

## OPIS PRZEDMIOTU ZAMÓWIENIA

**W WERSJI PO ZMIANACH Z DNIA 21.12.2022**

dotyczy: Zapytania ofertowego na **dostawę systemu anemometrii obrazowej 2D2C PIV**,  
na który składają się następujące elementy:

1. Laser dwuimpulsowy (1 szt.),
2. Stelaż pod laser (1 szt.),
3. Optyka lasera do generacji noża świetlnego (1 szt.),
4. Ramię optyczne (1 szt.),
5. Kamera z optyką (1 szt.),
6. Urządzenie synchronizujące (1 szt.),
7. Program do akwizycji i analizy obrazów i danych PIV,
8. Okulary ochronne do pracy z laserem (2 szt.),
9. Płyta kalibracyjna (1 szt.),
10. Cząstki znacznikowe fluorescencyjne (zawiesina min 50 g fazy stałej),
11. Cząstki znacznikowe (min. 250 g),
12. Jednostka sterująca (1 szt.).

o parametrach szczegółowych opisanych w punkcie II poniżej, (dalej łącznie jako „System anemometrii obrazowej”), wraz z uruchomieniem Systemu anemometrii obrazowej, szkoleniem, pomiarem szkoleniowym, wsparciem technicznym oraz wsparciem pomiarowym.

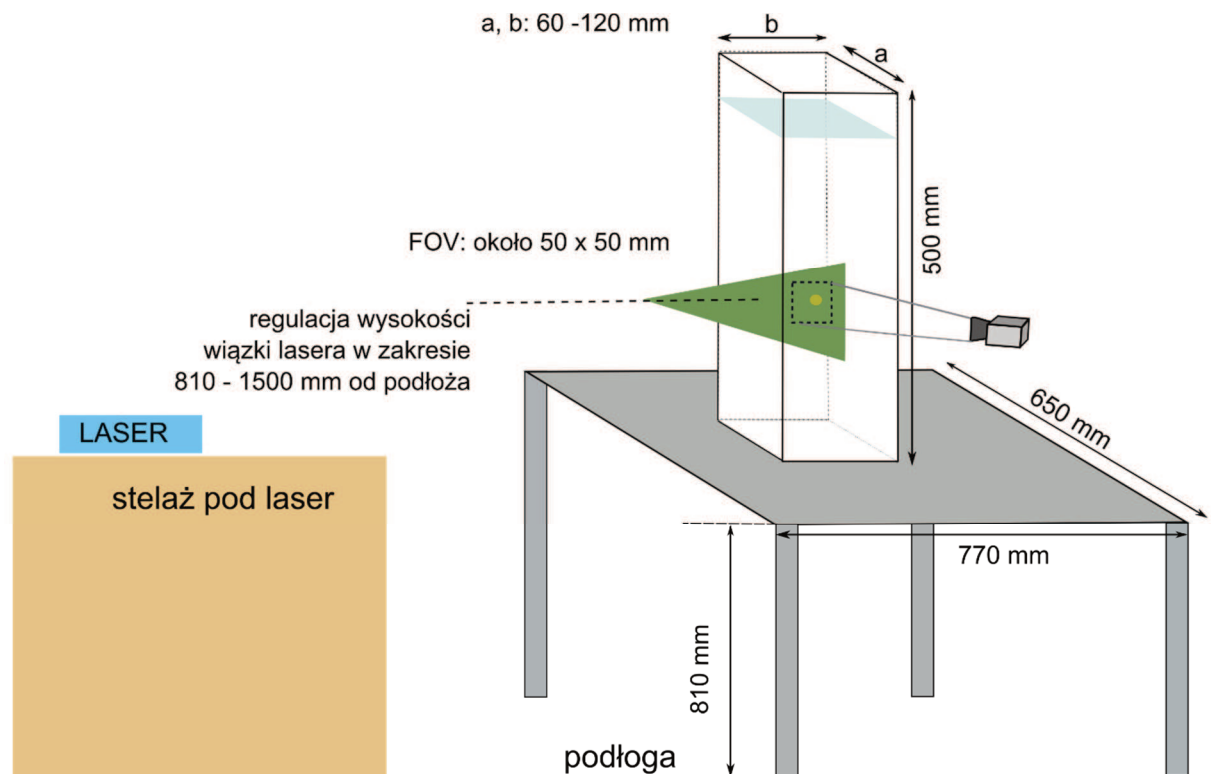
**Dostawa Systemu anemometrii obrazowej finansowana w ramach projektu NCN 2019/35/D/ST10/01135.**

