

**OCENA WARUNKÓW GEOTECHNICZNYCH
POSADOWIENIA OBIEKTÓW LINIOWYCH
NA OBSZARACH ODDZIAŁYWAŃ GÓRNICZYCH
NA PRZYKŁADZIE OBWODNICY POŁUDNIOWEJ LUBINA**

**Estimation of geotechnical conditions of linear objects founding
on the areas affected by underground mining
on the basis of Lubin Southern Ring Road**

**Joanna BARAN, Paweł GOLDSZTEJN, Marcin URBANIAK
& Agnieszka WIDAWSKA**

*Arcadis Profil Sp. z o.o., Biuro Regionalne Ochrony Środowiska we Wrocławiu;
ul. Tarnogajska 18, 50-512 Wrocław;
e-mail: j.baran@arcadis.pl, p.goldsztejn@arcadis.pl,
m.urbaniak@arcadis.pl, a.widawska@arcadis.pl*

Treść: Podziemna eksploatacja górnicza może prowadzić do odkształceń powierzchni terenu, które są wynikiem osiadania skał nadkładu ponad pustkami poeksploatacyjnymi. Powstające niecki osiadań są charakterystyczne dla rejonów dwóch dużych zagłębi wydobywczych w Polsce – Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (eksploatacja węgla kamiennego) i Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (eksploatacja rud miedzi) oraz nieczynnego już Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego (eksploatacja węgla kamiennego). Są to gęsto zurbanizowane obszary o rozwijającej się infrastrukturze drogowej. Artykuł przedstawia, na przykładzie Obwodnicy Południowej Lubina, problemy związane z oceną warunków geologiczno-inżynierskich planowanych inwestycji drogowych na terenach górniczych objętych skutkami oddziaływania podziemnej eksploatacji górnicznej. Zaprezentowano charakterystykę warunków gruntowo-wodnych omawianego terenu. Omówiono prognozowany stan osiadań powierzchni terenu w rejonie planowanej inwestycji. Przedstawiono także ocenę warunków geotechnicznych i szereg zabiegów inżynierskich, które mogą zapobiec niekorzystnym zmianom tych warunków na terenie oddziaływań górnicznych.

Słowa kluczowe: geotechnika, obiekt liniowy, posadowienie, odkształcenia powierzchni, podtopienia, zalewiska

Abstract: Underground mining may cause surface deformation that are likely to be result of gentle overburden settlement above post-exploitation caverns. Surface troughs that appears on the surface are typical for areas of two big mining basins in Poland – Upper Silesian Coal Basin (coal mining) and Legnica-Głogów Copper District (copper mining) as well as for already closed Lower Silesian Coal Basin (coal mining). These areas are strongly urbanized with developing road infrastructure. This paper presents issues connected with engineering geology conditions assessment of further road investments within mining areas that are subjected to underground mining influence on the basis of Lubin Southern Ring Road. The characteristics of ground-water conditions of research area is presented. Predicted surface subsidence in the area of planned investments is also described. Authors made also the assessment of geotechnical conditions and several possible engineering operations that may avoid unfavorable changes of those conditions on the area of underground mining influence is also presented in this paper.

Key words: geotechnics, linear object, foundation, surface deformations, inundations, overflows

WSTĘP

Eksploracja podziemna powoduje powstawanie pustek w górotworze będących efektem wybrania kopaliny użytecznej ze złoża. W czasie eksploatacji, niezależnie od stosowanej metody, dochodzi do odkształcenia się skał nadkładu ponad wybranym fragmentem złoża. Pustki poeksploatacyjne, w zależności od metody eksploatacji, likwidowane są poprzez naturalne ugięcie stropu lub kontrolowany zawał stropu, a także poprzez iniekcję podsadzki wypełniającej komory. W przypadku głęboko zalegających złóż eksploatowanych metodą podziemną charakterystycznym, powierzchniowym przejawem eksploatacji jest pojawienie się ciągłych odkształceń terenu. Tego typu oddziaływania charakterystyczne są dla obszaru Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM), Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW), Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego (DZW), a także terenów eksploatacji rud cynku i ołowiu, siarki i soli. W przypadku płytkiej eksploatacji podziemnej na powierzchni pojawiają się nieciągłe odkształcenia terenu, są one obecne w GZW i DZW.

