

Wymagania szczegółowe realizacji zamówienia  
**danych ALS (chmura punktów) oraz zdjęć lotniczych**

**1. Układy odniesień i powierzchnie referencyjne**

1.1. Układ odniesień przestrzennych

- a) Układ sytuacyjny XY: PL-1992, o którym mowa w przepisach dotyczących państwowego systemu odniesień przestrzennych
- b) Układ wysokościowy H: PL-EVRF2007-NH, o którym mowa w przepisach dotyczących państwowego systemu odniesień przestrzennych
- c) Model quasigeoidy: model\_quasi-geoidy-PL-geoid2021-PL-EVRF2007-NH.txt (dostępny na stronie internetowej: <https://www.gov.pl/web/gugik/modele-danych>);

1.2. Lokalizacja płaszczyzn/punktów referencyjnych

- a) Wybór lokalizacji i liczby fotopunktów kontrolnych służących do wpasowania sytuacyjnego zdjęć lotniczych w przyjętym układzie odniesień przestrzennych ma zapewnić wymagane dokładności.
- b) Wybór lokalizacji i liczby płaszczyzn referencyjnych służących do wpasowania sytuacyjnego i wysokościowego danych LIDAR w przyjętym układzie odniesień przestrzennych ma zapewnić wymagane dokładności.

**2. Terminy wykonania nalotu**

- 2.1. Termin wykonania nalotów od 20 czerwca do 31 lipca 2025 roku.
- 2.2. Zdjęcia lotnicze oraz chmura punktów dla obszaru danego nadleśnictwa powinny być pozyskane w ciągu jednego dnia.
- 2.3. Czas rejestracji zdjęć należy dobrać tak, aby minimalna wysokość słońca nad horyzontem była większa niż 20 stopni.
- 2.4. Zdjęcia dla całego bloku należy wykonać przy zbliżonych warunkach oświetleniowych.
- 2.5. Dopuszcza się możliwość wykonania zdjęć „bez cienia” – w przypadku pełnego zachmurzenia, przy wysokim pułapie chmur:
  - a) przy oświetleniu zapewniającym wykonanie zdjęć „ostrzych”;
  - b) przy pokryciu zdjęciami „bez cienia” całego bloku.

### **3. Dostawa Produktów**

- 3.1. Dane pomiarowe powinny być dostarczone z georeferencją, po wyrównaniu i po klasyfikacji (zgodnie z wytycznymi ASPRS: <https://www.asprs.org>), w formacie LAS wersja 1.2.
- 3.2. Format zapisu chmury punktów: LAS wersja 1.2; formatem zapisu i przekazania danych musi być format LAZ, POINT DATA RECORD FORMAT 3.
- 3.3. Zapis musi zapewnić odczytanie współrzędnych X, Y, Z z chmury punktów wyrażonych w metrach z precyzją do dwóch miejsc dziesiętnych.
- 3.4. Dane pomiarowe dostarczone zostaną na dyskach zewnętrznych 2,5", wyposażonych w port USB 3.0 lub nowszy, system plików FAT32 lub NTFS, z dołączonym kompatybilnym przewodem USB oraz opakowaniem.
- 3.5. Dane dla każdego nadleśnictwa mają być dostarczone na osobnym dysku, w terminie maksymalnie sześciu tygodni od wykonania nalotu.

### **4. Wymagania sprzętowe**

- 4.1. Zdjęcia należy wykonać fotogrametryczną kamerą cyfrową na żyroskopowo stabilizowanym zawieszeniu.
- 4.2. Należy dostarczyć metrykę kalibracji kamery, nie starszą niż 2 lata (licząc od dnia pozyskania danych).
- 4.3. Jakość fotograficzna i geometryczna wykonanych zdjęć musi gwarantować wykonanie przedmiotu umowy zgodnie z OPZ i wymogami Rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 16 grudnia 2022 r. w sprawie baz danych dotyczących zobrazowań lotniczych i satelitarnych oraz ortofotomapy i numerycznego modelu terenu.
- 4.4. Należy dostarczyć metrykę kalibracji skanera, nie starszą niż 2 lata (licząc od dnia pozyskania danych).
- 4.5. Zamawiający, w celu zmniejszenia błędów spowodowanych ruchem skanera podczas lotu, wymaga zastosowania stabilizacji żyroskopowej skanera podczas pozyskiwania chmury punktów.

