

# AstroFarmer: Raport końcowy

## Spis treści

|  |    |
|--|----|
| Wprowadzenie .....   | 3  |
| Pytania problemowe.....  | 4  |
| Kategoria pytań: Biologiczne (4) .....                               | 4  |
| Kategoria pytań: Operacyjne (5) .....                                | 6  |
| Kategoria pytań: Technologiczne (4) .....                            | 7  |
| Odpowiedzi ChatGPT 2025.07.12 .....                                  | 8  |
| Biologiczne (4).....   | 8  |
| Operacyjne (5).....  | 10 |
| Technologiczne (4).....  | 12 |
| Raport z prac Komisji Konkursowej .....                              | 13 |
| Podsumowanie Rejestracji .....                                       | 13 |
| Etap 1 – ocena zgłoszeń .....  | 14 |
| Etap 2 – ocena raportów .....  | 17 |
| Etap 2 – ocena raportów .....  | 18 |
| Prace przeprowadzone przez Zespoły.....                              | 19 |
| 1. Terraformatorzy .....   | 19 |
| 2. Stokrotki V LO .....  | 19 |
| 3. RR Team.....  | 20 |
| 4. Greenpod42.....   | 20 |
| 5. Naładowani ATP .....  | 20 |
| 6. Badaczki .....  | 21 |
| 7. Pozaziemskie Odkrywcynie .....                                    | 22 |
| 8. Księżycowe Badaczki.....  | 22 |
| 9. AstroPlantsSTO .....  | 22 |
| 10. ALOflora Astralis.....   | 23 |
| 11. Piątaszki .....  | 24 |
| 12. CZACKI1 .....  | 24 |
| 13. TechnoZONE .....   | 24 |
| 14. AstroVolt.....   | 25 |
| 15. BioMars Team.....  | 25 |
| AstroFarmer: scenariusze warsztatów oraz instrukcje techniczne ..... | 27 |

|  |    |
|--|----|
| Wnioski na kolejną edycję - propozycje usprawnień.....                           | 28 |
| 1. Organizacja pracy z uczestnikami: szkolenia i przygotowanie .....             | 28 |
| 1.1. Otwarty webinar „Jak zacząć szkolną hodowlę” – przed startem konkursu ..... | 28 |
| 1.2. Warsztaty techniczne — w dwóch poziomach zaawansowania .....                | 28 |
| 1.3. Warsztat metodyczny: metoda naukowa .....                                   | 28 |
| 2. Założenia i wymagania konkursowe: sprzęt i uproszczenia .....                 | 30 |
| 2.1. Elektronika i konstrukcja zestawu – różnorodność zamiast uproszczeń .....   | 30 |
| 2.2. Dodanie niezbędnego „analogu”, którego brakowało .....                      | 31 |
| Co pokazała I edycja? .....  | 32 |
| W którą stronę powinna iść II edycja?.....                                       | 33 |
| SPRAWOZDANIE MERYTORYCZNE.....   | 34 |
| Rezultaty .....  | 34 |
| Opis działań.....  | 35 |
| Dodatkowe informacje .....   | 37 |

## Wprowadzenie

Projekt „AstroFarmer – od szkolnego ogródka do farmy na Księżycu” miał na celu rozwijanie kompetencji STEAM, myślenia naukowego oraz świadomości ekologicznej uczniów szkół ponadpodstawowych poprzez praktyczne działania z zakresu Smart Farmingu i edukacji kosmicznej - projekt został zrealizowany przekraczając założone pierwotnie wskaźniki.

Konkurs obejmował trzy etapy zarysowane we wniosku grantowy i doprecyzowane w przyjętym Regulaminie konkursu (opublikowanym na stronie projektu):

W pierwszym etapie przeprowadzono ogólnopolski konkurs rekrutacyjny skierowany do zespołów uczniowskich pracujących pod opieką nauczycieli. Rekrutacja trwała do 20 października 2025r. i obejmowała odpowiedzi na przygotowane przez ekspertów pytania problemowe, opis planowanego projektu badawczego oraz motywację zespołu. Zgłoszenia zostały ocenione przez Komisję Konkursową, wyniki ogłoszono podczas otwartego webinaru edukacyjnego w dniu 23 października 2025r. Do drugiego etapu zakwalifikowano 15 zespołów z różnych regionów Polski.

Drugi etap – „Farmer na Ziemi” – polegał na realizacji eksperymentów w szkołach. Zespołom przekazano zestawy edukacyjne (growboxy z oprzyrządowaniem), które umożliwiły prowadzenie upraw roślin w warunkach kontrolowanych. Uczniowie projektowali doświadczenia, prowadzili pomiary parametrów środowiskowych oraz dokumentowali przebieg prac, utrzymując bieżący kontakt z organizatorami poprzez dedykowany serwer Discord. Etap zakończył się złożeniem Raportów, które zostały ocenione przez Komisję Konkursową. Wyniki ogłoszono 11 grudnia 2025r.

W trzecim etapie – „AstroFarmer” – zorganizowano całodniowe warsztaty laboratoryjne, które odbyły się 19 grudnia 2025r. na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Uczniowie pracowali z symulantem regolitu księżycowego i marsjańskiego, poznając zagadnienia związane z uprawą roślin w warunkach ekstremalnych.

# Pytania problemowe

## Kategoria pytań: Biologiczne (4)

Pytania w tej kategorii dotyczą biologii roślin w warunkach pozaziemskich – ich fizjologii, adaptacji do nietypowych czynników środowiskowych oraz diagnozowania problemów związanych z ich wzrostem. Skupiają się na interakcji organizm–środowisko oraz możliwościach utrzymania zdrowych upraw bez dostępu do zaawansowanego laboratorium.

---

### B1. Doradztwo astrobotaniczne

Założmy, że doradzasz Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA) w wyborze roślin do pierwszych stałych baz poza Ziemią. Możesz zdecydować, czy Twoje rekomendacje dotyczą bazy marsjańskiej czy księżycowej – ale pamiętaj, że od tego zależą warunki środowiskowe, dostępność zasobów i potrzeby załogi. Warunki finansowe i logistyczne pozwalają na hodowlę jedynie trzech gatunków roślin, od których zależy nie tylko przeżycie, ale i powodzenie całej misji.

Wybierz jedną lokalizację (Mars lub Księżyc), a następnie trzy gatunki roślin i opisz, jakie cechy fizjologiczne i użytkowe powinny mieć w tych warunkach. Uzasadnij wybór środowiska i roślin.

**Zadanie:** Wybierz trzy gatunki roślin i opisz, jakie cechy fizjologiczne i użytkowe powinny mieć w tych warunkach. Uzasadnij wybór.

### B2. Stresory oczywiste i nieoczywiste

W ramach studiów doktoranckich bierzesz udział w eksperymencie ESA, który symuluje warunki środowiskowe bazy księżycowej. Twoim zadaniem jest zbadanie wpływu nietypowego czynnika, który może negatywnie wpływać na wzrost i rozwój roślin w warunkach pozaziemskich, choć nie stanowi poważnego stresora w środowisku ziemskim.

Zadanie:

Wybierz jeden mniej oczywisty czynnik stresowy, np. związany z promieniowaniem, izolacją, ograniczoną mikrobiotą, wibracjami czy polem elektromagnetycznym – ale nie ograniczaj się do tych przykładów! Opisz jego potencjalny wpływ na rośliny oraz zaproponuj realistyczny sposób przeciwdziałania z użyciem materiałów i zasobów dostępnych w bazie księżycowej.

### B3. Skoro wszystko jest dobrze, to co jest nie tak?

Podczas długoterminowej misji marsjańskiej zauważasz spadek tempa wzrostu roślin, mimo że systemy oświetlenia i nawadniania działają poprawnie. Musisz zidentyfikować możliwe przyczyny problemu bez dostępu do zaawansowanego sprzętu laboratoryjnego. Liczy się szybkość i kreatywność w działaniu!

**Zadanie:** Wymień trzy możliwe przyczyny i zaproponuj, jak je zweryfikować przy ograniczonych zasobach.

### B4. Liście żółte, a to nie jesień!

Jako osoba odpowiedzialna za rośliny w habitacie księżycowym lub marsjańskim zauważasz objawy stresu, jak żółknięcie liści i zahamowany wzrost. Nie masz dostępu do profesjonalnych analiz – musisz polegać na prostych obserwacjach, testach i własnym doświadczeniu. Twoja diagnoza może zdecydować o przyszłości upraw.

**Zadanie:** Opracuj plan diagnostyczny oparty na obserwacjach, porównaniach i prostych testach.

## Kategoria pytań: Operacyjne (5)

Kategoria operacyjna dotyczy decyzji i rozwiązań organizacyjnych w systemach upraw poza Ziemią. Obejmuje zarządzanie zasobami (np. wodą, przestrzenią, temperaturą), optymalizację wydajności upraw i planowanie w warunkach awaryjnych. Skupia się na kompromisach i strategiach utrzymania funkcjonalnego systemu w trudnych warunkach.

---

### O1. Wydajność a odporność

Projektujesz system uprawy na Marsie, gdzie woda jest najcenniejszym zasobem. Każda kropla musi być wykorzystana maksymalnie efektywnie, a ewentualna awaria nie może oznaczać utraty całej uprawy. Musisz znaleźć optymalną strategię.

**Zadanie:** Zdecyduj czy lepiej uprawiać rośliny wysokowydajne czy odporne na suszę? Uzasadnij wybór pod względem plonu, zużycia wody i ryzyka strat. Przedstaw możliwe ryzyka związane z podjętym wyborem.

### O2. Houston, mamy botaniczny problem!

W wyniku awarii w bazie księżycowej możesz utrzymać tylko 30% planowanych upraw (pod względem zajmowanej powierzchni), ale załoga wciąż potrzebuje pełnej ilości tlenu. Od twoich decyzji zależy, czy uda się uniknąć kryzysu tlenowego. Musisz działać szybko i skutecznie, optymalizując każdy aspekt systemu.

**Zadanie:** Zaproponuj trzy sposoby, jak zmaksymalizować produkcję tlenu – uwzględnij wybór gatunków, warunki i techniki uprawy. Przedstaw możliwe ryzyka związane ze wskazanymi rozwiązaniami.

### O3. 180 dni z jedną rośliną

Jesteś częścią załogi podczas 180-dniowej misji marsjańskiej. Ponieważ to pionierska misja, możecie uprawiać na miejscu tylko jeden gatunek rośliny. Roślina ma zapewnić jedzenie, produkcję tlenu i poprawiać nastrój załogi. Twój wybór musi łączyć wydajność z praktycznością.

**Zadanie:** Wybierz roślinę, która zapewni jedzenie, tlen i wsparcie psychiczne. Opisz jej zalety i ograniczenia i sposoby ich obejścia.

### O4. Zabawa w ciepło-zimno?

W szklarni księżycowej doszło do awarii ogrzewania – przez 3 godziny temperatura spadła poniżej zera. Część roślin zmarzła, inne są uszkodzone – musisz działać szybko, by uratować, co się da, i zapobiec kolejnym awariom.

**Zadanie:** Opracuj plan ratunkowy: jak ocenisz, które rośliny ratować, jak wykorzystasz martwą biomasę i jak zapobiegiesz podobnym zdarzeniom.

