



# **DOKUMENTACJA**

## **GEOLOGICZNO – INŻYNIERSKA**

**określająca warunki geologiczno - inżynierskie dla potrzeb  
stabilizacji osuwiska wraz z odbudową drogi „Wolniki”  
(dz. ewid. Nr 15) w m. Mszalnica w km 0+350 - 0+630**

**Gmina: Kamionka Wielka**

**Powiat: nowosądecki**

**Województwo: małopolskie**

### **Opracowali:**

mgr inż. Piotr Prokopczuk  
Geolog - upr. nr VII-1095  
33-300 N. Sącz, ul. Tarnowska 21  
tel. 444 35 00, kom. 0602 150 287

STAROSTA NOWOSĄDECKI

**ZATWIERDZONO**

dnia... 23.12.2019r.  
znak: 024-IV.0541.109.2019

**Z up. STAROSTY**

mgr inż. Jan Oniś  
DYREKTOR WYDZIAŁU  
Ochr. Środowiska, Rolnictwa i Leśnictwa

**GEOLOG**  
mgr inż. Joanna Krok  
upr. nr VII-1615

**GEOLOG**  
mgr inż. Szymon Prokopczuk  
Upr. nr V-1892.VII-1776  
tel. 18 449 17 19, kom. 606 703 849

**Inwestor: Gmina Kamionka Wielka, 33-334 Kamionka Wielka 5**

Nowy Sącz, październik 2019 r

## **Spis treści:**

1. Wstęp.
2. Wymagania techniczno – budowlane i kategoria geotechniczna obiektu.
  - 2.1. Charakterystyka projektowanego obiektu.
3. Ocena zakresu wykonanych robót geologicznych.
4. Położenie i morfologia terenu.
5. Budowa geologiczna.
6. Charakterystyka warunków wodnych.
7. Charakterystyka warunków geologiczno – inżynierskich.
8. Charakterystyka zjawisk i procesów geodynamicznych terenu dokumentowanych prac.
  - 8.1 Monitoring obiektu.
9. Prognoza zmian warunków geologiczno – inżynierskich oraz wpływ inwestycji na środowisko.
10. Wskazania dotyczące sposobu racjonalnego posadowienia projektowanego obiektu i niezbędnych prac zabezpieczających.
11. Literatura.
12. Wnioski.

**Spis załączników:**

Lokalizacja terenu badań w skali 1 : 25 000	zał.1
Lokalizacja terenu badań w skali 1 : 5 000	zał.2
Mapa dokumentacyjna w skali 1 : 1000	zał.3.1
Mapa geologiczno - inżynierska w skali 1 : 1000	zał.3.2
Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1: 50 000	zał.4
Karty wyrobisk badawczych	zał. 5.1 - 5.6
Przekroje geologiczno - inżynierskie	zał. 6.1 - 6.2
Legenda do przekrojów	zał. 7
Tabelaryczne zestawienie badań laboratoryjnych gruntów	zał. 8
Wyniki badań w aparacie bezpośredniego ścinania	zał. 9.1 - 9.12
Objaśnienia	zał. 10
Karta dokumentacyjna osuwiska wraz z opinią	zał. 11.1-11.2
Decyzja zatwierdzająca projekt robót geologicznych	zał. 12
Karta informacyjna dokumentacji	zał. 13
Opinia Państwowego Instytutu Geologicznego	zał. 14

## **1.Wstęp.**

Dokumentację geologiczno – inżynierską dla potrzeb stabilizacji osuwiska wraz z odbudową drogi „Wolniki” (dz. ewid. Nr 15) w miejscowości Mszalnica w km 0+350 - 0+630 wykonano na zlecenie Inwestora – Gminy Kamionka Wielka, zgodnie z „Projektem robót geologicznych dla określenia warunków geologiczno – inżynierskich dla potrzeb stabilizacji osuwiska wraz z odbudową drogi „Wolniki” (dz. ewid. Nr 15) w miejscowości Mszalnica w km 0+350 - 0+630”, zatwierdzonym przez Starostę Nowosądeckiego, decyzją z dnia 16.08.2019r. znak: ORL-IV.6540.55.2019.

Opracowanie niniejsze wykonano w celu przeprowadzenia rozpoznania i oceny warunków geologiczno – inżynierskich dla potrzeb stabilizacji osuwiska wraz z odbudową drogi „Wolniki” (dz. ewid. Nr 15) w miejscowości Mszalnica w km 0+350 - 0+630 oraz określenia warunków gruntowo - wodnych, fizycznych i mechanicznych cech gruntów, a w szczególności zasięgu i głębokości istniejącego tam osuwiska.

Dokumentację geologiczno – inżynierską opracowano zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2016 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznych i dokumentacji geologiczno – inżynierskich (Dz. U. z dnia 15.12.2016r., poz.2033).

Zgodnie z wytycznymi zawartymi w §19, ust. 2. w/w. rozporządzenia wykonano przekroje geologiczno - inżynierskie i mapę geologiczno - inżynierską. Nie opracowano mapy obszarów zagrożonych podtopieniami ponieważ na omawianym terenie takie obszary nie występują. Nie wykonano również mapy miąższości gruntów słabonośnych ponieważ wszystkie grunty znajdujące się nad płaszczyzną poślizgu uznano jako słabonośne.

W trakcie realizacji zlecenia wykonano mapę sytuacyjno - wysokościową w skali 1 : 500, w rejonie istniejącego osuwiska.

Wiercenia badawcze wykonał Zakład Wiertniczy „SZAT – KOR” z Krosna.

Badania laboratoryjne gruntu wykonał dr inż. Robert Kaczmarczyk w laboratorium AGH w Krakowie jak również wykonano w laboratorium „ProGeo” w Nowym Sączu.

Dokumentację niniejszą opracowano na podstawie:

1. Wizji lokalnych i kartowania geologicznego terenu badań.
2. Pięciu otworów badawczych, pełnordzeniowych, do głębokości maksymalnej 20,0 m ppt i łącznym metrażu 90,0 mb.
3. Jednego wykopu badawczego do głębokości 3,0 m ppt.
4. Polowych, makroskopowych badań prób gruntu.
5. Badań gruntu penetrometrem wciskowym.

