

Wykonawca dokumentacji:

**"Geogrunť PPUP Sp. z o.o.
ul. Zagumnie 49A, 33-100 Tarnów,**

Podmiot zamawiający i finansujący:

**Powiatowy Zarząd Dróg w Mielcu
ul. Korczaka 6a, 39-300 Mielec**

**DOKUMENTACJA GEOLOGICZNO – INŻYNIERSKA
OKREŚLAJĄCA WARUNKI GEOLOGICZNO – INŻYNIERSKIE
OSUWISKA NR M001 W CIĄGU DROGI POWIATOWEJ NR 1 184R
PRZECŁAW - PODOLE**

w miejscowości Podole, gmina Przecław

Obiekt : droga powiatowa nr 1 184R Przecław - Podole
Miejscowość: Podole
Gmina: Przecław
Powiat: mielecki
Województwo: podkarpackie

Opracowali :

*dr inż. Tomasz Bardel
upr. geol.-inż. nr VII-1497*

*inż. Mariusz Harnowski
upr. geol.-inż. nr VII-1672*

mgr inż. Karolina Mastej

Tarnów, grudzień 2020 r.

SPIS TREŚCI

- Karta informacyjna dokumentacji geologiczno-inżynierskiej
- Decyzja zatwierdzająca projekt robót geologicznych wydana przez Starostę Powiatu Mieleckiego znak OŚ.6540.2.2020.MS z dnia 29.10.2020 r.
- Opinia do projektu robót geologicznych dla określenia warunków geologiczno-inżynierskich nr M001 w ciągu drogi powiatowej nr 1184R Przecław - Podole w miejscowości Podole (gmina Przecław, powiat mielecki, województwo podkarpackie) znak GCG/414-196/2020
- Karta dokumentacyjna osuwiska wraz z opinią dla osuwiska nr M001 (18-11-075-081091) z 26.05.2017 r.

Część opisowa:

1. Wstęp
2. Opis położenia geograficznego i administracyjnego dokumentowanego terenu
3. Ogólne informacje o dokumentowanym terenie dotyczące jego zagospodarowania i infrastruktury podziemnej
4. Opis budowy geologicznej, z uwzględnieniem tektoniki, krasu, litologii i genezy warstw oraz procesów geodynamicznych w szczególności wietrzenia, deformacji filtracyjnych, pęcznienia, osiadania zapadowego i procesów antropogenicznych
5. Opis właściwości fizyczno - mechanicznych gruntów i skał oraz charakterystyka wydzielonych zespołów gruntów wraz z oceną ich właściwości fizyko-mechanicznych oraz ocena zakresu badań terenowych i laboratoryjnych wykonanych dla ustalenia warunków geologiczno-inżynierskich z uwzględnieniem kategorii geotechnicznej inwestycji
6. Opis warunków hydrogeologicznych i ustalenia głębokości pierwszego poziomu wód podziemnych wraz z oceną wpływu agresywności wód podziemnych na materiały konstrukcyjne
7. Ocena warunków geologiczno - inżynierskich wraz z prognozą wpływu projektowanej inwestycji na środowisko wodno-gruntowe mogących wystąpić podczas realizacji inwestycji
8. Informacja o lokalizacji i zasobach złóż kopalin, które mogą być wykorzystywane przy wykonywaniu projektowanej inwestycji, oraz ich jakości
9. Opis zjawisk i procesów geodynamicznych oraz antropogenicznych występujących na badanym terenie wraz z kartą rejestracyjną osuwiska

10. Ogólne określenie metody wzmocnienia podłoża gruntowego na podstawie wykonanych badań, wskazania dotyczące posadowienia oraz założenia technologiczne i konstrukcyjno-budowlane inwestycji oraz zakres i sposób prowadzenia monitoringu

Materiały źródłowe, literatura, dane archiwalne, przepisy

ZAŁĄCZNIKI:

1. Mapa topograficzno-administracyjna z lokalizacją terenu badań w skali 1:100 000
- 2.1 - 2.2. Fragment Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000 arkusz Mielec
3. Lokalizacja terenu badań na mapie topograficznej w skali 1 : 10 000
4. Mapa dokumentacyjna - lokalizacja otworów geologiczno-inżynierskich na mapie sytuacyjno-wysokościowej w skali 1 : 500
5. Mapa geologiczno-inżynierska na podkładzie mapy sytuacyjno-wysokościowej w skali 1:1000
6. Legenda do przekrojów i profili - tabela uogólnionych parametrów geotechnicznych gruntów
- 7.1 - 7.4. Przekroje geologiczno-inżynierskie
- 8.1 - 8.5. Karty profili otworów badawczych
- 9.1 - 9.3. Karty archiwalnych otworów geotechnicznych
- 10.1 - 10.2. Karty archiwalnych sondowań krzyżakowych FVT
11. Tabela wyników oznaczeń laboratoryjnych
- 12.1 - 12.4. Wyniki badania ścinania próbek gruntu w aparacie AB
13. Wyniki modelowania stateczności zbocza
- 14.1 - 14.4. Fotografie rdzeni otworów badawczych
15. Objasnienia użytych znaków i symboli

KARTA INFORMACYJNA DOKUMENTACJI GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKIEJ

Tytuł dokumentacji:

DOKUMENTACJA GEOLOGICZNO – INŻYNIERSKA OKREŚLAJĄCA WARUNKI GEOLOGICZNO – INŻYNIERSKIE OSUWISKA NR M002 W CIĄGU DROGI POWIATOWEJ NR 1 184 PRZECŁAW – PODOLE w miejscowości Podole, gmina Przecław

Data rozpoczęcia badań: 20.11.2020 r

Data zakończenia badań: 10.12.2020 r

Liczba wykonanych wierceń: 5, łączny metraż: 58,0 m

wykonawca: „GEOGRUNT” P.P.U.P. spółka z o.o. z/s 33-100 Tarnów, ul. Zagumnie 49A

głębokość wierceń: od 8,0 do 15,0 m

opróbowanie otworów: dr inż. Tomasz Bardel upr. geol.-inż. nr VII - 1497
inż. Mariusz Harnowski upr. geol.-inż. VII - 1672

