

**Kazimierz Krzemień<sup>1</sup>, Katarzyna Bieja<sup>2</sup>, Maciej Dłużewski<sup>2</sup>,  
Irena Tsermegas<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Uniwersytet Jagielloński  
Wydział Biologii i Nauk o Ziemi  
Zakład Geomorfologii

k.krzemien@geo.uj.edu.pl

<sup>2</sup>Uniwersytet Warszawski  
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych  
Zakład Geomorfologii

## **FORMY I PROCESY FLUWIALNE W OBSZARZE MORZA EGEJSKIEGO NA PRZYKŁADZIE IKARII (GRECJA)**

### **Fluvial landforms and processes in the region of the Aegean Sea, based on Ikaria Island (Greece)**

**Abstract:** Main aims of the research were: i) to assess the degree of development of fluvial landforms on Aegean Islands and ii) to determine the influence of fluvial processes on modification of islands relief. Field studies were conducted on the Ikaria Island, with highly diversified geology and relief, typical of mountainous islands of the Aegean Sea. The island is heavily dissected by deeply incised valleys and gorges with very steep slopes. The valleys on Ikaria Island vary in size, direction, geological setting and maturity. In the four small catchments located in the northern part of the Ikaria Island four types of valleys (from 1<sup>st</sup> to 4<sup>th</sup> order, according to Strahler) were studied in detail. Uppermost parts of these valleys (1<sup>st</sup> order valleys) have slightly concave cross-sections covered with regolith without developed channels. Such forms gradually evolve into 2<sup>nd</sup> order valleys with seasonal river channels, and further downstream, into well developed deep river valleys. Ravines with channels incised into solid rock are characteristic of the 3<sup>rd</sup> order valleys. The 4<sup>th</sup> order valleys are well developed, deeply incised gorges with wide channels sometimes accompanied by river terraces. Channels of small streams, rivers and field tracks in the mountains are subject to differentiated modelling by running water. In islands of the Aegean Sea, intensity of this modelling is diversified and rather small. It depends mostly on rainfall intensity, bedrock resistance to erosion, slope inclination and aspect. Catastrophic hydrometeorological events such as one which occurred in Ikaria in October, 2010, are responsible for rapid modification of whole valley floors and modification of river channels at lower river runs, within deltas and alluvial fans.

**Key words:** fluvial landforms, fluvial processes, Ikaria Island, Greece

**Słowa kluczowe:** formy fluwialne, procesy fluwialne, Ikaria, Grecja

## WPROWADZENIE

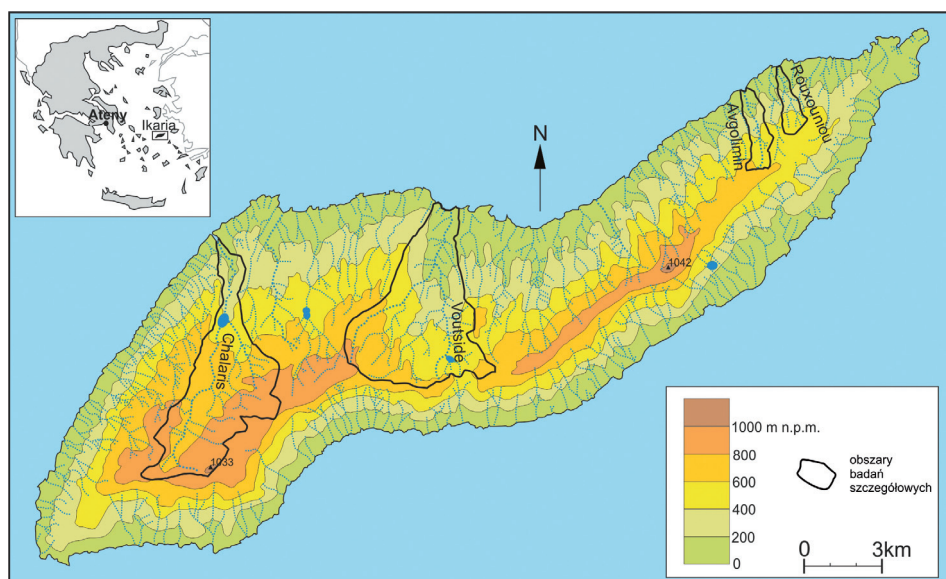
Wyspy rejonu Morza Egejskiego charakteryzują się w większości przypadków rzeźbą górską. Z tego powodu występują tam duże deniwelacje terenu i duża energia rzeźby. Na przykład na Krecie maksymalne wzniesienia sięgają do wysokości 2456 m n.p.m., a na Ikarii do 1042 m n.p.m. Doliny rzek i potoków w omawianym obszarze są bardzo zróżnicowane pod względem rozmiarów, reżimu tektonicznego i historii rozwoju rzeźby. Na te uwarunkowania nakładają się zmiany klimatu, stosunków hydrologicznych i pokrycia tego terenu przez roślinność w okresie od pliocenu, przez cały czwartorzęd, aż po czasy współczesne (Macklin i in. 2002).

W zlewniach w tym obszarze występuje stała i okresowa sieć potoków i rzek. Ze wzrostem ich przepływów zwiększa się zasięg sieci rzecznej. Wzrasta wtedy długość i powierzchnia systemu korytowego. W okresach niskich i średnich przepływów transportowany jest materiał rozpuszczony i bardzo małe ilości zawiesiny. W warunkach tych materiał rozpuszczony może pochodzić z nierównomiernego ługowania całej zlewni, natomiast zawiesina z jej niewielkiej powierzchni. Wraz z nasileniem opadów czy roztopów wzrasta zasięg systemu korytowego, a więc powiększa się powierzchnia zlewni, z której erodowany jest materiał rumowiskowy. W okresie dużych wezbrań materiał klastyczny, tzn. zawiesina i materiał wleczony przemieszczany jest nie tylko w korytach głównych rzek i potoków, ale również w dopływach i naturalnych rozcięciach, a także w rozcięciach antropogenicznych. Materiał ten deponowany jest na stożkach napływowych lub małych deltach w obrębie zatok.

