

**ZESPÓŁ LABORATORIÓW TELEINFORMATYKI TRANSPORTU**

**ZAKŁAD INŻYNIERII TRANSPORTU LOTNICZEGO  
I TELEINFORMATYKI (ITLIT)**

**Politechnika  
Warszawska**

**Wydział  
Transportu**



**LABORATORIUM ZITLIT**

INSTRUKCJA DO ĆWICZENIA NR 4

**Systemy radiolokacyjne w transporcie lotniczym**

© ZITLIT WT PW, DO UŻYTKU WEWNĘTRZNEGO

**Warszawa 2023**

## 1. Cel i zakres ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie funkcjonalności odbiornika radiolokacyjnego wykorzystywanego w transporcie lotniczym. Podczas ćwiczenia prezentowane są następujące zagadnienia:

- zasady korzystania z informacji o ruchu lotniczym,
- tryb transpondera S,
- informacja meteorologiczna z wybranych lotnisk w kraju i za granicą,
- tworzenie baz danych lotniczych,
- system automatycznego dozoru ADS-B
- systemy satelitarne i ich zastosowanie w lotnictwie.

## 2. Wykaz wykorzystanych przyrządów

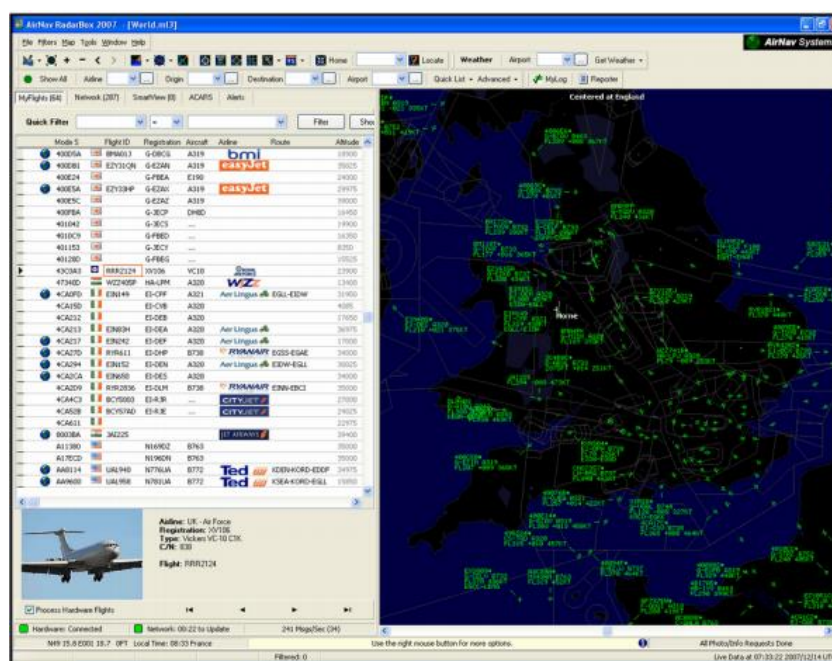
- komputer PC z systemem Windows 10,
- odbiornik sygnału (rys. 2.1.),
- antena (rys. 2.2.),
- oprogramowanie AirNav RadarBox 3D (rys. 2.3.)
- strona internetowa: [www.flightradar24.com](http://www.flightradar24.com) (rys. 2.4) , dostępna również jako aplikacja dla systemu Android  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.flightradar24free>



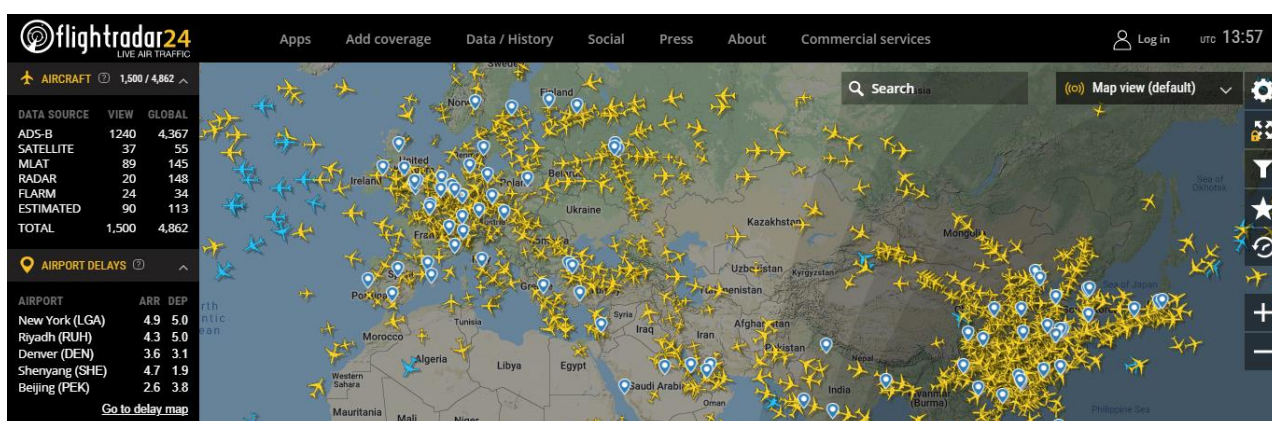
Rys. 2.1 Odbiornik sygnału



Rys.2.2 Antena



Rys. 2.3 Oprogramowanie AirNav RadrBox 3D



Rys. 2.4 Strona/serwisu FlightRadar24

### 3. Wprowadzenie teoretyczne

#### 3.1. Podstawy radiolokacji w lotnictwie

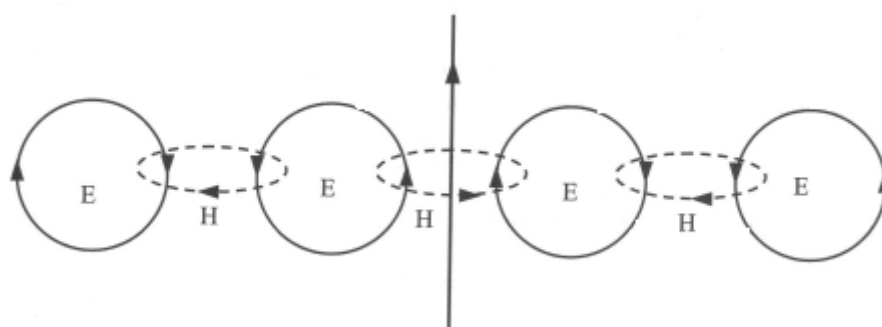
Techniki radiolokacyjne przedstawiono po raz pierwszy w latach trzydziestych XX wieku. Pierwsze urządzenia radarowe wywodziły się z urządzeń radiokomunikacyjnych zakresu HF i VHF. Radiolokacja, bowiem jest działem radiokomunikacji i polega na wykorzystywaniu fal elektromagnetycznych do wykrywania obiektów w przestrzeni, jak również do wyznaczania ich położenia oraz parametrów ruchu.

II wojna światowa była okresem niezwykle ekspansywnego rozwoju radiolokacji, przyczyniając się do powodzenia wielu istotnych operacji wojskowych. Po wojnie, dziedzina ta była już w pełni wykształconą sferą techniki. Kolejny istotny etap rozwoju radiolokacji przypadł na przełom lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX wieku. Jako osiągnięcia tego okresu można wymienić między innymi opracowanie metod kodowania i kompresji impulsów, redukcję zakłóceń czy elektroniczne przeszukiwanie przestrzeni.

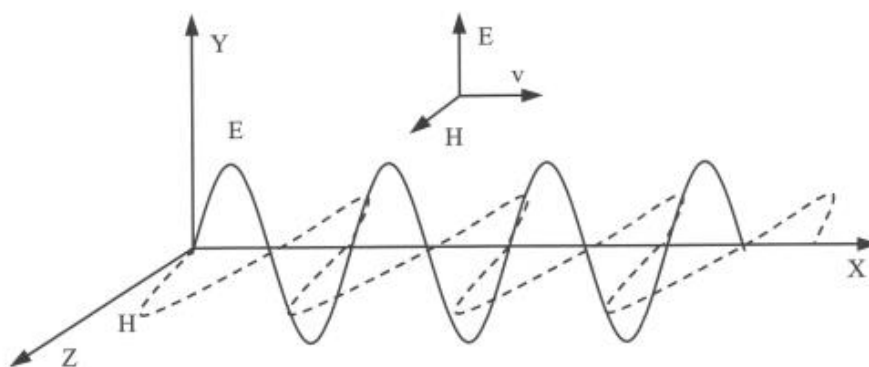
W lotnictwie, powstanie i rozwój radiolokacji jest ściśle związany z potrzebami naziemnej kontroli lotów, która dysponując obrazem sytuacji w powietrzu udziela wskazówek nawigacyjnych pilotowi za pomocą radia. Rozróżnia się dwa rodzaje radiolokacji ze względu na sposób działania. Istnieje radiolokacja **aktywna i pasywna**. **Aktywna** polega na wysyłaniu fal radiowych w kierunku lokalizowanego obiektu, a następnie na oczekiwaniu na odpowiedź i odebraniu jej w postaci na przykład odbitego echa radiowego. **Pasywna** dotyczy wyłącznie odbioru fal elektromagnetycznych powstałych wskutek promieniowania własnego obiektu wykrywanego. Odległość obiektu od urządzenia radiolokacyjnego, np. radaru, jest ustalana na podstawie pomiaru czasu przebycia drogi od radiolokatora do wykrywanego obiektu i z powrotem przez falę elektromagnetyczną emitowaną z anteny.

**Falę elektromagnetyczną** można określić jako przeniesienie drgań od jednego punktu przestrzeni do drugiego. Z kolei, obraz fal mechanicznych polega na przekazywaniu drgań cząstek ośrodka od jednej cząstki do drugiej. Zasadniczą różnicę pomiędzy falami elektromagnetycznymi a mechanicznymi stanowi ośrodek rozchodzenia się tych fal. Fale mechaniczne, bowiem rozchodzą się w ośrodku materialnym, fale elektromagnetyczne zaś mogą rozchodzić się w próżni. Istota fal elektromagnetycznych wiąże się ze zmianą natężeń pól elektrycznego i magnetycznego, istniejących również w próżni. Jeżeli w pewnym niewielkim obszarze przestrzeni istnieje zmienne pole elektryczne to zgodnie z **prawem**

**Maxwella** powoduje ono powstanie wirowego pola magnetycznego, którego linie sił obejmują linie sił pola elektrycznego i leżą w płaszczyźnie prostopadłej do pola elektrycznego. Pole magnetyczne zmienia się w czasie i zgodnie z prawem Faradaya wytwarza wirowe pole elektryczne, którego linie sił obejmują linie indukcji pola magnetycznego w płaszczyźnie prostopadłej do niego. Proces rozchodzenia się drgań w przestrzeni, jak wcześniej określono, nazywany jest falą. Na rysunkach poniżej przedstawiono wirowe pole elektryczne (linia ciągła) wytwarzające wirowe pole magnetyczne (linia przerywana) – rys. 3.1. oraz przestrzenny rozkład wektorów natężenia **pola elektrycznego  $E$**  i **natężenia pola magnetycznego  $H$**  dla fali sinusoidalnej – rys. 3.2.

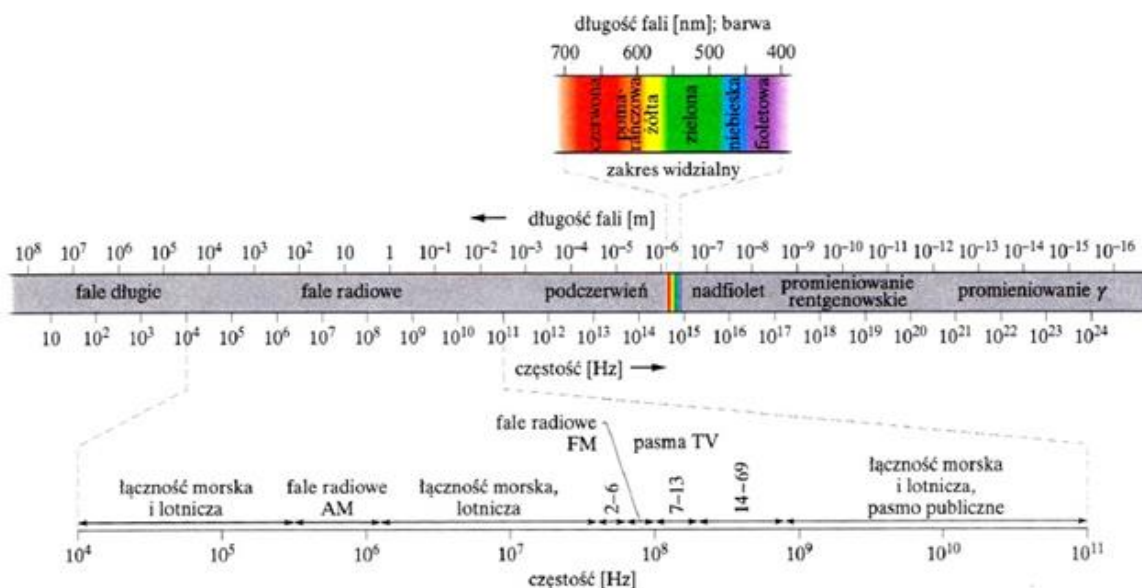


Rys. 3.1. Wirowe pole elektryczne oraz wirowe pole magnetyczne



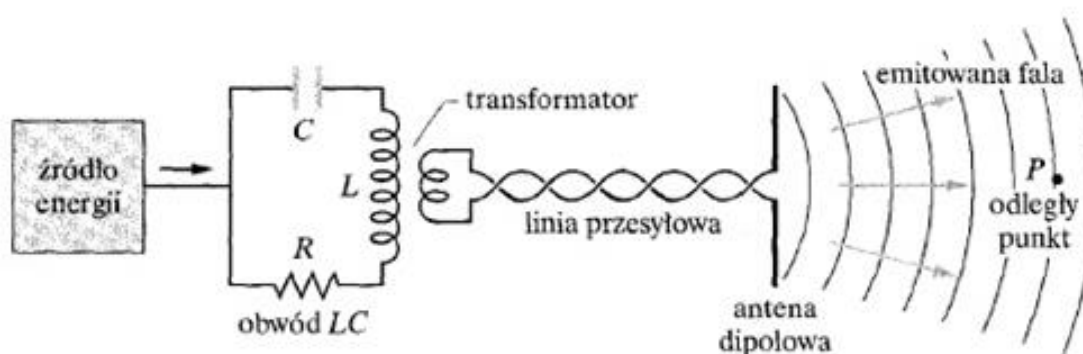
Rys. 3.2. Przestrzenny rozkład wektorów  $E$  i  $H$  dla fali sinusoidalnej

Należy zaznaczyć, że niektóre właściwości promieniowania elektromagnetycznego zależą od długości fali. Dlatego też dokonano podziału promieniowania elektromagnetycznego na zakresy ze względu na jego częstotliwość (widmo fal elektromagnetycznych). Granice poszczególnych zakresów powinno traktować się jako umowne. Na rys. 3.3. przedstawiono przykładowy umowny podział fal elektromagnetycznych.



