

## OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

Dostawa i instalacja Automatycznych Zestawów Teleskopowych (AZT)  
wraz z usługą wdrożenia do użytkowania.

VLA Stany Zjednoczone (Ocean Spokojny)

### 1. Wstęp

Przedmiot zamówienia obejmuje zadanie dostarczenia, montażu i uruchomienia Automatycznego Zestawu Teleskopowego (AZT) do celów obserwacji optycznej sztucznych obiektów kosmicznych na orbitach okołoziemskich do celów SST ang. „Space Surveillance and Tracking”. **AZT jest rozumiany, jako zestaw niezależnych teleskopów na kilku montażach zdolnych do obserwacji nieba o łącznym polu widzenia 170 stopni kwadratowych.** AZT ma być zlokalizowany w Stanach Zjednoczonych (Ocean Spokojny) - wyspy Hawaje.

Wykonawca powinien zwrócić się do podmiotu zarządzającego terenem / infrastrukturą / farmą teleskopów, na której zlokalizowany jest w/w sensor z zapytaniem o możliwość wykorzystania lokalizacji.

AZT mają za zadanie wykonywania obserwacji w trybie przeglądu ang. „survey” przy jednoczesnej możliwości wykorzystania trybu śledzenia ang. „tracking”. AZT powinien umożliwiać obserwacje wszystkich typów obiektów satelitarnych poruszających się na orbitach: GEO, MEO, HEO, HLEO, oraz LEO. AZT w trybie „survey” powinien umożliwiać obserwacje obiektów o rozmiarach minimum:

35 cm na orbicie GEO (cross section),

8 cm na orbicie LEO (cross section).

AZT powinien posiadać wysoką autonomizację systemu umożliwiającą pracę zdalną, w trybie robotycznym, bez bezpośredniego udziału obserwatora. Zestaw powinien składać się z elementów optycznych (teleskopów), montażu, kamer (czujniki sCMOS), niezbędnego oprogramowania i sprzętu IT do sterowania, monitorowania działania, przetwarzania i przesyłania danych obserwacyjnych.

Zamawiający zakłada możliwość realizacji zadania „tracking” również przy wykorzystaniu techniki „Synthetic Tracking”, tj. wyznaczania parametrów fizycznych ruchu orbitalnego sztucznego obiektu kosmicznego na podstawie nakładania na siebie surowych zobrażeń wykonanych z częstotliwością co najmniej 10 klatek na sekundę (10fps).

Dostawa i montaż przedmiotowego AZT stanowi element działania realizowanego przez Zamawiającego, którego celem jest modernizacja sieci sensorów do celów SST w ramach Konsorcjum EUSST i grantu 2-3SST2018-20 i do realizacji zadań statutowych Zamawiającego. Przedmiot zamówienia Wykonawca zrealizuje zgodnie z ustaleniami i parametrami podanymi poniżej, zawartymi w niniejszym OPZ.

### 2. Kwestie formalno-prawne

W ramach przedmiotu zamówienia Wykonawca zapewni:

- doradztwo polegające na opracowaniu analizy w zakresie możliwych lokalizacji AZT. Analiza powinna zawierać co najmniej optymalizację finansową, logistyczną i operacyjną przedsięwzięcia, w tym zapewnienia bezpieczeństwa fizycznego AZT oraz bezpieczeństwa przesyłanych danych;
- wsparcie w rozmowach/negocjacjach związanych z uzyskaniem dostępu (dzierżawa) przez Zamawiającego do wybranej lokalizacji;
- doradztwo w zakresie podpisania umowy pomiędzy Zamawiającym, a właścicielem terenu, na którym zainstalowany zostanie AZT;

- doradztwo w zakresie kwestii prawnych, zezwoleń, odpowiedzialności oraz innych zobowiązań, które przyjmuje na siebie Zamawiający wraz z eksploatacją AZT we wskazanej lokalizacji;
- ubezpieczenia AZT w okresie do odbioru końcowego w docelowej lokalizacji, z uwzględnieniem komponentów stanowiących własność Zamawiającego oraz doradztwo w zakresie wyboru ubezpieczyciela AZT w okresie następującym po oddaniu do użytkowania;
- sporządzenie kosztorysu eksploatacji AZT, ze wskazaniem ryzyka powstania kosztów dodatkowych oraz ich zakresu i prawdopodobieństwa.

