

## **GALERÍAS DEL AGUA (SZTOLNIE WODNE) NA WYSPACH KANARYJSKICH**

Paweł P. ZAGOŹDŹON

Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej,  
Na Grobli 15, 50-421 Wrocław

*eksploatacja wód podziemnych, sztolnie wodne,  
Wyspy Kanaryjskie, Lanzarote, Famara*

Na obszarze Wysp Kanaryjskich znajduje się kilka tysięcy obiektów o charakterze górniczym – są to sztolnie drążone od połowy XIX w. do ostatnich lat XX w. w celu pozyskiwania wód podziemnych. Ich koncentracja oraz położenie są konsekwencją wyjątkowej sytuacji hydrogeologicznej, wynikającej ze specyficznej budowy górotworu. W komunikacie przedstawiono zarys budowy geologicznej archipelagu, ze szczególnym uwzględnieniem wyspy Lanzarote, a także informacje dotyczące historii i charakteru prowadzonych tu robót górniczych. Syntetyczne studium literaturowe uzupełniono wynikami obserwacji terenowych przeprowadzonych na Lanzarote w odniesieniu do dwóch sztolni wodnych, zlokalizowanych w pobliżu osiedla Famara oraz w dolinie Barranco del Chafariz. Sztolnie wodne na Wyspach Kanaryjskich to obiekty stosunkowo słabo znane. Powinny one stanowić przedmiot zainteresowania geoturystycznego, dokumentują też ciekawy przykład intensywnej działalności górniczej.

### **1. Wstęp**

Intensywna działalność górnicza kojarzona jest zazwyczaj z obszarami zasobnymi w bogactwa mineralne o „obiektywnie” dużym znaczeniu – rudy, paliwa kopalne, surowce chemiczne i skalne. W komunikacie przedstawione zostały wybrane informacje dotyczące obszaru nietypowego pod względem rodzaju kopaliny pozyskiwanej dzięki wykonaniu podziemnych robót górniczych oraz dużej skali tych prac.

Na Wyspach Kanaryjskich wykształciła się wyjątkowa sytuacja hydrogeologiczna, wynikająca z nałożenia się czynników klimatycznych i geologicznych. Archipelag ten położony jest w strefie klimatu zwrotnikowego (ok. 27°N), choć na poszczególnych wyspach klimat jest dość zróżnicowany, np. dla Teneryfy określanej jest jako śródziemnomorski przybrzeżny (Csb wg klasyfikacji Köppena), a dla Lanzarote jako ciepły pustynny (pustynny – subtropikalny, BWh). Dodatkowe zróżnicowanie wynika z dużych deniwelacji niektórych z wysp (np. Gran Canaria

– do 1949 m n.p.m., Teneryfa – do 3718 m n.p.m.). Niemniej na większości obszaru notowane są niskie (300–500 mm dla La Palmy i Teneryfy), bądź bardzo niskie wartości opadów (rzędu 100–200 mm/rok na większości wysp, najniższe dla Lanzarote i Fuerteventury).

Wyspy Kanaryjskie to młody archipelag o genezie wulkanicznej, stąd większość występujących tu formacji geologicznych charakteryzuje wysoka przepuszczalność, dzięki czemu zazwyczaj zwierciadło wód podziemnych znajduje się głęboko – znacznie poniżej dolin potoków (poziom wody w strumieniach nie odpowiada poziomowi wód gruntowych). Specyfiki dopełnia obecność zespołów pionowych lub niemal pionowych dajek bazaltowych, stanowiących ekrany o ekstremalnie niskiej przepuszczalności, powodujących lokalnie powstawanie bardzo dużych różnic poziomu zwierciadła wód w górotworze. Wyspy Kanaryjskie są więc obszarem o wysokim deficycie wód słodkich.

W konsekwencji na bardzo szeroką skalę wykorzystano tu podziemne techniki górnicze dla pozyskania wód wgłębnych – łącznie wydrążono tysiące kilometrów (!) sztolni i chodników oraz studni (szybów).

## 2. Zarys budowy geologicznej

Wyspy archipelagu kanaryjskiego utworzyły się na oceanicznym dnie o wieku środkowo- i późnojurajskim (ok. 180–150 mln. lat). Faza wulkanizmu podmorskiego rozpoczęła się ok. 39 mln. lat temu (por. Viñuela, 2015). Aktywność wulkaniczna poszczególnych wysp zaznaczała się w różnym czasie, najstarsze datowania uzyskano dla wschodniej części archipelagu (14–20 mln. lat), wiek skał Teneryfy i Gomery nie przekracza 12 mln lat, zaś na wyspach La Palma i El Hierro wynosi nie więcej niż ok. 1,8 mln lat (Carracedo i in., 2002). Obszar ten jest aktywny wulkanicznie do czasów współczesnych, o czym świadczą erupcje na La Palma (1971 r.), czy obecna aktywność sejsmiczna i podmorska działalność wulkaniczna u brzegów El Hierro. Tradycyjnie powstanie tego wulkanicznego archipelagu łączy się z obecnością tzw. gorącej plamy (ponad pióropuszem gorącej materii wynoszonej w obrębie płaszcza Ziemi), jednak model ten nie jest powszechnie akceptowany (por. Viñuela, 2015). Aktywność wulkaniczna koncentruje się wzdłuż stref ryftowych – głębokich rozłamów skorupy ziemskiej (Carracedo, 1994).