W niniejszym artykule przedstawione zostały problemy z oceną warunków geologiczno-inżynierskich planowanych inwestycji drogowych na terenach objętych skutkami oddziaływania podziemnej eksploatacji górniczej, na przykładzie projektowanej Obwodnicy Południowej Lubina (OPL).

LOKALIZACJA TERENU BADAŃ

Obszar badań zlokalizowany jest w województwie dolnośląskim w granicach administracyjnych Lubina, na południowy zachód od zabudowanych terenów miejskich. Obejmuje trasę od osiedla Ustronie, poprzez Stary Lubin do osiedla Przylesie (Fig. 1).

Obszar Wysoczyzny Lubińskiej (Kondracki 2005) zbudowany jest głównie z glin lodowcowych zlodowacenia środkowopolskiego częściowo przykrytych lessami (Buksiński 1966).

GÓRNICTWO MIEDZI

W rejonie LGOM od lat 60. XX w. eksploatowane są złoża cechsztyńskich rud miedzi zalegających na głębokościach 600–1200 m, na powierzchni ponad 450 km². Obecnie na tym obszarze funkcjonują trzy zakłady górnicze: ZG Lubin, ZG Polkowice-Sieroszowice i ZG Rudna. Eksploatacja rud miedzi początkowo prowadzona była systemem ścianowym, szybko przekształconym w system komorowo-filarowy. Ta metoda wybierania złoża jest stosowana w kopalniach KGHM do dziś. Likwidacja przestrzeni po wyeksploatowanej kopalinie odbywa się poprzez samoczynne ugięcie stropu lub poprzez wypełnianie pustek poeksploatacyjnych podsadzką hydrauliczną lub suchą. Teren projektowanej Obwodnicy Południowej Lubina leży w granicach obszarów górniczych Małomice i Lubin, eksploatowanych przez ZG Lubin. Eksploatacja prowadzona jest tu systemem komorowo-filarowym z samoczynnym ugięciem stropu i systemem komorowo-filarowym z podsadzką hydrauliczną. Roboty górnicze prowadzone są na głębokości od 610 do 850 m (www.kghm.pl, z dnia 05.02.2008).

