

Osuwisko Vajont (Włochy) – przykład katastrofy przyrodniczej wywołanej działaniami człowieka

Milena Różycka¹, Filip Duszyński¹, Aleksandra Michniewicz¹



M. Różycka



F. Duszyński



A. Michniewicz

Vajont landslide (Italy) – an example of a natural disaster induced by human activity. *Prz. Geol.*, 65: 560–563.

A b s t r a c t. Vajont landslide, which affected the northern slope of Monte Toc in the Dolomites (NW Italy), is one of the most famous examples of a natural disaster induced by human activity. A wave, generated by displaced material that filled the Vajont reservoir, overtopped the dam and destroyed a few villages in the nearby Piave valley, resulting in death of approximately 2000 people. In this review paper, some facts about the disaster are presented and its triggering factors are discussed. Information related to tourism development in the area is also provided.

Keywords: landslide, Vajont dam, Longarone, Monte Toc, Dolomites

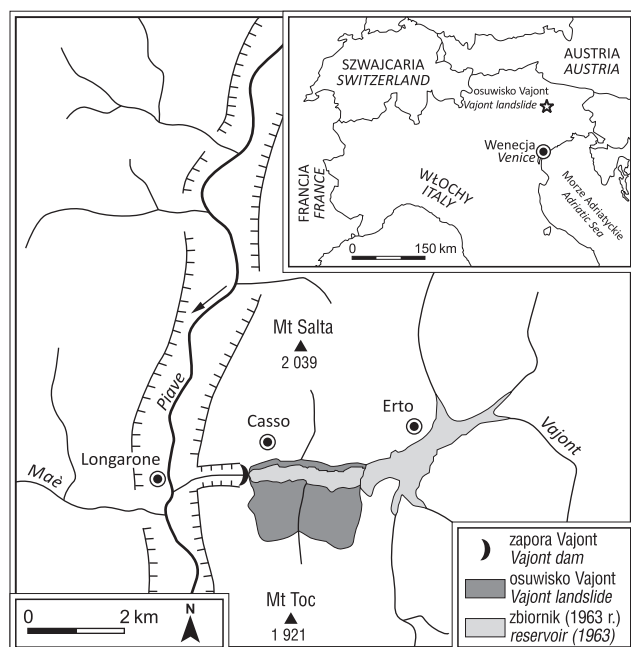
Tragiczne w skutkach osuwisko Vajont (również Vaiont), które zeszło 9 października 1963 r. z północnych stoków wzniesienia Monte Toc (1921 m n.p.m.) we włoskich Dolomitach, ok. 100 km na północ od Wenecji, stanowi bez wątpienia jedno z najlepiej zbadanych pod kątem geologicznym i geotechnicznym osuwisk świata (Ward, Day, 2011). Jest ono przykładem katastrofy, której powodem było nie w pełni przemyślane działanie człowieka w środowisku. W następstwie podjęcia błędnych decyzji – głównie w zakresie lokalizacji zbiornika zaporowego, który wskutek osunięcia zboczy został wypełniony przemieszczonym materiałem skalnym o objętości ok. 270 mln m³ (Kilburn,

2007) – katastrofalna powódź, wywołana wypchnięciem wody ze zbiornika, odebrała życie ponad 2 tys. osób (Müller, 1964; Hendron, Patton, 1985). Ofiarami byli głównie mieszkańcy Longarone – miejscowości położonej w dolinie rzeki Piave na wysokości wylotu bocznej doliny, z której południowych zboczy zeszło katastrofalne osuwisko (ryc. 1). W obliczu ogromu zniszczeń jakich dokonała powódź, na uwagę zasługuje fakt, że sama zapora – najwyższa wówczas na świecie (261,5 m) – przetrwała w niemal nienaruszonym stanie.

Celem niniejszego artykułu informacyjnego jest zestawienie najważniejszych danych dotyczących zarówno samej katastrofy, jak i środowiskowych oraz pozaśrodowiskowych uwarunkowań jej zajścia. W opracowaniu przedstawiono ponadto aktualny stan zagospodarowania turystycznego obszaru, jako że okolice osuwiska Vajont są obecnie odwiedzane nie tylko przez osoby profesjonalnie zajmujące się naturalnymi zagrożeniami w środowisku, ale i przez turystów.

