Prace Instytutu Mechaniki Górotworu PAN
Tom 15, nr 3-4, grudzień 2013, s. 95-105
© Instytut Mechaniki Górotworu PAN

Wpływ podziemnej eksploatacji górniczej na drogi szybkiego ruchu. *Analiza przypadków eksploatacji górniczej*

Krzysztof Tajduś, Rafał Misa, Anton Sroka

Instytut Mechaniki Górotworu PAN; ul. Reymonta 27, 30-059 Kraków

Streszczenie

Autorzy przeprowadzili obliczenia prognostyczne wpływu przykładowych eksploatacji podziemnych w rejonie planowanej autostrady. Obliczenia przeprowadzono dla dwóch wersji różniących się między sobą głębokością zalegania ścian, dodatkowo dla każdej wersji przeanalizowano dwa warianty związane z kolejnością eksploatacji poszczególnych ścian. Autorzy są zgodni co do możliwości współistnienia drogi szybkiego ruchu z eksploatacją podziemną, jednak zarówno budowa drogi, jak i planowana eksploatacja powinny być odpowiednio zaplanowane i dostosowane do warunków lokalnych.

Słowa kluczowe: przemieszczenia poziome, deformacje powierzchni, drogi szybkiego ruchu w rejonie eksploatacji górniczej, szkody górnicze

1. Wstęp

Skutkiem podziemnej eksploatacji są szkody górnicze, które w zależności od typu charakteryzują się innymi cechami. W obiektach takich, jak autostrady oraz drogi szybkiego ruchu do uszkodzeń można zaliczyć (m.in. Cieśliński, 1996):

- dezaktualizację dokumentacji w kwestii rozwiązań wysokościowych zarówno w fazie projektowania jak i w okresie budowy,
- zmiany ukształtowania terenu,
- zapadanie się powierzchni jezdni lub jej wypiętrzenie,
- deformowanie osi drogi w planie i zniekształcenie krzywizn poziomych (łuk, krzywa przejściowa),
- deformowanie niwelety drogi:
  - powstanie dodatkowych załomów i krzywizn pionowych,
  - powstanie dodatkowych pochyleń podłużnych, których wartości mogą spowodować przekroczenie dopuszczalnych normatywnych wielkości (zmiany te mogą spowodować ograniczenie widoczności i zagrożenie bezpieczeństwa ruchu),
  - deformowanie przekrojów poprzecznych przez powstawanie nieplanowanych pochyleń poprzecznych jezdni, które mogą stanowić zagrożenie bezpieczeństwa ruchu zarówno na odcinkach prostych oraz na krzywych poziomych (szczególnie w sytuacjach powstania przechyłek odwrotnych),
- rozluźnienie podłoża lub nasypu i obniżenie jego nośności, może to doprowadzić w dalszej kolejności do zmniejszenia nośności nawierzchni drogowej,
- pęknięcia konstrukcji nawierzchni,
- zmiany stosunków wodnych w obrębie drogi i jej sąsiedztwa, w tym:
  - powstawanie zalewisk zagrażających stateczności korpusu drogi, w tym również możliwość zalania drogi,
  - odkształcenie się systemu odwodnienia powierzchniowego, w postaci zmiany spadków podłużnych w urządzeniach odwadniających (zmiana kierunku spływu wód),
  - niemożliwości odprowadzenia wód opadowych z obszarów bezodpływowych.

W Polsce na przestrzeni ostatnich lat powstały liczne decyzje ograniczające możliwość eksploatacji w rejonach autostrad. Jedną z pierwszych regulacji było zarządzenie Prezesa Urzędu Mieszkalnictwa i Rozwoju Miast z dnia 30 czerwca 1998 r. zgodnie z którym:

- „(…) obiekty autostradowe muszą być odpowiednio zaprojektowane, a teren w ich rejonie nie powinien przekroczyć II kategorii szkód górniczych",
- „(…) wybrane przez projektantów obiekty inżynierskie, projektować i zabezpieczać należy na wpływy III kategorii terenu górniczego".

Zmiana funkcji zagospodarowania przestrzennego powierzchni terenu wynikająca z budowy nowych szlaków komunikacyjnych ogranicza w wielu przypadkach w sposób zasadniczy eksploatację złóż, jednak należy zaznaczyć, że nie wyklucza jej możliwości. Wynika to z zapisu Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 16 stycznia 2002 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych:

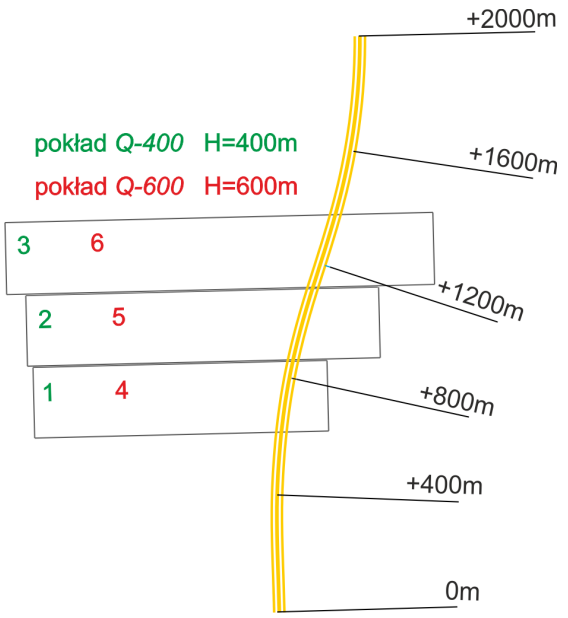
- konstrukcję autostradowej budowli ziemnej oraz konstrukcję nawierzchni autostrady należy projektować i wykonywać w taki sposób aby przeniosły wszystkie oddziaływania i wpływy mogące występować podczas budowy i użytkowania, miały odpowiednią trwałość, z uwzględnieniem przewidywanego okresu eksploatacji, nie ulegały zniszczeniu w stopniu nieproporcjonalnym do jej przyczyn (art. 84 ust. 1),
- wymagania o których mowa w art. 84 ust. 1 uznaje się za zachowane, jeśli są spełnione m.in. równocześnie:
  a) na terenie podlegającym wpływom eksploatacji górniczej powinny być stosowane zabezpieczenia autostradowej budowli ziemnej, odpowiednie do kategorii terenu górniczego (art. 88).

Z punktu a) wynika, że budowa autostrady/drogi ekspresowej powinna być dostosowana do kategorii terenu górniczego a nie odwrotnie, tak jak to jest sformułowane w zarządzeniu Prezesa Urzędu Mieszkalnictwa i Rozwoju Miast z dnia 30 czerwca 1998 r.

2. Przykładowa podziemna eksploatacja górnicza w rejonie hipotetycznej drogi szybkiego ruchu

Dla potrzeb artykułu przyjęto hipotetycznie, że Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad (GDDKiA) planuje wykonanie w przyszłości dwujezdniowego odcinka drogi o parametrach autostrady oznaczonej symbolem „*D*" w sąsiedztwie złóż przykładowej polskiej kopalni węgla kamiennego.