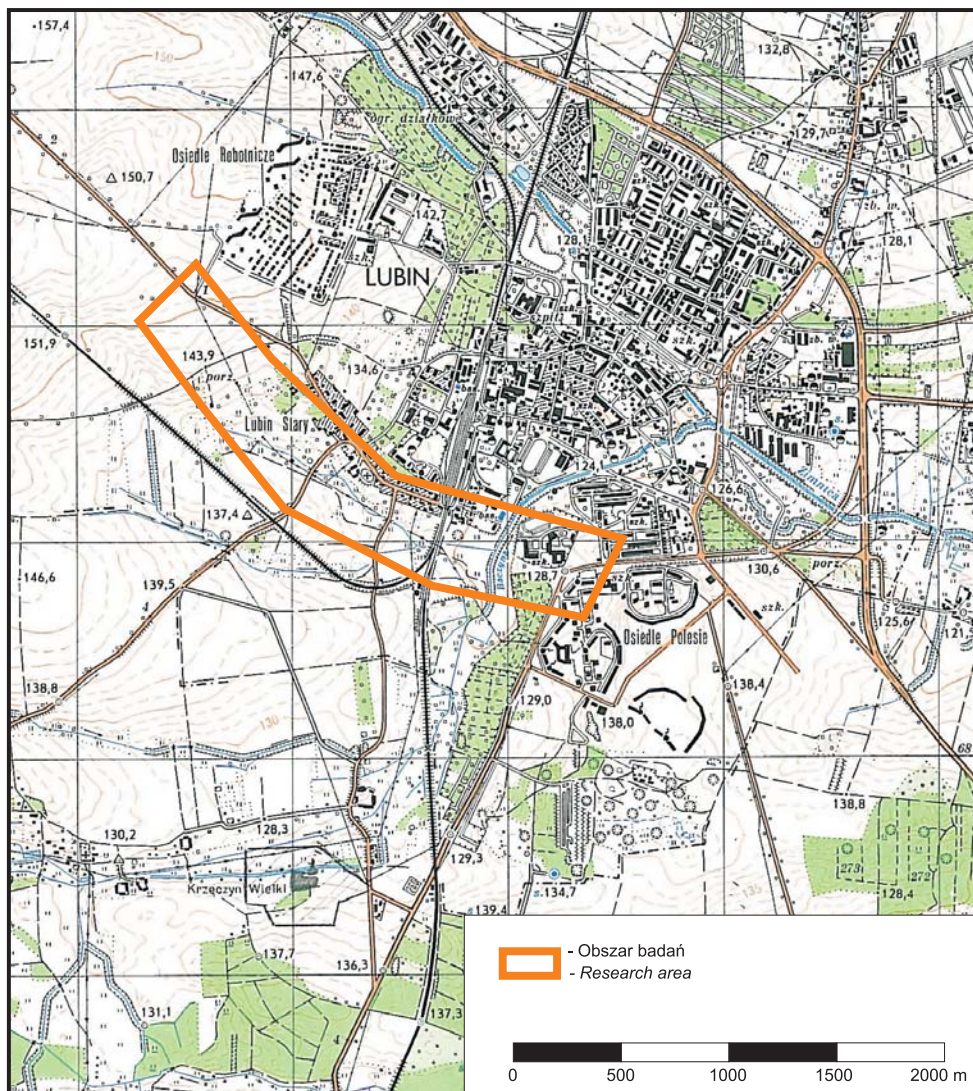


Fig. 1. Mapa lokalizacji OPL

Fig. 1. Location of OPL

Eksploatacja podziemna rud miedzi doprowadziła do powstania niecek obniżeniowych na powierzchni terenu i zmian w charakterystyce warunków gruntowo-wodnych. Obszar wpływu oddziaływań górniczych to głównie teren użytkowany rolniczo oraz porośnięty lasami, drenowany przez kilka niewielkich cieków. Z uwagi na postępującą urbanizację tego terenu, wpływ eksploatacji górniczej na jego powierzchnię (deformacje ciągłe) jest istotnym czynnikiem warunkującym rozwój infrastruktury.

CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW GRUNTOWO-WODNYCH

Badania, w wyniku których określono charakterystykę warunków gruntowo-wodnych rejonu OPL, prowadzone były w ramach opracowywania *Dokumentacji...* (Urbaniak *et al.* 2007).

Warunki gruntowe

Warunki gruntowo-wodne rozpoznano wzdłuż trasy OPL do głębokości 4–6 m p.p.t., lokalnie głębiej (do 18 m p.p.t.). Podłoże budują utwory neogeńskie rodzime i antropogeniczne. Utwory antropogeniczne to nasypy niekontrolowane, powszechnie występujące w przypowierzchniowej partii gruntu. Grunty rodzime w zachodniej części projektowanej obwodnicy to grunty spoiste w stanie twardoplastycznym i plastycznym, z wkładkami i soczewkami utworów niespoistych średnio zagęszczonych. W rejonie skrzyżowania z ulicą Chocianowską miejscami płytko nawiercono torfy i namuły gliniaste, dalej na wschód w kierunku torów kolejowych – grunty spoiste w stanie twardoplastycznym i plastycznym. Na wschód od linii kolejowej wśród gruntów spoistych występują też warstwy gruntów niespoistych w stanie średnio zagęszczonym.

Warunki wodne

Wzdłuż projektowanej trasy obwodnicy wodę gruntową stwierdzono w obrębie osadów piaszczystych na głębokości od 1.2 m do 3.1 m p.p.t. Zwierciadło wody ma w większości charakter swobodny, lokalnie lekko napięty trudno przepuszczalnymi przewarstwieniami gliniastymi. Analiza wody gruntowej wykazuje cechy słabej agresywności kwasowej i węglanowej.

W rejonie planowanego przejścia przez ciek Baczyna wody gruntowe zasilane są intensywnie przez wodę płynącą w korycie kanału Baczyna.

Do głębokości 3.0 m przypowierzchniowy poziom wodonośny nie ma charakteru ciągłego, a występuje tylko lokalnie. Charakteryzuje się on dużą zmiennością nawodnionej warstwy i parametrów filtracyjnych. Miąższość osadów wodonośnych jest niewielka, zazwyczaj w granicach od około jednego do kilku metrów. Tworzą one nieregularnie wykształcone soczewki, w niektórych miejscach są to ciągłe warstwy wodonośne.