Gęsta sieć dolin oraz cieków okresowych i epizodycznych sprawia, że ogromny udział w modelowaniu rzeźby Wysp Egejskich mają procesy fluwialne. Ze względu na znaczne spadki koryt rzędu nawet 40%, zdecydowanie dominuje erozja, przede wszystkim erozja wgłębna (Tsermegas 2007). Z tego powodu autorzy niniejszego opracowania postanowili poznać jak wykształcone są formy fluwialne na wyspach Morza Egejskiego i jak procesy fluwialne wpływają na przekształcenie rzeźby tych obszarów. Cel tych badań autorzy postanowili zrealizować na Ikarii, która jest bardzo zróżnicowana pod względem budowy geologicznej i rzeźby.

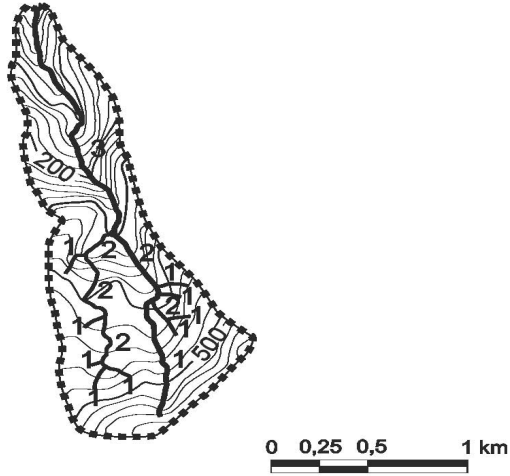
## METODY BADAŃ

W warunkach kameralnych na mapach w skali 1: 50 000 i 1:5 000 zostały wybrane 4 systemy dolinne wycięte w różnym podłożu geologicznym i charakteryzujące się odmiennym stopniem fragmentacji (ryc. 1).

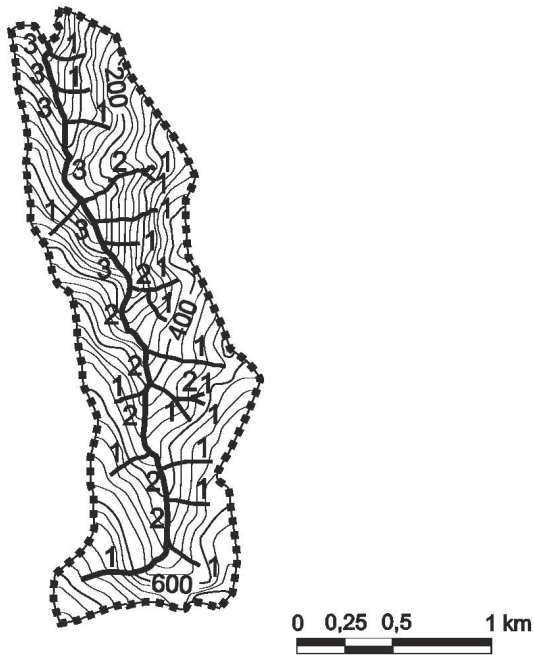


**Ryc. 1.** Położenie obszaru badań i rozmieszczenie analizowanych zlewni na Ikarii.  
**Fig.1 .** Location of the study area.

W wybranych czterech obszarach na mapie w skali 1 : 5 000 przeanalizowano wszystkie doliny według klasyfikacji A. Strahlera (1952). W analizie tej, doliny nie posiadające dolin bocznych zaliczane są do I rzędu. Odcinki dolin powstałe z połączenia dwu lub więcej odcinków I rzędu, zaliczamy do drugiego rzędu. Z połączenia dwu lub więcej odcinków II rzędu otrzymujemy odcinek III rzędu. Rząd doliny wzrasta o 1, gdy dana dolina łączy się z odcinkiem tego samego rzędu (ryc. 2, 3, 4, 5). W drugim etapie badań zwrócono uwagę na prawidłowości wykształcenia dolin i koryt rzecznych w wyżej wybranych systemach dolinnych. W tym celu przeprowadzono kartowanie terenowe wybranych systemów dolinnych. Kartowanie polegało na wyznaczeniu na mapie topograficznej profili, w których przeprowadzono analizę profilu poprzecznego doliny i koryta rzecznego. Przeprowadzono pomiary rozmiarów form dolinnych i koryt rzecznych. Następnie scharakteryzowano formy fluwialne w ich dnach i materiał korytowy. W sumie przeprowadzono charakterystykę dolin i koryt w 35 profilach poprzecznych. Ponadto zebrano wszelkie informacje o formach będących zapisem współczesnych procesów fluwialnych w badanych korytach. Przeanalizowano również główne parametry klimatyczne, które mają wpływ na intensywność procesów fluwialnych. Badania przeprowadzono we wrześniu 2010 r.



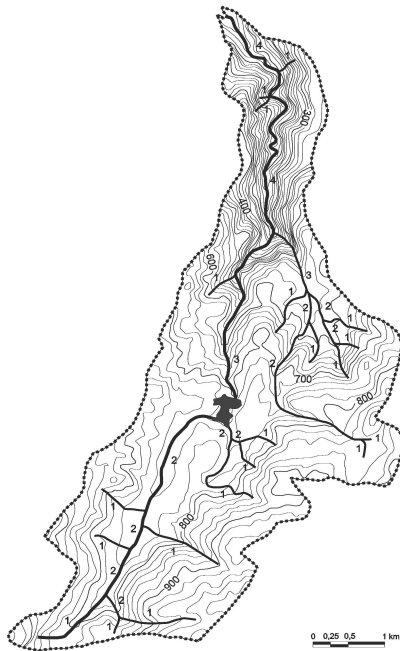
Ryc. 2. Sieć dolinna w zlewni Rouxouniou.  
Fig. 2. River system in the Rouxouniou catchment.