### I. Opis stanowiska i zadania pomiarowego

System anemometrii obrazowej będzie zainstalowany w Pracowni Mikromodeli Hydrodynamicznych Instytutu Geofizyki PAN na stanowisku z kolumną pomiarową. Celem pomiarów jest uzyskanie pola prędkości płynu wokół swobodnie opadającej cząstki/kilku cząstek o wymiarach (1-5 mm) w temperaturze 20 - 25 °C. Cząstki opadają w płynie stojącym z prędkością w zakresie 1 - 200 mm/s. Płyn to wodny roztwór soli z dodatkiem polimerów naturalnych. Zakres gęstości płynu 0,99 - 1,04 g/cm<sup>3</sup>. Roztwory z polimerami są lepkospężyste oraz rozrzedzane ścinaniem, o lepkości w zakresie 0,9 - 4000 mPa s. Pomiary będą prowadzone w płynie jednorodnym oraz w płynie dwuwarstwowym (np. dolna warstwa - wodny roztwór soli z polimerami, warstwa górna – wodny roztwór soli).

Kolumny pomiarowe wykonane z poliwęglanu mają 500 mm (+/- 20 mm) wysokości oraz prostokątny przekrój o wymiarach w zakresie 60 - 120 mm. Kolumna jest ustawiona na stole pomiarowym o wysokości 810 mm, szerokości 650 mm i długości 770 mm. Laser i optyka lasera ustawione zostaną na odpowiednim stelażu stanowiącym element Systemu anemometrii obrazowej. Wiązka lasera będzie prowadzona z użyciem ramienia optycznego stanowiącego element Systemu anemometrii obrazowej. Zostanie zamontowane lustro stanowiące element

Systemu anemometrii obrazowej pozwalające na odbicie wiązki laserowej w postaci noża świetlnego. Statyw do kamery, monitory, klawiatura na wyposażeniu laboratorium.



Rysunek 1. Schemat stanowiska pomiarowego z planowanym ustawieniem systemu PIV.

## II. Opis przedmiotu zamówienia – System anemometrii obrazowej

### Obligatoryjne minimalne wymagane parametry/funkcje

#### 1. Laser dwuimpulsowy (1 szt.)

- a. Długość fali pracy lasera 532 nm
- b. Laser dwuimpulsowy o energii w impulsie nie mniejszej niż 2x50 mJ
- c. Zakres pracy regulowany w zakresie przynajmniej 0 - 50 Hz
- d. Możliwość wyzwalania lasera poprzez sygnały TTL 5V
- e. Laser z własnym układem zasilania i chłodzenia, chłodzenie w obiegu zamkniętym, zasilanie 230 V
- f. Średnica wiązki lasera w zakresie 4 - 6,5 mm
- g. Rozbieżność wiązki nie większa niż 4 mrad
- h. Czas trwania impulsu nie większy niż 12 ns
- i. Wewnętrzny atenuator do osłabiania wiązki laserowej
- j. Zdalne sterowanie z komputera oraz z dedykowanego pulpitu
- k. Głowica lasera pracująca w każdej orientacji w przestrzeni
- l. Przycisk bezpieczeństwa zatrzymujący pracę lasera na kablu o długości 2 m, który można umieścić na blacie stelaża w celu szybkiej dostępności na wypadek niebezpieczeństwa/awarii

## **2. Stelaż pod laser (1 szt.)**

- a. Stelaż pod laser wykonany z profili aluminiowych z kołami i wysuwanymi stopami. Stelaż mieszczący zasilacz oraz głowicę lasera, umożliwiający stabilne ustawienie lasera z wysokością wiązki laserowej w zakresie od wysokości 810 mm do wysokości 1500 mm od podłoża
- b. Błat optyczny o wymiarach 900x300x12 mm z macierzą otworów na powierzchni M6 ze skokiem 25 mm

