

Piotr STRZAŁKOWSKI

Politechnika Śląska, Gliwice

Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Zarządzania Ochroną Powierzchni

## WPŁYW INTENSYWNEJ EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ NA SIEĆ WODNO – KANALIZACYJNĄ NA WYBRANYM PRZYKŁADZIE

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono propozycję analizy wpływów dokonanej eksploatacji górniczej na obiekty powierzchniowe, na przykładzie sieci wodno-kanalizacyjnej. Propozycja ta odnosi się do przypadków, gdy w rejonie nie prowadzono pomiarów geodezyjnych lub gdy ich zakres był niewystarczający.

## INFLUENCE OF INTENSITY MINING ON SEWERAGE FOR CHOSEN EXAMPLE

**Summary.** The proposal of analysis of mining extraction influences on surface structures on the example of sewerage system. This proposal relates to cases, when results of geodetic measurements from considered area are unavailable.

### 1. Wprowadzenie

Bogate zasoby węgla kamiennego zalegają w GZW bardzo często pod terenem o wysokim stopniu zurbanizowania. Pomimo projektowania eksploatacji górniczej z zachowaniem zasad minimalizacji jej wpływów na powierzchnię terenu [1, 2, 6], w obiektach często występują uszkodzenia stwarzające dyskomfort w ich użytkowaniu. Uszkodzeń doznają również obiekty infrastruktury (sieci: gazowych, wodnych i kanalizacyjnych). Fakt ten powoduje obawy społeczne przed prowadzeniem eksploatacji pod terenami zabudowanymi. Obiekty zarówno te istniejące, jak i nowo wznoszone oraz sieci są odpowiednio zabezpieczane przed wpływami robót górniczych [3], co powoduje, że nie powinno dochodzić do uszkodzeń ich konstrukcji, jeśli wpływy eksploatacji nie będą przekraczały wartości z przedziałów odpowiadających kategoriom ich odporności.

Zdarzają się oczywiście przypadki, gdy eksploatacja wywołuje wpływy na powierzchni terenu przekraczające spodziewane wartości czy też, gdy zabezpieczenia obiektów nie zostały wykonane w należyty sposób. W takich przypadkach dochodzi do powstawania uszkodzeń o większych rozmiarach. Obserwuje się również sytuacje przypisywania wpływom eksploatacji górniczej uszkodzeń, wynikających z innych przyczyn, wśród których można wymienić: naturalne zużycie obiektów, oddziaływanie czynników środowiskowych, wady techniczne itp. Przypadki takie dotyczą często sieci wodno–kanalizacyjnych, których wiek w aglomeracji GZW dochodzi czasem do stu lat. Oczywiście wpływy eksploatacji górniczej często są czynnikiem inicjującym występowanie awarii, która jednak nie wystąpiłaby, gdyby nie naturalne zużycie sieci. Sytuacje komplikuje często nieprawidłowe pomiarów geodezyjnych lub ich prowadzenie w niewystarczającym zakresie. Trudno wówczas przeprowadzić ocenę związku pomiędzy wystąpieniem awarii i eksploatacją górniczą. Przedstawiony w ramach pracy przykład z terenu jednego z miast Górnego Śląska dobrze ilustruje powyższy problem i pokazuje propozycję określania wartości maksymalnych deformacji i czasu ich zaniku.

## **2. Analiza wyników pomiarów w celu określenia czasu trwania końcowej fazy procesu deformacji**

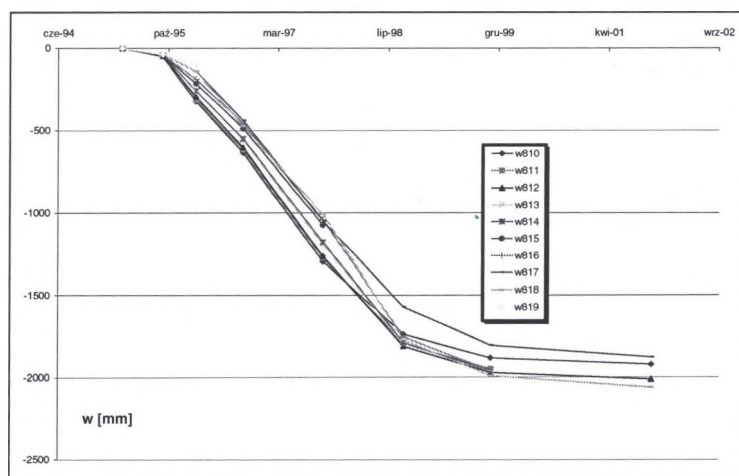
Wpływ dokonanej eksploatacji górniczej na powierzchnię terenu można określać na podstawie wyników pomiarów oraz obliczeń. W rozpatrywanym przypadku pomiary prowadzone były na sieci punktów obserwacyjnych. Z uwagi na likwidację kopalni, brak jest kompleksowych wyników pomiarów geodezyjnych.

