

DOKUMENTACJA GEOLOGICZNO - INŻYNIERSKA
dla zabezpieczenia osuwiska przy DW nr 993 odc. 060
km 2+880 – km 2+960 w miejscowości Bednarka.

gmina: Lipniki

powiat: gorlicki

województwo: małopolskie

Inwestor i Zlecniodawca:

Zarząd Dróg Wojewódzkich w Krakowie
30-085 Kraków ul. Głowackiego 56.

Wykonawca:

Przedsiębiorstwo Usług Geologiczno - Laboratoryjnych
„CHEMKOP - LABORGEO” Sp. z o.o.
31-261 Kraków, ul. Wybickiego 7.

Autorzy dokumentacji:

mgr inż. Leszek Wąsik
nr upr. VII – 1368; XI – 0048; XII – 0044.

.....
mgr inż. Damian Kulig
nr upr. MŚ VII – 1810

.....
Władysław Kusia
nr upraw. XII – 0101

.....
Prezes PUG-L
CHEMKOP-LABORGEO
mgr inż. Bartłomiej Gładysz

.....
Kraków, grudzień 2022

SPIS TREŚCI:

Wstęp.....	str. 3
1. Informacje ogólne o terenie badań.....	str. 4
2. Charakterystyka projektowanego obiektu.....	str. 5
3. Opis położenia geograficznego.....	str. 6
4. Opis budowy geologicznej.....	str. 6
5. Prace własne.....	str. 7
5.1. Zakres wykonania robót terenowych.....	str. 7
5.2. Zakres wykonanych badań laboratoryjnych.....	str. 9
6. Opis właściwości fizyczno – mechanicznych gruntów.....	str. 10
7. Opis warunków hydrogeologicznych.....	str. 13
8. Ocena warunków geologiczno-inżynierskich wraz z prognozą wpływu inwestycji na inwestycji na środowisko.....	str. 13
9. Zalecenia dotyczące budowy zabezpieczenia i robót ziemnych.....	str. 16
10. Podsumowanie i wnioski.....	str. 16

SPIS ZAŁĄCZNIKÓW:

Lokalizacja planowanej inwestycji – skala 1:10 000	zał. 1.
Mapa dokumentacyjna robót geologicznych – skala 1:500	zał. 2.
Mapa geologiczno-inżynierska – skala 1:250	zał. 2.1.
Przekroje geologiczno – inżynierskie	zał. 3.1-3.2.
Objaśnienia do przekrojów geologiczno - inżynierskich	zał. 3.3.
Karty dokumentacyjne otworów geologiczno – inżynierskich	zał. 4.1-4.2.
Karty szybków badawczych	zał. 4.3-4.4.
Dokumentacja fotograficzna rdzeni wiertniczych	zał. 5.
Zestawienie wyników badań laboratoryjnych	zał. 6.
Wyniki badań granic Atterberga	zał. 7.1-7.4.
Wyniki badań spójności i kąta tarcia wewnętrznego	zał. 8.
Wyniki wytrzymałości na ściskanie	zał. 9.
Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi – skala 1:10 000	zał. 10.
Karta rejestracyjna terenu, na którym występują ruchy masowe ziemi	zał. 11.

Wstęp.

„Dokumentacja geologiczno – inżynierska dla zabezpieczenia osuwiska przy DW nr 993 odc. 060 km 2+880 – km 2+960 w miejscowości Bednarka” ma na celu:

- Szczegółowe rozpoznanie warunków geologiczno – inżynierskich podłoża pod planowane konstrukcje zabezpieczające osuwisko oraz pod odwodnienie terenu.
- Wyznaczenie wartości charakterystycznych parametrów geotechnicznych dla gruntów i skał poszczególnych warstw geotechnicznych na podstawie prac polowych i badań laboratoryjnych próbek gruntów.
- Określenie warunków hydrogeologicznych w rejonie osuwiska zagrażającego drodze wojewódzkiej.
- Wskazanie racjonalnego sposobu zabezpieczenia osuwiska.

Inwestorem i Zleceniodawcą jest Zarząd Dróg Wojewódzkich w Krakowie, z siedzibą przy ul. Głowackiego 56 w Krakowie. Generalnym wykonawcą prac, w tym laboratoryjnych jest Przedsiębiorstwo Usług Geologiczno - Laboratoryjnych „CHEMKOP-LABOR GEO” sp. z o.o. Kraków, z siedzibą przy ul. Wybickiego 7 w Krakowie.

