

Geotechniczna ocena przydatności terenu zlikwidowanej kopalni do zabudowy

Geotechnical evaluation of suitability of an abandoned mine site for civil engineering



Dr inż. Adam Frolik^{*)}



Dr inż. Andrzej Kotyrba^{*)}

Treść: Ocena przydatności do zabudowy terenów po zakończonej eksploatacji górniczej jest tematem ważnym zarówno dla likwidowanych kopalń, jak i jednostek administracji państwowej lub innych podmiotów przejmujących takie tereny. Wydobywanie kopalń użytecznych prowadzi do trwałego przeobrażenia środowiska geologicznego. Przeobrażenie to jest przyczyną różnego typu zagrożeń dla bezpiecznego użytkowania powierzchni ziemi, a w szczególności jej stateczności. Determinuje to sposób zagospodarowania i zarządzania bezpieczeństwem na terenach pogórnich z jednej strony, a z drugiej wymusza określenie jednolitych procedur i zakresu rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich dla potrzeb ustalenia warunków geotechnicznych posadowienia obiektów budowlanych. W 2009 roku na zamówienie Ministerstwa Środowiska opracowano pierwszą w Polsce procedurę oceny poziomu zagrożeń dla budowlanego zagospodarowania terenów pogórnich w formie instrukcji wprowadzającej kategoryzację zagrożeń, wymagane zakresy rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich oraz uzdatniających prac geotechnicznych dla potrzeb likwidacji zagrożenia utratą stateczności podłoża budowlanych. W roku 2011 została ona uzupełniona instrukcją metodyczną dotyczącą oceny zagrożeń powierzchni ze strony opuszczonych szybów górniczych. W artykule analizie i walidacji poddano doświadczenia z łącznego zastosowania powyższych instrukcji dla terenu zlikwidowanej kopalni węgla kamiennego „Mysłowice” (Górnośląskie Zagłębie Węglowe).

Abstract: The assessment of the civil engineering suitability of the site where the mining operation has been terminated is important both for mine's managers and state administration units or other entities taking over these areas. Extraction of useful minerals leads to a permanent transformation of the geological environment. This change causes various types of threats to the safe use of the earth's surface and in particular its stability. This determines also the way of safety management in post-mining lands, on the one hand, and on the other hand requires the definition of standard procedures for geological testing aimed at identifying the geotechnical hazard for the foundations of construction. In 2009, on the order of the Ministry of the Environment, the first procedure for civil engineering hazard rating in post-mining lands was prepared in a form of instruction introducing categorization of hazards, the required scope of geological testing as well as geotechnical solutions for eliminating the risk of stability loss of foundation substrates. In 2011, it was supplemented by a methodological manual on the assessment of surface hazards from abandoned mining shafts. This paper analyzes and validates the experience of the combined use of the above-mentioned instructions for the site of the closed coal mine „Mysłowice” (Upper Silesian Coal Basin).

Słowa kluczowe:

teren pogórniczy, budownictwo, zagrożenia geotechniczne, ocena, metoda

Keywords:

post-mining land, civil engineering, geotechnical hazards, rating, method

1. Wprowadzenie

Określenie przydatności terenu po zakończonej działalności górniczej (terenu pogórnich) do zabudowy dokonuje się w oparciu o opracowane w 2009 roku na zamówienie Ministra Środowiska, a sfinansowane ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej „Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla celów likwidacji kopalń” (Dobak i in. 2009). Opracowanie

to wydane w formie instrukcji metodycznej uzupełnia zapisy podstawowych aktów prawnych jakimi są ustawy Prawo geologiczno - górnicze (Prawo ... 2016) i Prawo budowlane (Prawo ... 2017) oraz wydane na ich podstawie rozporządzenia odnoszące się do ustalania i warunków geotechnicznych dla potrzeb budowlanych. Instrukcja wprowadziła kategoryzację terenów pogórnich w analogii do obowiązującej w trakcie prowadzenia działalności górniczej kategoryzacji terenów górniczych.

Po blisko 8-letnim okresie doświadczeń, ze stosowania przedstawionych w instrukcji zasad zaliczenia do określonej

^{*)} Główny Instytut Górnictwa, Katowice

kategorii tzw. terenu pogórniczego ze względu na ograniczenia w wykorzystaniu dla celów budowlanych, widzi się potrzebę korekty niektórych jej zapisów oraz uzupełnienia o nowe elementy mające wpływ na użytkowanie powierzchni. Jednym z tych elementów są opuszczone podziemne budowle górnicze służące do udostępniania złóż kopalin jakimi są: szyby, sztolnie, upadowe itp. W roku 2011 na zamówienie Wyższego Urzędu Górniczego, a sfinansowana ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej opracowana została metodyka oceny zagrożenia ze strony opuszczonych szybów górniczych. Budowle te stwarzają zagrożenie wystąpieniem znacznych rozmiarowo deformacji powierzchni w postaci lejów zapadliskowych. Możliwość zabudowy dawnych szybów górniczych wynika z oceny warunków geotechnicznych dokonanej na podstawie metodyki, opracowanej w Głównym Instytucie Górnictwa w 2011 r. (Dobak i in. 2009, Frolik, Kotyrba ... 2015, Kowalski i in. 2011).

