

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr Bartosza Pieterka
pt. „Rekonstrukcja systemów magmowych wielkiej prowincji wulkanicznej
Tharsis w kontekście przyszłych badań nad dystrybucją mineralizacji rudnej
na Marsie”

Recenzję wykonałem na podstawie Uchwały nr 56-2022/2023 Rady Naukowej Dyscypliny Nauki o Ziemi i Środowisku Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu z dnia 25 kwietnia 2023 r. Rozprawa doktorska Pana mgr Bartosza Pieterka została wykonana pod kierunkiem Prof. dr hab. Andrzeja Muszyńskiego i dr Jakuba Ciążeli.

Rozprawa składa się z tekstu podsumowującego wyniki badań oraz trzech publikacji:

1. Pieterek, B., Ciazela, J., Lagain, A., Ciazela, M. (2022). Late Amazonian dike-fed parasitic volcanism in the Tharsis volcanic province on Mars. *Icarus*, vol. 386, 115151. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2022.115151> (IF₂₀₂₂ = **3.657**, pkt. MEiN = **140**)
2. Pieterek, B., Laban, M., Ciazela, J., Muszyński, A. (2022). Explosive volcanism in Noctis Fossae region on Mars. *Icarus*, vol. 375, 114851. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114851> (IF₂₀₂₂ = **3.657**, pkt. MEiN = **140**)
3. Ciążela, J., Bakala, J., Kowalinski, M., Plocieniak, S., Zalewska, N., Pieterek, B., Mrozek, T., Ciążela, M., Pasławski, G., Steslicki, M., Szaforz, Z., Barylak, J., Kuzaj, M., Maturilli, A., Helbert, J., Muszyński, A., Rataj, M., Gburek, S., Józefowicz, M., Marciniak, D. (2022). Concept and design of Martian far-IR ORE Spectrometer (MIRORES). *Remote Sensing*, 14, 2799. <https://doi.org/10.3390/rs14122799> (IF₂₀₂₂ = **5.349**, pkt. MEiN = **100**)

Doktorant w dostarczonych materiałach zawarł informacje o swoim wkładzie w powstanie poszczególnych artykułów (potwierdzone podpisami wszystkich autorów). Z oświadczeń wynika, że w dwu pierwszych publikacjach Doktorant miał wiodącą rolę. W przypadku trzeciej Doktorant dołączył do zespołu wykonując określone prace oraz, co wydaje się być najistotniejsze, wnosząc swoją wiedzę na temat budowy Marsa.

Icarus to renomowane czasopismo publikujące prace dotyczące układu słonecznego i planetologii. *Remote Sensing* jest wysoko ocenianym czasopismem ukazującym się w systemie otwartego dostępu.

Uwagi ogólne

Przedstawiona do recenzji praca doktorska jest ambitnym przedsięwzięciem, którego głównym celem jest charakterystyka prowincji wulkanicznej Tharsis, uważanej za obszar o znacznym zróżnicowaniu form wulkanicznych oraz wyróżniającej się występowaniem stosunkowo młodej aktywności wulkanicznej.

W rozprawie doktorskiej poruszane są następujące problemy badawcze:

1. Określenie związku pomiędzy aktywnością centralnych wulkanów prowincji Tharsis, a rozproszonym wulkanizmem, z uwzględnieniem orientacji struktur wulkanicznych, relacji czasowych pomiędzy ostatnią fazą aktywności wulkanizmu centralnego i rozproszonego, rekonstrukcji systemów magmowych oraz źródła magm zasilających wulkanizm.
2. Zróżnicowanie cech morfologicznych różnych stylów erupcji w prowincji Tharsis (scharakteryzowanie pola wulkanicznego piroklastycznych stożków scoria, wskazujących na obecność wulkanizmu eksplozywnego oraz określenie ewolucji czasowej wulkanizmu eksplozywnego w rejonie Noctis Fossae) oraz wyznaczenie obszarów źródłowych dla magm zasilających wulkanizm eksplozywny.
3. Opracowanie koncepcji instrumentu do prowadzenia badań satelitarnych mających na celu identyfikację mineralizacji siarczkowej na Marsie w rozpoznanych obszarach wulkanicznych.