Rys. 3.3. Widmo promieniowania elektromagnetycznego

Warto rozważyć metodę wytwarzania fal elektromagnetycznych. Dla uproszczenia rozumowania przyjęto zakres widma  $\lambda \approx 1$  m, gdzie  $\lambda$  – długość fali. Źródłem emitowania fal może być urządzenie, którego głównym elementem będzie obwód drgający LC o częstotliwości kołowej  $\omega$  ( $\omega = 1/\sqrt{LC}$ ). W takim obwodzie ładunki i prądy zmieniają się sinusoidalnie w czasie z częstotliwością  $\omega$ . Konieczne jest istnienie zewnętrznego źródła energii, na przykład generatora prądu zmiennego, które dostarcza energii kompensując straty. Na rys. 3.4. przedstawiono układ do wytwarzania fali elektromagnetycznej opisany powyżej.



Rys. 3.4. Układ do wytwarzania fali elektromagnetycznej o zakresie  $\lambda \approx 1$  m

Obwód na rysunku powyżej jest sprzężony przez transformator i linię przesyłową z anteną. Podstawowymi elementami anteny są dwa cienkie pręty przewodzące. Sprężenie

to wywołuje sinusoidalne oscylacje ładunku w prętach anteny z częstotliwością  $\omega$  wywołane przez sinusoidalnie zmieniający się w obwodzie prąd. Powstały w prętach anteny prąd wywołany z kolei ruchem ładunków zmienia sinusoidalnie swoje natężenie i kierunek. Antena staje się dipolem elektrycznym. Dipolem elektrycznym nazywa się układ dwóch równych ładunków punktowych różnoimiennych  $+q$  i  $-q$ , odległych od siebie o długość  $l$ . Wielkością charakteryzującą taki układ jest moment dipolowy. Ponieważ wartość i kierunek wektora momentu dipolowego są zmienne, zmienne są również wektory pól elektrycznego i magnetycznego. Zmiany te rozchodzą się od anteny z prędkością światła  $c$ . Zmienne pola tworzą wspólnie falę elektromagnetyczną, której częstość jest równa częstości drgań obwodu LC i wynosi  $\omega$ . Obwód LC wytwarza sinusoidalnie zmienny prąd w antenie, która wysyła falę. P jest odległym punktem, w którym detektor rejestruje falę.

Podstawowym zjawiskiem fizycznym wykorzystywanym w radiolokacji jest **odbijanie fal elektromagnetycznych** przez obiekty znajdujące się w sondowanej przestrzeni. Fale odbite, nazywane również echemi, można wykorzystywać zarówno do samego wykrywania obiektów, jak i do wykrywania i pomiaru parametrów (odległość, wysokość, prędkość) obiektów. Możliwość pomiaru parametrów obiektu zależy od rodzaju urządzenia radiolokacyjnego, natomiast dokładność tych parametrów – między innymi od **charakterystyk promieniowania anten**, czyli zdolności wypromieniowania przez antenę energii w różnych kierunkach. Na przykład, antena kierunkowa promieniuje niemal całą swoją moc w jednym kierunku, a więc jej zysk kierunkowy (antenowy) jest bardzo duży.

Zastosowanie anteny o wąskiej charakterystyce promieniowania umożliwia również określenie kierunku, w którym znajduje się wykryty obiekt. Po wprowadzeniu modulacji impulsowej sygnału sondującego można wyznaczyć odległość obiektu od radaru mierząc opóźnienie echa (sygnału odbitego) względem sygnału sondującego.

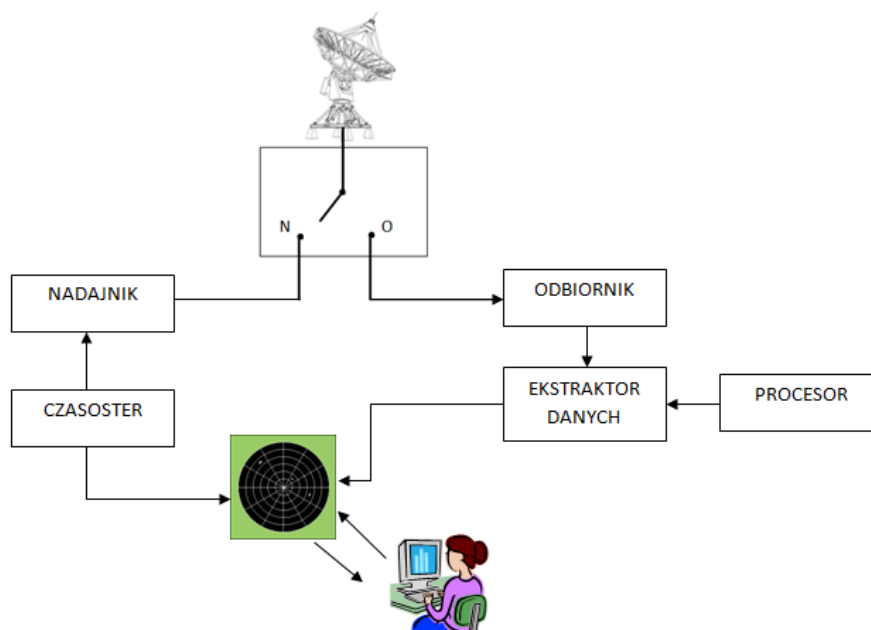
### 3.2. Charakterystyka systemów radarowych

Wzrost pojemności przestrzeni powietrznej oraz przepustowości portów lotniczych przypadający na lata dziewięćdziesiąte XX wieku sprawił, że radary stały się podstawowym źródłem dozoru w lotnictwie. Skupiono się przede wszystkim na doskonaleniu ich funkcjonalności poprzez zmiany w budowie. **Radar**, bowiem składa się z kilku podstawowych komponentów, którym można przypisać określone cechy, tj.:

a) **nadajnik** – posiada szeroki zbiór sygnałów złożonych, zmienia częstotliwości powtarzania impulsów sondujących, pracuje na wielu częstotliwościach;

- b) **antena** – jest urządzeniem szerokopasmowym, można cyfrowo sterować charakterystyką anteny, posiada adaptacyjność przestrzenną, powinna posiadać niewielki poziom listów bocznych;
- c) **odbiornik** – jest urządzeniem adaptacyjnym, szerokopasmowym, o dużej szybkości działania;
- d) **czasoster** – mierzy czas, w którym impuls przebywa drogę z anteny i z powrotem;
- e) **ekstraktor danych** – wykrywa obiekty, określa pozycję obiektów, dokonuje klasyfikacji obiektów,
- f) **procesor** – stosuje algorytmy śledzenia obiektów manewrujących, eliminuje fałszywe trasy;
- g) **wskaźnik** – obrazuje obiekty na wyświetlaczu,
- h) **kontroler** – zarządza wykorzystaniem środków radaru (stosuje adaptację radaru do warunków pracy).

Ogólny schemat blokowy radaru został przedstawiony na rysunku 3.5.



Rys. 3.5. Ogólny schemat blokowy radaru

W technice radiolokacji lotniczej przeważają **radary impulsowe**. Radar impulsowy pracuje w pewnym rytmie, za który odpowiedzialny jest generator taktujący. Uproszczone zasady działania radaru impulsowego można przedstawić następująco: krótkie impulsy wytwarzane przez generator stymulują wytwarzanie impulsów wysokiego napięcia



o określonym czasie trwania w nadajniku, a te z kolei przyczyniają się do powstania impulsów sondujących. Za pomocą anteny impulsy sondujące wypromieniowane są w przestrzeń w postaci fali elektromagnetycznej. Wraz z uruchomieniem nadajnika zainicjowany jest pomiar czasu upływającego od chwili wyemitowania w przestrzeń impulsów sondujących do momentu ich powrotu po ewentualnym odbiciu od wykrytego obiektu.

Niezwykle istotnym elementem radaru jest **antena**. Jest to często najbardziej kosztowny element, dlatego też przywiązuje się bardzo dużo wagi do jego parametrów. Anteny radiolokacyjne zalicza się do **anten aperturowych**. Charakteryzują się one wyróżnioną powierzchnią, aperturą, przez którą fala elektromagnetyczna przechodzi z wolnej przestrzeni do linii transmisyjnej. Najbardziej znane anteny tego typu to antena tubowa i antena paraboliczna. Antena, w przypadku radaru impulsowego, jest wspólna dla nadajnika i odbiornika. Pełni ona następujące funkcje:

- pośredniczy w transmisji danych pomiędzy aparaturą nadawczą – odbiorczą w przestrzeni,
- koncentruje promieniowaną energię w określonym kierunku,
- odbiera energię odbitą przez obiekt,
- zapewnia wymagane pokrycie przestrzeni otaczającej radar,
- często ustala czas między kolejnymi obserwacjami celu,
- pośredniczy w wyznaczaniu kierunku, z którego przychodzi sygnał echa.

Ważnym parametrem każdej anteny aperturowej jest jej powierzchnia skuteczna. Jeżeli pole powierzchni anteny wynosi  $A$ , to zależność pomiędzy powierzchnią skuteczną  $A_e$  a aperturą wynosi:

(3.1.)

$$A_e = vA$$

Gdzie  $v$  jest współczynnikiem wykorzystania apertury.

Poza powierzchnią skuteczną anteny aperturowej, anteny posiadają szereg innych podstawowych parametrów takich, jak:

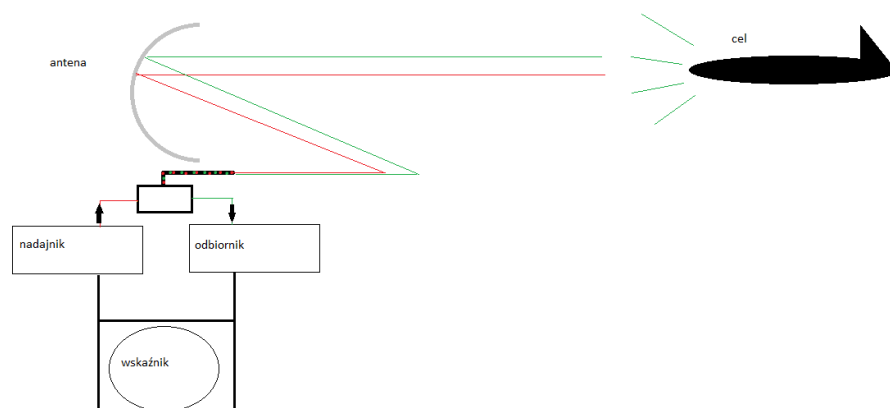
- **charakterystyka anteny** – jest to miejsce geometryczne punktów w przestrzeni o jednakowym natężeniu pola elektromagnetycznego promieniowanego przez antenę, określa zdolność anteny do koncentrowania promieniowanej energii elektromagnetycznej

w określonym kierunku,

- **szerokość wiązki** – stanowi kąt głównego listka znajdujący się pomiędzy kierunkami, w którym natężenie pola elektromagnetycznego spada o 3 dB,
- **zysk kierunkowy** – jest miarą kierunkowości anteny, wyraża stosunek mocy promieniowania źródła fal w określonym kierunku do mocy promieniowania identycznie zasilanego źródła izotropowego (bezkierunkowego),
- **zysk energetyczny** - jest to stosunek gęstości mocy wypromieniowanej przez antenę w danym kierunku do gęstości mocy wypromieniowanej przez antenę wzorcową,
- **impedancja** - wielkość charakteryzująca zależność między natężeniem prądu i napięciem w obwodach prądu zmiennego,
- **polaryzacja** - właściwość fali poprzecznej polegająca na zmianach kierunku oscylacji rozchodzącego się zaburzenia w określony sposób.

