

**DOKUMENTACJA**  
**GEOLOGICZNO – INŻYNIERSKA**  
**dla potrzeb stabilizacji osuwiska wraz z odbudową**  
**drogi gminnej:**  
**Nawojowa – Popardowa Niżna w km 1+100 – 1+300,**  
**Frycowa - Popardowa Wyżna w km 1+850 – 2+040**  
**w miejscowości Popardowa**

Gmina: Nawojowa

Powiat: nowosądecki

**Województwo: małopolskie**

Opracowali:

mgr inż. Piotr Prokopczuk

mgr inż. Joanna Krok

mgr inż. Szymon Prokopczuk

**Inwestor:** Gmina Nawojowa 33-335 Nawojowa 313

**Data opracowania:** grudzień, 2012r.

## **Spis treści:**

1. Wstęp.
2. Wymagania techniczno – budowlane i kategoria geotechniczna obiektu.
  - 2.1. Charakterystyka projektowanego obiektu.
3. Ocena zakresu wykonanych prac geologicznych.
4. Położenie i morfologia terenu.
5. Budowa geologiczna.
6. Charakterystyka warunków wodnych.
7. Charakterystyka warunków geologiczno – inżynierskich.
8. Charakterystyka zjawisk i procesów geodynamicznych oraz antropogenicznych występujących na omawianym terenie i w jego sąsiedztwie.
  - 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:**

Orientacja terenu badań w skali 1 : 25 000	zał. 1
Mapa dokumentacyjna w skali 1 : 1000	zał. 2.1
Mapa dokumentacyjna w skali 1 : 500	zał. 2.2
Mapa geologiczno-inżynierska 1 : 1000	zał.3.1
Mapa geologiczno-inżynierska 1 : 500	zał.3.2
Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1 : 50 000	zał. 4
Karty wyrobisk badawczych	zał. 5.1 - 5.7
Przekroje geologiczno - inżynierski	zał. 6.1 – 6.3
Legenda do przekrojów	zał. 7
Tabelaryczne zestawienie badań laboratoryjnych	zał. 8
Wyniki badań w aparacie bezpośredniego ścinania	zał. 9.1 - 9.19
Objaśnienia	zał. 10
Karta rejestracyjna osuwiska	zał. 11.1 – 11.2
Decyzja zatwierdzająca projekt prac geologicznych	zał. 12
Karta informacyjna dokumentacji	zał. 13
Opinia Państwowego Instytutu Geologicznego w Krakowie	zał. 14

## **1.Wstęp.**

Dokumentację geologiczno – inżynierską dla potrzeb zabezpieczenia osuwiska i odbudowę drogi gminnej:

- Nawojowa – Popardowa Niżna w km 1+100 – 1+300 (osuwisko Nr 1),
- Frycowa - Popardowa Wyżna w km 1+850 – 2+040 (osuwisko Nr 2)

opracowano na zlecenie Urzędu Gminy w Nawojowej zgodnie z „Projektem prac geologicznych”, zatwierdzonym przez Starostę Nowosądeckiego, decyzją z dnia 23.11.2012r. znak: ORL-IV.6540.18.2012.

Opracowanie niniejsze wykonano w celu przeprowadzenia rozpoznania i oceny warunków geologiczno – inżynierskich dla potrzeb stabilizacji osuwisk wraz z odbudową dróg gminnych w miejscowości Popardowa oraz określenia warunków gruntowo - wodnych, fizycznych i mechanicznych cech gruntów, a w szczególności zasięgu i głębokości istniejących tam osuwisk.

Dokumentację geologiczno – inżynierską opracowano zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2011 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno – inżynierskie (Dz. U. Nr 291, poz.1714, z dnia 30.12.2011 r.).

Zgodnie z wytycznymi zawartymi w §20, ust. 2. w/w. rozporządzenia wykonano jedynie mapę geologiczno-inżynierską 1 : 500. Nie opracowano pozostałych załączników mapowych, gdyż dokumentacja ma być podstawą do projektu stabilizacji osuwiska, a nie do posadowienia obiektu budowlanego.

W trakcie realizacji zlecenia wykonano mapy sytuacyjno - wysokościowe w skali 1 : 500, w rejonie istniejących osuwisk.

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

Wykopy badawcze (szurfy) wykonano systemem ręcznym.

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

Dokumentację niniejszą wykonano na podstawie:

1. Wizji lokalnych i kartowania geologicznego terenu badań.
2. Czterech otworów badawczych, pełnordzeniowych, do głębokości maksymalnej 16,0 m ppt i łącznym metrażu 58,0 mb.
3. Trzech wykopów badawczych (szurfów) do głębokości 3,0 m ppt
4. Połowych, 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. Kart rejestracyjnych osuwisk - dr Tomasz Wojciechowski i dr Piotr Nescieruk  
PIG 2011r.
10. Instrukcji obserwacji i badań osuwisk drogowych – Generalna Dyrekcja Dróg  
Publicznych – W-wa 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 grudniu 2012r.

Otwory 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.**

Projektuje się zabezpieczenie osuwisk przy drogach gminnych Nawojowa – Popardowa Niżna w km 1+100 – 1+300 (osuwisko Nr 1) i Frycowa - Popardowa Wyżna w km 1+850 – 2+040 (osuwisko Nr 2).

Szerokość istniejących dróg asfaltowych wynosi 3,5 - 5,0 m, a wraz z poboczami i rowem przydrożnym dochodzi do 6,0 m. Wg informacji zawartych w karcie wymagań techniczno – budowlanych oraz analizy warunków geologiczno - inżynierskich, zgodnie z Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (poz. 463) (Dz. U. Nr 81/2912, poz.463) wielkość projektowanego obiektu oraz skomplikowane warunki geologiczne terenu (osuwisko), na którym projektuje się jego przebudowę powodują, że należy zaliczyć go do **trzeciej kategorii geotechnicznej**.

