



Lucyna CICHY*, Łukasz SIODŁAK**

Model symulacyjny analizy ryzyka związanego z wykorzystaniem wód kopalnianych w celach energetycznych

STRESZCZENIE: Bezpieczne funkcjonowanie kopalń węgla kamiennego wymaga stałego odwadniania zarówno funkcjonujących, jak i zamkniętych już kopalń. Z kopalń położonych na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego wypompowuje się na powierzchnię kilkaset tysięcy metrów sześciennych wody na dobę, które mogą znaleźć zastosowanie dla zaspokajania lokalnych potrzeb energetycznych. Wykorzystanie wód kopalnianych na terenach górniczych, bądź też pogórnicych, staje się nowoczesnym, przyjaznym środowisku, a zarazem opłacalnym ekonomicznie sposobem pozyskiwania ciepła. Stwarza możliwość spożytkowania ciepła odpadowego a zarazem uniknięcia niepotrzebnego wykorzystywania konwencjonalnych nośników energii.

Ponieważ wykorzystanie wód kopalnianych w celach energetycznych jest zagadnieniem stosunkowo nowym oraz wymagającym indywidualnego podejścia do każdego z analizowanych przypadków, obarczone jest znacznym ryzykiem. Stąd też opracowano model symulacyjny, obrazujący ryzyko związane z zagospodarowywaniem wód kopalnianych w celach energetycznych. Celem opracowania niniejszego modelu jest stworzenie narzędzia pozwalającego na uświadomienie potencjalnemu inwestorowi najistotniejszych zagadnień (pozytywnych, negatywnych, obojętnych) mających wpływ na planowane przez niego przedsięwzięcie. Analiza wyników wygenerowanych przez model symulacyjny, powinna pomóc potencjalnemu inwestorowi w podjęciu decyzji dotyczących słuszności realizacji zaplanowanej przez niego inwestycji.

SŁOWA KLUCZOWE: odzysk ciepła z wód kopalnianych, odnawialne źródła energii, energia geotermalna

* Dr inż., ** Mgr, Główny Instytut Górnictwa, Katowice, e-mail: lcichy@gig.eu, lsiodlak@gig.eu

Wprowadzenie

Zalewanie wyrobisk górniczych poprzez wody kopalniane jest jednym z czynników utrudniających funkcjonowanie zakładów górniczych. Wody te w sposób naturalny dopływają do wyrobisk górniczych z drenowanego górotworu oraz doprowadzane są do nich wraz z podszadką hydrauliczną, w celu wypełnienia wyrobisk górniczych (tzw. wody technologiczne). Wody podziemne przemieszczają się pomiędzy czynnymi, jak i zlikwidowanymi kopalniami. Ich zbyt duża ilość ma wpływ na bezpieczeństwo funkcjonowania kopalń. Stąd też dla prawidłowej pracy czynnych zakładów górniczych wymagane jest zagwarantowanie odpowiedniego poziomu wód kopalnianych poprzez przeprowadzenie działań mających na celu odwadnianie wszystkich wymienionych typów kopalń.

W Górnośląskim Zagłębiu Węglowym dziennie wypompowuje się z kopalń węgla kamiennego ponad 600 tys. m³ wody (Solik-Heliasz 2002). Wody te często kierowane są bezpośrednio do najbliższych cieków lub zbiorników wodnych (rzek). Mało kiedy zwraca się uwagę, iż charakteryzują się one średnią temperaturą 13–25°C (Solik-Heliasz 2002), co oznacza, iż posiadają znaczny potencjał, który może zostać wykorzystany w celu zaspokojenia lokalnych potrzeb energetycznych. Wykorzystanie wód kopalnianych na terenach górniczych może być sposobem uzupełnienia dotychczasowych metod pozyskiwania ciepła z tradycyjnych nośników energii, np. węgla czy gazu (Klojzy-Karczmarczyk i in. 2006; Vosloo i in. 2012). Czasami nawet staje się substytutem dotąd wykorzystywanych zasobów.

Praktyki związane z wykorzystaniem wód kopalnianych w celach energetycznych od lat znajdują zastosowanie np. w Szkocji, Niemczech, Holandii, Słowenii, Wielkiej Brytanii (Burke 2002; Gunsoni i in. 2010; Schetelig i Richter 2013; Athresh i in. 2016; Bailey i in. 2016; Farr i in. 2016). W Polsce wykorzystanie wód kopalnianych jest zagadnieniem stosunkowo nowym, odznaczającym się indywidualnym, a zarazem innowacyjnym charakterem. Stąd też przed rozpoczęciem prac związanych z uruchomieniem inwestycji polegającej na wykorzystaniu wód kopalnianych w celach energetycznych zaleca się przeprowadzenie analizy ryzyka obejmującej jak najszerszą gamę czynników (Mazurkiewicz i in. 2013).

Istotą niniejszego artykułu jest zaprezentowanie autorskiego modelu oceny możliwości wykorzystania wód kopalnianych w celach energetycznych, który opracowany został dla potrzeb prac opisywanych w artykule. Narzędzie to przydatne będzie m.in. deweloperom zamierzającym budować obiekty zasilane w ciepło pochodzące z wnętrza ziemi, podmiotom gospodarczym zainteresowanym wykorzystaniem ciepła wód kopalnianych w celu jego sprzedaży innym podmiotom, czy też indywidualnym inwestorom noszącym się z zamiarem wykorzystania ciepła wód kopalnianych w swoich domach. Model znajduje się w fazie testowania przez wymienione osoby.

Wspomniane narzędzie będzie umożliwiało ocenę istniejących uwarunkowań przemawiających za lub przeciw realizacji inwestycji związanej z wykorzystaniem wód kopalnianych na wytypowanym obszarze. Model pozwala na zidentyfikowanie mocnych i słabych stron wynikających z realizacji przedsięwzięcia, a także na wskazanie potencjalnych zagrożeń i szans zwią-

zanych z otoczeniem, w którym inwestycja będzie realizowana. Jego wykorzystanie pozwala na ukształtowanie ogólnego obrazu, określającego potencjalne pozytywne i negatywne aspekty realizacji przedsięwzięcia mającego na celu wykorzystanie wód kopalnianych. Stąd też powinno być jednym z pierwszych narzędzi wykorzystywanych w pracach nad koncepcją optymalnego zagospodarowania wód kopalnianych w celach energetycznych.

