

Mieczysław KOT\*  
Politechnika Śląska

## NOWOCZESNE METODY GEODEZYJNE W ZINTEGROWANYM MONITORINGU AUTOSTRAD NA TERENACH GÓRNICZYCH

**Streszczenie.** Do stworzenia warunków koegzystencji autostrad z górnictwem, a więc minimalizacji kosztów układu autostrady-górnictwo i zwiększenia bezpieczeństwa ruchu na autostradach przebiegających przez tereny podlegające deformacjom górniczym, niezbędny jest zintegrowany monitoring tego układu przy zastosowaniu nowoczesnych metod geodezyjnych z wykorzystaniem nowej generacji przyrządów geodezyjnych, GPS, tachimetrów i niwelatorów elektronicznych. Artykuł przedstawia uwarunkowania prawne i merytoryczne zintegrowanego monitoringu oraz koncepcję realizacji monitoringu z wykorzystaniem nowoczesnych metod geodezyjnych.

## MODERN GEODETIC METHODS IN INTEGRATED MONITORING OF MOTORWAYS ON MINING GROUNDS

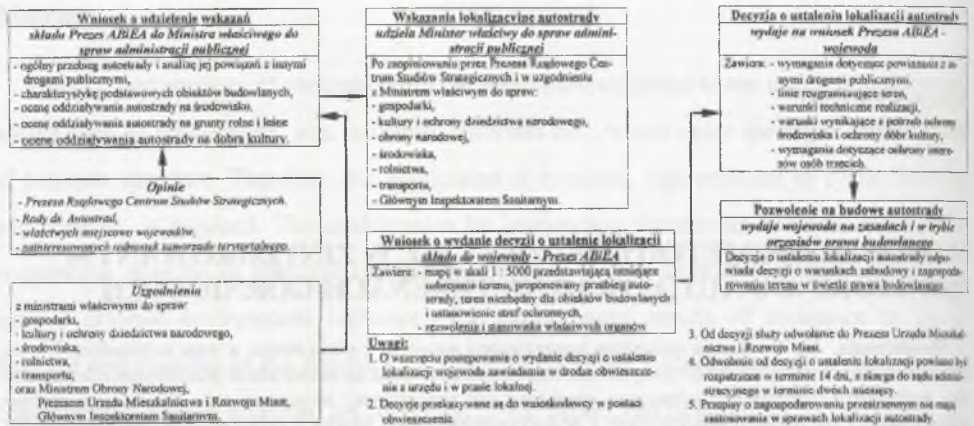
**Summary.** In the paper author shows the realization idea of motorway's monitoring on mining grounds with utilization of modern geodetic methods.

### 1. Wprowadzenie

O tym, że autostrady są niezbędne dla Polski, a szczególnie dla Śląska, nie trzeba nikogo przekonywać. Modernizacja transportu kolejowego i rzecznego nie zmieni tych faktów. Poprzez nieskoordynowanie wszystkich działań w celu wybudowania nowoczesnych autostrad Polska może utracić atut centralnego położenia w Europie. Z uwagi na stopniowe wyczerpywanie się złóż węgla i likwidację kolejnych kopalń rozbudowa portu lotniczego Katowice - Pyrzowice, zmodernizowane i nowe drogi, a w szczególności węzeł autostrad A-1 i A-4, mogą stać się dla Śląska niepowtarzalną szansą rozwoju. W najbliższych kilkunastu latach autostrady muszą jednak współistnieć z czynną podziemną eksploatacją górnictwem na warunkach bezpieczeństwa ruchu i minimalizacji kosztów obu stron.

Decyzjami rządowymi i sejmowymi przyjęty został program budowy i eksploatacji autostrad w Polsce, a odpowiednie przepisy określiły zasady lokalizacji i warunki budowy autostrad (rys. 1).

\*Opiekun naukowy: Dr hab. inż. Andrzej Świątkiewicz, prof. PŚl.