SYTUACJA GEOLOGICZNA I GEOMORFOLOGICZNA

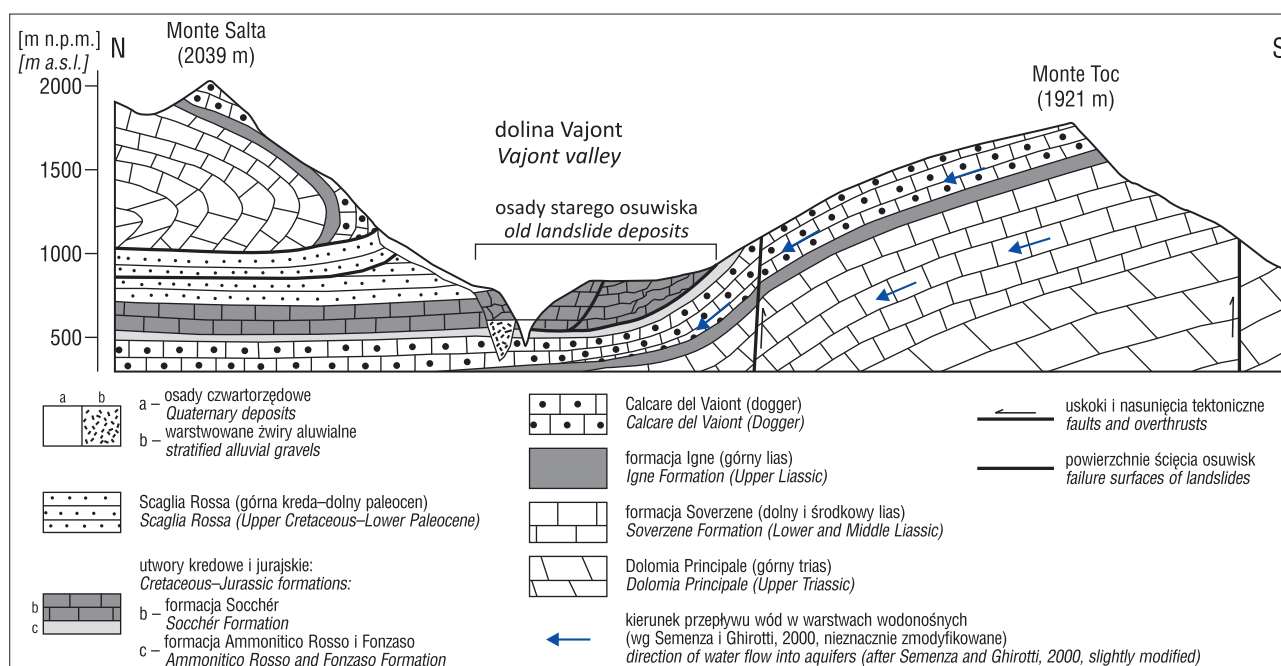
Dolina rzeki Vajont znajduje się w południowo-wschodniej części Dolomitów i stanowi klasyczny przykład alpejskiej formy wysokogórskiej, której przewodnie rysy zostały ukształtowane na skutek działalności lodowców w plejstocenie. Lokalną rzeźbę cechują znaczne deniwelacje, sięgające nawet 2 tys. m, oraz strome, miejscami niemal pionowe stoki założone w masywnych wapieniach i dolomitach górnego triasu–środkowego eocenu (Riva i in., 1990). Sama dolina jest wycięta w środkowo- i górnopaleozoicznych wapieniach z cienkimi wkładkami ilastymi i marglistymi, przykrytymi przez wapień wieku kredowego (Mantovani i in., 1991). Należy podkreślić, że od południowej strony formacje te zapadają stromo w kierunku osi doliny (Kilburn, Petley, 2003) (ryc. 2). Większość struktur geologicznych w regionie ukształtowała się w



Ryc. 1. Szkic sytuacyjny okolic osuwiska Vajont (opracowanie własne na podstawie: Semenza, Ghirotti, 2000; Casagrande'a, 2014)

Fig. 1. Location map of the Vajont area (after Semenza, Ghirotti, 2000; Casagrande, 2014)

¹ Uniwersytet Wrocławski, Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego, pl. Uniwersytecki 1, 50-137 Wrocław; milena.rozycka@uwr.edu.pl, filip.duszynski@uwr.edu.pl, aleksandra.michniewicz@uwr.edu.pl.