Doktorant wskazał następujące cele, które miały prowadzić do rozwiązania problemów badawczych:

1. Regionalne prace kartograficzne skupiające się na określeniu rozmieszczenia wulkanizmu rozproszonego w prowincji Tharsis, ze szczególnym uwzględnieniem parametrów morfometrycznych oraz datowania ostatniej aktywności wulkanicznej dla skartowanych form wulkanicznych.
2. Lokalne badania eksplozywnego pola wulkanicznego w rejonie Noctis Fossae ze szczególnym uwzględnieniem parametrów morfometrycznych badanych form wulkanicznych oraz ich relacji przestrzenno-czasowych.
3. Wskazanie perspektywicznych obszarów wulkanicznych, których analizy spektralne mogą dostarczyć wglądu w rozwój mineralizacji pomagmowej na Marsie.

Doktorant traktuje prace zmierzające do charakterystyki struktur wulkanicznych jako punkt wyjścia do prac eksploracyjnych mających na celu rozpoznanie zasobów surowców metalicznych i energetycznych (str. 5). W dalszym tekście Doktorant koncentruje się na „minerałach rudnych” czy nagromadzeniach „siarczków i tlenków”. Nie ma natomiast dalszych uwag na temat surowców energetycznych.

W tekście podsumowującym wyniki badań Doktorant zawarł obszerne omówienie charakterystyki obszaru badań, pozyskiwania danych, metod kartowania, datowania powierzchni Marsa oraz wyniki badań.

Publikacja 1. Pieterek, B., Ciazela, J., Lagain, A., Ciazela, M. (2022). Late Amazonian dike-fed parasitic volcanism in the Tharsis volcanic province on Mars. *Icarus*, vol. 386, 115151. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2022.115151>

Na obszarze prowincji Tharis autorzy opisali 659 systemów wulkanicznych o rozmiarach poniżej 1 km. Przeprowadzono analizę ich rozmieszczenia przestrzennego, wydłużenia kraterów szczytowych i szczelin oraz określono wiek. Przeprowadzono analizę morfometryczną form wulkanicznych oraz przeprowadzono analizę orientacji wydłużenia kraterów szczytowych. Przeprowadzona analiza dała autorom możliwość przedstawienia schematu rozwoju zjawisk magmowych prowincji Tharsis. Stwierdzono, że pięć wyodrębnionych systemów magmowych stowarzyszonych z wulkanami Olympus Mons, Alba Mons, Ascraeus Mons, Pavonis Mons oraz Arsia Mons, wykazuje stosunkowo młody wiek <250 mln lat. Natomiast system magmowy wulkanu Uranus Mons musiał być aktywny wcześniej, wykazując aktywność rzędu ~ 1 mld lat temu.

Do publikacji dołączone są imponującej objętości materiały dodatkowe zawierające 98 szczegółowych figur.

Publikacja 2. Pieterek, B., Laban, M., Ciazela, J., Muszyński, A. (2022). Explosive volcanism in Noctis Fossae region on Mars. *Icarus*, vol. 375, 114851. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2021.114851>

W publikacji przedstawiono rozmieszczenie i charakterystykę morfologiczną stożków Scotia w regionie Noctis Fossae oraz ich wiek. Wyniki wskazują na eksplozywny charakter wulkanizmu oraz zróżnicowany wiek tej aktywności.

Publikacja 3. Ciążela, J., Bakala, J., Kowalinski, M., Plocieniak, S., Zalewska, N., Pieterek, B., Mrozek, T., Ciążela, M., Paslawski, G., Steslicki, M., Szaforz, Z., Barylak, J., Kuzaj, M., Maturilli, A., Helbert, J., Muszyński, A., Rataj, M., Gburek, S., Józefowicz, M., Marciniak, D. (2022). Concept and design of Martian far-IR ORE Spectrometer (MIRORES). *Remote Sensing*, 14, 2799. <https://doi.org/10.3390/rs14122799>

Przygotowana w licznych zespole autorskim (20 osób) publikacja przedstawia zamysł konstrukcji spektrometru na daleką podczerwień, który mógłby być wykorzystywany do prac eksploracyjnych, tj. poszukiwania złóż siarczków na Marsie. Autorzy przyjęli założenie, że analiza w zakresie dalekiej podczerwieni pozwoli na uzyskanie lepszych rezultatów w porównaniu z analizą w zakresie bliskiej podczerwieni. Jednym z argumentów ma być brak koincydencji pasm siarczków z pasmami charakterystycznymi dla minerałów skałotwórczych. W planowanym do wykorzystania zakresie spektralnym brak jest pasm związanych ze składnikami atmosfery marsjańskiej. Autorzy oceniają, że możliwe jest wykrycie obszarów występowania pirytu w koncentracji rzędu 10-20% w skale. Moim zdaniem nieco brak dyskusji potencjalnego wpływu pyłu w atmosferze marsjańskiej na możliwość prowadzenia prac eksploracyjnych.