1. Wykorzystanie wód kopalnianych a potencjalne ryzyko inwestycji

Dla prawidłowego funkcjonowania kopalń i ich ochrony przed zagrożeniem wodnym, prowadzone są działania mające na celu odwadnianie i odprowadzanie wód kopalnianych do pobliskich cieków powierzchniowych. Wody te charakteryzują się stosunkowo wysoką temperaturą (13–25°C), która pozwala na ich wykorzystanie w celach energetycznych (Solik-Heliasz 2012). Wody kopalniane mogą być również pozyskiwane z zamkniętych kopalń, gdzie w zrobach górniczych tworzą się zbiorniki wodne o bardzo dużych pojemnościach (Solik-Heliasz 2007). Odpowiednia temperatura i stały dostęp do potrzebnych ilości wód stwarzają potencjalne możliwości ich wykorzystania w celu ogrzewania budynków. Zagospodarowanie tychże wód może charakteryzować się opłacalnością ekonomiczną związaną np. z brakiem konieczności wykonywania odwiertów w celu pozyskania wody geotermalnej, czy też niskimi kosztami eksploatacyjnymi (Hall i in. 2011). Innymi aspektami są korzyści środowiskowe osiągnięte poprzez zmniejszenie emisji zanieczyszczeń do powietrza czy też rewitalizacja zdegradowanych terenów pogórnich (Małolepszy 2003).

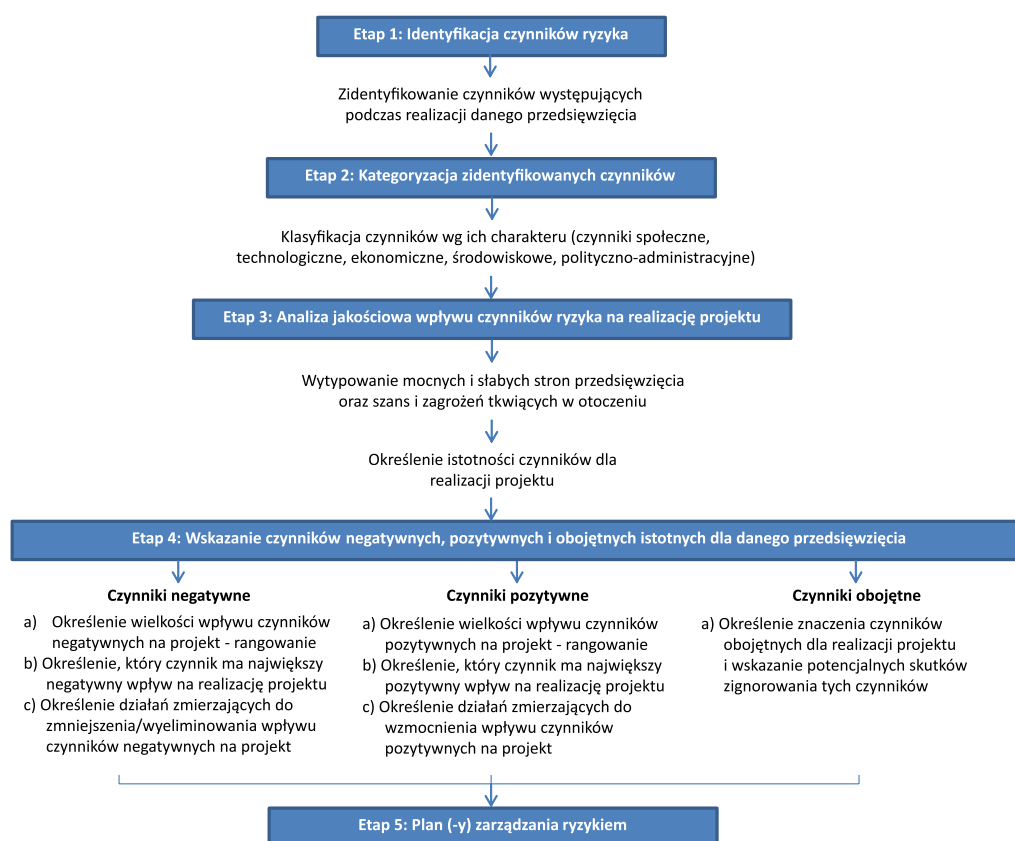
Wykorzystanie wód kopalnianych związane może być jednak z różnego typu ryzykiem. Każda z realizowanych inwestycji ma charakter indywidualny dostosowany do warunków występujących na danym terenie. Jest to przyczyną generowania nowych, nieoczekiwanych problemów, dla których trudno przewidzieć sposób i prawdopodobieństwo ich wystąpienia oraz scharakteryzować wpływ na sukces zamierzonego przedsięwzięcia. Stąd też dla zweryfikowania potencjalnego ryzyka, jakie może wystąpić na etapie planowania inwestycji, opracowano poniżej opisany model symulacyjny.

2. Model symulacyjny analizy ryzyka

Celem stosowania modelu symulacyjnego analizy ryzyka jest wskazanie potencjalnych pozytywnych, negatywnych, a także obojętnych czynników związanych z inwestycją mającą na

celu wykorzystanie wód kopalnianych w celach energetycznych. Opisany w artykule model jest narzędziem ułatwiającym podjęcie decyzji związanej z taką działalnością. Ma on pomóc potencjalnemu inwestorowi w zidentyfikowaniu zagrożeń mogących mieć negatywny wpływ na planowaną przez niego inwestycję. Model umożliwi wskazanie ewentualnych szans, których wykorzystanie wpłynie na opłacalność podjętych działań. Niniejsze narzędzie pozwala również na zidentyfikowanie czynników obojętnych, których zignorowanie przyczynić może się do powstania ryzyka zagrażającego realizacji zamierzonej inwestycji.

Dla zobrazowania możliwości funkcjonalnych modelu, poniżej zaprezentowano jego poszczególne etapy oraz efekty wykorzystania (rys. 1).



Rys. 1. Model symulacyjny analizy ryzyka związanego z wykorzystaniem wód kopalnianych w celach energetycznych
Źródło: Opracowanie własne

Fig. 1. English version of the risk analysis model

Opisany model zawiera 37 kwestii, które potencjalny inwestor powinien przeanalizować, a następnie ustosunkować się do nich (udzielając odpowiedzi „Tak”, „Nie” lub „Nie wiem”) przed rozpoczęciem działalności inwestycyjnej.

Dla pokazania możliwości modelu dokonano pewnych założeń, które zobrazują stan wiedzy i przygotowania potencjalnego inwestora do realizacji zaplanowanego przedsięwzięcia. W celu przeprowadzenia analizy, założono, że potencjalny inwestor posiada:

- 1) dane dotyczące parametrów pobieranej wody kopalnianej (temperatura, ilość wydobywanych wód itp.),
- 2) gwarancję zbytu pozyskiwanego ciepła (istnienie odbiorców pozyskanego ciepła),
- 3) wiedzę nt. planów uatrakcyjnienia rynkowego terenów, gdzie zamierza realizować swoją inwestycję (np. budowa osiedla domów jednorodzinnych lub centrum usługowo-handlowego),
- 4) wiedzę nt. szacunkowych kosztów realizacji inwestycji związanej z wykorzystaniem wód kopalnianych w celach energetycznych i jej ekonomicznej opłacalności.