W wulkanicznej działalności Wysp Kanaryjskich zaznaczyło się kilka faz: 1) aktywności podmorskiej, 2) bazaltowego wulkanizmu tarczowego (miocen), 3) osłabienia działalności wulkanicznej i nasilonej erozji (na wyspach wschodniej części archipelagu – okres 1–5 mln. lat temu), 4) odnowienia aktywności efuzywnej (stratowulkany, zespoły stożków popiołowych, intensywne wylewy law, dajki bazaltowe), trwające z różnym nasileniem do dziś (pliocen do czwartorzędu). Na poszczególnych wyspach okres trwania poszczególnych faz był bardzo różny.

Santamarta Cerezal (2013) wskazuje tu dwie dominujące grupy skał, o wyraźnej odmiennych właściwościach fizyko-mechanicznych. Pierwsza z nich obejmuje generalnie lawy wulkaniczne (bazaltowe, trachitowe i fonolitowe) i tufy spieczone

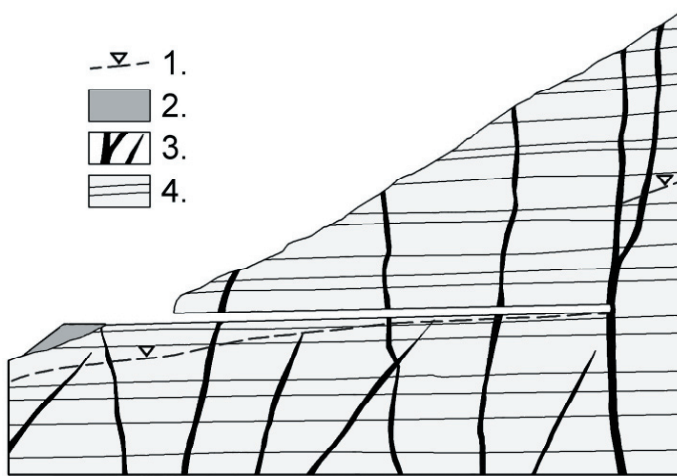
(ignimbryty), a druga – osady piroklastyczne różnych frakcji i brekcje lawowe. Z hydrogeologicznego punktu widzenia zespół pierwszy obejmuje skały słabo przepuszczalne. Wyjątkowe znaczenie, jako warstw nieprzepuszczalne, mają poziomy spieczonych gleb kopalnych, warstwy ochrowe (tzw. *almagres*), a także pionowe dajki – stanowiące niezwykle skuteczne, pionowe ekrany hydrogeologiczne (Dingman & Núñez, 1969; Santamarta Cerezal, 2013). Druga z podanych grup to skały przepuszczalne, wśród których ważną rolę pełnią poziomy skoriowe (luźny osad piroklastyczny składający się z porowatych ziaren wielkości od kilku do kilkudziesięciu milimetrów), równie istotnymi poziomami umożliwiającymi łatwą migrację wód są granice poszczególnych potoków lawowych (Santamarta Cerezal, 2013).

W kontekście omawiania sztolni wodnych wymaga podkreślenia charakter i rola pionowych dajek bazaltowych. Są to stosunkowo młode utwory żyłowe, przecinające starsze zespoły skalne – ich praktyczne znaczenie jest bardzo wysokie w górotworze o wyraźnym horyzontalnym lub zbliżonym do poziomego uwarstwieniu, a więc na obszarach będących pozostałościami wulkanów tarczowych lub w rozległych strato-wulkanach. Dajki stanowiące ekrany hydrogeologiczne wykazują miąższości 1–6 m (Santamarta Cerezal, 2013). Z reguły poszczególne sztolnie wodne zasilane są wodą dopływającą w wyniku przebicia jednej tylko dajki będącej barierą hydrogeologiczną (ryc. 1), co wynika z bardzo wysokich uzyskiwanych dopływów. Pomierzone wartości ciśnienia wody sięgały 12 Atm, w szczycie były to wartości niemierzalne – z nawiercanych otworów były strugi wody, powodujące czasem ciężkie obrażenia. Następujące niekiedy w wyniku nawiecenia dajek katastrofalne dopływy powodowały nawet śmierć górników (Dingman & Núñez, 1969). Wspomniane, pomierzone wartości ciśnienia odpowiadają 90–100-metrowej różnicy wysokości zwierciadła wody po obu stronach dajek. (Dingman & Núñez, 1969; Santamarta Cerezal, 2013). Według Dingmana i Núñeza (1969) doskonała izolacyjność tych żył jest wynikiem nienaruszenia tektonicznego – braku spękań w ich obrębie.