W niniejszym artykule przedstawiono wynik zastosowania obu ww. instrukcji do oceny zagrożeń budowlanych dla terenu po zakończeniu działalności górniczej, obejmującego północną część zlikwidowanego obszaru górniczego „Mysłowice” (Eksperyta ... 2016).

2. Geotechniczna kategoryzacja terenów likwidowanych kopalń podziemnych węgla

Zagospodarowanie terenów likwidowanych kopalń w kierunku budowlanym w pierwszym rzędzie powinno być ukierunkowane na bezpieczeństwo powszechne przy użytkowaniu powierzchni. Dokonanie prawidłowej oceny przydatności do zabudowy wymaga zatem przeprowadzenia kategoryzacji wynikającej ze zmian warunków geologiczno-inżynierskich pod wpływem eksploatacji górniczej.

W przypadku podziemnych kopalń węgla kamiennego zasady kategoryzacji ze względu na ograniczenia w wykorzystaniu terenu dla celów budowlanych zostały określone w tabeli 1 (Dobak i in. 2009). Zasady kategoryzacji wraz z typowymi kryteriami rejonizacji terenu ze względu na rodzaj spodziewanych odkształceń terenu oraz położenie zwierciadła wody, spadki terenu, oraz możliwość wystąpienia procesów geodynamicznych stanowią podstawę do rejonizacji geologiczno-inżynierskiej kwalifikującej tereny likwidowanych kopalń na rejon *przydatne do zabudowy (kategoria A)*, rejon *przydatne warunkowo (kategoria B)*, oraz rejon *nieprzydatne do zabudowy (kategoria C)*.

Tabela 1. Kategorie przydatności do zabudowy terenu po działalności górniczej
Table 1. Categories of suitability for the development of the area after mining operation

Kategoria	Stopień przekształcenia poeksploatacyjnego	Ograniczenia w budowlanym wykorzystaniu	Zagrożenia	Uwagi
1	2	3	4	5
A	Mało przekształcony	Teren przydatny (przy występowaniu gruntów nośnych i zaleganiu zwierciadła wody poniżej 2 m)	Praktycznie nie występują	Dla wykluczenia drobnych uszkodzeń elementów wykończeniowych i architektonicznych zaleca się rozważyć potrzebę wzmocnienia konstrukcji obiektu
B1	Przekształcony	Teren przydatny warunkowo	Deformacje ciągłe przy obniżeniach niepowodujących podtopień	Po 5 latach od zakończenia eksploatacji można teren zaliczyć do kategorii A
B2			małym B _{2,1} ¹⁾	W przypadku płytkiej eksploatacji podziemnej kopalni i otworowej siarki oraz obecności szybów stwarzających zagrożenia zaliczone do stopni B _{2,1} B _{2,2} możliwe jest uzdatnienie terenu do zabudowy przez podsadzenie pustek lub zastosowanie specjalnych sposobów posadowienia obiektów budowlanych.
			średnim B _{2,2} ²⁾	W terenach o stopniu zagrożenia B _{2,3} w zależności od analizy ryzyka należy rozważyć zaliczenie ich do kategorii C
B3			Gazowe	Zagrożenia czasowe
C	Silnie przekształcony	Teren nieprzydatny	Zalewiska i podtopienia, rejon zagrożony powstaniem osuwisk oraz wielkopowierzchniowych lejów zapadliskowych (w tym np. strefy bezpieczeństwa wyznaczone wokół niezlikwidowanych szybów)	Zaleca się wyłączyć z zabudowy rejon niezlikwidowanych szybów, eksploatacji otworowej, pasy ochronne wyrobisk odkrywkowych, tereny hałd, zwałowisk zewnętrznych i wewnętrznych oraz strefy ochronne wokół nich. Po analizie ryzyka można rozważyć zaliczenie do kategorii B lub wykorzystanie terenu w kierunku innym niż budowlany (tereny zielone, rekreacyjne itp.)

¹⁾ Przy spełnieniu wszystkich poniżej wymienionych warunków:

- brak zapadlisk,
- brak zjawisk sufozycznych,
- wyrobiska pionowe i pochyłe mające połączenia z powierzchnią o znanym sposobie likwidacji,
- grubość zwięzłych skał stropowych, co najmniej pięciokrotnie większa niż wysokość wyrobisk górniczych.

²⁾ Przy wystąpieniu jednego z niżej wymienionych warunków:

- występują zapadliska o średnicy poniżej 3 m,
- występują progi,
- występują szczeliny,
- występują szyby i szybiki o nieznanym sposobie likwidacji,
- grubość zwięzłych skał stropowych mniejsza od pięciokrotnej, a większa

- od trzykrotnej wysokości wyrobisk górniczych,
- wyrobiska poziome i pochyłe o nieznanym sposobie likwidacji.

³⁾ Przy wystąpieniu jednego z niżej wymienionych warunków:

- występują zapadliska o średnicy powyżej 3 m,
- występują progi,
- występują szczeliny,
- występują zjawiska sufozyczne,
- grubość zwięzłych skał stropowych mniejsza od trzykrotnej wysokości wyrobisk górniczych,
- występują „biedaszyby”,
- występują zjawiska pożarowe w rejonach płytkiej eksploatacji węgla,
- występują intensywne zjawiska parasejsmiczne.