Autorzy niniejszej pracy przeprowadzili obliczenia wpływu projektowanej eksploatacji górniczej dwóch pokładów oznaczonych symbolami „*Q-400*" i „*Q-600*' ". Ściany eksploatacyjne w pokładzie *Q-400* o numerach 1, 2, 3 pokrywały się ze ścianami projektowanymi w pokładzie *Q-600* o nr 4, 5, 6. Układ ścian w stosunku do przebiegu autostrady *D* przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Obrysy sześciu ścian eksploatacyjnych (1, 2, 3, 4, 5, 6) w stosunku do przebiegu autostrady *D* wraz z podanym punktem początkowym oraz końcowym linii obliczeniowej

Obliczenia wpływu eksploatacji na planowaną trasę przebiegu drogi *D* oparto na teorii Knothego, gdzie przyjęto następujące wartości parametrów:

- współczynnik eksploatacji: $a = 0{,}9$,
- kąt zasięgu wpływów głównych: $\beta = 63{,}4°$ ($\mathrm{tg}\beta = 2{,}0$),
- obrzeża nie uwzględniono.

Przeprowadzono obliczenia dla dwóch wersji eksploatacji górniczej w rejonie planowanej trasy autostrady *D*. Obie wersje różnią się między sobą głębokością zalegania pokładów, dodatkowo w każdej wersji przeanalizowano dwa warianty związane z kolejnością eksploatacji poszczególnych ścian. W pierwszym wariancie oznaczonym symbolem A założono kolejność wybierania z północy na południe, w drugim zaś oznaczonym B z południa na północ. Szczegółowo przedstawia to tabela 1 i 2.

Tab. 1. Parametry planowanej eksploatacji ścian 1, 2, 3, 4, 5, 6 dla dwóch wersji obliczeniowych

Wersja nr 1				**Wersja nr 2**			
Nr pokładu	**Nr ściany**	**Głębokość H [m]**	**Miąższość [m]**	**Nr pokładu**	**Nr ściany**	**Głębokość H [m]**	**Miąższość [m]**
Q-400	1	400	1,8	*Q-600*	4	600	1,8
	2	400	1,8		5	600	1,8
	3	400	1,9		6	600	1,9

Tab. 2. Przedstawienie kolejności eksploatacji ścian 1, 2, 3, 4, 5, 6 w rejonie planowanej drogi *D*

Wersja nr 1 Pokład *Q-400*		**Wersja nr 2 Pokład *Q-600***	
Nr wariantu	**Kolejność wybierania ścian**	**Nr wariantu**	**Kolejność wybierania ścian**
A (SN)	1	A (SN)	4
	1+2		4+5
	1+2+3		4+5+6
B (NS)	3	B (NS)	6
	3+2		6+5
	3+2+1		6+5+4

Obliczenia przeprowadzono dla punktów znajdujących się wzdłuż linii obliczeniowej odpowiadającej swoim przebiegiem planowanej autostradzie *D* (rys. 1). Na poniższych rysunkach przedstawiono wyniki obliczeń prognostycznych wpływu przykładowej eksploatacji na trasę autostrady *D*. Wyniki przedstawiono w postaci oszacowanych wartości wskaźników deformacji, takich jak: osiadanie ($\boldsymbol{w}$), odkształcenie poziome wzdłuż osi autostrady ($\boldsymbol{\varepsilon}_{\parallel}$), odkształcenie poziome prostopadłe do osi drogi ($\boldsymbol{\varepsilon}_{\perp}$), oraz nachylenia wzdłuż osi drogi ($\boldsymbol{T}_{\parallel}$) i nachylenia prostopadłe do osi autostrady ($\boldsymbol{T}_{\perp}$).

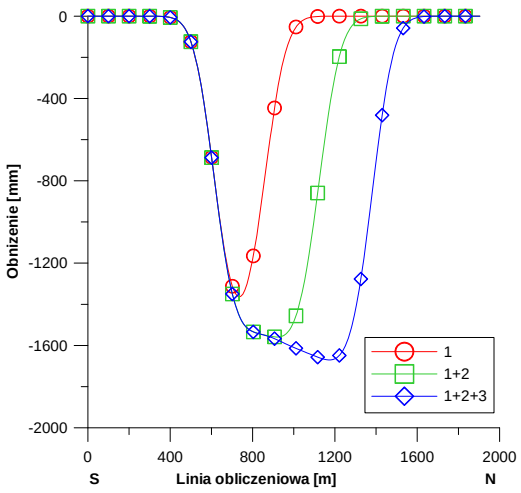
Rysunki od 2 do 5 przedstawiają prognozowane obniżenia osi jezdni w wyniku eksploatacji dla różnych wersji obliczeniowych oraz w zależności od przyjętego wariantu obliczeniowego. Rysunki 2 i 3 przedstawiają rozwój niecki obniżeń przy eksploatacji prowadzonej w pokładzie *Q-400*, natomiast rysunki 4 i 5 prezentują nieckę prognozowaną dla eksploatacji w pokładzie *Q-600*.

Rysunki od 6 do 9 przedstawiają odkształcenia poziome powierzchni terenu wzdłuż osi jezdni. Na poniższych rysunkach linią przerywaną w kolorze pomarańczowym zaznaczono graniczne wartości wskaźników deformacji przyjmowane dla II kategorii terenu górniczego (zgodnie z wymogami stawianymi polskim kopalniom przez GDDKiA).

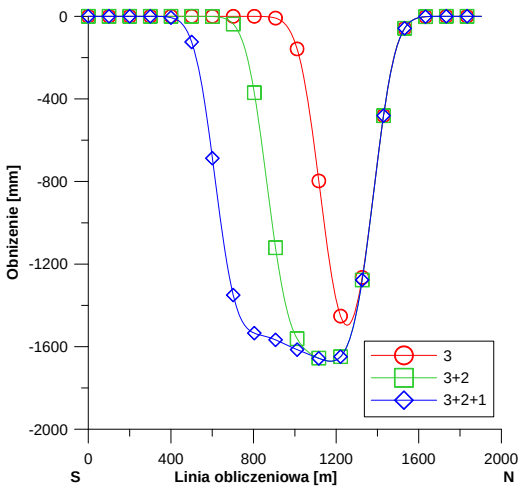
Rysunki od 10 do 13 prezentują wartości odkształceń poziomych prostopadłych do osi jezdni.

Ilustracje obliczonych wartości nachylenia wzdłuż osi autostrady prezentują rysunki od 14 do 17 oraz prostopadle do osi jezdni. Na rysunkach o numerach od 18 do 21 przedstawiono wartości nachyleń prostopadłych do osi jezdni.