Ponadto potencjalny inwestor nie:

- 1) przeanalizował kwestii związanej ze spadkiem temperatury oraz zmniejszeniem ilości wydobywanych wód kopalnianych na powierzchnię,
- 2) określił, czy każdy z wytypowanych obiektów zostanie podłączony do wspólnej instalacji łączącej gospodarstwa domowe ze źródłem ciepła, czy też do każdego z domów zostanie podłączona oddzielna instalacja łącząca je ze źródłem ciepła,
- 3) wie, czy w ramach niniejszej inwestycji będzie istniała możliwość kogeneracji lub też wytwarzania chłodu,
- 4) posiada wiedzy nt. kosztów, jakie będzie ponosił w związku z pompowaniem wód,
- 5) potrafi sprecyzować, czy na etapie eksploatacji dojdzie do przecieku wód kopalnianych z instalacji i zanieczyszczenia gruntu,
- 6) przeanalizował zagadnienia związane z potencjalnymi wstrząsami górotworu na danym terenie,
- 7) uzyskał zgody na korzystanie z odprowadzonych na powierzchnię wód kopalnianych.

Założono także, że:

- 1) szyby kopalniane będą zlokalizowane w odległości 2000 m od miejsca zagospodarowania wydobywanej wody,
- 2) ciepło wód będzie wykorzystywane w kilku budynkach jednorodzinnych zamieszkiwanych średnio przez 4 osoby.

Sposób ustosunkowywania się do zamieszczonych w modelu kwestii (etap 1), przedstawiono w poniższej tabeli (tab. 1).

W dalszej kolejności uzyskane odpowiedzi zostały pogrupowane są w zależności od charakteru danego zagadnienia (pytania) – etap 2. Wyróżnia się pięć obszarów czynników związanych z aspektami:

- ◆ społecznymi,
- ◆ technicznymi,
- ◆ ekonomicznymi,
- ◆ środowiskowymi,
- ◆ administracyjno-politycznymi.

Do każdego z wymienionych obszarów przyporządkowane zostały poszczególne czynniki wraz z odpowiedziami jakie udzieliła osoba posługująca się niniejszym formularzem. Przykładowe wyniki postępowania przedstawiono w poniższej tabeli (tab. 2).

TABELA 1. Zagadnienia zawarte w kwestionariuszu

TABLE 1. Issues included in the model

Pytania	Odpowiedzi
Inwestycja mająca na celu wykorzystanie wód kopalnianych, pozwoli na pozyskanie z nich ciepła przed ostatecznym odprowadzeniem ich do rzek.	Tak
Istnieją realni odbiorcy ciepła pochodzącego z wykorzystania wód kopalnianych (np. realizacja inwestycji związana jest z budową domów jednorodzinnych, w których wykorzystywane będzie ciepło wód kopalnianych).	Tak
Odbiorcy ciepła będą akceptować nowoczesny system ogrzewania bazujący na wykorzystaniu ciepłych wód kopalnianych.	Tak Nie Nie wiem
Mam dostęp do sparametryzowanych zasobów hydrotermalnych terenu, z którego pobierana będzie woda (np. temperatura wody, ilość wydobywanych wód na powierzchnię w zadanym okresie czasu itp.).	Tak
Mam dostęp do wieloletnich badań określających lokalizację oraz powierzchnię zrobów wypełnioną wodami (zasoby dyspozycyjne), potwierdzających opłacalność realizacji inwestycji na danym terenie.	Nie wiem

Źródło: Opracowanie własne.

TABELA 2. Podział czynników wg ich charakteru (społeczne, techniczne, ekonomiczne, środowiskowe, polityczno-administracyjne)

TABLE 2. Division of factors according to their nature

Czynniki o charakterze społecznym/Social Factors (SF)		Tak	Nie	Nie wiem
1	Inwestycja mająca na celu wykorzystanie wód kopalnianych, pozwoli na pozyskanie z nich ciepła przed ostatecznym odprowadzeniem ich do rzek.	x		
2	Istnieją realni odbiorcy ciepła pochodzącego z wykorzystania wód kopalnianych (np. realizacja inwestycji związana jest z budową domów jednorodzinnych, w których wykorzystywane będzie ciepło wód kopalnianych).	x		
Czynniki o charakterze technicznym/Technical Factors (TF)		Tak	Nie	Nie wiem
1	Mam dostęp do sparametryzowanych zasobów hydrotermalnych terenu, z którego pobierana będzie woda (np. temperatura wody, ilość wydobywanych wód na powierzchnię w zadanym okresie czasu itp.).	x		
2	Mam dostęp do wieloletnich badań określających lokalizację oraz powierzchnię zrobów wypełnioną wodami (zasoby dyspozycyjne), potwierdzających opłacalność realizacji inwestycji na danym terenie.			x
3	Otwory geotermalne (szyby) zlokalizowane są w odległości do 1000 m od miejsca zagospodarowania wydobywanej wody kopalnianej.		x	
Czynniki o charakterze ekonomicznym/Economic Factors (ECF)		Tak	Nie	Nie wiem
1	Istnieje możliwość wykorzystania już istniejących szymbów kopalnianych w celu pozyskania ciepłej wody.	x		
2	Dotychczasowe obliczenia wskazują na ekonomiczną opłacalność wykorzystania wód kopalnianych wobec źródeł konwencjonalnych np. gaz, ciepło z sieci itp.	x		
3	Realizacja niniejszej inwestycji wymaga wsparcia finansowego np. w postaci dotacji/kredytu.	x		
Czynniki o charakterze środowiskowym/Environmental Factors (ENF)		Tak	Nie	Nie wiem
1	Realizacja inwestycji przyczyni się do rewitalizacji zdewastowanego terenu.	x		
Czynniki o charakterze polityczno-administracyjnym/Political-administrative factors (POF)		Tak	Nie	Nie wiem
1	Na obszarze, gdzie ma zostać zlokalizowana inwestycja, uregulowane zostały kwestie dotyczące możliwości korzystania z wód kopalnianych (np. opłaty za korzystanie z wód).		x	

Źródło: Opracowanie własne.

Zestawienie zaprezentowane w powyżej tabeli (tab. 2) daje potencjalnemu inwestorowi ogólny ogłód odnośnie do ilości czynników, co do których ma już uporządkowaną sytuację (odpowiedz „Tak”) oraz takich, które wymagałyby jeszcze dopracowania (odpowiedz „Nie” i „Nie wiem”) i umożliwia przejście do etapu 3.

2.1. Szanse i zagrożenia oraz mocne i słabe strony planowanego przedsięwzięcia

Trzeci etap modelu symulacyjnego analizy ryzyka umożliwia zaprezentowanie zbiorczego zestawienia czynników (pozytywnych i negatywnych) dla wytypowanego przedsięwzięcia. Dla rozważanego przypadku zidentyfikowanych zostało 10 czynników negatywnych oraz 13 czynników pozytywnych (tab. 3).

TABELA 3. Statystyka czynników dla wykonywanej analizy

TABLE 3. Statistics of factors

Statystyka czynników	
Negatywne czynniki	10
Słabe strony przedsięwzięcia (W)	8
Zagrożenia tkwiące w otoczeniu (T)	2
Pozytywne czynniki	13
Mocne strony przedsięwzięcia (S)	12
Szanse tkwiące w otoczeniu (O)	1

Źródło: Opracowanie własne.