6. Badań laboratoryjnych pobranych prób gruntu.
7. Mapy topograficznej w skali 1 : 25 000.
8. Mapy sytuacyjno – wysokościowej w skali 1 : 500.
9. Karty dokumentacyjnej osuwiska Nr 12-10-052-60197 i Nr 12-10-052-84592 wraz z opinią mgr Marcin Wódka, mgr Marta Walatek i inż. Leszek Balicki marzec 2018 r.
10. Instrukcji obserwacji i badań osuwisk drogowych – Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych – Warszawa 1999.
11. Instrukcji opracowania Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10000 – PIG Warszawa 2008.
12. Obecnie obowiązujących norm.

Prace terenowe wykonano w dniach od 30 sierpnia do 7 września 2019 r.

Wyrobiska badawcze wyznaczono w terenie w nawiązaniu do istniejącej zabudowy i szczegółów topograficznych, w oparciu o mapę sytuacyjno - wysokościową w skali 1 : 500. Rzędne terenu w miejscach wyrobisk określono przez niwelację.

## **2. Wymagania techniczno – budowlane i kategoria geotechniczna obiektu.**

Na omawianym terenie przewiduje się stabilizację osuwiska wraz z odbudową drogi „Wolniki” (dz. ewid. Nr 15) w miejscowości Mszalnica w km 0+350 - 0+630.

Wg informacji zawartych w karcie wymagań techniczno – budowlanych oraz analizy warunków geologiczno - inżynierskich, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz. U. z 27.04.2012 r., poz.463) rodzaj projektowanego obiektu oraz skomplikowane warunki geologiczne terenu (osuwisko), na którym projektuje się zabezpieczenie osuwiska powodują, że inwestycję należy zaliczyć go do **trzeciej kategorii geotechnicznej**.

### **2.1. Charakterystyka projektowanego obiektu.**

Na badanym terenie projektuje się stabilizację osuwiska oraz odbudowę drogi „Wolniki” (dz. ewid. Nr 15) w miejscowości Mszalnica na odcinku ok. 280 m. Prace stabilizacyjne będą polegały na odwodnieniu terenu i wykonaniu palowania, a następnie wykonanie nowej nawierzchni.

### **3. Ocena zakresu wykonanych robót geologicznych.**

Celem opracowania zawartym w projekcie robót geologicznych było rozpoznanie warunków geologiczno - inżynierskich i hydrogeologicznych terenu, umożliwiających zabezpieczenie osuwiska. W tym celu na omawianym terenie wykonano roboty geologiczne zgodnie z zatwierdzonym projektem. Wykonano 5 otworów pełno rdzeniowych, do głębokości: 15,0 m otwór Nr O-1 i O-5 i 20,0 m ppt otwór Nr O-2, O-3, O-4 oraz jeden wykop badawczy do głębokości 3,0 m ppt. Otwory rdzeniowane O-1, O-2, O-3, O-4 i O-5 zostały wykonane rdzeniówką podwójną na płuczkę, a wykop wykonany został mechanicznie.

Wszystkie otwory i wykop zostały wykonane do głębokości założonej w Projekcie robót geologicznych.

Otwory O-1, O-2 i O-3 zostały wykonane na działce Nr 15 stanowiącej własność Rejonu Dróg Publicznych w Nowym Sączu z siedzibą ul. Wiśniowieckiego 1, 33-300 Nowy Sącz (Powiatowy Zarząd Dróg w Nowym Sączu ul. Wiśniowieckiego 136, 33-300 Nowy Sącz), otwór O-4 na działce Nr 59/1 stanowiącej własność Jana i Elżbiety Bochenek, zam. Mszalnica 199, 33-334 Mszalnica, a otwór O-5 i odkrywka W-1 na działce Nr 56/2 stanowiącej własność Zuzanny Komperda – Kościelniak, zam. Mszalnica 41a, 33-334 Mszalnica w dzierżawie Piotra Kruczek, zam. Mszalnica 281, 33-334 Mszalnica.

Prace wykonane były pod nadzorem geologa, który na bieżąco wykonywał profilowanie geologiczne przewierconych warstw i pobierał próbki gruntów z otworów badawczych i wykopu oraz prowadził obserwacje hydrogeologiczne. Po wykonaniu wszystkich robót związanych z rozpoznaniem, otwory i wykop zostały zlikwidowane. Likwidacja polegała na zasypaniu gliną i żwirem, z ubijaniem co 20 - 50 cm.

Jednocześnie z wykonywaniem otworów geologicznych i wykopu przeprowadzono kartowanie geomorfologiczne i geologiczno - inżynierskie terenu, w celu ustalenia dokładnych granic osuwiska.

Dla próbek gruntu pobranych z otworów wykonano badania laboratoryjne określające: wilgotność, stopień plastyczności, kąt tarcia wewnętrznego, spójność, gęstość objętościową, oraz wytrzymałość na ściskanie. Wyniki badań zostały przedstawione na Zał.7, Zał.8 i Zał. 9.1 - 9.12.

Wykonane prace umożliwiły właściwą ocenę warunków geologiczno - inżynierskich na potrzeby stabilizacji osuwiska i zabezpieczenia drogi.

#### **4. Położenie i morfologia terenu.**

Badany teren położony jest w północnej części miejscowości Mszalnica, przynależnej administracyjnie do gminy Kamionka Wielka, powiat nowosądecki, województwo małopolskie.

*Teren opracowania położony poza Południowomałopolskim Obszarem Chronionego Krajobrazu i poza obszarami sieci Natura 2000 oraz innymi obszarami chronionymi.*

Opracowanie obejmuje dwa osuwiska zlokalizowane w rejonie przysiółka „Wolniki” w odległości ok. 100 m na północ od drogi krajowej Nr 28 Zator – Medyka w głębi za zabudowaniami mieszkalnymi Nr 30 i 171.

Osuwiska obejmują swoim zasięgiem fragment drogi gminnej ”Wolniki” (dz. ewid. Nr 15).