Ryc. 2. Przekrój geologiczny od szczytu Monte Salta do Monte Toc (orientacja N–S) przed zejściem tragicznego osuwiska 9.10.1963 r.
Fig. 2. Geological cross-section from Monte Salta to Monte Toc (N–S direction) before the tragic landslide on 9th October 1963

okresie oligocen–miocen, a do najbardziej charakterystycznych przejawów lokalnej tektoniki należą fałdy o biegu wschód–zachód, pocięte strefami uskokowymi rozciągającymi się z północy na południe (Mantovani, Vita-Finzi, 2003). Do struktur tektonicznych podłoża nawiązuje także przebieg doliny Vajont, która wykształciła się w asymetrycznej synklinie Erto, biegnącej z północnego zachodu na południowy wschód. Rozpatrując morfogenezę obniżen dolinnych tego regionu, wskazuje się ponadto na potencjalnie istotną rolę lokalnego czynnika odpornościowego – obecności gęsto warstwowanych wychodni skalnych o zwiększonym udziale bardziej podatnych na procesy niszczące wkładek elastycznych (Mantovani i in., 1991).

Niewątpliwie najbardziej charakterystyczną cechą doliny Vajont jest jej wypełnienie przez masę utworów koluwalnych powstałych w trakcie serii starych osuwisk, których obszar źródłowy obejmował północne stoki wzniesienia Monte Toc (Mantovani i in., 1991) (ryc. 2). Głęboka gardziel, w której zdecydowano się wybudować zapórę, rozcina materiał zdeponowany w trakcie jednego z takich epizodów, po ustąpieniu lodowca (Hendron, Patton, 1985; Mantovani i in., 1991).

Morfologia strefy osuwiskowej jest wysoce złożona (Wolter i in., 2016), a szczególnie trzy jej elementy zasługują na odnotowanie. Pierwszym z nich jest skarpa główna znajdująca się na maksymalnej wysokości 1360 m n.p.m. Ma ona w zarysie kształt litery M (ryc. 3 – patrz str. 538), wyraźnie rozdzielając osuwisko na części wschodnią i zachodnią. W strefie odklucia występują bardzo dobrze zachowane, miejscami gładkie i całkowicie pozbawione pokrywy blokowej, powierzchnie ścięcia, które tworzą odcinek stoku o nachyleniu dochodzącym do 45°. Poniżej zalega masa osuniętego materiału koluwalnego. Swoim szerokim na 1800 m czołem wypchnęła ona wodę ze zbiornika zaporowego, całkowicie wypełniając dno doliny Vajont i przemieszczając się do wysokości 850 m n.p.m. na przeciwnym zboczach.

Oprócz procesów osuwiskowych w dolinie Vajont zaznaczają się również ślady odpadania i obrywów skalnych, które są szczególnie dobrze widoczne na jej północnych zboczach (południowe stoki wzniesienia Monte Salta).

ZAPORA VAJONT I OSUWISKO

Zlewnia Piave już od lat 20. XX w. budziła zainteresowanie producentów energii elektrycznej, w związku z czym powstał w niej zespół zapór i elektrowni wodnych ze zbiornikiem głównym Pieve di Cadore. Prace budowlane w głębokiej dolinie Vajont rozpoczęto w 1957 r., kiedy okazało się, że zbiornik retencyjny Pieve di Cadore może być niewystarczający do magazynowania wód roztopowych spływających z wyższych partii Alp. Zdecydowano o utworzeniu dodatkowego jeziora zaporowego, a autorem projektu betonowej zapory był włoski inżynier C. Semenza (Rivis, 2015). Wtedy też trzech niezależnych ekspertów wydało jednobrzmiące opinie dotyczące wzniesienia Monte Toc, w których stwierdzono, że zbocze opadające do zbiornika jest niestabilne i w każdej chwili może dojść do jego przemieszczenia. Głosy te zostały jednak zignorowane przez spółkę realizującą inwestycję i w pierwszym kwartale 1960 r., po zakończeniu budowy, rozpoczęto napełnianie zbiornika.

Budowla zapory ma kształt podwójnie wypukły – horyzontalnie (zapora łukowa) i wertykalnie (ryc. 4 – patrz str. 538). Wysokość konstrukcji wynosi 261,6 m (725,5 m n.p.m.), z rzędną maksymalnego piętrzenia 722,5 m n.p.m., długość korony zapory to 190 m, zaś szerokość zapory u podstawy – 3,4 m.