Wśród czynników negatywnych wyróżniono 8 przyczyn potencjalnego niepowodzenia tkwiącego w zasięgu inwestora (słabe strony przedsięwzięcia) oraz 2 zagrożenia będące poza obszarem jego wpływu (zagrożenia tkwiące w otoczeniu). Wskazano również 12 czynników uznanych za mocne strony przedsięwzięcia i jedną szansę znajdującą się w otoczeniu, którą inwestor powinien wykorzystać.

W ramach rozpatrywanych aspektów (technicznych, ekonomicznych, środowiskowych itd.), dokonano systematyzacji czynników ze względu na charakter każdego z nich względem danej inwestycji. I tak w przypadku niniejszej analizy, dla czynników o charakterze technicznym, wykazano, iż dla badanego przedsięwzięcia zidentyfikowano trzy następujące mocne strony: dostęp do sparymetryzowanych zasobów wód kopalnianych, gwarancję bazowego zapotrzebowania na ciepło dla planowanej inwestycji oraz niskie koszty eksploatacyjne inwestycji (tab. 4). Wskazano również wiele słabych stron przedsięwzięcia w postaci m.in. braku wiedzy nt. dostępnych zasobów wód kopalnianych potwierdzających opłacalność realizacji inwestycji na wybranym terenie czy też konieczność korzystania z energii elektrycznej w przypadku wadliwie działającego systemu.

Ze względu na zbyt duże straty ciepła spowodowane znacznym oddaleniem miejsca wykorzystania wód kopalnianych od otworów geotermalnych (założono, iż odległość ta wynosi ponad 1000 metrów), ze względu na potencjalne duże straty ciepła, czynnik ten potraktowany został jako słaba strona przedsięwzięcia. Zostanie to wyjaśnione potencjalnemu użytkownikowi modelu na etapie szczegółowej analizy czynników zaprezentowanej w tabelach (tab. 9–11). Podobnie odniesiono się do czynników związanych z faktem niewykorzystywania ciepła w budynkach wielokondygnacyjnych oraz przez niewielką grupę osób. Dla analizowanego przypadku nie zidentyfikowano szans oraz zagrożeń tkwiących w otoczeniu. Każdemu z rozpatrywanych czynników, metodą ekspercką, nadana została ważność obrazująca istotność danego czynnika dla realizacji zakładanego przedsięwzięcia (im wyższa ranga, tym czynnik bardziej negatywny lub bardziej pozytywny). Wyniki systematyzacji czynników przedstawiono w tabeli 4.

TABELA 4. Czynniki o charakterze technicznym (mocne i słabe strony oraz szanse i zagrożenia) dla wykonywanej analizy

TABLE 4. Factors of a technical nature (strengths and weaknesses and opportunities and threats)

Czynniki o charakterze technicznym (TF)		Ważność*	Tak	Nie	Nie wiem
Mocne strony przedsięwzięcia (S)					
1	Mam dostęp do sparametryzowanych zasobów hydrotermalnych terenu, z którego pobierana będzie woda (np. temperatura wody, ilość wydobywanych wód na powierzchni w zadanym okresie czasu itp.).	15	x		
2	Pozyskana energia gwarantować będzie pokrycie bazowego zapotrzebowania na ciepło dla planowanej inwestycji.	1	x		
3	Realizacja inwestycji gwarantuje niskie koszty eksploatacyjne i w związku z tym zwiększa się opłacalność przedsięwzięcia.	4	x		
Słabe strony przedsięwzięcia (W)					
1	Mam dostęp do wieloletnich badań określających lokalizację oraz powierzchnię zrobów wypełnioną wodami (zasoby dyspozycyjne), potwierdzających opłacalność realizacji inwestycji na danym terenie.	9			x
2	Otwory geotermalne (szyby) zlokalizowane są w odległości do 1000 m od miejsca zagospodarowania wydobywanej wody kopalnianej.	6		x	
3	Ciepło wód kopalnianych wykorzystywane będzie w budynkach wielokondygnacyjnych (dwa i więcej pięter).	4		x	
4	Ciepło wód kopalnianych wykorzystywane będzie w kilku domach jednorodzinnych, zamieszkiwanych średnio przez 4 osoby.	2	x		
5	Realizacja inwestycji przełoży się na wysokie koszty związane z zakupem domu dla potencjalnego klienta.	1	x		
6	W przypadku wadliwie działającego systemu gospodarstwa domowe zmuszone będą do wykorzystywania w celach grzewczych, np. energii elektrycznej (aktualnie najdroższego źródła ciepła).	9	x		
Szanse tkwiące w otoczeniu (O)					
Zagrożenia tkwiące w otoczeniu (T)					

* Czynnik o najwyższej wartości, ma największe znaczenie dla realizacji danej inwestycji.

Źródło: Opracowanie własne.

Podobne zestawienie można uzyskać analizując pozostałe aspekty (społeczne, ekonomiczne, środowiskowe, administracyjno-społeczne). Poniżej zaprezentowano zestawienie mocnych i słabych stron oraz szans i zagrożeń dla badanego przykładu z uwzględnieniem wspomnianych aspektów (tab. 5–8).

TABELA 5. Czynniki o charakterze społecznym (mocne i słabe strony oraz szanse i zagrożenia) dla wykonywanej analizy)

TABLE 5. Factors of a social nature (strengths and weaknesses and opportunities and threats)

Czynniki o charakterze społecznym (SF)		Ważność	Tak	Nie	Nie wiem
Mocne strony przedsięwzięcia (S)					
1	Inwestycja mająca na celu wykorzystanie wód kopalnianych, pozwoli na pozyskanie z nich ciepła przed ostatecznym odprowadzeniem ich do rzek.	4	x		
2	Istnieją realni odbiorcy ciepła pochodzącego z wykorzystania wód kopalnianych (np. realizacja inwestycji związana jest z budową domów jednorodzinnych, w których wykorzystane będzie ciepło wód kopalnianych).	7	x		
3	Odbiorcy ciepła będą akceptować nowoczesny system ogrzewania bazujący na wykorzystaniu ciepłych wód kopalnianych.	1	x		
4	Umiem scharakteryzować pozytywne skutki wykorzystania wód kopalnianych w celach energetycznych dla zdrowia potencjalnych mieszkańców terenu, na którym będzie realizowana inwestycja.	1	x		
5	Umiem zarekomendować korzyści dla środowiska związane z wykorzystaniem wód kopalnianych w celach energetycznych.	1	x		
Słabe strony przedsięwzięcia (W)					
Szanse tkwiące w otoczeniu (O)					
Zagrożenia tkwiące w otoczeniu (T)					

Źródło: Opracowanie własne.

