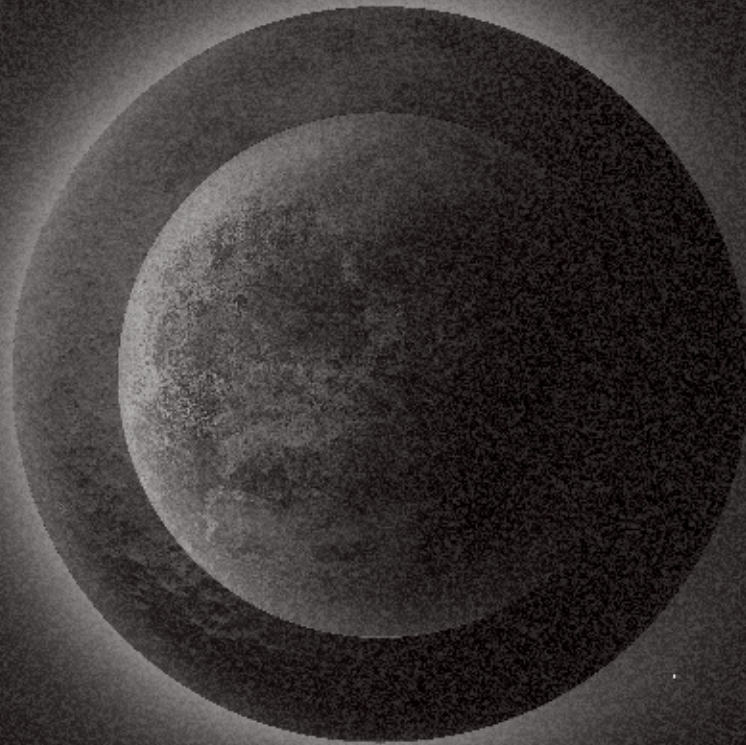




CENTRUM NAUKI  
KOPERNIK

# FESTI WAL PRZE MIANY










Who  
will own  
Space?

**Czyj  
jest  
Kosmos?**



  
**4 Czyj jest Kosmos?**

6 Who will own Space?

  
**10 Kosmos 4.0 – zmiana paradygmatu**

13 Space 4.0 – shift of paradigm

  
**26 Astronauci 4.0**


29 Astronauts 4.0

  
**42 Poza ziemskim designem**

46 Designing for extraterrestrial purposes

  
**58 Skórka pomarańczy. Przestroga Charlesa Cockella**


60 Orange peel. A word of caution from Charles Cockell

  
**18 Czyj będzie Kosmos i czy może być mój?**

21 Who will own Space and can it be mine?

  
**34 Pierwsze zbiory na Marsie**

37 First crops on Mars

  
**52 Prawo (nie całkiem) kosmiczne**

54 The (not-quite) Cosmic Law

# Czyj jest Kosmos?

Wiktor Gajewski

Dyrektor Pracowni Wydarzeń  
Naukowych i Artystycznych,  
Centrum Nauki Kopernik

4

Od kilku lat popularnonaukowe wydarzenia, kierujące nasz wzrok w gwiazdy, cieszą się w Polsce i na świecie niezwykłą popularnością. Obserwujemy to na co dzień w Niebie Kopernika – naszym planetarium, które co roku przyciąga setki tysięcy widzów, a coroczne, wspólne oglądanie roju Perseidów stało się nie tylko tradycją, ale i społecznym fenomenem, gromadzącym tłumy warszawiaków. Brawurowe kampanie PR-owe, takie jak towarzysząca misji Rosetta, prowadzona przez Europejską Agencję Kosmiczną, partnera merytorycznego tegorocznej edycji Przemian – tylko podsycają zbiorowe marzenie o eksploracji Nieznanego. Czujemy się obywatelami Kosmosu, zdobywcami, pionierami śmiało stąpającymi po powierzchni Księżyca, a niebawem komet czy Marsa.

Ale czy ten urzekający obraz naszej dominacji we Wszechświecie jest wystarczający? Czy nie budzi wątpliwości? Bo w końcu: czyj jest Kosmos? Dołożyliśmy wszelkich starań, aby program tegorocznego Festiwalu Przemiany pozwolił Państwu zarówno zachwycić się naukowymi i artystycznymi przedsięwzięciami, jaki i zmierzyć się z pytaniami o zagrożenia wynikające z naszych pozaziemskich wędrówek.

W większości marzeń o Nieznanym – rozbudzanych w nas przez międzynarodowe agencje badawcze czy firmy – pytanie o to, czyj jest Kosmos, zdaje się nie istnieć. Trudno się dziwić. Strefa ludzkiego wpływu już dawno przekroczyła granice naszej planety. Ziemię okrążają tysiące satelitów, umożliwiające zarówno zabawę w łapanie Pokemonów, jak i prowadzenie wojen, wspieranych przez bezzałogowe drony. Nad naszymi głowami kilkanaście razy dziennie przelatuje Międzynarodowa Stacja Kosmiczna, której zaopatrzenie stało się przedmiotem rywalizacji komercyjnych firm o niespotykanych ambicjach. Wstuchując się w obietnice liderów przemysłu i badań, trudno nie ulec wizji, w której Mars staje się jedynym ratunkiem dla ludzkości przepędzającej Ziemię. Rozwój ten nie jest napędzany jedynie przez wielomiliardowe budżety militarne i przemysłowe. Bez naszego społecznego poparcia – bez współdzielenia odwiecznego ludzkiego marzenia o *dotknięciu gwiazd* – nie byłoby politycznego przyzwolenia na wielomiliardowe inwestycje. Dlaczego Kosmos tak bardzo nas fascynuje, że upatrujemy w nim naszą przyszłość? Czy rzeczywiście należy do nas wszystkich? Czy przestrzeń kosmiczna to przestrzeń eksperymentu, w której wypracujemy odpowiedzi na nurtujące naszą planetę pytania?

Atmosfera Ziemi prawdopodobnie nie stanie się magiczną granicą, poza którą znikną problemy. Przypuszczalnie to, z czym nie poradzimy sobie *tutaj*, zabierzemy *tam*. Wizja pokojowego społeczeństwa kolonistów na Marsie wydaje się utopijna – być może zatrą się granice krajów, ale niemal na pewno nie znikną granice korporacji. Być może jedynie społeczny upór i mobilizacja sprawią, że nasza obecność na kolejnych planetach będzie dla ich naturalnego stanu mniej niszcząca niż sposób, w jaki potraktowaliśmy

Planetę-Matkę. Jeśli zgadzamy się z wizją – jakkolwiek odległą – kolonizacji Kosmosu przez człowieka, musimy zacząć nad nią pracować już dzisiaj. Bez społecznych innowacji, bez rozwoju więzi łączyjących nas wszystkich i praw gwarantujących sprawiedliwość, zabierzemy w bagażu do gwiazd ziarna humanitarne kryzysu.

Można wzruszyć ramionami i zapytać: co z tego? Jeszcze przyjdzie czas, by wyznaczać granice i ustalać prawa. Dzisiaj cieszymy się rewelacyjnymi wyzwaniem, motywujemy do wieloletniej pracy! Owszem, prawdopodobnie nikt z nas – współczesnych – nie postawi stopy na Marsie. Jednak decyzja o przyszłej przeprowadzce ma swoje konsekwencje już dzisiaj. Rozwój technologii kosmicznych – obecnie podporządkowany przede wszystkim potrzebom militarnym i przemysłowym – ma wpływ na nas już teraz. Światowe mocarstwa, takie jak Chiny czy USA, widzą również krótkodystansowe korzyści wynikające z kosmicznych marzeń. Rozbudowując albo niszcząc (za pomocą ostatnich dokonań zbrojeniowych) sieć satelitów lub też ścigając się o wydobycie zasobów asteroid i Księżyca – mogą zmienić bieg polityki świata. Prawa dotyczące podziału dóbr, zdobytych w tej czekającej nas, kosmicznej *gorączce złota*, wymagają pilnej aktualizacji. Już teraz orbitę okołoziemską wypełniają znaczne ilości kosmicznych śmieci – czy staną się dla nas takim samym problemem jak plastikowe odpady w oceanach? Zadawanie pytań o własność, odpowiedzialność i władzę – to nasz obowiązek. Od naszej aktywności zależy, czy odpowiednio wcześniej dostrzeżemy i zareagujemy na pojawiające się przed nami szanse i zagrożenia.

Zapraszam na Festiwal Przemiany, wierząc, że jest on doskonałą okazją do ćwiczenia krytycznego myślenia i działania. To są kompetencje przyszłości – niezbędne nam już teraz – by kiedyś, z odległości wielu lat świetlnych, móc patrzeć na naszą planetę – małą błękitną kropkę – bez poczucia wstydu. Lecz także po to, by już dziś, świadomie reagować na kulturowe i polityczne zmiany wokół nas i brać w nich aktywny udział. Niezależnie o tego, czy dotyczą one dalekiego Kosmosu czy naszej ojczyzny.

# Who will own Space?



**Wiktor Gajewski**

Science and Art Events Director  
Copernicus Science Center

6

For many years now, popular science events which direct our gaze towards the stars have attracted large audiences — both in Poland and abroad. We observe it every day at the Heavens of Copernicus Planetarium, which attracts hundreds of thousands of visitors every year. In particular, the annual watching of the Perseid meteor shower has not only become a tradition, but also a social phenomenon that gathers crowds of Varsovians. Bold PR campaigns — such as the one concerning the Rosetta mission organised by the European Space Agency, the programme partner of this year's Przemiany Festival — only fuel the collective dream about exploring the Unknown. We feel like the citizens of the Universe, conquerors and pioneers bravely walking on the Moon, and soon stepping on comets and Mars.



But does this alluring image of our domination in the Universe show it all? Doesn't it raise doubts? Who owns Space, after all? We have made every effort to make sure that the programme of this year's Przemiany Festival amazes you with scientific and artistic undertakings, and gives you an opportunity to reflect on the questions about threats related to our extra-terrestrial journeys.

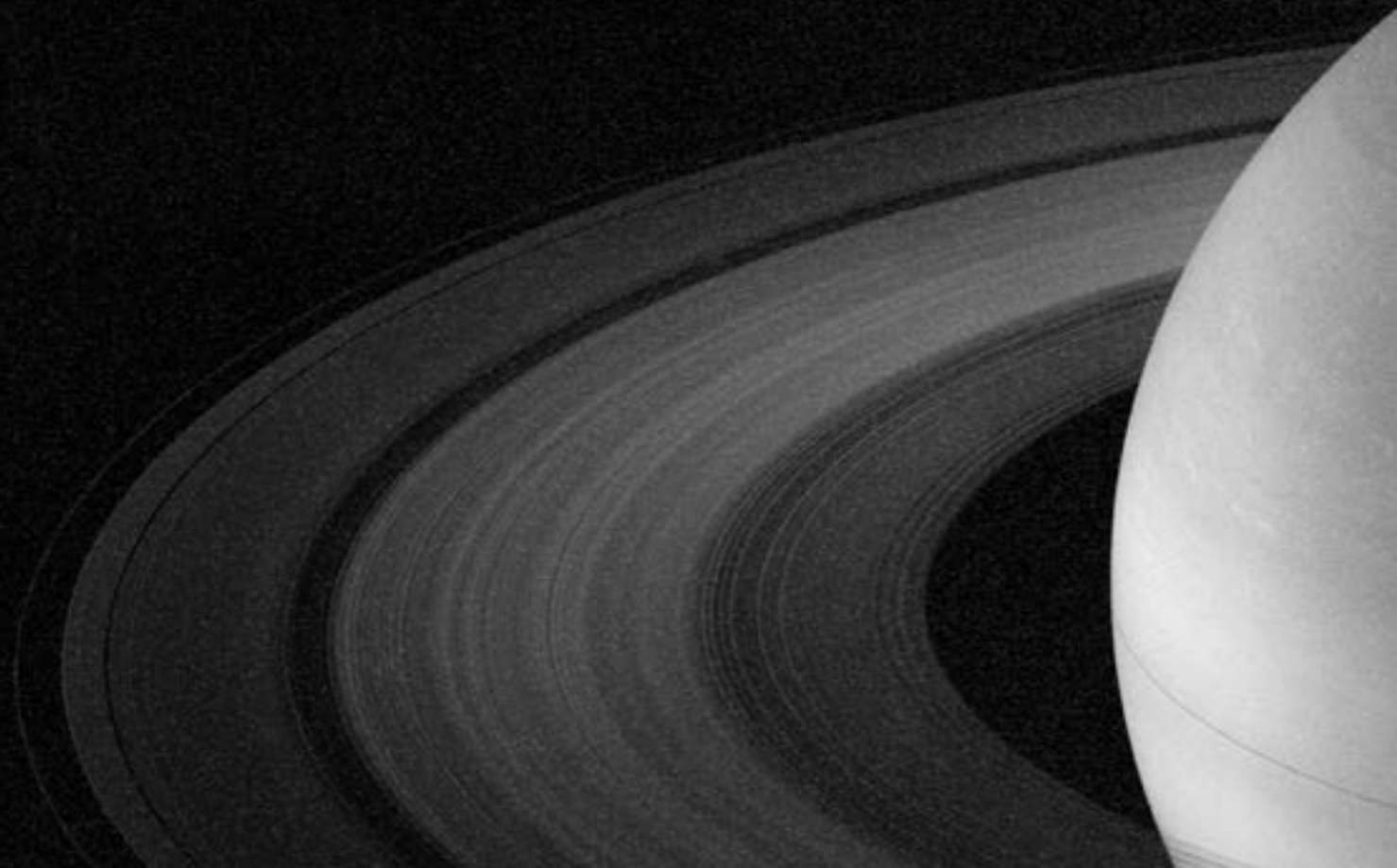
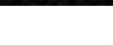
Very often dreams about the Unknown — stimulated by international research stations and companies — seem to exclude the question *who owns Space*. And this is hardly surprising. The sphere of the human impact exceeded the borders of our planet long ago. Thousands of satellites orbit the Earth, enabling the catching of Pokemons, as well as waging wars with the support of drones. The International Space Station (ISS) flies over our heads many times a day. Providing the ISS with supplies has become the subject of competition between companies with unprecedented ambitions. When listening to the promises given by the industry and R&D leaders, it's hard not to surrender to the idea of Mars being the only rescue for the overcrowded Earth. Such a development is fuelled not simply by multibillion military and industrial budgets. Without the support of societies — which derives from the eternal aspiration of the humankind to *reach the stars* — there would be no political permission for such huge investments. Why does Space fascinate us to the extent that we treat it as our hope for the future? Does it really belong to everyone? Is the outer space a zone for experimenting, where the humanity will work out answers to all questions about our planet?

The Earth's atmosphere won't probably become a magic border beyond which all problems disappear. And probably we will take *there* all the issues unsolved *here*. The vision of a peaceful society of colonisers on Mars seems utopian — the country borders may disappear but the borders separating huge corporations will almost certainly remain in place. Perhaps only social stubbornness and mobilisation can ensure that our presence on other planets will not have such a disastrous impact on their environment as it has had on our Mother Earth. If we agree

with the vision of the humans colonising Space — however distant such a vision may be — we have to start shaping it as of today. Without social innovations, strengthening the bonds that connect us, and establishing rights that guarantee justice, we will take the seeds of humanitarian crisis in our luggage to the stars.

You can shrug your shoulders and say: *And so what?* There will be time for marking the borders and establishing laws. Why don't we just get excited today about the challenges and motivate ourselves to hard, long-term work! It's true that probably none of us — living today — will ever set their foot on Mars, but the decision about a future relocation has its consequences already today. The development of space technologies — nowadays above all dependent on the military and industrial needs — has an impact on us now. The global powers, such as China or USA, have also spotted quick benefits resulting from cosmic dreams. By expanding or destroying (with the use of the latest military achievements) a network of satellites or racing for resources on asteroids and the Moon, they can change the course of global politics. Therefore, laws on distribution of goods acquired during this oncoming *gold fever* require an urgent amendment. Already today, the Earth's orbit is full of space debris — will they become a huge problem, just like the plastic waste in oceans? It is our obligation to ask questions about the ownership, responsibility and power. And it only depends on our activity whether we will notice all opportunities and threats awaiting us, and be able to react to them accordingly.

I would like to invite you to the Przemiany Festival and I believe that it is a great opportunity to encourage critical thinking and acting. These are the competencies of the future, which we need now to be able to one day, from the distance of many light years, look at our planet — a small blue dot — without embarrassment. These competencies are key today, as they allow us to consciously react to cultural and political changes and actively participate in them. No matter whether they concern the Universe or our home country.






The slide features a dark blue background with a subtle pattern of stars and a large, faint image of a planet. Two horizontal white bars are positioned at the top, one on the left and one on the right. The text is centered and rendered in a white, sans-serif font.

Space 4.0  
– shift of  
paradigm

**Kosmos 4.0**  
**– zmiana**  
**paradygmatu**

A small, horizontal white bar is located at the bottom right of the slide, positioned below the word "paradygmatu".

# Kosmos 4.0 – zmiana paradygmatu

10

Kosmos 4.0 to z jednej strony idea komercyjnej eksploracji Kosmosu, a z drugiej sposób na zjednoczenie Europy wokół pomysłu podboju przestrzeni pozaziemskiej. To koncepcja budowania współpracy na Ziemi na potrzeby zdobywania ciał niebieskich przez ludzkość proponowana przez Jana Woernera, dyrektora generalnego Europejskiej Agencji Kosmicznej.

**Andrzej Szozda:** *W młodości czytałem mnóstwo książek science fiction. Wyobrażałem sobie, że za mojego życia ludzkość podbije Kosmos, zbuduje wioskę na Księżycu, skolonizuje Marsa i zacznie latać do innych gwiazd. Chciałem zostać kosmonautą, ale kiedy dorostem, ludzie porzucili Księżyc, mało kto wspominał też o Marsie, jeśli już, to jedynie w kontekście zrobotyzowanych misji. Załogowe loty ograniczają się do ISS i ziemskiej orbity. Czy Kosmos 4.0 ma na celu zaprowadzenie ludzkości w głąbiny wszechświata?*

**Jan Woerner:** Kosmos 4.0 opisuje zmianę paradygmatu: Kosmos 1.0 to astronomia, Kosmos 2.0 był wyścigiem w przestrzeń kosmiczną, Kosmos 3.0 to pewne działania międzynarodowe i nowe zastosowania. Kosmos 4.0 należy opisywać w kontekście komercjalizacji, partycypacji, kooperacji i cyfryzacji. Przestrzeń kosmiczna uważana jest dziś za element infrastruktury, a zarazem instrument niosący ludzkości szeroko pojmowaną inspirację: pokazując, że można zrealizować najbardziej nieprawdopodobne marzenia, daje ludziom nadzieję i wiarę w pomyślną przyszłość. Jest to szczególnie konieczne w czasach terroryzmu, ubóstwa, zmian klimatycznych, migracji i kryzysów gospodarczych.

## Johann-Dietrich „Jan” Woerner

Dyrektor Generalny Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA). Wcześniej pełnił funkcję prezesa zarządu Niemieckiej Agencji Kosmicznej (DLR). Laureat licznych tytułów i nagród, m.in. Nagrody Towarzystwa Przyjaciół Uniwersytetu Technicznego w Darmstadt za wybitne osiągnięcia naukowe. Jest także członkiem Berlińsko-Brandenburskiej Akademii Nauk Przyrodniczych i Humanistycznych oraz Konwentu Nauk Technicznych (Acatech) i przedstawicielem Wydziału Nauk Technicznych Niemieckiej Narodowej Akademii Nauk Leopoldina.



