

DOKUMENTACJA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA

**W celu określenia warunków geologiczno-inżynierskich dla stabilizacji osuwiska
wraz z odbudową drogi gminnej nr 364558K ul. Zakopiańska w km 1+560 – 1+650
w m. Rabka-Zdrój, Gmina Rabka-Zdrój**

Miejscowość: Rabka-Zdrój
Gmina: Rabka-Zdrój
Powiat: nowotarski
Województwo: małopolskie

Podmiot finansujący i zamawiający dokumentację:

Gmina Rabka-Zdrój, ul. Parkowa 2, 34-700 Rabka-Zdrój

Podmiot wykonujący dokumentację:

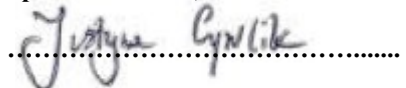
GEOCORE Sp. z o.o. ul. Walerego Sławka 17/2, 30-633 Kraków

Autorzy opracowania:

mgr inż. Sebastian Jurczak
spec. geologia inżynierska
upr. MŚ nr VI – 0391



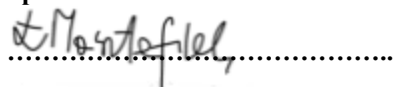
mgr inż. Justyna Cyrulik
upr. nr VII-2059, XIII – 0094



mgr inż. Łukasz Londzin
upr. XIII – 287 DOL



inż. Łukasz Masztafiak
upr. XIII-0080



mgr inż. Przemysław Włodarczyk
upr. XIII-0088



inż. Krystian Czekaj
upr. XIII- 192 DOL

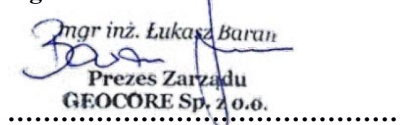


mgr inż. Artur Myszewski
upr. XIII-0103



Prezes Geocore i kierownik jednostki dokumentującej:

mgr inż. Łukasz Baran


mgr inż. Łukasz Baran
Prezes Zarządu
GEOCORE Sp. z o.o.

Spis treści

1.	Wstęp	4
2.	Opis położenia geograficznego i administracyjnego dokumentowanego terenu.....	5
3.	Informacje o wymaganiach techniczno-budowlanych i kategorii geotechnicznej projektowanej inwestycji oraz o warunkach gruntowych w zależności od stopnia ich skomplikowania	6
4.	Opis budowy geologicznej z uwzględnieniem litologii, genezy warstw oraz procesów dynamicznych.....	6
5.	Warunki hydrogeologiczne	7
6.	Omówienie realizacji prac rozpoznawczych.....	8
6.1.	Opis wykonanych prac terenowych.....	9
6.1.1.	Prace geodezyjne	9
6.1.2.	Kartowanie geologiczno-inżynierskie	9
6.1.3.	Prace wiertnicze.....	14
6.2.	Opis wykonanych badań laboratoryjnych.....	14
6.3.	Opis właściwości fizyczno-mechanicznych gruntu.....	15
7.	Ocena warunków geologiczno-inżynierskich wraz z prognozą wpływu inwestycji na środowisko	17
8.	Zalecenia dotyczące budowy zabezpieczenia osuwiska i robót ziemnych	20
9.	Informacje o lokalizacji i zasobach złóż kopalin, które mogą być wykorzystane przy wykonywaniu projektowanej inwestycji oraz ich jakości.....	21
10.	Uwagi do paragrafów i punktów zawartych w RMŚ dotyczące nieuwzględnionych informacji w niniejszej dokumentacji	21
11.	Podsumowanie i wnioski.....	22
12.	Literatura i akty prawne	24

Spis załączników graficznych:

1. Mapa topograficzna w skali 1: 10 000.
2. Mapa dokumentacyjna sytuacyjno-wysokościowa w skali 1:500.
- 3.a. Mapa geologiczno-inżynierska w skali 1:500.
- 3.b. Mapa pierwszego poziomu wodonośnego w skali 1:500.
- 3.c. Mapa miąższości gruntów antropogenicznych w skali 1:500.
- 3.d. Mapa z naniesioną głębokością podłoża nośnego w skali 1:500.
4. Przekroje geologiczno-inżynierskie.
5. Objasnienia do przekrojów geologiczno-inżynierskich.
6. Karty dokumentacyjne otworów geologiczno-inżynierskich.
7. Dokumentacja fotograficzna rdzeni wiertniczych.
8. Wyniki badań laboratoryjnych.
9. Mapa SOPO.
10. Mapa obszarów zagrożonych podtopieniami.
11. Geodezyjny wykaz współrzędnych.
12. Karta rejestracyjna terenu, na którym występują ruch masowe ziemi.
13. Analiza stateczności.

1. Wstęp

Niniejsza Dokumentacja geologiczno-inżynierska została sporządzona w celu określenia warunków geologiczno-inżynierskich dla stabilizacji osuwiska wraz z odbudową drogi gminnej nr 364558K ul. Zakopiańska w km 1+560 – 1+650 w m. Rabka Zdrój, Gmina Rabka-Zdrój przez firmę GEOCORE z siedzibą przy ul. Walerego Sławka 17/2, 30-633 w Krakowie.

Dokumentacja została wykonana na podstawie zlecenia od **Gminy Rabka-Zdrój z siedzibą przy ul. Parkowej 2 w Rabce-Zdroju (34-700).**

Niniejsza Dokumentacja geologiczno-inżynierska została wykonana na podstawie poniższych aktów prawnych:

- Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2023 poz. 633)
- Projekt Robót Geologicznych w celu określenia warunków geologiczno-inżynierskich dla stabilizacji osuwiska wraz z odbudową drogi gminnej nr 364558K ul. Zakopiańska w km 1+560 – 1+650 w m. Rabka Zdrój, Gmina Rabka-Zdrój – GEOCORE – S. Jurczak i in. – Kraków, marzec 2023 – zatwierdzonego przez Starostę Nowotarskiego - dec. Nr OŚ.6540.9.2023.BL z dnia 27 kwietnia 2023 roku.
- Fragmenty Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski oraz Mapy Geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000 arkusz Rabka 1032, pozyskane z zasobów Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego.
- Karta Rejestracyjna terenu, na którym występują ruchy masowe ziemi nr 12-11-124-136127.
- Opinia Techniczna dotycząca uszkodzenia korpusu ul. Zakopiańskiej w m. Rabka-Zdrój (rejon stacji kolejowej Chabówka), R. Murzyn, GEO-INŻ-BUD – Wiśniowa 2022r.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz. U. 2016 poz. 2033).
- Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 roku „w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych” (Dz. U. 2012 poz. 463).

Celem projektowanych robót geologicznych było:

- określenie budowy geologicznej z uwzględnieniem tektoniki, litologii i genezy warstw oraz procesów geodynamicznych i antropogenicznych występujących na omawianym terenie i w jego sąsiedztwie,
- określenie warunków hydrogeologicznych,
- charakterystyka wydzielonych serii litologiczno-genetycznych w tym warstw geologiczno-inżynierskich,
- ocena właściwości fizyczno-mechanicznych gruntów tworzących warstwy geologiczno-inżynierskie.

Dla osiągnięcia założonego celu geologicznego przyjęto i zrealizowano następujący tok prac rozpoznawczych:

- analiza materiałów archiwalnych,
- prace terenowe (wiercenia geologiczno-inżynierskie, kartowanie geologiczne),
- geotechniczne badania laboratoryjne,
- analiza zebranych materiałów,
- opracowanie powykonawczej dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.