TABELA 6. Czynniki o charakterze ekonomicznym (mocne i słabe strony oraz szanse i zagrożenia) dla wykonywanej analizy)

TABLE 6. Factors of a, economical nature (strengths and weaknesses and opportunities and threats)

Czynniki o charakterze ekonomicznym (ECF)		Ważność	Tak	Nie	Nie wiem
Mocne strony przedsięwzięcia (S)					
1	Istnieje możliwość wykorzystania już istniejących szybów kopalnianych w celu pozyskiwania ciepłej wody.	5	x		
2	Istnieje możliwość wykorzystania potencjału wód kopalnianych dla uatrakcyjnienia rynkowego terenów przemysłowych (sprzedaż/dzierżawa).	2	x		
3	Dotychczasowe obliczenia wskazują na ekonomiczną opłacalność wykorzystania wód kopalnianych wobec źródeł konwencjonalnych np. gaz, ciepło z sieci itp.	1	x		
Słabe strony przedsięwzięcia (W)					
1	W najbliższym czasie prognozuje się wzrost cen energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł konwencjonalnych.	5	x		
2	Realizacja niniejszej inwestycji wymaga wsparcia finansowego np. w postaci dotacji/kredytu.	2	x		
Szance tkwiące w otoczeniu (O)					
Zagrożenia tkwiące w otoczeniu (T)					

Źródło: Opracowanie własne.

TABELA 7. Czynniki o charakterze środowiskowym (mocne i słabe strony oraz szanse i zagrożenia)

TABLE 7. Factors of an environmental nature (strengths and weaknesses and opportunities and threats)

Czynniki o charakterze środowiskowym (ENF)		Ważność	Tak	Nie	Nie wiem
Mocne strony przedsięwzięcia (S)					
1	Realizacja inwestycji przyczyni się do rewitalizacji zdewastowanego terenu.	3	x		
2	Wykorzystanie wód kopalnianych w celach energetycznych przyczyni się do poprawy jakości powietrza na danym regionie (poprzez redukcję emisji związków siarki, węgla, azotu itp.).	3	x		
Słabe strony przedsięwzięcia (W)					
Szanse tkwiące w otoczeniu (O)					
Zagrożenia tkwiące w otoczeniu (T)					

Źródło: Opracowanie własne.

TABELA 8. Czynniki o charakterze administracyjno-politycznym (mocne i słabe strony oraz szanse i zagrożenia)

TABLE 8. Factors of an environmental nature (strengths and weaknesses and opportunities and threats)

Czynniki o charakterze politycznym (POF)		Ważność	Tak	Nie	Nie wiem
Mocne strony przedsięwzięcia (S)					
Słabe strony przedsięwzięcia (W)					
Szanse tkwiące w otoczeniu (O)					
Zagrożenia tkwiące w otoczeniu (T)					
1	Na obszarze, gdzie ma zostać zlokalizowana inwestycja, uregulowane zostały kwestie dotyczące możliwości korzystania z wód kopalnianych (np. opłaty za korzystanie z wód).	19		x	

Źródło: Opracowanie własne.

Niniejszy element modelu symulacyjnego (etap 3) pozwala na analizę czynników pod kątem ich charakteru. Umożliwia wskazanie typu czynników (technicznych, ekonomicznych, środowiskowych itd.), z którymi będzie zmagał się potencjalny inwestor. Dalsze etapy umożliwiają wskazanie, które z rozpatrywanych czynników będą miały pozytywny i negatywny wpływ na realizowane przedsięwzięcie, a które nich będą dla niego obojętne.

2.2. Czynniki negatywne, pozytywne oraz obojętne związane z realizacją planowanej inwestycji

Etap 4 opracowanego modelu symulacyjnego pozwala na wygenerowanie czynników negatywnych, pozytywnych, bądź obojętnych związanych z planowaną inwestycją. Czynniki te zostają poddane rangowaniu, tak aby użytkownik modelu mógł:

- ◆ dokonać analizy czynników od najbardziej do najmniej zagrażających realizacji inwestycji (czynniki negatywne),
 - ◆ wskazać te czynniki, które są jego atutami (czynniki pozytywne),
 - ◆ ustosunkować się do wyłonionych czynników obojętnych.
- Dla przeprowadzonej analizy zidentyfikowano następujące czynniki negatywne:
- ◆ na obszarze, gdzie ma zostać zlokalizowana inwestycja, uregulowane zostały kwestie dotyczące możliwości korzystania z wód kopalnianych (np. opłaty za korzystanie z wód) – 19 pkt,
 - ◆ brak przeanalizowanej kwestii związanej ze spadkiem temperatury oraz zmniejszeniem ilości wydobywanych wód kopalnianych na powierzchnię – 9 pkt,
 - ◆ nie wiem czy mam dostęp do wieloletnich badań określających lokalizację oraz powierzchnię zróbów wypełnioną wodami (zasoby dyspozycyjne), potwierdzających opłacalność realizacji inwestycji na danym terenie – 9 pkt,
 - ◆ w przypadku wadliwie działającego systemu gospodarstwa domowe zmuszone będą do wykorzystywania w celach grzewczych np. energii elektrycznej (aktualnie najdroższego źródła ciepła) – 9 pkt,
 - ◆ szyby kopalniane zlokalizowane są w odległości większej niż 1000 m od miejsca zagospodarowania wydobywanej wody kopalnianej – 6 pkt,
 - ◆ w najbliższym czasie prognozuje się wzrost cen energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł konwencjonalnych – 5 pkt,
 - ◆ ciepło wód kopalnianych nie będzie wykorzystywane będzie w budynkach wielokondygnacyjnych (dwa i więcej pięter) – 4 pkt,
 - ◆ ciepło wód kopalnianych wykorzystywane będzie w kilku domach jednorodzinnych, zamieszkiwanych średnio przez 4 osoby – 2 pkt,
 - ◆ realizacja niniejszej inwestycji wymaga wsparcia finansowego, np. w postaci dotacji/kredytu – 2 pkt,
 - ◆ realizacja inwestycji przełoży się na wysokie koszty związane z zakupem domu dla potencjalnego klienta – 1 pkt.

Skrócony wykaz przykładowych czynników wygenerowanych dla analizowanego przykładu zaprezentowano w poniższych tabelach (tab. 9–11).

W wyniku przeprowadzonej analizy zidentyfikowano czynniki, które mogą zagrażać realizacji inwestycji (tab. 9). Są to głównie uwarunkowania negatywne. Najistotniejszym z nich jest brak uregulowanej kwestii związanej z możliwościami korzystania z wód kopalnianych (czynnik o randze 19 pkt). Jest to zasadniczy czynnik gwarantujący powodzenie realizacji zaplanowanej inwestycji. W przypadku braku możliwości korzystania z wód lub też zbyt wysokich cen związanych z ich wykorzystaniem finalizacja przedsięwzięcia będzie niemożliwa lub nieopłacalna z ekonomicznego punktu widzenia.