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

Na badanym terenie projektuje się stabilizację osuwisk i zabezpieczenie dróg przed osuwaniem. Prace te będą wymagały prawdopodobnie wykonania pali i odwodnienia terenu, a następnie wykonanie nowej nawierzchni.

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

Celem opracowania zawartym w projekcie robót geologicznych było rozpoznanie warunków geologiczno - inżynierskich i hydrogeologicznych terenu, umożliwiających zabezpieczenie osuwisk. W tym celu na omawianym terenie wykonano prace geologiczne zgodnie z zatwierdzonym projektem. Otwory wykonane zostały rdzeniówką podwójną na płuczce. Otwór Nr O-2 pogłębiono o 1,0 m, otwór O-3 pogłębiono o 2,0 m. Związane to było z nieuzyskaniem do zakładanej w projekcie głębokości, podłoża skalnego paleogeńskiego. Roboty geologiczne prowadzone były na działkach nr: nr 73/5, 89/3, 73/6, 336 i 321 i 352.

Prace wykonane były pod nadzorem geologa, który na bieżąco wykonywał profilowanie geologiczne przewierconych warstw i pobierał próbki gruntów z otworów badawczych oraz prowadził obserwacje hydrogeologiczne. Po wykonaniu wszystkich prac związanych z rozpoznaniem, otwory zostały zlikwidowane.

Dla próbek gruntu pobranych z otworów wykonano badania laboratoryjne określające: wilgotność, stopień plastyczności, kąt tarcia wewnętrznego, spójność, gęstość objętościową, oraz wytrzymałość na ściskanie.

Wykonane prace umożliwiły właściwą ocenę warunków geologiczno-inżynierskich na potrzeby zabezpieczenia osuwisk i odbudowę dróg.

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

Badany teren położony jest w obrębie granic administracyjnych miejscowości Popardowa, Gm. Nawojowa pow. nowosądecki, województwo małopolskie.

**Osuwisko Nr 1** zlokalizowane jest w rejonie przysiółka Popardowa Niżna i przecina drogę gminną Nawojowa – Popardowa Niżna w km 1+100 – 1 300.

Osuwisko utworzyło się na całej długości stoku w strefie leja źródłowego cieku bez nazwy, stanowiącego prawobrzeżny dopływ rzeki Kamienica Nawojowska. Posiada ono długość ok. 300 m i szerokość ok. 120 m. Osuwisko rozpoczyna się skarpą wysokości ok. 3,0 – 4,0 m bezpośrednio poniżej zabudowań mieszkalno-gospodarskich, oznaczonych nr 43. Poniżej skarpy osuwiskowej powierzchnia terenu jest wyraźnie pofalowana, występują liczne zagłębienia i wypukłości oraz niewielkie skarpy i pęknięcia. Bezpośrednio powyżej drogi występuje druga skarpa osuwiskowa wysokości ok. 8,0 m. Największe powierzchniowe przemieszczenia występują w górnej części osuwiska oraz poniżej drogi gminnej. W obrębie koluwium widoczne są dwie większe podmokłości oraz niewielkie wypływy. Czoło osuwiska zsuwa się do koryta cieku bez nazwy powodując jego okresowe zasypanie.

Średni spadek terenu w obrębie osuwiska wynosi ok.  $12^{\circ}$ . Rzędne terenu w rejonie osuwiska wynoszą od ok. 375,0 m n.p.m. w dnie doliny do ok. 444,0 m n.p.m. w rejonie skarpy głównej. Rozpiętość pionowa osuwiska wynosi ok. 69,0 m. Jest to osuwisko skalno – zwietrzelinowe o miąższości koluwiów przekraczającej w rejonie drogi 13,0 m.

Pierwsze oznaki ruchów masowych zostały zaobserwowane w 2002 roku, kiedy to niszczeniu ulegał ok. 75 m odcinek drogi. Odcinek ten został naprawiony i zabezpieczony gabionami na długości ok. 85 m. Osuwisko uaktywniło się i poszerzyło po intensywnych opadach w roku 2010 i posiada tendencje do poszerzania się w górę. Osuwisko spowodowało spękanie i zdeformowanie ok. 20% szerokości jezdni na długości ok. 30 m. Dalsze poszerzanie osuwiska spowoduje całkowite zniszczenie drogi gminnej.

Teren objęty osuwiskiem to głównie użytki zielone i zadrzewienia, a poniżej drogi las.

**Osuwisko Nr 2** zlokalizowane jest w rejonie przysiółka Popardowa Wyżna i przecina drogę gminną Frycowa - Popardowa Wyżna w km 1+850 – 2+040.

Osuwisko utworzyło się w dolnej części stoku i sięga do koryta potoku bez nazwy, stanowiącego prawobrzeżny dopływ rzeki Kamienica Nawojowska. Osuwisko posiada długość ok. 35 m i szerokość ok. 70 m. Osuwisko rozpoczyna się skarpią wysokości ok. 2,0 m w obrębie drogi gminnej, na odcinku między budynkami nr 66 i 78. Poniżej skarpy osuwiskowej powierzchnia terenu jest wyraźnie pofalowana, występują liczne zagłębienia i wypukłości oraz niewielkie skarpy i pęknięcia. Największe powierzchniowe przemieszczenia występują w zachodniej części osuwiska oraz w obrębie drogi gminnej. W obrębie koluwium widoczne są niewielkie wypływy i podmokłości. Czoło osuwiska zsuwa się do koryta potoku powodując jego częściowe zasypanie.

