

Marek KRUCZKOWSKI
Politechnika Śląska, Gliwice

WPLYW CZĘSTOTLIWOŚCI WYKONYWANIA POMIARÓW GEODEZYJNYCH NA OBLICZONE WARTOŚCI PRĘDKOŚCI OSIADANIA PUNKTÓW

Streszczenie. W artykule przedstawiono wpływ interwału czasowego pomiędzy dwoma cyklami pomiarowymi na wartości prędkości narastania deformacji. Zasyulowano zmianę długości interwału pomiędzy pomiarami deformacji na podstawie pomiarów wykonywanych średnio co 1 – 2 dni.

THE EFFECT OF SURVEY FREQUENCY ON VALUES OF SUBSIDENCE RATE

Summary. The effect of interval of time between surveys on values of rate subsidence change has been presented in the paper. Simulation of interval change between surveys has been done on base of everyday and two days surveys.

1. Wprowadzenie

Szczególne miejsce w ostatnich latach w dziedzinie ochrony terenów górniczych zajmuje wpływ dynamiki eksploatacji na powierzchnię terenu. Na dynamikę eksploatacji składają się następujące czynniki: dobową prędkość przesuwania się frontu eksploatacji, zmiany prędkości przesuwania się frontu eksploatacji, postoje frontu eksploatacji (szczególnie sobotnio–niedzielne) oraz czas ich trwania. Wszystkie wymienione elementy mają wpływ na rozkład deformacji w funkcji czasu. Powyższe przyczyny powodują, że rozkład i wielkość dobowych przyrostów deformacji są inne niż dotychczas sądzono. Pierwszym istotnym zagadnieniem był czas ujawniania się wpływów zatrzymań frontu eksploatacji. Pojawiły się tutaj dwa rozbieżne poglądy: wpływy zatrzymania frontu ujawniają się z opóźnieniem

kilkutygodniowym [4, 5] oraz wpływy ujawniają się natychmiastowo lub prawie natychmiastowo na powierzchni (jeden, dwa dni) [1, 3, 8, 9, 10]. Wyniki pomiarów geodezyjnych świadczą, że pogląd drugi jest bliższy prawdy, co wykazano w pracy [1]. Kolejnym istotnym zagadnieniem jest opracowanie wytycznych dotyczących odstępu czasu pomiędzy kolejnymi pomiarami nad przesuwającym się frontem eksploatacyjnym ze zmienną prędkością z postojami. Rozkład prędkości osiadania punktu obliczony z pomiarów wykonywanych codziennie odbiega znacznie od prędkości osiadania obliczonej z pomiarów wykonywanych np. w odstępach tygodniowych. Pomiary wykonywane przez działy miernicze kopalń lub zlecone firmom prywatnym prowadzone są z różną częstotliwością i obejmują odstępy czasu między pomiarami od kilku dni do roku.

Niniejszy artykuł przedstawia problem rozkładu prędkości osiadania w zależności od interwałów pomiędzy cyklami pomiarowymi.

2. Prędkości osiadania punktu jako funkcja długości interwału czasowego pomiędzy cyklami pomiarów geodezyjnych

Źródłem informacji o wielkościach i rozkładzie deformacji na powierzchni są pomiary geodezyjne. Wyniki analiz pomiarów geodezyjnych stanowią podstawę do podejmowania dalszych działań związanych z projektowaniem eksploatacji górniczej oraz ochroną terenu górniczego przed niekorzystnymi skutkami wybierania złóż. Istotnym elementem prawidłowo prowadzonych obserwacji powinien być odstęp czasu prowadzenia obserwacji geodezyjnych. W pracach [2, 7] przedstawiono wzór empiryczny (1) na odstęp czasu pomiędzy kolejnymi pomiarami

$$t = \frac{w_0 r}{0,6 w_{\max} v} \quad (1)$$

gdzie:

w_0 – założony maksymalny odstęp osiadania punktu między kolejnymi pomiarami, mm,

r – promień zasięgu wpływów głównych, m,

v – postęp frontu eksploatacyjnego, m/d,

w_{\max} – maksymalne osiadanie punktu, mm.

