szczególnym przedmiotem zainteresowania są zmiany morfologii terenu, zmiany stosunków wodnych, których najczęściej spotykanym przejawem są zalania i podtopienia stref najbardziej obniżonych oraz zmiana kierunków i natężenia spływu wód powierzchniowych. W publikacji przeprowadzono analizę możliwości obniżenia kosztów likwidacji nieczynnej kopalni przez modernizację funkcjonującego systemu odprowadzenia wód opadowych z bezodpływowych niecek. Analiza ujawniła główne czynniki zakłócające przebieg procesu odwadniania i wynikające z nich najważniejsze problemy. Przy pomocy analizy wielokryterialnej z grupy zaproponowanych technicznych wariantów modernizacji wybrano warianty optymalne.

Słowa kluczowe: analiza wielokryterialna, restrukturyzacja zakładów górniczych, likwidacja kopalni, odprowadzenia wód opadowych, podejmowanie decyzji

WPROWADZENIE

Podziemna eksploatacja złóż oddziałuje na środowisko zarówno w okresie czynnego wydobywania, jak również po likwidacji Zakładu Górniczego [3, 4, 11, 12]. Najczęściej występującą formą oddziaływania są deformacje terenu górniczego. Zniekształcenia górotworu wpływają na zmiany stosunków wodnych. Zmiany warunków hydrogeologicznych są jednym z najistotniejszych zagrożeń wynikających z likwidacji kopalni. Najważniejszym elementem zwalczania tego zagrożenia jest skuteczność systemu odwadniania. Planując modernizację systemów hydrotechnicznych należy zbadać zanieczyszczenia, w tym promieniotwórcze, odprowadzane do środowiska wraz z wodami kopalnianymi. Ponadto należy brać pod uwagę fakt, że w terenie silnie zurbanizowanym i uprzemysłowionym, większość rzek i cieków wodnych zatraciła swój naturalny charakter [1, 6, 15].

W przypadku likwidowanego Oddziału SRK S.A. największym problem na powierzchni są rejonu usytuowane depresyjnie w stosunku do dna potencjalnych odbiorników, jakimi są najbliżej położone ciek. Rejonu te zagrożone są podtopieniami zwłaszcza przy nagłych wezbraniach wód opadowych. Kopalnia utrzymuje system siedmiu przepompowni wód deszczowych w depresyjnie położonych nieckach obniżeniowych [5]. Na utrzymanie i obsługę przepompowni rocznie wydatkuje się około 2,46% przewidzianych nakładów na likwidację kopalni [13, 14].

PROBLEM BADAWCZY

Obecną morfologię powierzchni terenu górniczego należy uznać za niezmienną ponieważ przyrosty osiadań powierzchni terenu wywołane eksploatacją uległy zanikowi. Głównym zadaniem analizy była ocena możliwości zastąpienia istniejącego systemu przepompowni wód powierzchniowych z niecek bezodpływowych poprzez ewentualną ich likwidację na rzecz grawitacyjnego odprowadzenia wód deszczowych. Badania prowadzono w oparciu o wyniki cyklicznych pomiarów geodezyjnych linii obserwacyjnych zlokalizowanych na terenie górniczym kopalni. Modernizacja istniejącego systemu pompowania wód opadowych może prowadzić do wymiernych oszczędności budżetowych i przywrócenia zajętych terenów dla celów służących mieszkańcom lub potrzebom właścicieli [7, 9, 10]. W analizie oceniono jednokryterialnie warianty ze względu na przyjęte oceny cząstkowe likwidacji przepompowni. W obliczeniach nakłady na warianty likwidacji przepompowni podano w [jednostkach badawczych], które są nakładami wyrażonymi w złotych przemnożone przez losowo dobrany współczynnik. Następnie przy pomocy analizy wielokryterialnej wybrano optymalne warianty likwidacji przepompowni wód deszczowych [2, 8].

ANALIZA MOŻLIWOŚCI LIKWIDACJI LUB MODERNIZACJI PRZEPOMPOWNI WÓD DESZCZOWYCH

Przepompownia A

Przepompownia A odpowiedzialna jest za utrzymanie stosunków wodnych w południowej części dużego miasta. Wody spływające do żelbetowej czerpni, są tłoczone do potoku „B”. Grawitacyjne odprowadzenie wód deszczowych jest możliwe jedynie do potoku „B” odległego o około 2,4 km. Wykonanie połączenia przewiertem sterownym jest nieopłacalne, a metodą wykopów jest technicznie niemożliwe.

