

TOPO-EUROPE — THERMO-EUROPE — nowy projekt badawczy realizowany pod auspicjami Europejskiej Fundacji Nauki

Piotr Krzywiec¹, Michał Śmigiełski², Hugh Sinclair³



P. Krzywiec



M. Śmigiełski



H. Sinclair

Z dniem 1 stycznia 2009 r. rozpoczęto w Państwowym Instytucie Geologicznym realizację trzyletniego projektu badawczego *Mechanizm wypiętrzania i erozji w Karpatach i zapadlisku przedkarpaccim*, będącego elementem programu EUROCORES (<http://www.esf.org/activities/eurocores>), którego uruchomienie jest konsekwencją podpisania porozumienia przez 21 krajów Unii Europejskiej pod auspicjami *European Science Foundation* (ESF). Projekt ten jest pierwszym tego rodzaju europejskim przedsięwzięciem badawczym w zakresie nauk o Ziemi, do którego Polska przystąpiła na prawach pełnoprawnego uczestnika. Jednym z trzech jego elementów jest projekt badawczy *Czterowymiarowa ewolucja topografii Europy: wypiętrzanie, subsydenca i zmiany poziomu morza — TOPO-EUROPE*. Działania w ramach EUROCORES/TOPO-EUROPE mają zaowocować stworzeniem europejskiej infrastruktury badawczej, której nadrzędnym celem będzie transfer *know-how* oraz wspieranie multidyscyplinarnych, stojących na najwyższym poziomie projektów naukowych.

Na pierwszych etapach uruchamiania projektu EUROCORES/TOPO-EUROPE złożone zostało do ESF kilkadziesiąt wniosków. Jednym z nich był wniosek o realizację projektu badawczego pt. *Zmiany klimatyczne vs. procesy tektoniczne i ich rola w kształtowaniu topografii Europy określone na podstawie badań termochronologicznych — THERMO-EUROPE*.

Projekt THERMO-EUROPE uzyskał wysokie noty podczas recenzji i został zakwalifikowany do grupy 8 przedsięwzięć finalnie rekomendowanych przez ESF do finansowania. W skład projektu, koordynowanego przez prof. Petera van der Beeka (Laboratoire de Géodynamique des Chaînes Alpines Observatoire des Sciences de l'Univers de Grenoble Université Joseph Fourier), wchodzi 8 projektów głównych finansowanych poprzez ESF oraz 4 projekty stowarzyszone finansowane z innych źródeł (m.in. granty z przemysłu naftowego). W pracach

badawczych uczestniczą naukowcy z ponad 20 ośrodków z 18 krajów. Jednym z projektów głównych THERMO-EUROPE są badania dotyczące obszaru polskich Karpat. Projekt karpaccy realizowany jest przez Państwowy Instytut Geologiczny i Uniwersytet Warszawski we współpracy z Uniwersytetem w Edynburgu, Scottish Universities Environmental Research Center (East Kilbride), GeoForschungsZentrum (Poczdam), Uniwersytetem Jagiellońskim i Uniwersytetem Wrocławskim.

Obiektem badań programu TOPO-EUROPE jest topografia kontynentu europejskiego (ze szczególnym uwzględnieniem łańcucha alpejskiego) i jej ewolucja pod wpływem interakcji różnego rodzaju procesów: geodynamicznych, zachodzących na dużych głębokościach, powierzchniowych oraz atmosferycznych. Projekt TOPO-EUROPE koordynowany jest przez prof. S. Cloetingha z Vrije Universiteit w Amsterdamu, gdzie znajduje się również oficjalna strona tego projektu (www.geo.vu.nl/topo/), na której można znaleźć również szczegółowe omówienie jego zadań i sposobów działania.