Osuwisko nr 60197 rozpoczyna się skarpa główną znajdującą się w odległości ok. 60 m na północny – zachód od drogi gminnej i obejmuje swoim zasięgiem środkową i dolną partię zbocza nachylonego generalnie w kierunku południowo – wschodnim tj. w kierunku doliny potoku Zarębianka. Osuwisko rozpoczyna się powyżej drogi gminnej niezbyt wyraźna skarpą główną wysokości do 1,5 m i obejmuje jej fragment na odcinku ok. 110 m, a kończy się czołem o wysokości ok. 5,0 m w korycie potoku. W dolnej części osuwiska występują skarpy wtórne, zagłębienia i nabrzmienia terenu. Osuwisko ma długość ok. 155 m i szerokość ok. 210m, a jego powierzchnia wynosi ok. 2,0 ha. Osuwisko w górnej części jest okresowo - aktywne, a w dolnej aktywne i stanowi zagrożenie dla drogi gminnej i budynku mieszkalnego nr 281. Średni spadek terenu w obrębie osuwiska wynosi ok. 18°. Rzędne terenu w rejonie osuwiska wynoszą ok. 397,0 m n.p.m. w korycie potoku Zarębianka do ok. 426,0 m n.p.m. w rejonie skarpy głównej. Rozpiętość pionowa osuwiska wynosi ok. 29,0 m.

Jest to osuwisko skalno - zwietrzelinowe, insekwentne o miąższości koluwiów 9,9 – 15,8 m.

Dolna część osuwiska uaktywniła się w 2010 r, powodując uszkodzenie odcinka drogi gminnej na długości ok. 60 m i zagrożenie dla budynku mieszkalnego nr 281, który znajduje się w odległości zaledwie kilku metrów od skarpy głównej. Podczas wizji terenowej w lutym 2018r i w maju 2019 stwierdzono nowe zniekształcenia drogi wskazujące na to, że osuwisko w tej części jest nadal aktywne. Czynniki powodującymi występowanie czynnych ruchów osuwiskowych była infiltracja wód opadowych oraz niesprzyjająca budowa geologiczna związana m.in. z występowaniem łupków pstrych w podłożu.

Aktualnie droga jest przejezdna, natomiast na skutek długotrwałych opadów deszczu lub wiosennych roztopów może dojść do dalszego rozwoju ruchów mas ziemnych, możliwe jest

powstanie kolejnych powierzchni ścięcia, i całkowitego zniszczenia drogi jak również do uszkodzenia budynku mieszkalnego nr 281. Możliwe jest również zatamowanie koryta potoku materiałem koluwalnym.

Osuwisko nr 84592 obejmuje lej źródłowy i rozpoczyna się zerodowaną przez spływy powierzchniowe skarpą główną wysokości 5,0 m, a kończy się czołem o wysokości ok. 4,0 m w korycie potoku. W górnej i środkowej części osuwiska widoczne są deformacje terenu które wskazują na przemieszczenia gruntów i skał, a w dolnej części osuwiska rzeźba jest mniej wyraźna. Osuwisko ma długość ok. 140 m i szerokość ok. 55 m, a jego powierzchnia wynosi ok. 0,44 ha. Osuwisko w górnej części jest okresowo - aktywne, a w dolnej części nieaktywne. Średni spadek terenu w obrębie osuwiska wynosi ok. 24<sup>0</sup>. Rzędne terenu w rejonie osuwiska wynoszą ok. 403,0 m n.p.m. w korycie potoku Zarębianka do ok. 432,0 m n.p.m. w rejonie skarpy głównej. Rozpiętość pionowa osuwiska wynosi ok. 29,0 m.

Jest to osuwisko skalno - zwietrzelinowe, zsuw, insekwentne o szacowanej miąższości koluwiów 12 m. Przez dolną część osuwiska przebiega droga gminna, w obrębie której podczas wizji terenowej w lutym 2018 roku oraz maju 2019 nie stwierdzono uszkodzeń. W przypadku dalszych aktywności po intensywnych opadach deszczu i roztopach możliwe jest uszkodzenie drogi lub zasypanie jej przez koluwia.

## **5. Budowa geologiczna.**

Badany teren położony jest w obrębie jednej z jednostek tektonicznych Karpat Zewnętrznych – płaszczowiny magurskiej, w jej strefie facjalnej zwanej raczańską. Zbudowana jest ona ze skał osadowych wieku kredowego i paleogeńskiego, składających się z naprzemianległych piaskowców i łupków typowych utworów fliszowych. Na omawianym terenie w podłożu występują łupki pstre wieku paleoceńsko – eoceńskiego oraz piaskowce cienkoławicowe i łupki – warstw hieroglifowych, wieku eoceńskiego. Wg Kart dokumentacyjnych osuwiska zaleganie warstw jest zmienne 40/50 (zaburzenia fałdowe).

Na podstawie wykonanych wierceń stwierdzono, że podłoże paleogeńskie wykształcone jest w postaci łupka ilastego z cienkimi przewarstwieniami piaskowca. Na podstawie pomiarów kąta w rdzeniu wiertniczym podłoże łupkowe zapada pod kątem ok. 45-85<sup>0</sup>. Występowanie podłoża skalnego stwierdzono we wszystkich otworach badawczych od głębokości: 9,9 m ppt w otworze O-1; 13,4 m ppt w otworze O-2; 15,8 m ppt w otworze O-3; 14,6 m ppt w otworze O-4; 12,5 m ppt w otworze O-5 i 2,2 m ppt w wykopie W-1.

.



Utwory paleogeńskie głębszego podłoża przykryte są zwietrzelinowymi osadami czwartorzędowymi, wykształconymi w postaci zwietrzelin „in situ” (poza terenem osuwiska) oraz koluwalnych glin i rumoszy gliniastych. Na zboczach pokrywa czwartorzędowa posiada zmienną miąższość uzależnioną głównie od kąta nachylenia zbocza. Na zboczach stromych jest ona mniejsza i wykazuje tendencję do zsuwania się i tworzenia spływów powierzchniowych warstw gruntu.

W wykonanych otworach badawczych w obrębie osuwiska stwierdzono występowanie antropogenicznych nasypów drogowych oraz koluwalnych glin pylastych miejscami z domieszką okruchów piaskowca, glin zwięzłych, glin przewarstwionych glina zwięzłą, pyłów piaszczystych, namulów gliniastych przewarstwionych pyłem z domieszką humusu, rumoszy i rumoszy gliniastych łupkowych, łupkowo – piaskowcowych, a także pakietów łupkowo – piaskowcowych i łupkowych.

