

Urszula Kołodziejczyk
Instytut Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Zielonogórski

GLACITEKTONICZNE UWARUNKOWANIA BUDOWY I EKSPLOATACJI OBWODNICZY ZIELONEJ GÓRY

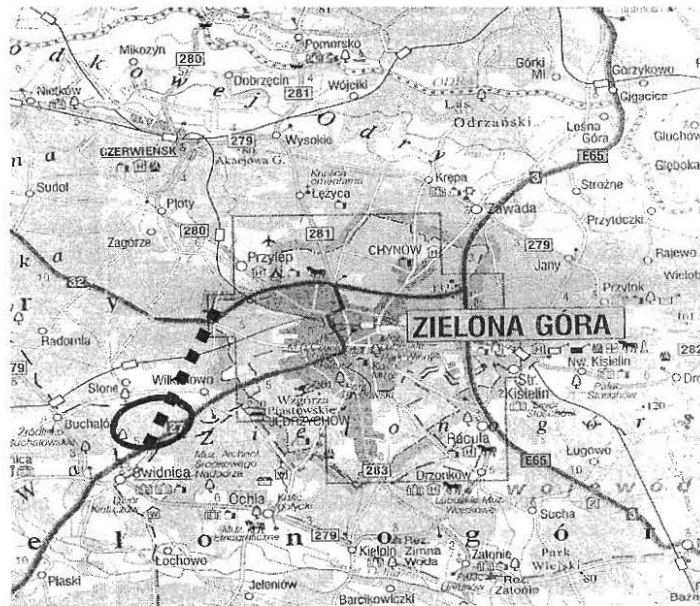
GLACITECTONICAL CONDITION OF CONSTRUCTION AND OPERATION OF ZIELONA GÓRA RING ROAD

Streszczenie: Budowa obiektów inżynierskich zlokalizowanych w obrębie struktur zaburzonych glacitektonicznie, w tym także różnorodnych form morfologicznych krajobrazu połodowcowego, powoduje konieczność łączenia działań inżynierskich ze znajomością procesów geologicznych. Przykładem takich działań jest budowa zachodniej obwodnicy Zielonej Góry, która wiązała się z wykonaniem głębokich wkopów w obręb struktur zaburzonych glacitektonicznie. Spowodowała ona intensywne zmiany w górotworze, a w konsekwencji – utratę stateczności skarp i wykształcenie wielu osuwisk. Już na etapie budowy obiektu uaktywniły się bowiem liczne procesy osuwiskowe, które dodatkowo pojawiły się również podczas użytkowania drogi. Lokalizację tych osuwisk można było wręcz wskazać na podstawie przedprojektowych badań geologicznych, a tym bardziej – po wykonaniu wykopu budowlanego. Obecnie, mimo wykonanej stabilizacji osuwisk, nadal istnieje zagrożenie utraty stateczności zboczy, będące przejawem próby sił pomiędzy naprężeniami w gruncie i inżynierską działalnością człowieka.

Summary: Process of constructions of engineering objects situated within glacitectonically disturbed structures, including miscellaneous morphological forms of postglacial landscape, cause necessity of connection of engineering operation with knowledge of geological process. Example of such as process was construction of the west ring road of Zielona Góra. The process was tied with making deep excavations into glacitectonically disturbed structures. It has caused far-reaching changes into the rock mass and - in consequence – losing the stability of the banks and in the same time formation of many landslips. Numerous landslide processes have been activated on a period of the construction of the object and then additionally have appeared during usage of the road. Not surprisingly it was possible to indicate localization of future landslips strictly on the base on geological research made for construction design, but it more – after making the excavations. Presently, in spite of carried out stabilization of landslip, threat of the losing of stability of the slopes still exists. It is a sign of challenge between tensions in ground and engineering activity of the man.

WSTĘP

Najnowszy fragment obwodnicy Zielonej Góry, o długości 4,97 km, zwany obwodnicą zachodnią lub obwodnicą Wilkanowa, oddano do użytku 27 lutego 2006r. Obiekt powstał w ramach projektu współfinansowanego przez Unię Europejską, Urząd Miasta Zielona Góra oraz Oddział Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad w Zielonej Górze. Trwająca prawie 18 miesięcy budowa pochłonęła niemal 4,5 mln EUR, z czego 2 mln EUR zapłaciła Unia Europejska. Parametry wykonanej trasy zostały dostosowane do standardów unijnych: jej nośność wynosi 115 kN/oś, jezdnia ma szerokość 8 metrów, a pobocza gruntowe 2,25 m. W ciągu obwodnicy wybudowano: trzy skrzyżowania (w tym jedno o ruchu okrężnym - rondo), wiadukt nad linią kolejową, kanalizację deszczową, oświetlenie na skrzyżowaniach oraz dokonano przebudowy linii energetycznych i telekomunikacyjnych kolidujących z wytyczoną trasą.



