

Henryk BADURA  
Politechnika Śląska, Gliwice

## ZASTOSOWANIE TEORII SZEREGÓW CZASOWYCH DO PROGNOZY KRÓTKOTERMINOWEJ METANOWOŚCI

**Streszczenie.** W artykule omówiono rezultaty podjętej próby opracowania metodyki krótkoterminowej prognozy metanowości ścian na podstawie teorii szeregów czasowych. Prognoza taka mogłaby być wykorzystana do bieżącej korekty profilaktyki przeciwmietanowej. Po krótkim wprowadzeniu do teorii szeregów czasowych omówiono warunki naturalne oraz przewietrzanie rejonu ściany, której artykuł dotyczy, a następnie dokonano jego wstępnej analizy pomiarów, wskazując na sezonowe wahania metanowości rejonu ściany. Dla początkowego okresu eksploatacji ściany dokonano analizy kilku dwutygodniowych prognoz wykonanych z użyciem metod addytywnych i multiplikatywnych na podstawie pomiarów trój- i dwutygodniowych, a także wykonano prognozę maksymalnych wartości metanowości w danym tygodniu. Omówiono również rezultaty prognoz wykonanych dla 32 okresów dwutygodniowych.

## THE APPLICATION OF THE TIME SERIES THEORY FOR SHORT – TERM PROGNOSIS OF METHANE QUANTITY

**Summary.** In paper the author presented the results of the undertaken trial of worked out method of short-term prognosis of methane quantity based on the time-series theory. The prognosis could be applied for a current correction of anti-methane prevention.

After short introduction in the time series theory the author described natural conditions and ventilation problems in the longwall. Then the initial analysis of the measurements was done and it gave the information about the seasonal fluctuations of the methane quantity in the longwall. In the initial period of the longwall exploitation, some two-week analyses of prognosis were done based on additive and multiplicative methods on the three-week and two-week measurements. As a result the maximal values of methane quantity were determined in the analysed week. The author also described the results of the prognoses done for 32 two-week periods.

## 1. Wstęp

W kopalniach metanowych istotną rolę w planowaniu właściwej wentylacji i zwalczaniu zagrożenia metanowego odgrywają prognozy metanowości wyrobisk, szczególnie metanowości ścian. Prognozy metanowości były przedmiotem pracy wielu badaczy i uczonych zarówno w Polsce, jak i za granicą. Poglądy badaczy i opracowane metody wykonywania prognozy w wielu przypadkach istotnie się od siebie różnią. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest różnorodność warunków naturalnych i technicznych zagłębi węglowych lub ich części, w których były wykonywane badania, dostępne środki badawcze, a także indywidualne doświadczenia poszczególnych badaczy. W Polsce od wielu lat stosuje się dwie metody, znane powszechnie pod nazwami prognozy wprowadzonej instrukcją Ministerstwa Górnictwa oraz metodę Kopalni Doświadczalnej „Barbara”. Od pewnego okresu stosuje się również tzw. prognozy autorskie, sygnowane przez badaczy zajmujących się tym problemem.

Istotą każdej prognozy są problemy związane z degazacją pola ścianowego, a także warstw skalnych sąsiadujących ze ścianą oraz dokładność oznaczeń parametrów charakteryzujących stosunki gazowe w górotworze. Pomiary parametrów gazowych są kosztowne, obarczone dość dużym błędem oraz zmienne w czasie na skutek częściowej degazacji górotworu spowodowanej wykonaniem wyrobisk górniczych. Aby określić, czy wykonana określoną metodą prognoza odpowiada rzeczywistości lub czy jest wystarczająco dokładna, należy zweryfikować praktycznie wiele prognoz, wykonanych dla różnych warunków górniczych i geologicznych. Jest to zadanie trudne do praktycznego wykonania i wymaga wykonania i opracowania bardzo dużej liczby pomiarów wentylacyjnych i metanowych.

Z powyższego wynika, że każda prognoza metanowości jest obciążona błędem trudnym do określenia zarówno w momencie jej sporządzania (przed eksploatacją ściany), jak i w czasie, a nawet po eksploatacji ściany.

Obecnie w kopalniach pracuje coraz więcej systemów monitorowania prędkości powietrza i stężenia metanu w powietrzu wykorzystujących komputerową rejestrację mierzonych parametrów. Dzięki wprowadzeniu oprogramowania, pozwalającego na tworzenie tekstowych zbiorów z danymi pomiarowymi, wyniki pomiarów mogą być wykorzystane do sprawdzania dokładności prognoz metanowości, a także mogą być podstawą do opracowania krótkoterminowych, bieżących prognoz metanowości ścian. W niniejszym artykule

przedstawiono propozycję wykorzystania teorii szeregów czasowych do tworzenia krótkoterminowych prognoz metanowości ściany.

## 2. Szeregi czasowe i prognozowanie

Szeregiem czasowym nazywa się uporządkowany zbiór obserwacji statystycznych, charakteryzujących zmiany poziomu określonego zjawiska w czasie [1, 2, 3]. Poszczególne obserwacje nazywa się wyrazami szeregu.

Wartości szeregu czasowego są w pewnym stopniu zdeterminowane, a w pewnym losowe. Dlatego szereg czasowy przedstawia się zazwyczaj jako sumę

$$y_t = f(t) + \varepsilon_t,$$

gdzie:

$f(t)$  – pewna nielosowa funkcja czasu nazywana trendem,

$\varepsilon_t$  – zmienna losowa o średniej równej zero i wariancji  $D(\varepsilon_t)$ .