Rys. 1. Przebieg procesu lokalizacji autostrad

Fig. 1. Course of location's process of the motorways

Zintegrowany monitoring budowy i eksploatacji autostrad na terenach górniczych to zespół komplementarnych obserwacji geodezyjnych, fizycznych i wizualnych zachowania się podłoża autostrady oraz wszystkich jej elementów w wyniku oddziaływania kompleksu czynników naturalnych i w wyniku deformacji powierzchni powodowanych eksploatacją górnictw, prowadzony stale lub okresowo, niezbędny do zachowania wysokiego poziomu bezpieczeństwa ruchu autostrady i minimalizacji kosztów układu autostrady-górnictwo. Szansą prowadzenia takiego zintegrowanego monitoringu są nowoczesne metody i techniki geodezyjne.

## 2. Stan prawny budowy i eksploatacji autostrad

Podstawowym aktem prawnym regulującym warunki przygotowania budowy, zasady koncesjonowania i umowy o budowę oraz eksploatację autostrad w Polsce, jest Ustawa z dnia 27 października 1994 r. o autostradach płatnych (Dz. U. nr 127, poz. 627 ze zmianami).

Z budową autostrad związane są bezpośrednio przepisy określające wymagania techniczne:

- Wytuczne projektowania dróg - WPD-1 stanowiące załącznik nr 1 do Zarządzenia nr 5/95 Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych z dnia 31 marca 1995 r.;
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 14 maja 1997 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych.

W przepisach tych zaleca się, aby autostrady omijały w szczególności tereny zalewowe, bagna, tereny osuwisk i tereny szkód górniczych. W trudnych warunkach, do których zalicza się szkody górnicze, dopuszcza się obniżenie prędkości projektowej do 100 km/h. Spośród bardzo wielu zaleceń i wymagań wymienić można:

- pochylenia podłużne jezdni nie powinny być mniejsze niż 0,3% (0,5% na odcinkach zacienionych) i nie większe niż dla prędkości projektowanej 120 km/h - 4%;
- pochylenie poprzeczne jezdni powinno ułatwić spływ wody z jezdni i być nie mniejsze niż 2% i nie większe niż 2,5%;
- najmniejsza odległość obiektu budowlanego od zewnętrznej krawędzi pasa ruchu to 30 m dla terenu zabudowy miast i wsi oraz 50 m poza terenami zabudowanymi;
- najmniejsza zalecana odległość budynku z pobytom ludzi to 120 m dla budynków jednokondygnacyjnych, 150 m dla wielokondygnacyjnych i 300 m dla szpitali.

Już z tych kilku uwarunkowań wynika, jak złożonym problemem jest zachowanie ich w warunkach gęstej zabudowy i złożonej infrastruktury technicznej oraz prowadzonej eksploatacji górniczej. Najtrudniejsze wydaje się zachowanie parametrów geometrycznych autostrad (w tym odpowiednich spadków profili podłużnych i poprzecznych) przy równoczesnej eksploatacji górniczej, nawet takiej, która powodować będzie deformacje powierzchni odpowiadające maksimum II kategorii wpływów.

Przedmiotowe Rozporządzenie określa warunki bezpiecznego użytkowania autostrady. Metody i kryteria oceny stanu technicznego zawiera załącznik nr 5 Rozporządzenia.

Potrzeba monitorowania autostrad wynika również z Zarządzenia nr 2 Generalnego Dyrektora Dróg Publicznych z 11.02.1998 r. w sprawie wprowadzenia „Instrukcji badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych”. W zarządzeniu tym wprowadza się pojęcie monitoringu obiektów drogowych i mostowych, i tak dla obiektów kategorii geotechnicznej 3 zaleca się opracowanie indywidualnego programu monitoringu dostosowanego do występujących zagrożeń realizowanego przed rozpoczęciem oraz w czasie budowy, a następnie po wykonaniu obiektu.