Położenie otworów badawczych w państwowym układzie współrzędnych 2000:

Otw.1 x = 5561109; y = 7533930;

Otw.2 x = 5561106; y = 7533957;

Otw.3 x = 5561092; y = 7534039;

Otw.4 x = 5561051; y = 7533991;

Otw.5 x = 5561029; y = 7533942;

Miejsce przechowywania próbek gruntu: magazyn próbek spółki „Geogrun”
(próbki czasowego przechowywania)

Liczba wykonanych sondowań: - łączny metraż: -

rodzaj - liczba badań - wykonawca -

Pomiary presjometryczne, dylatometryczne i inne:

rodzaj - liczba badań - wykonawca -

Badania geofizyczne:

rodzaj - liczba badań - wykonawca -

Badania laboratoryjne:

rodzaj: oznaczenie wilgotności naturalnej, gęstości objętościowej, ścinanie w aparacie AB, badanie swobodnego pęcznienia;

liczba badań: 64, wykonawcy:

dr inż. Tomasz Bardel, upr. geol.-inż. nr VII-1497

dr inż. Robert Kaczmarczyk, upr. geol.-inż. nr VI-405

Roboty ziemne:

rodzaj: - liczba - wykonawca: -

Sporządzający dokumentację:

dr inż. Tomasz Bardel, upr. geol.- inż. nr VII-1497

inż. Mariusz Harnowski, upr. geol.- inż. nr VII-1672

mgr inż. Karolina Mastej

1. Wstęp

Dokumentacja geologiczno-inżynierska wykonana została na zlecenie Powiatowego Zarządu Dróg w Mielcu w związku z potrzebą rozpoznania warunków geologiczno-inżynierskich podłoża drogi powiatowej nr 1184R Przecław - Podole w miejscowości Podole na odcinku, gdzie droga powiatowa została uszkodzona przez osuwisko. Dokumentację opracowano na podstawie projektu robót geologicznych zatwierdzonego decyzją Starosty Powiatu Mieleckiego znak: OŚ.6540.2.2020.MS z dnia 29.10.2020 r. uwzględniając dane z Karty rejestracyjnej osuwiska nr M001 z dnia 26.05.2017 r. oraz wytyczne z Opinii do projektu robót geologicznych wydanej dnia 9.09.2020 r. przez O/Karpacki PIG-PIB. Dokumentacja sporządzona została zgodnie z wymaganiami rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. 2016, poz. 2033).

Dokumentacja została sporządzona na podstawie wyników badań terenowych polegających na wykonaniu 5 otworów badawczych w tym 4 pełno rdzeniowanych na płuczkę, przy wykorzystaniu archiwalnych otworów i sondowań geotechnicznych z roku 2016 oraz kartowania geologiczno-inżynierskiego. W czasie wykonywanych wierceń prowadzonych pod stałym nadzorem geologicznym pobrano próbki do badań makroskopowych oraz laboratoryjnych, a rdzenie do skrzynek (dokumentacja fotograficzna). Otwory wykonano w miejscach projektowanych, przy czym ze względu na niemożność dojazdu otwór nr 4 został przesunięty o około 7 m na północny-wschód. Otwory o numerach 1 i 5 wykonano na terenie poza zasięgiem osuwiska, zaś otwory o numerach 2, 3 i 4 w obrębie osuwiska.

W części graficznej dokumentacji zamieszczono przeglądową mapę z lokalizacją terenu badań, wycinek mapy geologicznej, mapę dokumentacyjną, mapę geologiczno-inżynierską, tabelaryczne zestawienia wyników badań laboratoryjnych, przekroje geologiczno-inżynierskie, profile otworów wiertniczych, profile archiwalnych wierceń i sondowań, wyniki obliczeń modelowania stateczności zbocza oraz dokumentację fotograficzną rdzeni wiertniczych.

Dokumentacja geologiczno-inżynierska stanowić będzie podstawę do ekonomicznej oceny zasadności zabezpieczeń oraz do ewentualnego opracowania odpowiednich rozwiązań stabilizacji osuwiska, po którym przebiega droga powiatowa. W treści dokumentacji ujęto opis położenia terenu, warunków geologicznych, geomorfologii, hydrografii, hydrogeologii, dokonano określenia warunków geologiczno-inżynierskich i cech fizyko-mechanicznych zespołów genetyczno-litologicznych z uwzględnieniem kategorii geotechnicznej inwestycji, a w szczególności dokonano opisu zjawisk i procesów geodynamicznych oraz wskazano sposoby zabezpieczenia osuwiska poprzez realizację wzmocnienia ośrodka podłoża drogi i innych działań minimalizujących dalszy rozwój osuwiska podłoża drogi. W dokumentacji pominięto zagadnienia nie dotyczące analizowanego tematu, takie jak: wskazania dotyczące posadawiania w obszarach morskich i objętych działalnością górnictwem oraz terenów zagrożonych podtopieniami. Wobec technicznej specyfiki obiektu drogowego na terenie o znacznym nachyleniu nie sporządzono map dotyczących warunków budowlanych podłoża, odnoszących się do realizacji posadowienia typowych obiektów budowlanych tj. nośności, przepuszczalności, głębokości do zwierciadła wody, gruntów słabonośnych, antropogenicznych, czy występujących na głębokości 1 m ppt. (wykazane w art. 21 ust.2 *Rozporządzenia w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej*).

2. Opis położenia geograficznego i administracyjnego dokumentowanego terenu

Teren projektowanych robót geologicznych położony jest w miejscowości Podole, gmina Przecław, powiat mielecki, województwo podkarpackie. Teren badań znajduje się w północnej części miejscowości Podole – przysiółek Pogwizdów, obejmując odcinek drogi powiatowej łączącej Podole z Przecławiem.