Ryc. 3. Sieć dolinna w zlewni Avgolimin.  
Fig. 3. River system in the Avgolimin catchment.



**Ryc. 4.** Sieć dolinna w zlewni Voutside.  
**Fig. 4.** River system in the Voutside catchment.



**Ryc. 5.** Sieć dolinna w zlewni Chalaris.  
**Fig. 5.** River system in the Chalaris catchment.

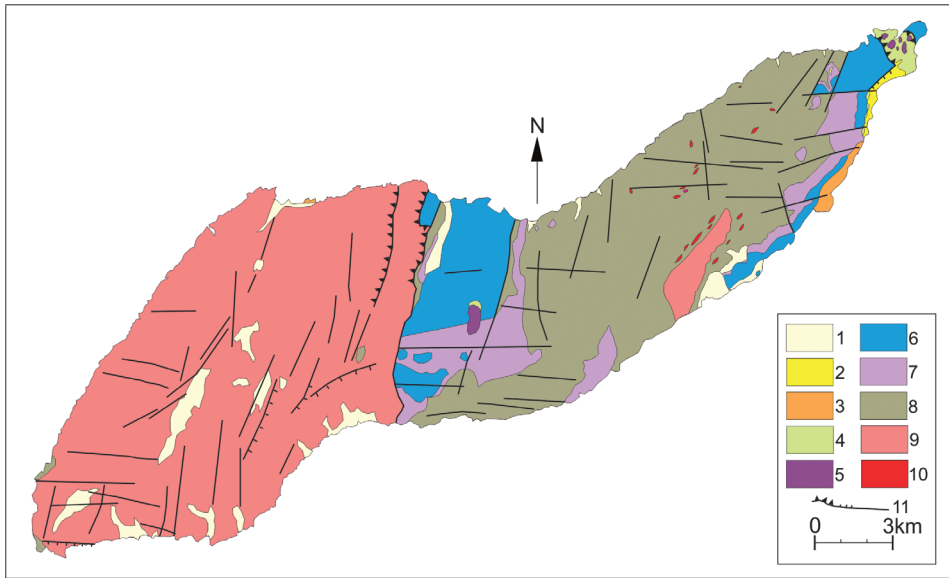
## CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Ikaria reprezentuje rzeźbę typową dla górzystych wysp Morza Egejskiego. Jest najdalej na północ wysuniętą wyspą Sporad Południowych. Zajmuje powierzchnię 255 km<sup>2</sup>. Jej cechą szczególną jest wydłużony kształt nawiązujący do przebiegu głównego grzbietu górskiego Atheras (ryc. 1). Jej długość wynosi 40 km, a szerokość maksymalna 14 km. Najwyższe szczyty Fardi na wschodzie i Melissa na zachodzie wznoszą się nieco powyżej 1000 m n.p.m. Cechą charakterystyczną ukształtowania jej powierzchni jest asymetria N-S. Część północna opada ku morzu znacznie łagodniej niż część południowa. Cała powierzchnia wyspy rozczłonkowana jest głębokimi dolinami o stromych zboczach. Wzdłuż głównego grzbietu występują liczne spłaszczenia (Tsermegas 2007). Na zachodzie są one znacznie lepiej rozwinięte. Największe z nich to Płaskowyż Pezi o powierzchni około 25 km<sup>2</sup>. Gęstość sieci dolinnej na Ikarii dochodzi lokalnie do 5 km/km<sup>2</sup>.

Rzeźba Ikarii wyraźnie nawiązuje do budowy geologicznej (ryc. 6). Najbardziej rozczłonkowane są północne stoki środkowej części wyspy, zbudowane ze skał o zróżnicowanej odporności i skomplikowanej tektonice. Najmniejszą gęstością sieci dolinnej charakteryzuje się wierzchowina w zachodniej części wyspy. Na południowym skłonie głębokie doliny o stromych zboczach mają przebieg prosty, natomiast najbardziej kręte rozcięcia dolinne występują na NNW skłonie wyspy.

Ikarię można podzielić na dwie prawie równe części, zdecydowanie różniące się pod względem litologii i tektoniki (ryc. 6). Zachodnią Ikarię budują niemal wyłącznie granitognejsy biotytowe bogate w plagioklasy, tzw. granitognejsy z Raches (Marinos 1969). Tworzą one największy wynurzony batolit na całym Morzu Egejskim. Omawiana struktura została podniesiona i nasunięta na sąsiadujące z nią od wschodu skały metamorficzne tzw. kompleksu wschodniej Ikarii (Marinos 1969). Najstarszym, a zarazem zajmującym największą powierzchnię kompleksem skalnym na wschodzie wyspy są zróżnicowane petrograficznie gnejsy (ryc. 6). Tworzą one jądro złożonej antykliny, której oś ma przebieg zgodny z przebiegiem grzbietu Atheras (SW-NE) i zapada w kierunku północno-wschodnim. Struktura ta ku zachodowi przechodzi w synklinę o południkowej osi pochylonej na N. Na charakteryzowanych wyżej skałach występują zmetamorfizowane osady mezozoiczne. Ich przeobrażenie nastąpiło najprawdopodobniej w oligocenie i w miocenie. Bezpośrednio na gnejsach zalegają marmury. Lokalnie są to marmury dolomityczne. Prawdopodobnie są one wieku triasowego (Geological Map...2005). Odślaniają się głównie na wierzchowinie w środkowej części wyspy oraz w jej części SE (ryc. 6).