Do podstawowych aktów prawnych dotyczących autostrad na terenach górniczych zaliczyć należy również:

- „Wytyczne techniczno-budowlane projektowania i wykonywania obiektów mostowych na terenach eksploatacji górniczej” opracowane przez Ministerstwo Komunikacji z 1977 r.,

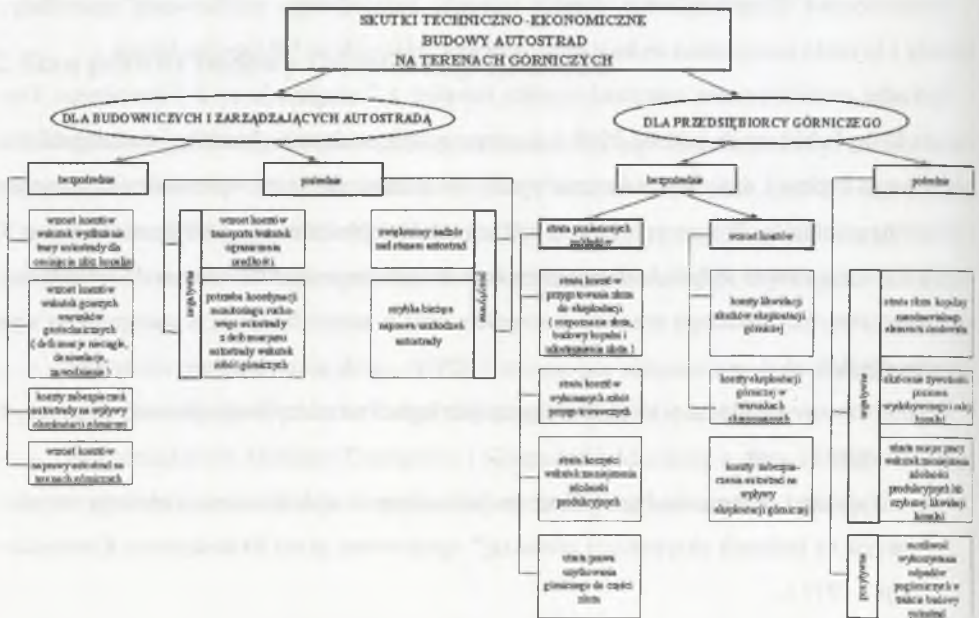
- „Wymagania techniczne dla obiektów budowlanych wznoszonych na terenach górniczych” opracowane przez Instytut Techniki Budowlanej, 1999 r.,
- „Ogólne specyfikacje techniczne w zakresie prac geodezyjnych przy budowie dróg i obiektów mostowych” - Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, 1998 r.

### 3. Aspekty projektowania, budowy i eksploatacji autostrad na terenach górniczych

Skutki eksploatacji górniczej na drogi i ich infrastrukturę są ich użytkownikom powszechnie znane - ograniczenia prędkości ruchu, stałe naprawy dróg i mostów.

Drogowa budowla ziemna i infrastruktura z nią związana podlega złożonemu procesowi deformacji wywołanych prowadzoną eksploatacją górniczą, zmieniających się naprężeń i odkształceń podłoża, przemieszczeń poziomych i pochyłeń powierzchni powodujących nie tylko zmiany nośności podłoża i uszkodzenie szlaku i budowli drogi, ale również zmiany elementów geometrycznych drogi, decydujących o bezpieczeństwie ruchu pojazdów.

Konieczna jest więc dokładna prognoza skutków eksploatacji górniczej, możliwości zminimalizowania ich negatywnego wpływu oraz znajomość kryteriów, jakie musi spełniać autostrada aby zachować swoją funkcję. Konieczne jest określenie „warunków brzegowych” układu górnictwo - autostrady i uściślenie skutków tej koegzystencji (rys. 2).



Rys. 2. Skutki techniczno-ekonomiczne w układzie autostrady-górnictwo  
 Fig. 2. The technical and economical results of the motorways-mining's system

Aby móc podejmować racjonalne działania w zakresie projektowania, budowy i eksploatacji autostrad w warunkach prowadzonej eksploatacji górniczej niezbędne są symulacje skutków eksploatacji górniczej i sposobów przeciwdziałania im oraz przeprowadzenie badań eksperymentalnych weryfikujących te działania. Stąd już dzisiaj należy przystąpić do rozpoczęcia monitoringu oddziaływania eksploatacji górniczej na autostrady oraz stanu deformacji obiektów autostrady.

Pilne staje się doprowadzenie do podpisania porozumień pomiędzy inwestorami i zarządcami autostrad a przedsiębiorcami górniczymi precyzującymi warunki koegzystencji i powołującymi zespoły porozumiewawcze sprawujące stały nadzór nad przestrzeganiem warunków koegzystencji.