W przypadku gdy na powierzchni nie powstanie pełna niecka osiadania, należy zastosować wzór (2)

$$t = \frac{w_0 r}{0,6 w_k v} \quad (2)$$

gdzie:

$$w_k = \operatorname{ag} \left(1 - e^{-\sqrt{2} \frac{d}{r}} \right) \quad (3)$$

d – szerokość frontu eksploatacyjnego, m.

W artykule rozpatrzono przypadek osiadania jednego punktu obserwacyjnego nr 60 znajdującego się nad szybko przesuującą się eksploatacją ścianową (maksymalny dobowy postęp frontu wynosił 12 m/dobę – ściana 1002 KWK „Staszic”). Wykres (rys. 1) osiadania tego punktu opracowano na podstawie pomiarów geodezyjnych wykonanych z różną częstotliwością, przy czym w okresie od 17.09.1992 r. do 14.11.1992 r. pomiary były prowadzone w odstępach czasowych jedno-, dwudniowych.

Na rys. 1 linią przerywaną zaznaczono wykres osiadań tego punktu pomiarowego nr 60, gdyby pomiary były wykonywane w odstępach około czterotygodniowych. Pomiary krótkookresowe wykazały wpływ zatrzymań frontu na proces osiadania powierzchni w postaci charakterystycznych stopni na krzywej osiadania w czasie. W przypadku krzywej dla pomiarów wykonywanych co cztery tygodnie omówionego wpływu zmiennego postępu frontu nie można było zaobserwować. Pостоje frontu (2 dni) są zbyt krótkie dla pomiarów czterotygodniowych, aby ujawnić się na krzywej osiadania. Badania przeprowadzone dla rejonu o podobnych warunkach geologiczno-górnicych (linia 3 nad eksploatacją KWK „Staszic”) [6] pokazały, że dopiero kilkudniowa przerwa w eksploatacji może ujawnić się jako spadek średniej prędkości osiadania punktu wyznaczonej dla dłuższego interwału pomiędzy pomiarami.

Dla omawianego punktu obliczono prędkości osiadania z pomiarów, a następnie skorelowano je z wartościami dobowego postępu frontu eksploatacyjnego, co przedstawia rys.

2. Wartość prędkości osiadania obliczono z pomiarów wg wzoru (4):

$$\frac{\Delta w}{\Delta t} = \frac{w_n - w_{n-1}}{t_n - t_{n-1}} \quad (4)$$

gdzie:

w_n – wartość osiadania w n – tym pomiarze [mm],

w_{n-1} – wartość osiadania w $n-1$ pomiarze [mm],

$t_n - t_{n-1}$ – przyrost czasu pomiędzy dwoma kolejnymi pomiarami [doba].

Na rys. 2a zaznacza się wyraźna zależność pomiędzy zatrzymaniami postępu frontu a wartościami prędkości osiadania. Spadki prędkości osiadania w przypadku omawianego punktu odpowiadają zatrzymaniom frontu.

Kolejnym krokiem analizy była symulacja pomiarów geodezyjnych w celu określenia wpływu odstępów czasu między pomiarami na wartość prędkości osiadania. Obliczenia wykonano dla okresu, gdy pomiary były prowadzone z dużą częstotliwością. Analizę oparto na odrzuceniu pomiarów wykonywanych w odstępach jedno-, dwudniowych pomiędzy założonymi do obliczeń pomiarami osiadań sumarycznych. Symulację wykonano dla następujących przyjętych przez autora odstępów czasu między pomiarami: tygodniowych, dwutygodniowych, trzytygodniowych, czterotygodniowych i pięcioletniowych. Ponieważ pomiary wykonywano w nieregularnych odstępach jedno- i dwudniowych, dlatego odstępów czasu pomiędzy pomiarami przyjęto jako przybliżone dla danej długości okresu i umownie określono jako okres „średni”. Obliczono również wartości maksymalnych prędkości osiadania dla okresów dwu- i czterodniowych, co przedstawiono w tabeli 2. Dodatkowo w cyklach tygodniowych, trzytygodniowych i czterotygodniowych rozpatrzono dwa warianty potencjalnych pomiarów geodezyjnych:

1. Przyjęto, że pomiary wykonywano w odstępach tygodniowych/trzytygodniowych/czterotygodniowych, przy czym pierwszy pomiar dla okresu tygodniowego/trzytygodniowego/czterotygodniowego jest pierwszym pomiarem obserwacji wykonywanych co jeden – dwa dni,
2. Przyjęto, że pomiary wykonywano w odstępach tygodniowych/trzytygodniowych/czterotygodniowych, przy czym do poprzedniego długiego okresu między pomiarami dodano wartości osiadań dla dwóch dni/jednego dnia/siedmiu dni z pomiarów wykonywanych codziennie.

Wyniki powyższych obliczeń przedstawiono na rys. od 3 do 7. Analizując wyniki symulacji, w przedziale pomiarów wykonywanych z dużą częstotliwością, zaznacza się znaczny spadek maksymalnej wartości prędkości osiadania wraz ze wzrostem interwału pomiędzy kolejnymi pomiarami. Zbliżona wartość prędkości osiadania w przypadku pomiarów tygodniowych i dwutygodniowych wynika z tego, że różnica pomiędzy wartościami prędkości osiadania obliczonymi dla pomiarów tygodniowych dla dwóch sąsiadujących okresów jest niewielka, co rzutuje na wartość prędkości osiadania wyznaczone dla cyklu dwutygodniowego.

Tabela 1 i rys. 8 przedstawiają zmiany wartości prędkości osiadania w funkcji odstępów czasu między pomiarami.

Tabela 1

Zależność pomiędzy odstępem czasu między pomiarami a maksymalną wartością prędkości osiadania wyznaczoną z pomiarów

Odstęp czasu między pomiarami [dni]	1	2	4	7	14	22	27	34
Maksymalna wartość prędkości osiadania obliczona z pomiarów ¹ [mm/dobę]	53,0	43,5	24,0	20,9	20,6	17,1	15,6	13,7

¹ – dotyczy okresu gdy pomiary były wykonywane w odstępach jedno-, dwudniowych

Z tabeli 1 wynika, że: wartości maksymalnych prędkości osiadania zależą od odstępu czasu między pomiarami. Postanowiono w tym celu sprawdzić funkcję potęgową postaci (5):

$$y = ax^b \tag{5}$$

gdzie:

a i b – stałe

Przy zastosowaniu regresji liniowej uzyskano następujące wartości współczynników a i b:

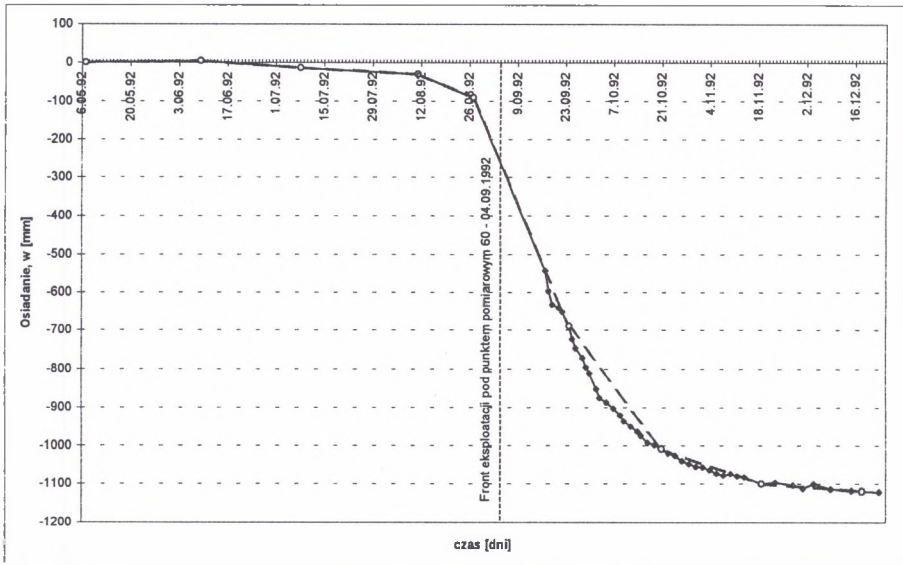
$$a = 49,342$$

$$b = -0,3618$$

$$y = 49,342 t^{-0,3618} \tag{6}$$

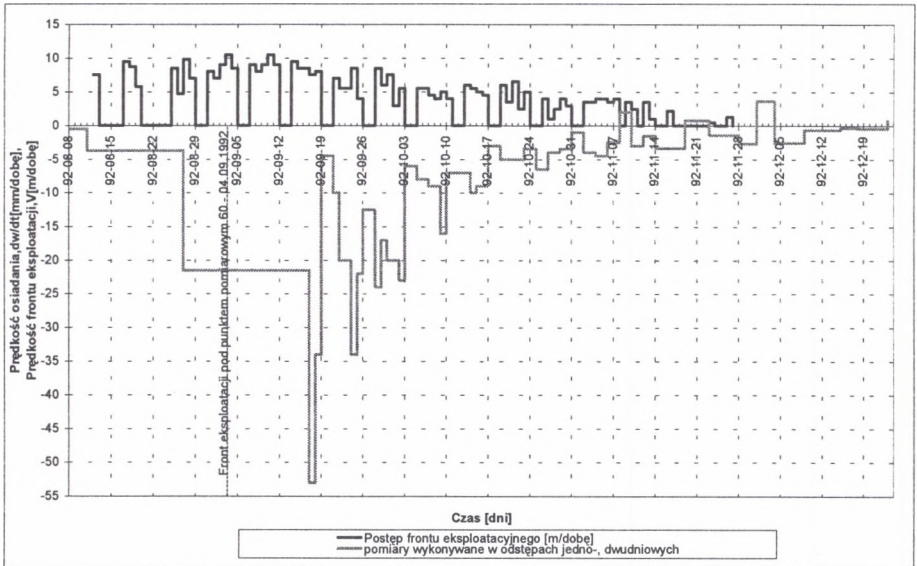
współczynnik korelacji - $R^2 = 0,936$

Wartość współczynnika korelacji świadczy o słuszności przyjętego równania (5).

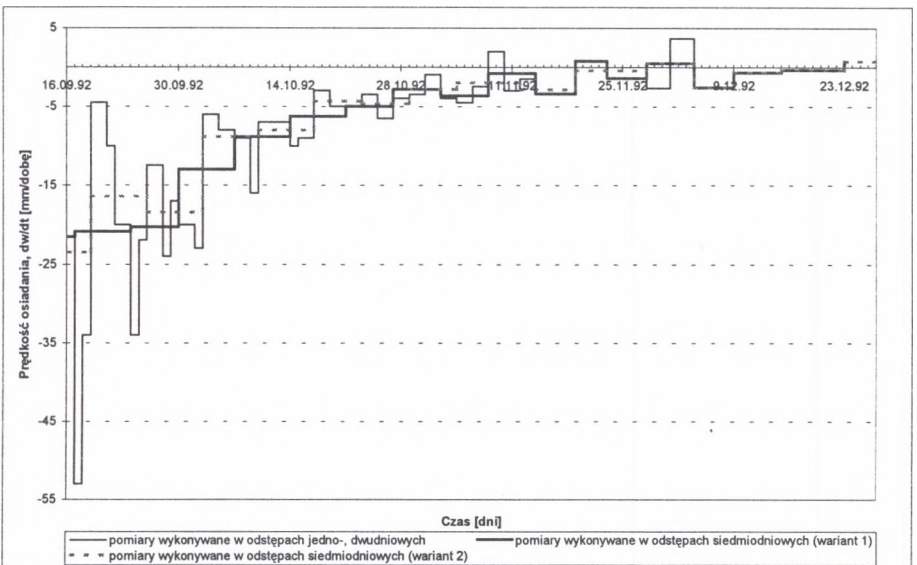


Rys. 1. Osiadanie punktu pomiarowego nr 60 w czasie „zagęszczone” zaznaczono linią ciągłą, pomiary wykonywane co 4 tygodnie (przerzywaną)

