

Antoni Wójcik, Zbigniew Perski

Państwowy Instytut geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki

Andrzej Borkowski

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Instytut Geodezji i Geoinformatyki

Tomasz Wojciechowski

Uniwersytet Śląski, Katedra Geologii Podstawowej

ZASTOSOWANIE DANYCH TELEDETEKCJI LOTNICZEJ I SATELITARNEJ DO BADANIA DYNAMIKI CZYNNYCH OSUWISK W 2010 ROKU NA PRZYKŁADZIE OSUWISKA W KŁODNEM KOŁO LIMANOWEJ

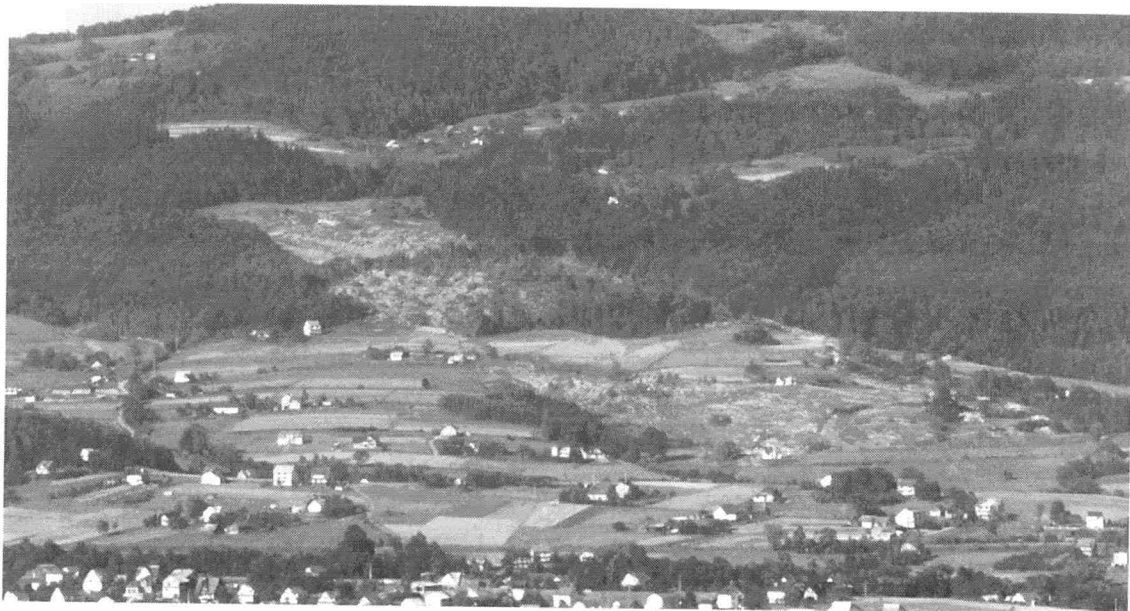
Streszczenie

W wyniku intensywnych i długotrwałych opadów w maju i czerwcu 2010 roku zostało uruchomionych wiele osuwisk w polskich Karpatach fliszowych powodujących wielomilionowe straty materialne. Aktywność czynnych osuwisk można monitorować powierzchniowo, analizując zmiany ukształtowania powierzchni terenu. Współczesne systemy teledetekcyjne umożliwiają śledzenie takich zmian z dużą dokładnością i wysoką rozdzielczością przestrzenną. Na przykładzie rejonu miejscowości Kłodne przedstawiony został rozwój osuwiska w czasie, odtworzony przy użyciu danych lotniczego skaningu laserowego (ASL), cyfrowych obrazowań lotniczych oraz wysokorozdzielczej satelitarnej interferometrii radarowej (InSAR). Dane ASL i cyfrowe obrazowania lotnicze zarejestrowane zostały w lipcu 2010, po katastrofalnym uruchomieniu się osuwiska. Dane te umożliwiły szczegółową inwentaryzację zniszczeń i powstałych deformacji. Ich porównanie z danymi fotogrametrycznymi wcześniejszych opracowań pozwoliło na dokonanie wstępnych analiz ilościowych przemieszczonych mas kolidujących. Dane InSAR pozyskane na podstawie satelitarnych obrazowań radarowych zarejestrowanych w październiku i listopadzie 2010 pozwoliły na śledzenie niewielkich ruchów (rzędu kilku cm/miesiąc) w obrębie osuwiska Kłodne oraz na wyznaczenie ich zasięgu przestrzennego. Zaprezentowane analizy są obecnie prowadzone na większym obszarze, a zastosowane narzędzia i metody mogą być również zaadaptowane do monitorowania infrastruktury drogowej na terenach zagrożonych osuwiskami.