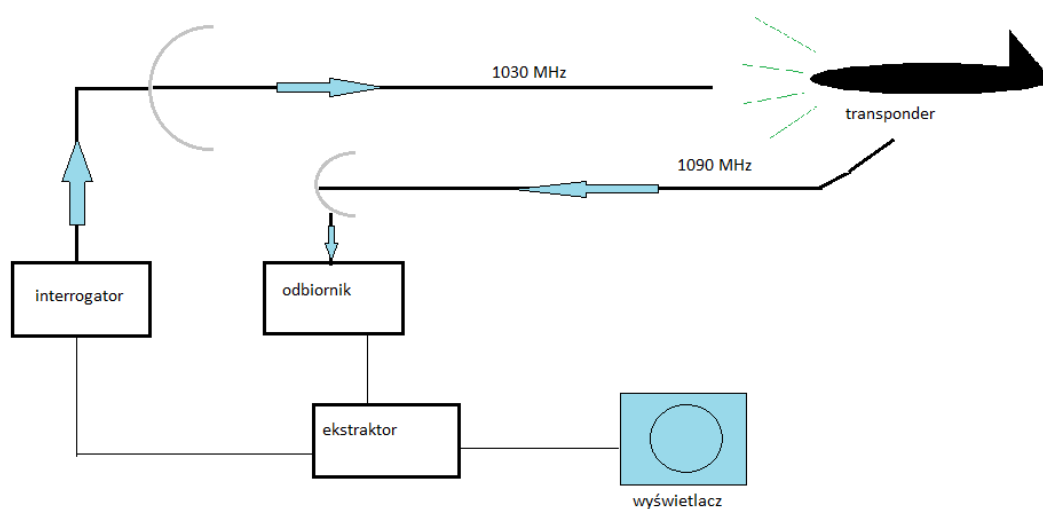
W procesie kontroli ruchu lotniczego można wyróżnić dwie zasadnicze kategorie radarów: **radary pierwotne** (radar precyzyjnego podejścia PAR, radar kontroli zbliżania ASR, radar kontroli obszaru ARSR, radar kontroli powierzchni lotniska SMR) oraz **radary wtórne**.

Zasada działania radaru pierwotnego polega na wypromieniowaniu przez antenę energii odpowiednio ukierunkowanej. Źródłem fal w radarach pierwotnych jest nadajnik. To w nim są formowane impulsy sondujące. W przypadku radarów, w których wymagana jest obserwacja okrężna, wiązka nadawcza musi być wąska i wysoka. W takich radarach najczęściej spotyka się anteny paraboliczne. O zakresie kierunków obserwacji decyduje ruch anteny, więc antena stacji radiolokacyjnej obserwacji okrężnej wykonuje pełne obroty. Prędkość obrotów jest adekwatna do zastosowania: radar kontroli obszaru obraca się dość wolno (około 6 obrotów na minutę), ponieważ ważna jest dokładność na maksymalnym zasięgu, anteny radarów trasowych obracają się 10 razy na minutę, a radarów kontroli zbliżania 15 do 16 razy na minutę. Uproszczony schemat działania radaru pierwotnego został przedstawiony na rysunku 3.6.



Rys. 3.6. Uproszczony schemat działania radaru pierwotnego

Można powiedzieć, że uzupełnieniem radaru wtórnego jest radar pierwotny, także fizycznie. Obserwując bowiem anteny radarów kontroli ruchu lotniczego, o ile nie są osłonięte charakterystyczną kopułą, łatwo dostrzec belkę umieszczoną nad lustkami anten. Radar wtórny widzi tylko statki powietrzne wyposażone w **transponder**, czyli bezprzewodowe urządzenie komunikacyjne, dzięki czemu identyfikuje statek powietrzny oraz określa jego wysokość. Zasada działania radaru SSR polega na wysłaniu ciągu impulsów na danej częstotliwości (**1030 MHz**) i oczekiwaniu na odpowiedź. Transponder odpowie na częstotliwości **1090 MHz**, jeśli określi otrzymany ciąg impulsów jako prawidłowy. To oznacza, że transponder to nadajnik i odbiornik radiowy, który pracuje na częstotliwości radaru. Na poniższym schemacie przedstawiono zasadę działania SSR.



Rys. 3.7. Zasada działania radaru SSR

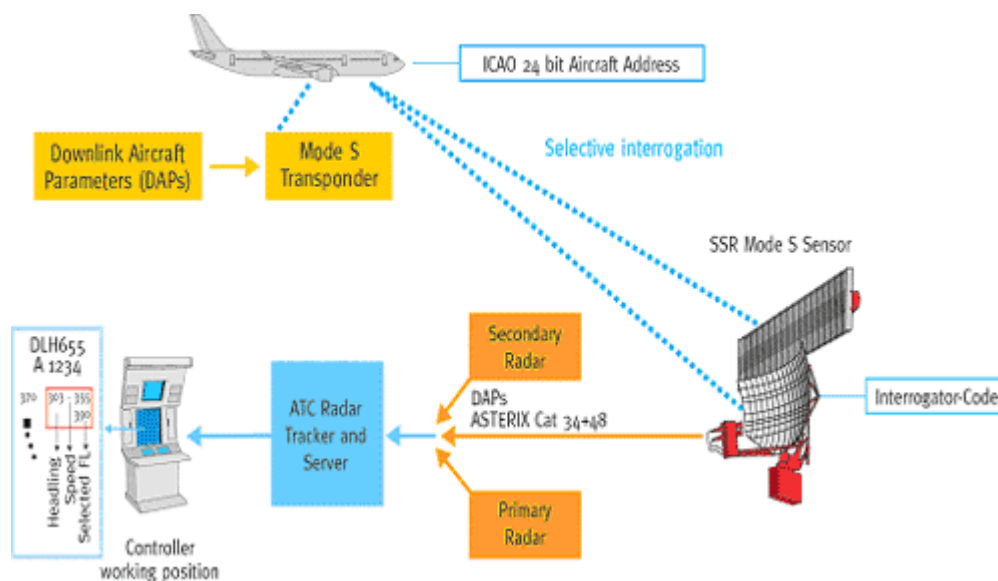
Odległość urządzenia od obiektu jest obliczana na podstawie pomiaru czasu opóźnienia między sygnałem zapytania, a sygnałem odpowiedzi. Transponder reaguje na zapytanie z pewnym opóźnieniem, potrzebuje czasu na odbiór sygnału, przełączenie się do odpowiedniego modu i zakodowanie odpowiedzi, ale czas ten jest znany i uwzględnia się go przy obliczaniu odległości. Pomiaru azymutu natomiast dokonuje się przy wykorzystaniu kierunkowych właściwości anteny, metodą namiaru na maksimum sygnału odbitego, w nowszych konstrukcjach metodą monoimpulsową (MSSR – monopulse SSR).

### 3.3. Tryby transmisji informacji

Transmisja, czyli przekazywanie informacji pomiędzy urządzeniami do transmisji danych, między transponderem a radarem wtórnym odbywa się na jednym z **trybów (modów)**. Modem nazywamy format sekwencji impulsów z interrogatora oraz format sekwencji impulsów z ekstraktora używany do określenia parametrów położenia danego statku powietrznego. Wyróżnia się następujące mody:

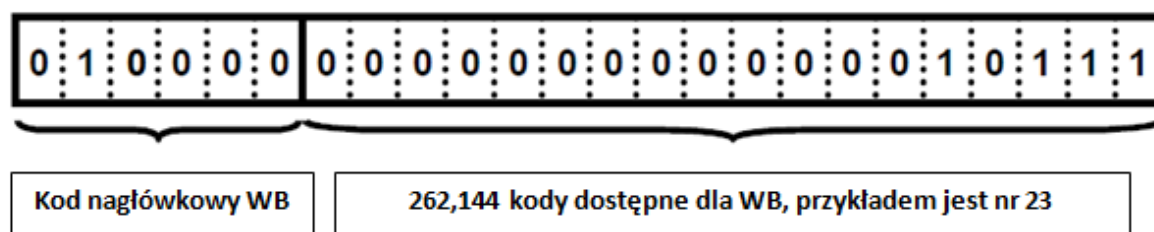
- 1) **Mod A** – tryb identyfikujący cywilne statki powietrzne na ścieżce podejścia do lądowania; korelacja otrzymywanych danych z planami lotów umożliwia nadanie etykiet lądującym statkom powietrznym; transmisja w Modzie A jest jednakże często zawodna;
- 2) **Mod 3 (3/A)** – wykorzystywany w lotnictwie wojskowym, na zapytanie w tym modzie – transponder odpowiada czterocyfrowym kodem przydzielonym przez kontrolę ruchu lotniczego;
- 3) **Mod C** – transponder odpowiada podając wysokość – poziom lotu z wysokościomierza kodującego ustawionego na ciśnienie QNE;
- 4) **Mod S** – daje możliwość przypisania indywidualnego 24-bitowego kodu ICAO (International Civil Aviation Organization) dla każdego statku powietrznego, co łącznie daje 16 777 216 możliwych kodów, może zastosować dwustronne łącze danych.

Poniżej przedstawiono działanie radaru SSR z wykorzystaniem Mod S (rys. 3.8).



Rys. 3.8. Zasada działania radaru SSR z wykorzystaniem trybu S

W przypadku trybu S, każdy członek ICAO dostał przydział bloku kodów, które może przyporządkować statkom powietrznym. Sposób rozróżnienia kodów nadawanych statkom powietrznym cywilnym od wojskowych zależy wyłącznie od zasad kodowania panujących w danym Państwie Członkowskim ICAO. W razie potrzeby, kody mogą być nadawane także innym pojazdom poruszającym się po powierzchni lotniska. Na rysunku 3.9. przedstawiono przykładowy kod, który mógłby być nadany w Wielkiej Brytanii (WB).

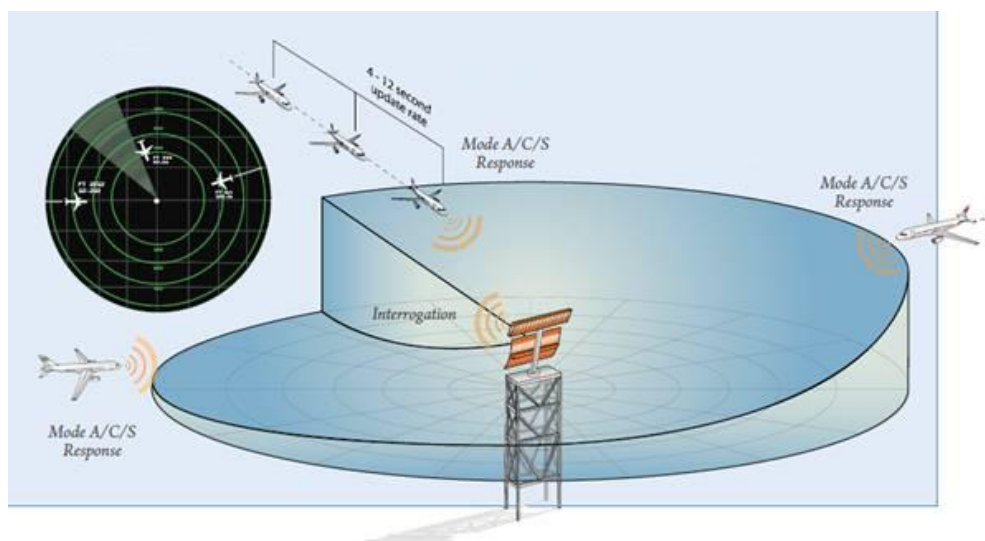


Rys. 3.9. Przykładowy kod w trybie Mod S

W celu zapewnienia wydajnej pracy czujników naziemnych pracujących w trybie Mod S z nachodzącymi na siebie powierzchniami pokrywanymi przez te czujniki – nadano im (czujnikom) kod IC (Interrogator Code). Kod IC jest zawarty w każdym nadawanym oraz odbieranym sygnale.

Mody obecnie używane są na przemian. Na przykład, radar wysyła zapytanie kolejno modem 3/A, C i S. Statek powietrzny wyposażony w transponder z Modem C (bez Modu S)

na zapytanie 3/A odpowie kodem identyfikacyjnym, na zapytanie C – poziomem lotu, a na zapytanie S – nie odpowie. Proces naprzemiennego używania modów przedstawiono na rysunku 3.10.



Rys. 3.10. Przykład zamiennego używania trybów

Organizacja ICAO określa, że transpondery pracujące w trybie Mod S powinny stosować się do wymagania jednego z czterech poziomów zdolności, to jest:

- I. podstawowy transponder; poziom I umożliwia pracę zarówno w trybie Mod S, jak i Mod A/C, nie posiada łącza danych, a więc nie może być stosowany dla międzynarodowego ruchu lotniczego;
- II. posiada cechy poziomu I, jest wzbogacony o łącze danych ziemia - powietrze, powietrze – ziemia, umożliwia automatyczną identyfikację statków powietrznych, jest minimalnym poziomem dopuszczonym dla lotów międzynarodowych;
- III. posiada cechy poziomu II, jest wzbogacony o rozwinięte łącze danych pomiędzy ziemią a statkiem powietrznym;
- IV. posiada cechy poziomu III, jest wzbogacony o rozwinięte łącze danych pomiędzy statkiem powietrznym a ziemią.

Zastosowanie radaru SSM umożliwia identyfikację statku powietrznego za pomocą różnych procedur, to jest:

- a) rozpoznanie znaku rozpoznawczego statku powietrznego na etykiecie radarowej;
- b) rozpoznanie na etykiecie radarowej uprzednio przydzielonego indywidualnego kodu;
- c) rozpoznanie na etykiecie radarowej znaku rozpoznawczego statku powietrznego wyposażonego w **Mod S**;

- d) przekazanie identyfikacji radarowej;
- e) obserwowanie wykonania polecenia nastawienia określonego kodu.

