



**43-450 Ustroń, ul. Katowicka 11**  
**tel/fax 033/8544146**

*Kondel Władysław, tel. 0604/540108 Sordyl Ludwik, tel. 0604/540107*

**Inwestor: Zarząd Dróg Powiatowych w Bielsku-Białej, 43-382 Bielsko-Biała, ul. T. Regera 81**



## **DOKUMENTACJA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA**

**Temat: Bestwina, ul. Kościelna - likwidacja osuwiska na drodze  
powiatowej nr 4467S, w km 3+980**

Miejscowość: Bestwina  
Powiat: bielski  
Województwo: śląskie

Opracował:

mgr inż. Ludwik Sordyl  
/upr. C.U.G. - 070925/

mgr Władysław Kondel  
/upr. C.U.G. - 070921/

Paweł Sordyl

Ustroń, sierpień 2008 r.

NIP 548-10-27-617  
REGON 070533236

konto bankowe: Bank Śląski w Katowicach o/Ustroń  
nr 62 1050 1096 1000 0001 0108 6031



## Spis treści:

<b>1. Wstęp.</b>	<b>3</b>
1.1 Informacje ogólne	3
1.2 Zakres rzeczowy badań.	4
<b>2. Charakterystyka terenu badań.</b>	<b>5</b>
2.1. Lokalizacja.	5
2.2. Morfologia i hydrografia.	5
2.3. Aktualny sposób użytkowania terenu.	7
2.4. Charakter techniczny projektowanej inwestycji.	8
<b>3. Przebieg badań.</b>	<b>8</b>
3.1. Prace polowe.	8
3.2. Prace laboratoryjne.	9
3.3. Prace kameralne.	9
<b>4. Budowa geologiczna.</b>	<b>10</b>
<b>5. Warunki wodne.</b>	<b>12</b>
<b>6. Warunki geologiczno - inżynierskie.</b>	<b>13</b>
<b>7. Prognoza wpływu projektowanej inwestycji na środowisko</b>	<b>19</b>
<b>8. Podsumowanie.</b>	<b>19</b>
<b>9. Spis literatury i materiałów archiwalnych</b>	<b>20</b>
<b>10. Wnioski i zalecenia</b>	<b>21</b>

(Karta informacyjna dokumentacji geologiczno-inżynierskiej i Kopia decyzji zatwierdzającej Projekt prac geologicznych - przy tekście)

## Spis załączników:

<b>1. Orientacja w skali 1 : 50 000</b>	<b>- zał. nr 1</b>
<b>2. Mapa dokumentacyjna w skali 1 : 500</b>	<b>- zał. nr 2</b>
<b>3. Wycinek Mapy Geol. Polski (bez czwartorzędu) w skali 1 : 50000</b>	<b>- zał. nr 3</b>
<b>4. Wycinek Mapy Geol. Polski (z utw. powierzchni.) w skali 1:50000</b>	<b>- zał. nr 4</b>
<b>5. Profile geotechniczne otworów w skali 1 : 100</b>	<b>- zał. nr 5.1-5.11</b>
<b>6. Wyniki badań sondą dynamiczną SD-50</b>	<b>- zał. nr 6.1-6.4</b>
<b>7. Przekroje geologiczno-inżynierskie w skali : 1 :100/250</b>	<b>- zał. nr 7.1-7.5</b>
<b>8. Objaśnienia do profili i przekrojów</b>	<b>- zał. nr 8</b>
<b>9. Legenda do przekrojów</b>	<b>- zał. nr 9</b>
<b>10. Zestawienie wyników badań laboratoryjnych gruntów</b>	<b>- zał. nr 10</b>
<b>11. Analiza wody gruntowej</b>	<b>- zał. nr 11</b>



## 1. Wstęp.

### 1.1 Informacje ogólne

Inwestor: Zarząd Dróg Powiatowych w Bielsku-Białej, 43-382 Bielsko-Biała,  
ul. Regeera 81.

Zleceniodawca: j.w.

Wykonawca: GEOSOND s.c., Władysław Kondel, Ludwik Sordyl, 43-450 Ustroń,  
ul. Katowicka 11.

Nazwa tematu: Bestwina, ul. Kościelna - likwidacja osuwiska na drodze powiatowej  
nr 4467S, w km 3+980.

Celem prac i badań było rozpoznanie przyczyn zjawisk ruchów masowych gruntów w obrębie korpusu drogowego oraz w jego najbliższym sąsiedztwie, na drodze powiatowej nr 4467S, w miejscowości Bestwina.

W szczególności zadanie geologiczne obejmowało: określenie głębokości zalegania płaszczyzny lub płaszczyzn poślizgu, lokalizację w profilu pionowym poziomów wystąpienia wód gruntowych oraz określenie rodzaju i charakteru gruntów wraz z danymi o ich cechach fizyko-mechanicznych. Uzyskane z rozpoznania informacje mają służyć projektowaniu zabezpieczenia wskazanego odcinka drogi przed rozwojem zjawisk ruchów masowych gruntów oraz odbudowaniu korpusu drogi.

Niniejsza Dokumentacja geologiczno-inżynierska poprzedzona została Projektem prac geologicznych, zatwierdzonym przez Starostę Bielskiego, decyzją z dnia 28.07.2008r., nr ZR.BZ 7530-2/08.

#### **Podstawę prawną** do wykonania dokumentacji stanowią:

- Ustawa z dnia 4 lutego 1994 r. - Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2005, Nr 228, poz. 1947, tekst jednolity), z późniejszymi zmianami,
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z 3 października 2005 r. - w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie (Dz.U. z dnia 14 października 2005 r),
- Rozporządzenie MSWiA z dnia 24 września 1998 r. - w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów (Dz.U. Nr 126, poz. 839 z 1998),



## 1.2 Zakres rzeczowy badań.

Dla rozwiązania zadania geologicznego, „Projekt prac geologicznych” przewidywał wykonanie: 11 otworów małośrednicowych, do głębokości 6-12 m ppt, w tym:

- 8 otworów do głębokości 12,0 m ppt,

- 3 otworów do głębokości 6,0 m ppt,

przy czym założona głębokość wyrobisk była uzależniona od napotkanej budowy podłoża gruntowego. Wprowadzono zasady spłykania lub przegłębiania wyrobisk, w zależności od głębokości określonej powierzchni poślizgu (min. 2 m poniżej) oraz napotkania stropu warstw ilastych miocenu, stanowiących stabilne, nienaruszone podłoże (2-4 m poniżej).

W efekcie stwierdzonej budowy geologicznej, wykonano następujący zakres prac wiertniczych:

- 3 otwory do głębokości 10,0 m ppt, razem 30 mb,

- 5 otworów do głębokości 8,0 m ppt, razem 40 mb,

- 3 otwory do głębokości 6,0 m ppt, razem 18 mb.