#### 4. Nowoczesne metody geodezyjne w zintegrowanym monitoringu

Do chwili obecnej brak kompleksowych obserwacji stanu deformacji powierzchni powodowanych eksploatacją górniczą w połączeniu z obserwacjami deformacji autostrady. Prowadzone są niezależne od siebie pomiary linii obserwacyjnych wzdłuż szlaku autostrady i równocześnie linii obserwacyjnych na korpusie autostrady. Prowadzone są również niezależne obserwacje obiektów mostowych. Najczęściej brak odniesienia tych obserwacji do układu bezwzględnego. Takie pomiary i obserwacje nie pozwalają rozdzielić deformacji obiektów autostradowych powodowanych eksploatacją górniczą od deformacji powodowanych innymi przyczynami, np.: usterkami w ich budowie, czynnikami atmosferycznymi i mechanicznymi. Przykłady aktualnie prowadzonych monitoringów przedstawia rys 3.

Zintegrowany monitoring musi spełniać równocześnie wymagania budowniczych i użytkowników autostrad oraz specjalistów górnictwa prowadzących eksploatację górniczą i opracowujących prognozy wpływów tej eksploatacji na deformację powierzchni.

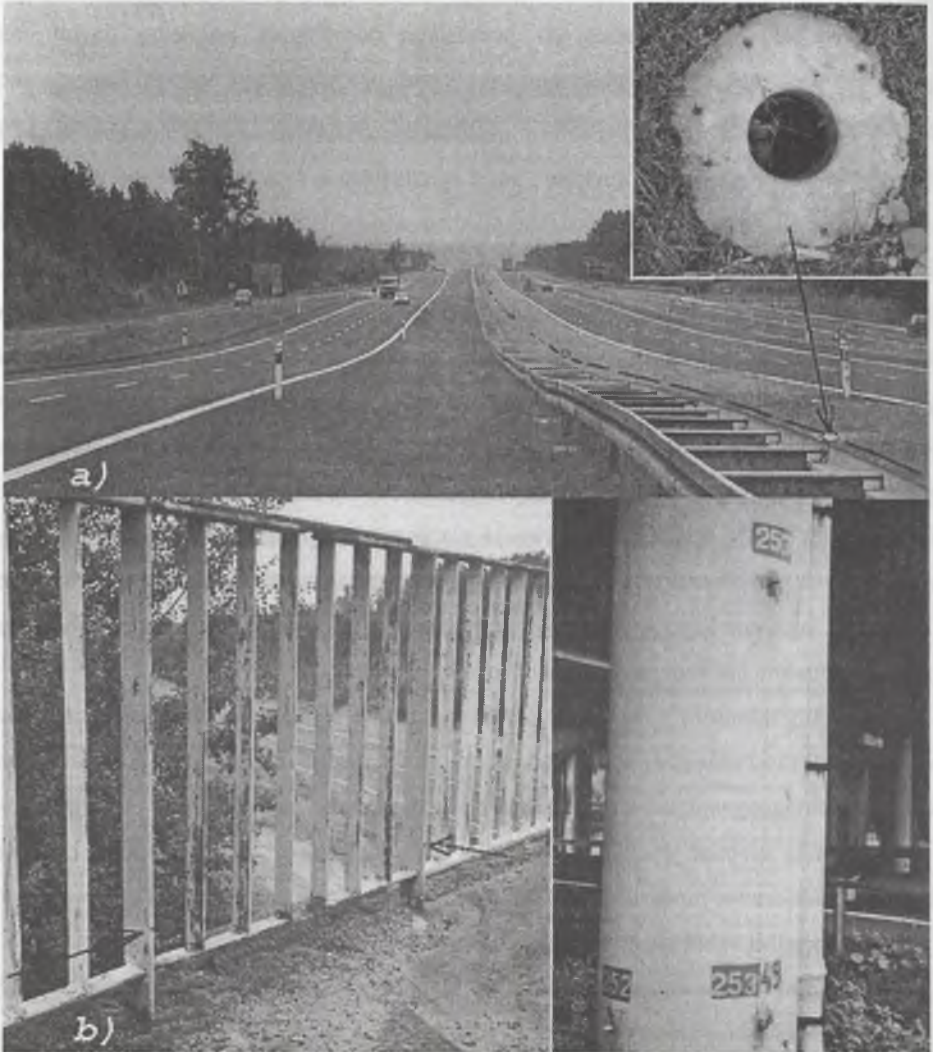
Musi on więc spełniać wysokie wymagania dokładnościowe i w sposób pełny opisywać zjawiska dynamiczne w procesie deformacji powierzchni i autostrady.