### 3.4. Charakterystyka systemu automatycznego dozoru ADS-B

System automatycznego zależnego dozoru ADS – B jest nisko kosztowym systemem dozoru, który zapewnia okresowe transmitowanie parametrów statku powietrznego (identyfikacja, położenie) poprzez tryb transmisji łącza danych. Informacja z ADS – B jest nadawana bez względu na to, który z użytkowników będzie ją odbierał (inny statek powietrzny, kontroler ruchu lotniczego) i bez oczekiwania na odpowiedź tego użytkownika. Niemniej jednak, wymagane jest, aby informacja była udostępniana na obszarach objętych dozorem przez służby kontroli ruchu lotniczego. Każdy użytkownik, zarówno w przestrzeni powietrznej, jak i w stacji naziemnej może wybrać sposób użytkowania systemu: otrzymywanie, przetwarzanie lub wyświetlanie informacji.

ADS – B jest systemem **automatycznym**. Automatyczny, w tym przypadku oznacza, że działa sam i nie wymaga od załogi samolotu lub służb kontroli ruchu lotniczego udostępniania informacji dotyczącej położenia statku powietrznego. System ADS - B jest systemem **zależnym** w sensie polegania na źródle oraz metodzie nadawania informacji o położeniu statku powietrznego (w tym przypadku na globalnym systemie nawigacji satelitarnej GNSS).

Zgodnie z opublikowanym przez ICAO podręcznikiem – GNSS (Global Navigation Satellite System) to zbiór różnych systemów satelitarnych (GPS Navstar, GLONASS, w przyszłości Galileo) oraz trzech podstawowych systemów wspomagających:

- **ABAS** (Aircraft Based Augmentation Systems) – system umieszczony na statku powietrznym, jego zadaniem jest integrowanie informacji pochodzących z różnych źródeł;
- **GBAS** (Ground Based Augmentation Systems) – system umieszczony na ziemi, jego zadaniem jest korekcja danych;
- **SBAS** (Satellite Augmentation Systems) – System wykorzystujący satelity i stację naziemne.

Jednym z najbardziej popularnych systemów wspomagających w Europie jest **EGNOS** (European Geostationary Navigation Overlay Service), który to jest systemem wspomagającym GPS i GLONASS w zakresie transportu lotniczego, morskiego i lądowego. Został zaprojektowany przez grupę ETG (European Tripartite Group), w której skład wchodzi: Europejska Agencja Przestrzeni Kosmicznej ESA, Komisja Europejska EC oraz

Europejska Organizacja Bezpieczeństwa Nawigacji Powietrznej EUROCONTROL. Celem EGNOS jest monitorowanie wiarygodności GPS i GLONASS oraz zwiększenie ich dokładności poprzez wprowadzenie korekcji danych. EGNOS należy do wspomagających systemów satelitarnych (SBAS). Zasada ich działania polega na odbieraniu sygnałów GPS przez naziemne stacje referencyjne, które obliczają błąd pomiaru położenia. Następnie, wyliczony błąd jest przesyłany do głównej stacji referencyjnej, gdzie generuje się poprawkę różnicową. Poprawka jest przesyłana przez stacje nadawcze do satelitów geostacjonarnych.

Jedynie różnice występujące pomiędzy systemami np. GPS i GLONASS polegają na zastosowanych sposobach kodowania sygnałów, układach odniesienia, w których podawana jest pozycja, czy wzorcach czasu. Istniejące konstelacje satelitarne nie zapewniają jednak czterech podstawowych funkcji sygnału, tj.: dokładności, ciągłości, wiarygodności i niezawodności działania. Dlatego też, budowane są struktury wspomagające działanie systemów nawigacji satelitarnej.

Wszystkie systemy nawigacji satelitarnej, podstawowe czy wspomagające, mają tę samą strukturę, która dzieli się na trzy podstawowe części(segmenty):

- **segment kosmiczny** – konstelacja sztucznych satelitów Ziemi krążących na orbitach, wysyłających sygnały i informacje nawigacyjne;
- **segment naziemny** – stacje obsługi i nadzoru działania systemu;
- **segment użytkowników** – wszyscy odbiorcy informacji przekazywanej przez systemy nawigacyjne.

Segment użytkowników wykorzystuje informacje dostępne dzięki:

- wyznaczaniu pozycji obiektu:
  - faza częstotliwości nośnej;
  - różnica przesunięć sygnału;
  - pseudoodległość z pomiarem kodów;
  - różnica pseudoodległości;
- wyznaczaniu czasu obiektu:
  - metoda kodowa;
  - metoda fazowa;
- wyznaczaniu położenia obiektów w przestrzeni.

W przypadku systemu ADS – B, zapewnia się usługę dozorowania na obszarach zarówno z radarami, jak i bez nich. Może zatem wspomóc pracę radaru zapewniając większą dokładność wyznaczania położenia statku powietrznego. Obecnie, ADS jest system



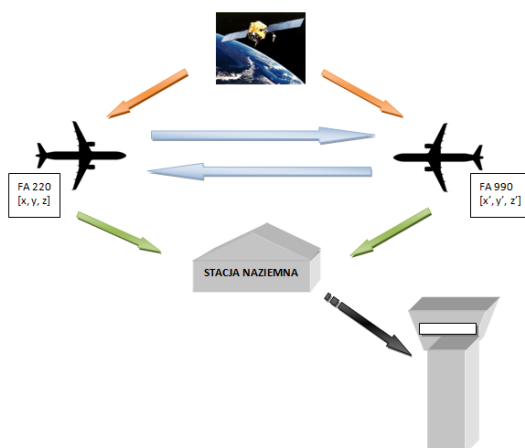
pełniącym funkcję głównie doradczą w statku powietrznym, a nie operacyjną. Przyszłościowe zastosowania ADS – B dążą do wspomagania służby poszukiwania i ratownictwa, czy do monitorowania statków powietrznych przez operatorów flot.

ADS składa się z dwóch podstawowych komponentów, tj.:

- a) element będący wyposażeniem awioniki statku powietrznego wraz z wyświetlaczem w kokpicie;
- b) stacja naziemna (ground – based transceiver GBT).

System automatycznego zależnego dozoru jest uważany za kluczowy element systemów zarządzania ruchem lotniczym w przyszłości, na przykład – europejskiego **SESAR** (Single European Sky ATM Research), czy amerykańskiego NextGen. Jednakże jego szeroko zasięgowe wdrożenie planuje się dopiero na lata 2020 – 2030.

W przeciwieństwie do obecnie stosowanych technik dozoru, system ADS – B zainstalowany w statku powietrznym – **samodzielnie** określa jego położenie oraz inne parametry i przesyła je do stacji naziemnej oraz innych użytkowników. Dane te mogą być określone na przykład dzięki GPS. Aktualizacja ich odbywa się raz na sekundę. Informacje dostarczone kontrolerom ruchu lotniczego zawierają: identyfikację statku powietrznego, wysokość, na której znajduje się statek powietrzny, prędkość, planowaną ścieżkę podejścia, ciśnienie. Na rys. 3.11. została przedstawiona ogólna zasada działania ADS – B.



Rys. 3.11. Uogólniona zasada działania ADS – B

Można zatem określić, że zasada działania ADS – B polega samodzielnym określeniu parametrów statku powietrznego dzięki GNSS/GPS i nadaniu tych informacji przez statek powietrzny do wyspecjalizowanych stacji naziemnych, które następnie rozkodują dane i przekażą je kontrolerom ruchu lotniczego.

Określanie pozycji pojazdu za pomocą satelitów systemów nawigacyjnych zależy od przyjętej zasady działania danego systemu i rodzaju mierzonego parametru. Najczęściej zasada działania polega na określeniu lokalizacji użytkownika na podstawie zmierzonych wartości parametrów pozycyjnych w stosunku do satelitów. Sposób określenia położenia satelity zależy m.in. od rodzaju orbity. W przypadku satelity geostacjonarnej współrzędne jego pozycji są znane i niemal stałe w stosunku do segmentu naziemnego. W przypadku orbit eliptycznych – współrzędne pozycji satelity zależą od czasu i są określane różnymi metodami, np. w przypadku GPS i GLONASS – współrzędne obliczane są w odbiorniku użytkownika na podstawie znajomości elementów orbit wszystkich wykorzystywanych satelitów. Zarówno w GPS, jak i w GLONASS satelity emitują sygnały na dwóch częstotliwościach modulowanych w fazie informacjami pozyskanymi z cyfrowej pamięci satelity.

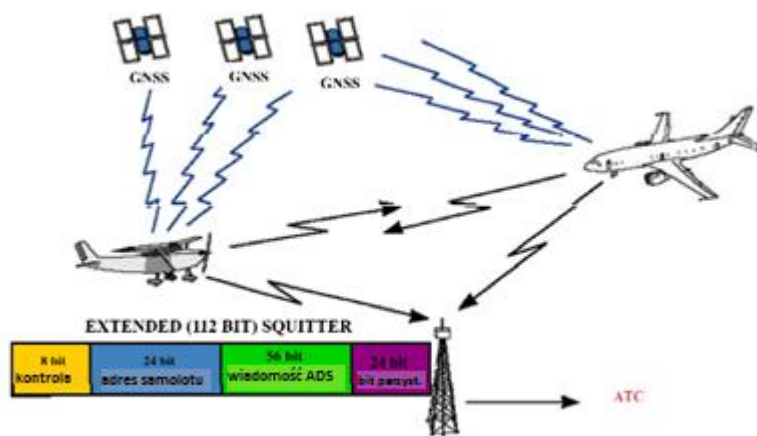
W systemie GPS pomiar odległości odbywa się poprzez pomiar czasu przebiegu fali na drodze satelita – odbiornik użytkownika. Pomiarowi takiemu odpowiada odległość topocentryczna  $\rho_{pi}$ , którą można przedstawić jako funkcję długości i szerokości geograficznej  $(\varphi, \lambda)$  pozycji odbiornika użytkownika, jego wzniesienia w stosunku do powierzchni przyjętej elipsoidy odniesienia  $(h)$  oraz przesunięcia w czasie wzorca odbiornika w stosunku do czasu systemu  $(\Delta t_u)$ :

(3.2.)

$$\rho_{pi} = \rho(\varphi, \lambda, h, \Delta t_u)$$

Z matematycznego punktu widzenia – minimalna liczba odległości  $\rho_{pi}$  niezbędna do określenia pozycji nie może być mniejsza niż wymiar wektora stanu, czyli w tym przypadku  $i \geq 4$ .

Forma wiadomości wysyłanej przez ADS pojazdu to pakiet informacji zawarty 56 – bitowym polu danych rozbudowanego 112 – bitowego **squitter'a** przesyłanego na częstotliwości 1090 MHz. Pakiet ten zawiera zestaw zdefiniowanych parametrów pojazdu. Wiadomość ADS – B spełnia dwie funkcje: **ADS – B Out** (związana z przekazywaniem informacji) i **ADS – B In** (związana z otrzymywaniem informacji). Na rys. 3.12. przedstawiono uproszczony schemat funkcjonalny ADS – B.



Rys. 3.12. Uproszczony schemat funkcjonalny ADS – B

Warto skupić się na zastosowaniu ADS – B na obszarze w środowisku radarowym. Integracja danych z ADS – B z danymi radarowymi może zapewnić następujące udoskonalenia w zakresie dozoru:

- możliwość wykorzystania z danych z ADS – B w przypadku, gdy dane radarowe nałożą się na siebie i wystąpi zjawisko garblingu;
- możliwość wykorzystania danych z ADS – B przy zarządzaniu ruchem naziemnym, zwłaszcza, gdy wystąpiły problemy z działaniem transpondera;
- zapewnienie służby dozoru w obszarach, których nie obejmuje zasięg radaru;
- możliwość zmniejszenia liczby radarów niezbędnych do dozoru określonego obszaru i wypełnienia luk obserwacją poprzez system ADS – B;
- zapewnienie podwójnej, niezależnej od siebie metody dozoru obszaru;
- poprawienie dokładności lokalizacji statków powietrznych.

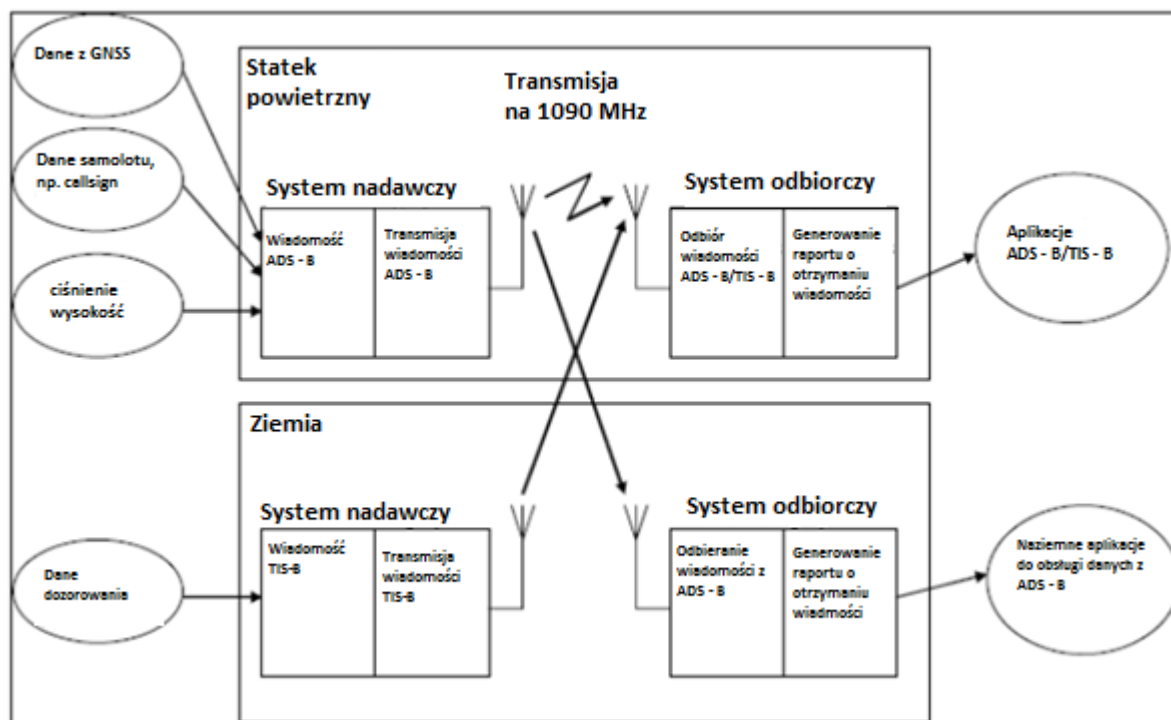
System ADS – B został stworzony do wspomaganie służb kontroli ruchu lotniczego. Wśród jego zadań jest pełnienie określonych funkcji wobec służb kontroli obszaru oraz kontroli zbliżania, na przykład:

- dążenie do redukcji opóźnień statków powietrznych;
- zapewnianie przydzielania tras statkom powietrznym;
- zapewnianie wek torowania statków powietrznych oraz wykrywania potencjalnych kolizji;
- utrzymanie separacji oraz płynności ruchu lotniczego;
- kontrola toru lotu statków powietrznych;
- wsparcie kontrolerów dodatkowymi informacjami o ruchu lotniczym.