Podstawą wykonania niniejszej dokumentacji były:

- Umowa z Zarządem Dróg Wojewódzkich w Krakowie na wykonanie opinii geotechnicznej i dokumentacji badań podłoża gruntowego wraz z wykonaniem badań terenowych i laboratoryjnych.
- Ustawa Prawo geologiczne i górnicze – tekst jednolity Dz.U. z 2020 poz.1064 z późniejszymi zmianami.
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 roku w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych Dz. U. 2012.463.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. Dz.U. 2016 Poz. 2033.
- „Projekt robót geologicznych dla zabezpieczenia osuwiska przy DW nr 993 odc. 060 km 2+880 – km 2+960 w miejscowości Bednarka” zatwierdzony przez Starostę Powiatu Gorlickiego decyzją nr OŚ.6540.13.2022 z dnia 08 listopada 2022 r.

- Karta rejestracyjna terenu na którym występują ruchy masowe. Numer ewidencyjny 12-05-052-076733. J. Kos 2022 r.
- Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz 1038 – Osiek Jasielski, Oprac. R. Kopciowski, Z. Zimnal, L. Jankowski – 1997 r. Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2014.
- Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz 1038 – Osiek Jasielski, Oprac. R. Kopciowski, Z. Zimnal, L. Jankowski, Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2014.
- Mapa Geośrodowiskowa Polski (II) Plansza A w skali 1:50 000, arkusz 1038 – Osiek, Oprac.: B. Bąk, P. Kuć, I. Laskowicz, 2014 r. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy 2014 r.
- Objasnienia do Mapy Geośrodowiskowej Polski II w skali 1:50 000 – województwo małopolskie – autorstwa M. Sikorska-Maykowska, K. Andrzejewska-Kubrak, B. Bąk, I. Bojakowska, D. Grabowski, J. Jureczka, P. Lenik, A. Pasieczna, S. Wilk, A. Wójcik, Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2013.
- Polskie normy
- Badania terenowe i laboratoryjne.

1. Informacje ogólne o terenie badań.

Teren przeprowadzonych badań geologiczno-inżynierskich pod względem administracyjnym znajduje się miejscowości Bednarka, w gminie Lipniki, w powiecie gorlickim, w województwie małopolskim.

Teren na którym planowana jest przyszła inwestycja w postaci usunięcia skutków osuwiska oraz zabezpieczenia przed ewentualnymi ruchami masowymi w przyszłości, położony jest w ciągu drogi wojewódzkiej przy DW nr 993 odc. 060 km 2+880 – km 2+960. Jest to obszar objęty pasem drogowym, wzdłuż którego, po północnej stronie zlokalizowane są zabudowania wsi Bednarka. Droga w analizowanej lokalizacji trawersuje naturalną skarpe, u której podstawy przepływa bezimienny strumień, prawy dopływ potoku Bednarka.

Na analizowanym terenie w skarpie drogowej rozwinęło się osuwisko, obserwowane od 2010 roku. Przyczyną powstania osuwiska było naturalne podcięcie erozyjne skarpy oraz naturalna infiltracja wód opadowych i roztopowych w obrębie nasypu drogowego.

Wszystkie roboty geologiczne tj. otwory OW-1 i OW-2 oraz szybiki Sz-1 i Sz-2 wykonano na działce nr 541/1, obręb 0001 Bednarka. Teren ten jest własnością Skarbu Państwa w administracji Zarządu Dróg Wojewódzkich w Krakowie.

2. Charakterystyka projektowanego obiektu.

Na badanym terenie projektuje się budowę systemu zabezpieczeń nasypu drogowego przed dalszym osuwaniem mas ziemnych. Zabezpieczenia dotyczyć będą pasa drogowego drogi wojewódzkiej. Obecnie główną przyczyną powstawania ruchów masowych jest filtracja wód atmosferycznych. Wody te nie są w całości odprowadzane w dół stoku, ale filtrują pod nasyp drogowy oraz warstwy czwartorzędowe.

W związku z tym konieczna jest odbudowa i zabezpieczenie skarpy przed dalszym osuwaniem. Na podstawie przeprowadzonych badań planuje się opracowanie projektu budowlanego dla trwałego zabezpieczenia przedmiotowego odcinka drogi.

Wstępnie zakłada się usunięcie i wymianę gruntów koluwalnych słabonośnych, odbudowę skarpy i budowę konstrukcji oporowej oraz budowę systemu drenaży odprowadzających wodę opadową ze skarpy do koryta potoku. Konstrukcja oporowa musi również zabezpieczać podstawę skarpy przed rozmywaniem przez wezbrane wody potoku. Szczegółowy projekt systemu zabezpieczeń jest na etapie opracowywania na podstawie wyników niniejszej dokumentacji.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25.04.2012 r. „w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych” (Dz. U. 2012.463) warunki gruntowe należy zakwalifikować jako skomplikowane ze względu na teren objęty zjawiskami geodynamicznymi – ruchami masowymi. Projektowany obiekt ze względu na skomplikowane warunki gruntowe należy zaliczyć do trzeciej kategorii geotechnicznej. Ostateczną decyzję odnośnie kategorii podejmuje konstruktor obiektu.