Wśród rumoszy gliniastych występują okruchy głównie łupka i piaskowca wielkości 5 - 10 cm w ilości 80 - 90%. Na podstawie wykonanych wierceń miąższość koluwiów wynosi 9,9 – 15,8 m.

W obrębie utworów koluwalnych we wszystkich otworach badawczych zaobserwowano powierzchnie poślizgu. Zaobserwowane powierzchnie poślizgu wystąpiły na głębokości:

- 5,7 m ppt – kąt  $72^{\circ}$  w otworze Nr O-1;
- 9,9 m ppt – kąt  $45^{\circ}$  w otworze Nr O-1;
- 9,9 m ppt – kąt  $65^{\circ}$  w otworze Nr O-2;
- 10,3 m ppt – kąt  $52^{\circ}$  w otworze Nr O-2;
- 12,7 m ppt – kąt  $62^{\circ}$  w otworze Nr O-2;
- 13,4 m ppt – kąt  $20^{\circ}$  w otworze Nr O-2;
- 8,8 m ppt – kąt  $34^{\circ}$  w otworze Nr O-3;
- 15,8 m ppt – kąt  $25^{\circ}$  w otworze Nr O-3;
- 8,4 m ppt – kąt  $45^{\circ}$  w otworze Nr O-4;
- 9,3 m ppt – kąt  $41^{\circ}$  w otworze Nr O-4;
- 13,3 m ppt – kąt  $33^{\circ}$  w otworze Nr O-4;
- 14,6 m ppt – kąt  $50^{\circ}$  w otworze Nr O-4;
- 8,4 m ppt – kąt  $55^{\circ}$  w otworze Nr O-5;
- 9,6 m ppt – kąt  $22^{\circ}$  w otworze Nr O-5;
- 12,4 m ppt – kąt  $20^{\circ}$  w otworze Nr O-5.

Na omawianym terenie ruchami osuwiskowymi zostały objęte zarówno utwory paleogeńskie jak i przykrywające je zboczowe utwory czwartorzędowe. Ruch mas ziemnych po zboczu występuje głównie na głębokości stropu podłoża skalnego, w obrębie rumoszy gliniastych łupkowych i łupkowo - piaskowcowych. Powierzchnią poślizgu jest tutaj powierzchnia stropu przewarstwień skały łupkowej, na których gromadzi się warstwa wody gruntowej. Woda ta powoduje nadmierne nawilgocenie gliniasto – rumoszowych utworów pokrywy zwietrzelinowej, utratę ich spójności i ruch w dół zbocza.

Powierzchnie poślizgu naniesiono na przekrojach geologicznych. Przebieg najniższej z powierzchni można traktować jako pewny i określa ona głębokość osuwiska. Pozostałe powierzchnie poślizgu stanowią interpretację graficzną związaną z morfologią terenu jak i występowaniem powierzchni poślizgu w rdzeniu wiertniczym. Ich przebieg należy traktować jako orientacyjny.

## **6. Charakterystyka warunków wodnych.**

Wody powierzchniowe na omawianym terenie reprezentowane są przez potok Zarębianka przepływający u podnóża czoła osuwisk. Potok ten w okresie wezbrań powodziowych pocina czoło osuwiska. Na omawiany teren następuje napływ wód opadowych i roztopowych, spływających z wyższej partii zbocza tj. od strony północno zachodniej.

Warunki hydrogeologiczne są ściśle związane z budową geologiczną. Występują tutaj dwa horyzonty wód gruntowych: głęboki paleogeński i płytki czwartorzędowy.

Wody horyzontu paleogeńskiego zawarte są w szczelinach spękań piaskowców i łupków fliszowych podłoża skalnego. Ilość jej uzależniona jest od ilości i wielkości szczelin piaskowca kontaktujących się ze sobą i jego porowatości. Warstwy łupkowe są praktycznie bezwodne. Wody horyzontu tego wypływają na powierzchnię w miejscach wychodni warstw tworząc źródła i podmokłości.

Na terenie zboczy woda gruntowa horyzontu czwartorzędowego występuje w postaci sączeń w obrębie rumoszowo – gliniastych utworów pokrywy zwietrzelinowej. Sączenia te zasilane są głównie wodami infiltracyjnymi opadowymi oraz wodami horyzontu mioceńskiego wypływającymi z podłoża skalnego. Ilość i wydajność tych sączeń jest w bardzo dużym stopniu uzależniona od pór roku. W mokrych jego okresach zarówno ilość jak i wydajność sączeń wielokrotnie się zwiększają i wtedy występują praktycznie w całym profilu gruntowym czwartorzędowej pokrywy zwietrzelinowej. Większość sączeń grupuje się w przyspągowej partii zwietrzeliny, na styku tej warstwy z podłożem skalnym lub na styku

nasypu i podłoża skalnego. Powodują one bardzo często nadmierne nawilgocenie gliniasto - rumoszewego gruntu i tym samym utratę jego spójności, i co za tym idzie – zsuwanie się mas ziemnych po zboczach i powstanie osuwisk i spływów powierzchniowych warstw gruntu.

W otworze badawczym O-5 stwierdzono występowanie ścieżek wody gruntowej na głębokości 2,8 m ppt.

## **7. Charakterystyka warunków geologiczno – inżynierskich.**

Na podstawie wykonanych badań polowych i laboratoryjnych prób gruntów, w oparciu o obowiązujące normy oraz uwzględniając genezę i stratyografię, zalegające w podłożu grunty zaliczono do ośmiu warstw geotechnicznych.

**Do warstwy I** zaliczono antropogeniczne, koluwalne nasypy drogowe o barwie popielatej. Nasyp drogowy zbudowany jest głównie z okruchów piaskowca, łupka, gliny i żwiru. Występowanie warstwy I stwierdzono w dwóch otworach badawczych bezpośrednio od powierzchni terenu do głębokości: 0,3 m ppt w otworze Nr O-2 i 3,0 m ppt w otworze Nr O-3.

Dla warstwy tej nie określono parametrów fizyko – mechanicznych.