Średni spadek terenu w obrębie osuwiska wynosi ok.  $15^{\circ}$ . Rzędne terenu w rejonie osuwiska wynoszą od ok. 470,0 m n.p.m. w korycie potoku, w zachodniej części osuwiska, do ok. 486,0 m n.p.m. w rejonie skarpy głównej. Rozpiętość pionowa osuwiska wynosi ok. 16 m. Jest to osuwisko skalno – zwietrzelinowe o miąższości koluwiów wynoszącej 12,7m. Osuwisko uaktywniło się i poszerzyło po intensywnych opadach w roku 2010 i posiada tendencje do poszerzania się w górę. Osuwisko spowodowało spękanie, zdeformowanie ok. 60% szerokości jezdni na długości ok. 35m. Uszkodzony odcinek drogi został przesunięty powyżej skarpy osuwiskowej. Wykonano nasyp pod nawierzchnię asfaltową oraz wkopano się w fragment stoku, który został zabezpieczony gabionami. Dalsze poszerzanie osuwiska spowoduje całkowite zniszczenie drogi gminnej.

Teren objęty osuwiskiem to głównie zadrzewienia i użytki zielone.

## **5. Budowa geologiczna.**

Badany teren położony jest w obrębie jednej z największych 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 terenie objętym osuwiskiem Nr 1 w podłożu występują piaskowce gruboławicowe i łupki warstw magurskich wieku eoceńskiego. W otworach Nr 0-2 i 0-3 stwierdzono występowanie gruboławicowych piaskowców, średnio i gruboziarnistych o barwie brązowej. Ławice piaskowca posiadają miąższość ok. 1,5 – 2,0 m i są przewarstwione, cienki ok. 10 cm warstwami łupka, barwy brązowej. Natomiast w otworze Nr O-1 i wykopie W-4 stwierdzono występowanie zupełnie inaczej wykształconych utworów. W profilu otworu występują łupki ilaste barwy szarej oraz drobnoziarniste piaskowce barwy szarej. Ławice piaskowca posiadają miąższość kilku centymetrów i są przewarstwione ławicami łupka miąższości 20 – 50 cm. Może to świadczyć o istnieniu w obrębie osuwiska uskoku lub nasunięcia. Na podstawie szczegółowej mapy geologicznej (Z. Paul), zalegania warstw w naturalnych odsłonięciach oraz na podstawie pomiarów kątów w rdzeniu wiertniczym można stwierdzić, że generalnie warstwy podłoża skalnego zapadają w kierunku północno-wschodnim, a kąt upadu wynosi 7 - 34°.

Na terenie objętym osuwiskiem Nr 2 w podłożu występują piaskowce cienkoławicowe i łupki warstw belowskich i hieroglifowych nierozdzielnych, wieku paleocenko - eoceńskiego. W otworze O-5 oraz wykopach W-6 i W-7 stwierdzono występowanie łupków ilastych szarych oraz piaskowców drobnoziarnistych o barwie szarej. Ławice piaskowca posiadają miąższość do 10 cm, a ławice łupka do kilkudziesięciu cm.

Na podstawie szczegółowej mapy geologicznej (Z. Paul) oraz zalegania warstw w naturalnych odsłonięciach oraz na podstawie pomiarów kątów w rdzeniu wiertniczym można stwierdzić, że generalnie warstwy podłoża skalnego zapadają w kierunku południowym, a kąt upadu wynosi 35-58°.

Utwory paleogeńskie głębszego podłoża przykryte są w rejonie zbocza czwartorzędowymi osadami wykształconymi w postaci zwietrzelin „in situ” (po za terenem osuwiska) oraz rumoszy gliniastych i glin koluwalnych. Utwory koluwalne to głównie rumosze gliniaste łupkowe, piaskowcowo-łupkowe i piaskowcowe oraz całe pakiety łupkowe i piaskowcowe. Jak wynika z wykonanych wierceń miąższość tych utworów jest znaczna i wynosi od 1,7m w korycie potoku w dolnej części osuwiska do ok. 13,4 -14,3 m w środkowej

części osuwiska Nr 1 i 12,7m w części górnej osuwiska Nr 2. W obrębie utworów koluwalnych zaobserwowano szereg wyraźnych płaszczyzn poślizgu oraz drobne zlustrowania wśród okruchów łupka.

W otworze Nr O-1 zaobserwowane płaszczyzny wystąpiły na głębokości:

- 4,7 m ppt – kąt  $53^{\circ}$
- 7,7 m ppt – kąt  $70^{\circ}$
- 9,9 m ppt – kąt  $28^{\circ}$
- 13,4 m ppt – kąt  $21^{\circ}$

W otworze Nr O-2 zaobserwowane płaszczyzny wystąpiły na głębokości:

- 10,6 m ppt – kąt  $5^{\circ}$
- 11,4 m ppt – kąt  $7^{\circ}$
- 14,3 m ppt – kąt  $10^{\circ}$

W otworze Nr O-3 zaobserwowane płaszczyzny wystąpiły na głębokości:

- 4,4 m ppt – kąt  $20^{\circ}$

W otworze Nr O-5 zaobserwowane płaszczyzny wystąpiły na głębokości:

- 7,5 m ppt – kąt  $47^{\circ}$
- 9,5 m ppt – kąt  $61^{\circ}$
- 12,3 m ppt – kąt  $22^{\circ}$

Ruch mas ziemnych po zboczu występuje zarówno na głębokości stropu podłoża skalnego jak i w obrębie pakietów łupkowo – piaskowcowych. Powierzchnią poślizgu jest tutaj przeważnie 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.