CHARAKTERYSTYKA ODKSZTAŁCEŃ POWIERZCHNI TERENU

Powierzchniowe odkształcenia terenu wyrażają się na badanym obszarze powstawaniem osiadań. Wielkość osiadań na obszarach górniczych jest monitorowana poprzez sieć punktów reperowych, w których Zakłady Górnicze KGHM prowadzą stałe i ciągłe pomiary. Na podstawie obserwowanych zmian w wysokości hipsometrycznej powierzchni terenu oraz szybkości odkształceń sporządzane są prognozy osiadań. Z punktu widzenia bezpieczeństwa projektowanych inwestycji najistotniejsza jest prognoza osiadań w odniesieniu do ich wielkości w momencie budowy obiektu, a aktualna wielkość osiadań w stosunku do po-

czątków eksploatacji nie ma takiego znaczenia. Zakład Górniczy Lubin dysponuje obecnie prognozami osiadań terenu na rok 2013 i 2025.

Na figurze 2 przedstawiono mapę izoliniową prezentującą długoterminowe prognozowane osiadania powierzchni terenu w rejonie badań na rok 2025 (w odniesieniu do stanu aktualnego) wraz z zaznaczonym przebiegiem OPL.

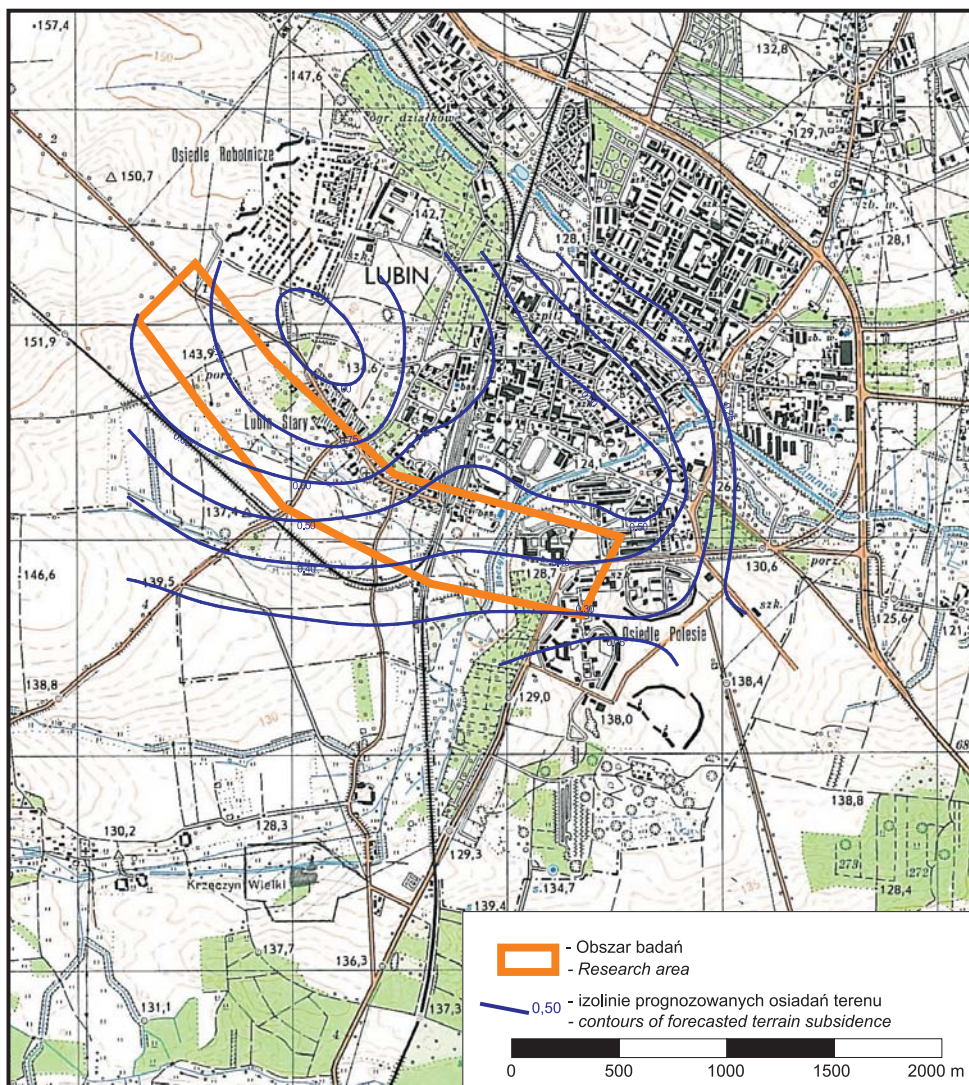


Fig. 2. Prognozowane na rok 2025 osiadania na terenie badań

Fig. 2. Predicted surface subsidence on the research area in 2025

Wielkość aktualnie prognozowanych osiadań sięga na badanym terenie do 0.85 m. Największe odkształcenia zlokalizowane są w zachodniej części projektowanej trasy obwodnicy, stopniowo zmniejszając się w stronę S i E i osiągając poniżej 0.25 m.

ZMIANY STOSUNKÓW WODNYCH

Osiadania, poza widocznymi na powierzchni zmianami morfologii terenu, wpływają na zmianę stosunków wodnych.

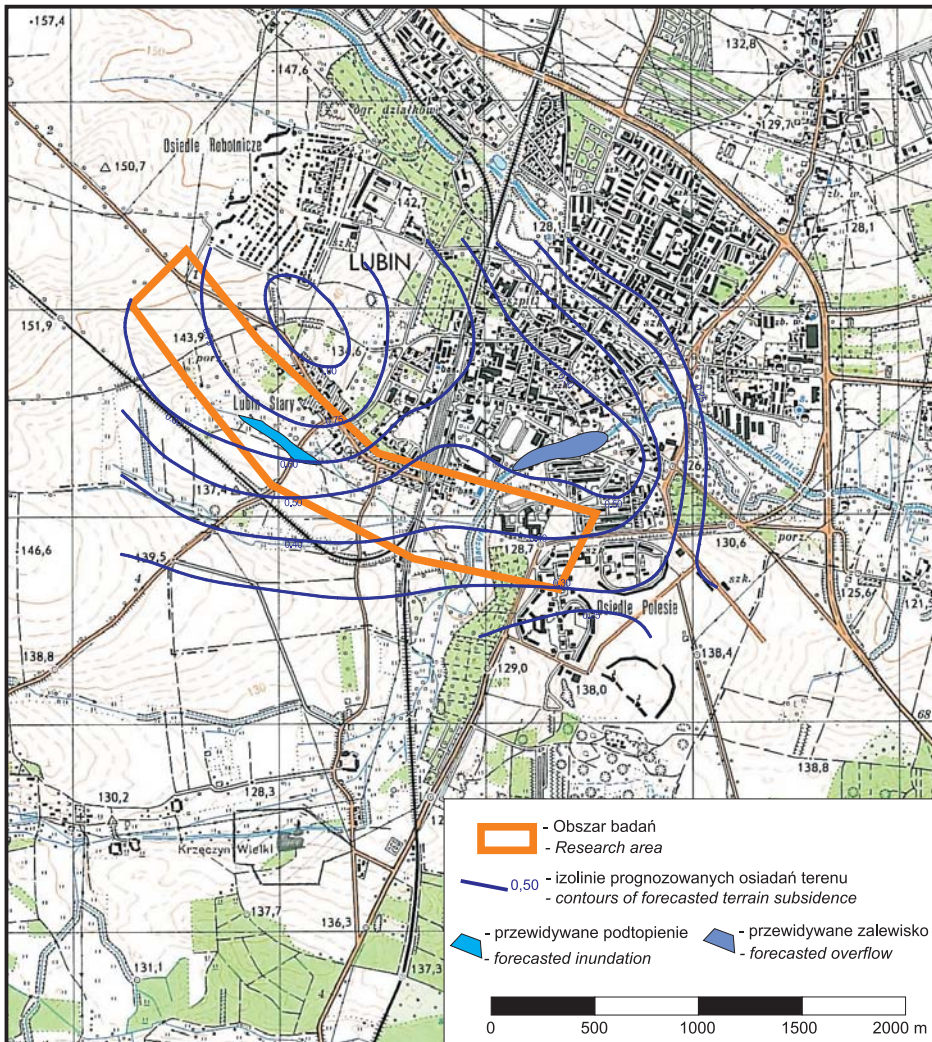


Fig. 3. Mapa przedstawiająca lokalizację przewidywanych obszarów podtopienia i zalewiska

