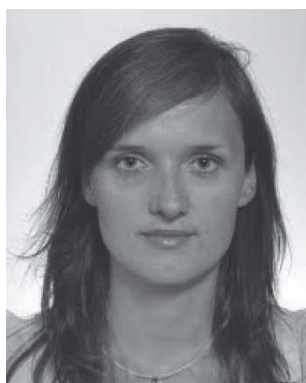


# Górnictwo pozaziemskie w Polsce

## Extraterrestrial mining in Poland



*Tadeusz A. Przylibski\**



*Katarzyna Łuszczek\**



*Konrad Blutstein\**



*Mateusz Szczęsniewicz\**



*Dominika Ciapka\**

**Treść:** Autorzy przedstawili aktualny na połowę 2022 roku stan szeroko rozumianego górnictwa pozaziemskiego w Polsce. Analiza autorów objęła wszelkie inicjatywy, projekty i badania, które dotyczą różnych aspektów eksploracji pozaziemskich ciał Układu Słonecznego pod kątem rozpoznania i wykorzystania znajdujących się na nich złóż różnorodnych surowców. W Polsce mamy obecnie wiele możliwości rozwoju sektora górnictwa pozaziemskiego. Sytuacja ta jednak w najbliższym czasie będzie się pogarszać, jeśli nie zostaną stworzone warunki do rozwoju tej dziedziny wiedzy i przemysłu. Oczywiście istotne jest zainwestowanie odpowiednich środków finansowych, ale także wykreowanie odpowiedniej polityki rozwoju i podjęcie kompleksowych działań sprzyjających rozwojowi dydaktyki i nauki w zakresie górnictwa i górnictwa pozaziemskiego. Równie istotne jest także wspieranie, a najlepiej realizowanie spójnej koncepcji rozwoju górnictwa pozaziemskiego, jako bardzo istotnej części przemysłu sektora kosmicznego.

**Abstract:** The Authors presented the current state of the broadly understood extraterrestrial mining in Poland in mid-2022. The authors' analysis covered all initiatives, projects and research that relate to various aspects of the Solar System's extraterrestrial bodies exploration in terms of the identification and use of various raw materials on them. Currently we have many opportunities for the development of the extraterrestrial mining sector in Poland. However, this situation will deteriorate in the near future, if the conditions for the development of this field of knowledge and industry are not created. Of course, it is crucial to invest appropriate funds, but also to create an appropriate development policy and undertake comprehensive activities conducive to the development of teaching and science in the field of mining and extraterrestrial mining. It is also equally important to support, and preferably implement, a coherent concept for the development of extraterrestrial mining as a significant part of the space sector industry.

### **Słowa kluczowe:**

*surowce pozaziemskie, górnictwo, górnictwo pozaziemskie, górnictwo kosmiczne, planetoidy, Księżyc, Mars*

### **Keywords:**

*Extraterrestrial resources, mining, extraterrestrial mining, space mining, asteroids, Moon, Mars*

\*) Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii

## 1. Wprowadzenie

Polska jest krajem o bardzo bogatych tradycjach górniczych, zarówno jeśli chodzi o historię eksploatacji surowców, m.in. takich jak krzemień (Krzemionki Opatowskie), sól kamienna (Wieliczka, Bochnia), czy złoto (Złoty Stok, Złotoryja) i wielu innych. Mamy także bogate tradycje związane z rozwojem techniki górniczej i przeróbki kopalni, jak np. ropa naftowa (działalność Ignacego Łukasiewicza, m.in. założenie pierwszej na świecie kopalni ropy naftowej w Bóbrce oraz rafinerii w Kłęczanach), czy też rozwoju nauki z zakresu geologii złóż i górnictwa (działalność Stanisława Staszica). Autorom, jako osobom związanym zawodowo z geologią i górnictwem, trudno jest pogodzić się z nasilającym się trendem dezawuowania górnictwa w Polsce i w Europie. Górnictwo postrzegane jest powszechnie w naszym kraju przez pryzmat wydobycia węgla kamiennego, jako dziedzina zbędna, kosztochłonna, szkodząca środowisku, mało innowacyjna i deficytowa. Niestety powielanie tego typu twierdzeń i rozciąganie ich na całą gałąź gospodarki surowcowej – górnictwo przez wielu krótkowzrocznych polityków, samorządowców i tzw. działaczy na rzecz środowiska, często pozbawionych fundamentalnej wiedzy o środowisku, kształtuje postawy młodego pokolenia. Efektem jest coraz mniej chętnych osób do nauki trudnych, ale niezwykle potrzebnych gospodarce każdego kraju fachowych umiejętności z zakresu górnictwa i geologii, w tym geologii złożowej.

Kryzys wizerunkowy górnictwa w Polsce trwa, przynosząc znaczne szkody gospodarce kraju i jeśli potrwa dłużej, będzie powodował dalsze ogromne i trudne do naprawienia szkody. Od pierwszego szczebla edukacji przedszkolnej warto uświadamiać młodych ludzi, że wszystkie rzeczy materialne jakie nas otaczają, umożliwiając nasze codzienne funkcjonowanie zarówno w sferze aktywności fizycznej, jak i duchowej, wymagają do swojego powstania surowców. Jedynymi gałęziami gospodarki, które dostarczają i jeszcze długo dostarczać będą naszemu gatunkowi niezbędnych surowców do utrzymania i rozwoju naszej cywilizacji są szeroko pojęte rolnictwo z hodowlą i rybołówstwem oraz górnictwo. Dla tych dziedzin gospodarki surowcowej nie ma żadnej alternatywy. Odzyskiwanie surowców wtórnych i tzw. zeroemisyjna gospodarka, czy też gospodarka obiegu rzeczywiście zamkniętego pozostają utopią, co można wykazać opierając się o zasady termodynamiki. Nigdy nie będziemy mogli zrezygnować z pozyskiwania surowców i zawsze będzie do tego potrzebne górnictwo. Dlatego powinniśmy dbać o jego ciągły rozwój.

W ostatnich latach i miesiącach mogliśmy przekonać się, że mimo w znacznej mierze wspólnej polityki gospodarczej krajów tworzących Unię Europejską w przypadku zaopatrzenia w surowce (np. energetyczne) każde państwo próbuje jednak działać samodzielnie. Zrozumienie tego faktu musi prowadzić do wyciągnięcia jedyne logicznego wniosku, że możliwość rozwoju i swobody stanowienia o własnej gospodarce i dobrobycie społeczeństwa mogą uzyskać tylko te kraje, które potrafią zapewnić sobie dostęp do niezbędnych surowców. Pod tym względem wspólna polityka państw Unii Europejskiej prowadzona jest dokładnie w przeciwnym kierunku. W kolejnych latach wydłuża się lista surowców krytycznych (Komisja Europejska 2020), czyli takich do których kraje Unii Europejskiej nie mają swobodnego dostępu. Rodzi to coraz więcej zagrożeń dla gospodarki całej Unii Europejskiej, a przede wszystkim dla tych krajów, które w najmniejszym stopniu dbają o swoją własną politykę surowcową, mają ograniczony dostęp do surowców na własnym terytorium oraz tych, które mają najsłabsze gospodarki pod względem zasobności finansowej. Wydarzenia ostatnich miesięcy, jak nigdy wcześniej wykazały, jak bardzo istotny jest

dostęp do zasobów surowców na własnym terytorium lub gdy takich zasobów nie ma, w krajach zaprzyjaźnionych. Dotyczy to zarówno możliwości eksploatacji przez krajowe koncerny i kompanie górnicze, jak również bezpieczeństwa dostaw do kraju. W czasach długiego pokoju i relatywnego dobrobytu jedynym kryterium doboru źródła surowców był jego koszt. Doprowadziło to do nadmiernego uzależnienia się od importu surowców z krajów niestabilnych i/lub nam wrogich. Aktualna sytuacja związana z już przerwany dostawami surowców z kierunku wschodniego w związku z rosyjską agresją na Ukrainie, a także duża niepewność związana z możliwymi sankcjami musi prowadzić do weryfikacji założenia, że koszt pozyskania surowców powinien być jedynym, czy też najważniejszym kryterium doboru jego źródła. Politycy i wiele innych osób często zdaje się zapominać o tej podstawowej zasadzie lub celowo ją pomija przy podejmowaniu decyzji dotyczących pozyskiwania surowców.