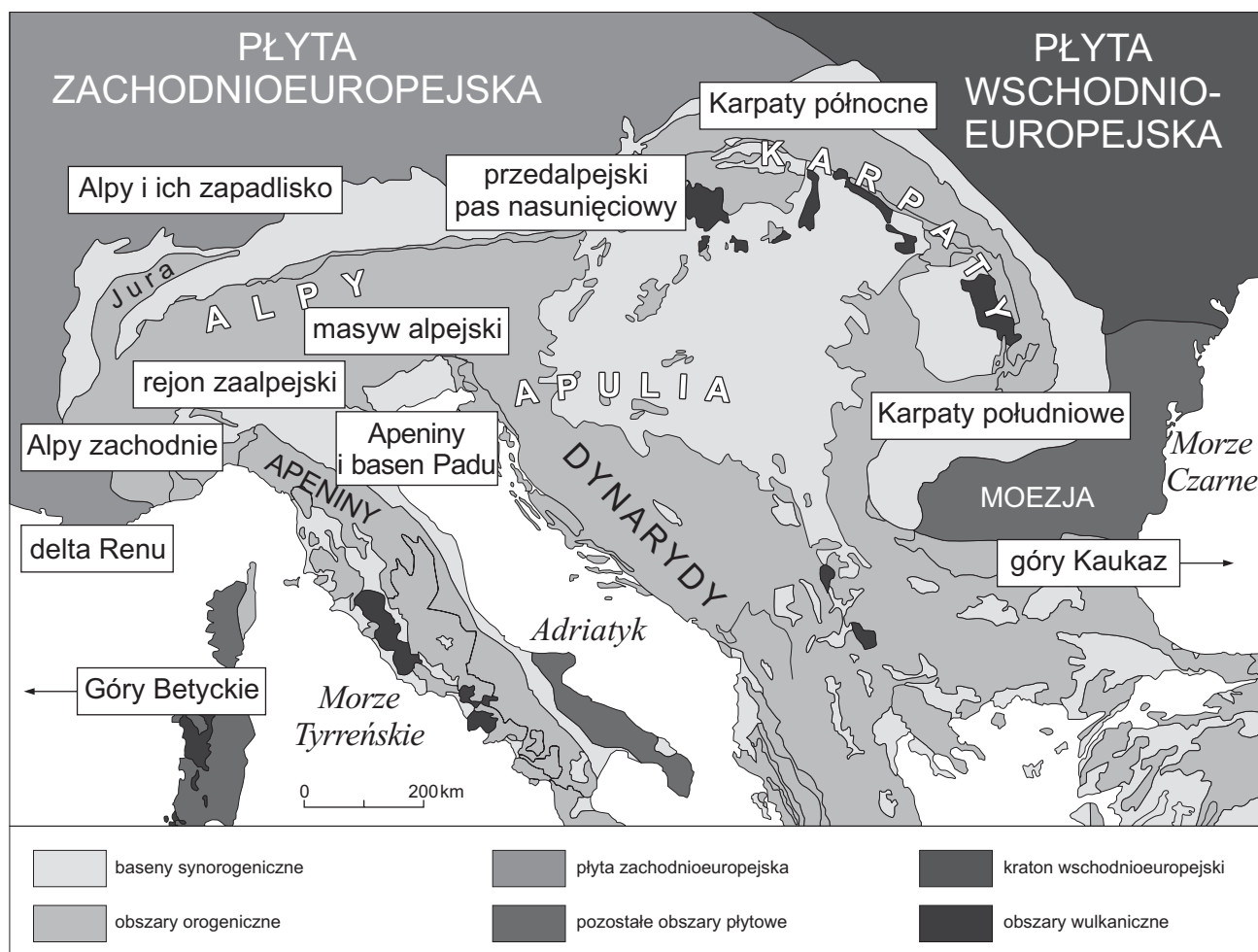
Obecna topografia alpejskich łańcuchów górskich jest konsekwencją długotrwałej subsydenca tektonicznej bądź wypiętrzania bloków skorupy ziemskiej; aktywności systemów rzecznych; ruchów skorupy ziemskiej będących potocnymi skutkami zlodowaceń; zmian klimatycznych warunkujących tempo procesów erozyjnych oraz wielkoskalowych procesów antropogenicznych. W alpejskich łańcuchach górskich w późnym miocenie i wczesnym pliocenie nastąpiła duża zmiana w charakterze ich rozwoju. W zachodnich Alpach zmiany te znalazły odbicie w znaczącej dostawie osadów z Alp zachodnich do lokalnych depocentrow sedymentacyjnych (Kuhlemann i in., 2002) i w zapisie termochronologicznym skał zarówno osadowych jak i krystalicznych (np. Vernon i in., 2008). Obserwacje te niezależnie od siebie wskazują na znaczne przyspieszenie tempa procesów erozji około 4 do 6 mln lat temu. W tym czasie wiele globalnych i regionalnych zjawisk miało wpływ na klimat kontynentu europejskiego: zlodowacenie późnomioceniczne (6,2–5,5 Ma) (Hodell i in., 2001), zamknięcie przesmyku panamskiego, które wpłynęło na dominację Gólfströmu w cyrkulacji prądów morskich Atlantyku (4,6–3,2 Ma) (Haug & Tiedeman, 1998) oraz kryzys messyński z pełnym odparowaniem morza Śródziemnego (5,6–5,3 Ma) (Krijgsman i in., 1999). Potencjalne powiązania między tymi zdarzeniami są obecnie intensywnie dyskutowane, ale wyciągane wnioski ciągle budzą liczne kontrowersje, tak jak proponowane przyczyny późniejszego zlodowacenia półkuli północnej.

