

**Załącznik 2:
AUTOREFERAT**

1. Imię i Nazwisko
Marta Rauch
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

Magister inżynier 1992 r.

Praca magisterska pt.: „Mineralizacja skał staropaleozoicznych w rejonie Myszkowa”

Promotor: prof. dr hab. K. Mochnacka

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; kierunek: geologia; specjalność: geologia złóż

Doktor Nauk o Ziemi 2002 r.

Rozprawa doktorska pt.: "Ewolucja strukturalna płaszczowiny śląskiej w rejonie doliny Dunajca"

Promotor: doc. dr hab. A. K. Tokarskiego.

Instytut Nauk Geologicznych Polska Akademia Nauk, Ośrodek Badawczy w Krakowie, ul. Senacka 1; kierunek: geologia, specjalność: geologia strukturalna; rok: 2002

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych.

1993-2006

Instytut Nauk Geologicznych Polska Akademia Nauk, Ośrodek Badawczy w Krakowie, 31-002 KRAKÓW, ul. Senacka 1; do 2003 asystent, potem adiunkt

2007-2012

Instytut Nauk Geologicznych Polska Akademia Nauk, Ośrodek Badawczy we Wrocławiu; 50-499 Wrocław, ul. Podwale 75; do 2012 adiunkt

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

„Wpływ północnych Karpat na ich przedpole zapisany w deformacjach osadów polskiego zapadliska przedkarpackiego”

Osiągnięciem naukowym jest rozpoznanie wpływu północnych Karpat na ich przedpole zapisany w deformacjach osadów polskiego zapadliska przedkarpackiego, które zostało opublikowane w formie sześciu prac recenzowanych.

- a) spis prac prezentujących osiągnięcie naukowe (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa; numer na liście filadelfijskiej ISI),

(1) Rauch-Włodarska M., Zuchiewicz W., Brud S. 2006a. Tectonics of Miocene-Pliocene fresh-water molasses in the Carpathian Foredeep (Witów Series, South Poland). *Journal of Geodynamics* 41: 369-384; ISI 0264-3707

(2) **Rauch-Włodarska M.**, Zuchiewicz W., Włodarski W. 2006b. Późnoneogeńsko-plejstocenska aktywność tektoniczna w centralnej części zapadliska przedkarpackiego (Witów koło Nowego Brzeska). **Przegląd Geologiczny** 54 (11): 943-952; ISI 0033-2151

(3) **Rauch-Włodarska M.**, Kalicki T., Włodarski W., Budek A. 2007. Young Quaternary fossil graben in the Vistulian loess at Brzezie near Kraków (Carpathian Foredeep, South Poland). **Studia Quaternaria** 24: 37-45; ISI 1641-5558

(4) **Rauch M.** 2009. Neogene stress field in the central and eastern parts of the Polish Carpathian Foredeep. **Geodynamica Acta**, 22/1-3: 145-156; ISI 0985-3111

(5) Sieniawska I., Aleksandrowski P., **Rauch M.**, and Koyi H. 2010. Control of synorogenic sedimentation on back and out of sequence thrusting: Insights from analog modeling of an orogenic front (Outer Carpathians, southern Poland). **Tectonics**, 29, TC6012, doi:10.1029/2009TC002623; ISI 0278-7407

(6) Márton E., Tokarski A.K., Křejič O., **Rauch M.**, Olszewska B., Tomanová P. and Wójcik . A. 2011. Non-European" palaeomagnetic directions from the Carpathian Foredeep at the southern margin of the European plate. **Terra Nova**, 23, 134-144. doi: 10.1111/j.1365-3121.2011.00993.x; ISI 0954-4879

b) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników

„Wpływ północnych Karpat na ich przedpole zapisany w deformacjach osadów polskiego zapadliska przedkarpackiego”

Przedmiot badań

Po studiach magisterskich diametralnie zmieniłam swoje zainteresowania naukowe i zajęłam się geologią strukturalną. Moja rozprawa doktorska dotyczyła ewolucji strukturalnej fragmentu płaszczowiny śląskiej, zlokalizowanej w centralnej części polskich Karpat zewnętrznych. Po doktoracie kontynuowałam badanie polskich Karpat zewnętrznych. Orogen ten zbudowany jest z dolnojurańsko-dolnomiocenówskich skał, głównie skał osadowych morskiego pochodzenia zwanych fliszem (np. Książkiewicz, 1972; Ślącza i in., 2006). Tradycyjnie przyjmuje się, że osady polskiej części basenu karpackiego uległy głównym deformacjom kompresyjnym, które uformowały polskie Karpaty zewnętrzne jako stos ponasuwanych na siebie płaszczowin, w miocenie (np. Książkiewicz, 1972; Pescatore i Ślącza, 1984; Kolarczyk, 1985a; Oszczytko, 2006). Front deformacji tektonicznych przesuwał się w Karpatach zewnętrznych od południa, od jednostek wewnętrznych ku przedpolu, generalnie ku północy (Pescatore i Ślącza, 1984; Kolarczyk, 1985a; Decker i in., 1999). Moje wieloletnie badania prowadzone samodzielnie i jako uczestnik różnych grup badawczych pozwalają mi wyróżnić 2 zasadnicze, kompresyjne etapy ewolucji strukturalnej polskich Karpat zewnętrznych, z którymi związane są różne zespoły uskoków oraz etap końcowej ekstensji (Decker i in., 1999; Tokarski i in., 2006; zob. też Zuchiewicz i in., 2002). Przeprowadzone przeze mnie badania terenowe umożliwiły rozpoznanie kilku etapów uskokuwania, udało mi się rozpoznać następstwo powstawania uskoków i pogrupować uskoki w systemy, jednakże wciąż nie był jasny wiek powstania tych uskoków, ponieważ tworzyły się w skałach zwykle znacznie starszych od miocenu. Wiek najmłodszych skał Karpat zewnętrznych szacuje się na wczesny miocen (Jucha i Kolarczyk, 1959; Ślącza i in., 2005; Oszczytko, 2006). Natomiast dolno- i środkowo miocenowskie osady zapadliska przedkarpackiego (Olszewska, 1999) były deponowane u czoła nasuwających się Karpat fliszowych, czyli syntektonicznie (Kolarczyk, 1985a; Oszczytko, 2006). W tym przypadku, wyniki systematycznych badań, które dokumentowały obecność uskoków danego systemu w skałach zapadliska, należących do określonego interwału wiekowego, pozwoliły mi oszacować czas

formowania się tego systemu uskoków. Po doktoracie kontynuowałam badania w północnych Karpatach zewnętrznych i jednocześnie prowadziłam badania mezostrukturalne w zapadlisku przedkarpackim, a wyniki tych badań mezostrukturalnych stanowią moje osiągnięcie naukowe. Zapis strukturalny w mioceńskich skałach zapadliska stanowi jednocześnie cenne źródło informacji, które umożliwiają rozpoznanie wpływu północnych Karpat na ich przedpole w miocenie i później. Deformacje, jakim ulegały skały zapadliska przedkarpackiego, umożliwiają rozpoznanie charakteru tego tektonicznego wpływu oraz różnych etapów aktywności Karpat i wieku tych etapów. Dodatkowo analiza skał młodszych zalegających na skałach zapadliska przedkarpackiego stanowi cenne źródło wiedzy o neotektonice zapadliska przedkarpackiego, a przez to niesie też informację o neotektonicznym wpływie na ich przedpole naprężeń generowanych w północnych Karpatach.

