

Elżbieta PILECKA

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi PAN, Kraków

Elementy analizy ryzyka dla oceny wpływu zagrożeń górniczych na obiekty

Streszczenie

Omówiono charakterystyczne cechy zagrożeń na terenach górniczych. Przedstawiono elementy analizy ryzyka z uwzględnieniem tych specyfiki zagrożeń. Podkreślono konieczność określenia ekonomicznych wartości ryzyka dla podjęcia uzasadnionej decyzji o planowanej inwestycji na terenach górniczych oraz oceny oddziaływania zagrożeń na istniejące obiekty.

1. Wstęp

Terenem górniczym według Prawa geologicznego i górniczego (art.6 pkt.9) nazwa się przestrzeń objętą przewidywanymi wpływami robót górniczych zakładu górniczego. Jest to także teren o specyficznych uwarunkowaniach środowiskowych. Górnictwo zawsze przyciągało ludzi, którzy w poszukiwaniu pracy i lepszych warunków życia zasiedlali tereny górnicze. Stwarzało to warunki do szybkiego rozwoju innych gałęzi gospodarki takich jak handel, oświata, kultura, przemysł lekki itd.

Tereny górnicze to także wiele problemów związanych z eksploatacją pod obiektami przemysłowymi i mieszkalnymi, problemy z infrastrukturą powierzchniową. Należy podkreślić, że tereny górnicze są to w przeważającej części miasta, intensywnie zagospodarowane, jest na nich gęste uzbrojenie terenu, przewidywane są nowe inwestycje. Tak, więc w szczególności na tych terenach ocena ryzyka w obecnych warunkach gospodarki rynkowej jest niezbędna.

Analizę ryzyka przeprowadza się dla planowanego przedsięwzięcia np. dalszej eksploatacji danego pokładu, która może zagrażać bezpieczeństwu ludzi i obiektów na powierzchni. Analiza taka powinna być przeprowadzona dla nowych inwestycji na terenach górniczych np. budowanych supermarketów, czy stacji benzynowych, a także dla indywidualnych inwestorów, którzy wydając pieniądze na budowę chcieliby wiedzieć jak wielkie może ich spotkać ryzyko.

W powszechnym użyciu przyjęło się określać ryzyko jako prawdopodobieństwo zaistnienia niepowodzenia. Ryzyko jest nieodłącznym składnikiem każdego przedsięwzięcia, a jego wielkość powinna być znana na etapie planowania. W projektowaniu istotne są konsekwencje ekonomiczne, stąd w tego typu zagadnieniach przez ryzyko należałoby rozumieć iloczyn prawdopodobieństwa wystąpienia niepowodzenia i kosztów jego skutków. Ekonomiczne ujęcie ryzyka powinno obejmować wszystkie możliwe zagrożenia danego przedsięwzięcia, czyli ryzyko można przedstawić w postaci (Pilecka i in. 1999):

$$R = \sum_i p_i s_i \quad (1.1)$$

gdzie:

p_i – prawdopodobieństwo zaistnienia i-tego zagrożenia,

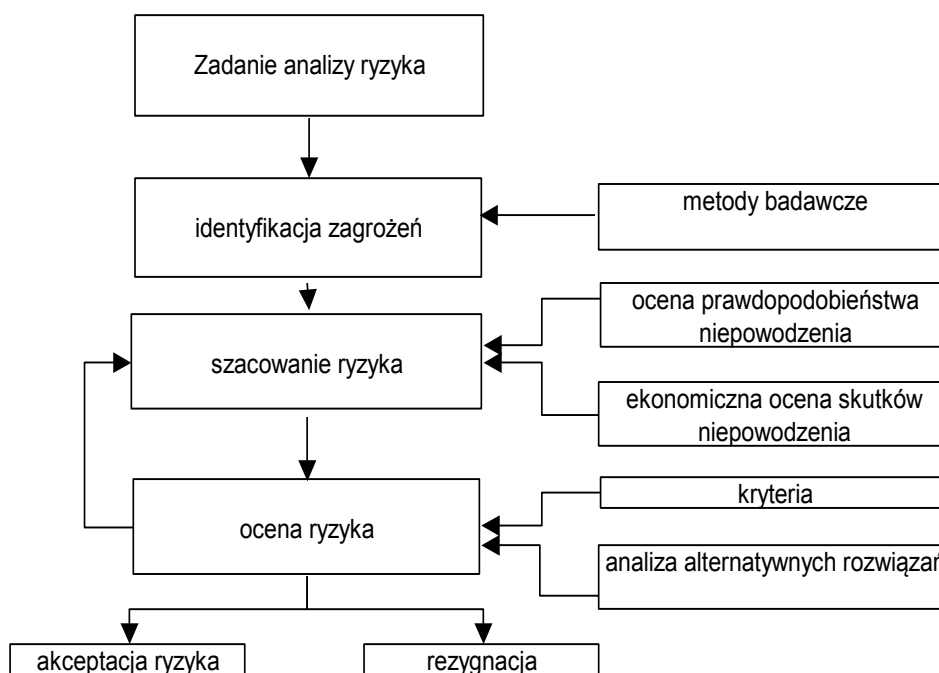
s_i – rozmiar strat spowodowanych zaistnieniem i-tego zagrożenia (w zł),

R – ryzyko całkowite.

2. Podstawowe elementy analizy ryzyka na terenach górniczych

Tereny górnicze charakteryzują się dużą różnorodnością w zależności od rodzaju wydobywanej kopaliny, budowy geologicznej, morfologii terenu i infrastruktury. Inne zagrożenia będą brane pod uwagę na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, inne w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym, a kopalnictwo solne ma również swoje specyficzne zagrożenia.

Podstawowe elementy analizy ryzyka można ograniczyć do etapów identyfikacji zagrożenia, szacowania ryzyka i oceny poziomu ryzyka wystąpienia niepowodzenia. W przypadku projektowania przedsięwzięć specjalnych można monitorować poziom ryzyka dla potwierdzenia dokonanych obliczeń.



Rys. 2.1 Schemat podstawowego postępowania w analizie ryzyka (Pilecka 2000)

Fig. 2.1 The basic procedure for risk analysis (Pilecka 2000)

Poprzez identyfikację zagrożeń należy rozumieć proces poszukiwania źródeł potencjalnego zniszczenia. Na podstawie wypadków, katastrof itp., ustala się jakie są przyczyny zaistniałych zdarzeń.

Szacowanie ryzyka jest procesem oceny prawdopodobieństwa wystąpienia zniszczenia oraz

spodziewanych skutków ekonomicznych – wielkości strat jakie mogą powstać. Istnieje tu wiele metod oceny prawdopodobieństwa i wielkości strat. Z uwagi na ich pewną subiektywność, Niczyporuk (1998) zaleca przede wszystkim wykorzystanie informacji o zaistniałych zdarzeniach, zwłaszcza gdy istnieją statystyki zdarzeń niebezpiecznych, zaistniałych w porównywalnych warunkach.

Ocena poziomu ryzyka jest natomiast procesem porównania oszacowanej wielkości ryzyka z wzorcem. Wzorcem mogą być kategorie ryzyka – np. niedopuszczalne, tolerowane czy akceptowalne - oraz inne parametry np. dopuszczalna wartość strat lub kosztów.

2.1 Identyfikacja zagrożeń na terenach górniczych

Pierwszym etapem analizy ryzyka przedsięwzięcia jest identyfikacja źródeł zagrożenia (rys. 2.1) (Pilecka 2000). Identyfikację przeważnie dokonuje się na podstawie zaistniałych wypadków, katastrof, awarii itp. W procesie identyfikacji zagrożeń należy ustalić: czy istnieją źródła zagrożeń, kto, lub co stwarza zagrożenie, w jaki sposób zagrożenie może się objawić.

Identyfikacja zagrożeń jest zadaniem istotnym, a zarazem dość trudnym ze względu na następujące ograniczenia:

- istnieją subiektywne zaburzenia lub możliwości błędów w opisach danych z zaistniałych wypadków, katastrof, awarii itp.
- występują trudności w określeniu zachowania się ludzi w obliczu niebezpieczeństwa,
- niektóre poważne awarie albo katastrofy są zdarzeniami o bardzo małej częstotliwości,
- przy nowych technologiach mogą wystąpić jeszcze braki w przewidywaniu zachowania się projektowanej budowli.