2. Opis położenia geograficznego i administracyjnego dokumentowanego terenu

Obszar na którym przeprowadzono rozpoznanie położony jest wzdłuż ulicy Zakopiańskiej, stanowiącej połączenie miejscowości Rabka-Zdrój z drogą krajową nr 47, tzw. „Zakopianką”. Ulica Zakopiańska to droga gminna, biegnąca nad torami kolejowymi linii Kraków – Zakopane na odcinku uszkodzonym przez osuwisko. Wspomniana linia kolejowa, na odcinku bezpośrednio graniczącym z terenem osuwiskowym była remontowana w momencie pojawienia się oznak ruchów masowych. Wzdłuż drogi, po stronie południowej ciągnie się chodnik. Natomiast po północnej stronie drogi znajduje się pas wykonany z kostki brukowej, pełniący funkcję parkingu. Torowisko od drogi gminnej oddzielone jest skarpią opadającą od pasa drogowego w stronę torów. Skarpa ta była zabezpieczona w przeszłości murem oporowym. Według materiałów archiwalnych pierwotny mur oporowy został wzniesiony u schyłku XIX w. w formie narzutu kamiennego. Później, betonowy mur oporowy został wzniesiony tuż przed II Wojną Światową. Istniejący mur ma długość ok. 200 m przy zmiennej wysokości: od ok. 1 do ok. 4,5 m. Na zachód od osuwiska znajduje się stacja kolejowa Chabówka. Od południa teren ograniczony jest zabudowaniami mieszkalnymi, które od drogi oddziela niewysoka skarpa opadająca w stronę chodnika. Na terenie badań występuje gęsta sieć linii przesyłowych, w tym: napowietrzna linia energetyczna, sieć teleinformatyczna, wodociągowa i kanalizacyjna. Obecnie skarpa między pasem drogowym a torowiskiem oraz odcinek uszkodzonej drogi są zabezpieczone folią w celu ograniczenia infiltracji wód opadowych i roztopowych.

Omawiany obszar znajduje się na terenie podprovincji Zewnętrzne Karpaty Zachodnie, w której w skład wchodzi makroregion Beskidów Zachodnich, do którego należy mezoregion Pogórze Orawsko-Jordanowskie. Jest to obniżenie śródgórskie wraz z niskim działem wodnym pomiędzy Skawą i Rabą. Kotlina stanowi falistą powierzchnię zrównania sięgającą wysokość między 500 a 600 m n.p.m. Rejon Chabówki i Rabki-Zdroju położony jest u podnóża Gorców i jest otoczony licznymi wzniesieniami o wysokościach wahających się między 600 – 870 m n.p.m. Obecnie teren wspomnianego obniżenia jest zurbanizowany. Pod względem gospodarczym jest to teren rolniczo-turystyczny.

Rejon rozpoznania geologicznego należy do zlewiska Morza Bałtyckiego. Główną rzeką na tym terenie jest Raba, która przepływa w niewielkiej odległości od linii kolejowej, na północ od obszaru badań. Raba sięga źródłami do Przełęczy Sieniawskiej i Przełęczy Pieniążkowickiej. Źródła Raby, które biją pod Obidową, położone są na wysokości 800 m n.p.m. Spływają do niej z

Beskidu Orawsko-Podhalańskiego potoki Żeleznica i Kosiczne, natomiast w Kotlinie Rabczańskiej gorczańskie dopływy – Poniczanka z Rdzawką i Pocieszną Wodą oraz płynąca przez centrum Rabki Słonka. Z kolei sąsiedni obszar Beskidu Wyspowego odwadniają lewobrzeżne dopływy Raby – Skomielnianka i Luboński Potok.

3. Informacje o wymaganiach techniczno-budowlanych i kategorii geotechnicznej projektowanej inwestycji oraz o warunkach gruntowych w zależności od stopnia ich skomplikowania

Inwestycję stanowić będzie, stabilizacja osuwiska oraz odbudowa drogi gminnej nr 364558K. Założenia konstrukcyjne planowanego zabezpieczenia i odbudowy zostaną dostosowane do wynikowej Dokumentacji Geologiczno-Inżynierskiej. Założenia te zależą od porozumienia pomiędzy PKP do którego należy uszkodzony mur oporowy a Miastem Rabka-Zdrój do którego należy uszkodzona droga. Możliwe jest przeprowadzenie dwóch niezależnych zabezpieczeń dla muru i drogi lecz byłoby to nieuzasadnione ekonomicznie. W przypadku konieczności wykonania zabezpieczenia samej drogi poprzez wykonanie kotwionej konstrukcji oporowej z poziomu drogi oraz odbudowy korpusu poprzez wykonanie wymiany gruntów słabonośnych na przestrzeni uszkodzonej jezdni, zabezpieczenie wpłynie korzystnie również na stateczność uszkodzonego muru oporowego.

Inwestycja zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. 2012 poz. 463) została zaliczona przez projektanta do **trzeciej kategorii geotechnicznej ze względu na występowanie w podłożu zjawisk geodynamicznych - osuwiskowych**.

4. Opis budowy geologicznej z uwzględnieniem litologii, genezy warstw oraz procesów dynamicznych

Teren rozpoznania geologicznego wchodzi w skład fliszowych Karpat Zewnętrznych serii magurskiej – bystrzyckiej (sudeckiej). Występują tam łupki i piaskowce cienkoławicowe (warstwy belowskie) z eocenu dolnego oraz utwory eocenu środkowego – margle, piaskowce i łupki (warstwy łąckie). Na nich zalegają plejstoceny gliny, gliny piaszczyste, piaski, żwiry i żwiry pyłowate rzeczne tarasów na 3,0-7,0 m n.p. rzeki. Warstwy belowskie reprezentowane są przez cienkie, laminowane kompleksy ilasto-mułowcowe o barwie szaroniebieskiej, które przechodzą w cienkoławicowe turbidyty. Z kolei piaskowce są cienkoławicowe, szare i popielate, drobnoziarniste. Przejście od warstw belowskich do margli, piaskowców i łupków warstw łąckich jest stopniowe. Warstwy łąckie lokalnie przypominają warstwy belowskie, jednak różnią się one barwą łupków. Utwory tej warstwy charakteryzują się zmiennym udziałem margli w profilu. Piaskowce są zazwyczaj cienko- i średnioławicowe, rzadziej gruboławicowe. Specyficzne dla tej warstwy jest uziarnienie frakcjonalne, warstwowanie przekątne oraz laminacja równoległa utworów ją budujących.

Osuwisko, które uszkodziło ul. Zakopiańską uaktywniło się pod koniec września 2022 roku wskutek intensywnych opadów atmosferycznych. Jest małe – ma powierzchnię 0,14 ha. Pierwsze oznaki ruchów masowych pojawiły się w formie spękań w pasie drogowym biegnącym nad linią kolejową nr 98 Chabówka – Nowy Sącz. W środkowej części drogi powstała skarpa główna o wysokości ok. 10 cm. W ciągu kilkunastu dni od jej powstania odnotowano jej powiększanie. Według KRO, w trakcie badań terenowych szczelina ta miała głębokość ok. 0,5 m i szerokość dochodzącą do 10 cm. Występujący w obrębie osuwiska chodnik powoduje, że skarpy boczne nie odznaczają się w terenie. Niemniej jednak zaobserwowano niewielką szczelinę, która powstała między asfaltem a kostką brukową. Poniżej drogi, skarpa zabezpieczona jest starym murem oporowym, który ma zmienną wysokość – od ok. 1 do ok. 4,5 m. Na całej jego powierzchni odnotowano liczne spękania. Największe zniszczenia – w postaci destrukcji dolnej części muru oraz jego ruch na odcinku o szerokości ok. 30 cm miały miejsce na wysokości głównych przemieszczeń w obrębie asfaltu. Pozostałe fragmenty muru oporowego lokalnie uległy klawiszowaniu, spękaniu a niektóre elementy kotwiące uległy uszkodzeniu. W tamtym okresie, u podnóża skarpy prowadzone były roboty budowlane w związku z modernizacją linii kolejowej. Przedmiotowe osuwisko nie było wcześniej rejestrowane na MOiTZ dla gminy Rabka-Zdrój. Jednak obecność muru oporowego może świadczyć o występowaniu ruchów masowych w przeszłości. Wg Karty Rejestracyjnej terenu, na którym występują ruchy masowe ziemi szacowana miąższość koluwium wynosiła 5,0 m. Jest ono zbudowane z materiału antropogenicznego (nasypy), detrytycznego oraz glin z rumoszem. Warstwy skalne zalegają skośnie w stosunku do nachylenia stoku. Obecnie skarpa oraz droga na uszkodzonym odcinku zostały doraźnie zabezpieczone folią ochronną aby przeciwdziałać negatywnym skutkom opadów atmosferycznych i zapobiec dalszej propagacji skarpy głównej, co w konsekwencji mogłoby doprowadzić do oberwania korpusu drogi. Karta Rejestracyjna terenu, na którym wystąpiły ruchy masowe ziemi autorstwa dra Jarosława Kosa z PIG-PIB została wykonana w październiku 2022 roku, niedługo po powstaniu szczeliny w asfalcie na ul. Zakopiańskiej. Dr Kos określił osuwisko jak insekwentne, co oznacza że zapadanie warstw jest skośne do zapadania stoku.