Tabela 2. Karta oceny parametrycznej szybu
Table 2. Card of the mining shaft parametric evaluation

Lp.	Parametr	Kryterium/punktacja					
		znana	przybliżona	nieznana			
1	Lokalizacja	0	2	5			
2	Wymiar poziomy (średnica, przekątna)	0,5-2 m	2-4 m	>4 m			
3	Głębokość	<15 m	16-50 m	>51 m			
4	Grubość luźnego nadkładu	<3 m	4-30 m	>31m			
5	Zawodnienie nadkładu	brak	małe	duże			
6	Zawodnienie szybu w trakcie likwidacji	dopływ <0,1 m ³ /min	dopływ 0,1 - 0,5 m ³ /min	dopływ > 0,5 m ³ /min			
7	Badanie geofizyczne	jest	brak				
8	Badanie geologiczne	jest	brak				
9	Poziom obciążeń dynamicznych	<50 mm/s ²	51-250 mm/s ²	251-500 mm/s ²	501-1000 mm/s ²	>1001 mm/s ²	
10	Obudowa	betonowa	betonitowa	murowa	drewniana	nieznana	
11	Wypełnienie szybu	jest	brak				
12	Rodzaj materiału wypełniającego	kruszywo ze skały mocnej	kruszywo ze skały karbońskiej	grunt mineralny	popioły	inne	
13	Płytkie wyrobiska w łączności z szybem	brak	pojedyncze	liczne			
14	Koncentracja gazów większa od referenc.	brak	CO	CO ₂	CH ₄	H ₂ S	
15	Dokumentacja likwidacyjna	kompletna	częściowa	brak			
16	Kontrola zasypu	jest możliwa	brak				
17	Zagospodarowanie powierzchni	hałdy, tereny niedostępne, nieużytki	leśne	rolne	rekreacyjne, drogi dojazdowe, parkingi	obiekty budowlane	budowle komunikacyjne, szlaki kolejowe, autostrady, drogi krajowe

Zagrożenie dla wykorzystania terenu, na którym zlokalizowano szyby górnicze wynika z karty oceny parametrycznej szybu (tab. 2).

Intensywność zagrożenia powierzchni wyraża się sumą punktów z poszczególnych parametrów według tabeli 2. Maksymalna ilość punktów może wynosić 67 (najwyższe zagrożenie). Intensywność zagrożenia klasyfikuje się w czterech kategoriach (tab. 3).

Każdej z kategorii przypisane zostaje prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia, przy czym jako najniższą wartość prawdopodobieństwa (w kategorii I) przyjmuje się wartość określającą najwyższe prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia zapadliskowego określone z analizy zbioru zapadlisk, które wystąpiły na terenach płytkiej eksploatacji węgla w GZW, tj. $p = 10^{-3}$ (Kotyrbka 2005).

Tabela 3. Klasyfikacja zagrożenia powierzchni ze strony szybu (pierwotna)
Table 3. Surface hazard rating at the shaft site (primary)

Kategoria	Suma punktów	Stopień zagrożenia	Prawdopodobieństwo
I	< 10	brak	0,001 - 0,01
II	11 - 20	mały	0,01 - 0,1
III	21-30	średni	0,1 - 0,5
IV	>31	duży	0,5 - 1

Dla potrzeb realizacji opracowania p.t. „Inwentaryzacja wyrobisk górniczych mających połączenie z powierzchnią, znajdujących się na obszarach zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego, barytu i metali kolorowych na terenie Dolnego Śląska” (dokumentacja Głównego Instytutu Górnictwa 2016 r. (Kwiatek 2007), dokonano modyfikacji pierwotnej wersji klasyfikacji zagrożenia powierzchni ze strony szybów (Kowalski i in. 2011). Wykazano, że analiza dotychczas zebranych danych w procesie inwentaryzacji starych szybów (Zagłębie Dąbrowskie, Zagłębie Dolnośląskie) (Kowalski i in. 2016, Kwiatek 2007) wskazuje, że zastosowanie kryteriów kwantyfikacji zagrożenia z opracowania metodycznego (Kowalski i in. 2011) skutkuje tym, że zdecydowaną większość szybów, po dokonaniu analizy parametrycznej według kryteriów pierwotnej wersji tabeli 2, należałoby zaliczyć do kategorii III (stopień zagrożenia średni) i IV (stopień zagrożenia duży). To z kolei nakazywałoby podjęcie działań mających na celu zabezpieczenie szybów, względnie ograniczenie możliwości użytkowania terenów w otoczeniu szybów (Frolik, Kotyrba ... 2015).

Z uwagi na powyższe, wprowadzono korektę w klasyfikacji zagrożenia powierzchni ze strony szybu polegającą na zmianie przedziałów wartości sumy punktów określających przynależność danego wyrobiska do określonej kategorii zagrożenia. Tabela ta po korekcie uwidoczniła jest poniżej (tab. 4). Nowa propozycja klasyfikacji zagrożenia powierzchni ze strony szybu została przekazana do Wyższego Urzędu Górnictwa (Frolik, Kotyrba ... 2015, Kowalski i in. 2016).