### O5. Zapylenie na orbicie

Na potrzeby przyszłych misji musisz zaprojektować system zapylenia roślin w warunkach Marsa, Księżyca lub ISS. Nie możesz polegać na przypadkowych rozwiązaniach – wybór metody musi uwzględniać brak naturalnie występujących owadów, mikrogravitacji i ograniczoną przestrzeń.

**Zadanie:** Zaproponuj najlepszy system zapylenia. Uzasadnij wybór i wskaż jego możliwe wady.

## Kategoria pytań: Technologiczne (4)

Pytania technologiczne odnoszą się do systemów, narzędzi i infrastruktury wykorzystywanej do uprawy roślin poza Ziemią – od rodzaju podłoża, przez odzysk składników, po projekt szklarni. Kładą nacisk na inżynieryjne podejście do upraw oraz ocenę efektywności różnych technologii w zamkniętym ekosystemie.

---

### T1. Gleba czy woda?

Zespół inżynierów ESA planuje pierwszą bazę marsjańską i musi zdecydować, w czym uprawiać rośliny: w regolicie czy w systemie hydroponicznym. Twoja analiza zostanie przedstawiona w raporcie do głównego inżyniera misji. Musi być rzetelna, jasna i oparta na danych.

**Zadanie:** Porównaj hydroponikę i uprawę w regolicie pod względem efektywności, kosztów i ryzyka. Zarekomenduj jedno rozwiązanie dla misji załogowej.

### T2. Trudne domknięcie

Twoim zadaniem jest zaprojektowanie zamkniętego systemu uprawy w habitacie planetarnym. Tylko pełne odzyskiwanie pierwiastków może zapewnić długoterminowe przetrwanie. Musisz zaplanować cały cykl biologiczny – od odpadów po odżywkę.

**Zadanie:** Oceń, czy możliwe jest pełne domknięcie obiegu pierwiastków. Jakie organizmy i procesy musiałyby być częścią takiego systemu?

### T3. Hodowla ciasna, ale własna

Podczas długiej misji międzyplanetarnej przestrzeń i woda są na wagę złota. Twoje zadanie to zaprojektować system uprawy, który dostarczy jak najwięcej pożywienia przy jak najmniejszych wymaganiach.

**Zadanie:** Zaprojektuj system uprawy, który daje maksymalną ilość jadalnej biomasy przy minimalnych zasobach. Wybierz 2–3 rośliny i uzasadnij wybór. Wskaż wady takiego rozwiązania.

### T4. Planetarna szklarnia

Jesteś inżynierem odpowiedzialnym za wybór lokalizacji bazy marsjańskiej wraz ze szklarnią. Musisz wskazać optymalne miejsce oraz określić warunki, które zagwarantują sukces upraw w trudnym środowisku planety.

**Zadanie:** Określ, gdzie ją umieścić i jakie parametry należy uwzględnić (nastonecznienie, promieniowanie, woda, regolit, światło).

## Odpowiedzi ChatGPT 2025.07.12

Do wygenerowania odpowiedzi skorzystano z ChatGPT dostępnego bez logowania, używając następującego promptu: „Napisz odpowiedź na poniższe pytanie problemowe, zachowując limit 1000 znaków ze spacjami”.

### Biologiczne (4)

#### B1. Doradztwo astrobotaniczne

Wersja na 1000 znaków:

Do pierwszej bazy marsjańskiej lub księżycowej rekomenduję: **ziemniaki, soję i szpinak**. Ziemniaki to rośliny wysokokaloryczne, odporne, o krótkim cyklu wegetacyjnym, dobrze rosnące w sztucznych warunkach. Soja dostarcza pełnowartościowego białka, tłuszczów i składników mineralnych, a także może być wykorzystywana do produkcji mleka roślinnego i oleju. Szpinak rośnie szybko, zawiera żelazo, witaminy i antyoksydanty, a jego liście oczyszczają powietrze, wspomagając zamknięty obieg tlenu i CO<sub>2</sub>. Wszystkie trzy gatunki dobrze adaptują się do uprawy hydroponicznej, co jest kluczowe w warunkach ograniczonej grawitacji, zasobów i przestrzeni. Dzięki różnorodności odżywczej i łatwości uprawy zwiększają szanse na sukces misji.

Wersja na 2000 znaków:

W warunkach bazy marsjańskiej lub księżycowej, gdzie zasoby są ograniczone, a przetrwanie zależy od samowystarczalności, kluczowe jest wybranie roślin o wysokiej wartości odżywczej, odporności na trudne warunki oraz zdolności do wzrostu w systemach hydroponicznych. Rekomenduję **ziemniaki, soję i szpinak** jako trzy podstawowe gatunki uprawne.

**Ziemniaki** to rośliny bogate w węglowodany, łatwe w uprawie i mało wymagające. Produkują dużą masę jadalną w krótkim czasie, co czyni je efektywnym źródłem energii. Ich uprawa była testowana przez NASA, co potwierdza ich przydatność w kosmicznych warunkach.

**Soja** dostarcza pełnowartościowego białka i tłuszczów roślinnych, niezbędnych dla zrównoważonej diety. Może być przetwarzana na mleko, tofu czy olej, co zwiększa różnorodność żywieniową. Dodatkowo wiąże azot atmosferyczny, co korzystnie wpływa na zamknięty obieg składników odżywczych w ekosystemie bazy.

**Szpinak** to roślina szybko rosnąca, bogata w witaminy (A, C, K), żelazo i przeciwutleniacze. Może być często zbierany, co zapewnia stały dopływ świeżej zieleniny. Co ważne, jego liście uczestniczą w fotosyntezie, wspomagając produkcję tlenu i usuwanie dwutlenku węgla.

Wszystkie trzy gatunki dobrze adaptują się do uprawy w warunkach kontrolowanych (np. hydroponice), są wartościowe żywieniowo i wzajemnie się uzupełniają. Ich wybór zwiększa szansę na przetrwanie i komfort załogi, jednocześnie wspierając zamknięty, regeneracyjny system biologiczny bazy kosmicznej.

## B2. Stresory oczywiste i nieoczywiste

Wybrany czynnikiem stresowym jest brak mikroorganizmów glebowych, które na Ziemi wspomagają rośliny w pobieraniu składników odżywczych i chronią je przed patogenami. W warunkach księżycowych jałowe podłoże pozbawione życia biologicznego może prowadzić do niedoborów mikroelementów, zahamowania wzrostu i obniżenia odporności roślin.

Aby przeciwdziałać temu zjawisku, proponuję stworzenie sztucznego mikrobiomu przy użyciu dostępnych w bazie materiałów: resztek organicznych z kuchni i upraw oraz kompostownika z kontrolowaną temperaturą i wilgotnością. Można także wykorzystać kapsułki z wyselekcjonowanymi szczepami bakterii i grzybów mikoryzowych, przechowywanymi w chłodni bazy. Inokulacja podłoża tymi organizmami przywróci naturalne wsparcie dla roślin i poprawi ich kondycję w ekstremalnym środowisku.

## B3. Skoro wszystko jest dobrze, to co jest nie tak?

### 1. Zasolenie podłoża

Przy długotrwałej recyrkulacji wody sole mogą się kumulować, hamując wzrost roślin. Weryfikacja: Sprawdź, czy na powierzchni podłoża pojawił się biały osad. Spróbuj posmakować próbkę wody (jeśli procedury bezpieczeństwa na to pozwalają) – słonawy smak może świadczyć o zasoleniu.

Działanie: Przepłucz podłoże czystą wodą (jeśli dostępna) i obserwuj poprawę.

### 2. Niedobory składników odżywczych

System może nie dostarczać odpowiednich proporcji mikro- i makroelementów. Weryfikacja: Porównaj wygląd liści – żółknięcie, przebarwienia, deformacje mogą wskazywać konkretne niedobory.

Działanie: Zastosuj rotację pożywek lub spróbuj eksperymentalnie zasilić rośliny różnymi roztworami z dostępnych składników.

### 3. Zaburzenia jakości powietrza (np. nadmiar CO<sub>2</sub> lub niedobór O<sub>2</sub>)

Nieprawidłowy obieg gazów może wpływać na fotosyntezę.

Weryfikacja: Obserwuj, czy rośliny wykazują objawy duszenia – wiotkość, brak turgoru mimo podlewania. Sprawdź system wentylacji.

Działanie: Przewietrz moduł upraw lub zwiększ cyrkulację powietrza przy użyciu zapasowych wentylatorów.

## B4. Liście żółte, a to nie jesień!

### Plan diagnostyczny:

1. **Obserwacja objawów** – zidentyfikuj typ żółknięcia (na brzegach, między nerwami, od starszych czy młodszych liści), co może wskazywać na konkretne niedobory (np. azot, magnez, żelazo).
2. **Porównanie z roślinami kontrolnymi** – jeśli to możliwe, porównaj chore rośliny z egzemplarzami rosnącymi w innych miejscach habitatu lub w innych pojemnikach.
3. **Test nawodnienia** – sprawdź wilgotność podłoża dotykiem lub wagą pojemnika. Zbyt mokre lub suche podłoże może powodować podobne objawy.
4. **Sprawdzenie pożywki** – jeśli rośliny są na hydroponice, porównaj zapach, barwę i ewentualne osady w zbiorniku z poprzednimi pomiarami.

5. **Test obiegu powietrza** – umieść mały listek przy wlocie wentylatora i obserwuj jego ruch, aby ocenić, czy system cyrkulacji działa.

Dzięki tym prostym metodom możesz zawęzić możliwe przyczyny i podjąć działania korygujące.

## Operacyjne (5)

### O1. Wydajność a odporność

W warunkach marsjańskich lepszym wyborem są rośliny odporne na suszę. Choć ich plon może być niższy niż u roślin wysokowydajnych, zużywają znacznie mniej wody i lepiej znoszą jej czasowe braki, co zmniejsza ryzyko utraty całej uprawy w razie awarii. Wysokowydajne rośliny wymagają stabilnych, intensywnych warunków nawadniania – ich uprawa wiąże się z większym ryzykiem w ekstremalnym środowisku Marsa. Rośliny odporne na suszę (np. komosa ryżowa, soczewica) zapewniają bardziej zrównoważony plon przy niższym zużyciu zasobów, co jest kluczowe dla długoterminowej misji i bezpieczeństwa załogi.

### O2. Houston, mamy botaniczny problem!

1. Wybór roślin o wysokiej wydajności fotosyntezy – postaw na szybko rosnące gatunki liściaste, np. szpinak, rukolę i rzeżuchę, które produkują dużo tlenu w krótkim czasie i mają krótki cykl wzrostu.
2. Zwiększenie intensywności światła – zastosuj maksymalne dostępne oświetlenie LED o pełnym spektrum i dopasuj fotoperiod (np. 20 h światła na dobę), by pobudzić fotosyntezę i skrócić cykl wzrostu.
3. Uprawa wertykalna i zagęszczenie sadzenia – użyj wielopoziomowych regałów, aby maksymalnie wykorzystać ograniczoną przestrzeń. Zwiększ zagęszczenie roślin, dobierając odmiany dobrze tolerujące bliskie sąsiedztwo.

Dzięki tym strategiom możliwe będzie utrzymanie produkcji tlenu z minimalnej powierzchni.