Ograniczenie kosztów pompowania wody jedynie jest możliwe poprzez budowę studni chłonnych w grubym kompleksie warstw przepuszczalnych. Zdolności chłonne warstw oraz ilość i natężenie wód powierzchniowych wskazały, że zagospodarowanie wody będzie możliwe po wykonaniu minimum 4 studni chłonnych. Studnie powinny mieć przekrój minimalny 4 m² i minimalną głębokości 6 m. Zwiększenie tych parametrów znakomicie poprawi pewność funkcjonowania proponowanego systemu studni chłonnych.

Przepompownia B i C

Przepompownia B położona jest około 500 m na północny zachód od przepompowni C. Poziom lustra wody rzeki oddalonej o około 50 m na zachód jest wyższy o około 3,0 m, co uniemożliwia grawitacyjny odpływ wód ze zlewni do rzeki. W kierunku przepompowni C, teren zapada się w dół. Przepompownia C została zabudowana na brzegu starego koryta potoku „B”. W najniższym miejscu dna cieku, zabudowano czerpnię przepompowni. Wody z czerpni tłoczone są rurociągiem do rzeki. Grawitacyjne odprowadzenie wód jest możliwe jedynie poprzez wykonanie przewiertu sterowanego do południowej zlewni rzeki, bezpośrednio do zbiornika odwadnianego przez przepompownię należącą do sąsiedniej czynnej kopalni. W tym przypadku projektowany rurociąg będzie miał długość około 540 m przy spadku wynoszącym 3,7‰ i będzie przebiegał około 5 m pod dnem koryta rzeki. Dla realizacji tego wariantu należy uzyskać zgodę władz samorządowych oraz Przedsiębiorstwa Wydobywczego właściciela przepompowni.

Najprostszym rozwiązaniem likwidacji przepompowni B jest grawitacyjne sprowadzenie wody do przepompowni C. Przewidziano dwa warianty rozwiązania zagadnienia. W wariantcie 1 przewidziano wykonanie przewiertu sterowanego do koryta Potoku „B”. Długość rurociągu wyniesie około 510 m, a średni spadek wyniesie 4,9‰. W wariantcie 2 przewidziano wykorzystanie nieczynnego rurociągu. Rozwiązanie to powinno być uzgodnione z właścicielem rurociągu.

Możliwym rozwiązaniem problemu pompowania wód z przepompowni B i C (wariant 3) jest skrócenie części rurociągów do niezbędnego minimum, poprzez budowę zbiorczej studzienki, do której spływałyby wody z przepompowni B i C rurociągami o długościach 400 m i 250 m. Ze studzienki należy wykonać kolejny przewiert pod dnem Rzeki, na odcinku wynoszącym około 140 m.

Przepompownie D i E

Przepompownie D i E położone są na skarpie północnej części zrehabilitowanego terenu, wzniesionego na prawym brzegu rzeki. Naturalny spływ wód w kierunku południowym do rzeki został uniemożliwiony poprzez wysokie obwałowania oraz zrehabilitowane wyniesienie.

Przepompownia E położona jest na skarpie zrehabilitowanego wyniesienia, tłoczona przez nią woda za pośrednictwem rurociągu, zrzucana jest do rzeki. Przepompownia D usytuowana jest około 400 m na północny-zachód od przepompowni E. Odprowadzenie wody z przepompowni D realizowane jest rurociągiem do rowu na szczycie obszaru zrehabilitowanego, a następnie grawitacyjnie do rzeki.

Przepompownie D i E odwadniają rejony leśne. Ze względu na znaczną retencję lasów dopływy do czerpni tych przepompowni nie są duże. Pompownie położone są odpowiednio o około 3 m i 6 m wyżej od przepompowni F. Proponuje się, zatem likwidację ww. przepompowni. W wariantcie 1 przewidziano utworzenie dwóch zbiorników wodnych. Wykształcenie zbiornika wodnego II powierzchni około 1,05

ha i pojemności około 3,7 tys. m³ oraz zbiornika wodnego I o powierzchni około 0,46 ha i pojemności około 2,1 tys. m³, położonych wzdłuż stopy skarpy zwałowiska północnego. Z ww. zbiorników woda odprowadzana będzie rurociągami wykonanymi w przewiertach sterowanych do pogłębionego i wyprofilowanego rowu opaskowego przepompowni F.