## **3. Optyka lasera do generacji noża świetlnego (1 szt.)**

- a. Optyka przystosowana do pracy z laserem PIV z pkt. 1
- b. Optyka przystosowana do zamontowania zarówno bezpośrednio na głowicy laserów jak i z możliwością złapania w wolnostojący uchwyt oraz zamocowanie na tzw. ramieniu optycznym
- c. Transmisja wiązki laserowej >95%
- d. Kąt propagacji „noża świetlnego” około 10 stopni +/- 5 stopnia
- e. Ostrzenie wiązki laserowej w zakresie przynajmniej 0,2 - 2,0 m z grubością noża świetlnego poniżej 1 mm w całym zakresie
- f. Lustro dostosowane do projekcji wstecznego świetlnego noża w celu optymalizacji oświetlenia cząstek znacznikowych PIV w przepływach dwufazowych zawierających większe cząstki. Lustro pozwalające na odbicie wiązki laserowej w postaci noża świetlnego o wysokości przynajmniej 100 mm. Płaskość lustra w zakresie 4 - 6 lambda. Lustro w uchwycie pozwalającym na montaż przy badanej kolumnie pomiarowej pozwalającym na regulację wysokości lustra w zakresie 50 - 300 mm nad poziomem blatu stołu z możliwością montażu do blatu stołu.

## **4. Ramię optyczne (1 szt.)**

- a. Ramię optyczne do prowadzenia wiązki laserowej systemu PIV
- b. Zamknięta konstrukcja prowadzenia wiązki
- c. Długość całkowita nie mniej niż 1800 mm
- d. 7 przegubów 360 stopni w ramieniu optycznym, baza mocowania ramienia na stelażu oraz wprowadzenia wiązki laserowej poprzez 2 zwierciadła w uchwytach kinematycznych
- e. 9 zwierciadeł z efektywnością odbicia wiązki laserowej 532 nm >99%
- f. Próg zniszczenia zwierciadeł nie niższy niż 2 J/cm<sup>2</sup> dla 532 nm i około 5-10 ns czasu trwania impulsu
- g. Możliwość pracy z laserem impulsowym wcześniej wyspecyfikowanym
- h. Całkowita transmisja przez całe ramię >90% dla 532 nm
- i. Apertura minimum 16 mm
- j. Przeciwwaga do podtrzymania ramienia lub rozwiązanie równoważne zapewniające stabilność ramienia
- k. Gwint na wyjściu z ramienia dostosowany do optyki noża świetlnego
- l. Narzędzia justujące prawidłowe wprowadzenie wiązki laserowej

## **5. Kamera z optyką (1 szt.)**

- a. Kamera do pomiarów PIV zaimplementowana w programie pomiarowym, bezpośrednia obsługa parametrów kamery (rozdzielczość, częstotliwość pracy, tryb pracy, czas między zdjęciami w trybie PIV), bezpośredni podgląd i zapis rejestrowanych obrazów
- b. rozdzielczość otrzymywanych zdjęć minimum 2400x2000 pixeli – 4,8 Mpix
- c. częstotliwość pracy minimum 120 Hz przy pełnej rozdzielczości, minimum 50 Hz PIV
- d. przystosowana do pracy w trybie PIV (double frame) z minimalnym czasem między klatkami ≤1 μs
- e. monochromatyczna
- f. sensor CMOS lub CCD
- g. czułość kamery (Quantum Efficiency) >60%
- h. głębia obrazu przynajmniej 12 bit

- i. wielkość pojedynczego pixela nie mniejsza niż 2,7x2,7  $\mu\text{m}$
- j. Synchronizacja poprzez sygnały TTL 5V
- k. obiektyw do kamery typu makro długoogniskowy umożliwiający pomiary obszarów około 50x50 mm wykorzystując pełną rozdzielczość kamery, apertura w zakresie 1,4 - 2,8
- l. Pierścienie dystansowe do odseparowania obiektywu od kamery w celu wykonywania pomiarów o obszarach od około 20x20 mm do około 40x40 mm.
- m. Filtr górno-przepustowy na długości fali  $>550$  nm, transmisja w paśmie przepuszczania  $>85\%$ , blokowanie w paśmie odcięcia  $OD>5.0$ , mocowanie i średnica dostosowane do obiektywu z punktu k.
- n. Filtr optyczny pasmowy na długość fali 532 nm, transmisja w paśmie przepuszczania  $>85\%$ , okno FWHM 10 nm  $\pm 2$  nm, blokowanie w paśmie odcięcia  $OD>5.0$ , mocowanie i średnica dostosowane do obiektywu z punktu k.
- o. Zasilanie, kabel transmisji danych minimum 5m