Geograficznie, teren objęty badaniami geologicznymi, położony jest na obszarze Karpat Zachodnich z Podkarpaciem Zachodnim i Północnym w obrębie Kotliny Sandomierskiej, w mezoregionie Nizina Nadwiślańska (klasyfikacja Kondrackiego, 1998). Hydrograficznie badany teren przynależy do zlewni rzeki Wisłoki stanowiącej prawobrzeżny dopływ Wisły.

3. Ogólne informacje o dokumentowanym terenie dotyczące jego zagospodarowania i infrastruktury podziemnej

Teren badany stanowi płaskowyż o rzędnych ~200 - 210 m npm rozciągający się powyżej płaskiej doliny Wisłoki. Rzędne terenu w dolinie Wisłoki w tym rejonie wynoszą ~175 - 178 m npm, zaś rzeka oddalona jest o około 800 m na wschód i wcięta w osady dolinne na głębokość około 4 m. Dolinę Wisłoki od płaskowyżu oddziela skarpa o wysokości średnio ~25 m i nachyleniach rzędu 6 - 10 stopni. Obszar osuwiskowy obejmuje północno-wschodni stok wzniesienia o kulminacji na rzędnej 209,1 m npm, rozciętego przebiegiem asfaltowej drogi powiatowej. Droga obejmuje asfaltową jezdnię o szerokości ~6 m oraz pobocze o szerokości około 1 m. Po zachodniej stronie drogi wykonano rów o głębokości około 0,8 m z korytek betonowych, odprowadzający wody powierzchniowe. Osuwisko rozpoczyna się skarpią główną o wysokości od 0,2 m do 5,5 m, rozwiniętą w nasypie drogowym. Poniżej skarpy głównej występują liczne szczeliny i pęknięcia gruntu, podmokłości oraz przemieszczone koluwium. Po wschodniej stronie drogi, poniżej stalowej bariery, obszar osuwiska obejmuje zakrzaczoną skarpię przydrożną, poniżej której znajdują się uszkodzone w wyniku ruchów osuwiskowych budynki mieszkalne i gospodarcze, a w dalszej perspektywie teren łagodnie opadającego stoku. Na odcinku uszkodzonej drogi nie są wykazane żadne sieci podziemne. Generalne nachylenie zbocza w tym rejonie wynosi ~6 stopni, jednak skarpa poniżej drogi o wysokości 4 - 5 m jest stroma przy nachyleniach 23 - 38 stopni (lokalnie nawet 50 stopni). Skarpa poniżej drogi wraz z częścią nasypu podbudowy drogowej i nawierzchnią ulegają permanentnemu obrywaniu na długości około 70 m. Zasięg obrywu obejmuje znaczną część drogi (maksymalnie do 2/3 nawierzchni). Skarpa poniżej drogi w części południowej porośnięta jest młodymi drzewami, krzakami i w tamtym rejonie występują powierzchniowo nasypane treści śmietniskowe i kompostowe. W części centralnej i północnej skarpy usunięto drzewa i obecnie skarpa drogowa porośnięta jest trawą.

4. Opis budowy geologicznej, z uwzględnieniem tektoniki, krasu, litologii i genezy warstw oraz procesów geodynamicznych w szczególności wietrzenia, deformacji filtracyjnych, pęzania, pęcznienia, osiadania zapadowego i procesów antropogenicznych

Pod względem geologicznym przedmiotowy teren znajduje się w obrębie zapadliska przedkarpackiego w części autochtonicznej. Podłoże osuwiska stanowią zasadniczo szare lub szaro-niebieskawe mioceńskie iły cienko laminowane piaskiem pylastym (iły krakowieckie) o charakterystycznej oddzielności płytkowej na powierzchniach lamin pylastych. W obrębie iłów na terenie osuwiska stwierdzono wkładki oraz przewarstwienia piasków i pyłów o miąższości od kilku centymetrów do 1,7 m. W iłach stwierdzono również nachylone strefy spękań odmienne od typowych poziomych odspojień na powierzchniach lamin ił/piasek pylasty.

Iły wykazują skłonność do pęcznienia przy doprowadzeniu wody do ich warstwowej struktury. Pęcznienie iłów może być szczególnie intensywne w obrębie kontaktu lamin ilastych i piaszczystych lub pylastych, a utworami mogącymi prowadzić wodę są warstwy piaszczyste i pylaste występujące w ośrodku ilastym w tym rejonie. Podłoże osuwiska stanowią warstwowane iły zalegające prawie poziomo. Powyżej iłów mioceńskich występuje strefa wietrzenia, którą stanowią brązowe lub brązowo-szare iły oraz gliny pylaste związane z jasnymi smugami o miąższości od 2 m na zboczu wzgórza poza osuwiskiem do 5 m w obrębie osuwiska. Powierzchniową warstwę gruntów o miąższości do 3,5 m stanowią na zboczu powyżej drogi utwory deluwialne (gliny i gliny piaszczyste, piaski gliniaste i zaglinione) oraz nasypy, zaś na obszarze koluwium gliny, piaski i przemieszczone nasypy. Nachylenie stropu iłów mioceńskich i ich zwietrzelin stanowiących podłoże gruntów deluwialnych i nasypów na skarpie drogowej jest znaczne i wynosi 22 - 26 stopni.

Na skarpie drogowej profil podłoża związany jest z procesem ustawicznego osuwania się gruntów i nadbudowywania terenu nasypami. W górnej części skarpy nasypy osiagają miąższości do 3 m, a pod nimi występuje 0,6 m warstwa piaszczysto - gliniastych koluwiów (przemieszczonych gruntów rodzimych), odpowiadających piaskom gliniastym na obszarze poza osunięciem. W dolnej części skarpy drogowej, na obszarze płytkiego zsuwu, nasypy mają miąższość 1,2 m, zaś piaszczysto - gliniaste utwory koluwialne są "spiętrzone", tworzą jezior zsuwu, osiagający miąższość 2,1 m.