Ponadto – jak zadeklarował potencjalny inwestor – nie posiada on wiedzy na temat lokalizacji oraz wielkości dostępnych zasobów wód kopalnianych (zasobów dyspozycyjnych), które mogą zostać wykorzystane (9 pkt). W związku z tym nie potrafi on określić, czy i w jak dalekiej perspektywie będzie możliwe wykorzystanie wód kopalnianych, a także czy, i w jakim

TABELA 9. Wykaz czynników negatywnych związanych z realizacją planowanej inwestycji

TABLE 9. List of the negative factors connected with the implementation of the planned investment

	Czynniki negatywne	Wartość	Komentarz
1	Na obszarze gdzie ma zostać zlokalizowana inwestycja, uregulowane zostały kwestie dot. możliwości korzystania z wód kopalnianych (np. opłaty za korzystanie z wód).	19	Jest to jeden z czynników decydujących o możliwości realizacji inwestycji. W przypadku niewyrażenia zgody na korzystanie z wód kopalnianych lub wprowadzenie zbyt wysokich cen za wodę przez podmioty uprawnione do zarządzania wodami kopalnianymi inwestycja może nie mieć szans na powodzenie. Dokonaj analizy warunków korzystania z wód.
2	Mam dostęp do wieloletnich badań określających lokalizację oraz powierzchnię zrobów wypełnionych wodami (zasoby dyspozycyjne), potwierdzających opłacalność realizacji inwestycji na danym terenie.	9	Wiedza dotycząca lokalizacji oraz powierzchni zrobów wypełnionych wodami, obejmująca długi horyzont czasowy, jest istotnym czynnikiem decydującym o powodzeniu inwestycji. Zaleca się pozyskanie jak największego zasobu danych obrazującego ww. parametry w celu poprawnej realizacji działań projektowych, a także osiągnięcia zamierzonych celów na etapie funkcjonowania inwestycji.
3	W przypadku wadliwie działającego systemu gospodarstwa domowe zmuszone będą do wykorzystywania w celach grzewczych, np. energii elektrycznej (aktualnie najdroższego źródła ciepła).	9	Zakłada się, iż wszelkie działania projektowe i inwestycyjne realizowane będą z należytą starannością. Nie mniej w przypadku wadliwie działającego systemu, inwestor powinien zagwarantować dostęp do innego źródła ciepła i nie powinno to być źródło najdroższe (np. energia elektryczna).
4	Otwory geotermalne (szyby) zlokalizowane są w odległości 1000 m od miejsca zagospodarowania wydobywanej wody kopalnianej.	6	Lokalizacja otworów geotermalnych zlokalizowanych w odległości mniejszej niż 1000 m ma wpływ na opłacalność ekonomiczną inwestycji. Zaleca się rozważenie skrócenia dystansu pomiędzy szymbami i miejscem zagospodarowania wydobywanej wody kopalnianej, co wpłynie na zmniejszenie kosztów inwestycji oraz strat ciepła, a tym samym zwiększenie opłacalności ekonomicznej inwestycji.
5	W najbliższym czasie prognozuje się wzrost cen energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł konwencjonalnych.	5	Zwiększone koszty energii pochodzącej ze źródeł konwencjonalnych mogą przyczynić się do zmniejszenia popytu na ten rodzaj energii. Spowodować może to zmniejszenie opłacalności tego rodzaju inwestycji. Spróbuj przeanalizować aspekty ekonomiczne i techniczne swojej inwestycji w celu zabezpieczenia się przed negatywnymi konsekwencjami potencjalnego wzrostu cen energii.

Źródło: Opracowanie własne.

stopniu inwestycja ta będzie opłacalna. Jak się okazuje, pomimo pierwotnego zadeklarowania przez inwestora, iż posiada on wiedzę nt. szacunkowych kosztów realizacji inwestycji i jej ekonomicznej opłacalności (założenia poczynione przed rozpoczęciem analizy ryzyka), informacja ta okazuje się niepełna.

W rozpatrywanym przypadku potencjalny inwestor traktuje wykorzystanie wód kopalnianych jako jedyne źródło ciepła, nie rozpatruje on możliwości alternatywnych. W przypadku gdy zainstalowany przez niego system będzie działał wadliwie, zmusza on potencjalnych jego użytkowników do korzystania z innego dostępnego im źródła jakim jest energia elektryczna, która jest najdroższym źródłem ciepła (9 pkt).

Dla analizowanego przykładu założono także, iż szyby kopalniane będą zlokalizowane w odległości większej niż 1000 m od miejsca zagospodarowania wydobytej wody kopalnianej (6 pkt). Oznacza to większe straty ciepła związane z jego przesyłem, a tym samym mniejszą opłacalność analizowanej inwestycji.

TABELA 10. Wykaz czynników pozytywnych związanych z realizacją planowanej inwestycji

TABLE 10. List of the positive factors connected with the implementation of the planned investment

Czynniki pozytywne		Ważność	Komentarz
1	Mam dostęp do sparametryzowanych zasobów hydrotermalnych terenu, z którego pobierana będzie woda (np. temperatura wody, ilość wydobywanych wód na powierzchni w zadanym okresie czasu itp.).	15	Wiedza nt. dostępnych parametrów hydrotermalnych (temperatura wody, ilość wydobywanych wód na powierzchni w zadanym okresie czasu itp.) jest jednym z istotnych czynników decydujących o powodzeniu inwestycji. Dobrze, że zwróciłaś/zwróciłeś uwagę na ten czynnik.
2	Istnieją realni odbiorcy ciepła pochodzącego z wykorzystania wód kopalnianych (np. realizacja inwestycji związana jest z budową domów jednorodzinnych, w których wykorzystywane będzie ciepło wód kopalnianych).	7	Można spodziewać się, iż realizacja niniejszej inwestycji związana będzie z generowaniem zysków, dzięki zapewnieniu odbiorców gwarantujących zbyt pozyskanego ciepła. Dobrze, że zwróciłaś/zwróciłeś uwagę na ten czynnik.
3	Istnieje możliwość wykorzystania już istniejących szybów kopalnianych w celu pozyskiwania ciepłej wody.	5	Dostępność szybów kopalnianych jest jednym z istotnych czynników wpływających na ekonomiczne aspekty inwestycji. Możliwość wykorzystania istniejących szybów umożliwi uniknięcie konieczności poszukiwania złóż i wiercenia otworów geotermalnych. Pozwoli to inwestorowi na znaczne ograniczenie kosztów związanych z planowanym przedsięwzięciem.
4	Inwestycja mająca na celu wykorzystanie wód kopalnianych, pozwoli na pozyskanie z nich ciepła przed ostatecznym odprowadzeniem ich do rzek.	4	Niniejsza inwestycja przełoży się na zmniejszenie zużycia surowców naturalnych oraz przyczyni się do poszanowania środowiska poprzez odzysk energii z odpadów (wód kopalnianych), a także realizacji idei gospodarki cyrkularnej. Jest to pomysł godny naśladowania.

Źródło: Opracowanie własne.