### 3. Sztolnie wodne

Na wielu obszarach, które cechuje niedostatek wód słodkich, od tysięcy lat stosowane są, drążone technikami górniczymi, podziemne wyrobiska służące do transportu lub pozyskiwania wód podziemnych. Santamarta Cerezal (2013) oraz Santamarta Cerezal i in. (2010) podają, że od VIII w p.n.e. obiekty takie powstawały w Chinach, Indiach, na Bliskim Wschodzie, w Egipcie, NW Afryce, czy Grecji. Technologia budowy tych tzw. kanatów (*qanat*) opracowana została w starożytnej Persji, prawdopodobnie w 1. tys. p.n.e., a jako dobrze znany przykład takiego obiektu podać można kanał na wyspie Samos, wybudowany w poł. VI w. p.n.e. przez Eupalinosa z Megary. Sztolnie wodne, o budowie zbliżonej do kanatów, były szeroko wykorzystywane m.in. na Płw. Iberyjskim, część z nich miała powstać jeszcze podczas panowania na tym obszarze władców arabskich (Custodio, 2013).

Na Wyspach Kanaryjskich znalazły zastosowanie dwa sposoby pozyskiwania wód podziemnych: studnie głębinowe i sztolnie. Jak podają Dingman i Núñez (1969)



Ryc. 1. Schemat sztolni wodnej na Wyspach Kanaryjskich wg Dingmana i Núñeza (1969);  
 1 – poziom wód podziemnych, 2 – hałda, 3 – dajki bazaltowe, 4 – skały wulkaniczne  
 Fig. 1. Sketch of water adit, typical for Canary Islands after Dingman and Núñez (1969);  
 1 – water table, 2 – waste dump, 3 – basalt dikes, 4 – volcanic rocks

na poszczególnych wyspach preferowany jest pierwszy (np. Gran Canaria – 2830 studni, Fuerteventura – 650 studni) bądź drugi z nich (np. Teneryfa – 485 sztolni). Próby pozyskiwania wód podziemnych za pomocą sztolni były tu podejmowane od poł. XIX w., (Suárez Moreno i in., 2013), Aguilera-Klink i in. (2000) wskazują rok 1850 jako moment rozpoczęcia robót górniczych na Teneryfie, a przedstawione przez nich zestawienie pozwala prześledzić zmiany intensywności tych prac do roku 1998 (tab. 1). W latach 1920–70 znaczenie tych obiektów było kluczowe dla upraw cytrusów – zwłaszcza na Teneryfie (Suárez Moreno i in., 2013).

Łączna liczba sztolni wodnych w archipelagu określana jest na około 1500 (Suárez Moreno, 2013), około 2000 (informacja: J.C. Santamarta Cerezal) lub 962 (Dingman & Núñez, 1969). Ostatni ze wspomnianych autorów zamieszczają tabelaryczne zestawienie z wyszczególnieniem ilości takich obiektów na poszczególnych wyspach: Teneryfa – 485, Gran Canaria – 360, La Palma – 102, El Hierro – 8, La Gomera – 3, Lanzarote i Fuerteventura – po 2). Odmienne wartości znajdujemy w aktualnym zestawieniu, dostępnym na witrynie internetowej rządu Wysp Kanaryjskich (www.gobiernodecanarias..., 2015): Teneryfa – 1051, Gran Canaria – 431, La Palma – 162, El Hierro – 6, La Gomera – 5, Lanzarote – 7 i Fuerteventura – brak danych. Wyraźne rozbieżności są przede wszystkim konsekwencją budowy nowych sztolni pomiędzy końcem lat 60. XX. wieku a czasami współczesnymi. Doskonałą ilustrację skali przeprowadzonych robót znajdujemy w pracy Carracedo (1994) – por. ryc. 2.

Custodio (2013) i Santamarta Cerezal (2013) podają szacunkową sumaryczną długość tych wyrobisk wynoszącą ok. 3000 km, a drugi ze wspomnianych autorów, pod względem tego parametru, zestawia Wyspy Kanaryjskie z dużym zagłębieniem wy-

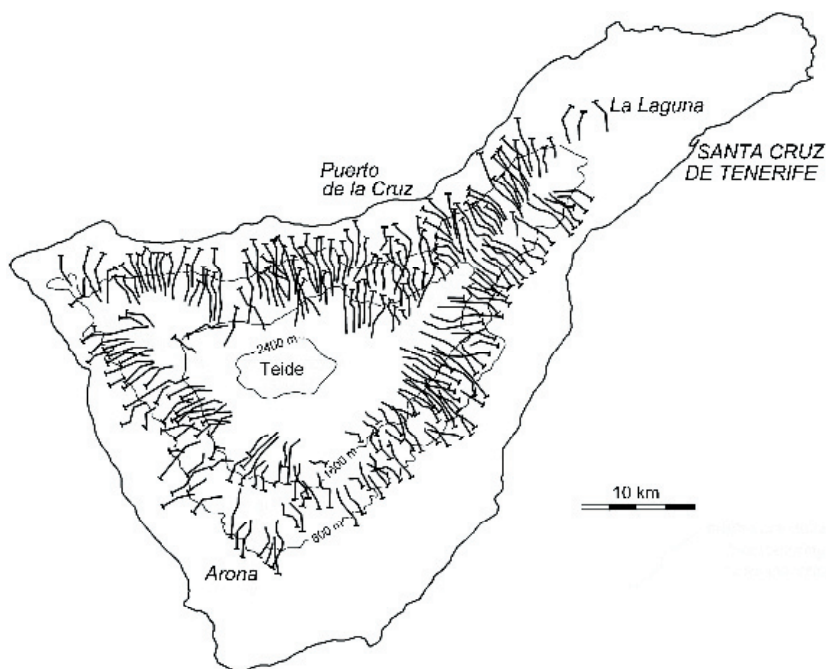
Tab. 1. Intensywność prowadzenia prac górniczych na Teneryfie na podstawie Aguilera-Klink i in. (2000)