### O3. 180 dni z jedną rośliną

Wybrałbym bazęlię jako jedyny gatunek uprawiany podczas misji. Choć nie jest podstawowym źródłem kalorii, łączy trzy kluczowe funkcje:

1. Produkcja tlenu – jako szybko rosnąca roślina liściasta intensywnie prowadzi fotosyntezę, wspomagając obieg powietrza.
2. Pożywienie – liście są jadalne, aromatyczne, zawierają witaminy A, C i K. Mogą wzbogacać smak potraw z produktów liofilizowanych, poprawiając apetyt.
3. Wsparcie psychiczne – jej zapach działa kojąco, a pielęgnacja rośliny daje załodze poczucie normalności i kontaktu z naturą.

Ograniczenia: Niska wartość energetyczna i brak białka.  
Rozwiązanie: Łączyć bazęlię z innymi składnikami z zapasów misji. Dodatkowo, regularnie ją przycinać, by stymulować wzrost i maksymalizować produkcję tlenu i biomasy.

#### O4. Zabawa w ciepło-zimno?

Plan ratunkowy:

1. Ocena roślin: Najpierw sprawdź elastyczność łodygi i kolor liści. Rośliny z czerniejącymi, wodnistymi tkankami są martwe – usuń je. Te z drobnymi uszkodzeniami liści, ale żywym stożkiem wzrostu, można uratować – przytnij uszkodzone części i popraw warunki cieplne.
2. Wykorzystanie biomasy: Martwe rośliny rozdrobnij i dodaj do kompostownika lub bioreaktora, jeśli taki jest dostępny. Mogą posłużyć jako nawóz organiczny lub substrat dla nowych sadzonek.
3. Zapobieganie awariom: Zainstaluj pasywne źródła ciepła (np. pojemniki z wodą jako magazyny ciepła), ustaw czujniki alarmowe reagujące na spadek temperatury i przygotuj awaryjne źródło zasilania dla systemu grzewczego. Dodatkowo, przenieś najcenniejsze rośliny bliżej źródeł ciepła.

#### O5. Zapylenie na orbicie

Najlepszym rozwiązaniem jest mechaniczny system zapylenia dostosowany do warunków mikrogravitacji i ograniczonej przestrzeni. Brak owadów wyklucza naturalne zapylenie, a ręczne zapylenie jest czasochłonne i mało efektywne przy większej liczbie roślin. Mechaniczne urządzenia, np. miniaturowe wibratory lub dmuchawy, mogą precyzyjnie przenosić pyłek między kwiatami, niezależnie od grawitacji. System taki można zautomatyzować, co zwiększa efektywność i zmniejsza obciążenie załogi. Dzięki kompaktowej budowie i kontroli parametrów, mechaniczne zapylenie zapewnia niezawodne rozmnażanie roślin w warunkach kosmicznych.

## Technologiczne (4)

### T1. Gleba czy woda?

Hydroponika zapewnia wysoką efektywność wzrostu roślin dzięki precyzyjnemu dostarczaniu składników odżywczych i kontroli warunków, co skraca czas uprawy. Koszty początkowe są wyższe ze względu na potrzebę systemów pomp, zbiorników i kontroli parametrów, ale zużycie wody jest niższe niż w uprawie w regolicie. Ryzyko zakażeń patogenami jest mniejsze, jednak awarie systemu mogą szybko zagrozić uprawom.

Uprawa w regolicie, czyli marsjańskiej glebie, jest tańsza w instalacji, ale wymaga przygotowania podłoża (oczyszczanie, wzbogacanie) i wiąże się z większym ryzykiem zatrucia roślin toksycznymi związkami oraz wolniejszym wzrostem. Woda i składniki mogą być trudniejsze do kontrolowania.

Dla misji załogowej rekomenduję hydroponikę ze względu na większą kontrolę, efektywność i niższe ryzyko strat w trudnych warunkach Marsa.

### T2. Trudne domknięcie

Pełne domknięcie obiegu pierwiastków w zamkniętym systemie uprawy jest teoretycznie możliwe, lecz wymaga złożonej integracji wielu organizmów i procesów. Kluczowe będą mikroorganizmy rozkładające odpady organiczne (bakterie, grzyby), które mineralizują związki do form przyswajalnych dla roślin. Drobne bezkręgowce, jak dżdżownice, mogą wspomagać rozkład materii i napowietrzenie podłoża. Rośliny pobierają składniki z odżywek, a ich biomasa trafia z powrotem do kompostu po zbiorze. System musi także uwzględniać recyrkulację wody i kontrolę parametrów środowiskowych. Tylko taka współpraca organizmów zapewni stabilność i długoterminowe funkcjonowanie bazy planetarnej bez uzupełniania zasobów z zewnątrz.

### T3. Hodowla ciasna, ale własna

Proponuję system uprawy oparty na komosie ryżowej, szpinaku i rzodkiewce. Komosa ryżowa to roślina wysokowydajna, bogata w białko i składniki odżywcze, tolerująca ograniczoną wodę. Szpinak szybko rośnie, dostarcza dużo liści jadalnych i witamin, a jego krótkie cykle pozwalają na częste zbiory. Rzodkiewka jest mało wymagająca, rośnie szybko i zajmuje niewiele miejsca, dostarczając wartościowych witamin i poprawiając urozmaicenie diety. System wertykalny z recyrkulacją wody minimalizuje zużycie zasobów, a szybkie cykle wzrostu roślin zapewniają stały dopływ świeżej biomasy przy ograniczonej przestrzeni i wodzie.

### T4. Planetarna szklarnia

Optymalne miejsce dla szklarni marsjańskiej to obszar o maksymalnym nasłonecznieniu, np. na równiku Marsa, gdzie dni są najdłuższe, co wspiera fotosyntezę. Należy wybrać teren osłonięty od silnego promieniowania kosmicznego i burz pyłowych – np. w naturalnych zagłębieniach lub pod warstwą ochronną (np. szkłem lub regolitowym pancerzem). Ważne jest łatwe źródło wody, np. lód podpowierzchniowy, do którego dostęp musi być możliwy i bezpieczny. Regolit powinien być odpowiednio przygotowany i wzbogacony lub zastosowany system hydroponiczny. Wewnątrz szklarni kluczowe jest zapewnienie sztucznego, pełnospektralnego oświetlenia i kontroli temperatury oraz wilgotności, by stworzyć stabilne warunki do wzrostu roślin.

# Raport z prac Komisji Konkursowej

## Podsumowanie Rejestracji

Dostępny na stronie Formularz Rejestracyjny wypełniony został przez 20 Zespołów z 10 miast z 7 województw, wedle zestawienia poniżej:

| Lp | NAZWA ZESPOŁU:            | Miasto           |
|----|---------------------------|------------------|
| 1  | Terraformatorzy           | Giżycko          |
| 2  | Stokrotki V LO            | Olsztyn          |
| 3  | Erytrocyty                | Olsztyn          |
| 4  | Habazianki                | Wodzisław Śląski |
| 5  | Astroflora                | Wodzisław Śląski |
| 6  | RR Team                   | Warszawa         |
| 7  | GreenPod 42               | Sosnowiec        |
| 8  | Naładowani ATP            | Olsztyn          |
| 9  | Badaczki                  | Olsztyn          |
| 10 | Pozaziemskie odkrywczynie | Olsztyn          |
| 11 | Księżycowe badaczki       | Olsztyn          |
| 12 | AstroPlants STO           | Piła             |
| 13 | ALOFloa Astralis          | Gliwice          |
| 14 | Piątaszki                 | Bielsko-Biała    |
| 15 | TechnoZONE                | Dębica           |
| 16 | AstroVolt                 | Kraków           |
| 17 | BioMars Team              | Szczecin         |
| 18 | Kosmostratus              | Sosnowiec        |
| 19 | CZACKI 1                  | Warszawa         |
| 20 | Kosmiczna Królowka        | Warszawa         |

| Miasto           | Zgłoszeń | Województwo         | Powiat                    |
|------------------|----------|---------------------|---------------------------|
| Dębica           | 1        | Podkarpackie        | dębicki                   |
| Giżycko          | 1        | Warmińsko-Mazurskie | giżycki                   |
| Gliwice          | 1        | Śląskie             | miasto na prawach powiatu |
| Kraków           | 1        | Małopolskie         | miasto na prawach powiatu |
| Olsztyn          | 7        | Warmińsko-Mazurskie | miasto na prawach powiatu |
| Piła             | 1        | Wielkopolskie       | pilski                    |
| Sosnowiec        | 2        | Śląskie             | miasto na prawach powiatu |
| Szczecin         | 1        | Zachodniopomorskie  | miasto na prawach powiatu |
| Warszawa         | 3        | Mazowieckie         | miasto na prawach powiatu |
| Wodzisław Śląski | 2        | Śląskie             | wodzisławski              |
| 10               | 20       | 7                   |                           |

## Etap 1 – ocena zgłoszeń

Formularz Konkursowy wypełniony został przez 18 z 20 Zespołów.

Każdy członek Komisji Konkursowej dokonywał niezależnej oceny każdego Zespołu w trzech wymaganych Regulaminem zakresach: Odpowiedzi na Pytania Problemowe, Opis Projektu i Motywacja Zespołu. Tabele poniżej prezentują przyjęte przez Komisję szczegółowe Kryteria oceny wraz z maksymalną liczbą przyznawanych w nich punktów:

| Odpowiedzi na Pytania Problemowe |   |           |
|----------------------------------|---|-----------|
| Poprawność merytoryczna          | Rzetelność przedstawionych źródeł, poprawność cytowania | Komentarz |
| 5                                | 2   |           |

| Opis Projektu           |   |   |  |                                      |           |
|-------------------------|---|---|--|--------------------------------------|-----------|
| Poprawność merytoryczna | Rzetelność przedstawionych źródeł, poprawność cytowania | Oryginalność i osiągalność sformułowanej hipotezy badawczej | Adekwatność zaplanowanych działań, użytych narzędzi i proponowanych pomiarów w Projekcie | Jakość Planu Upowszechniania Wyników | Komentarz |
| 3                       | 2   | 5   | 5  | 2                                    |           |

| Motywacja       |           |
|-----------------|-----------|
| Ocena motywacji | Komentarz |
| 5               |           |

Wyniki zostały zsumowane, tworząc wstępny ranking konkursowy. Jednocześnie wszystkie prace zostały sprawdzane pod kątem użycia narzędzi generatywnej sztucznej inteligencji.

Wyniki zbiorcze zostały przeanalizowane statystycznie, aby określić przy których ocenach Komisja jest jednomyślna, a w których oceny znacząco od siebie odbiegają – różnice te zostały zaadresowane na spotkaniu Komisji, po którym utworzono ostateczną listę rankingową.

Szczegółowe formularze ocen przechowywane są w archiwum Towarzystwa.