Na badanym terenie występują dwa zasadnicze procesy geodynamiczne, których efekty wzajemnie się nakładają, skutkiem czego dochodzi do ustawicznego uaktywniania się osuwiska i uszkodzania drogi powiatowej. Zasadniczym procesem geodynamicznym jest istnienie w tym rejonie wielkoobszarowego osuwiska na zboczu wzgórza powyżej płaskiej doliny Wisłoki. Osuwisko to założone jest na utworach mioceńskich o zróżnicowanej litologii (wkładki i przewarstwienia piasków i pyłów w ilach) i jego okresowe uaktywnianie doprowadziło do uszkodzenia budynków mieszkalnych i gospodarczych na terenie poniżej drogi powiatowej. Skutkiem osuwiska wytworzyła się skarpa w ilach, której górną krawędzią przebiega droga powiatowa, zaś w dolnej części obszaru osuwiskowego jezior osuwiska łagodnie schodzi do doliny Wisłoki. Postępujące od wielu lat uszkodzenia drogi powiatowej skutkowały ustawicznym nadsypywaniem gruntów na skarpe. W wyniku tego dochodzi do obsuwania się skarpy drogowej wytworzonej z nasypów. W rejonie badań dochodzi zatem do osuwania się podłoża głębokiego osuwiska w ilach oraz płytkiego obrywania się skarpy drogowej wraz z podbudową nawierzchni drogi powiatowej.

5. Opis właściwości fizyczno - mechanicznych gruntów i skał oraz charakterystyka wydzielonych zespołów gruntów wraz z oceną ich właściwości fizyko-mechanicznych oraz ocena zakresu badań terenowych i laboratoryjnych wykonanych dla ustalenia warunków geologiczno - inżynierskich z uwzględnieniem kategorii geotechnicznej inwestycji

Dla określenia właściwości fizyko-mechanicznych gruntów oraz określenia warunków geologiczno-inżynierskich przeprowadzono następujące badania terenowe:

- wiercenie 5 otworów badawczych w tym 4 pełnordzeniowych dla ustalenia profilu podłoża i uzyskania próbek do badań laboratoryjnych oraz ustalenia płaszczyzn poślizgu,
- kartowanie geologiczno-inżynierskie dla odwzorowania przebiegu spękań i zasięgu oraz charakteru zjawisk geodynamicznych,

Dla określenia właściwości fizyko-mechanicznych gruntów i charakterystyki wydzielonych zespołów gruntów przeprowadzono następujące badania laboratoryjne:

- badania wilgotności, gęstości objętościowej gruntów jako podstawowych parametrów geotechnicznych gruntów,

- badanie ścinania w aparacie bezpośredniego ścinania AB dla określenia parametrów wytrzymałościowych gruntów, w tym badania wytrzymałości na ścinanie na powierzchniach strukturalnych oraz w warunkach wytrzymałości resztkowej ("po ścięciu"),

- badanie swobodnego pęcznienia gruntów ilastych.

Zakres badań terenowych i laboratoryjnych dostosowano do specyfiki obiektu drogowego i charakteru występujących procesów geodynamicznych, przy uwzględnieniu wytycznych z karty osuwiska, koniecznych dla określenia warunków geologiczno-inżynierskich dla III kategorii geotechnicznej (obszar osuwiskowy).

Grunty podłoża podzielono na 5 podstawowych zespołów osadów, odróżniających się właściwościami fizyczno - mechanicznymi:

- grunty antropogeniczne (warstwa N),
- grunty gliniasto-piaszczyste (warstwa I),
- gliny zwięzłe i iły stanowiące zwietrzeliny iłów miocénskich (warstwa II),
- piaski, pyły i iły ze strefami gruntów mokrych i osłabień strukturalnych (warstwa III),
- iły pylaste miocenu poniżej stery osłabień strukturalnych (warstwa IV),

Grunty antropogeniczne (N) wykształcone są jako nasypy budowlane stanowiące podbudowę drogi powiatowej oraz nasypy niebudowlane nasypiane na skarpę drogową, w tym częściowo przemieszczone w dół stoku. Miąższość nasypów pod drogą poza zasięgiem obrywu wynosi 0,8 - 1,2 m, zaś w zasięgu obrywu na skarpie drogowej do 3 m.

Opis wydzielonych zespołów warstw w obrębie gruntów rodzimych:

warstwa I - obejmuje grunty spoiste i małospoiste: gliny piaszczyste i zwięzłe, a także piaski gliniaste, wilgotne, wilgotne/mokre lub lokalnie mokre, w stanie plastycznym;

warstwa II - obejmuje grunty spoiste: gliny pylaste zwięzłe na pograniczu iłów, wilgotne, w stanie twardoplastycznym, stanowiące zwietrzeliny iłów miocénskich;

warstwa III - obejmuje grunty spoiste z wkładkami małospoistych: iły z piaskiem i pyłem, wilgotne/mokre, w stanie twardoplastycznym;

warstwa IV - obejmuje grunty spoiste: iły pylaste miocenu, wilgotne lub małowilgotne, w stanie półzwartym lub zwartym;

Ocena właściwości fizyko-mechanicznych gruntów:

Profil gruntów nasypowych (**warstwa N**) na skarpie drogowej ilustruje profil archiwalnego otworu geotechnicznego 3/2016, wykonany na górze skarpy przy krawędzi nawierzchni asfaltowej. Nasypy do głębokości 2 m składają się z mieszaniny piasku, ziemi, żużla, pospółki i humusu. Głębsze nasypy, w przedziale głębokości 2-3 m, to gliny z gruzem i przewarstwieniami piasków. Poza zasięgiem obrywu skarpy drogowej nasypy o miąższości do 1 m składają się z gliny lub piasku gliniastego z fragmentami gruzu i otoczków. Grunty nasypowe na skarpie drogowej zbudowane z piasków, otoczków lub gruzu charakteryzują się dobrą przepuszczalnością i odsączalnością.