Tab. 1. Intensity of mining workins on Tenerife after Aguilera-Klink et al. (2000)

Okres/Period	Łączna długość wydrążonych sztolni/ Total lenght of adits drilled [km]
do 1930/until 1930	100
1930–40	120
1940–50	260
1950–60	350
1960–70	350
1970–80	270
1980–90	110
1990–98	70

dobycia węgla kamiennego w Asturii. Aguilera-Klink i in. (2000) dla samej wyspy Teneryfa podają wartość 1630 km.

Sumaryczna wydajność wypływów ze sztolni, liczona dla całego archipelagu, wynosiła w roku 1967 (wg przytaczanych danych UNESCO)  $9,676 \text{ m}^3/\text{s}$ , jednak 76,5% tej wartości odnosi się do sztolni Teneryfy, a dalsze 20% – Gran Canarii i La



Ryc. 2. Stopień koncentracji robót górniczych (sztolnie wodne) na przykładzie wyspy Teneryfa (wg Carracedo, 1994 – uproszczone; odrys)

Fig. 2. Concentration of mining workings (water adits) on Tenerife (after Carracedo, 1994 – simplified; redrawn)

Palmy (Dingman & Núñez, 1969 – tab. 3). Aguilera-Klink i in. (2000), wyłącznie dla wyspy Teneryfa, podają wartości 1,5–7 m<sup>3</sup>/s za lata 1930–1998. Dingman i Núñez (1969) przedstawiają również informacje o przybliżonej wydajności pojedynczych sztolni, na poziomie 60–160 dm<sup>3</sup>/s. Wartość ta jest zbliżona do podanej przez J.C. Santamartę Cerezal i in. (2010) – ok. 100–200 dm<sup>3</sup>/s. Porównanie wydajności globalnej dla całego archipelagu i wydajności pojedynczych sztolni wykazuje znaczącą rozbieżność, wydaje się więc, że podawane wydajności pojedynczych sztolni są charakterystyczne raczej dla obiektów dostarczających znacznych ilości wody, nie są zaś wielkością średnią.

Dostępne w literaturze skrótove opisy sztolni wodnych pozwalają na przedstawienie ich ogólnej charakterystyki. Wyrobiska te drążone były horyzontalnie, lub z niewielkim wzniosem (Dingman & Núñez, 1969), którego wartość Santamarta Cerezal (2013) określa na 1,5–2%. Obiekty te mają różną długość, Suárez Moreno i in. (2013) podają wartości z przedziału 100–2000 m, natomiast zdaniem Dingmana i Núñeza (1969) wartość 2000 m odnosi się do ich długości średniej. Długości maksymalne określane są na ponad 4000 m (Dingman & Núñez, 1969), a nieliczne sztolnie sięgają mają nawet 6000 (Santamarta Cerezal i in., 2010; [www.gobiernodecanarias...](http://www.gobiernodecanarias...), 2015) lub 7000 m (Santamarta Cerezal, 2013). Wyrobiska te wykazują często przebieg prostoliniowy, choć w przypadku utrudnień natury geotechnicznej (zróżnicowane właściwości przebijanych skał) – mogą wielokrotnie zmieniać bieg (Santamarta Cerezal i in., 2010; por. ryc. 2).

Podawane są nieco zróżnicowane poprzeczne wymiary tych wyrobisk. Dingman & Núñez (1969) opisali na Teneryfie sztolnię o szerokości 1,5 oraz wysokości 1,5–2 m. W opracowaniu Suáreza Moreno i in. (2013) parametry te wynoszą odpowiednio 1–2 m i 2 m. Santamarta Cerezal (2013), na przykładzie wyspy El Hierro, podaje informacje o sztolniach znacznie większych rozmiarów. Ich pionowe ociosy sięgają 1,8–2,5 m, łączna wysokość jest jednak większa, gdyż wyrobiska posiadają łukowe sklepienia, szerokość sztolni wynosi 3–4 m. Uogólniając Santamarta Cerezal i in. (2010) wymiary wyrobisk należących do właścicieli prywatnych określają na ok. 1,8 × 1,8 m, zaś tych w posiadaniu jednostek państwowych – na 4 × 2,5 m. Powierzchnie ociosów i stropów mają różny charakter – w niektórych przypadkach są dobrze wyrównane, w innych – pozostawiono je w stanie surowym (por. Santamarta Cerezal, 2013; Santamarta Cerezal & Rodríguez-Martín, 2013).

Wyrobiska te drążone były w poziomach tufowych lub w bazalcie (Hernández-Gutiérrez i in., 2013). Urabianie skały prowadzono z wykorzystaniem materiałów wybuchowych, z szynową odstawą urobku – dzienny postęp wynosił 1–3 m (Santamarta Cerezal, 2013). Stropy i ociosy na większości odcinków sztolni są stabilne, bez konieczności ich zabezpieczania. W pobliżu wlotów wyrobisk oraz w strefach występowania skał słabo związanych stosowane są różne typy obudowy łukowej lub zabezpieczenie w postaci torkretu (Dingman & Núñez, 1969; Hernández-Gutiérrez i in., 2013).