Poniżej przedstawiono tabelę stanowiącą wyniki pierwszego etapu konkursu oraz podsumowanie wyboru Pytań Problemowych przez poszczególne Zespoły:

| Lp | Zespół/Pytanie            | B1 | B2 | B3 | B4 | O1 | O2 | O3 | O4 | O5 | T1 | T2 | T3 | T4 |
|----|---------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | Terraformatorzy           |    |    |    |    | 1  | 1  | 1  | 1  |    |    |    |    |    |
| 2  | Stokrotki V LO            | 1  |    |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    |    |
| 3  | Erytrocyty                | 1  |    |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    | 1  |
| 4  | Habazianki                |    | 1  |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    | 1  |    |
| 5  | Astroflora                | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    | 1  |
| 6  | RR Team                   |    |    | 1  |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    | 1  |
| 7  | GreenPod 42               |    |    |    |    |    | 1  | 1  |    |    |    |    | 1  |    |
| 8  | Natadowani ATP            | 1  |    |    |    |    |    | 1  |    |    | 1  |    |    |    |
| 9  | Badaczki                  | 1  |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |    | 1  |
| 10 | Pozaziemskie odkrywczynie | 1  |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |
| 11 | Księżycowe badaczki       | 1  |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |
| 12 | AstroPlants STO           | 1  |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    | 1  |    |    |
| 13 | ALOFloRa Astralis         | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    |
| 14 | Piątaszki                 |    | 1  |    |    |    |    |    |    | 1  | 1  |    |    |    |
| 15 | TechnoZONE                |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |
| 16 | AstroVolt                 |    | 1  |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    |    |
| 17 | BioMars Team              | 1  |    |    |    |    |    |    |    | 1  | 1  |    |    |    |
| 18 | Kosmostratus              |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 19 | CZACKI 1                  |    |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    | 1  |    |
| 20 | Kosmiczna Królowka        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|    | <b>Wybrany N razy:</b>    | 10 | 4  | 1  | 1  | 3  | 4  | 9  | 1  | 5  | 5  | 2  | 6  | 4  |

| N  | Nazwa Zespołu             | Skrótowny opis projektu   | Szkoła           |
|----|---------------------------|---|------------------|
| 1  | AstroVolt                 | wpływ pola elektr. na wzrost  | Kraków           |
| 2  | Piątaszki                 | leki/nikotyna, klinostat, hydrop.   | Bielsko-Biała    |
| 3  | TechnoZONE                | nasiona z balonu strato   | Dębica           |
| 4  | Pozaziemskie odkrywczynie | aeroponika sałaty   | Olsztyn          |
| 5  | Księżycowe badaczki       | światło i sałata  | Olsztyn          |
| 6  | AstroPlants STO           | perlit sałata rzodkiew  | Piła             |
| 7  | ALOFloRa Astralis         | glony i regolit   | Gliwice          |
| 8  | Naładowani ATP            | CO2 i rzeżucha  | Olsztyn          |
| 9  | BioMars Team              | sałata, pszenica, groszek   | Szczecin         |
| 10 | GreenPod 42               | fasola i podagrycznik   | Sosnowiec        |
| 11 | Stokrotki V LO            | pomidory i światło  | Olsztyn          |
| 12 | Terraformatorzy           | rzeżucha na własnym regolicie (pył bazaltowy z gliną) z nawozem             | Giżycko          |
| 13 | Badaczki                  | muchotówka na Marsie  | Olsztyn          |
| 14 | RR Team                   | automatyzacja hodowli   | Warszawa         |
| 15 | CZACKI 1                  | Inteligentny, autonomiczny system uprawy roślin dla środowisk ekstremalnych | Warszawa         |
| 16 | Habazianki                | mung na suficie   | Wodzisław Śląski |
| 17 | Astroflora                | lakoniczne że tlen  | Wodzisław Śląski |
| 18 | Erytrocyty                | odpowiedzi na pytania   | Olsztyn          |
| 19 | Kosmostratus              | brak zgłoszenia   | Sosnowiec        |
| 20 | Kosmiczna Królowka        | brak zgłoszenia   | Warszawa         |

## Etap 2 – ocena raportów

Komisja Konkursowa przygotowała szablon oceny projektów wedle poniższego schematu – ocena dokonywana była trzykrotnie – dwukrotnie jako ogólna ocena aktywności Zespołów w trakcie realizacji postępu oraz końcowo jako szczegółowa ocena nadesłanych Raportów:

**Nazwa Szkoły** **Nazwa Zespołu**

**Skala ocen dla każdego ze składników od 0 do 10**

**STATUS mid-term**  
**(21.11, po 4 tygodniach od wysyłki) - waga 0,25**

**Aktywność na Discordzie**

**Postępy projektu**

**STATUS końcowy**  
**(05.12, po 6 tygodniach od wysyłki) - waga 0,25**

**Aktywność na Discordzie**

**Postępy projektu**

**Raport końcowy**  
**07.12.2025 do 23:59 - waga 0,5**

**W terminie**

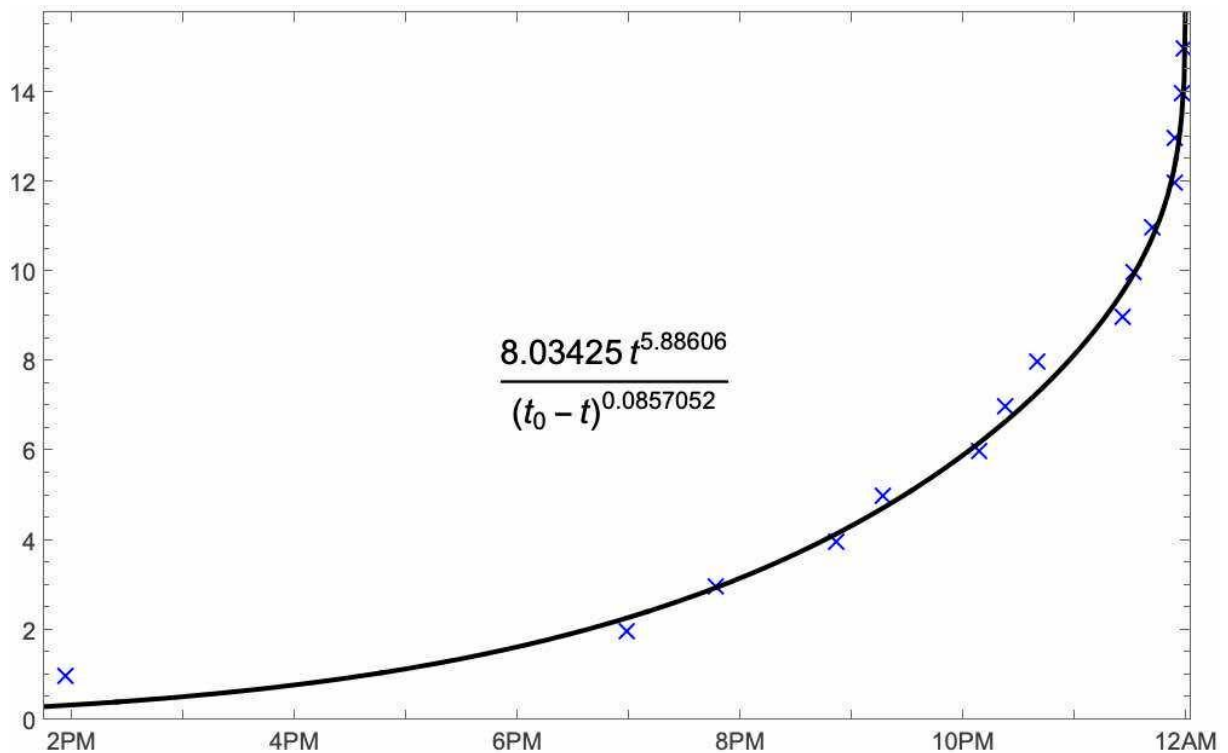
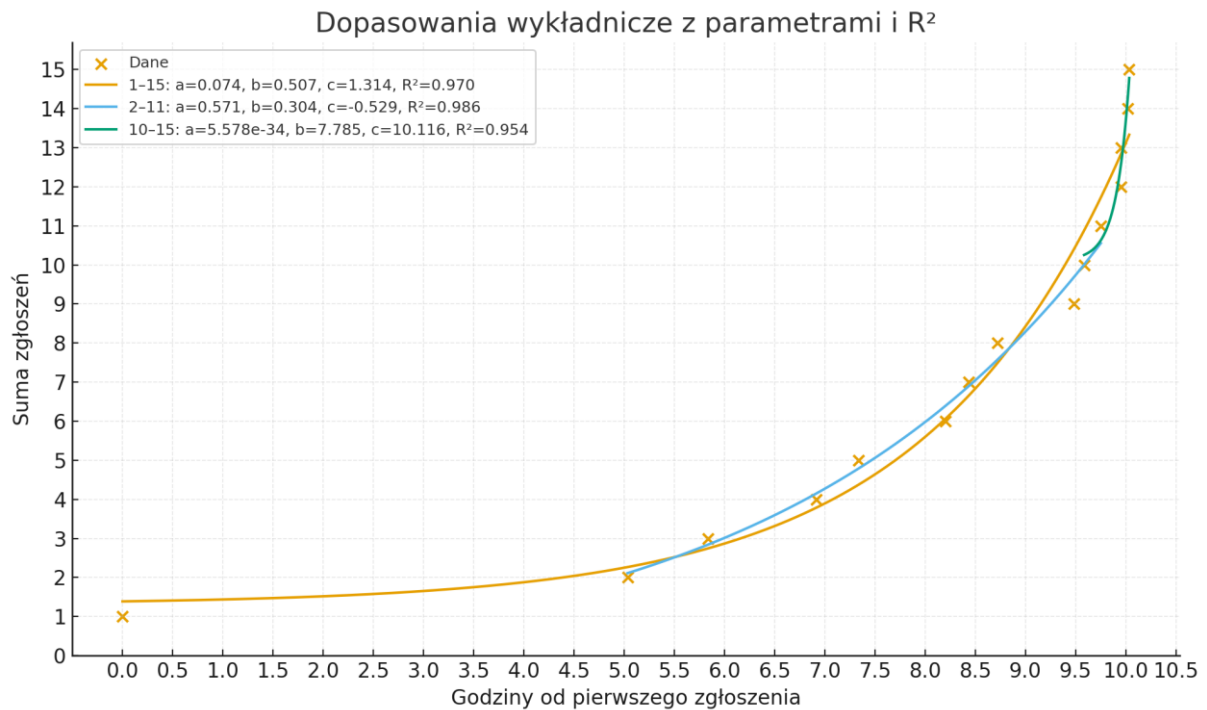
**Merytorycznie**

**Upowszechnianie**

Analogicznie jak w poprzednim etapie – członkowie Komisji Konkursowej dokonali asynchronicznie oceny każdego z Zespołów wedle ustalonego schematu, dane skumulowane koordynator ocenił pod kątem spójności ocen Komisji, a na spotkaniu synchronicznym Komisja podjęła jednogłośnie decyzję o ustaleniu następującej listy zespołów wchodzących do trzeciego etapu Konkursu (liczba w nawiasie to liczba osób w Zespole):

|                     |           |
|---------------------|-----------|
| <b>SUMA:</b>        | <b>19</b> |
| GreenPod 42         | 5         |
| AstroVolt           | 3         |
| BioMars Team        | 2         |
| ALOF flora Astralis | 5         |
| TechnoZONE          | 4         |

W ramach ciekawostki Komisja umieściła na poniższym wykresie czas nadestania poszczególnych Raportów – wszystkie zostały nadane w terminie, przy czym pierwszy otrzymaliśmy o 13:57, ostatnie siedem po godzinie 23, a ostatnie dwa odpowiednio o 23:58 i 23:59



## Etap 2 – ocena raportów

## Prace przeprowadzone przez Zespoły

Objętość przedstawionych raportów wykazana została w poniższej tabeli, a na następnych stronach prezentowane są abstrakty pochodzące z raportów końcowych:

| <b>N</b> | <b>Zespół</b>             | <b>Stron</b> |
|----------|---------------------------|--------------|
| 1        | Terraformatorzy           | 21           |
| 2        | Stokrotki V LO            | 7            |
| 3        | RR Team                   | 13           |
| 4        | Greenpod42                | 32           |
| 5        | Naładowani ATP            | 18           |
| 6        | Badaczki                  | 8            |
| 7        | Pozaziemskie Odkrywczynie | 11           |
| 8        | Księżycowe Badaczki       | 4            |
| 9        | AstroPlantsSTO            | 17           |
| 10       | ALOfloa Astralis          | 18           |
| 11       | Piątaszki                 | 9            |
| 12       | CZACKI1                   | 5            |
| 13       | TechnoZONE                | 18           |
| 14       | AstroVolt                 | 28           |
| 15       | BioMars Team              | 48           |
|          | <b>Razem:</b>             | <b>257</b>   |

### 1. Terraformatorzy

Celem eksperymentu było sprawdzenie możliwości uprawy rukoli (*Eruca sativa*) w warunkach zbliżonych do marsjańskich poprzez stworzenie symulantu regolitu oraz porównanie jego skuteczności z podłożem kontrolnym (ziemia kompostowa). Przygotowano dwie próby badawcze - z nawożeniem oraz bez nawożenia oraz wspomniana wcześniej próbę kontrolną. Pierwsza próba kontrolna nie powiodła się z powodu nagłej zmiany temperatury spowodowanej awarią prądu. Finalnie rośliny wysiano w przygotowanym symulancie regolitu.