5. Warunki hydrogeologiczne

Według Objasnień do Mapy Hydrogeologicznej Polski, omawiany obszar pod względem hydrogeologicznym położony jest w regionie karpackim (nr XIV) makroregionu południowego (18, 19). Występuje tu poziom wodonośny w utworach czwartorzędowych i fliszowych (kredowo-trzeciorzędowych). Czwartorzędowy poziom użytkowy związany jest z osadami akumulacji rzecznej charakteryzującymi się dobrą przepuszczalnością – utworami piaszczysto-żwirowymi. Występują w nim wody porowe o zwierciadle swobodnym lub lokalnie napiętym. Miąższość omawianej warstwy jest niewielka i osiąga maksymalnie 4,8 m. Z kolei fliszowy poziom wodonośny jest mało zasobny i bardzo zmienny przestrzennie. Wynika to z budowy geologicznej charakteryzującej się obecnością tektoniki fałdowej i uskoków. Wody podziemne tego poziomu związane są zwykle z trzeciorzędowymi piaskowcami magurskimi. Występowanie pierwszego poziomu wodonośnego w tych utworach obserwuje się na głębokościach od kilku metrów w dolinach, do kilkunastu metrów na wierzchołkach i zboczach.

Nr otworu / Rzędna [m.n.p.m.]	Głębokość nawierconego ZWG [m p.p.t.]	Głębokość ustabilizowanego ZWG [m p.p.t.]	Rzędna nawierconego ZWG [m.n.p.m.]	Rzędna ustabilizowanego ZWG [m.n.p.m.]
R-1 [487,61]	0,1	0,1	487,51	487,51
R-2 [494,61]	4,1	4,1	490,51	490,51
R-3 [495,28]	0,9	0,9	494,38	494,38
R-4 [494,93]	1,55	1,55	493,38	493,38
R-5 [487,39]	0,7	0,7	486,69	486,69
R-6 [495,54]	1,4	1,0	494,14	494,54

Tab.1 Głębokości zwierciadła wody gruntowej (nawierconego i ustabilizowanego) stwierdzonego w otworach geologiczno-inżynierskich

W powyższej tabeli zamieszczono głębokości nawierconego i ustabilizowanego ZWG oraz ich rzędne.

Przewidywana sezonowa szacowana amplituda wahań położenia pierwszego poziomu wodonośnego wynosi około 0,5 m. W przypadku długotrwałych i intensywnych deszczy (jak np. w 1997 i 2010) zwierciadło wody może się podnieść nawet o 1 m.

W ramach niniejszego opracowania wykonano badanie wody na agresywność w stosunku do betonu i stali z otworu R-1 oraz z sączenia występującego powyżej rowu. Badanie przeprowadzono w specjalistycznym laboratorium Wesslinga w Krakowie (Załącznik 8.4). Badanie wykazało, że **woda z otworu R-1 jest agresywna** w stosunku do betonu i stali w stopniu XA3 ze względu na agresywny CO₂, zgodnie z normą PN-EN 206-1+A1:2016-12: „Beton. Cz.1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność”. Natomiast woda z sączenia (rowu) nie wykazuje agresywności chemicznej. Stwierdzono, że badanie wody wykazuje **bardzo niewielkie prawdopodobieństwo korozji** stali niestopowych i niskostopowych w odniesieniu do zagłębień, korozji wżerowej oraz powierzchniowej zarówno w obszarze podwodnym jak i na styku woda / powietrze. Badanie wykonano zgodnie z normą DIN 50929 część 3: „Korozja metali - Prawdopodobieństwo korozji materiałów metalowych przy zewnętrznym wpływie korozyjnym - Część 3: Przewody rurowe i elementy budowlane w glebie i wodzie”.

6. Omówienie realizacji prac rozpoznawczych

Prace terenowe stanowiły podstawę rozpoznania geologicznego. Planując rozmieszczenie wyrobisk geologicznych posiłowano się aktualnym zdjęciem sytuacyjno-wysokościowym w skali 1:500 wykonanym w ramach niniejszego opracowania. Ponadto wykonano kartowanie geologiczno-inżynierskie obszaru badań, którego efektem jest Mapa Geologiczno - Inżynierska (Załącznik 3a). Szczegółowy opis wykonanych prac zawarty jest w kolejnych podrozdziałach. Lokalizację wykonanych otworów geologiczno-inżynierskich wraz z przebiegiem przekrojów geologiczno-inżynierskich przedstawiono na Mapie Dokumentacyjnej (Załącznik 2).

Według ustaleń z Inwestorem i zgodnie z zaleceniami zawartymi w zleceniu oraz w zatwierdzonym PRG prace geologiczne obejmowały:

- Wykonanie otworów rdzeniowych w regularnej siatce w co najmniej w dwóch przekrojach.
- Profilowanie geologiczne wyrobisk rozpoznawczych.
- Opróbowanie gruntów podłoża.
- Badania i obserwacje hydrogeologiczne.

- Kartowanie geologiczno-inżynierskie.
- Prace geodezyjne.

6.1. Opis wykonanych prac terenowych

6.1.1. Prace geodezyjne

Prace geodezyjne wykonane na terenie badań obejmowały:

- Wytyczenie wszystkich wyrobisk badawczych.
- Wytyczenie zasięgu skarpy głównej.
- Wykonanie mapy sytuacyjno - wysokościowej w skali 1:500 (obejmującej tereny kolejowe).
- Niwelację wszystkich wyrobisk.

6.1.2. Kartowanie geologiczno-inżynierskie

W dniach **12-16.05.** br. uprawniony geolog wykonał kartowanie geologiczno-inżynierskie.



Fot.1 Widoczne uszkodzenia przypór muru oporowego – widok na NE.

DOKUMENTACJA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA

W celu określenia warunków geologiczno-inżynierskich dla stabilizacji osuwiska wraz z odbudową drogi gminnej nr 364558K ul. Zakopiańska w km 1+560 – 1+650 w m. Rabka-Zdrój, Gmina Rabka-Zdrój



Fot.2 Widoczne uszkodzenia muru oporowego – widok na SW.



Fot.3 i 4 Wycieki wody gruntowej ze ściany rowu przydrożnego (rejon otworu R-6).

DOKUMENTACJA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA

W celu określenia warunków geologiczno-inżynierskich dla stabilizacji osuwiska wraz z odbudową drogi gminnej nr 364558K ul. Zakopiańska w km 1+560 – 1+650 w m. Rabka-Zdrój, Gmina Rabka-Zdrój



Fot.5 Skarpa wtórna tworząca się na granicy chodnika i ulicy Zakopiańskiej.



Fot.5 Słabo widoczna skarpa boczna przebiegająca przez chodnik.

DOKUMENTACJA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA

W celu określenia warunków geologiczno-inżynierskich dla stabilizacji osuwiska wraz z odbudową drogi gminnej nr 364558K ul. Zakopiańska w km 1+560 – 1+650 w m. Rabka-Zdrój, Gmina Rabka-Zdrój



Fot.6 Fragment zrotowanego muru oporowego – widok w stronę NE.



Fot.7 Fragment zniszczonego muru oporowego oraz zasypane korytko – widok w stronę SW.



Fot.8 Pochylony słup energetyczny powyżej aktywnego osuwiska.



Fot.9 Przejawy płytkich zsuwów na skarpie powyżej drogi nad osuwiskiem.