Identyfikacja zagrożeń musi obejmować wnikliwą przyczynę zaistniałych wypadków, katastrof, awarii itp. w porównaniu do planowanych warunków, aby nie sklasyfikować niewłaściwie ewentualnego zagrożenia. Analiza zagrożeń powinna być przeprowadzana przez specjalistę lub zespół specjalistów w danej dziedzinie.

Analiza taka powinna obejmować:

- dostępne dane archiwalne np. zapisy z ciągłego monitoringu geofizycznego lub geodezyjnego,
- informacje powypadkowe,
- mapy geologiczne z uwzględnieniem lokalnej tektoniki,
- wyniki badań geofizycznych ujawniające lokalne strefy „osłabień”,
- wyniki badań laboratoryjnych właściwości fizycznych górotworu,
- wyniki modelowań numerycznych dotyczących zachowania się górotworu,
- informacje o zagrożeniach np. metanowym, wodnym, sejsmicznym itp.,
- informacje od dozoru, specjalistów i innych pracowników o ewentualnych zagrożeniach,

Powyższa lista nie wyczerpuje wszystkich źródeł zagrożeń. Wykonując taką analizę można korzystać z różnych źródeł informacji. Jeszcze raz należy podkreślić, że dla każdego projektu należy indywidualnie identyfikować źródła zagrożenia.

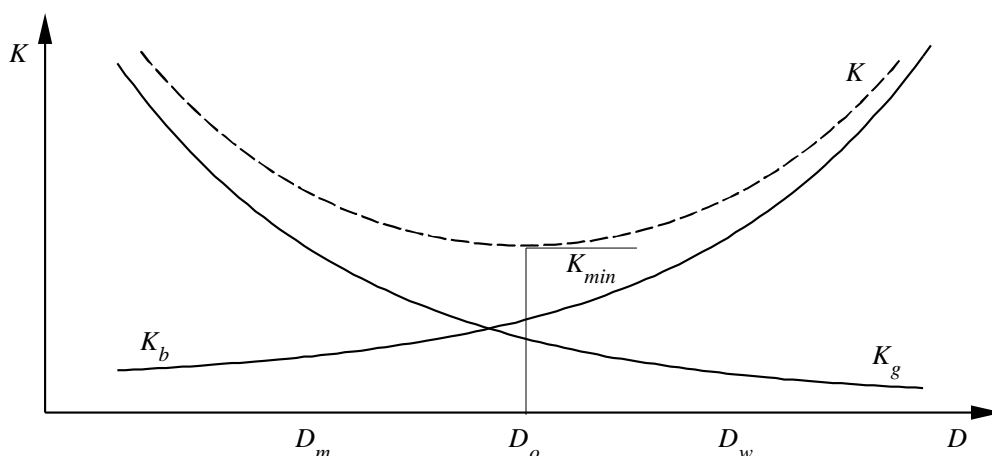
2.2 Szacowanie ryzyka

Po identyfikacji źródeł zagrożenia można przystąpić do szacowania ryzyka (rys. 2.1). W tym celu należy każdemu zagrożeniu przypisać prawdopodobieństwo jego wystąpienia i określić wielkości strat, jakie mogą powstać. Prawdopodobieństwo wystąpienia zagrożenia wyznacza się zazwyczaj korzystając z metod statystycznych w zależności od charakteru dane-

go zjawiska – zagrożenia. W analizach geotechnicznych bardzo często jest stosowane prawdopodobieństwo warunkowe. Tego typu obliczenia możliwe są dzięki zastosowaniu twierdzenia Bayesa.