Grunty **warstwy I** stanowią zróżnicowane utwory deluwialne i eluwialne, zalegające na wyższym zboczu, powyżej obrywu oraz utwory koluwalne w obrębie osuwiska. Litologicznie są to gliny piaszczyste, gliny zwięzłe, także piaski gliniaste lub zaglinione. W stanie nienaruszonym, przy niskiej wilgotności, grunty poza zasięgiem osuwiska charakteryzowały się maksymalną wytrzymałością na ścinanie w badaniu FVT rzędu 112 kPa (co odpowiada stopniowi plastyczności $I_L \sim 0,15$), zaś wytrzymałość resztkowa wynosiła 35 kPa ($I_L \sim 0,55$). Grunty koluwalne w obrębie osuwiska, przy wyższej wilgotności, wykazywały niższą wytrzymałość maksymalną rzędu 69 kPa ($I_L \sim 0,30$) przy podobnej wytrzymałości resztkowej 39 kPa ($I_L \sim 0,50$). Wilgotność gruntów warstwy I jest wysoce zróżnicowana (18,2 - 30,9 %) przy średniej wynoszącej 22,6%. Gliny piaszczyste zwięzłe z przewarstwieniami piasków gliniastych zalegają pomiędzy nasypami lub piaskami o dobrej przepuszczalności a praktycznie nieprzepuszczalnymi zwietrzelinami iłów mioceńskich, stąd może dochodzić do ich namakania stagnująca wodą i uplastycznienia. Grunty warstwy I w podłożu drogi i skarpy drogowej stanowią warstwę poślizgową dla poszerzania się płytkiego zsuwu.

Grunty gliniaste **warstwy II** stanowią zwietrzeliny iłów mioceńskich. Wykazują wilgotność na poziomie $w=24,3\%$ i gęstość objętościową wynoszącą $\rho=2,06 \text{ Mg/m}^3$. Wyniki badań oraz sondowań FVT wskazują na ich wysoką wytrzymałością maksymalną w przedziale 136 - 200 kPa i blisko 3-krotnie niższą wytrzymałością resztkową wynoszącą $\sim 55 \text{ kPa}$. Parametry wytrzymałościowe przyjęto według badań ścinania w aparacie AB przy wytrzymałości resztkowej (spójność $c_u = 30,6 \text{ kPa}$, kąt tarcia wewnętrznego $\varphi = 10,8^\circ$).

W badanym podłożu gruntowym stwierdzono strefy osłabień strukturalnych w ośrodku iłów z przewarstwieniami piasków i pyłów (**warstwa III**). Grunty tej warstwy wykazują wilgotność na poziomie $w=22,3\%$ i gęstość objętościową wynoszącą $\rho=2,11 \text{ Mg/m}^3$. Parametry wytrzymałościowe określone na powierzchniach osłabień strukturalnych zidentyfikowanych na rdzeniach wiertniczych, są kilkukrotnie niższe niż dla jednorodnych iłów miocęńskich podłoża osuwiska jak również względem nadległych zwietrzelin iłów (spójność $c_u = 12,9 \text{ kPa}$, kąt tarcia wewnętrznego $\phi = 13,7^\circ$). Charakterystyczny dla tego ośrodka jest profil gruntów tej warstwy w centralnej części osuwiska (Otw.3). W przedziale głębokości 4,8 - 7,6 m stwierdzono piaski średnie z pyłem piaszczystym i pyłem z poziomami sączy, zaś w przedziale głębokości 5,3 - 6,5 m mokre/nawodnione grunty piaszczysto-pyłowe. Przepuszczalność gruntów piaszczysto-pylastych umożliwia infiltrację wód w obrębie tej warstwy, zaś nieprzepuszczalne ropy zalegające powyżej i poniżej są bezwodne. W pozostałych otworach w obrębie osuwiska (Otw.2 i Otw.4) stwierdzono wkładki piasku oraz strefy sączy lub uplastycznienia, w przedziałach głębokościowych korelujących się z poziomami piasków i pyłów w Otw.3.

Iły pylaste podłoża osuwiska (**warstwa IV**) wykazują wilgotność średnią $w=19,9\%$ i gęstość objętościową $\rho=2,07 \text{ Mg/m}^3$. Zmiany wilgotności i gęstości były nieznaczne i wynikały z nieco większej ilości frakcji pylastej w jednorodnie wykształconych ropy pylastych. Iły są w stanie półzwartym lub zwartym; w stanie nienaruszonym charakteryzują się wysoką spójnością w obrębie lamin ilastych ($c_u = 70,1 \text{ kPa}$), przy kącie tarcia wewnętrznego na poziomie $\phi = 16,1^\circ$. Na granicy poziomo zalegających lamin ropy/piasek pylasty zarówno wytrzymałości maksymalne jak i resztkowe były kilkukrotnie niższe. Iły są skłonne do ujawniania pęcznienia przy wprowadzeniu w nie wody, na przykład poprzez kolumny żwirowe lub kamienne. Wskaźnik swobodnego pęcznienia kwalifikuje te grunty do wysokiego lub bardzo wysokiego stopnia ekspansji (swobodne pęcznienie $FS>29\%$). W ropy podłoża osuwiska nie stwierdzono sączy, zmian wilgotności, czy osłabień strukturalnych rozcinających typową dla iłów poziomą laminację.

6. Opis warunków hydrogeologicznych i ustalenia głębokości pierwszego poziomu wód podziemnych wraz z oraz ocena wpływu agresywności wód podziemnych na materiały konstrukcyjne

Na terenie badanym nie występuje poziom wodonośny, gdyż zbocze to zbudowane jest z ilów mioceńskich i ich zwietrzelin. Wody gruntowe występują jednak w postaci sączeń oraz jako strefy gruntów mokrych o wyższej przepuszczalności względem nieprzepuszczalnych ilów i glin zwięzłych. W obrębie ilów mioceńskich na obszarze osuwiska stwierdzono wody w postaci sączeń w wyżej położonych otworach nr 2 i 4 na głębokości ~7,5 m, zaś w centralnej, niższej części osuwiska (Otw.3) w przedziale głębokości 4,8 - 5,3 m. W otworach poza zasięgiem osuwiska sączeń nie stwierdzono. W otworze nr 3 w zakresie głębokości 4,8 - 7,6 m występowały warstwy mokrych piasków oraz pyłów.