W wariantcie 2 przewidziano niwelację terenu do około 216,0 m n.p.m., polegającą na wypełnieniu terenu masami ziemnymi pochodzącymi z pogłębienia rowów. W tym wariantcie na odcinku około 550 m, należy wykonać rów opaskowy, z którego, podobnie jak w wariantcie 1, woda będzie odprowadzana dwoma rurociągami wykonanymi w przewiertach sterowanych do rowu opaskowego przepompowni F.

Przepompownia F

Przepompownia F zabudowana jest na skarpie hałdy powstałej po rekultywacji skały płonnej. Czerpnia przepompowni usytuowana jest w rzępiu rowu opaskowego, skąd woda tłoczona jest do zbiornika znajdującego się na szczycie terenu zrekultywowanego. Poprzez rów wykonany na powierzchni zwałowiska woda spływa grawitacyjnie w rejon skarpy zwałowiska, a następnie poprzez rurociąg spływa do koryta rzeki.

Ze względu na prowadzenie wydobywania przez sąsiadującą kopalnię proponuje się utrzymanie tej przepompowni do czasu zakończenia eksploatacji górniczej.

Przepompownia G

Przepompownia G odbiera napływającą wodę z górnego, obniżonego koryta w potoku „P” do wyżej położonego odcinka koryta tego potoku w jego dolnym biegu. Zatrzymanie pompowania lub awaria przepompowni może spowodować podtopienia. Na potoku „P” powyżej przepompowni G wykonano dwa zbiorniki na potrzeby retencjonowania nadmiaru wód, w okresach roztopów czy szczególnie intensywnych opadów. Dla modernizacji pompowni zaproponowano zabudowę zastawki piętrzącej wodę w cieku i umożliwienie jej grawitacyjnego odprowadzenia dwiema nitkami rurociągów. Zaprojektowany spadek rurociągu wyniesie około 0,5‰. Nadwyżka wód powodziowych będzie się gromadzić w zbiornikach retencyjnych, co skłania do pozostawienia przepompowni. Jej zadaniem byłoby umożliwienie okresowego przerzucenia gromadzących się wód w zbiornikach retencyjnych. Do tego celu wystarczy jednak ograniczyć jej zdolności pompowo-tłoczne, a tym samym ograniczyć koszty obsługi i energii elektrycznej.

Istnieje możliwość wykonania w zbiornikach studni chłonnych. Proponuje się wykonać 4 studnie chłonne o przekroju 9 m² i głębokości 8 m, odpowiedzialne za odprowadzenie wód deszczowych pochodzących ze spływu powierzchniowego, na odcinku zawartym pomiędzy zastawką a przepustem. Dodatkowo studnie pozwoliłyby na odprowadzenie wód przelewowych przez zastawkę, czego w okresach intensywnych deszczy nie można wykluczyć.

ANALIZA ZAPROPONOWANYCH WARIANTÓW LIKWIDACJI PRZEPOMPOWNI

Kryteria oceny zaproponowanych wariantów likwidacji przepompowni

Dla ostatecznego modelu systemu przepompowni wód deszczowych przyjęto, pracę pomp w trybie automatycznym z nadzorem i sygnalizacją u dyspozytora ruchu kopalni. Aby uwzględnić zarówno aspekty ekonomiczne, techniczne, ekologiczne i społeczne związane z realizacją przedsięwzięcia, przeprowadzono badanie opinii ekspertów (badania ankietowe). Ekspertom (osobom zajmującym się nadzorem nad realizacją zadań kształtowania stosunków wodnych w czynnych i w likwidowanych zakładach górniczych) w pierwszym etapie przedstawiono wstępną listę kryteriów oceny wariantów likwidacji przepompowni wód deszczowych w nieckach bezodpływowych. Zadaniem ankietowanych było dodanie do wstępnej listy brakujących ich zdaniem kryteriów oceny takiego zadania. Uzyskaną listę kryteriów oceny projektu likwidacji przepompowni wód deszczowych ponownie przedstawiono tym samym ekspertom (badania panelowe) w celu przypisania każdemu z kryteriów wagi z jaką oceniałby ją ankietowany ekspert w zakresie od 0 do 10. Przyjęto nadawanie wagi 0 dla kryteriów zdaniem eksperta nieważnych, poprzez kolejne wartości aż do 10 uznawanych za eksperta za bardzo ważne. Ostateczną listę kryteriów oceny wraz z ich wagą przedstawiono w tabeli 1.