Szacując koszty strat spowodowanych zaistnieniem niepowodzenia należy mieć świadomość, zależności kosztów strat spowodowanych zaistnieniem niepowodzenia a kosztami profilaktyki. J. Kwiatek (1997) przedstawia schemat kształtowania się kosztów eksploatacji (rys. 2.2). Łączny koszt profilaktyki górniczej i profilaktyki budowlanej oraz usuwania skutków eksploatacji jest uzależniony od priorytetów tzn. jeżeli preferuje się ochronę powierzchni wtedy nakłady na profilaktykę budowlaną i usuwanie skutków będą większe od nakładów na profilaktykę górniczą (co w skrajnym przypadku może doprowadzić do zaniechania eksploatacji). Jeżeli natomiast preferuje się intensywną eksploatację zwiększają się koszty zabezpieczeń górniczych a zwiększa się stopień uciążliwości wpływu eksploatacji na powierzchnię.

Wraz z dopuszczeniem większych deformacji powierzchni lub większej intensywności wstrząsów pochodzenia górniczego, które to wpływy eksploatacji oznaczono na rys. 2.2 symbolicznie przez D , zmniejsza się koszt profilaktyki górniczej K_g , a zwiększa się koszt profilaktyki budowlanej i usuwania skutków eksploatacji K_b .



Rys. 2.2 Schemat kształtowania się kosztów eksploatacji (Kwiatek 1997)
Fig. 2.2 Creation of exploitation costs (Kwiatek 1997)

gdzie:

K – koszt eksploatacji,

D – wpływy eksploatacji.

Łączny koszt K jest najmniejszy dla $D = D_o$ i wobec tego dla takiej wartości podstawowego w danym przypadku wskaźnika deformacji lub parametru drgań przypowierzchniowej warstwy górotworu, otrzymuje się minimalizację kosztów prowadzenia eksploatacji z uwagi na ochronę powierzchni, a w tym obiektów budowlanych. Dopuszczenie lub niedopuszczenie eksploatacji zależy jednak jeszcze od uwarunkowań społecznych. W przypadku preferowania ochrony powierzchni, dopuszcza się eksploatację o wpływie na powierzchnię $D_m < D_o$, co może prowadzić do ograniczeń w zakresie eksploatacji, a w skrajnym przypadku do jej zaniechania. Efektem ograniczeń będzie powstanie niewielkich następstw eksploatacji na powierzchni i w obiektach budowlanych, o niezauważalnej uciążliwości dla mieszkańców. W przypadku natomiast

preferowania dużego zakresu i małych ograniczeń w prowadzeniu eksploatacji górniczej, dopuszcza się eksploatację o wpływie na powierzchnię $D_w > D_o$, co prowadzi do konieczności stosowania kosztownych zabezpieczeń, a także do dużych szkód górniczych i do dużej uciążliwości eksploatacji górniczej. Przy podejmowaniu decyzji należy rozważyć optymalne ekonomiczne rozwiązanie i opłacalność ponoszenia kosztów na profilaktykę aby zmniejszyć uciążliwości związane z eksploatacją, nie ograniczającą ponad potrzebę możliwości eksploatacyjnych kopalń. Analizę porównawczą kosztów profilaktyki tąpniowej i kosztów usuwania skutków tąpnięcia przeprowadzili Patyńska i Januszko, (1999). Porównanie tych kosztów wyraźnie wskazuje na opłacalność dodatkowych nakładów na poprawę bezpieczeństwa.

Koszty strat poniesionych w wyniku zaistnienia szkody, są na ogół możliwe do wyliczenia opierając się na aktualnych cenach materiałów użytych do budowli i innych elementów, które muszą być uwzględnione w kosztach. W wyliczeniach można posługiwać się raportami z zaistniałych zdarzeń i poniesionych tam strat. Cenną pomocą w wyliczeniach ewentualnych szkód mogą być symulacje komputerowe. Modelowanie daje obraz zniszczeń, jakie mogą zaistnieć w budowli powierzchniowej na skutek dotarcia do niej fali wywołanej wstrząsem górniczym.

W analizie kosztów nie uwzględnia się takich czynników jak wizerunek firmy, zaufanie społeczne do firmy, opinia publiczna. Koszty te właściwie niemierzalne mogą jednak zaważyć na wiarygodności firmy, współpracy między firmami, itp.