Klimat i procesy tektoniczne w łańcuchach górskich mogą być wzajemnie powiązane poprzez proces redystrybucji mas skalnych i fizycznej reakcji skorupy ziemskiej na taką redystrybucję. Zmiany klimatyczne z ostatnich 10 mln lat warunkowały procesy erozji w Europie (Zachos i in., 2001) i tym samym mogły mieć znaczący wpływ na zjawiska tektoniczne. Stopień rozpoznania powiązań między

¹ Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; piotr.krzywiec@pgi.gov.pl

² Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, Instytut Geologii Podstawowej, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; m.smigielski@uw.edu.pl

³ School of GeoSciences, Kings Buildings, West Mains Road, Edinburgh, EH9 3JW, Szkocja, Wielka Brytania; hugh.sinclair@glg.ed.ac.uk



Ryc. 1. Projekty główne i stowarzyszone programu badawczego THERMO-EUROPE (w ramach) na tle mapy geologicznej głównych jednostek Europy środkowej (wg Oszczytko i in., 2006)

klimatem a tektoniką jest ciągle niewielki, ale relacja ta potencjalnie może być fundamentalnym czynnikiem kształtującym topografię łańcuchów górskich. Na badaniu tych właśnie powiązań skupiać się będzie projekt THERMO-EUROPE. Jego celem jest przetestowanie w różnej skali hipotetycznych, alternatywnych mechanizmów na potencjalną zależność między klimatem a tektoniką na obszarze Europy. Cel ten zostanie osiągnięty poprzez szczegółową dokumentację tempa i rozmieszczenia przestrzennego procesów erozji w neogenie i poprzez modelowanie procesu tektonicznej reakcji na erozję. Badania przeprowadzone będą w różnych segmentach łańcucha alpidów i ich przedgórze, od Alp zachodnich aż po Kaukaz (ryc. 1).

Celem projektu *Mechanizm wypiętrzania i erozji w Karpatach i zapadlisku przedkarpackim*, realizowanego w Polsce, jest uzyskanie odpowiedzi na następujące pytania:

- ❑ jaka jest wielkość i wiek po-miocenkiej inwersji i erozji zapadliska przedkarpackiego?
- ❑ jakie są relacje wiekowe, przestrzenne i przyczynowo-skutkowe między procesem erozji w zapadlisku przedkarpackim a nasuwaniem i erozją Karpat?
- ❑ czy przyczyną procesu wypiętrzania i erozji w zapadlisku przedkarpackim i Karpatach należy dopatrywać się w przyspieszonej czynnikami klimatycznymi kompensacji izostatycznej (np. Cederbom i in., 2004); w ruchach pionowych będących pochodną zmniejszenia obciążeń podpowierzchniowych (ang. *sub-*

surface loads) działających w strefie subdukcji (Krzywiec & Jochym, 1997); w ruchach pionowych będących pochodną fałdowania głębokich parti litosfery (Leever i in., 2006) czy też w niezwiązanym w istotny sposób z klimatem postorogenicznym niszczeniu orogenu (np. Baldwin i in., 2001; Gibson i in., 2007)?