Takie wymagania spełniają nowoczesne metody geodezyjne oparte na:

- 1) tworzeniu odpowiedniej sieci obserwacyjnej określonej i zoptymalizowanej przy wykorzystaniu programów komputerowych,
- 2) zastosowaniu nowoczesnych przyrządów geodezyjnych, takich jak odbiorniki GPS, tachimetru i niwelatory elektroniczne,

3) wykorzystaniu nowoczesnych przyrządów fizykalnych (uzupełniających typowe przyrządy geodezyjne) do pomiarów zintegrowanej sieci obserwacyjnej.

Zastosowanie nowoczesnych technik i metod pomiarowych przedstawiają między innymi prace [1,2,3] odnoszące się do potrzeb górnictwa odkrywkowego, górnictwa podziemnego i autostrad, lecz bez ich zintegrowania.



Rys. 3. Niektóre elementy zintegrowanego monitoringu: a) korpusu autostrady (niweleta, oś podłużna), b) wiaduktu (dylatacje, filary)

Fig. 3. Some units of integrated monitoring a) of motorway's frame (center and formation line), b) of viaduct( expansion joint, pier)

## 5. Zintegrowany monitoring autostrad na terenach górniczych

Opracowanie zintegrowanego monitoringu autostrad w warunkach podziemnej eksploatacji złóż węgla kamiennego, przy wykorzystaniu najnowszych technik pomiarowych i informatycznych, wynika bezpośrednio z potrzeb realizacji programu budowy autostrad w Polsce. Jego brak utrudnia proces uzgodnień projektów budowy autostrad, jak i realizację etapu budowy, a następnie prowadzenie eksploatacji górniczej w warunkach czynnej autostrady.

Zintegrowany monitoring powinien być rozpoczęty z chwilą decyzji o wskazaniach lokalizacyjnych i prowadzony na wszystkich etapach projektowania, budowy i eksploatacji autostrad. W fazie projektowania umożliwi on optymalizację projektu trasy i profilu autostrady. W fazie budowy autostrady elementami takiego monitoringu będą zmiany rzeźby terenu powodowane eksploatacją górniczą, umożliwiające korekty elementów projektu autostrady oraz monitoring budowlany. W fazie eksploatacji autostrady będzie to kontrola stanu nawierzchni jezdni i podłoża autostrady, elementów geometrycznych szlaku autostrady i obiektów inżynierskich oraz ich deformacji, istotnych dla zachowania bezpieczeństwa ruchu na autostradzie, w powiązaniu z monitoringiem wpływów eksploatacji górniczej. Monitoring umożliwi optymalizację profilaktyki budowlanej i górniczej oraz racjonalną likwidację szkód górniczych.

Istota zintegrowanego monitoringu autostrad na terenach górniczych polega na opracowaniu odpowiedniej sieci geodezyjnej, pomiarowej i obserwacyjnej, która spełniałaby wymagania:

- osnowy geodezyjnej dla weryfikacji aktualnej mapy numerycznej rejonu autostrad;
- osnowy realizacyjnej budowy autostrad;
- osnowy pomiarowej monitoringu budowlanego autostrad;
- osnowy obserwacyjnej dla badań wpływów eksploatacji górniczej na deformacje powierzchni;
- osnowy obserwacyjnej dla badań stanu i deformacji elementów autostrady również określonych dodatkowo na potrzeby ruchu i bezpieczeństwa autostrady;

oraz zastosowaniu odpowiednich technik i technologii pomiarowych geodezyjnych, fotogrametrycznych i fizycznych.

Miejsce zintegrowanego monitoringu w procesie optymalizacji układu autostrady – górnictwo przedstawia rys. 4.