W dwóch rejonach w środkowej części wyspy i w okolicy jej wschodniego przylądka występują czapki tektoniczne złożone z oligoceńsko-dolnomiocen-



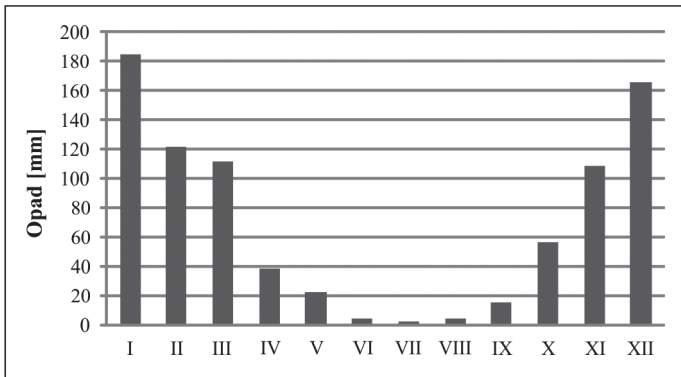
**Ryc. 6.** Mapa geologiczna Ikarii (wg Geological Map...2005). Objasnienia: 1 – osady rzeczne, brzegowe i stokowe (holocen), 2 – osady teras morskich (plejstocen), 3 – osady morskie (zlepierce, piaskowce i margle; pliocen), 4 – molasa ofiolitowa (oligocen-dolny miocen), 5 – wapień krystaliczny i dolomity (górnny trias), 6 – naprzemianległe warstwy marmurów i łupków (mezozoik nierozdzielony), 7 – marmury (trias), 8 – gnejsy (paleozoik?), 9 – granitoidy (dolny miocen), 10 – pegmatyty (dolny miocen), 11 – nasunięcia i uskoki.

**Fig. 6.** Geological map of the Icaria Island (Geological Map... 2005) 1 – river, marine and slope deposits (Holocene), 2 – conglomerates and breccias (Pleistocene), 3 – conglomerates, sandstones and marls (Pliocene), 4 – ophiolitic molasse (Oligocene-Lower Miocene), 5 – crystalline limestones and dolomites (Upper Triassic), 6 – marbles and crystalline schists (Mesozoic undivided), 7 – marbles (Triassic), 8 – gneisses (Palaeozoic?), 9 – granites and granodiorites (Miocene), 10 – quartz and aplite pegmatites (Miocene), 11 – thrusts and faults.

skiej molasy ofiolitowej i górnotriasowych przekrystalizowanych wapieni i dolomitów.

Młodsze, postorogogeniczne osady mają na Ikarii bardzo ograniczony zasięg i występują lokalnie wzdłuż wschodniego wybrzeża w obrębie teras morskich. Formy te zbudowane są z dolnopliocenijskich zlepieńców, piaskowców i margli. Podobne osady znane są też na zachodzie wyspy z okolic miejscowości Gialis-kari (Tsermegas 2007).

Klimat Ikarii jest typowo śródziemnomorski. W skali Grecji jest to obszar względnie ciepły, o wybitnie suchym lecie. Opady występują na Ikarii głównie zimą (ryc. 7). Średnie roczne sumy z wielolecia 1932-1986 wynoszą 766 mm, a średnie miesięczne od 2 mm w lipcu do 185 mm w styczniu (ryc. 7).



**Ryc. 7.** Średni miesięczny opad na Ikarii w latach 1932-1986 dla stacji Agios Kirikos.  
**Fig. 7.** Mean annual precipitation on the Ikaria Island (years 1932-1986) for the Agios Kirikos meteorological station.

W latach wilgotnych roczne sumy opadów przekraczają 700-800 mm, a w latach suchych są rzędu 500 mm, przy czym w miesiącach letnich opady występują sporadycznie.

Najbardziej deszczowe miesiące to XII, I i II. Średnie miesięczne sumy opadów mogą wówczas osiągać około 185 mm. Najwyższe dobowe sumy opadów występują w tym rejonie Morza Egejskiego od lutego do kwietnia. Ich wysokość może być znaczna, np. w Atenach (Eliniko) takie opady wyniosły nawet 92,3 mm/dobę. W suchych miesiącach letnich (VI – VIII) sumy opadów nie przekraczają kilku mm (Dłużewski i in. 2005, 2007, Tsermegas 2007). Z danych tych wynika, że opady o wysokich sumach dobowych zdarzają się w pewnych obszarach i mogą być przyczyną występowania ekstremalnych procesów morfogenetycznych, zarówno fluwialnych jak i stokowych. Podczas takich zdarzeń mogą być przeobrażane całe dna dolin (fot. 1a,b). Najskuteczniejsze są opady katastrofalne o sumach godzinowych powyżej 30-50 mm. Taki opad miał miejsce na Ikarii w październiku 2010 r., kiedy maksymalne natężenie opadu wyniosło 50-60 mm/h (303 mm/29h), miesiąc po naszych badaniach terenowych. Podczas tych badań sugerowaliśmy geomorfologom z Uniwersytetu Ateńskiego założenie limnigrafów w wybranych korytach odwadnianych okresowo, aby była możliwość rejestracji intensywności procesów fluwialnych, szczególnie podczas zdarzeń ekstremalnych.