Obecnie niektóre spośród sztolni są opuszczone, jednak znaczna ich część jest czynna, z utrzymywaną infrastrukturą wewnętrzną, choć często napływające z góro-



tworu wody są silnie zmineralizowane, co utrudnia ich wykorzystanie (Santamarta Cerezal, 2013; Santamarta Cerezal & Rodríguez-Martín, 2013).

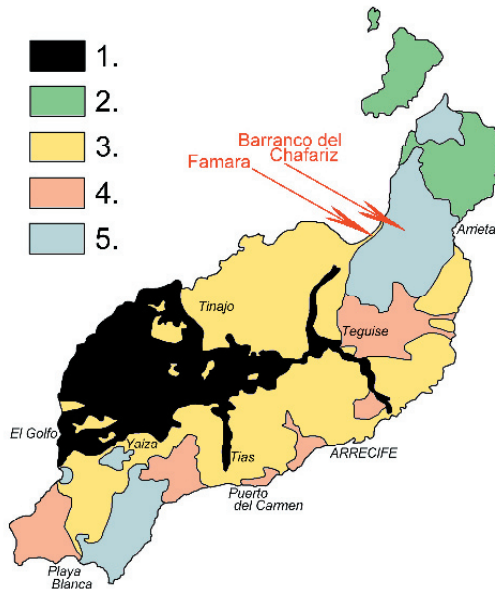
Jak wspomniano, poza sztolniami wodnymi, na Wyspach Kanaryjskich znajduje się także znaczna ilość studni. Ich rozmiary oraz charakter prac prowadzonych podczas drążenia pozwalają traktować je jako pozostałości robót górniczych. Według Dingmana i Núñeza (1969) zazwyczaj mają one około 3 m. średnicy, zaś ich głębokość jest bardzo zmienna, niekiedy sięga 150–200 m, a w jednym przypadku – nawet 318 m. Z dna takich studni (szybów) drążono w radialnym układzie zespoły chodników o różnej długości. Spąg wyrobisk poziomych dodatkowo perforowano zespołami otworów o średnicy 3–4 cali, na głębokość 20–30 m. Same studnie często okazywały się suche, natomiast dopływ wody następował dopiero po osiągnięciu chodnikiem warstwy lub strefy wodonośnej. Studnie zazwyczaj nie posiadają obudowy, jedynie ich przypowierzchniowe odcinki zabezpieczone są obudową kamienną związaną zaprawą (Dingman & Núñez, 1969).

#### 4. Lanzarote – elementy budowy geologicznej i sztolnie wodne

Najstarsze skały na wyspie Lanzarote to pozostałości dwóch stratowulkanów (Ajaches na południu i Famara na północy – o wieku odpowiednio: 6–19 oraz ok. 4–10 mln. lat), silnie zniszczonych późniejszą działalnością erozyjną (Carracedo, 2002; ryc. 3), stanowiące najstarszą serię efuzywną (Krafft & Larouzière, 1991). Są one podłożem, na którym powstały późniejsze formy wulkaniczne, np.: peryferyczne wulkany (plejstocenijskie Montaña Roja, czy La Corona – z jednymi z najdłuższych jaskiń lawowych na świecie i in.), szeregi stożków piroklastycznych (łącznie ok. 100), czy rozległe pola lawowe, utworzone podczas katastrofalnej, sześciolietniej (1730–36 r.) erupcji w zachodniej części wyspy. Ostatni epizod wulkaniczny miał tu miejsce w roku 1824, natomiast aktywność gazową obserwuje się do dziś na terenie Parku Narodowego Timanfaya.

Pozostałości stratowulkanu Famara mają postać wysokiego masywu o złożonej rzeźbie – ciętego szeregiem głębokich dolin (hiszp. *barrancos*) schodzących ku wschodowi oraz obciętego potężnym (o wysokości niemal 500 m) urwiskiem Risco de Famara na zachodzie. W tym rejonie powstawały sztolnie wodne tej wyspy.

Warunki wodne panujące na Lanzarote, w zestawieniu z pozostałymi wyspami archipelagu, są szczególnie trudne. Przez stulecia właśnie woda była tu czynnikiem kluczowym dla rozwoju gospodarczego. W okresie prehiszpańskim korzystano z wód opadowych i nielicznych źródeł, później budowano pierwsze studnie oraz podziemne cysterny do magazynowania wody (również opadowej) (Ulber, 2004). Zdecydowane pogorszenie sytuacji nastąpiło w latach 40. XX. wieku, w związku z intensywnym rozwojem stolicy wyspy – Arrecife. W tym czasie powstała sztolnia w Risco de Famara, dostarczająca do 450 m<sup>3</sup> wody na dobę – był to jednak surowiec niskiej jakości (Díaz Rijo, 2007). Budowa „sztolni wodnych” znacząco – choć tylko na pewien czas – poprawiła sytuację. Magazynowanie napływającej z wyrobisk wody było w pewnym okresie jedynym sposobem zabezpieczenia potrzeb i umożliwiło