Na omawianym terenie ruchami osuwiskowymi zostały objęte zarówno utwory paleogeńskie jak i przykrywające je utwory czwartorzędowe. Są to osuwiska skalno – zwietrzelinowe. Osuwisko Nr 1 jest osuwiskiem obsekwentnym, a osuwisko Nr 2 insekwentnym. W rejonie niszczonego fragmentu drogi osuwiska Nr 1 miąższość koluwiów przekracza 13,4 m, a w rejonie drogi osuwiska Nr 2 miąższość koluwiów wynosi 12,7 m. Są to więc osuwiska głębokie.

## **5. Charakterystyka warunków wodnych.**

Wody powierzchniowe w rejonie osuwiska Nr 1 reprezentowane są przez niewielki ciek bez nazwy i w obrębie jego leja źródłkowego rozwinęło się osuwisko. W swoim początkowym fragmencie jest on prawie suchy, natomiast poniżej drogi płynie cienką strugą.

W obrębie skarpy osuwiskowej powyżej drogi znajduje się źródło ujęte kręgami. Woda ze źródła przelewa się i jest odprowadzona przepustem pod drogą. Ponadto w obrębie osuwiska występują dwie większe podmokłości.

Wody powierzchniowe w rejonie osuwiska Nr 2 reprezentowane są przez potok bez nazwy płynący wzdłuż południowej granicy osuwiska. W okresie aktywności osuwiska w roku 2010 materiał koluwalny zsunął się do koryta potoku powodując jego częściowe zablokowanie. Potok intensywnie eroduje zsunięty materiał koluwalny.

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. Zwierciadło wód paleogeńskich nie tworzy ciągłego poziomu wodonośnego. Wody horyzontu paleogeńskiego wypływają na powierzchnię w miejscach wychodni warstw tworząc źródła i podmokłości. W żadnym z wykonanych otworów badawczych nie stwierdzono występowania wód gruntowych tego horyzontu.

Na terenie zboczy woda gruntowa horyzontu czwartorzędowego nie posiada swobodnego zwierciadła. Występuje w postaci sączeń w obrębie rumoszowo – gliniastych utworów pokrywy zwietrzelinowej. Sączenia te zasilane są głównie wodami infiltracyjnymi opadowymi oraz wodami horyzontu paleogeńskiego 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 rumoszu i zwietrzeliny. Powodują one bardzo często nadmierne nawilgocenie gliniasto - rumoszowego 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 wykonanych otworach badawczych stwierdzono występowanie licznych sączeń uwidaczniających się w postaci znacznego nawilgocenia fragmentów rdzenia wiertniczego. Wystąpiły one na głębokości: 1,1 i 13,1 m ppt w otworze Nr O-1; 2,8 i 5,90 m ppt w otworze Nr O-2 oraz 2,6 m ppt w otworze Nr O-4.

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

Na podstawie wykonanych badań polowych i laboratoryjnych prób gruntów, w oparciu o normy:

PN – 86/B – 02480

PN – B – 04452

PN – 81/B – 03020

oraz uwzględniając genezę i stratyografię, zalegające w podłożu grunty zaliczono do ośmiu warstw geotechnicznych.

**Do warstwy pierwszej (I/O)** zaliczono koluwalną glinę zwięzłą miejscami z pojedynczymi okruchami piaskowca, glinę pylastą zwięzłą, glinę pylastą przewarstwioną gliną, glinę piaszczystą i piasek gliniasty o barwie popielatej, brązowej, brązowo – szarej i jasno brązowej. Występowanie warstwy I stwierdzono w czterech wyrobiskach badawczych na głębokości: 1,4 – 2,5 m ppt w otworze Nr O-1; 0,3 – 8,8 m ppt w otworze Nr O-2; 0,3 – 4,4 m ppt w otworze Nr O-3 i 0,7 – 1,4 m ppt w wykopie Nr W- 6.

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

- wilgotność naturalna	$W_n = 19,45 - 21,94 \%$
- gęstość objętościowa	$\rho = 2,15 - 2,20 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień plastyczności	$I_L < 0 - 0,24$
	(stan twardoplastyczny do półzwartego)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 16,2 - 22,7^0$
- kohezja	$C_u = 7 - 91 \text{ kPa}$
- moduł odkształcenia pierwotnego	$E_o = 19\ 000 - 34\ 000 \text{ kPa}$

**Do warstwy drugiej (II/O)** zaliczono koluwalny twardoplastyczny i półzwarty rumosz gliniasty piaskowcowy o barwie brązowej i szarej. Okruchy piaskowca posiadają wielkość do 1,5 – 3,0 cm. Materiał wypełniający stanowi piasek gliniasty bądź ił. Występowanie warstwy II stwierdzono w trzech wyrobiskach badawczych na głębokości: 3,5 – 4,4 m ppt w otworze Nr O-1; 8,8 – 10,6 i 10,8 – 11,1 i 11,5 – 14,3 m ppt w otworze Nr O-2; 1,1 – 2,3 i 6,3 – 7,0 m ppt w otworze Nr O-5.

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

- wilgotność naturalna	$W_n = 16,63 - 25,41 \%$
------------------------	--------------------------

- gęstość objętościowa	$\rho = 2,15 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień plastyczności	$I_L < 0 - 0,20$
	(stan twardoplastyczny do półzwartego)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 15,7 - 27,3^0$
- kohezja	$C_u = 20,5 - 72 \text{ kPa}$
- moduł odkształcenia pierwotnego	$E_o = 21\ 000 - 34\ 000 \text{ kPa}$

**Do warstwy trzeciej (III/O)** zaliczono koluwalny twardoplastyczny i półzwarty rumosz gliniasty łupkowy o barwie brązowej i szarej. Okruchy łupka posiadają wielkość do 10 cm i występują w ilości 80%. Materiał wypełniający stanowi il bądź glina piaszczysta. Występowanie warstwy III/O stwierdzono w sześciu wyrobiskach badawczych na głębokości: 10,6 – 10,8 i 11,1-11,5 m ppt w otworze O-2; 4,4 – 4,8 m ppt w otworze O-3; 0,0 – 2,5 m ppt w wykopie W-4; 4,8 – 6,3 i 7,0 – 8,0 oraz 9,2 – 10,3 m ppt w otworze Nr O-5; 1,4 – 2,7 m ppt w wykopie Nr W-6 i 0,3 – 2,5 m ppt w wykopie Nr W-7.