Wyniki kartowania geologiczno-inżynierskiego zostały przedstawione w **Zał.3.**

6.1.3. Prace wiertnicze

Terenowe roboty rozpoznawcze zostały przeprowadzone w dniach 12.05-16.05.2023. Zgodnie z projektem wykonano 6 otworów, o głębokości od 15 do 20 m ppt, o łącznym metrażu **106 mb** i średnicy rdzenia 102 mm wierconych systemem mechaniczno- obrotowym przy pomocy aparatu wrzutowego o średnicy 146 mm z zastosowaniem płuczki wodnej. Wiercenie otworów rdzeniowanych, z zastosowaniem systemu mechaniczno-obrotowego było wykonywane wiertnicą Comacchio GEO305HT. Otwory wykonano w zaprojektowanych miejscach. Otwory rdzeniowane zostały zlikwidowane przez łowanie i cementację.

Nazwa otworu	System wiercenia	Planowana głębokość otworu [m]	Wykonana głębokość otworu [m]
R-1	Mechaniczno - obrotowy Rdzeniowane	10,0	15,0
R-2	Mechaniczno - obrotowy Rdzeniowane	20,0	20,0
R-3	Mechaniczno - obrotowy Rdzeniowane	15,0	16,0
R-4	Mechaniczno - obrotowy Rdzeniowane	20,0	20,0
R-5	Mechaniczno - obrotowy Rdzeniowane	10,0	15,0
R-6	Mechaniczno - obrotowy Rdzeniowane	15,0	20,0
Razem		90,0 [mb]	106 [mb]

Tab. 2. Zestawienie głębokości planowanych oraz wykonanych otworów rdzeniowanych.

Wyrobiska rozpoznawcze były profilowane przez dozór geologiczny posiadający odpowiednie uprawnienia. Wyniki profilowań ujęte są w Kartach Dokumentacyjnych Otworów Geologiczno - Inżynierskich (**Zał. 6**). W czasie profilowania otworów z każdej warstwy odmiennej litologicznej lub różniącej się parametrami geotechnicznymi wykonywana była analiza makroskopowa gruntów – **110 oznaczeń**. Z każdego otworu zostały pobrane próby gruntu do drewnianych skrzynek. Rdzenie wiertnicze zostały zabezpieczone folią w celu zapobieżenia utraty wilgotności. Ze skrzynek wiertniczych zostały wytypowane próby do badań laboratoryjnych.

Lokalizację otworów geologiczno-inżynierskich przedstawiono na Mapie Dokumentacyjnej (**Zał.2**).

6.2. Opis wykonanych badań laboratoryjnych

Na materiale gruntowym z pobranych próbek wykonano następujące badania:

- Analiza makroskopowa – **40** badań w laboratorium i **110** badań w terenie.
- Granice Atterberga – **9** badań
- Wilgotność naturalna – **9** badań
- Gęstość objętościowa – **17** badań
- Wytrzymałość na ściskanie w prasie hydraulicznej – **17** badań

- Badanie agresywności wody względem betonu i materiałów konstrukcyjnych – 2 badania (woda z otworu R-1 oraz woda z wycieku w rowie powyżej osuwiska)

Powyższe badania laboratoryjne prowadzone były według zaleceń: PN-EN ISO 17892-4:2017-01 „Rozpoznanie i badania geotechniczne - Badania laboratoryjne gruntów - „Rozpoznanie i badania geotechniczne - Badania laboratoryjne gruntów - Część 12: Oznaczanie granic płynności i plastyczności”; PN-EN 206-1+A1:2016-12 Beton Cz.1: wymagania, właściwości, produkcja i zgodność. Badania agresywności wody w stosunku do betonu i stali. Wyniki badań laboratoryjnych przedstawiono w **Zał.8.1-8.5**. Nazwę gruntów oraz ich stan określono na podstawie normy PN-86/B-02480 „Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów”.

6.3. Opis właściwości fizyczno-mechanicznych gruntu

Właściwości fizyczno-mechaniczne gruntów określono na podstawie wyników badań laboratoryjnych. Ze względu na odmienność genetyczną i litologiczną gruntów oraz istotne różnice występujące w parametrach geotechnicznych oraz opory wiercenia zaobserwowane w trakcie wykonywania otworów, grunty budujące podłoże zostały podzielone na **8 warstw geotechnicznych**.

Poniżej omówiono warstwy geotechniczne.

Warstwa I – grunty antropogeniczne – nasypy niekontrolowane – wbudowane w teren w celu utworzenia podłoża drogowego oraz podtorza (otwory R-1 i R-5). Ze względu na stan w obrębie warstwy nasypowej wydzielono 3 podgrupy:

Warstwa Ia – grunty w stanie średniozagęszczonym (kruszywo łamane z piaskiem). Nawiercono je w przypowierzchniowych częściach profili w otworach R-1, R-2 i R-5. Stopień zagęszczenia określony został orientacyjnie na podstawie oporów wiercenia. Do tej warstwy geotechnicznej zaliczono też utwory, gdzie **wypełniacz stanowiący 40-60% był w stanie twar doplastycznym**. Stopień plastyczności określono na podstawie badania dwóch próbek gruntu z otworu R-2 oraz jednego sondowania SPT, które zostało wykonane na granicy dwóch warstw Ia i Ic w otworze R-2. Pozostałe parametry określono na podstawie literatury (Z. Wiłun – Zarys Geotechniki). Parametry te mogą być traktowane jedynie jako orientacyjne, gdyż w obrębie tej warstwy może występować zmienność składu i stanu.

Warstwa Ib – grunty w stanie plastycznym - stwierdzone we wszystkich otworach za wyjątkiem R-1. Są to grunty o niekorzystnych parametrach geotechnicznych, w obrębie których tworzą się powierzchnie poślizgu omawianego osuwiska. Stopień plastyczności dla tej warstwy geotechnicznej zostały określone na podstawie 3 badań wykonanych na próbkach z otworów R-4 i R-6. Ponadto w obrębie tej warstwy wykonano sondowanie SPT w otworze R-4 (**Zał.6.4**). Pozostałe parametry określono orientacyjnie na podstawie literatury i doświadczeń własnych.

Warstwa Ic – grunty w stanie miękkoplastycznym – stwierdzone w otworach R-2 i R-4. Są to grunty o bardzo niekorzystnych parametrach geotechnicznych. W obrębie tej warstwy tworzą się powierzchnie poślizgu omawianego osuwiska. Parametry określono na podstawie badania stopnia plastyczności dla próbki pobranej z otworu R-4 oraz na podstawie sondowania SPT wykonanego w otworze R-2. W czasie tego sondowania zanotowano, że początkowe zliczenia na $N_{15}=6$, $N_{30}=4$ a $N_{45}=1$. Oznacza to, że trafiono sondą na ostatnich 15 cm wpędu na miękkoplastyczną warstwę nasypową.

Parametry dla warstwy I mogą być traktowane jedynie jako orientacyjne, gdyż w obrębie tej warstwy może występować nieprzewidywalna zmienność składu i stanu.

Warstwa II – grunty koluwalno zwietrzelinowe – zwięzłe i bardzo spoiste z domieszką okruchów skalnych łupka i piaskowca stanowiącą od 30 do 85 % przelotu warstwy. Ze względu na stan w obrębie tej warstwy wydzielono trzy podgrupy:

Warstwa IIa – grunty pochodzenia zwietrzelinowego oraz koluwalnego – zwięzłe i bardzo spoiste – gliny pylaste zwięzłe i ily z domieszką okruchów piaskowca i łupka oraz okruchy z wypełniaczem gliniasto iltastym. Stwierdzono je w otworach R-2 i R-3 na głębokościach od 2,4 m p.p.t. (otwór R-3) do 3,7 m p.p.t. (otwór R-2). Występują głównie bezpośrednio nad warstwą IV lub V oraz w mniejszym stopniu nad warstwą IIc. Największą miąższość (2,5m) osiągają w rejonie otworu R-2. Są to grunty o korzystnych parametrach geotechnicznych niemniej jednak w otworze R-2 poniżej ich spągu nawiercono grunty plastyczne warstwy IIc, w obrębie których utworzyła się powierzchnia poślizgu omawianego osuwiska.

Warstwa IIb – grunty twardoplastyczne o stopniu plastyczności $I_L=0,11$ ustalonym na podstawie badania laboratoryjnego stopnia plastyczności oraz sondowania SPT. Nawiercono je we wszystkich otworach za wyjątkiem R-6. Są to grunty o korzystnych parametrach geotechnicznych. Niemniej jednak poniżej ich spągu występuje warstwa IIc, co powoduje tworzenie się powierzchni poślizgu.