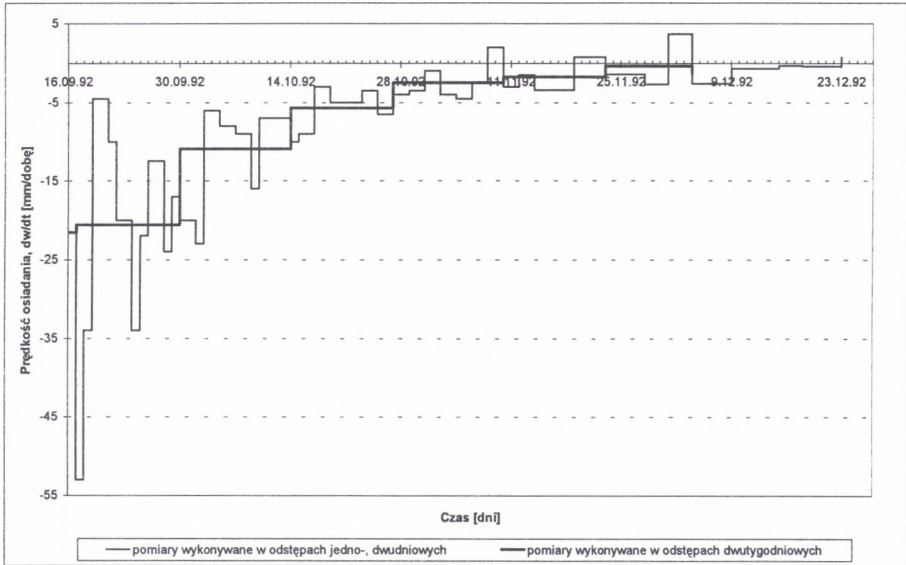
Fig. 1. Time-subsidence curve for 60 observation station (measurements done for one and two days periods – solid line, 60 measurements done for four weeks periods – dot line)



Rys. 2. Prędkość osiadania punktu pomiarowego nr 60 i postęp frontu ściany 1002
 Fig. 2. The rate of subsidence change for 60 observation station and rate of face advance