3. Opis położenia geograficznego.

Pod względem geograficznym teren badań leży w prowincji Karpaty Zachodnie z Podkarpaciem Zachodnim i Północnym (51), w podprowincji Zewnętrzne Karpaty Zachodnie (513), w makroregionie Pogórze Środkowobeskidzkie (513.6), w mezoregionie Pogórze Jasielskie (513.68). Obszar należy do krainy geograficznej (regionu) Pogórze Bieckie w zachodniej części Pogórza Jasielskiego. Pogórze Jasielskie jest regionem wyżynnym o rzędnych terenu od 370 do 430 m n.p.t., zbudowanym z warstw piaskowców ciężkowickich i łupków krośnieńskich. Pogórze przecinają subsekwentne doliny rzek Bednarki i Wisłoki. Teren projektowanych badań leży w dolinie Bednarki i należy do zlewni rzeki Bednarki.

4. Opis budowy geologicznej.

Opis budowy geologicznej sporządzony został na podstawie przeprowadzonych badań terenowych oraz Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski – arkusz 1038, Osiek Jasielski w skali 1: 50 000, wraz z objaśnieniami.

Na terenie badań od powierzchni występują nasypy budowlane, przede wszystkim związane z istniejącą drogą wojewódzką. Miąższość nasypów w otworach OW-1 i OW-2 wynosi od 2,0 do 2,8 m. Poniżej warstwy nasypów zalegają utwory czwartorzędowe, wykształcone w postaci piasków średnich i piasków gliniastych ze żwirem rzecznych tarasów zalewowych.

Do utworów czwartorzędowych zalicza się koluwia, będące efektem analizowanego osuwiska. Utwory koluwium osuwiskowego obejmują grunty nasypowe, czwartorzędowe oraz zwietrzelinę starszego podłoża, zbudowanego z łupków ilastych. Koluwia występują na południowej skarpie nasypu drogowego i schodzą do dna lokalnego potoku. Badania oraz obserwacje poczynione w terenie wyraźnie wskazują, że osuwisko ma charakter zsuwu powierzchniowego. Na analizowanym obszarze brak przesłanek wskazujących na obecność osuwiska strukturalnego o głębiej położonej krzywej poślizgu. Miąższość utworów czwartorzędowych (wraz z nasypem drogowym) szacuje się na około 4 -5 m poniżej poziomu drogi (w ciągu istniejącej drogi w pobliżu skarpy). Miąższość nasypów

antropogenicznych oraz utworów czwartorzędowych stanowiących nadkład nad stropem skalnym może być w omawianym obszarze znacznie zróżnicowana.

Starsze podłoże skalne zbudowane jest w stropowej części z łupków ilastych z przewarstwieniami cienkoławicowych piaskowców wieku paleocen – eocen. Łupki mają barwę zielonkawo-szarą i brunatną, a piaskowce barwę szarą, są to tzw. łupki pstre. Warstwowanie łupków jest niewyraźne, kat upadu wynosi około 45 stopni, a kierunek prawdopodobnie jest południowy. Warstwy te należą do tzw. fliszu karpackiego płaszczowiny (serii) magurskiej. Utwory te osiągają miąższość kilkuset metrów. Warstwy fliszowe pocięte uskokami o przebiegu SW-NE. Obecnie wszelkie ruchy tektoniczne są nieaktywne.

W trakcie prowadzonego rozpoznania nie odnotowano obecności zwierciadła wód gruntowych w otworach wiertniczych o głębokości do 11,5 m p.p.t. Warunki hydrogeologiczne charakteryzują się obecnością wód gruntowych w utworach czwartorzędowych w dnie doliny, związanych z przepływającym w dnie doliny potokiem. W obrębie nasypów drogowych występują okresowe sączenia wód gruntowych, pochodzących z infiltracji wody opadowej w głąb podłoża gruntowego.

Budowę geologiczną przedstawiono na załączonych przekrojach geologiczno-inżynierskich (zał. nr 3).

5. Prace własne.

5.1. Zakres wykonanych badań terenowych

Prace terenowe stanowiły podstawę rozpoznania zadania geologiczno-inżynierskiego. W ich skład wchodziło:

- 1) Wykonanie wyrobisk rozpoznawczych, tj. 2 otworów geologiczno-inżynierskich rdzeniowych o głębokości 11,1 i 11,5 m p.p.t. oraz 2 szybików o głębokości około 1 m i 2 otworów w dnach szybików o głębokości 0,8 i 2,0 m.
- 2) Profilowanie geologiczne wyrobisk rozpoznawczych i opróbowanie gruntów podłoża.
- 3) Badania i obserwacje hydrogeologiczne.
- 4) Kartowanie geologiczno – inżynierskie.
- 5) Prace geodezyjne.