Warstwa IIc – grunty plastyczne o stopniu plastyczności $I_L=0,497$ ustalonym na podstawie badań laboratoryjnych. Pozostałe parametry ustalono na podstawie literatury (Z. Wiłun) i doświadczeń własnych. Są to grunty o niekorzystnych parametrach geotechnicznych. Nawiercono je we wszystkich otworach za wyjątkiem R-6. Najgłębiej ich spąg stwierdzono w otworach R-4 (6,0 m p.p.t.) i R-2 (6,8 m p.p.t.). W ich obrębie powstają powierzchnie poślizgu. Planowane zabezpieczenie musi sięgać poniżej spągu tej warstwy geotechnicznej.

Warstwa III – Skala miękka łupek z przewarstwieniami iłu w stanie półzwałym oraz przewarstwieniami skały twardej piaskowca o miąższości do 10 cm. Charakteryzuje się RQD od 0 do 100% - średnio 40%. Jest to warstwa dominująca na badanym terenie. Nawiercono ją we wszystkich otworach. Średnia wartość wytrzymałości na ściskanie wynosi **$R_c=0,32$ MPa** a stopnia plastyczności **$I_L = - 0,34$** . Warstwy łupka charakteryzują się zapadaniem skośnym do morfologii terenu. Kierunek zapadania jest prawdopodobnie północny (wg. SMGP). W stropowych częściach profili, zapadnie ma tendencje sięgające 30-40° a w głębszych partiach wystramia się do 45-65°. W obrębie tych utworów stwierdzono liczne zlustrowania mogące świadczyć o zaangażowaniu tych utworów w procesy masowe zachodzące w przeszłości. Obecnie te utwory nie biorą udziału w aktywnych ruchach osuwiskowych. Są to utwory nośne, w obrębie których może być posadowione zabezpieczenie osuwiska z zaleceniem pogłębienia ich poniżej 12 m (z poziomu drogi) tak aby obejmowały zlustrowania.

Warstwa IV - Skala twarda – piaskowiec spękany i miejscami zwietrzały o RQD od 0 do 90% - średnio 10%. Jest to warstwa o korzystnych parametrach nośności. Nawiercono ją we wszystkich otworach w kilku horyzontach. Średnia wartości wytrzymałości na ściskanie **$R_c = 38,34$ MPa** przy rozpiętości wartości od 9,3 do 58,0 MPa. Wartość średnia powinna zostać pomniejszona o niskie wartości RQD. Jest to warstwa, którą można zaliczyć do 7 kategorii urabialności – wykazująca się średnim stopniem zwietrzenia, zwięzłością oraz wysokimi parametrami wytrzymałościowymi. Ze względu na obecność tej warstwy może być konieczne użycie do wykonania mikropali systemu młotka dolnego lub odex.

Tab. 3. Zestawienie parametrów geotechnicznych wydzielonych warstw.

nr warstwy	Rodzaj gruntów	Symbol Gruntu wg PN	stan gruntu	I_L lub I_p	ρ [g/cm ³]	R_c [MPa]	c_u [kPa]	ϕ_u [°]	E_0 [MPa]	M_0 [MPa]
Ia	Nasypy niekontrolowane (kruszywo łamane, żwir, piasek średni, glina, glina zwięzła, glina piaszczysta zwięzła, il, substancja organiczna)	nN (KR, Ż, Ps, G, Gz, Gpz, I, H)	szg/tpl	$I_L = 0,13$ $0,11 - 0,14$	2,20	-	20	15°	24	34
Ib			pl	$I_L = 0,26$ $0,25 - 0,27$	2,10	-	14	13°	18	25
Ic			mpl	$I_L = 0,62$	1,80	-	6	8°	8	9
IIa	Grunty koluwalne i zwięzłe i bardzo spoiste: gliny zwięzłe, gliny pylaste zwięzłe, ily i ily pylaste z okruskami łupka i piaskowca stanowiącym od 30 do 85 % przelotu warstwy	Gz+KR, Gpz+KR, Gpz/I+KR, Gpz/Ip, KR+Gz, KR+Gz/I, KR+Gpz/I	pzw	$I_L = 0,00$	2,15	-	30	18°	33	48
IIb			tpl	$I_L = 0,11$	2,10	-	21	16°	25	36
IIc			pl	$I_L = 0,497$	1,85	-	8	10°	11	15
III	Skala miękka Łupek z przewarstwieniami skały twardej piaskowca zwięzła, spękana, o RQD od 0% do 100%, średnia 40%	SM(L) SM(L)//ST(Pc)	-	$I_L = - 0,34$	$\rho = 2,34$ $2,22 - 2,42$	$R_c = 0,32$ $0,28 - 0,38$	-	-	-	-
IV	Skala twarda Piaskowiec, Mułowiec z przewarstwieniami łupka, spękana lub lita z RQD sięgającym od 0 do 90% średnia 10%	ST(Pc) ST(Mc/Pc) ST(Pc)//SM(L)	-	-	$\rho = 2,58$ $2,49 - 2,64$	$R_c = 38,34$ $9,3 - 58,0$	-	-	-	-

Rozprzestrzenienie pionowe warstw geotechnicznych obrazują przekroje geologiczno-inżynierskie (Załącznik 4.1-4.5). Parametry warstw geotechnicznych zamieszczono w Załączniku 5. Stopień plastyczności określono na podstawie badań laboratoryjnych oraz sondowań SPT. Parametry wytrzymałościowe dla warstw III i IV wyznaczono metodą A, na podstawie badań w prasie hydraulicznej.

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

Zakres wykonanych badań zarówno terenowych jak i laboratoryjnych był wystarczający do rozwiązania zadania geologicznego, którym było rozpoznanie podłoża pod planowaną konstrukcję zabezpieczającą omawianego osuwiska.

Teren, na którym były prowadzone prace geologiczne, znajduje się na stoku o północno-zachodniej ekspozycji w stosunku do doliny rzeki Raby.

Ocena warunków geologiczno-inżynierskich powinna się rozpocząć od historii omawianego terenu. W *Opinii* Ryszard Murzyn opisał historię dotyczącą powstania przebiegającej tędy linii kolejowej począwszy od końca XIX wieku aż do czasu teraźniejszego. Autor skupił się też na analizie archiwalnych map, które obrazują rzeźbę terenu przed jego przekształceniami dla celów budowlanych i rolnych, wskazując obecność wklęsłych form predysponowanych do ruchów osuwiskowych. O istnieniu tendencji osuwiskowych w obrębie skarpy między drogą a torowiskiem wskazują zainstalowane na dylatacjach muru oporowego w roku 1964 r. szkiełka. Kilka z nich uległo zniszczeniu już przed laty. Istnienie szkiełek a także ich uszkodzenia świadczą o balansowaniu skarpy i muru na granicy stateczności już od dłuższego czasu.

W październiku 2022 roku została wykonana Karta Rejestracyjna terenu, na którym wystąpiły ruchy masowe ziemi o numerze 12-11-124-136127, której autorem jest dr inż. Jarosław Kos. W karcie stwierdzono, że szacowana głębokość powierzchni poślizgu wynosi około 5 m p.p.t. Podłoże stanowią utwory eoceńskie - łupki, piaskowce cienkoławicowe oraz margle warstw łąckich i formacji belowskiej.