Łączny metraż wykonanych otworów badawczych wynosił zatem 88 mb. Otwory wykonano w miejscach wskazanych w „Projekcie...”, z niewielką korektą wynikająca z dostępności terenu i możliwości ustawienia sprzętu.

W „Projekcie prac geologicznych” przewidywano również warunkowe wykonanie 4-5 sond dynamicznych ciężkich S-50 lub SD-63,5, dla potwierdzenia głębokości wystąpienia płaszczyzn nieciągłości oraz stref rozluźnień w gruncie. W praktyce wykonano 4 sondy dynamiczne SD-50, w tym 3 do głębokości 7,0 m ppt oraz jedną do głębokości 10,0 m ppt. Łączny metraż prac sondowniczych wynosił zatem 31 mb.

Wyrobiska badawcze umieszczone zostały w siatce tak, by możliwe było wykonanie przekrojów geologicznych zarówno wzdłuż i w poprzek osi drogi, jak i przyjętej osi osuwiska. Punkty badań umieszczono w obrębie niszy osuwiskowej oraz poza jej granicami zgodnie z zasadami określonymi w „Instrukcji obserwacji i badań osuwisk drogowych - Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych - Warszawa 1999 r.” Lokalizację otworów i sond przedstawiono na załączniku nr 2.

Dla celów dokumentowania geologiczno-inżynierskiego pobierano, w trakcie wierceń, próby: o naturalnym uziarnieniu (NU), naturalnej wilgotności (NW) oraz próbę wody gruntowej.



Próby pobierano zgodnie z założeniami zawartymi w „Projekcie prac geologicznych” wyłącznie z gruntów spoistych, z pominięciem utworów półzwartych, zwartych i kamienistych, przy czym do badań laboratoryjnych przeznaczono tylko część z nich. Typowanie prób do badań przeprowadzono po zakończeniu wierceń, z uwzględnieniem konieczności uzyskania danych o wszystkich stwierdzonych warstwach geotechnicznych.

W oparciu o badania terenowe i laboratoryjne wykonano niniejsze opracowanie. Dokumentacja wykonana została, w całości, zgodnie z zatwierdzonym Projektem prac geologicznych. Poprzez zrealizowanie założonego zakresu prac i badań osiągnięto cel prac określony w Decyzji Starosty Bielskiego. Wykonany zakres prac terenowych i laboratoryjnych jest wystarczający dla ustalenia warunków geologiczno-inżynierskich istniejących w podłożu, z uwzględnieniem występowania i przyczyn powstania ruchów masowych oraz uszkodzeń nawierzchni nasypu drogowego, przy przyjętej trzeciej kategorii geotechnicznej.

## **2. Charakterystyka terenu badań.**

### ***2.1. Lokalizacja.***

Rejon wykonanych prac położony jest w północno-wschodniej części powiatu bielskiego, w województwie śląskim. W szczególności badania dotyczą niespełna 100 m odcinka drogi powiatowej, poczynając od km 3+980, wraz z jego najbliższym otoczeniem. Przedmiotowy odcinek drogi to fragment ul. Kościelnej, w północnej części miejscowości Bestwina, przebiegający wzdłuż wschodniej krawędzi doliny potoku Łękawka, około 100 m na południe od Kościoła i zabudowań OSP, od kaplicy przydrożnej, w kierunku południowym, do skrzyżowania z drogą lokalną przy posesji nr 28.

### ***2.2. Morfologia i hydrografia.***

Omawiany obszar, pod względem morfologicznym, położony jest w obrębie zachodniej części Pogórza Wilamowickiego, rozczłonkowanego doliną potoku Łękawka i jego bocznych dopływów, na szereg podrzędnych garbów i wyniesień. Przedmiotowy odcinek drogi powiatowej przebiega na sztucznie utworzonym trawersie, na stoku takiego wzniesienia, o ekspozycji południowo-zachodniej. Podczas budowy drogi podcięto wschodnią krawędź zbocza, tworząc półkę poprzez nadsypanie części niższej, w miejscu gdzie przebiegało zakole cieków wodnych, którego koryto znajduje się aktualnie u podstawy skarpy drogowej.



Ul. Kościelna, na tym odcinku, wznosi się łagodnie w kierunku północnym. Deniwelacje, w granicach wykonanego rozpoznania przekraczają 7 m, od około 256,4 m npm, w obrębie doliny potoku Łękawka, u podstawy nasypu drogowego, do około 263,5 m npm, w najwyższej części jezdni, w rejonie otworu nr 1.

Po wschodniej części drogi znajduje się, podcięte na głębokość około 1-1,5 m, zbocze wzniesienia, z ciągiem starych drzew akacjowych, stabilne, bez widocznych śladów ruchów masowych gruntów. Krawędź zachodnia, ze sztucznie uformowanym poboczem, o szerokości około 5 m, wyraźnie załamuje swą linię, a półkoliste obniżenie widoczne jest już na powierzchni jezdni. Wg wywiadu środowiskowego, wzdłuż zachodniej krawędzi drogi rosły również stare akacje, usunięte w celu poszerzenia pobocza. Po wycince tych drzew pojawiły się obsunięcia nasypów. Ponowne zadrzewienie nie spowodowało zatrzymania tych procesów, o czym świadczy wyraźne pochylenie pni drzew w kierunku skarpy. Opisywane zjawiska oraz ogólny widok drogi przedstawiają zdjęcia zamieszczone poniżej, a także na stronie tytułowej opracowania.



Fot. nr 2. Na zdjęciu widoczne jest półkoliste załamanie nawierzchni jezdni, podcięcie stoku po stronie wschodniej oraz nachylenie pni drzew w kierunku skarpy, po stronie przeciwnej.





Fot. nr 3. Skarpa po zachodniej stronie drogi. Widoczne wyraźne przechylenie pni drzew w dół zbocza.

Teren odwadniany jest przez potok Łękawka, będący prawym dopływem rzeki Wisły. Badany odcinek drogi biegnie wzdłuż krawędzi wschodniej doliny tego potoku, w górnym jego biegu. U podstawy skarpy drogowej znajduje się obszar zabagniony, z okresowo suchym ciekim wodnym, będącym dopływem Łękawki – pozostałość po starorzeczu.

### **2.3. Aktualny sposób użytkowania terenu.**

Droga powiatowa, na przedmiotowym odcinku, posiada nawierzchnię asfaltową, z chodnikiem wzdłuż krawędzi wschodniej. Wzdłuż krawędzi zachodniej usypano szerokie na kilka metrów pobocze, kończące się wysoką na około 4-6 m skarpy, porośniętą drzewami i krzewami, schodzącą do doliny potoku Łękawka. U podstawy skarpy ciągnie się zabagniona dolinka potoku, porośnięta chaszczami.

Na obszarze badań istnieje tylko kanalizacja podziemna, której ciąg zlokalizowany jest pod chodnikiem dla pieszych, wzdłuż północno-wschodniej krawędzi jezdni ul. Kościelnej, przeprowadzona przepustem pod jezdnią, na stronę zachodnią, w sąsiedztwie otw. nr 11.



