

Ocena osiągnięć naukowych dr. Marcina Dąbrowskiego w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego

Dr Marcin Dąbrowski ukończył studia geologiczne na Uniwersytecie Wrocławskim w roku 2002, a ponadto w roku 2004 uzyskał tytuł zawodowy magistra fizyki w zakresie geofizyki na Uniwersytecie Warszawskim. Stopień doktora w zakresie geofizyki otrzymał w roku 2008 w Instytucie Fizyki na Wydziale Matematyki i Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu w Oslo na podstawie rozprawy „*Anisotropy and heterogeneity in finite deformation – resolving vs. upscaling*”. W latach 2008–2013 dr Marcin Dąbrowski związany był z Centrum Doskonałości *Physics of Geological Processes* Uniwersytetu w Oslo, a od roku 2013 jest zatrudniony w Oddziale Dolnośląskim Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB.

DOROBIEK NAUKOWY PO DOKTORACIE

Po roku 2008, po doktoracie, dr Marcin Dąbrowski opublikował 37 współautorskich artykułów w recenzowanych czasopismach z listy ISI JCR. Habilitant był pierwszym autorem pięciu z tych artykułów, zazwyczaj był drugim (23), w pozostałych przypadkach (9) – trzecim lub dalszym. Duża aktywność naukowa dr. Dąbrowskiego w tym samym okresie przejawiała się współautorstwem 135 abstraktów konferencyjnych (w 15. jako pierwszy autor), z których, jak podaje Habilitant, 35 odnosiło się do prezentacji ustnych, a 100 – do posterowych. W „Wykazie osiągnięć” znalazły się tytuły tylko 14 z nich – wszystkie, z jednym wyjątkiem, przygotowane na coroczne sesje EGU w Wiedniu. Ta ilość abstraktów przełożyła się na częste uczestnictwo w konferencjach międzynarodowych i krajowych. Na tych konferencjach Habilitant miał 15 wystąpień ustnych, z których 6 było referatami na zaproszenie.

Według WoS, artykuły z udziałem habilitanta były cytowane dotąd 337 razy, indeks Hirscha wynosi 13, a sumaryczny IF wszystkich czasopism z publikacjami dr. Dąbrowskiego, według listy Journal Citation Reports (JCR), wynosi 105.36.

Prace składające się na zbiór tematyczny przedstawiony jako osiągnięcie habilitacyjne

Na wymagane przepisami osiągnięcie naukowe, zatytułowane „Modelowanie numeryczne rozwoju wybranych podatnych struktur deformacyjnych w warunkach prostego, czystego i ogólnego ścinania”, składa się 6 artykułów. Habilitant w 2 przypadkach jest pierwszym autorem, ze zdecydowanie największym wkładem, a w 4 przypadkach – drugim autorem z wkładem wyraźnie mniejszym.

Wniosek o nadanie stopnia został przygotowany bardzo porządnie. Obszerny autoreferat ma jednak nieco wadliwą konstrukcję – stąd pewne uwagi, od tytułu zaczynając. Tytuł cyklu powinien informować o problemie naukowym, którego rozwiązanie osiągnięto lub przybliżono przy użyciu danej metody i narzędzi. Tytułowe modelowanie to mimo wszystko nie problem, a metoda i narzędzie – prawda, że niekoniecznie proste w użyciu. Sformułowania problemu zabrakło także w tekście, w którym wymieniono tylko ogólny cel badawczy, będący pewnym rozwinięciem tytułu: systematyczne rozpoznanie ewolucji wybranych struktur. Co miałyby wynikać z tego rozpoznania i czym się kierowano przy wyborze tych struktur jednak nie powiedziano. Prawie połowę autoreferatu stanowią wstęp i wprowadzenie (ponad 10 na 23 strony tekstu). Autor przedstawia historię badań strukturalnych – zbyt szeroko, a także własne spojrzenie na niektóre problemy z takimi badaniami się łączące. W sumie jest to interesujący fragment tekstu, bo mówi o poglądach Autora, ale akurat nie one powinny być tak szeroko eksponowane w prezentacji osiągnięć Habilitanta.

Charakterystykę osiągnięć, zawartych w sześciu artykułach zbioru habilitacyjnego, podporządkowano opisywaniu w nich strukturalnym oraz napotkanym problemom metodycznym. Znacznie mniej uwagi poświęcono oczekiwaniemu tu, krytycznemu omówieniu wyników na rzecz autorskiej oceny potencjalnych korzyści, jakie płyną z symulacji numerycznych, mimo ich istotnych ograniczeń.