W literaturze wciąż jest niewiele prac omawiających mezostruktury w zapadlisku przedkarpackim (np. Jarosiński, 1992; Krysiak, 2000; Nescieruk i in., 2007), a prace omawiające tektoniczne aspekty ewolucji zapadliska przedkarpackiego opierają się głównie na interpretacji danych otworowych oraz interpretacji sekcji sejsmicznych (np. Krzywiec, 2001). Takie dane umożliwiają ewentualne rozpoznanie jedynie deformacji wielkoskalowych. Dlatego zasadniczą część moich badań stanowiły terenowe badania mezostrukturalne nie tylko mioceńskich skał zapadliska, ale również ich czwartorzędowej pokrywy w celu rozpoznania najmłodszych, neotektonicznych etapów deformacji. Dodatkowo starałam się też korzystać z wszelkich dostępnych źródeł wiedzy np. z opublikowanych danych geofizycznych oraz innych metod badawczych tj. modelowanie analogowe. W moich badaniach skupiłam się na centralnej i wschodniej części polskiego zapadliska przedkarpackiego ze względu na liczną tam obecność mezostruktur. W zachodniej części zapadliska, tj. na zachód od Krakowa mezostruktury są zwykle nieliczne, a w odsłonięciach występuje zwykle tylko cios. Uskoki są tam bardzo nieliczne i najczęściej reprezentowane są przez uskoki normalne, natomiast fałdy i uskoki odwrócone są bardzo rzadkie.

Tradycyjnie zapadlisko przedkarpackie dzieli się na dwie części, autochtoniczną i allochtoniczną (wg Książkiewicza, 1972). Część allochtoniczna obejmuje południową część zapadliska, w której skały osadowe zostały sfałdowane oraz nasunięte ku północy na skały autochtonicznej części zapadliska. Skały allochtonicznej części zapadliska, sfałdowane i pocięte uskokami wyróżniane są też jako jednostka zgłobicka i stebnicka (Kotlarczyk, 1985a i b). W niniejszych badaniach nie ujęłam jednostki stepnickiej i borysławsko-pokuckiej, które odsłaniają się na południe od Przemyśla, czyli w większości już po stronie ukraińskiej (Kotlarczyk, 1985b; Oszczytko i in., 2006). Tradycyjnie uważa się, że skały osadowe autochtonicznej części zapadliska nie zostały wyruszone z pierwotnego położenia (np. Książkiewicz, 1972).

W czasie wieloletnich, systematycznych badań terenowych osadów w rejonie polskiego zapadliska przedkarpackiego przeprowadziłam obserwacje i pomiary licznych struktur tektonicznych. Zestawieniowe obserwacje mezostrukturalne oraz wyniki ich analizy opublikowałam w pracy **Rauch (2009)**. Wyniki moich badań dokumentują powszechną obecność spękań ciosowych. Lokalnie obserwowałam również liczne drobne fałdy i uskoki odwrócone i normalne, a nawet uskoki przesuwcze. Występowanie uskoków przesuwczych w skali odsłonięcia nie zostało wcześniej udokumentowane. W literaturze znajdują się jedynie informacje o uskokach przesuwczych w skali mapy, które interpretuje się m.in. na sekcjach sejsmicznych (np. Krzywiec, 2001; Jarosiński i in., 2009). Podczas moich badań zapadliska zajęłam się pięcioma problemami badawczymi: 1) jaka jest tektonika zapadliska przedkarpackiego; 2) jaka jest neotektonika zapadliska przedkarpackiego 3) jaka była orientacja pola naprężeń w badanym rejonie; 4) jaki był mechanizm ewolucji struktur tektonicznych w jednostce zgłobickiej u czoła nasuwających się Karpat fliszowych oraz 5) co wywołało lewoskrętną rotację skał zapadliska wokół pionowej osi, która jest obecnie dokumentowana wynikami badań paleomagnetycznych. Uzyskane odpowiedzi na tych pięć problemów badawczych stanowi moje osiągnięcie naukowe.

Wyniki badań prowadzonych przeze mnie w zapadlisku przedkarpackim są istotne nie tylko ze względu na wkład w poszerzenie stanu wiedzy na temat ewolucji strukturalnej północnych Karpat i ich

oddziaływania na przedpole. Wyniki moich badań są również ważne dla celów przemysłowych. Tektoniczne dane tego typu są wykorzystywane m.in. w ramach poszukiwania ropy naftowej i gazu ziemnego w celu rozpoznania zalegania warstw zbiornikowych oraz rodzaju pułapek strukturalnych jakie występują w badanym rejonie. Jednocześnie rozpoznanie występujących uskoków i ciosu, których obecność wpływa na szczelinowatość badanych skał, jest istotne w celu rozpoznania dróg migracji węglowodorów i fluidów (np. wody).

Zbadane problemy badawcze:

1. Tektonika zapadliska przedkarpackiego

Podstawowym moim problemem badawczym było rozpoznanie tektoniki zapadliska przedkarpackiego. Wyniki moich wieloletnich badań, zebrane w pracy **Rauch (2009)**, umożliwiły mi rozwiązanie tego problemu. Skały miocenijskie w autochtonicznej części zapadliska przedkarpackiego zwykle zalegają generalnie horyzontalnie lub zapadają pod niewielkimi kątami (**Rauch, 2009; Rauch, 2010**). Dominujące, zwykle połogie zapadanie uławicenia sugeruje niewielką intensywność wielkoskalowych deformacji w tej części zapadliska. Tradycyjnie przyjmuje się, że wielkoskalowe (kartowalne) deformacje zwykle ograniczone są do części allochtonicznej zapadliska. Przykładem takich deformacji jest obalony kartowalny fałd, zbudowany ze skał badeńskich, w odsłonięciu w rejonie Zgłobic koło Tarnowa (Rauch, 1998). W autochtonicznej części zapadliska wielkoskalowe deformacje są ograniczone do wybranych rejonów, takich jak strefy kartowalnych uskoków w podłożu zapadliska przedkarpackiego, których przykładem jest strefa przesuwczą Kurdwanów-Zawichost (Krysiak, 2000; Jarosiński i in., 2009), czy tzw. zrąb Ryszkowej Woli we wschodniej części polskiego zapadliska przedkarpackiego (Krzywiec i in., 2005). Natomiast moje wieloletnie obserwacje prowadzone w odsłonięciach sugerują, że drobnoskalowe (mezostrukturalne) deformacje występują powszechnie w obrębie skał całego zapadliska przedkarpackiego, zarówno w jego części allochtonicznej (Rauch, 1998) jak i autochtonicznej (**Rauch, 2009**). Nasuwające się Karpaty fliszowe generowały pole naprężeń na swym przedpolu, które rozładowywane było poprzez tworzenie się licznych drobnoskalowych deformacji skał zapadliska (**Rauch, 2009**).