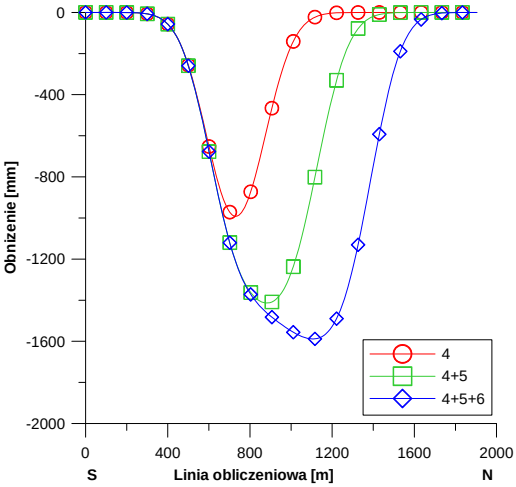
Przedstawione na rysunkach wartości wskaźników odkształceń poziomych oraz nachyleń – wzdłuż i w poprzek osi autostrady *D*, wskazują, że dla wybrania ścian w pokładzie *Q-400* (zlokalizowanym na głębokości $H = 400$ m), niezależnie od przyjętego wariantu obliczeniowego, teren ulegnie dużym deformacjom. Przewyższają one wartości dopuszczalnych wskaźników deformacji określonych według rozporządzenia Prezesa Urzędu Mieszkalnictwa i Rozwoju Miast z roku 1998. W rozporządzeniu tym oraz w dalszych wytycznych stawianych Przedsiębiorstwom Górniczym przez Organy Samorządowe i GDDKiA, określono że graniczne wartości wskaźników deformacji mogą odpowiadać maksymalnie II kategorii terenu górniczego.



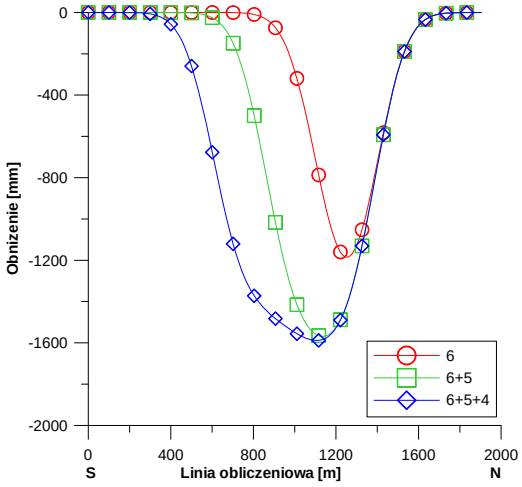
Rys. 2. Obniżenie powierzchni terenu (w) wzdłuż linii obliczeniowej dla kolejności wybierania ścian z południa na północ dla pokładu *Q-400*



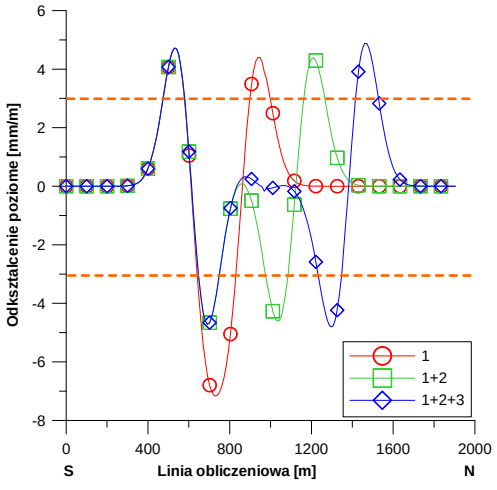
Rys. 3. Obniżenie powierzchni terenu (w) wzdłuż linii obliczeniowej dla kolejności wybierania ścian z północy na południe dla pokładu *Q-400*



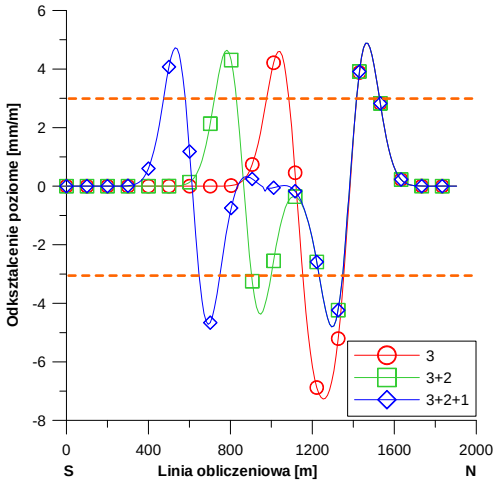
Rys. 4. Obniżenie powierzchni terenu (w) wzdłuż linii obliczeniowej dla kolejności wybierania ścian z południa na północ dla pokładu *Q-600*



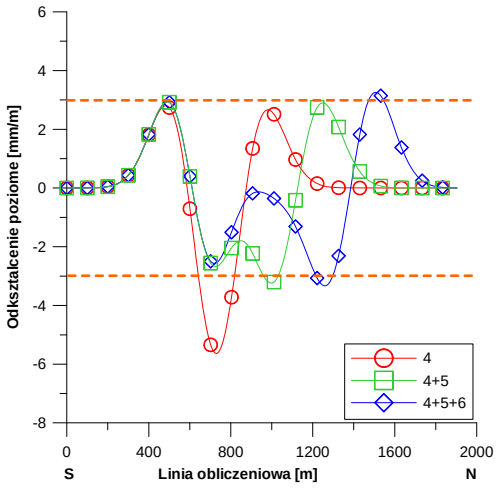
Rys. 5. Obniżenie powierzchni terenu (w) wzdłuż linii obliczeniowej dla kolejności wybierania ścian z północy na południe dla pokładu *Q-600*



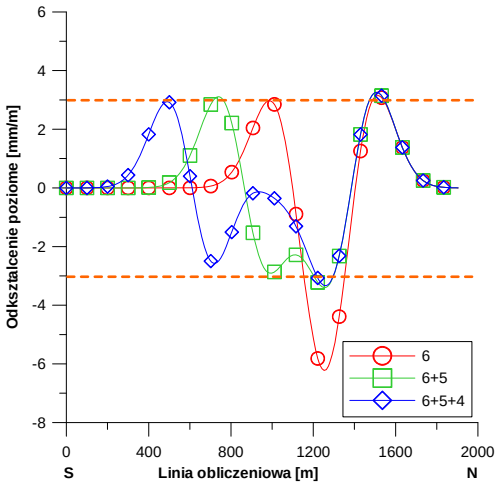
Rys. 6. Odkształcenie poziome powierzchni terenu wzdłuż osi jezdni ($\varepsilon_{\parallel}$) dla kolejności wybierania ścian z południa na północ dla pokładu *Q-400*



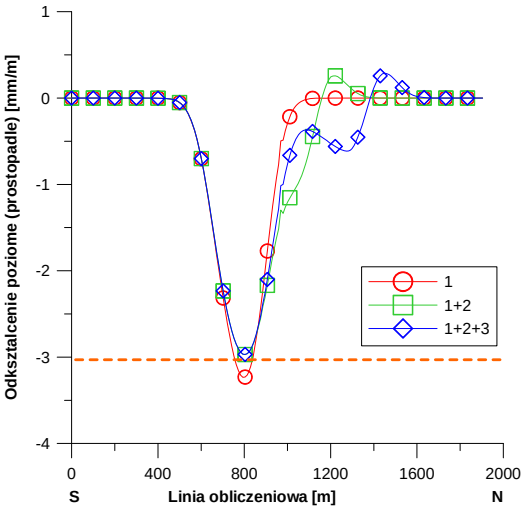
Rys. 7. Odkształcenie poziome powierzchni terenu wzdłuż osi jezdni ($\varepsilon_{\parallel}$) dla kolejności wybierania ścian z północy na południe dla pokładu *Q-400*