Oprócz sączeń i stref gruntów mokrych w utworach mioceńskich wody gruntowe stwierdzono również w płytkim podłożu w czasie badań w roku 2016. Ówczesne badania wykonywano w okresie wiosennym, po dłuższych opadach. Wody w płytkim podłożu stwierdzono na skarpie w warstwach piaszczysto-gliniastych, zalegających na zwietrzelinach ilów. Na skarpie drogowej nawiercono mokre piaski w przedziale głębokości 2,9 - 3,1 m, z których wody stabilizowały się na głębokości 2,9 m (tj. na rzędnej 198,7 m n.p.m.). W niższej części skarpy mokre piaski i piaski gliniaste stwierdzono w przedziale głębokości 1,2 - 2,0 m, zaś wody gruntowe wypełniły otwór do głębokości 2,05 m (tj. do rzędnej 197,15 m n.p.m.). Znaczna różnica poziomu stabilizacji wody w wykonanych otworach, w obrębie obrywu skarpy drogowej, wynosząca 1,5 m pomiędzy otworami oddalonymi o 5,4 m świadczy o słabej przepuszczalności gruntów piaszczysto-gliniastych i powolnym przesączaniu się wody w podłożu. Wód gruntowych ani podwyższonej wilgotności nie stwierdzono w nasypach, których przepuszczalność jest znacznie wyższa niż podścielających je piasków gliniastych.

Badania wykonywane w 2016 roku i obecne w roku 2020 wskazują, że wody opadowe w okresach mokrych wnikają w grunt przez przepuszczalne nasypy, co prowadzi do stagnowania wód w głębszym podłożu i nasycania gruntów powyżej nieprzepuszczalnych glin zwięzłych i ilów. Szczególnie podatne na nasycanie wodami prowadzące do uplastycznienia są piaski gliniaste, które są zdolne do gromadzenia wody, ale nie występuje w nich efektywne przewodzenie wody i odsączanie gruntów. Skutkuje to

piętrzeniem się wody w podłożu, czego efektem są znaczne różnice poziomu stabilizacji wody w otworach na skarpie oraz niekorzystne zmiany parametrów wytrzymałościowych gruntów na kontakcie z nieprzepuszczalnym podłożem gliniasto-ilastym.

W okresach mokrych (długotrwałe opady lub roztopy) wody gruntowe mogą występować w nasypach i w piaskach oraz glinach zalegających ponad łożami. Może to prowadzić do ich upłynięcia, powstawania obrywów i zapadlisk, co ustawicznie ujawnia się na odcinku drogi powiatowej o długości 70 m.

Wobec faktu, że na badanym terenie w czasie obecnie prowadzonych badań nie stwierdzono ośrodka wodonośnego nie wykonywano oznaczeń agresywności wody względem betonu.

7. Ocena warunków geologiczno - inżynierskich wraz z prognozą wpływu projektowanej inwestycji na środowisko wodno - gruntowe mogących wystąpić podczas realizacji inwestycji

Warunki geologiczne na terenie objętym badaniami są niekorzystne ze względu na osuwisko, powodujące uszkodzenie drogi powiatowej oraz kilku budynków, na terenie poniżej drogi. Zasadniczym zadaniem w niniejszej dokumentacji geologiczno-inżynierskiej jest ustalenie właściwych działań zmierzających do ustabilizowania podłoża drogi powiatowej. Istnieje duże prawdopodobieństwo wystąpienia dalszych ruchów osuwiskowych po długotrwałych opadach atmosferycznych w szczególności na skarpie drogowej, co w ostatnich kilkunastu latach prowadziło do ustawicznego odnawiania się zapadlisk nawierzchni drogi. W przypadku kolejnych zsuwów prawdopodobne jest całkowite zerwanie drogi i utrata przejezdności. Obsunięcie się skarpy drogowej jest wysoce prawdopodobne, gdyż analizy stateczności wskazują, że nachylenie skarpy drogowej nie powinno przekraczać 35 stopni, podczas gdy obecnie skarpa charakteryzuje się większym nachyleniem (38 - 52 stopni), co przy jej wysokości 4 - 5 m należy uznać jako zbyt strome, predysponujące do dalszego obrywania.

W obrębie wielkoobszarowego osuwiska prawdopodobne są powolne procesy geodynamiczne (pełzanie). Mniej prawdopodobne jest gwałtowne uruchomienie się procesów osuwiskowych wielkoobszarowego osuwiska w utworach mioceńskich, jednak przy katastrofalnych opadach proces nasycania warstw pylasto-piaszczystych obecnych wśród łożów może prowadzić do uruchomienia ruchów masowych i dalszego uszkodzenia zabudowy na zboczu.

Zabezpieczenie wielkoobszarowego osuwiska nie jest w tym przypadku uzasadnione ekonomicznie, gdyż koszty zabezpieczenia znacząco przekraczałyby wartość wszystkich obiektów budowlanych na osuwisku. Skuteczną stabilizacją można objąć podłoże drogi, zaś na pozostałej części osuwiska można przewidzieć prace minimalizujące ryzyko dalszych ruchów masowych (niwelacja terenu, wykonanie rowów odwadniających, odprowadzenie wód poza obręb osuwiska, likwidacja obniżeń, w których może stagnować woda).

8. Informacja o lokalizacji i zasobach złóż kopalin, które mogą być wykorzystywane przy wykonywaniu projektowanej inwestycji, oraz ich jakości

Na badanym terenie nie występują udokumentowane złoża kopalin, natomiast złoża kruszywa naturalnego występują w dolinie Wisłoki. Ewentualne zapotrzebowanie na kruszywo naturalne przy przebudowie podbudowy drogowej może zostać zaspokojone przez lokalnych dostawców (piaskownie, żwirownie). Piaski i żwiry z lokalnych złóż nadają się do dolnych warstw nasypów, drenaży, itp., zaś do górnych warstw podbudowy drogowej zalecane jest stosowanie kruszywa łamanego.