Szyby górnicze na wykonywanych dotychczas mapach przydatności terenu pogórnictwa do zabudowy, po zakończeniu działalności górniczej, kwalifikowano zwykle do kategorii C (czyli nieprzydatne do zabudowy), rzadziej stosowano zaliczenie szybu do kategorii: B₂₁, B₂₂ i B₂₃ (tereny przydatne warunkowo), w oparciu o kryteria stosowane przy ocenie zagrożenia zapadliskami ze strony płytkiej eksploatacji. Zagrożenie ze strony wyrobisk mających połączenie z powierzchnią (pozostawionych i niezlikwidowanych lub źle zlikwidowanych szybów i upadowych) związane jest z możliwością zniszczenia obudowy i zawalenia się wyrobisk (upadowej). Na powierzchni terenu powstaje wówczas lej, którego wymiary uzależnione są głównie od miąższości luźnego nadkładu i własności budujących go gruntów. Promień strefy zagrożenia przyjmuje się wówczas według kryterium Coulomba.

$$R = r + h \cdot ctg\varphi$$

gdzie:

- r – promień szybu (szerokość upadowej), m
- h – miąższość luźnych gruntów nadkładu, m
- φ – kąt tarcia wewnętrznego gruntów nadkładu, przyjmując kąt naturalnego zsypania zwykle $\varphi = 30 - 40^\circ$, w przypadku gruntów nawodnionych kąt ten może być nawet o połowę mniejszy i wówczas zakłada się $\varphi = 20^\circ$.

Propozycja autorów artykułu idzie w tym kierunku, aby szyby kwalifikować pod kątem zagrożenia powierzchni w oparciu o wprowadzoną w opracowaniu (Kowalski i in. 2011) ocenę punktową (kategorie I, II, III i IV). Przy czym kategorie

I, II i III odpowiadałyby odpowiednio kategoriom przydatności do zabudowy; B₂₁, B₂₂ i B₂₃, a kategoria IV odpowiadałaby kategorii przydatności C w opracowaniu (Dobak i in. 2009).

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Rozporządzenie ... 2012), warunki geologiczne rejonu szybu należy uznać za skomplikowane i w związku z tym projektowane tu obiekty budowlane będą posiadały III kategorię geotechniczną. W przypadku obiektów budowlanych zaliczonych do trzeciej kategorii geotechnicznej, oprócz dokumentacji badań podłoża gruntowego i projektu geotechnicznego dodatkowo należy wykonać dokumentację geologiczno-inżynierską, zgodnie z przepisami ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. (Prawo ... 2016).

4. Zastosowanie instrukcji (Dobak i in. 2009, Kowalski i in. 2011) do oceny zagrożenia deformacjami pogórnictwami terenu zlikwidowanej kopalni „Mysłowice”

Zaproponowany w poprzednim rozdziale sposób oceny zagrożeń dla powierzchni zastosowano dla terenu zlikwidowanej kopalni „Mysłowice”. Teren ten obejmuje centralną część obszaru miasta i gminy Mysłowice oraz niewielkie pod względem powierzchni obszary administracyjnie należące do miast Katowice i Sosnowiec (rys. 1).

Przeważająca część powierzchni zlikwidowanej kopalni została zakwalifikowana do kategorii A – jako tereny przydatne od zabudowy. Natomiast rejon płytkiej eksploatacji zaliczono, w oparciu o wprowadzone kryteria do odpowiednich stopni zagrożenia deformacjami nieciągłymi (Dobak i in. 2009, Ekspertyza ... 2016). Rejonów takich jest 10. Zostały one oznaczone cyframi rzymskimi (od I do X), a ich położenie zostało uwidocznione na rys 1. Charakterystykę przekształceń górniczych w przypowierzchniowych utworach geologicznych opisano w rozdzieleniu na trzy części (południową, środkową i północną).

4.1. Obszar południowy (parcelle eksploatacyjne w pokładach warstw orzeskich: 349/ 1 i 351)

Eksploatację płytką pokładu 349/1 o grubości 1,3 m prowadzono przy południowej granicy omawianego obszaru. Rozpoczęto ją w rejonie obecnej ulicy Wielkiej Skotnicy - Rejon I, gdzie w 1829 roku wybrano niewielkie pole eksploatacyjne na głębokości około 10 -15 m p.p.t. W latach 1830-34 wybrano nieco większą parcelę na głębokości 10-25 m w rejonie obecnych ulic Moniuszki i Sowińskiego - Rejon II. W latach 1858-61 eksploatację na głębokości 10-40 m p.p.t. prowadzono w części południowo-zachodniej omawianego obszaru w rejonie ulic Załuskiego – Jastruna - Rejon III.

Niewielki fragment pokładu 351 o grubości 1,3 m wybrano przed rokiem 1900 w rejonie ulic Wielka Skotnica-Kilińskiego - Rejon IV, na głębokości od 4 do 12,76 m p.p.t. (gł. szybika Anna) oraz nieco większą parcelę eksploatacyjną obejmującą teren w pobliżu ulicy Wielka Skotnica – między torami PKP, a