### 3. Etapy realizacji umowy

#### 3.1 Projekt techniczny AZT

Wykonawca przedstawi Zamawiającemu do akceptacji projekt techniczny AZT, w którym zawrze m.in.:

- schemat blokowy i funkcjonalny AZT;
- schematy podłączenia do instalacji elektrycznej, instalacji przesyłania informacji cyfrowych;
- wykaz głównych podzespołów i komponentów AZT w raz z ich opisem technicznym;
- wykazy części zamiennych wchodzących w skład AZT w tym ich nazw własnych, symboli i oznaczeń oraz producenta;

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego protokół odbioru projektu technicznego.

#### 3.2 Kompletowanie komponentów

Wykonawca zobowiązany jest do skompletowania komponentów przedmiotu Umowy, zgodnie z projektem technicznym.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego protokół odbioru skompletowanych komponentów.

#### 3.3 Transport

Wykonawca zapewni pakowanie, transport do miejsca docelowego oraz ubezpieczenie wszystkich komponentów AZT.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół dostawy komponentów AZT do docelowej lokalizacji.

#### 3.4 Instalacja i integracja

Wykonawca wykona AZT zgodnie z projektem technicznym i dokumentacją techniczną. Przeprowadzi ich instalację i integrację w miejscu docelowym użytkowania. Wykonawca dostarczy oraz zintegruje oprogramowanie procesujące surowe dane, do postaci plików w formacie Tracking Data Message (TDM) w wersji co najmniej v.2.0 zgodnym ze standardem CCSDS, umożliwiające automatyczne wysyłanie przetworzonych danych do centrum operacyjnego Zamawiającego. Wykonawca dostarczy do centrum operacyjnego Zamawiającego hardware oraz oprogramowanie do zdalnego monitorowania i zadaniowania obserwacji. Oprogramowanie zostanie zainstalowane oraz skonfigurowane.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół dostawy, instalacji i integracji AZT.

### 3.5 Uruchomienie/walidacja

Wykonawca jest zobowiązany do uruchomienia AZT oraz jego walidacji. Wykonawca zaproponuje i przedstawi do akceptacji Zamawiającego program szkolenia w zakresie bezpiecznego i optymalnego użytkowania AZT dla 6 osób.

AZT powinien wykonać kampanię testową obserwując satelity na orbitach LEO, MEO, GEO, HEO zgodnie z otrzymaną od Zamawiającego listą obiektów wraz z priorytetami obserwacji. Ocenie będzie podlegała skuteczność wykonania zaplanowanych obserwacji. W szczególności wymagane jest wykonanie udanych obserwacji obiektów o rozmiarach opisanych w niniejszym OPZ, a więc 35 cm na orbicie GEO oraz 8 cm na orbicie LEO.

W ramach realizacji zadania Wykonawca przedstawi operat szacunkowy długoterminowej eksploatacji na termin obejmujący min. 5 lat.

Potwierdzeniem realizacji etapu będzie podpisany przez Zamawiającego Protokół uruchomienia, walidacji i odbioru AZT.

### 3.6 Wdrożenie do operacyjnego wykorzystania

Wykonawca, przez okres 6 miesięcy od dnia zakończenia etapu uruchomienia/walidacji, zabezpieczy działanie operacyjne AZT. W niniejszym etapie przewiduje się realizację przez Wykonawcę następujących zadań:

- szkolenie 6 osób (operatorów) zgodnie z programem szkoleń zaakceptowanym przez Zamawiającego;
- wykonanie trzech testów jakościowych i ilościowych (dostarczenie raportów działania w terminach do końca 1, 3 i 6 miesiąca działania AZT);
- przeprowadzenie dwóch kampanii kalibracyjnych (w 1 i 5 miesiącu działania AZT) polegających na dostarczeniu obserwacji satelitów nawigacyjnych GNSS (Flota GALILEO):
  - obserwacja co najmniej 3 (trzech) obiektów,
  - co najmniej po 50 (pięćdziesiąt) pomiarów na obiekt,
  - łączna ilość punktów pomiarowych minimum 200 (dwustu);
- wyznaczenie, na podstawie danych dostarczonych w ramach kampanii kalibracyjnych:
  - time-bias z dokładnością co najmniej 1ms,
  - błędu średniokwadratowego RMS (ang. Root Mean Square) uzyskując wynik lepszy niż 2.0 arc. sec;
- utrzymanie stanu gotowości AZT wraz z całym sprzętem i oprogramowaniem z nim związanym, w tym przeprowadzanie procesu aktualizacji oprogramowania;
- zapewnienie bezpieczeństwa infrastruktury AZT i danych obserwacyjnych;
- po upływie okresu gwarancji świadczenie usługi napraw wszelkich usterek sprzętu oraz oprogramowania;
- monitorowanie i diagnostyka całości systemu;
- przetwarzanie obserwacji SST oraz dostawa danych do centrum operacyjnego Zamawiającego w postaci plików w uzgodnionym formacie, np. TDM w wersji v.2.0 zgodnym ze standardem CCSDS, zgodnie z otrzymaną od Zamawiającego listą obiektów wraz z priorytetami obserwacji w tym w odpowiedzi na specjalne zamówienia (Tasking Requests); możliwość modyfikacji metadanych (komentarzy)
- bieżące/robocze informowanie przedstawiciela Zamawiającego o realizowanych działaniach na AZT.

W okresie wdrożenia do użytkowania AZT Wykonawca przeprowadzi szkolenia dla personelu POLSA umożliwiające przejście działań operacyjnych. Potwierdzeniem realizacji działania będzie

podpisany przez Zamawiającego Protokołów wdrożenia do użytkowania AZT oraz protokół/ty przeprowadzenia szkolenia/eń.

#### 4. Specyfikacja techniczna AZT

##### 4.1 Lokalizacja

AZT ma być zlokalizowany w Stanach Zjednoczonych (Ocean Spokojny) - wyspy Hawaje.

##### 4.2 Przyrządy optyczne i montaż

AZT powinien charakteryzować się łącznym polem widzenia 170 stopni kwadratowych. Rozmieszczenie poszczególnych teleskopów na montażach względem siebie powinno umożliwiać wybór obserwowanych obszarów sfery niebieskiej o zmiennej konfiguracji np.: w postaci kwadratu, prostokąta różnie skierowanego względem deklinacji i rektascensji lub innego kształtu.

W skład AZT wchodzi **teleskopy przeglądowe o parametrach**: apertura: minimum 28 cm, światłosiła w zakresie: od f/0.9 do f/1.5, wyposażone w zdalnie sterowany fokuser, pokrywę tubusa i podgrzewanie układu optycznego.

Teleskopy powinny być umieszczone na dedykowanych montażach (**na jednym montażu powinny się znajdować co najwyżej dwa teleskopy**) i posiadać następujące własności:

- napędy bezpośrednie (direct-drive) z enkoderami w obydwu osiach (azymut, elewacja) umożliwiające sterowanie teleskopem i jego naprowadzanie na obserwowane obiekty,
- możliwość pracy w trybie azymutalnym dla ograniczenia miejsca zajmowanego przez teleskop i umożliwienia instalacji większej liczby montażów w tym samym miejscu,
- odpowiedni udźwig w stosunku do masy teleskopu dla ograniczenia zużycia sprzętu i zapewnienia odpowiedniej precyzji działania,
- precyzja celowania lepsza niż 10 arcsec,
- stabilność precyzji śledzenia za obiektem – nie gorsza niż 1 arcsec / 10 min.,
- maksymalna prędkość ruchu co najmniej 50%/s,
- możliwość obserwacji obszaru nieba ze śledzeniem gwiazdowym oraz nie gwiazdowym,
- możliwość śledzenia sztucznych satelitów Ziemi na podstawie podanej efemerydy lub parametrów orbitalnych,

W zależności od zaproponowanej konfiguracji AZT Wykonawca zaproponuje odpowiednią liczbę montażów oraz rozkład teleskopów na poszczególnych montażach oraz wyposażenie dodatkowe np. słup, na którym montaż zostanie zamontowany.