#### 6. Urządzenie synchronizujące (1 szt.)

- a. Zarządzane spod programu pomiarowego do PIV
- b. Minimum 8 niezależnych kanałów wyjściowych synchronizujących TTL
- c. Przynajmniej 4 kanały wejściowe TTL wyzwalające
- d. Możliwość ustawiania zmiennego czasu między impulsami
- e. Możliwość wyzwalania w trybie Burst – wykonywanie serii impulsów w pewnych odstępach czasowych
- f. Możliwość uruchamiania lasera przed rozpoczęciem akwizycji w celu osiągnięcia optymalnych parametrów pracy lasera (Laser warm-up)
- g. Możliwość wyzwalania urządzeń typu kamery i laser z różną częstotliwością
- h. Dokładność pozycjonowania impulsów sterujących  $\leq 8$  ns
- i. Interface USB lub Ethernet
- ~~j. Przycisk bezpieczeństwa zatrzymujący pracę lasera~~

#### 7. Program do akwizycji i analizy obrazów i danych PIV (1 szt.)

- a. Zarządzanie urządzeniami związanymi z PIV takimi jak: laser, kamery, urządzenia synchronizujące, kalibrujące, trawersujące
- b. Analiza obrazów w celu uzyskania rezultatów w 2D PIV
- c. Program pozwalający na optymalne zaplanowanie parametrów pomiaru w zależności od konfiguracji systemu i warunków pomiarowych: odpowiedni czas między impulsami, pokrycie obszaru obrazowania za pomocą różnych kamer oraz obiektywów, wyznaczenie głębi ostrości, apertury, kąta ustawienia kamery oraz kompensacji kąтового ustawienia kamery, wizualizacja zastosowania poszczególnych parametrów, stabelaryzowane zestawienie wartości pomiarowych
- d. Możliwość ustawienia ciągłej automatycznej serii pomiarowej, w której każda akwizycja będzie mogła mieć różny jeden lub więcej z parametrów: czas między impulsami lasera w parze zdjęć, częstotliwość pomiarowa, liczba zdjęć
- e. Analiza gęstości posiewu (particles per pixel) uwzględniając zastosowanie różnych parametrów analizy obrazu oraz wyznaczając średni rozmiar posiewu w pikselach. Powyższe funkcjonalności muszą być zapewnione w ramach jednego oprogramowania (oprogramowania PIV) z uwagi na optymalizację czasu realizacji zadania badawczego.
- f. Automatyczny zapis urządzeń i parametrów użytych do pomiaru wraz z danym projektem, które można wczytać i użyć w dowolnym momencie
- g. Narzędzie obróbki graficznej otrzymanych obrazów pozwalające na konwersję obrazów w celu zwiększenia ich funkcjonalności. Gotowe makra najużyteczniejszych obróbek obrazów pozwalające na ich szybkie użycie, możliwość stworzenia własnych makr. Powyższe

funkcjonalności muszą być zapewnione w ramach jednego oprogramowania (oprogramowania PIV) z uwagi na optymalizację czasu realizacji zadania badawczego.

- h. Statystyczne maskowania obszarów wyjętych z analizy
- i. Adaptatywna analiza PIV automatycznie dobierająca obszar wyznaczenia pojedynczych wektorów w zależności m.in. od wprowadzonych kryteriów o gęstości posiewu
- j. Wyznaczenie niepewności pomiarów PIV
- k. Nakładanie warstw wyników PIV i pochodnych na zarejestrowane obrazy w celu lepszej wizualizacji zachodzącego zjawiska
- l. Informacja o statusie każdego wyznaczonego wektora po procesie walidacji: obliczony, zinterpolowany i odrzucony
- m. Nieograniczona terytorialnie i bezterminowa licencja na oprogramowanie (tj. licencja zapewniająca nieprzerwane korzystanie z oprogramowania przez okres co najmniej 20 lat, tj. przykładowo licencja na czas nieoznaczony z 20-letnim okresem wypowiedzenia)

#### **8. Okulary ochronne do pracy z laserem (2 szt.)**

- a. minimum OD5

#### **9. Płyta kalibracyjna (1 szt.)**

- a. Płyta kalibracyjna do kalibracji obszarów 50x50 mm o wymiarach nie większych niż 55x55 mm

#### **10. Cząstki znacznikowe fluorescencyjne (zawiesina min 50 g fazy stałej)**

- a. Cząstki znacznikowe fluorescencyjne wzbudzane laserem PIV i emisją >550 nm do pomiarów w środowisku wodnym z wykorzystaniem lasera z pkt. 1. Gęstość cząstek z zakresu 1020 – 1190 kg/m<sup>3</sup> w 20 °C. Wielkość cząstek z zakresu 1-20 μm, zawiesina minimum 50 g fazy stałej