W przypadku wspomagania systemem ADS – B na obszarach nieobjętych dozorem musi on spełniać szereg dodatkowych funkcji takich, jak możliwość integracji z innymi zautomatyzowanymi systemami, wyświetlanie ostrzeżeń włączając wykrywanie konfliktów na panelach kontrolerów ruchu lotniczego oraz pilotów, czy zapewniać satysfakcjonującą dokładność danych. Celem europejskiego projektu ADS-B Pioneer Airlines Project jest zdobycie „Airworthiness Approval” do komercyjnego zastosowania ADS-B, w bezradarowym środowisku służb ruchu lotniczego ADS-B-NRA (Non-Radar Environment). Zaświadczenie będzie się opierać na dokumentacji EASA - Acceptance Means of Compliance (AMC20-24), który z kolei odnosi się do EUROCAE ED-126/RTCA DO-303, dokumentu określającego bezpieczeństwo, wydajność i zasady funkcjonowania systemu. Dokumenty te bazują na PANS – ATM DOC4444, Edycja 15, 2007 (Aneks 10). W projekcie ADS-B PAP, zrzeszonych jest 18 linii lotniczych i ponad 400 samolotów. W testach biorą udział producenci: Airbus, ATR, Boeing, Dassault. Zadaniem projektu jest stworzenie naziemnej infrastruktury ADS-B pod nazwą CRISTAL. W 2006 roku, Federal Aviation Administration zaakceptowała wydatki na implementację systemu ADS-B.

System ADS – B jest bardzo popularny w Stanach Zjednoczonych, na co warto zwrócić szczególną uwagę, tzn. między innymi wyodrębniono tam **dwa łącza danych przystosowane do ADS – B**: 1090 MHz extender squitter (**1090 ES**) oraz przekaźnik o dostępie uniwersalnym (**Universal Access Transceiver UAT**). 1090 ES jest łączem dedykowanym dla lotnictwa komunikacyjnego oraz wojskowego, natomiast UAT został stworzony dla general aviation („małego lotnictwa”). Dla kontrolera ruchu lotniczego typ łącza w sensie wyświetlania danych – nie ma znaczenia, ponieważ są dane są wyświetlane tak samo. Dodatkowo, wspomniane łącza poza ADS – B obsługują także usługi wspierające system, to jest **TIS – B** (Traffic Information Service – Broadcast) oraz **FIS – B** (Flight Information Services – Broadcast).

**TIS – B** jest usługą, której zadaniem jest nadawanie informacji o ruchu lotniczym ze stacji naziemnych statkom powietrznych wyposażonym w ADS – B. Źródłem danych są radary dozoru. Zaletą tej aplikacji jest zwiększanie świadomości sytuacyjnej pilota. **FIS – B** z kolei zajmuje się nadawaniem informacji meteorologicznej (np. METAR, SPECI, TAF) oraz innych, dodatkowych informacji lotniczych (NOTAM). Zaletą FIS – B jest umożliwienie pilotowi pozyskiwania informacji na temat aktualnej sytuacji meteorologicznej w powietrzu oraz na lotniskach.



Rys. 3.13. Funkcyjny model systemów wykorzystujących sygnał ES mod S obsługujących ADS-B i/lub TIS-B

W przypadku lotnisk głównym celem wdrażania ADS – B jest wspomaganie służb kontroli ruchu lotniczego w zakresie bezpieczeństwa wykonywanych operacji oraz zwiększanie wydajności i w niektórych przypadkach także przepustowości pola ruchu naziemnego. Obecnie, często zarządzanie powierzchnią lotniska przez wieżę kontroli lotów odbywa się za pomocą obserwacji wizualnej przez kontrolerów. Nie ma szczegółowo zdefiniowanych minimów separacji (odległość lub czas) dla statków powietrznych, poza operacjami wykonywanymi na drodze startowej. W przypadku pola manewrowego wydawane są jedynie komendy np.: „Taxi behind” albo „Hold short of” przez kontrolerów załozde statku powietrznego. Istnieją również priorytety, np.: statek powietrzny odlatujący ma priorytet nad statkiem powietrznym kołującym na płycie po wylądowaniu. Takie metody dozoru bywają wadliwe, zwłaszcza przy słabych warunkach widzialności.

Istnieje szereg **zadań**, które ADS – B we współpracy z radarem musi spełnić podczas nadzorowania powierzchni lotniska, tj.:

- śledzenie pojazdów na polu manewrowym lotniska;
- sprawdzanie zajętości dróg startowych;
- dostarczanie informacji o ruchu na określonym obszarze;
- zapewnianie nawigacji naziemnej statkom powietrznym (po wygenerowaniu zapytania

przez pilota lub kontrolera);

- zapewnianie ubezpieczenia i przydzielenia trasy pojazdom awaryjnym.

Ponadto:

- sprawdzanie, czy statek powietrzny znajduje się na odpowiedniej drodze startowej;
- sprawdzanie, czy statek powietrzny opuścił drogę startową po przylocie;
- śledzenie pola manewrowego lotniska i przydzielanie optymalnych tras pojazdom na tym polu;
- dostarczanie informacji o pozycji statku powietrznego załodze niepewnej jego położenia i wiele innych.

Szczegółowe zadania systemu ADS – B zostały zawarte w ICAO Doc. 4444. Obecnie, ADS – B jest podstawowym komponentem złożonego systemu zarządzania ruchem naziemnym A – SMGCS stopniowo wdrażanego na światowych lotniskach. A – SMGCS zgodnie z definicją ICAO to system zapewniający przydzielanie trasy, kierowanie oraz dozоровanie w zakresie kontroli ruchu statku powietrznego oraz innych pojazdów, w celu utrzymania deklarowanej przepustowości pola ruchu naziemnego uwzględniając wszystkie warunki pogodowe przy danym operacyjnym poziomie widoczności na lotnisku (AVOL). System ten posiada cztery poziomy implementacji, zaawansowane w zależności od indywidualnych potrzeb danego lotniska. Automatyczne zależne dozоровanie pojawia się na poziomie III i jest uzupełnieniem wdrożonego na poziomach I i II systemu hiperbolicznego Multilateration. W tym miejscu, warto zwrócić uwagę na możliwość zastąpienia dotychczasowych systemów radarowych – nowoczesnymi technologiami zarówno w ruchu lotniskowym, jak i trasowym. Korzystanie z nawigacji satelitarnej jest bowiem obecnie najtańszą formą pozyskiwania danych o położeniu pojazdu, jego prędkości i innych parametrów.

### 3.5. Raport pogodowy METAR

**METAR** to format kodowanego raportu o pogodzie używany w meteorologii lotniczej i prognozie pogody. METAR jest akronimem od ang. Meteorological Aerodrome Report. Zazwyczaj METAR-y są wysyłane co godzinę przez stacje cywilne, natomiast stacje wojskowe wysyłają klucz METAR co 30 minut. Typowy METAR zawiera informację o temperaturze, ciśnieniu, temperaturze punktu rosy, sile i kierunku wiatru, opadzie, pokrywie chmur, wysokości podstawy chmur, widzialności, lecz może zawierać też inne informacje (np. stan dróg startowych).

Przykład depeszy METAR	METAR EPWA 102100Z	13005KT 100V190	1900 0600W R11/1800N	BCFG	SCT002 BKN005	07/06 Q1016	TEMPO 0800 FG=
Nr grupy z tabeli	1	2	3	4	5	7	9

	NAZWA ELEMENTU DEPEZY	OZNACZENIE ELEMENTU DEPEZY	PRZYKŁADY
<b>1. MIEJSCE I CZAS WYDANIA DEPEZY</b>	<b>METAR</b>	<b>MET</b> eological Aerodrome <b>R</b> eport – depesza służąca do przekazywania lotniskowych rutynowych obserwacji meteorologicznych	METAR EPWA METAR EPOO
	<b>COR</b>	Zapis opcjonalny oznaczający <b>depeszę poprawioną</b>	METAR COR EPSC
	<b>NIL</b>	Zapis opcjonalny oznaczający <b>brak depeszy</b>	METAR EPLB 102100Z NIL=
	<b>EPWA</b>	Czteroliterowy <b>wskaźnik lotniska</b> ustalony przez ICAO	EPWA, EPLL, EPGD, EPBY
	<b>102100Z</b>	<b>Dzień miesiąca</b> , godzina i minuty obserwacji oraz <b>wskaźnik czasu UTC</b>	131430Z 250030Z 030330Z
	<b>AUTO</b>	Dodatkowe, opcjonalne określenie zapisywane przed grupą wiatrową tylko w przypadku, gdy depesza zawiera wyniki pochodzące z <b>całkowicie zautomatyzowanej obserwacji</b>	METAR EKRN 102100Z AUTO 13005KT

<b>2. WIATR</b>	<b>13005KT</b>	<b>Grupa wiatrowa</b> (podawany jest średni kierunek i średnia prędkość wiatru z okresu czasu 10-ciu minut poprzedzających obserwację): <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>kierunek z którego wieje wiatr</b> (zaokrąglony do 10-ciu stopni);</li> <li>• prędkość wiatru;</li> <li>• <b>wskaźnik jednostki prędkości wiatru (KT-węzły)</b>.</li> </ul>	22003KT 36012KT 36018KT
	<b>00000KT</b>	<b>Cisza</b>	00000KT
	<b>VRB02KT</b>	<b>Zmienny kierunek wiatru</b>	VRB01KT VRB08KT
	<b>27012G22KT</b>	Grupa opcjonalna określająca <b>maksymalny poryw wiatru</b> : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>kierunek wiatru</b>;</li> <li>• średnia prędkość wiatru;</li> <li>• <b>wskaźnik porywu</b>;</li> <li>• <b>max poryw wiatru w KT</b>.</li> </ul>	22008G18KT VRB18G28KT 27020G42KT
	<b>100V190</b>	Dodatkowa, opcjonalna grupa kierunku wiatru (określa występujące <b>dwa skrajne kierunki</b> )	16008KT 130V220 25005KT 200V270 11005KT 080V180

3. WIDZIALNOŚĆ	7000	Widzialność, podawana w metrach, dodatkowo przy grupie widzialności podawane są istotne zjawiska pogody, jeśli występują.	6000 8000 -RA 9999 (widzialność 10km i więcej) 9999 -SN	
	1900 BR	Widzialność poniżej 5000m, z obowiązkiem podania zjawiska (w tym przypadku zamglenie)	3000 BR 1200 -SN BR 0500 DZ FG	
		0600W	Kierunkowe zmiany widzialności zapisywane opcjonalnie obok widzialności przeważającej, podawane są: <ul style="list-style-type: none"> <li>widzialność w metrach;</li> <li>kierunek geograficzny.</li> </ul>	1900 0600W
		R11/1800N	Widzialność wzdłuż drogi startowej, podawane są: <ul style="list-style-type: none"> <li>wskaźnik R widzialności wzdłuż drogi startowej;</li> <li>numer drogi startowej;</li> <li>widzialność na drodze startowej w metrach;</li> <li>tendencja widzialności (D-pogorszenie, U-poprawa, N-bez zmian).</li> </ul>	R11/1800N R15L/1400D R27R/1600U
		R11/P2000 R11/M0400	Oznaczniki P i M stosuje się w przypadku całkowicie zautomatyzowanych obserwacji: P – oznacza, że widzialność osiągnęła <b>maksymalną wartość jaką może zmierzyć przyrząd</b> , a więc rzeczywista wartość widzialności jest większa niż zapisana w depeszy; M – oznacza, że widzialność osiągnęła <b>minimalną wartość jaką może zmierzyć przyrząd</b> , a więc rzeczywista wartość widzialności jest mniejsza niż zapisana w depeszy.	R15L/P2000 R27R/M0050