**Do warstwy II** zaliczono aluwialne twar doplastyczne żwiry gliniaste o barwie brązowej. Występowanie warstwy II stwierdzono jedynie w wykopie badawczym W-1 na głębokości: 0,3 – 2,2 m ppt.

Dla warstwy II określono parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna	$W_n = 9,3 \%$
- gęstość objętościowa	$\rho = 2,20 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień plastyczności	$I_L = 0,12$
	(stan twar doplastyczny)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 16^0$
- kohezja	$C_u = 21 \text{ kPa}$
- moduł odkształcenia pierwotnego	$E_o = 25 \text{ 000 kPa}$

**Do warstwy IIIA** zaliczono koluwalne twar doplastyczne gliny pylaste miejscami z domieszką okruchów piaskowca, gliny zwięzłe i gliny przewarstwione gliną zwięzłą o barwie brązowej, popielatej i brązowo - szarej. Występowanie warstwy IIIA stwierdzono w czterech otworach badawczych na głębokości:

- 0,0 – 1,0 i 1,5 – 1,8 m ppt w otworze O-1;
- 0,3 – 1,0 i 2,5 – 3,6 m ppt w otworze O-2;
- 0,0 – 1,0 m ppt w otworze O-4;
- 0,3 – 1,0 i 6,0 – 7,0 m ppt w otworze O-5.

Dla warstwy IIIA określono parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna	$W_n = 16,4 - 18,12 \%$
- gęstość objętościowa	$\rho = 2,10-2,15 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień plastyczności	$I_L = 0,10-0,20$ (stan twardoplastyczny)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 13,2-18,3^\circ$
- kohezja	$C_u = 19 - 61,8 \text{ kPa}$
- moduł odkształcenia pierwotnego	$E_o = 21\ 000 - 26\ 000 \text{ kPa}$

**Do warstwy IIIB** zaliczono koluwalne plastyczne gliny pylaste miejscami z domieszką okruchów piaskowca o barwie brązowej i popielatej. Występowanie warstwy IIIB stwierdzono w trzech otworach badawczych na głębokości:

- 1,0 – 1,5 i 1,8 – 2,6 m ppt w otworze O-1;
- 1,4 – 2,5 m ppt w otworze O-2;
- 1,0 – 2,4 m ppt w otworze O-5.

Dla warstwy IIIB określono parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna	$W_n = 25,1 - 25,6 \%$
- gęstość objętościowa	$\rho = 2,0 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień plastyczności	$I_L = 0,28-0,40$ (stan plastyczny)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 11-13^\circ$
- kohezja	$C_u = 11 - 15 \text{ kPa}$
- moduł odkształcenia pierwotnego	$E_o = 13\ 000 - 17\ 000 \text{ kPa}$

**Do warstwy IIIC** zaliczono koluwalne miękkoplastyczne gliny pylaste o barwie brązowej. Występowanie warstwy IIIC stwierdzono jedynie w otworze badawczym O-5 na głębokości: 2,4 – 2,7 m ppt.

Dla warstwy IIIC określono parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna	$W_n = 32,4 \%$
- gęstość objętościowa	$\rho = 1,90 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień plastyczności	$I_L = 0,52$ (stan miękkoplastyczny)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 9^\circ$
- kohezja	$C_u = 8 \text{ kPa}$
- moduł odkształcenia pierwotnego	$E_o = 11\,000 \text{ kPa}$

**Do warstwy IVA** zaliczono koluwalne zwarte pyły piaszczyste z pojedynczymi okruchami piaskowca o barwie brązowej. Występowanie warstwy IVA stwierdzono jedynie w otworze badawczym O-2 na głębokości: 1,0 – 1,4 m ppt.

Dla warstwy IIIC określono parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna	$W_n = 14,59 \%$
- stopień plastyczności	(stan zwarty)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 20,8^\circ$
- kohezja	$C_u = 43,7 \text{ kPa}$

**Do warstwy IVB** zaliczono koluwalne półzwarte pyły piaszczyste o barwie popielatej. Występowanie warstwy IVB stwierdzono jedynie w otworze badawczym O-1 na głębokości: 2,6 – 3,0 m ppt.

Dla warstwy IVB określono parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna	$W_n = 13,7 - 14,0 \%$
- gęstość objętościowa	$\rho = 2,15 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień plastyczności	$I_L < 0$ (stan półzwarty)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 18 - 20,1^\circ$
- kohezja	$C_u = 30 - 88,4 \text{ kPa}$
- moduł odkształcenia pierwotnego	$E_o = 34\,000 \text{ kPa}$

**Do warstwy IVC** zaliczono koluwalne twardoplastyczne pyły piaszczyste o barwie brązowej i popielatej. Występowanie warstwy IVC stwierdzono jedynie w otworze badawczym O-5 na głębokości: 2,4 – 2,7 i 3,7 – 4,4 m ppt.

Dla warstwy IVC określono parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna	$W_n = 18 - 19,37 \%$
- gęstość objętościowa	$\rho = 2,10 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień plastyczności	$I_L = 0,10-0,12$ (stan twardoplastyczny)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 16 - 22^0$
- kohezja	$C_u = 16,1 - 22 \text{ kPa}$
- moduł odkształcenia pierwotnego	$E_o = 25\ 000 - 26\ 000 \text{ kPa}$

**Do warstwy IVD** zaliczono koluwalne plastyczne pyły piaszczyste o barwie popielatej. Występowanie warstwy IVD stwierdzono jedynie w otworze badawczym O-5 na głębokości: 3,0 – 3,7 m ppt.

Dla warstwy IVD określono parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna	$W_n = 20,3 \%$
- gęstość objętościowa	$\rho = 2,05 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień plastyczności	$I_L = 0,28$ (stan plastyczny)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 13^0$
- kohezja	$C_u = 15 \text{ kPa}$
- moduł odkształcenia pierwotnego	$E_o = 17\ 000 \text{ kPa}$

**Do warstwy VA** zaliczono koluwalne plastyczne namuły gliniaste przewarstwione pyłem z domieszka humusu o barwie popielatej. Występowanie warstwy VA stwierdzono jedynie w otworze badawczym O-5 na głębokości: 5,5 – 6,0 m ppt.