Ad.1) Wykonano 2 otwory wiercony metodą rdzeniową do głębokości 11,1 i 11,5 m p.p.t., o łącznym metrażu 22,6 mb.

Otwory zostały wykonane przez PUG-L „Chemkop – Laborgéo” technologią wrzutową z wykorzystaniem płuczki wodnej według schematu:

- wiercenie systemem wrzutowym o średnicy ϕ 146 mm, marszami co 1,5 m, które umożliwiało pobieranie rdzeni o średnicy 102 mm, z których pobierano dalsze próbki do badań laboratoryjnych co 1 m lub z każdej odmiennej litologicznie warstwy.
- Po wykonaniu wszystkich niezbędnych obserwacji zlikwidowano otwór przez zasypanie odpowiednio dobranym materiałem importowanym z domieszką cementu.

Wykonano 2 szybiki badawcze w obrębie skarpy nasypu, o głębokości około 1 m każdy. W dnach szybików wykonano wiercenia zestawem ręcznym ϕ 60 mm, przy pomocy świrdrów okienkowych, o głębokości od 0,8 do 2,0 m. Po wykonaniu badań otwory i szybiki zasypano gruntem z odtworzeniem naturalnego przebiegu warstw.

Lokalizację wyrobisk rozpoznawczych przedstawiono na mapie dokumentacyjnej robót geologicznych (załącznik nr 2). Karty dokumentacyjne otworów i szybików przedstawiono na załącznikach nr 4, dokumentację fotograficzną rdzeni wiertniczych przedstawiono na załączniku nr 5.

Ad.2) Wyrobiska rozpoznawcze były profilowane przez nadzór geologiczny posiadający odpowiednie uprawnienia. Wyniki profilowań ujęte są na odpowiednich kartach (załączniki nr 4). W czasie profilowania z każdej warstwy odmiennej litologicznie lub różniącej się parametrami geotechnicznymi, jednak nie rzadziej niż co 1 m, wykonywana była analiza makroskopowa gruntów i skał.

Ad.3) Badania i obserwacje hydrogeologiczne zwierciadła wody zgodnie z założeniami powinny być wykonane następująco: po nawierceniu wód gruntowych – przerwanie wiercen i stabilizacja zwierciadła, jednak w trakcie prowadzenia prac nie stwierdzono występowania zwierciadła wody gruntowej.

Ad.4) W trakcie kartowania zbierane były informacje na temat nie udokumentowanej wcześniej działalności antropogenicznej (m.in. infrastrukturze, obiektach budowlanych, składowiskach odpadów, wyrobiskach), zjawiskach geodynamicznych, skażeń itp.

Kartowanie wykonane zostały w obrębie pasa drogowego oraz skarpy objętej ruchami masowymi i okolicach. Wyniki kartowania przedstawione zostały na mapie geologiczno – inżynierskiej.

Ad.5) Prace geodezyjne polegały na wytyczeniu i niwelacji w terenie otworów wiertniczych oraz wykonaniu powykonawczej mapy dokumentacyjnej prac geotechnicznych (załącznik nr 1). Współrzędne XYZ punktów badawczych zamieszczone zostały na kartach otworów badawczych.

5.2. Zakres wykonanych badań laboratoryjnych.

Badania laboratoryjne w celu klasyfikacji gruntów wykonano zgodnie z normami:

- PN-88/B-04481. Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
- PN-EN ISO 17892-1:2015-02. Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 12: Oznaczanie wilgotności naturalnej.
- PN-EN ISO 17892-8:2018-05. Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 8: Badania trójosiowe bez konsolidacji i bez drenażu.
- PN-EN ISO 17892-12:2018-08. Rozpoznanie i badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 12: Oznaczanie granic płynności i plastyczności.
- PN-EN ISO 17892-7:2018-05. Rozpoznanie i badania geotechniczne – Badania laboratoryjne gruntów – Część 7: Ściskanie jednoosiowe.

Wyniki badań laboratoryjnych właściwości fizycznych gruntu zestawiono w tabeli zamieszczonej w załączniku 6, a karty badań laboratoryjnych zamieszczono w załącznikach nr 7 - 9. Rodzaje i stan gruntów oznaczano zgodnie z normą PN-86/B-02480 Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów. Wyniki badań laboratoryjnych wykorzystano do weryfikacji opisów rodzajów gruntów na kartach dokumentacyjnych otworów wiertniczych i wydzielenia warstw geotechnicznych w podłożu projektowanej inwestycji. Badania laboratoryjne próbek gruntów obejmowały:

1. Badanie właściwości fizycznych próbek gruntów:

- oznaczenie wilgotności naturalnej gruntu - 4 oznaczenia,
- oznaczanie granic konsystencji gruntów spoistych (płynności – w_L , plastyczności - w_p) - 4 oznaczenia.