### **5. Dane szczegółowe Produktów**

#### **5.1. Produkt 1 – zdjęcia lotnicze**

##### 5.1.1. Parametry zdjęć

- a) GSD zdjęć  $\leq 0,05$  m
- b) w 4 kanałach barwnych: RGB + IR
- c) Pokrycie podłużne zdjęć  $\geq 60\%$
- d) Pokrycie poprzeczne zdjęć  $\geq 30\%$

- e) Kąt odchylenia osi głównej kamery od pionu  $\leq 5$
- f) Kąt skręcenia od osi szeregu  $\leq 10$
- g) Wysokość słońca nad horyzontem  $\geq 20$
- h) Spełniające wymagania Rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 16 grudnia 2022 r. w sprawie baz danych dotyczących zobrazowań lotniczych i satelitarnych oraz ortofotomapy i numerycznego modelu terenu.

#### 5.1.2. Format zapisu

- a) w formacie zapisu TIFF,
- b) z rozdzielczością radiometryczną co najmniej 8 bitów/piksel dla każdego z zastosowanych kanałów barwnych,
- c) z pełną piramidą obrazową opracowaną z wykorzystaniem metody Gaussa,
- d) w podziale obrazu na fragmenty o wielkości  $256 \times 256$  pikseli, z kompresją objętościową JPEG o stopniu kompresji  $q = 4$  lub  $q = 5$

#### 5.1.3. Kompletność zdjęć

- a) Wymaga się, aby podczas pozyskiwania zdjęć Wykonawca dokonał rejestracji w locie elementów orientacji zewnętrznej zdjęć w postaci kątów wychylenia platformy i współrzędnych środka rzutów.
- b) Na wlotach i wylotach z bloku ortofotomapy należy wykonać po dwa dodatkowe zdjęcia przed i za granicą obszaru opracowania (środek rzutu musi się znajdować za granicą bloku ortofotomapy).
- c) Wymaga się 100% kompletnego pokrycia powierzchni bloku ortofotomapy zdjęciami.
- d) Zdjęcia należy zaprojektować w taki sposób, aby zapewnić pokrycie stereoskopowe dla całego bloku ortofotomapy.

#### 5.1.4. Jakość zdjęć lotniczych

- a) GSD zdjęcia lotniczego musi uwzględniać wysokość terenu.
- b) Zdjęcia lotnicze muszą być wolne od wad obrazu wynikających z technicznych wad zapisu.
- c) Zdjęcia lotnicze muszą być wolne od wad obrazu zmniejszających możliwość interpretacyjną cech zobrazowanego terenu (np. nieostrości, niedoświetleń i prześwietleń zdjęć, odbić świetlnych, rozbłysków, wypaleń jasnych powierzchni, refleksów świetlnych, chmur, głębokich cieni chmur, zadymienia, zamglenia itp.).