Wielokryterialna ocena przyjętych wariantów likwidacji przepompowni wód deszczowych polega na uzyskaniu całościowej oceny badanego zjawiska uwzględniającego łącznie wszystkie kryteria oceny wariantów likwidacji [2, 8]. Uzyskany wskaźnik wskazuje „odległość” analizowanego wariantu od hipotetycznego idealnego wariantu charakteryzującego się najbardziej optymalnymi parametrami z badanej grupy wariantów. W analizie wielokryterialnej każdemu z kryteriów oceny nadaje się jego wagę wpływającą na wynik całościowy. Wartości wag dla poszczególnych kryteriów oceny zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1 Kryteria oceny projektów likwidacji przepompowni wód opadowych

	Kryterium	Jednostka	Waga
Kryterium 1	Nakłady na realizację przedsięwzięcia	jedn. badaw.	0,272
Kryterium 2	Czas zwrotu nakładów	lata	0,262
Kryterium 3	Czas realizacji zadania	lata	0,193
Kryterium 4	Kubatura studni chłonnych	m ³	0,273

Źródło: opracowanie własne

Zastosowane w ocenie przekształcenie ilorazowe eliminuje problem ewentualnej różnicy jednostek analizowanych parametrów oraz różnicy w bezwzględnej wielkości liczb opisujących poszczególne parametry lokując uzyskane wartości poszczególnych parametrów jako bezwymiarową liczbę w przedziale od 0 do 1. Ocenę wielokryterialną prowadzono zgodnie ze wzorem [8]:

$$FC_j = w_1 \frac{h_{i \min}}{h_{1j}} + w_2 \frac{h_{i \min}}{h_{2j}} + w_3 \frac{h_{i \min}}{h_{3j}} + w_4 \frac{h_{4j}}{h_{i \max}} \quad (1)$$

gdzie:

- FC_j wartość oceny wielokryterialnej dla wariantu „j”,
 i numer kryterium oceny wariantów likwidacji,
 j numer wariantu likwidacji,
 w_i waga dla kryterium numer „i”,
 $h_{i\ min}$ najmniejsza wartość w kryterium numer „i”,
 $h_{i\ max}$ największa wartość w kryterium numer „i”,
 h_{ij} wartość w kryterium „i” dla wariantu numer „j”.

Wielokryterialna analiza projektów likwidacji przepompowni A

Do analizy przedstawiono 3 warianty likwidacji przepompowni A. Warianty różnią się kubaturą zaprojektowanych studni chłonnych. Wszystkie warianty zostaną zrealizowane w ciągu 1 roku. W tabeli 2 przedstawiono wartości pierwotne charakteryzujące poszczególne warianty a wyniki oceny wielokryterialnej wariantów likwidacji przepompowni A w tabeli 3.

Tabela 2 Jednokryterialna analiza projektów likwidacji przepompowni A.

	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Jednostka	jedn. badaw.	lata	lata	m ³
wariant 1	0,12	2	1	192
wariant 2	0,16	3	1	432
wariant 3	0,22	4	1	768
Najlepszy wariant	wariant 1	wariant 1	Warianty równoważne	wariant 3

Źródło: opracowanie własne

Tabela 3 Wielokryterialna analiza projektów likwidacji przepompowni A.

	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4	Analiza wielokryterialna
optymalny wariant 1	1,000	1,000	1,000	0,250	0,795
wariant 2	0,714	0,667	1,000	0,563	0,715
wariant 3	0,538	0,500	1,000	1,000	0,743

Źródło: opracowanie własne

Zgodnie z opiniami ekspertów w analizie wielokryterialnej za optymalny uznano wariant 1 z wykonaniem studni chłonnych o wymiarach 2,0 x 2,0 m i głębokości 6 m.