Biorąc pod uwagę współczesne problemy, nie tylko wizerunkowe, górnictwa w Polsce, celem autorów jest pokazanie nowych możliwości rozwoju tej dziedziny wiedzy i gospodarki wobec współczesnych wyzwań, które od co najmniej dwóch dekad podejmują już najbogatsze i najbardziej zapobiegliwe państwa świata (m.in. USA, Chiny, Indie, Japonia, Kanada), a także prywatne firmy. Wśród tych firm należy wymienić przede wszystkim Planetary Resources (działające do 2018 r., a następnie wykupione przez ConsenSyn bez ambicji kosmicznych), Deep Space Industry nabyta przez Bradford Space, Asteroid Mining Corporation, Trans Astronautica Corporation, Moon Express. Swoją działalność w sektorze górnictwa pozaziemskiego planowały także Kepler Energy and Space Engineering (prezentacja podczas ISDC-San Diego 2013; <https://web.archive.org/web/20130922060558/http://isdc.nss.org/2013/speakers-all.shtml>, dostęp: 09.08.2022), czy NASA Institute for Advanced Concepts (NIAC) ogłaszając Robotic Asteroid Prospector project (Robotic Asteroid Prospector (RAP) Staged from L-1: Start of the Deep Space Economy Archived at the Wayback Machine nasa.gov, dostęp: 09.08.2022). W 2021 roku rynek górnictwa pozaziemskiego był wyceniany na 11,65 mld dolarów, a głównymi graczami na tym rynku były: Moon Express, Ispace, Trans Astronautica Corporation, Deltion Innovations Ltd. oraz Asteroid Mining Corporation Ltd. (<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/space-mining-market-industry>, dostęp: 15.04.2022). Interesującym dla czytelnika może być także fakt przygotowania wspólnego i spójnego obrazu górnictwa pozaziemskiego w Polsce i stojących przed nim wyzwań przez autorów z różnym doświadczeniem w pracy naukowej na rzecz górnictwa, reprezentujących różne pokolenia.

## 2. Dyskusja

Górnictwo pozaziemskie lub kosmiczne (aczkolwiek Ziemia jest częścią kosmosu, a więc górnictwo na Ziemi jest także górnictwem kosmicznym), w XXI wieku przestało być domeną literatury science-fiction, chociaż pierwsze publikacje w poważnych czasopiśmie naukowych pojawiały się już w latach 70. XX wieku (O'Leary 1977, 1988; Gaffey, McCord, 1977). Przyczyniły się do tego przede wszystkim liczne misje kosmiczne (m.in. Hayabusa, Hayabusa 2, OSIRIS-REx; np. Przylibski i in., 2022 na podstawie Pilorget i in., 2021; Yada i in., 2021) i coraz bardziej precyzyjne obserwacje astronomiczne, które w znaczącym stopniu zeweryfikowały naszą wiedzę o Układzie Słonecznym, a także rozwój technik i powszechność badań meteorytów. Mówiąc o górnictwie pozaziemskim zwykło się myśleć o pozyskiwaniu surowców poza Ziemią i sprowadzaniu ich na naszą planetę.

Jest to istotny cel rozwoju tej gałęzi przemysłu, zwłaszcza że nasza planeta ma ograniczoną wielkość zasobów. Dodatkowo nie jesteśmy w stanie wykorzystać tych zasobów w 100%, a niektórych zasobów z różnych powodów wykorzystywać w ogóle nie chcemy. Jednak jeszcze przez długi czas rachunek ekonomiczny będzie na korzyść poszukiwania nowych złóż, wykorzystywania złóż mniej bogatych, czy też ponownego (recykling) wykorzystania surowców z odpadów dostępnych na Ziemi. O wiele ważniejszym, krótkoterminowym celem rozwoju górnictwa pozaziemskiego jest pozyskiwanie surowców potrzebnych do zaspokojenia potrzeb w miejscu lub w pobliżu przyszłej kolonizacji ciał pozaziemskich, czyli tzw. ISRU (ang. *in situ resources utilization*). Żadna agencja rządowa, ani tym bardziej prywatna firma, myśląca i mówiąca o misjach księżycowych, marsjańskich czy jakichkolwiek innych, nie bierze pod uwagę możliwości wysłania z Ziemi wszystkich potrzebnych surowców do budowy niezbędnej infrastruktury. Powód jest prosty. Transport czegokolwiek z Ziemi poza nią, jak i w drugą stronę, jest bardzo kosztowny. Koszt wysłania litrowej butelki Coca Coli na orbitę Ziemi wynosi obecnie około 2800 USD, a według przewidywań firmy SpaceX w ciągu najbliższych kilkadziesiąt lat spadnie do około 50 USD za kilogram ładunku. Nawet wówczas jednak transport setek lub tysięcy ton surowców może być wciąż niekonkurencyjny z ich eksploatacją na miejscu, na innych ciałach Układu Słonecznego. Górnictwo pozaziemskie jako rozwijająca się gałąź przemysłu jest zatem dużo bliższe niż mogłoby się wydawać. Eksploatacja obiektów pozaziemskich nie zacznie się za kilkadziesiąt, czy jak niektórzy uważają za kilkaset lat, gdy wyczerpią się surowce na Ziemi, lecz za kilkanaście, a być może nawet za kilka lat, gdy tylko rozpoczną się zapowiedziane załogowe misje księżycowe oraz marsjańskie. Górnictwo pozaziemskie jest zatem koniecznością, ale przede wszystkim jest szansą i miejscem rozwoju technicznego i technologicznego oraz potencjalnym źródłem ogromnych dochodów.

