

Piotr STRZAŁKOWSKI

Politechnika Śląska, Gliwice

Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Zarządzania Ochroną Powierzchni

ZAGROŻENIE DLA POWIERZCHNI WYNIKAJĄCE Z DAWNEJ, PŁYTKIEJ EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ

Streszczenie. W ramach artykułu przedstawiono analizę warunków geologiczno-górnictwowych w rejonach dawniej prowadzonej, płytkiej eksploatacji górniczej. Określono również prawdopodobieństwo powstania zapadlisk i podano sposoby zabezpieczenia projektowanych obiektów budowlanych przed powstaniem zapadlisk.

HAZARD TO THE SURFACE ARISING OUT OF THE OLD, SHALLOW MINING

Summary. The analyses of geological – mining conditions in regions, where old shallow mining extraction was done, have been presented in this paper. The probability of sink hole arising and the way of buildings protection has been presented too.

1. Wprowadzenie

Historia górnictwa węgla kamiennego na Górnym Śląsku sięga ok. 200 lat. Początkowo eksploatowano pokłady metodą odkrywkową, a następnie metodą podziemną pokłady leżące najpłycej, często pozostawiając wyrobiska przygotowawcze niezlikwidowane. Dziś, po wielu latach wyrobiska te i inne pustki poeksploatacyjne stwarzają zagrożenie wystąpieniem deformacji nieciągłych, szczególnie groźnych dla obiektów budowlanych. Nasuwa się pytanie: jakie czynniki mogą spowodować przejście w stan zawału płytkich pustek, a w konsekwencji doprowadzić do wystąpienia deformacji? Jak podano w pracy [1], pustki, które przez długi czas pozostawały w stanie stabilnym, mogą przejść w stan zawału wskutek wystąpienia jednego z poniższych czynników:

- zmiany wymiarów lub kształtów pustek,
- zmiany stanu naprężenia w górotworze otaczającym pustkę.

Zmiany te mogą zająć wskutek:

- upływu czasu,
- wpływu zmian stosunków wodnych w górotworze,
- oddziaływania eksploatacji górniczej prowadzonej pod pustkami,
- obciążenia powierzchni nad pustką,
- występowania wstrząsów górniczych i innych drgań podłoża.

Jeśli chodzi o wpływ czasu na zmiany gabarytów pustek i stanu naprężeń otaczającego je górotworu to należy uznać, że może to mieć miejsce w przypadkach wyrobisk, w których pozostawiono obudowę górniczą. Sytuacja taka zachodzi głównie w wyrobiskach korytarzowych, które dawniej były chronione przed przejściem w stan zawału obudową drewnianą [3]. Wskutek butwienia i gnicia drewna zmniejsza się podporność tej obudowy, w efekcie czego może następować utrata stateczności wyrobiska i w dalszej kolejności powstanie zapadliska.

Oddziaływanie wody jest częstą przyczyną reaktywacji pustek. Ma to głównie miejsce w przypadku pustek zlokalizowanych w skałach wapiennych i w halicie, choć nie tylko. Woda może wymywać materiał podsadzkowy, którym wypełniono pustki poeksploatacyjne i wyrobiska korytarzowe, zmieniając ich kształty i wymiary. Może również zachodzić zjawisko sufozji mechanicznej, polegające na wymywaniu luźnych skał nadkładu, w tym warstw kurzawkowych, i przenoszeniu ich systemem szczelin istniejących w górotworze do starych wyrobisk i stref rozluźnień np. zrobów. W efekcie tego na powierzchni powstają zapadliska. Zjawisku temu dodatkowo sprzyja występowanie w górotworze uskoków, których szczeliny stanowią drogę migracji wód. Dopływ wód atmosferycznych systemem szczelin w górotworze stwarza dogodne warunki do niszczenia obudowy pozostawionej w wyrobiskach, a także narusza stateczność starych zrobów.

Prowadzona pod pustkami kolejna eksploatacja górnicza wywołuje deformacje górotworu, zmieniając wytworzony wokół płytkiej pustki chwilowy stan równowagi. Powstające wokół pustki w górotworze deformacje mogą przekroczyć wartości graniczne, doprowadzając do utraty stateczności górotworu i płytkiego wyrobiska, wywołując jego zawał, który w efekcie końcowym może prowadzić do powstania zapadliska na powierzchni.

Obciążenie terenu nad pustką również może naruszyć stan równowagi w górotworze w jej rejonie. Obciążenie to może być związane z obiektami budowlanymi czy też z ruchem ciężkich pojazdów szynowych lub kołowych w rejonie pustki.

Reaktywacja płytkich pustek może następować w wyniku wstrząsów i drgań podłoża związanych z działalnością górniczą (wstrząsy górotworu, w tym również towarzyszące tapaniom roboty strzałowe), a także działalnością pozagórnica (drgania wywołane ruchem ciężkich pojazdów, prowadzeniem robót budowlanych itp.).

Przedstawiona analiza znanych z literatury i praktyki przyczyn reaktywacji płytkich pustek wskazuje na istnienie wielu możliwych powodów powstawania zapadlisk. Widoczne jest również, że wiele przyczyn nie pozostaje w bezpośrednim związku z prowadzoną eksploatacją górniczą. W dalszej części przedstawiono kilka przykładów analizy warunków geologiczno-górnich rejonów płytkiego kopalnictwa, na których zrealizowano inwestycje budowlane. We wszystkich przedstawionych przypadkach poczyniono zabiegi przeciwdziałające zagrożeniom związanym z występowaniem zapadlisk.

Analizy prezentowane w niniejszym artykule obejmowały również określenie wartości prawdopodobieństwa wystąpienia zapadlisk w zależności od liczby Z , zgodnie ze wzorem M. Chudka i W. Ołaszowskiego [1]:

$$Z = \frac{H - h}{g}, \quad (1)$$

gdzie:

H – głębokość lokalizacji stropu pustki, m,

h – miąższość skał nadkładu, m,

g – wysokość pustki, m.

Wartości prawdopodobieństwa w zależności od liczby Z podano w tabeli 1 za pracą [1].

Tabela 1

Prawdopodobieństwo wystąpienia zapadliska jako funkcji wskaźnika **Z**

Z	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
P	1,0	0,96	0,93	0,90	0,87	0,84	0,81	0,78	0,75	0,72	0,69
Z		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
P		0,66	0,63	0,60	0,58	0,55	0,52	0,50	0,47	0,44	0,42
Z		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
P		0,39	0,37	0,35	0,32	0,30	0,28	0,26	0,23	0,21	0,19
Z		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
P		0,17	0,15	0,13	0,11	0,09	0,07	0,05	0,03	0,03	0,00

2. Przykłady inwestycji na obszarach płytkiej eksploatacji

2.1. Przykład I

2.1.1. Litologia i stratygrafia

Na podstawie profilu geologicznego szybu B, oddalonego o ok. 200 m od terenu planowanej inwestycji, stwierdzono, że górotwór w rozpatrywanym rejonie został zbudowany z warstw nadkładu czwartorzędowego oraz karbonu produktywnego. Nadkład został wykształcony z warstw gleby i margli o łącznej grubości 1,5 m. Karbon tworzą warstwy: rudzkie z pokładami grupy 400, siodłowe z pokładami grupy 500 oraz porębskie z pokładami grupy 600. Górotwór karboński tworzą naprzemianległe warstwy łupków i piaskowców, których udział wzrasta wraz z głębokością. Szczegółowe badania gruntu w rejonie inwestycji przeprowadziła specjalistyczna firma geotechniczna. W obszarze nieruchomości wykonano otwory wiertnicze, którymi rozpoznano budowę górotworu. Szczególnie istotna jest ta część profilu litologicznego, która opisuje utwory luźne. Miąższość gruntów nasypowych waha się od ok. 0,5 m do ok. 6,0 m. Na terenie objętym planowaną inwestycją stwierdzono, że powierzchnia została przykryta glebą oraz nierównomierną warstwą gruntów nasypowych, złożonych z piasków, z okruchami piaskowców. Są to utwory czwartorzędowe. Maksymalna miąższość gruntów nasypowych wynosi 5,9 m. Następnie zalegają utwory karbońskie, które do głębokości 2 – 4 m są zwietrzałe. Stanowią je głównie piaskowce.

2.1.2. Dokonana eksploatacja górnicza

Przedmiotem płytkiej eksploatacji w rejonie nieruchomości był pokład 349/1. Był on wybierany z zawałem stropu na wysokość 1,3 m w latach 1837-59, na głębokości ok. 15 m. Eksploatację prowadzono, jak można przypuszczać ze względu na czas jej dokonywania, systemem zabierkowym. Na podstawie dostępnych źródeł (stare mapy górnicze) można stwierdzić, że eksploatacja była prowadzona przez kopalnię „Gute Amalie”, która rozpoczęła wydobywanie w 1834 r. Później eksploatację w tym rejonie prowadziła KWK „M”. Bezpośrednio pod nieruchomością była prowadzona eksploatacja następujących pokładów:

- 501 warstwa 1, z podsadzką hydrauliczną na wysokość 4,2 m na głębokości 245 m, w latach 1914 – 26.
- 510 warstwa 1, z podsadzką hydrauliczną na wysokość 6,0 m na głębokości 265 m, w latach 1916 – 28.
- 610, z podsadzką hydrauliczną na wysokość 1,5 m na głębokości 330 m, w 1952 r.
- 620, z podsadzką hydrauliczną na wysokość 1,4 m na głębokości 385 m, w latach 1954 – 55.

2.1.3. Określenie wartości prawdopodobieństwa wystąpienia zapadliska w rejonie inwestycji

Wyniki przeprowadzonych badań geofizycznych wskazują na występowanie stref zwiększonej oporności w górotworze, co może świadczyć o występowaniu w nim pustek. Przebieg stref anomalii pokrywał się z grubsza z granicą eksploatacji prowadzonej w pokładzie 349/1 – rys. 1, co jednoznacznie wskazuje na związek pustek z dokonaną eksploatacją. Natomiast brak rozeznania co do ich wielkości, a w szczególności wysokości. Jeśli przyjąć, że wysokość pustki wynosiłaby $g = 1,3$ m, czyli równałaby się wysokości pokładu, oraz zakładając, że średnia głębokość zalegania pokładu wynosi $H = 15$ m, a miąższość nadkładu $h = 5$ m, to otrzymamy wartość wskaźnika Z zgodnie ze wzorem [1]:

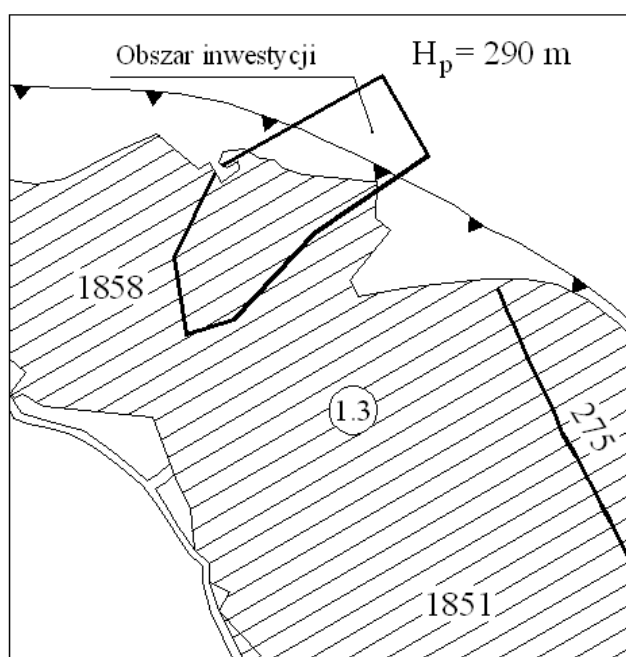
$$Z = \frac{15-5}{1,3} = 7,69$$

Wartości tej, zgodnie z tabelą [1], odpowiada prawdopodobieństwo $P = 1$ wystąpienia deformacji. Taka wysokość pustki może być związana z wyrobiskiem korytarzowym, np. jednym z chodników dzielących pole na filary, wybierane zabierkami. Przypadki takie, gdy drewno obudowy ulega zbutwieniu i wyrobisko po latach istnienia przechodzi w stan zawału w wyniku utraty stateczności obudowy są znane z praktyki [2].

Wysokością graniczną pustki, przy której w omawianym przypadku nie doszłoby do powstania zapadliska, jest, jak łatwo sprawdzić, $g = 0,2$ m. Wówczas wartość $Z = 50$, a prawdopodobieństwo powstania zapadliska $P = 0$.

W analizowanym przypadku problem polega na braku możliwości przyjęcia wiarygodnych danych do obliczeń. Jak widać, przy tak mało precyzyjnych danych trudno określić, do jakiej kategorii teren może być zakwalifikowany.

Należy także dodać, że w rejonie inwestycji w ciągu ostatnich 50 lat nie stwierdzono występowania deformacji nieciągłych. Obiekty budowlane zostały wzniesione z odpowiednim wzmocnieniem ich fundamentów, stanowiącym zabezpieczenie przed deformacjami nieciągłymi. Nie poczyniono natomiast żadnych zabiegów uszczelniania i wzmocniania górotworu.



Rys. 1. Lokalizacja inwestycji względem dawnej eksploatacji
Fig. 1. Location of object in relation to old mining workings

2.2. Przykład II

2.2.1. Budowa górotworu

Na podstawie analizy rdzeni otworów wiertniczych i profili litologicznych można stwierdzić, że górotwór został zbudowany z utworów czwartorzędowego nadkładu i karbonu produktywnego. Nadkład ma miąższość od 0,3 m do 10 m i tworzą go warstwy glin i piasku. Karbon natomiast tworzą warstwy: rudzkie, siodłowe i porębskie. Warstwy rudzkie zbudowane są z piaskowców, iłowców, a głębiej z mułowców i iłowców oraz grubych ław

piaskowca. Warstwy siedłowe głównie tworzą piaskowce o dużych miąższościach oraz łupki ilaste i piaszczyste.

Badania geofizyczne wykonane przez specjalistyczną firmę pozwoliły na stwierdzenie występowania stref o mikroanomaliach siły ciężkości. Wskazują one na występowanie stref rozluźnienia górotworu i pustek. Potwierdzają to ustalenia poczynione na podstawie wierceń. Do 13 otworów badawczych i dodatkowo nawierconych otworów zatłaczano mieszaninę cementowo-wodno-popiołową, tym sposobem uszczelniając i wzmacniając górotwór. Tylko w przypadku dwóch otworów o numerach 1 i 9, występujących w miejscach anomalii, zlokalizowano pustki. Ich wysokości wynosiły odpowiednio 30 cm na głębokości 5,3 m i 20 cm na głębokości 7,3 m. Nie stwierdzono natomiast pustek o większych wysokościach, rzędu wysokości eksploatowanego pokładu. Pustki poeksploatacyjne w dużej mierze zostały zatem zaciśnięte w wyniku kolejnych eksploatacji.

2.2.2. Dokonana eksploatacja górnicza

Eksploatacja górnicza była prowadzona w następujących pokładach:

Pokład 402

Eksploatacja była prowadzona bezpośrednio pod terenem planowanego osiedla, w latach 1828 – 40 z zawałem stropu na wysokość od 0,8 m do 1,8 m. W rozpatrywanym rejonie głębokość zalegania pokładu wynosiła od kilku do ok. 12 m. Istniejąca mapa pokładu (rys. 2) nie pozwala na przedstawienie bardziej precyzyjnych analiz dotyczących prowadzonej eksploatacji. Nieznany był układ wyrobisk korytarzowych. Na podstawie znajomości rozwoju technologii można wnioskować, że eksploatację prowadzono systemem zabierkowym.

Pokład 405

Eksploatacja była prowadzona pod terenem osiedla z zawałem stropu w latach 1916 – 18 i z podsadzką hydrauliczną w 1961 r., na wysokość 3,8 m. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła 180 m – 200 m.

Pokład 406/4

Eksploatacja była prowadzona pod zachodnią częścią terenu osiedla z zawałem stropu na wysokość 1,3 m w latach 1962 i 1968. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła 220 m – 230 m.

Pokład 407

Eksploatacja była prowadzona na południowy zachód od terenu osiedla, w odległości ok. 25 m, z zawałem stropu na wysokość 1,8 m w latach 1949 – 50 i 1963 – 64. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 250 m. Eksploatacja była

prowadzona również na północ od terenu osiedla, w odległości ok. 100 m, z zawałem stropu na wysokość 1,6 m – 1,8 m w latach 1969 – 70. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 210 m.

Pokład 408

Eksploatacja była prowadzona na południowy zachód od terenu osiedla, w odległości ok. 10 m, z zawałem stropu na wysokość 1,6 m w 1964 r. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 270 m. Eksploatacja była prowadzona również na północny zachód od terenu osiedla, w odległości ok. 25 m, z zawałem stropu na wysokość 1,6 m w 1971 r. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 250 m.

Pokład 411

Eksploatacja była prowadzona na południowy zachód od terenu osiedla, a jej krawędź przebiegała pod granicą osiedla, z zawałem stropu na wysokość 2,0 m w latach 1973 – 74. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 350 m. Eksploatacja była prowadzona również w latach 1972 – 73, na północ od osiedla, w odległości ok. 150 m, na wysokość 1,7 m i na głębokości 300 m z zawałem stropu.

Pokład 413/2

Eksploatacja była prowadzona na północny zachód od terenu osiedla, w odległości ok. 40 m, z zawałem stropu na wysokość 1,8 m w 1966 r. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 460 m.

Pokład 414/1

Eksploatacja była prowadzona na północny zachód od terenu osiedla, a jej krawędź przebiegała ok. 60 m od granicy osiedla, z zawałem stropu na wysokość 1,5 m – 2,1 m w latach 1968 – 69. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 450 m. Następnie eksploatację prowadzono z zawałem stropu w latach 1982 – 83, na głębokości ok. 480 m.

Pokład 414/2

Eksploatacja była prowadzona na północny zachód od terenu osiedla, a jej krawędź przebiegała ok. 50 m od granicy osiedla, z zawałem stropu na wysokość 1,7 m w latach 1964 – 70. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 450 m. Następnie z zawałem stropu w latach 1988 – 90, na głębokości ok. 520 m.

Pokład 415

Eksploatacja była prowadzona na południowy zachód od terenu osiedla, w odległości ok. 250 m, z zawałem stropu na wysokość 1,6 m – 2,8 m w latach 1992 – 94. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 500 m.

Pokład 418

Eksploatacja była prowadzona na wschód od terenu osiedla, w odległości ok. 100 m, z zawałem stropu na wysokość 2,0 m w latach 30. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 590 m. Eksploatacja była prowadzona również na południe od terenu osiedla, w odległości ok. 225 m, z podsadzką hydrauliczną na wysokość 2,6 m w latach 1971 – 72. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 600 m.

Pokład 502 warstwa dolna

Eksploatacja była prowadzona na południe i na zachód od terenu osiedla, z zawałem stropu na wysokość 2,1 m w latach 1967 i 1990 – 92, w odległości ok. 150 m. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 700 m. Następnie na południowy wschód od terenu osiedla była prowadzona eksploatacja z podsadzką hydrauliczną na wysokość 2,7 m w latach 1985 – 87. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 700 m. Na północ od osiedla prowadzono eksploatację z zawałem doszczelnianym na wysokość 2,7 m w latach 2004 – 05, na głębokości 630 m.

Pokład 502 warstwa górna

Eksploatacja była prowadzona pod terenem osiedla, z zawałem stropu na wysokość 2,3 m w latach 2001 – 2002. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 660 m. Następnie pod terenem osiedla była prowadzona eksploatacja z doszczelnianym zawałem stropu na wysokość 2,6 m w 2002 r. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 650 m.

Pokład 504

Eksploatacja była prowadzona pod terenem osiedla, z doszczelnianym zawałem stropu na wysokość 3,5 m w latach 1998 – 99. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła 700 m.

Pokład 506

Eksploatacja była prowadzona pod terenem osiedla, z zawałem stropu na wysokość 1,8 m w latach 1978 – 80. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła 730 m.

Pokład 507

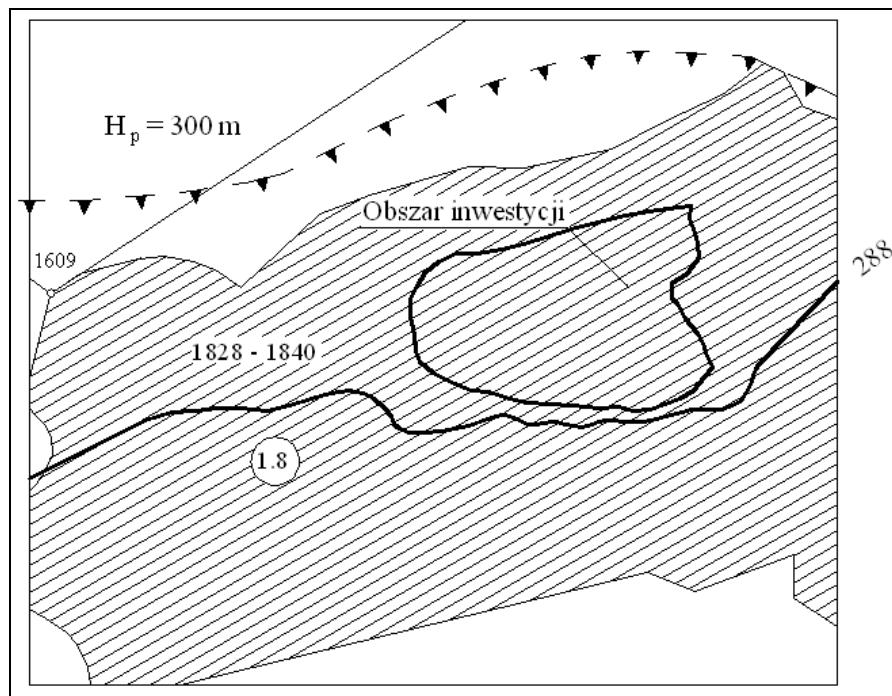
Eksploatacja była prowadzona pod zachodnią częścią terenu osiedla, z zawałem stropu na wysokość 2,9 m – 3,3 m w 1996 r. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła 770 m.

Pokład 510 warstwa górna

Eksploatacja była prowadzona na zachód od terenu osiedla, w odległości ok. 10 m, z zawałem stropu na wysokość 3,0 m w latach 1998 – 99. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 785 m.

Pokład 510 warstwa dolna

Eksploatacja była prowadzona na południowy wschód od terenu osiedla, w odległości ok. 150 m, z zawałem stropu na wysokość 3,2 m w latach 1995 – 96. Głębokość zalegania pokładu w rozpatrywanym rejonie wynosiła ok. 780 m.



Rys. 2. Lokalizacja inwestycji względem dawnej eksploatacji
Fig. 2. Location of object in relation to old mining workings

2.2.3. Określenie wartości prawdopodobieństwa wystąpienia zapadliska w rejonie inwestycji

W przypadku rozpatrywania wpływu pustek, stwierdzonych w otworach 1 i 9, na wystąpienie deformacji na powierzchni do obliczeń można przyjąć następujące dane:

Otwór 1

$H = 5 \text{ m}$,

$h = 2,7 \text{ m}$,

$g = 0,3 \text{ m}$.

Wartość wskaźnika **Z** wynosi zatem:

$$Z = \frac{H - h}{g} = \frac{2,3}{0,3} = 7,67.$$

Jak wynika z tabeli 1, wartości **Z = 7,67** odpowiada prawdopodobieństwo wystąpienia zapadliska $P = 1$.

Otwór 9

$H = 7,1 \text{ m}$,

$h = 2,0 \text{ m}$,

$g = 0,2 \text{ m}$.

Wartość wskaźnika **Z** wynosi zatem:

$$Z = \frac{H - h}{g} = \frac{5,1}{0,2} = 25,50.$$

Jak wynika z pracy [1], wartości **Z = 25,5** odpowiada prawdopodobieństwo wystąpienia zapadliska $P = 0,53$.

Do otrzymanych wyników należy odnieść się z pewną rezerwą, gdyż materiał statystyczny objęty analizą w ramach metody ujmował pustki o większych wysokościach. W przypadku zlokalizowanych pustek ich wysokości były bardzo niewielkie. Ponadto brak jest informacji o szerokości pustek.

Na terenie objętym inwestycją w ciągu ostatnich kilkadziesiąt lat nie odnotowano deformacji nieciągłych. Należy przypuszczać, że zabiegi geotechniczne pozwoliły na zlikwidowanie zagrożenia zapadliskami.

2.3. Przykład III

2.3.1. Budowa i litologia górotworu

Na podstawie profili otworów znajdujących się w sąsiedztwie nieruchomości można wnioskować o budowie geologicznej górotworu w jego głębszych partiach. Stwierdzić można, co następuje:

- W rejonie otworu nr 5540 czwartorzęd i trzeciorzęd został wykształcony jedynie w postaci 0,6-metrowej warstwy gleby i gliny. Pod nimi zalegają warstwy wapieni i dolomitów o miąższości ok. 5.2 m oraz piaskowce i łupki o miąższości ok. 11 m, należące stratygraficznie do triasu, oraz 16 m warstwa piaskowca, należąca do stefanu. Poniżej zalegają łupki ilaste i piaszczyste oraz piaskowce wraz z pokładami węgla, należące do warstw łaziskich.

- Na podstawie profilu szybu K można stwierdzić, że górotwór został zbudowany w postaci czwartorzędu, wykształconego jako warstwa piasku o miąższości 4,5 m. Bezpośrednio pod tą warstwą zalega karbon wykształcony w postaci grubych warstw piaskowców (ok. 13 m, 18 m, 20 m, 26 m, i 60 m), poprzekładanych warstwami łupków ilastych i pokładami węgla.
- Na podstawie map geologicznych można stwierdzić, że miąższość utworów czwarto- i trzeciorzędowych w rejonie budynku jest bliska zerowej, a trias ma miąższość do ok. 5 m.

Podsumowując, należy stwierdzić, że w rejonie nieruchomości nadkład skał luźnych ma małą miąższość, wynoszącą do 3 m. Poniżej tej głębokości zalegają skały zwarte.

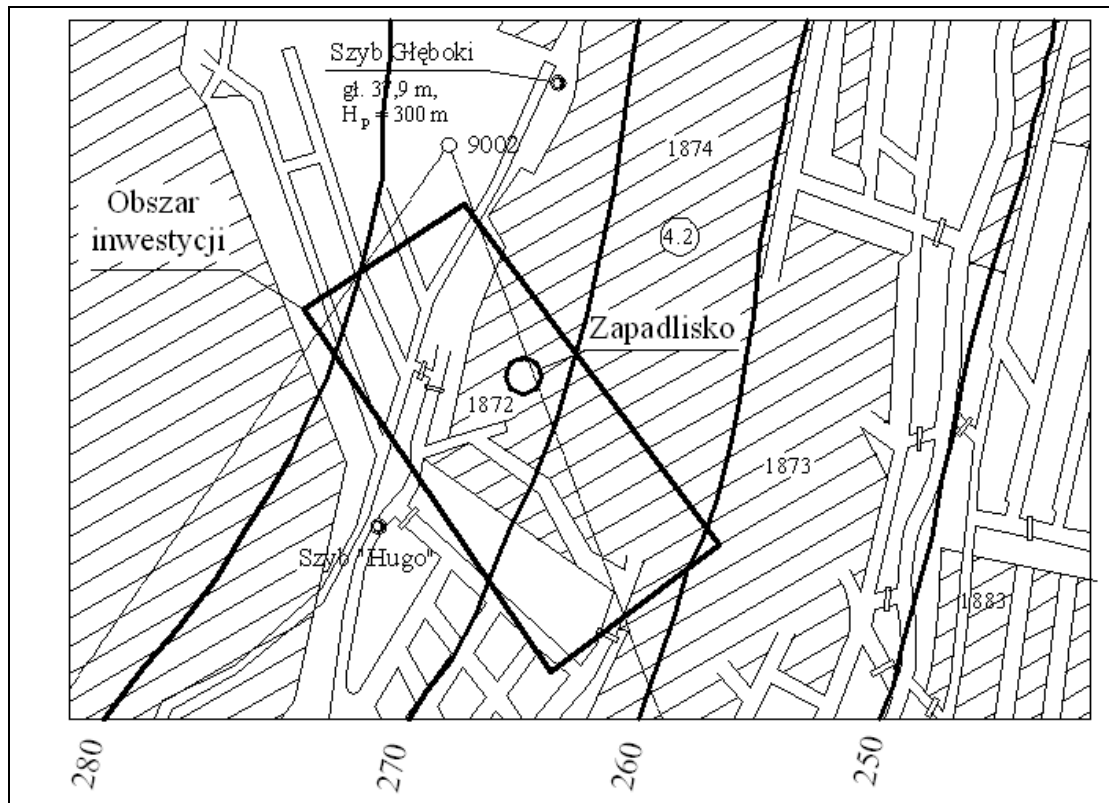
2.3.2. Sposób uzdatniania podłoża

W czasie prowadzenia robót budowlanych związanych z inwestycją w 2006 r. powstało zapadlisko o wymiarach 3,5 m x 5,0 m i głębokości 3,0 m. Prowadzone przez specjalistyczną firmę badania geofizyczne metodą elektrooporową pozwoliły na stwierdzenie anomalii nisko- i wysokooporowych. Anomalie niskooporowe wiązano z infiltracją do górotworu wody lub ścieków z nieszczelnych rurociągów. Anomalie wysokooporowe świadczyły o występowaniu stref spękań i szczelin, a w punktach ekstremów o występowaniu pustek.

Następnie do 10 otworów nawierconych z powierzchni zatłoczono od 30,55 m³ do 457,71 m³ mieszanki. Podczas prowadzenia prac nastąpiła reaktywacja zapadliska, które zostało zlikwidowane przez zasypanie. Stwierdzono pustki w otworach nr 6 (na głębokości 25 m – 25,5 m) i nr 9 (na głębokości 28 m – 30 m, o wysokości do 0,5 m). Stwierdzono liczne strefy spękań na głębokościach: 30 m, 31 m i 32 m. Nawiercono również otwory o nr. 11 – 20, o głębokości 30 m (a otwór nr 17 do głębokości 32 m). Chłonność otworów była zróżnicowana i wynosiła od 189,89 m³ do 1041,06 m³. Prace prowadzono do zaniku chłonności otworów.

Kolejne badania geoelektryczne wykonano po przeprowadzeniu prac uzdatniających, w wyniku czego stwierdzono, że górotwór jest doszczelniony i wolny od zagrożeń zapadliskowych. Następnie badania geofizyczne przeprowadzono metodą grawimetryczną. Wykryto trzy obszary anomalii ujemnych, świadczących o możliwości wystąpienia pustek, związane z istnieniem obiektów podziemnych bądź nieskutecznymi zabiegami iniekcyjnymi.

Autor projektu budowlanego dokonał zmian w projekcie, polegających na zastąpieniu łąw fundamentowych płytą, w celu zabezpieczenia obiektu przed występowaniem deformacji nieciągłych.



Rys. 3. Lokalizacja inwestycji względem dawnej eksploatacji
 Fig. 3. Location of object in relation to old mining workings

2.3.3. *Dokonana eksploatacja górnicza*

Ostatnio w 1976 r., w rejonie obiektu była prowadzona eksploatacja górnicza w pokładzie 214. Można przyjąć, że oddziaływanie tej eksploatacji na powierzchnię ustało w 1979 r. W rejonie nie planuje się prowadzenia dalszych robót górniczych. W dalszej części przedstawiono krótką charakterystykę dokonanej eksploatacji.

- W 1872 r. w pokładzie 207 pod projektowanym obiektem była prowadzona eksploatacja systemem zabierkowym, z zawałem stropu na wysokość 4,2 m, na głębokości ok. 30 m – rys. 3.
- W 1891 r. w pokładzie 208 pod obiektem była prowadzona eksploatacja systemem zabierkowym, z zawałem stropu na wysokość 1,8 m, na głębokości ok. 108 m. Pod parcelą przebiega również wyrobisko korytarzowe.
- W 1895 r. w pokładzie 209 pod obiektem była prowadzona eksploatacja systemem zabierkowym, z zawałem stropu na wysokość 4,8 m, na głębokości ok. 150 m. Pod parcelą przebiega również wyrobisko korytarzowe.

- W 1941 r. w pokładzie 210 była prowadzona eksploatacja systemem zabierkowym, z zawałem stropu na wysokość 1,6 m, na głębokości ok. 180 m. Bezpośrednio pod parcelą nie znajdują się wyrobiska górnicze.
- W 1976 r. w pokładzie 214 była prowadzona eksploatacja systemem ścianowym, z podsadzką hydrauliczną na wysokość 2,0 m, na głębokości ok. 380 m. Bezpośrednio pod parcelą nie znajdują się wyrobiska eksploatacyjne, a jedynie wyrobisko korytarzowe.
- W 1966 r. w pokładzie 301 była prowadzona eksploatacja systemem ścianowym, z podsadzką hydrauliczną na wysokość 2,1 m, na głębokości ok. 450 m. Bezpośrednio pod parcelą nie znajdują się wyrobiska eksploatacyjne, a jedynie wyrobisko korytarzowe.
- W 1970 r. w pokładzie 302 była prowadzona eksploatacja systemem ścianowym, z zawałem stropu na wysokość 1,25 m, na głębokości ok. 460 m. Bezpośrednio pod parcelą nie znajdują się wyrobiska górnicze.

2.3.4. Określenie wartości prawdopodobieństwa wystąpienia zapadliska w rejonie inwestycji

W przypadku rozpatrywania wpływu pustek, stwierdzonych w otworach 6 i 9, na wystąpienie deformacji na powierzchni do obliczeń można przyjąć następujące dane:

Otwór 6

$$H = 25 \text{ m,}$$

$$h = 5,0 \text{ m,}$$

$$g = 0,5 \text{ m.}$$

Wartość wskaźnika **Z** wynosi zatem:

$$Z = \frac{H - h}{g} = \frac{20}{0,5} = 40.$$

Jak wynika z tabeli 1, wartości **Z = 40** odpowiada prawdopodobieństwo wystąpienia zapadliska $P = 0,42$.

Otwór 9

$$H = 30 \text{ m,}$$

$$h = 5,0 \text{ m,}$$

$$g = 0,5 \text{ m.}$$

Wartość wskaźnika **Z** wynosi zatem:

$$Z = \frac{H - h}{g} = \frac{25}{0,5} = 50.$$

Jak wynika z tabeli 1, wartości $Z = 50$ odpowiada prawdopodobieństwo wystąpienia zapadliska $P = 0$.

3. Podsumowanie

W ramach artykułu przedstawiono analizy warunków geologiczno-górnich rejonów prowadzonej w przeszłości płytkiej eksploatacji górniczej, w których zrealizowano inwestycje budowlane. Przeprowadzone analizy skłaniają do następujących uwag i wniosków:

1. Na Górnym Śląsku prowadzona jest od przeszło 200 lat eksploatacja górnicza węgla kamiennego, który wybierany był w początkowym okresie na bardzo małych głębokościach. Rozległość obszarów płytkiego kopalnictwa oraz dalsza dynamiczna urbanizacja regionu sprawiają, że prowadzenie inwestycji także na tych obszarach staje się konieczne. Zagrożenie występowaniem deformacji nieciągłych wymaga właściwej i obiektywnej oceny stopnia ryzyka, jakiemu podlegają budowle, a co ważniejsze – użytkujący je mieszkańcy. Fakt ten sprawia, że zagadnienie to staje się niezwykle ważne i aktualne.
2. Należy stwierdzić, że zgodnie z panującymi poglądami, znanymi z literatury, deformacje powierzchniowe mają charakter losowy. W dwóch z trzech omawianych przypadków deformacje nie wystąpiły, chociaż prawdopodobieństwo ich powstania było wysokie. Wykonane zabiegi uzdatniania górotworu skutecznie obniżyły stopień zagrożenia deformacjami. Ponadto należy sądzić, że wielokrotnie dokonywana eksploatacja górnicza mogła spowodować zaciśnięcie pustek w strefach kompaktacji występujących w górotworze. W większości przypadków na Górnym Śląsku ma miejsce właśnie taka sytuacja, co zmniejsza zagrożenie wystąpienia deformacji nieciągłych. Znamienne jest także to, że w przypadku, gdy na powierzchni wystąpiło zapadlisko, przedmiotem płytkiej eksploatacji był pokład o miąższości wynoszącej ok. 4 m, a w pozostałych przypadkach miąższość pokładów była mniejsza od 2 m.
3. W przypadku prowadzenia inwestycji na terenach dawnej, płytkiej eksploatacji zachodzi konieczność wykonania w pierwszej kolejności właściwie zaprojektowanych badań geofizycznych. Ich zasięg i dokładność są zależne od przyjętej metodyki badań. W trzecim spośród omawianych przykładów badania geoelektryczne wykonane po uzdatnieniu podłoża wskazały na brak w górotworze stref spękań i pustek. Badania grawimetryczne natomiast pozwoliły na wykrycie stref anomalii. W związku z tym

celowe wydaje się wykonywanie dostatecznie głębokich rdzeniowanych odwiertów z powierzchni (do spągu płytkiego pokładu będącego przedmiotem eksploatacji), a następnie prowadzenie prac uzdatniających podłoże gruntowe. W tym zakresie sprawdzonym sposobem jest zatłaczanie do otworów mieszanin cementowo-popiołowo-wodnych [2]. Mniej korzystne natomiast wydaje się wykonywanie fundamentowania w postaci płyty. Uzdatnianie podłoża pozwala bowiem na objęcie tym zabiegiem większego obszaru, na którym można realizować również kolejne inwestycje.

BIBLIOGRAFIA

1. Chudek M., Janusz W., Zych J.: Studium dotyczące rozpoznania tworzenia się i prognozowania deformacji nieciągłych pod wpływem podziemnej eksploatacji złóż. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. 141, Gliwice 1988.
2. Strzałkowska E., Strzałkowski P.: Likwidacja zagrożenia zapadliskami z wykorzystaniem popiołów lotnych. „Budownictwo Górnicze i Tunelowe”, z. 1, Katowice 2012.
3. Strzałkowski P.: Wpływ płytkiej eksploatacji górniczej na zagrożenie powierzchni terenu deformacjami nieciągłymi. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej s. Górnictwo, z. 246, Gliwice 2000.

Abstract

Mining extraction of hard coal has been led in Upper Silesia for 200 years. This extraction in the first period of time was led at low depth. The areas of old shallow extraction cover large urbanized areas and zones intended for commercial investments. The hazard of sink holes arising at the surface needs to be properly determined due to risk of buildings damage as well as inhabitants safety. This problem is very up-to-date and important. Three examples of geological – mining conditions, where shallow mining extraction was led, have been presented in this paper. In two examples sink holes did not arise. The reason of this situation is connected with small thickness of coal seams and intensive extractions led in coal seams at great depth. The low efficiency of geophysical methods of rock mass investigation has been pointed, and the necessity of newly designed building objects protection especially by rock mass reinforcement have been presented too.