2.3 Ocena ryzyka

Po oszacowaniu ryzyka można przystąpić do oceny ryzyka (rys. 2.1). Jest to proces porównania oszacowanej wielkości z wzorcem, czyli z przyjętym kryterium. Proces oceny ryzyka w wymiarze ekonomicznym, czyli wyrażony konkretną kwotą zmusza inwestora do podjęcia decyzji czy dane przedsięwzięcie ma sens. Wiąże się to ściśle z przyjęciem określonego rozwiązania co ma duży wpływ szczególnie na ekonomiczną stronę projektu. Dlatego na tym etapie analizy ryzyka muszą być przeprowadzone symulacje alternatywnych rozwiązań, czyli rozważenie możliwości zmniejszenia ryzyka: czy można wyeliminować jakieś zagrożenie, czy istnieje lepsze rozwiązanie organizacyjno-administracyjne, czy można zmniejszyć ilość osób narażonych na niebezpieczeństwo, czy można obniżyć koszty ewentualnych strat, itp. Przykładowo kryterium dopuszczalności eksploatacji pod istniejącą zabudową określone są poprzez odporność obiektów na deformacje terenu (Kwiatek 1997). Należy zatem przeprowadzić ocenę tej odporności

Natomiast w terenach górniczych, gdzie występuje zagrożenie sejsmiczne należy dokonać oceny oddziaływań budynków na drgania powierzchni wywołane wstrząsami górniczymi korzystając z odpowiednich skal (Stec 1999).

3. Wnioski

Na terenach górniczych koniecznym jest określenie ekonomicznej wartości ryzyka. Został przedstawiony podstawowy algorytm analizy ryzyka, który można dla każdego indywidualnego przypadku rozwinąć. Analiza ryzyka pozwala na podjęcie ekonomicznie uzasadnionej decyzji akceptacji wyliczonego ryzyka lub rezygnacji z planowanej inwestycji. Analiza taka jest ważna w konkretnym miejscu, w którym występują określone zagrożenia. Został przedstawiony także problem kosztów skutków niepowodzenia, które zależą od kosztów poniesionych na profilaktykę. W myśl zasady „lepiej zapobiegać niż leczyć” sprawa wydatkowania tych kosztów jest oczywista. Niemniej jednak w praktyce nakłady na działania zapobiegawcze zawsze

budziły opory, gdyż nieraz zdarzało się, że mimo nakładów na profilaktykę występowały np. katastrofy budowlane.

Literatura

- [1] Kwiatek J. i inni, 1997: Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Wyd. GIG, Katowice.
- [2] Niczyporuk Z.T. 1997: Granice ryzyka a bezpieczeństwo pracy w nowych technologiach. Mat. Szk. Eksp. Pod. '98. IGSMiE PAN, Kraków, 607-615.
- [3] Patyńska R., Januszko G. 1999: Koszty profilaktyki tąpniowej w relacji z kosztami usunięcia skutków tąpnięcia w ścianie 537A w pokładzie 510 w KWK Katowice-Kleofas. Prace Naukowe GIG, nr 32, seria konferencje Tąpnięcia'99, Katowice, 193-204.
- [4] Pilecka E. 2000: Analiza ryzyka w przedsięwzięciach geotechnicznych – podstawowe zasady. Mat. Symp. Warsztaty 2000. IGSMiE PAN, Kraków, 191-195.
- [5] Pilecka E., Gołębiowski T., Góralski M. 1999: Podstawy analizy ryzyka w przedsięwzięciach geotechnicznych. Mat. Symp. Warsztaty '99, IGSMiE PAN, Kraków, 285-204.
- [6] Stec K. 1999: Analiza ryzyka sejsmicznego dla wyrobisk podziemnych i obiektów powierzchniowych. Prace Naukowe GIG, nr 32, seria konferencje Tąpnięcia'99, Katowice, 205-218.

Risk analysis elements for the estimation of mining hazards on structures

Characteristic features of hazards on mining terrain have been described. The basic elements of risk analysis directed on mining hazards have been presented. The necessity of economic risk value estimation has been underlined, especially, in the sense of the reasonable decision about planned object on mining terrain or for estimation the mining hazards influence on existing objects.

Przekazano: 13 marca 2001