W Polsce rozwój górnictwa pozaziemskiego można prześledzić od początku drugiej dekady XXI wieku. Na uwagę zasługują zwłaszcza publikacje, w tym na łamach dobrych międzynarodowych czasopism wydawanych przez wiodące wydawnictwa naukowe (Łuszczek, Przylibski 2011, 2019, 2021; Przylibski, Łuszczek 2012; Przylibski i in. 2012; Przylibski 2015; Łuszczek, Merkel 2018; Łuszczek 2011, 2012, 2013, 2018a, 2018b; Blutstein i in. 2018, 2022; Blutstein 2021a, 2021b; Blutstein, Pawliszyn 2021; Łuszczek, Krzesińska 2020; Wasilewski 2018, 2021; Wasilewski i in. 2021; 2022; Nierobisz 2013). Wiele z tych publikacji było efektem badań finansowanych z krajowych środków publicznych i międzynarodowych na rozwój nauki. Beneficjentami tych środków byli m.in. pracownicy Politechniki Wrocławskiej, czy Instytutu Nauk Geologicznych PAN, ale także firm takich, jak Astronika. Wśród projektów naukowych wymienić można:

- „Zasoby surowców metalicznych i ich złoża na ciałach macierzystych chondrytów zwyczajnych” – projekt sfinansowany przez NCN w ramach konkursu Preludium, którego kierownikiem była dr inż. Katarzyna Łuszczek,
- „Estimating metal budget of selected volcanic provinces on Mars using new data from the ExoMars Trace Gas Orbiter mission” – projekt finansowany w ramach programu GEO-INTER-APLIKACJE wspieranego przez NCBiR, realizowany przez prof. Andrzeja Muszyńskiego, dr. Jakuba Ciążelę oraz O. Solovova,
- „Towards prospecting ore deposits on Mars: remote sensing of the planetary field analogue in the Rio Tinto mining area, Spain” – projekt finansowany przez Europlanet2024-research infrastructure, kierownikiem jest dr Jakub Ciążela,

- “Towards understanding endogenous ore formation on Mars: new data from ExoMars/TGO and geochemical fingerprinting of meteorites” – projekt finansowany przez NCN, kierownikiem jest dr Jakub Ciążela.

Dzięki temu widać wyraźny wzrost liczby publikacji naukowych z upływem czasu. Wiąże się to również z rozwojem zespołów badawczych tworzonych zarówno w uczelniach (np. na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej), jak i w powstających firmach sektora kosmicznego (np. KP Labs prowadząca działalność badawczo-rozwojową od 2016 r. w zakresie autonomicznych sond kosmicznych i technologii robotycznych). Organizowane są konferencje naukowe, których inicjatywy podejmują studenci i młodzi pracownicy naukowci. Wśród tematyki naukowych konferencji z zakresu eksploracji przestrzeni kosmicznej największą rolę odgrywają górnictwo pozaziemskie (kosmiczne) (5 edycji studenckiej konferencji na AGH – Konferencja Górnictwa Kosmicznego; 6 edycji międzynarodowej konferencji stratosferycznej w Toruniu – Near Space Conference; 3 edycje konferencji Forum Sektora Kosmicznego w Warszawie; spotkania i konferencje z cyklu SpaceHUB – do tej pory miało miejsce 38 serii spotkań SpaceHUB odbywających się online jak i stacjonarnie w Warszawie w Brain Embassy), a także zagadnienia związane z prawem kosmicznym (Ad Astra. Konsiliencyjna Konferencja Kosmiczna zorganizowana w Gdańsku w 2021 roku). Warto również wspomnieć o Stowarzyszeniu WroSpace, które powstało we Wrocławiu. Jako organizacja non-profit zrzesza przede wszystkim pasjonatów nauki oraz wolontariuszy, chcących popularyzować wiedzę w zakresie astronomii i technologii kosmicznych. Jednym z celów statutowych stowarzyszenia jest promowanie osiągnięć polskiej nauki i technologii w zakresie odkrywania i zdobywania kosmosu. Od 2017 roku z sukcesem stowarzyszenie to organizuje dwa duże wydarzenia. Pierwszym z nich jest World Space Week Wrocław – największa w Polsce niekomercyjna konferencja kosmiczno-astronomiczna. Tematyka wydarzenia do tej pory obejmowała nowoczesne technologie kosmiczne stosowane w życiu codziennym, eksploracji kosmosu oraz w astrofizyce, które jednocześnie służą zrównoważonemu rozwojowi. Drugim wydarzeniem jest Yuri's Night – święto obchodzone w rocznicę pierwszego lotu załogowego w kosmos, skupiające się na eksploracji przestrzeni kosmicznej i przyszłych pozaziemskich misjach. W 2022 roku wydarzenie to odbyło się w nowej odsłonie pod nazwą Space Night Wrocław na terenie Wrocławskiego Parku Technologicznego. Wydarzenie ma na celu podkreślenie dokonań polskich inżynierów, naukowców i firm działających w branży kosmicznej i astronomicznej. Space Night Wrocław jest skierowane nie tylko do pasjonatów, społeczności branżowej czy akademickiej, ale również do najmłodszych. Problematyka górnictwa pozaziemskiego cieszy się także dużym zainteresowaniem polskich prawników (Dąbrowska-Niepytalska 2018; Nyka 2018; Kloda i in. 2021) oraz dziennikarzy, zwłaszcza zajmujących się tematyką naukową (zał. 1).

Mimo że Polska, wzorem innych krajów, podejmuje próby prawnego uregulowania niektórych zagadnień w ramach prawa kosmicznego, to jednak zarówno dla parlamentu, rządu, Polskiej Agencji Kosmicznej (POLSA), jak i tworzących to prawo prawników, samo górnictwo zdaje się być jedynie odległą ciekawostką. Dowodem na to może być chociażby to, że w tworzeniu polskiego prawa kosmicznego nie bierze udziału żadna osoba z jakimikolwiek kompetencjami górnictwymi czy geologicznymi. Być może nowa inicjatywa POLSA pod hasłem „Czwartki z sektorem kosmicznym” będzie w stanie zmienić tę sytuację. Niemniej jednak nadal brakuje spójnej koncepcji strategii i polityki lub chociażby wizji organizo-

wania i finansowania badań naukowych z zakresu szeroko pojętego górnictwa pozaziemskiego.