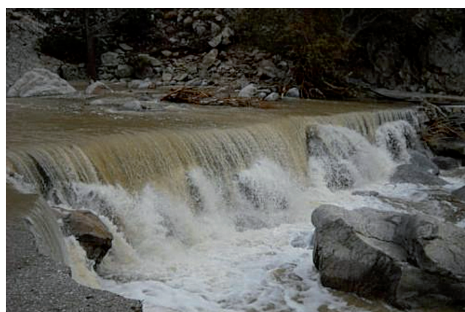
Na dynamikę procesów fluwialnych wpływa również użytkowanie ziemi. Współczesna roślinność Ikarii została ukształtowana przy ogromnym udziale człowieka, zamieszkującego ten obszar od IV tysiąclecia BC (Melas 1955). Dlatego wśród roślinności „naturalnej” na wyspie znaczące miejsce zajmują zwarte sucholubne zarośla typu makii (Tsermegas 2007). Zarośla te zajmują ok. 37% powierzchni Ikarii. Ok. 30% powierzchni przypada na tereny określane jako



pastwiska. W rzeczywistości są to najczęściej zdegradowane i przerzedzone połacie makii. Lasy zajmują formalnie blisko 20% powierzchni, choć w większości na ich obszarze odbywa się również intensywny wypas kóz (Tsermegas 2007). Resztę powierzchni wyspy zajmują pola uprawne, sady i inne (zabudowania, drogi) Takie użytkowanie ziemi sprzyja ochronie stoków przed nadmierną erozją. Jednak bardzo mała miąższość pokryw zwietrzelinowych na stokach, jedynie sporadycznie przekraczająca 30 cm, a także duże nachylenia stoków należące do największych wśród wszystkich wysp egejskich sprawiają, że aktywność procesów stokowych i fluwialnych jest znacząca.



a)



b)

**Fot. 1a, b.** Przeływ wody całą szerokością koryta Chalaris (NW Ikaria) podczas opadów ekstremalnych w październiku 2010 r. ([www.ikariamag.gr](http://www.ikariamag.gr)).

**Photo 1a, b.** Bankfull discharge in the Chalaris channel (NW Ikaria Island) during extreme rainfall in October, 2010. ([www.ikariamag.gr](http://www.ikariamag.gr)).

## CHARAKTERYSTYKA FORM FLUWIALNYCH

W rejonie Morza Egejskiego wyspy o rzeźbie górskiej rozczłonkowane są głębokimi dolinami o dużych spadkach den. Dna i zbocza tych dolin są skaliste. W wielu odcinkach są typu jarów lub wąwozów. Przykładami takich dolin są znane w SW części Krety: Aradena, Rapanas czy Samaria. Na Ikarii badane doliny są również głęboko wcięte i podobne do występujących na Krecie. Zbocza takich dolin są skaliste lub okryte cienkimi pokrywami zwietrzelinowymi (fot. 2).

Badane doliny na Ikarii charakteryzują się dużymi spadkami od 7,3% do 20,1% (tab. 1). Dna tych dolin wycięte są przeważnie w litej skale. Ogólnie biorąc w omawianym regionie dna dolin są przeważnie wąskie, od kilku do kilkunastu metrów w ich górnych odcinkach, do 100-200 m w odcinkach dolnych. Jedynie u wylotu największych dolin szerokości te mogą być większe. W górnych odcinkach dolin ich dna nie są sterasowane. Terasy o wysokości 1,5-3 m występują jedynie w dolnych odcinkach. Takie prawidłowości występują na



**Fot. 2.** Skalne lub pokryte cienkimi pokrywami zwietrzelinowymi zbocza doliny Voutsida (fot. K. Krzemień).

**Photo 2.** Slopes of the Voutsida valley (N Ikaria Island) cut in solid bedrock, in places covered with thin weathering mantle (photo by K. Krzemień).

Ikarii, jak również w górach Attyki (tab. 1, Dłużewski i in. 2005, 2007). Jak wskazują badania M.G. Macklin i in. (2002), doliny rzek i potoków w rejonie Morza Egejskiego były wielokrotnie głęboko rozcinane, ale zwykle nie było warunków do depozycji materiału lub aluwia były wyprzątane podczas kolejnych okresów aktywności fluwialnej.

**Tab. 1.** Charakterystyka badanych zlewni i dolin na Ikarii.

**Table 1.** Parameters of studied catchments and valleys on Ikaria Island.

Zlewnia	Powierzchnia zlewni w [km <sup>2</sup> ]	Długość doliny głównej [km]	Wysokość źródła [m n.p.m.]	Spadek [%]	Rząd wg Strahlera	Głębokość maksymalna [m]	Litologia
Rouxouniou	1,53	2,86	563	19,7	3	40	gnejsy
Avgolimin	2,23	3,38	680	20,1	3	30	gnejsy
Voutsida	21,44	7,10	658	9,3	4	50	marmury i łupki
Chalaris	21,02	11,79	858	7,3	4	50	granitoidy

Formy dolinne w obrębie Ikarii są zróżnicowane pod względem rozmiarów, stosunku do budowy geologicznej, wieku i stadium dojrzałości. Większość dolin, podobnie jak w innych obszarach Morza Egejskiego, uformowała się podczas wieloetapowego rozcinania. Początkowe odcinki dolin to formy nieckowate, wyścielone pokrywami zwietrzelinowymi, bez wyraźnego liniowego odpływu. Formy te przechodzą w większe niecki z wyraźnym okresowym korytem. Są one głębokie do kilkunastu metrów (tab. 1).

**Formy dolinne I rzędu** wg Strahlera charakteryzują się obecnością okresowych niezbyt dobrze wykształconych koryt o szerokości ok. 1,0-1,5 m (tab. 2, fot. 3). Nachylenia zboczy doliny o kształcie nieckowatym są rzędu 25°-32°. Dna koryt są przeważnie skalne z cienką pokrywą rumowiska w niewielkim stopniu obtoczonego. Jest to materiał frakcji najczęstszej 5-7 cm. Materiał frakcji maksymalnej dochodzi do ok. 20-23 cm.