Artykuł A1 opisuje geometrię i ewolucję szczególnych, drobnych fałdków przyuskokowych, nazwanych strukturami przydyslokacyjnymi, tworzących się w obydwóch skrzydłach, a także w przedłużeniu wierzchołków niewielkich nieciągłości, identyfikowanych jako eliptyczne pęknięcia, które podlegają wydłużaniu i rotacji. Przyjęto, że pęknięcie istnieje w izotropowym ośrodku lepkiem i modelowano odkształcenie takiego ośrodka w sąsiedztwie pęknięcia w różnych przekrojach. Symulacje numeryczne odnoszą się do sytuacji, znajdowanych niekiedy w naturalnych obiektach skalnych, gdy (1) rozwój deformacji przy pęknięciu, obserwowanym w intersekcji na powierzchni foliacji/warstwowania, powoduje rotację lineacji, jak i gdy (2) deformacja przy pęknięciu, obserwowanym prostopadłe do warstwowania/foliacji skały, przejawia się fałdowaniem tegoż warstwowania. Porównanie wyników modelowania z podobnymi strukturami identyfikowanymi w terenie, skądinąd niezbyt częstymi, potencjalnie może pomóc w poprawnym odczytaniu kinematyki deformacji tektonicznej ośrodka skalnego. Poprawność odczytu wymaga jednak weryfikacji różnymi wskaźnikami kinematycznymi.

Artykuł A2. Modelowano, przy przyjęciu licznych uproszczających założeń, ewolucję już istniejących budin w reżimie ścinania prostego ($\gamma = 10-20$). Przyjęto, że ewolucja odbywała się bez wzrostu pierwotnego dystansu, jaki powstał pomiędzy budinami po rozerwaniu jednorodnej warstwy. Przy braku wglądu w stan wyjściowy układu i stadium inicjacji badanego budinażu, dość istotnie zawęża to zakres stosowalności uzyskanych wyników w praktyce geologicznej. W rozważaniach pominięto bowiem podstawowy etap formacji strukturalnej układu, a zajęto się tylko kolejnymi etapami jego ewolucji, kiedy to deformacja zostaje zlokalizowana wokół lub na granicy budinowanej warstwy – w zależności od warunków metamorfizmu i zespołu czynników decydujących o podatności całego układu. W modelowaniu, przy kontraście lepkości rzędu 10, prostopadłościennne budiny zmieniają się w romboidalne i/lub sigmoidalne. W naturze byłoby to niemożliwe bez równoczesnej rekryształizacji budinowanej skały/warstwy, czego model również pod uwagę nie bierze. Założona wielkość odkształcenia ścięciowego w izotropowym otoczeniu nie odpowiada wielkości odkształcenia wyznaczonego przez rotację poprzecznych ścian budiny, wcześniej prostopadłych do granic strefy ścinania prostego. Poza przypadkami anty- czy syntetycznych ścięć skośnych do granic takiej strefy, włączono pośliszgi na granicy budina/tło. To duże ograniczenie, bo pomija procesy rekryształizacji i ścięcia wzdłuż tej granicy, co mocno odbiega od warunków synmetamorficznej deformacji skał, a do takiej właśnie deformacji wyniki eksperymentu mogłyby być prównywane. W analizowanym modelu morfologiczne zróżnicowanie budin wynika z różnic w stopniu ich anizotropii, a zwłaszcza lepkości, aż do 1000x. Trudno powiedzieć, czy w użytym przykładzie kwarcytowej warstwy w obrębie dolomitowo-kalcytowego marmuru z Serifos rzeczywiście taki kontrast został osiągnięty, a jeśli tak, to na którym etapie ewolucji tego zmetamorfizowanego ośrodka skalnego. Autorzy deklarują, że marmur został zmylonityzowany, a więc dodatkowo dynamicznie zrekrystalizowany. Modelowanie wskazuje, że im mniejszy kontrast lepkości warstwa/tło, tym większa deformacja budin, co zdaje się dość oczywiste. Podobne relacje obserwuje się w seriach solnych, w zubrach z przeławieniami ilastymi, przy mniejszych kontrastach lepkości. Przydałby się niezależny test weryfikujący, tak w eksperymencie jak i terenie.