#### **11. Cząstki znacznikowe (minimum 250 g)**

- a. Cząstki znacznikowe o gęstości w zakresie 1020 - 1150 kg/m<sup>3</sup> w 20 °C, cząstki o średnicy w zakresie 5-10 μm do pomiarów w środowisku wodnym, minimum 250 g

#### **12. Jednostka sterująca (1 szt.)**

- a. Komputer typu tower stacja robocza
- b. Procesor minimum 12 rdzeniowy i 24 wątkowy o częstotliwości taktowania minimum od 4GHz uzyskujący w niezależnych testach cpubenchmark minimum 40 000 punktów
- c. Minimum 32GB pamięci RAM DDR4
- d. Dysk systemowy SSD M2 minimum 500GB
- e. Dysk na dane HDD 2x minimum 2TB
- f. Karta graficzna, 2GB GDDR5, obsługa minimum 3 monitorów
- g. Karta sieciowa 1Gb/s
- h. Minimum 5 slotów PCIe x16 (minimum 2 sloty z prędkością x16)
- i. Windows 10 professional

### **III. Opis przedmiotu zamówienia - Uruchomienie systemu, szkolenie, pomiar szkoleniowy, wsparcie techniczne i wsparcie pomiarowe oraz inne warunki.**

1. Aparatura zostanie zamontowana, uruchomiona i przetestowana przez Wykonawcę w Pracowni Mikromodeli Hydrodynamicznych IGF PAN na stanowisku z kolumną pomiarową do badania opadania cząstek w cieczach opisanego w punkcie I (Rys. 1 tego dokumentu);

2. Wykonawca wykona zamówienie (dostawa Systemu anemometrii obrazowej, instalacja, pierwsze szkolenie i wspólny pomiar szkoleniowy w siedzibie Zamawiającego), w terminie nie później niż 15 tygodni od dnia zawarcia umowy;
3. Wykonawca dostarczy dokumenty potwierdzające, że w okresie ostatnich 3 lat przed upływem terminu składania ofert, a jeżeli okres prowadzenia działalności jest krótszy - w tym okresie zrealizował co najmniej 2 dostawy zakończone protokołem odbioru podpisanym bez zastrzeżeń (wartość każdej umowy nie może być mniejsza niż 500 000,00 zł brutto), których przedmiotem była dostawa systemu anemometrii obrazowej PIV ze szkoleniem oraz wykonywanie pomiaru szkoleniowego w siedzibie zamawiającego na dostarczonym systemie PIV, wymagane załączenie protokołów odbiorów końcowych oraz umów lub faktur dla potwierdzenia wartości umowy;
4. Oferent dostarczy co najmniej jeden list z referencjami od zamawiającego, u którego zrealizował dostawę systemu anemometrii obrazowej PIV zakończoną protokołem odbioru podpisanym bez zastrzeżeń w okresie ostatnich 3 lat przed upływem terminu składania ofert. List powinien potwierdzać wykonanie następujących elementów bez zastrzeżeń: dostawa, szkolenie, wykonywanie pomiaru szkoleniowego w siedzibie zamawiającego na dostarczonym systemie PIV, wsparcie pomiarowe polegające na ustawieniu systemu PIV do pomiarów, wsparcie techniczne oraz świadczenie serwisu (jeśli świadczenie serwisu wystąpiło);
5. Oferent wykaże, że dysponuje 1 osobą, która będzie brała udział w realizacji zamówienia w zakresie zamontowania, uruchomienia, przetestowania urządzenia oraz będzie udzielała szkolenia i wsparcia pomiarowego w siedzibie Zamawiającego posiadającą zaświadczenie od producenta o odbytym szkoleniu z zakresu instalacji, obsługi systemu PIV i oprogramowania do analizy obrazów i danych PIV uzyskane przed 01.05.2022, wymagane załączenie zaświadczenia;
6. Oferent przeprowadzi dwa minimum jednodniowe szkolenia w języku polskim lub angielskim z zakresu obsługi dostarczonego systemu anemometrii obrazowej oraz obsługi programu do akwizycji i analizy obrazów i danych PIV oraz 1-dniowy wspólny pomiar szkoleniowy w warunkach eksperymentalnych Zamawiającego opisanych w części I. tego dokumentu (dalej łącznie jako „Szkolenie”); Wizyty będą realizowane przez osobę wskazaną w punkcie 5;
7. Oferent zadeklaruje, że wykona minimum 10 całodniowych wizyt (od 8.00 do 16.00) wsparcia pomiarowego w okresie gwarancyjnym ustalanych z wyprzedzeniem nie mniejszym niż 14 dni. Terminy wizyt będą proponowane przez Zamawiającego. Co najmniej 5 wizyt odbędzie się w ciągu 4 miesięcy od podpisania protokołu odbioru bez zastrzeżeń. Każda wizyta będzie obejmowała czynności wykonywane z przedstawicielem Zamawiającego: ustawienie systemu PIV do pomiarów na stanowisku pomiarowym (Rys. 1), wykonanie pomiaru i wstępną analizę wyników za pomocą programu do analizy obrazów i danych PIV (dalej łącznie jako „Wsparcie pomiarowe”). Wizyty będą realizowane przez osobę wskazaną w punkcie 5;
8. Oferent wykaże, że dysponuje osobą uprawnioną do wykonania instalacji i diagnostyki lasera PIV z dokumentem poświadczającym wystawionym przez producenta lasera lub dostawcę systemu PIV w przypadku, gdy dostawca ma dokument od producenta umożliwiający wystawienie dalszych uprawnień z datą przed 01.05.2022, wymagane załączenie zaświadczenia;