9. Opis zjawisk i procesów geodynamicznych oraz antropogenicznych występujących na badanym terenie wraz z kartą rejestracyjną osuwiska

Na badanym terenie występuje duże osuwisko o powierzchni około 4,5 ha. Osuwisko składa się z trzech zasadniczych części. Krawędź górna osuwiska obejmuje granicę zbocza i wierzchowiny wzgórza, po której przebiega droga powiatowa Przecław - Podole. W strefie skarpy głównej nakładają się dwa procesy geodynamiczne. Skutkiem wystąpienia zasadniczego, wielkoobszarowego osuwiska uszkodzonych zostało kilka budynków zlokalizowanych na osuwisku, jak również dochodziło do zapadania się podłoża drogi powiatowej. Dla usuwania zapadnięć wielokrotnie nadsypywano grunty na zbocze skutkiem czego wytworzyła się stroma skarpa nasypowa, która obecnie nadal ulega obrywaniu. W strefie skarpy głównej osuwiska występują zatem dwie zasadnicze powierzchnie poślizgu, płytka na granicy z nieprzepuszczalnym podłożem zwietrzelin ilów, obejmująca grunty nasypowe oraz rodzime piaski gliniaste i gliny oraz głębsza powierzchnia poślizgu

w utworach miocেনskich. Zasięę płytkiego obrywu stromej skarpy drogowej obejmuje znaczną część jezdni na długości około 70 m. Szerokość zsuwu wynosi 20 - 40 m. Zasadnicza część osuwiska, obejmująca również płytki zsuw skarpy drogowej, rozciąga się na długości około 230 m i schodzi do płaskiej doliny Wisłoki. Szerokość osuwiska w rejonie drogi powiatowej wynosi około 135 m. Skarpa główna oprócz skarpy drogowej jest wyraźnie uwidoczniiona w części południowo-zachodniej, poniżej nieużytkowanego obecnie budynku gospodarczego. W obrębie tego rozległego osuwiska występuje charakterystyczna rzeźba osuwiskowa, z łagodnie nachylonymi fragmentami zbocza oraz z lokalnymi zestromieniami. W dolnej, północnej części osuwiska wyraźnie zaznacza się skarpa wtórna niższego fragmentu osuwiska, wraz ze spiętrzeniem gruntów w postaci skarpy rozległego czoła jęzora osuwiskowego.

Zasadnicze osuwisko zaistniało na zboczu zbudowanym z iłów miocেনskich powyżej doliny Wisłoki. W obrębie iłów występują wkładki oraz warstwy piasków lub pyłów, w obrębie których może infiltrować woda opadowa. Strefy osłabień zidentyfikowano we wszystkich otworach na terenie osuwiska, w przedziałach głębokości, które wykazują wyraźną korelację. W otworze nr 2, w górnej części osuwiska w przedziale głębokości 7,6 do 10,7 m stwierdzono strefy osłabień strukturalnych nachylone pod znacznym kątem. W przedziale głębokości 9,2 - 9,8 m stwierdzono kilka wyraźnych powierzchni skośnych odspojen i "ścięć" na rdzeniu przy ich nachyleniu pod kątem rzędu 40-55 stopni. W otworze nr 4 w przedziale głębokości 7 - 8,7 m zidentyfikowano strefy osłabień (uplastycznienia), zaś w najniższym położonym otworze nr 3 w przedziale głębokości 4,8 - 8,3 m występowały zróżnicowane litologicznie grunty mokre z poziomami sączen. Na przekrojach geologiczno-inżynierskich zaznaczono najgłębszą powierzchnię poślizgu, która obejmuje wszystkie powyższe strefy osłabień strukturalnych. W rzeczywistości powierzchni poślizgu może być kilka, niemniej jednak lokalizują się one w obrębie warstwy III, ujętej jako strefa osłabień strukturalnych. Poniżej tej strefy we wszystkich otworach stwierdzono zwarte iły miocенskie o charakterystycznej poziomej laminacji piaskiem pylastym. Iły te nie wykazywały zmienności litologicznej ani strukturalnej, a ich zasadnicze parametry geotechniczne były podobne. Iły te stanowią podłoże osuwiska i nie zaobserwowano się w nich stref osłabień strukturalnych (skośnych ścięć ani odspojen).

Dla oceny procesów geodynamicznych wykonano modelowanie stateczności według metod równowagi granicznej w przekroju A-A' w programie GeoSlope1.2. Początkowo analizowano przekrój A-A' całościowo, jednak wygenerowanie w programie najniekorzystniejszej powierzchni poślizgu prowadziło do powstania kilku odrębnych osunięć kołowo-walcowych składających się na utratę stateczności całego zbocza. Dla uproszczenia na załączonych przekrojach analizy stateczności pokazano fragment górny osuwiska skupiając się w szczególności na podłożu drogi powiatowej i jego stabilizacji. W modelowaniu przyjęto obciążenie zewnętrzne drogi wraz z pojazdami równe 33 kPa. W pierwszym etapie przeprowadzono modelowanie odwrotne dla ustalenia parametrów granicznych równowagi chwiejnej ($F_s \sim 1,0$). Dla gruntów podłoża osuwiska (warstwy IV) przyjęto parametry graniczne oznaczone w aparacie AB. W przypadku warstw II i III, w obrębie których wystąpiło zasadnicze osuwisko przyjęto parametry resztkowe oraz wynikające z analizy odwrotnej. Najniekorzystniejsza powierzchnia poślizgu ($F_s < 1,0$) obejmowała płytki zsuw skarpy drogowej sięgający do około połowy szerokości nawierzchni drogi. W obrębie płytkiego zsuwu stromej skarpy drogowej przemieszczeniu uległy nasypy oraz grunty piaszczysto-gliniaste po stropie zwietrzelin ilów. Wynik modelowania jest wysoce zbieżny z obserwacjami terenowymi. Głębsza powierzchnia poślizgu obejmuje, oprócz gruntów w zasięgu płytkiego zsuwu, także zwietrzeliny ilów oraz ily z piaskiem i pyłem. Powierzchnia poślizgu w centralnej części osuwiska przebiega po granicy strefy osłabień strukturalnych (warstwy III) i poziomo laminowanych zwartych ilów (warstwa IV). Analiza stateczności wskazuje, że obszarem o bardzo wysokim prawdopodobieństwie dalszych, ustawicznych ruchów masowych jest stroma skarpa drogowa ($F_s < 1,0$). Jednocześnie w głębszym podłożu mogą również ujawnić się procesy osuwania, jednak ich prawdopodobieństwo jest niższe ($F_s = 1,14$).