Wyniki moich obserwacji dokumentują powszechną obecność spękań ciosowych w miocenijskich skałach zapadliska przedkarpackiego. W osadach zapadliska obserwowałam również liczne drobne fałdy oraz uskoki odwrócone i normalne, a nawet uskoki przesuwcze. Drobne fałdy oraz nasunięcia są zwykle związane z allochtoniczną częścią zapadliska przedkarpackiego (jednostką zgłobicką), ale zaobserwowałam ich obecność również w autochtonicznej części zapadliska, głównie w jego wschodniej części, tj. na wschód od linii Rzeszów - Tarnobrzeg (**Rauch, 2009**). Powierzchnie drobnych nasunięć zapadają zwykle pod niewielkimi kątami rzędu 15-35°, ale uskoki o stromo zapadających powierzchniach, choć mniej liczne, też były obserwowane. Dominująca orientacja rozciągłości powierzchni uskoków odwróconych to kierunek WNW-ESE, ale lokalnie (we wschodniej części zapadliska) rozciągłość tych powierzchni może być również zorientowana NW-SE (**Rauch, 2009**). Zrekonstruowana orientacja pola naprężeń, w jakim powstały badane uskoki odwrócone wskazuje, że oś maksymalnego naprężenia σ_1 była pozioma i zorientowana zwykle NNE-SSW. Powstanie tych uskoków można wiązać z rozładowaniem naprężeń generowanych u czoła nasuwających się Karpat zewnętrznych.

Fałdy są zwykle nieliczne w autochtonicznej części zapadliska, jednak lokalnie, w pojedynczych odsłonięciach występują dość licznie jak np. w Wylewie, na północ od Jarosławia. Orientacja osi tych fałdów jest zmienna, dominują kierunki WSW-ENE, NW-SE oraz WNW-ESE (**Rauch, 2009**). Taka duża zmienność orientacji drobnych fałdów jest dość niezwykła, w porównaniu ze zwykle stałą orientacją drobnych uskoków odwróconych. Dodatkowo, w kilku odsłonięciach udokumentowałam jednoczesne występowanie fałdów należących do dwóch różnych i różnie zorientowanych zespołów. Obecność 2 zespołów fałdów w odsłonięciu wskazuje na co najmniej 2 etapy fałdowania w badanym rejonie, związane z lokalną lub regionalną zmianą orientacji pola naprężeń. Takie odsłonięcia z dwoma

zespołami fałdów obserwowałam we wschodniej części zapadliska, nad uskokami rozpoznanymi w podłożu zapadliska. Stąd mój wniosek, że występowanie kilku zespołów fałdów jest związane z lokalną zmianą pola naprężeń wywołaną reaktywacją uskoku znajdującego się w podłożu w reżimie przesuwczym.

Wielu badaczy postulowało obecność aktywnych uskokuw przesuwczych w miocenie w podłożu zapadliska przedkarpacciego, których przykładem jest lewoprzesuwcza strefa uskokowa Kurdwanów-Zawichost (np. Krysiak, 2000 i prace tam cytowane). Jednak nie znaleziono dowodów - uskokuw przesuwczych obserwowanych w odsłonięciach mioceńskich skał polskiej części zapadliska przedkarpacciego. Dopiero wyniki moich badań mezostrukturalnych potwierdziły, że drobne uskoki przesuwcze rzeczywiście powstawały w mioceńskich osadach zapadliska przedkarpacciego (**Rauch, 2009**). Uskoki przesuwcze mogły być aktywne również pod koniec miocenu, a nawet później na co wskazuje obecność uskokuw przesuwczych np. w mioceńsko-plioceńskich (?) piaskach i żwirach tzw. serii witowskiej k. Nowego Brzeska (**Rauch-Włodarska i in., 2006a**). Drobne uskoki przesuwcze są dość nieliczne w skałach mioceńskich zapadliska i występują zwykle we wschodniej części zapadliska (**Rauch, 2009**). Lokalizacja drobnych uskokuw przesuwczych nie była przypadkowa, występują one głównie w strefach zlokalizowanych nad kartowalnymi uskokuw przesuwczymi w podłożu zapadliska, które opisano w literaturze (np. **Oszczypko i in., 1989; Krysiak, 2002**). Przykładem takich drobnych uskokuw prawoprzesuwczych są uskoki wstępujące w piaskach i żwirach serii witowskiej w Witowie. Piaskownia w Witowie zlokalizowana jest nad lewoprzesuwczą strefą uskokową Kurdwanów-Zawichost, która została stwierdzona w podłożu zapadliska na podstawie badań kartograficznych (np. Krysiak, 2002 i prace tam cytowane). Taka specyficzna lokalizacja drobnych uskokuw przesuwczych sugeruje, że ich geneza związana jest z aktywnością wielkoskalowych stref uskokowych podłoża zapadliska (**Rauch-Włodarska i in., 2006a; Rauch, 2009**).

W odsłonięciach dominują uskoki lewoprzesuwcze o rozciągłości powierzchni zorientowanej zwykle NE-SW, rzadziej ENE-WSW i uskoki prawoprzesuwcze o rozciągłości powierzchni zorientowanej w przedziale od NW-SE do NNE-SSW (**Rauch, 2009**). Zrekonstruowana orientacja pola naprężeń jakie wywołało powstanie tych uskokuw wskazuje, że oś maksymalnego naprężenia σ_1 była horyzontalna i zorientowana zwykle NNE-SSW. Podobnie zorientowana była oś maksymalnego naprężenia σ_1 w przypadku pola naprężeń, jakie panowało przy formowaniu się większości uskokuw odwróconych.

W odsłonięciach zlokalizowanych na wschód od linii Rzeszów-Tarnobrzeg obserwowany był również drugi zespół uskokuw przesuwczych. Należy podkreślić, że w tym rejonie rozpoznałam aktywność rotacji bloków podłoża wokół pionowej osi (**Rauch, 2009**). Rozciągłość powierzchni drugiego zespołu uskokuw miała orientację zwykle NNW-SSE, rzadziej NW-SE w przypadku uskokuw lewoprzesuwczych, natomiast w przypadku uskokuw prawoprzesuwczych miała orientację oscylującą wokół kierunku W-E. Orientacja drugiego zespołu uskokuw przesuwczych i orientacja drugiego zespołu uskokuw odwróconych wskazuje, że powstały one w polu naprężeń, w którym oś maksymalna naprężenia σ_1 była pozioma i zorientowana zwykle NNW-SSE, rzadziej NW-SE. Oba podwójne zespoły uskokuw odwróconych i przesuwczych obserwowałam głównie na wschód od linii Rzeszów-Tarnobrzeg.