Nie ma także w Polsce spójnego projektu lub chociażby koncepcji dydaktyki górnictwa pozaziemskiego. Mimo to powstają nieliczne prace naukowe na stopień doktora. Do chwili obecnej powstały dwie dysertacje doktorskie z tego zakresu. Pierwsza była podstawą nadania stopnia doktora Pani Katarzynie Łuszczek na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej w dziedzinie nauk technicznych, dyscyplinie górnictwo i geologia inżynierska w roku 2017. Druga praca doktorska została obroniona w 2022 roku. Stopień doktora w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki o Ziemi i środowisku, w zakresie geofizyki uzyskał Pan Gordon Wasilewski broniąc swoją rozprawę w Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk w Warszawie. Mimo że na żadnej uczelni w Polsce nie ma kierunków, ani też specjalności zbliżonych do pozaziemskiego górnictwa, to jednak powstają liczne już w dziesiątkach prace inżynierskie i magisterskie z tego zakresu. W samej tylko Politechnice Wrocławskiej na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii od 2010 roku zostało obronionych 8 prac inżynierskich oraz 5 prac magisterskich z zakresu pozaziemskich złóż surowców i górnictwa pozaziemskiego. Natomiast na polskich uczelniach działa wiele kół naukowych realizujących finansowane projekty związane zarówno z rozwojem systemów raketowych, łazików marsjańskich, jak i systemów technologicznych dla górnictwa pozaziemskiego. Jest to m.in. na Politechnice Wrocławskiej – „kosmiczna wiertarka” skonstruowana przez zespół DREAM, badająca proces wiercenia w warunkach mikrogravitacji, projekt TRACZ (Testing Robotic Application For Catching in Zero-G) zakładał sprawdzenie, czy możliwe jest wykorzystanie chwytaka typu jamming gripper w mikrogravitacji i próżni, projekty samowystarczalnych osiedli marsjańskich, konstruowanie łazików marsjańskich Scorpio, WroSat – pierwszy studencki satelita z Wrocławia (w trakcie realizacji). Na Akademii Górniczo-Hutniczej – łazik planetarny „Kalman”, sonda CanSat, system przenośników do transportu regolitu na Księżycu TOLRECON (Tandem Of Lunar REgolith CONveyors). Na Politechnice Warszawskiej – satelita PW-Sat, PW-Sat2 oraz obecnie realizowany satelita PW-Sat3. Na Politechnice Białostockiej – analog łazika marsjańskiego Hyperion oraz Argo. Realizowane projekty są dostrzegane i nagradzane na najbardziej prestiżowych międzynarodowych zawodach, co świadczy o wysokich umiejętnościach konstrukcyjnych polskich inżynierów oraz o odpowiednich zasobach umożliwiających Polakom uczestniczenie w eksploracji i wykorzystaniu kosmosu. Na uwagę zasługuje także utworzone w 2020 r. Centrum Technologii Kosmicznych na Akademii Górniczo-Hutniczej w ramach uzyskania przez uczelnię tytułu Uniwersytetu Europejskiego. Inicjatywa ta pozwoli na realizację działalności naukowo-dydaktycznej w zakresie rozwoju inżynierii kosmicznej i eksploracji kosmosu, umożliwiając tym samym studentom i późniejszym absolwentom rozwój w pozaziemskim (kosmicznym) górnictwie poprzez np. tworzenie startupów. W propagowaniu wiedzy o sektorze kosmicznym, jak i w procesie kształtowania polskiej polityki kosmicznej uczestniczą także Związek Pracodawców Sektora Kosmicznego ZSPK (Polish Space Industry Association), Stowarzyszenie Polskich Profesjonalistów Sektora Kosmicznego PSPA (Polish Space Professionals Association) i Polskie Towarzystwo Meteorytowe PTMet (Polish Meteorite Society). Powstały w 2012 r. ZSPK obecnie zrzesza 73 podmioty prężnie działające w sektorze kosmicznym, konstruuje zespoły lub podzespoły do bardziej zaawansowanych układów i urządzeń (m.in. Centrum Badań Kosmicznych PAN – integracja i testy dwóch pierwszych polskich satelitów „Lem” i „Heweliusz”; Astronika – pene-

trator marsjański Kret (we współpracy z CBK PAN); budowa wysięgnika LP–PWI oraz systemu anten RWI dla misji ESA JUICE; projekt Astro-Moduły, czyli gotowe rozwiązania satelitarne (w trakcie realizacji); projekt urządzeń trzymająco–zwalniających wiertła w misji Luna–27 oraz Compactor (w trakcie realizacji); Creotech Instruments – projekt ASIM; platforma satelitarna HyperSat; misja EXOMARS czy spółka N7 Space, będąca dostawcą oprogramowania pokładowego LEON3 i ARM).

Autorzy zestawili główne problemy, które napotyka górnictwo pozaziemskie w Polsce wraz z możliwością ich rozwiązania (tabela 1).

Należy również wspomnieć o możliwościach rozwoju w Polsce sektora dydaktyki, badań i przemysłu kosmicznego w zakresie górnictwa pozaziemskiego. Wciąż jeszcze dysponujemy kadrą kształcąca górników na poziomie akademickim, prowadząca badania w różnych aspektach górnictwa i geologii złożowej. Dzięki temu w ciągu kilku najbliższych lat będzie istniała możliwość przekazywania wiedzy z tego zakresu młodszemu adeptom nauki jako potencjalnym wykładowcom górnictwa pozaziemskiego rozwijającym badania w tym zakresie. Jednak wobec coraz węższego rynku pracy dla inżynierów górnictwa w Polsce, jak i coraz mniejszej popularności tych kierunków studiów sytuacja ta będzie z roku na rok coraz trudniejsza. W związku z tym możliwości rozwoju górnictwa pozaziemskiego w oparciu o krajową kadrę inżynierów i naukowców górników są obecnie jeszcze znaczne, ale mogą w krótkim czasie, w ciągu kilku – kilkunastu lat stać się niewystarczające do rozwoju górnictwa, w tym rozwoju górnictwa pozaziemskiego.

Zaplecze techniczne istniejące w naszym kraju obecnie także jeszcze sprzyja możliwości rozwoju górnictwa pozaziemskiego. Jednocześnie rozwój tego kierunku mógłby przyczynić się do wsparcia rozwoju przemysłu maszyn górnictwa poprzez realizację projektów związanych z konstrukcjami dla potrzeb eksploatacji pozaziemskiej. Również porzucone i zamknięte projekty górnicze mogą otrzymać nowe życie w związku z badaniami i wdrożeniami badań z zakresu górnictwa pozaziemskiego. Nieczynne zakłady odkrywkowe, zamknięte lub przekształcone w atrakcje turystyczne zakłady podziemne, czy wreszcie obszary eksploatacji otworowej mogą stać się poligonami badawczymi dla potrzeb rozwoju górnictwa pozaziemskiego. Projekty z tego zakresu mogą obejmować badania systemów eksploatacji otworowej w skałach zbliżonych do skał ziemskich (np. bazaltach, ale też skałach osadowych). Szczególnie ważne mogą również okazać się problemy związane z eksploatacją odkrywkową, a więc tworzenie poligonów badawczych w nieczynnych wyrobiskach skał okruchowych, a także magmowych będzie szczególnie cenne. Mogą one służyć jako poligony doświadczalne dla testowania konstrukcji automatycznych zespołów urabiania i przeróbki surowców w warunkach powierzchni innych ciał Układu Słonecznego. Wreszcie wyrobiska podziemne mogą stanowić poligony doświadczalne, w których można symulować warunki braku grawitacji (szyby) lub specyficznej atmosfery (odpowiednio zaadoptowane wyrobiska korytarzowe, sztolnie, komory, itp.). Sektor kosmiczny wciąż poszukuje nowych możliwości dla testowania rozwiązań technicznych przed ich wysłaniem w kosmos. Pod tym względem Polska jest wyjątkowo bogata, zarówno pod względem liczby, jak i różnorodności zamkniętych, ale wciąż dostępnych do ponownego wykorzystania zakładów górniczych. Można w nich stworzyć duże laboratoria klimatyczne do symulacji warunków kosmicznych, laboratoria podziemne do badań wpływu promieniowania jonizującego, modelowania warunków braku tlenu, atmosfer o innym niż ziemski składzie chemicznym i właściwościach fizycznych. Zakłady odkrywkowe można transformować w poligony do