Uwagi szczegółowe

W polskojęzycznym tekście uzupełniającym można znaleźć pewne niedociągnięcia. Kilka przykładów załączam poniżej.

„Może ono znaleźć zastosowanie w przemyśle kosmicznym, a zwłaszcza w dynamicznie rozwijającym się górnictwie kosmicznym.” (str. 5). Stwierdzenie wydaje się być przesadne. Dynamicznie, być może, rozwijają się plany górnictwa kosmicznego.

„Zważywszy na stosunkowo młodą aktywność wulkaniczną uważałem, że badania systemów magmowych mogą dostarczyć nowych informacji na temat potencjalnych obszarów mineralizacji hydrotermalnej stowarzyszonej z wulkanizmem. Procesy magmowe prawdopodobnie mogą odpowiadać za metalogenezę oraz kontrolować rozmieszczenie mineralizacji rudnej na Marsie.” (str. 13). Stwierdzenie to budzi moje wątpliwości: dlaczego wyłącznie młoda aktywność wulkaniczna może być wiązana z działalnością hydrotermalną (i rozwojem mineralizacji rudnej). Czy nie można wiązać mineralizacji hydrotermalnej ze starszą aktywnością wulkaniczną (niezależnie od tego co znaczy pojęcie „młodsza” czy „starsza”)? Czy stwierdzenie o procesach magmowych odpowiadających za metalogenezę odnosi się do powstawania mineralizacji rudnej w trakcie procesów hydrotermalnych czy akumulacji minerałów rudnych na etapie krystalizacji magmowej?

W tekście można znaleźć niekonsekwencje w zapisie pewnych terminów, np. „Część naukowców przyjmuje, że wyniesienie Tharsis stanowi wyjątkowy przykład obecności super pióropusza płaszcza, który zasila pojedyncze systemy magmowe głównych wulkanów”. (str. 20) oraz „Obecnie, Lagain i in. (2021) wykazali, że aktywność wulkaniczna w Tharsis w okresie amazońskim (od 2 400 mln lat temu do 330 mln lat temu) była zasilana przez głęboko zakorzeniony w płaszczu (~1600 km) superpióropusz, który był prawdopodobnie aktywny od samego początku formowania się obszaru wulkanicznego Tharsis.” (str. 20). „Superpióropusz” czy „super pióropusz”?

Ocena pracy

Moja ocena pracy jest wysoka. Doktorant zrealizował przedstawione we wstępie cele badawcze. Dwa artykuły opublikowane w czasopiśmie *Icarus* dostarczają nowych danych do poznania wulkanizmu Marsa. Prace zrealizowane są zgodnie ze stosowaną w badaniach metodyką i standardami. Publikacja dotycząca prac eksploracyjnych sugeruje stosowanie spektroskopii w zakresie dalekiej podczerwieni jako bardziej efektywnej w porównaniu z spektroskopią w zakresie bliskiej podczerwieni.

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana praca doktorska spełnia kryteria określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tekst jednolity: Dz. U. z 2021 r., poz. 478 z późn. zm.) i wnoszę o dopuszczenie Pana mgr Bartosza Pieterka do dalszych etapów postępowania zmierzającego do nadania mu stopnia doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki o Ziemi i środowisku.

Zgłaszam także wniosek o wyróżnienie pracy doktorskiej Pana mgr Bartosza Pieterka. Wniosek uzasadniam wysoką oceną pracy, nowatorskim zakresem pracy, uwzględnieniem w dyskusji bardzo licznych pozycji literatury oraz bardzo wysokim poziomem dokumentacji wyników. W tekstach wszystkich publikacji wyniki są doskonale zilustrowane wykresami oraz zaprezentowane w tabelach. Do wszystkich publikacji dołączono materiały uzupełniające (w jednym przypadku imponujących rozmiarów).