Dla warstwy VA określono parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna	$W_n = 25,1 - 25,2 \%$
- gęstość objętościowa	$\rho = 2,0 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień plastyczności	$I_L = 0,40$

	(stan plastyczny)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 11^0$
- kohezja	$C_u = 11 \text{ kPa}$
- moduł odkształcenia pierwotnego	$E_o = 13\,000 \text{ kPa}$

**Do warstwy VB** zaliczono koluwalne miękkoplastyczne namuły gliniaste przewarstwione pyłem z domieszką humusu o barwie popielatej. Występowanie warstwy VB stwierdzono jedynie w otworze badawczym O-5 na głębokości: 4,4 – 5,5 m ppt.

Dla warstwy VB określono parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna	$W_n = 32,2 \%$
- gęstość objętościowa	$\rho = 1,90 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień plastyczności	$I_L = 0,52$
	(stan miękkoplastyczny)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 9^0$
- kohezja	$C_u = 8 \text{ kPa}$
- moduł odkształcenia pierwotnego	$E_o = 11\,000 \text{ kPa}$

**Do warstwy VIA** zaliczono koluwalne twardoplastyczne i półzwarte rumosze gliniaste łupkowe i łupkowo - piaskowcowe o barwie brązowo – szarej, popielatej, czerwonej i czerwono - brązowej. Okruchy łupka i piaskowca posiadają wielkość do 10 cm i występują w ilości 80 - 85%. Materiał wypełniający stanowi il. Występowanie warstwy VI stwierdzono w trzech otworach badawczych na głębokości:

- 3,0 – 6,2 i 8,8 – 9,9 m ppt w otworze Nr O-1;
- 3,0 – 5,5 m ppt w otworze Nr O-3;
- 7,0 – 10,2 m ppt w otworze Nr O-5.

Dla warstwy VIA określono laboratoryjnie parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna	$W_n = 14,35 - 35,46 \%$
- gęstość objętościowa	$\rho = 2,00 - 2,15 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień plastyczności	$I_L < 0 - 0,15$
	(stan twardoplastyczny do półzwartego)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 14,3 - 17,4^0$
- kohezja	$C_u = 64,7 - 101,5 \text{ kPa}$
- moduł odkształcenia pierwotnego	$E_o = 23\,000 \text{ kPa}$

**Do warstwy VIB** zaliczono koluwalne zwarte rumosze gliniaste łupkowe i łupkowo - piaskowcowe o barwie czerwono – szarej, popielatej i czerwonej. Okruchy łupka i piaskowca posiadają wielkość do 5-10 cm i występują w ilości 85 - 90%. Materiał wypełniający stanowił. Występowanie warstwy VIB stwierdzono w czterech otworach badawczych na głębokości:

- 3,6 – 13,4 m ppt w otworze Nr O-2;
- 5,5 – 15,8 m ppt w otworze Nr O-3;
- 1,0 – 14,6 m ppt w otworze Nr O-4;
- 10,2 – 12,5 m ppt w otworze Nr O-5.

Dla warstwy VIB określono laboratoryjnie parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna	$W_n = 9,34 - 15,61 \%$
- stopień plastyczności	zwarty
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 20,0 - 21,8^\circ$
- kohezja	$C_u = 79,8 - 182,0 \text{ kPa}$
- wytrzymałości na ściskanie	$R_c = 1,23 - 2,31 \text{ MN/m}^2$

**Do warstwy VII** zaliczono koluwalne zagęszczone rumosze piaskowcowo - łupkowe o barwie brązowo - szarej. Rumosze piaskowcowo - łupkowe zbudowane są z okruchów piaskowca i łupka wielkości do 10 cm i występują w ilości 98%. Występowanie warstwy VII stwierdzono jedynie w otworze badawczym Nr O-1 na głębokości: 6,2 – 8,8 m ppt.

Dla warstwy VII określono laboratoryjnie parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna	$W_n = 9,1 - 9,4 \%$
- gęstość objętościowa	$\rho = 2,20 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień zagęszczenia	$I_D = 0,50$ (stan średniozagęszczony)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 38^\circ$
- moduł odkształcenia pierwotnego	$E_o = 135 \text{ 000 kPa}$

**Do warstwy VIII** zaliczono podłoże skalne, wykształcone w postaci łupka ilastego miejscami przewarstwionego cienkimi ok. 2-5 cm warstwami piaskowca o barwie ciemnoszarej, czerwono – szarej, szaro – czerwonej, czerwonej i popielatej. Łupek ilasty zapada pod kątem 45 – 85 stopni. Występowanie skały miękkiej stwierdzono we wszystkich otworach badawczych i wykopie na głębokości:



- 9,9 – 15 m ppt w otworze Nr O-1;
- 13,4 – 20,0 m ppt w otworze Nr O-2;
- 15,8 – 20,0 m ppt w otworze Nr O-3;
- 14,6 – 20,0 m ppt w otworze Nr O-4;
- 12,5 – 15,0 m ppt w otworze Nr O-5;
- 2,2 – 3,0 m ppt w wykopie Nr W-1.

Dla warstwy VIII określono laboratoryjnie parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna	$W_n = 9,12 - 12,90 \%$
- wytrzymałość na ściskanie	$R_c = 1,64 - 3,96 \text{ MN/m}^2$

### **8. Charakterystyka zjawisk i procesów geodynamicznych terenu dokumentowanych prac.**

Opracowanie obejmuje dwa osuwiska nr 60197 i nr 84592 zlokalizowane w rejonie przysiółka „Wolniki”.

Osuwisko nr 60197 rozpoczyna się skarpa główną znajdującą się w odległości ok. 60 m na północny – zachód od drogi gminnej i obejmuje swoim zasięgiem środkową i dolną partię zbocza nachylonego generalnie w kierunku południowo – wschodnim tj. w kierunku doliny potoku Zarębianka. Osuwisko rozpoczyna się powyżej drogi gminnej skarpią główną wysokości 1,5 m i obejmuje jej fragment na odcinku ok. 110 m, a kończy się czołem o wysokości ok. 5,0 m w korycie potoku. W dolnej części osuwiska występują skarpy wtórne, zagłębienia i nabrzmienia terenu. Osuwisko ma długość ok. 155 m i szerokość ok. 210m, a jego powierzchnia wynosi ok. 2,0 ha. Osuwisko w górnej części jest okresowo - aktywne, a w dolnej aktywne i stanowi zagrożenie dla drogi gminnej i budynku mieszkalnego nr 281. Średni spadek terenu w obrębie osuwiska wynosi ok.  $18^0$ . Rzędne terenu w rejonie osuwiska wynoszą ok. 397,0 m n.p.m. w korycie potoku Zarębianka do ok. 426 m n.p.m. w rejonie skarpy głównej. Rozpiętość pionowa osuwiska wynosi ok. 29,0 m.