Fig. 3. Map presenting the location of predicted areas of inundation and overflow

W wyniku obniżania się powierzchni terenu zwierciadło pierwszego swobodnego poziomu wód podziemnych ulega pozornemu podniesieniu (w stosunku do powierzchni terenu, w rzeczywistości rzędna swobodnego zwierciadła wody gruntowej nie ulega zmianom większym niż typowe sezonowe wahania). Takie zjawisko, w pewnych przypadkach, może doprowadzić do utworzenia się lokalnych podtopień terenu, a także powstania zalewisk w wyniku zmian w kierunkach przepływów cieków powierzchniowych (zmiana wysokości lokalnej bazy drenażu).

W rejonie Lubin – Polkowice w wyniku procesów odkształcenia się powierzchni ziemi doszło już do powstania podtopień terenu w rejonie wsi Sobin i Jędrzychów, a także do zmian w przepustowości (zarastanie koryt rzecznych) i zaburzeń kierunków odpływu (tworzenie się zagłębień bezodpływowych) cieków, takich jak Zimnica, Zielenica, Szprotawa i Kłębanówka.

W rejonie projektowanej Obwodnicy Południowej Lubina w perspektywie kilkunastu lat może dojść do podtopienia terenu na wysokości ulicy Chocianowskiej i dalej w kierunku północno-zachodnim (Fig. 3).

Analizując wielkość prognozowanych podtopień w aspekcie możliwości zaburzeń w odpływie cieku Baczyzna, należy stwierdzić niewielkie prawdopodobieństwo wystąpienia zalewisk w rejonie OPL. Należy jednak zauważyć, że w kierunku NE od przecięcia się cieku z trasą projektowanej inwestycji może dojść do powstania zalewiska, gdyż niecka osiadań może zaburzyć naturalny w tej chwili odpływ wód z Baczyzny do Zimnicy.

OCENA WARUNKÓW GEOTECHNICZNYCH I DZIAŁANIA ZAPOBIEGAJĄCE ICH NIEKORZYSTNYM ZMIANOM

Podczas przeprowadzania oceny warunków geotechnicznych podłoża przeznaczonego pod posadowienie inwestycji liniowych brane są pod uwagę następujące cechy środowiska gruntowo-wodnego:

- parametry geotechniczne gruntów (gęstość objętościowa, wilgotność naturalna, kąt tarcia wewnętrznego, kohezja, moduł odkształcenia pierwotnego, moduł ściśliwości pierwotnej);
- wysadzinowość gruntów;
- agresywność wód gruntowych w stosunku do betonu;
- amplituda sezonowych wahań wód gruntowych.

Określenie wyżej wymienionych parametrów w podłożu inwestycji daje obraz warunków gruntowo-wodnych, które zazwyczaj nie ulegają znacznym zmianom w ciągu wieloletniego okresu użytkowania obiektu (pomijając możliwe katastrofy naturalne).

W przypadku obiektów liniowych projektowanych na obszarach oddziaływań eksploatacji górniczej ocena warunków geotechnicznych jest nieco bardziej skomplikowana. Konieczne jest uwzględnienie wpływu osiadań terenu na zmiany parametrów charakteryzujących środowisko gruntowo-wodne.

Osiadanie terenu powoduje następujące zmiany:

- podniesienie się zwierciadła wód gruntowych,
- lokalne podtopienia terenu,
- zmiany w kierunku odpływu powierzchniowego mogące powodować powstawanie zalewisk,
- zmniejszenie się stopnia zagęszczenia gruntów,
- powiększenie stref występowania gruntów wysadzinowych.