Z pracy [5] wiadomo natomiast, że czas trwania końcowej fazy ruchów górotworu, tj. od zakończenia eksploatacji (lub oddalenia się krawędzi na odległość przewyższającą zasięg wpływów) do ustania procesu deformacji, w danych warunkach budowy górotworu, silnie zależy od głębokości eksploatacji i sposobu kierowania stropem. W związku z powyższym, dysponując fragmentarycznymi wynikami pomiarów geodezyjnych, postanowiono dokonać analiz zmierzających do określenia czasu trwania końcowej fazy procesu deformacji dla możliwie największych głębokości dokonywania eksploatacji. Wyniki takich analiz będą przydatne w dalszej części pracy do określenia czasu ustania procesu deformacji z pewnym nadstatkiem, dla największej głębokości prowadzenia eksploatacji.

### Pomiary z rejonu dzielnicy Z

Dysponując wynikami pomiarów, dokonano analizy wpływu eksploatacji górniczej na punkty pomiarowe zastabilizowane na obiektach w dzielnicy Z. Na powierzchnię terenu oddziaływała eksploatacja górnicza prowadzona w pokładzie 510 oraz w pokładzie 620. W pokładzie 510 pod obiektami prowadzona była eksploatacja zawałowa w warstwie przyspągowej na wysokość 2,3 m i 2,5 m ścianą 530 od 1.01.94 r. do 1.08.94 r. i ścianą 531 od 1.05.93 r. do 1.02.94 r. Wcześniej (w 1990 r., do września 1990 r.) prowadzono również eksploatację warstwy przystropowej ścianą 518 z zawałem stropu na wysokość 2,9 m. W pokładzie 620 prowadzono eksploatację z zawałem stropu na wysokość 1,6 m. Pokład w rejonie reperów zalegał na głębokości od 630 m do 760 m. Eksploatacja górnicza prowadzona była systemem ścianowym poprzecznym z zawałem stropu. Kolejną eksploatację w rejonie prowadzono w dużej odległości od reperów aż do I kwartału 2000 r.

Pomiary niwelacyjne prowadzono od 1994 r. do 1999 r. w odstępach rocznych, a ostatni pomiar wykonano w 2001 r. Przebieg osiadania poszczególnych reperów przedstawiono na rys. 1. Jak widać z rysunku, osiadanie powierzchni terenu występowało od 1994 r., a można przyjąć, że zakończyło się w 1999 r. lub niedługo później, osiągając wartość ok. 2 m.



Rys. 1. Przebieg osiadania w czasie reperów na budynkach stwierdzony pomiarami  
Fig. 1. The course of subsidence over time measured on buildings

Rozpatrując przebieg osiadania przykładowo reperów 810 i 811 można zauważyć, że przy założeniu wartości parametru  $\text{tg}\beta = 1,6$  front eksploatacyjny oddalił się na odległość

równą zasięgowi wpływów od punktów ok. połowy maja 1998 r. (ściana 204 w pokładzie 620). Zakładając, że ruchy górotworu ustały w listopadzie 2001 r. można uznać, że czas trwania końcowej fazy ruchów powierzchni terenu (licząc od zatrzymania frontu lub oddalenia się ruchomej krawędzi eksploatacji do ustania wpływów) wynosił w tym przypadku ok. 3,3 lat. Ponieważ pomiary dokonywane były w końcowej fazie dość rzadko (brak pomiaru z 2000 r.) można przyjąć, że *czas ten wynosił, dla głębokości eksploatacji 710 m prowadzonej z zawalem stropu, ok. 3 lata.*