## 5.2. Produkt 2 - dane pomiarowe, chmura punktów

### 5.2.1. Kompletność danych z pomiarów

- a) Bufor – blok LIDAR musi być pokryty chmurą punktów, wraz z 100 metrowym buforem, wychodzącym poza granice bloku. Nie dopuszcza się, aby zasięg danych LIDAR poza granicami bloku był mniejszy niż 100 m.
- b) Pokrycie poprzeczne: Wykonawca zobowiązany jest pokryć blok LIDAR równoległymi szeregami LIDAR. Zamawiający wymaga zaplanowania i wykonania nalotów z odpowiednim pokryciem poprzecznym. Nie dopuszcza się, aby pokrycie poprzeczne między szeregami w przekazanych do kontroli danych wynosiło mniej niż 20%.
- c) Kompletność danych: wymaga się 100% kompletnego pokrycia powierzchni boku LIDAR danymi LIDAR (w szczególności obiektów topograficznych, szaty roślinnej, drzewostanu) z wyjątkiem obszarów o słabym odbiciu. Wadą nie jest brak chmury punktów w obszarach o słabym odbiciu.
- d) Kąt skanowania: nie dopuszcza się chmury punktów pozyskanej z kątem poprzecznym skanowania  $> \pm 25^\circ$ .
- e) Rejestracja echa: wymagana liczba odbić impulsu lasera (wielokrotne odbicia) nie mniejsza niż 6, przy założeniu, że dla drzewostanu o wysokości ponad 25 m odbicia pomiędzy 1 i 6 będą stanowiły 25% liczby wszystkich odbić zarejestrowanych przez system. Punkty z danego impulsu muszą być zapisane sekwencyjnie.
- f) Rejestracja intensywności: wymagana jest rejestracja i zapis intensywności odbitych sygnałów. Do zapisu intensywności odbitych sygnałów należy wykorzystać pełne spektrum możliwe w danym modelu urządzenia. Zamawiający rozumie przez to zapis intensywności odbicia w maksymalnie możliwym zakresie bitowym dla danego modelu urządzenia.
- g) Średnica plamki promienia laserowego (*Nominal pulse spacing – NPS*): wymagana jest średnica plamki promienia laserowego na powierzchni terenu:  $\leq 0,50$  m dla punktów z pojedynczego (pierwsze równe ostatniemu) lub ostatniego odbicia.

### 5.2.2. Gęstość chmury punktów

- d) Średnia gęstość punktów musi być nie mniejsza niż 4 pkt/m<sup>2</sup> dla pojedynczego pasa skanowania.
- e) Gęstość jest mierzona dla punktów „ostatniego” odbicia oraz punktów z jednym odbiciem (pierwsze odbicie równe ostatniemu),

- f) Gęstość jest mierzona bez uwzględnienia punktów zaklasyfikowanych do klasy punktów z obszarów wielokrotnego pokrycia oraz punktów będących błędami rejestracji skanera,
- g) Gęstość jest mierzona w próbkach o wymiarach 10 m x 10 m, gdzie współrzędne X i Y lewego górnego narożnika próbki są wielokrotnością wartości 10 m, a do każdej próbki przypisana jest średnia gęstość liczona jako stosunek liczby punktów do powierzchni próbki z dokładnością do 0,1 pkt/m<sup>2</sup>,
- h) Chmura punktów spełnia wymagania gęstości, jeśli 95% próbek w każdym module archiwizacji chmury punktów spełni wymagania gęstości. Za próbkę spełniającą wymagania uznaje się próbkę spełniającą kryterium gęstości chmury punktów  $\geq 4$  pkt/m<sup>2</sup> w przypadku pojedynczego pasa skanowania.

#### 5.2.3. Równomierność gęstości chmury punktów

Rozkład przestrzenny punktów musi być równomierny, wolny od „skupisk” punktów. Chmura punktów będzie jednorodna w ramach całego Bloku LIDAR, przy następujących założeniach:

- a) mierzona dla punktów „ostatniego” odbicia oraz punktów z jednym odbiciem (pierwsze odbicie równe ostatniemu),
- b) mierzona bez uwzględnienia punktów zaklasyfikowanych do klasy punktów z obszarów wielokrotnego pokrycia oraz punktów będących błędami rejestracji skanera,
- c) mierzona w próbkach o wymiarach 0,5 m x 0,5 m, gdzie współrzędne X i Y lewego górnego narożnika próbki są wielokrotnością wartości 0,5 m, a do każdej próbki przypisana jest ilość punktów,
- d) chmura punktów spełnia wymagania równomierności, gdy 95% próbek w badanym module archiwizacji będzie zawierało co najmniej jeden punkt odbicia,
- e) chmura punktów wolna jest od błędów równomierności, przedstawionych w katalogu błędów danych wysokościowych.