Rys. 1. Lokalizacja zachodniej obwodnicy Zielonej Góry (obwodnicy Wilkanowa) i obszaru badań, skala 1:200 000

Objaśnienia: ■■■■ nowozbudowany odcinek obwodnicy zachodniej
 ○ obszar badań

Obwodnica Wilkanowa przedłużyła istniejącą już w Zielonej Górze Trasę Północno-Zachodnią w kierunku zachodnim i tym sposobem utworzyła pełną obwodnicę miasta. Jej początek przyjęto na skrzyżowaniu ul. Wojska Polskiego z drogą Nr 32 Gubin – Zielona Góra, gdzie powstało rondo, natomiast koniec - na przecięciu obwodnicy z drogą krajową Nr 27, biegnącą pomiędzy Świdnicą a Wilkanowem (rys.

1). Oddanie tego odcinka drogi do użytku ułatwiło pracę przewoźnikom, zwłaszcza wykorzystującym ciężki transport samochodowy, poprawiło bezpieczeństwo pieszych w mieście, a także wywarło korzystny wpływ na drogi miejskie, które dotychczas były intensywnie dewastowane przez ciężki transport samochodowy.

Budowa obwodnicy Wilkanowa napotkała na szereg trudności wykonawczych natury geologiczno-inżynierskiej:

a) na odcinku o długości 1,3 km droga przebiega przez teren przekształcony przez szkody górnicze, charakteryzujące się powszechną obecnością wydłużonych niecek stanowiących pozostałość po prowadzonej na przełomie XIX i XX wieku podziemnej eksploatacji węgla brunatnego w pobliskich kopalniach Stone-Buchałów,

b) podczas prac wyprzedzających, czyli tzw. ratowniczych badań wykopaliskowych, wykryto niewielką osadę (obozowisko) kultury ceramiki sznurowej pochodzącą z 1900 r. p.n.e., gdzie wydobyto zabytkowy materiał ceramiczny i krzemienisty. Według danych archeologicznych, ludność tej kultury prowadziła koczowniczy tryb życia i w związku z tym osiedlała się zwykle na krótko, zostawiając po sobie tylko nieliczne ślady, trudne do znalezienia współcześnie. Odkrycie to zaliczono więc do najważniejszych odkryć archeologicznych 2003 roku w skali całego województwa lubuskiego,

c) droga została zaprojektowana w obrębie strefy zaburzeń glacitektonicznych, charakterystycznych dla okolic Zielonej Góry. Głacitektoniczna budowa okazała się największym problemem na etapie wykonawczym i eksploatacyjnym obiektu.

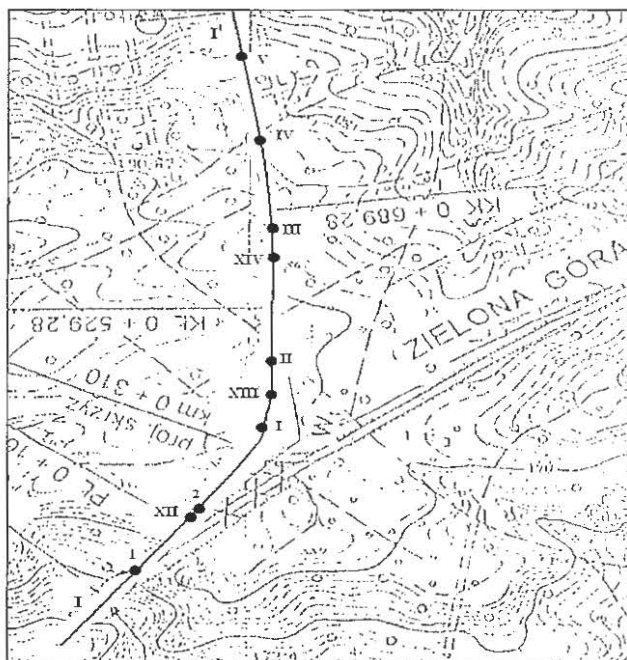
ZABURZENIA GLACITEKTONICZNE W REJONIE WILKANOWA

Struktury glacitektoniczne występujące w rejonie Zielonej Góry, w tym także Wilkanowa, były opisywane przez wielu autorów, w tym m. in.: Friesa (1933), Ciuka (1953), Bartkowskiego (1957), Krygowskiego (1964), Wróbla (1974), Kotowskiego (1980), Kołodziejczyk (1988), Kotowskiego i Kraińskiego (1986) oraz innych. Były one z reguły interpretowane na podstawie wierceń geologicznych wykonywanych w związku z poszukiwaniem złóż węgla brunatnego lub dla potrzeb budownictwa. Prace te doprowadziły do jednoznacznego zakwalifikowania całego Wału Zielonogórskiego do strefy silnie zaburzonej glacitektonicznie i jednocześnie ustalenia genezy i kształtu różnorodnych deformacji ciągłych (fałdów, fleksur) oraz nieciągłych (uskoków, łusek, kier).