Trend jest składnikiem zdeterminowanym i charakteryzuje wpływ pewnych stale działających czynników na poziom zjawiska. Linia trendu cechuje się płynnym, nieprzerwanym przebiegiem. Zmiany skokowe poziomu obserwowanego zjawiska nie są w niej uwidocznione, choć mają one wpływ na parametry funkcji trendu.

W wielu dziedzinach techniki lub gospodarki trend może być stały przedziałami czasu. Oznacza to, że po upływie pewnego czasu funkcja trendu przyjmie inną postać, aby pozostać stałą również tylko przez pewien okres.

Składnik  $\varepsilon_t$  jest składnikiem losowym szeregu czasowego i wyraża on wpływ działania czynników zakłócających na poziom zjawiska.

Istnieją szeregi czasowe charakteryzujące się tzw. wahaniami sezonowymi. Do zjawisk sezonowych należą takie zjawiska, w których występuje stały cykl zmian, powtarzający się z pewną większą lub mniejszą regularnością, np. co tydzień, co dziesięć dni, co miesiąc itp. Wahania sezonowe mogą być niezależne od wartości funkcji trendu lub być do niej proporcjonalne. W pierwszym przypadku mówimy o modelu addytywnym, a w drugim o modelu multiplikatywnym.

W modelu addytywnym szereg czasowy można przedstawić jako sumę trzech składników:

$$y_t = f(t) + v(t) + \varepsilon_t,$$

gdzie:

$f(t)$  – tendencja rozwojowa (trend),

$v(t)$  – wahania krótkookresowe (sezonowe),

$\varepsilon_t$  – wahania przypadkowe.

W modelu multiplikatywnym szereg czasowy można przedstawić za pomocą równania:

$$y_t = f(t) \cdot v(t) + \varepsilon_t,$$

gdzie:

$v(t)$  – wahania krótkookresowe (sezonowe), wyrażone jako część wartości funkcji trendu  $f(t)$ .

Wyrazy szeregu czasowego są od siebie zależne [2].

W celu poznania zależności pomiędzy wartościami szeregu czasowego stosuje się funkcję autokorelacji  $r_y(\tau)$ , która jest zbiorem współczynników korelacji, przedstawiających związek pomiędzy wyrazami danego szeregu czasowego a wyrazami tego samego szeregu przesuniętymi w stosunku do szeregu badanego o  $\tau$  jednostek czasowych. Wartość przesunięcia  $\tau$  określana jest mianem wskaźnika przesunięcia lub rzędu autokorelacji.

Wartości funkcji autokorelacji określa wzór:

$$r_y(\tau) = \frac{(n - \tau) \sum_{t=1}^{n-\tau} y_t y_{t+\tau} - \sum_{t=1}^{n-\tau} y_t \sum_{t=1}^{n-\tau} y_{t+\tau}}{\sqrt{\left[ (n - \tau) \sum_{t=1}^{n-\tau} y_t^2 - \left( \sum_{t=1}^{n-\tau} y_t \right)^2 \right] \left[ (n - \tau) \sum_{t=1}^{n-\tau} y_{t+\tau}^2 - \left( \sum_{t=1}^{n-\tau} y_{t+\tau} \right)^2 \right]}}$$

Dla wielu dziedzin techniki i gospodarki ważne są spodziewane wartości wskaźnika obrazującego rozwój jakiegoś zjawiska. Na tej podstawie podejmowane są decyzje mające na celu optymalne wykorzystanie tendencji rozwojowych zjawiska lub wywieranie wpływu na zmianę tendencji zjawiska, lub zapobiegnię niepożądanym jego skutkom. Prognozowanie polega na przewidywaniu przyszłych wartości szeregu czasowego na podstawie wartości obecnej oraz wartości przeszłych. Dokładność prognozy zależy od dokładności poznania reguł, według których generowane są wartości szeregu czasowego, niezmienności tych reguł w czasie oraz od aktywności czynników zakłócających przebieg szeregu czasowego.

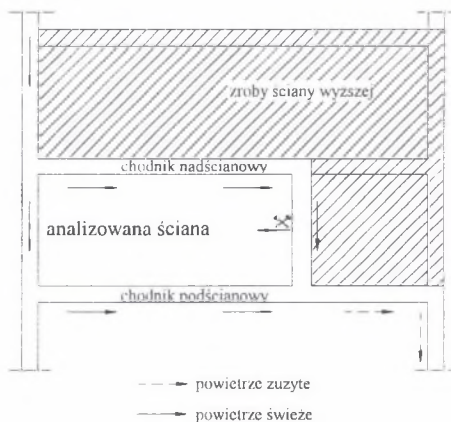
Stosowanych jest wiele metod służących do poznania reguł generowania wartości szeregu. Nie istnieje jednak metoda uniwersalna, skuteczna dla wszystkich szeregów czasowych. Toteż prognozowanie wartości szeregu jest sprawą w znacznej mierze autorską, uzależnioną

od wiedzy, umiejętności i spostrzegawczości prognosty, a także od możliwości określenia przyszłych wartości czynników wpływających na mechanizm generowania wartości szeregu.