Wielokryterialna analiza projektów likwidacji przepompowni B i C

Przepompownie te znajdują się w zbliżonej lokalizacji i odprowadzenie wód z przepompowni B prowadzona byłaby do przepompowni C dlatego analizie poddano projekt łącznej likwidacji obu pompowni. Do analizy przedstawiono 3 warianty likwidacji. Przepompownia B może być likwidowana w dwóch wariantach, natomiast Przepompownia C tylko w jeden sposób. Warianty 1 i 2 to warianty niezależnej likwidacji Przepompowni B połączone z projektem niezależnej likwidacji Przepompowni C. Wariant 3 to łączna likwidacja obu przepompowni z optymalizacją długości rurociągów i budową studzienek zbiorczych. Wszystkie warianty zostaną zrealizowane w ciągu 1 roku. W tabeli 4

przedstawiono wartości pierwotne charakteryzujące poszczególne warianty, a w tabeli 5 wyniki oceny wielokryterialnej wariantów likwidacji przepompowni B i C.

Tabela 4 Jednokryterialna analiza projektów likwidacji przepompowni B i C

	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Jednostka	jedn. badaw.	lata	lata	m ³
wariant 1	1,40	5	2	0,000
wariant 2	1,18	4,5	1,5	0,000
wariant 3	0,73	3	2	0,000
Najlepszy wariant	wariant 3	wariant 3	wariant 2	Warianty równoważne

Źródło: opracowanie własne

Tabela 5 Wielokryterialna analiza projektów likwidacji przepompowni B i C

	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4	Analiza wielokryterialna
wariant 1	0,524	0,600	0,750	1,000	0,719
wariant 2	0,620	0,667	1,000	1,000	0,808
optymalny wariant 3	1,000	1,000	0,750	1,000	0,951

Z analizy propozycji wariantów likwidacji przepompowni B i C wynika, że optymalnym rozwiązaniem przedsięwzięcia, jest wariant 3 polegający na optymalizacji długości rurociągów przy wykonywanych jak najdłuższych odcinków rurociągów metodą wykopową. Nakłady powinny się zwrócić po około 3 latach.

Wielokryterialna analiza projektów likwidacji przepompowni D i E

Likwidacja przepompowni D i E zaprojektowana została w dwóch wariantach. Wariant 1 przewiduje pozostawienie zalewisk na północnym zawału rzeki. W wariantcie 2 przewidziano wyrównanie zawału przy pomocy gruntów pochodzących z prac melioracyjnych. Nakłady na likwidację Przepompowni D i E wiążą się z modernizacją techniczną Przepompowni F oraz szeregiem prac związanych z adaptacją tej przepompowni do przejmowania zwiększonych dopływów wody, ale umożliwi to skuteczną profilaktykę przeciwdziałającą podtopieniom w południowej zlewni rzeki.

Tabela 6 Jednokryterialna analiza projektów likwidacji przepompowni D i E

	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Jednostka	jedn. badaw.	lata	lata	m ³
wariant 1	1,20	16	1	0
wariant 2	1,37	8	1,5	0
Najlepszy wariant	wariant 1	wariant 2	wariant 1	Warianty równoważne

Źródło: opracowanie własne

Zaproponowane rozwiązania nie przyniosą szybkich oszczędności, ponieważ zwrot poniesionych kosztów nastąpi dopiero po około 16 latach. Uwzględniając rekultywację zalewiska, okres zwrotu kosztów zmniejszy się do około 8 lat. W tabeli 6 przedstawiono wartości pierwotne charakteryzujące poszczególne

warianty, a wyniki oceny wielokryterialnej wariantów likwidacji przepompowni D i E w tabeli 7.

Tabela 7 Wielokryterialna analiza projektów likwidacji przepompowni D i E

	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4	Analiza wielokryterialna
wariant 1	1,000	0,500	1,000	1,000	0,869
optymalny wariant 2	0,878	1,000	0,667	1,000	0,903

Źródło: opracowanie własne

Z analizy propozycji wariantów likwidacji przepompowni D i E wynika, że optymalnym rozwiązaniem przedsięwzięcia, jest wariant 2 polegający wypełnieniu zalewisk na północnym zawału rzeki gruntami pochodzącymi z prac melioracyjnych.