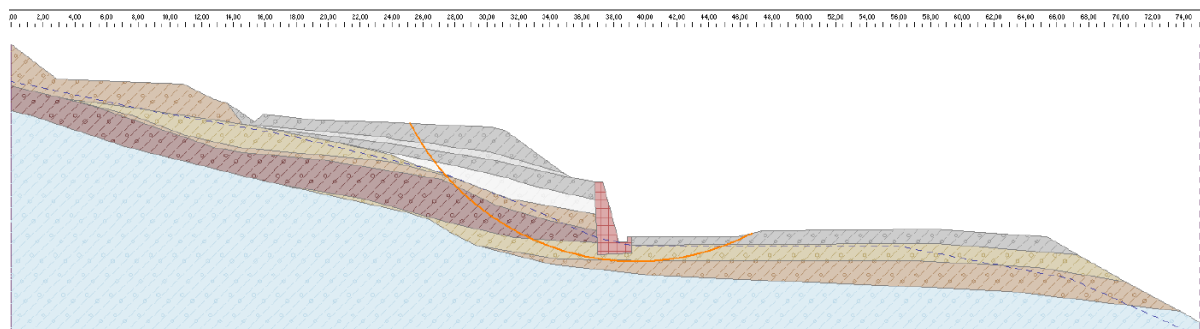
W maju 2023 roku dokonano rozpoznania geologicznego osuwiska wykonując 6 otworów geologiczno-inżynierskich o głębokości 15-20 m p.p.t. Wyniki wierceń zawarte są w **Zal.4.** w formie przekrojów geologiczno-inżynierskich. W wyniku wierceń potwierdzono informacje zawarte w *Karcie Rejestracyjnej* jednocześnie doprecyzowując przebieg powierzchni poślizgu na głębokość 6,0 i 6,8 m p.p.t. w otworach R-4 i R-2 zlokalizowanych na chodniku od strony muru oporowego. Osuwisko powstało w wyniku intensywnych deszczy występujących we wrześniu 2022 oraz prac remontowych wykonywanych w rejonie muru oporowego (wykonanie wykopu pod tory).

W wyniku przeprowadzonych badań (kartowanie geologiczne, analiza zdjęć lidar) omawianego osuwiska stwierdzono występowanie wyraźnych oznak powierzchniowych ruchów masowych (obecność skarpy osuwiskowej, skarp bocznych, uszkodzenia muru oporowego). Wyniki kartowania obrazuje **Zal.3a** – Mapa geologiczno – inżynierska.

Budowę geologiczną obszaru objętego rozpoznaniem prezentują przekroje geologiczno-inżynierskie (**Zal.4.1-4.5**), stanowiące **model geologiczny**. Głębokość strefy przemarzania dla tego rejonu wynosi $h_z = 1,2$ m.

Wykonano analizę stateczności omawianego zbocza (**Zal.13**). W wyniku analiz metodą Morgensterna-Price'a, wykonanych przy założeniu kołowej powierzchni poślizgu i parametrach z niniejszej DGI, otrzymano następujące wyniki:

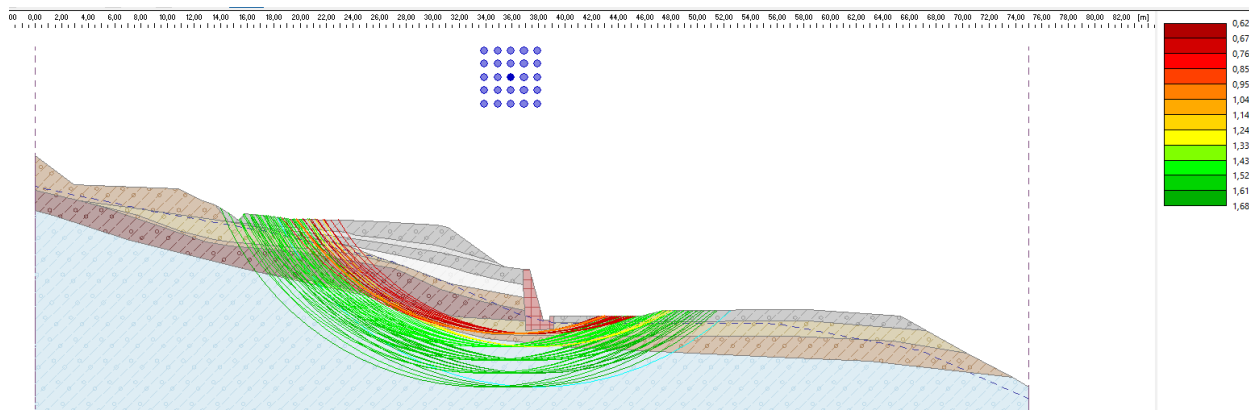
Obliczenie 1.1 – Uzyskano współczynnik bezpieczeństwa $F=0,85$ przy wymaganym dla dróg $F \geq 1,5$. Co oznacza, że zbocze jest niestateczne a powierzchnia poślizgu przebiega od osi drogi do nasypu kolejowego, poniżej muru oporowego.



Obliczenie 1.2 - Uzyskano współczynnik bezpieczeństwa $F=0,62$ przy wymaganym dla dróg $F \geq 1,5$. Co oznacza, że zbocze jest niestateczne. Powierzchnia poślizgu przebiega od osi drogi do nasypu kolejowego poniżej muru oporowego.

DOKUMENTACJA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA

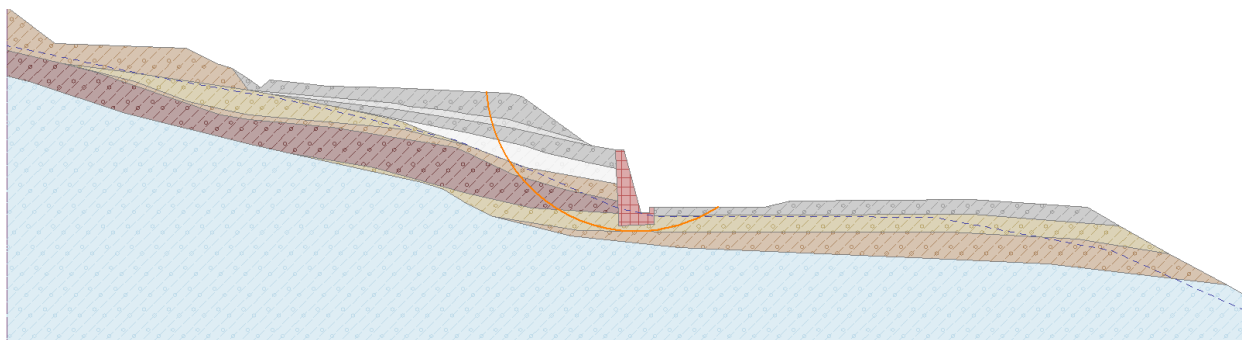
W celu określenia warunków geologiczno-inżynierskich dla stabilizacji osuwiska wraz z odbudową drogi gminnej nr 364558K ul. Zakopiańska w km 1+560 – 1+650 w m. Rabka-Zdrój, Gmina Rabka-Zdrój



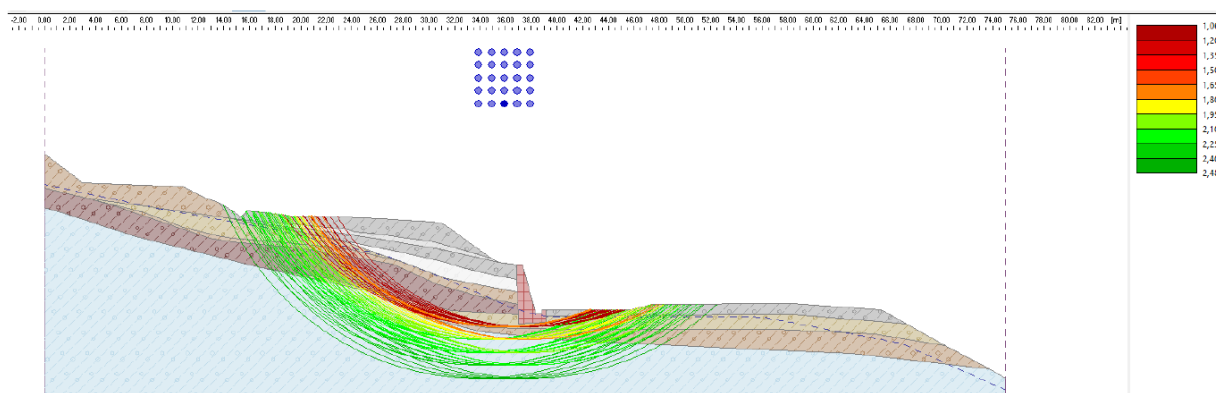
Obliczenia 1.3 i 1.4 - Spełniają wymagania, czyli $F=1,57$ i $2,27$ a wygenerowana powierzchnia poślizgu obejmuje swoim zasięgiem utwory warstwy III, czyli jest bardzo małe prawdopodobieństwo, że grunty łupkowe będą brały udział w ruchach masowych.