##### 4.3 Kamery

AZT powinien być wyposażony w szybkie kamery typu sCMOS 16-bit lub 2x12-bit (ang. scientific CMOS) o parametrach nie gorszych niż:

- matryca o rozmiarach minimum 36,9x36,9 i szumie odczytu poniżej 5 e/pix,
- rozmiar piksela nie większy niż 10  $\mu\text{m}$ ,
- chłodzenie do 35 stopni poniżej temperatury otoczenia,
- możliwość wykonywania co najmniej 10 zdjęć na sekundę (fps),
- możliwość rejestracji momentu początku zdjęcia z dokładnością nie gorszą niż 1 milisekunda,
- migawka elektroniczna,
- prawidłowe dopasowanie rozmiaru matrycy i rozmiaru piksela do danego systemu optycznego, gwarantujące uzyskanie optymalnej skali obrazu bez strat na optyce i matrycy,
- możliwość łączenia pikseli przynajmniej 2x2 (tzw. binning),
- minimalna wydajność kwantowa 60%,

- interfejs zapewniający transfer danych z kamer co najmniej 10 Gbit/s,
- moduł GNSS (GPS lub GALILEO) do rejestracji czasu niezależnie od komputera PC,
- prąd ciemny poniżej 0.15 e/pix/s (elektrony/piksel/sekundę) w temperaturze roboczej proponowanego rozwiązania.

#### 4.4 Pawilony obserwacyjne

Wszystkie elementy AZT muszą być umieszczone w odpowiednich pawilonach obserwacyjnych. W zależności od zaproponowanej konfiguracji AZT Wykonawca zaproponuje odpowiednie pawilony obserwacyjne, ich usytuowanie, uzbrojenie oraz ochronę przed niekorzystnymi zjawiskami meteorologicznymi.

Wykonawca przedstawi projekt ustawienia teleskopów w pawilonach obserwacyjnych zapewniający całkowitą bezkolizyjność w przypadku dowolnych ruchów poszczególnych teleskopów. Pawilony obserwacyjne muszą być zintegrowane ze stacją meteorologiczną lub podłączone do systemów obserwacyjnych meteorologicznych, w celu podjęcia odpowiedniej reakcji w przypadku niekorzystnych warunków meteorologicznych (śnieg, ulewa, wyładowania atmosferyczne, huragan) automatycznie bez ingerencji operatora i na jego żądanie.

Wykonawca wyposaży pawilon obserwacyjny w autonomiczny system zasilania awaryjnego umożliwiający bezpieczne zamknięcie pawilonów obserwacyjnych i wyłączenie sprzętu w przypadku awarii zasilania podstawowego. Zasilacze awaryjne powinny charakteryzować wydajność zdolna obsłużyć wszystkie komponenty AZT jednocześnie przez co najmniej 3 minuty.

Lokalizacja powinna spełniać warunki bezpieczeństwa fizycznego, tj. zamknięty teren z ograniczonym dostępem osób. Pawilon musi być wyposażony w system monitoringu video 24/7 z dostępem zdalnym do obrazu w trybie live oraz do danych archiwalnych z minimum 72h wstecz. System powinien być złożony z kamer nocnych bez oświetlaczy podczerwonych (promienników podczerwieni).