Wiedza o tym, że rzeka Vajont rozcina osady starych osuwisk wpłynęła na decyzję o stałym monitorowaniu brzegów zbiornika, w celu wyeliminowania ewentualnego zagrożenia ruchami masowymi. Szybko zauważono, że poziom piętrzenia wody wpływa na niestabilność lewego zbocza doliny. W trakcie napełniania zbiornika w 1960 r.,

kiedy poziom wody wynosił ponad 600 m n.p.m., materiał skalny zaczął się przemieszczać z prędkością 3 cm/dobę, a w górnej części zbocza pojawiło się wyraźne pęknięcie o długości 2,5 km (Semenza, Ghirotti, 2000; Mantovani, Vita-Finzi, 2003). Ta podłużna nieciągłość swoim kształtem przypominała literę M, która odpowiadała zarysowi starego osuwiska zidentyfikowanego na stoku góry Monte Toc. Do poważnego zdarzenia stanowiącego zapowiedź katastrofального osuwiska, które nastąpiło 3 lata później, doszło 4 listopada 1960 r., kiedy do zbiornika osunął się fragment lewego zbocza doliny. Przed tym incydentem stan wody w zbiorniku został spiętrzony do maksymalnej dotychczas wysokości. Natychmiast rozpoczęto obniżanie poziomu wody, żeby zatrzymać proces postępującego ruchu gruntu na lewym zboczu i uniknąć wystąpienia kolejnych osuwisk (Rivis, 2015). Po tym wydarzeniu zarząd spółki SADE zdecydował o wydrążeniu awaryjnego tunelu, w celu odprowadzania wody z górnej części zbiornika na wypadek wystąpienia osuwiska.

Te zabiegi hydrotechniczne nieco uspokoiły spółkę SADE, która ponownie podjęła próbę napełnienia zbiornika, nadal podnosząc poziom wody. W konsekwencji we wrześniu 1963 r. lustro wody znalazło się na rekordowym poziomie 710 m n.p.m. Decyzję o opróżnianiu zbiornika podjęto, gdy okazało się, że znacznie wzrosło tempo przemieszczania się mas skalnych na stoku. Asekuracyjne obniżanie zwierciadła wody o kilka metrów nie przyniosło jednak pożądanych skutków, ponieważ w tym czasie odnotowano, że prędkość przemieszczania się gruntu wynosiła 1 m/dobę. Dodatkowo gwałtowny zrzut wody spowodował zaburzenie stabilności materiału na stoku, przez zbyt szybki spadek ciśnienia wód porowych w podłożu.

Lewe zbocze doliny Vajont ostatecznie osunęło się w nocy 9 października 1963 r., osiągając przy tym prędkość szacowaną na 70–100 km/h. Zwarty pakiet skalny o miąższości ok. 250 m i objętości 270 mln m³ wypełnił dno doliny oraz zajął przeciwległe zbocze do wysokości 140 m (Kilburn, Petley, 2003). Fala, która przelała się przez koronę zapory, przedostała się z ogromną prędkością wąską gardzielą rzeki Vajont w kierunku doliny Piave, niosąc ze sobą duże ilości materiału zawieszonoego oraz fragmenty skał.

UWARUNKOWANIA WYSTĄPIENIA OSUWISKA

Udział ludzki w zaistniałej katastrofie ma znaczenie nadrzędne i może być rozpatrywany zarówno z punktu widzenia wyboru niewłaściwego miejsca pod budowę zbiornika zaporowego, jak i prowadzenia ciągłych eksperymentów z poziomem wody w tym zbiorniku. Obszar wybrany pod lokalizację elektrowni wodnej był szczególnie predysponowany do wystąpienia osuwiska, a wpływ na to miały uwarunkowania geologiczne, geomorfologiczne oraz paleogeograficzne.

Betonową konstrukcję zapory posadowiono w miejscu, które wydawało się szczególnie korzystne nie tylko ze względów morfologicznych (ryc. 5 – patrz str. 538), ale także z punktu widzenia stabilności materiału skalnego budującego zbocza doliny. Pierwotny projekt zakładał budowę zapory w odległości ok. 1500 m w górę biegu rzeki, jednak odsłaniające się tam wapienie kredowe formacji Socchér nie wytrzymały się tak wytrzymałe jak wapienie środkowojurajskie (Calcarea the Vajont), obecne w

przełomie, w którym zapora w końcu powstała (Semenza, Ghirotti, 2000).