### 2. Stokrotki V LO

Celem doświadczenia było zbadanie jak spektrum światła wpływa na rozwój sadzonek pomidora. Jak wpływa na wzrost wierz, wzrost liści, kolor liści, ilość wypuszczanych pąków, proces kwitnienia i owocowania. Światło ma istotny wpływ na rozwój roślin, ponieważ oddziałuje m.in. na fotosyntezę. W naszym doświadczeniu wykorzystane zostały światło białe LED (próba kontrolna) oraz światło IR – podczerwone (próba badawcza). W każdej z prób wykorzystane zostały po trzy sadzonki pomidora, w celu zmniejszenia błędów pomiaru. W każdej tabelce podane zostały średnie wartości pomiarów.

### 3. RR Team

Celem projektu była automatyzacja uprawy roślin, dążąca do zminimalizowania niezbędnego wkładu człowieka w poprawny rozwój rośliny. Chcieliśmy to uzyskać poprzez użycie czujników i mikrokontrolera Arduino. Część badawcza obejmowała sprawdzenie, czy obecność światła odgrywa znaczącą rolę w poziomie emisji dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) do otoczenia. Wnioski, które otrzymaliśmy pokazują, że da się w znacznym stopniu ograniczyć wkład człowieka w uprawę roślin oraz to, że obecność światła odgrywa znikomą rolę w emisji CO<sub>2</sub>.

### 4. Greenpod42

Symbioza kontra konkurencja: fasola i podagrycznik w mikrosystemie habitatowym — model współistnienia gatunków roślinnych w ograniczonym ekosystemie bioregeneracyjnym

W projekcie GreenPod42 przeprowadziliśmy kontrolowany eksperyment wzrostowy w zamkniętym systemie typu growbox, aby ocenić, czy współ hodowla dwóch biologicznie odmiennych gatunków roślin wpływa na stabilność mikrośrodowiska oraz tempo wzrostu fasoli zwykłej (*Phaseolus vulgaris*). Układ był monitorowany za pomocą czujników środowiskowych (CO<sub>2</sub>, T/RH, VOC, lux, CCT, barwa liścia), a warunki uprawy obejmowały podłoże inertne (keramzyt–perlit–włókno kokosowe) z kontrolą przewodności EC.

Początkowo rośliną towarzyszącą miał być podagrycznik pospolity (*Aegopodium podagraria*), jednak gatunek ten nie przetrwał w warunkach sztucznego podłoża i wody demineralizowanej, co doprowadziło do wprowadzenia rośliny alternatywnej z siewu. Fasola rosła stabilnie, natomiast roślina towarzysząca wykazała silną zależność od zasobnego podłoża glebowego i mikrobioty.

Dane z czujników wykazały stabilność parametrów środowiskowych (20-24°C; 40-45% RH; 5000-6500 lux; CO<sub>2</sub> 400-1000 ppm) oraz poprawny przebieg fotosyntezy fasoli. Zmiany w EC potwierdziły konieczność stosowania pożywki mineralnej w podłożach inertnych.

Wyniki wskazują, że choć układ dwugatunkowy nie wpłynął na stabilność mikrośrodowiska, eksperyment ujawnił kluczowe ograniczenia roślin dziko rosnących w sztucznym podłożu. Projekt stanowi praktyczny model mikrohabitatów roślinnych dla przyszłych systemów podtrzymywania życia w misjach kosmicznych.

### 5. Naładowani ATP

Celem projektu badawczego było określenie wpływu zróżnicowanego stężenia dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) na wzrost oraz kondycję roślin uprawnych w kontrolowanym środowisku typu GrowBox. Złożono przeprowadzenie trzech prób hodowli rzeżuchy (*Lepidium sativum*) w warunkach różniących się poziomem CO<sub>2</sub>: zbliżonym do atmosferycznego (ok. 400 ppm), umiarkowanie podwyższonym (ok. 900 ppm) oraz bardzo wysokim (1500–1600 ppm). System badawczy oparto na mikrokontrolerze FireBeetle ESP32-E współpracującym z zestawem czujników umożliwiających ciągłą rejestrację parametrów środowiska.

Realizacja projektu napotkała jednak istotne trudności natury technicznej. Z powodu powtarzających się awarii oraz niestabilnej pracy płytki FireBeetle ESP32-E, odpowiedzialnej za

obsługę czujników i zapis danych, nie było możliwe przeprowadzenie prób w środowisku o podwyższonym i wysokim stężeniu CO<sub>2</sub>. W efekcie wykonano wyłącznie próbę kontrolną, co uniemożliwiło zestawienie wyników oraz ocenę wpływu zwiększonego stężenia CO<sub>2</sub> na tempo wzrostu i parametry morfologiczne roślin.

Wyniki próby kontrolnej potwierdziły prawidłowy przebieg wzrostu roślin w warunkach naturalnego stężenia CO<sub>2</sub>, jednak brak danych z prób eksperymentalnych uniemożliwił weryfikację postawionej hipotezy badawczej. Wnioski z realizacji projektu wskazują na konieczność modernizacji oraz przetestowania sprzętu pomiarowego przed ponownym podjęciem badań. Pomimo niepowodzenia w realizacji pełnego eksperymentu, projekt przyczynił się do pogłębienia umiejętności w zakresie projektowania układów pomiarowych, pracy z systemami IoT oraz planowania badań w kontrolowanych warunkach środowiskowych.

Zespół planuje dokończenie projektu po oficjalnym terminie konkursu. Po wymianie lub naprawie mikrokontrolera i czujników oraz ponownym przetestowaniu całego systemu planowane jest przeprowadzenie pełnych prób eksperymentalnych z podwyższonymi stężeniami CO<sub>2</sub> (900 ppm oraz 1500–1600 ppm).

## 6. Badaczki

„Wpływ warunków świetlnych Marsa na cheimonastie i sejsmonastie Muchotówka amerykańska (*Dionaea muscipula*).”

Muchotówka amerykańska (*Dionaea muscipula*) jest rośliną owadożerną wykazującą szybkie ruchy sejsmonastyczne oraz reakcje cheimonastyczne pozwalające jej na chwytanie i trawienie ofiar. Mechanizm zamykania liścia pułapkowego zależy od potencjałów czynnościowych, ciśnienia turgorowego oraz ogólnej kondycji metabolicznej rośliny. Zaburzenia w dostępie do energii świetlnej mogą wpływać bezpośrednio na jej zdolność ruchową.

Warunki panujące na Marsie — obniżone natężenie promieniowania słonecznego (ok. 43% ziemskiego) oraz odmienna charakterystyka spektralna światła — mogą stanowić ograniczenie dla sprawnego funkcjonowania rośliny typowo ziemskiej. Celem niniejszego badania było odtworzenie marsjańskich warunków oświetlenia w warunkach laboratoryjnych i określenie ich wpływu na dynamikę ruchów muchotówki.

Celem eksperymentu było porównanie szybkości i częstotliwości ruchów sejsmonastycznych i cheimonastycznych muchotówki. w warunkach:

**kontrolnych** — intensywność światła PAR ~1000  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , spektrum zbliżone do ziemskiego;

**eksperymentalnych (marsjańskich)** — intensywność światła PAR ~430  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  oraz spektrum przesunięte w stronę czerwieni.

Dodatkowym celem obserwacyjnym było monitorowanie kondycji fizjologicznej roślin i ich potencjalnego zamierania.

## 7. Pozaziemskie Odkrywcynie

W kontekście długoterminowych misji kosmicznych, jak np. wyprawa na Marsa, zarówno przestrzeń, jak i woda stają się zasobami niezwykle ograniczonymi. Dlatego jednym z wyzwań przyszłości jest opracowanie systemów uprawy roślin, które będą wydajne, kompaktowe i możliwe do zastosowania w zamkniętym środowisku. Nasz projekt odnosi się do zadania T3 „Hodowla ciasna, ale własna”, którego celem jest stworzenie systemu, który pozwala uzyskać jak największą ilość jadalnej biomasy przy jak najmniejszym zużyciu zasobów.

Zdecydowaliśmy się na wykorzystanie systemu aeroponicznego – technologii, w której rośliny są uprawiane bez gleby, a ich korzenie zawieszane są w powietrzu i regularnie zraszane roztworem wodno-mineralnym w postaci mgły. Tego typu rozwiązania były testowane i rozwijane przez agencję NASA jako potencjalna metoda uprawy roślin w przestrzeni kosmicznej, co czyni je idealnym punktem wyjścia do realizacji naszego projektu.

Wybraną przez nas rośliną testową jest sałata rzymska (*Lactuca sativa* var. *longifolia*), ze względu na jej szybki wzrost, wysoką wartość odżywczą oraz niewielkie wymagania co do warunków uprawowych. Naszym celem jest zbudowanie miniaturowego systemu aeroponicznego, a następnie przeprowadzenie serii pomiarów, które pozwolą określić jego efektywność w kontekście zużycia wody, energii oraz uzyskanej biomasy.

## 8. Księżycowe Badaczki

Wpływ barwy i intensywności światła LED na wzrost sałaty (*Lactuca sativa* L.) - optymalizacja efektywności energetycznej dla upraw kosmicznych.

Celem eksperymentu było porównanie wpływu różnych barw światła (RB – czerwono-niebieskie, WB – białe pełne, WB-low – białe obniżone) na wzrost sałaty w hydroponice. Najlepsze wyniki uzyskano w świetle RB (masa 0,07 g). Najśabsze – w WB-low (0,005: g). Elektroniki nie uruchomiono z powodu problemów technicznych i ograniczeń czasowych.