Jest to osuwisko skalno - zwietrzelinowe, insekwentne o miąższości koluwiów 9,9 – 15,8 m.

Dolna część osuwiska uaktywniła się w 2010 r, powodując uszkodzenie odcinka drogi gminnej na długości ok. 60 m i zagrożenie dla budynku mieszkalnego nr 281, który znajduje się w odległości zaledwie kilku metrów od skarpy głównej. Podczas wizji terenowej w lutym 2018r i w maju 2019 stwierdzono nowe zniekształcenia drogi wskazujące na to, że osuwisko w tej części jest nadal aktywne. Czynniki powodującymi występowanie czynnych ruchów

osuwiskowych była infiltracja wód opadowych oraz niesprzyjająca budowa geologiczną związana m.in. z występowaniem łupków pstrych w podłożu.

Aktualnie droga jest przejezdna, natomiast na skutek długotrwałych opadów deszczu lub wiosennych roztopów może dojść do dalszego rozwoju ruchów mas ziemnych, możliwe jest powstanie kolejnych powierzchni ścięcia, i całkowitego zniszczenia drogi jak również do uszkodzenia budynku mieszkalnego nr 281. Możliwe jest również zatamowanie koryta potoku materiałem koluwalnym.

Osuwisko nr 84592 obejmuje lej źródłowy i rozpoczyna się zerodowaną przez spływy powierzchniowe skarpą główną wysokości 5,0 m, a kończy się czołem o wysokości ok. 4,0 m w korycie potoku. W górnej i środkowej części osuwiska widoczne są deformacje terenu które wskazują na przemieszczenia gruntów i skał, a w dolnej części osuwiska rzeźba jest mniej wyraźna. Osuwisko ma długość ok. 140 m i szerokość ok. 55 m, a jego powierzchnia wynosi ok. 0,44 ha. Osuwisko w górnej części jest okresowo - aktywne, a w dolnej części nieaktywne. Średni spadek terenu w obrębie osuwiska wynosi ok. 24<sup>0</sup>. Rzędne terenu w rejonie osuwiska wynoszą ok. 403,0 m n.p.m. w korycie potoku Zarębianka do ok. 432,0 m n.p.m. w rejonie skarpy głównej. Rozpiętość pionowa osuwiska wynosi ok. 29,0 m.

Jest to osuwisko skalno - zwietrzelinowe, zsuw, insekwentne o szacowanej miąższości koluwiów 12 m. Przez dolną część osuwiska przebiega droga gminna, w obrębie której podczas wizji terenowej w lutym 2018 roku oraz maju 2019 nie stwierdzono uszkodzeń. W przypadku dalszych aktywności po intensywnych opadach deszczu i roztopach możliwe jest uszkodzenie drogi lub zasypanie jej przez koluwia.

### **8.1 Monitoring obiektu.**

W chwili prowadzenia robót geologicznych w rejonie spękanej drogi nie prowadzono monitoringu. Po wykonaniu prac stabilizacyjnych wskazane jest prowadzenia okresowego monitoringu geodezyjnego w obrębie korpusu drogi, w celu określenia ewentualnych przemieszczeń pionowych i poziomych.

## **9. Prognoza zmian warunków geologiczno – inżynierskich oraz wpływu inwestycji na środowisko.**

Projektowane prace zabezpieczające mają na celu wyeliminowanie zagrożeń dla stateczności korpusu drogi przed ewentualnymi dalszymi ruchami. W przypadku odwodnienia terenu spowodują poprawę parametrów fizyko - mechanicznych gruntów, powodując korzystną zmianę warunków geologiczno - inżynierskich.

Przyszłe prace nie zmieniają w istotny sposób warunków hydrologicznych mogących mieć szkodliwy wpływ dla środowiska w tym szczególnie dla wód podziemnych. Prace budowlane należy prowadzić w sposób uniemożliwiający skażenie gruntów i wód. Do celów stabilizacyjnych preferować należy miejscowe kruszywa naturalne. Najbliżej miejsca badań położone jest złożo kamieni drogowych i budowlanych - Cieniawa. W czasie wykonywania prac stabilizacyjnych do środowiska gruntowo – wodnego nie będą wprowadzane żadne substancje mogące wpłynąć na pogorszenie stanu tego środowiska.

#### **10. Wskazania dotyczące sposobu racjonalnego posadowienia projektowanego obiektu i niezbędnych prac zabezpieczających.**

Całe osuwisko posiada powierzchnię ok. 2,44 ha. Osuwisko jest w większości aktywne o czym świadczą pęknięcia i obniżenia jezdni. Maksymalna głębokość osuwiska w rejonie drogi wynosi 15,8 m. W związku z brakiem możliwości przeniesienia drogi gminnej poza teren osuwiska niezbędne jest zabezpieczenie drogi oraz zbocza przed osuwaniem.

**W celu zabezpieczenia osuwiska zaleca się:**

- **utrzymanie drożności i poprawienie szczelności rowu przydrożnego, biegnącego po zachodniej stronie drogi,**
- **odprowadzenie wód z rowu przepustem pod drogą do koryta potoku Zarębianka rurociągiem szczelnym,**
- **wykonanie w korpusie drogi pali z osadzeniem ich ok. 3,0 m w podłożu skalnym,**
- **ubezpieczenie brzegu potoku Zarębianka przed erozją boczną poprzez wykonanie opaski z koszy siatkowo – kamiennych,**
- **wykonanie nowej nawierzchni drogi na odcinku ok. 60 m.**

#### **11. Literatura.**

1. Z. Paul - Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1: 50 000 arkusz 1036 – Grybów, PIG 1991r.
2. L. Bober, K. Thiel, L. Zabuski – Zjawiska osuwiskowe w Polskich Karpatach Fliszowych, IBW PAN Gdańsk 1997.
3. B. Radwanek - Bąk, M. Kawulak, P. Marciniak, M. Nieć, R. Patorski – Mapa Geośrodowiskowa Polski Plansza A w skali 1 : 50 000, arkusz 1036 – Grybów, PIG, 2003 r.