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

- wilgotność naturalna	$W_n = 11,19 - 18,96 \%$
- gęstość objętościowa	$\rho = 2,15 - 2,25 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień plastyczności	$I_L < 0 - 0,15$
	(stan twardoplastyczny do półzwartego)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 19,5 - 25,1^0$
- kohezja	$C_u = 67,5 - 241 \text{ kPa}$
- moduł odkształcenia pierwotnego	$E_o = 23\ 000 - 34\ 000 \text{ kPa}$

**Do warstwy czwartej (IV/O)** zaliczono koluwalny twardoplastyczny i półzwarty rumosz gliniasty łupkowo - piaskowcowy o barwie szarej. Okruchy łupka posiadają wielkość do 5cm, piaskowca do 30cm. Materiał wypełniający stanowi il. Występowanie warstwy IV stwierdzono w dwóch wyrobiskach badawczych na głębokości: 4,4 – 6,6 i 7,5 – 11,2 m ppt w otworze Nr O-1; 2,3 – 4,8 i 8,0 – 9,2 oraz 10,3 – 12,7 m ppt w otworze Nr O-5.

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

- wilgotność naturalna	$W_n = 17,22 - 19,88 \%$
- gęstość objętościowa	$\rho = 2,00-2,15 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień plastyczności	$I_L < 0 - 0,10$



(stan twardoplastyczny do półzwartego)

- kąt tarcia wewnętrznego  $\phi_u = 16,7 - 18,2^0$
- kohezja  $C_u = 16,5 - 58,5 \text{ kPa}$
- moduł odkształcenia pierwotnego  $E_o = 26\ 000 - 34\ 000 \text{ kPa}$

**Do warstwy piątej (V/O)** zaliczono koluwalny średniozagęszczony pakiet piaskowcowy, o barwie brązowej. Piaskowiec gruboziarnisty zwietrzały z pojedynczymi ok. 10cm przewarstwieniami łupka. Materiał wypełniający stanowi piasek gruby. Występowanie warstwy V stwierdzono jedynie w otworze badawczym Nr O-3 na głębokości: 4,8 – 8,3 m ppt. Dla materiału wypełniającego określono laboratoryjnie parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna  $W_n = 13,2 - 15,6\%$
  - gęstość objętościowa  $\rho = 2,10 - 2,15 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
  - stopień zagęszczenia  $I_D = 0,55$
- (stan średniozagęszczony)
- kąt tarcia wewnętrznego  $\phi_u = 33^0$
  - moduł odkształcenia pierwotnego  $E_o = 87\ 000 \text{ kPa}$

**Do warstwy szóstej (VI/O)** zaliczono koluwalny półzwarty i twardoplastyczny pakiet łupkowy o barwie zielonkawo – szarej i szarej. Materiał wypełniający stanowi ił. Występowanie warstwy VI stwierdzono jedynie w otworze badawczym Nr O-1 na głębokości: 2,5 – 3,5 i 6,6 – 7,5 m ppt.

Dla materiału wypełniającego określono laboratoryjnie parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna  $W_n = 14,72 - 22,4 \%$
  - gęstość objętościowa  $\rho = 2,0 - 2,15 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
  - stopień plastyczności  $I_L < 0 - 0,12$
- (stan twardoplastyczny do półzwartego)
- kąt tarcia wewnętrznego  $\phi_u = 16,4 - 18^0$
  - kohezja  $C_u = 21 - 47 \text{ kPa}$
  - moduł odkształcenia pierwotnego  $E_o = 25\ 000 - 34\ 000 \text{ kPa}$

**Do warstwy siódmej (VII/O)** zaliczono koluwalny półzwarty pakiet łupkowo - piaskowcowy o barwie szarej. Materiał wypełniający stanowi ił. Występowanie warstwy VII stwierdzono jedynie w otworze badawczym Nr O-1 na głębokości: 11,2 – 13,4 m ppt.

Dla materiału wypełniającego określono laboratoryjnie parametry fizyko - mechaniczne, których średnie wartości przedstawiają się następująco:

- wilgotność naturalna	$W_n = 9,54 - 19,2 \%$
- gęstość objętościowa	$\rho = 2,15 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$
- stopień plastyczności	$I_L < 0$ (stan półzwały)
- kąt tarcia wewnętrznego	$\phi_u = 25,8^\circ$
- kohezja	$C_u = 184 \text{ kPa}$
- moduł odkształcenia pierwotnego	$E_o = 34 \text{ 000 kPa}$

**Do warstwy ósmej (IX)** zaliczono podłoże skalne łupkowo – piaskowcowe i piaskowcowe o barwie szarej, szaro – brązowej. Występowanie podłoża skalnego stwierdzono we wszystkich wyrobiskach badawczych od głębokości: 13,4 m ppt w otworze Nr O-1; 14,3 m ppt w otworze Nr O-2; 8,3 m ppt w otworze Nr O-3; 2,5 m ppt w wykopie Nr W-4; 12,7 m ppt w otworze Nr O-5; 2,7 m ppt w wykopie Nr W-6 i 2,5 m ppt w wykopie Nr W-7.

Dla warstwy VIII określono jedynie wartość wytrzymałości na ściskanie, która wynosi: dla podłoża łupkowo – piaskowcowego  $R_c = 0,6 - 2,5 \text{ MN/m}^2$ , a dla piaskowca  $R_c = 28,2 \text{ MN/m}^2$ .