*Jak taka zmiana paradygmatu wpłynie na społeczeństwo, gospodarkę, kulturę?*

Kosmos 4.0 to przede wszystkim zmiana w branży kosmicznej. Istnieje jednak wiele aspektów, które w pewnym stopniu będą oddziaływać również na inne dziedziny. Przestrzeń kosmiczna stanowi infrastrukturę mającą olbrzymi wpływ na nasze życie codzienne. Dostęp do informacji i komunikacji na całym świecie jest odczuwalny w wielu obszarach i oddziałuje na podejmowane decyzje. Obserwacja z przestrzeni kosmicznej, przez satelity lub kosmonautów, zwiększa naszą świadomość w zakresie bezpieczeństwa i ochrony naszej planety, która jest idealnym statkiem kosmicznym.

*W jaki sposób zainspiruje to ludzi do zajęcia się współczesnymi problemami?*

Kosmos 4.0 nie jest ogólnym paradygmatem społecznym, lecz opisem nowej ery kosmicznej, w której występują odmienne motywacje, aktorzy, treści i role. Dysponując szerokim zrozumieniem tego, co dzieje się dziś w Kosmosie i co będzie się dziać w nim w przyszłości, w oczywisty sposób zdajemy sobie sprawę, że przestrzeń kosmiczna będzie mieć zarówno pośredni, jak i bezpośredni wpływ na rozwój gospodarczy, społeczny i kulturowy. Przestrzeń kosmiczna to infrastruktura i w tej funkcji wywiera obecnie wpływ na wiele dziedzin, takich jak logistyka, wspierana przez nawigację satelitarną, czy rolnictwo, korzystające z obserwacji Ziemi. Stoimy też w obliczu globalnych wyzwań. Również i ten obszar znajduje się pod wpływem Kosmosu, w szczególności dzięki nauce i eksploracji. Każda misja naukowo-badawcza przynosi nam zresztą nie tylko wiedzę, lecz także dodatkowe korzyści, takie jak system wczesnego wykrywania pożarów lasu, będący efektem Rosetty.

*Podczas swoich wykładów wiele miejsca poświęca Pan pożytkom dla biznesu, rządów i obywateli płynącym z eksploracji Kosmosu. W jaki sposób te grupy skorzystają na Kosmosie 4.0?*

Kosmos 4.0 jest niczym nieograniczony i poprzez uczestnictwo opinia publiczna w coraz większym stopniu staje się elementem procesu decyzyjnego oraz powiązanych działań. Zapoczątkowaliśmy wiele inicjatyw, aby wciągnąć ją do procesu podejmowania decyzji: w 2016 roku zorganizowaliśmy debatę publiczną we wszystkich 22 państwach członkowskich. ESA, jako organizacja międzyrządowa, jest kierowana bezpośrednio przez państwa członkowskie rękami ich przedstawicieli. Ogólnie mówiąc, pracujemy na zasadzie *jeden kraj – jeden głos*. Statystyczny obywatel codziennie korzysta z urządzeń znajdujących się w przestrzeni kosmicznej, na przykład sprawdzając pogodę, używając telekomunikacji czy nawigacji. Kosmiczne wynalazki są stosowane w życiu codziennym, choćby czujniki dymu. Działalność kosmiczna nie jest droga, jeśli porównać ją do krajowych budżetów i zwrotu z inwestycji. Zwykle państwa przeznaczają na działalność kosmiczną znacznie poniżej 1 procenta swoich budżetów, a każde zainwestowane euro zwraca się sześciokrotnie.

*Kosmos 4.0 polega na zaangażowaniu prywatnych przedsiębiorstw w badanie Kosmosu. Nie obawia się Pan, że przyszłość przyniesie kolejną gorączkę złota?*

Przestrzeń kosmiczna to miejsce na komercyjną działalność. Nie dostrzegam jednak oznak wydarzeń przypominających wyścig kosmiczny, jaki miał miejsce w ubiegłym wieku. Zauważam natomiast zdrową konkurencję firm odbywającą się w ramach jasno zdefiniowanych przepisów i zasad.

*Powszechnie uważa się, że eksploracja Ziemi w kontekście, dajmy na to, paliw kopalnych nie stanowi zdrowej konkurencji. Dlaczego w Kosmosie miałyby być inaczej?*

Niewątpliwie powinniśmy dbać o nasz idealny statek kosmiczny, czyli Ziemię. Stale mamy to na uwadze, podejmując jakiegokolwiek działania w przestrzeni kosmicznej. Oczywiście nie możemy także powtarzać błędów, jakie ludzkość popełniła na Ziemi. Wiemy dziś, jak ważne jest zrównoważone podejście. Dlatego poruszamy się w Kosmosie z wielką ostrożnością: na przykład chroniąc planety poprzez wysyłanie na nie tylko naprawę czystych pojazdów...

*Mówi pan, że Ziemia nie jest wolna od konfliktów. Państwa walczą między sobą o Krym, Syrię itp. Eksploracja Kosmosu nie budzi jednak kontrowersji. Współpraca międzynarodowa przebiega gładko. Czy Kosmos 4.0 to sposób, aby zmusić wrogie sobie kraje do wspólnego wysiłku?*

Działania w Kosmosie faktycznie mogą zasypać ziemskie przepaście. Szczególnie przydatnym do tego celu narzędziem jest badanie przestrzeni kosmicznej. To oczywiste, że nawet w obliczu poważnych konfliktów powinniśmy utrzymać dziedzinę, w której współpraca jest kontynuowana. W przeszłości, lecz także i dzisiaj, Kosmos świetnie się sprawdzał w tej roli, czy to w zakresie załogowych lotów kosmicznych, czy zrobotyzowanych sond.

*ESA snuje plany budowy Księżycowej Wioski. Jak będzie ona wyglądać? Naprawdę wierzy Pan, że poszczególne kraje będą w stanie potraktować Księżyc jak dobro wspólne?*

Księżycowa Wioska nie jest konkretnym projektem o ściśle określonym harmonogramie, budżecie i strukturze organizacyjnej. To nowy rodzaj kooperacji, zmiana paradygmatu względem tradycyjnych misji. Będzie miejscem, do którego każdy będzie miał wolny i nieskrępowany dostęp: jednostki i społeczeństwa, roboty i ludzie, itp. Księżycowa Wioska nie wymaga jakiegos szczególnego odliczania, znajduje się już w fazie realizacji przez podmioty publiczne i prywatne, planujące misje księżycowe pod wspólnym jej mianem.

*Kiedy ludzkość skolonizuje Księżyc, a potem Marsa? O ile w ogóle to zrobimy.*

Nie sądzę, by ludzie skolonizowali Księżyc i Marsa, i nie wiem, czy powinni to robić. Nasza własna planeta to najlepsze miejsce do życia w Układzie Słonecznym. Na pewno jednak polecimy na Księżyc, Marsa i dalej. Ludzie nie osiedlili się na Mount Evereście, chociaż do niego dotarli...

*Jak będziemy korzystać z surowców mineralnych Księżycy, Marsa i asteroidów? Kto będzie miał do nich prawa?*

Powinniśmy porzucić nasze ziemskie myślenie o posiadaniu, kiedy rozmawiamy o ciałach niebieskich. Czyją własnością jest Ziemia? Poszukiwania surowców na innych ciałach niebieskich muszą być prowadzone na jasno określonych zasadach.

*A co z badaniami podstawowymi? Czy Kosmos 4.0 uwzględnia potrzebę badania egzoplanet, ciemnej materii, neutrin, ciemnej energii itd.? Czy firmy zechcą wydawać pieniądze na badania, które mogą nie mieć żadnych szybkich, praktycznych zastosowań?*

Częścią Kosmosu 4.0 jest płynny tańcuch innowacji: od badań podstawowych i naukowych po produkty końcowe. Bez znajomości teorii względności oraz powiązań pomiędzy czasem, prędkością i grawitacją nawigacja satelitarna byłaby bezużyteczna, ponieważ już po godzinie błąd wynosiłby ponad pół kilometra.

*Niektórzy mówią, że wiemy więcej o przestrzeni kosmicznej, Księżycu i Marsie niż o Ziemi.*

Eksploracja wynika z ciekawości, którą mamy w genach. Dzięki niej zawsze będziemy zdobywać nowe wiadomości o Ziemi. Na przykład efekt cieplarniany nie został odkryty na Ziemi, ale na Wenus.



# Space 4.0 – shift of paradigm

## Johann-Dietrich 'Jan' Woerner

ESA Director General. Previously, he served as Chairman of the Executive Board of the German Aerospace Center (DLR). Jan Woerner has been awarded numerous prizes and positions, such as the Prize of the Organisation of Friends of Technical University Darmstadt for outstanding scientific performance. He was also appointed to the Berlin Brandenburg Academy of Sciences and to the Convention for Technical Sciences (Acatech) and is a representative of the Technical Sciences Section of the Leopoldina, the national academy of sciences of Germany.

Space 4.0 is, on the one hand, an idea for commercial space exploration and, on the other, a way to unify Europe with the idea of conquering extra-terrestrial space. It is a concept of developing cooperation on Earth for the purpose of acquiring celestial bodies by humanity proposed by Jan Woerner, Director General of the European Space Agency.

**Andrzej Szozda:** *As a young boy, I read lots of SF books. I imagined, that in my life people will conquer space, set Moon village, colonize Mars, and start to fly to other stars. I wanted to become an astronaut, but as I grow up humans have left the Moon, only the few talked about Mars, and only in terms of robotic missions. Human exploration is limited to ISS and near orbit. Is Space 4.0 designed to move people to deep space?*

**Jan Woerner:** Space 4.0 describes a shift of paradigm: Space 1.0 is astronomy, Space 2.0 was the race in space, Space 3.0 is some international activities and more applications. Space 4.0 is meant to be described by commercialisation, participation, cooperation, digitalisation. Space is today an infrastructure and at the same time an instrument to inspire people in a very general sense: to see how unbelievable dreams can be realized gives people hope and confidence in a positive future. This is especially necessary in times of terrorism, poverty, climate change, migration and economic crises.

*How that shift of paradigm will change society, economy, culture?*

Space 4.0 is first of all a change in the space sector. But there are many aspects which will as well have some influence on other areas. Space is an infrastructure with enormous impact on our daily life. Information access and communication worldwide impact many areas and supports

decisions. By having the view from space either by satellites or by astronaut's awareness is raised to safe and secure our planet, a perfect spaceship.

*How is it going to inspire people to tackle problems of our times?*

Space 4.0 is not a general societal paradigm but is describing the new era of space with different motivations, actors, contents and roles. With the broad understanding of what is done in space today and in the future, it is obvious that space will influence economy, social and cultural growth directly as well as indirectly. Space is infrastructure and in this function space is now impacting many areas, such as logistics with the help of satellite navigation or agriculture through Earth observation. And we are facing global challenges. This area is addressed by space as well, especially through science and exploration. In addition, each science or exploration mission is bringing not only knowledge but spin off effects as well, such as the early forest fire detection system coming from Rosetta.

*In your public lectures, you talk a lot about benefits for business, governments and citizens coming from space exploration. How are they going to benefit from Space 4.0*

Space 4.0 is borderless and through participation the public becomes more and more part of the decision process and respective activities. We started many activities to involve public into the decision process: In 2016 we organized a citizen debate in all our 22 Member States. ESA as an intergovernmental organisation is directly steered by its Member States through the delegations. In general terms, we are working based on *one country – one vote*. The *normal* citizen is using space assets every day, e.g. weather forecast, telecommunication or navigation. And the results of inventions for space are used daily such as the smoke detector. Space activities are not expensive if they are compared with national budgets and the return of investment. Typically, the national budgets for space is far less than 1% and the return for 1 Euro invested in space is about 6 Euros overall.

*Space 4.0 is about involving private companies to explore space. Aren't you afraid that future will bring the next gold fever?*

Space is a place for commercial activities. But I do not see a development like in the race in space of last century. The thing we will observe is a healthy competition of companies under some clearly defined rules and regulations.

*Common view is that Earth exploration in terms of, for example, fossil fuels is not a healthy competition. Why should it be in space?*

For sure we should take care of our perfect spacecraft, the Earth. And all our space activities have this in mind. And of course, we should not repeat the errors humankind did on Earth. Today we know that sustainability is a very important issue. In this sense, we are very cautious when acting in space: e.g. planetary protection by having only very clean spacecraft landing on planets...

*You say, that there are conflicts on Earth. Countries fight over Crimea, Syria etc. But in terms of space exploration there are no controversies. Countries can cooperate easily. Is Space 4.0 a way to make enemies states to cooperate?*

It is a fact that space activities can bridge earthly crises. Especially space exploration is a perfect tool in this sense. It is very clear that even in heavy conflicts we should have areas where cooperation is sustained. In the past and today space could play this role very efficiently be it with human space flights or robotic exploration.

*ESA plans to build Moon Village. It will be built as an international effort. How is it going to look like? Do you really believe that states will be able to treat moon as our common asset?*

The Moon Village is not a concrete project with a defined calendar, budget and governance. The Moon Village is a new type of cooperation, a shift of paradigm beyond the traditional missions. The Moon Village should be a place of free and open access to everybody, private or public, robotic or human...etc. The Moon Village does not need any special countdown, it is already in phase of realisation through public and private entities,



planning Moon missions under common roof of Moon Village.

*When will humans colonize Moon, then Mars? If we will do it anyway.*

I do not believe that humans will or should colonize Moon and Mars. Our own planet is the best place to live in our solar system. However, humans will for sure go to the Moon, Mars and even beyond. We did not colonize Mount Everest but humans explored it..

*How will we use Moon, Mars and asteroids fossil materials? Who will own it?*

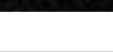
We should forget about our earthly thinking of owning when we talk about celestial bodies. Who owns the Earth? If we are looking for resources from other celestial bodies this should be done under clear rules.

*How about basic research? Does Space 4.0 recognise need for search for exoplanets, dark matter, neutrinos, dark energy etc. Will business allow to spend money on research, that might not be practical at once?*



A part of Space 4.0 is the seamless chain of innovation from fundamental research and science to products. Satellite navigation without the knowledge of the relativity theory and the respective link between time, gravity and speed would be useless because the error would be more than 500 meters in just one hour.

*Some say we know more about space, the Moon, the Mars, then the Earth?*

Exploration is based on curiosity, which is in our genes. And by exploring we will always find out additional aspects of the Earth. For example, the greenhouse effect was not discovered on Earth but on Venus.








Who will own  
Space and can it  
be mine?

**Czyj będzie  
Kosmos i czy  
może być mój?**



# Czyj będzie Kosmos i czy może być mój?

Kariera w sektorze kosmicznym – to brzmi dumnie. Co jednak kryje się pod tym hasłem? Chwała należna odkrywcom czy raczej żmudna, benedyktyńska praca, której daleko do romantycznych wizji rodem z powieści science fiction?

18

Jakiś czas temu prowadziłem w Centrum Nauki Kopernik warsztaty dla dorosłych na temat karier kosmicznych. Rozpocząłem od pytania, kto z obecnych marzyłby o karierze w logistyce lub administracji? Z czterdziestu osób na sali nie zgłosił się nikt. A kto chciałby pracować dla Europejskiej Agencji Kosmicznej? Las rąk. Tymczasem prawie połowa pracowników ESA specjalizuje się właśnie w administracji i szeroko pojętej logistyce. Reszta to inżynierowie i analitycy, a zaledwie 7% pracowników ESA to naukowcy i astronauta – zazwyczaj utożsamiani z głównym obszarem działań agencji. Po podaniu tej informacji zapytałem uczestników jeszcze raz: kto nadal chciałby pracować dla Europejskiej Agencji Kosmicznej? Mimo widma pracy administracyjnej znów zobaczyłem las rąk. W tej właśnie pozornej sprzeczności zawiera się esencja karier kosmicznych.

Kosmos pociąga, choć nie do końca wiemy, na czym praca w Kosmosie polega. Postaram się odstąpić rąbka tajemnicy i nakreślić, choćby i grubą kreską, jakie możliwości otwierają się przed zainteresowanymi pracą w *Kosmosie*.

## Po pierwsze – sektor kosmiczny

Sektor kosmiczny to nic innego jak ekosystem instytucji publicznych, firm i organizacji pozarządowych, które działają wspólnie w obszarze eksploracji przestrzeni kosmicznej. Należą do niego tak wydatne instytucje, jak Centrum Badań Kosmicznych PAN, wiodący w Polsce instytut badawczy, konstruujący podzespoły do międzynarodowych misji kosmicznych, oraz Planet PR, wyspecjalizowana agencja zajmująca się promocją firm o profilu kosmicznym. Kołem zamachowym ich działalności są wielkie projekty międzynarodowe koordynowane przez Europejską Agencję Kosmiczną i Unię Europejską. Powoli wchodzi też do Polski międzynarodowi giganci, tacy jak Thales Alenia, jeden z głównych dostawców elementów dla Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, czy firma SENER, która wyprodukowała podzespoły dla takich misji kosmicznych, jak orbitalny Teleskop Hubble’a, łazik NASA Curiosity czy misja ESA Rosetta. Rozwijają się też firmy polskie. W zeszłym roku ponad 380 organizacji wyraziło zainteresowanie udziałem w przetargach Europejskiej Agencji Kosmicznej, a prawie 50 firm i instytutów

## Jakub Bochiński

Astronom, absolwent Open University w Wielkiej Brytanii. Pracował i studiował na University College London. W ramach badań naukowych odkrył szereg nowych planet poza Układem Słonecznym. Obecnie Kierownik Edukacji w Centrum Nauki Kopernik, gdzie m.in. nadzoruje prace biura ESERO Europejskiej Agencji Kosmicznej.

badawczych współpracuje obecnie pod egidą Związku Pracodawców Sektora Kosmicznego. Jedną z rodzime polskich firm kosmicznych, Creotech Instruments, pracuje już od ponad roku nad własnym satelitą komercyjnym SAT-AIS-PL, a parę tygodni temu ogłosiła budowę autorskiej platformy satelitarnej HyperSat. Dla uzyskania kompletnego obrazu należałoby jeszcze wspomnieć Ministerstwo Rozwoju oraz Polską Agencję Kosmiczną, które opracowują strategię rozwoju sektora, oraz rosnący segment branżowych mediów, jak Kosmonauta.net czy Space24.pl.

To wszystko jednak dopiero początek. Tempo wzrostu polskiego sektora kosmicznego znacząco przyspieszyło w 2012 roku wraz z wejściem Polski do Europejskiej Agencji Kosmicznej. Według Marty Wachowicz, dyrektora Departamentu Strategii i Współpracy Międzynarodowej Polskiej Agencji Kosmicznej, w ostatnich czterech latach obroty polskiego sektora kosmicznego sięgnęły około 50 mln zł rocznie. Według założeń Polskiej Strategii Kosmicznej do roku 2030 ta liczba powinna wzrosnąć nawet czterokrotnie. To założenie optymistyczne, ale pokazuje jak szybko sektor kosmiczny ma szansę rozwijać się w najbliższej dekadzie. Widzą to też polscy przedsiębiorcy. W ciągu ostatnich czterech lat liczba rodzimych organizacji zarejestrowanych w systemie przetargowym ESA wzrosła prawie dziesięciokrotnie.