Zaburzenia glacitektoniczne w okolicy Wilkanowa zostały szczegółowo przedstawione m.in. w pracy I. i I. Wróblów (1976), gdzie scharakteryzowano deformacje stwierdzone w żwirowni „Wilkanów” położonej w odległości około 0,5 km na południe od obwodnicy Wilkanowa. W ramach dokumentowania złoża kruszywa występującego w tej żwirowni wykonano 16 wierceń o głębokości od 4,0 do 8,3 m p.p.t. Wiercenia te nie wykazały obecności zaburzeń glacitektonicznych. Dopiero po wykonaniu wkopu udostępniającego złoża i uruchomieniu eksploatacji okazało się, że obszar ten jest zaburzony glacitektonicznie, a wśród utworów piaszczystych,

wypiętrzonych m.in. w postaci „skrzyni”, powszechnie występują wkładki glin morenowych i mułków, a łukowato ułożone utwory są zaburzone glacitektonicznie i przykryte w stropie czapą płaskich (niezaburzonych) osadów wykształconych w okresie peryglacjalnym. Zaburzenia glacitektoniczne występujące w stropowej części złoza przypisano efektom ich podpiętrzenia wskutek oparcia się lądolodu o starsze struktury. Opracowano również przybliżoną chronologię sedymentacji osadów, w której wyróżniono następujące etapy:

- osadzenie materiału, a następnie zaburzenie struktur geologicznych podczas zlodowacenia krakowskiego,
- osadzenie i zdeformowanie osadów podczas zlodowacenia środkowopolskiego,
- przykrycie dotychczasowych struktur (zaburzonych glacitektonicznie) horyzontalnymi warstwami piaszczysto-żwirowymi, wykształconymi podczas interglacjalu emskiego i w strefie peryglacjalnej zlodowacenia bałtyckiego.



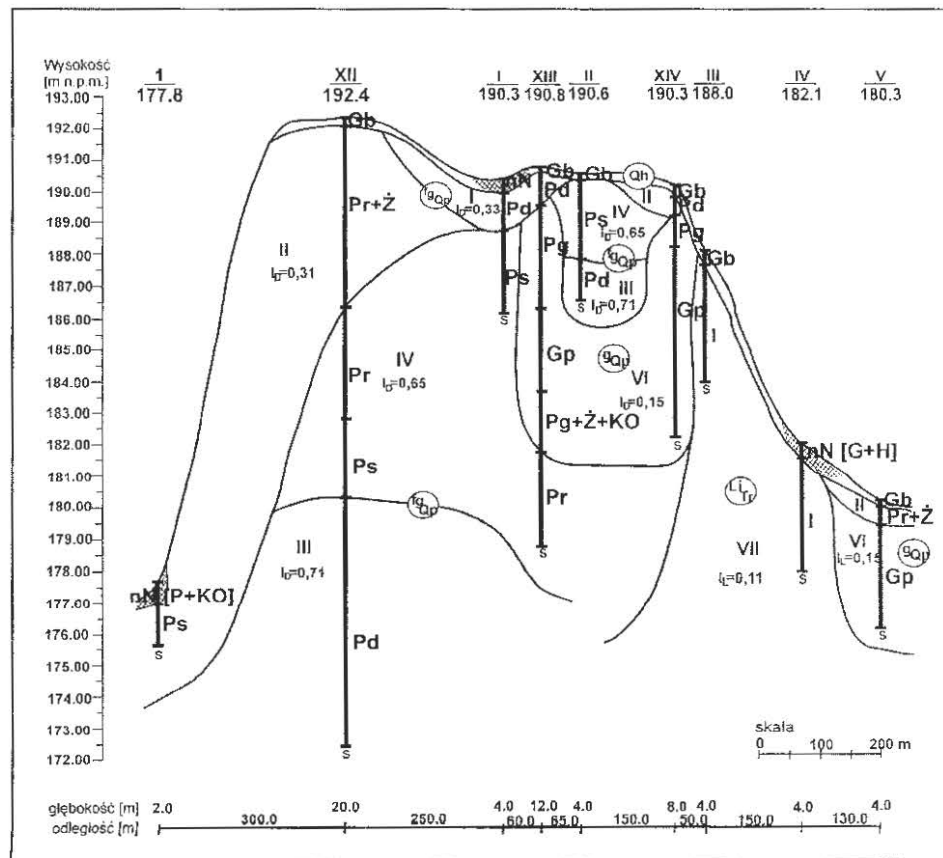
Rys. 2. Lokalizacja wierceń wykonanych w ramach dokumentacji (skala 1:10000)