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

### **Osuwisko Nr 1**

Osuwisko utworzyło się na całej długości stoku w strefie leja źródłowego cieką bez nazwy, stanowiącego prawobrzeżny dopływ rzeki Kamienica Nawojowska. Posiada ono długość ok. 300 m i szerokość ok. 120 m. Osuwisko rozpoczyna się skarpią wysokości ok. 3,0 – 4,0 m bezpośrednio poniżej zabudowań mieszkalno-gospodarskich, oznaczonych nr 43. Poniżej skarpy osuwiskowej powierzchnia terenu jest wyraźnie pofalowana, występują liczne zagłębienia i wypukłości oraz niewielkie skarpy i pęknięcia. Bezpośrednio powyżej drogi występuje druga skarpa osuwiskowa wysokości ok. 8,0 m. Największe powierzchniowe przemieszczenia występują w górnej części osuwiska oraz poniżej drogi gminnej. W obrębie koluwium widoczne są dwie większe podmokłości oraz niewielkie wypływy. Czoło osuwiska zsuwa się do koryta cieką bez nazwy powodując jego okresowe zasypanie.

Średni spadek terenu w obrębie osuwiska wynosi ok.  $12^{\circ}$ . Rzędne terenu w rejonie osuwiska wynoszą od ok. 375,0 m n.p.m. w dnie doliny do ok. 444,0 m n.p.m. w rejonie skarpy głównej. Rozpiętość pionowa osuwiska wynosi ok. 69,0 m. Jest to osuwisko skalno – zwietrzelinowe głębokie o miąższości koluwiów przekraczającej w rejonie drogi 13,4 m.

Osuwisko spowodowało spękanie i zdeformowanie ok. 20% szerokości jezdni na długości ok. 30 m. Dalsze poszerzanie osuwiska spowoduje całkowite zniszczenie drogi gminnej. Osuwisko uaktywniło się i poszerzyło po intensywnych opadach w roku 2010 i posiada tendencje do poszerzania się w górę.

Ruch mas ziemnych po zboczu nastąpił w wyniku nawodnienia warstwy koluwalnych glin i rumoszy gliniastych. W wyniku intensywnych opadów deszczu nastąpiło ich uplastycznienie, a w przyspągowej warstwie nawet upłynnienie, utrata spójności i powstanie licznych powierzchni poślizgu.

### **Osuwisko Nr 2**

Osuwisko utworzyło się w dolnej części stoku i sięga do koryta potoku bez nazwy, stanowiącego prawobrzeżny dopływ rzeki Kamienica Nawojowska. Osuwisko posiada długość ok. 35 m i szerokość ok. 70 m. Osuwisko rozpoczyna się skarpią wysokości ok. 2,0 m w obrębie drogi gminnej, na odcinku między budynkami nr 66 i 78. Poniżej skarpy osuwiskowej powierzchnia terenu jest wyraźnie pofalowana, występują liczne zagłębienia i wypukłości oraz niewielkie skarpy i pęknięcia. Największe powierzchniowe przemieszczenia występują w zachodniej części osuwiska oraz w obrębie drogi gminnej. W obrębie koluwium widoczne są niewielkie wypływy i podmokłości. Czoło osuwiska zsuwa się do koryta potoku powodując jego częściowe zasypanie.

Średni spadek terenu w obrębie osuwiska wynosi ok.  $15^{\circ}$ . Rzędne terenu w rejonie osuwiska wynoszą od ok. 470,0 m n.p.m. w korycie potoku, w zachodniej części osuwiska, do ok. 486,0 m n.p.m. w rejonie skarpy głównej. Rozpiętość pionowa osuwiska wynosi ok. 16 m. Jest to osuwisko skalno – zwietrzelinowe o miąższości koluwiów wynoszącej 12,7 m. Osuwisko spowodowało spękanie, zdeformowanie ok. 60% szerokości jezdni na długości ok. 35 m. Dalsze poszerzanie osuwiska spowoduje całkowite zniszczenie drogi gminnej.

Ruch mas ziemnych po zboczu nastąpił w wyniku nawodnienia warstwy koluwalnych glin i rumoszy gliniastych. W wyniku intensywnych opadów deszczu nastąpiło ich uplastycznienie, a w przyspągowej warstwie nawet upłynnienie, utrata spójności i powstanie licznych powierzchni poślizgu.

Osuwisko uaktywniło się i poszerzyło po intensywnych opadach w roku 2010 i posiada tendencje do poszerzania się w górę. Powstaniu osuwiska sprzyja intensywna erozja w głębina potoku bez nazwy.

### **8.1 Monitoring obiektu.**

W chwili prowadzenia prac geologicznych części osuwisk w rejonie drogi nie były ustabilizowane i nie prowadzono w ich obrębie monitoringu. Po wykonaniu prac stabilizacyjnych wskazane jest prowadzenia okresowego monitoringu geodezyjnego w obrębie korpusy 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. 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.**

**Osuwisko Nr 1** posiada powierzchnię ok. 2,5 ha, rozpiętość pionową ok. 69 m i głębokość w rejonie drogi i powyżej rzędu 13,5m. Stabilizacja całego osuwiska jest praktycznie niemożliwa i bardzo kosztowna. W celu doraźnego zabezpieczenia zbocza i drogi przed osuwaniem zaleca się:

- wykonanie powierzchniowego odwodnienia górnej części osuwiska przy zastosowaniu rowów otwartych oraz drenaży i odprowadzenie wód z istniejących podmokłości,

- zabezpieczenie terenu osuwiska przed napływem wód z wyższej partii zbocza przez wykonanie wzdłuż drogi gminnej biegnącej powyżej osuwiska rowu z koryt ściekowych,
- odprowadzenie wód z przepustów pod drogą do koryta potoku bez nazwy, poniżej czoła osuwiska, w sposób nie powodujący nawadniania koluwium,
- wzmocnienie korpusu drogi i skarpy poniżej drogi geosyntetykami.