2. Badanie właściwości mechanicznych gruntu:

- badania w aparacie trójosiowego ściskania, w celu oznaczenia kąta tarcia wewnętrznego i kohezji (metodą UU) - 1 oznaczenie,
- badania wytrzymałości na ściskanie, - 3 oznaczenia.

Nie wykonano badań agresywności wody ponieważ nie stwierdzono występowania wody gruntowej w otworach wiertniczych.

Zakres wykonanych badań jest wystarczający dla określenia warunków geologiczno – inżynierskich i hydrogeologicznych na terenie planowanej inwestycji.

6. Opis właściwości fizyczno - mechanicznych gruntów.

Podstawą dla określenia własności fizyczno-mechanicznych gruntów były parametry geotechniczne oznaczone laboratoryjnie oraz makroskopowo. Parametry geotechniczne zostały wyprowadzone w oparciu o uśrednione wartości parametrów pomierzonych laboratoryjnie, badania makroskopowe oraz porównywalne doświadczenie autorów dla tego rodzaju gruntów w podobnych warunkach geotechnicznych.

Na podstawie analizy wszystkich wyników pochodzących z profilowań otworów geotechnicznych badań laboratoryjnych, wyodrębniono trzy warstwy geotechniczne, warstwę koluwiów osuwiskowych oraz warstwę nasypów budowlanych (drogowych). Przy podziale uwzględniono odmienność genetyczną i litologiczną oraz istotne różnice występujące w parametrach geotechnicznych. Poniżej omówiono poszczególne warstwy geotechniczne:

Nasypy budowlane nB:

Warstwa ta obejmuje nasypy budowlane związane z warstwami drogowymi, w tym nawierzchnię drogową i warstwę kruszywa. Poniżej warstw konstrukcyjnych stwierdzono występowanie nasypów drogowych zbudowanych ze żwirów i pospółek. Stwierdzona miąższość nasypów w miejscach naprawianej drogi wynosi od 2,0 do 2,8 m, przy czym warstwa asfaltu ma grubość od 0,6 do 1,0 m. Omawiane nasypy klasyfikuje się jako grunty niespoiste, barwy szaro-brązowej. Grunty tej warstwy znajdują w stanie od średnio

zagęszczonego do zagęszczonego. Część nasypów znajduje się w obrębie koluwium osuwiskowego.

Warstwa I:

Warstwę budują czwartorzędowe grunty, głównie nie spoiste, zalegające bezpośrednio pod warstwą nasypów, wykształcone jako piaski średnie z przewarstwieniami piasków gliniastych. Grunty te są barwy brązowej. Warstwa ta została odnotowana w otworach OW-1 i OW-2, a jej miąższość wynosi od 1,2 do 1,3 m. Grunty tej warstwy znajdują się w stanie średnio zagęszczonym. Część warstw piasków znajduje się w obrębie koluwium osuwiskowego.

Warstwa II:

Jest to warstwa zwietrzliny starszego podłoża skalnego – łupka ilastego. Zwietrzelina wykształcona jest jako ily i rumosze łupka z domieszką gliny, barwy szarej. Grunty w tej warstwie są w stanie od plastycznego do twardoplastycznego. Koluwia obejmują również część warstwy zwietrzliny.

Warstwa III:

Jest to warstwa zwietrzliny starszego podłoża skalnego, reprezentowanego przez skałę miękką – łupek ilasty z przewarstwieniami cienkoławicowych piaskowców wieku paleocen – eocen. Miąższość warstwy wynosi kilkaset metrów. Kat upadu warstw wynosi około 45 stopni, a kierunek prawdopodobnie jest południowy. Łupki mają barwę zielonkawo-szarą i brunatną, a piaskowce barwę szarą, są to tzw. łupki pstre. Miąższość warstwy wynosi kilkaset metrów, a wierceniami rozpoznano jedynie stropową część tej warstwy.

Warstwa K (koluwia):

Koluwia powstały z gruntów rodzimych i nasypowych wraz z fragmentem nawierzchni drogi wojewódzkiej, które w wyniku ruchów masowych przemieszczone zostały w dół skarpy. Koluwia obejmują warstwy nasypów, piasków i zwietrzelinę łupka ilastego oraz stropową część podłoża skalnego. W dolnej części skarpy występują również gliny z rumoszem łupka i piaskowca. Grunty te są rozluźnione i uplastycznione, koluwia są w stanie od plastycznego do twardoplastycznego. Stwierdzona miąższość w otworach rdzeniowych wynosi 4,5 – 4,6 m. W warstwie tej zaobserwowano występowanie sączeń

wód gruntowych. Warstwa ta znajdowała się w niszy osuwiska. Grunty te kwalifikuje się jako nienośne i w trakcie prac zabezpieczających powinny zostać usunięte i wymienione na grunty nośne.