Artykuł A3. Tak jak w poprzednim przypadku modelowano ewolucję już istniejącego budinażu typu szyjkowego (*pinch-and-swell*). Tu analiza dotyczy izolowanej soczewki, powstałej w wyniku budinażowego ciągnięcia. W odróżnieniu od budin rozerwanych, soczewce towarzyszą znacznie wycienione szyjki/ogony. W naturze podobne przewężenie wymaga rekryształizacji lub/i rozpuszczania pod ciśnieniem skały tworzącej budinowaną warstwę/soczewkę lub skały otoczenia, w którym się znajduje. Wyraźnie w taki sposób ewoluowały struktury przedstawione na zdjęciach naturalnych obiektów (Fig. 3). I tylko w taki sposób mogły powstać ogony soczewki czy skrzydła inkluzji (Fig. 4). Choć numerycznie dopuszczono w wirtualnej soczewce przemieszczenie punktów materialnych, procesy te nie zostały ujęte modelowaniem, gdyż założono jedynie, jak w przypadku budin, duże kontrasty lepkości i skrajne wielkości odkształcenia ścięciowego oraz różny stopień anizotropii soczewki(ek). Przy $\gamma \sim 20$ soczewki doznają rotacji o kąt 180° , co wymusza sfałdowanie ich ogonków/szyjek/skrzydłek, pozostających w ciągłości strukturalnej (inkluzje skrzydlate). Fenomenologicznie struktury te są podobne do granatów typu snow-ball. W ich przypadku wykazano jednak, że poszczególne fragmenty spiralnych granatów i/lub ich ogonków różnią się zwykle składem mineralnym, co odzwierciedla ich (re)krystalizację w różnych etapach progresywnego ścinania prostego w trakcie metamorfizmu. Podobna ścieżka ewolucji może być udziałem naturalnych inkluzji skrzydlatych.

Artykuł 4. Przedmiotem symulacji numerycznej jest tu morfologiczna różnorodność fałdów futerałowych, które generowane są przy reaktywacji wcześniej powstałych dyslokacji. Taka reaktywacja analizowana jest dla ośrodka poddanego ścinaniu prostemu, z nakładającą się składową ścinania czyścistego, w warunkach jednoskośnego przepływu, przy odkształceniu zmieniającym się od wysokiej kontrasty po wysokie spłaszczanie. Składowa czysta odkształcenia przyczynia się do wydłużania specy-

ficznych, dość widowiskowych oczek – cechy charakterystycznej fałdów futerałowych – co w sprzyjających warunkach naturalnych mogłoby być wykorzystane do szacowania wielkości odkształcenia, a zwłaszcza skracania w kierunku osi Y elipsoidy odkształcenia.

Artykuł 5 zawiera przegląd możliwości wykorzystania numerycznie symulowanego rozwoju wybranych struktur jako wskaźników kinematycznych – głównie modeli budin i inkluzji skrzydlatych. W przypadku habilitacyjnego zbioru jest to w pewnym sensie powtórzenie treści pozostałych artykułów. Porównanie do przypadków naturalnych kształtów struktur uzyskiwanych przy różnych wielkościach kontrastów lepkościowych i odkształcenia ścięciowego γ oraz przy ich różnych cechach geometrycznych może pomóc w poprawnej interpretacji kinematyki jak i przybliżonej kwantyfikacji deformacji tektonicznych w realnych obiektach geologicznych. Część modelowanych kształtów/sytuacji nie jest zbyt często spotykana w naturze. Z drugiej strony, podane w artykule przykłady naturalnych obiektów (Fig. 6), uznanych jako kinematycznie dwuznaczne, w istocie zdają się całkiem jednoznaczne przy ich uważnym oglądzie. Nawet w przypadku struktur na Fig. 6c tylko raczej mało wnikliwy obserwator mógłby sugerować prawy zwrot ścinania, gdyż na zwrot lewy wskazuje i geometria litologicznej zmienności deformowanej skały jak i ścienia S-C podkreślone przez autorów.

Artykuł 6 analizuje budinaż warstwy rozerwanej w reżimie czystego ścinania. Tak jak w innych symulacjach, analiza nie odnosi się do stadium tworzenia budin, lecz tylko do ich dalszej ewolucji. Symulacja obejmuje budiny prostopadłościenną i romboidalną o różnej separacji, z luką wypełnioną lub niewypełnioną materiałem żylnym. Tło ma własności umożliwiające jego przepływ do przestrzeni międzybudinowej. Taki wachlarz sytuacji, przy zróżnicowanej lepkości segmentów układu, tworzy różnorodność generowanych kształtów potencjalnych struktur, włącznie z rotacją budin. Okazuje się, że modelowa geometria fałdów materii tła w przestrzeni międzybudinowej jak i uzyskana asymetria budin niekoniecznie muszą być tu dobrym wskaźnikiem kinematycznym. W przypadku budin wiarygodność odczytu kinematycznego może też zależeć od poprawności ustalenia, czy rotowały one syntetycznie czy antyetycznie. Symulacje numeryczne wykazały, że wielkość separacji budin może mieć istotne znaczenie dla ewolucji ich kształtu. Z kolei kształty zakończeń budin (ścianek poprzecznych) mogą być natomiast pomocne przy ewentualnej kwantyfikacji wielkości odkształcenia. Możliwość współdziału procesów rozpuszczania i/lub dynamicznej rekryształizacji została wspomniana, ale nie ujęta w numerycznym modelowaniu. Zjawiska takie są powszechne w syntezy tektonicznych procesach metamorficznych w określonym polu naprężeń, co waleń wpływa na rozwój struktur deformacyjnych.