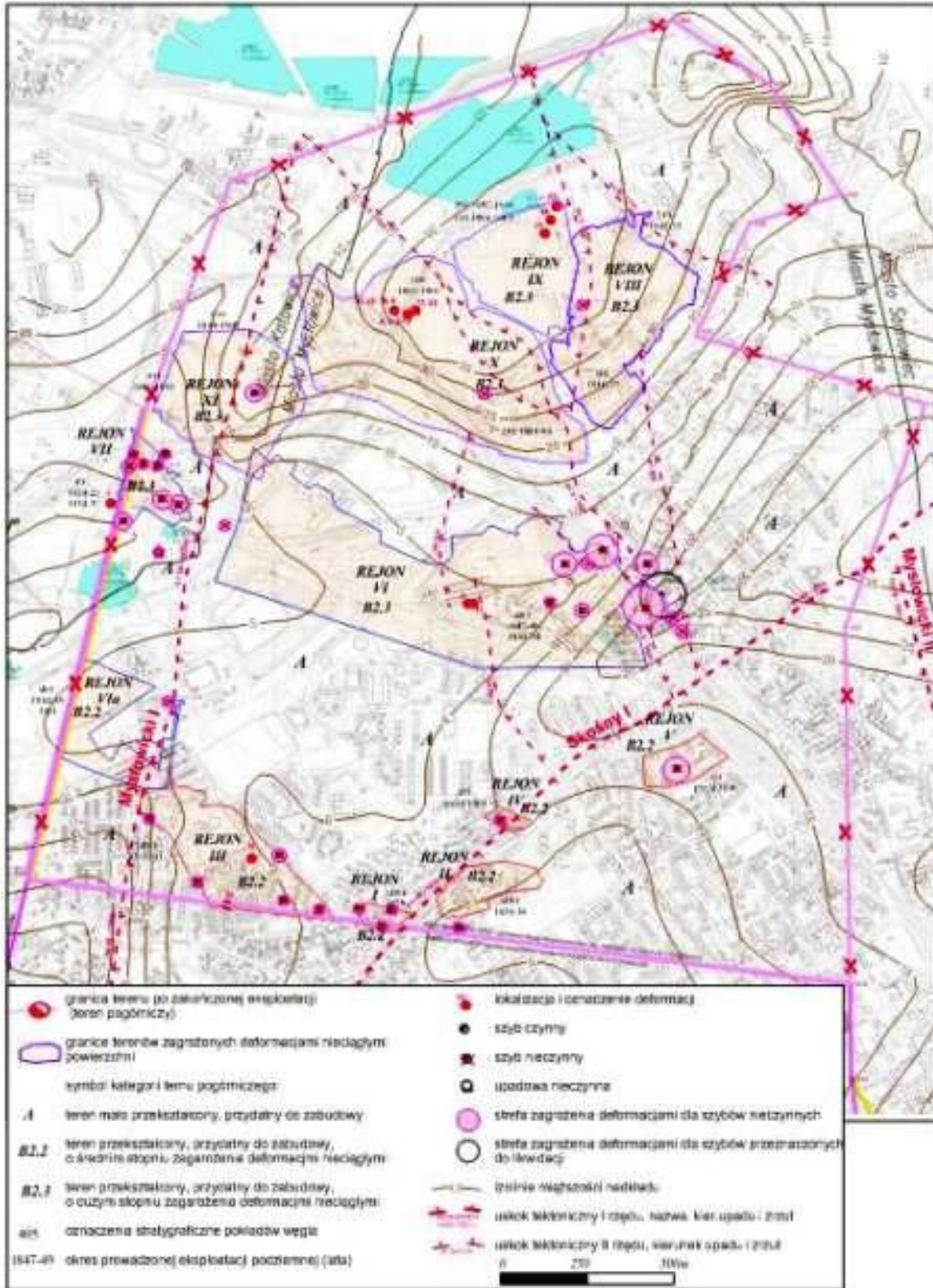
Tabela 4. Klasyfikacja zagrożenia powierzchni ze strony szybu (zweryfikowana)

Table 4. Surface hazard rating at the shaft site (verified)

Kategoria	Suma punktów	Stopień zagrożenia	Prawdopodobieństwo
I*	£ 20	brak	0,001 – 0,0099
II*	21 – 30	mały	0,01 – 0,099
III*	31 – 40	średni	0,1 – 0,49
IV*	> 40	duży	0,5 – 1

Rys. 1. Mapa przydatności do zabudowy terenu po zakończonej działalności górniczej w obrębie KWK „Mysłowice”

Fig. 1. Building suitability of the land where mining operation has been terminated within „Mysłowice” coal mine



ulicą Armii Krajowej - Rejon V, eksploatację prowadzono tu od zachodni, od głębokości około 4 m do 31,94 m p.p.t. (gł. szybika Adolf). Na omawianym obszarze osady karbońskie wychodzą wprost bezpośrednio na powierzchnię terenu, ale stropowa część karbonu (do głębokości średnio 5 m), wykształcona jest w postaci utworów luźnych reprezentowa-

nych przez zwietrzliny kamieniste lub gliniaste piaskowców i ilowców karbońskich, co oznacza, że grubość zwężonych skał stropowych mieści się w przypadku pokładu 349/1 w granicach 3-5 wysokości wyrobisk górniczych. Ponadto na powierzchni terenu w obrębie rejonu eksploatacji obserwowano w przeszłości tworzenie się szczelin, obniżen powierzchni

oraz zapadlisk o średnicy < 3 m. Eksploatację pokładu 351 prowadzono tu nieomal do wychodni, co oznacza w zasadzie brak skał związanych i samopodsadzenie najpłytszych wyrobisk już w momencie prowadzenia eksploatacji. Omawiany teren położony w centrum Mysłowic jest silnie zabudowany. Prowadzono tu szereg prac podsadzających pustki pogórnice, zmierzające do uzdatnienia terenu dla celów budowlanych. Teren ten zaliczono do kategorii B₂₂.