**Tabela 2.** Charakterystyka koryt w badanych zlewniach: Rouxouniou, Avgolimin, Voutsida, Chalaris.

**Table 2.** Parameters of channels in studied catchments of: Rouxouniou, Avgolimin, Voutsida, Chalaris

Typ koryta	Długość [km]	Spadek [%]	Szerokość [m]	Podłoże, w którym wytworzyło się koryto	Frakcja maks. rumowiska [cm]
Koryta I rzędu	0,05-2,68	6-40	1,0-1,5	grubofrakcyjne pokrywy stokowo-fluwialne	20-23
Koryta II rzędu	0,15-3,65	2-30	do 5,5	lita skała	25-40
Koryta III rzędu	1,66-3,20	14-20	7,0-19,0	lita skała oraz żwiry i głązy	50-100
Koryta IV rzędu	2,12-4,01	3-8	góra 11,0-29,0 dół do 12,0	lita skała, rumowisko żwirowo-głazowe, piasek	góra do 40 dół do 15

**Formy dolinne II rzędu** to formy rozległych rozciętych do 5 m niecek. Ich zbocza wycięte są w litej skale i mogą być nachylone pod kątem od 9° do 43° (fot. 4a). Koryta w ich dnach są dobrze wykształcone. Przeważnie są wycięte w litej skale, ale na wierzchowinach, np. na wierzchowinie Pezi, mogą być wycięte w aluwjach (fot. 4b). W rejonie wierzchowin koryta są rozcięte do głębokości 1,5 m. Szerokość koryt w dolinach II rzędu dochodzi do 5,5 m. W ich dnach materiał frakcji najczęstszej osiąga rozmiary 5-15 cm, a frakcji maksymalnej rzędu 25-40 cm (tab. 2). W dnach koryt występują progi skalne o wysokości do 2,0 m i kotły skalne o głębokości nawet 1,5 m.



**Fot. 3.** Słabo wykształcone koryto I rzędu (Rouxouniou – NE Ikaria) (fot. K. Krzemień).  
**Photo 3.** Poorly developed 1<sup>st</sup> order river channel (Rouxouniou – NE Ikaria Island) (photo by K. Krzemień).



a)



b)

**Fot. 4.** Koryto II rzędu: a) wycięte w litej skale (Avgolimin – NE Ikaria), b) wycięte w aluwialach (Chalaris w obrębie części wierzchowninowej – Pezi, W Ikaria) (fot. K. Krzemień).

**Photo 4.** The 2<sup>nd</sup> order river channel: a) cut in solid bedrock (Avgolimin – NE Ikaria Island), b) cut in alluvial deposits (upper parts of Chalaris – Pezi upland, W Ikaria Island) (photo by K. Krzemień).

**Formy dolinne III rzędu** są większych rozmiarów i są znacznie głębsze (tab. 1) (fot. 2, 5). Są to doliny typu gardzieli, z załomami na zboczach świadczącymi o etapowym rozcinaniu tych form. Głębokość gardzieli może wynosić 20-50 m. W ich dnach występują dobrze wykształcone skalne koryta potoków

o szerokości 7-19 m (fot. 5), z progami skalnymi o wysokości do 2 m i kotłami o głębokości do 4 m. Lokalnie w korytach tych występują niewielkie łachy rumowiskowe o długości 30 m z obtoczonym materiałem o średnicy do 20 cm. Materiał frakcji najczęstszej osiąga rozmiary 5-15 cm, a frakcji maksymalnej 50-100 cm i jest imbrykowany (tab. 2).



**Fot. 5.** Skalne, dobrze wykształcone koryto III rzędu (Voutside – N Ikaria) (fot. K. Krzemień).

**Photo 5.** Well developed rocky channel of the 3<sup>rd</sup> order (Voutside – N Ikaria Island) (photo by K. Krzemień).

**Formy dolinne IV rzędu** są głębokimi wąwozami (tab. 1, fot. 6). Ich dna zajęte są przez koryta o szerokości od 11 do 29 m (tab. 2). W najniższej części doliny te mogą być sterasowane i wtedy szerokość ich dna jest jeszcze większa (od 100 do 220 m). Szerokość koryt jest wtedy niezbyt duża – do 12 m. Koryta w tych dolinach mogą być wycięte w litej skale lub w aluwiach. W ich początkowych odcinkach w korytach występuje najczęściej materiał frakcji 10-15 cm, maksymalnie do 40 cm i jest imbrykowany. W końcowych odcinkach w korycie występuje natomiast żwir i piasek, materiał frakcji maksymalnej zwykle nie przekracza 15 cm.

Ogólnie biorąc koryta potoków na Ikarii i w innych obszarach regionu wycięte są przeważnie w litej skale, w ich dnach występują progi skalne i kotły typu marmitów. Tego typu formy wycięte w marmurach, w granitoidach oraz w wapieniach są bardzo dobrze wykształcone. Szczególnie mogliśmy to stwierdzić podczas badań terenowych na Ikarii.



**Fot. 6.** Górna część koryta IV rzędu wycięta w granitoidach na głębokość około 40 m (Chalaris – NW Ikaria) (fot. K. Krzemień).

**Photo 6.** The upper part of a 4<sup>th</sup> order channel cut in granitoids down to c. 40 m. (Chalaris – NW Ikaria Island) (photo by K. Krzemień).