### 3. Warunki naturalne i górnice ściany

Ściana, której dotyczy zebrany materiał pomiarowy, była zlokalizowana w pokładzie o miąższości od 2,4 do 2,9 m. W stopnie pokładu zalega warstwa łupku ilastego, miejscami zapiaszczonego, o grubości od 2,2 m do 8,0 m, a nad nią warstwa piaskowca o grubości od 0,4 m do 7,0 m. Powyżej, do około 100 m nad pokładem, zalegają na przemian warstwy łupku ilastego, łupku zapiaszczonego oraz warstwy piaskowca. Pomiędzy tymi warstwami występują pokłady węgla o grubości od 0,1 do 0,6 m. W spągu pokładu zalegają warstwy łupku ilastego przedzielone warstwami łupku zapiaszczonego oraz warstwy piaskowca. Pomiędzy nimi występują pokłady węgla o miąższości od 1,0 m do 1,2 m. Pokład posiada nachylenie od  $1^{\circ}$  do  $11^{\circ}$ .

Omawiana ściana była drugą ścianą w polu eksploatacyjnym. Eksploatację ściany prowadzono ze skracaniem środków odstawy (od granicy pola eksploatacyjnego), systemem podłużnym, z zawałem stropu. Zroby ściany sąsiedniej graniczyły bezpośrednio z chodnikiem nadścianowym przedmiotowej ściany. W sąsiednich pokładach eksploatacji nie prowadzono.



Rys. 1. Szkic sytuacyjny omawianej ściany

Fig. 1. The situational scheme of the analysed longwall



Wentylacja ściany odbywała się w układzie Y (rys. 1), przy czym powietrze świeże dopływało do ściany chodnikiem nadścianowym. Przewietrzanie samej ściany było homotropowe. Powietrze zużyte, po doświeżeniu na skrzyżowaniu ściany i chodnika podścianowego, kierowane było chodnikiem podścianowym do pochylni znajdującej się na granicy pola eksploatacyjnego od strony zrobów. Taki układ przewietrzania powodował wprawdzie dopływ metanu ze zrobów ściany wyższej do powietrza świeżego, lecz jednocześnie nie występowała strefa zawyżonych stężeń metanu na wylocie ze ściany, a przenośniki transportujące urobek znajdowały się w prądzie powietrza świeżego. Układ wentylacyjny pozwalał także na odmetanowanie bieżące ściany otworami wierconymi z chodnika podścianowego przed czołem ściany, otworami wykonywanymi z chodnika podścianowego ponad zrobów ściany oraz otworami wykonanymi ponad zrobów ściany w sąsiedztwie powierzchni ścianowej. Dzięki temu efektywność odmetanowania wynosiła od 40% do 50%.

#### 4. Dane pomiarowe

Pomiary stężenia metanu wykonywane były w sposób automatyczny czujnikami umieszczonymi na wlocie do ściany, wylocie ze ściany oraz na wylocie z rejonu. Na podstawie tych pomiarów obliczono wartości średnie stężenia metanu. Wykonywano również codzienne pomiary natężenia powietrza w chodniku nadścianowym, podścianowym i na wylocie z rejonu. Na podstawie tych pomiarów obliczono metanowość ściany i rejonu.

Codziennie mierzono również ilość metanu ujmowanego systemem odmetanowania.

Metanowość całkowitą rejonu obliczono jako sumę ilości metanu wydzielonego do powietrza wentylacyjnego oraz metanu ujętego systemem odmetanowania.

Pomiary dotyczą 262 dni w okresie od marca do listopada 2000 roku, przy czym eksploatację ściany rozpoczęto w marcu.

Artykuł dotyczy metanowości rejonu, to znaczy natężenia wypływu metanu do powietrza wentylacyjnego.

Przed rozpoczęciem eksploatacji ściany wykonano dwie prognozy metanowości rejonu. Pierwsza z nich przewidywała metanowość rejonu w wysokości około 34 m<sup>3</sup>/min, a wydzielanie szczytowe około 66 m<sup>3</sup>/min, a druga – metanowość rejonu około 21 m<sup>3</sup>/min.

Prognozy uwzględniały wydzielanie metanu z eksploatowanego pokładu oraz z warstw stropowych i spągowych.

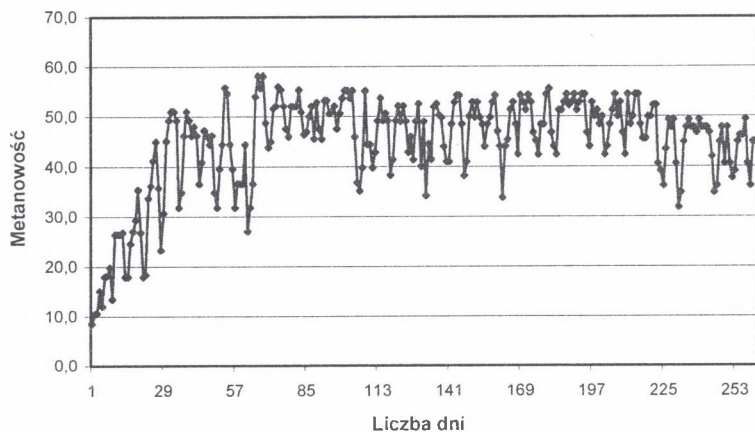
## 5. Wstępna analiza danych pomiarowych

Wykres 2 przedstawia zmiany metanowości rejonu w czasie wykonywania pomiarów, to jest w ciągu 262 dni.