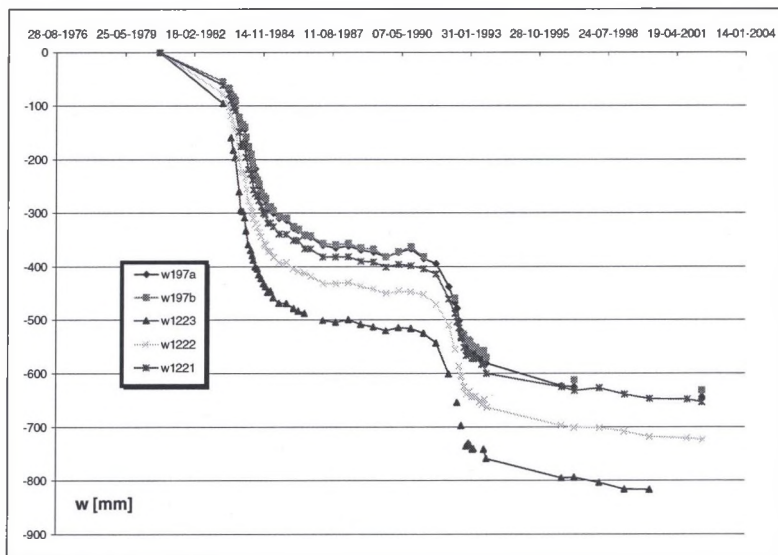
### Pomiary z rejonu centrum

Dla celów niniejszej pracy posłużono się wynikami pomiarów geodezyjnych prowadzonych na reperach zastabilizowanych, na budynku kościoła pw. Niepokalanego poczęcia N.M.P. Przebieg osiadania reperów w czasie przedstawiono graficznie na rys. 2. Najważniejsze informacje o dokonanej eksploatacji przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Najważniejsze informacje o dokonanej eksploatacji górniczej prowadzonej w rejonie kościoła

Pokład	Rok eksploatacji	Srednia głębokość zalegania [m]	Miąszość pokładu [m]	System eksploatacji	Odległość od obiektu [m]
405 ściana 318	1984	240	2.90	Ścianowy z podszadką hydrauliczną	65
407/1 ściana 119a	1991/92	280	1.90	Ścianowy z podszadką hydrauliczną	25
407/1 ściana 120	1991	290	1.80	Ścianowy z podszadką hydrauliczną	300
501 ściana 524	1983/84	510	3.42	Ścianowy z podszadką hydrauliczną	0
501 ściana 523	1982/83	510	3.50	Ścianowy z podszadką hydrauliczną	50
501 ściana 301	1992	400	2.64	Ścianowy z podszadką hydrauliczną	200
501 ściana 522	1983/84	510	3.50	Ścianowy z podszadką hydrauliczną	185
504 ściana 401	1983	400	2.40	Ścianowy z podszadką hydrauliczną	180
510 ściana 519	1991/92	535	2.55	Ścianowy z podszadką hydrauliczną	0
510 ściana 519	1991/92	535	2.55	Ścianowy z podszadką hydrauliczną	65