Praca naukowa finansowana częściowo ze środków na naukę w latach 2009-2012 jako projekt badawczy N N526 146037 i ze środków Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego. Dane radarowe pozyskano w ramach projektu Niemieckiej Agencji Kosmicznej; GEO0772 (DLR)

1. Położenie.

Osuwisko w Kłodnem koło Limanowej położone jest w środkowej części Karpat, na terenie Beskidu Wyspowego, we wschodniej części Grzbietu Jaworza (Starkel, 1972, 1973). Omawiany grzbiet jest zbudowany utworów płaszczowiny magurskiej (Cieszkowski, 1992). Najwyższym wzniesieniem w rejonie Kłodnego jest Góra Chełm (789 m n.p.m.). Ma ona charakter wyraźnie zaznaczającego się w rzeźbie, izolowanego wyniesienia o asymetrycznym kształcie. Stoki północne są stromsze, a stoki południowe łagodniejsze i dłuższe, co związane jest z budową geologiczną synklinalnego grzbietu Jaworza-Chełmu. W górnej części jest on zbudowany z gruboławicowych piaskowców magurskich facji muskowitzowej wieku eocen górny – oligocen, które podścielone są mniej odpornymi górno-eoceńskimi warstwami hieroglifowymi, zawierającymi łupki przewarstwione piaskowcami cienko-, średnio- i gruboławicowymi, a niżej leżą pstre łupki środkowego eocenu. Ułożenie skał zapadających ku północy pozwala omawiane osuwisko określić jako obsekwentne. Dodatkowo utwory te są pocięte uskokami zrzutowo-przesuwczymi o kierunku zbliżonym do południkowego. Taka budowa sprzyja rozwojowi osuwisk.



Fot. 1. Widok na osuwisko w Kłodnem

Osuwisko w Kłodnem rozwinęło się na stokach o ekspozycji południowej (fot. 1), które określają współrzędne geograficzne: 20°34'12" E i 40°42'39"N i objęło powierzchnię ponad 51 ha. Jego górna skarpa położna jest na wysokości 597 m n.p.m., a czoło schodzi do wysokości 410-413 m n.p.m. Długość osuwiska wynosi ponad 1050 m, a szerokość około 460 m. Ruch osuwiska rozpoczął się w nocy 1 czerwca 2010 roku, a przemieszczenia były stosunkowo szybkie. Przejawy ruchów zaobserwowano w dzień poprzedzający, w postaci szczelin oraz zaniku spływu wód opadowych po stoku. Główne ruchy miały miejsce w nocy 1 czerwca, co skutkowało ewakuowaniem mieszkańców. Do godzin przedpołudniowych zniszczeniu uległo 17 budynków mieszkalnych oraz budynki gospodarcze i 2 kapliczki, a przemieszczenia w strefie skarpy głównej wyniosły około 30 m. W ciągu następnych czterech dni przemieszczenia zwiększyły się do 40-50 m, a do końca roku wyniosły w górnej części osuwiska 80 m.

Skarpa główna osuwiska, założona na wychodniach gruboławicowych piaskowców na wysokości 595-597 m n.p.m., w ciągu miesiąca uległa przesunięciu w górę stoku do wysokości blisko 610 m n.p.m. W początkowej fazie aktywności, utworzony został rów o głębokości około 5 m i szerokości 30-50 m, w dniu którego można było obserwować lustra – związane z jedną z powierzchni poślizgu. W dół osuwiska występowały liczne otwarte szczeliny poprzeczne i podłużne oraz blokowiska i rumowiska piaskowcowe. Pierwotna powierzchnia terenu uległa znacznym przeobrażeniom. W następnych dniach w wyniku dalszych osunięć, powierzchnia ta została pokryta koluwiami. Jesienią, poniżej wspomnianego rowu utworzyły się nowe otwarte szczeliny, ukazujące występowanie jaskiń w obrębie koluwiów. Dokumentuje to, że przemieszczaniu uległy całe pakiety skalne, które nasunęły się na środkową część stoku.

W części środkowej osuwiska, na powierzchni terenu koluwia zbudowane są głównie z bloków i głazów. Poniżej przemieszczenia mają jeszcze głębszy charakter, co dokumentują zagłębienia bezodpływowe. W górnej części osiedla Kłodne, gdzie wcześniej były formy wypukłe, utworzyły się zagłębienia i rowy wewnątrzosuwiskowe, a w środkowej części okresowe jeziora osuwiskowe. W części południowej występuje jezioro koluwalne, który nasunął się wyraźnym 3-5 m wysokości czołem na stok nienaruszony.

W początkowym okresie badań przypuszczano, że jest to stare osuwisko, które uległo uaktywnieniu po opadach. Przesłanką za przyjęciem takiej hipotezy było występowanie dużego osuwiska skalnego znajdującego się bezpośrednio na wschód od czynnego osuwiska w Kłodnem. Analiza map topograficznych w skali 1 : 10 000 nie dawała jednoznacznej odpowiedzi co do istnienia wcześniejszego osuwiska. Więcej szczegółów terenowych dostarczyły stereopary dostępnych zdjęć lotniczych z lat sześćdziesiątych, siedemdziesiątych i 2003 roku. Analiza wspomnianych zdjęć wykazała, że jest to nowe osuwisko, dla którego datą powstania może