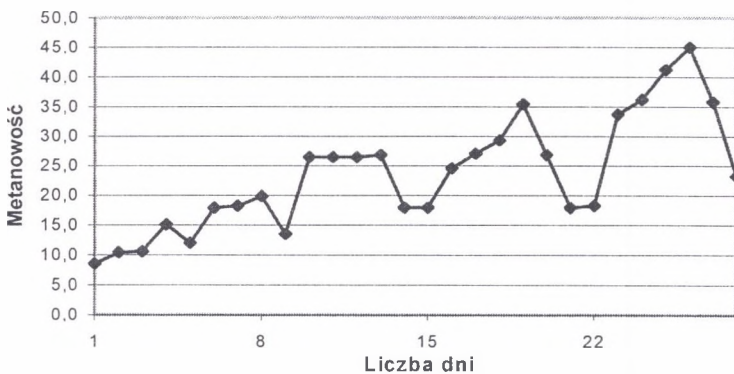
Jak wynika z rys. 2, w okresie pierwszych dwóch miesięcy metanowość rejonu wzrasta, osiągając maksymalną wartość około  $58 \text{ m}^3/\text{min}$ . Następnie nieco maleje, po czym przez około trzy miesiące wartość średnia metanowości kształtuje się na poziomie około  $46 \text{ m}^3/\text{min}$ , a wartości maksymalne w tym okresie dochodzą do  $55 \text{ m}^3/\text{min}$ . Końcowa część wykresu wskazuje, że przez ostatnie dwa miesiące notowano stopniowe zmniejszanie metanowości.

Na wykresie daje się zauważyć dużą zmienność metanowości w bliskich okresach czasu. Różnice pomiędzy wartościami najniższymi a najwyższymi w krótkich przedziałach czasowych dochodzą do  $30 \text{ m}^3/\text{min}$ .

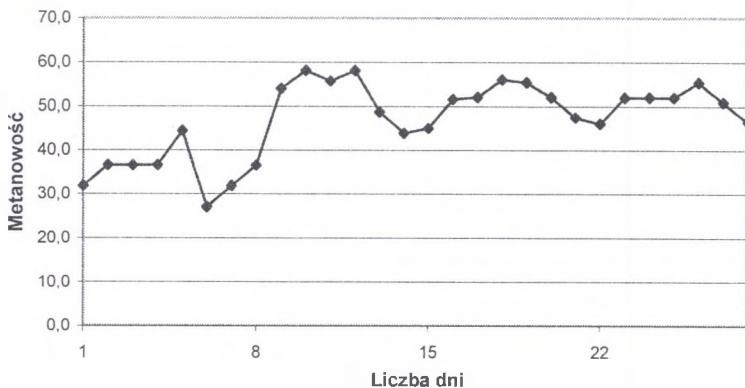
W celu lepszego zobrazowania tego spostrzeżenia wykonano wykresy przedstawione na rys. 3 i 4. Rysunek 3 odnosi się do pierwszych czterech tygodni eksploatacji ściany, a rys. 4 do tygodni od dziewiątego do trzynastego.



Rys. 2. Kształtowanie się średniej dobowej metanowości ściany w czasie  
Fig. 2. The daily average methane quantity in the longwall as a function of time



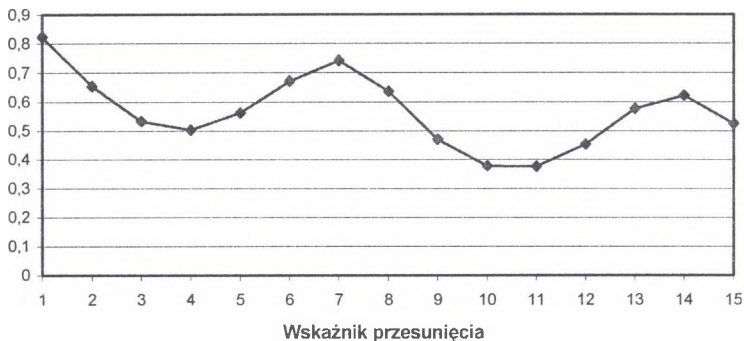
Rys. 3. Metanowość ściany w okresie pierwszych czterech tygodni eksploatacji  
 Fig. 3. The longwall methane quantity in the period of the initial 4 weeks of the exploitation



Rys. 4. Metanowość ściany w okresie pomiędzy dziewiątym a trzynastym tygodniem eksploatacji  
 Fig. 4. The longwall methane quantity in the period between 9<sup>th</sup> week and 13<sup>th</sup> week of the exploitation

Na rys. 3 i 4 daje się zauważyć pewną, okresową zmienność w czasie. Okres ten wynosi około jednego tygodnia. Aby lepiej poznać współzależność pomiędzy wartościami szeregu czasowego przeprowadzono analizę autokorelacji. W tym celu obliczono wartości funkcji autokorelacji, stosując przesunięcia czasowe od 1 do 15 dni. Innymi słowy badano, jak duży wpływ posiada bieżąca wartość metanowości na metanowość, która będzie notowana w dniu następnym, za dwa dni, za trzy dni itd., aż do 15 dni. Wykres funkcji autokorelacji przedstawiono na rys. 5.





Rys. 5. Wykres funkcji autokorelacji  
Fig. 5. The autocorrelation function

Wskaźnik przesunięcia mówi o wielkości przedziału czasowego, pomiędzy wyrazami szeregu czasowego, których współzależność jest badana. Przykładowo wskaźnik 1 oznacza, że badana była zależność pomiędzy bieżącą wartością szeregu czasowego (metanowością bieżącą) a wartością szeregu w dniu następnym, a wartość 7 oznacza, że badano zależność pomiędzy wartością bieżącą a wartością, która wystąpiła po 7 dniach po bieżącej.