Zarówno pas drogowy jak i tereny przyległe do niego od strony zachodniej (nr pgr 1383/6) stanowią własność Skarbu Państwa.

Przedmiotowy teren nie podlega kontroli i nadzorowi Okręgowego Urzędu Górniczego z tytułu prowadzonej eksploatacji złóż, bądź stref ich ochrony.

#### **2.4. Charakter techniczny projektowanej inwestycji.**

Badania objęte niniejszym opracowaniem mają służyć projektowaniu robót zabezpieczających konstrukcję korpusu drogi powiatowej nr 4467S w miejscowości Bestwina, w km 3+980 wraz z likwidacją osuwiska drogowego. Ze względu na realizację inwestycji na obszarach zagrożonych ruchami masowymi gruntów, należy przyjąć kategorię geotechniczną projektowanych robót zabezpieczających jako trzecią.

### **3. Przebieg badań.**

#### **3.1. Prace polowe.**

Wiercenia i pozostałe roboty w terenie zrealizowano w miesiącu sierpniu 2008 r.

Prace rozpoczęto od wykonania wszystkich, przewidzianych „Projektem prac geologicznych”, otworów wiertniczych. Wiercenia realizowano metodą krótkich marszów, obserwując postęp narzędzi, opór na manometrach urządzenia wiertniczego, oraz rodzaj i charakter wydobywanych gruntów, a także wygląd rdzenia wiertniczego, pod kątem występowania ewentualnych powierzchni osłabień i zlustrowań.

W trakcie prac wiertniczych dokonywano obserwacji i badań polowych gruntów i wód gruntowych oraz pobierano próby.

Wyrobyiska zlikwidowano urobkiem z ubiciem, zachowując kolejność rozpoznawanych warstw.

Następnie wykonano sondę dynamiczną nr 3. Po uzyskaniu obiecujących, dla interpretacji ilościowej wyników, prace kontynuowano, w miejscach wskazanych w Projekcie prac geologicznych. Wyniki z sondowań i ich interpretację przedstawiono na zał. nr 6.1-6.4.

Miejsca wyrobisk w terenie wytyczono metodą domiarów prostokątnych, w oparciu o istniejącą sytuację. Wysokość wylotów otworów zaniwelowano w układzie państwowym, w dowiązaniu do pokrywy studzienki kanalizacyjnej, położonej w obrębie chodnika pieszego, biegnącego wzdłuż drogi. Wysokość punktu domiaru: **H = 262,34 m npm** odczytano z mapy sytuacyjno-wysokościowej w skali 1 : 1000, dostarczonej przez Zleceniodawcę.





Jego położenie zaznaczono na kopii tej mapy kolorem brązowym (zał. nr 2 do dokumentacji). Mapa ta powstała w wyniku aktualizacji mapy zasadniczej, pozyskanej z Powiatowego Ośrodka Geodezyjno Kartograficznego w Bielsku-Białej. Na oryginale, znajdującym się w egzemplarzu archiwalnym dokumentacji, mapa ta posiada adnotację o przydatności do celów projektowych i zapis o aktualizacji w lipcu 2008 r.

### **3.2. Prace laboratoryjne.**

W podłożu dokumentowanego terenu stwierdzono występowanie gruntów nasypowych: okruchowych i spoistych oraz spoistych rodzimych i, w głębszych partiach podłoża, gruntów ilastych półzwartych i zwartych. Zgodnie z założeniami zawartymi w „Projekcie prac geologicznych”, do badań laboratoryjnych pobierano wyłącznie próby o wilgotności naturalnej, z gruntów spoistych, rodzimych. Spośród pobranych prób do dalszych badań wytypowano 20 prób NW, dla których, w zależności od potrzeb interpretacyjnych, oznaczono podstawowe cechy fizyczne: wilgotność naturalną, gęstość objętościową, granice konsystencji, zawartość części organicznych.

Dodatkowo pobrano jedną próbę wody gruntowej dla określenia jej cech agresywności.

Zgodnie z Projektem badań geologicznych oraz Rozporządzeniem MOŚZNiL (Dz.U. nr 91 z 1994 r. poz. 425) wszystkie próby, po ich wykorzystaniu do badań oraz zarejestrowaniu dokumentacji geologiczno-inżynierskiej zostaną zlikwidowane.

### **3.3. Prace kameralne.**

Wyniki przeprowadzonych wierceń, badań i obserwacji zestawiono w niniejszej dokumentacji obejmującej:

- profile otworów, i sond dynamicznych
- przekroje geologiczno-inżynierskie,
- tabele i zestawienia,
- część tekstową zawierającą: dokumentację fotograficzną powierzchni terenu, analizę materiałów archiwalnych, analizę danych z nowych wyrobisk, budowę geologiczną i własności gruntów, analizę przyczyn powstania ruchów masowych, wnioski i zalecenia.

Przy opracowywaniu tematu korzystano z następujących materiałów archiwalnych:

- wizji lokalnej terenu,
- wstępnego kartowania geomorfologicznego i hydrograficznego,



- mapy sytuacyjno wysokościowej w skali 1 : 1000, dostarczonej przez Zleceniodawcę,
- Mapy Geologicznej Karpat Śląskich, w skali 1: 50 000, wyd. przez Polską Akademię Umiejętności w 1937 r. w Krakowie,
- Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski (bez utw. czwartorzędowych), Region Karpat i Przedgórze, Arkusz Kęty, w skali 1: 50 000, wyd. przez Wydawnictwo Geologiczne w 1966 r.,
- Mapy Geologicznej Polski w skali 1:200 000, arkusz Bielsko-Biała, zawierający mapę podstawową w skali 1:50 000, arkusz Kęty (bez utworów czwartorzędowych), wyd. przez Wydawnictwo Geologiczne w 1979 r.,
- Mapy geologicznej Polski w skali 1:200 000, arkusz Bielsko-Biała, zawierający mapę podstawową w skali 1:50 000, arkusz Kęty (mapa utworów powierzchniowych), wyd. przez Wydawnictwo Geologiczne w 1979 r.,
- Objaśnień do Mapy Geologicznej Polski w skali 1: 200 000, arkusz Bielsko-Biała, wyd. przez Wydawnictwo Geologiczne w 1981 r.
- Katalogu Osuwisk opracowanego przez Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Karpacki w Krakowie, Kraków 1975 r.

W/w dokumenty wykorzystywane były głównie na etapie projektowania prac. Pozwoliły one w przybliżeniu określić budowę geologiczną podłoża i właściwie zaplanować dalsze badania.

Mapy geologiczne posłużyły do określenia ogólnej budowy geologicznej na przedmiotowym obszarze, potwierdzenia stratygrafii i litologii spodziewanych gruntów oraz umożliwiły opracowanie przypuszczalnego profilu geologicznego.