TABELA 11. Wykaz czynników obojętnych związanych z realizacją planowanej inwestycji

TABLE 11. List of the indifferent factors connected with the implementation of the planned investment

Czynniki obojętne		Komentarz
1	W ramach inwestycji każdy z domów wykorzystujących ciepło wód kopalnianych zostanie podłączony do wspólnej instalacji łączącej poszczególne gospodarstwa domowe ze źródłem ciepła.	Realizacja niniejszej inwestycji pociągnie za sobą znaczne środki finansowe. Stąd też dobrym rozwiązaniem byłoby wykorzystanie wspólnej instalacji łączącej poszczególne gospodarstwa domowe ze źródłem ciepła.
2	W ramach inwestycji dla każdego z domów podłączona zostanie oddzielna instalacja łącząca gospodarstwo domowe ze źródłem ciepła.	Wadą niniejszego rozwiązania jest zbytne obciążenie środowiska spowodowanego montażem oddzielnych instalacji dla każdego gospodarstwa domowego, a zarazem podwyższony koszt inwestycji dla indywidualnego inwestora. Stąd też zaleca się zastosowanie wspólnej instalacji łączącej poszczególne gospodarstwa domowe ze źródłem ciepła.
3	Istnieje możliwość podłączenia instalacji wykorzystującej wody kopalniane do sieci ciepłowniczej.	Realizacja niniejszego rozwiązania może okazać się korzystna dla potencjalnego użytkownika tego systemu, gdyż w przypadku braku możliwości pozyskiwania wód kopalnianych gospodarstwo domowe zawsze może korzystać z ciepła pochodzącego z sieci. Stąd też zaleca się rozpatrzenie ewentualności odprowadzania wód kopalnianych do sieci ciepłowniczej i z niej zasilania pobliskich gospodarstw domowych.

Źródło: Opracowanie własne.

Ponieważ inwestor w kwestionariuszu zaznaczył, iż spodziewa się wzrostu cen energii, aspekt ten potraktowany został jako potencjalnie negatywny czynnik ryzyka. Spowodowane jest to koniecznością wypompowywania wód kopalnianych na powierzchnię. Stąd też bardzo ważne jest ustalenie, kto będzie odpowiedzialny za te działania (np. potencjalny inwestor czy powołany w tym celu podmiot gospodarczy), kto będzie ponosił koszty tych działań, a także jak przełoży się to na opłacalność ekonomiczną inwestycji.

W analizowanym przypadku respondent założył, iż ciepło wód kopalnianych nie będzie wykorzystywane w budynkach wielokondygnacyjnych (4 pkt). Znajdzie natomiast zastosowanie w kilku domach jednorodzinnych zamieszkiwanych średnio przez cztery osoby (2 pkt). Jak można się spodziewać, realizacja zakładanej inwestycji związana będzie z poniesieniem znacznych nakładów finansowych, uruchomieniem procedury uzyskania wielu zezwoleń, a także opracowania obszernej dokumentacji technicznej. Stąd też zaleca się wykorzystanie wód kopalnianych dla większego grona odbiorców, gdzie nakłady (finansowe, organizacyjno-administracyjne itp.) będą proporcjonalne do spodziewanych efektów.

Potencjalny inwestor założył także, iż realizowana przez niego inwestycja wymagać będzie wsparcia finansowego. Założenie to zostało pokazane jako czynnik negatywny, charakteryzujący się niską rangą, ze względu na fakt, iż przedsięwzięcie może być obciążone ryzykiem braku możliwości uzyskania kredytu, dotacji lub pożyczki, spowodowanego np. brakiem zdolności kredytowej czy też brakiem odpowiedniego programu, w ramach którego można by pozyskać środki finansowe.

Zakładane wysokie koszty realizacji inwestycji przełożyć mogą się również na pokaźne wydatki finansowe związane z zakupem domu dla potencjalnego klienta. Stąd też w ramach wyników będących efektem realizacji poczynionych symulacji pojawia się komentarz informujący potencjalnego inwestora o braku zainteresowania zakupem domów w przypadku zbyt wysokich cen.

Opracowany model symulacyjny analizy ryzyka pozwolił na zidentyfikowanie pięciu czynników, które mogą sprzyjać realizacji inwestycji, tzw. czynników pozytywnych (tab. 10), wśród których wyróżnić można m.in.:

- ◆ dostęp do danych obrazujących średnią temperaturę wody, a także ilość wydobywanych na powierzchnię wód kopalnianych (czynnik o randze 15 pkt),
- ◆ istnienie odbiorców ciepła pochodzącego z wód kopalnianych akceptujących nowoczesny system ogrzewania (czynniki o randze 7 oraz 1 pkt),
- ◆ możliwość wykorzystywania istniejących szybów kopalnianych w celu pozyskiwania ciepłej wody (5 pkt),
- ◆ uatrakcyjnienie terenu zdegradowanego w wyniku działalności górniczej oraz jego rewitalizację (2 oraz 3 pkt),
- ◆ poprawę jakości powietrza na obszarze objętym planowaną inwestycją (3 pkt).

Wykorzystanie modelu symulacyjnego pozwoliło na wskazanie istnienia kilku czynników o charakterze obojętnym (tab. 11). Wśród nich wyróżnić można np. kwestie związane z podłączeniem domów do wspólnej sieci, bądź też do oddzielnych instalacji łączących poszczególne gospodarstwa domowe ze źródłem ciepła albo podłączeniem wszystkich instalacji do sieci cie-

plowniczej. Kwestia ta początkowo może wydawać się nieistotna, niemniej jednak po jej bliższym rozważeniu okazać może się, iż wybór danego rozwiązania umożliwiającego odpowiednie połączenie domów ze źródłem ciepła będzie miał implikacje ekonomiczne, środowiskowe czy też administracyjno-polityczne. Wśród innych aspektów, które wymagałyby przemyślenia przez potencjalnego inwestora, wyszczególnione zostały również kwestie związane z możliwością wspólnego wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej (kogeneracji) oraz chłodu.

Konsekwencje wystąpienia danego czynnika, a także ewentualne zalecenia, odnośnie do kroków, jakie należałoby podjąć w celu zmniejszenia ryzyka wystąpienia danego czynnika i związanych z nim następstw, zostały przedstawione potencjalnemu użytkownikowi modelu w postaci komentarzy (tab. 9–11).

Wykorzystanie etapu 4 niniejszego modelu symulacyjnego pozwala na analizę czynników (negatywnych, pozytywnych i obojętnych) pod kątem ich wpływu na realizację zamierzonej inwestycji.

3. Rezultaty wynikające z wykorzystania modelu

Wykorzystanie modelu symulacyjnego analizy ryzyka pozwala na zidentyfikowanie potencjalnych czynników o charakterze negatywnym i pozytywnym dla realizacji zaplanowanej inwestycji związanej z wykorzystaniem wód kopalnianych w celach energetycznych. Umożliwia także wskazanie czynników, które początkowo mogą zostać potraktowane jako obojętne, niemniej z biegiem czasu w przypadku braku aktywności w danym obszarze, okazać mogą się czynnikami problemowymi. Wykorzystanie niniejszego narzędzia pozwala na ukazanie istotnych dla realizacji inwestycji czynników, z których początkowo inwestor nie zdawał sobie sprawy, a które mogą mieć decydujący wpływ na jej rentowność.