9. Wykonawca nie później niż miesiąc przed upływem gwarancji wykona w ramach gwarancji diagnostykę lasera PIV wraz z wymianą filtra wody oraz pomiarami parametrów lasera (energia, profil). Diagnostykę wykona osoba wskazana w punkcie 8;
10. Oferent gwarantuje, że wszystkie elementy przedmiotu zamówienia są fabrycznie nowe i nieużywane.
11. Wraz z każdym elementem systemu anemometrii obrazowej stanowiącego przedmiot umowy Wykonawca prześle pełną dokumentację standardowo dostarczaną przez producentów przedmiotu umowy w tym:
  - karty gwarancyjne,
  - dokumentację techniczną,
  - instrukcje obsługi co najmniej w języku angielskim.
12. Wszystkie oferowane elementy systemu są ze sobą kompatybilne i umożliwiają prowadzenie pomiarów i badań opisanych w niniejszym dokumencie bez konieczności zakupu dodatkowych elementów, z wyjątkiem zużywanych na bieżąco materiałów eksploatacyjnych/odczynników.
13. Wykonawca będzie świadczył wsparcie merytoryczne i techniczne w zakresie działania aparatury i oprogramowania online oraz telefoniczne w trakcie trwania gwarancji w godzinach 9.00 – 15.00 czasu środkowoeuropejskiego.
14. Oprogramowanie do akwizycji i analizy obrazów i danych PIV zostanie zainstalowane przez Wykonawcę na dostarczonej jednostce sterującej. Wykonawca zapewni roczną aktualizację oprogramowania oraz jego roczny serwis od daty podpisania protokołu odbioru bez zastrzeżeń.
15. Wykonawca udzieli gwarancji wspólnej dla wszystkich elementów przedmiotu dostawy na okres co najmniej 12 miesięcy liczonej od dnia podpisania bez zastrzeżeń protokołu odbioru.
16. Naprawy gwarancyjne realizowane będą w Polsce przez Wykonawcę, producenta urządzeń lub przez jego autoryzowanego partnera serwisowego poza przypadkami, kiedy sprzęt musi wrócić do naprawy producenta za granicą. Wykonawca dokona naprawy (lub wymiany elementu) w siedzibie Zamawiającego lub pokryje koszty transportu i ubezpieczenia przedmiotu zamówienia do miejsca naprawy oraz jego zwrotu do siedziby Zamawiającego.
17. Czas skutecznej naprawy lub wymiany na elementy o niegorszych parametrach niż pierwotnie wymagane przez Zamawiającego i zaoferowane przez Wykonawcę w ofercie – nie później niż w 7 dniu roboczym od dnia zgłoszenia awarii. W przypadku, jeżeli naprawa będzie wymagała sprowadzenia części zamiennych, do czasu naprawy nie wlicza się okresu niezbędnego do sprowadzenia tych części, przy czym okres niewliczany nie może przekroczyć 30 dni.
18. W ramach świadczonej gwarancji Wykonawca zapewni Zamawiającemu ciągły dostęp do portali internetowych producenta sprzętu w trybie: 24 godziny 365 dni w roku, zawierających narzędzia wsparcia elektronicznego.