Ryc. 3. Uproszczona mapa geologiczna Lanzarote (na podst. Kraffta i Larouzière, 1991 oraz innych źródeł) ze wskazaniem położenia sztolni wodnych; 1 – lawy wylewów współczesnych (1730–1736, 1824), bazaltoidy i skały piroklastyczne: 2 – serii IV (ok. 30–50 tys. lat), 3 – serii III (ok. 50–780 tys. lat), 4 – serii II (dolny i środkowy plejstocen), 5 – serii I (miocen)

Fig. 3. Simplified geological map of Lanzarote (based on Krafft and Larouzière, 1991 and other sources) with location of water adits; 1 – contemporary lava flows (1730–36, 1824), basaltoids and piroclasts of: 2 – series IV (about 30–50 thous. years), 3 – series III (about 50–780 thous. years), 4 – series II (Lower and Middle Pleistocene), 5 – series I (Miocene)

m.in. budowę fabryki lodu dla funkcjonującego na wyspie sektora przetwórstwa ryb (Ulber, 2004). Ilość wody dostarczanej z wyrobisk była jednak zbyt mała, co powodowało konieczność jej racjonowania, a także dostawy z kontynentu drogą morską (Díaz Rijo, 2007). Według Ulbera (2004) dostawy te w latach 1961–1962 kształtowały się na poziomie ok. 82 tys. m<sup>3</sup>. Problemy z zaopatrzeniem w wodę zakończyły się w połowie lat 60. XX wieku, gdy rozpoczęto budowę stacji odsalania wody morskiej (Ulber, 2004; Díaz Rijo, 2007).

Na Lanzarote powstało zaledwie 7 sztolni wodnych położonych w dwóch obszarach, w północnej części wyspy. Pięć z nich zlokalizowanych zostało w rejonie osiedla Famara, pozostałe dwie – w najwyższej części doliny Barranco del Chafariz, otwierającej się ponad miejscowością Arrieta. Pod względem geologicznym znajdują się one w tym samym masywie Famara, wypreparowanym erozyjnie w bazanitach, a podrzędnie bazaltach alkalicznych wspomnianego wyżej starożytnego wulkanu tarczowego o tej samej nazwie (Carracedo, 2002).

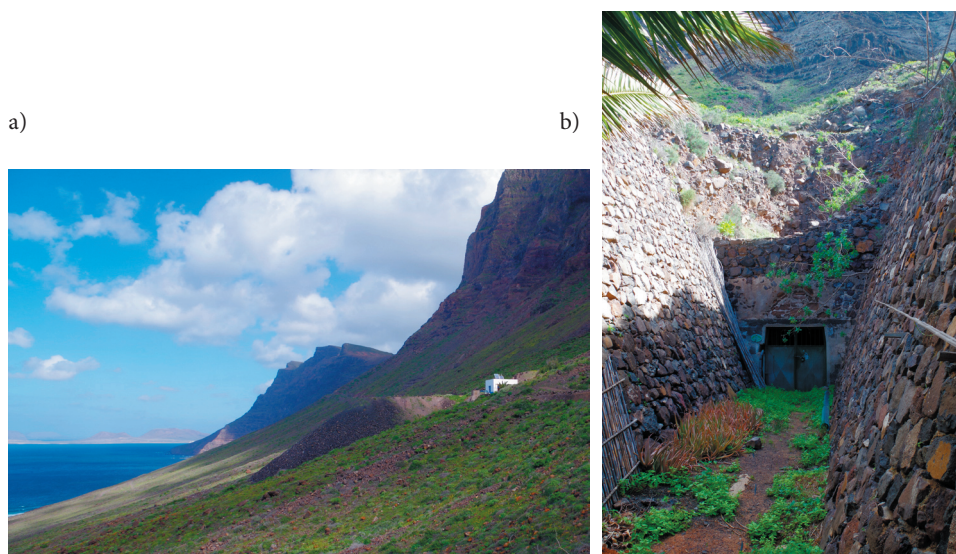
Pomysł pozyskiwania wód podziemnych w rejonie Famara pojawił się jeszcze pod koniec XIX w., jednak pierwsza ze sztolni powstała tu w roku 1926, w wąwozie



Barranco del Rincón de la Paja (Ulber, 2004) – obecnie nazwę tą trudno zlokalizować na mapach, prawdopodobnie odnosi się ona do odnogi doliny Barranco de la Poceta. Wlot wyrobiska usytuowano na wysokości ok. 100 m. n.p.m., a jego długość sięgnęła 1000 m. Druga ze sztolni znajdują się na tej samej wysokości, w pobliżu zabudowań przy plaży w Famara. Wloty pozostałych wyrobisk usytuowano wzdłuż podnóża urwiska Risco de Famara. Najważniejsze z tych obiektów powstały w 50. i 60. latach XX w. Od roku 1953 wody podziemne z rejonu Famary były transportowane rurociągiem do Arrecife w łącznej ilości ok. 1000 m<sup>3</sup> dziennie. Nadmierna eksploatacja zasobów spowodowała jednak drastyczny spadek jakości (zasolenie) surowca (Ulber, 2004).