BADANIA GEOLOGICZNE POD BUDOWĘ OBWODNICY WILKANOWA

W związku z projektowaną budową obwodnicy Wilkanowa, Przedsiębiorstwo Geoprojekt w Zielonej Górze opracowało dokumentację geologiczno-inżynierską pod południowy fragment obwodnicy, opierającą się o następujące prace geologiczne:

- analizę materiałów archiwalnych,
- 10 wierceń o głębokości od 6,0 do 10,0 m p.p.t. zlokalizowanych w osi drogi (rys. 2),
- sondowania sondą DPL,
- badania makroskopowe gruntów,
- badania laboratoryjne.

Badania wykonane w ramach tej dokumentacji wykazały, że w budowie geologicznej obszaru biorą udział piaszczysto-ilaste osady plejstocenu pochodzenia glacialnego (gQp) i fluwioglacjalnego (fgQp) oraz spoiste utwory trzeciorzędu (liTr), a zbadany rejon charakteryzuje się silnymi zaburzeniami glacitektonicznymi (rys. 3). Są one wykształcone w postaci deformacji ciągłych, w tym wypiętrzonych na wysokość ponad 20 m antyklin lub diapiarów (otwory nr III i IV), a także licznych deformacji nieciągłych, jak np. fusek i uskoków (otwory nr I i II).

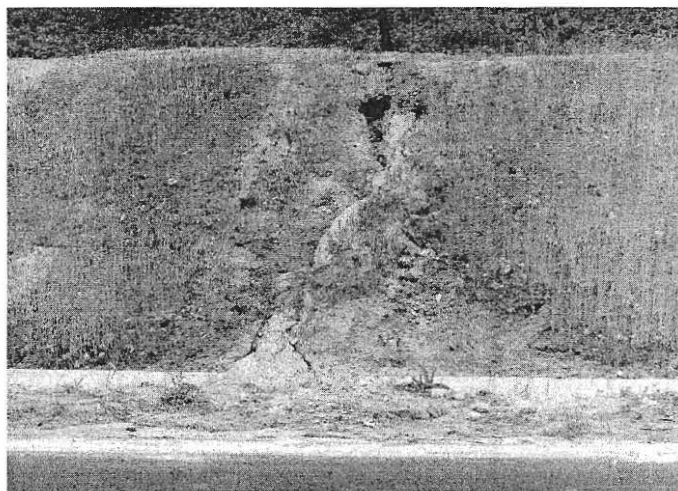


Rys. 3. Przekrój geologiczno-inżynierski I-I' (lokalizacja przekroju na rys. 2)

Ze względu na typ budowy geologicznej, jaki został stwierdzony podczas badań geologicznych i zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dn. 24 września 1998r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz.U. Nr 126, poz. 839), warunki gruntowe jakie wystąpiły w zbadanym rejonie należy uznać za skomplikowane. Do takich warunków zalicza się bowiem obecność „warstw gruntów objętych występowaniem niekorzystnych zjawisk geologicznych, zwłaszcza zjawisk i form krasowych, osuwiskowych, sufozyjnych, kurzawkowych, glacitektonicznych, na obszarach szkód górniczych, przy możliwych nieciągłych deformacjach górotworu oraz w centralnych obszarach delt rzek”.

BUDOWA I EKSPLOATACJA DROGI

Mimo rozpoznanych, skomplikowanych warunków gruntowych zaprojektowano i zrealizowano budowę obiektu drogowego o wysokich (do 8,0 m) i bardzo stromych (do 45⁰) skarpach. Już w trakcie wykonywania wykopów drogowych ujawniły się silne procesy erozyjne spowodowane migracją wód opadowych (fot. 1) oraz deformacje glacitektoniczne (fot. 2), wykształcone w postaci silnie wypiętrzonych fałdów o osiach zorientowanych z reguły prostopadle względem osi drogi, czyli zgodnie z typem budowy występującym w całym Wale Zielonogórskim i jego glacitektoniczną genezą.



Fot. 1. Procesy erozyjne na zboczach wykopu drogowego

Grunty spoiste wykazywały silne zbrekcjowanie, co świadczyło o intensywnych deformacjach glacitektonicznych w tym rejonie i zmianie naprężeń w gruncie w związku z kilkukrotnym naciskiem lodowców oraz odciążenia gruntu po wykonaniu wykopu.

Zjawisko to szczególnie nasiliło się w strefach, gdzie nawodnione piaski i piaski ilaste ślizgały się po ilastym podłożu.