4.2. Obszar środkowy (parcele eksploatacyjne w pokładach warstw rudzkich: 405 i 407)

Pokład 405 o grubości 2,4-2,8 m był eksploatowany początkowo (w latach 1847-49) w rejonie wychodni na głębokości 30-35 m na zachód od szybu Franciszek. W latach 1881-94 eksploatacja przemieszczała się w kierunku zachodnim, pokład eksploatowano tu od głębokości około 25 do 100 m p.p.t. W rejonie szybu Bończyk eksploatowano pokład 405 o grubości 3,1 m na głębokości od 55 do 100 m w latach 1884 do 1889 i 1951. Obszar płytkiej eksploatacji pokładu 405 obejmuje głównie tereny części zachodniej miasta Mysłowice (na zachód i południe od torów linii kolejowej Kraków-Katowice), przyległe od północy do ulicy Katowickiej - Rejon VI i przyległe do ulicy Ks. Bończyka - Rejon VIa.

Pokład 407 o grubości 1,3-1,6 m eksploatowany był w latach 1834-37 przy zachodniej granicy OG - Rejon VII. Chodniki i zabierki związane z eksploatacją tego pokładu znajdują się na głębokości od 10 do 35 m p.p.t. i obejmują zabudowę wschodniej części miasta Katowice znajdującą się na północ od ulicy Krakowskiej. Największe zagrożenie zapadliskami powierzchni związane jest z eksploatacją z lat 1824-25 w rejonie wychodni pokładu (północny fragment obszaru dokonanej eksploatacji).

Osady czwartorzędowe występują tylko w skrajnych częściach Rejonu VI, w części zachodniej dolinę Boliny wypełniają przeważnie fluwioglacjalne i rzeczne piaski o miąższości do około 10 m. Jeszcze większą miąższość (10 -20 m) mają gliny morenowe przykrywające karbon pod wschodnią częścią Rejonu VI. Na większości obszaru obejmującego Rejony VI i VII dominują natomiast wychodnie utworów karbonu. Tu również miąższość luźnej zwietrzliny skał karbońskich wynosi około 5 m, co oznacza, że grubość związanych skał stropowych mieści się podobnie jak w przypadku pokładu 349/1 w granicach 3-5 wysokości wyrobisk górniczych. Ponadto w granicach eksploatacji występowały w przeszłości zapadliska o średnicy do około 4 m i głębokości do 3 m. Rejony płytkiej eksploatacji pokładów 405 i 407 zaliczono do kategorii B₂₂ i B₂₃, tj. terenów pogórnich przekształconych w wyniku dokonanej w ich podłożu płytkiej eksploatacji węglą.

4.3. Obszar północny (parcele eksploatacyjne w pokładach warstw siodłowych: 501 i 510)

Pokład 501 eksploatowano w latach 1897 - 1901 na zachód od szybu Anna (Rejon IX - eksploatacja zawałowa na całą miąższość pokładu, tj. około 6 m) na głębokościach od 50 do 70 m. Ponadto w latach 1916-37, na wschód i południe od szybu Anna prowadzono eksploatację pokładu 501 warstwą o grubości 5,5-6,0 m systemem na podsadzkę na głębokościach zmieniających się od 50 do 100 m (Rejon VIII). Pokład 501 eksploatowano również w rejonie szybu Mieszko (Rejon X) w latach 1889-96 na głębokościach zmieniających się od 50 do 100 m. Pokład eksploatowano systemem zawałowym warstwą o grubości zmieniającej się od 4,8 do 5,6 m. We wschodniej części miasta Katowice pokład 501 wybierano w rejonie szybu Otto - Rejon XI; w latach 1893-1901 na głębokości od 50 do

100 m p.p.t. pokład eksploatowano na całą grubość (6,5 m) z zawałem stropu.

Zakres płytkiej eksploatacji dokonanej w pokładzie 510 w tych rejonach przedstawia się następująco:

- pokład 510 w rejonie szybu Mieszko (Rejon X) eksploatowano w latach 1891-1901 na głębokości od 50 do 100 m p.p.t. na całą grubość (8,9 m) z zawałem stropu,
- pokład 510 w rejonie szybu Otto (Rejon XI) eksploatowano w latach 1894-1903 na głębokości od 45 do 100 m p.p.t. na całą grubość (8,75 m), z zawałem stropu,
- pokład 510 na zachód od szybu Anna (Rejon IX) eksploatowano zawałowo, na całą miąższość pokładu (7,0 - 10,0 m) na głębokości od 80 do 100 m w latach 1898-1903,
- pokład 510, na wschód od szybu Anna (Rejon VIII) prowadzono eksploatację w latach 1903-37 pokładu o grubości 5,5-6,0 m na podsadzkę dwoma warstwami na głębokości od 80 do 100 m p.p.t.

Rejon płytkiej eksploatacji pokładów 501 i 510 obejmuje głównie tereny słabo zurbanizowane, zlokalizowane w dolinie rzeki Rawy, wypełnionej osadami wodnolodowcowymi o miąższości dochodzącej do 40 m. Ponieważ eksploatację prowadzono tu często blisko stropu karbonu, na którym zalegają silnie zawodnione osady piaszczysto-zwirowe czwartorzędu, wielokrotnie obserwowano wdarcia wody z piaskiem do wyrobisk górniczych, powodujące powstawanie rozległych zapadlisk powierzchni. Najwięcej tego typu zjawisk notowano w rejonie szybu Mieszko (kilkanaście zapadlisk o średnicy do 19 m i głębokości do 8 m) oraz szybu Anna (3 zapadliska o średnicy ok. 5 m i głębokości do 1m). Zapadlisk nie notowano w polu eksploatacji podsadzkowej pokładów 501 i 510 (Rejon VIII - na E od szybu Anna) oraz w polu eksploatacji pokładu 501 i 510 w rejonie szybu Otto - Rejon XI.