Warstwy geotechniczne:

Nr warstwy	Rodzaj gruntów	Symbol gruntu	Stan gruntu	Wilgotność [%]	I_L / I_p	ρ [g/cm ³]	c_u [kPa]	ϕ_u [°,']	E [MPa]
K	Koluwia osuwiskowe: nasypy / piaski / gliny / zwierzelina łupka ilastego / łupek ilasty	nB / Ps / G / KWg / KRg / SMli	tpl/pl	w	0,45	2,05	-	-	-
nB	Nasypy budowlane: żwiry i pospółki	nB (Ż+Po)	szg / zg	w	0,60	1,90	-	38	150
I	Piaski średnie przewarstwione piaskami gliniastymi	Ps//Pg	szg	w	0,45	1,85	-	32	70
II	Zwierzelina gliniasta łupka ilastego	KWg(I) / KRg	tpl / pl	w	0,30	2,00	13	13	16
III	Skala miękka – łupek ilasty z przewarstw. piaskowca	SMli	-	$R_c = 0,08 \div 4,9$ MPa		2,05	$c' = 51$ kPa; $\phi' = 16,1^\circ$		

Objaśnienia do tabeli:

- 1) objaśnienia symboli stanu w kolumnie – stan gruntu:
pzw – grunt półzwały, **tpl** – grunt twardoplastyczny
bzg – grunt bardzo zagęszczony **mpl** – grunt miękkooplastyczny
pl – grunt plastyczny **zg** – grunt zagęszczony
szg – grunt średnio zagęszczony
- 2) objaśnienia symboli w kolumnie – wilgotność:
w – grunt wilgotny **mw** – grunt mało wilgotny
nw – grunt nawodniony
- 3) pozostałe objaśnienia symboli:
 I_L – stopień plastyczności **E** – moduł (ogólnego) odkształcenia gruntu,
 M – edometryczny moduł ścisłości
 ρ – gęstość objętościowa gruntu
 ϕ_u – kąt tarcia wewnętrznego
 c_u – spójność

Przedstawione wartości parametrów są wartościami wyprowadzonymi i zależnie od przyjętego podejścia obliczeniowego w trakcie projektowania należy stosować odpowiednie współczynniki materiałowe lub częściowe. Przedstawione wartości parametrów są wartościami średnimi. Parametry geotechniczne zaleca się skorelować zgodnie z załącznikiem A do normy PN – EN 1997-1.

7. Opis warunków hydrogeologicznych.

W trakcie prowadzonego rozpoznania nie odnotowano obecności zwierciadła wód gruntowych w otworach wiertniczych, wykonanych do głębokości 11,1 m p.p.t. i 11,5 m p.p.t. Stwierdzono jedynie prawdopodobne sączenia wód gruntowych na głębokości około 3 - 4 m p.p.t. w obrębie osuwiska, w otworach OW-1 i OW-2 oraz w szybiku SZ-1 na głębokości 1,8 m p.p.t. Sączenia te pochodzą z infiltracji wody opadowej w głąb podłoża gruntowego. Po okresach intensywnych opadów lub roztopów należy spodziewać się zarówno zwiększenia ilości sączeń wód zawieszonych, jak i ich intensywności.

8. Ocena warunków geologiczno-inżynierskich wraz z prognozą wpływu inwestycji na środowisko.

Obszar, gdzie przeprowadzono prace geologiczno-inżynierskie jest terenem objętym pasem drogowym, wzdłuż którego zlokalizowane są zabudowania wsi Bednarka. Na całym obszarze badań występują nasypy budowlane związane z istniejącą drogą wojewódzką. Poniżej nasypów występują grunty czwartorzędowe, pochodzenia rzeczno i zwietrzelinowo – deluwialnego, wykształcone w postaci piasków średnich i gliniastych, ilów, glin zwięzłych i glin z rumoszem łupka i piaskowca. W otworach OW-1 i OW-2 stwierdzona miąższość gruntów czwartorzędowych wraz z nasypami wynosi 4,5 – 4,6 m. Utwory czwartorzędowe zalegają bezpośrednio na podłożu skalnym.

Podłoże skalne zbudowane jest w tym miejscu z łupków ilastych z nielicznymi przewarstwieniami cienkoławicowych piaskowców. Łupki wykazują barwę zielonkawo-szarą i brunatną, a piaskowce barwę szarą. Warstwowanie łupków jest niewyraźne, kat upadu wynosi około 45 stopni, a kierunek prawdopodobnie jest południowy. Łupki są lekko spękane, przełam jest muszlowy, kierunek nieregularny. Strop warstwy łupków jest silnie spękany. Są to tzw. łupki pstre wieku paleocen – eocen. Warstwy te należą do tzw. fliszu karpackiego płaszczowiny (serii) magurskiej. Utwory te osiągają miąższość kilkuset metrów. Warstwy fliszowe pocięte uskoki o przebiegu SW-NE. Obecnie wszelkie ruchy tektoniczne są nieaktywne.