Uskoki normalne są najliczniejszym rodzajem uskokuw, jakie obserwowanym w polskim zapadlisku przedkarpaccim. Powierzchnie tych uskokuw zwykle zapadają stromo, pod kątami rzędu 50-85° (**Rauch, 2009**). Orientacja powierzchni uskokuw normalnych jest bardzo zmienna, ale udało mi się wyodrębnić 2 dominujące przedziały kierunków orientacji rozciągłości tych powierzchni: 1) WNW-ESE do NW-SE oraz 2) NE-SW do ENE-WSW. Przedział pierwszy orientacji rozciągłości uskokuw normalnych, dotyczy uskokuw najczęściej obserwowanych przeze mnie w zapadlisku, przy czym, uskoki normalne o orientacji rozciągłości powierzchni WNW-ESE są najliczniejsze. Uskoki normalne o rozciągłości powierzchni WNW-ESE i NW-SE są podobnie zorientowane jak kartowalne uskoki normalne, jakie rozpoznano w podłożu centralnej części zapadliska przedkarpacciego (np. **Oszczypko i in., 1989; Krysiak, 2000** i prace tam cytowane). Podczas reaktywacji tych kartowalnych uskokuw normalnych znajdujących się w podłożu zapadliska, w jego osadowej pokrywie powinny się tworzyć podobnie zorientowane drobne uskoki normalne. Reaktywacja tych kartowalnych uskokuw podłoża

zapadliska miała najprawdopodobniej miejsce w początkowej fazie tworzenia się zapadliska przedkarpackiego i wywołana była uginaniem się tej części płyty europejskiej, która subdukowała ku południowi pod nasuwający się fragment kontynentalny zwany blokiem ALCAPA (zob. Krzywiec, 2001; Fodor i in., 1999). Zwykle najstarszymi uskokami w skali odsłonięcia wydają się być drobne uskoki normalne o podobnej orientacji co uskoki w podłożu zapadliska o przebiegu zwykle zbliżonym do kierunku NW-SE i WNW-ESE. Uskoki te powstawały najprawdopodobniej w czasie uginania się platformy europejskiej, gdy reaktywowane były normalne uskoki podłoża zapadliska (np. Krzywiec, 2001; Jarosiński i in., 2009). Zrekonstruowana orientacja pola naprężeń, jakie wywołało powstanie uskoków normalnych, wskazuje, że oś minimalnego naprężenia σ_3 była zorientowana na ogół NNE-SSW.

2. Neotektonika zapadliska przedkarpackiego

Interesującym problemem badawczym jest rozpoznanie najmłodszych deformacji tektonicznych w polskich Karpatach zewnętrznych i na ich przedpolu. Na podstawie badań mezostrukturalnych prowadzonych w polskich Karpatach zewnętrznych uważa się, że końcowym etapem ewolucji strukturalnej tego orogenu był kolaps, w czasie którego powstawały uskoki normalne (Zuchiewicz i in., 2002; Tokarski i in., 2006). Za najmłodsze uskoki w polskich Karpatach zewnętrznych uważa się uskoki normalne, których powstanie związane było z ekstensją zorientowaną NE-SW (Zuchiewicz i in., 2002).

Wyniki moich badań sugerują, że najmłodszymi drobnymi uskokami obserwowanymi w rejonie zapadliska przedkarpackiego są uskoki normalne należące do dwóch systemów o rozciągłości powierzchni zbliżonych do kierunków: 1) WNW-ESE i 2) NNE-SSW. W czwartorzędzie, u schyłku piętra Wisły (vistulian), powstawały uskoki normalne należące do (1) systemu (**Rauch-Włodarska i in., 2006b**), natomiast później w vistulianie-mezoholocene (neholocene?) powstawały drobne uskoki (2) systemu (**Rauch-Włodarska i in., 2007**). Uskoki normalne zorientowane podobnie jak uskoki normalne wyróżnione przeze mnie jako (1) system, a związane z ekstensją zorientowaną NE-SW, są uważane za najmłodsze uskoki w polskich Karpatach zewnętrznych (Zuchiewicz i in., 2002). W pracy **Rauch i in. (2007)** udowadniałam, że powstanie uskoków normalnych było związane z reaktywacją kartowalnych uskoków podłoża zapadliska w reżimie przesuwczym. Badana pokrywa lessowa, w obrębie której stwierdziłam uskoki normalne znajdowała się w nadkładzie osadowym nad strefą uskokową Kurdwanów-Zawichost, której występowanie stwierdzono w czasie prac kartograficznych (np. Oszczytko i in., 1989). Reaktywacja tej strefy uskokowej jako uskoku lewoprusuwczego w miocenie była już dokumentowana w literaturze (np. Krysiak, 2002 i prace tam cytowane). Orientacja współczesnego pola naprężeń sugeruje, że oś maksymalnego naprężenia w rejonie badanego zapadliska jest pozioma i zorientowana NNE-SSW (Jarosiński, 2006).

Wyniki szczegółowych badań prezentowane poniżej umożliwiły mi dokładne rozpoznanie następstwa powstawania uskoków oraz określenie ich wieku. W pracy **Rauch-Włodarska et al. (2006a i b)** znajdują się wyniki badań mezostrukturalnych prowadzonych w późnomiocenie-pliocenie piaskach i żwirach tzw. serii witowskiej w rejonie Nowego Brzeska. Seria ta leży niezgodnie na środkowomiocenie skałach zapadliska przedkarpackiego. Osady serii witowskiej deponowane były przez rzekę roztokową płynącą od strony Karpat i niosącą materiał pochodzenia karpackiego (S. Brud w Rauch-Włodarska et al., 2006a). Osady te mają szczególne znaczenie, bowiem odzwierciedlają one epizod intensywnej erozji Karpat zewnętrznych wywołany ich późnoorogenicznym podnoszeniem (W. Zuchiewicz w Rauch-Włodarska et al., 2006a). W pracy **Rauch-Włodarska et al. (2006b)** znajdują się dodatkowo wyniki moich badań prowadzonych w górnoplejstocenie kompleksie lessowym, który niezgodnie przykrywa osady serii witowskiej. Obserwacje w tych osadach pozwoliły wyodrębnić najmłodsze etapy uskokowania i oszacowanie ich wieku w badanym rejonie zapadliska przedkarpackiego. Rozpoznano tu 4 etapy deformacji kruchych. Pierwszy etap, syndepozycyjny dla serii witowskiej o wieku późnobańskim i prawdopodobnie wczesnoplejstocenie, był związany z NNW-SSE do N-S orientacją osi poziomej kompresji, równoczesną z transtensyjną reaktywacją lewoprusuwczego

(NE-SW) uskoku w podłożu, należącego do tzw. strefy uskokowej Kurdwanów-Zawichost. W czasie tego etapu uformowały się uskoki prawoprzesuwcze (NW-SE) i normalne (NNW-SSE) oraz cios południkowy. Uskoki tego etapu mają charakter synsedymantacyjny. Uskoki drugiego etapu tną żwiry i piaski serii witowskiej. W czasie tego etapu, w skutek ekstensji zorientowanej N-S i NE-SW tworzyły się uskoki normalne WNW-ESE oraz spękania ciosowe zorientowane W-E i NE-SW. Uskoki normalne tego etapu są synsedymantacyjne względem kompleksu lessowego. Uskoki normalne związane z ekstensją zorientowaną NE-SW są uważane za najmłodsze uskoki w polskich Karpatach zewnętrznych (Zuchiewicz i in., 2002). Trzeci etap wiązał się najprawdopodobniej z reaktywacją uskoku normalnego w podłożu u schyłku piętra Wisły, przy ekstensji zorientowanej NW-SE. W czasie etapu czwartego formował się system ortogonalnego ciosu (o biegach powierzchni ciosowych N-S i W-E), który tworzył się we współczesnym polu naprężeń. Współczesne pole naprężeń w tym rejonie charakteryzuje pozioma kompresja zorientowana N-S do NNE-SSW (Jarosiński, 2006, Zuchiewicz i in., 2002).