Wielokryterialna analiza projektów likwidacji przepompowni G

Analizie poddano cztery warianty likwidacji Przepompowni G. Warianty wynikają ze sposobu wykonania dwóch rurociągów. W wariantach 1 i 2 rurociągi ułożono metodą przewiertów sterowanych, a w wariantach 3 i 4 te same rurociągi ułożono metodą wykopową. Ponadto w wariantach 1 i 3 rozważono wyposażenie przepompowni w studnie chłonne. Ze względu na profilaktykę przeciwdziałającą podtopieniom we wszystkich wariantach przewidziano znaczne ograniczenie możliwości pompowych Przepompowni G, która ma być uruchamiana jedynie w przypadku przejmowania zwiększonych dopływów wody w okresach wyjątkowo intensywnych opadów czy roztopów. Zwrot kosztów na realizację zadania, powinien nastąpić w zależności od wariantu w okresie od 9 do 12 lat.

Tabela 8 Jednokryterialna analiza projektów likwidacji przepompowni G

	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4
Jednostka	jedn. badaw.	lata	lata	m ³
wariant 1	1,57	11	1,5	288
wariant 2	1,50	10	1	0
wariant 3	1,27	9	2	288
wariant 4	1,13	8	1,5	0
Najlepszy wariant	wariant 4	wariant 4	wariant 2	wariant 1 i 3

Źródło: opracowanie własne

W tabeli 8 przedstawiono wartości pierwotne charakteryzujące poszczególne warianty, a w tabeli 9 wyniki oceny wielokryterialnej wariantów likwidacji przepompowni G.

Z analizy propozycji wariantów likwidacji przepompowni G wynika, że optymalnym rozwiązaniem przedsięwzięcia, jest wariant 3 polegający wykonaniu dwóch rurociągów \varnothing 800 metodą wykopową i wyposażeniu zaniżonego odcinka potoku „P” w cztery studnie chłonne o przekroju 9 m² i głębokości 8 m.

Tabela 9 Wielokryterialna analiza projektów likwidacji przepompowni G

	Kryterium 1	Kryterium 2	Kryterium 3	Kryterium 4	Analiza wielokryterialna
wariant 1	0,723	0,727	0,667	1,000	0,789
wariant 2	0,756	0,800	1,000	0,000	0,608
optymalny wariant 3	0,895	0,889	0,500	1,000	0,846
wariant 4	1,000	1,000	0,667	0,000	0,663

Źródło: opracowanie własne

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Prowadzona przez kopalnię wieloletnia eksploatacja złoża doprowadziła do powstania niecek bezodpływowych zagrożonych podtopieniami lub stałym zalaniem. Wszystkie przedstawione przedsięwzięcia są ekonomicznie uzasadnione i zalecane do realizacji ze względu na zwiększenie bezpieczeństwa powodziowego. Realizacja zaproponowanych zmian w systemie przepompowni wód opadowych może być przeprowadzona częściowo lub w pełnym zakresie. Realizacja wszystkich zaproponowanych przedsięwzięć powinna się zwrócić po około 9 latach.

Spośród wszystkich przedstawionych rozwiązań, jedynie likwidacja Przepompowni F nie jest możliwa. Jej modernizację lub likwidację należy odłożyć do czasu zakończenia wydobywania w kopalni sąsiedniej.

Zastosowanie analizy wielokryterialnej pozwoliło na wyznaczenie optymalnego wariantu modernizacji systemu odwadniania niecek bezodpływowych. Wynik analizy jest jedynie informacją dla decydenta, który może wybrać wariant jego zdaniem najlepszy zgodnie z każdym z kryteriów oceny lub zgodzić się z wynikami oceny wielokryterialnej i wybrać wariant jej zdaniem optymalny.