Obszary płytkiej eksploatacji pokładów 501 i 510 według (Dobak i in. 2009) należy zaliczyć generalnie do kategorii B₂₃, przy czym w przypadku pół eksploatacji podsadzkowej (na E od szybu Anna - Rejon VIII) oraz eksploatacji w sąsiedztwie szybu Otto - Rejon XI, gdzie miąższość czwartorzędu zmniejsza się do 25 m i gdzie nie odnotowano w przeszłości wystąpienia zapadlisk powierzchni, można rozważyć zaliczenie tych rejonów do grupy B₂₂. Natomiast rejon eksploatacji zawałowej pokładów 501 i 510 przy szybach Mieszko i Anna (Rejony X i IX), położone w najgłębszej części obniżenia stropu karbonu, wypełnionej piaszczystymi osadami czwartorzędu o miąższości ponad 35 m, które są nadal zagrożone powstawaniem zapadlisk powierzchni terenu znacznych rozmiarów, należy zaliczyć do mocno przekształconych terenów pogórnich kategorii B₂₃.

Dla terenu pogórnicego kategorii B₂₂, przeznaczonego do zabudowy określonym obiektem budowlanym (lub grupą obiektów) wymagane jest opracowanie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej oraz wykonanie badań geofizycznych i przeprowadzenie analizy geomechanicznej, uwzględniającej możliwość powstania zapadliska na powierzchni terenu (z podaniem prawdopodobnej średnicy i głębokości zapadliska), bądź parametrów mininiecki górniczej czy wysokości progów. W zależności od wielkości spodziewanych deformacji powierzchni, konieczne jest ustalenie zakresu i skali prac uzdatniających podłoże lub niezbędnych zabezpieczeń konstrukcyjnych budowli. Sposób ich realizacji musi być uzależniony od skali zarejestrowanych i możliwych poeksploatacyjnych deformacji powierzchni i od ustalonego stopnia zagrożenia terenu deformacjami nieciągłymi (B₂₁, B₂₂ i B₂₃).

Wyrobiska górnicze i powstałe nad nimi pustki w górotworze występujące na małej głębokości, stwarzające zagrożenie możliwością powstania deformacji nieciągłych powierzchni, w szczególności zapadlisk, należy zlikwidować metodą podsadzania z wykorzystaniem technik wiertniczo-

-iniekcyjnych. W tym celu niezbędne jest rozpoznanie ich występowania w układzie przestrzennym i opracowanie projektu uzdatnienia (stabilizacji podłoża). W szczególności konieczne jest określenie chłonności masywu skalnego i gruntowego, rzutującego w największym stopniu na wybór metody i koszty tych prac. W tym celu niezbędne jest wykonanie odpowiednich badań stanu górotworu (metodami geofizycznymi lub wiertniczymi). Na ich podstawie należy sporządzić projekt prac uzdatniających podłoże górnicze do zabudowy, zawierający szczegółowe uzasadnienie proponowanej technologii prac uzdatniających i opis przewidywanego sposobu ich realizacji, ich harmonogram, szacunkowy kosztorys prac wiertniczo-podszkawkowych oraz sposób kontroli ich efektywności i jakości ich wyników (m.in. przy wykorzystaniu badań geofizycznych). Elementem składowym projektu powinna być charakterystyka mediów podszkawkowych wraz z ich oddziaływaniem na środowisko oraz właściwości geologiczno-inżynierskie, a w szczególności przypadkach również ich właściwości fizyczno-mechaniczne.

W terenach o stopniu zagrożenia B_{23} w zależności od wyników analizy ryzyka, należy rozważyć zaliczenie ich do kategorii C, tj. terenów nieprzydatnych do zabudowy. Analiza ryzyka powinna uwzględniać koszty i skuteczność uzdatnienia, ich wpływ na zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia szkody w obiekcie czy koszty dodatkowych zabezpieczeń konstrukcyjnych projektowanego obiektu. Niewątpliwie do tej kategorii należy zaliczyć rejon eksploatacji zawałowej grubych pokładów 501 i 510 w rejonie szybów Anna i Mieszko (Rejony IX i X), gdzie prawdopodobieństwo wdarcia nawodnionych osadów piaszczystych wypełniających pradolinę Rawy i powstanie rozległego leja zapadliskowego jest nadal wysokie. W związku z występowaniem zapadlisk również poza wychodnią pokładów, kategorią B_{23} , objęto również 100-metrowy pas terenu poza wychodnią pokładów (501, 510) w rejonach IX i X.