Jak wynika z rys. 5, funkcja autokorelacji posiada trend malejący, jednak jej wykres posiada lokalne maksima powtarzające się co wartość wskaźnika przesunięcia równą 7. Oznacza to, że bardzo istotnie metanowość bieżąca zależy od metanowości sprzed tygodnia oraz kształtowania się metanowości w najbliższym okresie poprzedzającym.

## 6. Prognoza metanowości

Prognoza metanowości wyrobisk ma istotne znaczenie dla obliczenia wymaganej ilości powietrza do właściwej wentylacji wyrobisk, a także do zaprojektowania systemu odmetanowania, jeżeli sposobem wentylacyjnym nie można doprowadzić do stężenia metanu dopuszczalnego przepisami górnictwami. Wykonane prognozy przed rozpoczęciem eksploatacji obarczone są niejednokrotnie dużym błędem, wynikającym zarówno z niedoskonałości prognoz, jak i zbyt słabego rozpoznania złoża i jego metanonośności. Z tego powodu istotna dla praktyki górniczej jest również krótkoterminowa prognoza metanowości na okres, który pozwala na uściślenie profilaktyki przeciwmietanowej oraz jej

techniczne przygotowanie i wykonanie. W artykule przyjęto, że jest to okres od jednego do dwóch tygodni. Przed przystąpieniem do sporządzania prognozy należy sprecyzować, jakie parametry są istotne dla praktyki oraz czy parametry te możemy określić.

Z uwagi na zagrożenie wybuchem metanu najistotniejsza jest prognoza maksymalnej metanowości, ale ze względów ekonomicznych ważny jest również rozkład metanowości w czasie. Przedmiotem prognozy mogą być wartości chwilowe metanowości, obliczone na przykład co cztery minuty lub co jedną minutę, lub też wartości średnie w danym dniu. Która z tych możliwości zostanie wybrana, decyduje częstość pomiarów stężenia metanu oraz natężenia przepływu powietrza przez wyrobisko. Istotny wpływ ma także dokładność wykonania tych pomiarów i dokładność obliczenia metanowości wyrobiska.

Z uwagi na to, że dysponowano jedynie średnimi dobowymi wartościami metanowości rejonu ściany, jako przedmiot prognozy przyjęto rozkład średniej dobowej metanowości w okresie dwóch tygodni. Pomocniczo wykonano również prognozę wartości maksymalnej metanowości w danym tygodniu.

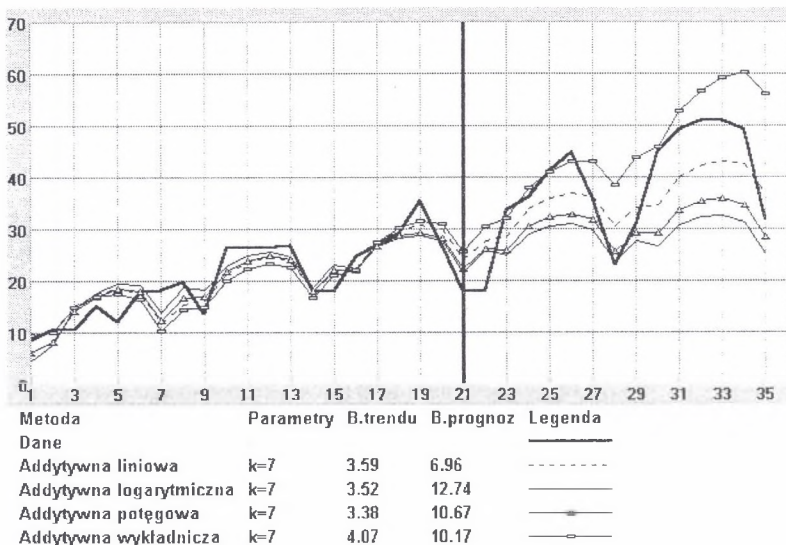
Aby sprawdzić dokładność prognoz posłużono się metodą prognoz pozornych i obliczaniem błędu prognoz *ex post*. Polega to na przyjęciu, że znane są tylko wyniki pomiarów do pewnego czasu. Na podstawie tych wyników lub ich części wykonuje się prognozę metanowości, a następnie sprawdza się, na ile wiernie prognozowane wartości opisują znane już wartości rzeczywiste. Wstępna analiza danych pomiarowych wskazuje na to, że istnieją wahania sezonowe, a długość sezonu wynosi 7 dni. W związku z tym do prognozy przyjęto metody addytywne i multiplikatywne, a parametr opisujący sezonowość przyjęto równy 7.

Najtrudniejszy do prognozy okres stanowią początkowe tygodnie eksploatacji ściany. Jest to jednak z uwagi na zastosowanie aktywnych metod zwalczania zagrożenia okres najistotniejszy.

Na rys. 6 i 7 przedstawiono wykres prognozowanych wartości metanowości w czwartym i piątym tygodniu eksploatacji ściany, sporządzonym na podstawie danych z trzech pierwszych tygodni. Rysunek 6 odnosi się do metod addytywnych, a rys. 7 – do multiplikatywnych. Lewa strona wykresów, do pionowej grubej linii, to okres (21 dni), na podstawie którego prognozuje się wartości dla czternastu następnych dni. Pod wykresami znajdują się oznaczenia linii prognostycznych, a także wartości błędu trendu odnoszącego się do przedziału danych oraz wartości błędu prognozy.