10. Ogólne określenie metody wzmocnienia podłoża gruntowego na podstawie wykonanych badań, wskazania dotyczące posadowienia oraz założenia technologiczne i konstrukcyjno - budowlane inwestycji oraz zakres i sposób prowadzenia monitoringu

Analizę stateczności zbocza pod kątem stabilizacji osuwiska, ze względu na cel oraz uwzględniając kwestie ekonomicznej analizy dla całego zbocza, ograniczono do zapewnienia stateczności podłoża drogi powiatowej. W modelowaniu stateczności założono wzmocnienia podłoża poprzez wykonanie palisady z pali betonowych o długości 13 m obniżonych względem nawierzchni drogi o 1,5 m (w osi przekroju A-A'). Obniżenie palisady wzdłuż drogi będzie najmniejsze w części północnej, zaś w części południowej znacznie większe niż na przekroju A-A'. Przyjęto pale betonowe o średnicy 0,5 m w rozstawie osi pala co 1,5 m. Przyjęte założenia zapewniają stateczność skarpy drogowej ($F_s=1,3$) oraz głębszego podłoża ($F_s=1,5$) z odpowiednim zapasem bezpieczeństwa. W modelowaniu nie uwzględniono dodatkowego efektu wzmocnienia podłoża wynikającego z przebudowy nasypów podbudowy drogowej, jak również kotwienia oczepu, które jest w tym przypadku zalecane. Stabilizacją należałoby objąć odcinek wzdłuż drogi powiatowej na długości całego osuwiska, a więc około 140 m. Działania stabilizacyjne powinny objąć, oprócz wykonania konstrukcji oporowej, także przebudowę skarpy drogowej lub jej powierzchniowe wzmocnienie (np. z wykorzystaniem geosyntetyków) oraz odprowadzenie wody z podłoża drogi. Rów wykonany po zachodniej stronie drogi nie zapewnia skutecznego odprowadzenia wody, gdyż w okresach mokrych wody stagnują w podłożu we wschodniej części skarpy drogowej. Należy wykonać drenaże odprowadzające wodę z nasypów skarpy drogowej. Odprowadzenie to powinno obejmować także wykonanie rowu przebiegającego przez obszar całego osuwiska i schodzącego na teren płaskiej doliny Wiśłoki. Wykonanie rowu (rowów) pozwoliłoby na odprowadzenie wód z centralnego obszaru osuwiska, co wpłynęłoby na poprawę warunków stateczności całego zbocza, na którym znajdują się budynki mieszkalne i gospodarcze.

Szacowany koszt wykonania robót stabilizujących osuwisko (palisada z pali wraz z oczepem, kotwienie oczepu gwoździami gruntowymi, przebudowa nawierzchni drogi wraz z nasypami i podbudową, przebudowa skarpy drogowej wraz ze wzmocnieniem geosyntetykami, wykonanie rowów i drenaży) kształtowałby się w przedziale: 2,0 - 2,6 mln zł netto;

Materiały źródłowe, literatura, dane archiwalne, przepisy

- 1) M. Klimaszewski - "Geomorfologia Polski" - PWN Warszawa 1998 r.
- 2) „Budowa geologiczna Polski” – Instytut Geologiczny, Warszawa 1972r.
- 3) Kurek S., Preidl, M., 1997 - Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000 wraz z objaśnieniami. Ark. Mielec. PIG-PIB.
- 4) Józef Bażyński, Andrzej Drągowski, Zbigniew Frankowski, Ryszard Kaczyński, Stanisław Rybicki, Lech Wysokiński - „Zasady sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskich” poradnik metodyczny Ministerstwa Środowiska , Warszawa 1999 r.
- 5) „Poradnik Hydrogeologa” . Wyd. geologiczne Warszawa 1971 r.
- 6) Zdzisław Pazdro „Hydrogeologia ogólna”. Wydawnictwa Geologiczne. W-wa 1983 r.
- 7) Jerzy Kondracki "Geografia regionalna Polski" Wydawnictwo Naukowe PWN-1998 r.
- 8) Ewa Stupnicka "Geologia regionalna Polski". Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego. Warszawa 1997 r)
- 9) Elżbieta Myślińska "Laboratoryjne badania gruntów". Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2001 r.
- 10) Zenon Wiłun „Zarys Geotechniki”. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2000 r.
- 11) Lech Wysokiński. Metody prognozowania i zabezpieczania osuwiska. XXV Konf. Nauk-Techn. Międzyzdroje, 2011.
- 12) "Geozagrożenia" - Zmniejszanie ryzyka, podnoszenie świadomości [mat. konfer.]. PIG. Warszawa, 2007.
- 13) Ustawa z dnia 9 czerwca 2011r. prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. Nr 163, poz. 981 z późniejszymi zmianami)
- 14) Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno - inżynierskiej (Dz.U. 2016, nr 2033)
- 15) Leszek Starkel. Rzeźba terenu, [w:] I. Dynowska, M. Maciejewski (red.), *Dorzecze górnej Wisły*, część I. PWN, Warszawa-Kraków, 42-54. 1991

Wykorzystane normy:

- PN-81 B-03020, Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie
- PN-88/B-04481, Grunty budowlane. Badania próbek gruntów,
- PN-86/B-02480, Grunty budowlane, określenia, symbole, podział i opis gruntów
- PN-74/B-04452, Grunty budowlane, badania polowe.