Ważnymi formami akumulacji fluwialnej są też stożki napływowe tworzące się u ujścia dopływów oraz niewielkie delty uformowane przez rzeki uchodzące bezpośrednio do morza. Delty te zbudowane są przeważnie z materiału drobnego, piaszczystego, lokalnie wzbogaconego we frakcje pylaste. W rejonach, gdzie potoki o dużym spadku docierają do morza, w obrębie ich ujść dominują otoczaki o średnicy 2-5 cm (Tsermegas 2007).

Rumowisko korytowe występuje w dolnych biegach potoków. W związku z dużymi spadkami są to nawet bloki skalne o średnicy kilkudziesięciu cm (tab. 2). W dolinach o dużym spadku u ich wylotów tworzą się stożki napływowe. Koryta potoków uchodzących bezpośrednio do morza w strefie zatok charakteryzują się występowaniem odcinków aluwialnych. W aluwialnych wodach może zanikać przy niskich stanach wody. Takie przykłady występują w północnej części Ikarii, w rejonie Megala Pefka w Attyce, czy też na Krecie przy ujściu największej rzeki Geropotamos. W odcinkach tych przy ujściu rzeki do morza tworzą się jeziora o różnej głębokości. Przeważnie na ich brzegach występuje roślinność wodnolubna. Takie przykłady występują przy ujściu Chalaris w północno-zachodniej Ikarii (fot. 7). W niektórych przypadkach koryto rzeki lub potoku ma przebieg kręty, ponieważ wycięte jest w strefie depozycji fluwialnej oraz litoralnej (Dłużewski i in. 2005). Podczas niskich stanów wody zanika ona w pokrywach piaszczystych, jedynie podczas zdarzeń ekstremalnych dociera poza tę

strefę, do morza. Wtedy też koryta potoków, a nawet całe doliny kształtowane są przez procesy morfogenetyczne, fluwialne i stokowe.



**Fot. 7.** Jezioro utworzone w ujściowym odcinku koryta IV rzędu (Chalaris – NW Ikarria) (fot. K. Krzemień).

**Photo 7.** A lake developed at the mouth of the 4<sup>th</sup> order channel (Chalaris – NW Ikarria Island) (photo by K. Krzemień).

W ostatnich 200 000 lat w basenie Morza Śródziemnego M.G. Macklin i in. (2002) wyróżnili 13 głównych epizodów aluwialnych, a więc związanych z dużą aktywnością fluwialną, aktywnością spływów torencjalnych i spływów gruzowych. Wyniki te zebrano z wybranych obszarów Hiszpanii, Libii i Grecji.

Gęsta sieć form dolinnych z wyraźnymi śladami transformacji fluwialnej ich den, świadczy o dużym znaczeniu tych procesów w modelowaniu omawianych obszarów. Zdecydowana większość sieci rzecznej jest typu okresowego i epizodycznego. Nasuwa się więc pytanie kiedy koryta potoków i rzek są modelowane.

## DYNAMIKA PROCESÓW FLUWIALNYCH

Na Ikarrii, podobnie jak na innych wyspach Morza Egejskiego, występuje niewiele rzek stałych. Większość cieków funkcjonuje okresowo, woda płynie w nich jedynie zimą lub podczas zdarzeń ekstremalnych. Na Krecie do morza przez cały rok wpada zaledwie 10 rzek (Rackham, Moody 1996). Jeszcze w XVII wieku było ich 28, co łączyło się ze zwiększonymi opadami podczas Małej Epoki

Lodowej (Rackham, Moody 1996, Grove 2001). Współcześnie na skutek zmian klimatu wody w rzekach jest mniej. Dodatkowo brak wody w korytach związana jest z obecnością systemów nawadniających. Podobnie jest też na innych wyspach w tym regionie.

Dzięki dużym deniwelacjom spadki koryt rzek i potoków są duże, rzędu nawet 40% (Tsermegas 2007, tab. 1.). Z tego powodu podczas zdarzeń ekstremalnych procesy erozyjne są bardzo skuteczne. Świadczy o tym znacznych rozmiarów, dobrze obtoczone rumowisko korytowe. W korytach potoków na Ikarrii materiał frakcji maksymalnej sięga nawet 50-100 cm. Materiał ten jest często imbrykowany, a więc jest transportowany podczas zdarzeń o dużym przyłożeniu



a)



b)



c)

**Fot. 8.** Zniszczenia spowodowane przez ekstremalne opady, które wystąpiły na Ikarrii w październiku 2010 r.: Akumulacja materiału korytowego w porcie (a) oraz na głównym placu (b) w miejscowości Karkinagri (SW Icaria), zniszczona droga do Agios Polikarpos (NW Icaria) (c) ([www.ikariamag.gr](http://www.ikariamag.gr)).

**Photo 8.** Destruction to infrastructure in Icaria Island caused by the catastrophic event in October, 2010: river bedload accumulated in a port (a) and on the main square (b) in Karkinagri (SW Icaria), destroyed road to Agios Polikarpos (NW Icaria Island) (c) ([www.ikariamag.gr](http://www.ikariamag.gr)).



niu siły. O dużej intensywności erozji na Ikarii, a szczególnie erozji wgłębnej, świadczą głębokie rozcięcia w obrębie koryt rzecznych, liczne, głębokie kotły eworsyjne i rozczłonkowane wysokie progi skalne. Również na Krecie rzeki i potoki wywołują ogromne skutki w środowisku przyrodniczym. Świadczy o tym sytuacja w Wąwozie Samaria. Jest on bowiem zamykany dla turystów w okresie zimowym. W tym czasie rwący potok wypełnia dno doliny, niszcząc ścieżki. Po każdej zimie konieczne jest odbudowywanie i naprawianie ścieżek turystycznych (Bielawska 2008).