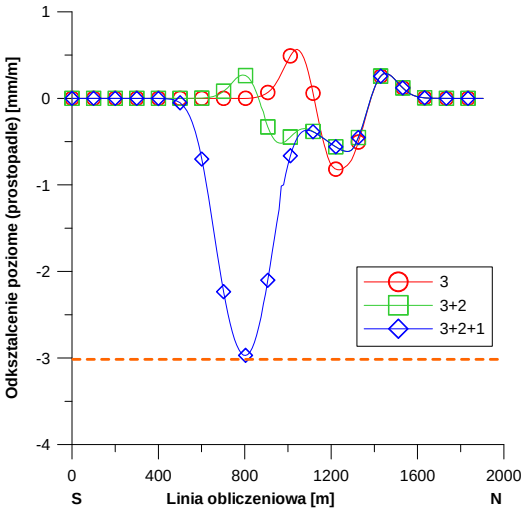
Rys. 8. Odkształcenie poziome powierzchni terenu wzdłuż osi jezdni ($\varepsilon_{\parallel}$) dla kolejności wybierania ścian z południa na północ dla pokładu *Q-600*



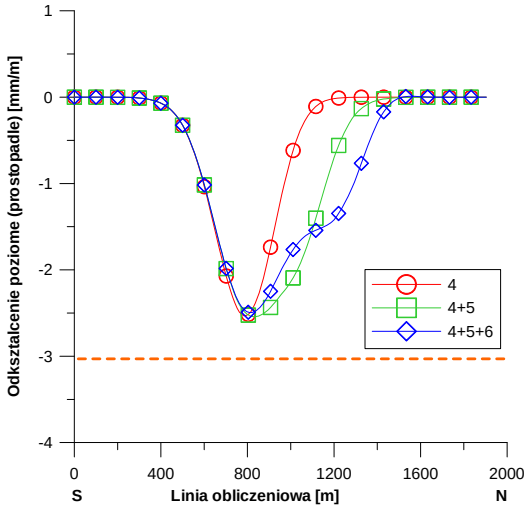
Rys. 9. Odkształcenie poziome powierzchni terenu wzdłuż osi jezdni ($\varepsilon_{\parallel}$) dla kolejności wybierania ścian z północy na południe dla pokładu *Q-600*



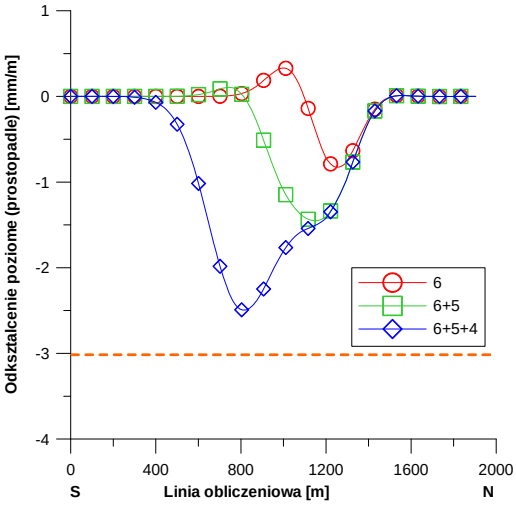
Rys. 10. Odkształcenie poziome powierzchni terenu prostopadłe do osi jezdni ($\varepsilon_{\perp}$) dla kolejności wybierania ścian z południa na północ dla pokładu *Q-400*



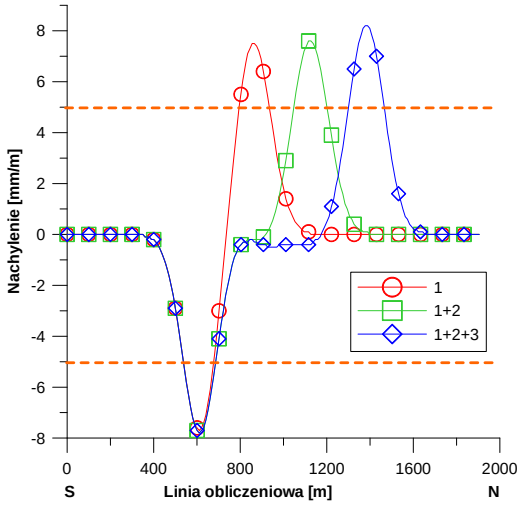
Rys. 11. Odkształcenie poziome powierzchni terenu prostopadłe do osi jezdni ($\varepsilon_{\perp}$) dla kolejności wybierania ścian z północy na południe dla pokładu *Q-400*



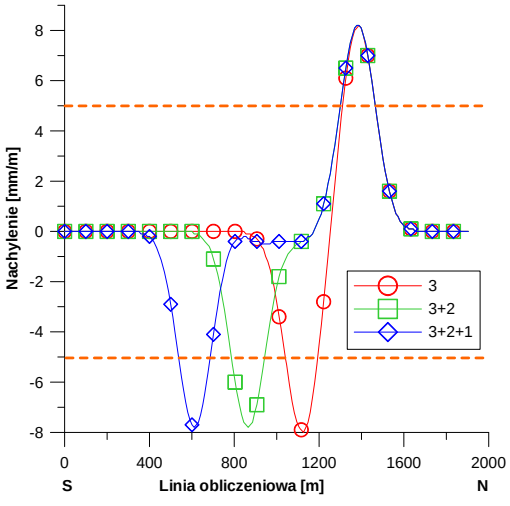
Rys. 12. Odkształcenie poziome powierzchni terenu prostopadłe do osi jezdni ($\varepsilon_{\perp}$) dla kolejności wybierania ścian z południa na północ dla pokładu *Q-600*



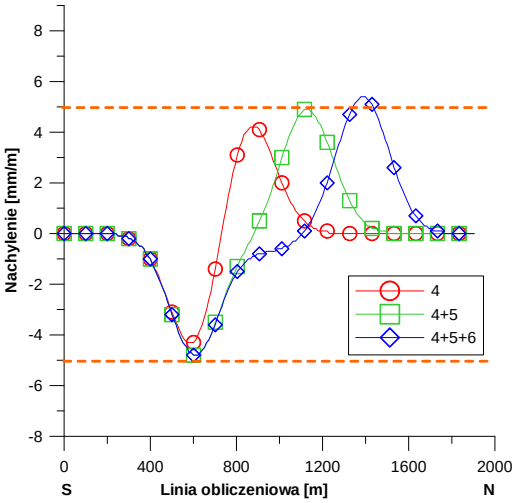
Rys. 13. Odkształcenie poziome powierzchni terenu prostopadłe do osi jezdni ($\varepsilon_{\perp}$) dla kolejności wybierania ścian z północy na południe dla pokładu *Q-600*