Pod względem możliwości rozwoju kariery kosmicznej otwierają się przed nami dwie drogi: zatrudnienie w dynamicznie rozwijających się już istniejących firmach lub założenie własnej działalności dostarczającej usługi na rzecz sektora. Obie drogi są na tym etapie dość obiecujące.

### **Gdzie do pracy?**

Szybko rozwijające się firmy kosmiczne potrzebują dobrze wykształconych kadr, szczególnie w zakresie nowoczesnych technologii i umiejętności zarządzania projektami. Prof. Marek Banaszekiewicz, były prezes Polskiej Agencji Kosmicznej, określił rok temu potrzeby rodzimych pracodawców branży kosmicznej na ponad 100 dodatkowych etatów rocznie. Potwierdza to analiza ofert pracy. Tylko w czerwcu 2017 roku poszukiwanych

było 40 nowych pracowników w sektorze kosmicznym, głównie programistów, inżynierów i menedżerów (w tej kolejności). Znane są już sytuacje, gdy pracodawcy ukrywają personalia swoich najlepszych pracowników w obawie przed konkurencją. W przypadku sektora kosmicznego mamy więc do czynienia z *rynkiem pracownika* i sytuacja ta ma szansę utrzymać się jeszcze przez kolejne parę lat.

Z przeprowadzonej wśród firm działających w sektorze kosmicznym ankiety wynika, że najbardziej potrzebni są inżynierowie i programiści. I to niekoniecznie specjaliści z zakresu zagadnień kosmicznych. Widać to między innymi w niedawnym ogłoszeniu o pracę firmy Creotech: *Brak kosmicznego doświadczenia nie jest przeszkodą. Mamy świadomość, że krajowy rezerwuarekspertów doświadczonych w realizacji projektów kosmicznych jest ograniczony. Chcemy więc postawić na ambitnych kandydatów, którzy dysponują potencjałem niezbędnym do szybkiego rozwoju swoich kompetencji.* Na drugim miejscu znaleźli się profesjonaliści z doświadczeniem w zakresie przechowania oraz obróbki danych, naukowcy i analitycy. Trzecią grupą poszukiwanych ekspertów są specjaliści z zakresu zarządzania, szczególnie pod kątem rozwoju biznesu i budowania partnerstw. Sektor kosmiczny to głównie działania komercyjne.

Także na europejskim rynku pracy poszukiwanych jest obecnie prawie tysiąc specjalistów z zakresu programowania, inżynierii i zarządzania. Kariera w branży kosmicznej może nas więc zaprowadzić również za granicę. Decydując się na taki ruch, nie będziemy osamotnieni. Coraz większa liczba Polaków pracuje w sektorach kosmicznych innych państw. Świadczyć o tym może oficjalna rejestracja w 2016 roku Polish Space Professionals Association, którego członkowie w większości pracują poza granicami kraju. Osoby z doświadczeniem zdobytym za granicą, np. w Europejskiej Agencji Kosmicznej, są również bardzo cenione w kraju.

### **Wykorzystaj swoje doświadczenie**

Można również pokusić się o start z poziomu niezależnego przedsiębiorcy – założyć własną firmę świadczącą usługi na rzecz sektora kosmicznego. Jak historia pokazuje, szczególnie



duże szanse mają w tym obszarze naukowcy i absolwenci kierunków inżynierskich. Swoich szans próbują też inwestorzy i pasjonaci tematyki kosmicznej.

Projekty realizowane w przemyśle kosmicznym często trwają dziesięciolecia, co dobrze współgra z długookresowymi celami i stylem pracy naukowców. Wśród badaczy, którzy postanowili zaangażować się w działania kosmiczne, świetnymi przykładami są dr Grzegorz Brona, dr Przemysław Żelazowski czy dr Agata Maria Kołodziejczyk, czyli założyciele odpowiednio Creotech Instruments, SatAgro i M.A.R.S. Cała trójka zaczęła od pracy badawczej, także za granicą, m.in. w CERN, Uniwersytecie w Oxfordzie czy Europejskiej Agencji Kosmicznej. Obecnie dzielą swój czas między pracę badawczą a prowadzenie projektów komercyjnych. Większość naukowców rozpoczyna działalność biznesową, komercjalizując rozwiązania technologiczne wypracowywane na uczelniach i w instytutach badawczych. Inni wykorzystują swoje doświadczenie badawcze jako wkład w działalność gospodarczą.

20

Pomysły na biznes kosmiczny biorą się również z projektów studenckich. Tak narodziły się polskie firmy Bowman Dynamics, Space Forest i AGH Space Systems. Wszystkie oferują dziś rakiety sondujące, wykorzystywane do wynoszenia niewielkich ładunków na wysokość paru kilometrów, a ich początki to praca w kołach studenckich, uczestnictwo w konkursach organizowanych przez agencje kosmiczne, czy nawet prace licencjackie i magisterskie. Polscy studenci nie tylko zastąpili w świecie wielokrotnymi zwycięstwami w konkursach łazików marsjańskich oraz mini-satelitów, ale również wykorzystują te doświadczenia do rozwijania własnych przedsiębiorstw. Co ciekawe, nie dotyczy to tylko projektów ściśle inżynierskich. Zespół Space is More z Wrocławia pracuje obecnie nad ofertą szkoleń biznesowych opartych na doświadczeniach zdobytych w konkursach na architekturę kosmiczną.

Tematyka kosmiczna robi się też coraz ciekawsza dla przedsiębiorców z innych branż. Przy wsparciu Wrocławskiego Centrum EIT+ w Kosmos wybierają się m.in. Grzegorz Zwoliński i Damian Fijałkowski, założyciele wrocławskiego studia gier mobilnych T-Bull. Ich pomysłem

na biznes ma być wyniesienie technologii mobilnych na orbitę pod postacią trzech satelitów komercyjnych: *Światowida* i dwóch *Rusałek*. Wszystkie mają być oparte na systemie Android i wyprodukowane przez założoną w tym celu firmę SatRevolution. Zakres swojej działalności o aspekt kosmiczny poszerzają także inne firmy, jak choćby portal zajmujący się przemysłem zbrojeniowym Defence24.pl, który uruchomił serwis Space24.pl. W przemyśle kosmicznym zaczynają się też pojawiać pojedynczy przedsiębiorcy, jak Adam Stępnik, założyciel firmy informatycznej Excodus, który pracuje nad projektami kosmicznymi wraz z Creotech Instruments. Bariera wstępu dla nowych przedsiębiorców jest wciąż bardzo niska. Czasami wystarczy kilka minut rozmowy z reprezentantem firmy z sektora kosmicznego, dobry pomysł i można *lecieć w Kosmos*.

### **Czyj będzie Kosmos?**

Jak widać z powyższego tekstu, wbrew naszemu romantycznemu obrazowi eksploracji Układu Słonecznego, kariery kosmiczne to głównie domena inżynierów, administratorów i przedsiębiorców. W najbliższych latach Kosmos będzie należał do tych, których nie zniechęcą wdrożenia komercyjnych i rządowych strategii. Osób, które podejmą wyzwanie zmierzania się nie z atmosferą marsjańską, a z systemem przetargowym agencji kosmicznej. Śmiaćków, którym niestraszny jest język biurokracji czy techniczny żargon inżynierów materiałowych. W dobie coraz łatwiejszego dostępu do danych satelitarnych oraz strategii Kosmosu 4.0 wdrażanej przez ESA, bariery do wykorzystania owoców przestrzeni kosmicznej w codziennym życiu będą szybko malały. To, czy z nich skorzystamy, będzie zależało tylko od nas.

# Who will own Space and can it be mine?

## Jakub Bochiński

Astronomer, graduated from Open University, UK, as well as University College London where he conducted further research. He discovered several new planets outside the Solar System. Currently the Head of Education at Copernicus Science Center where he oversees ESERO ESA project.

A career in the space industry – sounds grand. But what does it entail? Enjoying a due explorers praise, or performing rather tedious, Benedictine work, far removed from the romanticised portrayals in science fiction novels?

Some time ago, I conducted adult workshops on space careers at the Copernicus Science Centre. I opened with a question asking the participants if anyone have dreamt of a career in logistics or administration? Out of the forty people in the room no one raised their hand. And who would like to work for the European Space Agency? Dozens of hands went up. Meanwhile, almost half of ESA's employees specialise in administration and logistics. The rest are engineers and analysts, and only 7% of ESA employees are scientists and astronauts – usually identified with the agency's main area of activity. After providing this information, I asked the participants again: who would still like to work for the European Space Agency? Despite the prospect of administrative work, many hands went up again.

This apparent contradiction contains the essence of space careers. Space is alluring, though we may not know what working in the Space industry actually involves. I will attempt to reveal this mystery and explain, if only in a broad sense, what opportunities are available to those interested in working in space.

## First of all – the space sector?

The space sector is nothing more than an ecosystem of public institutions, companies and non-governmental organisations working together in the area of space exploration. They include such diverse institutions as the Space Research Centre of the Polish Academy of Sciences, a leading research institute in Poland building components for international space missions, and Planet PR, a specialised agency dedicated to promoting space-based companies. The driving force behind their activities are major international projects coordinated by the European Space Agency and the European Union. International giants are also beginning to operate in Poland, such as Thales Alenia, one of the main suppliers of parts for the International Space Station, or SENER, a company that has produced components for space missions such as the Hubble Orbital Telescope, NASA's Curiosity rover, or ESA's Rosetta. Polish companies are also growing. Last year more than 380 organisations expressed interest in participating in the European Space Agency's tenders, and nearly 50 companies and research institutes are currently working under the auspices of the Polish Space Industry Association. One of the indigenous Polish space companies, Creotech Instruments, has been

working for over a year on its own commercial satellite, SAT-AIS-PL, and a few weeks ago announced the construction of its proprietary satellite platform, HyperSat. Completing the picture are the Ministry of Development and the Polish Space Agency, which are creating strategies for the development of the sector, as well as the growing segment of the industry media, such as Kosmonauta.net and Space24.pl.

But this is only the beginning. The Polish space sector has grown significantly since 2012 when Poland became a member of the European Space Agency. According to Marta Wachowicz, director of the Department of Strategy and International Cooperation at the Polish Space Agency, in the last four years the turnover of the Polish space industry has reached about 50 million PLN a year. According to the assumptions of the Polish Space Strategy, by 2030 this number should increase even as much as fourfold. This is an optimistic assumption, but shows how quickly the space sector could possibly develop in the next decade. Polish entrepreneurs are also aware of this. Over the last four years, the number of Polish organisations registered in the ESA tender system has increased almost tenfold.

In terms of opportunities for space career development, there are two roads ahead: employment in dynamically developing existing companies, or setting up your own business providing services to the sector. Both roads are quite promising at this stage.

### Where are the jobs?

Rapidly developing space companies need well-educated staff, especially in the areas of modern technology and project management skills. A year ago, prof. Marek Banaszekiewicz, former president of the Polish Space Agency, determined that the staffing needs of employers in the Polish space industry amount to over 100 additional jobs a year. This is confirmed by the analysis of job offers. In June 2017 alone, there were 40 vacancies in the space sector. Mainly seeking programmers, engineers and managers (in that order). There are already situations where employers hide the details of their best employees fearing competition. In the case of the space industry we are therefore dealing the

*employee's market* and this situation is likely to continue for several more years.

A survey of companies in the space industry shows that engineers and programmers are the most sought professions. And not necessarily specialists in space issues. This can be seen, for example, in a recent Creotech job announcement: *Lack of space experience is not an obstacle. We are aware that the national pool of professionals experienced in working on space projects is limited. So we are aiming to hire ambitious individuals who have the potential necessary to quickly develop their skills.* In second place are professionals with experience in data storage and processing, researchers and analysts. The third group of experts sought are management professionals, especially in terms of business development and partnership building. The space sector primarily involves commercial activities.

A career in the space industry can also take us abroad. The European job market currently has nearly a thousand openings for specialists in programming, engineering and management. We will not be alone if we select this option. Increasingly more Poles are choosing to work in the space sectors of other countries. This is apparent by the 2016 official registry of the Polish Space Professionals Association, whose members mostly work abroad. Employees with experience gained abroad, such as at the European Space Agency, are also highly valued at home.

### Utilise your experience

You can also try to get started as an independent entrepreneur by setting up your own company offering services to the space sector. History shows that scientists and those having studied engineering in particular have a good chance in this area. Investors and space enthusiasts are also looking for opportunities in this field.

Projects in the space industry often take decades to complete, which is in line with the long-term goals and the work style of scientists. Among the researchers who have decided to engage in space activities, great examples are Dr Grzegorz Brona, Dr Przemysław Żelazowski and Dr Agata Maria Kołodziejczyk, founders of Creotech Instruments, SatAgro and M.A.R.S., respectively.



All three began with research work, also abroad, at CERN, the University of Oxford or the European Space Agency. They now divide their time between research and commercial projects. Most researchers set up businesses in which they commercialise the technology developed at universities and research institutes. Others use their research experience to contribute to their business activities.

Space business ideas also come from student projects. This is how Polish companies like Bowman Dynamics, Space Forest and AGH Space Systems were created. All of them offer probing rockets used to launch small loads up to a few kilometres into space. Their origins can be traced back to working in student groups, taking part in competitions organised by space agencies, and even undergraduate and graduate thesis work. Polish students have not only distinguished themselves in the world with multiple victories in Mars rovers and mini-satellite competitions, but also use these experiences to develop their own businesses. Interestingly, this does not apply to strictly engineering projects. The Space is More team from Wrocław is currently working on offering business training courses based on the experience gained in space architecture competitions.

Space exploration is increasingly becoming an area of interest for entrepreneurs from other industries. With the support of Wrocław's EIT + centre, Grzegorz Zwoliński and Damian Fijałkowski, founders of Wrocław's T-Bull mobile game studios, are planning to travel into space. Their unique business idea is to launch mobile technology into orbit in the form of three commercial satellites: *Światowid* and two *Rusałka* satellites. All three are to be based on the Android system and produced by SatRevolution, a company established for this purpose. Other companies are also becoming involved in space exploration, such as Defense24.pl, a defense industry portal which recently launched the Space24.pl website. Individual entrepreneurs are entering the space industry as well, like Adam Stępnik, founder of the IT company Excodus, who works on space projects alongside Creotech Instruments. At this point there are still numerous opportunities for entrepreneurs to get their foot in the door. Sometimes all it takes is a few minutes of conversation with a representative

from a space company, a good idea and you can *fly into space*.

### **Who will own Space?**

As you can see from the above text, contrary to our often romanticised image of Solar System exploration, space careers are mainly the domain of engineers, administrators and entrepreneurs. In the coming years, space will therefore belong to those who will not be deterred by commercial implementation and governmental strategies. Those who will take up the challenge not of dealing with the Martian atmosphere, but with the space agency's tendering system. Those who don't fear the language of bureaucracy or the technical jargon of material engineers. At the same time, in the era of increasingly easier access to satellite data and the strategy of Space 4.0, implemented by the ESA, the obstacles to utilising the fruits of space exploration in everyday life will quickly begin to disappear. Whether or not we use them will solely depend on us.





Astronauts 4.0

**Astronauti 4.0**





# Astronauci 4.0

26

Misje kosmiczne, choć wciąż kosztowne, stają się powszechne na całym świecie. Co trzy miesiące kapsuła Sojuz transportuje troje ludzi na międzynarodową stację orbitalną ISS. Konstruowane są nowe środki lokomocji, systemy napędu, nowe stacje kosmiczne – wszystko po to, aby zmniejszyć koszty i otworzyć nieograniczone możliwości eksploracyjne dla ludzkości.

W 2024 roku planowana jest przez NASA i partnerów budowa stacji na orbicie Księżyca. Kolonizacja Srebrnego Globu ma nastąpić w 2030, a Marsa w 2032. Już za siedem lat Elon Musk planuje wystać stu ludzi na Marsa za pomocą największej dotychczas skonstruowanej rakiety Falcon Heavy. Z kolei United Launch Alliance (ULA) ma wizję wyniesienia tysiąca osób do pracy w Kosmosie w 2030 r.

Przygotowania do tych misji trwają od wielu lat. Już dziś możemy podziwiać w pełni zautomatyzowane, wygodne i dostosowane do potrzeb człowieka statki kosmiczne, takie jak kapsuły Dragon, Orion, New Shephard, Boeing CST100 Starliner, czy załogowy wahadłowiec kosmiczny Dream Chaser, budowany przez prywatne przedsiębiorstwo Sierra Nevada Corporation. Projektowanie i budowanie kapsuł oraz rakiet, które mają wynosić ludzi na okołoziemską orbitę, a także dalej na Księżyc czy Marsa, wymaga pracy ogromnej grupy ludzi. To trochę taki ludzki *superkomputer*,

na którego wydajność i inteligencję składają się potencjały wszystkich członków zespołu, wykonujących sobie przypisane zadania. Ów ludzki *superkomputer* rozwiązuje najtrudniejsze równania mechaniki nieba.

Jednym z największych wyzwań jest utrzymanie ziemskiego życia w przestrzeni pozaziemskiej. Jest to proces, który – aby zapewnić astronautom pełne bezpieczeństwo – powinien działać samoczynnie. Jest to jednak układ otwarty, nieopisany jeszcze precyzyjnymi równaniami fizyków, które byłyby czytelne dla maszyn. Obecnie istniejące systemy podtrzymywania życia, związane z oczyszczaniem wody, powietrza i obiegiem materii w układzie zamkniętym, wciąż nie są optymalne ze względu na złożoność budowy, częste usterki i skażenia biologiczne. Koszt wystania ludzi znacząco przewyższa koszt wysłania maszyn w Kosmos. Jednak to nadal ludzie kierują maszynami, bo tylko my, jak dotąd, potrafimy dokonywać odkryć i eksplorować nieznaną przestrzeń. To ludzie

**Agata Kołodziejczyk**

Bbiolożka, neurobiolożka, pracuje w Advanced Concepts Team – eksperymentalnym zespole Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA). Wspólnie z rodziną prowadzi największe w Polsce prywatne obserwatorium astronomiczne pod Krakowem; realizuje budowę bazy kosmicznej w ramach projektu M.A.R.S. (Modular Analog Research Station).

wyciągają wnioski z danych dostarczanych przez maszyny. Również to człowiek jest w stanie najlepiej pielęgnować i chronić życie.

Utrzymanie życia związane jest z ochroną przed czynnikami zagrażającymi jego przetrwaniu. Jednym z nich jest ekspozycja komórek na promieniowanie jonizujące. O ile astronauta na stacji kosmicznej znajdują się w ochronnym polu magnetycznym naszej planety, o tyle misje na Księżyc i dalej nie będą już takie bezpieczne. Ze względów zdrowotnych organizm ludzki może w ciągu życia być poddany ekspozycji na promieniowanie równe 1000 miliSivertów (mSv), a sama podróż w jedną stronę na Marsa to 660 mSv. Jednym z proponowanych rozwiązań problemu radiacji są solidne osłony budowane przez roboty wysłane na długo przed przybyciem ludzi. Maszyny te wykorzystywać będą w konstrukcji osłon radiacyjnych surowce naturalne w postaci regolitu księżycowego czy marsjańskiego. W przypadku statków kosmicznych projektowane są osłony z lodu albo warstwy glonów. Woda o dużej ilości protonów nadaje się do osłony przeciw promieniowaniu neutronowemu i gamma. Z kolei glony, takie jak *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus obliquus*, oraz cyanobakterie w postaci wysuszonej potrafią lepiej chronić przed promieniowaniem kosmicznym niż ołow. Tajemnicą jest tu nie tyle grubość warstwy, ile gęstość biomasy (g/cm<sup>3</sup>) zdolnej do absorpcji energii. Bardziej inwazyjnymi opcjami ochrony przed promieniowaniem są hibernacja i ekspresja białek niesporczaków odpornych na promieniowanie kosmiczne w ciele ludzkim. Niesporczaki mają zdolność obniżania poziomu metabolizmu, przechodząc w tak zwany stan anabiozy, który pozwala im przetrwać bezpośrednią ekspozycję w Kosmosie w temperaturach od -100°C do 260°C. Te praktycznie niezniszczalne zwierzęta produkują białko Dsup odporne na promieniowanie i odwodnienie. Naukowcy wyekstrahowali Dsup i namnożyli je w ludzkich hodowlach komórkowych. Komórki człowieka wydzielające białko Dsup okazały się znacznie odporniejsze na promieniowanie niż komórki kontrolne. Oznacza to, że w przyszłości będziemy mogli mieć naturalną osłonę przed promieniowaniem w skórze tak, jak obecnie melanina chroni nas przed szkodliwym promieniowaniem UV.