Dobrze widoczna, łatwa do identyfikacji na powszechnie dostępnych zdjęciach satelitarnych sztolnia wodna usytuowana jest ok. 2 km na NE od zabudowań Urbano Famara, na umiarkowanie nachylonym zboczu, poniżej urwiska Risco de Famara. Elementem najbardziej rzucającym się w oczy jest tu hałda o długości około 40 m (ryc. 4a). Ponad nią znajduje się niewielki budynek mieszkalny, zaś na jego zapleczu – we wkopie o głębokości ok. 8 m i ścianach zabezpieczonych murem kamiennym – wlot sztolni (ryc. 4b). Wejście zamknięte jest stalową bramą z kratą, zgodnie z umieszczonym tam emblematem sztolnia jest w zarządzie Państwowego Instytutu Geograficznego. Obecnie ze sztolni następuje bardzo słaby wpływ wody.

Wyrobisko znajduje się w wyraźnie stratyfikowanym zespole skalnym, budowanym głównie przez bazaltoidowe pokrywy lawowe, przewarstwiane stosunkowo nielicznymi pokładami utworów piroklastycznych o wiśniowej barwie. Taki zespół skalny obserwować można również na wspomnianej hałdzie. Jej starszą, przyle-



Ryc. 4. Sztolnia pod urwiskiem Famara; a) hałda oraz budynek mieszkalny, b) wlot wyrobiska

Fig. 4. Adit under cliff of Famara; a) waste dump and a building, b) entrance of adit

gającą bezpośrednio do stoku część tworzą w przewodzie fragmenty tufowe, wyżej przeważa materiał bazaltoidowy.

O sztolniach Barranco del Chafariz dowiadujemy się, że powstały później niż wyrobiska rejonu Famary (Ulber, 2004). Wlot jednej z nich (ryc. 5a) położony jest około 170 m ponad ostrym zakretem szosy w osi tej doliny, na wysokości ok. 315 m. n.p.m. Doskonale widocznymi elementami powierzchniowymi są tu wymurowany z bazaltu zbiornik o wymiarach ok.  $8 \times 15$  m, ujmujący wypływającą wodę oraz składająca się głównie z fragmentów tufowych hałda, rozbudowana wzdłuż zbocza doliny.

Widoczne za kratą zamykającą wlot (ryc. 5a) wyrobisko, o nieco krętym przebiegu, na swoim początkowym odcinku ma ok. 2,40 m szerokości, 1,6-metrowej wysokości pionowe ociosy i łukowe sklepienie (ryc. 5b). Wzdłuż południowego ociosu biegnie płytka rynna, która czasie zwiadu terenowego (styczeń 2015 r.) obiektu nie prowadziła wody. Sztolnia nie posiada obudowy, jej strop i ociosy są dobrze wyrównane.



Ryc. 5. Sztolnia w Barranco del Chafariz; a) wlot wyrobiska drążonego w pokładzie tufu, w stropie widoczny bazalt, b) wstępny odcinek sztolni

Fig. 5. The adit in Barranco del Chafariz; a) entrance of adit excavated in tuff layer, basalt visible in the roof, b) initial part of adit

Wyrobisko głębione było w warstwie rudo-brązowego tufu o miąższości ok. 2 m. Tworzą go ziarna piroklastyczne o rozmiarach od kilku do kilkunastu mm, ze znaczną ilością minerałów wtórnych o jasnokremowej barwie w przestrzeniach międzyziarnowych. Ponad wlotem widoczna jest warstwa litego bazaltu (ryc. 5a).

#### 4. Podsumowanie

Wyspy Kanaryjskie to archipelag o dobrze znanych walorach turystycznych. O jego znaczeniu w istotnym stopniu decyduje koncentracja atrakcji o charakterze geoturystycznym, takich jak efekty działalności wulkanicznej, wystąpienia minerałów, osady eoliczne (nagromadzenia piasku saharyjskiego), elementy morfologii terenu itd. Wyjątkowe znaczenie ma tu wyspa Lanzarote, będąca jednym z najważniejszych na świecie celów podróży osób zafascynowanych wulkanami.

Na wyspach spotykamy jednak również inne, mało znane obiekty, które powinny stanowić przedmiot zainteresowania geoturystycznego, dokumentują też one ciekawy przykład historycznej działalności górniczej. Są to opisane w komunikacie sztolnie wodne – świadectwo trwającej przez wiele dziesięcioleci aktywności, którą należy określić jako niezwykle intensywną. Ich ilość i rozmieszczenie ilustruje wyjątkowość Wysp Kanaryjskich pod względem budowy geologicznej i panujących tu warunków wodnych.

Krótko scharakteryzowane w opracowaniu obiekty zlokalizowane na Lanzarote są elementem mogącym w zaskakujący sposób wzbogacić plan geoturystycznej wycieczki o często pomijany element historii działalności górniczej i ścisłego związku rozwoju gospodarki z wykorzystaniem zasobów naturalnych.