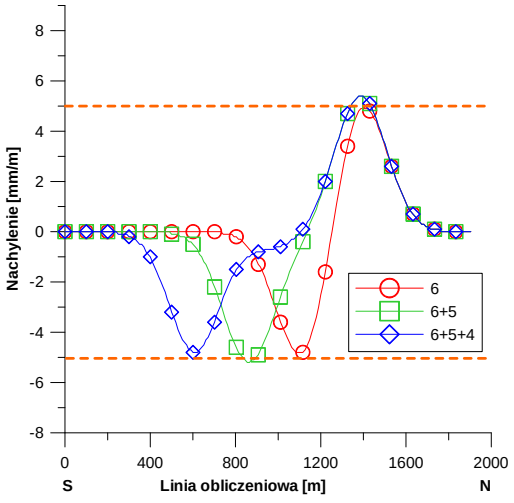
Rys. 14. Nachylenie powierzchni terenu wzdłuż osi jezdni ($T_{\parallel}$) dla kolejności wybierania ścian z południa na północ dla pokładu *Q-400*



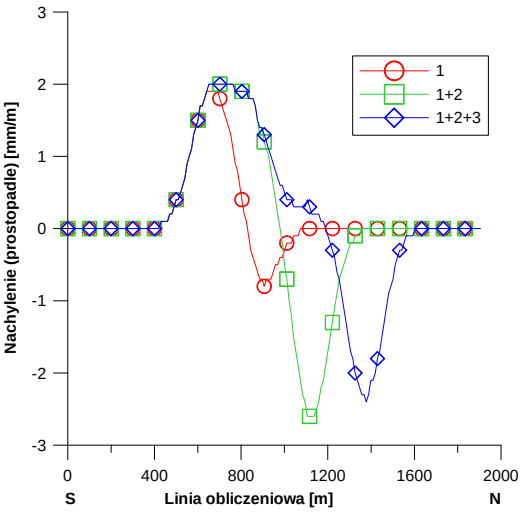
Rys. 15. Nachylenie powierzchni terenu wzdłuż osi jezdni ($T_{\parallel}$) dla kolejności wybierania ścian z północy na południe dla pokładu *Q-400*



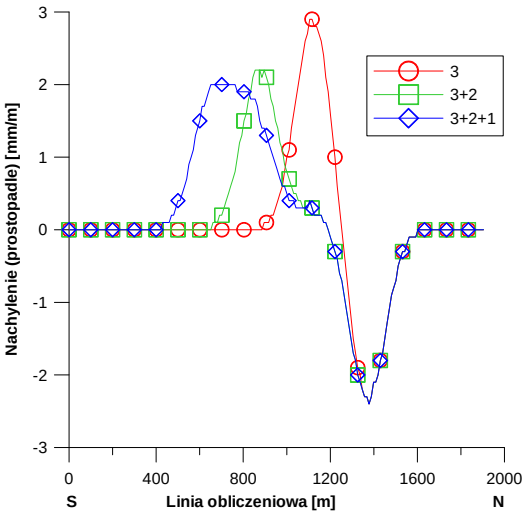
Rys. 16. Nachylenie powierzchni terenu wzdłuż osi jezdni ($T_{\parallel}$) dla kolejności wybierania ścian z południa na północ dla pokładu *Q-600*



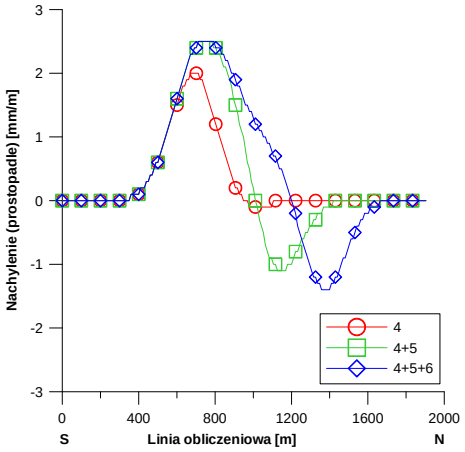
Rys. 17. Nachylenie powierzchni terenu wzdłuż osi jezdni ($T_{\parallel}$) dla kolejności wybierania ścian z północy na południe dla pokładu *Q-600*



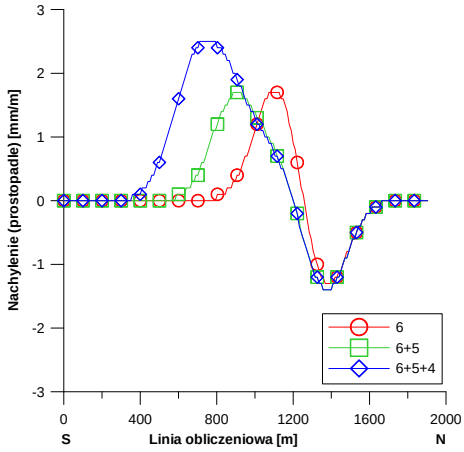
Rys. 18. Nachylenie powierzchni terenu prostopadłe do osi jezdni ($T_{\perp}$) dla kolejności wybierania ścian z południa na północ dla pokładu *Q-400*



Rys. 19. Nachylenie powierzchni terenu prostopadłe do osi jezdni ($T_{\perp}$) dla kolejności wybierania ścian z północy na południe dla pokładu *Q-400*



Rys. 20. Nachylenie powierzchni terenu prostopadłe do osi jezdni ($T_{\perp}$) dla kolejności wybierania ścian z południa na północ dla pokładu *Q-600*



Rys. 21. Nachylenie powierzchni terenu prostopadłe do osi jezdni ($T_{\perp}$) dla kolejności wybierania ścian z północy na południe dla pokładu *Q-600*

Dla eksploatacji prowadzonej na głębokości 600 m (*Q-600*) z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że w osi planowanej drogi ekspresowej ujawnią się wpływy w ograniczonym zakresie.

Jedynie, wartości prognozowanych odkształceń poziomych przekraczają około dwukrotnie wartości dopuszczalne dla II kategorii terenu górniczego (rys. 8 i 9) w sytuacji eksploatacji:

- wariantu A przy uwzględnieniu wybrania ściany nr 4. Wartości ekstremalnych wskaźników wystąpią na odcinku o długości 160 m (od 650 m do 810 m), oraz
- wariantu B przy uwzględnieniu wybrania ściany nr 6. Wartości ekstremalnych wskaźników wystąpią na odcinku o długości 190 m (od 1160 m do 1350 m).