Kolejnym czynnikiem zagrażającym powodzeniu misji kosmicznych jest brak światła słonecznego. Poza atmosferą ziemską warunki oświetlenia różnią się od tych obserwowanych powszechnie na Ziemi. Nie istnieje zjawisko rozproszenia światła, a już tym bardziej zjawisko Tyndalla, które sprawia, że widzimy żółte promienie Słońca i niebieski błękit nieba. Z powodu braku atmosfery w Kosmosie kolor nieba jest czarny pomimo ostrego światła słonecznego. Astronauta nie mają świadomości dnia i nocy. Światło gwiazd jest zawsze takie samo. To powoduje zaburzenia aktywności zegara biologicznego nie tylko u ludzi, ale i u większości organizmów żywych, przebywających w kosmicznej izolacji. Nieprawidłowości cykli okołodobowych mogą być z kolei przyczyną chorób, obniżenia odporności na patogeny, a także trudności ze snem czy koncentracją.

Życiu człowieka w Kosmosie mogą zagrażać nie tylko czynniki fizyczne czy chemiczne. Coraz większą uwagę zwraca się na zachowanie grupy astronautów w warunkach izolacji. Psychika zmienia się wtedy pod wpływem niewielkich, ale ciągłych niedogodności, wywołujących podprogowy stres, co może prowadzić do obniżenia motywacji, stanów depresyjnych, poczucia osamotnienia, a nawet do agresji prowadzącej do porażki misji. Do ciągłych niedogodności zalicza się też ryzyko niespodziewanych awarii statku, brak prywatności i codziennych wygód, takich jak prysznic, ograniczony wybór pożywienia, brak możliwości spaceru czy kontaktu z przyrodą. Próbuje się to rekompensować wdrożeniem wirtualnej rzeczywistości, systemów ostrzegania przed awariami czy rotacją osób na statku. Na ziemi prowadzi się symulacje lotów kosmicznych, które mają odpowiedzieć na pytanie, jak zachowanie człowieka w ekstremalnych, *kosmicznych* sytuacjach wpłynie na powodzenie misji. Powstają wyspecjalizowane stacje badawcze ze zbliżonymi warunkami, jak na statkach kosmicznych albo w habitatach planetarnych. Najbardziej popularnymi stacjami do przeprowadzania takich eksperymentów są m. in. Hi-Seas na Hawajach do badań psychologicznych, stacja Mars Desert Research Station (MDRS) na pustyni Utah do testowania operacyjności misji, komunikacji i robotyzacji zadań, habitat Lunar Palace w Chinach do symulowania warunków księżycowych, Concordia na Antarktydzie czy

Neemo w głębinach oceanu. Również w Polsce tworzona jest mobilna stacja do testowania warunków kosmicznych, realizowana przez osoby, stowarzyszenia i firmy zrzeszone w wolontaryjnej grupie M.A.R.S., założonej i koordynowanej przez autorkę. W czasie zakończonych sukcesem akcji crowdfundingowej w 2016 r. zgłosił się do nas inwestor z chęcią wsparcia inicjatywy. Obecnie projekt realizowany jest przez grupę M.A.R.S., Spółkę Space Garden, Fundację Dla Zdrowia, Uniwersytet Medyczny w Poznaniu i Mars Society Polska. Moją ideą jest utworzenie wyspecjalizowanego habitatu, który przyczyni się do otwarcia narodowego programu astronautycznego oraz rozszerzenia możliwości badań kosmicznych w Polsce. Badań, w których my, Polacy, mamy szansę zaistnieć wśród gigantów inżynierii kosmicznej. Polem do popisu są między innymi prace z zakresu automatyzacji bazy, nieinwazyjnych pomiarów medycznych, monitoringu zdrowia, bioinżynierii czy systemów podtrzymywania życia.

Rekrutacja osób do izolowanych ziemskich habitatów jest procesem złożonym i wymagającym pracy specjalistów. Konieczne jest zdrowie psychiczne i fizyczne, umiejętność pracy w grupie, komunikatywność, kompromisowość, szlachetność, gorliwość, umiejętność radzenia sobie ze stresem i opanowanie emocjonalne. W dobie prywatnych lotów orbitalnych i pozaorbitalnych coraz częściej prowadzone są skomercjalizowane symulacje, gdzie każdy może poczuć się astronautą i nabrać nowego doświadczenia w sterowaniu łazikami, druku 3D, badaniach mikrogravitacji, itp. Coraz częściej analogowi astronauta myślą o karierze prawdziwych zdobywców Kosmosu. Polski zespół M.A.R.S. we współpracy z Fundacją dla Zdrowia przeprowadza profesjonalne szkolenia przed rozpoczęciem misji celem integracji grupy, treningu odwagi i radzenia sobie ze stresem. Zdają oni egzaminy z przetrwania w powietrzu, wodzie i na lądzie. Dodatkowo każdy z uczestników szkoleny jest z zadań i eksperymentów naukowych, jakie mają być wykonane w trakcie misji. Cenne doświadczenia zdobyte w trakcie szkoleń, a potem i misji, to nie tylko niezapomniane chwile, lecz także zwiększone poczucie wartości, wiara w swoje możliwości oraz większe szanse na to, by kiedyś polecieć w Kosmos.

Loty będą bowiem dostępne dla każdego, kto się odpowiednio przygotuje. W 2018 roku ma powstać w Wielkiej Brytanii pierwsze komercyjne centrum szkolenia astronautów. W przyszłości każdy kraj będzie posiadał takie placówki. Najpierw potrzebni będą naukowcy i inżynierowie, potem cała reszta społeczeństwa, w szczególności humaniści. Będą oni mieli kluczowe zadanie przystosowania jałowych habitatów do bogatego życia kulturalnego, do stworzenia przestrzeni, które będą łagodziły tęsknotę za Matką Ziemią.

Przestrzeń kosmiczna stanie się otwarta dla biznesu i turystyki kosmicznej. Komerccjalizacja Kosmosu ma nadać nowy wymiar dynamice ekonomicznej świata, z Księżycem jako kolejnym ziemskim kontynentem na czele. Ludzkość jest już wystarczająco dojrzała, aby opuścić Ziemię i rozpocząć kolonizację innych światów. Historia pokazuje, że każde przejście z jednego środowiska w drugie przynosiło postęp. Wyjście zwierząt na ląd ubogaciło bioróżnorodność gatunkową i przyczyniło się do powstania istot myślących, w tym nas – ludzi. Winni jesteśmy naszej planecie wdzięczność, że nas karmi i cierpliwie znosi konsumpcyjne, wysoko nieekologiczne podejście do życia. Czy będziemy potrafili uszanować inne planety i księżyce, które prędkiej czy później zapewne zasiedlimy? Czy też, tak jak naszą Ziemię, będziemy je eksploatowali ponad miarę?



# Astronauts 4.0

## Agata Kołodziejczyk

Biologist, neurobiologist; she has been working as a member of the Advanced Concepts Team, the most forward looking team of the European Space Agency. Together with her family she runs the largest private astronomical observatory in Poland, located near Krakow, and is leading the construction of a space base within the M.A.R.S. (Modular Analog Research Station) project.

Space missions, though still expensive, are becoming commonplace around the world. Every 3 months the Soyuz capsule transports three people to the International Space Station (ISS). New means of transport, propulsion systems, and new space stations are being constructed – all to reduce costs and create limitless exploration opportunities for mankind.

In 2024, NASA and its partners plan to build a space station in the moon's orbit. Colonization of the Silver Globe is scheduled to take place in 2030, and of Mars in 2032. As early as 7 years from now, Elon Musk plans to send 100 people to Mars in the Falcon Heavy, the largest rocket constructed to date. While the vision of the United Launch Alliance (ULA) is to bring 1,000 people to work in space in 2030.

Preparations for these missions have been going on for many years. These days we can already admire space ships that are fully automated, comfortable, and tailored to human needs, such as the Dragon, Orion, New Shephard, and Boeing CST100 Starliner capsules, or the manned space shuttle Dream Chaser, built by the private company Sierra Nevada Corporation. Designing and building capsules and rockets intended to launch humans into the Earth's orbit, as well as further on to the Moon or Mars, requires the work of a large group of people. It is a sort of a human *supercomputer* where each member

performs a specific task. And its performance and intelligence are the sum of these qualities in everyone. This human *supercomputer* solves the most complex equations of space mechanics.

One of the greatest challenges is to maintain earthly life in extra-terrestrial space. This should be an automatic process in order to ensure the complete safety of astronauts. However, this is an open system, not yet described by precise physics equations, which would be readable by machines. Existing life supporting systems related to the purification of water, air and the circulation of matter in a closed system are still not optimal, due to the complexity of construction, frequent malfunctions and biological contamination. The cost of launching humans into space significantly outweighs the cost of sending machines there. But it is still humans who operate these machines, because, so far, only we have been able to discover and explore unknown spaces. It is humans who draw conclusions from the data

provided by machines. Also, it is humans who are in the best position to care for and protect life.

Maintaining life involves protection against the factors that threaten its survival. One of these is the exposure of cells to ionizing radiation. While astronauts in the space station are inside the protective magnetic field of our planet, missions to the Moon and beyond will no longer be this safe. For health reasons, within its lifespan, the human body can be exposed to a radiation level of 1000 millisieverts (mSv), while a one-way trip to Mars involves 660 mSv. One of the proposed solutions to the radiation problem is the construction of strong shields by robots sent into space long before the humans arrive. To build these radiation shields, the robots would use natural resources, such as the lunar or Martian regolith. For space ships, the shields are made of ice or algae layers. Proton-rich water is suitable for shields against neutron and gamma radiation. In turn, dried algae such as *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus obliquus*, and cyanobacteria can better protect against cosmic radiation than lead. The secret here is not so much the thickness of the layer, but the density of biomass (g/cm<sup>3</sup>) capable of absorbing energy. More invasive radiation protection options are hibernation and expression of tardigrade proteins resistant to cosmic radiation on the human body. Tardigrades have the ability to lower their metabolism by entering into an anabolic state that allows them to survive direct exposure in space at temperatures from -100C to 260C. These practically indestructible animals produce Dsup proteins that are resistant to radiation and dehydration. Scientists have extracted the Dsup protein and replicated it in human cell cultures. Human cells secreting the Dsup protein proved to be much more resistant to radiation than the control cells. This means that in the future we will be able to have a natural shield against radiation inside the skin in the same way that melanin currently protects us from harmful UV rays.

Another threat to the success of space missions is the lack of sunlight. Outside the Earth's atmosphere lighting conditions differ from those commonly observed on Earth. There is no light scattering phenomenon, not to mention the Tyndall phenomenon, which allows us see the yellow rays of the sun and the blue sky. Due to the lack of atmosphere in space, the colour of the

sky is black despite the sharp sunlight. Astronauts cannot tell the difference between day and night. The light of the stars is always the same. This disturbs the biological clock not only in humans but also in most organisms living in cosmic isolation. Disruptions in the circadian rhythm can cause illness, sleep and concentration problems, and lower the resistance to pathogens.

It is not only the physical or chemical factors that can pose a threat to human life in space. There is increasingly more focus on how astronauts behave in isolation conditions. Mentality changes under such conditions, due to the small but continuous inconveniences resulting in subliminal stress, which can lead to lower motivation, depression, feelings of loneliness, and even aggression causing the mission to fail. These continuous inconveniences include the risk of unexpected space ship malfunctions, lack of privacy and daily comfort, such as showering, limited food choices, and the inability to take a walk or have contact with nature. Various measures are taken in an effort to compensate for these inconveniences, such as implementing virtual reality, malfunction warning systems, or rotating the staff on board. On earth, space ship flight simulations are conducted to learn how human behaviour in extreme *cosmic* situations will affect the success of the mission. Specialised research stations are being established with conditions similar to those on space ships or in planetary habitats. The best known stations for conducting such experiments include the Hi-Seas station in Hawaii for psychological research, the Mars Desert Research Station (MDRS) in the desert of Utah to test mission operability, communication and task robotization, the Lunar Palace facility in China to simulate lunar conditions, the Concordia in Antarctica, or the Neemo station located in the depths of the ocean.

Also in Poland a mobile space station to test space conditions is being created by people, associations and companies in the voluntary group M.A.R.S., founded and coordinated by the author. During the successful crowdfunding campaign in 2016, an investor contacted us offering to support our initiative. Currently the project is being implemented by M.A.R.S., the Space Garden company, the Health Foundation, Medical University of Poznan and Mars Society

Polska. My idea is to create a specialised habitat that will contribute to the creation of a national astronaut programme and to the expansion of space research in Poland. Research in which we Poles have the chance to emerge from among the giants of space engineering. The topics in which we can showcase our abilities include research related to database automation, non-invasive medical measurements, health monitoring, bioengineering and life maintenance systems.

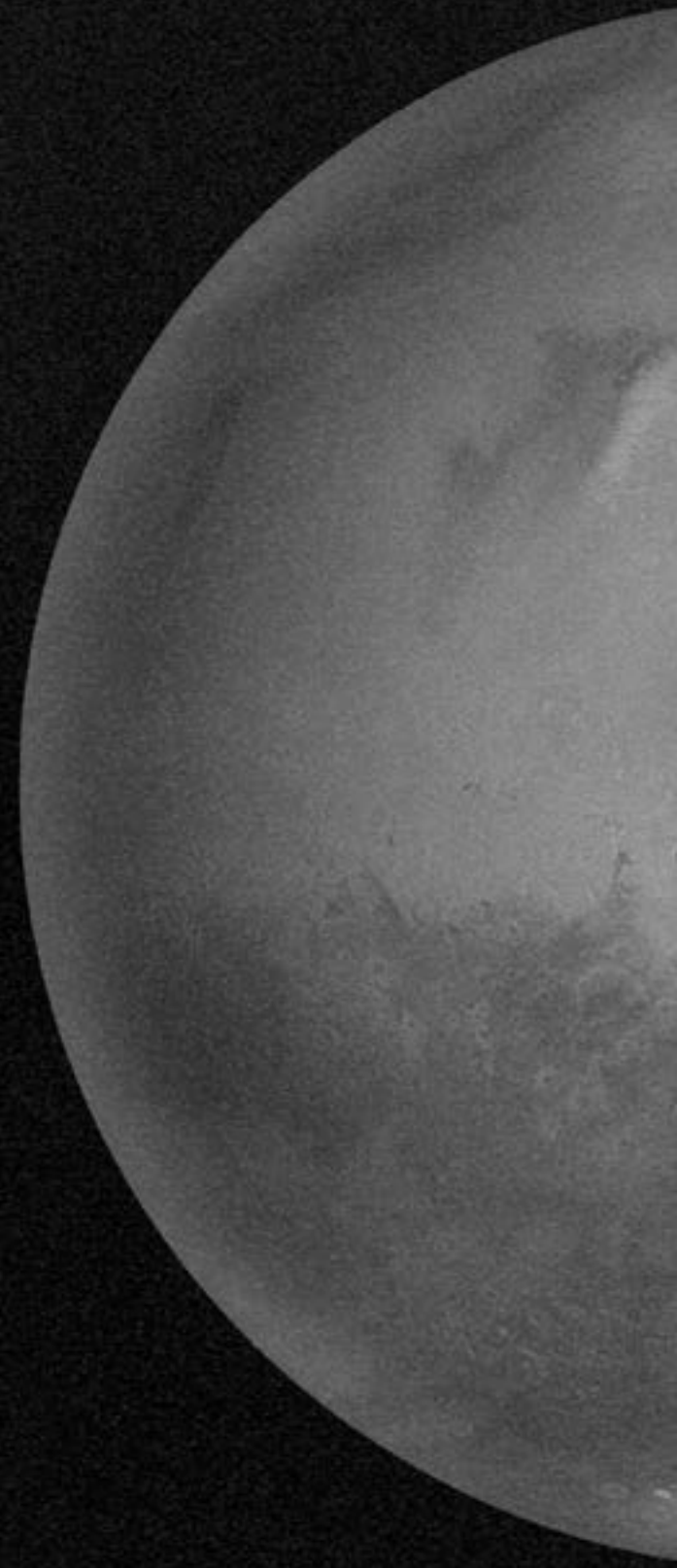
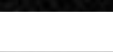
Recruiting people into isolated earthly habitats is a complex process requiring the work of professionals. It requires good mental and physical health, team-working skills, communication, ability to compromise, nobility of character, zealousness, ability to cope with stress and emotional composure. In the age of private space flights and beyond, commercialised simulations are becoming more widely available, where everyone can feel like an astronaut and gain new experience in rover navigation, 3D printing, microgravity research, etc. Analogue astronauts are more frequently thinking about becoming real space conquerors. The Polish M.A.R.S. team, in collaboration with the Health Foundation, conducts professional pre-mission training for group integration, courage training and stress management. There are tests for survival in the air, water and on land. In addition, each participant is trained on the tasks and scientific experiments to be performed during the mission. Valuable experiences gained during training and the subsequent mission are not only unforgettable moments, but they also increase self-esteem, belief in your abilities, and the chances to fly into space someday.

These flights will be available to anyone who is properly prepared. There are plans to build the first commercial astronaut training centre in the UK in 2018. In the future, every country will have such facilities. First, scientists and engineers will be needed, and then the rest of society, especially humanists. They will have the key task of adapting the sterile spaces of the habitat to a rich cultural life, to create a space fulfilling the longing for Mother Earth.

The outer space will be open to entrepreneurs, business and space travel. Space commercialization would provide a new

dimension to global economics, with the Moon as just another earthly continent at the forefront. Humanity is already mature enough to leave the Earth and begin colonizing other worlds. History shows that every transition from one environment into another resulted in progress. The emergence of animals from water onto land improved species biodiversity and contributed to the development of intelligent beings, including us, humans. We should be grateful to our planet for feeding us and for patiently withstanding our consumerism and our highly non-organic approach to life. Will we be able to respect other planets and moons, which we will most likely inhabit sooner or later? Or will we exploit them beyond measure, just like we have done with our Earth?