#### **4. Budowa geologiczna.**

Tektonicznie teren badań zlokalizowany jest na obszarze tzw. Zapadliska Przedkarpackiego, gdzie podłoże starsze budują utwory neogenu-miocenu, warstw skawińskich. Wykształcone są one w postaci ilów i piasków, gdzie seria ilasta dominuje w profilu pionowym gruntów, a piaski występują w postaci cienkich soczewek lub lamin.

W trakcie prowadzonych prac, strop podłoża mioceńskiego stwierdzono na głębokości 1,9-6,4 m ppt, co odpowiada zaleganiu poniżej rzędnych 255,29-261,12 m npm.



Linia stropu przebiega w sposób specyficzny, tworząc wyraźną nieckę pomiędzy skrajnymi wyrobiskami, zlokalizowanymi w granicach zachodniego pobocza drogi powiatowej (przekrój II-II'). Ponieważ powyżej zalegają grunty akumulacji rzecznej i rzeczno-zastoiskowej, świadczy to jednoznacznie o wyerodowaniu ilów podłoża starszego przez wody płynące. Zatem pod linią współczesnej drogi, dawniej istniało zakole rzeczne, wypełnione w sposób naturalny osadami akumulacyjnymi, a następnie zasypane utworami antropogenicznymi.

Grunty podłoża mioceneskiego to głównie iły pylaste, w części stropowej częściowo przeobrażone, przyjmujące postać gruntów zwięzło-spoistych. Poczynając od stropu utwory te, wraz z głębokością, płynnie zmieniają swój stan, przechodząc od twardoplastycznego do zwartego.

Powyżej utworów miocenu, na obszarze historycznego zakola rzecznej, którego przybliżony przebieg odzwierciedla na powierzchni łukowata linia spękań nawierzchni drogi, ograniczona od wschodu linią przekroju I-I' występują grunty akumulacji rzecznej i rzeczno-zastoiskowej, gromadzące się w obrębie dawnego starorzecza. Są to poczynając od spągu serii:

- żwiry mocno zaglinione, o niewielkiej miąższości, nieprzekraczającej 0,5 m,
- zastoiskowe gliny pylaste próchniczne, o miąższości 0,4-1,2 m oraz
- stropowe grunty spoiste, wykształcone głównie jako gliny pylaste o miąższości 0,8-1,0 m.

Miąższą soczewkę gruntów spoistych, nieorganicznych, stwierdzono również w otworze nr 9 pomiędzy strefą żwirów i utworów próchnicznych w strefie głębokości 4,2-6,0 m ppt.

Grunty rzeczne neogenu nie występują w podłożu wschodniego pasa drogi oraz chodnika. Przekroje poprowadzone poprzecznie do linii drogi (IV-IV', V-V', VI-VI') wyraźnie wskazują, że akumulacja gruntów rzeczno-zastoiskowych, w podłożu drogi, następowała w różnym okresie, na dwóch stopniach teras rzecznych, a strop osadów ilastych miocenu zapada pod bardzo dużym kątem.

Grunty rodzime, w obrębie korpusu drogi pokryte są utworami antropogenicznymi formującymi nasyp drogowy. W bezpośrednim podłożu drogi są to najczęściej nasypy utworzone z naturalnych kruszyw rzecznych, w spągu serii, pokryte nasypami spoistymi, gliniasto-gruzowymi i nasypami okrucowymi, żużlowo-kamienistymi. Łączna miąższość nasypów, w podłożu drogi i zachodniego pobocza waha się w granicach 2,1-3,7 m. Utwory antropogeniczne charakteryzują się zróżnicowanym zagęszczeniem i konsolidacją, co świadczy o ich rozluźnieniu w wyniku przemieszczeń i osiadań.





Prawdopodobną przyczyną powstania osuwiska drogowego jest lokalizacja badanego odcinka drogi na słabych gruntach rzeczno-zastoiskowych dawnego zakola rzeczno, zalegających na gwałtownie zapadających utworach ilastych. Ruch gruntów odbywa się zarówno w pionie, w wyniku osiadań miększych i ciężkich nasypów drogowych na serii gruntów słabszych – plastycznych, jak i w poziomie w wyniku przemieszczania się osadów młodszych i pokrywających ich nasypów po stropie serii ilastej.

## 5. Warunki wodne.

W okresie prowadzenia wierceń, tj. w sierpniu 2008 r., wodę gruntową, o zwierciadle napiętym, stwierdzono we wszystkich wyrobiskach położonych u podnóża skarpy drogowej oraz w otworze nr 3, w obrębie soczewki żwirowej. Głębokość nawiercenia warstwy wodonośnej wahała się w granicach 1,7-4,6 m ppt. Poziom piezometryczny stabilizował się na głębokości 0,6-3,4 m ppt, co odpowiada rzędnym wysokościowym 255,62-259,18 m npm. Warstwę wodonośną, o miąższości do kilkudziesięciu cm, stanowiły żwiry zaglinione, zalegające w spągu osadów rzecznych.

Poniżej zestawiono głębokości występowania wody gruntowej w badanym podłożu:

Nr otw.	Rzędna otworu w m npm	Głębokość poziomu wodonośnego				Rodzaj zwierciadła	Rodzaj gruntu
		nawierconego		ustabilizowanego			
		w m ppt	w m npm	w m ppt	w m npm		
2	256,39	1,7	254,69	0,6	255,79	napięte	Ż//Żg
3	262,58	4,6	257,98	3,4	259,18	napięte	Ż+Gp
5	257,62	3,1	254,52	2,0	255,62	napięte	Ż//Żg
8	256,97	2,7	254,27	1,0	255,97	napięte	Ż+Gp

Jak wynika z przekroju nr III-III' (zał. nr 7.3) ciekły wodne płynące u podnóża skarpy, poniżej drogi, posiadają koryto izolowane przez słabo przepuszczalne grunty spoiste i spełniają rolę rowów drenujących teren zabagniony. Warstwa wodonośna posiada natomiast kontakt hydrauliczny z wodami potoku Łękawka. Napięcie zwierciadła wody wywołane jest zasilającym podłożem gruntowe charakterem wód potoku Łękawka oraz spływem wody po stoku z warstw wyższych i przesączaniem się wód opadowych przez spękaną nawierzchnię drogową. Wiercenia wykonywane były w okresie suchego lata, gdy zawodnienie podłoża, w jego wyższych partiach, może zanikać. Istnienie przepływu wód w warstwach przepuszczalnych, zalegających w obrębie korpusu drogowego, sugerowane jest poprzez znaczne zawilgocenie części wysokich nasypów oraz wystąpienie napiętego poziomu wodonośnego w otworze nr 3.



Intensywność przepływów może znacznie wzrastać w trakcie opadów i np. wiosennych roztopów, powodując rozluźnienie warstw nasypów oraz spływ gruntów po powierzchni warstw ilastych, których strop stanowi wówczas potencjalną powierzchnię poślizgu.