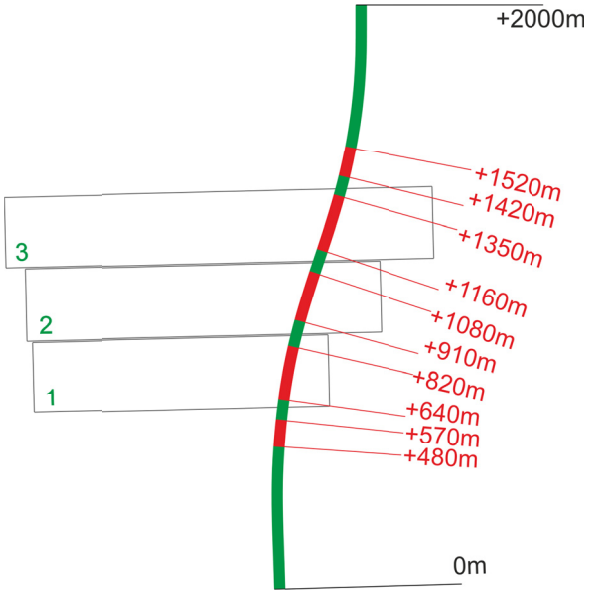
W poniższych tabelach (nr 3 i 4) przedstawiono spis odcinków autostrady *D*, w których dochodzi do przekroczenia zadanej II kategorii terenu górniczego dla odkształceń poziomych (tab. 3 oraz rys. 22, 23 i 24) oraz nachyleń (tab. 4 wraz z rysunkami 25 i 26). W tabeli 3 i 4 oraz na rysunkach (od nr 22 do 26) kolorem czerwonym oznaczono znaczne (minimalnie o 30%) przekroczenie granicznej wartości odkształcenia lub nachylenia w jednym lub na większej ilości etapów rozwoju eksploatacji, kolorem niebieskim zaznaczono miejsca gdzie wartości graniczne dla II kategorii terenu górniczego zostały nieznacznie (maksymalnie o 5%) przekroczone.

Tab. 3. Spis odcinków autostrady *D* na których nastąpiło przekroczenie wartości granicznych odkształceń poziomych wzdłuż osi autostrady *D* dla II kategorii terenu górniczego

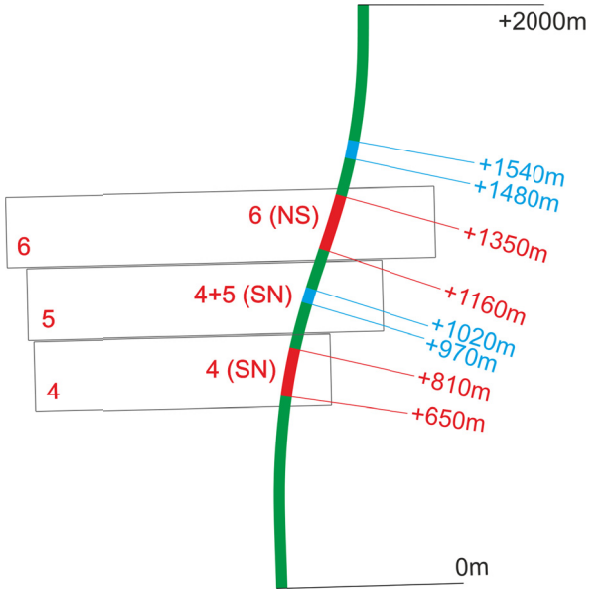
Eksploatowana/e ściana/y wraz z kolejnością jej wybierania	**Pokład *Q-400***	**Eksploatowana/e ściana/y wraz z kolejnością jej wybierania**	**Pokład *Q-600***
1 (SN)	od 480 m do 570 m, od 640 m do 820 m, od 910 m do 990 m	4 (SN)	od 650 m do 810 m
1+2 (SN)	od 480 m do 570 m, od 650 m do 740 m, od 980 m do 1080 m, od 1170 m do 1260 m	4+5 (SN)	od 970 m do 1020 m
1+2+3 (SN) 3+2+1 (NS)	od 480 m do 570 m, od 650 m do 740 m, od 1240 m do 1350 m, od 1420 m do 1520 m	4+5+6 (SN) 6+5+4 (NS)	od 1220 m do 1290 m, od 1480 m do 1540 m
3 (NS)	od 980 m do 1080 m, od 1160 m do 1350 m, od 1420 m do 1520 m	6 (NS)	od 1160 m do 1350 m, od 1490 m do 1530 m
3+2 (NS)	od 730 m do 820 m, od 910 m do 990 m, od 1230 m do 1350 m, od 1420 m do 1520 m	6+5 (NS)	od 720 m do 750 m, od 1210 m do 1290 m, od 1480 m do 1540 m

Przy wybieraniu ścian 1, 2 i 3 w pokładzie *Q-400* niezależnie od wariantu obliczeniowego należy się spodziewać uszkodzeń drogi wywołanych odkształceniami poziomymi na 70% jej długości (rys. 22).

Znacznie mniejszych uszkodzeń można się spodziewać przy przeprowadzeniu eksploatacji w pokładzie *Q-600*. W zależności o wybranego wariantu i związanego z nim kierunkiem eksploatacji uszkodzenia mogą wystąpić w różnych rejonach drogi. Na rysunku 23 można zauważyć, znaczne przekroczenie wartości granicznych odkształceń określonych dla II kategorii terenu górniczego na odcinku drogi od 650 do 810 m. Spowodowane jest to wybraniem ściany 4 przy eksploatacji ścian z kierunku południowego na północny. Dla wariantu obliczeniowego zawierającego eksploatację ścian 4 + 5 i tego samego kierunku eksploatacji, można spodziewać się nieznacznego przekroczenia wartości granicznych na odcinku od 970 do 1020 m.



Rys. 22. Rejony przekroczenia dopuszczalnej wartości odkształcenia poziomego wzdłuż osi autostrady *D* dla II kategorii odporności obiektów budowlanych (oznaczenie czerwone – znaczne przekroczenia) dla eksploatacji *Q-400*



Rys. 23. Rejony przekroczenia dopuszczalnej wartości odkształcenia poziomego wzdłuż osi autostrady *D* dla II kategorii odporności obiektów budowlanych (oznaczenie czerwone – znaczne przekroczenia, oznaczenie niebieskie – nieznaczne przekroczenie) dla eksploatacji *Q-600*

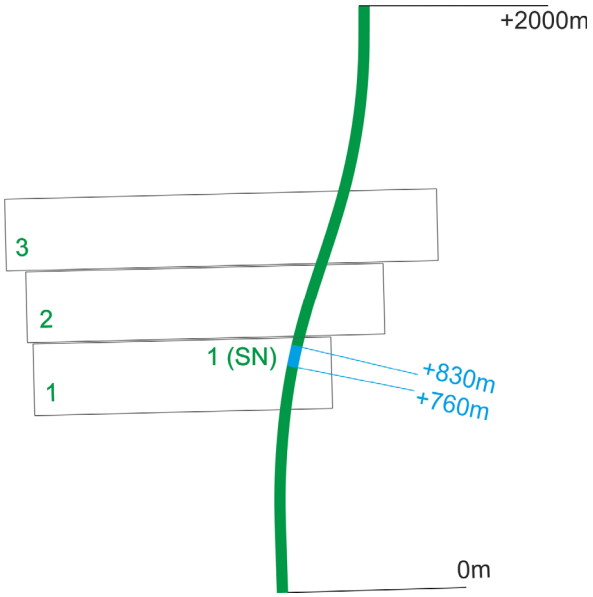
Przy alternatywnym wyborze kierunku eksploatacji, tj. w przypadku eksploatacji ściany 6 w wersji wybierania ścian z północy na południe może dojść do znacznego przekroczenia wartości granicznych jedynie na odcinku drogi od 1160 do 1350 m.