W pracy **Rauch-Włodarska i in. (2007)** opisany jest rów tektoniczny tnący osady późnego vistulianu i holocenu w miejscowości Brzezcie w centralnej części polskiego zapadliska przedkarpackiego, który rozpoznałam na terenie stanowiska archeologicznego, odkrytego w ramach archeologicznych badań ratunkowych realizowanych na trasie autostrady A-4 na południe od Niepołomic. Geologiczne badania terenowe, prowadzone przeze mnie wzdłuż budowanego odcinka autostrady Wieliczka-Targowisko, wskazują, że mioceńskie (badeńsko-sarmackie) skały osadowe zapadliska przykarpackiego w tym rejonie zalegają generalnie niemal horyzontalnie i są to głównie mułowce ilaste i piaski (**Rauch, 2010**). W skład pokrywy czwartorzędowej w tym rejonie wchodzi mulki i piaski oraz pyły ilaste i ropy pyłaste, które zalegają niezgodnie na mioceńskich osadach.

Śledziłam postęp prac archeologicznych na tym stanowisku i zbierałam dane tektoniczne i geologiczne. Wypełnienie rowu stanowił less, kopalna gleba i deluwium. W dolnej części profilu znajdował się kompleks oglejonych pyłów ilastych (lessu) o barwie popielato-niebieskiej, powyżej znajdował się kompleks pyłów ilastych (lessu) o barwie brązowej i ciemno-kremowej. Zwiększona miąższość kopalnej gleby w obrębie rowu, tj. w skrzydłach zrzuconych uskoków normalnych, w porównaniu do miąższości gleby w skrzydłach wiszących uskoków była dowodem na to, że uskok działał w czasie formowania się gleby, kiedy to rów stanowił naturalne obniżenie terenu. Rów i jego skrzydła pokryte zostały deluwium, sprawiając, że obecnie rów ten nie był widoczny w morfologii terenu. Znajdujące się w tym rejonie suche dolinki, które tną badane wzgórze, są jednak zorientowane prostopadle do przebiegu rowu. Stąd mój wniosek, że aktywność uskoków obramowujących kopalny rów zakończyła się w początkowej fazie depozycji deluwium. Na podstawie zebranych danych i wieku osadów, aktywność tektoniczna tych uskoków normalnych została oszacowana na późny vistulian-mezoholocen (neoholocen?). Uskoki były aktywne jeszcze w neolicie, a prawdopodobnie nawet później, w epoce brązu, na co wskazują archeologiczne artefakty znalezione w zuskokowanym poziomie humusowym gleby kopalnej oraz dolnej części deluwium.

Obserwowane przeze mnie liczne uskoki normalne najmłodszego systemu uskoków w zapadlisku przedkarpackim należą do dwóch zespołów o powierzchniach zapadających w przeciwnie strony. Bieg uskoków jest zmienny i oscyluje wokół kierunku NNE-SSW. Rozpoznany przeze mnie bieg powierzchni ciosowych trzech najmłodszych zespołów ciosu był zorientowany odpowiednio (Rauch i in., 2007): 1) NNE-SSW, 2) WNW-ESE i 3) ENE-WSW, przy dominacji powierzchni ciosu dwóch pierwszych zespołów. Powierzchnie tych dwóch zespołów ciosu formują ortogonalny układ, przy czym jeden zespół ciosu ma biegi powierzchni zorientowane równoległe do biegu powierzchni uskoków normalnych występujących w pobliżu, natomiast drugi zespół ma biegi prostopadle do nich. Taki układ orientacji ciosu ortogonalnego i uskoków normalnych jest typowy w przypadku, gdy powstanie ciosu towarzyszy powstaniu uskoków normalnych. Na podstawie moich badań ten ortogonalny cios oraz uskoki normalne o biegu powierzchni zorientowanej NNE-SSW są najmłodszymi strukturami tektonicznymi, jakie uformowały się w pokrywie osadowej południowej części platformy europejskiej, na północ od polskich Karpat zewnętrznych

3. Rekonstrukcja orientacji pola naprężeń

Jednym z podstawowych problemów badawczych w czasie badań tektoniki danego terenu jest rekonstrukcja orientacji pola naprężeń, jakie panowało w rejonie badań. W pracy **Rauch (2009)** zestawiałam dane mezostrukturalne zebrane przeze mnie w czasie moich wieloletnich badań terenowych i na ich podstawie opracowałam rozkład zrekonstruowanego pola naprężeń w miocenie w centralnej i wschodniej części polskiego zapadliska przedkarpackiego. Pomimo obecności różnych etapów uskoku, regionalne pole naprężeń na badanym terenie wydaje się być mniej więcej stałe od miocenu po czwartorzęd. Współczesna oś maksymalnego naprężenia w badanym rejonie zapadliska jest zorientowana NNE-SSW (Jarosiński i in., 2009). Wyniki moich badań sugerują, że oś maksymalnego naprężenia σ_1 zwykle była pozioma i zorientowana NNE-SSW. Natomiast pozostałe osie pola naprężeń σ_2 i σ_3 niekiedy wzajemnie zmieniały swoją orientację. Obserwacje te potwierdzają tezę, że w miocenie dochodziło do reaktywacji uskoku podłoża w reżimie przesuwczym (np. Krysiak, 2002). Taka reaktywacja uskoku mogła wywoływać rotację bloków podłoża wokół pionowej osi. Taka rotacja bloków podłoża mogła też powodować lokalną zmianę orientacji pola naprężeń w pokrywie osadowej rotujących bloków podłoża (Rauch, 2009). Lokalna zmiana orientacji pola naprężeń była najprawdopodobniej przyczyną obecności kilku różnie zorientowanych zespołów uskoku odwróconych w pojedynczym odsłonięciu.

W centralnej części polskiego zapadliska przedkarpackiego zrekonstruowana orientacja osi maksymalnego naprężenia na podstawie drobnych uskoku odwróconych i przesuwczych jest zwykle pozioma i zbliżona do kierunku NNE-SSW (**Rauch, 2009**). Wyjątkiem jest wschodnia część polskiego zapadliska, gdzie rozpoznałam efekt przemiennej aktywności pól naprężeń o odmiennie zorientowanej osi maksymalnej kompresji - odpowiednio NW-SE lub W-E (Rauch, 2009). Tradycyjnie uważa się, że tzw. zrąb Ryszkowej Woli został uformowany w czasie reaktywacji uskoku podłoża o przebiegu WNW-ESE, gdy pozioma kompresja była zorientowana niemal W-E (np. Nescieruk i in., 2007; Krzywiec i in., 2005). W ilowcach w Wylewie, nad zrębem Ryszkowej-Woli rozpoznałam jednak obecność młodszych nasunięć tnących struktury, które towarzyszyły powstawaniu zrębu Ryszkowej Woli (**Rauch, 2009**). Moje obserwacje wskazują, że zarówno przed, jak i po powstaniu zrębu Ryszkowej Woli pozioma kompresja w tym rejonie była zorientowana NNE-SSW. Chwilowa i lokalnie obserwowana, odmienna orientacja osi maksymalnego naprężenia σ_1 wydaje się być związana z reaktywacją uskoku obramowujących bloki podłoża. Taka przesuwcza aktywność stromo zapadających uskoku, tnących podłoża zapadliska, wywołała rotację bloków podłoża w tym rejonie, co wyinterpretowałam na podstawie opublikowanych danych geofizycznych (**Rauch, 2009**). Aktywność tych uskoku w podłożu powodowała rozładowanie poziomych naprężeń generowanych przez północne Karpaty przesuwające się ogólnie ku północy.