Dla gruntów zwirowo-gliniastych warstwy wodonośnej współczynnik filtracji można przyjmować w wysokości rzędu:  $k = 1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-3}$  (Z. Wiłun - Geotechnika). Przy znacznym zaglinieniu warstwy żwirów, można przyjmować wartości niższego rzędu.

Z otworu nr 3, pobrano próbę wody dla określenia jej agresywności, zgodnie z normą EN 206-1-2003. Wg tych oznaczeń, środowisko wodne w podłożu przedmiotowej inwestycji, wykazuje mały – XA1 - stopień agresywności węglanowej względem konstrukcji betonowych. Szczegółowe wyniki tej analizy przedstawia zał. nr 11 do opracowania.

## 6. Warunki geologiczno - inżynierskie.

Celem określenia warunków geologiczno - inżynierskich dokonano podziału podłoża na warstwy geotechniczne, w oparciu o wydzielenia stratygraficzne, genetyczne, litologiczne oraz fizyko - mechaniczne własności gruntów.

W podłożu dokumentowanego terenu wydzielono trzy grupy utworów:

- grunty nasypowe, współczesne,
- utwory żwirowe, spoiste i próchniczne, akumulacji rzecznej i rzeczno-zastoiskowej neogenu (plejstocen-holocen)
- osady ilaste, morskie miocenu.

Grunty podłoża podzielono na warstwy geotechniczne na podstawie wyników badań terenowych, makroskopowych i laboratoryjnych.

Cechy fizyczne gruntów spoistych częściowo określono bezpośrednio z badań laboratoryjnych. Cechy pozostałe oraz parametry mechaniczne wyinterpolowano z korelacyjnych zależności normowych (norma PN-81/B-03020), w oparciu o parametr wiodący - stopień plastyczności -  $I_L$ , obliczony na podstawie badań laboratoryjnych wilgotności i granic konsystencji. Do interpretacji wykorzystywano krzywe korelacyjne:

- C - grunty spoiste nieskonsolidowane, dla gruntów rzecznych i rzeczno-zastoiskowych,
- D - ility niezależnie od genezy, dla utworów ilastych podłoża starszego.

Stan zagęszczenia utworów niespoistych, ze względu na ich niewielką miąższość, uniemożliwiająca wyznaczenie parametru z badań „in situ” określono z danych literaturowych (Z. Wiłun – Geotechnika).



W korelacji do tak wyznaczonego stopnia zagęszczenia  $I_D$  określono cechy fizyko-mechaniczne, zgodnie z zależnościami podanymi w normie PN-81/B-03020.

Dane o parametrach warstw gruntów, w podłożu przedmiotowego terenu, przedstawiono na załączniku nr 9 do opracowania, a opis warstw zamieszcza się poniżej.

WARSTWA I - to utwory nasypowe, antropogeniczne, współczesne. Do warstwy tej zaliczono również nawierzchnie bitumiczne oraz nasypy nie spełniające wymagań budowlanych, stwierdzone w stropie profilu gruntów, w otworach wykonanych u podstawy skarpy, poza nasypem drogowym.

Ze względu na potrzebę scharakteryzowania warstw konstrukcyjnych, w podłożu jezdni drogi powiatowej, wśród kompleksu gruntów antropogenicznych, wydzielono następujące utwory:

- Warstwa Ia - to nawierzchnie drogowe, bitumiczne stwierdzone otworami wykonanymi w granicach jezdni, a więc o nr 4, 7 i 10. Grubość wynosiła 0,16-0,25 m. Ilość rozwarstwień w rdzeniu wiertniczym może świadczyć o wielokrotności napraw nawierzchni.
- Warstwa Ib – nasypy okruchowe korpusu drogi, pod nawierzchnią. W składzie gruntów wydzielono: żuźle, gruz, głównie ceglany, kamienie różnych frakcji, domieszki żwiru, piasków, różnego rodzaju zanieczyszczeń i glin, przy czym ilość materiału okruchowego zdecydowanie przeważa nad spoistym. Do warstwy tej zaliczono również podbudowy z łupka węglowego, których cienkie warstwy stwierdzono, pod nawierzchnią bitumiczną, tylko w części wyrobisk, w miejscach gdzie prawdopodobnie przeprowadzono naprawę nawierzchni sięgającą warstw głębszych. Należy zaznaczyć, że opisywane nasypy drogowe nie są właściwymi podbudowami drogowymi. Nawierzchnia asfaltowa ułożona została na powierzchni drogi gruntowej, wzmocnionej gruzowo-kamienistym materiałem okruchowym. Opisywane nasypy charakteryzują się znaczną zmiennością zagęszczenia i konsolidacji, wynikającą z degradacji, będącej efektem przemieszczania się gruntów. Nasypy te stwierdzono w stropowej partii podłoża, bezpośrednio pod nawierzchnią, w otworach nr 1, 3, 4, 6, 7, 9, 10 i 11. Miąższość wahała się w granicach 0,3-1,5 m.





- Warstwa Ic - to nasypy spoiste, w których składzie ponad 50% stanowią grunty spoiste. Pozostałe domieszki to materiał okruchowy jak w warstwie Ib. Grunty spoiste są bardzo zróżnicowane pod względem stanu (występują przewarstwienia w stanie od plastycznego do zwartego) i charakteryzują się zmiennością konsolidacji, wynikającą z przemieszczeń w obrębie osuwiska. Nasypy tego rodzaju stwierdzono wyrobiskami wykonanymi w zachodnim poboczu drogi, pod nasypami okruchowymi warstwy Ib, lub bezpośrednio na gruntach rodzimych oraz u podstawy skarpy drogowej. Nie występują w linii przekroju nr I-I', a więc w podłożu wschodniej krawędzi drogi (otw. nr 4, 7 i 10). Miąższość warstwy w wykonanych wyrobiskach wahała się w granicach 0,3-1,3 m.
- Warstwa Id – to nasypy z kruszyw naturalnych; żwirowo-kamieniste, zawierające domieszki zanieczyszczeń antropogenicznych, czasem znacznie zaglinione. W wyrobiskach, wykonanych w obrębie nasypu drogowego, stanowią spąg serii gruntów nawiezionych, jedynie w otworze nr 6 podścielone są jeszcze nasypem spoistym, warstwy Ic. Kruszywa naturalne stanowią właściwy materiał dla budowy podstawy wysokich nasypów drogowych, pod warunkiem prawidłowego zagęszczenia. Sondowania w obrębie warstwy wykazały niestety znaczne zróżnicowanie zagęszczenia, wynikające z trwających procesów osuwiskowych, powodujących rozluźnienie, wcześniej zagęszczonych gruntów. Utwory nasypowe warstwy Id stwierdzono w wyrobiskach nr 1, 3, 4, 6, 7, 9, 10 i 11, a miąższość warstwy wahała się w granicach 0,3-1,7 m.