Podobnie jak w modelowaniu analogowym, modele numeryczne tworzone przez Habilitanta mają na uwadze ich potencjalną przydatność (budiny, inkluzje skrzydlate) w badaniach strukturalnych obiektów geologicznych. Modele te odnoszą się jednak do ewolucji już istniejących struktur, a nie do inicjalnych etapów ich rozwoju. Tymczasem dla geologa, odtwarzającego historię konkretnego ośrodka skalnego (fragmentu skorupy), jest to etap ważny, podobnie jak ważne są relacje przestrzenne i reologiczne oraz cechy geometryczne odmian litologicznych tworzących badany ośrodek skalny. Habilitant zauważa, lecz nie wyjaśnia powodów, podobieństwa struktur powstających w naturze w skałach silnie anizotropowych (np. w strefach ścinania) i struktur modelowanych numerycznie dla obiektów tkwiących w izotropowym otoczeniu. Założenie, że ten ośrodek to homogeniczna masa o własnościach cieczy Newtona to uproszczenie, konieczne do modelowania, podobnie jak i założenie wielkich kontrastów lepkości między pojedynczą strukturą a jej otoczeniem – tłem. W naturze lepkość elementów ośrodka zależy też od naprężenia i tempa odkształcania, czego modelowanie nie uwzględnia. Podobnie jest z wielkością odkształcenia kąowego/ścięciowego. Parametr $\gamma > 10\text{--}20$ oznacza kąt ścienia wielkości $85\text{--}87^\circ$, w warunkach geologicznych osiągany w środkowych partiach stref intensywnego ścinania, które lokalizują deformację. Parametry odkształcenia są ważne dla tych wewnętrznych partii, ale nie dla całej heterogenicznie deformowanej struktury tektonicznej, w której występują.

Naturalnie rzeczą bardzo ważną jest możliwość porównywania naturalnych struktur z obiektami uzyskiwanymi w symulacjach numerycznych. Może to zapobiec ewentualnym błędom w odczycie zwrotu ścinania i określeniu kierunku transportu tektonicznego w obiektach geologicznych. Różnorakie wskaźniki kinematyczne, używane przy rekonstrukcjach tektonicznych w różnej skali, bywają niekiedy niejednoznaczne. Choć w unikaniu błędów mogą pomóc modele numeryczne, to jednak – co zauważa Habilitant – i one mogą być niejednoznaczne lub niezgodne z oczekiwaniami opartymi na innych przesłankach. Konkluzja ta oznacza, że w praktyce konieczna jest weryfikacja odczytów kinematycznych przy użyciu niezależnego zespołu kryteriów czy to naturalnych czy numerycznych.

W autoreferacie Habilitant dostrzega braki polskiej terminologii specjalistycznej, ale nie diagnozuje przyczyny. Nie sposób jednak nie zauważyć wkładu dr. Dąbrowskiego w tworzenie takiej terminologii, choć, być może, bardziej to wymóg okoliczności i konieczność napisania autoreferatu po polsku, niż wewnętrzny imperatyw. Nie zawsze jest to zadanie łatwe, nie każdy termin udany, nawet

gdyż wszedł w użycie. Na przykład „deformacja podatna” to termin powszechnie używany, choć logicznie wadliwy. Deformacja – jako proces – na nic nie może być podatna, to skała może być lub nie być na deformację podatna. Bliższy istocie rzeczy, poprawnej polszczyźnie i polskiemu odpowiednikowi angielskiego „ductile deformation” byłby termin deformacja ciągliwa, względnie duktylna. Antonimowi „brittle–ductile” odpowiada bowiem antonim „krucha–ciągliwa”, a nie „krucha–podatna”. W podobną pułapkę wpada i Habilitant, na przykład wtedy, gdy proponuje budiny ciągnię (drawn) i kostkowe (torn). Zamiast kostkowe bardziej właściwy byłby tu termin budiny rozerwane. Ciągnię i rozerwane to ta sama kategoria cech opisowych, a ciągnię i kostkowe to już dwa „różne światy”. Jeśli budiny mają być kostkowe, to w logicznie spójnej frazeologii opisu budiny powinny być soczewkowe.