4. Modelowanie ewolucji struktur tektonicznych powstających u czoła nasuwających się Karpat zewnętrznych

W 2008 r. brałam udział w cyklu doświadczeń w Laboratorium Modelowania Analogowego na Uniwersytecie w Uppsali (Szwecja). Przedmiotem badań był wpływ syntektonicznej sedimentacji na charakter deformacji osadów południowej części zapadliska przedkarpackiego w interakcji z nasuwającymi się utworami fliszowymi Karpat zewnętrznych. Wyniki naszych wspólnych badań zostały opublikowane w pracy **Sieniawska i in. (2009)**. Powszechnie uważa się, że front aktywności tektonicznej w polskich Karpatach zewnętrznych migrował z południa ku północy, tj. ku przedpolu orogenu karpackiego (np. Pescatore i Ślaczka, 1984; Kolarczyk, 1985a; Decker i in., 1999). Wyniki naszych doświadczeń wskazują, że akumulacja osadów u czoła nasuwających się Karpat fliszowych powodowała hamowała tę migrację aktywności tektonicznej ku przedpolu, a jednocześnie powodowała nasilenie takiej aktywności ku zagórzowi, czyli ku południowi. Jednocześnie obecność erozji w obrębie południowej części modelu, odpowiadającej Karpatom fliszowym, powodowała podobne zjawisko

cofania się aktywności tektonicznej w obrębie modelowanego pasa fałdowo-nasuwczego. W ramach badań laboratoryjnych przetestowaliśmy również wpływ ewentualnej obecności ewaporatów na charakter powstających struktur. Obecność poziomu ewaporatowego rozpoznano w polskim zapadlisku przedkarpackim (Garlicki, 1979; Oszczytko i in., 2006). Wyniki naszych doświadczeń sugerują dużą rolę poziomu ewaporatów w procesie deformacji skał osadowych. Poziom silikonu (odpowiednika poziomu ewaporatów w naturze) wykazuje znacznie mniejsze tarcie niż w otaczającym materiale, co decydowało o lokalizacji nasunięć w obrębie silikonu. Obecność takiego poziomu w modelu sprzyja formowaniu się dupleksów i tzw. struktur trójkątnych. Jednocześnie obecność nawet cienkiego poziomu silikonu powodowała tendencję do jego „wyciskania” w formie diapirów. Struktury trójkątne zostały rozpoznane na sekcjach sejsmicznych przez jednostkę allochtoniczną, w centralnej części polskiego zapadliska przedkarpackiego, na zachód od Tarnowa (Krzywiec, 2006; Krzywiec i in., 2007). Nasunięcia w takiej strukturze wydają się być związane właśnie z poziomem ewaporatowym, a potwierdzają to właśnie wyniki naszych eksperymentów laboratoryjnych z udziałem wkładki silikonu.

5. Rozpoznanie genezy lewoskrętnej poziomej rotacji obserwowanej w miocenijskich osadach czeskiego i polskiego zapadliska przedkarpackiego.

Od 2003 roku jestem uczestnikiem zespołu badawczego węgiersko-polsko-czeskiego prowadzącego badania paleomagnetyczne w północnych Karpatach zewnętrznych i ich zapadlisku. Badania te w latach 2003-2009 prowadzone były na postawie porozumienia o współpracy między PAN i Węgierską Akademią Nauk (partner Eötvös Loránd Geophysical Institute), a koordynatorami byli prof. dr hab. Antoni Tokarski (ING PAN, Polska) i dr Emö Márton (Węgierska Akademia Nauk). W ramach tych badań rozpoznano obecność lewoskrętnej rotacji skał polskiego zapadliska przedkarpackiego o mniej więcej 20° (**Márton i in., 2011**). Taka systematyczna rotacja „en bloc” skał autochtonicznej części polskiego zapadliska w konfrontacji z tradycyjnym poglądem, że ta część zapadliska nie została „wyruszona” ze swojego pierwotnego położenia, stanowiła ciekawy problem badawczy (np. Książkiewicz, 1972). Możliwą teorią do wytłumaczenia byłaby lewoskrętna rotacja całej platformy europejskiej, na południowym krańcu, której powstało zapadlisko przedkarpackie (zob. Krzywiec, 2006; Oszczytko i in., 2006). Jednakże nie ma dowodów na taką rotację całej platformy. W tym wypadku pomocne okazały się wyniki moich badań mezostrukturalnych prowadzonych w polskiej części zapadliska przedkarpackiego. Rozpoznałam tam drobne uskoki przesuwcze w skali odsłonięcia (**Rauch-Włodarska i in., 2006a; Rauch, 2009**) oraz nasilenie intensywności występowania deformacji nad stwierdzonymi uskokami przesuwczymi w podłożu zapadliska przedkarpackiego (**Rauch, 2009**). Aktywność uskoków podłoża (Oszczytko i in., 1989) została postulowana już wcześniej (np. Krysiak, 2002 i prace tam cytowane). Jednocześnie wyniki moich badań sugerowały obecność rotacji bloków podłoża zapadliska (**Rauch, 2009**). Właśnie taka rotacja bloków podłoża wokół pionowej osi, związana z aktywnością przesuwczych uskoków w podłożu zapadliska przedkarpackiego, uznana została przez nasz zespół za najbardziej prawdopodobną przyczyną rotacji miocenijskich skał zapadliska przedkarpackiego.

Literatura:

- Decker K., Tokarski A. K., Jankowski L., Kopciowski R., Nescieruk P., Rauch M. & Reiter F. 1999. structural development of Polish segment of the Outer Carpathians (Eastern part). Guide-book of „5th Carpathian Tectonic Workshop”, Poprad-Szymbark 5-9th June 1999, p. 26-9
- Fodor L., Csontos L., Bada G., Györfi I. i Benkovics L. 1999. Tertiary tectonic evolution of the Pannonian basin system and neighbouring orogens: a new synthesis of palaeostress data. In *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen* (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth, & M. Séranne), pp. 295–334. Geological Society, London, Special Publications 156.
- Garlicki A., 1979. Sedymentacja soli miocenijskich w Polsce. *Prace Geologiczne PAN Oddział w Krakowie, Komisja Nauk Geologicznych* 119: 1-67