## 9. AstroPlantsSTO

Projekt, który był przeprowadzony przez około 4 tygodnie, zakładał stworzenie doświadczenia, które pozwoli na obserwację dynamiki wzrostu roślin w kontrolowanych warunkach i porównanie wpływu różnych podłoży na ich rozwój. Celem projektu było zbadanie wpływu rodzaju podłoża na wzrost wybranych roślin jadalnych uprawianych w zamkniętym miniaturowym ekosystemie typu Growbox, z wykorzystaniem automatycznego systemu monitorowania i kontroli warunków środowiskowych. Uwagę poświęcono także sprawdzeniu, czy technologie Smart Farming umożliwiają prowadzenie stabilnej i efektywnej uprawy roślin w warunkach ograniczonego dostępu do zasobów, co ma znaczenie zarówno dla zrównoważonego rolnictwa, jak i potencjalnych upraw w środowiskach kosmicznych.

Eksperyment przeprowadzono w zamkniętym mini Growboxie wyposażonym w mikrokontroler ESP32 oraz zestaw czujników mierzących temperaturę, wilgotność powietrza, wilgotność gleby oraz stężenie dwutlenku węgla. Oświetlenie zapewniały lampy LED Full Spectrum pracujące w

ustalonym cyklu dobowym, a automatyczny system nawadniania, oparty na pompie perystaltycznej, uruchamiał się po spadku wilgotności gleby poniżej zaprogramowanej wartości (40%). Zastosowany system automatycznego sterowania umożliwił utrzymanie stabilnych parametrów środowiskowych, ograniczenie zużycia wody oraz usprawnienie procesu podlewania roślin. Dodatkowo zamontowano kamerę, dostarczającą obraz z wnętrza mini Growboxa co około minutę. Doświadczenie wykonano na sałacie i rzodkiewce, uprawianych w dwóch rodzajach podłoża: glebie ogrodniczej oraz perlite ogrodowym, traktowanym jako podłoże inertne. W trakcie eksperymentu wykonywano pomiary długości łodyg oraz szerokości liści, które analizowano na podstawie wartości średnich.

Uzyskane wyniki wykazały istotne różnice we wzroście roślin w zależności od zastosowanego podłoża. Zarówno sałata, jak i rzodkiew uprawiane w glebie ogrodniczej osiągały większe rozmiary liści oraz dłuższe łodygi w porównaniu do roślin rosnących w perlite, szczególnie w początkowej fazie wzrostu. Rośliny uprawiane w perlite charakteryzowały się wolniejszym tempem rozwoju, co można wiązać z brakiem składników odżywczych oraz niższą zdolnością retencji wody tego podłoża.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że gleba ogrodnicza okazała się podłożem bardziej sprzyjającym rozwojowi roślin niż perlit, co wskazuje na konieczność dodatkowego wzbogacania podłoży inertnych w przypadku ich zastosowania w środowiskach izolowanych lub kosmicznych. Można także wywnioskować, że zamknięty ekosystem typu Growbox, wyposażony w system automatycznego monitorowania, stanowi skuteczne narzędzie do badań nad wzrostem roślin w warunkach kontrolowanych, ze względu na występowanie, co najwyżej niewielkich usterek w czasie prowadzenia całego doświadczenia. Projekt potwierdza również duży potencjał technologii Smart Farming w nowoczesnym rolnictwie oraz skuteczność mini Growboxa jako narzędzia do badań nad wzrostem roślin w warunkach kontrolowanych.

## 10. ALOflora Astralis

Celem projektu było zbadanie wpływu różnych typów podłoża oraz dodatków poprawiających właściwości gleby na kiełkowanie i wzrost wybranych roślin jadalnych w warunkach symulujących środowisko księżycowe. W doświadczeniu wykorzystano sałatę (*Lactuca sativa*), roszonek (*Valerianella locusta*), portulakę pospolitą (*Portulaca oleracea*), rukolę (*Eruca sativa*) oraz rzodkiewkę (*Raphanus sativus*). Rośliny uprawiano w wariantach z ziemią ogrodniczą, mączką bazaltową oraz krążkami torfowymi, z dodatkiem hydrożelu i nawozu mineralnego Azofoska w proporcji 1:100 oraz w próbie kontrolnej.

Eksperyment prowadzono w growboxie z oświetleniem LED, przy kontrolowanych parametrach temperatury i wilgotności. W trakcie badań mierzono tempo kiełkowania oraz wysokość roślin. Wyniki wykazały, że najlepsze warunki wzrostu zapewniały podłoża wzbogacone hydrożelem, szczególnie w połączeniu z nawozem mineralnym. Mączka bazaltowa okazała się podłożem trudnym w zastosowaniu ze względu na niską chłonność wody, natomiast krążki torfowe zapewniały stabilne warunki kiełkowania dla roszonek.

Uzyskane rezultaty wskazują, że odpowiednie modyfikowanie struktury podłoża i dostępności składników odżywczych może znacząco poprawić efektywność upraw roślin w środowiskach

analogicznych do regolitu księżycowego, co ma istotne znaczenie dla przyszłych badań nad produkcją żywności w warunkach pozaziemskich.

## 11. Piątaszki

„Wpływ warunków mikrogravitacji oraz uprawy hydroponicznej na wzrost *Nicotiana tabacum* L.”

Aktualnie astronauta mają do dyspozycji ok. 190 różnych leków(1), a niewątpliwie długotrwała obecność człowieka w środowisku kosmicznym będzie wymagała ich jeszcze większej liczby. Na dzień dzisiejszy wszystkie z nich są transportowane z Ziemi, co nie będzie możliwe podczas misji na np. Marsa czy dalsze ciała niebieskie, co dodatkowo utrudniałby fakt przyspieszonej degradacji leków, m.in. przez promieniowanie kosmiczne(2). Pośród metod produkcji medykamentów na małą skalę, jako jeden z głównych kandydatów wyłania się plantacja molekularna (molecular pharming)(3), a jako jedna z najlepszych roślin do tego celu, *Nicotiana tabacum* L. (tytoń szlachetny)(7). Dotychczas była ona uprawiana w kosmosie jednokrotnie, w warunkach nie pozwalających wyciągać wniosków na przyszłość(8). W tej pracy analizujemy możliwości uprawy rośliny we wskazanym wyżej charakterze, symulując warunki mikrogravitacji za pomocą własnoręcznie wykonanej Random Positioning Machine.

## 12. CZACKI1

Projekt AstroFarmer realizowany był przez kilkoro uczniów klasy 2M XXVII LO im. T. Czackiego w Warszawie w okresie od 24 października do 7 grudnia i miał charakter szkolnego projektu inżynierskiego o profilu badawczo-rozwojowym. Jego głównym celem było zaprojektowanie oraz przetestowanie prototypowego systemu hodowli roślin w warunkach kontrolowanych. System ten miał łączyć elementy automatycznego podlewania, kontroli podstawowych parametrów środowiskowych oraz monitorowania procesu kiełkowania. Projekt inspirowany był koncepcjami upraw w środowiskach zamkniętych, takich jak stacje kosmiczne, habitaty marsjańskie czy inne miejsca o ograniczonym dostępie do naturalnych warunków środowiskowych. Realizacja projektu pozwoliła na praktyczne zastosowanie wiedzy z zakresu elektroniki, automatyki, informatyki oraz podstaw biologii roślin.

## 13. TechnoZONE

Celem badania było określenie wpływu obniżonego ciśnienia i niskiej temperatury – oddzielnie oraz w połączeniu – na tempo kiełkowania nasion roślin, inspirowanego wcześniejszymi obserwacjami z lotów stratosferycznych. Nasiona podzielono na cztery grupy poddane: obniżonemu ciśnieniu, niskiej temperaturze, obu czynnikom jednocześnie oraz warunkom kontrolnym. Wykorzystano własnoręcznie wykonaną komorę próżniową i suchy lód, a po ekspozycji wykonano dodatkowe obserwacje mikroskopowe.

Wyniki wykazały, że najszybsze kiełkowanie wystąpiło w grupie poddanej jednocześnie niskiej temperaturze i obniżonemu ciśnieniu, co potwierdza efekt synergii. Zaobserwowane

mikropęknięcia łupin nasion mogą ułatwiać pobieranie wody i inicjację procesów enzymatycznych. Zjawisko było zgodne z wcześniejszymi obserwacjami stratosferycznymi.

Otrzymane dane wskazują, że kontrolowana ekspozycja na stresy środowiskowe może stanowić skuteczne narzędzie przyspieszania kiełkowania, istotne dla badań nad uprawą roślin w warunkach ekstremalnych oraz projektów edukacyjnych.

## 14. AstroVolt

Celem niniejszej pracy było zbadanie jak obecność pola elektrostatycznego (natężenie około 54.5 V/m, bez przepływu prądu, z odizolowanymi elektrodami umieszczonymi po obydwu stronach pojemników) wpływa na wzrost roślin w warunkach niskiego przewodnictwa substratu, a jak w uprawach hydroponicznych. Badanie przeprowadzono poprzez eksperyment przeprowadzany przez 7 dni wśród czterech grup (dwóch badawczych i dwóch kontrolnych). Dane zebrane podczas badania (wzrost roślin w milimetrach) poddano analizie statystycznej w celu weryfikacji postawionej hipotezy. Różnice między grupami analizowano za pomocą testu Welch ANOVA, testu Games-Howell oraz testu Kruskala-Wallisa. Wyniki wskazują, że najwyższy był średni wzrost roślin w próbie C (uprawa hydroponiczna na którą działało pole elektrostatyczne), a najniższy w próbie D (uprawa na piasku na którą działało pole elektrostatyczne). Na podstawie wyników wstępnie stwierdzono, że jest zależność między działaniem pola elektrostatycznego a wzrostem roślin ale wpływ ten różni się w zależności od substratu na którym rośliny rosną (test Games-Howell wykazał największą różnicę między grupą C i D, czyli próbami badawczymi różniącymi się substratem). Aby zweryfikować uzyskane wyniki należałoby jednak prowadzić eksperyment dłużej, poprawić rejestrowanie zmiennych kontrolowanych i (optymalnie) podzielić eksperyment na dwie części - jedną badającą wpływ pola elektrostatycznego na kiełkowanie *Phaseolus coccineus* i drugą badającą wpływ pola elektrostatycznego na wzrost *P. coccineus*.

## 15. BioMars Team

“Wpływ zróżnicowanej intensywności oświetlenia LED na wzrost i kondycję sałaty (*Lactuca sativa* L.) oraz pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) uprawianych w warunkach kontrolowanego środowiska imitującego habitat marsjański.”

Celem projektu było sprawdzenie, czy zróżnicowane natężenie oświetlenia LED wpływa na tempo wzrostu, akumulację biomasy oraz kondycję siewek sałaty (*Lactuca sativa* L.) i pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) uprawianych w kontrolowanym środowisku.

Doświadczenie przeprowadzono w namiocie typu DP90GR z oświetleniem LED o pełnym spektrum, dodatkowym modułem COSMORROW 20 W, wentylacją, matą grzewczą, termostatem i higrostatem oraz zestawem czujników (temperatura, wilgotność powietrza, stężenie CO<sub>2</sub>, natężenie światła). Rośliny rozmieszczono w dwóch strefach o różnym natężeniu światła. Przez 16 dni mierzono wysokość siewek, liczbę liści, barwę liści w skali 1–5 oraz rejestrowano podstawowe parametry środowiskowe.

Wyniki wykazały, że przy wyższym natężeniu światła sałata rosła szybciej, osiągała większą średnią wysokość, większą liczbę liści oraz większą biomasę niż w strefie o niższym natężeniu światła. Pszenica wykazywała większą wysokość w strefie niższego natężenia światła, natomiast wyższe natężenie

oświetlenia zwiększało liczbę liści u obu gatunków. W trakcie doświadczenia utrzymywano zbliżone warunki temperatury i wilgotności powietrza, choć odnotowano problemy z utrzymaniem odpowiedniej wilgotności oraz trudności w interpretacji zmiennych odczytów CO<sub>2</sub>.