#### Literatura

- AGUILERA-KLINK F., PÉREZ-MORIANA E., SÁNCHEZ-GARCÍA J., 2000. *The social construction of scarcity. The case of water in Tenerife (Canary Islands)*. Ecological Economics, 34, Spec. Issue – Social Processes of Environmental Valuation: 233–245.
- CARRACEDO J.C., 1994. *The Canary Islands: an example of structural control of the growth of large oceanic-island volcanoes*. Journ. of Volcanology and Geothermal Research, 60: 225–241.
- CARRACEDO J.C., PÉREZ F.J., ANCOCHEA E., MECO J., HERNÁN F., CUBAS C.R., CASILLAS R., RODRIGUEZ E., AHIJADO A., 2002. *Cenozoic volcanism II: The Canary Islands*. [W:] Gibbons W., Moreno T. (red.) *The Geology of Spain*. The Geol. Soc. London.
- CUSTODIO E., 2013. *The history of hydrogeology in Spain*. [W:] Howden N., Mather J., *History of Hydrogeology*. Internat. Assoc. of Hydrogeologists, 28. CRC Press.
- DÍAZ RIJO M., 2007. *El agua potable en Lanzarote*. Acad. De Ciencias e Ingenierías de Lanzarote. Discursos Académicos, 23. Arrecife.
- DINGMAN R.J., NÚÑEZ J., 1969. *Hydrogeologic reconnaissance of the Canary Island, Spain*. Geological Survey Research 1969 Chap. C. US Gov. Printing Office. Washington.
- HERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ L.E., SANTAMARTA CEREZAL J.C., RODRÍGUEZ LOSADA J.A., 2013. *Construcción de obras y aprovechamientos hidráulicos en terrenos e islas volcánicas. Ingeniería geológica y geotécnica*. [W:] Santamarta Cerezal J.C. (red.) *Hidrología y recursos hídricos en islas y terrenos volcánicos. Métodos, Técnicas y Experiencias en las Islas Canarias*. Colegio de Ingenieros de Montes. Tenerife.

- KRAFFT M., de LAROUZIÈRE F.D., 1991. Guide des volcans d'Europe et des Canaries. Delachaux et Niestlé. Lozanna.
- SANTAMARTA CEREZAL J.C., 2013. *Aprovechamientos hídricos subterráneos en islas volcánicas. Minería del agua*. [W:] Santamarta Cerezal J.C. (red.) Hidrología y recursos hídricos en islas y terrenos volcánicos. Métodos, Técnicas y Experiencias en las Islas Canarias. Colegio de Ingenieros de Montes. Tenerife.
- SANTAMARTA CEREZAL J.C., HERNÁNDEZ L.E., RODRÍGUEZ LOSADA J.A., 2010. *Volcanic dikes engineering properties for storing and regulation of the underground water resources in volcanic islands*. [W:] Olalla C., Hernández, Rodríguez-Losada J.A., Perucho Á., González-Gallego J., Volcanic Rock Mechanics. Rock Mechanics and Geo-engineering in Volcanic Environments. Papers from the 3<sup>rd</sup> Internat. Workshop (Canary Islands). CRC Press.
- SANTAMARTA CEREZAL J.C., RODRÍGUEZ-MARTÍN J., 2013. *Introduction to water problems in Canary Islands*. [W:] Santamarta-Cerezal, J.C., Hernández Gutiérrez, L.E. (red.) Environmental security, geological hazards and management. Universidad de La Laguna. Tenerife.
- SUÁREZ MORENO F., SANTAMARTA CEREZAL J.C., SUAREZ PÉREZ A., 2013. *Patrimonio Hidráulico Canario*. [W:] Santamarta Cerezal J.C. (red.) Hidrología y recursos hídricos en islas y terrenos volcánicos. Métodos, Técnicas y Experiencias en las Islas Canarias. Colegio de Ingenieros de Montes. Tenerife.
- ULBER F., 2004. *El agua en la historia de Lanzarote*. XI Jornadas de Estudios sobre Fuerteventura y Lanzarote, 2. Puerto del Rosario. (dostęp na: <http://www.memoriadelanzarote.com/contenidos/20090427103402agua.pdf>).
- VIÑUELA J.M., 2015 (akt. witryny www). *The Canary Island Hot Spot*. [www.mantleplumes.org/Canary.html](http://www.mantleplumes.org/Canary.html) (witryna tematyczna dot. tzw. pióropuszy płaszczka).
- <http://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/piac/temas/aguas/mas-informacion/sistemas-extraccion-tradicionales/> – witryna internetowa rządu Wysp Kanaryjskich, dostęp: listopad, 2015.

## GALERIAS DEL AGUA (WATER ADITS) IN CANARY ISLANDS

*exploitation of groundwaters, water adits, water mines,  
Canary Islands, Lanzarote, Famara*

In the area of the Canary Islands, there are several thousands of underground objects created by mining activity. There are the adits hollowed since the mid-nineteenth century to the last years of the twentieth century in order to obtain groundwater. Their concentration and location are the consequence of a unique hydrogeological situation, resulting from the specific structure of the rock mass on the islands.

The Communication outlines the geological structure of the archipelago, with a particular emphasis on Lanzarote, as well as information on the history and nature of mining works carried out there. Synthetic study of literature is supplemented by the results of reconnaissance conducted on the island of Lanzarote in two water adits located near the Famara settlement and in the valley Barranco del Chafariz.

Water adits in the Canary Islands are not widely known. They can, however, be of interest to geotourists as they constitute an interesting example of intense mining activity.