- Jarosiński M., 1992. Tektonika ilastych skał nadkładu złoża siarki w Machowie k. Tarnobrzega w świetle analizy mezostrukturalnej. *Kwartalnik Geologiczny* 36, 121–150.
- Jucha S., Kotlarczyk J. 1959. Próba ustalenia nowych poziomów korelacyjnych w warstwach krośnieńskich Karpat Polskich. *Acta Geol. Pol.* 9(1): 55–91.
- Jarosiński M. 2006. Recent tectonic stress field investigations in Poland: a state of the art, *Geological Quarterly* 50: 303-321.
- Jarosiński M., Poprawa P., Ziegler P. A. 2009. Cenozoic dynamic evolution of the Polish Platform. *Geological Quarterly*, 53 (1): 3–26.
- Kotlarczyk J. 1985a. Evolution of the Carpathian tectogene in the Miocene. [w:] Kotlarczyk J. (red.) *Geotraverse Kraków-Baranów-Rzeszów-Przemyśl-Komańcza-Dukla. XIII Congr. Carpatho-Balkan Geol. Ass., Cracow. Guide to Excursion 4: 21-32.*
- Kotlarczyk J. 1985b. An outline of the stratigraphy of Marginal Tectonic Units of the Carpathian orogen in the Kraków – Przemyśl area. [w:] Kotlarczyk J. (red.) *Geotraverse Kraków-Baranów-Rzeszów-Przemyśl-Komańcza-Dukla. XIII Congr. Carpatho-Balkan Geol. Ass., Cracow. Guide to Excursion 4: 39-64*
- Krysiak Z. 2000. Tectonic evolution of the Carpathian Foredeep and its influence on Miocene sedimentation. *Geological Quarterly*, 44: 137-156.
- Krzywiec P. 2001. Contrasting tectonic and sedimentary history of the central and eastern parts of the Polish Carpathian foredeep basin – results of seismic data interpretation. *Marine and Petroleum Geology*, 18:13-38.
- Krzywiec P. 2006. Geodynamiczne i tektoniczne uwarunkowania ewolucji basenów przedgórskich, z odniesieniem do zapadliska przedkarpackiego. *Przegląd Geologiczny*, 54 (5): 404-412
- Krzywiec P., Aleksandrowski P., Rzyer-Siupik B., Papiernik B., Siupik J., Mastalerz K., Wysocka A. & Kasiński J. 2005. Budowa geologiczna i geneza mioceńskiego zrębu Ryszkowej Woli w rejonie Sieniawy-Rudki (wschodnia część zapadliska przedkarpackiego) – wyniki interpretacji sejsmiki 3D. *Przegląd Geologiczny*, 53: 656-663
- Krzywiec P., Vergés J., 2007. Role of the Foredeep Evaporites in Wedge Tectonics and Formation of Triangle Zones: Comparison of the Carpathian and Pyrenean Thrust Fronts. [in:] O. Lacombe, J. Lavé, F. Roure, J. Vergés (ed.), *Thrust Belts and Foreland Basins – From Fold Kinematics to Petroleum Systems. New Frontiers in Earth Sciences, Springer Verlag*, 383-394.
- Książkiewicz M. 1972. Budowa geologiczna Polski. T. IV. Tektonika. Cz. 3. Karpaty. pp. 228
- Márton E., Tokarski A.K., Křejič O., **Rauch M.**, Olszewska B., Tomanová P. and Wójcik . A. 2011. Non-European palaeomagnetic directions from the Carpathian Foredeep at the southern margin of the European plate. *Terra Nova*, 23, 134-144. doi: 10.1111/j.1365-3121.2011.00993.x
- Nescieruk P., Wójcik A., Malata T., Aleksandrowski P. 2007. Tektoniczne struktury deformacyjne w ilach krakowieckich sarmatu w Wylewie k. Sieniawy (zapadlisko przedkarpackie): świadectwo młodej przesuwczej aktywności podłoża miocenu. *Przegląd Geologiczny* 55: 690-698.
- Olszewska B. 1999. Biostratygrafia neogenu zapadliska przedkarpackiego w świetle nowych danych mikropaleontologicznych (in Polish, with English summ.), *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego CLXVIII: 9-28.*
- Oszczypko N., 2006. Late Jurassic-Miocene evolution of the Outer Carpathian fold-and-thrust belt and its foredeep basin (Western Carpathians, Poland). *Geological Quarterly* 50 (1): 169–194.
- Oszczypko, N., Krzywiec, P., Popadyuk, I. and Peryt, T., 2006. Carpathian Fore-deep Basin (Poland and Ukraine): its sedimentary, structural and geodynamic evolution. In: *The Carpathians and Their Foreland, Geology and Hydrocarbon Resources* (J. Golonka and J. Picha, eds). *AAPG Mem.*, 84, 293–350.
- Oszczypko N., Zając R., Garlicka I., Menčík E., 1989. Geological map of the substratum of the Tertiary of the Western Outer Carpathians and their foreland, in: *Poprawa D & Nemčok J. (Eds.), Geological Atlas of the Western Outer Carpathians and their Foreland. Państwowy Instytut Geologiczny Warszawa/GUDŠ Bratislava/UUG Praha.*

- Pescatore T. i Ślącza A. 1984. Evolution models of two flysch basins: the Northern Carpathians and Southern Appennines. *Tectonophysics* 106, 49–70.
- Rauch M.** 1998 - „Rozwój strukturalny warstw chodenickich jednostki zglobickiej w Zglobicach”. [W:] Zuchiewicz W. (red.) *Materiały XIX Konferencji Terenowej Sekcji Tektonicznej PTG - „MAGURA'98 - Rozwój strukturalny płaszczowiny magurskiej na tle tektoniki Karpat Zewnętrznych*”, Szymbark 15-17.10. 1998, str. 26-28
- Rauch-Włodarska M.**, Zuchiewicz W., Brud S. 2006a. Tectonics of Miocene-Pliocene fresh-water molasses in the Carpathian Foredeep (Witów Series, South Poland). *Journal of Geodynamics* 41: 369-384
- Rauch-Włodarska M.**, Zuchiewicz W., Włodarski W. 2006b. Późnoneogeńsko-plejstocenska aktywność tektoniczna w centralnej części zapadliska przedkarpacciego (Witów koło Nowego Brzeska). *Przegląd Geologiczny* 54 (11): 943-952
- Rauch-Włodarska M.**, Kalicki T., Włodarski W., Budek A. 2007. Young Quaternary fossil graben in the Vistulian loess at Brzezine near Kraków (Carpathian Foredeep, South Poland). *Studia Quaternaria* 24: 37-45
- Rauch M.** 2009. Neogene stress field in the central and eastern parts of the Polish Carpathian Foredeep. *Geodynamica Acta*, 22/1-3: 145-156
- Rauch M.** 2010. Dokumentacja odsłoneń liniowych dla potrzeb reambulacji i uaktualnienia Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000 – autostrada A4 odcinek Wieliczka – Targowisko. str. 122, 11 załączników. Arch. PIG Warszawa.
- Sieniawska I., Aleksandrowski P., **Rauch M.**, and Koyi H. 2010. Control of synorogenic sedimentation on back and out of sequence thrusting: Insights from analog modeling of an orogenic front (Outer Carpathians, southern Poland). *Tectonics*, 29, TC6012, doi:10.1029/2009TC002623
- Ślącza A., Kruglov S., Golonka J., Oszczytko N. and Popadyuk I. 2005. Geology and Hydrocarbon Resources of the Outer Carpathians, Poland, Slovakia, and Ukraine: General Geology. In *The Carpathians and their foreland: Geology and hydrocarbon resources* (eds. J. Golonka & F. J. Picha), p. 221–58. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 84
- Tokarski A., Świerczewska A., Zuchiewicz W., Márton E., Hurai V., Anczkiewicz A., Michalik M., Szeliga W., Rauch-Włodarska M. 2006. Conference Excursion 1: Structural Development of the Magura Nappe (Outer Carpathians): from subduction to collapse. *GeoLines* 20: 45-164.
- Zuchiewicz W., Tokarski A.K., Jarosiński M., Márton E., Late Miocene to present day structural development of the Polish segment of the Outer Carpathians. *EGU Stephan Mueller Special Publication Series* 3 (2002) 185–202.

c) wkład pracy w publikacjach składających się na osiągnięcie naukowe

(1) Rauch-Włodarska M., Zuchiewicz W., Brud S. 2006a. Tectonics of Miocene-Pliocene fresh-water molasses in the Carpathian Foredeep (Witów Series, South Poland). **Journal of Geodynamics** 41: 369-384

Terenowe badanie mezostruktur występujących w osadach serii witowskiej w rejonie Witowa przeprowadziłam częściowo razem z Witoldem Zuchiewiczem. Opracowanie zebranych danych wykonałam wykorzystując program tektoniczny TectonicsFP. Na podstawie wyników analizy tych danych napisałam wstępną wersję artykułu. Następnie Witold Zuchiewicz brał udział w przygotowaniu rozdz. 3 "State of research into outcrop-scale tectonic structures" i rozdz. 5 "Small-scale tectonic structures in the Witów Series – interpretation" oraz rozdz. 6 "Discussion and conclusions". Natomiast Stanisław Brud brał udział w przygotowaniu rozdz. 2 "Local and regional geological setting". Sporządziłam figury 1, 2 i 5-14. Stanisław Brud przygotował figurę 4. Mój udział procentowy szacuję na 60%.