Na południowej skarpie nasypu drogowego oraz u podnóża skarpy stwierdzono występowanie gruntów koluwalnych, będących wynikiem przedmiotowego osuwiska o charakterze zsuwu powierzchniowego.

Wśród rozpoznanych warstw geotechnicznych najkorzystniejszymi parametrami geotechnicznymi charakteryzują się warstwa nr III, natomiast najmniej korzystnymi warstwa utworów koluwalnych K. Należy to brać pod uwagę przy projektowaniu prac związanych z usuwaniem skutków istniejącego osuwiska oraz remontem drogi w jego lokalizacji.

Podłożem systemu zabezpieczeń (konstrukcji oporowej) skarpy powinna być warstwa starszego podłoża, wykształconego tutaj jako łupki ilaste (warstwa geotechniczna nr III). Strop warstwy łupków ilastych zalega na rzędnej około 368 – 369 m n.p.m.

Należy jednocześnie zwrócić uwagę, że wykonane badania geotechniczne oraz obserwacje poczynione w terenie wyraźnie wskazują, że zaobserwowane osuwisko ma charakter zsuwu powierzchniowego. Na analizowanym obszarze brak przesłanek wskazujących na obecność osuwiska strukturalnego o głębiej położonej krzywej poślizgu. Rdzeń wiertniczy może wykazywać lokalne zaburzenia, są to jednak efekty znacznie wcześniejszych ruchów tektonicznych w górotworze, które obecnie są nieaktywne.

W trakcie robót terenowych, wykonanych w listopadzie 2022 r. w otworach wiertniczych i szybikach nie stwierdzono występowania ciągłego poziomu wód gruntowych. Odnotowano natomiast pojedyncze sączenie wody gruntowej w miejscu występowania koluwium.

Uwzględniając fakt, że analizowane osuwisko uaktywnia się po okresach intensywnych opadów atmosferycznych, należy wywnioskować, że ukształtowanie terenu i budowa podłoża sprzyja okresowemu występowaniu nieciągłego zwierciadła wód gruntowych w podłożu – szczególnie w trakcie intensywnych opadów lub roztopów. Efektem takiego stanu może być pogorszenie warunków stateczności lokalnej ze względu na podwyższone zwierciadło obniżające naprężenia efektywne w gruncie oraz wywołujące ciśnienia spływowe w rejonie istniejącej skarpy. Dlatego też, zaleca się by w ramach projektowanych robót ze szczególną starannością uwzględnić odpowiednie ujęcie i odprowadzenie wód opadowych i roztopowych z analizowanego obszaru.

Planowana inwestycja znajduje się na terenie otuliny Magurskiego Parku Narodowego.

Inwestycja nie należy do przedsięwzięć, dla których może istnieć obowiązek sporządzenia raportu o oddziaływaniu na środowisko – Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko (Dz.U. 2019 poz. 1839).

Na obszarze inwestycji nie występują złoża kopalin, które należy zagospodarować.

W przypadku prawidłowego zaprojektowania, wykonania oraz eksploatacji i rozbiórki obiektu nie przewiduje się wystąpienia zmian w otaczającym środowisku.

Obiekty budowlane sąsiadujące z projektowaną inwestycją są w dobrym stanie technicznym. W celu prowadzenia monitoringu obiektu zaleca się zainstalowanie reperów wysokościowych w dowiązaniu państwowej osnowy geodezyjnej.

Wykonano następujące mapy problemowe wymienione w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz. U. z 2016 r. poz. 2033): mapę geologiczno-inżynierską, zał. nr 2.1 (§ 19 ust. 2 pkt 3). Nie wykonano mapy obszarów zagrożonych podtopieniami ponieważ zgodnie ze stroną internetową:

https://wody.isok.gov.pl/imap_kzgw/?gmap=gpPDF

- Hydroportal publikujący mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego w formacie pdf mapy opracowane przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Instytut Badawczy, dla badanego obszaru nie występują zagrożenia powodziowe. Z uwagi na charakter inwestycji nie wykonano pozostałych map, które są w omawianym przypadku bezprzedmiotowe.