Wapienie kredowe formacji Socchér, budujące zbocza doliny Vajont na znacznym odcinku jej biegu – w tym także na wysokości zbiornika zaporowego – są podścielone utworami formacji Fonzaso, złożonej z późnojurajskich wapieni, z licznie występującymi warstewkami plastycznego iłu o grubości od kilku do kilkunastu centymetrów (Riva i in., 1990) (ryc. 2). Takie następstwo warstw skalnych sprzyja ruchom masowym ze względu na obecność strukturalnych powierzchni poślizgu. Dzieje się tak zwłaszcza w przypadku, w którym warstwy skalne/granice ławic są nachylone zgodnie z nachyleniem zboczy doliny, co miało miejsce w tym konkretnym przypadku (osuwisko konsekwentne). Zbiornik zaporowy powstał bowiem w głębokiej dolinie, która została wyrzeźbiona w asymetrycznej synklinie Erto (Riva i in., 1990). Nie bez znaczenia pozostaje również zbiornikowy charakter grubych ławic węglanowych, sprzyjający wzrostowi ich ciężaru na skutek nawodnienia, a tym samym zmianom równowagi sił wewnętrznych stoku.

Jeszcze przed ukończeniem budowy zapory uświadomiono sobie, że obszar wybrany pod inwestycję podlegał w przeszłości grawitacyjnym ruchom masowym na dużą skalę. Impulsem do podjęcia bardziej szczegółowych badań w tym zakresie było wydarzenie z 22 marca 1959 r. Wówczas to, w nieodległej dolinie rzeki Maè, będącej prawym dopływem Piave, zeszło osuwisko, a 10 mln m³ materiału skalnego przemieściło się wprost do sztucznego zbiornika Pontesei, który także pozostawał pod zarządem spółki SADE (Chernov, Sornette, 2016). Badania przeprowadzone jeszcze w tym samym roku w dolinie Vajont pozwoliły na identyfikację kilku osuwisk, z których tylko jednemu przypisano status potencjalnie zagrażającego (Semenza, Ghirotti, 2000). Z badań przeprowadzonych przez włoskiego geologa Semenzę wynikało, że zbiornik zaporowy został wybudowany w materiale koluwalnym rozcięty przez późniejszą erozję rzeczną.

Utrudnienia w identyfikacji starego osuwiska jeszcze przed rozpoczęciem budowy zapory wynikały w głównej mierze z faktu, że przemieszczony materiał skalny nie wykazywał oznak transportu i cechował się „niezaburzoną stratyfikacją” (Semenza, Ghirotti, 2000). Jak zauważył Ghirotti (2006), ocena stabilności stoków nie była w tamtym czasie zwyczajowo włączana w zakres badań prowadzonych podczas konstruowania zapór wodnych.

Szczególnie sprzyjające wystąpieniu osuwiska były również warunki geomorfologiczne. Zlewnia rzeki Vajont charakteryzuje się wysoką energią rzeźby. Niektóre szczyty wzdłuż linii wododziałowej osiągają znacznie ponad 2000 m n.p.m. (np. Mt. Duranno – 2652 m n.p.m., Col Nudo – 2439 m n.p.m.), podczas gdy punkt, w którym rzeka uchodzi do Piave znajduje się na wysokości 430 m n.p.m. Rozwój głęboko wciętych dolin rzecznych ze stromo nachylonymi zboczami jest możliwy dzięki aktywnej tektonice i intensywnej erozji, będącej odpowiedzią na dźwiganie tektoniczne obszaru (Mantovani, Vita-Finzi, 2003). Wybór miejsca predysponowanego do występowania grawitacyjnych ruchów masowych pod budowę zbiornika zaporowego Vajont był błędem wynikającym z niedostatecznie przeprowadzonych badań rozpoznawczych. Pomimo splotu tych niekorzystnych uwarunkowań środowiskowych, badacze zauważają, że głównym czynnikiem odpowiedzialnym za zejście osuwiska z północnych sto-

ków wzniesienia Monte Toc były eksperymenty ze zmianą poziomu wody w zbiorniku, które miały służyć obserwacji zachowania zdestabilizowanych mas ziemnych (Hendron, Patton, 1985; Kilburn, Petley, 2003). Eksperymenty te wiązały się z ciągłą zmianą warunków hydrogeologicznych w strefie osuwiska, rozumianych głównie jako zmiana ciśnienia wód porowych. Przypuszcza się, że znaczące zmiany tego ciśnienia mogły nastąpić także na skutek intensywnych opadów deszczu, które miały miejsce na krótko przed katastrofą (Kilburn, Petley, 2003), chociaż jak podkreślają Semenza i Ghirotti (2000, s. 96): „Większość naukowców próbowała bez powodzenia określić wiarygodną korelację pomiędzy opadem deszczu, a wskazaniami piezometrów”. Przedstawiono także hipotezy zakładające, że wzrost ciśnienia wód porowych mógł nastąpić na skutek wstrząsów sejsmicznych (Mantovani, Vita-Finzi, 2003).