Rys. 2. Przebieg osiadania reperów w czasie

Fig. 2. The course of subsidence over time for chosen observing points

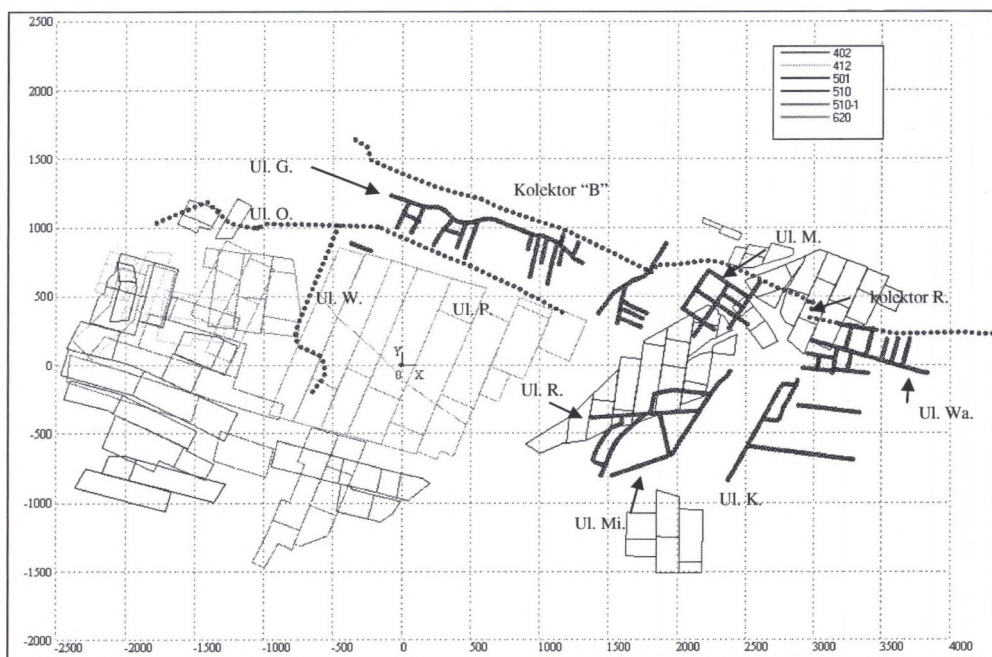
Jak można się zorientować, na podstawie wykresu, występowały dwa okresy zaniku ruchów powierzchni terenu. Pierwszy z nich wystąpił w pomiarze z kwietnia 1987 r., a drugi z października 1996 r. Na podstawie przebiegu dokonywanej eksploatacji można stwierdzić, która bezpośrednio poprzedzała czas uspokojenia się ruchów powierzchni terenu. Z uwagi na silną zależność czasu trwania końcowej fazy ruchów górotworu od głębokości eksploatacji, zakładano, że najdłużej oddziaływała eksploatacja, która prowadzona była na największej głębokości. Na podstawie szczegółowych analiz ustalono, że w przypadku pierwszego okresu najdłużej oddziaływała na powierzchnię terenu eksploatacja prowadzona ścianą 524 w pokładzie 501. Była ona prowadzona do końca 1984 r., a głębokość zalegania pokładu na końcu wybiegu ściany wynosiła ok. 460 m. Zatem czas trwania końcowej fazy procesu deformacji *wynosił 2 lata i 4 miesiące*. W przypadku drugiego okresu, eksploatacją poprzedzającą uspokojenie się ruchów powierzchni terenu, prowadzoną na największej głębokości (ok. 535 m) była eksploatacja prowadzona ścianą 519 w pokładzie 510. Została ona zakończona z końcem 1992 r., co oznacza, że czas trwania końcowej fazy ruchów powierzchni terenu wynosił *3 lata i 10 miesięcy*.

Podsumowując powyższe wyniki analiz można stwierdzić, że *eksploatacja prowadzona z zawalem stropu na głębokości ok. 710 m wywoływała deformacje, które ujawniały się jeszcze ok. 3 lata po zakończeniu prowadzenia robót*.

*W przypadku prowadzenia eksploatacji z podsadzką hydrauliczną czas trwania procesu deformacji po zakończeniu prowadzenia robót wyniósł: 2 lata i 4 miesiące, przy głębokości eksploatacji wynoszącej ok. 460 m i 3 lata i 10 miesięcy, przy głębokości eksploatacji wynoszącej ok. 540 m.*

### 3. Dokonana eksploatacja górnicza

W ramach niniejszej pracy rozpatrywano eksploatację dokonywaną od 1994 r.w rejonie śródmieścia i dzielnicy Z, przez cztery kopalnie. Eksploatacja 5 pokładów (w tym jednego na dwie warstwy) o miąższości od 1,5 m do 3,5 m, zalegających na głębokościach od 75 m do 785 m prowadzona była z: zawałem stropu, zawałem doszczelnianym i podsadzką hydrauliczną. Lokalizacja wyeksploatowanych pól względem ciągów wodno-kanalizacyjnych została pokazana na rys. 3.