#### 5.2.4. Bezwzględna georeferencja

Błąd średni na płaszczyznach kontrolnych nie może przekroczyć:

- a) dokładność sytuacyjna (błąd średni) chmury punktów po wyrównaniu:  $m_p \leq 0,20$  m
- b) dokładność wysokościowa (błąd średni) chmury punktów po wyrównaniu:  $m_h \leq 0,10$  m

- c) Rozbieżność na żadnej z płaszczyzn kontrolnych weryfikowanego bloku LIDAR nie może przekroczyć 2-krotnej wartości odpowiadającego kryterium opisanego w powyższych punktach a) i b).

#### 5.2.5. Względna georeferencja

Błąd średni na obiektach kontrolnych dla obszarów LIDAR nie może przekroczyć:

- a) dokładność sytuacyjna (błąd średni) chmury punktów po wyrównaniu:  $m_p \leq 0,15$  m
- b) dokładność wysokościowa (błąd średni) chmury punktów po wyrównaniu:  $m_h \leq 0,10$  m
- c) Wymaga się, aby:
  - (1) rozbieżności na 68% pomierzonych obiektach kontrolnych były mniejsze od odpowiadającego kryterium opisanego w pkt. 2,
  - (2) rozbieżności na 95% pomierzonych obiektach kontrolnych były mniejsze od podwójnej wartości odpowiadającego kryterium opisanego w pkt. 2,
  - (3) rozbieżności na żadnym z pomierzonych obiektów kontrolnych nie przekroczyły potrójnej wartości odpowiadającego kryterium opisanego w powyższych punktach a) i b).

#### 5.2.6. Styki bloku LIDAR

- a) Na styku (granicy) bloku LIDAR przeprowadza się kontrolę wysokościową i sytuacyjną chmury punktów z danymi pochodzącymi z sąsiednich bloków LIDAR.
- b) Kontrolę styków bloków LIDAR przeprowadza się po potwierdzeniu poprawności danych pomiarowych w zakresie bezwzględnej i względnej georeferencji.
- c) Kontrolę styków wykonuje się wyłącznie wzdłuż granicy danego bloku LIDAR z danymi LIDAR przyjętymi do PZGIK tj. kontrolę styków wykonuje się z już istniejącym opracowaniem (odebranych przez Zamawiającego oraz znajdujących się w Kontroli).
- d) Dokładności styków bloków LIDAR ocenia się na podstawie obiektów kontrolnych.
- e) Obiekt kontrolny sytuacyjny stanowią kalenice dwóch połaci dachowych o prostej konstrukcji (najczęściej dwuspadowe), które ułożone są prostopadle (lub prawie prostopadle) w stosunku do siebie.

- f) W przypadku, gdy w danym obszarze analizowanego bloku LIDAR nie występują budynki, obiektami kontrolnymi są szczegóły terenowe jednoznacznie zidentyfikowane na obrazach intensywności.
- g) Obiekt kontrolny wysokościowy stanowi siatka punktów (co najmniej 3x3 punktów) zlokalizowana na równych płaskich powierzchniach.
- h) Błąd średni na obiektach kontrolnych dla każdego styku bloku LIDAR nie może przekroczyć:
  - (1) dokładność wysokościowa  $m_h \leq 0,15$  m,
  - (2) dokładność sytuacyjna  $m_p \leq 0,30$  m.
- i) Rozbieżność na żadnym z obiektów kontrolnych weryfikowanego Bloku LIDAR nie może przekroczyć:
  - (1) dokładność wysokościowa  $m_h \leq 0,30$  m,
  - (2) dokładność sytuacyjna  $m_p \leq 0,60$  m.