**Tabela 1. Zestawienie problemów związanych z rozwojem górnictwa pozaziemskiego wraz z propozycjami rozwiązań**  
**Table 1. List of problems related to the development of extraterrestrial mining with proposed solutions**

| Problem   | Propozycja rozwiązania  |
|---|---|
| Nowa gałąź nauki zupełnie niedostrzegana w Polsce, a poważnie traktowana w krajach „górniczego topu” – Chiny, Kanada, USA, Indie, ale także Japonia, Luxemburg  | Utworzenie i finansowanie nowych (zamawianych) kierunków i specjalności na studiach uniwersyteckich, zarówno technicznych, jak i podstawowych   |
| Utożsamianie górnictwa z węglem, a brak promocji wydobycia innych surowców energetycznych, metalicznych, chemicznych, skalnych  | Zwiększenie w programach studiów na kierunkach górniczych ilości przedmiotów obejmujących zagadnienia górnictwa surowców metalicznych, chemicznych, skalnych oraz górnictwa alternatywnego.<br>Być może warto rozważyć wpisanie studiów górniczych na listę kierunków zamawianych jako strategicznych dla gospodarki kraju, a jednocześnie rzadko wybieranych z uwagi na przekaz medialny. Dodatkowym rozwiązaniem może być również podkreślanie przez polskie uczelnie kształcące w zakresie górnictwa, że ten sektor gospodarki nie opiera się tylko na jednym surowcu energetycznym – węglu, który nie jest tylko surowcem energetycznym, ale także chemicznym.<br>Wprowadzenie do programu nauczania w szkołach podstawowych i średnich zagadnień z zakresu źródeł pozyskiwania surowców i górnictwa, w tym górnictwa pozaziemskiego. |
| Brak kontynuacji myśli górniczej do rozwoju górnictwa pozaziemskiego – luka pokoleniowa   | Odpowiedni program edukacyjny od wieku przedszkolnego oraz płynne zastępowanie kadry w uczelniach (dodatkowe środki)  |
| Brak wystarczającego wsparcia finansowego dla polskich firm z branży szeroko pojętego górnictwa kosmicznego. Polscy inżynierowie mają odpowiednie zasoby, jednak brakuje instytucji finansowych do wspierania tego rodzaju działalności – pełnią rolę podwykonawców dla instytucji w państwach inwestujących w górnictwo kosmiczne. | Szukanie wsparcia finansowego, oferowanego przez zagraniczne instytucje i organizacje, a przede wszystkim spójny system krajowy finansowania badań sektora kosmicznego, w tym górnictwa pozaziemskiego.   |
| Badania w obszarze górnictwa pozaziemskiego w Polsce prowadzone są przez naukowców i studentów głównie w ramach realizacji własnych pasji. Organy odpowiedzialne za finansowanie polskiej nauki nie są chętne wspierać ten kierunek badań.  |   |
| Brak promowania działań w kierunku górnictwa pozaziemskiego na poziomie wydziałów polskich uczelni, przez co wielu studentów nie zdaje sobie sprawy, że wydział, na którym studiuje prowadzi badania w tym kierunku.  | Prowadzenie stron internetowych (wydziałowych), na których naukowcy prowadzący badania w zakresie górnictwa pozaziemskiego, mogliby dzielić się nie tylko ze studentami, swoją wiedzą i efektami realizowanych badań. W tym celu można wykorzystać media społecznościowe, takie jak np.: Instagram, który jest szeroko wykorzystywany przez studentów, ale również przez duże grono naukowców, co stwarza możliwość zaistnienia i promowania górnictwa pozaziemskiego w świecie wirtualnym, do którego często posiadamy łatwiejszy dostęp.  |
| Duże grono społeczeństwa, w tym naukowców jest zdania, że badania prowadzone w kierunku górnictwa pozaziemskiego są nieopłacalne lub przedwczesne, przez co kreują taki sam pogląd w młodym pokoleniu, które w przyszłości mogłoby pomóc jeszcze bardziej rozwijać ten sektor nauki.  | Lobbowanie na rzecz górnictwa jako gałęzi zaspokajającej potrzeby surowcowe społeczeństwa. Promowanie inicjatyw i projektów górniczych jako nowoczesnych elementów inżynierii środowiska i inżynierii planetarnej. Edukacja na każdym poziomie od wieku przedszkolnego.   |
| Brak współpracy polskich uczelni (lub nieliczna współpraca) z ośrodkami zagranicznymi oraz firmami i instytucjami działającymi w kierunku górnictwa kosmicznego.  | Zainwestowanie znacznego kapitału firm w projekty współfinansowane z innych (publicznych) środków na badania w ramach współpracy z polskimi uczelniami.   |
| Nadal zbyt mała liczba studentów piszących swoje prace dyplomowe z zakresu górnictwa pozaziemskiego i technologii kosmicznych, w szczególności na kierunkach pokrewnych z górnictwem.   | Zachęcanie studentów do pisania prac dyplomowych z zakresu górnictwa kosmicznego. Pomocne w tym przypadku mogłyby okazać się stypendia, które byłyby oferowane dyplomantom przez firmy i instytucje z zakresu górnictwa pozaziemskiego i technologii kosmicznych. Studenci chętniej wybieraliby prace dyplomowe objęte patronatem przez firmy zewnętrzne.   |
| Wciąż bardzo mały rynek pracy dla specjalistów z zakresu górnictwa pozaziemskiego.  | Rozwój przemysłu nowych technologii w Polsce inicjowany i wspierany przez politykę państwa.   |

badania eksploatacji w warunkach księżycowych i marsjańskich. Jest to kolejna alternatywa dla rekreacyjnego kierunku zagospodarowania terenu po likwidacji zakładów górniczych.

W oparciu o zaplecze pasjonatów, kolekcjonerów i znawców meteorytyki (skupionych np. w Polskim Towarzystwie Meteorytowym) istnieją ogromne możliwości badania zasobów kopalni i charakterystyki ich pozaziemskich złóż na podstawie badań meteorytów. Materiał skalny pochodzący z pozaziemskich obiektów Układu Słonecznego umożliwia badania procesów urabiania skał pozaziemskich w oparciu

o badania właściwości fizycznych meteorytów i ich składu mineralnego i chemicznego. Meteoryty mogą być źródłem materii służącej do przygotowywania materiałów skalnych imitujących regolit księżycowy i marsjański. Wreszcie skały ziemskie w odpowiedni sposób poddane obróbce mogą dostarczać w oparciu o eksploatowane obecnie w Polsce złoża surowców skalnych i chemicznych materiałów do produkcji różnego typu regolitów imitujących powierzchnie Marsa, Księżyca, asteroid i księżyców planet zewnętrznych Układu Słonecznego do testów pojazdów, maszyn czy konstrukcji

służących do eksploatacji, transportu i przeróbki różnych surowców pozaziemskich. Możliwe jest testowanie procesów przeróbki i wzbogacania kopaliny pozaziemskich w skali laboratoryjnej bez konieczności realizowania misji kosmicznych, a więc wielokrotnie taniej. Na tej podstawie możliwe jest modelowanie procesów urabiania, transportu i przeróbki w stanie nieważkości i wobec braku atmosfery. W Polsce istnieją szerokie możliwości badania procesów przeróbki i wzbogacania rud pozaziemskich w oparciu o materiał me-teorytowy. Tego typu prace od kilku lat są już realizowane w Politechnice Wrocławskiej w Katedrze Górnictwa.