Jednocześnie, niemal wszędzie gdzie występowały ropy, pojawiły się ruchy powierzchniowe. Na zboczach i skarpach wykopu drogowego zaobserwowano różnorodne rodzaje ruchu (przemieszczeń) mas gruntu, w tym: spływanie, spływy, obrywanie, zsuwy i osuwiska. Mimo, że potocznie określa się je mianem osuwisk, to w szczegółowej analizie wzięto pod uwagę przyczyny ich powstawania, charakter przebiegu, skutki oraz zakres występowania. Za spływanie uznano bardzo powolny ruch mas gruntowych, bez wyraźnej powierzchni poślizgu i form morfologicznych. Ruchy tego typu wystąpiły zazwyczaj na skarpach o łagodnym nachyleniu. Do spływów zakwalifikowano szybkie i krótkotrwałe, zazwyczaj płytkie, przemieszczenia gruntów spoistych lub sypkich, występujące wskutek przesylenia gruntu wodą, z wyraźną jej akumulacją u podnóża zbocza lub skarpy. Za obrywy uznano gwałtowne przemieszczanie okruchów gruntu powstające wskutek erozji, a występujące na bardzo stromych skarpach wykopu. Natomiast do osuwisk zakwalifikowano przemieszczenia mas gruntowych wzdłuż powierzchni poślizgu, zróżnicowane zarówno pod względem głębokości jak i prędkości przemieszczania się gruntu. Za cechą charakterystyczną osuwisk uznano tworzenie się form morfologicznych w postaci nisz osuwiskowych i zwałów gruntu u podstawy osuwiska, czyli w obrębie drogi.



Fot. 2. Struktury glaciektoniczne ujawnione po wykonaniu wykopu drogowego

Osuwiska, jakie wystąpiły na zbadanym odcinku obwodnicy Wilkanowa podzielono na następujące typy:

- konsekwentne (zsuwy) – 7 osuwisk,
- insekwentne - 2,
- asekwentne - 4,
- sufozyczne - 2.

Osuwiska konsekwentne powstały ze ścięcia górotworu wzdłuż powierzchni biegnącej zgodnie z warstwowaniem (konsekwentno-strukturalne) – 3 osuwiska, wzdłuż spękań i szczelin (osuwiska konsekwentno-szczelinowe) – 2 osuwiska lub wzdłuż powierzchni oddzielającej strefę zwietrzliny od podłoża (konsekwentno-zwietrzelinowe) – 2 osuwiska. Osuwiska sufozyjne wystąpiły w zboczu wskutek wypłukiwania cząstek gruntu przez wypływające u podstawy stoku lub skarpy wody gruntowe. Powstały one głównie w gruntach mało spoistych, takich jak piaski pylaste i pyły piaszczyste.

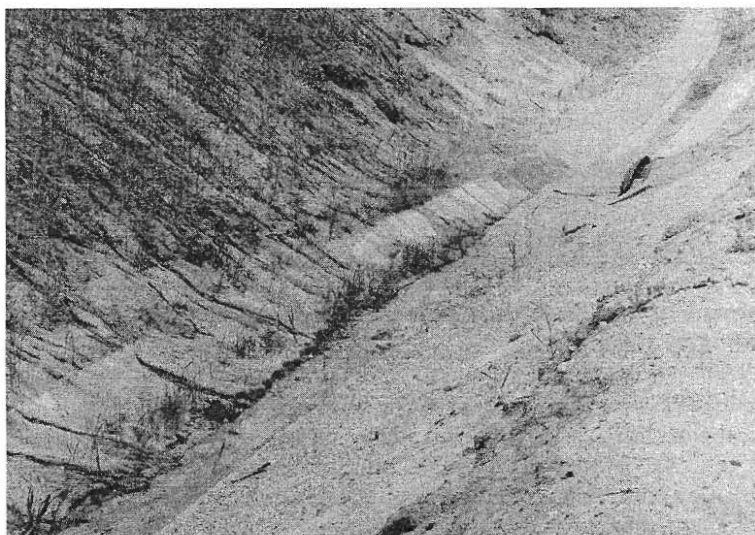
Ze względu na aktywność wszystkie osuwiska uznano za bardzo aktywne, bowiem kolejne przemieszczenia gruntu były rejestrowane w skali nawet kilku dni. Warto tutaj nadmienić, że za mało aktywne uznaje się ruchy uaktywniające się co kilka lat, a za nieaktywne - formy zamarte lub sztucznie ustabilizowane. Natomiast pod względem wielkości osuwiska sklasyfikowano jako małe, gdyż ich powierzchnia była mniejsza od 1000 m² (osuwiska średnie osiągają powierzchnię 1000-3000m², a duże – ponad 3000 m²).