(2) Rauch-Włodarska M., Zuchiewicz W., Włodarski W. 2006b. Późnoneogeńsko-plejstocenińska aktywność tektoniczna w centralnej części zapadliska przedkarpackiego (Witów koło Nowego Brzeska). **Przegląd Geologiczny** 54 (11): 943-952

O napisaniu tej polskojęzycznej pracy zdecydowałam po zebraniu dodatkowych danych, które powiększyły stan wiedzy na temat deformacji tektonicznych jakim uległy osady serii witowskiej. Praca ta składa się z dwóch części, mianowicie zostały tu omówione mezostruktury obserwowane w serii witowskiej i wyżej ległej pokrywy lessowej. W części dotyczącej serii witowskiej wykorzystałam dane opublikowane w artykule (1). Natomiast część dotycząca pokrywy lessowej zawiera nowe dane, które zostały tu opublikowane pierwszy raz. Obecność uskoków normalnych i towarzyszący im cios w pokrywie lessowej umożliwiły nowe spojrzenie na genezę struktur obserwowanych w osadach serii witowskiej. W przygotowaniu rozdz. "Dyskusja i wnioski" brał udział Witold Zuchiewicz. W badaniu terenowym mezostruktur w pokrywie lessowej uczestniczył Wojciech Włodarski. Mój udział procentowy szacuję na 65%.

(3) Rauch-Włodarska M., Kalicki T., Włodarski W., Budek A. 2007. Young Quaternary fossil graben in the Vistulian loess at Brzezine near Kraków (Carpathian Foredeep, South Poland). **Studia Quaternaria** 24: 37-45.

Artykuł ten napisałam na podstawie badań terenowych w stanowisku archeologicznym w Brzeziu i w jego rejonie w ramach moich badań wzdłuż autostrady na odcinku Wieliczka-Targowisko. Na stanowisko w Brzeziu zostałam zaproszona przez pracującego tam archeologa M. Mularczyka. W badaniu terenowym częściowo uczestniczył Wojciech Włodarski. W artykule zamieszczone są również wyniki badań deluwium, poziomu glebowego i lessu przeprowadzone w tym stanowisku przez Annę Budek, które zawarte są w rozdziale "Geomorphology and stratigraphy of the study area" oraz na Fig. 3. Do napisania wspomnianego powyżej rozdziału wykorzystałam również informacje o geomorfologii i czwartorzędzie badanego rejonu jakie zamieścił Tomasz Kalicki w naszym wspólnym abstrakcie (Rauch-Włodarska M., Kalicki T., Włodarski W. & Budek A. 2005. Kopalna forma w Brzeziu (zapadlisko przedkarpackie) – przejaw aktywności tektonicznej czy procesów geomorfologicznych?) w ramach VI-tej Konferencji "Neotektonika Polski" w roku 2005, który poprzedził napisanie tego artykułu. W tym referacie T. Kalicki udowodnił, że badana struktura jest wynikiem procesów geomorfologicznych, ja udowałam, że jest to struktura tektoniczna. Natomiast w pisaniu tego artykułu T. Kalicki miał niewielki wkład, jedynie na początku brał udział w pisaniu rozdziału "Geomorphology and stratigraphy of the study area". Dlatego w napisanym przeze mnie artykule prezentuję tylko moją tezę, że struktura ta jest rowem tektonicznym. Sporządziłam również większość figur oprócz wspomnianej Fig. 3 oraz Fig. 11, którą przygotował Wojciech Włodarski. W niniejszej pracy wykorzystałam również zdjęcia udostępnione przez archeologa M. Mularczyka, za zgodą autora, na figurach 3, 5 i 8. Anna Budek oszacowała swój wkład na 20%, Wojciech Włodarski na 10%. Tomasz Kalicki w rozmowie telefonicznej oszacował swój udział na co najmniej 20%, ale nie potrafił wyjaśnić co jest jego wkładem w napisanie tego artykułu, dlatego też zapewne dotąd nie przysłał na mój adres swojego oświadczenia. Jako pierwszy autor wiem, że jego wkład w napisanie tego artykułu jest niewielki i nie przekracza 10%. Mój udział procentowy szacuję na co najmniej 60%.

(4) Rauch M. 2009. Neogene stress field in the central and eastern parts of the Polish Carpathian Foredeep. **Geodynamica Acta**, 22/1-3: 145-156

Niniejsza praca stanowi podsumowanie moich wieloletnich terenowych badań mezostrukturalnych w polskim zapadlisku przedkarpackim. W pracy tej wykorzystałam również opublikowane dane geofizyczne i kartograficzne. Mój udział obejmuje 100% wykonania artykułu.

(5) Sieniawska I., Aleksandrowski P., Rauch M., and Koyi H. 2010. Control of synorogenic sedimentation on back and out of sequence thrusting: Insights from analog modeling of an orogenic front (Outer Carpathians, southern Poland). **Tectonics**, 29, TC6012, doi:10.1029/2009TC002623

Brałam czynny współdział (z I. Sieniawską) w szczegółowym planowaniu i wykonaniu eksperymentów analogowych pod kierunkiem prof. H. Koyi w Laboratorium Modelowania Analogowego w Uppsali (Szwecja). Opracowałam część artykułu dotyczącą skalowania wykonanych modeli, budowy zestawu eksperymentalnego oraz metodyki modelowania analogowego. Opracowałam interpretację wpływu własności mechanicznych użytego materiału na styl uzyskanych struktur. Brałam też współdział w redakcji tekstu i ilustracji.

Mój udział w tym artykule oceniam na 20%.

(6) Márton E., Tokarski A.K., Křejič O., **Rauch M.**, Olszewska B., Tomanová P. and Wójcik . A. 2011. Non-European" palaeomagnetic directions from the Carpathian Foredeep at the southern margin of the European plate. **Terra Nova**, 23, 134-144. doi: 10.1111/j.1365-3121.2011.00993.x

Brałam udział w terenowym pobieraniu próbek paleomagnetycznych w polskiej części zapadliska przedkarpackiego. Brałam udział w przygotowaniu geologicznej interpretacji danych paleomagnetycznych i wynikających z tego wniosków geologicznych. Brałam udział w redakcji tekstu. Przygotowałam Fig. 2B.

Mój udział szacuję na 12%.

Marta Rauch