W prognozach jako funkcje trendu przyjęto:

- funkcję liniową:  $f(t) = at + b$ ,
- funkcję logarytmiczną:  $f(t) = a \cdot \ln(t) + b$ ,
- funkcję potęgową:  $f(t) = at^b$ ,
- funkcję wykładniczą:  $f(t) = At^{at+b} + C$ .

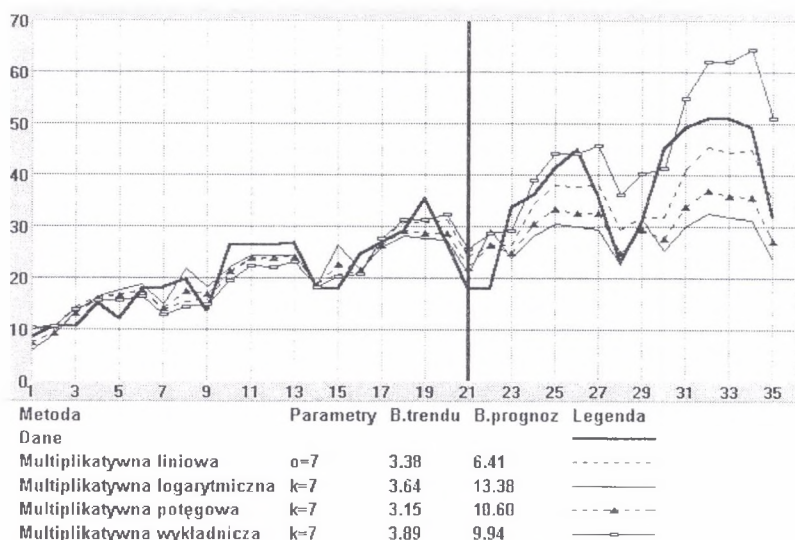


Rys. 6. Prognoza metanowości metodami addytywnymi – dane pomiarowe z trzech tygodni

Fig. 6. The prognosis of the methane quantity based on the additive method – measurement data from 3 weeks

Jak to wynika z wartości błędów prognozy, w tym okresie prognostycznym trafniejszą prognozę otrzymano posługując się metodami addytywnymi. W zależności od przyjętej funkcji trendu w obydwu grupach metod występują istotne różnice w wartościach błędu prognozy. Najmniejszy błąd prognozy otrzymano dla metody addytywnej liniowej, zaś największy dla multiplikatywnej potęgowej. Gdyby zadanie polegało na rzeczywistym wykonaniu prognozy, nie byłyby oczywiście znane wartości rzeczywiste w okresie prognozowania. Prognosta musiałaby dokonać odpowiedniej interpretacji otrzymanych wyników. Łatwo zauważyć, że o dobroci danej metody prognozowania nie można sądzić na podstawie błędów trendu. Błędy trendu są dla metod multiplikatywnych niższe niż dla addytywnych. Autor artykułu, stojąc przed takim zadaniem prognostycznym, dokonałby jeszcze uproszczonej prognozy wartości maksymalnej dla danego tygodnia. Metoda ta polega

na założeniu liniowej zmiany wartości maksymalnej, przy czym jednostką czasową jest tydzień a nie dzień. Prognoza taka daje wartości dla pierwszego tygodnia równą  $44 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ , a dla drugiego tygodnia  $54,6 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$ . Po przedstawieniu wartości wszystkich zastosowanych metod autor wskazałby jako najbardziej prawdopodobne wyniki metody addytywnej liniowej, addytywnej wykładniczej oraz multiplikatywnej liniowej i multiplikatywnej wykładniczej. Jako wartości optymistyczne zostałyby wskazane uzyskane metodą addytywną liniową, a jako pesymistyczne – wartości uzyskane metodą multiplikatywną wykładniczą. Za najbardziej prawdopodobne wartości maksymalne uznane byłyby wartości otrzymane metodą liniową, pomocniczą.



Rys. 7. Prognoza metanowości metodami multiplikatywnymi – dane pomiarowe z trzech tygodni

Fig. 7. The prognosis of the methane quantity based on the multiplicative method – measurement data from 3 weeks

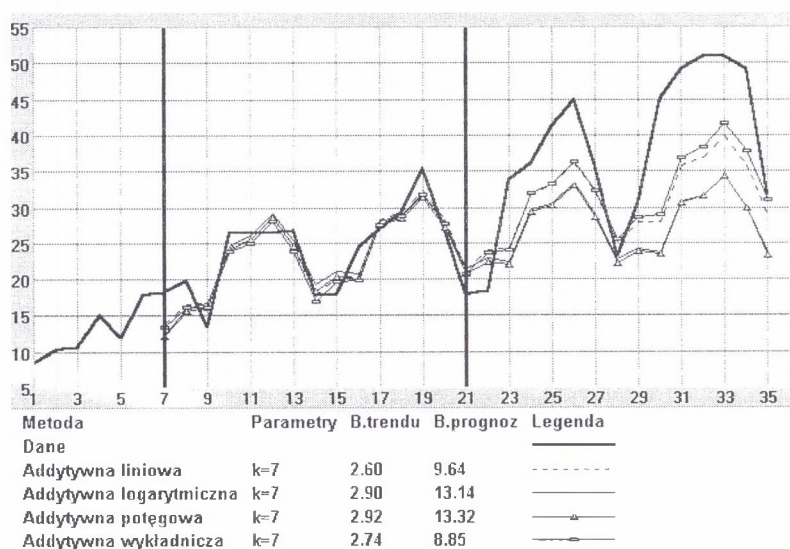
W celu zobrazowania wpływu długości okresu pomiarowego, a zatem i liczby danych, na otrzymane wyniki prognozy, dokonano prognozy na podstawie okresu dwutygodniowego. Rezultaty tej prognozy przedstawiono na rys. 8 i 9. Dane stanowiące podstawę prognozy zawarte są na rysunkach pomiędzy pionowymi grubymi liniami, natomiast rezultaty prognozy znajdują się po prawej stronie prawej pionowej linii. Wartości błędów prognoz na podstawie okresu dwutygodniowego w trzech przypadkach na osiem są mniejsze niż na podstawie okresu trzytygodniowego, a w pozostałych przypadkach większe. Można zauważyć dużą