Uzyskanie odpowiedzi na powyższe pytania będzie możliwe dzięki zastosowaniu następujących metod badawczych:

- ❑ analizy metodą trakową apatytów (AFT) pochodzących z próbek pobranych z rdzeni z obszaru zapadliska przedkarpackiego;
- ❑ analizy apatytów metodą trakową oraz helowej analizy izotopowej apatytów (U-Th)/He (AHe) i cyrkonów (U-Th)/He (ZHe) pochodzących z próbek pobranych na obszarze Karpat wewnętrznych;
- ❑ analizy danych sejsmicznych i otworowych z zapadliska przedkarpackiego oraz analizy tektonicznej przekrojów sejsmicznych, danych otworowych i innych danych geofizycznych z obszaru orogenu karpackiego, łącznie z bilansowaniem przekrojów 2D.

Istotnym obszarem dla przeprowadzonych badań może okazać się również basen Orawsko-Nowotarski z uwagi na fakt, że w nagromadzonych w nim osadach znajduje się zapis geologiczny kluczowego z punktu widzenia projektu okresu 4-6 Ma (Golonka i in., 2005 i prace tam cytowane).

Określenie, który z czterech wymienionych procesów najbardziej odpowiada obserwowanej po-miocenijskiej erozji badanego obszaru Karpat, umożliwi pozyskanie ilościowych danych niezbędnych do opracowania modelu ewolucji topografii tej części orogenu alpejskiego. Analizy termochronologiczne wykonane zostaną w laboratorium Scottish Universities Environmental Research Centre, Isotope Geosciences Unit w Szkocji.

Na etapie syntezy wyników rezultaty zostaną szczegółowo porównane i skonfrontowane z istniejącymi badaniami dotyczącymi tempa, wielkości, rozmieszczenia i hipotetycznych przyczyn procesu wypiętrzania i erozji (np. Oszczytko, 1996; Zuchiewicz, 1999, 2001; Rauch-Włodarska i in., 2006, Zuchiewicz i in., 2007), a także aktualnego stanu naprężeń w rejonie karpaccim (Jarosiński, 2005). Bardzo ważnym punktem odniesienia będą również dane dotyczące tempa wynoszenia i erozji, oparte na wcześniejszych analizach geochemicznych i izotopowych, w tym badaniach metodą trakową (AFT) oraz illit-smektyt (np. Burchart, 1972; Anczkiewicz i in., 2005; Środoń i in., 2006). Zakończenie projektu przewidywane jest na rok 2011.

Udział w projekcie Topo-Europe — Thermo-Europe zapewni bliskie kontakty z wieloma wiodącymi europejskimi ośrodkami badawczymi w zakresie nauk o Ziemi. Szeroki zakres planowanych badań oraz pojawiające się w trakcie prowadzonych konsultacji i spotkań roboczych różne wątki ewentualnych nowych kierunków badawczych powodują, iż możliwe jest uruchamianie mniejszych projektów (np. magisterskich bądź doktoranckich), stowarzyszonych z THERMO-EUROPE. Osoby zainteresowane tego rodzaju współpracą lub dodatkowymi informacjami na temat projektu proszone są o kontakt z pierwszym autorem niniejszego tekstu.

Literatura

ANCZKIEWICZ A.A., ZATTIN M. & ŚRODOŃ J. 2005 — Cenozoic uplift of the Tatras and Podhale basin from the perspective of the apatite fission track analyses. *Prace Specjalne PTMin.* 25: 261–264.
BALDWIN J.A., WHIPPLE K.X. & TUCKER G.E. 2003 — Implications of the shear stress river incision model for the timescale of post-orogenic decay of topography. *J. Geophys. Res., Solid Earth*, 108(B3): 1–17.
BURCHART J. 1972 — Fission-track age determination of accessory apatite from the Tatra mountains, Poland. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 15: 418–422.
GIBSON M., SINCLAIR H.D., LYNN G., & STUART F. 2007 — Late

to post-orogenic exhumation of the Pyrenees revealed through combined thermochronological data and modelling. *Basin Research.*, 19: 323–334.