Warunki gruntowe w podłożu planowanej inwestycji kwalifikuje się jako skomplikowane ze względu na występowanie niekorzystnych zjawisk geologicznych w postaci osuwiska. Ze względu na zakwalifikowanie warunków gruntowych jako skomplikowanych, projektowaną inwestycję polegającą na likwidacji skutków osuwiska oraz naprawie istniejącej drogi asfaltowej należy zaliczyć do trzeciej kategorii geotechnicznej zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25.04.2012 r. „w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych” (Dz. U. 2012.463). Niemniej jednak ostateczną decyzję odnośnie kategorii geotechnicznej podejmuje projektant analizowanego przedsięwzięcia.

9. Zalecenia dotyczące budowy zabezpieczeń i robót ziemnych.

Zabezpieczenie przedmiotowego odcinka drogi polega na odbudowie osuniętej skarpy i zabezpieczeniu jej przed kolejnymi osunięciami. Obecnie wykonana została tymczasowa odbudowa skarpy i nawierzchni drogi, bez wybrania gruntów koluwium.

Trwałe zabezpieczenie skarpy powinno obejmować odbudowę skarpy i nasypu drogowego wraz z wymianą gruntów koluwium, a w szczególności gruntów spoistych w stanie plastycznym. Nasyp drogowy należy odbudować przy użyciu kruszywa łamanego lub gruntów stabilizowanych spoiwami. Konieczne jest również wykonanie drenażu skarpy oraz odwodnień powierzchniowych. Rów odwadniający po przeciwnej stronie drogi powinien być drożny oraz szczelny tak aby zminimalizować filtrację wody w warstwy nasypu i podłoża gruntowego. Cały system odwodnienia musi szczelnie odprowadzać wody opadowe poza teren osuwiska. Zaleca się rozważenie wykonania konstrukcji oporowej w celu zabezpieczenia nasypu przed ruchami masowymi, w formie gabionów lub narzutu kamiennego. Konstrukcja ta spełniała by również rolę zabezpieczenia podstawy skarpy przed rozmyciem przez wody strumienia w okresach wezbrań. Konstrukcja oporowa powinna być ażurowa wraz z odwodnieniem, nie zatrzymująca wody która ewentualnie przesiąknie w warstwy nasypu drogowego.

10. Podsumowanie i wnioski.

Na podstawie analizy wyników uzyskanych w trakcie realizacji programu prac geologiczno - inżynierskich, którego efektem jest niniejsza dokumentacja, stwierdza się:

- **Ze względu na występowanie na analizowanym obszarze niekorzystnych zjawisk geologicznych w postaci aktywnego osuwiska warunki gruntowe należy uznać za skomplikowane, a projektowaną inwestycję zaliczyć do trzeciej kategorii geotechnicznej. Ostateczna decyzja odnośnie kategorii geotechnicznej należy do projektanta analizowanego przedsięwzięcia.**

- Uwzględniając różnice genetyczne i litologiczne gruntów oraz ich stan i zróżnicowanie pod kątem parametrów geotechnicznych, wyodrębniono pięć warstw geotechnicznych.
- Najkorzystniejszymi warunkami geotechnicznymi z inżynierskiego punktu widzenia charakteryzuje się warstwa geotechniczna nr III, natomiast za najmniej korzystną uznaje się warstwę koluwiów K.
- Na analizowanym obszarze nie odnotowano ciągłego zwierciadła wód gruntowych, a jedynie pojedyncze sączenie w obrębie warstwy koluwiów i nasypów.
- Po okresach intensywnych opadów lub roztopów należy spodziewać się zwiększenia ilości sączeń wód zawieszonych oraz ich intensywności.
- Na podstawie przeprowadzonych badań oraz obserwacji w terenie, należy uznać, że zaobserwowane osuwisko ma charakter zsuwu powierzchniowego. Jednocześnie brak jest przesłanek wskazujących na obecność osuwiska o charakterze strukturalnym w analizowanym obszarze.
- Zdaniem autorów niniejszej dokumentacji wystąpienie zaobserwowanego zsuwu powierzchniowego nastąpiło w wyniku intensywnych opadów atmosferycznych. Dlatego też, zaleca się by w ramach projektowanych robót ze szczególną starannością uwzględnić odpowiednie ujęcie i odprowadzenie wód opadowych i roztopowych z analizowanego obszaru.
- Głębokość strefy przemarzania wynosi $h_z = 1,2$ m.
- Obecnie wykonane tymczasowo odtworzona została skarpa i nawierzchnia drogi, która jednak wykazuje dalsze spękania.
- Trwałe zabezpieczenie skarpy powinno obejmować odbudowę skarpy i nasypu drogowego wraz z wymianą gruntów koluwium, budową systemu drenaży,

odwodnienia powierzchniowego oraz budowę konstrukcji oporowej.

- **Konstrukcja oporowa musi zabezpieczać nasyp przed ruchami masowymi oraz przed rozmyciem podstawy skarpy przez wody strumienia w okresach wezbrań. Konstrukcja powinna również posiadać dreny odprowadzające wody z nasypu drogowego.**