Teren przeznaczony pod inwestycję stanowi niezabudowany obszar ciągnący się wzdłuż południowo-zachodniej granicy Lublina. Podłoże w obrębie linii rozgraniczających projektowaną drogę budują w przeważającej części grunty spoiste w stanie twardoplastycznym, lokalnie w plastycznym, zaliczone do grupy konsolidacji B. Mniejszą część stanowią grunty niespoiste w postaci piasków średnich w stanie średnio zagęszczonym. W głębszych warstwach zalegają utwory morenowe w postaci glin piaszczystych i glin piaszczystych zwięzłych w stanie półzartym, a przystropowo w twardoplastycznym zaliczone do grupy konsolidacji A.

Niekorzystne prognozy obniżenia terenu spowodowane eksploatacją górnictw przewidują możliwość wystąpienia podtopień, a co za tym idzie – zmianę parametrów geotechnicznych gruntów w podłożu. Uplastycznienie się glin wpłynie niekorzystnie na nośność podłoża. Szacowane prognozy obniżenia (w stosunku do stanu obecnego) wywołanych eksploatacją, przyjmują wartość maksymalnie 0.85 m. Przy takich deformacjach zwierciadła wód gruntowych przypowierzchniowego poziomu wodonośnego na obszarze badań zalegać będzie maksymalnie kilkadziesiąt centymetrów poniżej poziomu terenu, a w najgorszym przypadku – ponad 20 cm n.p.t.

Istnieją metody lokalnego zapobiegania powstaniu zalewisk: instalowanie studni depresyjnych oraz wykonywanie przekopów z odpowiednimi spadkami (zgodnymi z prognozowaną sytuacją morfologiczną) odprowadzających wody powierzchniowe do istniejących rowów. Zabiegi te jednak nie zlikwidują w pełni zagrożenia osłabienia konstrukcji poprzez rozmycie podstawy nasypu. Dlatego też należy na etapie projektowania uwzględnić zabezpieczenie budowli przed ingerencją wody. W tej sytuacji można przy podstawie skarpy nasypu zastosować „okrycie” płytami betonowymi bądź wbudować konstrukcje gabionowe chroniące powierzchnie nasypu.

Drugim bardzo ważnym zjawiskiem jest osiadanie budowli w czasie. Obiekty infrastruktury drogowej narażone są na ciągłe obciążenia dynamiczne wywołane ruchem pojazdów. Tego typu obciążenia dynamiczne stanowią ok. 10% całkowitych obciążeń podłoża. W tak niekorzystnych warunkach prognozowanych obniżenia oraz pozornie podwyższonego zwierciadła wody należy rozpatrzyć każdą niekorzystną sytuację. W tym przypadku pomocnym elementem konstrukcyjnym staje się zastosowanie syntetycznej geosiatki. Element ten utrzymuje wymaganą sztywność budowli i zarazem nie powoduje dodatkowych obciążeń podłoża ze względu na mały ciężar (ok. 1.3 kg/m²). Badania nad wykorzystaniem gruntów zbrojonych w wysokich ścianach nasypów na terenach górniczych wykazały, że deformacje górnicze mają wpływ na większość sił występujących w zbrojeniu oraz na odkształcenia całej konstrukcji, w szczególności w górnej warstwie (Gaszyński & Poślajko 2004). W przypadku projektowanej drogi wysokość nasypów nie przekroczy 1.5 m, licząc od obecnej powierzchni terenu, więc zagrożenie rozluźnieniem zbrojenia skłania się do minimum.

W celu przeciwdziałania ewentualnemu powstaniu zalewiska wypełnionego wodami ciekłu Baczyna, który w wyniku osiadania terenu nie będzie w naturalny sposób odpływał do Zimnicy, można podjąć następujące kroki:

- wykonać sztuczny odpływ wód rowu Baczyna od południowej strony projektowanej drogi w kierunku Zimnicy wraz z przeprowadzeniem go poprzez nasyp drogowy, tak aby zachować spływ grawitacyjny;
- zaprojektować przepust o rzędnej dna niższej niż prognozowana rzędna terenu po osiadaniach, tak aby wody rowu Baczyna mogły bez przeszkód spływać w kierunku N, zaś w dalszym odcinku przepompowywać je do Zimnicy.