5.2.7. Klasyfikacja danych pomiarowych LIDAR (zgodnie z obowiązującym standardem ASPRS, z uwzględnieniem wymogów ISOK):

- a) Klasyfikacji podlegają wszystkie dane pomiarowe.
- b) Podział punktów LIDAR na:
  - 0 – punkty przetwarzane, ale niesklasyfikowane,
  - 2 – punkty leżące na gruncie,
  - 3 – punkty reprezentujące niską roślinność (wg. wymogów ISOK: w zakresie od 0 do 0,40 m)
  - 4 – punkty reprezentujące średnią roślinność (wg. wymogów ISOK: w zakresie od 0,41 do 2,00 m)
  - 5 – punkty reprezentujące wysoką roślinność (wg. wymogów ISOK: w zakresie powyżej 2,00 m)
  - 6 – punkty reprezentujące budynki, budowle oraz obiekty inżynierskie,
  - 7 – szumy,
  - 9 – punkty reprezentujące obszary wód,
  - 12 – punkty z obszarów wielokrotnego pokrycia.
- c) Dokładność klasyfikacji nie może być niższa niż 95%:

5.2.8. Generowanie modeli NMT i zNMPT

Wymaga się poprawności klas związanych z generowaniem NMT i zNMPT, zgodnie z opisem w kolejnych punktach.

### **5.3. Produkt 3 – NMT**

#### 5.3.1. Opis ogólny

Produkt 2 to numeryczny model terenu (NMT) w strukturze GRID, o wymiarze „oczka” siatki 0,5 m wytworzony z danych LIDAR.

#### 5.3.2. Format zapisu

Plik tekstowy zapis w formacie ArcInfo ASCII Grid z rozszerzeniem \*.asc

#### 5.3.3. Generowanie NMT

- a) Generowanie NMT w strukturze GRID o wymiarze „oczka” siatki 0,5 m bazuje na punktach laserowych należących do klasy punkty leżące na gruncie oraz punkty reprezentujące obszary wód.
- b) Dane przed generowaniem NMT należy uzupełnić w obszarach pozbawionych danych, poprzez interpolację wysokości w tych obszarach, tworząc tzw. „wypełniony” NMT.

### **5.4. Produkt 4 – zNMPT**

#### 5.4.1. Opis ogólny

Produkt 3 to znormalizowany numeryczny model terenu (zNMPT) w strukturze GRID, o wymiarze „oczka” siatki 0,5 m wytworzony z danych LIDAR.

#### 5.4.2. Format zapisu

Plik tekstowy zapis w formacie ArcInfo ASCII Grid z rozszerzeniem \*.asc

#### 5.4.3. Generowanie zNMPT

Generowanie zNMPT w strukturze GRID o wymiarze „oczka” siatki 0,5 m bazuje na różnicy NMPT (wygenerowany z punktów reprezentujących wspólną klasę zawierającą: wegetację; budynki, budowle oraz obiekty inżynierskie; obszary wód) i NMT.

### **5.5. Produkt 5 – Raport**

#### 5.5.1. Informacje ogólne

Raport zawiera informacje i materiały dotyczące pozyskania danych wysokościowych i opracowania Produktów przez Wykonawcę.

#### 5.5.2. Wykaz materiałów

Wraz z Raportem dostawy należy przekazać:

- a) dane trajektorii skanowania;



- b) mapę przeglądową dla układu współrzędnych PL-1992;
- c) inne dokumentacje, materiały, raporty wg uznania Wykonawcy.

#### 5.5.3. Format zapisu

- a) Raport dostawy w formacie PDF umożliwiający wyszukiwanie wyrazów, z ponumerowanymi stronami.
- b) Dane trajektorii skanowania. Pliki zawierające trajektorie po procesie wyrównania Bloku LIDAR muszą być spójne z dostarczonymi danymi pomiarowymi LIDAR. Pliki muszą zawierać dane odnoszące się do pojedynczych linii skanowania.

**Mapa poglądowa z lokalizacją obiektów (ze 100 m buforem)**