### 3. Wnioski

Najdelikatniej rzecz ujmując, stan polskiego górnictwa, zarówno jako dziedziny nauki, jak również gałęzi gospodarki jest niezbyt dobry. Jednak zainteresowanie zarówno polityków, jak i społeczeństwa rozwojem technologii kosmicznych i wiedzy o kosmosie stwarza możliwość wygenerowania impulsu także do rozwoju pozaziemskiego górnictwa. Niewątpliwie zainwestowanie w rozwój pozaziemskiego, kosmicznego górnictwa przyczyni się także do rozwoju górnictwa jako dziedziny nauki i gospodarki w dotychczasowym „ziemskim” zakresie. Niesłuchanie istotne jest, abyśmy w Polsce nie przegapili być może ostatniego momentu, ostatej szansa na nie tylko zachowanie, ale rozwój tej ogromnie ważnej dziedziny wiedzy i jednej z dwóch gałęzi gospodarki, obok szeroko pojętego rolnictwa, dostarczającej naszej cywilizacji wszelkich surowców niezbędnych do jej podtrzymania i rozwoju. Górnictwo, w tym pozaziemskie, powinno być postrzegane jako nowoczesna i nieodłączna część inżynierii środowiska czy inżynierii planetarnej.

Autorzy nie mają wątpliwości, że rozwój technologii kosmicznych w górnictwie przyczyni się do rozwoju przemysłu górniczego na Ziemi. Należy zatem promować górnictwo i górnictwo pozaziemskie jako nowoczesną dziedzinę wiedzy powodującą rozwój także inżynierii kosmicznej, materiałowej, chemicznej, robotyki, cybernetyki, czy wreszcie inżynierii środowiska i inżynierii planetarnej. Nie ulega wątpliwości, że powinniśmy dołożyć wszelkich starań, aby finansować rozwój górnictwa pozaziemskiego ze środków państwowych i prywatnych, promować tę nowoczesną dziedzinę wiedzy i lobbować za jej rozwojem w kręgach politycznych i gospodarczych, a wreszcie zaczynając od najmłodszych Polaków w wieku przedszkolnym uczyć o gospodarce surowcowej jako niezbędnej podstawie naszej cywilizacji, naszej egzystencji. Niech wszyscy mają świadomość, że każda działalność człowieka wymaga zaopatrzenia w surowce, których może dostarczyć tylko górnictwo i rolnictwo. A jeśli chcemy kolonizować pozaziemskie środowiska, to będziemy do tego potrzebowali rozwoju górnictwa pozaziemskiego. Nie ma innej drogi do tego, aby nasza cywilizacja osiągnęła „multiplanetarny” stopień rozwoju. Znając ludzką naturę jest to krok nieunikniony, a jednocześnie wymagający zaopatrzenia w surowce, a do tego celu niezbędny jest rozwój pozaziemskiego górnictwa. Powinniśmy potraktować to jako szansę rozwoju. Polska ma warunki do tego, aby pozaziemskie górnictwo, tak w zakresie nauki, jak i przemysłu wykorzystywać do rozwoju. Szansa ta wymaga jednak podjęcia pilnych działań.

Przeprowadzona dyskusja wskazuje, że obecnie Polska posiada duże zasoby naukowców, inżynierów, studentów, ale również ludzi z pasją, którzy w przyszłości mogą wnieść jeszcze większy wkład w rozwój górnictwa, w tym górnictwa pozaziemskiego. Dotyczy to także potencjalnego zaplecza do rozwoju różnych stref działalności badawczej i wdrożeniowej w zakresie górnictwa pozaziemskiego. To w jaki sposób

będzie rozwijał się ten sektor nauki i gospodarki zależy od filozofii podejścia do rozwoju i finansowania przedsięwzięć z tego zakresu w naszym kraju. Należy również podkreślić ogromne znaczenie konieczności zmiany świadomości polskiego społeczeństwa w zakresie postrzegania górnictwa (w tym górnictwa pozaziemskiego). Młodzi ludzie muszą mieć świadomość, że górnictwo i górnictwo pozaziemskie to nowoczesna dziedzina wiedzy i gospodarki będąca częścią nowoczesnej inżynierii środowiska, inżynierii planetarnej. Jednocześnie jest to podstawowa działalność człowieka, obok rolnictwa, dostarczająca ludzkości wszelkich surowców niezbędnych do życia i rozwoju.

### Podziękowania

*Autorzy składają podziękowania Recenzentom za bardzo wnikliwie i szybko przekazane konstruktywne uwagi, które zostały wykorzystane do poprawienia pierwotnej wersji naszego manuskryptu.*

### Literatura

- BLUTSTEIN K. 2021a - Potential extraterrestrial sources of lithium. Geological Quarterly. 65, 4, 1-9; doi: <http://dx.doi.org/10.7306/gq.1627>.
- BLUTSTEIN K. 2021b - Potential resources on 6 Hebe asteroid. IOP Conference Series - Earth and Environment Science. 684, 1-8; doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/684/1/012020>.
- BLUTSTEIN K., PAWLISZYN S. 2021 - Fe, Ni, Co, and Cu in FeNi alloys of H chondrites. IOP Conference Series - Earth and Environment Science. 942, 1-8; doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/942/1/012021>
- BLUTSTEIN K., PRZYLIBSKI T.A., ŁUSZCZEK K. 2018 - Zawartość minerałów FeNi w chondrytach H jako wskaźnik zasobności pozaziemskich skał rudonośnych w wybrane metale. „Przeгляд Geologiczny”. 66, 12, 776-784; doi: <http://dx.doi.org/10.7306/2018.14>.
- BLUTSTEIN K., PRZYLIBSKI T.A., ŁUSZCZEK K., GRUCHOT J. 2022 - Skład chondrytów węglistych jako wyznacznik zasobności planetoid typu C w surowce metaliczne. Acta Societatis Meteorologicae Polonorum. 13, 7-26.
- DĄBROWSKA-NIEPYTAŁSKAA. 2018 - Prawo w górnictwie kosmicznym. Polityka Surowcowa. 3, 82-85.
- GAFFEY M.J., MCCORD T.B. 1977 - Mining Outer Space. Technology Review. 79, 7, 51-59.
- KŁODA M.T., MALINOWSKA K., MALINOWSKI B., POLKOWSKA M. 2021 - Regulacja górnictwa kosmicznego w polskiej ustawie o działalności kosmicznej. Studia Iuridica, 88, 171-186 <https://doi.org/10.31338/2544-3135.si.2021-88.9>.
- Komisja Europejska 2020 - Odporność w zakresie surowców krytycznych: wytyczanie drogi do większego bezpieczeństwa i bardziej zrównoważonego rozwoju. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Bruksela, dnia 3.9.2020 r. COM(2020) 474 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>.
- ŁUSZCZEK K. 2011 - Poszukiwanie nowych zasobów surowców w Układzie Słonecznym. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej. Studia i Materiały, 40, 85-94.
- ŁUSZCZEK K. 2012 - Chemical composition of L chondrites group and potential natural resources of their parent bodies. Interdyscyplinarne zagadnienia w górnictwie i geologii T.3 (red. DRZYMAŁA J., CIĘŻKOWSKI W.), Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław. 161-173.
- ŁUSZCZEK K. 2013 - Chemical composition of Gao Guenie (H5) as representative material for potential metallic resources of parent bodies of H chondrites. Interdyscyplinarne zagadnienia w górnictwie i geologii T.4 (red. DRZYMAŁA J., CIĘŻKOWSKI W.), Oficyna Wydawnicza