First crops  
on Mars

**Pierwsze zbiory  
na Marsie**



# Pierwsze zbiory na Marsie

34

**Andrzej Szozda:** *Uprawia Pan żywność marsjańską i księżycową. Jak ona smakuje i co mówią ludzie, którzy jej próbowali?*

**Wieger Wamelink:** Kilka osób miało okazję degustować zboża, które wyhodowaliśmy na symulowanej glebie marsjańskiej i księżycowej. Ich reakcje są różne, ponieważ wchodzimy tu w sferę ludzkiego gustu. Niektórym bardziej smakowały uprawy z Marsa, innym z Księżyca, a jeszcze inni woleli ziemskie zboża z grupy kontrolnej. Część, w tym ja sam, uznała księżycowe rośliny za bardziej pikantne, a marsjańskie za słodsze. Zbadaliśmy to za pomocą spektrometru masowego, analizując różne składniki rośliny, takie jak witaminy, węglowodany (cukry) itp. Po przebadaniu łącznie ponad 500 składników nie wykryliśmy jednak żadnych różnic pomiędzy zbożami uprawianymi na symulowanych glebach marsjańskich i księżycowych oraz ziemską grupą kontrolną. Wygląda więc na to, że to wyłącznie kwestia gustu!

*Czy Mars nadaje się do uprawy żywności? Wiemy, że ziemia nie zawiera tam żadnych substancji organicznych. Czy można je dodać do gleby marsjańskiej lub księżycowej?*

O ile nam obecnie wiadomo, plony można bezpiecznie spożywać. Analizowaliśmy je pod kątem obecności toksycznych składników roślinnych i metali ciężkich, wiemy więc, że są nieszkodliwe. Ziemniaki, rzodkiew i inne rośliny, których jadalne części wzrastają w glebie, trzeba z zewnątrz oczyścić lub obrać. To dlatego, że gleby, także symulowane, zawierają groźne dla człowieka metale ciężkie, takie jak ołów, chrom i kadm. Nie wiemy jeszcze, co się stanie, jeśli będziemy uprawiać rośliny na takich glebach przez wiele lat. Może to wpłynąć na zmianę

dostępności biologicznej metali ciężkich u roślin. Rzeczywiście, na Marsie i Księżycu nie ma materii organicznej. Zasadniczo nie jest to problem, aczkolwiek jej obecność znacząco pobudziłaby wzrost. Rozwiązałyby także problem nawodnienia i utrzymania wody w glebie. Materia organiczna uwalnia składniki odżywcze i zatrzymuje wodę. Symulowane gleby mają wysoce hydrofobowe właściwości, w szczególności księżycowa. Można by je wzbogacić o materię organiczną, dodając ludzkie odchody pozostałe po podróży. Moglibyśmy także jako pierwszą uprawę wprowadzić rośliny motylkowe, np. koniczynę, tulin, fasolę i groch. Wiążą one azot z powietrza w symbiozie z bakteriami, wzbogacając w ten sposób glebę o azotany, których szczególnie brakuje w podłożu zarówno na Marsie, jak i na Księżycu. Niejadalne części tych roślin można by następnie zastosować w charakterze naturalnego nawozu, odbudowując glebę. A tak na marginesie: marsjańskie ziemniaki wyglądały dość dziwnie i nie przypominały ziemskich, o wiele łagodniejszych, kartofelków.

*Podjezwamy, że dawno temu na Marsie było życie. Co by się stało, gdyby w marsjańskiej glebie wykorzystanej przez nas do uprawy żywności znalazły się lokalne wirusy, bakterie i inne nieznanne organizmy?*

Prawdę mówiąc, najprostszą odpowiedzią jest taka, że nie wiemy. Sądzę jednak, że szansa na to, że na Marsie (wciąż?) pozostały jakieś żywe organizmy, jest bliska zeru. Panują tam warunki tak surowe, że życie, jakie znamy, jest niemożliwe. Stale panuje tam bardzo niska temperatura (od  $-100^{\circ}\text{C}$  do  $-60^{\circ}\text{C}$ ), powierzchnię zalewa śmiertelnie promieniowanie i właściwie nie ma tam atmosfery. Nawet gdyby cokolwiek przeżyło w takich warunkach, jest mało prawdopodobne – choć nie całkowicie

## Wieger Wamelink

Ekolog, pracownik Uniwersytetu Badawczego w Wageningen w Holandii. Od 2013 roku prowadzi wraz z zespołem eksperyment, którego celem jest zbadanie możliwości uprawy niektórych gatunków roślin, w szczególności zbóż, na glebach marsjańskich i księżycowych.



wykluczone – że bytoby w stanie zagrozić ziemskiemu organizmowi, ponieważ niewątpliwie bytoby produktem całkowicie odmiennych i niezależnie przebiegających procesów ewolucyjnych. Jeśli więc pojawiłoby się na Marsie cokolwiek przypominającego wirus, przystosowałoby się do tamtejszego życia i najprawdopodobniej nie byłoby w stanie zainfekować ziemskich stworzeń ani się z nimi połączyć. Istnieje zresztą proste rozwiązanie, wystarczy – tak dla pewności – sterylizować glebę i wodę przed ich wykorzystaniem.

*Czy jest Pan pewien, że nasze obecne instrumenty są w stanie wykryć obce formy życia, które mogłyby w całkowicie odmienny sposób wyewoluować na Marsie?*

Ależ skąd. Jestem całkowicie pewien, że to niemożliwe. W tej chwili możemy wykrywać jedynie cząsteczki mające związek z funkcjonowaniem żywych organizmów, detekcja odbywa się więc tylko w pośredni sposób i dotyczy wyłącznie życia opartego na takich samych zasadach, jak to na Ziemi. Nie byłibyśmy w stanie wykryć czegoś, co moglibyśmy nazwać życiem, gdyby opierało się na przykład na azocie zamiast na węglu. Istnieją oczywiście wyjątki w postaci stworzeń widocznych okiem kamery. Nie dotyczy to jednak mikroorganizmów. A na Marsie mogłyby się one ukrywać pod warstwami piasku lub głęboko w lodzie w postaci skamielin. Wykrycie ich samych lub śladów ich niegdysiejszej obecności byłoby niezwykle trudne.

*Z powodu rzadkiej atmosfery planeta jest poddawana znacznie silniejszemu oddziaływaniu promieniowania kosmicznego. Jaki ma to wpływ na żywność? Czy będziemy wytwarzać organizmy zmodyfikowane genetycznie?*

Roślinom nic się nie stanie, ponieważ zakładamy, że wszelkie organizmy żywe będą się znajdować pod powierzchnią gruntu, przykryte rodzajem kopuł. Rośliny nie mogą przetrwać na powierzchni, podobnie jak bakterie itp. Promieniowanie nie jest więc dla nich zagrożeniem. Podziemne uprawy ochroni warstwa ziemi o grubości jednego metra. Na powierzchni promieniowanie miałoby na nie pewien wpływ, aczkolwiek nie tak znaczący, jak na człowieka. Konieczne są jednak dalsze badania

w tej sprawie. Wszystkie współcześnie stosowane rośliny uprawne są zmodyfikowane genetycznie, choć niemal we wszystkich przypadkach osiągnięto to za pomocą klasycznej hodowli. A gdyby uprawiać je w zamkniętej przestrzeni pod ziemią, zasadniczo nie potrzebowalibyśmy tylu różnych odmian, ile jest obecnie dostępnych. Z jednym tylko wyjątkiem: nie wiemy, jaki wpływ na wzrost roślin będzie mieć zmniejszona grawitacja. Nie spodziewałbym się tu jednak większych problemów.

*W takim razie co wiemy o wzroście roślin w warunkach zmniejszonej grawitacji? Czy są jakieś różnice?*

Nie bez powodu na Ziemi najwyższe drzewa dorastają do około 120 metrów wysokości. Grawitacja hamuje przepływ wody w łodydze, dlatego jest to fizyczna granica ich wzrostu. W związku z tym drzewa na Marsie mogłyby być trzy razy wyższe niż na Ziemi. Wiemy, że rośliny poddają się uprawie w warunkach mikrogravitacji, czego dowiedziono na stacji ISS, bez poważniejszych skutków dla ich wzrostu. Badano jednak wzrost kilku zaledwie roślin, nie porównując go ze wzrostem w długim okresie i w ciągu wielu pokoleń. Po kilku generacjach mogłyby się ujawnić skutki ewolucyjne lub wynikające z hodowli.

*A co z pszczołami? Pełnią bardzo ważną funkcję zapylaczy. Jak planują państwo rozwiązać ten problem?*

To jedno z moich ulubionych pytań. Uważam, że potrzebujemy owadów zapylających, ponieważ nawet rośliny samopylne dają lepszy plon po zewnętrznym zapyleniu. Opowiadałbym się jednak za trzmielami, ponieważ wiemy, że mogą przetrwać w szklarniach, w których pszczoły kolonie zwykle giną. Owady zapylające stanowiłyby element małego rolniczego ekosystemu, składającego się z trzmieli, bakterii, grzybów i dżdżownic.

*Uprawiamy już warzywa w sztucznej marsjańskiej glebie. Ludzie potrzebują jednak do życia mięsa, szczególnie w trudnych warunkach. Czy możemy hodować na Marsie krowy, świnię i inne zwierzęta? Czy można je tam rozmnażać?*

Nie zgadzam się z tym, że potrzebujemy zwierząt. Można się bez nich obyć. Hodowla zwierząt jest wyjątkowo nieoptymalna, ponieważ potrzebują o wiele więcej miejsca i trzeba by uprawiać rośliny na paszę. Zaproponowałem jednak kiedyś, aby sprowadzić tam kury. Można się żywić jajkami, ewentualnie również spożywać ich mięso. Kury zjedzą niemal wszystko, a ich wydajność w zakresie produkcji jajek i mięsa jest całkiem spora, bo wynosi około 50%. Odchody można stosować jako nawóz. Kury spełniałyby też funkcję zwierząt domowych, pomagając utrzymać wysokie morale mieszkańców. Inną, jeszcze bardziej wydajną możliwość stanowią owady, które przekształcają na mięso nawet 90% paszy. Nie sądzę, aby przewożono na Marsa krowy lub świnie, ponieważ nie są aż tak wydajne.

*Może moglibyśmy hodować żywność w laboratoriach na Marsie? Technologia wydaje się dość dobrze poznana. A może powstałaby tam kolonia wegetariańska? Moglibyśmy też dokonywać syntezy materii organicznej z węgla, tlenu, wodoru itp., a następnie hodować ją lub drukować z niej hamburgery?*

36

Myślę, że biorąc pod uwagę powyższe, w grę wchodzi raczej ta ostatnia możliwość. Sztuczne mięso to jedna z opcji na przyszłość, podobnie jak trójwymiarowe drukowanie żywności, wciąż jednak potrzebujemy do tego bazy w postaci materii organicznej, która musi pochodzić z upraw. Zasadniczo jest to możliwe, w Holandii już się nawet udało. Tyle że nadal konieczny jest udział materii organicznej, co znaczy, że wydrukowany hamburger mógłby być jedynie dodatkiem do podstawowej żywności, to wciąż raczej nowinka niż powszechność. Surowce roślinne nie przestaną być potrzebne. Wytwarzanie żywności z pierwiastków lub energii, jak w *Star Treku*, jest w tej chwili niemożliwe. Dlatego w tej chwili nie wchodzi w grę, ponieważ staramy się pracować z obecnie dostępnymi technikami.

*Czy są jakieś przewidywania co do tego, jak dieta marsjańska mogłaby wpłynąć na ludzki organizm? Bardzo ważnym aspektem kulturowym jest rozkoszowanie się smakiem żywności. Czy to nas odmieni?*

Możliwe. Nasze plony smakowały wspaniale i zjedliśmy positek godny gwiazdki Micheline.

Wiadomo jednak, że na smak mogą wpływać różne warunki fizyczne (np. podróż w samolocie lecącym na wysokości 10 kilometrów). Po prostu tego nie wiemy.

*Ludzie lubią alkohol, kawę, herbatę, papierosy, marihuanę. Czy będzie się je wytwarzać na Marsie? A może trzeba je będzie szmuglować na Czerwoną Planetę?*

Wciąż mam nadzieję, że jakaś wielka firma piwowarska z Holandii zechce zasponsorować mój projekt. Myślę, że po pewnym czasie pojawią się uprawy herbaty i kawy, a ponieważ stosunkowo łatwo jest uwarzyć piwo, nie sądzę, by ktokolwiek zdołał temu zapobiec. Papierosy i tym podobne stanowią poważne zagrożenie, nie tylko dla człowieka, ale także dla łatwopalnych kopuł. Palenie będzie surowo wzbronione.

*Ma Pan jakieś wyobrażenie, jak mogłoby smakować marsjańskie piwo? Albo wino? To byłby przebój rynkowy – wino z Marsa. Uważa Pan, że to możliwe?*

Sądzę, że piwo nie różniłoby się zbyt, ale wino mogłoby smakować inaczej, ponieważ jego smak zależy od gleby, na której uprawiane są winogrona. Gleba na Marsie przypomina nieco lessy, występujące również na południu Holandii. To doskonałe podłoże pod uprawę winorośli i produkcję wyśmienitego wina, a więc kto wie... Marsjańskie wino smakowałoby nieco inaczej i byłoby niewiarygodnie drogie (obecnie wyniesienie z Ziemi w przestrzeń kosmiczną 1 kilograma ładunku kosztuje około 100 tysięcy dolarów).

# First crops on Mars

## Wieger Wamelink

Ecologist working at Wageningen University and Research in the Netherlands. He and his team started the first ever large scale experiment to investigate if plants species and more specifically crops may be grown in Mars and Moon soil in 2013.

**Andrzej Szozda:** *You are growing Mars and Moon food, how does it taste, what do people who tested it say.*

**Wieger Wamelink:** Several people have tasted the crops we cultivated on Mars and Moon soil simulant and the reactions vary, since we are dealing with human taste. Some people like the Martian crops better, some the moon crops and others prefer the earth control crops. Some of the people, including myself, find the Moon crops spicier and the Martian crops sweeter. We tested this with a mass spectrometer on all kinds of plant components, like vitamins, carbon hydrates (sugars) etc. In total over 500 plant components, however no differences were found between crops grown on Mars, Moon simulants and Earth control. So, it seems it is just a matter of taste!

*Is Martian soil suitable to grow food. We know it does not contain any organic substances. Can we add it to the Martian or Moon soil?*

As far as we know now it is safe to eat the crops, we tested for poisonous plant components and for heavy metals and for now we know it is safe. Potatoes, radishes etc. with eatable parts grown in the soil, have to be cleaned on the outside, or peeled. This because the soils, as do the simulants, contain heavy metals, like lead, chromium and cadmium, which are dangerous for humans. We do not know yet what happens if you grow crops on the soils for many years, this may change the availability of the heavy metals for the plants. There is indeed no organic matter present. This in principle is no problem though the presence of organic matter would stimulate growth a lot. It also solves the problem of water giving and water holding capacity of the soil. Organic matter releases nutrients and can hold water. The simulants are very hydrophobic,

especially the Moon soil simulant. Organic matter can be added to the soil by adding human faeces, also stored from the travel. We can also apply legumes as a first crop, e.g. clovers, lupine, beans and peas. They can bind nitrogen from the air, in symbiosis with bacteria, and thus enrich the soil with nitrates, basically missing in both soil simulants and on Mars and the Moon. The non-eaten parts are then used as organic manure, thus building a soil. And by the way, the potatoes in the Martian looked a bit odd to me and not very similar to our much better-looking potatoes.

*We suspect that life has been on Mars long time ago. What will happen if we use Martian soil to grow food and it will contain Martian viruses, microbes and other unknown organisms?*

The simple answer and the truth is we do not know. However, I believe that the chance that there is (still?) something alive on Mars is almost zero. Circumstances on Mars are that harsh that life, as we know it, is impossible. Temperatures are normally very low (–60°C to –100°C), there is a lot of poisonous radiation at the surface and there is almost no air. If something survives all this, it is unlikely, but not totally impossible, that is able to connect with earth life, since it must have had a totally different and independent evolution. So if something like a virus would have been evolved it will be adjusted to Martian life and able to infect that and not to earth life, and probably unable to link to that. And there is an easy solution for all this, just to make sure, sterilize the soil and water before you use it.



*Are you sure, that our present instruments can detect unknown forms of life if they evolved differently on Mars?*

No, I am quite sure that they cannot. Up till now we can only detect elements that we link with life, so only indirect detection, and only life based on the same principles as life on earth. We may not even be able to detect something we could call life if it was based on e.g. N instead of C. There is of course the exception if life would be visible in front of a camera. This will not be the case for microorganisms. And on Mars they may be covered with layers of sand, or be present in deeper layers of ice in a fossil form. It will be very difficult to detect them or their former impact.

*Due to weak atmosphere, there is much more cosmic radiation on the planet. How does it affect food? Will we produce genetically modified organisms?*

Since we assume that all life will be below ground in a kind of domes, plants will not be affected. Plants cannot survive on the surface as cannot bacteria etc. So that will not pose a threat.

Since the plants are grown below ground under a protecting layer of soil of one meter they will not be affected by the radiation, exposed to the dosage on the surface they would be affected, though not as heavily as humans would be. More research though is necessary. All crops we use nowadays are genetically modified, though almost all of them due to classic plant breeding methods. And if we grow them underground indoors, in principle we do not need different varieties we already have available. There is one exception, we do not know what less gravity will do to plant growth, though I expect not much problems.

*So, what do we know about low gravity and plants? Can plants grow differently in low gravity?*

An example, the highest trees on earth reach about 120 meters. That is for a reason, gravity pulls on the upward water stream in the stem and this is the physical maximum height that can be reached. Thus, in principle trees could be 3 times as high on Mars compared to Earth. We know that plants can be grown in microgravity, as is shown in the ISS and that there seems to be no major effect on the growth. However, this

is just the growth of a couple of plants and not comparable with long term growth and many generations. After many generation evolutionary/ plant breeding effect may occur.

*How about the bees. They are very important in pollination. How do you plan to do that?*

One of my favorites. In my opinion, we will need pollinators, since even self-pollinating plants have a better fruit setting when they are pollinated. I opt for bumblebees though, since we know that they can survive in greenhouses, where bee hives normally die when they are placed in greenhouses. The pollinators will be part of a small agricultural ecosystem which will include bumblebees, bacteria, fungi and worms.

*Now we grow vegetables on artificial Martian soil. But people need meat to live, specially in such hard conditions. Can we have cows, pigs, and other animals on Mars? Can we breed them?*

I disagree that we would need animals, it is possible to do without. It is very inefficient to grow animals since you need lots more space for them and you need to grow crops to feed them. However, I proposed once to bring chicken, you could eat the eggs and if you want to the chickens as well. They eat almost everything and will be quite efficient in producing eggs and meat, about 50% will be turned into it. The poop can be applied as manure. And they can act as pets, helping to maintain a high moral under the people living over there. Another and even more efficient option are insects, they turn up to 90% into *meat*. I do not see that cows or pigs will be transported to Mars, since they are not very efficient.

*Maybe we can grow food in a lab on Mars? It seems to be well know technology. Or will we have vegetarian colony on Mars? Or can we synthesize organic matter from carbon, oxygen, hydrogen etc.? And then grow it or print it to make burgers?*

I think the latter, see also above, artificial meat is a possibility for the future, as is 3D printing of food, but you will still need organic matter as a basis, which must be cultivated.

In principle this is possible, since it has been done once in the Netherlands. But there is still organic matter necessary, so printing a burger could be an addition to what they will eat. But still plant materials are necessary and this is still a novelty and not mainstream. So for now this is not an option, since we want to work with present day techniques. Making food from just elements, or energy, like in *Star Trek*, is not possible now.

*Are there any predictions how Martian diet would affect human body. Taste of food is very important cultural aspect. Will it change us?*

Possible. Our crops tasted great and we had a diner that was worth a Michelin star. However, we know that taste may be influenced by different physical circumstances (e.g. in a plain at 10km height). We simply do not know.