Rys. 3. Całość eksploatacji górnicznej dokonanej w latach 1994 - 2004 w rejonie śródmieścia i dzielnicy Z

Fig. 3. Location of extracted fields against sewerage system in the year 1994 - 2004

Obliczenia wskaźników deformacji wykonano przy zastosowaniu programu DEFK-Win [5] na podstawie teorii W. Budryka – S. Knothego. Do obliczeń przyjęto następujące wartości parametrów:

- współczynnik kierowania stropem:
  - dla podsadzki hydraulicznej  $a = 0,2$
  - dla zawału stropu  $a = 0,8$
  - dla zawału doszczelnianego  $a = 0,6$
- parametr  $tg\beta = 1,6$ , zgodnie z doświadczeniami kopalni
- parametr  $B = 0,32r$

Dokonano obliczeń wartości następujących wskaźników deformacji:

- osiadań –  $w$  [mm]
- odkształceń poziomych w kierunku ciągów –  $Ea1$  [mm/m]
- odkształceń poziomych maksymalnych –  $E_{max}$ . [mm/m]

#### 4. Wyniki obliczeń

Obliczenia przeprowadzono dla rocznych horyzontów czasowych w sposób narastający, a ich wyniki zestawiono w tabeli 2. W tabeli tej podano, dla poszczególnych ulic, maksymalną, końcową wartość osiadania oraz czas dokonywania eksploatacji, która spowodowała jej wystąpienie. Jest to oczywiście zarazem okres ostatnio prowadzonych robót górniczych, które powodowały deformacje danego ciągu. Przyjęto przy tym zasadę, że jeśli choć niewielkiej długości odcinek objęty został oddziaływaniem eksploatacji górniczej, uwzględniano to w tabeli 2. Na podstawie analiz wyników pomiarów geodezyjnych, zawartych w punkcie 3 niniejszej pracy, określono następnie czas zakończenia procesu deformacji, uwzględniając głębokość ostatnio oddziałującej eksploatacji i sposób kierowania stropem. W tabeli podano również wartości maksymalne, chwilowe odkształceń poziomych związanych z kierunkiem długości ciągów oraz czas prowadzenia eksploatacji, która je wywołała i wartości końcowe odkształceń związane z ostatnio oddziałującą eksploatacją.

Oczywiście w przypadku sieci o spływie grawitacyjnym wpływ eksploatacji górniczej powinien ujmować także spadki spowodowane nierównomiernym osiadaniami. Wymaga to oczywiście dalszych szczegółowych analiz, opierających się na wynikach pomiarów spadków i wykresach prognozowanych osiadań.

Tabela 2

Wartości maksymalne wybranych wskaźników deformacji poszczególnych ciągów wodno–kanalizacyjnych

Lp.	Ciąg – ulica	osiadanie, [mm]		odkształcenia poziome w kierunku osi, [%]		odkształcenia poziome w kierunku osi, [%]		T <sub>4</sub>
		W <sub>końc. max.</sub>	T <sub>1</sub>	E <sub>a1 max.</sub>	T <sub>2</sub>	E <sub>a1 końc.</sub>	T <sub>3</sub>	
1	O.	820	2004	-2,22	2003	2,19	2004	2007
2	W.	885	2004	-1,50	1996	1,00	2004	2007
3	P.	541	2003	-1,24	2003	-1,24	2003	2006
4	Mi.	124	2000	-0,44	1994	-0,40	2000	2003
5	M.	267	1997	-0,78	1997	-0,78	1997	Połowa 2000
6	R.	444	1998	-0,85	1996	-0,49	1998	Połowa 2001
7	K.	11	1999	0,37	1999	0,37	1999	2002
8	Wa.	342	1995	-0,90	1994	0,73	1995	1997
9	Kolektor „B.”	-	-	-	-	-	-	-
10	Kolektor R.	486	1997	-0,99	1994	-0,58	1997	Połowa 2000
11	G.	5	1993	0,04	1993	0,04	1993	-

Objaśnienia do tabeli:

W<sub>końc. max.</sub> - maksymalna, końcowa wartość osiadania obliczona dla danego ciągu

T<sub>1</sub> - czas prowadzenia ostatniej eksploatacji wywołującej deformacje (osiadania) danego ciągu

E<sub>a1 max.</sub> - maksymalna wartość odkształcenia poziomego w kierunku ciągu

T<sub>2</sub> - okres prowadzenia eksploatacji, wywołującej maksymalne odkształcenia poziome w kierunku danego ciągu

E<sub>a1 końc.</sub> - maksymalna, końcowa wartość odkształceń poziomych obliczona dla danego ciągu, w kierunku związanym z jego długością

T<sub>3</sub> - okres prowadzenia ostatniej eksploatacji wywołującej odkształcenia poziome końcowe danego ciągu, przy czym T<sub>3</sub> = T<sub>1</sub>

T<sub>4</sub> - czas zaniku wpływów na dany ciąg eksploatacji górniczej.