OSUWISKO I ZAPORA VAJONT JAKO PRZEDMIOT ZAINTERESOWAŃ TURYSTYCZNYCH

Zwiedzanie doliny Vajont i okolic jest możliwe na różne sposoby. Miejszem, z którego rozciąga się widok na przełom i zaporę, jest wysoko położona droga łącząca Longarone z miejscowością Erto. Została ona poprowadzona częściowo w wąskim tunelu, który wydrążono w skalistych zboczach dolin Piave i Vajont. Tunele w niższych partiach zboczy, efektywna kładka tuż poniżej zapory oraz elektrownia są udostępniane turystom tylko raz w roku, zazwyczaj we wrześniu lub w wyjątkowych przypadkach wyspecjalizowanym grupom zwiedzających pod nadzorem pracownika elektrowni. Poniżej parkingu została wzniesiona kaplica upamiętniająca ofiary katastrofy. Przy zaporzę znajduje się również parking i tablica informacyjna, przedstawiająca mapę obszaru oraz niewielkie centrum informacyjne, które jest otwarte w sezonie letnim.

Osuwisko Vajont w pełnej okazałości jest widoczne z miejscowości Casso położonej na prawym, przeciwnym zboczu doliny. W dolnej części wioski, na budynku szkoły, została wybudowana platforma widokowa, z której rozciąga się panorama w kierunku południowym na stok osuwiskowy i dolinę Vajont.

PODSUMOWANIE

Zejście osuwiska z północnych stoków wzniesienia Monte Toc było skutkiem nie do końca właściwego oglądu sytuacji geologiczno-geomorfologicznej oraz szeregu błędnie podjętych decyzji. Wśród nich na pierwszy plan wysuwa się lokalizacja zbiornika zaporowego w dolinie, której zbocza nosiły ślady wielokrotnego przemodelowania przez wielkoskalowe ruchy masowe. Budowa geologiczna doliny, charakteryzująca się naprzemianległym zaleganiem stromo zapadających w kierunku jej osi skał wapiennych, wraz z cienkimi warstewkami plastycznego iltu, szczególnie predysponowała to miejsce do występowania procesów grawitacyjnych ze względu na obecność pierwotnych strukturalnych powierzchni poślizgu. Choć z problemu niestabilności stoków w dolinie Vajont zdawano sobie sprawę, to już w trakcie budowy zapory nie miał on wpływu na bardziej zdecydowane działania ze strony zarządzającej przedsięwzięciem włoskiej spółki SADE.

Kroki, jakie podjęto, miały charakter prewencyjny – w zbczu doliny wykuto awaryjny tunel, który miał odprowadzać nadmiar wody z górnej części jeziora zaporowego na wypadek jego zasypania przez osunięte masy skalne, a przemieszczenia na stoku poddano stałemu monitoringowi, żeby na zwiększenie ich prędkości móc na bieżąco reagować przez obniżenie poziomu wody w zbiorniku. Eksperymenty z regulowaniem ilości zgromadzonej wody mogły być w głównej mierze odpowiedzialne za destabilizację stoku. Spowodowały bowiem dynamiczne zmiany warunków hydrogeologicznych górotworu, a przede wszystkim zmiany ciśnienia wód porowych. W latach 50. i 60. XX w. szczegółowa geologiczna ocena stabilności stoków przy okazji budowy zapór wodnych nie stanowiła standardowej praktyki, a świadomość dynamiki i rozmiaru potencjalnych zdarzeń była znacznie niższa niż obecnie.

Składamy serdeczne podziękowania prof. Piotrowi Migoniowi za cenne uwagi do pierwszej wersji artykułu. Dziękujemy także prof. Mauro Soldatiemu z Uniwersytetu w Modenie za możliwość uczestniczenia w ćwiczeniach terenowych w Dolomitach, w trakcie których poznaliśmy osuwisko w dolinie Vajont. Wyrazy wdzięczności przekazujemy Recenzentom, których uwagi okazały się pomocne przy tworzeniu ostatecznej wersji artykułu.