4. ZJAWISKA	3000 -FZDZ BR	Istotne zjawiska pogody	1500 BR HZ 9999 -FZDZ
	( - )	Intensywność zjawiska słaba	7000 -RA
	bez wskaźnika	Intensywność zjawiska umiarkowana	3000 TSRA
	( + )	Intensywność zjawiska silna	1200 +SHRA
	DZ	Mżawka	-DZ
	RA	Deszcz	-RA
	SN	Śnieg	+SNRA
	SG	Śnieg ziarnisty	SG
	PL	Deszcz lodowy	-PL
	GR	Grad (ziarna średnicy 5mm i większe)	+TSGR
	GS	Drobny grad (średnica ziaren poniżej 5mm) lub krupa śnieżna	-TSGS
UP	Rodzaj opadu nieznan (przy obserwacjach zautomatyzowanych)	UPFZ	



	<b>BR</b>	Zamglenie (widzialność 1000-5000m)	BR
	<b>FG</b>	Mgła (grubość od gruntu do powyżej wysokości 2m, widzialność poniżej 1000m)	FG FZFG
	<b>FU</b>	Dym	FU
	<b>VA</b>	Popioły wulkaniczne	VA
	<b>DU</b>	Uniesiony pył	DU
	<b>SA</b>	Piasek	SA
	<b>HZ</b>	Zmętnienie	HZ
	<b>PO</b>	Silnie rozwinięte wiry pyłowe i piaszkowe	PO
	<b>SQ</b>	Nawałnica	SQ
	<b>FC</b>	Chmura lejkowa (trąba powietrzna, wodna, tornado)	FC
	<b>SS</b>	Burza piaszkowa	+SS
	<b>DS</b>	Burza pyłowa	DS
	<b>MI</b>	Mgła przyziemna (od gruntu do wysokości 2m, widzialność pozioma poniżej 1000m)	MIFG
	<b>BC</b>	Mgła w płatach (widzialność w płatach poniżej 1000m)	BCFG
	<b>PR</b>	Mgła pokrywająca część lotniska (widzialność we mgle poniżej 1000m)	PRFG
	<b>DR</b>	Zamieć niska (od gruntu do wysokości 2m)	DRSN, DRSA, DRDU
	<b>BL</b>	Zamieć wysoka (grubość od gruntu powyżej wysokości 2m)	BLSN, BLDU, BLSA
	<b>SH</b>	Opad przelotny	-SHRA, SHSN
	<b>TS</b>	Burza	TSRA, +TSGR, - TSSN, TS
	<b>FZ</b>	Przechłodzone krople wody, opad marznący, mgła przy temperaturze ujemnej	FZFG, -FZRA, FZDZ
	<b>VC</b>	Zjawisko w pobliżu lotniska (8-16km od lotniska)	VCTS, VCSS, VCSH, VCFG
	<b>NSW</b>	Brak zjawisk (stosowany w prognozie TREND)	NSW

<b>5. ZACHMURZENIE / WIDZIALNOŚĆ PIONOWA</b>	<b>SCT002 BKN005</b>	<b>Zachmurzenie</b> szyfrowane jest poprzez podanie <b>wielkości pokrycia nieba przez chmury, używając określeń FEW, SCT, BKN, OVC</b> oraz podanie <b>wysokości podstawy chmur</b> w setkach stóp, przy chmurach konwekcyjnych stosowany jest dodatkowo skrót TCU (Tower Cumulus) oraz CB (Cumulonimbus), jeśli nie występują chmury istotne operacyjnie to stosowany jest skrót NSC lub CAVOK.	SCT030 BKN001 OVC008 SCT020TCU BKN015CB SCT010 BKN020
--	----------------------	--	--

	<b>FEW</b>	1-2/8 nieba zakrytego chmurami (12,5-25%)	FEW030
	<b>SCT</b>	3-4/8 nieba zakrytego chmurami (37,5%-50%)	SCT020
	<b>BKN</b>	5-7/8 nieba zakrytego chmurami (62,5%-87,5%)	BKN020
	<b>OVC</b>	8/8 niebo całkowicie zachmurzone (100%)	OVC004
	<b>VV002</b>	<b>Widzialność pionowa</b> podawana jest zamiast zachmurzenia, w sytuacjach, kiedy niebo jest niewidoczne, podawany jest <b>wskaźnik widzialności pionowej VV</b> oraz jej <b>wartość w setkach stóp</b> .	VV001 VV003

<b>6. UŻYCI CAVOK/NSC</b>	<b>CAVOK (Clouds and Visibility OK)</b>	Ma zastosowanie jeśli: <ul style="list-style-type: none"> <li>nie jest obserwowane zachmurzenie istotne operacyjnie;</li> <li>nie są obserwowane chmury TCU i CB;</li> <li>nie występują zjawiska pogody, a widzialność wynosi 10km i więcej (9999).</li> </ul>	METAR EPBY 111430Z 13005KT CAVOK 16/06 Q1016=
	<b>NSC</b>	Ma zastosowanie jeśli: <ul style="list-style-type: none"> <li>nie jest obserwowane zachmurzenie istotne operacyjnie;</li> <li>nie są obserwowane chmury TCU i CB;</li> <li>występują zjawiska pogody lub widzialność obserwowana jest poniżej 10km; (nie można zastosować skrótu CAVOK).</li> </ul>	METAR EPGD 211800Z 15010KT 5000 BR NSC 07/06 Q1016= METAR EPSC 030230Z 24006KT 8000 NSC 12/08 Q1016=

<b>7. TEMPERATURA I CIŚNIENIE QNH</b>	<b>07/06</b>	<b>Temperatura/temperatura punktu rosy</b> W przypadku temperatury ujemnej, jej zapis poprzedzamy znakiem "M".	05/02 04/M02 M10/M12
	<b>Q1016</b>	<b>Wartość ciśnienia QNH</b> , podawana w hPa	Q1023 Q0993

<b>8. GRUPY OPCJONALNE (POGODA UBIEGŁA, USKOK WIATRU, STAN DROGI STARTOWEJ)</b>	<b>RE</b>	Grupa opcjonalna, która podawana jest, jeśli <b>wystąpiły istotne zjawiska w czasie od wydania poprzedniej depeszy METAR</b> (w ciągu pół godziny), po wskaźniku RE podawane jest zjawisko.	RESHRA RETS RERA
	<b>WS</b>	Grupa opcjonalna, która szyfrowana jest gdy występuje <b>uskok wiatru</b> w warstwie od poziomu drogi startowej do poziomu 1600ft, do określenia lokalizacji uskoku wiatru podawany jest <b>numer drogi startowej</b> .	WS <b>R15L</b> WS <b>R27</b> WS ALL RWY (na wszystkich drogach startowych)

	R11/290095	<p>Grupa opcjonalna, która stosowana jest po otrzymaniu informacji od odpowiednich służb utrzymania lotniska, zgodnie z regionalną umową żeglugi powietrznej, obejmuje charakterystykę stanu drogi startowej:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>oznaczenie drogi startowej;</b></li> <li>• <b>rodzaj pokrycia drogi startowej:</b> 0 - czysta i sucha, 1 - wilgotna, 2 - mokra lub kałuże, 3 - pokryta szronem, 4 - suchy śnieg, 5 - mokry śnieg, 6 - roztajały śnieg, 7 - lód, 8 - ubity lub zwalcowany śnieg, 9 - zamrożone bruzdy, koleiny, / - nie podany;</li> <li>• <b>rozległość zanieczyszczenia drogi startowej:</b> 1 - mniej niż 10% zanieczyszczone, 2 - zanieczyszczone 11-25%, 5 - zanieczyszczone 26-50%, 9 - zanieczyszczone 51-100%, / - nie podany;</li> <li>• <b>głębokość pokrycia drogi startowej:</b> 00 – mniej niż 1mm, 01 – 1mm, 02 - 2mm, 03 - 3mm itd. aż do 89-89mm, 99 - drogi nieużywane, //-głębokość nieznacząca;</li> <li>• <b>współczynnik szepności/hamowania:</b> 00 - wsp. 0.00, 01 - wsp. 0.01 itd. aż do 88 - wsp. 0.88, 91 - hamowanie złe, 92 - hamowanie średnio/złe, 93 - hamowanie średnie, 94 - hamowanie średnio/dobre, 95 - hamowanie dobre, 99 - hamowanie niemożliwe, // - nie podano.</li> </ul>	<p>R11/290095 R11/29//95 R27L/SNOCLO – lotnisko zamknięte z powodu dużej ilości śniegu R15R/CLRD// - droga startowa czysta</p>
--	------------	--	--

9. PROGNOZA TREND	TEMPO 0800 FG=	<p><b>Prognoza na lądowanie TREND</b>, zawierająca informacje o prognozowanych istotnych zmianach (lub braku istotnych zmian) elementów meteorologicznych w czasie najbliższych dwóch godzin od wydania depezy METAR, w FIR EPWW prognoza TREND wydawana jest tylko dla lotniska EPWA.</p>	<p>BECMG 3000 BR OVC005=</p>
	NOSIG	<p>Wskaźnik podawany, gdy prognozowany jest <b>brak istotnych zmian elementów meteorologicznych.</b></p>	<p>NOSIG=</p>
	TEMPO	<p>Wskaźnik podawany, gdy prognozowane są <b>tympczasowe, krótkotrwałe (do maksymalnie połowy okresu ważności prognozy) istotne zmiany elementów meteorologicznych</b> zgodnie z wartościami podanymi po wskaźniku.</p>	<p>TEMPO BKN010= TEMPO 5000 RA= TEMPO 26012KT=</p>
	BECMG	<p>Wskaźnik podawany, gdy prognozowana jest <b>trwała, istotna zmiana elementów meteorologicznych</b> do wartości zapisanych po wskaźniku.</p>	<p>BECMG OVC002= BECMG 0600FG= BECMG 15006KT=</p>
	FM	<p>Dodatkowa, opcjonalna grupa określająca <b>dokładny czas UTC początku prognozowanej istotnej zmiany elementów meteorologicznych</b> opisanych w prognozie TREND.</p>	<p>BECMG FM1620 BKN015= TEMPO FM0317 5000 RA BR= BECMG FM1215 7000 NSW=</p>

	<b>TL</b>	Dodatkowa, opcjonalna grupa określająca <b>dokładny czas UTC, w którym prognozowane jest zakończenie istotnej zmiany elementów meteorologicznych</b> opisanych w prognozie TREND.	BECMG TL1330 BKN015= TEMPO FM0317 TL0420 5000 RA BR= BECMG FM1215 TL1330 7000 NSW=
	<b>AT</b>	Dodatkowa, opcjonalna grupa określająca <b>dokładny czas UTC, w którym prognozowane jest wystąpienie istotnej, trwałej zmiany elementów meteorologicznych</b> na te opisane w prognozie TREND.	BECMG AT1315 OVC002= BECMG AT0010 0600FG= BECMG AT2330 15006KT=

**PRZYKŁAD DEPEZDY METAR**

METAR EPWA 210730Z 15004KT 100V220 1100 R11/1500U -DZ BR BKN002 OVC005 02/02 Q1014 R11/290095  
TEMPO 0800 FG BKN001=

<b>METAR</b>	Nazwa depeszy
<b>EPWA</b>	Lokalizacja: lotnisko Warszawa im. F. Chopina
<b>210730Z</b>	Dwudziesty pierwszy dzień miesiąca, godzina 07:30 UTC
<b>15004KT100V220</b>	Wiatr <b>wiejący z kierunku 150° o prędkości 04 węzłów</b> , o zmieniającym się kierunku w zakresie od 100° do 220°
<b>1100R11/1500U</b>	Widzialność zasadnicza <b>1100m</b> , na progu drogi startowej nr R11 1500m, poprawiająca się
<b>-DZ BR</b>	Zjawiska: <b>mżawka o słabym natężeniu oraz zamglenie</b>
<b>BKN002OVC005</b>	Pierwsza warstwa chmur: <b>5-7 oktantów na poziomie 200FT AGL</b> , druga warstwa chmur: <b>8 oktantów na poziomie 500FT AGL</b>
<b>02/02</b>	Temperatura: <b>2°C</b> , temperatura punktu rosy <b>2°C</b>
<b>Q1014</b>	Ciśnienie QNH: 1014hPa
<b>R11/290095</b>	Stan drogi startowej nr R11, droga startowa mokra lub kałuże, <b>zanieczyszczone 51-100% drogi startowej</b> , głębokość pokrycia drogi startowej <b>mniej niż 1mm</b> , hamowanie na drodze startowej <b>dobrze</b>
<b>TEMPO 0800FG BKN001=</b>	Prognoza TREND: w ciągu najbliższych dwóch godzin prognozowane są <b>okresowe spadki widzialności poziomej do 800m</b> we mgle, a także okresowe obniżanie się podstaw chmur <b>5-7 oktantów do poziomu około 100FT AGL</b>

**Kod lotniska ICAO** – powszechnie używana nazwa czteroliterowego tzw. wskaźnika lokalizacji (ang. Location Indicator), stanowiącego element dużego systemu adresowego

używanego przez służby ruchu lotniczego, linie lotnicze itp. w tak zwanej stałej sieci łączności lotniczej (AFTN). Zostały one wprowadzone przez Organizację Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego (International Civil Aviation Organization, ICAO). Wskaźniki lokalizacji ICAO mają strukturę regionalną. Pierwsza litera oznacza część świata według podziału stworzonego przez ICAO. Drugą literą oznaczone są państwa lub regiony administracyjne w tej części świata. Ostatnie dwie litery identyfikują daną stację lotniczą. Poniżej litery oznaczające poszczególne części świata.