Należy także zwrócić uwagę na spowodowaną przez osiadania gruntów możliwość odkształceń projektowanej niwelety OPL w perspektywie kilkudziesięciu lat użytkowania inwestycji. Deniwelacja drogi na projektowanym odcinku 2.5 km nie przekracza kilkunastu metrów. Osiadanie terenu może powodować niekorzystne poprzeczne odkształcenia warstwy nośnej drogi, co skutkować może obniżeniem komfortu jazdy i zaburzeniem prawidłowej geometrii drogi. Zastosowanie geosiatki w podłożu nasypów drogowych może pozwolić na uniknięcie takich problemów. Innym problemem może być nierównomierne osiadanie nasypu drogowego i fundamentów posadowienia wiaduktu nad trasą kolejową. Takie zjawisko będzie mogło być niwelowane na bieżąco po wystąpieniu poprzez zastosowanie metod ratowniczych – iniekcji lub mikropali.

PODSUMOWANIE

Analiza warunków geotechnicznych w rejonie projektowanej drogi wykazała możliwość wystąpienia niekorzystnych skutków osiadań gruntów na badanym obszarze. Prognozowane przez KGHM w okresie kilkunastoletnim deformacje powierzchni terenu (Fig. 2) wskazują na to, iż na skutek eksploatacji podziemnej rud miedzi na tym obszarze w rejonie inwestycji i w jej bezpośrednim sąsiedztwie powstanie niecka obniżeniowa. Tego typu oddziaływania eksploatacji górniczej mogą doprowadzić do podniesienia zwierciadła wód podziemnych, co skutkować może powstaniem lokalnych podtopień i zalewisk (Fig. 3), wskutek względnego podniesienia się poziomu bazy drenażu. Przeprowadzenie odpowiednich zabiegów inżynierskich na etapie projektowania drogi pozwala na zminimalizowanie problemów, które mogą się pojawić w wyniku postępujących osiadań terenu. Proponuje się zastosowanie wzmocnienia nasypów drogowych poprzez ich okrycie płytami betonowymi bądź poprzez wbudowanie konstrukcji gabionowych, zaś w rejonie prawdopodobnego zalewiska (Fig. 3) – przeprowadzić wody rzeki Baczyna w taki sposób, aby zachowany został spływ wód w kierunku Zimnicy, wykonując przepust w obrębie nasypu bądź poniżej nasypu wraz z przepompownią wód.

LITERATURA

- Buksiński S., 1966. *Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Lubin wraz z objaśnieniami*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Gaszyński J. & Posłajko M., 2004. Stateczność zbrojonego masywu gruntowego na podłożu podlegającym wpływom deformacji górniczych. W: *Geotechnika i Budownictwo Specjalne*, t. 1, Katedra Geomechaniki Budownictwa i Geotechniki AGH, Kraków, 359–370.

Kondracki J., 2005. *Geografia fizyczna Polski*. PWN, Warszawa.

Serwis internetowy KGKM Polska Miedź SA: www.kghm.pl.

Urbaniak M., Goldsztejn P. & Baran J., 2007. *Dokumentacja geologiczno-inżynierska dla ustalenia geotechnicznych warunków posadowienia projektowanej budowy Obwodnicy Południowej Lubina*. ARCADIS Profil Sp. z o.o., Wrocław (materiały niepublikowane).

Na figurach 1–3 zamieszczono fragmenty „Mapy topograficznej Polski w skali 1 : 10 000”, nr M 33-21-C-d-2, Główny Geodeta Kraju.

Summary

The analysis of geotechnical conditions in the area of planned ring road indicates that is possible that ground subsidence may cause unfavorable effects on the surface (Fig. 1). Forecasted for the year 2025 surface deformations indicate that in the area of a road and in its vicinity surface subsidence through will appear as a result of underground copper ore mining (Fig. 2). That kind of mining exploitation may cause that water table level relatively rise (referred to surface level) what may lead to forming of local inundations and overflows (Fig. 3). However particular engineering works whilst road planning and constructing may minimize problems that may occur as a result of progressing ground subsidence. It is proposed to strengthen road embankments by covering it with concrete slabs or by gabion incorporation to its construction. In the forecasted overflow area (Fig. 3) it is proposed to pass water from Baczyna River in the way so the original water run-off towards Zimnica River is preserved – by making a culvert within embankment or below embankment together with a water pumping station.