W kolejnym kroku analizy zastosowano wyprowadzone parametry efektywne dla przeprowadzonych obliczeń.

Obliczenie 2.1 – Uzyskano $F=0,98$ przy wymaganym dla dróg $F \geq 1,5$. Co oznacza, że zbocze jest niestateczne a powierzchnia poślizgu przebiega od styku drogi z chodnikiem do nasypu kolejowego poniżej muru oporowego.



Obliczenie 2.2 – Uzyskano $F=1,06$ przy wymaganym dla dróg $F \geq 1,5$. Co oznacza, że zbocze jest niestateczne a powierzchnia poślizgu przebiega od osi drogi do nasypu kolejowego poniżej muru oporowego.



Obliczenia 2.3 i 2.4 - Spełniają wymagania, czyli $F=2,05$ i $2,92$ a wygenerowana powierzchnia poślizgu obejmuje swoim zasięgiem utwory warstwy III, czyli jest bardzo małe prawdopodobieństwo, że grunty łupkowe będą brały udział w ruchach masowych.

Wszystkie obliczenia odzwierciedlają powierzchnie poślizgu zobrazowane na przekrojach I-I' i II-II'. W żadnej symulacji nie stwierdzono możliwości wystąpienia powierzchni poślizgu obejmującej utwory starsze od czwartorzędu. Niemniej jednak występowanie w otworach ślizgów (złustowań) oraz zmiana kąta zapadania utworów skalistych ze stosunkowo łagodnych w stropowych częściach przekrojów do znacznie stromszych w dolnych częściach przekrojów może sugerować, że w przeszłości utwory te mogły brać udział w powierzchniowych ruchach masowych lub też stanowią strefę osłabioną w wyniku procesów fałdowania lub ruchów tektonicznych. Dlatego zaleca się zastosowanie nieco głębszego posadowienia planowanych konstrukcji oporowych obejmującego część złustowań.

Zgodnie z *Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r. w sprawie przedsięwzięć mogących znacząco oddziaływać na środowisko* (Dz.U. 2019 poz. 1839) planowana inwestycja należy do przedsięwzięć, które nie oddziałują znacząco ani potencjalnie na środowisko. W czasie budowy konstrukcji zabezpieczającej będzie emitowany hałas od maszyn i urządzeń budowlanych. Generalnie wpływ inwestycji na środowisko gruntowo-wodne będzie nikły i krótkotrwały.

8. Zalecenia dotyczące budowy zabezpieczenia osuwiska i robót ziemnych

W zależności od wyboru wariantu zabezpieczenia polegającego na wyborze zabezpieczenia tylko drogi gminnej lub wyborze kompleksowego zabezpieczenia łącznie z murem oporowym, należy rozważyć celowość następujących przedsięwzięć:

Wariant I – zabezpieczenie samej drogi bez uwzględnienia zabezpieczenia muru oporowego:

- Budowa kotwionej konstrukcji oporowej spiętej oczepem, posadowionej na palach wierconych na głębokość co najmniej 12,0 m poniżej istniejącego terenu, zlokalizowanej wzdłuż drogi w rejonie chodnika od strony torów.
- Budowa drenażu wraz z odbudową drogi obejmującą wymianę gruntów koluwalnych.
- Wymiana gruntów powinna polegać na wybraniu gruntów koluwalnych a następnie na wbudowaniu w podłoże trzydziestocentymetrowych warstw nasypów (optymalnie niespoistych lub mało spoistych) i ich odpowiednie zagęszczenie do wskaźnika zagęszczenia $I_s=0,99$.
- Założenie monitoringu geodezyjnego na planowanym oczepie konstrukcji oporowej.

Wariant II – zabezpieczenie drogi, istniejącego muru oraz torów kolejowych:

- Budowa kotwionej konstrukcji oporowej posadowionej na głębokości co najmniej 8,0 m poniżej istniejącego terenu od strony torów u podnóża muru wraz z likwidacją lub odbudową istniejącego uszkodzonego muru.
- Odbudowa drenażu.
- Odbudowa nasypu drogowego obejmująca wymianę gruntów koluwalnych.
- Kształtowanie skarpy z nowo wbudowanych i zgęszczonych gruntów.
- Założenie monitoringu geodezyjnego.

Wybór wariantu zabezpieczenia zależeć będzie od obliczeń stateczności stoku po zaproponowanych zabezpieczeniach oraz rachunku ekonomicznego.

9. Informacje o lokalizacji i zasobach złóż kopalin, które mogą być wykorzystane przy wykonywaniu projektowanej inwestycji oraz ich jakości

Na obszarze objętym arkusza Szczegółowej Mapy Geośrodowiskowej Polski w skali 1:50 000 – Rabka (1032) występują 4 udokumentowane złoża. Jednym z nich jest małe złoże „Osielec II”, rozpoznane w sposób uproszczony. W granicach dokumentowania obejmuje ono fragment serii piaskowcowej o miąższości 28,6 m. Kopalina z tego złoża nadaje się na kruszywo drogowe i budowlane oraz kamień łamany. Poza nimi na omawianym obszarze występują jeszcze złoża piaskowców: „Toporzysko-Głaza”, „Toporzysko-Działy” i „Klikuszowa”.

10. Uwagi do paragrafów i punktów zawartych w RMS dotyczące nieuwzględnionych informacji w niniejszej dokumentacji

W związku z Rozporządzeniem Ministra Środowiska „*W sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej*” (Dz.U. poz. 2033 z dnia 18.11.2016) nastąpiła konieczność ustosunkowania się do wytycznych w nim zawartych, a nie umieszczonych w dokumentacji sporządzanej dla niniejszego zagadnienia. W § 19. u. 1. napisano że część opisowa dokumentacji geologiczno-inżynierskiej zawiera:

- punkty od 1) do 8) zostały omówione powyżej.

W § 19. u. 2. część graficzna zawiera:

- w punkcie 1) wykonano mapę topograficzną z lokalizacją badanego terenu (**Zał.1**)
- punkt 2) zrealizowano (**Zał. 2**)
- punkt 3) – zrealizowano (**Zał. 3**)
- punkt 4) – zrealizowano (**Zał.8**), (**Zał.9**)
- punkt 5) – zrealizowano (**Zał.4**)
- Punkt 6) – zrealizowano (**Zał.6**)

Punkty dotyczące dokumentacji sporządzanych dla potrzeb posadawiania obiektów budowlanych § 21. u. 1

- punkty od 1) do 8) zostały omówione powyżej.
- punkt 9) omówiono powyżej i sporządzono (**Zał. 3**).
- punkt 10) omówiono.
- punkt 11) omówiono.
- punkty 12) i 13) zostały omówione powyżej.
- punkt 14) nie dotyczy ze względu, że jest to obszar nie objęty działalnością górnictwem.
- punkt 15) nie dotyczy.
- punkt 16) omówiono.
- punkt 17) zalecono obserwacje geodezyjne na planowanej konstrukcji oporowej

W § 21. u. 2.część graficzna zawiera:

- punkt 1) nie wykonano, ponieważ mapa stropu utworów nośnych (**Zał.3d**) obrazuje spąg utworów słabonośnych.
- punkt 2) wykonano, (**Zał.3c**)
- punkt 3) elementy wymagane w RMS zostały zawarte w (**Zał.3a – mapa geologiczno-inżynierska**). Pierwszy poziom zwierciadła wód gruntowych (ZWG) został zobrazowany w (**Zał.3b**)
- punkt 4) nie wykonano, ponieważ poziom wodonośny jest jeden i obrazuje go (**Zał.3b**).
- punkt 5) nie wykonano ponieważ strop utworów nieprzepuszczalnych nie jest możliwy do jednoznacznego określenia, ze względu na fliszowy charakter górotworu zawierający naprzemianległe warstwy utworów przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych dodatkowo spękanych i zaburzonych tektonicznie oraz przez ruchy masowe.
- punkt 6) nie wykonano ze względu, że ułożenie warstw przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych jest bardzo niejednoznaczne.
- punkt 7) nie wykonano ze względu na fakt iż na głębokości 1 m na całym terenie, na którym ma być zlokalizowana konstrukcja oporowa występują nasypy.
- punkt 8) Wykonano (**Zał.10.**)
- punkt 9) wykonano mapę podłoża nośnego (nie biorącego udziału w ruchach masowych) (**Zał.3d**).