wrażliwość metod wykładniczych i potęgowych na liczbę danych pomiarowych, bazowych dla prognozy.

Okres, który służy jako podstawa prognozy, nie może być jednak zbyt długi. W długim okresie czasu zmieniają się znacznie warunki metanowe w górotworze oraz warunki filtracji przez masyw. Stąd też funkcja opisująca trend wypływu metanu z górotworu może znacznie zmieniać swój charakter.

W celu przeanalizowania dokładności prognoz w różnych okresach eksploatacji ściany wykonano 32 prognozy dwutygodniowe na podstawie danych z trzech tygodni, 32 prognozy dwutygodniowe na podstawie danych z dwóch tygodni oraz 32 prognozy wartości maksymalnych.

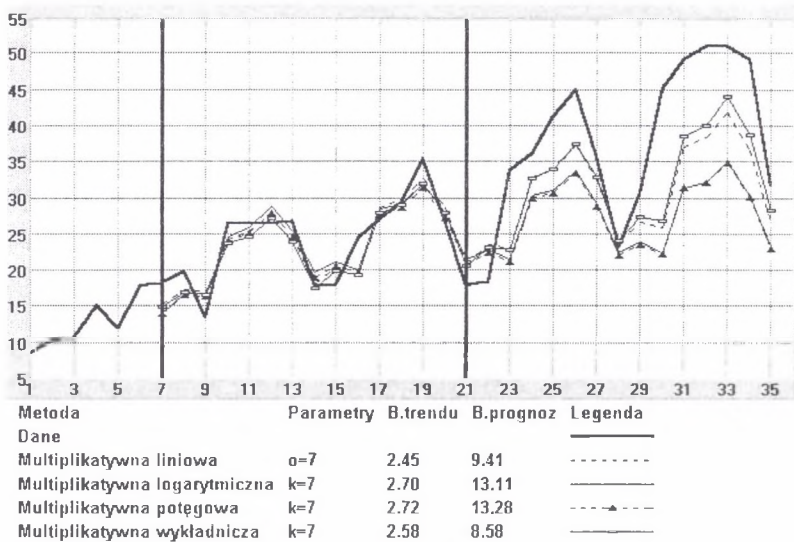


Rys. 8. Prognoza metanowości metodami addytywnymi – dane pomiarowe z dwóch tygodni

Fig. 8. The prognosis of the methane quantity based on the additive method – measurement data from 2 weeks

Analiza otrzymanych wyników wykazuje, że wartości współczynników korelacji pomiędzy wartościami pomiarowymi a prognozowanymi metanowości znajdowały się w granicach od 0,28 do 0,92, przy czym dla ponad połowy prognoz wartość tego współczynnika była wyższa od 0,6. Wielkość popełnianego błędu prognozy jest największa po nagłej zmianie trendu wydzielania się metanu. Obserwowano kilkutygodniowe obniżanie się metanowości, a potem nagły skok do wartości sprzed obniżki, a nawet większych.





Rys. 9. Prognoza metanowości metodami multiplikatywnymi – dane pomiarowe z dwóch tygodni

Fig. 9. The prognosis of the methane quantity based on the multiplicative method – measurement data from 2 weeks

Nie udało się określić, która z metod prognozowania jest najdokładniejsza. W zależności od okresu eksploatacji dokładność poszczególnych metod zmieniała się. W związku z tym przy sporządzaniu prognozy należy posługiwać się kilkoma metodami, a doświadczenie prognosty powinno decydować o wartościach, które będą uznane za najbardziej adekwatne.

Wielokrotnie wartości maksymalne dla danego tygodnia były prognozowane z dokładnością o wiele lepszą niż sam rozkład metanowości w danym tygodniu. W rezultacie mimo małej wartości współczynnika korelacji prognozowana wartość maksymalna różniła się od pomierzonej o 2% do 5%.

Bardzo dobre rezultaty otrzymano prognozując wartość maksymalną metanowości uproszczoną metodą liniową. Na 35 wykonanych prognoz jedynie w pięciu przypadkach błąd względny przekraczał 10%, przy czym maksymalny błąd względny wynosił 45%. Dwadzieścia prognoz dało błąd względny mniejszy niż 5%.