Specyfika osuwisk komunikacyjnych polega na tym, że w odróżnieniu od osuwisk naturalnych, czyli nie związanych z działalnością ludzi, nie są wynikiem procesów wyłącznie naturalnych. Ich powstawanie jest co prawda związane z lokalnymi warunkami wodno-gruntowymi, ale równie często - z powszechnymi błędami technicznymi, takimi jak: zbyt strome pochylenie skarp, zbyt duże podcięcie zboczy, nieodpowiednia technologia wykonywania robót lub niewłaściwe odwodnienie. Wykonywanie wykopów podczas budowy dróg może bowiem spowodować podcięcie naturalnych stoków. Wiąże się to niewątpliwie z ryzykiem powstania lub uaktywnienia ruchów mas gruntu, co w szczególności następuje wskutek: zwiększenia kąta nachylenia skarpy w stosunku do kąta nachylenia zbocza naturalnego, zmniejszenia spójności gruntu wskutek odciążenia części zbocza przez zdjęcie nadkładu, zwiększenia erozji gruntów przez ich odsłonięcie i tym samym zwiększenia prędkości spływającej wody oraz zmianę warunków wodno-gruntowych. Skutki wykonywania wykopów w aspekcie zagrożenia osuwiskowego zależą nie tylko od pierwotnej i wtórnej (po wykonaniu wykopów) konfiguracji terenu, ale także od budowy geologicznej. Niskie wartości kąta tarcia wewnętrznego gruntów ilastych, w tym iłów powodują, że trudno jest utrzymać stateczność skarp nawet przy ich nachyleniu 1:3. W wymienionych przypadkach łatwo bowiem powstają wszelkie sływy, obrywy i osuwiska.

Samoczynne ruchy mas gruntu na zboczach i skarpach, zwane powszechnie osuwiskami, uważa się w geologii dynamicznej za jeden z istotnych procesów geologicznych. Występują najczęściej na zboczach dolin rzecznych, wybrzeżach morskich i zboczach górskich, ale mogą również towarzyszyć wykonywaniu głębszych wykopów, co właśnie miało miejsce podczas budowy obwodnicy Wilkanowa. Utrata stateczności skarp i zboczy, będąca przyczyną osuwania się mas ziemnych, nastąpiła tutaj w wyniku przekroczenia wytrzymałości gruntu na ścinanie wzdłuż powierzchni poślizgu. Z przeprowadzonej analizy wynika, że głównymi przyczynami osuwania się zboczy i skarp wykopu były:

- pofałdowanie terenu przez lodowce,
- obecność wygładzonych powierzchni poślizgu w obrębie kopalnych osuwisk (np. w iłach i iłolupkach),

- siły grawitacyjne pochodzące od ciężaru gruntu,
- upad warstw gruntów lub kierunek spękań zgodny z kierunkiem nachylenia skarp,
- podmycie lub podkopanie skarp,
- nasiąknięcie gruntu wskutek opadów deszczu lub topnienia śniegu, co spowodowało pęcznienie gruntu, a tym samym zmniejszenie wytrzymałości gruntu na ścinanie,
- wietrzenie i rozluźnienie gruntów, a więc zniszczenie ich struktury,
- sufozja, tzn. wymywanie z gruntu drobniejszych ziarn lub cząstek przez infiltrującą wodę,
- przemarzanie i odmarzanie gruntu powodujące zmianę jego struktury i wytrzymałości na ścinanie,
- wypieranie gruntu: po odsłonięciu w wykopie gruntów plastycznych nastąpiło ich wciśnięcie przez nacisk nadkładu poza wykopem,
- wstrząsy wywołane robotami drogowymi,
- niewłaściwe zaprojektowanie drogi, w tym kąta nachylenia skarp wykopu oraz ich odwodnienia.



Fot. 3. Bezpośrednio po zakończeniu robót drogowych rowy odwadniające zostały zakolmatowane gruntem , a na skarpach zamiast trawy wyrosły łany żyta

W przypadku obwodnicy Wilkanowa niewątpliwie zadziałało równocześnie kilka czynników, tak jak to się dzieje w przypadku każdej awarii budowlanej. Jednakże szereg z nich można było przewidzieć i uwzględnić już na etapie projektowym, co z pewnością przyczyniłoby się do uniknięcia późniejszych awarii. Tymczasem... już budowa obwodnicy okazała się bardzo trudna. Z powodu wystąpienia licznych osuwisk i silnej erozji skarp, wymagała wykonania wielu dodatkowych robót, w tym m.in.