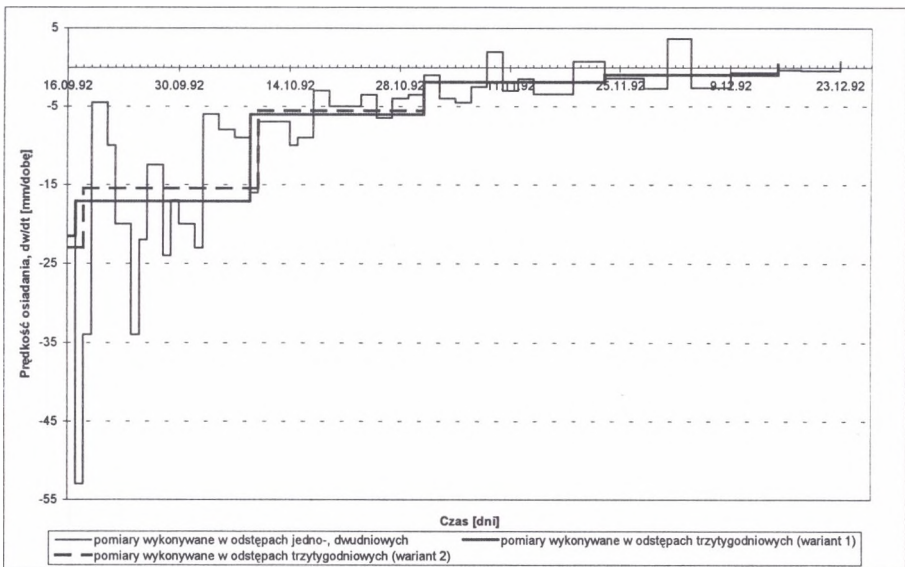


Rys. 3. Prędkości osiadania obliczone dla pomiarów jedno-, dwudniowych i dla pomiarów wykonywanych w odstępach tygodniowych
 Fig. 3. The rate of subsidence change calculated for everyday and two days interval between surveys and for one week interval between surveys



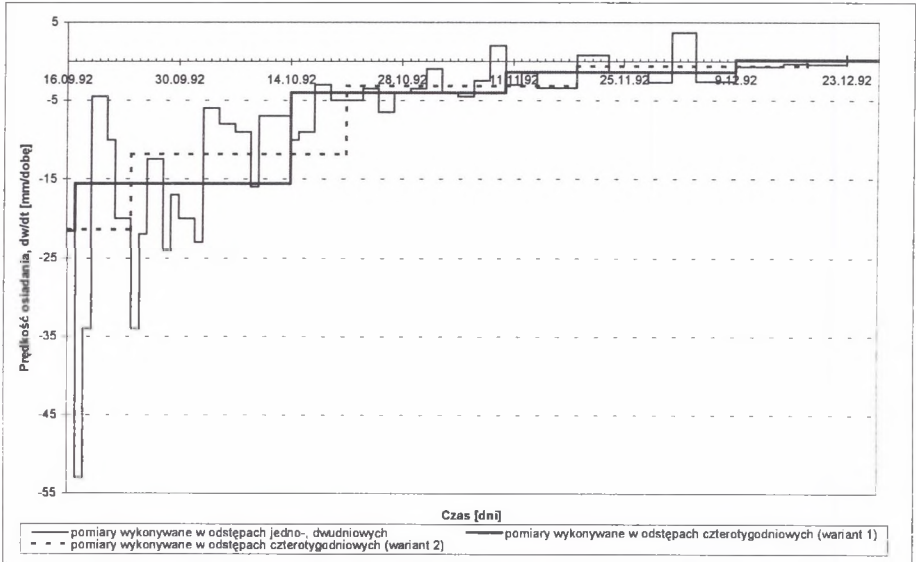
Rys. 4. Prędkości osiadania obliczone dla pomiarów jedno-, dwudniowych i dla pomiarów wykonywanych w odstępach dwutygodniowych

Fig. 4. . The rate of subsidence change calculated for everyday and two days interval between surveys and for two weeks interval between surveys



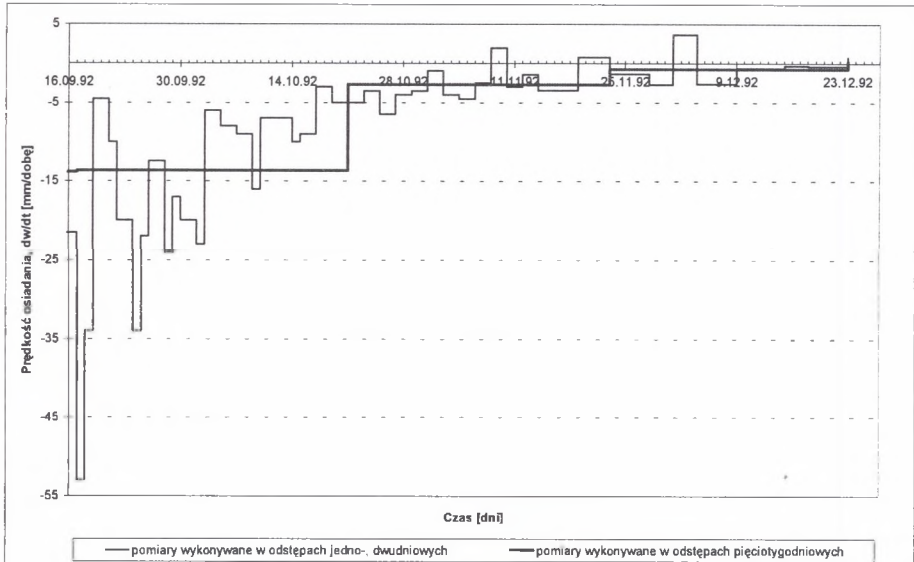
Rys. 5. Prędkości osiadania obliczone dla pomiarów jedno-, dwudniowych i dla pomiarów wykonywanych w odstępach trzytygodniowych