HAUG G. H. & TIEDEMAN R. 1998 Effect of the formation of the Isthmus of Panama on Atlantic Ocean thermohaline circulation. *Nature*, 393: 673–676.

HODELL D. A., CURTIS J. H., SIERRO F. J. & RAYMO M. E. 2001 — Correlation of late Miocene to early Pliocene sequences between the Mediterranean and North Atlantic. *Paleoceanogr.* 16:164–178.

JAROSIŃSKI M. 2005 — Ongoing tectonic reactivation of the Outer Carpathians and its impact on the foreland: Results of borehole breakout measurements in Poland. *Tectonophysics*, 410: 189–216.

KRIJGSMAN W., HILGEN F. J., RAFF, I., SIERRO F. J. & WILSON D.S. 1999 — Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis. *Nature* 400: 652–655.

KRZYWIEC P. & JOCHYM P. 1997 — Charakterystyka miocenijskiej strefy subdukcji Karpat Polskich na podstawie modelowań ugięcia litosfery. *Prz. Geol.*, 8: 785–792.

KUHLEMANN J., FRISCH W., SZÉKELY B., DUNKL I. & KÁZMÉR M. 2002 — Post-collisional sediment budget history of the Alps: tectonic versus climatic control. *Int. J. Earth Sci.*, 91: 818–837.

LEEVEY K. A., MATENCO L., BERTOTTI G., CLOETINGH S., & DRIJKONINGEN G. G. 2006 — Late orogenic vertical movements in the Carpathian Bend Zone - seismic constraints on the transition zone from orogen to foredeep. *Bas. Res.*, 18: 521–545.

OSZCZYPKO N., KRZYWIEC P., POPADYUK I. & PERYT T. 2006 — Carpathian Foredeep Basin (Poland and Ukraine) — its sedimentary, structural and geodynamic evolution. [W:] Picha F., Golonka J. (ed.), *The Carpathians and Their Foreland: Geology and Hydrocarbon Resources*, AAPG Memoir, 84: 293–350.

RAUCH-WŁODARSKA M., ZUCHIEWICZ W. & BRUD S. 2006 — Tectonics of Miocene-Pliocene fresh-water molasses in the Carpathian Foredeep (Witów Series, South Poland). *Journal of Geodynamics*, 41: 369–384.

ŚRODOŃ J., KOTARBA M., BIROŃ A., SUCH P., CLAUSER N. & WÓJTOWICZ A. 2006 — Diagenetic history of the Podhale-Orava basin and the underlying Tatra sedimentary structural units (Western Carpathians): evidence from XRD and K-Ar of illite-smectite. *Clay Minerals*, 41: 747–770.

VERNON A.J., VAN DER BEEK P.A., SINCLAIR H.D. & RAHN M. K. 2008 — Increase in Late Cenozoic denudation of the European Alps confirmed by analysis of a fission track thermochronology database. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 270: 316–329.

ZACHOS J., PAGANI M., SLOAN L., THOMAS E. & BILLUPS K. 2001 — Trends, Rhythms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present. *Science*, 292: 686–693.

ZUCHIEWICZ W. 1999 — Przydatność metod morfometrycznych w ocenie tendencji neotektonicznych Karpat polskich. *Prz. Geol.*, 47: 851–854.

ZUCHIEWICZ W. 2001 — Geodynamika i neotektonika polskich Karpat zewnętrznych. *Prz. Geol.*, 49: 710–716.

ZUCHIEWICZ W., BADURA J. & JAROSIŃSKI M. 2007 — Neotectonics of Poland: an overview of active faulting. *Studia Quaternaria*, 24: 5–20.