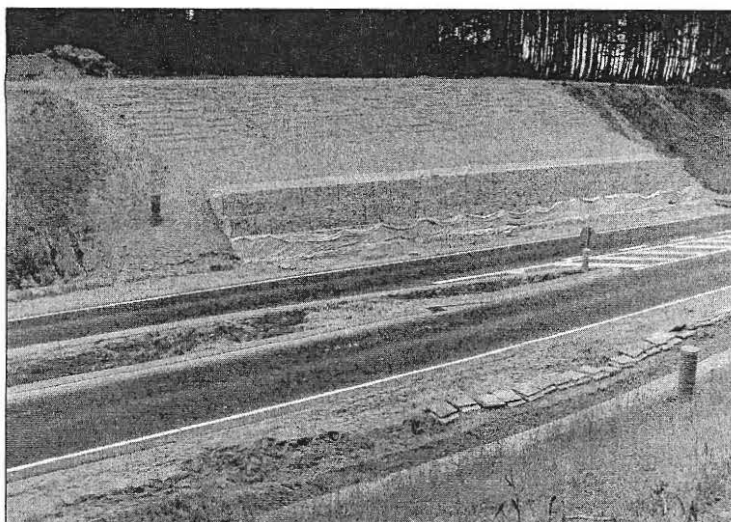
zainstalowania dodatkowych drenaży i powtórnego formowania skarp, tym razem już odpowiednio zagęszczanych. Uzupełniająco wykonano stabilizację powierzchniową skarp i zboczy, która miała na celu przeciwdziałanie dalszej erozji. Zastosowano również utwalenie powierzchni skarp matami i siatkami z geotekstyliów lub obłożenie ich ażurowymi płytami betonowymi, a także zabudowę biologiczną obejmującą obsiew skarp właściwie (?) dobranymi gatunkami roślin. Mimo olbrzymiego nakładu sił i środków wykonane roboty nie zawsze okazały się skuteczne (fot. 3).



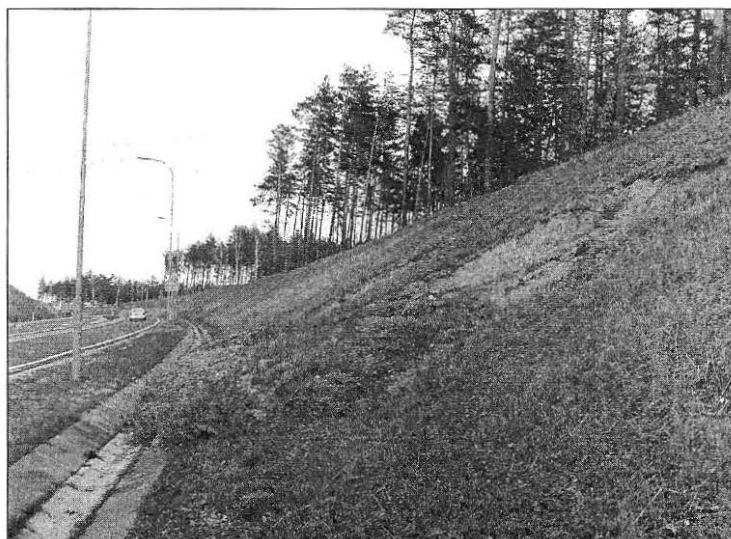
Fot. 4. Doraźne usunięcie skutków osuwiska, jakie w lipcu 2006 r. pojawiło się na obwodnicy Wilkanowa

Eksploatacja drogi uaktywniła kolejne osuwiska. Tiksotropia gruntu i obciążenie drogi ruchem ciężkich pojazdów doprowadziły niestety do powstania dalszych ruchów mas ziemi (fot. 4). Jako zabezpieczenie doraźne zastosowano wówczas przypory i gabiony (fot. 5), a także drenaży skarpowe oraz odwodnienie powierzchniowe.

Pominięto jednak takie metody jak wymianę gruntów i zmianę geometrii zbocza, mimo braku sprzeciwów ze strony właścicieli pobliskich gruntów, czyli Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Zielonej Górze na wykup gruntów przylegających do pasa drogowego. Na efekty nie trzeba było długo czekać. W styczniu 2007 r. po przeciwnej stronie drogi pojawiło się nowe osuwisko (fot. 6), które będzie wymagać kolejnych prac stabilizujących zbocze.



Fot. 5. Wzmocnienie niestabilnych skarp poprzez zdrenowanie zbocza, zagęszczenie nasypu i wzmocnienie skarpy gabionami wypełnionymi blokami granitu – lipiec 2006 r.



Fot. 6. Nowe osuwisko, jakie pojawiło się w styczniu 2007 r.