Tab. 4. Spis odcinków autostrady *D* na których nastąpiło przekroczenie wartości granicznych nachyleń wzdłuż osi autostrady *D* dla II kategorii terenu górniczego.

Eksploatowana/e ściana/y wraz z kolejnością wybierania ścian	**Pokład *Q-400***	**Eksploatowana/e ściana/y wraz z kolejnością wybierania ścian**	**Pokład *Q-600***
1 (SN)	od 540 m do 670 m, od 800 m do 930 m	4 (SN)	brak
1+2 (SN)	od 540 m do 680 m, od 1050 m do 1190 m	4+5 (SN)	brak
1+2+3 (SN) 3+2+1 (NS)	od 540 m do 680 m, od 1300 m do 1460 m	4+5+6 (SN) 6+5+4 (NS)	od 1350 m do 1430 m
3+2 (NS)	od 790 m do 940 m, od 1300 m do 1460 m	6+5 (NS)	od 840 m do 890 m, od 1350 m do 1430 m
3 (NS)	od 1040 m do 1190 m, od 1320 m do 1460 m	6 (NS)	brak

Niezależnie od opcji związanej z kolejnością wybierania ścian dopuszczalna wartość odkształcenia poziomego nieznacznie będzie przekroczona na odcinku od 1480 do 1540 m.

Analizując wyniki uzyskane dla odkształceń poziomych prostopadłych do osi autostrady *D* zauważyć można, że nieznaczne przekroczenie wartości granicznych dla II kategorii terenu górniczego wystąpiło jedynie na odcinku od 760 do 830 m, przy założeniu eksploatacji ściany 1 w pokładzie *Q-400* oraz kolejności wybierania ścian z kierunku południowego na północny. Sytuację tę przedstawia rys. 24.



Rys. 24. Rejony przekroczenia dopuszczalnej wartości odkształcenia poziomego prostopadłego do osi autostrady dla II kategorii odporności obiektów budowlanych (oznaczenie niebieskie – nieznaczne przekroczenie)

Do przekroczenia wartości granicznych nachyleń dla eksploatacji prowadzonej na głębokości 400 m dochodzi na czterech odcinkach drogi niezależnie od kolejności wybierania kolejnych ścian (rys. 25). Odmiennie sytuacja wygląda dla eksploatacji prowadzonej w pokładzie *Q-600.* Przy eksploatacji tego pokładu dochodzi do nieznacznego przekroczenia wartości granicznych jedynie w sytuacji eksploatacji z kierunku południowego na północny na odcinku 80 m, natomiast przy opcji wybierania z południa na północ uszkodzeniu może ulec autostrada na dwóch odcinkach o sumarycznej długości 130 m (rys. 26).

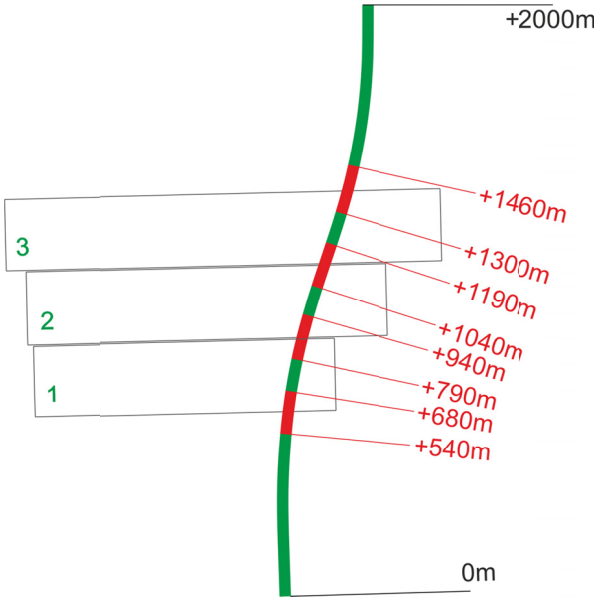
W żadnym z przypadków nie zaobserwowano przekroczenia wartości granicznych nachyleń powierzchni terenu prostopadłych do osi autostrady *D* przyjętych dla II kategorii terenu górniczego.

Analizując rejony autostrady *D* w których doszło do przekroczenia dopuszczalnych wartości odkształceń poziomych i nachyleń należy stwierdzić, że dla analizowanego przypadku eksploatacji prowadzonej na głębokości $H = 400$ m uszkodzeniu najprawdopodobniej ulegnie cały odcinek drogi od 480 m do 1520 m.

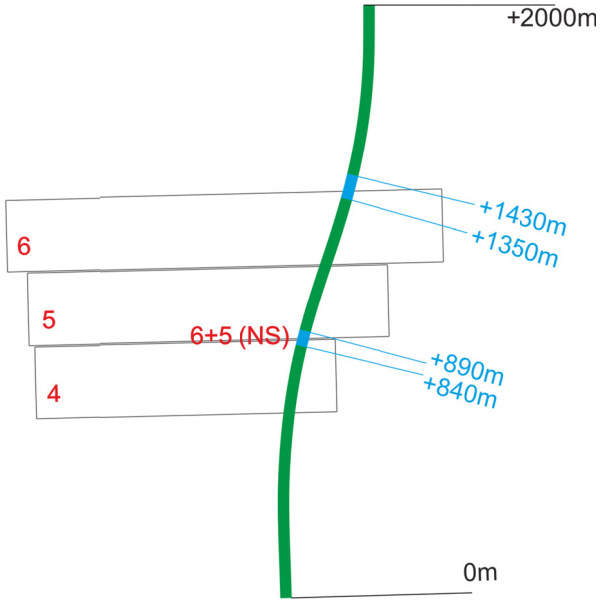
3. Wnioski

Przeprowadzone obliczenia prognostyczne dla eksploatacji trzech ścian dla dwóch różnych wersji związanych z głębokością eksploatacji (*Q-400* i *Q-600*) i przy różnych wariantach kolejności eksploatacji wykazały, skomplikowanie zagadnienia odpowiedniego projektowania eksploatacji górniczej. Zalecenia stosowane powszechnie w Polsce mówiące o utrzymaniu nieprzekraczalności II kategorii odporności na wpływy eksploatacji górniczej dla prognozowanych wskaźników deformacji, są bardzo trudne do dotrzymania. Obliczenia przykładowe wykazały, że przy założeniu wybrania wszystkich ścian w pokładzie *Q-400,* warunek ten jest praktycznie niemożliwy do spełnienia.