11. Podsumowanie i wnioski

Na podstawie analizy materiałów uzyskanych w trakcie wykonywania badań geologiczno-inżynierskich, stwierdza się co następuje:

- Podłoże badanego terenu pod budowę zabezpieczenia osuwiska przy ulicy Zakopiańskiej w Rabce-Zdroju, charakteryzuje się skomplikowanymi **warunkami gruntowymi**. Ze względu na **występowanie zjawisk geodynamicznych - osuwiskowych** projektowaną inwestycję należy zaliczyć do **trzeciej kategorii geotechnicznej**.
- W ramach niniejszej dokumentacji wykonano badanie wody gruntowej z otworu R-1 na agresywność w stosunku do betonu i stali wg. PN-EN 206-1+A1:2016-12. Badanie wykazało, że **woda jest agresywna w stosunku do betonu w stopniu XA3 ze względu na obecność agresywnego CO₂**. Badana woda wykazuje bardzo niewielkie prawdopodobieństwo wystąpienia korozji stali niestopowych i niskostopowych. Ponadto wykonano badanie wody z wycieku w rejonie rowu powyżej drogi. Badana woda nie wykazała żadnej agresywności w stosunku do betonu i stali.
- Uwzględniając różnice genetyczne i litologiczne gruntów oraz ich stan wyodrębniono **8** warstw geotechnicznych (łącznie z podgrupami).
- Z gruntów naturalnych budujących podłoże, najmniej korzystne parametry ma warstwa IIc, czyli grunty zwięzłe spoiste w stanie plastycznym. W obrębie warstwy IIc rozwinęła się najniższej położona powierzchnia poślizgu osuwiska.
- Z gruntów antropogenicznych budujących podłoże najmniej korzystne parametry charakteryzują warstwy Ib i Ic czyli w stanie plastycznym i miękkoplastycznym.

- Korzystne parametry charakteryzują warstwy III i IV. Warstwy te nie biorą udziału w aktualnie zachodzących ruchach masowych występujących na badanym terenie.
- W obrębie warstwy III i IV stwierdzono liczne powierzchnie zlustrowań (ślizgów), które mogą świadczyć o zaangażowaniu wymienionych utworów w ruchy masowe zachodzące w przeszłości. Nie jest możliwe jednoznaczne określenie czy zlokalizowane strefy osłabień są pochodzenia osuwiskowego czy są pozostałością śladów fałdowania lub ruchów tektonicznych.
- Występowanie stref osłabień (ślizgów) determinuje wykonanie głębszego posadowienia konstrukcji zabezpieczającej, sięgające co najmniej 12,0 m poniżej dzisiejszego poziomu drogi.
- Rozwiązania projektowe powinny zostać poparte odpowiednimi obliczeniami stateczności.
- Zaleca się prowadzenie robót budowlanych pod stałym nadzorem geologicznym.
- Strefa przemarzania na badanym obszarze wynosi $h_z = 1,2 \text{ m}$.
- Obecnie stok jest niestateczny lub na granicy równowagi. Wystąpienie intensywnych długotrwałych opadów może spowodować uaktywnienie ruchów masowych.
- Uwagi zawarte w opinii PIG nr GCG.72.24.2023 zostały wprowadzone do niniejszej dokumentacji. Dotyczy to w szczególności naniesienia na mapę dokumentacyjną (**Zał.2**) obszaru osuwiska oraz wydłużono linie przekroju B-B` tak aby obejmowała całą szerokość osuwiska. Poprawiono przekrój B-B` (**Zał.4.4**) dostosowując do mapy dokumentacyjnej. Na pozostałych przekrojach (**Zał.4**) usunięto szrafury dotyczące upadu warstw, pozostawiając informację tekstową o tendencjach upadu.

12. Literatura i akty prawne

Akty prawne, dokumenty strategiczne na poziomie krajowym:

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 20 grudnia 2011 r. w sprawie korzystania z informacji geologicznej za wynagrodzeniem (Dz. U. 2011 nr 292 poz. 1724)

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i geologiczno-inżynierskiej (Dz. U. 2016 poz. 2033)

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 30 października 2017 r. w sprawie gromadzenia i udostępniania informacji geologicznej (Dz. U. 2017 poz. 2075)

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz. U. 2012 poz. 1247)

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 19 grudnia 2019 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz. U. 2019 poz. 2494)

Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody (Dz. U. 2021 poz. 1098 i 1718, Dz. U. 2022 poz. 84)

Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2022 r., poz. 2556 z zm.)

Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. 2023 r. poz. 633)

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Dz. U. z 2023 r. poz. 155)

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 lipca 2015 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji (Dz. U. 2015 poz. 964)

Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. 2012 poz. 463)

Normy, instrukcje, procedury badawcze:

PN-B-02480:1986 (wycofana) Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów,

PN-B-02481:1998 (wycofana) Geotechnika. Terminologia podstawowa, symbole literowe i jednostki miar

PN-B-04452:2002 (wycofana) Geotechnika. Badania polowe

PN-B-04481:1988 (wycofana) Grunty budowlane. Badania próbek gruntu

PN-EN 1997-2:2009P Projektowanie geotechniczne. Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.

PN-EN ISO 22475-1:2006E Rozpoznanie i badania geotechniczne. Pobieranie próbek metodą wiercenia i odkrywek oraz pomiary wód gruntowych. Część 1: Techniczne zasady wykonywania

PN-EN ISO 14688-1:2018-05 Rozpoznanie i badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczanie i opis.

PN-B-04481:1988 (wycofana) - Grunty budowlane; Badania próbek gruntu.

PN-EN ISO 17892-1:2015 - Rozpoznanie i badania geotechniczne – Badania laboratoryjne gruntów – Część 1 - Oznaczenie wilgotności naturalnej.

DIN 66137-2:2004. Oznaczenie gęstości właściwej.

PN-EN 206-1+A1:2016-12 Beton Cz.1: wymagania, właściwości, produkcja i zgodność. Badania agresywności wody w stosunku do betonu i stali.

Literatura:

Bażyński J. i in., 1999 – Zasady sporządzania dokumentacji geologiczno - inżynierskich. PIG, Warszawa

Boratyn J., Kmiecik M., 2013 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000 – arkusz Rabka (1032), Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

Boratyn J., Kmiecik M., 2022– Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000 – arkusz Rabka (1032), Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

Chowaniec J., Witek K., 1997 – Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 – arkusz Rabka (1032), Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

Chowaniec J., Witek K., 1997 – Objasnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 – arkusz Rabka (1032), Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

Grabowski D. Marciniec P. Mrozek T., Nescieruk P., Rączkowski W., Wójcik A., Zimnal Z. „Instrukcja opracowania mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi” – PIG – autorstwa

„Instrukcja Obserwacji i Badań Osuwisk Drogowych” – Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych – pod redakcją inż. Juliusza Nowackiego - Warszawa 1999

Kondracki J. 2010 – Geografia regionalna Polski, PWN Warszawa

Kos J., 2022 – Karta Rejestracyjna terenu, na którym występują ruchy masowe ziemi (nr ewidencyjny 12-11-124-136127) w miejscowości Rabka-Zdrój, Centrum Zagrożeń PIG-PIB Kraków

Majer E., Sokołowska M., Frankowski Z. (red.) i in. 2018 – Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskiego, PIG Warszawa

Murzyn R., *Opinia Techniczna dotycząca uszkodzenia korpusu ul. Zakopiańskiej w m. Rabka-Zdrój (rejon stacji kolejowej Chabówka)*, GEO-INŻ-BUD – Wiśniowa 2022r.

Skrzypczyk L. (red.) 2010 – Mapa Głównych Zbiorników Wód Podziemnych. PIG, Warszawa

Stupnicka E., Stępień-Sałek M. 2016 - Geologia regionalna Polski, Wyd. UW, Warszawa

Strony internetowe:

baza.pgi.gov.pl

pgi.gov.pl/narodowe-archiwum-geologiczne

atlasy.pgi.gov.pl

geologia.pgi.gov.pl

geoserwis.gdos.gov.pl/mapy/

geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/SOPO/Wyszukaj3