Ze względu na występowanie również w dolnym odcinku drogi gminnej niewielkich osunięć należy rozpatrzyć wariant przeprowadzenia drogi gminnej po innej trasie.

**Osuwisko Nr 2** posiada powierzchnię ok. 0,3 ha, rozpiętość pionową ok. 16 m i głębokość w rejonie drogi rzędu 13,0 m. W celu zabezpieczenia zbocza i drogi przed osuwaniem zaleca się:

- zabezpieczenie terenu osuwiska przed napływem wód z wyższej partii zbocza przez wykonanie wzdłuż drogi gminnej rowu z koryt ściekowych,
- odprowadzenie wód z przepustów pod drogą do koryta potoku bez nazwy, poniżej czoła osuwiska, w sposób nie powodujący nawadniania koluwium,
- wykonanie w korpusie drogi pali z osadzeniem ich w podłożu skalnym, lub gabionów, układanych schodkowo od strony koryta potoku.
- ubezpieczenie brzegów potoku przed erozją boczną, poprzez wykonanie opaski z koszy siatkowo – kamiennych.

## **11. Literatura.**

1. Z. Paul - Szczegółowa mapa geologiczna Polski, ark. Grybów wraz z objaśnieniami, skala 1 : 50 000 -- Warszawa 1991.
2. M. Klimaszewski - Geomorfologia Polski t.1 PWN 1972.
3. N. Oszczypko – Budowa geologiczna Kotliny Sądeckiej – Biul. Inst. Geol. 271, 1973a.
4. L. Bober – Rejony osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych i ich związek z budową geologiczną regionu – Biuletyn IG 340 Tom XXIII – 1984r.
5. W. Zuchiewicz - Wykształcenie utworów czwartorzędowych w środkowej części dorzecza Dunajca – Biul. Inst. Geol. 348, 1985r.
6. N. Oszczypko – Rozwój basenu magurskiego w górnej kredzie i paleogenie – Prz. Geol. 7., 1992r.

7. L. Bober, K. Thiel, L. Zabuski – Zjawiska osuwiskowe w Polskich Karpatach Fliszowych, IBW PAN Gdańsk 1997.

## **12. Wnioski.**

### **Osuwisko Nr 1**

1. Na podstawie kartowania w terenie oraz wykonanych otworów i wykopów badawczych, stwierdza się występowanie w ciągu drogi gminnej Nawojowa – Popardowa Niżna w km 1+100 – 1+300 osuwiska o długości ok. 300 m i szerokości ok. 120 m. Zasięg osuwiska zaznaczono na załączniku graficznym Nr 2.1.
2. Osuwisko utworzyło się na całej długości stoku nachylonego w kierunku południowo-zachodnim, w strefie leja źródłowego cieków bez nazwy.
3. Ruchami osuwiskowymi objęte zostały utwory paleogeńskie jak i przykrywające je młodsze osady czwartorzędowe. Osuwisko jest osuwiskiem skalno – zwietrzelinowym.
4. W trakcie intensywnych i długotrwałych opadów w 2010 roku osuwisko uległo odmłodzeniu powodując częściowe uszkodzenie zniszczenie drogi na odcinku ok. 30m.
5. Miąższość utworów koluwalnych w miejscu niszczenia drogi wynosi ponad 13,4 m, jest to więc osuwisko skalno – zwietrzelinowe, głębokie.
6. Bezpośrednią przyczyną uaktywnienia się osuwiska było nadmierne nawilgocenie gruntu czwartorzędowej pokrywy gliniasto – rumoszowej, w czasie intensywnych opadów deszczu, powodujące osłabienie parametrów fizyko – mechanicznych gruntów.
7. Wpływ na stateczność zbocza ma znaczny napływ wód opadowych ze zbocza powyżej drogi oraz odprowadzenie wód przepustem bezpośrednio na strome fragmenty dolnej części osuwiska.
8. Podłoże gruntowe w obrębie osuwiska budują gliny, rumosze gliniaste piaskowcowe i łupkowe oraz podłoże skalne piaskowcowo - łupkowe, opisane w rozdziale szóstym niniejszej dokumentacji. W górnej części osuwiska występują głównie gruboławicowe piaskowce o barwie brązowej, a w części dolnej szare łupki i piaskowce cienkoławicowe. Może to świadczyć o istnieniu w obrębie osuwiska uskoku lub nasunięcia. Warstwy podłoża zapadają generalnie w kierunku północno-wschodnim, a kąt upadu wynosi  $7 - 34^{\circ}$ .

9. Wśród utworów koluwalnych zaobserwowano szereg wyraźnych płaszczyzn poślizgu o bardzo zmiennych kątach zapadania oraz drobne zlustrowania wśród okruchów łupka. Najgłębsze z nich stwierdzono: w otworze Nr O- 2 na głębokości 14,30 m ppt.
10. W otworach badawczych stwierdzono występowanie sączeń wody gruntowej. Wystąpiły one na głębokości: 1,1 i 13,1 m ppt w otworze Nr O-1 i 2,8 i 5,9 m ppt w otworze Nr O-2. Występujące sączenia powodują znaczne pogorszenie parametrów fizyko – mechanicznych gruntów (uplastycznienie), sprzyjające powstawaniu płaszczyzn poślizgu.
11. Ze względu na swoją wielkość i głębokość stabilizacja całego osuwiska jest praktycznie niemożliwa i bardzo kosztowna.