5. Podsumowanie

Zagospodarowanie terenów likwidowanych kopalń w kierunku budowlanym powinno być ukierunkowane na bezpieczeństwo powszechne przy użytkowaniu powierzchni ziemi. Dokonanie prawidłowej oceny przydatności do zabudowy wymaga przeprowadzenia kategoryzacji wynikającej ze zmian warunków geologiczno-inżynierskich pod wpływem dokonanej eksploatacji górniczej. W przypadku podziemnych kopalń węgla kamiennego zasady kategoryzacji ze względu na ograniczenia w wykorzystaniu terenu dla celów budowlanych zostały określone w opracowaniu wykonanym na zamówienie Ministra Środowiska, a sfinansowanym ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (Dobak i in. 2009). Zasady kategoryzacji wraz z typowymi kryteriami rejonizacji terenu ze względu na rodzaj spodziewanych odkształceń terenu oraz położenie zwierciadła wody, spadki terenu, oraz możliwość wystąpienia procesów geodynamicznych stanowią podstawę do rejonizacji geologiczno-inżynierskiej kwalifikującej tereny likwidowanych kopalń na rejon *przydatne do zabudowy - kategoria A*, rejon *przydatne warunkowo - kategoria B₂* (z podziałem na $B_{2,1}$, $B_{2,2}$ i $B_{2,3}$), oraz rejon *nieprzydatne do zabudowy - kategoria C*.

Ocena przydatności do zabudowy powinna również uwzględniać zagrożenia jakie stwarzają stare, opuszczone szyby górnicze. Możliwość zabudowy dawnych szybów górniczych wynika z oceny zagrożeń geotechnicznych, dokonanej w oparciu o metodykę opracowaną w Głównym Instytucie Górnictwa w 2011 r. (Frolik, Kotyrba ... 2015,

Kowalski i in. 2011). Instrukcja metodyczna (Kowalski i in. 2011) wprowadza cztery kategorie zagrożenia powierzchni ze strony szybów oznaczone cyframi rzymskimi I, II, III i IV, oznaczające odpowiednio następujące stopnie zagrożenia - brak, mały, średni i duży. Po uwzględnieniu poprawek wynikających z analizy dotychczas wykonanych etapów inwentaryzacji i oceny szybów na terenach zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego kategorie oznaczone są symbolami z gwiazdką (I^* - IV^*).

Ponieważ obie instrukcje metodyczne klasyfikują zagrożenia budowlane na terenach pogórnicznych w takiej samej liczbie kategorii, można je zintegrować. Propozycja autorów artykułu idzie w tym kierunku, aby wyniki ocen obu instrukcji łączyć. Szyby należy kwalifikować pod kątem zagrożenia powierzchni w oparciu o ocenę punktową (Kowalski i in. 2011) i następnie zaliczać tereny ich występowania do kategorii przydatności do zabudowy określone w opracowaniu (Dobak i in. 2009). I tak kategorie: I, II i III odpowiadają odpowiednio kategoriom przydatności do zabudowy: $B_{2,1}$, $B_{2,2}$ i $B_{2,3}$, a kategoria IV odpowiada kategorii przydatności C. Przedstawiony przykład takiego postępowania dla terenu kopalni „Mysłowice” wskazuje na celowość zastosowania obu instrukcji w ustalaniu przydatności budowlanej terenów po zakończonej eksploatacji węgla kamiennego.

Literatura

- DOBĄK P., DRĄGOWSKI A., FRANKOWSKI Z., FROLIK A., KACZYŃSKI R., KOTYRBA A., PINIŃSKA J., RYBICKI S., WOŹNIAK H. 2009 - Zasady dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich dla celów likwidacji kopalń. Publikacja Min. Środowiska. Warszawa.
- Ekspertyza** w zakresie określenia kategorii przydatności do zabudowy po zakończeniu działalności górniczej w północnej części Obszaru Górniczego „Mysłowice”. Dokumentacja Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach, 2016 (niepublikowana).
- FROLIK A., KOTYRBA A. 2015 - Metodyka oceny zagrożeń ze strony opuszczonych szybów górniczych. „Przegląd Górniczy” nr 5, s.10-19.
- KOTYRBA A. 2005 - Zagrożenie i ryzyko zapadliskowe terenów GZW. „Wiadomości Górnicze” nr 7-8, s. 348-358.
- KOWALSKI S., GRUHLIK P., FROLIK A., KOTYRBA A., KORTAS Ł., SIWEK S. 2011 - Metodyka oceny zagrożeń ze strony wyrobisk górniczych mających połączenie z powierzchnią, usytuowanych na terenach zlikwidowanych podziemnych zakładów górniczych (dokumentacja Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach, praca wykonana na zlecenie Wyższego Urzędu Górniczego, sfinansowana z środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska (niepublikowana).
- KOWALSKI S., GRUHLIK P., FROLIK A., KOTYRBA A., KORTAS Ł., SIWEK S. 2016 - Inwentaryzacja wyrobisk górniczych mających połączenie z powierzchnią, znajdujących się na obszarach zlikwidowanych kopalń węgla kamiennego, barytu i metali kolorowych na terenie Dolnego Śląska (dokumentacja Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach, praca wykonana na zlecenie Wyższego Urzędu Górniczego, sfinansowana z środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska (niepublikowana).
- KWIATEK J. 2007 - Obiekty budowlane na terenach górniczych. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice.
- Prawo** budowlane. Tekst jednolity. Dz.U. z 2017 r. poz. 1332, z późn. zm.
- Prawo** geologiczne i górnicze. Tekst jednolity. Dz.U. z 2016, poz.1131, z późn. zm.
- Rozporządzenie** Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. Dz.U. z 2012 Poz.463.

Artykuł wpłynął do redakcji – grudzień 2017
Artykuł akceptowano do druku 20.02.2018