Osiadania maksymalne prognozowane dla wyeksploatowania wszystkich projektowanych ścian w obu wersjach obliczeniowych sięgają wartości ok 1,6 m. Pozostałe wskaźniki deformacji, które mają istotny wpływ na stateczność oraz warunki użytkowania drogi, tj. nachylenie i odkształcenie, zostały przedstawione na rysunkach od 6 do 21.



Rys. 25. Rejony przekroczenia dopuszczalnej wartości nachylenia wzdłuż osi autostrady *D* dla II kategorii odporności obiektów budowlanych (oznaczenie czerwone – znaczne przekroczenia) dla eksploatacji *Q-400*



Rys. 26. Rejony przekroczenia dopuszczalnej wartości nachylenia wzdłuż osi autostrady *D* dla II kategorii odporności obiektów budowlanych (oznaczenie niebieskie – nieznaczne przekroczenie) dla eksploatacji *Q-600*

Z przedstawionych obliczeń prognostycznych wynika, że planowana eksploatacja górnicza w pokładzie *Q-400*, wywoła deformacje terenu, które znacznie przekroczą dopuszczalne normy określone przez GDDKiA. Oszacowane wskaźniki deformacji spowodują osiadanie nasypów, spłycenie przekopów, utratę stateczności korpusu drogowego, zmiany nachyleń osi jezdni, tworzenie się niecek bezodpływowych oraz zniszczenia nawierzchni jezdni. Wyniki obliczeń wartości odkształceń rozciągających wskazują także na fakt, że w rejonach budowli ziemnych takich jak nasypy, szczególnie prawdopodobne jest wystąpienie zjawisk nieciągłych w formie szczelin i uskoków (Grün, 1995; Sroka, 2000).

Zaprezentowane w artykule kryterium głębokości krytycznej $H_{kr} = 0,607 \cdot \frac{a \cdot g}{|\varepsilon_{dop}|} \cdot \mathrm{tg}\beta$ skłania do jednoznacznego rozstrzygnięcia o niemożności w praktyce przeprowadzenia projektowanej eksploatacji górniczej w pokładzie *Q-400*, (tj. dla eksploatacji prowadzonej na głębokości $H = 400$ m) pod hipotetyczną autostradą oznaczoną symbolem *D*.

Przykładowo dla danych pokładu *Q-400*:

- średnia miąższość wynosi: $g = 1,8 \div 1,9$ m,
- zakres głębokości zalegania: $H = 400$ m;

dla wartości parametrów teorii Knothego:

- współczynnik osiadania: $a = 0,9$,
- kąt zasięgu wpływów głównych: $\beta = 63,4°$ ($\mathrm{tg}\beta = 2,0$),

oraz dla dopuszczalnej wartości odkształcenia poziomego:

$$|\varepsilon_{dop}| = 3,0 \text{ mm/m},$$

otrzymano:

$$H_{kr} = 656 \text{ m dla ścian 1 i 2, natomiast dla ściany 3: } H_{kr} = 692 \text{ m}.$$

Wynika z tego, że porównanie zakresu głębokości zalegania pokładu *Q-400* z wartością głębokości krytycznej zmusza do odrzucenia rozważanej koncepcji eksploatacji, nawet w przypadku, gdyby podlegać miała jej tylko jedna wybrana ściana. Wprowadzenie eksploatacji z podsadzką hydrauliczną lub też ograniczenie wybiegu projektowanych ścian przez zastosowanie jednostronnego filara ochronnego dla trasy, może znacznie ograniczyć deformacje powierzchni terenu jednak często rozwiązanie to bywa technicznie niemożliwe lub nieopłacalne ze względów ekonomicznymi.

Uzyskane wyniki dla eksploatacji prowadzonej w pokładzie *Q-600* na głębokości 600 m potwierdzają z pewnym prawdopodobieństwem możliwość zachowania użytkowej funkcji planowanej trasy.

Przeprowadzone obliczenia symulacyjne pokazują, że niewłaściwa lokalizacja autostrady lub drogi szybkiego ruchu na terenach górniczych może doprowadzić do bardzo dużych uszkodzeń w jej nawierzchni. Autorzy są zgodni co do możliwości współistnienia drogi szybkiego ruchu z eksploatacją podziemną, jednak zarówno budowa drogi, jak i planowana eksploatacja powinny być odpowiednio zaplanowane i dostosowane do warunków lokalnych.

Aktualna sytuacja, w której przeprowadza się inwestycję drogową w postaci autostrady przechodzącą przez naturalne zasoby złóż surowców strategicznych bez odpowiedniej prognozy przyszłościowej uwzględniającej interesy gospodarcze, jest trudna do zaakceptowania. Dotyczy to nie tylko złóż węgla kamiennego.

Państwo polskie stoi przed wyborem. Z jednej strony, narzucanie przez Organy Samorządowe wymogu utrzymania II kategorii terenu górniczego, może w przyszłości spowodować rezygnację z podjęcia eksploatacji złóż strategicznych przez Przedsiębiorców Górniczych. Co będzie skutkowało pogorszeniem się ich sytuacji ekonomicznej a w dalszej kolejności może doprowadzić do negatywnych skutków społecznych. Z drugiej strony, jednak znaczne przekroczenie tych wartości z dużym prawdopodobieństwem doprowadzi do zniszczenia tras i pogorszeniu infrastruktury.

Koniecznym jest zatem, przeprowadzenie wnikliwej analizy lokalizacji zasobów strategicznych złóż naturalnych, a następnie odpowiednie wytyczenie proponowanych tras, których przebieg umożliwiłby nieskrępowaną w przyszłości eksploatację.

Praca została wykonana w roku 2013 w ramach prac statutowych realizowanych w IMG PAN w Krakowie, finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura

Cieśliński J., 1996: *Droga w czterech wymiarach. Budownictwo drogowe na szkodach górniczych*. Zeszyty Naukowo-Techniczne Oddziału Krakowskiego SITK, nr 43, s. 129-139.

Grün E., 1995: *Analyse und Prognose von Unstetigketen als Folge bergbaubedingter Bodenbewegungen in Linksrheinischen Steinkohlengebiet*. Rozprawa doktorska, RWTH Aachen, 05.12.1995.

Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 16 stycznia 2002 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych. Dz. U. z 15 lutego 2002 r.

Sroka A., 2000: *Pomiary przemieszczeń punktów powierzchni z zastosowaniem techniki satelitarnej GPS przy eksploatacji ściany zwrotnej*. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej 2000, IGSMiE PAN Kraków, 21-22 lutego 2000, Szczyrk, s. 361-370.

The impacts of mining operations on motorways. Case studies

Abstract

The authors prognosticated the effects of the deep mining operations in the area where a new motorway is planned to be built. Two options were considered in the calculations procedure, differing in the depth of the longwall panel deposition. Furthermore, for each option two variants were analysed, differing in the sequence in which particular faces were to be mined. The authors agree that the motorway can well coexist with the deep mining operations, yet even the road construction and the planned mining activities should be well designed and the local conditions taken into account.

Keywords: horizontal displacements, surface deformations, motorways in the mining areas, mining damage