*Humans like alcohol, coffee, tea, cigarettes, marihuana and so on. Will it be produced on Mars, or will we have to smuggle it to the Red Planet?*

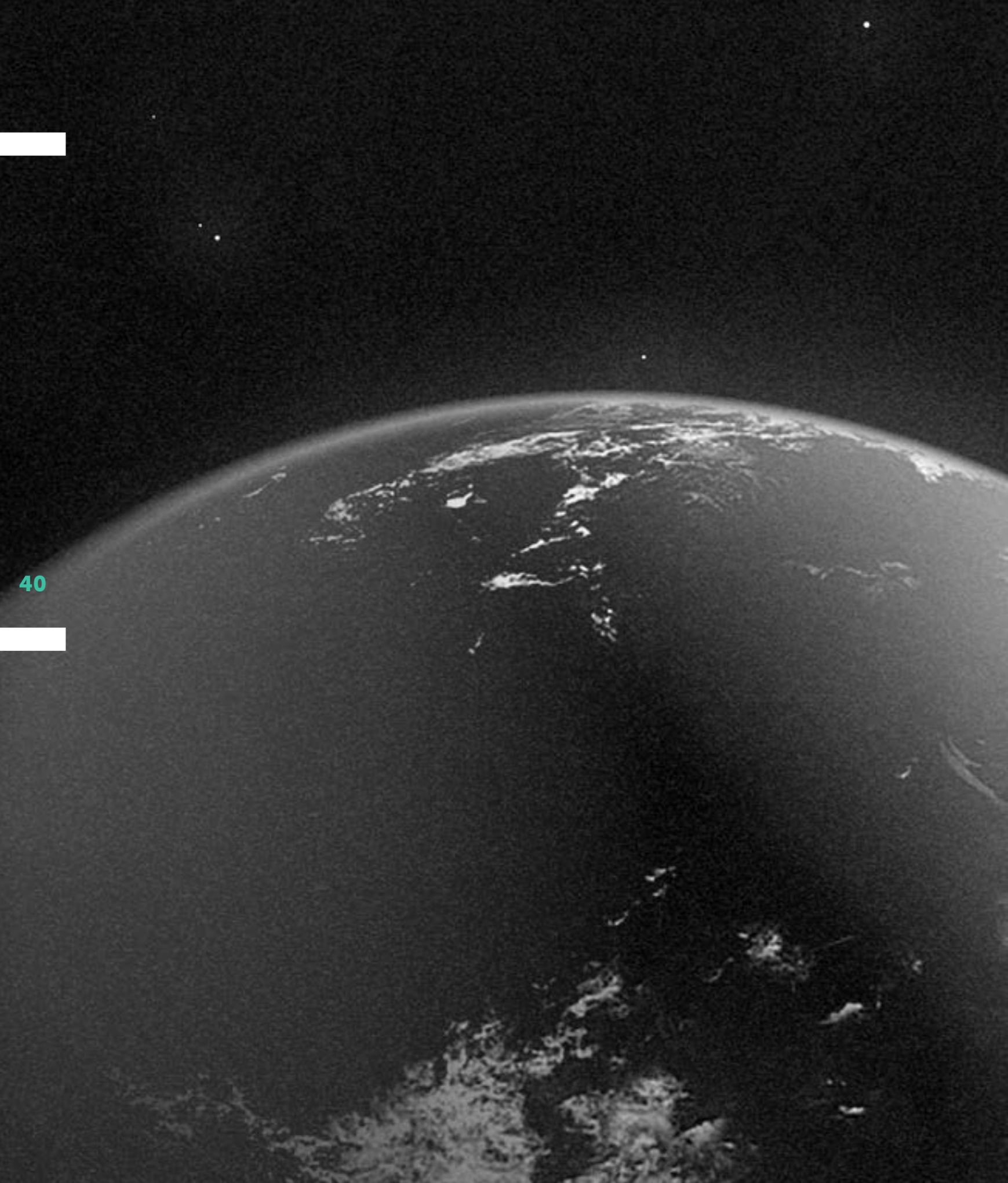
I am still hoping that a big beer company from the Netherlands wants to sponsor my project. I think that tea and coffee in time will be grown and making beer is quite easy, so I do not think one could stop that from happening. Cigarettes etc. are a severe risk, not only for yourself but also for the domes, since you must burn them and that will be strictly forbidden.

*Any idea how Martian beer might taste? Or maybe wine? That could be a commercial hit – Martian wine. Do you think it is possible?*

I think the beer may not be that different, but wine could taste different, since it depends on the soil where the grapes are cultivated. The Martian soils resembles a bit loess, also found in the south of the Netherlands. This is an excellent soil for cultivating grapes and a good quality of wine, so who knows, wine from Mars, a bit different in taste and unbelievable expensive (now it costs about 100.000 \$ to get 1 kg of mass from earth into space).



40







Designing for  
extraterrestrial  
purposes

**Poza ziemskim  
designem**

# Poza ziemskim designem

42

**Andrzej Szozda:** *Projektowanie czegokolwiek, co ma być użyte w Kosmosie, na Księżycu czy Marsie, musi uwzględniać wiele czynników, takich jak: nieważkość, niska grawitacja, brak atmosfery, trująca dla człowieka mieszanina gazów, promieniowanie, ekstremalne warunki atmosferyczne. Jak to wpływa na projektowanie urządzeń dla wypraw kosmicznych?*

**Michał Kracik:** Przede wszystkim trzeba dobrze te warunki zrozumieć. O ile na Ziemi informacja o niskiej temperaturze daje nam ogólne pojęcie o warunkach zewnętrznych, o tyle w przestrzeni kosmicznej sytuacja robi się skomplikowana, bo dochodzą inne czynniki: gęstość atmosfery lub jej brak, a co za tym idzie inne poziomy konwekcji, przewodnictwa czy radiacji. O ile warunki atmosferyczne czy promieniowanie kosmiczne mogą mieć zabójczy wpływ i nie da się ich pominąć na poziomie każdej decyzji projektowej, to już niuanse w różnicach grawitacji pod kątem projektowania przedmiotów, skafandrów, itp. powodują dodatkowe wyzwanie dla projektanta. Głównie dlatego, że ziemskie doświadczenie grawitacji jest bardzo konkretne i trudno jest symulować inne warunki, przez co brak doświadczenia może spowodować szereg uproszczeń czy błędnych interpretacji. Wydaje się, że na każdym etapie projektowania najważniejsze jest kwestionowanie dotychczasowego doświadczenia ziemskiego oraz jak najpełniejsze zrozumienie złożonych warunków, dla których projektujemy. Ponadto, krótkie misje będą miały zupełnie inne priorytety niż misje o dłuższym trwaniu, nie wspominając już o misjach kolonizacyjnych, gdzie ilość zmiennych do przewidzenia, uwzględnienia i zaprojektowania jest gigantyczna.

*Jakie ogólne cechy powinny mieć kosmiczne przedmioty, choćby przybory do jedzenia?*

Niezawodność i funkcjonalność przy zachowaniu minimalnej wagi. Takie założenia przyświecały większości projektów, które znajdują się obecnie m.in. na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Jednak z punktu widzenia wzornictwa to nie wystarczy. Brak uwzględnienia aspektów estetycznych czy ergonomii może w równym stopniu wpływać na zagrożenie misji, szczególnie tych długich. Dla użytkownika, nawet jeśli jest to tak szczególna osoba jak astronauta, ważne jest, by przedmioty budziły zaufanie oraz odpowiadały swojej funkcji. Zaś od strony estetycznej – powinny komunikować wspomniane wcześniej cechy, mieć dopracowane detale, być dostosowane do warunków, w których mają funkcjonować. Nie mogą też być nudne, powinny sprawiać przyjemność przez sam fakt ich używania.

*Oglądając zdjęcia z Międzynarodowej Stacji Kosmicznej, a szczególnie z pierwszych lotów kosmicznych, widzimy, że dbałość o komfort astronautów była na szarym końcu podczas projektowania przestrzeni i urządzeń. Kiedy oglądamy wizualizacje pomieszczeń oraz urządzeń codziennego użytku projektowanych dla bazy na Księżycu, długich lotów na Marsa czy marsjańskich osiedli, wydaje się, że komfort i estetyka stają się tam równie ważne, co użyteczność. Czy te cechy okazały się konieczne ze względu na psychikę człowieka?*

Zdecydowanie tak, choć prezentowane wizualizacje często nie mają wiele wspólnego z rzeczywistym projektowaniem. Niejednokrotnie agencje kosmiczne, chcąc wzbudzić emocje i zainteresowanie tematem, prezentują bardzo koncepcyjne wersje rozwiązań, z pełną

**Michał Kracik**

Projektant wzornictwa, adiunkt i prodziekan na Wydziale Form Przemysłowych Akademii Sztuk Pięknych w Krakowie, gdzie m.in. prowadzi Pracownię Projektowania dla Środowisk Ekstremalnych. Prowadził badania w Massachusetts Institute of Technology (MIT) w Zakładzie Aeronautyki i Astronautyki.

świadomością, że właściwy system wymagałby jeszcze wielu decyzji projektowych. Tu należy wspomnieć o Skylab, pierwszej amerykańskiej stacji kosmicznej, która zadebiutowała w 1973 roku. Zapewniała ona, jak do tej pory, największą przestrzeni na jednego członka załogi, posiadała takie luksusy jak prysznic oraz wiele innych elementów biorących pod uwagę właśnie aspekty psychologiczne. Odpowiedzialnym za projekt wnętrza stacji był jeden z największych projektantów wzornictwa, Raymond Loewy. Widać to szczególnie, gdy porównamy Skylab z Międzynarodową Stacją Kosmiczną, której zabrakło tak mocnej osobowości jak Loewy, a rola projektantów została zmarginalizowana i większość ich propozycji pozostała w szufladach.

*Podróż na Marsa będzie długa. Jak to wpływa na projektowanie przestrzeni statków kosmicznych?*

Przy obecnej technologii czas podróży z Ziemi na Marsa wynosi około 6 miesięcy. To na tyle długi okres, że przestrzeń będzie musiała posiadać podstawowe cechy wnętrza mieszkalnego, a nie tymczasowego schronienia. Miejsca do pracy, relaksu, snu, ćwiczeń, higieny, posiłków muszą być uwzględnione. Każda z tych funkcji jest ważna i będzie wpływać na powodzenie lub porażkę misji. Umiejętne odnalezienie się w sieci ograniczeń, zarówno przestrzennych jak i finansowych, będzie wymagało wiele pracy multidyscyplinarnych zespołów projektowych, aby znaleźć właściwy kompromis. Poruszony przez pana aspekt odległości od Ziemi, a tym samym samowystarczalności statku kosmicznego, to moim zdaniem najtrudniejsza do pokonania kwestia. Trudniejsza niż promieniowanie.

*Dlaczego trudniejsza?*

Dlatego, że nie da się jej w pełni symulować na Ziemi, na orbicie okołozemskiej czy nawet na Księżycu. Chodzi o zmienną odległość Marsa od Ziemi, brak komunikacji w czasie rzeczywistym, a także ograniczone możliwości wystąpienia misji ratunkowej. Wracając do pytania o cechy urządzeń: systemy muszą być niezawodne, a że jest to w praktyce niemożliwe, muszą dać się w niezbędnym zakresie naprawić. To na pewno jedna z ważniejszych cech, która da załozie poczucie bezpieczeństwa. Jest cały szereg elementów, które będą oddziaływały na

psychikę załogi, a na które wpływ będą mieli – mam nadzieję – projektanci. Światło, atmosfera, przestrzeń i jej charakter, możliwość znalezienia właściwego balansu między towarzystwem innych członków załogi a odosobnieniem.

*Pobyty na Marsie także będą trwałe długo, zanim – jeśli w ogóle – astronauty powrócą na Ziemię. Jak to wpływa na projektowanie przestrzeni mieszkalnych?*

Myślę, że pierwsze misje będą zakładały powrót ludzi na Ziemię. Trudno mi sobie wyobrazić zachodnie państwo, które w imię eksploracji Marsa wysła swoich obywateli na pewną śmierć za pieniądze współobywateli... Na początku będą to habitaty tymczasowe, przywiezione z Ziemi. Być może będą korzystały z odpowiedniej lokalizacji, z regolitu lub lodu w celu ochrony przed promieniowaniem. Później będą się wtapiać w otoczenie, wykorzystywać lokalne materiały do budowy coraz bardziej złożonych systemów. Jeśli chodzi o rozwiązania tymczasowe, ważne będzie poczucie bezpieczeństwa, zachowanie właściwej bariery między człowiekiem a zabójczym środowiskiem. Trzeba pamiętać, że to śmiertelne otoczenie może być dla nas fascynujące, będzie kusić swoją tajemniczością, innością. To także ważna sprawa w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa załogi, np. wymogu bezwzględnego podporządkowania się procedurom. Już podczas pierwszych misji programu Mercury (Aurora 7) Scott Carpenter, podobno pod wpływem wrażeń z obecności w przestrzeni kosmicznej, miał problemy z wykonywaniem komend związanych z koniecznością zakończenia misji i powrotem na Ziemię.

*Z czego będą budowane marsjańskie habitaty?*

*Prowadzono badania nad imitacją gleby marsjańskiej, która zawiera dużo rudy żelaza. Okazało się, że można z niej stworzyć niezwykle mocne cegły. Czy to dobre rozwiązanie?*

Ze względu na odległość naszej planety od Marsa wszelkie długofalowe wizje eksploracji zmierzają do uzyskania niezależności surowcowej od Ziemi. Regolit planetarny będzie jednym ze składników, które dadzą możliwość uzyskania pełnej niezależności. Do tego przewiduje się wykorzystanie wody (m.in. z lodu z wiecznie



zaciemionych kraterów), energii słonecznej, gazów z atmosfery marsjańskiej itp.

*Jeśli tak, to trzeba zaprojektować urządzenia do budowy habitatów z takich cegieł. Trudno sobie wyobrazić murarzy w kosmicznych kombinezonach...*

Prawdopodobnie należy liczyć na zautomatyzowanie tych procesów. Już dziś istnieją drukarki domów z betonu, prowadzi się szerokie badania dotyczące możliwości spiekania laserem lub scalania za pomocą innego spoiwa gleby marsjańskiej, właśnie w celu budowy struktur mieszkalnych i ochronnych na Marsie. Tu jestem spokojny o możliwości technologiczne. Większym wyzwaniem byłoby wystanie takich urządzeń na Marsa, ich bezpieczne lądowanie, samoinstalacja i zdalne zarządzanie systemami tak, aby przynajmniej przetestować ich działanie przed przylotem pierwszych ludzi.

*Jak druk 3D będzie wykorzystywany na Marsie i w trakcie podróży na Czerwoną Planetę?*

Szeroko rozumiana technologia druku 3D istotnie daje nadzieję na samowystarczalność przyszłych kolonii księżycowych czy marsjańskich. Zapewnia również wystarczający poziom bezpieczeństwa podczas lotu, gdyż pozwala na wytwarzanie potrzebnych części zamiennych do statków i habitatów. Rozwój druku 3D daje coraz szersze możliwości wykorzystania: począwszy od części zamiennych, przez przedmioty użytkowe, elementy habitatów, całe habitaty (osłony przed promieniowaniem), po jedzenie czy tkanki organiczne (*części zamienne* dla członków załogi). W przyszłości zapewne opracujemy samoorganizujące się na poziomie atomowym struktury, określane ogólnie mianem nanotechnologii, ale w skali makro. Taka technologia nie wymagałaby nawet urządzenia drukującego, jedynie materiału, który poprzez wydanie odpowiedniej komendy, będzie w stanie sam się zorganizować w zaprojektowaną wcześniej strukturę.

*Życie codzienne to takie czynności, jak mycie się, pranie, zaspokajanie potrzeb fizjologicznych, jedzenie, gotowanie – czy może drukowanie – pożywienia. Jak będą wyglądały urządzenia potrzebne do tych czynności?*

To wbrew pozorom bardzo trudne pytanie. Na tym etapie różne zespoły na całym świecie próbują sobie, przy mniej lub bardziej realnych założeniach, wyobrazić te systemy. To też zadanie, jakim zajmujemy się wraz ze studentami na zajęciach w Pracowni Projektowania dla Środowisk Ekstremalnych Wydziału Form Przemysłowych na ASP w Krakowie. Część rezultatów można zobaczyć na prezentowanej w ramach Festiwalu Przemiany wystawie Mars\_2030. Wszystkie tematy projektowe, jakie realizowaliśmy, były zaproponowane przez NASA i z nią konsultowane. Brały pod uwagę perspektywę najbliższych 10–20 lat i pierwszych załogowych misji na Marsa, a także istotne ograniczenia, czyli jak najmniejszy rozmiar, wagę oraz koszty. Innym istotnym wątkiem wydaje się kwestia naśladowania ziemskich schematów. Często podświadomie powielamy pewne rozwiązania, do których przywykliśmy. Mamy problem z kwestionowaniem *ziemskiego* designu, bo nie znamy innego. Jeżeli jednak towarzyszy temu świadomy proces myślowo-projektowy, te nawiązania mają zapewniać *łątność* z Ziemią, przywoływać atmosferę domu, pojęć i doświadczeń nam bliskich, uważanych za ważne w kształtowaniu poczucia bezpieczeństwa czy wręcz tożsamości. W tym miejscu nasuwa się refleksja, czy takie domowe, swojskie podejście jest rzeczywiście najwłaściwsze? Nie jestem pewien. Coś skłania mnie do refleksji, że jest to dobry moment do próby wyjścia poza schematy, szukania nowych aksjomatów dla projektowania w nowych środowiskach, dla nowych społeczeństw, kultur, a wreszcie cywilizacji pozaziemskich. Pierwszy załogowy lot misji Apollo 8 wokół Księżyca, dzięki któremu mamy piękne zdjęcia *wschodu Ziemi*, pokazał, że eksploracja Kosmosu jest też odkrywaniem na nowo naszej planety. Również w sensie symbolicznym pozwala nam docenić jej rolę, znaczenie i wyjątkowość.

*Podczas podróży na Marsa nie będzie można uzupełnić zapasów. Trzeba odzyskiwać choćby wodę, tlen i produkować żywność. Systemy odzyskiwania wody i tlenu działają teraz na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Czy w statkach lecących na Marsa będą inne?*

Jeżeli będą inne, to na pewno bardziej wydajne. Ciekawym podejściem wydają się np. prowadzone próby tężenia systemów odzyskiwania wody przy jednoczesnej ochronie przed promieniowaniem.