A = Antarktyda i Południowy Pacyfik

B = Grenlandia & Islandia

C = Kanada

D = Afryka Północno-Zachodnia

E = Europa

F = Afryka Południowa i Środkowa

G = Afryka Zachodnia, Wyspy Kanaryjskie

H = Afryka Wschodnia

K = USA

L = Europa Południowa

M = Ameryka Środkowa i Karaiby

N = Południowy Pacyfik

O = Bliski Wschód

P = Hawaje (PH), Alaska (PA) i Północny Pacyfik

Q = zarezerwowane dla radiotelegrafii

R = Azja Wschodnia

S = Ameryka Południowa

T = Karaiby

U = Rosja oraz kraje byłego ZSRR

V = Azja Południowa

W = Azja Południowo-Wschodnia

Y = Australia

Z = Chińska Republika Ludowa

Przykłady kodów ICAO:

- EPPO - Lotnisko Poznań-Ławica (E = Europa, P = Polska, PO = Poznań Ławica);

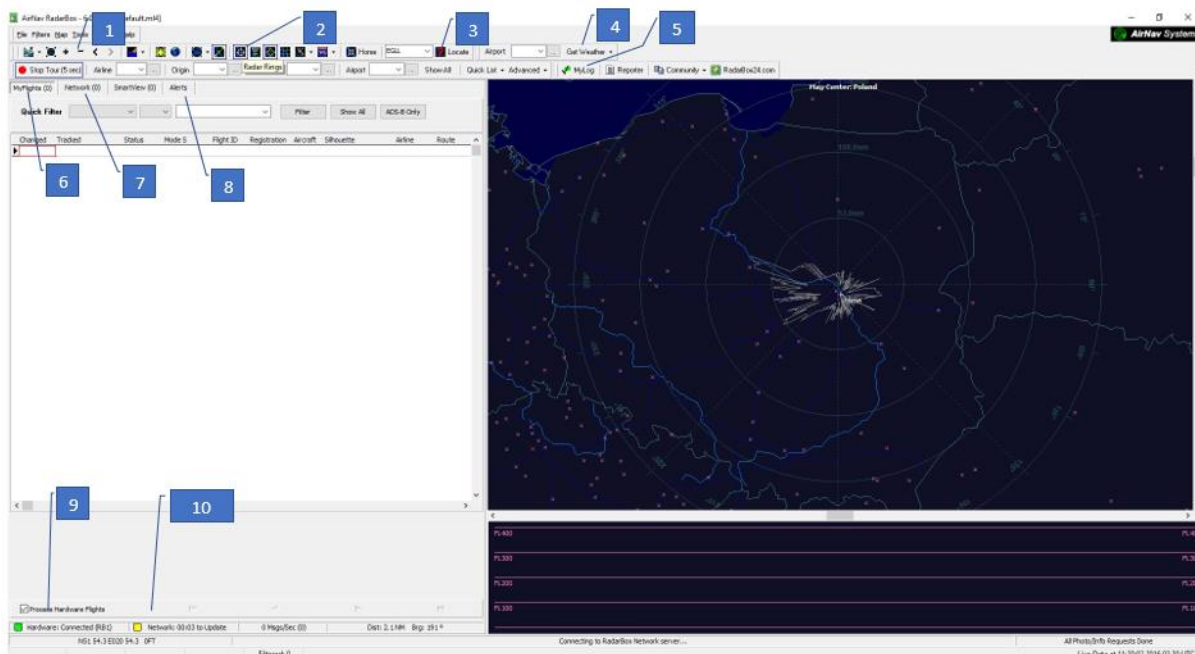
- LOWW - Lotnisko Wiedeń-Schwechat (L = Europa Południowa, O = Austria, WW = Wiedeń-Schwechat);
- FAJS - Lotnisko Johannesburg, RPA;
- KBOS - Lotnisko Boston-Logan, USA;
- LIRF - Lotnisko Rzym/Fiumicino, Włochy;
- OMDB - Lotnisko Dubaj, ZEA;
- YSCB - Lotnisko Canberra, Australia.

#### 4. Oprogramowanie AirNav RadarBox 3D

Umożliwia obserwację ruchu lotniczego w czasie rzeczywistym w obszarze będącym zasięgiem anteny oraz na świecie dzięki danym udostępnionym on-line. Opis interfejsu jest widoczny na rys. 4.1.

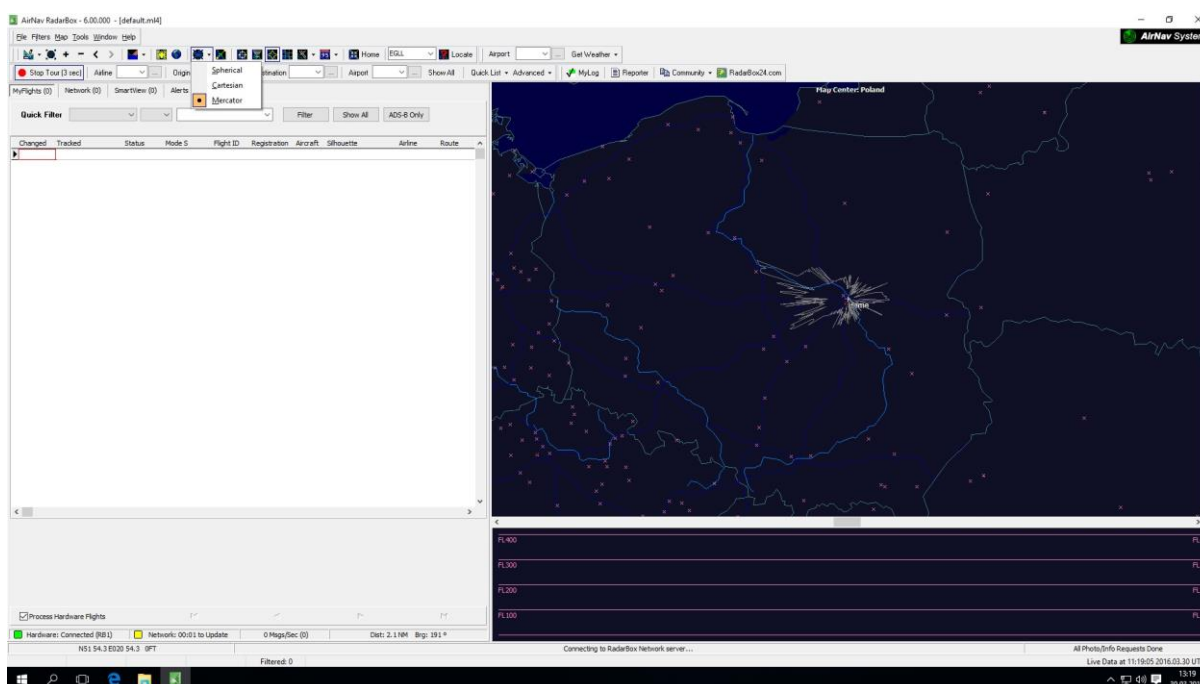
##### Interfejs

- 1 – Widok mapy, przybliżanie, oddalanie
- 2 – Panel narzędzi funkcyjnych
- 3 – Location - Lokalizacja wybranego miejsca
- 4 – Get weather - Pobranie danych pogodowych
- 5 – MyLog - Baza danych o ruchu lotniczym
- 6 – MyFlights - Biejący ruch lotniczy widziany przez antenę
- 7 – Network - Biejący ruch lotniczy udostępniony w sieci przez innych użytkowników
- 8 – Alerts - Tworzenie alertów
- 9 – Hardware - Sygnalizacja poprawnego podłączenia urządzenia (zielony – dobrze, żółty – wyszukiwanie, czerwony – brak połączenia)
- 10 – Network - Sygnalizacja połączenia z siecią (zielony – dobrze, żółty – wyszukiwanie, czerwony – brak połączenia)

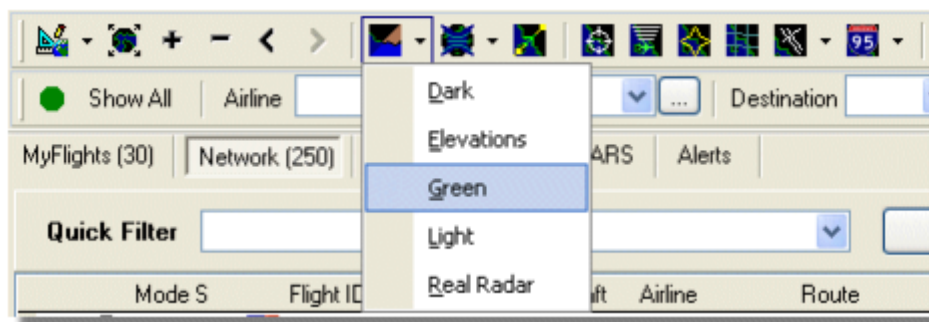


Rys. 4.1. Opis interfejsu oprogramowania AirNav RadarBox 3D

Oprogramowanie umożliwia wybór odwzorowania kartograficznego dla mapy, która będzie widoczna w oknie głównym. Można również zmienić kolorystykę mapy.



Rys. 4.2. Wybór rodzaju odwzorowania kartograficznego

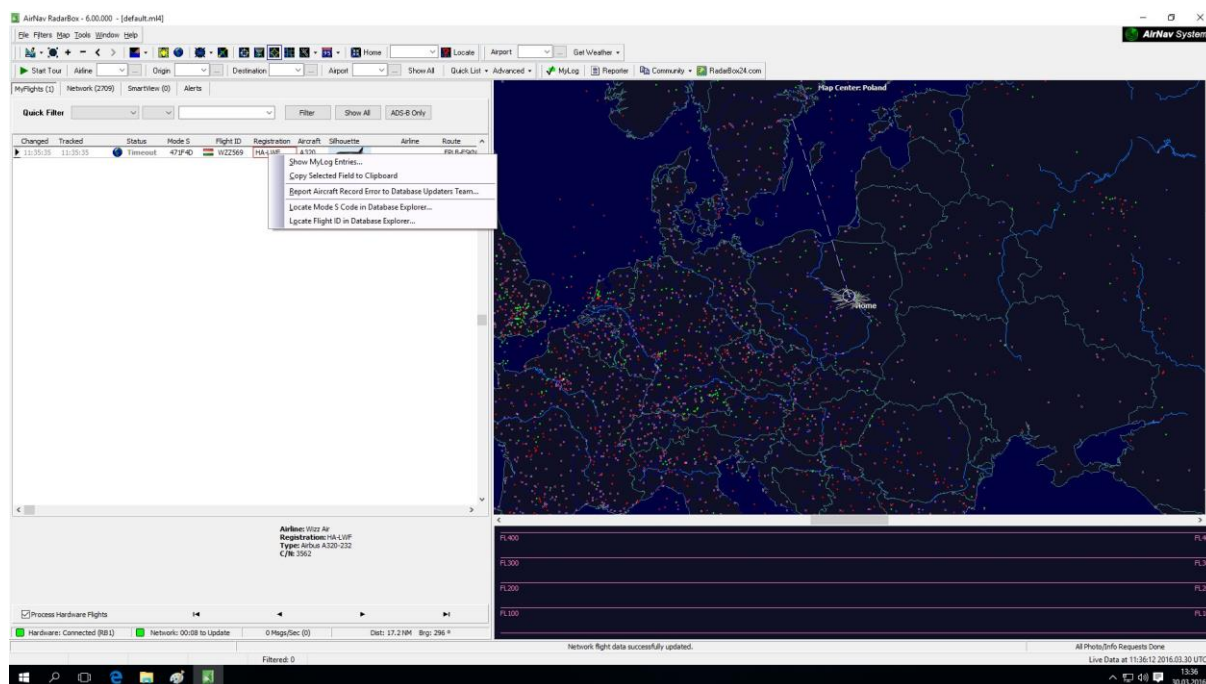


Rys. 4.3. Zmiana kolorystyki mapy

Możliwe jest również korzystanie z dodatkowych właściwości panelu klikając **File**, a następnie **Preferences**. Dostępne są opcje:

- General;
- Legends and Labels;
- RadarBox;
- Home Station Data;
- Map Colours.

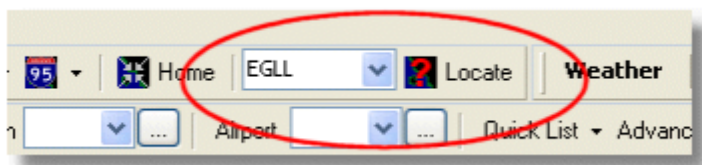
Ponadto, istnieje możliwość eksportowania danych do bazy oraz przeglądania ich. W celu należy kliknąć **File**, a następnie **Database** lub najechać na dowolny samolot wyświetlający się w zakładkach **MyFlights** lub **Network** i klikając prawym klawiszem myszy na **Registration** wybrać opcję **Locate Flight ID in Database Explorer**.



Rys. 4.4. Lokalizacja samolotu w bazie danych



Lokalizacja miejsc odbywa się w równie prosty sposób. Wystarczy w pasku okna głównego wybrać opcję **Locate**. Chcąc zlokalizować wybrane miasto lub lotnisko należy wpisać nazwę miasta lub kod ICAO lotniska w pasku po lewej stronie opcji **Locate**, a następnie kliknąć ten przycisk. Dokładne położenie danego miejsca można również wprowadzić korzystając z opcji **File**, następnie **Preferences**, **Home Station Data** i wpisując pozycję w **stopniach**.