- Politechniki Wrocławskiej, Wrocław. 107-118.
- LUSZCZEK K. 2018a - Potential importance of metallic resources of ordinary chondrite parent bodies. *Mining Science*. 25, 71-83.
- LUSZCZEK K. 2018b - Surowce metaliczne na ciałach macierzystych chondrytów zwyczajnych. Aktualia i perspektywy górnictwa (red. GLAPA W.), Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 93-100.
- LUSZCZEK K., KRZESIŃSKA A.M. 2020 - Copper in ordinary chondrites: proxies for resource potential of asteroids and constraints for minimum-invasive and economically efficient exploitation. *Planetary and Space Science*. 194, 105092, <https://doi.org/10.1016/j.pss.2020.105092>.
- LUSZCZEK K., MERKEL J. 2018 - Zasobność w wybrane surowce metaliczne stref odmieszania planetarnych stopów krzemianowych i metalicznych na podstawie analizy składu chemicznego pallasytów i mezosyderytów. *Acta Societatis Meteoriticae Polonorum*. 9, 92-111.
- LUSZCZEK K., PRZYLIBSKI T.A. 2011 - Skład chondrytów zwyczajnych a potencjalne surowce pasa planetoid. *Acta Societatis Meteoriticae Polonorum*. 2, 92-111.
- LUSZCZEK K., PRZYLIBSKI T.A. 2019 - Potential deposits of selected metallic resources on L chondrite parent bodies. *Planetary and Space Science*. 168, 40-51. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2019.02.005>.
- LUSZCZEK K., PRZYLIBSKI T.A. 2021 - Selected metal resources on H chondrite parent bodies. *Planetary and Space Science*. 206, 105309. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2021.105309>.
- NIEROBISZ A. 2013 - Górnictwo w przestrzeni kosmicznej (komunikat). *Wiadomości Górnicze*. 64, 9, 503-509
- NYKAM. 2018 - Legal prerequisites of the management of natural resources of the Moon and other celestial bodies. *Marketing and Management of Innovations*. 3, 199-207 <http://dx.doi.org/10.21272/mmi.2018.3-17>.
- O'LEARY B. 1977 - Mining the Apollo and Amor Asteroids. *Science*. 197, 4301, 363-366 <https://doi.org/10.1126/science.197.4301.363>.
- O'LEARY B. 1988 - Asteroid Mining ad the moons of Mars. *Acta Astronautica*. 17, 4, 457-462 [https://doi.org/10.1016/0094-5765\(88\)90059-8](https://doi.org/10.1016/0094-5765(88)90059-8).
- PILORGET C., OKADA T., HAMM V., BRUNETTO R., YADA T., LOIZEAU D., RIU L., USUI T., MOUSSI-SOFFYS A., HATAKEDAK., NAKATO A., YOGATAK., ABE M., ALÉON-TOPPANIA., CARTER J., CHAIGNEAU M., CRANE B., GONDET B., KUMAGAI K., LANGEVIN Y., LANTZ C., LE PIVERT-JOLIVET T., LEQUERTIER G., LOURIT L., MIYAZAKI A., NISHIMURA M., POULET F., ARAKAWA M., HIRATA N., KITAZATO K., NAKAZAWA S., NAMIKI N., SAIKI T., SUGITA S., TACHIBANA S., TANAKA S., YOSHIKAWA M., TSUDA Y., WATANABE S., BIBRING J.-P. 2021 - First compositional analysis of Ryugu samples by the MicrOmega hyperspectral microscope. *Nature Astronomy*, <https://doi.org/10.1038/s41550-021-01549-z>
- PRZYLIBSKI T.A. 2015 - Górnictwo pozaziemskie. *Meteoryt*. 3, 3-10.
- PRZYLIBSKI T.A., LUSZCZEK K. 2012 - Mineral resources of extraterrestrial bodies of the Solar System. *Mineralogia. Special Papers*. 40, 51-52.
- PRZYLIBSKI T.A., DONHEFNER H., LUSZCZEK K. 2012 - Ciała macierzyste meteorytów żelaznych jako źródła metali. *Acta Societatis Meteoriticae Polonorum*. 3, 71-103.
- Przylibski T.A., Blutstein K., Łuszczek K., Gruchot J. 2022 - Chondryt węglisty NWA 4446. *Przeгляд Geologiczny*, 70, 7, 513-526, 494. doi: <http://dx.doi.org/10.7306/2022.17>.
- WASILEWSKI T.G. 2018 - Evaluation of drilling-based water extraction methods for Martian ISRU from mid-latitude ice resources. *Planetary and Space Science*. 158, 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2018.05.012>.
- WASILEWSKI T.G. 2021 - Lunar thermal mining: Phase change interface movement, production decline and implications for systems engineering. *Planetary and Space Science*. 199, 105199. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2021.105199>.
- WASILEWSKI T.G., BARCIŃSKI T., MARCHEWKA M. 2021 - Experimental investigations of thermal properties of icy lunar regolith and their influence on phase change interface movement. *Planetary and Space Science*. 200, 105197. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2021.105197>.
- WIŚNIEWSKI Ł., WASILEWSKI G., KĘDZIORA B., GRYGORCZUK J. 2022 - Wybrane właściwości regolitu i ich istotny wpływ na realizację misji eksploracyjnych. *Acta Societatis Meteoriticae Polonorum*. 13, 107-119.
- YADA T., ABE M., OKADA T., NAKATO A., YOGATA K., MIYAZAKI A., HATAKEDA K., KUMAGAI K., NISHIMURA M., HITOMI Y., SOEJIMA H., YOSHITAKE M., IWAMAE A., FURUYAS., UESUGI M., KAROUJI Y., USUI T., HAYASHI T., YAMAMOTO D., FUKAI R., SUGITA S., CHO Y., YUMOTO K., YABE Y., BIBRING J.-P., PILORGET C., HAMM V., BRUNETTO R., RIU L., LOURIT L., LOIZEAU D., LEQUERTIER G., MOUSSI-SOFFYS A., TACHIBANA S., SAWADA H., OKAZAKI R., TAKANO Y., SAKAMOTO K., MIURA Y.N., YANO H., IRELAND T.R., YAMADAT., FUJIMOTO M., KITAZATO K., NAMIKI N., ARAKAWA M., HIRATA N., YURIMOTO H., NAKAMURA T., NOGUCHI T., YABUTA H., NARAOKA H., ITO M., NAKAMURA E., UESUGI K., KOBAYASHI K., MICHIKAMI T., KIKUCHI H., HIRATA N., ISHIHARA Y., MATSUMOTO K., NODA H., NOGUCHI R., SHIMAKI Y., SHIRAI K., OGAWA K., WADA K., SENSU H., YAMAMOTO Y., MOROTA T., HONDA R., HONDA C., YOKOTAY., MATSUOKAM., SAKATANI N., TATSUMI E., MIURAA., YAMADAM., FUJII A., HIROSE C., HOSODAS., IKEDA H., IWATAT., KIKUCHI S., MIMASU Y., MORI O., OGAWAN., ONO G., SHIMADAT., SOLDINI S., TAKAHASHI T., TAKEI Y., TAKEUCHI H., TSUKIZAKI R., YOSHIKAWA K., TERUI F., NAKAZAWA S., TANAKA S., SAIKI T., YOSHIKAWA M., WATANABE S., TSUDA Y. 2021 - Preliminary analysis of the Hayabusa2 samples returned from C-type asteroid Ryugu. *Nature Astronomy*, <https://doi.org/10.1038/s41550-021-01550-6>
- Spis stron internetowych  
<https://web.archive.org/web/20130922060558/http://isdc.nss.org/2013/speakers-all.shtml> [dostęp: 9 sierpnia 2022]  
[http://www.nasa.gov/offices/oct/early\\_stage\\_innovation/niac/2012\\_phase\\_1\\_fellows\\_cohen.html](http://www.nasa.gov/offices/oct/early_stage_innovation/niac/2012_phase_1_fellows_cohen.html) [dostęp: 9 sierpnia 2022]  
<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/space-mining-market-industry> [dostęp: 15 kwietnia 2022]
- ZALĄCZNIK 1.  
 Wykaz adresów wybranych stron internetowych zawierających informacje w języku polskim dotyczące różnych aspektów górnictwa pozaziemskiego (kosmicznego). Dostęp do wszystkich stron: 11 sierpnia 2022 r.
- ANNEX I.  
 List of addresses of selected websites containing information in Polish on various aspects of extraterrestrial (space) mining. Access to all sites: August 11, 2022.
- <https://bfirst.tech/gornictwo-kosmiczne/>  
<https://www.chip.pl/2021/09/kosmiczne-gornictwo-kiedy-stanie-sie-faktem/>  
<https://space24.pl/polskie-firmy-wchodza-w-gornictwo-kosmiczne>  
<https://naukawpolsce.pl/aktualnosci/news%2C29648%2Cgeolog-nt-pozaziemskiego-gornictwa-wazne-w-kontekscie-ludzki-osiadli-w>  
<https://audycje.tokfm.pl/podcast/63001,Czy-bedziemy-sciagac-na-ziemi-surowce-z-kosmosu-O-gornictwie-pozaziemskim> (podcast dostęp <https://www.wsb.pl/blog/gornik-pozaziemski-poszukiwany>)  
<https://mapakarier.org/paths/occupation/830/inzynier-gornictwa-pozaziemskiego/male>  
<https://naukawpolsce.pl/aktualnosci/news%2C83920%2Cw-gornictwie-kosmicznym-czekaja-gigantyczne-pieniadze.html>  
<https://spidersweb.pl/2021/09/bakterie-i-gornictwo-kosmiczne.html>  
<https://mlodytechnik.pl/technika/30899-czy-kosmiczne-gornictwo-ruszy-wrzesnie-na-powaznie-czekajac-na-ksiezycowe-zaglebie>  
<https://www.focus.pl/artykul/jak-wyladowac-na-asteroidzie-kosmiczne-gornictwo-stoi-przed-wielkimi-wyzwaniami-211210070834>  
<https://dzienniknaukowy.pl/kosmos/ekspert-gornictwo-kosmiczne-jest-warunkiem-stalej-obecnosci-czlowieka-w-kosmosie>