#### 4.5 Wyposażenie dodatkowe

AZT musi być wyposażona co najmniej w następujące elementy:

- astronomiczna stacja pogodowa z czujnikiem zachmurzenia, opadów i wiatru,
- kamera typu rybie oko (tzw. allsky) do optycznej oceny i przeglądu warunków pogodowych,
- lokalny serwer czasu NTP wykorzystujący odbiornik GNSS (GPS lub GALILEO),
- klimatyzacja sprzętu komputerowego w kopule,
- podgrzewacze/odraszacze optyki (jeśli nie są wyposażeniem standardowym teleskopów),
- router i modem z możliwością przełączenia na łączność awaryjną,
- przełączniki i inne elementy gigabitowej sieci lokalnej; wymagane są połączenia kablowe zamiast WiFi,
- system zdalnego sterowania zasilaniem każdego urządzenia.

#### 4.6 Systemy komputerowe

AZT musi być wyposażona co najmniej w następujące elementy:

- astronomiczna stacja pogodowa z czujnikiem zachmurzenia, opadów i wiatru,
- kamera typu rybie oko (tzw. allsky) do optycznej oceny i przeglądu warunków pogodowych,
- lokalny serwer czasu NTP wykorzystujący odbiornik GNSS (GPS lub GALILEO),
- klimatyzacja sprzętu komputerowego w kopule,
- podgrzewacze/odraszacze optyki (jeśli nie są wyposażeniem standardowym teleskopów),
- router i modem z możliwością przełączenia na łączność awaryjną,
- przełączniki i inne elementy gigabitowej sieci lokalnej; wymagane są połączenia kablowe zamiast WiFi,

- system zdalnego sterowania zasilaniem każdego urządzenia.

#### 4.7 Systemy komputerowe

AZT powinien być wyposażony w sprzęt komputerowy wraz z oprogramowaniem zapewniającym:

- sterowanie i obsługę AZT w trybie zdalnym oraz stacjonarnym,
- kontrolę bieżącą stanu AZT (ang. Health check) z wykorzystaniem narzędzi automatyzacji tego procesu (np. Prometheus),
- automatyzację zadaniowania i odczytu statusów elementów infrastruktury obiektu,
- przygotowanie planu obserwacyjnego,
- wykonanie obliczeń astrometrycznych i fotometrycznych, dla których wymagana jest precyzja wyniku pomiaru obiektu RMS (Root Mean Square)  $\leq 2$  arc. sec,
- wykonanie obserwacji,
- wstępną obróbkę i redukcję obserwacji,
- zapisanie wyników obserwacji do lokalnej bazy oraz transfer danych obserwacyjnych do centrum operacyjnego Zamawiającego,
- realizację zadania „tracking” przy wykorzystaniu techniki „Synthetic Tracking”, tj. wyznaczania parametrów fizycznych ruchu orbitalnego sztucznego obiektu kosmicznego na podstawie nakładania na siebie surowych zobrazowań wykonanych z częstotliwością 10 klatek na sekundę (10fps),
- obsługę każdego komponentu osobno na możliwie niskim poziomie przy użyciu dedykowanego oprogramowania
- obsługę wszystkich komponentów jednocześnie, w tym: pawilonów obserwacyjnych, montażów, kamer, fokuserów, stacji pogodowej, oprogramowania do analizy i procesowania danych, lokalnego serwera czasu z odbiornikiem GNSS, kamery allsky, monitoringu video,
- wymianę danych poprzez sieć Internet, pomiędzy AZT a centrum operacyjnym Zamawiającego, w czasie rzeczywistym w celu zadaniowania, monitorowania, konserwacji oraz przesyłania wyników przetwarzanych na miejscu,
- macierz dyskową o pojemności minimum 150 TB z redundancją (np. w konfiguracji RAID 5 lub równoważnie), gdzie w przypadku awarii dysku, funkcjonalność macierzy pozostanie dostępna dla użytkownika,
- monitorowanie, sterowanie i obsługę AZT w trybie zdalnym, automatycznym i autonomicznym z wykorzystaniem udokumentowanego REST API opracowanego na podstawie interfejsu opracowanego we współpracy z zamawiającym.

Sprzęt komputerowy powinien być wyposażony:

- system KVM IP do każdego zainstalowanego komputera (o ile nie jest na wyposażeniu standardowym komputerów),
- obudowę w standardzie rack.