Dna dolin w omawianym regionie są więc przemodelowywane w okresie zimowych opadów i podczas katastrofalnych opadów, takich jakie wystąpiły na Ikarii w 2010 r. Podczas takich zdarzeń rumowisko w obrębie koryt i den dolinnych wynoszone jest do rozszerzeń dolinnych i do zatok. Zasypywane są wtedy drogi, ulice miast i porty (fot. 8 a, b, c). Podczas takich zdarzeń mogą być przemodelowywane całe dna dolin. Skutki takich zdarzeń bardzo długo zaznaczają się w rzeźbie. Jak podkreśla A.T. Grove (2001), podczas Małej Epoki Lodowej zdarzenia katastrofalne w tym obszarze zdarzały się częściej niż współcześnie, a więc rola procesów fluwialnych w tym okresie była dużo większa.

## WNIOSKI

Wyspy Morza Egejskiego są gęsto rozczłonkowane głębokimi dolinami typu gardzieli i wąwozów. Ich spadki są bardzo duże. Doliny te były kształtowane w długim okresie. Dna były intensywnie rozcinane, szczególnie w okresie zimowym i podczas zdarzeń opadowych typu katastrofalnego. W historii rozwoju tych dolin zaznacza się około 13 okresów o dużej aktywności procesów fluwialnych, związanych głównie z intensywnym rozcinaniem ich den. Efektem intensywnych procesów fluwialnych i podnoszących ruchów tektonicznych są wspólnie wykształcone głębokie wąwozy, które są dużą atrakcją turystyczną tych obszarów. Najlepiej wykształcone wąwozy występują na Krecie.

Koryta potoków i rzek oraz drogi polne i leśne w obszarach górskich podlegają bardzo nierównomiernemu modelowaniu w wyniku oddziaływania wody płynącej. W niezbyt dużej odległości mogą występować strefy kształtowane w bardzo odmienny sposób. Modelowanie to zachodzi z bardzo różną intensywnością, w zależności od odporności podłoża, nachylenia i ekspozycji stoków i den dolin, budowy pokryw i pokrywy roślinnej, pory roku i natężenia antropopresji.

Na Ikarii dominuje erozyjne modelowanie koryt potoków. Bardzo wyraźnie wskazują na to dominujące odcinki koryt skalnych, liczne progi i kotły skalne wycięte w dnach dolin różnego rzędu. Dotyczy to zarówno skłonu N jak i S.

Najbardziej narażone na częste erozyjne modelowanie są koryta do III rzędu. W całym badanym obszarze dzięki erozyjnemu modelowaniu koryt poto-

ków oraz dróg różnego typu zwietrzelina, najczęściej drobna, przemieszczana jest do den dolinnych, a następnie siecią koryt w formie zawiesziny i materiału wleczonego do małych zatok. O takim transporcie fluwialnym świadczy materiał zdeponowany w zbiornikach retencyjnych i w obrębie delt na brzegach wyspy. Jedynie podczas zdarzeń katastrofalnych, takich jak stwierdzone na Ikarrii w październiku 2010 r., ma miejsce gwałtowne przeobrażanie całych den dolinnych, szerokich koryt w dolnych biegach potoków oraz w obrębie delt i stożków napływowych.

## Literatura

- Geological Map of Grece 1:50 000, Ikaria Island sheet, 2005, IGME, Athens.
- Bielawska M., 2008, Naturalne i antropogeniczne procesy rzeźbotwórcze na Krecie (na wybranych przykładach), praca magisterska, archiwum WGiSR UW.
- Dłużewski M., Dubis L., Krzemień K., Tsermegas I., 2005, Wpływ warunków fizyczno-geograficznych na przebieg procesów morfogenetycznych w Attyce (na przykładzie zlewni Megala Pefka), [w:] A. Kotarba, K. Krzemień, J. Święchowicz, (red), Współczesna ewolucja rzeźby Polski, VII Zjazd Geomorfologów Polskich, 107- 113.
- Dłużewski M., Dubis L., Tsermegas I., Krzemień K., 2007, Intensywność współczesnych procesów rzeźbotwórczych w zlewni Megala Pefka (Attyka – Grecja), [w:] A. Kostrzewski, J. Szpikowski (red.), Funkcjonowanie geosystemów zlewni rzecznych, 4, Poznań, 97-108.
- Grove A.T., 2001, The “Little Ice Age” its geomorphological consequences in Mediterranean Europe, *Climatic Change* 48, 121-136.
- Macklin M.G., Fuller I.C., Lewin J., Maas G.S., Passmore D.G., Rose J., Woodward J. C., Black S., Hamlin R. H. B., Rowan J.S., 2002, Correlation of fluvial sequences in the Mediterranean basin over the last 200 ka and their relationship to climate change, *Quaternary Science Reviews* 21, 1633-1641.
- Marinos G., 1969, K. Κτενάς – Γεωλογία της νήσου Ικαρίας (K. Ktenas – Budowa geologiczna wyspy Ikarrii – po grecku), *Γεωλογικά i Γεωφυσικά Μελέται* (Prace Geologiczne i Geofizyczne), Ateny, 13(2), 57-86.
- Melas I., 1955, Ιστορία της Νήσου Ικαρίας (Historia wyspy Ikarrii (po grecku), t.1, Ateny, 1-174.
- Rackham O., Moody J., 1996. The making of the Cretan Landscape, Manchester Univ. Press, Manchester / New York, 1-327.
- Strahler A. N., 1952, Dynamic basis of geomorphology, *Bulletin of the Geological Society of America* 63, 923-38.
- Tsermegas I., 2007, Znaczenie procesów naturalnych i antropogenicznych dla współczesnych przemian rzeźby Ikarrii, *Warsztaty geomorfologiczne Grecja 26.04-06.05. 2007*, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich, Wydział Geologii i Geosrodowiska Narodowego Uniwersytetu Ateńskiego, 52-63.