- moduł autostrada - zawierający pełne informacje o projekcie i budowie autostrady, z charakterystyką konstrukcyjną i geotechniczną wraz z dokumentacją powykonawczą i ich zmianami;
- moduł górnictwo - zawierający pełne informacje o warunkach geologiczno-górnicznych, tektonicznych i hydrogeologicznych, dokonanej i projektowanej eksploatacji górniczej oraz technologii eksploatacji i przyjętej profilaktyki górniczej wraz z prognozowaniem wpływów (wraz z systemem ich zmian i korekt);
- moduł obserwacje deformacji powierzchni - zawierający wyniki obserwacji wpływów eksploatacji górniczej prowadzonych wcześniej wraz z ich analizami, pozwalający na uściślenie parametrów teorii deformacji powierzchni i ich skutków na obiekty autostradowe;
- moduł monitoring autostrady - zawierający wyniki monitoringu autostrady prowadzonego zgodnie z przepisami i wyniki obserwacji uzupełniających oraz wyniki kontroli realizacji profilaktyki budowlanej na wpływy eksploatacji górniczej;
- moduł zintegrowanego monitoringu - zawierający jego projekt i realizację;
- moduł analiz, wniosków i decyzji - zawierający kompleksowe analizy wyników badań i obserwacji stanu autostrady, skutków eksploatacji górniczej i zalecenia dla ustalonej profilaktyki budowlanej i górniczej oraz wyniki prac zespołów porozumiewawczych.

## 6. Wnioski

1. Aktualnie występuje niepowtarzalna szansa by na terenach górniczych kopalń Zagłębia Gómośląskiego zrealizować komplementarny monitoring układu autostrady-górnictwo, z wykorzystaniem nowoczesnych technologii pomiarowych i informacyjno-analitycznych, który zadowolony w pełni wszystkich zainteresowanych, a przede wszystkim pozwoli na optymalizację budowy autostrad na terenach górniczych.

2. Zintegrowany monitoring elementów układu autostrady-górnictwo podziemne i wzajemnego ich oddziaływania umożliwi na etapie:

- projektowania autostrady - weryfikację uwarunkowań powierzchniowych i górniczych, a następnie wprowadzenie korekt do kolejnych faz projektowania autostrady;
- budowy autostrady - wprowadzenie korekt projektów technicznych i realizacyjnych w trakcie budowy i kontrolowanie procesu deformacji powierzchni i realizowanych obiektów wskutek eksploatacji górniczej;

– eksploatacji autostrad - kontrolowanie autostrady i jej stanu technicznego, a w szczególności ocenę oddziaływań prowadzonej eksploatacji górniczej na szlak i obiekty autostradowe dla optymalizacji profilaktyki budowlanej i górniczej, w aspekcie bezpieczeństwa eksploatacji autostrady.

3. Podstawowe znaczenie w systemie zintegrowanego monitoringu będzie spełniać dynamiczna sieć obserwacyjna deformacji podłoża i obiektów autostradowych. Realizację takiej sieci umożliwi rozwijająca się w ostatnim czasie technika i technologia pomiarów geodezyjnych.

## LITERATURA

1. Cacoń S., Kaczmarek T.: Technika satelitarna GPS w monitorowaniu deformacji górotworu i innych zastosowaniach w kopalni odkrywkowej węgla brunatnego, Miesięcznik WUG nr 5, 1999.
2. Oszczak S., Wasilewski A., Rzepecka Z.: Techniki GPS oraz ich zastosowanie w projektowaniu i budowie autostrad, Drogownictwo nr 9, 1996.
3. Pielok J.: Badania metodami geodezyjnymi deformacji budowli inżynierskich wzdłuż rzek i potoków na terenach górniczych, Przegląd Górniczy nr 4, 1999.
4. Świątkiewicz A., Kot M.: Możliwość optymalizacji budowy i eksploatacji autostrad na terenach górniczych, VI Jesienna Szkoła Geodezji, Prace naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej nr 90, Wrocław 2000.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jan Pielok

## Abstract

Article shows legal and content-related conditions of integrated monitoring. Integrated monitoring of motorways-mining's system is necessary for creation the conditions of coexistence the mining grounds with motorways on the same area. This conditions would be created with supply from new geodetic methods, including GPS technology, total station and others.