W celu zabezpieczenia zbocza i drogi przed osuwaniem zaleca się:

- wykonanie powierzchniowego odwodnienia górnej części osuwiska przy zastosowaniu rowów otwartych oraz drenaży i odprowadzenie wód z istniejących podmokłości,
- zabezpieczenie terenu osuwiska przed napływem wód z wyższej partii zbocza przez wykonanie wzdłuż drogi gminnej biegnącej powyżej osuwiska rowu z koryt ściekowych,
- odprowadzenie wód z przepustów pod drogą do koryta potoku bez nazwy, poniżej czoła osuwiska, w sposób nie powodujący nawadniania koluwium.
- wzmocnienie korpusu drogi i skarpy poniżej drogi geosyntetykami.

W przypadku nieskuteczności powyższych prac należy rozpatrzyć wariant przeprowadzenia drogi gminnej po innej trasie.

## **Osuwisko Nr 2**

1. Na podstawie kartowania w terenie oraz wykonanych otworów i wykopów badawczych, stwierdza się występowanie w ciągu drogi gminnej Frycowa – Popardowa Wyżna w km 1+850 – 2+040 osuwiska o długości ok. 35 m i szerokości ok. 70 m. Zasięg osuwiska zaznaczono na załączniku graficznym Nr 2.2.
2. Osuwisko utworzyło się w dolnej części stoku nachylonego w kierunku południowym, aż do doliny potoku bez nazwy.

3. Ruchami osuwiskowymi objęte zostały utwory paleogeńskie jak i przykrywające je młodsze osady czwartorzędowe. Osuwisko jest osuwiskiem skalno – zwietrzelinowym.
4. W trakcie intensywnych i długotrwałych opadów w 2010 roku osuwisko uległo odmłodzeniu powodując zniszczenie drogi na odcinku ok. 35m. W chwili obecnej droga została częściowo przesunięta w górę zbocza.
5. Miąższość utworów koluwalnych w miejscu niszczenia drogi wynosi ponad 12,7 m. Jest to więc osuwisko skalno – zwietrzelinowe, głębokie.
6. Bezpośrednią przyczyną powstania osuwiska było nadmierne nawilgocenie gruntu czwartorzędowej pokrywy gliniasto – rumoszowej, w czasie długotrwałych opadów deszczu, powodujące osłabienie parametrów fizyko – mechanicznych gruntów.
7. Wpływ na stateczność zbocza ma znaczny napływ wód opadowych ze zbocza powyżej drogi i słabe odprowadzanie wód istniejącym rowem przydrożnym oraz odprowadzenie wód przepustem bezpośrednio na strome fragmenty górnej części osuwiska. Ponadto wpływ na stateczność zbocza ma erozja boczna potoku bez nazwy.
8. Podłoże gruntowe w obrębie osuwiska budują gliny, rumosze gliniaste łupkowe i piaskowcowe oraz podłoże skalne łupkowo-piaskowcowe, opisane w rozdziale szóstym niniejszej dokumentacji. Warstwy podłoża zapadają w kierunku południowym, a kąt upadu wynosi 35-58<sup>0</sup> czyli zgodnie z nachyleniem stoku.
9. Wśród utworów koluwalnych zaobserwowano szereg wyraźnych płaszczyn poślizgu o bardzo zmiennych kątach zapadania oraz drobne zlustrowania wśród okruchów łupka. Najgłębsze z nich stwierdzono na głębokości 12,7 m ppt.
10. W otworze badawczym Nr O-4 stwierdzono występowanie sączenia wody gruntowej na głębokości 2,6 m ppt. Występujące sączenia powodują znaczne pogorszenie parametrów fizyko – mechanicznych gruntów (uplastycznienie), sprzyjające powstawaniu płaszczyn poślizgu.

*W celu zabezpieczenia zbocza i drogi przed osuwaniem zaleca się:*

- zabezpieczenie terenu osuwiska przed napływem wód z wyższej partii zbocza przez wykonanie wzdłuż drogi gminnej rowu z koryt ściekowych,
- odprowadzenie wód z przepustów pod drogą do koryta potoku bez nazwy, poniżej czoła osuwiska, w sposób nie powodujący nawadniania kolumium,



- wykonanie w korpusie drogi pali z osadzeniem ich w podłożu skalnym, lub gabionów, układanych schodkowo od strony koryta potoku.
- ubezpieczenie brzegów potoku przed erozją boczną, poprzez wykonanie opaski z koszy siatkowo – kamiennych.



Fot.1 Osuwisko "1" – południowa część skarpy głównej.



Fot.2 Osuwisko "1" – widok osuwiska w kierunku zachodnim.





Fot.3 Osuwisko "1" – skarpa osuwiskowa powyżej drogi.



Fot.4 Osuwisko "1" – teren podmokły w dolnej części osuwiska



Fot.5 Osuwisko "1" – świeża skarpa osuwiskowa





Fot.6 Osuwisko "2" – zachodnia części osuwiska



Fot.7 Osuwisko "2" – zniszczenia w obrębie drogi i wykonane zabezpieczenia z gabionów



Fot.8 Osuwisko "2" – widok poniżej drogi





Fot.9 Osuwisko "2" – czoło osuwiska



Fot.10 Osuwisko "2" – wychodnie warstw belowskich w skarpie



Fot.11 Osuwisko "1" – płaszczyzny poślizgu w otworze Nr O-1 na głębokości 4,7 m ppt





Fot.12 Osuwisko "1" - rdzeń wiertniczy otworu Nr O-1.





Fot.13 Osuwisko "1" - rdzeń wiertniczy otworu Nr O-2.





Fot.14 Osuwisko "1" -rdzeń wiertniczy otworu Nr O-3.





Fot.15 Osuwisko "2" - rdzeń wiertniczy otworu Nr O-5.