Prof. dr hab. Tadeusz Andrzej Przylibski, geolog, mineralog i petrograf z pełnymi uprawnieniami hydrogeologicznymi, profesor nauk inżynierjno-technicznych, kierownik Laboratorium Nauk o Ziemi i Inżynierii Mineralnej na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii (WGGiG) Politechniki Wrocławskiej. Zajmuje się badaniami z zakresu petrologii, mineralogii i geochemii skał pozaziemskich (meteorytów), a także geologią złóż surowców pozaziemskich. Prowadzi również badania w zakresie hydrogeochemii oraz geochemii i geofizyki naturalnych izotopów promieniotwórczych, a także badania kopaliny płynnych – wód leczniczych, termalnych i solanek [tadeusz.przylibski@pwr.edu.pl](mailto:tadeusz.przylibski@pwr.edu.pl)

Dr inż. Katarzyna Łuszczek, górnik, adiunkt i kierownik Pracowni Petrologii, Mineralogii, Geochemii i Kosmochemii w Laboratorium Nauk o Ziemi i Inżynierii Mineralnej na WGGiG Politechniki Wrocławskiej. Zajmuje się badaniami z zakresu petrologii, mineralogii i geochemii skał pozaziemskich (meteorytów), a także geologią złóż surowców pozaziemskich [katarzyna.luszczek@pwr.edu.pl](mailto:katarzyna.luszczek@pwr.edu.pl)

Mgr inż. Konrad Blutstein, górnik, geolog, doktorant na WGGiG Politechniki Wrocławskiej. W ramach prac badawczo-naukowych zajmuje się potencjalnymi źródłami surowców zarówno pochodzenia ziemskiego, jak i pozaziemskiego; [konrad.blutstein@pwr.edu.pl](mailto:konrad.blutstein@pwr.edu.pl)

Mgr inż. Mateusz Szczęsniewicz, geoinżynier, absolwent i doktorant WGGiG Politechniki Wrocławskiej. Naukowe zainteresowania obejmują geologię i geofizykę Księżyca, geologię inżynierską oraz naturalną promieniotwórczość w środowisku geologicznym [mateusz.szczesniewicz@pwr.edu.pl](mailto:mateusz.szczesniewicz@pwr.edu.pl)

Mgr inż. Dominika Ciapka, absolwentka i doktorantka Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej. Zajmuje się m.in. zagadnieniami związanymi z geochemią i hydrogeochemią, w tym szczególnie interesuje się występowaniem naturalnych izotopów promieniotwórczych w środowisku [dominika.ciapka@pwr.edu.pl](mailto:dominika.ciapka@pwr.edu.pl)

Artykuł wpłynął do redakcji w lipcu 2022 roku,  
Artykuł zaakceptowano do druku 20.08.2022 r.

## ICI JOURNALS MASTER LIST

Dear Sir/Madam,

We would like to kindly inform you that the journal „Przeгляд Górnicy (ISSN: 0033-216X)” has passed the evaluation process positively and is indexed in the ICI Journals Master List database for 2021. From now on, the Editorial Staff and Publisher may use this information in their external communication.

Based on the information submitted in the evaluation and the analysis of the issues of the journal from 2021, Index Copernicus Experts calculated your Index Copernicus Value (ICV) for 2021.

**ICV 2021 = 73.68**

The ICV for 2021 is visible on the full list of indexed journals at ICI Journals Master List 2021 <https://journals.indexcopernicus.com/search/formjml> and in Journal's Passport <https://journals.indexcopernicus.com/search/detail-s?id=28377&lang=pl>

At the same time, we kindly encourage you to take advantage of the additional indexation possibilities:

### Detailed Report

Which present the details of the assessment in the form of individual criteria and their groups along with the obtained point values, which allows the analysis of the awarded score, as well as identification of individual elements that the Editors can correct by introducing minor modifications in the publishing activity.

### Certificate

Certificate confirming the indexation of the journal. It is prepared for a specific journal, contains its ISSN number, title and year of indexation. The certificate is made in a glass frame and is marked with the visual identification of the ICI Journals Master List.

### Index Copernicus Logotype

Annual license for the use of the Index Copernicus Logo, which editors can use in print and electronic editions. Placing the Logotype indicates that the journal is currently indexed on the international list of scientific journals ICI Journals Master List, which helps to build the journal's brand, increases its prestige, and supports its promotion.

We encourage you to place your order by phone or online using the ICI World of Journals service. To find out more and get more details, please contact us by phone +48 22 487 53 93 or e-mail: [evaluation@indexcopernicus.com](mailto:evaluation@indexcopernicus.com).

Best regards,

Scientific Journals Evaluation Team  
Index Copernicus International  
[www.indexcopernicus.com](http://www.indexcopernicus.com)