PODSUMOWANIE

Zaburzenia glacitektoniczne regionu zielonogórskiego mają niezwykle złożoną genezę; są starsze od zlodowacenia bałtyckiego, a zatem były modelowane również przez zlodowacenia krakowskie oraz środkowopolskie (w stadiach Odry i Warty). W obszarach tak silnie zaburzonych glacitektonicznie, nawet gęsta sieć otworów badawczych nie pozwala jednoznacznie rozpoznać modelu budowy geologicznej. Z dotychczasowych doświadczeń wynika, że najlepsze rozpoznanie geologiczne można uzyskać wykonując badania geofizyczne i wiercenia rozmieszczone w kierunku prostopadłym do osi struktur glacitektonicznych, połączone z pobraniem próbek NNS umożliwiających przeprowadzenie odpowiednich badań laboratoryjnych.

Budowa obiektów inżynierskich zlokalizowanych w obrębie struktur zaburzonych glacitektonicznie, w tym także różnorodnych form morfologicznych krajobrazu polodowcowego, powoduje konieczność połączenia działań inżynierskich ze znajomością procesów geologicznych. Przykładem takich działań jest budowa obwodnicy Wilkanowa, która wiązała się z wykonaniem głębokich wkopów w obręb struktur zaburzonych glacitektonicznie, trawersów podcinających naturalny stok (odciążających) oraz nasypów drogowych (dociążających). Wszystko to spowodowało silne naruszenie równowagi zboczowej, a w konsekwencji – utratę stateczności skarp. Sytuację dodatkowo pogorszyła zmiana warunków wodno-gruntowych. Lokalizację wielu osuwisk w obwodnicy Wilkanowa można było wręcz wskazać na podstawie badań geologicznych, a tym bardziej – po wykonaniu wykopu budowlanego. Mało tego, nadal zachodzi niebezpieczeństwo powstawania kolejnych osuwisk, będące przejawem walki struktur glacitektonicznych z geoinżynierską działalnością człowieka. Stąd też wniosek, że w przypadku budowy tras stokowych, zlokalizowanych w obrębie struktur zaburzonych glacitektonicznie, badania geologiczne powinny być prowadzone po pierwsze bardzo gęsto, a po drugie - nie tylko w osi drogi, ale także w szerokim pasie rozciągającym się po obydwu jej stronach. Dopiero takie rozpoznanie geologiczne pozwoli bowiem na właściwe rozpoznanie układu warstw i prognozę procesów geologiczno-inżynierskich.

Częstą przyczyną powstania osuwisk jest działanie wody. Stąd też niezbędne jest uwzględnienie tego czynnika we wszystkich rozwiązaniach dotyczących odwodnienia zbocza i uporządkowanie stosunków wodnych zarówno na terenie potencjalnego osuwiska jak i terenów do niego przyległych. Konieczne jest więc podjęcie działań, których celem jest odprowadzenie wód poza obszar osuwiskowy oraz wypełnienie powstałych szczelin materiałem nieprzepuszczalnym.

Stabilizacja osuwisk jest procesem niezwykle trudnym procesem, zarówno pod względem inżynierskim jak i finansowym. Dlatego też każde projektowane rozwiązanie powinno eliminować wszelkie przyczyny wywołujące osuwiska, w tym również wpływ budowy glacitektonicznej.

LITERATURA

- BARTKOWSKI T. 1957; O związku pomiędzy budową geologiczną podłoża a ukształtowaniem powierzchni w okolicy Zielonej Góry. Przeg. Geol. nr 10, Warszawa
- CIUK E. 1953; Zaburzenia glacitektoniczne utworów plejstoceńskich trzeciorzędowych niektórych węglonośnych obszarów zachodniej Polski. Z badań złóż węgla brunatnego, t.III, Warszawa
- FRIES W; Tertiär und Diluvium und Grünbergen Höhenrücken. Dessau
- KOŁODZIEJCZYK U. 1988 – Structural strength anisotropy of silty clays in connection with their shearing rate. Biull. IAEG, Nr 38. Paris,
- KOTOWSKI J. 1980 Wybrane zagadnienia z analizy strukturalnej iłów zaburzonych glacitektonicznie. III Sympozjum Glacitektoniki, Zielona Góra
- KOTOWSKI J., KRAIŃSKI A. 1986; Kry glacitektoniczne w Wale Zielonogórskim. V Sympozjum Glacitektoniki, Zielona Góra
- KRYGOWSKI B. 1974; O przetrwałości stref glacitektonicznych. Zesz. Nauk. UAM - Geografia nr 4, Poznań
- WYSOKIŃSKI L. 2001; Zabezpieczanie stateczności skarp izboczy. XVI Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji. Ustroń
- WRÓBEL 1974; Problemy hydrogeologiczne w procesie badań geologiczno-inżynierskich. Sympozjum Naukowe, Zielona Góra
- WRÓBEL I., WRÓBEL I. 1976; Typy deformacji glacitektonicznych w odsłonięciach Zielonej Góry. Zeszyty Naukowe WSiInż. w Zielonej Górze, Budownictwo nr 43, Zielona Góra