W przypadku czynników negatywnych i pozytywnych, możliwość ich usystematyzowania według wpływu na przedsięwzięcie, wskazuje na znaczenie danego czynnika na rzecz realizacji przedsięwzięcia, a także na kolejność działań jakie powinien podjąć inwestor (od najważniejszych do najmniej ważnych). Działania te umożliwiają opracowanie planu zarządzania ryzykiem (etap 5).

Podsumowanie

Wykorzystanie modelu symulacyjnego, ukazującego negatywne, pozytywne, a także obojętne aspekty związane z wykorzystaniem wód kopalnianych w celach energetycznych, pozwala na uzmysłowienie potencjalnemu inwestorowi, czy uwzględnił on najistotniejsze zagadnienia ma-

jące wpływ na realizację zamierzonego przedsięwzięcia. Umożliwia także wskazanie zagadnień, na które początkowo inwestor mógł nie zwrócić uwagi, np. odległość pozyskania ciepłej wody kopalnianej od miejsca jej wykorzystania, czy też uregulowanie kwestii związanych z prawem do wydobywania i korzystania z wód kopalnianych.

Wypełnienie kwestionariusza, a następnie analiza wyników wygenerowanych poprzez model symulacyjny, ułatwi potencjalnemu inwestorowi podjęcie decyzji odnośnie słuszności realizacji zaplanowanej przez niego inwestycji.

Literatura

- ATHRESH A.P. i in. 2016 – ATHRESH, A.P., AL-HABAIBEH, A. i PARKER, K. 2016. The design and evaluation of an open loop ground source heat pump operating in an ochre-rich coal mine water environment. *International of Coal Geology* Vol. 164.
- BAILEY i in. 2016 – BAILEY, M.T., GANDY, C.J., WATSON, I.A., WYATT, L.M. i JARVIS A.P. 2016. Heat recovery potential of mine water treatment systems in Great Britain. *International Journal of Coal Geology* Vol. 164.
- BURKE, T. 2002. Wykorzystanie zatopionych wyrobisk górniczych w Szkocji jako źródła energii geotermalnej. *Prace Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego* nr 17. Uniwersytet Śląski, Sosnowiec, Uniwersytet Śląski – Wydział Nauk o Ziemi, Kraków, Polska Geotermalna Asocjacja.
- FARR i in. 2016 – FARR, G., SADASIVAM S., MANJU, WATSON, I.A., THOMAS, H.R. i TUCKER, D. 2016. Low enthalpy heat recovery potential from coal mine discharges in the South Wales Coalfield. *International Journal of Coal Geology* Vol. 164.
- GUNSON i in. 2010 – GUNSON, A.J., KLEIN, B., VEIGA, M. i DUNBAR, S. 2010. Reducing mine water network energy requirements. *Journal of Cleaner Production* Vol. 18, Issue 13.
- HALL i in. 2011 – HALL, A., SCOTT, J.A. i SHANG, H. 2011. Geothermal energy recovery from underground mines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol. 15, Issue 2.
- KŁOZY-KARCZMARCZYK i in. 2006 – KŁOZY-KARCZMARCZYK, B., KARCZMARCZYK, A. i MAZUREK, J. 2006. Możliwości wykorzystania wód kopalnianych jako dolnego źródła dla pomp ciepła na przykładzie kopalni Trzebieńka. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* t. 9, z. spec., Kraków.
- MAŁOLEPSZY, Z. 2003. Zasoby energii geotermalnej w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. *Prace Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego* nr 17. Uniwersytet Śląski, Sosnowiec, Uniwersytet Śląski – Wydział Nauk o Ziemi, Kraków, Polska Geotermalna Asocjacja.
- MAZURKIEWICZ i in. 2013 – MAZURKIEWICZ, J., KMIECIK, E. i TOMASZEWSKA, B. 2013. Program badań dla określenia potencjału geotermii niskotemperaturowej bazującej na wodach podziemnych Małopolski. *Technika Poszukiwań Geologicznych Geotermia, Zrównoważony Rozwój* t. 2, s. 45–58.
- SCHETELIG, K. i RICHTER, H. 2013. *Nutzung stillgelegter Bergwerke oder tiefliegender Grundwasser-vorkommen zur Wärme-/Kältengewinnung und –speicherung*. Lehrstuhl und Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft. Aachen.
- SOLIK-HELIASZ, E. 2002. Ocena możliwości odzysku ciepła z wód pompowanych z kopalń węgla kamiennego. *Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa. Górnictwo i Środowisko* t. 2, Katowice: Główny Instytut Górnictwa.
- SOLIK-HELIASZ, E. 2007. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej z wód czynnych i zlikwidowanych kopalń w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. *Technika Poszukiwań Geologicznych Geotermia, Zrównoważony Rozwój* nr 2, Kraków: IGSMiE PAN.

- SOLIK-HELIASZ, E. 2012. Wody geotermalne regionu górnośląskiego i ich zasoby energetyczne. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa, *Studia – Rozprawy – Monografie* Nr 886, Katowice: Główny Instytut Górnictwa.
- VOSLOO i in. 2012 – VOSLOO, J., LIEBENBERG, L. i VELLEMAN, D. 2012. Case study: Energy savings for a deep-mine water reticulation system. *Applied Energy* Vol. 92.

Lucyna CICHY, Łukasz SIODŁAK

The simulation model of risk analysis associated with using mine waters for energy purposes

Abstract

The safe operation of coal mines requires the constant drainage of both operating and already closed mines.

Several hundred thousand cubic meters of water is pumped to the surface per day with the mines located in the Upper Silesian Coal Basin. It is water with good or very good thermal parameters, which allows for its use in order to meet local energy needs.

The use of mine water in mining, or post-mining areas, is becoming a modern, environmentally friendly and cost-effective way to produce economic heat. It allows for the utilization of waste heat and also avoids the unnecessary use of conventional energy sources.

As the use of mine water for energy purposes is a relatively new issue and requires an individual approach to each of the cases analyzed, it is burdened with considerable risk. Therefore a simulation model, showing the risks associated with the use of mine water for energy purposes, has been presented. This risk can have a negative and what is rarely mentioned – positive nature. Furthermore, this model allows you to generate neutral factors, at the current stage of the project, which marginalized over time can become negative factors, hindering the implementation of the planned intentions.

The use of this model allows the potential investor to realize the most important issues affecting the implementation of the project, also to verify whether it took the current analysis into account.

It lets you specify the issues on which the investor initially does not have to pay attention, and which are fundamental for the functioning of the project. An analysis of the results generated by the simulation model helps potential investors in deciding about the validity of the implementation of the planned investments.

KEYWORDS: heat recovery from mine water, renewable energy, energy from the Earth's interior