*Ludzka kolonia na Marsie, żeby przetrwać, musi zakładać istnienie ludzkiego potomstwa. Pierwsze marsjańskie dziecko będzie miało samotne dzieciństwo, tylko z dorosłymi w bardzo ograniczonej przestrzeni. W marsjańskiej kolonii ludzie będą też umierali. Jak będą chowani?*

Perspektywa pierwszych narodzin na Marsie jest niesamowicie inspirująca nie tylko pod względem warunków rozwoju dla takich dzieci, ale też ze względów kulturowych, prawnych czy światopoglądowych. Nawet w małej kolonii na Marsie kwestie związane z naszym życiem: poród, dorastanie, edukacja, praca, emerytura, a przede wszystkim (gdyż nastąpi prawdopodobnie zanim te wcześniej wymienione) śmierć – będą musiały zostać zaplanowane, zarówno pod kątem technicznym, jak i społeczno-kulturowym. Od strony technicznej przypuszczalnie kwestie pochówku rozwiązane będą poprzez grzebanie (prawdopodobnie przy pomocy robotów kopiących) zmarłych w *ziemi*. Oczywiście z uwzględnieniem zasad ochrony czystości planetarnej, czyli hermetycznego zamknięcia, tak aby żadne organizmy ziemskie nie skaziły form organicznych na Marsie. Istnieją szczegółowe zasady tzw. *planetary protection*, których należy przestrzegać, zwłaszcza gdy wciąż szukamy dowodów na istnienie życia na Marsie. Abstrahując od tak konkretnych czynności, choć to do nich będzie sprowadzać się życie w przyszłych koloniach, myślę, że trzeba być otwartym na nowe formy działania, rytuały, obrzędy, tradycje. Na pewno nie uda nam się całkowicie zerwać z tym, jak ukształtowała nas ziemską cywilizacja, ale wydaje się to być fascynujące, jak odmiennie może ona wyglądać na innej planecie.

# Designing for extraterrestrial purposes

46

**Andrzej Szozda:** *Designing anything that is to be used in space, on the Moon, or on Mars must take into account many factors, such as weightlessness or low gravity, lack of atmosphere, or the toxic to humans gas mixture, radiation, as well as extreme weather conditions. How does this affect the process of designing devices for space travel?*

**Michał Kracik:** First of all, you have to understand these conditions well. While on earth low temperature data give us a general idea of external conditions, in space this gets much more complicated due to additional factors: the density of the atmosphere or its lack, and consequently different levels of convection, conductivity and radiation. While atmospheric conditions, cosmic rays can have a lethal effect and cannot be ignored when making design decision, nuances in the gravitational differences in the design of objects, suits, etc., create additional challenges for the designer. Mostly, because our earthly experience of gravity, for example, is very specific and it is difficult to simulate other conditions, so the lack of experience can lead to a number of simplifications or misinterpretations. It seems that at every stage of design for such conditions, it is most important to question earthly experiences, and to understand as fully as possible the complex relationship of the conditions for which we are designing.

In addition, short-term missions will have completely different priorities than long-term missions, not to mention colonization missions, where the number of variables to predict, consider and design is enormous.

*What general characteristics should cosmic objects have, such as eating utensils, for example?*

Reliability and functionality with minimum weight. Such assumptions guide most of the current ISS projects. From the design standpoint, it is not enough. Failure to incorporate aesthetic aspects or ergonomics can negatively affect missions, especially the long-term ones. For a user, even someone distinct like an astronaut, objects should inspire trust and be functional. And on the aesthetic side – to communicate the aforementioned qualities; have fine-tuned details; and be tailored to the conditions for which they are intended. Also, they should not be dull in their expression; their very use should bring joy.

*Looking at ISS photos, especially from the first space flight, you can see that the comfort of astronauts was at the bottom of the list when designing the space and equipment. When we look at visualizations of rooms or equipment for daily use designed for a moon base, long flights to Mars, or Martian settlements, you can see that comfort and aesthetics are equally important there as usefulness. Have these qualities proved necessary because of the human psyche?*

Definitely yes, although the often presented visualizations do not have much in common with the actual design process. Often, space agencies, in an effort to evoke emotions and interest in the subject, present very conceptual solutions, fully aware that the actual system would still require many design decisions. Here we should mention Skylab, the first US space station that made its debut in 1973. It provided the most space per crew member thus far, had luxuries such as a shower, and many other elements taking the human psyche into consideration. The renowned designer Raymond Loewy was responsible for

**Michał Kracik**

Designer, Associate Professor and Associate Dean of the Department of Industrial Forms at the Academy of Fine Arts in Krakow, where he heads the Design Studio for Extreme Environments. He conducted research at the Massachusetts Institute of Technology (MIT), Department of Aeronautics and Astronautics.

the interior design of the space station. This is especially evident when comparing Skylab with the ISS, the latter lacking a powerful personality such as Loewy, where the role of designers was marginalized, and most of their proposals remained on the cutting room floor.

*The journey to Mars will be long. How does this affect the interior design of spaceships?*

A one-way trip with current technology would take about 6 months. It will be long enough that the interior space will have to have the basic features of a living space, not a temporary shelter. Such basic space functions as areas for work, relaxation, sleep, exercise, hygiene, meals, must be taken into account. Each of these functions is important and will affect the success or failure of the mission. Being able to function within constraints, both spatial and financial, will require a lot of work and multidisciplinary project teams to find the right compromise. The distance from Earth that you mentioned, requiring self-sufficiency, is the problem that I am most concerned about. It is more difficult than radiation because it cannot be fully simulated on Earth, in her orbit, or even on the Moon. We are talking about a variable distance between Mars and Earth, lack of real-time communication, and limited ability to send a rescue mission. Going back to the question about device features. Systems must be reliable, and since that is impossible to test in practice, they need to be fixable to the extent necessary. This is certainly one of the most important features that will give the crew a sense of security. There are numerous elements that will affect the psyche of the crew, and which the designers will hopefully be able to influence. Light, atmosphere, space and its nature (constant vs. variable, adaptable), and proper balance between the company of other crew members and isolation.

*The time spent on Mars will also be lengthy before returning to Earth will be possible (if at all). How does this affect the design of living spaces?*

I think that, in any case, first missions will assume that people will return to Earth. It is hard for me to imagine that a western nation, in the name of exploring Mars, will send its citizens to a certain death, at the expense of fellow citizens. In the beginning, they will be temporary habitats, brought from Earth. Perhaps they will use an appropriate location, regolith or ice to protect from radiation. Then they will melt into the environment, use geology, materials to build increasingly complex systems. When it comes to temporary solutions, safety will again be important, the right barrier between man and the deadly environment. We have to remember that this deadly environment will be fascinating to us, and will be tempting us with its mysterious, unique nature. This will also be an important factor when considering safety, such as ensuring the crew follow procedure, etc. During the first Mercury (Aurora 7) mission, Scott Carpenter reportedly had *issues* with executing orders to end the mission and return to Earth.

*What will be used to build Martian habitats? Research was being conducted on imitation Martian soil and it turned out that it could be used to make unusually strong bricks. (Martian soil contains a lot of iron ore) Is this a good solution?*

Because of the Earth's distance from Mars, any long-term exploration plans aim to gain independence from earthly resources. Planetary regolith will be one of the ingredients enabling full independence. Using water (including from ice in permanently shadowed craters), solar energy, gases from the Martian atmosphere, etc. is also planned.

*If that is the case, it will be necessary to design equipment to construct habitats using such bricks. It is hard to imagine bricklayers in space suits.*

In this case we would probably rely on automation of these processes. Today, there are already concrete house printers available on Earth, extensive research is being conducted on the possibility of laser sintering Martial soil or combining it with another building material,



specifically for the purpose of building residential, protective structures on Mars. In this respect I am not worried about the technological possibilities, the bigger challenge now would be to send such devices to Mars, their safe landing, self-installation and to remotely control the systems to at least test their operation before the first humans arrive.

*How will 3D printing be used on Mars and en route to the Red Planet.*

3D printing technology offers substantial hope for the self-sufficiency of future lunar or Martian colonies, as well as provides sufficient safety during the flight as it allows the production of spare parts for ships and habitats. The development of 3D printing technology provides increasingly more possibilities for use, from spare parts, utility items, habitat elements, entire habitats (radiation shielding) to food or organic tissue (*spare parts* for the crew). In the future, we will probably develop self-organizing atomic structures, generally referred to as nanotechnology, but on a macro scale. Such technology would not even require a printing device, only material that, by issuing the right command, would be able to organize itself into a pre-designed structure.

*Everyday life consists of such activities as washing, laundry, physiological needs (toilets), eating, cooking (or printing food). What will the devices needed for these activities look like?*

This is actually a very difficult question, at this stage teams all over the world are trying to visualize these systems using more or less realistic assumptions. This is also a task we involve our students in at the Design Studio for Extreme Environments in the Department of Industrial Forms of the Krakow Academy of Fine Arts. Some of the results can be seen in the Mars\_2030 exhibition presented at the Przemiany Festival. All our design topics were proposed by NASA and consulted with them. They took into account the perspective of 10-20 years and the first manned missions to Mars, as well as current limitations, i.e. the smallest possible size and weight, as well as costs. Another important issue seems to be the matter of imitating certain earthly patterns. We often subconsciously duplicate some of the solutions we have become accustomed to on Earth. We have a problem with questioning

*earthly* design because we know nothing else. If, however, it is accompanied by a conscious thought-design process, these connections are supposed to provide *communication* with Earth, invoke the atmosphere of home, the concepts and experiences of our loved ones, considered important in shaping our sense of security or identity.

At this point we wonder whether this *homely, domestic* approach is actually the most appropriate. I'm not sure, but something makes me think that it's a good time to try to go beyond the framework, look for new axioms for designing in new environments, new societies, cultures, and finally extra-terrestrial civilizations. The first manned flight around the moon, the Apollo 8 mission, thanks to which we have beautiful photos of the *rise of the Earth*, shows that the exploration of space is also about rediscovering our planet. Also in the symbolic sense it allows us to appreciate her role, significance and uniqueness.

*While en route to Mars, it will not be possible to replenish the stocks. It will be necessary to recover water, oxygen and produce food in some way. Water and oxygen recovery systems now operate on the ISS. Will there be other systems on the spaceships flying to Mars?*

If there will be other systems, they will definitely be more efficient. One interesting approach is attempting to combine water recovery systems with radiation protection systems (water walls).

*In order for a human colony to survive on Mars it must assume the existence of human descendants. The first Martian child will have a lonely childhood, having only adults around and living in a very limited space. Also, people will die in the Martian colony. How will they be buried?*

The prospect of the first birth on Mars is incredibly inspirational, not only in terms of the developmental and environmental conditions for such children, but also for cultural, legal or philosophical reasons. Even in a small colony on Mars, aspects of our lives, such as childbirth, adolescence, education, work, retirement, and above all (as most likely it will occur before the other ones mentioned) death, will have to be planned, both in terms of technical, as well as


socio-cultural aspects. Technically, the burial issues are likely to be solved by burying (probably with the help of digging robots) the dead in the *ground*. Obviously, taking into account the principles of planetary cleanliness, i.e. hermetic sealing, so that no terrestrial organisms contaminate the organic forms on Mars. There are detailed rules of planetary protection to be observed, especially when we are still looking for proof of the existence of life on Mars. Apart from these particular activities, although it is on them that life in future colonies will be based, I believe we must be open to new ways of living, rituals, rites, and traditions. We certainly will not be able to completely break away from the way civilization has shaped us, but it is fascinating to wonder how different life may look on another planet.



50








The  
(not-quite)  
Cosmic Law

**Prawo  
(nie całkiem)  
kosmiczne**



# Prawo (nie całkiem) kosmiczne

52

Koniec lat 60. ubiegłego wieku to apogeum wyścigu kosmicznego między USA a ZSRR. W lutym 1966 roku na Księżycu wylądował pierwszy stworzony przez człowieka obiekt (Łuna 9), a miesiąc później na orbitę Srebrnego Globu wszedł jego pierwszy sztuczny satelita, czyli Łuna 10. Trzy lata później w lipcu 1969 roku Amerykanin Neil Armstrong jako pierwszy człowiek postawił stopę na Księżycu. Wcześniej Amerykanie, realizując program Gemini, udowodnili, że można łączyć statki kosmiczne w przestrzeni, a astronauta z powodzeniem mogą spędzić kilka godzin na spacerze w przestrzeni kosmicznej.

Wyścigowi technologicznemu towarzyszyło powstawanie pierwszych regulacji prawnych. W styczniu 1967 zakończyły się negocjacje Traktatu o przestrzeni kosmicznej, który do dziś określa najważniejsze zasady prawa kosmicznego. Obecnie stronami traktatu jest ponad sto państw, w tym wszystkie prowadzące programy lotów w Kosmos. To sukces, zwłaszcza jeśli zwrócimy uwagę, że młodszy o ledwie dekadę tzw. Traktat księżycowy, który miał rozwijać i precyzować zasady korzystania z przestrzeni, został ratyfikowany przez zaledwie dziewiętnaście krajów, z których żaden nie potrafi samodzielnie przeprowadzić lotu orbitalnego.

Traktat o przestrzeni kosmicznej pozostaje jedyną w miarę uniwersalną regulacją dotyczącą korzystania z zasobów kosmicznych. Traktat wspomina o wspólnym interesie całej ludzkości w prowadzeniu badań i użytkowaniu przestrzeni, a także o równości w dostępie do niej. Kosmos jest traktowany jako rzecz wspólna, czyli według zasad, które w prawie międzynarodowym przyjęto dla Antarktydy czy dla zasobów otwartego morza. Przykładowo, zgodnie z art. II przestrzeń kosmiczna *nie podlega zawłaszczeniu*

*przez państwa ani poprzez ogłoszenie suwerenności, ani w drodze użytkowania lub okupacji, ani w jakikolwiek inny sposób (zasada nieprzywłaszczania). Z kolei w myśl art. I przestrzeń jest wolna dla badań i użytkowania przez wszystkie państwa bez jakiegokolwiek dyskryminacji.*

Dziś, kiedy przestrzeń kosmiczna zaczyna być eksplorowana przez prywatny sektor, pojawiają się kolejne spory o interpretację tych zasad, a ponad pięćdziesięcioletni traktat przestaje wystarczać. Czy wydobycie Helu-3 z księżycowego regolitu byłoby naruszeniem zasady nieprzywłaszczania? Czy dopuszczalne jest wydobywanie minerałów z asteroid? To tylko niektóre nasuwające się pytania, a bardzo ogólne sformułowania zawarte w traktacie nie dają na nie odpowiedzi.

Jeśli czytać traktat dosłownie, znajdziemy tylko zakaz *zawłaszczenia* ciała niebieskiego. Gdy przypomnimy sobie kontekst powstawania tych przepisów, łatwo możemy wyobrazić sobie obawy przed sytuacją, w której pierwszy człowiek na Księżycu tuż po wylądowaniu wypowiada słowa: *Zajmuję ten teren w imieniu...* Rumuński prawnik Virgiliu Pop twierdzi, że surowce wydobywane z ciała niebieskiego to nie to samo, co ciało niebieskie, a wyraźnego zakazu wydobycia surowców po prostu nie ma. Co więcej, traktat wprost dopuszcza *użytkowanie* ciał niebieskich, a w tym pojęciu wydaje się mieścić także górnictwo.

Z drugiej strony, odpowiadają przeciwnicy takiego podejścia, skoro dopuszczamy przejście na własność surowców wydobytych z jakiegoś ciała niebieskiego, to musimy zadać sobie pytanie – czym właściwie jest własność? W Polsce o własności samochodu, książki czy mieszkania

Bohdan Widła

Radca prawny specjalizujący się w prawie IT. Doktorant na Uniwersytecie Jagiellońskim, entuzjasta astronomii.

możemy mówić dlatego, że konstytucja uznaje prywatną własność, a ustawy precyzują, co ta własność oznacza. Również zasady wydobywania węgla i innych kopalni są regulowane przez poszczególne kraje. Podobna sytuacja musiałaby wystąpić w przypadku surowców pochodzących z ciał niebieskich. Skoro dany kraj uznaje własność takich surowców, to czy w ten sposób nie uznaje swojej władzy nad nimi, łamiąc zasadę nieprzywłaszczania?

Ale przecież, odpowiedzą zwolennicy legalności kosmicznego górnictwa, ustanowiono już precedensy. Czy ktoś sprzeciwiał się, gdy blisko pół tony skał księżycowych, sprowadzonych na Ziemię w ramach programu Apollo, traktowano jako własność Stanów Zjednoczonych? Nawet jeśli nikt nie miał pretensji, ripostuje druga strona sporu, to o niczym nie świadczy, bo wówczas celem były badania naukowe, a nie eksploatacja na skalę przemysłową, która w przypadku mniejszych ciał niebieskich może doprowadzić wręcz do ich zniszczenia.

Taką wymianę argumentów można ciągnąć długo. Kłopot w tym, że spór dotyczy interpretacji przepisów prawa międzynarodowego, w którym sądownictwo ma charakter dobrowolny. Żeby jednoznacznie rozstrzygnąć wątpliwości co do tego, co tak naprawdę wynika z traktatu, trzeba albo międzynarodowego porozumienia, albo wzajemnej zgody kilku państw na rozpoczęcie procesu przed Międzynarodowym Trybunałem Sprawiedliwości. Perspektyw na jedno lub drugie na razie nie widać.

To oczywiście nie znaczy, że problem przestaje być istotny. Jak wskazuje specjalizujący się w prawie kosmicznym belgijski prawnik Philip De Man, poszczególne kraje mogą starać się przejąć inicjatywę i zmienić obowiązujące reguły metodą faktów dokonanych. Takie zarzuty padały pod adresem ustawy SPACE Act podpisanej przez prezydenta Obamę w listopadzie 2015 roku. Umożliwia ona amerykańskim obywatelom *komercyjną eksplorację i wydobywanie surowców kosmicznych*. Choć wyraźnie zaznaczono, że Stany Zjednoczone nie roszczą sobie prawa do jakiegokolwiek ciała niebieskiego, jej uchwalenie spotkało się z oskarżeniami o próbę obejścia prawa międzynarodowego. Dyplomatyczne dyskusje rozwijają się jednak niemrawo, a ich pierwszym punktem były

negocjacje dotyczące... nazwy punktu programu spotkania podkomisji prawnej w Komitecie ONZ ds. Pokojowego Wykorzystania Przestrzeni Kosmicznej. Kiedy zaczną powstawać pierwsze kopalnie na Księżycu i asteroidach, dyskusja z pewnością wybuchnie ze zdwojoną siłą. Jak zauważa Sarah Jane Fox, brytyjska prawniczka specjalizująca się w prawie międzynarodowym, nieuchronnie znajdziemy się wtedy w sytuacji znanej z Ziemi, między innymi z trwającego sporu Stanów Zjednoczonych i Chin o wykorzystanie zasobów Morza Południowocchińskiego.

Czego zatem możemy się spodziewać? Najlepszym wyjściem byłoby stworzenie nowej, międzynarodowej regulacji prawnej, która zastąpiłaby obecne przepisy. Taki *Traktat 2.0* mógłby wprost dopuścić eksploatację surowców z niektórych obiektów (na przykład mniejszych asteroid), ustanawiając jednocześnie strefy całkowicie wyłączone z eksploatacji innej niż badania naukowe (można wyobrazić sobie *parki narodowe* na Księżycu czy Marsie). Prowadzenie wydobywania można by obwarować dodatkowymi warunkami, zwłaszcza wymogiem dopuszczenia naukowców do prowadzenia badań przed rozpoczęciem wydobywania, tak jak ma to miejsce na Ziemi, gdy archeologowie przekopują plac budowy, zanim pojawi się na nim ciężki sprzęt. Dobrze byłoby zadbać też o ochronę środowiska, w tym o zasady gospodarowania odpadami czy reguły postępowania w obszarach możliwych do zamieszkania (np. mogących zawierać wodę w stanie ciekłym).

Taki traktat wymagałby jednak wieloletnich negocjacji, a niewykluczone, że po ich zakończeniu i tak byłby niedostosowany do szybko zmieniającej się rzeczywistości. Dlatego osobiście za najbardziej prawdopodobny uważam scenariusz pesymistyczny, sprowadzający się do tego, że kolejne kraje, w miarę uzyskiwania zdolności do prowadzenia wydobywania pozaziemskich surowców, będą to po prostu robić, powołując się na korzystną dla siebie interpretację obecnego prawa. Ciąg dalszy będzie już czysto ziemską polityką.