LITERATURA

- CASAGRANDE G. 2014 – Spaces and places fifty years after the Vajont tragedy. *J. Res. Didact. Geograph.*, 1: 51–62.
- CHERNOV D., SORNETTE D. 2016 – Man-made Catastrophes and Risk Information Concealment. *Case Studies of Major Disasters and Human Fallibility*. Springer, s. 344.
- GHIROTTI M. 2006 – Edoardo Semenza: the importance of geological and geomorphological factors in the identification of the ancient Vajont landslide. [W:] Evans S.G., Mugnozza G.S., Strom A., Hermanns R.L. (red.), *Landslides from Massive Rock Slope Failure*, Nato. Sci. Ser., 395–406.
- HENDRON A.J., PATTON F.D. 1985 – The Vajont slide: a geotechnical analysis based on new geologic observations of the failure surface. U.S. Army Corps of Engineers Technical Report GL85-5, Department of the Army, Corps of Engineers, Washington D.C.
- KILBURN C.R.J. 2007 – Giant catastrophic landslides. [W:] Sammonds P.R., Thompson J.M.T. (red.), *Advances in Earth Science: From Earthquakes to Global Warming*, Royal Soc. Ser. Advan. Sci. 2, Imperial College Press: 213–228.
- KILBURN C.R.J., PETLEY D.N. 2003 – Forecasting giant, catastrophic slope collapse: lessons from Vajont, Northern Italy. *Geomorphology*, 54: 21–32.
- MANTOVANI F., VITA-FINZI C. 2003 – Neotectonics of the Vajont dam site. *Geomorphology*, 54: 33–37.
- MANTOVANI F., BOLLETTINARI G., GHIRELLI C. 1991 – The Vajont Rock Landslide. [W:] Panizza M., Soldati M., Coltellacci M.M. (red.), *European Experimental Course on Applied Geomorphology 2*, Proceedings, University of Modena: 65–76.
- MÜLLER L. 1964 – The rock slide in the Vajont valley. *Rock Eng. Geol.*, 2: 148–212.
- RIVIS L. 2015 – The hydraulic history of the “Great Vajont” as told by one who was there. *Momenti Editore*, s. 96.
- RIVA L., DESIO M., MASETTI D., FOCCATI F., SAPIGNI M., SEMENZA E. 1990 – Geologia delle valli Vajont and Gallina (Dolomiti Orientali). *Annali University of Ferrara, Sezione Scienza della Terraz*, 2: 55–76.
- SEMENTA E., GHIROTTI M. 2000 – History of the 1963 Vajont slide: the importance of geological factors. *Bul. Eng. Geol. Environ.*, 59: 87–97.
- WARD S.N., DAY S. 2011 – The 1963 landslide and flood at Vajont reservoir Italy. A tsunami ball simulation. *Ital. J. Geosci.*, 130: 16–26.
- WOLTER A., STEAD D., WARD B.C., CLAGUE J.J., GHIROTTI M. 2016 – Engineering geomorphological characterisation of the Vajont Slide, Italy, and a new interpretation of the chronology and evolution of the landslide. *Landslides*, 16: 1067–1081.

Praca wpłynęła do redakcji 24.08.2016 r.
Akceptowano do druku 20.06.2017 r.

**Osuwisko Vajont (Włochy) – przykład katastrofy przyrodniczej
wywołanej działaniami człowieka (patrz str. 560)**
**Vajont landslide (Italy) – an example of a natural disaster
induced by human activity (see p. 560)**



Ryc. 3. Widok na osuwisko Vajont z przeciwnego zbocza doliny
Fig. 3. Vajont landslide seen from the opposite side of the valley



Ryc. 4. Betonowa konstrukcja łukowej zapory Vajont. Ryc. 3 i 4 fot. F. Duszyński
Fig. 4. Concrete arch dam of Vajont. Figs 3 and 4 photo by F. Duszyński



Ryc. 5. Wąska gardziel doliny Vajont u jej wylotu do doliny Piave z widocznym fragmentem zapory. Fot. M. Różycka
Fig. 5. Narrow gorge of the Vajont valley with the dam in the back, seen from the Piave valley. Photo by M. Różycka