Na podstawie uzyskanych danych sformułowano wniosek, że wyższe natężenie światła sprzyja szybszemu wzrostowi i lepszemu rozwojowi sałaty, natomiast pszenica silniej wydłuża pędy w niższym natężeniu światła. Jednocześnie wyższe natężenie oświetlenia zwiększa liczbę liści zarówno u sałaty, jak i pszenicy, co wskazuje na istotny wpływ intensywności światła LED na rozwój roślin w kontrolowanym środowisku.

# AstroFarmer: scenariusze warsztatów oraz instrukcje techniczne

Ćwiczenie 1. Charakteryzacja regolitu – porównanie z glebą

Ćwiczenie 2. Magnetyczna separacja cząstek z regolitu księżycowego

Ćwiczenie 3. Odsolenie regolitu marsjańskiego

Ćwiczenie 4. Hodowla glonów i wykorzystanie biomasy jako nawozu<sup>8</sup>

FAQ – Hodowla glonów do AstroFarmingu

Ćwiczenie 5. Metody filtracji biomasy

Instrukcja 1: Pomiar suchej masy Chlorelli

Instrukcja 2: Obliczanie tempa fotosyntezy

Instrukcja 3: Widmo absorpcyjne UV-VIS glonów (Chlorella)

Materiały opublikowane są na stronie projektu jako PDFy

# Wnioski na kolejną edycję - propozycje usprawnień

## 1. Organizacja pracy z uczestnikami: szkolenia i przygotowanie

W kolejnej edycji warto wprowadzić spójny, warstwowy system szkoleń, który wyrównuje poziom uczestników i daje im jasne podstawy metodyczne i techniczne,

### 1.1. Otwarty webinar „Jak zacząć szkolną hodowlę” – przed startem konkursu

Cel: zainspirować i wyrównać podstawy jeszcze przed rozpoczęciem prac projektowych.

Treść mogłaby obejmować:

- przegląd typów hodowli: glebowa, hydroponiczna, aeroponiczna,
- podstawowe zagadnienia biologiczne, np. typologia liści, parametry morfologiczne, proste pomiary,
- podstawy monitorowania parametrów środowiskowych,
- minimalny zestaw, który pozwala zacząć — jako praktyczny przewodnik dla szkół.

### 1.2. Warsztaty techniczne — w dwóch poziomach zaawansowania

#### A. Programowanie mikrokontrolerów

- Poziom podstawowy: jak uruchomić mikrokontroler, jak wgrać przykład, jak pozyskać dane.
- Poziom zaawansowany/konkursowy (opcjonalnie): automatyka, Internet of Things, logika projektowania bardziej rozbudowanych systemów.

#### B. Analiza danych

- Poziom podstawowy: Excel – wykresy, adnotacje, podwójne osie, wykres punktowy vs słupkowy.
- Poziom zaawansowany (opcjonalnie): Python lub inne narzędzia; praca z większymi zbiorami danych; wykresy wielowymiarowe.

### 1.3. Warsztat metodyczny: metoda naukowa

Warsztat powinien budować wspólny „język naukowy”, tak aby wszystkie zespoły pracowały w podobnym schemacie metodologicznym i miały jasność, jakie są oczekiwania konkursowe.

#### Proponowana formuła:

Warsztat mógłby zostać zorganizowany jako wydarzenie otwierające konkurs – jeszcze przed rozpoczęciem nadsyłania zgłoszeń. Możliwe jest przeprowadzenie dodatkowego webinaru

inaugurującego konkurs, podczas którego przedstawione zostaną kluczowe zagadnienia metodologiczne oraz standardy pracy.

Takie rozwiązanie:

- pozwoli w późniejszym etapie bardziej konsekwentnie wymagać od uczestników znajomości podstaw metody naukowej i rzetelnego przygotowania raportów,
- wzmocni rangę konkursu jako przedsięwzięcia badawczego, a nie wyłącznie szkoleniowego,
- umożliwi dotarcie z treściami edukacyjnymi także do osób i zespołów, które ostatecznie nie zakwalifikują się do konkursu – zwiększając tym samym realny wpływ projektu,
- ograniczy argument „nie wiedzieliśmy” – ponieważ wszystkie kluczowe kwestie będą wcześniej omówione.

Dodatkowo, umożliwi to standaryzację metod pomiarowych (jedną procedurę fotografii, jeden zakres EC, minimalny zestaw danych, obowiązkowy dziennik decyzji badawczych tłumaczących nie tylko „co zmierzyl” ale „dlaczego podjęli taką decyzję”).

Webinar ten mógłby częściowo lub całkowicie zastąpić planowane spotkanie informacyjne dla zakwalifikowanych zespołów.

## Treść warsztatu

### Moduł podstawowy:

- jak formułować hipotezy (hipoteza badawcza vs. pytanie badawcze),
- czym jest grupa kontrolna i zmienne zakłócające,
- planowanie eksperymentu i przewidywanie możliwych problemów,
- zasady rzetelnego raportowania wyników (transparentność, kompletność, rozróżnianie obserwacji od interpretacji),
- jak poprawnie przygotować listę referencji i korzystać ze źródeł,
- co robić, gdy plan eksperymentu nie wypalił (np. brak prądu, awaria sprzętu, utrata materiału biologicznego przed zakończeniem badań) – jak raportować niepowodzenia, jak wyciągać wnioski i jak modyfikować procedurę badawczą.

### Moduł dotyczący etycznego wykorzystania AI:

- jak mądrze korzystać z narzędzi AI w pracy badawczej (np. wsparcie w redagowaniu tekstu, analizie literatury, porządkowaniu danych),
- konieczność jawnego informowania o wykorzystaniu AI w projekcie,
- zagrożenia: generowanie fikcyjnych źródeł, bezrefleksyjne kopiowanie treści, brak weryfikacji informacji,
- granice dopuszczalnego wsparcia AI w konkursie badawczym.

Omówienie tego zagadnienia daje organizatorom jasne podstawy do bardziej rygorystycznej oceny prac oraz braku tolerancji dla określonych niedociągnięć. Podkreśla to również, że jest to konkurs wymagający realnej pracy badawczej, a nie wyłącznie cykl szkoleń.

### Moduł zaawansowany (na poziomie przeglądowym):

- niepewności pomiarowe,
- podstawy analizy statystycznej,
- wprowadzenie do testów istotności i interpretacji wyników.

Całość modułu pozwala uniknąć sytuacji, w której od uczestników oczekujemy kompetencji, których wcześniej im nie pokazaliśmy, a jednocześnie wzmacnia merytoryczny charakter konkursu i podnosi jego standard metodologiczny.

## 2. Założenia i wymagania konkursowe: sprzęt i uproszczenia

Druga część wniosków dotyczy nie tyle uproszczeń, co przemyślenia poziomu trudności, czasu realizacji oraz wsparcia merytorycznego dla zespołów.

### 2.1. Elektronika i konstrukcja zestawu – różnorodność zamiast uproszczeń

W poprzedniej edycji pojawił się duży rozrzut koncepcji projektowych: zespoły pracowały w systemach hydroponicznych, aeroponicznych, glebowych i mieszanych. To pokazuje kreatywność uczestników, ale jednocześnie rodzi wyzwanie konstrukcyjne: trudno stworzyć jeden w pełni uniwersalny zestaw, który będzie optymalny dla tak różnych podejść. Zbyt silna standaryzacja mogłaby wręcz ograniczyć możliwości projektowe zespołów. W tym kontekście uproszczenie elektroniki nie wydaje się właściwym kierunkiem. Projekt od początku miał charakter **smart farming** – czyli integrujący czujniki, analizę danych i elementy automatyki.

Dodatkowo:

- większość zespołów poradziła sobie z programowaniem, korzystając z dostępnych zasobów (np. GitHub),
- to konkurs, a nie wyłącznie warsztaty – poziom wyzwania jest uzasadniony,

#### Ograniczenia data loggerów

Zastąpienie mikrokontrolerów prostymi data loggerami wiąże się z istotnymi ograniczeniami:

- brak możliwości łatwego podłączenia dwóch identycznych czujników o tych samych adresach I2C,
- ograniczona liczba obsługiwanych czujników (np. tylko 2 × I2C/UART i 1 × analog/digital),
- brak elastyczności w rozbudowie systemu,
- redukcja projektu do biernego zbierania danych, co osłabia komponent inżynierski i oddala projekt od idei STEM.

#### Proponowany kierunek: modularność zamiast redukcji

Zamiast upraszczania elektroniki, warto rozważyć:

##### 1. Więcej czasu na realizację

Realnym ograniczeniem mógł być czas, a nie poziom trudności.

Propozycja:

- wydłużenie projektu do pełnego semestru lub całego roku szkolnego,

- jasne rozdzielenie etapów: konfiguracja → kalibracja → zbieranie danych → analiza → raport.

## 2. Biblioteka sprawdzonych materiałów

Stworzenie uporządkowanej listy:

- najlepszych tutoriali,
- bazowych przykładów kodu,
- instrukcji „pierwsze uruchomienie”,
- wskazówek dotyczących rozwiązywania typowych problemów.

To nie obniża poziomu konkursu, ale zmniejsza barierę wejścia.

## 3. Rozszerzenie komponentu oświetleniowego

Ponieważ pojawiła się przestrzeń budżetowa, zamiast upraszczania systemu można go rozwinąć – np. o różne rodzaje lamp i systemów oświetlenia:

- różne widma (biała, full spectrum, czerwono-niebieska),
- możliwość regulacji natężenia,
- porównanie efektywności energetycznej,
- integrację z czujnikami światła i automatycznym sterowaniem.

To:

- zwiększa potencjał badawczy (wpływ widma i natężenia światła na wzrost),
- wzmacnia komponent energetyczny i klimatyczny projektu,
- daje naturalne pole do eksperymentów porównawczych między zespołami.

## 2.2. Dodanie niezbędnego „analogu”, którego brakowało

Warto uzupełnić zestawy o podstawowe narzędzia, szczególnie oczywiste dla biologów, ale nie dla inżynierów:

- linijki i przymiary do pomiaru wzrostu,
- termostaty, higrometry,
- proste zraszacze i akcesoria uprawowe,
- materiały do podstawowej diagnostyki roślin.

To odciąża zespoły i zapewnia wspólne minimum sprzętowe. Zestaw powinien umożliwiać sensowną pracę nawet bez elektroniki, a mikrokontrolery powinny być jednym z możliwych rozwiązań, a nie warunkiem koniecznym.

## Co pokazała I edycja?

Interdyscyplinarność jest wymogiem umożliwiającym osiągnięcie poziomu który pozwoli wygrać ten konkurs

Projekty roślinne w kontrolowanym środowisku są:

- bardzo angażujące dla uczniów (bo są „żywe” i nieprzewidywalne),
- świetnym polem do uczenia metody naukowej w praktyce, a nie deklaratywnie,
- naturalnym łącznikiem: biologia + inżynieria + analiza danych + kosmos.
- Największym wyzwaniem nie była biologia, tylko: stabilność warunków, interpretacja danych z czujników, logistyka pracy długoterminowej, radzenie sobie z „niepowodzeniem biologicznym” - dokładnie to, co dzieje się w realnych eksperymentach ESA/NASA.
- W systemach zamkniętych kluczowa jest nie wydajność wzrostu, lecz stabilność biologiczno-środowiskowa. To przesunęła akcent z „czy roślina rośnie szybko” na „czy układ jako całość działa przewidywalnie”. Czyli: mniej „szkolnej hodowli” - więcej modelowania ekosystemu habitatowego. To jest kierunek współczesnej astrobiologii użytkowej.