LITERATURA

- [1] J. Bondaruk, E. Janson, M. Wysocka, S. Chałupnik, „Identification of hazards for water environment in the Upper Silesian Coal Basin caused by the discharge of salt mine water containing particularly harmful substances and radionuclides”. *Journal of Sustainable Mining* 179-187. DOI: 10.1016/j.jsm.2016.01.001, 2015.
- [2] A. Chmiela, J. Smoliło, „Wielokryterialna ocena wariantów likwidacji „Kopalni”, likwidowanej oznaczonej części zakładu górniczego w aspekcie pozyskania metanu ze zrobów”. *Rynek Energii* 06(163)/2022, 2022.
- [3] A. Chmiela, J. Smoliło, M. Gajdzik, „A multifaceted method of analyzing the amount of expenditures on mine liquidation processes in SRK S.A.”, *Management Systems in Production Engineering* 2022.
- [4] A. Chmiela, „Procesy restrukturyzacji i rewitalizacji kopalń postawionych w stan likwidacji”. *Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji*, vol. 11, issue 1, 2022.
- [5] D. Ignacy „Metoda oceny zagrożenia zawodnieniem terenów górniczych i pogórnich”. *Przegląd Górniczy*, nr 1, 2017.
- [6] P. Łabaj, M. Wysocka, E. Janson, M. Deska, “Application of the unified stream assessment method to determine the direction of revitalization of heavily transformed urban rivers”. *Water Resources* 47(4):521-529. 2020.
- [7] JMR. Mercado, A. Kawamura, H. Amaguchi, CJP. Rubio, „Fuzzy based multi-criteria M&E of the integrated flood risk management performance using priority ranking

- methodology: A case study in Metro Manila, Philippines, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2021.
- [8] H. Przybyła, A. Chmiela, „Projektowanie rozwiązań techniczno-organizacyjnych stosowanych w wyrobiskach ścianowych”. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. 1997.
- [9] CJP. Rubio, I. Yu, H. Kim, S. Kim, S. Jeong, „An investigation of the adequacy of urban evacuation centers using index-based flood risk assessment” *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation* 19 (2), 197-207, 2019.
- [10] F. W. Smith, B. Underwood, “Mine closure: the environmental challenge”, *Mining Technology*, 109:3, 202-209, 2000.
- [11] J. Smoliło, A. Chmiela, M. Gajdzik, J. Menendez, J. Loredó, M. Turek, A. Bernardo Sanchez, “A new method to analyze the mine liquidation costs in Poland”, *Mining*, 2021
- [12] P. Strzałkowski, K. Tomiczek, “Proposal of a methodology assessing the risk of sink holes formation in mining areas”. *International Journal of Mining Sciences and Technology*, Vol. 25, No. 1. 2015.
- [13] M. Turek, I. Jonek-Kowalska, “Contemporary cost accounting as an inspiration for the cost accounting in the life cycle of a mining excavation”. *Scientific Papers of Silesian University of Technology, series: Organization and Management*, 2013.
- [14] M. Turek, „Analiza i ocena kosztów w górnictwie węgla kamiennego w Polsce”. Warszawa: Difin. 2013.
- [15] M. Wysocka, S. Chałupnik, I. Chmielewska, E. Janson, W. Radziejowski, K. Samolej, „Natural Radioactivity in Polish Coal Mines: An Attempt to Assess the Trend of Radium Release into the Environment.” *International Journal of Mine Water* 38(1). DOI: 10.1007/s10230-019-00626-0, 2019.

The modernization of the rainwater drainage system from drainless basin in the area of a liquidated mine

Abstract: Many years of hard coal mining affect the leveling of the land surface. The analysis of changes in hydrogeological conditions and the state of water hazards in mining plants forced the mine to work on new ways of assessing and combating water threats. Currently, the special subject of interest is focused on changes in the morphology of the area, changes in water conditions, the most common manifestations of which are flooding and water damages of the most depressed zones as well as changing the direction and intensity of surface water runoff. The publication analyzes the possibility of reducing the costs of liquidation an inactive mine by modernizing the existing rainwater drainage system from drainless basins. The analysis revealed the main factors interfering the dewatering process and the crucial problems resulting from them. Using a multi-criteria analysis, the optimal variants were selected from the group of the proposed technical modernization variants.

Keywords: multi-criteria analysis, restructuring of mining enterprises, liquidation of mine, rainwater drainage, decision-making

Andrzej Chmiela

ORCID ID: 0000-0002-0833-0923

Spółka Restrukturyzacji Kopalń S.A.

ul. Strzelców Bytomskich 207, 41-914 Bytom, Poland

tel.: +48 505 685 118, e-mail: achmiela@srk.com.pl

Stefan Czerwiński

e-mail: wychcki@o2.pl

Jan Kania

Politechnika Śląska, Poland

e-mail: jan.andrzej.kania@gmail.com

Małgorzata Wysocka

ORCID ID: 0000-0002-1538-1294

Główny Instytut Górnictwa

Plac Gwarków 1, 40-166 Katowice, Poland

tel. 48 32 259 28 14, e-mail: mwysocka@gig.eu