Nasypy warstwy Id odpowiadają gruntom rodzimym sypkim, gruboziarnistym i ich własności geotechniczne można przyjmować jak dla żwirów i pospółek rodzimych. W efekcie wniosków końcowych z niniejszego opracowania pozostaną one, prawdopodobnie, w spągu nasypu drogowego, po przeprowadzeniu robót zabezpieczających. Zatem poniżej podaje się ich parametry, niezbędne dla budownictwa drogowego:

- kapilarność bierna -  **$H_{kb} < 1,0 \text{ m}$** ,
- wskaźnik piaskowy -  **$WP > 35$** ,
- **$CBR > 15\%$** ,
- grupa nośności **G1**
- grunty należą do **niewysadzinowych**,



WARSTWA IIa - to grunty rodzime, spoiste próchniczne, wykształcone w postaci glin pylastych, zawierających domieszki do 3,8% próchnicy, w stanie plastycznym. Są to utwory słabo nośne, występujące w stropie podłoża rodzimego, lub pod warstwą glin twardoplastycznych, we wszystkich wyrobiskach, wykonanych poza linią przekroju I-I', a więc poza podłożem wschodniej części jezdni drogi powiatowej i chodnika. Brak ich również w otworze nr 9, gdzie przyjmują stan twardoplastyczny i opisywane są jako kolejna warstwa geotechniczna. Miąższość warstwy jest niewielka i waha się w granicach 0,4-1,2 m, a w składzie gruntu zaobserwowano występowanie domieszek żużli, cegieł i innego materiału okruchowego, pochodzącego z wyżej leżących nasypów. Potwierdza to tezę, że grunty tej warstwy nie wytrzymują obciążenia od wielometrowych nasypów, których składniki są wprasowywane w warstwę podłoża rodzimego. Średni stopień plastyczności, wyznaczony w oparciu o badania laboratoryjne ma wartość  $I_L^{(n)}=0,30$ . Parametry mechaniczne tych gruntów, przy stosunkowo niewielkiej zawartości części organicznych, można wyznaczyć (jak wynika z doświadczeń firmy) z korelacji normowej, stosując krzywą C i obniżając otrzymane wartości o około 20%,

Zatem parametry charakterystyczne tego gruntu mają wartości:

$$W_n^{(n)} = 30,9\%; \rho^{(n)} = 1,88 \text{ t/m}^3; \varphi_u^{(n)} = 10^\circ 50'; c_u^{(n)} = 10,5 \text{ kPa}$$

$$E_o = 13,5 \text{ MPa}, \quad M_o = 18,5 \text{ MPa}, \quad M = 30,5 \text{ MPa}$$

WARSTWA IIb - to grunty rodzime, spoiste z domieszką próchnicy, jak w warstwie IIa, lecz w stanie twardoplastycznym. Domieszki organiczne w gruncie sięgają zawartości 1,7%. Utwory te wydzielono tylko w otworze nr 9, w strefie głębokości 2,7-4,2 m ppt. Średni stopień plastyczności, wyznaczony w oparciu o badania laboratoryjne ma wartość  $I_L^{(n)}=0,15$ . Parametry mechaniczne tych gruntów, przy stosunkowo niewielkiej zawartości części organicznych, można wyznaczyć (jak wynika z doświadczeń firmy) z korelacji normowej, stosując krzywą C i obniżając otrzymane wartości o około 20%,

Zatem parametry charakterystyczne tego gruntu mają wartości:

$$W_n^{(n)} = 24,2\%; \rho^{(n)} = 1,97 \text{ t/m}^3; \varphi_u^{(n)} = 12^\circ 40'; c_u^{(n)} = 14,5 \text{ kPa}$$

$$E_o = 18,5 \text{ MPa}, \quad M_o = 26,5 \text{ MPa}, \quad M = 42,5 \text{ MPa}$$



WARSTWA IIc - to grunty spoiste plastyczne, wykształcone w postaci glin pylastych, z laminami piasku pylastego i domieszkami pojedynczych żwirów. Występują w podłożu w postaci soczewki, wypełniającej lokalne zagłębienie stropu podłoża miocenu, w sąsiedztwie otworu nr 9. Miąższość warstwy, w tym wyrobisku, wynosiła 1,8 m, a średni stopień plastyczności, wyznaczony w oparciu o badania laboratoryjne ma wartość  $I_L^{(n)}=0,38$ . Pozostałe cechy wyznaczono z zależności normowych, stosując krzywą korelacyjną C, dla gruntów spoistych nieskonsolidowanych.

Parametry charakterystyczne tego gruntu mają wartości:

$$W_n^{(n)} = 33,7\%; \rho^{(n)} = 2,01 \text{ t/m}^3; \varphi_u^{(n)} = 12^\circ 00'; c_u^{(n)} = 11,0 \text{ kPa}$$

$$E_o = 15,0 \text{ MPa}, \quad M_o = 20,0 \text{ MPa}, \quad M = 31,0 \text{ MPa}$$

WARSTWA IIId - to grunty spoiste twardoplastyczne, występujące w podłożu ciągłą warstwą, w stropie podłoża rodzimego, w linii wyrobisk 2-5-8. Wykształcone są w postaci glin pylastych, sporadycznie przewarstwionych glinami pylastymi zwięzłymi i glinami próchnicznymi. Średni stopień plastyczności, wyznaczony w oparciu o badania laboratoryjne ma wartość  $I_L^{(n)}=0,16$ . Pozostałe cechy wyznaczono z zależności normowych, stosując krzywą korelacyjną C, dla gruntów spoistych nieskonsolidowanych.

Parametry charakterystyczne tego gruntu mają wartości:

$$W_n^{(n)} = 23,4\%; \rho^{(n)} = 1,98 \text{ t/m}^3; \varphi_u^{(n)} = 15^\circ 50'; c_u^{(n)} = 18,0 \text{ kPa}$$

$$E_o = 23,0 \text{ MPa}, \quad M_o = 32,0 \text{ MPa}, \quad M = 52,0 \text{ MPa}$$

WARSTWA IIe - to żwiry zaglinione, czasem z pogranicza żwirów gliniastych, zalegające w spągu osadów rzecznych, bezpośrednio nad podłożem ilastym miocenu. Grunty te stanowią warstwę wodonośną. Wystąpiły w otworach nr 2, 3, 5, 8 i 9 w postaci cienkiej warstwy, o miąższości 0,2-0,5 m. Tak niewielka miąższość uniemożliwia bezpośrednie wyznaczenie stopnia zagęszczenia tych utworów z badań 'in situ'. Zatem parametr ten przyjęto z literatury fachowej – dane o zagęszczeniu gruntów w zależności od genezy (Z. Wiłun – Geotechnika) – w wysokości  $I_D^{(n)} = 0,4$ , są to więc utwory średnio zagęszczone. Ze względu na znaczne zaglinienie warstwy, parametry mechaniczne, interpretowane z korelacji normowych, w oparciu o przyjęty stopień zagęszczenia, obniżano o około 20 % w stosunku do danych dla żwirów średnio-zagęszczonych, niezaglinionych.