Rys. 4.5. Lokalizacja lotniska Heathrow w Londynie

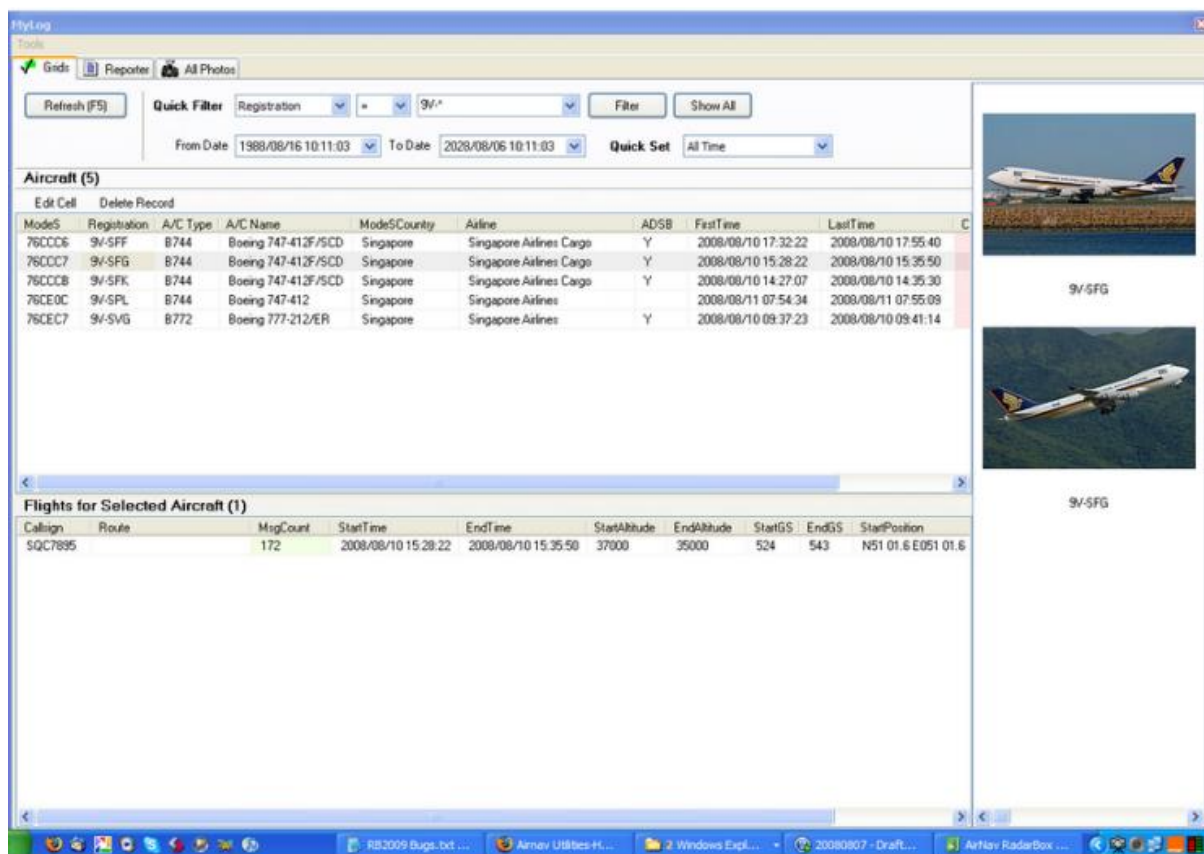
W zakładce **MyFlights** oraz **Network** w oknie głównym widoczne są dane rejestrowanych statków powietrznych. Wśród nich można znaleźć informacje takie, jak:

- Globus – znak, że samolot udostępnia informacje o swoim położeniu i może być zlokalizowany,
- Status operacji lotniczej (wznoszenie, zniżanie, wylądował),
- Kod modu S,
- Flaga kraju przynależności statku powietrznego,
- Callsign tego lotu (numer lotu),
- Numer rejestracyjny samolotu,
- Typ samolotu,
- Logo linii lotniczej, do której należy samolotu,
- Wysokość w stopach (FT),
- Prędkość mierzona w węzłach (Knots).

▶ 22:41:46	22:40:46		Cruise	400A15		EZY6796	G-EZKA	B737		38000	482
22:43:41	22:43:41		Climb	4006EA		XLA5773	G-XLAB	B738		36250	513
22:43:41	22:43:41		Climb	4009A8		EZY1JN	G-EZJN	B737		37975	471

Rys. 4.6. Dane rejestrowanych statków powietrznych

W bazie **MyLog** możliwe jest filtrowanie danych. Polecenia filtrów mają formę zdań baz SQL, np. 'Registration = 9V-\*'. Polecenie to ma za zadanie wyszukanie samolotów, których rejestracja zaczyna się od znaków 9V. Widok na rys. 4.7.



Rys. 4.7. Ustawianie filtrów w bazie MyLog.

## Odbiornik

Warto zwrócić uwagę na diody świecące się na odbiorniku. Po włączeniu programu, dioda podpisana jako **Power** powinna świecić się na zielono. Dioda podpisana **USB** powinna charakteryzować się niebieskim pulsującym światłem, natomiast dioda **Signal** powinna świecić się białym pulsującym światłem, ale tylko w przypadku wykrycia statku powietrznego w danej chwili (to można sprawdzić MyFlights w oknie głównym) – zob. rys. 2.1.

## Antena

Przed rozpoczęciem ćwiczenia należy sprawdzić, czy antena jest ułożona w miejscu zapewniającym jej najlepszą widoczność. W miarę możliwości warto, aby stała ona na zewnątrz okna. Zasięg anteny można sprawdzić przybliżając położenie „Home” na mapie w oknie głównym.

## 5. Wykaz użytych skrótów i oznaczeń

Dla zwiększenia przejrzystości wprowadzono poniższe skróty oraz oznaczenia graficzne, które zostały wykorzystane w tekście instrukcji:



- zapisz przebieg na dysku,



- pytanie, na które odpowiedź musi znaleźć się w sprawozdaniu.

## 6. Przebieg ćwiczenia

### Odbiornik AirNav RadarBox 3D

6.1 Zapoznaj się z budową stanowiska laboratoryjnego.

- a) Sprawdź, czy odbiornik AirNav jest w zasięgu twojego wzroku i czy widoczne są na nim trzy punkty (diody): Power, USB i Signal.

6.2 Uruchom komputer, a następnie uruchom oprogramowanie AirNav RadarBox.

- a) Kliknij **Connect**, żeby przejść do okna głównego. Już teraz na odbiorniku powinny zaświecić się co najmniej dwie diody. Korzystając z instrukcji – sprawdź, czy ich kolor oraz sposób świecenia świadczy o poprawnym działaniu urządzenia.
- b) Zapoznaj się treścią instrukcji dotyczącej oprogramowania (**pkt 4**).

6.3 Zlokalizuj swoje miejsce pomiarowe.


- a) Sprawdź, jakie jest położenie geograficzne Warszawy. W tym celu, w polu Locate wpisz Warsaw i zapisz dane dotyczące długości i szerokości geograficznej miasta.



6.4 Ustaw kolorystykę i odwzorowanie mapy .



- a) Kliknij **File**, następnie **Preferences**. Wybierz zakładkę **Map Colours**. Zaznacz: Airport na kolor jasny zielony, Runways na kolor różowy, Taxiways na kolor żółty, Flight Leveled – zielony, Flight Climbing – czerwony, Flight Descending – niebieski, Airways – żółty, Cities - pomarańczowy. Kliknij **Apply**, a następnie **OK**.


- b) Ustaw odwzorowanie mapy na **Spherical**.

- c) Ustaw kolorystykę mapy na ciemną (Dark lub Real Radar) 





6.5 Zlokalizuj ważne komunikacyjne lotniska Europy.

- a) Zlokalizuj lotniska w Londynie (Heathrow - EGLL), w Rzymie (Ciampino - LIRC), w Warszawie (Lotnisko Chopina - EPWA). Kolejno przybliż je na mapie tak, żeby było dokładnie widać strukturę lotniska. Zrób zrzuty z ekranu dla każdego widoku.


 Czym różnią się te lotniska? Które z nich jest najbardziej złożone? Ile dróg startowych ma każde z lotnisk? 

- b) Zlokalizuj miasto Dubai wpisując jego nazwę w polu **Locate**. Zanotuj długość i szerokość geograficzną miasta. Czy na mapie jest wskazany dokładnie jeden punkt wyznaczający położenie miasta? Czy jest to czytelne? 








6.6 Sprawdź widok mapy.

- a) Oddal widok mapy tak, żeby zmieściła się cała Polska. W oknie głównym kliknij ikonę  i wybierz opcję **ATC Boundaries** (ATC – Air Traffic Control).  W sprawozdaniu odpowiedz na pytanie, czego dotyczą linie, które pojawiły się na mapie i opisz je w kilku zdaniach. 
- b) Z tej samej ikony wybierz opcję **Airways**. Zobacz, co pojawiło się na mapie.  Zrób zrzut z ekranu, a następnie wyłącz tę opcję.



6.7 Wyszukaj statki powietrzne w bazie.

- a) Znajdź w bazie danych **MyLog** samoloty pochodzące z Niemiec (Germany). Czym charakteryzuje się ich Mode S? Jakie są podobieństwa i różnice? 

6.8 Wybierz odpowiednie dane z bazy **MyLog**.

- a) Przejdź do bazy danych **MyLog - Grids**. Aby zobaczyć wszystkie zgromadzone dotychczas dane kliknij **Show All**, a z wybieralnej listy **QuickSet** opcję **All Time**. Ile w sumie statków powietrznych jest teraz w bazie?  
- b) Ustaw filtr wyszukujący samoloty linii lotniczej Lufthansa (Airline = Lufthansa). Ile z nich wyposażonych jest w system ADS-B?  
- c) Ustaw filtr wyszukujący jednocześnie samoloty Boeing typu 737, 747, 777, 772, 744 (Aircraft = B7\*). Ile z nich wyposażonych jest w system ADS-B?  
- d) W sprawozdaniu, na podstawie zapisanych danych, utwórz statystyki informujące o poziomie wyposażenia samolotów w system ADS-B. Pokaż, w jakim stopniu Linia Lotnicza Lufthansa wyposaża swoje samoloty w system oraz jaki odsetek Boeingów jest wyposażony. Zastanów się, z czego to wynika? 

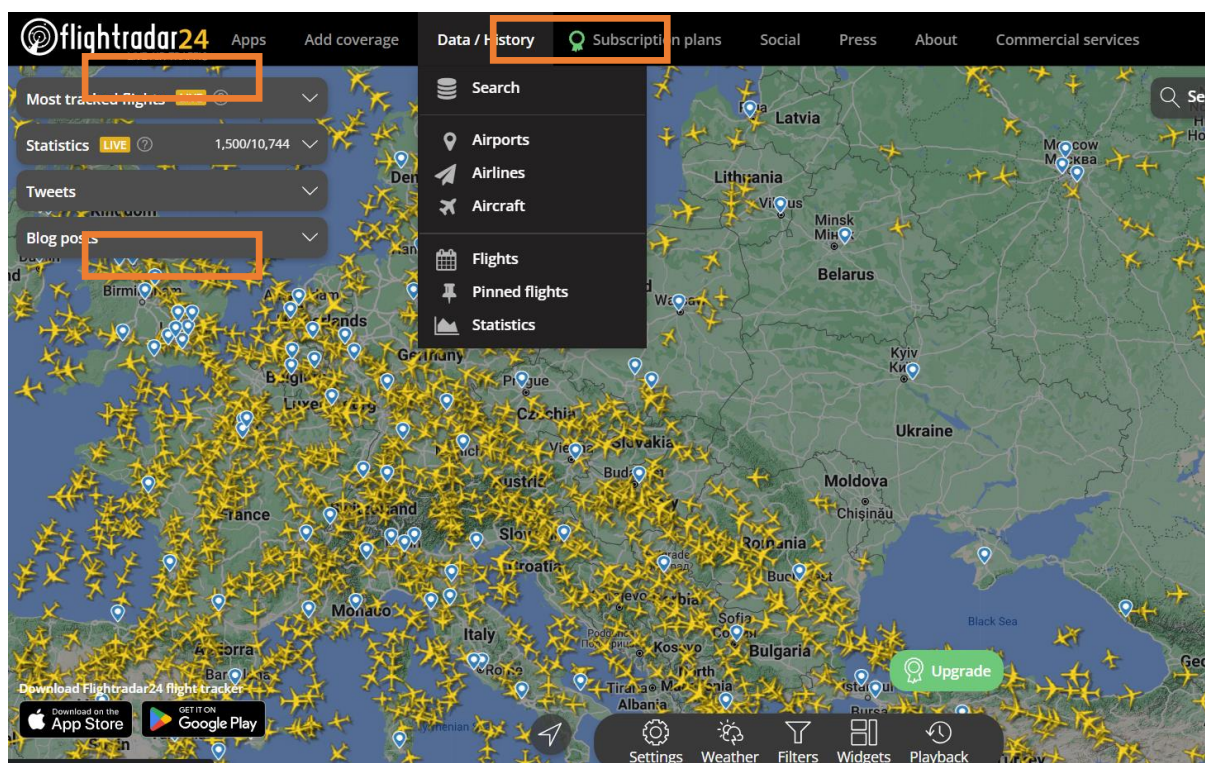
6.9 Utwórz raport z gromadzonych danych.

- a) Kliknij zakładkę **Reporter** w oknie głównym lub w bazie MyLog. Wygeneruj raport z dzisiejszego dnia. Zapisz go do pliku w swoim katalogu. Jakie dane znajdują się w takim raporcie? Jak on może mieć praktyczne zastosowanie?  

- 6.10** Zidentyfikuj linię lotniczą po zdjęciu samolotu.
- a) Wybierz zakładkę **All Photos** w bazie MyLog. Znajdź zdjęcia samolotów, których numer rejestracyjny rozpoczyna się od 'G-'. Czy na podstawie zdjęcia można odczytać do jakiej linii lotniczej należą te statki powietrzne? W czym to jest przydatne? Czy wśród zdjęć znajdują się samoloty wojskowe? