

Roman ŚCIGAŁA

Politechnika Śląska, Gliwice

Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Zarządzania Ochroną Powierzchni

PRAKTYCZNY PRZYKŁAD OKREŚLANIA PROGNOZOWANEJ PRĘDKOŚCI OSIADANIA POWIERZCHNI TERENU W REJONIE PROJEKTOWANEJ INTENSYWNEJ EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ

Streszczenie. W artykule przedstawiono przykład realizacji prognozy wpływów, mającej na celu ustalenie prędkości osiadania powierzchni terenu w rejonie projektowanej, intensywnej eksploatacji. Analizę wykonano biorąc pod uwagę warunki panujące w jednej z kopalń GZW.

PRACTICAL EXAMPLE OF DETERMINATION OF LAND SURFACE SUBSIDENCE SPEED IN THE AREA OF PLANNED INTENSIVE UNDERGROUND EXTRACTION

Summary. The example of prognosis has been shown aiming at determination of subsidence speed in the area of planned intensive underground extraction. The analysis has been worked out for conditions of one of Upper Silesia Basin coal mine.

1. Wstęp

Do analiz prognozowanych deformacji powierzchni terenu najczęściej wykorzystuje się wyniki obliczeń, opracowane w postaci różnorodnych map przedstawiających rozkłady wartości wskaźników deformacji oraz kategorii terenów górniczych. Prognozy takie najczęściej wykonuje się dla pewnych charakterystycznych stanów postępu frontu eksploatacyjnego, zgodnie z obowiązującymi obecnie zasadami sporządzania takich dokumentów, w zależności od celów, jakim ma taka prognoza służyć.

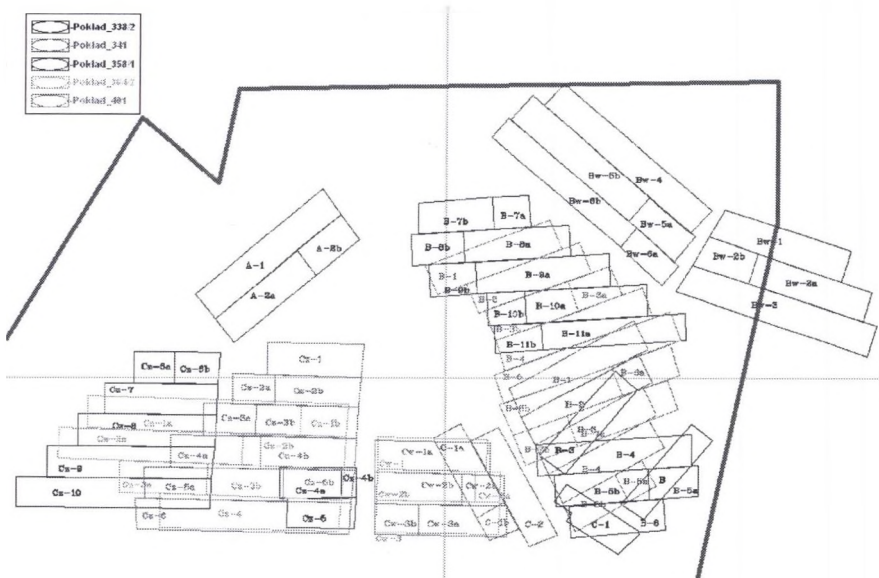
W ostatnich latach coraz częściej podkreśla się istotność niekorzystnego oddziaływania na obiekty budowlane prędkości narastania poszczególnych wskaźników deformacji,

a w szczególności obniżen. Niestety analizy tego oddziaływania nie są zbyt często wykonywane. W ramach niniejszego artykułu przedstawiono praktyczny przykład realizacji takiej prognozy, dzięki czemu możliwe było określenie prognozowanych prędkości osiadania punktów na powierzchni terenu.

Wykonanie prognozy dla warunków jednej z kopalń GZW poprzedzone zostało analizami wyników pomiarów geodezyjnych, w celu ustalenia wartości parametrów teorii prognozowania wpływów niezbędnych do przeprowadzenia obliczeń. Określono przy tym wartości parametrów decydujących o asymptotycznych wartościach wskaźników deformacji, a także wartości parametru odpowiedzialnego za opis fazy nieustalonej procesu deformacji.

2. Warunki geologiczno-górniczne projektowanej eksploatacji

Według obecnych zamierzeń, w rozpatrywanym rejonie kopalnia przewiduje wybranie 48 ścian w 5 pokładach warstw orzeskich i rudzkich z zawałem stropu, do 2022 roku. Głębokość eksploatacji wynosi od ok. 500 m do ok. 1100 m, a grubości wybieranych warstw zmieniają się od 1,4 m do 2,8 m. Szkic rozmieszczenia pól przewidzianych do wybrania przedstawiono na rys.1.



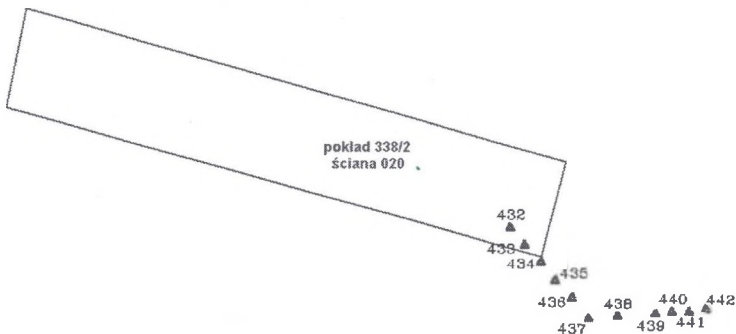
Rys. 1. Szkic ilustrujący zakres eksploatacji projektowanej do 2022 roku
Fig. 1. The sketch illustrating extraction planned to the year 2022

3. Określenie wartości parametrów teorii prognozowania wpływów

Jak już wspomniano we wstępie, na podstawie dostępnych wyników pomiarów geodezyjnych, w pierwszej kolejności podjęto próbę wyznaczenia wartości parametrów teorii W. Budryka – S. Knothego dla stanu asymptotycznego: a i $\operatorname{tg}\beta$. Następnie zidentyfikowano wartości parametru c . Analiz tych dokonano na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych z fragmentu linii nr 4 [2], usytuowanego w rejonie jednej z krawędzi eksploatacyjnych ściany nr 020, w pokładzie 338/2 (rys. 2).

W wyniku identyfikacji otrzymano następujące wartości parametrów: $a=0,27$, $\operatorname{tg}\beta=2,02$. W obliczeniach nie uwzględniano obrzeża eksploatacyjnego. Należy zauważyć, że uzyskano małą wartość współczynnika kierowania stropem $a = 0,27$. Jest to spowodowane niewielkimi, w stosunku do promienia zasięgu wpływów r , wymiarami ściany. Podobnych doświadczeń dostarczają wyniki analiz pomiarów geodezyjnych z terenu innych kopalń.

W przypadku gdyby równocześnie identyfikowano wartości obrzeża eksploatacyjnego, z pewnością poskutkowałoby to zwiększeniem wartości parametru a , identyfikowanego na podstawie relatywnie dużych, w stosunku do zmniejszonego pola wybierania, wartości osiadań, stwierdzonych pomiarami.



Rys. 2. Usytuowanie punktów obserwacyjnych wykorzystanych do identyfikacji wartości parametrów teorii prognozowania wpływów w stosunku do pola eksploatacyjnego

Fig. 2. Location of observing points used for parameters identification against extracted field

Dla tak określonych wartości a i $\operatorname{tg}\beta$ przystąpiono do wyznaczenia wartości parametru c , niezbędnego do określania przebiegów czasowych obniżeń, a co za tym idzie, ustalenia prędkości obniżeń.

Tabela 1

Wyniki identyfikacji parametrów

=====									
Wyznaczone parametry : d = 0.00 a = 0.267 tgα = 2.016									
Pkt	X	Y	wrz	wt	V	VV	sumV	sumVV	

432	1130.0	375.0	-286.0	-255.9	-30.1	907.8	30.1	907.8	
433	1160.0	340.0	-179.0	-186.6	7.6	57.2	37.7	965.0	
434	1195.0	305.0	-93.0	-116.3	23.3	544.6	61.0	1509.6	
435	1225.0	265.0	-58.0	-59.9	1.9	3.6	62.9	1513.2	
436	1260.0	230.0	-40.0	-26.3	-13.7	186.9	76.6	1700.0	
437	1295.0	185.0	-22.0	-7.9	-14.1	200.2	90.7	1900.2	
438	1355.0	190.0	-17.0	-3.4	-13.6	186.1	104.4	2086.4	
439	1435.0	195.0	-13.0	-0.6	-12.4	152.9	116.8	2239.3	
440	1470.0	200.0	-8.0	-0.3	-7.7	59.8	124.5	2299.1	
441	1505.0	200.0	-3.0	-0.1	-2.9	8.5	127.4	2307.5	
442	1540.0	205.0	-3.0	0.0	-3.0	9.0	130.4	2316.5	

Odchylenie przec.: 11.85							Odchylenie stand.: 14.512		Błąd procentowy: 5.07%
=====									

Identyfikację parametru c przeprowadzono dwiema metodami:

- na podstawie profili niecek nieustalonych w wybranych cyklach pomiarowych, na rozpatrywanym odcinku linii pomiarowej,
- na podstawie przebiegu osiadań wybranych punktów obserwacyjnych w czasie.

Obliczenia, wg pierwszej metody, przeprowadzono dla cykli pomiarowych o numerach od 1 do 4, wykonanych w dniach: 08.07.96, 06.08.96, 03.09.96 i 19.09.96. Do obliczeń wykorzystano wartości parametrów (a , $\text{tg}\beta$), uzyskane na podstawie przebiegu osiadań asymptotycznych, przy czym traktowano je jako wartości stałe w kolejnych cyklach. W tabeli 2 podano wyznaczone wartości parametru c i uzyskane wartości błędów procentowych – mp .

Tabela 2

Wyniki identyfikacji parametru c

Nr cyklu	c [1/doba]	mp [%]
1	0.0070	14.72
2	0.0139	9.47
3	0.0197	10.05
4	0.0200	9.20

W dalszej kolejności dokonano identyfikacji wartości parametru c wg drugiej metody, czyli na podstawie przebiegów osiadań w czasie punktów położonych nad zrobami ściany 020. Były to punkty o numerach: 430, 431, 432. Obliczenia przeprowadzono również przy przyjęciu wartości parametrów (a , $\text{tg}\beta$), uzyskanych na podstawie przebiegu osiadań asymptotycznych. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 3.

Porównując otrzymane, wg obydwu zastosowanych metod, wartości parametru c można uznać, że wyniki identyfikacji tego parametru, uzyskane na podstawie przebiegów osiadań punktów w czasie, są zbliżone z tymi, które uzyskano na podstawie osiadań punktów linii w kolejnych cyklach. Pozwala to przyjąć do dalszych analiz wartość parametru $c=0,02$ [1/dobę], czyli około 7,2 [1/rok].

Tabela 3

Wyznaczone wartości parametru c

Nr pkt.	c [1/dobę]	mp [%]
430	0.0188	9.12
431	0.0256	10.0
432	0.0291	12.7

4. Prognoza prędkości osiadania powierzchni terenu

W celu określenia przebiegu prognozowanych obniżen terenu w czasie, w warunkach projektowanej przez KWK „B” eksploatacji, wykonano symulację biegu projektowanych do 2022 roku ścian, zgodnie z harmonogramem eksploatacji.

Obliczenia wykonano programem Defk–Win [3,4], przy następujących założeniach:

- przyjęte wartości parametrów: $a=0,8$ (ze względu na szeroki zakres projektowanej eksploatacji zrezygnowano z wartości $a=0,27$, otrzymanej dla pojedynczego pola), $tg\beta=2,0$, $d=0$,
- warunki symulacji:
 - początek symulacji: 01-07-2005 (uwzględniono wpływ eksploatacji dokonanej w ostatnich latach),
 - koniec symulacji: 30-12-2022,
 - skok symulacji (interwał czasowy pomiędzy kolejnymi obliczeniowymi położeniami frontu eksploatacyjnego): 5 dni,
 - prędkość postępu frontu, obliczana jako średnia dla danej ściany, wg zależności:

$$v = \frac{(T_2 - T_1)}{L_{fr}}, \text{ gdzie: } T_1 - \text{czas (data) rozpoczęcia eksploatacji danej parceli, } T_2 - \text{czas}$$

(data) zakończenia eksploatacji danej parceli, L_{fr} – wybieg ściany obliczony na podstawie współrzędnych skrajnych wierzchołków w kierunku wybiegu parceli,

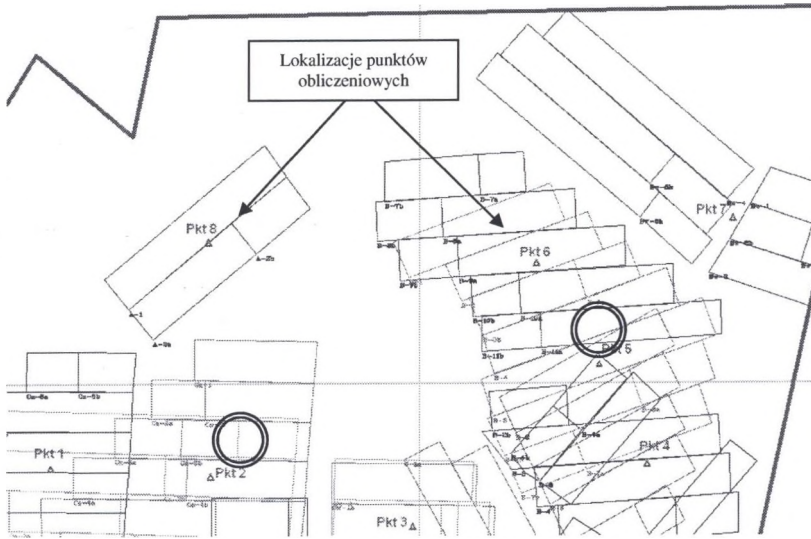
- o obliczano wartości osiadań w [mm] oraz prędkości osiadań $\frac{dw}{dt}$ [mm/dobę]. Prędkości te obliczano jako różniczkę osiadań dla przyjętych do symulacji 5 – dniowych interwałów czasowych.

Prognozę przeprowadzono dla wytypowanych ośmiu punktów, zlokalizowanych w rejonach przewidywanej intensywnej eksploatacji. Ich położenie przedstawiono na rys. 3. Obliczenia wykonano w dwóch wariantach:

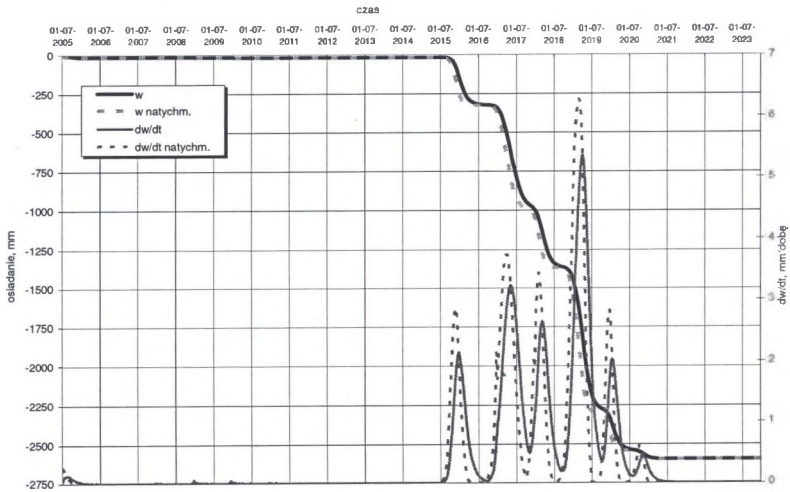
- dla stanów nieustalonych, przy przyjęciu wartości $c=0,02$ [1/dobę],
- przy przyjęciu założenia, że wpływy ujawniają się natychmiastowo na powierzchni (co oznacza, że $c \rightarrow \infty$).

Ze względu na ograniczoną objętość niniejszego artykułu, poniżej przedstawiono tylko wyniki dla dwóch wybranych punktów: nr 2 i nr 5 (na rys. 3). Wyniki te są następujące:

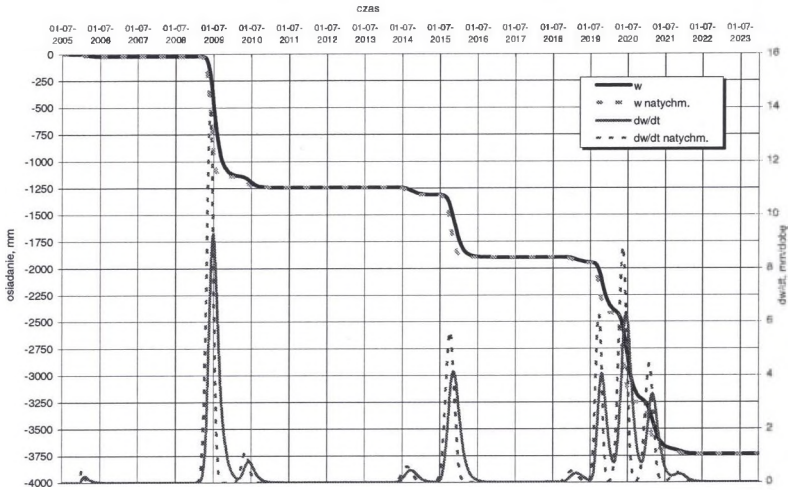
- w rejonie punktu obliczeniowego nr 2, zlokalizowanego nad planowaną eksploatacją w pokładach 364/2 i 401 ścianami Cz, ruchy powierzchni wystąpią w latach 2015-2020 (rys. 4). Prognozowane osiadania końcowe wynoszą ok. 2,6 m, a prędkość osiadania, określona dla wpływów natychmiastowych, będzie zmienna i wyniesie od 2 do ponad 6 mm/dobę, w momencie wystąpienia najbardziej intensywnych wpływów,
- w rejonie punktu nr 5, w środkowej części pola B, wystąpią trzy okresy ruchów (rys. 5). Pierwszy przypada na lata 2009-2010. Maksymalne osiadania wyniosą ok. 1,2-1,3 m, prędkości osiadań mogą osiągnąć 14 mm/dobę. Po okresie uspokojenia nastąpi kolejny okres ruchów w latach 2014-2016, osiadania zwiększą się do ok. 1,9 m. Prędkości osiadań wyniosą 4-6 mm/dobę. Najbardziej intensywny okres ruchów przypadnie na lata 2019-2021. Prognozowane osiadanie zwiększy się do ok. 3,8 m. Prędkości osiadań mogą osiągać wartości rzędu 9 mm/dobę.



Rys. 3. Lokalizacja przyjętych do symulacji punktów obliczeniowych
 Fig. 3. Location of calculation points used in simulation



Rys. 4. Przebieg prognozowanych obniżeń i prędkości ich narastania dla punktu nr 2
 Fig. 4. The course of prognosed subsidence and subsidence speed for point No 2



Rys. 5. Przebieg prognozowanych obniżen i prędkości ich narastania dla punktu nr 5
 Fig. 5. The course of prognosed subsidence and subsidence speed for point No 5

5. Podsumowanie

Podsumowując przedstawione wyniki analiz należy podkreślić, że są one tylko wybranymi przykładami prognozowanego przebiegu intensywności deformacji w poszczególnych rejonach, wraz z rozwojem w czasie frontu eksploatacyjnego. Przytoczone prognozowane wartości osiadań i prędkości narastania tego wskaźnika dotyczą dokładnie lokalizacji wybranych punktów obliczeniowych i nie należy ich utożsamiać z miejscami bezwzględnie maksymalnych prognozowanych deformacji w poszczególnych rejonach. Przy tak intensywnej eksploatacji określenie wybiórcze takich lokalizacji jest praktycznie niemożliwe. Jednakże lokalizacja punktów nad strefami najintensywniejszej, projektowanej eksploatacji pozwala, z dużym prawdopodobieństwem, określić ekstremalne deformacje, jakie tam wystąpią. Powyższe rozważania mogą dotyczyć wybranych obiektów, o szczególnym znaczeniu.

Najbardziej miarodajnym instrumentem wykorzystanym do takich analiz byłaby mapa prognozowanych czasowo–ekstremalnych prędkości osiadania, jednak jej opracowanie jest utrudnione ze względu na fakt braku odpowiednich rozwiązań informatycznych, niezbędnych do przetworzenia czasowo–przestrzennego rozkładu tego wskaźnika deformacji. Obecnie autor pracuje nad takim narzędziem, w ramach kolejnej wersji programu DEFK–Win.

Literatura

1. Chudek M., Sapicki K. i in.: *Ochrona Środowiska w Górnośląskim i Donieckim Zagłębiu Węglowym*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.
2. Strzałkowski P., Ściagała R.: *Wpływ prędkości postępu frontu eksploatacyjnego na przebieg deformacji na powierzchni terenu*. Międzynarodowe Sympozjum GEOTECHNIKA 2006. Gliwice–Ustroń, październik 2006 r., s. 59-71.
3. Ściagała R., Strzałkowski P.: *Software for predictions of underground mining influences on the land surface and rock mass*. Międzynarodowa Konferencja GEOTECHNICS 2000. Gliwice–Ustroń, Wysokie Tatry–Podbanske, Słowacja, październik 2000 r.
4. Ściagała R.: *Komputerowa symulacja postępu frontu w zastosowaniu do oceny prognozowanych deformacji powierzchni terenu*. Przegląd Górniczy 5/2003, s. 44-48.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Wiesław Piwowarski

Abstract

The significance of adverse influence of subsidence speed (as well as other deformation indices) on the buildings and structures is more frequently emphasised in recent years. On the other hand, there are not too many scientific works dealing with this problem. So, practical example of land surface subsidence speed prognosis in the area of planned intensive underground extraction has been presented in this paper.

Worked out prognosis for conditions of one of Polish coal mine was preceded by identification of parameters necessary for calculations. There were identified parameters of W.Budryk-S.Knothe theory for asymptotic trough as well as coefficient of subsidence speed.