Fig. 5. The rate of subsidence change calculated for everyday and two days interval between surveys and for three weeks interval between surveys



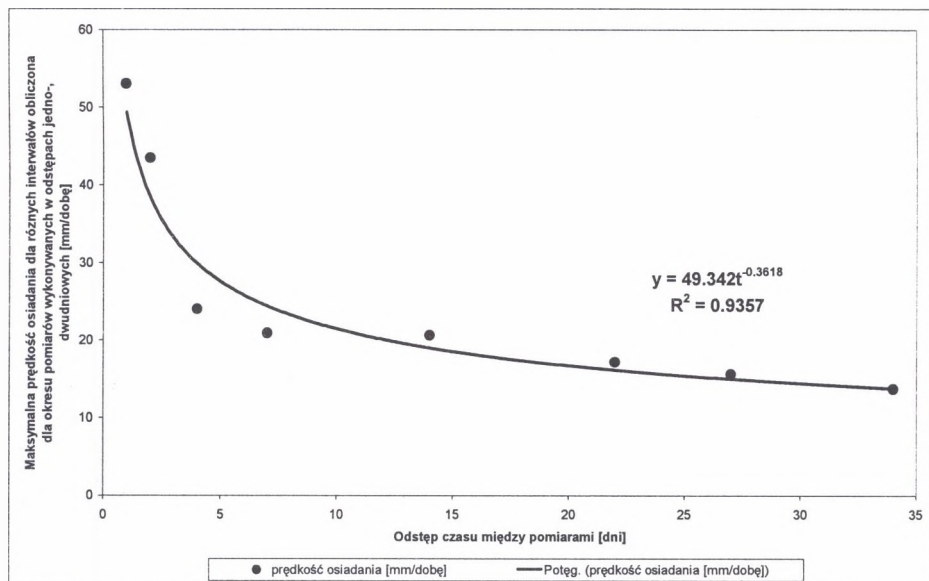
Rys. 6. Prędkości osiadania obliczone dla pomiarów jedno-, dwudniowych i dla pomiarów wykonywanych w odstępach czterotygodniowych

Fig. 6. The rate of subsidence change calculated for everyday and two days interval between surveys and for four weeks interval between surveys



Rys. 7. Prędkości osiadania obliczone dla pomiarów jedno-, dwudniowych i dla pomiarów wykonywanych w odstępach pięcioletniowych

Fig. 7. The rate of subsidence change calculated for everyday and two days interval between surveys and for five weeks interval between surveys



Rys. 8. Zależność pomiędzy odstępem czasu między pomiarami a maksymalną prędkością osiadania

Fig. 8. The dependence between survey time interval and maximal rate of subsidence change

3. Wnioski

Po przeanalizowaniu wyników obliczeń prędkości osiadań można przedstawić następujące wnioski:

1. Zmiany w postępie frontu eksploatacyjnego, a szczególnie postoje frontu eksploatacyjnego ujawniają się na powierzchni natychmiastowo. Postoje frontu na powierzchni ujawniają się w postaci znacznych spadków prędkości osiadania punktów, co jest zgodne z obserwacjami prowadzonymi przez innych badaczy [2, 6, 10, 11].
2. W celu dokładnego poznania procesu osiadania i rzeczywistych wartości dobowych prędkości osiadania punktów należy pomiary geodezyjne prowadzić w miarę możliwości w jak najkrótszych interwałach czasowych.
3. Długie interwały czasowe pomiędzy kolejnymi cyklami powodują spadki wartości prędkości osiadania punktów, które są liczone jako średnie dla coraz dłuższych okresów.
4. Omawiany problem wymaga przeprowadzenia dalszych analiz w celu potwierdzenia słuszności wzoru (5).