Tak wyznaczone parametry charakterystyczne mają wartości:

$W_n^{(n)} =$  grunty nawodnione,

$\rho^{(n)} = 2,05 \text{ t/m}^3$  (przyjęte jak dla gruntów mokrych)

$\phi_u^{(n)} = 31^\circ 00'$ ,  $E_o = 95,0 \text{ MPa}$ ,  $M_o = 110,0 \text{ MPa}$ ,  $M = 110,0 \text{ MPa}$

WARSTWA IIIa – to grunty stropu podłoża mioceneskiego. Wykształcone są w postaci ilów pylastych i ilów, miejscami przeobrażonych, zgodnie z profilem zwietrzelistkowym, w gliny pylaste zwięzłe. Grunty są twardoplastyczne i, wraz z głębokością, przechodzą płynnie w stan półzwały. Średni stopień plastyczności, wyznaczony w oparciu o badania laboratoryjne pobranych prób NW, ma wartość  $I_L^{(n)} = 0,08$ . Strop warstwy IIIa nawiercono na głębokości 1,9-6,4 m ppt, co odpowiada zaleganiu poniżej rzędnych 255,29-261,12 m npm. Miąższość warstwy określono na 0,6-1,8 m, jest to jednak miąższość orientacyjna, z uwagi na brak ostrej granicy pomiędzy gruntami twardoplastycznymi i półzwartymi, zaliczonymi do kolejnej warstwy geotechnicznej

Cechy charakterystyczne tych gruntów, wyznaczone z normowych zależności korelacyjnych (PN-81-B-03020), w oparciu o krzywą D, dla ilów niezależnie do genezy mają wartości:

$W_n^{(n)} = 29,7 \%$ ,  $\rho^{(n)} = 1,94 \text{ t/m}^3$ ,  $c_u^{(n)} = 54,0 \text{ kPa}$ ,  $\phi_u^{(n)} = 12^\circ 00'$

$E_o = 18,0 \text{ MPa}$ ,  $M_o = 33,0 \text{ MPa}$ ,  $M = 41,0 \text{ MPa}$

WARSTWA IIIb - to ły pylaste i ły miocenu morskiego. Utwory są w stropie półzwarte i płynnie przechodzą w stan zwarty. Badania sondą dynamiczną wykazały równomierny przyrost ilości uderzeń, na 10 cm wpędu sondy, wraz z wzrostem konsolidacji gruntu, bez wystąpienia stref gwałtownych osłabień, sugerujących istnienie płaszczyzn poślizgu lub złustowań. Strop warstwy wyznaczono na głębokości 3,0-7,0 m ppt, a przewiercono ją wszystkimi wyrobiskami na odcinku 1,5-4,8 m.

Cechy charakterystyczne tych gruntów, wyznaczone z normowych zależności korelacyjnych (PN-81-B-03020), przy założeniu iż grunty są półzwarte oraz w oparciu o krzywą D, dla ilów niezależnie do genezy mają wartości:

$W_n^{(n)} = 25,0\%$ ,  $\rho^{(n)} = 2,05 \text{ t/m}^3$ ,  $c_u^{(n)} = 60,0 \text{ kPa}$ ,  $\phi_u^{(n)} = 13^\circ 00'$

$E_o = 22,5 \text{ MPa}$ ,  $M_o = 40,0 \text{ MPa}$ ,  $M = 50,0 \text{ MPa}$



Uwaga: Należy zaznaczyć, że ility warstw skawińskich cechują się niewielkim pęcznieniem po nasączeniu wodą. Z badań wskaźnika pęcznienia, wykonanych dla kilku opracowań mostowych przez firmę Geosond wynika, że grunty te mogą mieć charakter średnio-pęczniący, przy wartości wskaźnika  $V_p \sim 16\%$ .

## 7. Prognoza wpływu projektowanej inwestycji na środowisko.

Projektowane zabezpieczenie nasypów drogi powiatowej na badanym odcinku można rozpatrywać w trzech aspektach:

1. Aspekt pierwszy dotyczy zagrożenia środowiska ze strony infrastruktury drogowej i związanym z nią wzrostem zanieczyszczeń środowiska. W opisywanym przypadku problem ten nie występuje, gdyż układ drogowy już istnieje.
2. Aspekt drugi dotyczy zagrożenia stabilności nasypów, po których poprowadzono drogę. Ewentualne pogłębienie występujących szkód może spowodować katastrofę budowlaną, mającą bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo osób poruszających się po drodze. W tym sensie inwestycja w postaci robót zabezpieczających może mieć wyłącznie skutki pozytywne.

## 8. Podsumowanie.

Reasumując:

- podłoże rodzime badanego terenu posiada budowę geologiczną skomplikowaną, wg Rozporządzenia MSWiA z dnia 24 września 1998 r; w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz.U. Nr 126, poz. 839), w związku z przebiegiem drogi na terenie, gdzie w podłożu gruntowych mają miejsce przebiegają ruchy masowe gruntów,
- korpus drogi powiatowej, na badanym odcinku usypany został na osadach akumulacyjnych starego zakola rzeczno, wypełnionego ściśliwymi utworami rzeczno i rzeczno-zastoiskowymi, często w stanie plastycznym, zalegającymi na mioceńskim podłożu ilastym, którego strop zapada pod dużym kątem, poprzecznie do kierunku przebiegu drogi i stanowi potencjalną płaszczyznę poślizgu,
- grunty antropogeniczne – nasypy, w podłożu nawierzchni drogi, nie wykazują śladów warstwowego zagęszczania, a sondowania ujawniły zdecydowanie mniejszy opór gruntu nasypowego w porównaniu z gruntami rodzimymi, pomimo że są to utwory tego samego



rodzaju. Świadczy to o tym, iż nasyp drogowy nie został należycie zagęszczony w trakcie budowy drogi, lub uległ późniejszej degradacji w wyniku ruchów masowych. W jego obrębie stwierdzono zróżnicowaną konsolidację, co może świadczyć o naruszeniu ciągłości. Zatem stwierdzone nasypy nie można kwalifikować w pełni jako nasypu budowlanego - nB, należy go zaliczyć raczej do nasypu niebudowlanego (nieskonsolidowanego) - nN.