# The (not-quite) Cosmic Law

54

The end of the 1960s was the height of the space race between the US and the USSR. In February 1966, the first man-made object (Luna 9) landed on the Moon, and one month later, the first artificial satellite, the Luna 10, entered the orbit of the Silver Globe. Three years later in July 1969, the American Neil Armstrong was the first man to set foot on the moon. Earlier, while implementing Project Gemini, the Americans proved that spaceships can be joined together in space, and astronauts can easily spend hours outside the ship on space walks.

The technological race was accompanied by the creation of first legal regulations. January 1967 saw the end of the Space Treaty negotiations, which to this day defines the most important rules of cosmic law. Currently, more than a hundred countries are involved in the treaty, including all those leading space flight programmes. This is a success, especially if we consider that the Lunar Treaty, younger by barely a decade, which was to develop and clarify the rules of space use, was ratified by only nineteen countries, none of which can carry out an orbital flight on its own.

The Space Treaty remains the only universally applicable regulation on the use of space resources. The Treaty mentions the common interest of all mankind in the conduct of research and the use of space, as well as having equal access to it. The cosmos is treated as a common thing, that is, according to the rules that have been adopted by international law for Antarctica or for open sea resources. For example, according to Art. II, Outer Space *is not subject to national appropriation by claim of sovereignty, by means of use or occupation, or by any other means* (non-appropriation principle). In turn, according to Art. I, Outer Space *shall be free for exploration and use by all States without*

*discrimination of any kind.* Today, when space is starting to be explored by the private sector, further disputes arise regarding the interpretation of these principles, and an over fifty-year-old treaty is beginning to crack. Would the extraction of Helium-3 from the lunar regolith be a violation of the non-appropriation principle? Is it allowed to extract minerals from asteroids? These are just some of the questions put forward, and the very general wording of the Treaty does not provide the answers.

If we read the treaty literally, we find only a ban on the *appropriation* of a celestial body. When we recall the context in which these rules were created, we can easily imagine fear of a situation where the first man on the moon, just after landing, says, *I take over this land in the name of...* Romanian lawyer Virgiliu Pop claims that the raw material extracted from a celestial body is not the same as the celestial body itself, and the explicit prohibition of extracting raw materials is simply not there. Moreover, the treaty explicitly permits the *use* of celestial bodies, and mining seems to be included in this concept.

On the other hand, opponents of such an approach argue that, since we allow the acquisition of raw materials extracted from some celestial body, we must ask ourselves – what exactly constitutes property? In Poland, we can talk about owning a car, a book or a flat because the Constitution recognizes private property and the law specifies what this property means. Also, the rules for mining coal and other minerals are regulated by individual countries. A similar situation would have to occur in the case of raw materials taken from celestial bodies. If a country recognizes the ownership of such raw materials, does this not mean that it also recognizes its

**Bohdan Widła**

Legal counsel, his practice focuses on IT law. He is currently preparing a PhD dissertation at the Jagiellonian University. An astronomy and space enthusiast.

authority over them, thus breaking the non-appropriation principle?

But, as supporters of legalizing space mining will argue, there are already precedents in this respect. Did anyone object to the nearly half a ton of moon rock brought back to Earth during the Apollo mission being treated as US property? Even if no one objected, argues the other side, it means nothing, because at that time the purpose was scientific research, not an industrial-scale operation, which, in the case of smaller celestial bodies, may lead to their destruction.

This argument can go on for a long time. The trouble is that the dispute is about the interpretation of international law, in which the judicial system is voluntary. In order to clarify the doubts as to the actual meaning of the Treaty, we need either an international agreement, or the mutual consent of several states to initiate the process before the International Court of Justice. The prospects for either option are weak at this point.

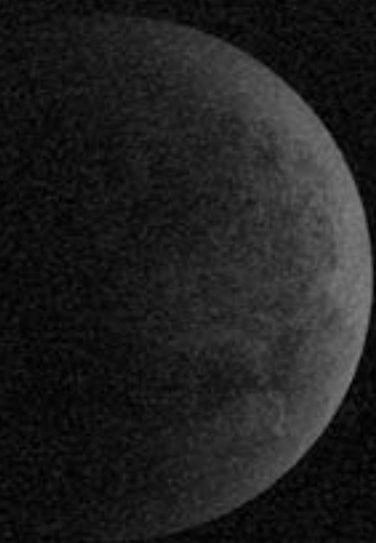
This obviously does not mean that the problem is no longer relevant. According to Belgian lawyer Philip De Man, a space law expert, individual countries may seek to take the initiative and change the existing rules by *fait accompli* (presenting it as a done deal). Such accusations were made in relation to the SPACE Act signed by President Obama in November 2015. It allows American citizens to *commercially explore and extract space resources*. Although it has been clearly stated that the United States does not claim the right to any celestial body, its adoption has met with accusations of attempting to circumvent international law. Diplomatic discussions are moving at a sluggish pace, and their first order of business were negotiations with respect to ... the name of the agenda item in the meeting of the legal subcommittee at the UN Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. When the first mines begin to appear on the Moon and asteroids, the discussion will surely considerably speed up. According to Sarah Jane Fox, a British lawyer specializing in international law, we will then inevitably find ourselves in a very Earthly situation, similar to the ongoing dispute between the United States and China over the use of South China Sea resources.

So what can we expect? The best solution would be to create a new, international legal regulation that would replace the current legislation. Such *Treaty 2.0* could explicitly permit the use of raw materials from certain objects (for example, smaller asteroids), while establishing zones where exploitation will be completely off-limits, except when used for research (imagine *national parks* on the Moon or on Mars). Mining could be subject to additional conditions, in particular the requirement for scientists to be allowed to conduct exploration prior to mining, as is the case on Earth, when archaeologists explore the construction site before the heavy equipment arrives. It would also be good to protect the environment, including in the areas of waste management principles, and the rules for dealing with potential residential areas (such as those that may contain liquid water).

Such a treaty would, however, require long-term negotiations, and it is possible that, once completed, it would not be suited to a rapidly changing reality. Therefore, I personally believe that what will ultimately take place is the most likely pessimistic scenario, in which other countries, as they acquire the capacity to exploit extraterrestrial resources, will simply do so, referring to their own interpretation of the present law. It will be followed by purely earthly politics.



56





---

Orange peel.

A word of caution  
from Charles  
Cockell

**Skórka pomarańczy.  
Przestroga  
Charlesa Cockella**

---

# Skórka pomarańczy. Przestroga Charlesa Cockella

58

*Państwo tworzy się dlatego, że żaden z nas nie jest samowystarczalny, tylko mu potrzeba wielu innych*  
– Platon

W 2020 roku firma Axiom Space zamierza wystać na orbitę wielozadaniowy moduł mieszkalny, który doczepiony zostanie do Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. To pierwszy etap budowy prywatnej stacji, służącej zarówno jako laboratorium, jak i hotel dla kosmicznych turystów. Agencje kosmiczne, amerykańska i chińska, planują załogowe misje badawcze na Marsa. Prywatne firmy przygotowują się do wydobywania cennych surowców z asteroid. Na Ziemi prowadzone są eksperymenty z hodowlą pożywienia na suplementach gleby księżycowej i marsjańskiej. W analogowych habitatach trenują przyszli astronauta zamierzający podjąć się długich lotów kosmicznych. Czy nasz świat przygotowuje się zatem do nowej ery kolonizacji, jak chciałby tego Elon Musk? Czy nazwiemy kiedyś Mars Nową Ziemią? Kim będą jego obywatele i na jakich wartościach zbudują wspólnotę, w której przyjdzie im żyć?

Dopóki Kosmos zamieszkiwać będą wyłącznie naukowcy i specjaliści, wytrenowani i podporządkowani realizowanej misji, zarządzanie nimi będzie stosunkowo proste. W książce *Dissent, Revolution and Liberty Beyond Earth* Tony Milligan pisze: *Początkowa obecność ludzi w bazie na Księżycu lub na Marsie bez wątplenia przyjmie strukturę typową dla jednostki wojskowej (...). Z czasem jednak kolonie okrzepną i kiedy powiększą się o ludność cywilną, będą*

musiały zmierzyć się z budowaniem systemu politycznego, dostosowanego do wyjątkowych warunków, których nie ma na Ziemi. Chodzi tu przede wszystkim o zapewnienie ludziom tlenu, wody, pożywienia czy odpowiedniego sposobu usuwania szkodliwych substancji.

Profesor Charles Cockell, astrobiolog z Uniwersytetu w Edynburgu, który zorganizował serię konferencji na temat ustroju społeczności kosmicznych w British Interplanetary Society, uważa, że *wszystkie środowiska pozaziemskie w jednym zasadniczym aspekcie różnią się od naszej planety: na Ziemi wszędzie można oddychać powietrzem. W obcych środowiskach powietrze nie jest bezpłatne – nie jest dostępne niezależnie od technologii; będzie musiało być wytwarzane. Twierdzą, że z tej jednej decydującej różnicy wyniknie niejedna rozbieżność pomiędzy społeczeństwami ziemskimi a pozaziemskimi.* Zdaniem naukowca dostarczanie tlenu może być wykorzystywane przez władze kosmicznej społeczności jako forma kontroli zachowania mieszkańców. Nie trzeba nawet zakręcać kurka. Wystarczy zagrozić, że tak się stanie. Skłonność do buntu znacznie wówczas zmaleje.

Cockell uważa, że pozaziemskie kolonie są skazane na tyranie, o ile nie stworzy się konstytucji gwarantującej prawa ich mieszkańcom. Jednym z postulatów jest

**Andrzej Szozda**

Dziennikarz radiowy, telewizyjny, prasowy i internetowy. Pracował w BBC, TVP, Polskim Radiu, TOK FM, Wprost, Puls TV i wielu innych redakcjach. Stypendysta German Marshall Fund i British Know How Fund.

wpisanie do niej istnienia wolnej prasy. Ma ona kontrolować rządzących oraz dostarczać mieszkańcom informacji, które w warunkach pozaziemskich mogą decydować o przetrwaniu.

Naukowcy z British Interplanetary Society proponują także zagwarantowanie istnienia związków zawodowych. Prywatne przedsiębiorstwa, które przymierzają się do eksploracji przestrzeni kosmicznej, potrafią bowiem być bardziej bezwzględne niż dyktatorzy państw. Na Ziemi za strajk może grozić zwolnienie z pracy. W przemysłowej stacji czy kopalni, na przykład na asteroidzie, konsekwencje sprzeciwu mogą być znacznie groźniejsze. Dlatego w konstytucji powinny być zapisane prawa pracownicze, jak choćby możliwość powrotu na Ziemię na koszt pracodawcy.

Sposobem na ochronę przed tyranią może być także rozproszony system wytwarzania dóbr. Skoro centralne zarządzanie niezbędnymi do życia produktami rodzi pokusę kontrolowania mieszkańców i ograniczania ich skłonności do buntu, należy wprowadzić rozwiązania, które dywersyfikując systemy produkcji zmniejszą możliwość wywierania nacisku na społeczność. Każdy powinien mieć zagwarantowaną możliwość do posiadania własnych urządzeń do ekstrakowania tlenu, wody i hodowli żywności.

W każdym państwie istnieje grupa ludzi władzy, która nie jest wybierana w wyborach powszechnych. Urzędnicy, wojsko, służby specjalne – cały aparat państwa podejmujący na co dzień decyzje dotyczące wszystkich obywateli – *de facto* nie podlegają bezpośrednio kontroli społeczeństwa. Cockell porównuje ich do *miąższu pomarańczy: rdzeń oligarchii jest zazwyczaj ukryty – z reguły odziany jest w garnitur demokratycznie wybranych przywódców i ministrów, którzy uosabiają charakterystyczne dla demokratycznego społeczeństwa cechy polityczne. Najlepsza analogia, jaka przychodzi mi do głowy, to pomarańcza. Skórkę (czyli ustroje demokratyczne) widzą obywatele i światowa opinia publiczna – ale zarazem skórka skrywa strukturę wewnętrzną (oligarchię), w której znajdują się wszystkie podstawowe funkcje.*

Prawdziwy owoc to owa polityczna oligarchia. To oni będą mieli decydujący wpływ na życie

kosmicznej społeczności. I to od nich będzie zależeć, gdzie skierowane zostaną służby, w celu naprawy zepsutego aparatu do produkcji tlenu czy wody. Nawet jeśli zapewnimy kolonii demokratyczne prawa, wolne media, związki zawodowe, konstytucję, to zawsze będzie istniała warstwa władzy, posiadająca możliwość poszerzania wpływów ze względu na wyjątkowe warunki panujące w przestrzeni kosmicznej.

Dyktatury z łatwością rozwijają się na Ziemi – choć czasem ukryte są pod pozorem demokracji. Jak pisze Charles Cockell, na naszej planecie mamy środki, żeby od nich uciec albo z nimi walczyć. Podstawowa różnica między środowiskiem ziemskim a kosmicznym polega na tym, że na Ziemi można w najgorszym wypadku wyjechać w Bieszczady lub ukryć się w tajdze. Na Marsie, Księżycu, a tym bardziej na statku kosmicznym, przemierzającym bezmiar Kosmos – ucieczka jest praktycznie niemożliwa.

Według Arystotelesa *tyrania bowiem wytania się zarówno z niepohamowanej demokracji, jak i oligarchii, o wiele rzadziej natomiast zdarza się ona tam, gdzie władza stan średni i ludzie bliscy sobie społecznie.* Podnoszony przez greckiego filozofa postulat współpracy i umiarkowania w zdobywaniu władzy i bogactwa potraktować można jako bezcenną radę dla przyszłych mieszkańców pozaziemskich habitatów. Ważne, abyśmy zadając pytanie *czyj jest Kosmos?* mieli świadomość wspólnej odpowiedzialności za świat, który przyjdzie nam tworzyć.

# Orange peel. A word of caution from Charles Cockell

*A State arises out of the needs of mankind; no one is self-sufficing, but all of us have many wants*  
– Plato.

60 Axiom Space is planning to launch a multipurpose habitation module and dock it to the International Space Station in 2020. This is the first stage of a project to build a private space station, to serve both for research purposes and as a hotel for space tourists. The Chinese and American space agencies are planning on human research missions to Mars. Private companies are preparing themselves to mine for precious resources on asteroids. On Earth there are experiments in progress to grow crops on surrogates of lunar and Martian soil. Analog habitats are the place of training for the astronauts who will embark on long space journeys. Is then our world in preparation for a new era of colonization, as Elon Musk would see it? Will we ever call Mars the New Earth? Who will be its citizens and what values will drive their community?

As long as the space is inhabited only by scientists and specialists – well trained and focused on the mission – managing them will be a relatively easy task. Tony Milligan wrote in the book *Dissent, Revolution and Liberty Beyond Earth: Initial human presence in a Moon Base or on Mars will, no doubt inherit the military-derived command structure (...)*. When the colonies become well-established with time and populated by *civilians*, they will face the challenge of building a political system suitable for the unusual environment, different from what we know on Earth. This

environment will be very demanding in terms of providing supply of oxygen, water and food to people, as well as in terms of disposing of hazardous waste.

Professor Charles Cockell, an astrobiologist from the University of Edinburgh, the organizer of a series of conferences on the political system of space societies at the British Interplanetary Society says: *All extraterrestrial environments share one very fundamental difference with the Earth: anywhere on Earth one is free to breathe the air. In alien environments air is not a free commodity, acquired independently of technology: it will have to be manufactured. I contend that it is from this single crucial difference that many of the social differences between societies on Earth and those in space will derive.* According to the scientist, air supply can be utilized by extraterrestrial authorities to control the ways of the society. You do not even need to cut off the supply. It is enough to make the threat. Rebellious spirit will be put down immediately.

According to Cockell, every extraterrestrial colony is bound to become a tyranny, unless they have a constitution to protect the rights of their citizens. One postulate is free media. The media would keep an eye on the authorities and provide

**Andrzej Szozda**

A broadcast and press journalist. He has worked at BBC, TVP, Polskie Radio, TOK FM, Wprost, Puls TV and with many other editorial offices. Fellow of the German Marshall Fund and the British Know How Fund.



citizens with information that can be a matter of life and death in the extraterrestrial environment.

On top of that, researchers from the British Interplanetary Society postulate the creation of trade unions. Private companies that aim at exploring the outer space can be more ruthless than dictators. On Earth, an employee who strikes can be fired. A strike action in an industrial space station or in a mine can bring much worse consequences. This is why the constitution should protect employees' rights such as the right to come back to Earth at the cost of the employer.

One way to protect from tyranny can also be a distributed system of goods manufacturing. If a centralized administration of vital goods creates the temptation to control citizens and put down revolts, solutions should be implemented that will distribute the manufacturing system, thus reducing the opportunities to put pressure on citizens. Everyone should have the access to their own oxygen supply, water supply and crops.

In every state there is a group of people who have power but are not elected by the society. Administration officers, army, special forces – the whole system taking daily decisions that affect all citizens' life – are out of the direct control of the citizens. Cockell describes them as the *orange flesh: The oligarchic core is generally hidden because it resides under the veneer of the democratically elected leaders and ministers who provide the defining political characteristics of a democratic society. The best analogy I can conceive of is an orange. Its outer peel (democratic systems) is visible to the populace and the wider world, but it covers the interior structure (oligarchy), where all the essential functions lie.*

The core of the fruit is this political oligarchy. They will decide about the daily life of a space society. They will decide where the maintenance service will go to fix a defective oxygen or water supply system. Even if the colony will have democracy, free media, trade unions and constitution, there will always be authorities with the opportunity to expand their power, due to the unusual environment that is unique to the outer space.

Dictatorships grow on Earth easily – yet sometimes hidden under the guise of democracy. According to Charles Cockell, on our planet there are ways to escape them or fight them. The basic difference between the Earth and the outer space is that here we can go to the Bieszczady mountains or hide in the Taiga at the worst. On Mars, the Moon or a space ship wandering across the vast space – there is nowhere to run.

*According to Aristotle, tyranny may grow out of either extreme – either out of the most rampant democracy, or out of an oligarchy; but it is not so likely to arise out of the middle constitutions and those akin to them.*

The Aristotle's postulate to work together and maintain balance in the pursuit of power and wealth should be a priceless piece of advice for the future citizens of extraterrestrial societies. When we ask the question of who the space belongs to, we have to keep in mind that the responsibility for the worlds to be created is shared by all of us.

## Partnerzy Festiwalu

Partner merytoryczny festiwalu



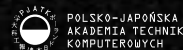
Partnerzy festiwalu



Dofinansowane ze środków  
Ministerstwa Kultury i Dziedzictwa  
Narodowego



Partnerzy wystawy



Akademia Senuk Pięknyczych  
im. Jana Muzajki w Krakowie  
1818

Wydział Form Przemysłowych

Partnerzy warsztatów



MARSZAŁEK WOJEWÓDZTWA  
KUJAWSKO-POMORSKIEGO  
Piotr Galbecki



Partner debaty



Partner programu filmowego



Partnerzy koncertu Przemiany LIVE!



Patroni medialni festiwalu



Organizatorzy CNK



Ministerstwo Nauki  
i Szkolnictwa Wyższego

MINISTERSTWO  
EDUKACJI  
NARODOWEJ