LITERATURA

1. Cygan J., Gustkiewicz J., Knothe S., Rogowska J., Popiołek E.: Wstępne wyniki badań nad szybkością ujawniania się wpływów przestojów frontów eksploatacji. Materiały konferencyjne Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2002, Kraków 2002, s. 191 – 211.
2. Dziura T.: Zasady projektowania linii obserwacyjnych dla pomiarów ruchów powierzchni wywołanych podziemną eksploatacją górnictwem. Zeszyt Naukowy Pol. Śl. s. Górnictwo z. 78, Gliwice 1977, s. 93 – 107.
3. Dżęgniuk B., Sroka A.: Prędkość i przyspieszenie procesu osiadania w aspekcie przerw w prowadzeniu eksploatacji górnictwem. Prace Naukowe GIG. Seria: Konferencje nr 41 „Problemy Ochrony Terenów Górniczych”. Katowice 2002, s. 105 – 110.
4. Kowalski A.: Funkcja czasu do prognozowania nieustalonych deformacji powierzchni spowodowanych eksploatacją frontem ścianowym z przerwami. Prace Naukowe GIG. Seria: Konferencje nr 30. V Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych. Katowice 1999, s. 132 – 141.
5. Kowalski A., Sobczyk J.: Deformacje powierzchni i prędkość ich narastania nad przemieszczającym się frontem ścianowym na podstawie pomiarów i teorii. Konferencja naukowo–techniczna VI Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych. Ustroń 2001, s. 219 – 231.
6. Kruczkowski M.: Prędkość osiadania punktów obserwacyjnych w świetle pomiarów geodezyjnych. Materiały konferencyjne X Jubileuszowego Sympozjum Geotechnika–Geotechnics 2002, Ustroń 2002, s. 295 – 303.
7. Skinderowicz B.: Częstość wykonywania pomiarów odkształceń powierzchni wywołanych eksploatacją złóż pokładowych. Przegląd Górniczy nr 2, 1970, s. 83 – 86.
8. Sroka A.: Dynamika eksploatacji górnictwem z punktu widzenia szkód górniczych. Studia, Rozprawy, Monografie nr 58. Wydawnictwo IGSMiE PAN. Kraków 1999, s. 67 – 80.
9. Sroka A.: Ciągłe pomiary przemieszczeń punktów powierzchni – ich znaczenie z punktu widzenia szkód górniczych, mechaniki górotworu i sejsmiki indukowanej. Materiały konferencyjne XXV Zimowej Szkoły Mechaniki Górotworu. Kraków 2002, s. 621 – 635.
10. Zych J.: Wpływ postępu frontu eksploatacyjnego na przebieg osiadania w czasie. Międzynarodowa Konferencja V Jubileuszowa Szkoła Geomechaniki, Gliwice–Ustroń 2001, s. 561 – 578.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Marian Kawulok

Abstract

The effect of rate of face advance with face stoppage on observation station was presented in the paper. Weekend face stoppage were clearly correlated in the time - subsidence curve. Very important for suitable assessment that influence was the survey particularly interval between following surveys. Long time periods between following

surveys didn't indicated that face stoppage influence on land surface was direct. "Continuous" surveys (everyday-survey) only solved this problem.

Presented research was based on surveys for coal mine "Staszic". Subsidence and rate of subsidence change with time as a results of stoppage was analysed for different time periods between following surveys. Extreme rate of subsidence change with time decreased as function interval between following surveys.