- dodatkowo należy zwrócić uwagę, że nasypy utworzone zostały ze zróżnicowanych materiałów – żwiru, gruzu, żużli, odpadów ceglanych, często mocno zaglinionych, a bezpośrednio pod nawierzchnią drogi powiatowej praktycznie brak jest klasycznych podbudów konstrukcyjnych z kruszywa łamanego; miejscami występuje tylko minimalna podsypka z łupka, stanowiącego kopalniany odpad płony,
- obciążenie rodzimych gruntów plastycznych kilkumetrowym nasypem spowodowało wzrost osiadań pionowych, a usunięcie starych drzew, utrzymujących systemem korzeniowym, powstała wysoka sztuczna skarpe, przyczyniło się do naruszenia jej stateczności,
- ponowne obsadzenie skarpy okazało się niewystarczające, gdyż rozbudowa systemu korzeniowego drzew wymaga dłuższego czasu, a dodatkowo na stateczność skarpy niekorzystnie wpływają już rozpoczęte ruchy masowe gruntów oraz znaczny wzrost obciążenia ruchem kołowym na drodze powiatowej,
- ruch gruntów w podłożu nawierzchni drogi odbywa się zarówno w obrębie nasypów, o czym świadczy, wykazana badaniami „in situ”, niejednorodność ich zagęszczenia i konsolidacji, jak i po powierzchni stropu gruntów ilastych podłoża starszego,
- zagrożenie zsuwem po stropie iłów mioceńskim wzrasta w miarę postępującego spękania nawierzchni, powodującego przesączanie się wód opadowych poprzez warstwę bitumiczną i przepuszczalną, rozluźnione nasypy, a zmiany konsolidacyjne gruntów nasypowych narastają w efekcie powiększania się ilości i rozwartości szczelin w nawierzchni bitumicznej,

## 9. Spis literatury i materiałów archiwalnych.

1. Z. Wiłun - Geotechnika, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1982 r,
2. W.C. Kowalski - Geologia Inżynierska, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1988r,
3. Z. Pazdro - Hydrogeologia Ogólna, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1977 r,





4. S. Pisarczyk - Gruntoznawstwo inżynierskie, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001 r,
5. S. Pisarczyk - Mechanika gruntów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999 r,
6. Komentarz do normy PN-81/B-03020, wyd. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 1984 r,
7. Objasnienia do Mapy Geologicznej Polski, w skali 1 : 200 000, Arkusz Bielsko-Biała, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa 1998 r,
8. Katalog Osuwisk opracowany przez Państwowy Instytut Geologiczny, Oddział Karpacki w Krakowie, Kraków 1975 r.
9. Katalog typowych konstrukcji nawierzchni, podatnych i półsztywnych - zał. do Zarządzenia nr 6 Gen. Dyr. Dróg Publicznych z dnia 24.04.97 r,
10. Instrukcja Badań Podłoża Gruntowego Budowli Drogowych i Mostowych - Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, Warszawa 1998 r.,
11. Instrukcja Obserwacji i Badań Osuwisk Drogowych - Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych, Warszawa 1999 r.,
12. PN-81/B-03020 - Grunty budowlane - Posadowienie bezpośrednie budowli,
13. PN-B-02481 z stycznia 1998r. – Geotechnika – Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar,
14. PN-B-04452 z maja 2002 – Geotechnika – Badania polowe,
15. PN-88/B-04481- Grunty budowlane, Badania próbek gruntu,
16. PN-86/B-02480 - Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów,
17. Eurokode 7, część 3 - Projektowanie geotechniczne z zastosowaniem badań polowych.

## 10. Wnioski i zalecenia

1. Przeprowadzone obserwacje i badania wykazują, iż ruchy masowe podłoża występują w obrębie gruntów nasypowych i spoistych zalegających powyżej stropu utworów ilastych miocenu. Podłoże starsze, zbudowane z ilów i stropowych utworów zwięzło-spoistych, jest całkowicie stabilne, a badania sondownicze wykazały wyłącznie wzrost ilości uderzeń wraz z głębokością, wynikający z płynnego przechodzenia od stanu twardoplastycznego do zwartego, bez wytopienia stref osłabień.



2. Lekko podcięte zbocze, po wschodniej stronie drogi, porośnięte starymi akacjami, na dzień dzisiejszy nie wykazuje śladów naruszenia stateczności – jest stabilne. Warunkiem zachowania tej stabilności jest całkowity zakaz wycinki starych drzew oraz zakaz zabudowy najbliższego pasa gruntów, ciągnących się powyżej ich linii. W obrębie tego pasa nie należy również prowadzić jakichkolwiek robót instalacyjnych, związanych z wykonywaniem wykopów w poprzek linii spadku stoku. Błędem, bez konsekwencji, była lokalizacja w tym miejscu wykopu telekomunikacyjnego. Ponowienie takich prac, przy innym ciągu instalacyjnym, może naruszyć stateczność skarpy ciągnącej się powyżej wschodniej krawędzi przedmiotowego odcinka drogi powiatowej.
3. W pełni bezpiecznym rozwiązaniem w analizowanym miejscu byłoby usunięcie istniejącego nasypu oraz gruntów rzeczno-zastoiskowych, do stropu podłoża ilastego i zastąpienie go nowym nasypem, uformowanym z gruntów niespoistych, prawidłowo zagęszczonym, posiadającym stopę wykonaną z przepuszczalnych gruntów twardo okruchowych. Ze względów finansowych i technicznych jest to jednak mało realne.
4. Drugim rozwiązaniem jest podparcie istniejącej skarpy od strony zachodniej oraz wzmocnienie i odbudowa stropowych warstw konstrukcyjnych nasypu drogowego. Dalsze zalecenia są zatem następujące:
  - Od strony zachodniej należy wykonać konstrukcję oporową, zabezpieczającą istniejącą skarpe. Mogą to być np. kosze kamienne – gabiony, lub wielostopniowy mur oporowy z przestrzennego geosyntetyku. Warunkiem bezpieczeństwa tego rodzaju rozwiązań jest oparcie podstawy konstrukcji oporowej na podłożu ilów mioceńskich np. na ciągu mikropali. Podobne zabezpieczenia, oparte o mur z geosyntetyku GEOWEB, z powodzeniem zastosowano przy zabezpieczeniu osuwiska ul. Kościelnej w Cieszynie oraz drogi relacji Żywiec - Andrychów, przez przełęcz Kocierską. Wszelkie rozwiązania, zmierzające do podparcia i stabilizacji skarpy winny gwarantować swobodny przepływ wód gruntowych oraz umożliwić dogęszczenie nasypów w obrębie skarpy.
  - W kolejnym etapie należy usunąć warstwę bitumiczną nawierzchni i około 1-1,5 istniejących nasypów. Po dogęszczeniu odsłoniętej warstwy nasypów należy dokonać wzmocnienia podłoża np. poprzez ułożenie geomateraca z geosiatki, wypełnionego tłuczniem drogowym. Na tak wzmocnionym podłożu należy wykonać dolną i górną podbudowę drogową z kruszyw i ułożyć nową nawierzchnię jezdni. Zagęszczenie warstw



konstrukcyjnych winno być kontrolowane zgodnie z wymogami norm dla budownictwa drogowego.

- Po wykonaniu zabezpieczeń, na odcinku badanej drogi powiatowej, należy zamontować sieć reperów geodezyjnych, w celu monitorowania stabilności skarpy. Częstotliwość pomiarów ustali firma projektująca zabezpieczenie osuwiska, w uzgodnieniu z Inwestorem.

**Niniejsza "Dokumentacja geologiczno-inżynierska" zgodnie z obowiązującym Prawem Geologicznym podlega rejestracji w Starostwie Powiatowym w Bielsku-Białej.**