Odształcenie pośrednie między konstrycją a spłaszczaniem to odształcenie dwuwymiarowe ($K=1$), płaszczyznowe (plane strain), a nie płaski stan odształcenia. Nie mówimy ani o „konstrykcyjnym” ani o „spłaszczonym” stanie odształcenia. Chodzi tu nie o stan tylko o geometrię. Z kolei w tektonice należy mówić o tempie odształcania (sec^{-1}), a nie o prędkości (droga/czas) odształcania.

Trójwymiarowy fałd futerałowy to tautologia, dwuwymiarowy być nie może. „Regularnie zbudinażowna warstwa” to pewnie budinaż symetryczny: krótszy, konkretny termin jest lepszy niż przydługi opis. Podobnie, zamiast „morfologia zdeformowanego wypełnienia pierwotnej luki między budinami” pewnie prościej i lepiej byłoby mówić np. o deformacji „materii międzybudinowej”.

Aktywność naukowa, dydaktyczna, organizacyjna i popularyzatorska oraz współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym po doktoracie

W „Wykazie osiągnięć” dr Dąbrowski wymienia inne publikacje, których kopii nie dostarczono. W publikacjach tych Habilitant uczestniczył w różnym stopniu, zwykle w tworzeniu koncepcji badań, opracowaniu narzędzi numerycznych, analizie i dyskusji wyników oraz w przygotowaniu manuskryptów artykułów. Szeroki wachlarz tematyczny tych artykułów, od modelowania rozkładu naprężeń w warstwowanych osadach basenowych pod obciążeniem tektonicznym i lodowcowym, modele deformacji układu anhydryt-halit, czy powstawania rezydualnego ciśnienia w mikroinkluzyjach cyrkonu i kwarcu w granatach, zamykanie kawern/porów w solach/skałach, po konwekcję w płaszczu, wskazuje na duży zakres zainteresowań badawczych Habilitanta jak i zespołów naukowych, z którymi współpracuje.

W okresie po doktoracie Habilitant był wykonawcą w sześciu projektach NCBiR, jednym NCN i jednym ERC. Od roku 2020 pełni funkcję edytora pomocniczego w zespole redakcyjnym *Geological Society of America Bulletin*. Po doktoracie Habilitant był promotorem pomocniczym w siedmiu zakończonych przewodach doktorskich, w tym pięciu na Uniwersytecie w Oslo. Ponadto był opiekunem lub współopiekunem sześciu prac magisterskich.

Jako popularyzację nauki wskazano okolicznościowe odczyty na forach środowiskowych. Działania organizacyjne polegały na udziale w tworzeniu CMPG w PIG-PIB, współorganizacji specjalistycznych warsztatów oraz sesji referatowych w ramach EGU w Wiedniu. Brak danych o współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym (poza ekspertyzami dla norweskich firm naftowych).

Osiągnięcia naukowe dr. Dąbrowskiego zostały wyróżnione Złotym Medalem Króla Norwegii za rozprawę doktorską (2009), trzema nagrodami dyrektora PIG-PIB (2014–2019), a na polu dydaktycznym – nagrodą PGP Uniwersytetu w Oslo (2010).

OCENA KOŃCOWA

Dr Marcin Dąbrowski jest wyróżniającym się badaczem, który wykazuje znaczną aktywność naukową, realizowaną na Uniwersytecie w Oslo i w PIG-PIB, a także we współpracy z Uniwersytetami w Berlinie i Poczdamie, Uniwersytetem Wrocławskim, AGH oraz Instytutem Geofizyki PAN. Projekty naukowe, w jakich uczestniczy, prowadzone są przez różne zespoły badawcze, w większości międzynarodowe. Dotychczasowe osiągnięcia Habilitanta stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku. Sumaryczna ocena rozprawy i dorobku naukowego oraz działalności dydaktycznej Habilitanta jest bardzo pozytywna i pozwala wnioskować o nadanie dr. Marcinowi Dąbrowskiemu stopnia naukowego doktora habilitowanego zgodnie z przepisami ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dn. 20.7.2018 (Dz. U. 2018, poz. 1668, art. 219 ust. 1 pkt 2).

A. Zieliński