4. Instrukcja opracowania Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10000 – PIG Warszawa 2008.
5. P. Marciniak, S. Lisicki, I. Laskowicz, J. Rubinkiewicz, D. Grabowski i A. Biel - Mapa osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1 : 10 000 dla gminy Kamionka Wielka wraz z objaśnieniami, PIG 2014.
6. Marcin Wódka, Marta Walatek i Leszek Balicki, Karty dokumentacyjne osuwisk Nr 12-10-052-60197 i Nr 12-10-052-84592 wraz z opinią, PIG, marzec 2018r.

## **12. Wnioski.**

1. Na podstawie kartowania w terenie oraz wykonanych wyrobisk badawczych, stwierdza się występowanie w ciągu drogi „Wolniki” w km 0+350 – 0+630 w miejscowości Mszalnica dwóch osuwisk. Osuwisko nr 60197 ma długość ok. 155 m i szerokość ok. 210 m i jest aktywne na ok. 50 m odcinku drogi gminnej i okresowo aktywne na odcinku 60 m drogi. Osuwisko nr 84592 ma długość ok. 140 m i szerokość ok. 55 m i jest nieaktywne na odcinku 55 m drogi gminnej. Zasięg osuwiska zaznaczono na załączniku graficznym Nr 3.1 i 3.2.
2. Osuwisko nr 60197 rozpoczyna się skarpą główną znajdującą się nad drogą gminną a kończy w rejonie potoku Zarębianka, natomiast osuwisko nr 84592 rozwinęło się w leju źródłowym i rozpoczyna się zerodowaną przez spływy powierzchniowe skarpą główną a czoło osuwiska sięga potoku.
3. Ruchami osuwiskowymi objęte zostały utwory czwartorzędowe i nasypy drogowe. Jest to osuwisko skalno – zwietrzelinowe, insekwentne o miąższości koluwiów w obrębie drogi 9,9 – 15,8 m.
4. Dolna część osuwiska Nr 60197 uaktywniła się w 2010r. powodując uszkodzenie odcinka drogi gminnej na długości ok. 50 m i zagrożenie dla budynku mieszkalnego nr 281, który znajduje się w odległości zaledwie kilku metrów od skarpy głównej. Podczas wizji terenowej w lutym 2018r i w maju 2019 stwierdzono nowe zniekształcenia drogi wskazujące na to, że osuwisko w tej części jest nadal aktywne.
5. Bezpośrednią przyczyną uaktywnienia się osuwiska było nadmierne nawilgocenie gruntu czwartorzędowej pokrywy gliniasto – rumoszowej, w czasie intensywnych opadów deszczu, powodujące osłabienie parametrów fizyko – mechanicznych

- gruntów oraz niesprzyjająca budowa geologiczną związana m.in. z występowaniem łupków pstrych w podłożu.
6. Wpływ na stateczność zbocza ma znaczny napływ wód opadowych z wyższej partii stoku, złe odprowadzanie wód z stoku i drogi oraz podcinanie zbocza przez wody potoku Zarębianka.
  7. Podłoże gruntowe w obrębie osuwiska budują antropogeniczne nasypy drogowe koluwalne gliny pylaste miejscami z domieszką okruchów piaskowca, gliny zwięzłe, gliny przewarstwione gliną zwięzłą, pyły piaszczyste i namuły gliniaste oraz rumosze i rumosze gliniaste łupkowe i łupkowo - piaskowcowe, a także podłoże skalne łupkowe opisane w rozdziale siódmym niniejszej dokumentacji. Warstwy podłoża skalnego w otworach badawczych zapadają pod kątem 45 - 85°.
  8. Wśród utworów koluwalnych zaobserwowano piętnaście powierzchni poślizgu. Najgłębszą z nich stwierdzono w otworze Nr O-3 na głębokości: 15,8 m ppt.
  9. W otworze badawczym Nr O-5 stwierdzono występowanie sączeń wody gruntowej na głębokości 2,8 m ppt.
  10. W przypadku dalszego rozwoju ruchów mas ziemnych możliwe jest całkowite zniszczenie drogi gminnej.
  11. **W celu zabezpieczenia zbocza i drogi przed osuwaniem zaleca się:**
    - utrzymanie drożności i poprawienie szczelności rowu przydrożnego, biegnącego po zachodniej stronie drogi,
    - odprowadzenie wód z rowu przepustem pod drogą do koryta potoku Zarębianka rurociągiem szczelnym,
    - wykonanie w korpusie drogi pali z osadzeniem ich ok. 3,0 m w podłożu skalnym,
    - ubezpieczenie brzegu potoku Zarębianka przed erozją boczną poprzez wykonanie opaski z koszy siatkowo – kamiennych,
    - wykonanie nowej nawierzchni drogi na odcinku ok. 60 m.
  12. W związku ze znaczną głębokością osuwiska dochodzącą w rejonie drogi do 15,8 m, jego stabilizacja jest bardzo kosztowna.
  13. Niniejszą dokumentację należy złożyć do zatwierdzenia przez Starostę Powiatu Nowosądeckiego.



*Fot. 1 - Rdzeń wiertniczy otworu O-1.*





*Fot. 2 - Rdzeń wiertniczy otworu O-2.*





*Fot. 3 - Rdzeń wiertniczy otworu O-2 c.d.*





*Fot. 4 - Rdzeń wiertniczy otworu O-3.*



*Fot. 5 - Rdzeń wiertniczy otworu O-3 c.d.*





*Fot. 6 - Rdzeń wiertniczy otworu O-4.*





*Fot. 7 - Rdzeń wiertniczy otworu O-4 c.d.*





Fot.8 – Rdzeń wiertniczy otworu O-5.





*Fot. 9 – Deformacje i spękania drogi gminnej w obrębie osuwiska nr 60197.*



*Fot. 10 – Szczelina w drodze gminnej w aktywnej części osuwiska nr 60197.*