Co wydarzyło się edukacyjnie (i to trzeba zachować!)? Uczniowie:

- zaczęli myśleć jak badacze („dlaczego coś nie działa?”),
- zobaczyli znaczenie kalibracji, kontroli, powtarzalności,
- nauczyli się, że eksperyment ≠ pokaz,
- doświadczyli pracy zespołowej z realną odpowiedzialnością.

To już nie był projekt szkolny. To była symulacja pracy zespołu badawczego.

## W którą stronę powinna iść II edycja?

- Mniej „hodowli roślin”, więcej „systemów życia”  
Zmiana narracji konkursu z: Uprawa w kosmosie na: Projektowanie biologicznego Life Support System. Czyli uczestnicy badają: stabilność mikroklimatu; współdziałanie organizmów; zużycie zasobów; odporność systemu na zakłócenia.
- Wprowadzić poziomy trudności (jak w realnych misjach)  
Poziom 1 — Habitat Basic: Badanie jednego gatunku: (światło vs wzrost, woda vs EC, biomasa vs warunki.)  
Poziom 2 — Habitat Interaction (Układ dwóch organizmów: konkurencja /współistnienie, wpływ na wilgotność / CO<sub>2</sub>, stabilność systemu.  
Poziom 3 — Habitat Engineering: Zespoły projektują: strategię sterowania środowiskiem; „awarie symulowane”, optymalizację zasobów.
- Nowy element konkursowy: analiza danych zamiast tylko hodowli, czyli nagroda za najlepszą interpretację wyników (a nie za „największą roślinę”). To zmienia mentalność z: „urośnie czy nie” na: „co zrozumieliśmy”.

### Pytania strategiczne przed II edycją

Warto je sobie zadać już teraz:

1. Czy konkurs ma bardziej symulować badania kosmiczne, czy edukować biologicznie?
2. Czy chcemy porównywalnych wyników między szkołami, czy różnorodnych eksperymentów?
3. Czy ważniejszy jest proces, czy efekt końcowy?
4. Czy wprowadzamy „awarie kontrolowane” jako część zadania?
5. Czy dodajemy komponent raportu naukowego ocenianego jak publikacja?

# SPRAWOZDANIE MERYTORYCZNE

## Rezultaty

| Lp. | Nazwa rezultatu   | Planowany poziom osiągnięcia rezultatów   | Zrealizowany poziom osiągnięcia rezultatów                                     | Poziom osiągnięcia w procentach | Źródło informacji o osiągnięciu wskaźnika  |
|-----|---|---|--|---------------------------------|--|
| 1   | Rekrutacja (Konkurs i webinar - zespoły uczniowskie zakwalifikowane do udziału w projekcie) | Wyłonienie 15 zespołów uczniowskich (ok. 45-90 osób, w zależności od liczebności poszczególnych zespołów) | Z 20 nadesłanych zgłoszeń Komisja Konkursowa wyłoniła 15 Zespołów (58 uczniów) | 100%                            | - Protokół Komisji Konkursowej (załączony)<br>- Nadesłane prace                      |
| 2   | Zrealizowane upraw w warunkach kontrolowanych (growboxy) – w szkołach                       | Co najmniej 80% zrekrutowanych zespołów zamkniętych systemów upraw z dokumentacją                         | Wszystkie Zespoły nadeszły w terminie Raporty                                  | 125%                            | - Protokół Komisji Konkursowej (załączony)<br>- Nadesłane Raporty                    |
| 3   | Warsztaty laboratoryjne z wykorzystaniem regolitu księżycowego                              | Min. 12 uczniów (finałowe zespoły – liczba zależna od wielkości zespołów i BHP laboratorium)              | W trzecim etapie wzięto udział pięć Zespołów – 19 uczniów                      | 158%                            | - Lista obecności (załączona)<br>- Dokumentacja zdjęciowa i raport z warsztatów      |
| 4   | Udostępnione materiały edukacyjnych (scenariusze, instrukcje, dokumentacja)                 | Min. 5 scenariuszy, 3 instrukcje techniczne, 1 raport końcowy (na licencji otwartej)                      | Materiały w formie PDF opublikowano na stronie projektu                        | 100%                            | Załączone pliki PDF oraz link do strony, na której opublikowano wymienione materiały |

## Opis działań

(opis powinien zawierać szczegółową informację o zrealizowanych działaniach zgodnie z umową i aktualizacją wniosku, a także wyjaśnić ewentualne odstępstwa w ich realizacji) (max. 4000 znaków)

We wniosku konkursowym przewidziano siedem działań, których realizację omawiamy poniżej:

**1. Prace koordynacyjne** (Nadzór nad całością zadania - przygotowanie i realizacja umów, korespondencja i współpraca z partnerami, ewaluacja, raportowanie)

- Komisja Konkursowa przygotowała Regulamin Konkursu, który został przyjęty przez Zarząd Towarzystwa i opublikowany na stronie Projektu: [https://astrobio.pl/wp-content/uploads/2025/10/AstroFarmer-Regulamin-v.1.1\\_2025.10.13-1.pdf](https://astrobio.pl/wp-content/uploads/2025/10/AstroFarmer-Regulamin-v.1.1_2025.10.13-1.pdf)
- Założony został adres [astrofarmer@astrobio.pl](mailto:astrofarmer@astrobio.pl), z którego prowadzono oficjalną korespondencję
- Założono serwer Discord do bieżącej komunikacji z Zespołami w drugim etapie (jest to dodatkowe działanie, nie przewidziane w pierwotnym wniosku)
- Rozdzielono dyski współdzielone na potrzeby RODO oraz utajnienia prac Komisji Konkursowej (dostęp do zgłoszeń zawierających dane osobowe miał Zarząd i upoważniony Koordynator, dostęp do zgłoszeń merytorycznych miała Komisja Konkursowa, pozostałe pliki dostępne były dla całego Zespołu)

**2. Prace przygotowawcze** (Powołanie komisji konkursowej i zespołu merytorycznego, ułożenie pytań, prace informatyczne na stronie PTAstrobio etc.)

- Zespół projektowy przygotował stronę Projektu: <https://astrobio.pl/astrofarmer/>
- Powołano czteroosobową Komisję Konkursową, która przygotowała szablon oceny (patrz: załącznik – protokół Komisji Konkursowej)
- Zespół projektowy przygotował Wykaz Sprzętu [https://astrobio.pl/wp-content/uploads/2025/09/ListaSprzetu\\_2025.09.09-1.pdf](https://astrobio.pl/wp-content/uploads/2025/09/ListaSprzetu_2025.09.09-1.pdf)
- Komisja przygotowała Pytania Problemowe do I Etapu Konkursu (w podziale na kategorie: Biologiczne, Operacyjne i Techniczne), łącznie 11 zagadnień (dostępne na stronie Projektu)
- Komisja przygotowała odpowiedzi udzielane przez ChatGPT na potrzeby porównań z nadestanymi pracami (dokumentacja wewnętrzna)
- Przygotowano i opublikowano Formularz Rejestracyjny i Formularz Konkursowy, opublikowane na stronie Projektu
- Dokonano zakupu wyposażenia i odczynników oraz jego sortowania (patrz: wykaz faktur)

**3. Ogólnopolska rekrutacja zespołów uczniowskich** (Nabór i selekcja 15 zespołów przez konkurs online z pytaniami problemowymi i oceną motywacji.)

- W naborze wzięło udział 20 drużyn z 10 miast z 7 województw – 87 uczniów
- Nadestane prace zarchiwizowano (54 dokumenty, około 150 stron)
- Komisja Konkursowa dokonała oceny wedle ustalonych kryteriów, wyłaniając 15 zespołów (58 uczniów) (patrz: załączony Protokół Komisji Konkursowej)

- 23 października 2025r odbyło się otwarty webinar na którym ogłoszono wyniki (patrz: link na stronie do materiału na platformie YouTube)

**4. Przekazanie zestawów i rozpoczęcie prac szkolnych („Farmer na Ziemi”)** (Wysyłka zestawów edukacyjnych do szkół, realizacja eksperymentów w growboxach, dokumentacja pomiarów.)

- Po ogłoszeniu wyników nastąpiła wysyłka zestawów (patrz: potwierdzenia z InPost)
- Zdalnie zebrano skany protokołów odbioru sprzętu (dokumentacja wewnętrzna)
- Przez serwer Discord przez następne 7 tygodni prowadzono regularną superwizję prowadzonych projektów (patrz: załączony Protokół Komisji Konkursowej)

**5. Ocena eksperymentów i wybór finalistów** (Zbiór raportów, ich ocena przez komisję, wybór finalistów do etapu laboratoryjnego.)

- Komisja oceniła nadesłane Raporty, wyłaniające zespoły finałowe – przesunięcia budżetowe pozwoliły na przyjęcie 19u uczniów zamiast planowanych 12u (patrz: załączony Protokół Komisji Konkursowej)
- Raporty zarchiwizowano (15 Raportów wraz z załącznikami, około 300 stron)

**6. Warsztaty „AstroFarmer” – praca z regolitem** (Zajęcia laboratoryjne z uprawą w symulancie regolitu, analiza pH, EC, substratów i hydroponiki.)

- Laboratoria przeprowadzono na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej
- Zespołom i ich opiekunom sfinansowano przyjazd do i z Warszawy oraz nocleg w hostelu
- Materiał zdjęciowy dostępny jest w social mediach Towarzystwa: <https://www.facebook.com/PTAstroBio/posts/pfbid0uUJTUeMbY1KVzszf8P7gjJKEQkFs6TPi73ksHkYKG2Z3WauupzZ4YxMieTyeCbUl>

**7. Publikacja materiałów** (Prezentacja rezultatów, udostępnienie scenariuszy, instrukcji i raportu końcowego na wolnej licencji.)

- Materiały dostępne są na stronie projektu

## Dodatkowe informacje

W promocji projektu Towarzystwu pomogły między innymi: ESERO Polska, newsletter KMO, social media Politechniki Warszawskiej

Sytuacje, które nas zaskoczyły:

- Wiele szkół (około 30%) w swoich raportach sygnalizowało, że mieli problem w związku z okresowymi przerwami w dostawach prądu w szkole lub wyłączeniem prądu w nocy – co od niektórych zespołów wymagało ręcznego restartowania układów, a innym zniszczyło część upraw (niska temperatura w grudniu)
- Szkoły/Zespoły w różny sposób podchodziły do organizacji przyjazdu na Politechnikę – niektóre dyrekcje wymagały obecności dwójki nauczycieli przy piątce uczniów, co zwiększyło koszty transportu i noclegu
- Generalnie uczniowie mieli niską świadomość etycznych sposobów na wykorzystanie AI
- Opóźnienie przekazania środków na realizację projektu na początkowym etapie projektu bardzo wpłynęło na presję czasową w późniejszych etapach, co ograniczyło zakres prac prowadzonych przez Zespoły