Poprawnie wykonana prognoza metanowości nie może się opierać jedynie na danych pomiarowych z przeszłości. Funkcja trendu, a także odchylenia od niej zależą od wielu czynników zaburzających, z których jedynie część można przewidzieć i wykorzystać w prognozie. Takim czynnikiem jest rozkład metanonośności w eksploатовanym pokładzie

oraz w pokładach sąsiednich. Zmiany metanonośności spowodują na pewno zmiany w metanowości wyrobisk.

Również wielkość wydobycia oraz postępowanie ściany będą miały istotny wpływ na metanowość rejonu. Parametry te są w pewnym stopniu sterowalne, a zatem za ich pomocą można do pewnego stopnia regulować metanowość rejonu ściany.

Na metanowość wyrobiska wpływ mają także zmiany ciśnienia atmosferycznego. Czynnikiem ten jest jednak niesterowalny, a jego zmiany i wpływ w bardzo małym stopniu przewidywalne. Zmianę ciśnienia atmosferycznego można uznać za czynnik losowo wpływający na wartości metanowości wyrobisk.

Również zmiany warunków filtracji metanu z górotworu są czynnikiem silnie zaburzającym przebieg wydzielania się metanu do wyrobisk. Szczególnie ma to miejsce w okresie tworzenia się zawałiska i spękań w górotworze związanych z wystąpieniem pierwszego pełnego zawału.

## 7. Wnioski

W artykule przedstawiono rezultaty próby opracowania krótkoterminowej prognozy metanowości rejonu ściany na podstawie teorii szeregów czasowych. Próbę podjęto wykorzystując dostępne dane z kopalni. Dane te jednak nie były pełne i nie pozwalały na szczegółowe rozpracowanie zagadnienia. Wykonano szereg prognoz pozornych i porównano ich wyniki z rzeczywistymi pomiarami. Analiza kształtowania się wartości metanowości w czasie, analiza autokorelacji, a także rezultatów prognoz wykazała, że:

1. Szereg czasowy metanowości rejonu wykazuje wahania sezonowe, przy czym długość sezonu wynosi 7 dni.
2. Do prognozowania metanowości można wykorzystać metody addytywne i multiplikatywne.
3. Z wykorzystanych do prognozy czterech funkcji trendu nie można wskazać jednej, która dawałaby zadowalające wyniki w całym okresie eksploatacji ściany, ani też funkcji, która w określonym okresie prognostycznym da najlepsze wyniki.
4. Na wynik prognozy wpływa liczba pomiarów wykorzystywanych jako wejściowe do prognozy. Prognozy sporządzano na bazie danych z trzech lub dwóch tygodni, a prognoza obejmowała zawsze okres dwutygodniowy. W większości przypadków prognozy

wykonane na podstawie okresu trzytygodniowego były dokładniejsze, jednak nie było to regułą.

5. Nie wszystkie zmiany trendu zmian metanowości były prognozowane z wystarczającą dokładnością. Przypadki te są szczególnie interesujące z punktu widzenia prognosty. Aby znaleźć przyczyny takiego stanu rzeczy, należałoby prześledzić, które czynniki zaburzające mogły mieć na to wpływ, czy były one do przewidzenia w czasie sporządzania prognozy oraz czy był do przewidzenia ich wpływ.
6. Przedstawiona metoda prognozy krótkoterminowej może być wykorzystywana do bieżących korekt profilaktyki metanowej i być podstawą do dyskusji na posiedzeniach kopalnianych komisji ds. zagrożenia metanowego.
7. Właściwe sporządzanie prognozy wymaga stałych obserwacji sytuacji metanowej rejonu oraz wykonywania bieżącego prognoz, gdyż jednym z podstawowych warunków sporządzenia trafnej prognozy jest osobista wiedza, doświadczenie i analityczne umiejętności prognosty.

## LITERATURA

1. Box G.E.P., Jenkins G.M.: Analiza szeregów czasowych. Prognozowanie i sterowanie., PWN, Warszawa 1983.
2. Kildiszew G., Frenkel A.: Analiza szeregów czasowych i prognozowanie., PWE, Warszawa 1976.
3. Kolenda K., Kolenda M.: Analiza i prognozowanie szeregów czasowych. Agencja Wyd. „Placet”, Warszawa 1999. Recenzent: Dr inż. Leon Łukwiński

Recenzent: Dr inż. J. Cygankiewicz

## Abstract

In methane collieries in planning of the ventilation and anti-methane prevention the crucial aspect is the prognosis of methane quantity in the longwall. The prognoses are executed on the base of data concerning geological conditions and the amount of methane in the exploited

seam and in seams above and below the exploited seam. The accuracy of prognosis depends upon the method and the accuracy of the values of input parameters for the method algorithm. The suggested method uses the measurements of the methane quantity in analysed longwall during its exploitation. The measurements create the time series. For example of one longwall with high methane quantity the analyses of methane quantity time series were done and the prognosis methods were proposed. The base of prognoses was the time series in which the terms were daily average values of methane quantity of two-week or three-week period. The author prepared 32 prognoses for two-week period. On the base of received results of analyses the author stated:

- the trend function was periodically variable and the period length of the stable trend was not constant,
- it is impossible to point out to the method which would give the best results,
- the majority of prognoses gave the results characterised by values of correlation coefficients in the range from 0,28 to 0,92, for 22 prognoses the value of that coefficient was greater than 0,5
- the execution of the correct prognosis requires permanent observations of methane quantity in the longwall, the current prognoses with their interpretation

The proposed in paper prognosis method can be used for the current correction of anti-methane prevention applied in determined longwall.