## 5. Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych, w ramach niniejszej pracy, analiz warunków geologiczno-górnich, wyników pomiarów geodezyjnych oraz obliczeń można stwierdzić, co następuje:

1. Zaprezentowany sposób dokonywania analizy wpływów dokonanej eksploatacji górniczej na obiekty (na przykładzie sieci wodno-kanalizacyjnej) może być stosowany w przypadku braku wyników pomiarów geodezyjnych lub przy ich prowadzeniu w niewystarczającym zakresie.
2. Propozycja obejmuje obliczenie wartości wskaźników deformacji dla kolejnych lat prowadzenia robót górniczych, celem określenia maksymalnych wartości wskaźników



deformacji, a także określenia czasu ich wystąpienia i czasu zaniku ruchów powierzchni terenu. Na tej podstawie określić można najbardziej prawdopodobny czas wystąpienia ewentualnych awarii sieci spowodowanych wpływami eksploatacji górniczej. Można go wiązać z okresem występowania maksymalnych wartości odkształceń poziomych w kierunku długości ciągów. Moment występowania maksymalnych wartości odkształceń, w świetle dotychczasowych doświadczeń, ma miejsce niedługo po dokonaniu eksploatacji, wywołującej te odkształcenia, czyli po czasie  $T_2$ . Można również stwierdzić, czy w okresie powstania awarii ciąg poddany był oddziaływaniu eksploatacji górniczej, a co za tym idzie, czy awaria jest związana z tą eksploatacją?

3. Analizy dokonane w powyższy sposób, wzbogacone o dokumentujący je materiał w postaci szczegółowych wyników obliczeń i ilustrujących je wykresów wskaźników deformacji, mogą stanowić podstawę do dalszych szczegółowych analiz prowadzonych przez specjalistów z zakresów budownictwa na terenach górniczych czy też, jak w tym przypadku, inżynierii sanitarnej.

## Literatura

1. Chudek M.: *Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2002.
2. Praca zbiorowa pod red. M. Chudka: *Ochrona środowiska w Górnym Śląsku i Donieckim Zagłębiu Węglowym*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2003.
3. Praca zbiorowa pod red. J. Kwiatka: *Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych*. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa. Katowice 1997.
4. Strzałkowski P.: *Czas trwania ruchów górotworu i zasięg deformacji w likwidowanych kopalniach*. Przegląd Górniczy, nr 4/2000, s. 18-22.
5. Ścigała R., Strzałkowski P.: *Software for predictions of underground mining influences on the land surface and rock mass*. Międzynarodowa Konferencja Geotechnika 2000. Słowacja. Tatry Wysokie, październik 2000, s. 158-160.
6. Zych J., Drzęźła B., Strzałkowski P.: *Prognozowanie deformacji powierzchni terenu pod wpływem eksploatacji górniczej*. Skrypt Politechniki Śląskiej, nr 1684. Gliwice 1993.

**Abstract**

Reserves of coal are located in Upper Silesia Basin under high urbanised areas. Despite a lot of care taken in extraction planning taking into account rules of influences minimisation, damages caused by underground mining arise very often. These damages result in inconveniences for their operational use. Damages are very often concerned with underground structures as pipeline grids, sewerage systems and others.

Damages to some structures are caused not only by the underground extraction influences – there are situations, when they are tied with other, non-mining causes, but users of these structures usually bring actions against mines for loss. There are lot of cases, where claims are unfounded. Situation is more complicated when deformation measurements are unavailable. The proposal of analysis of mining extraction influences on surface structures on the example of sewerage system. This proposal relates to cases, when results of geodetic measurements from considered area are unavailable.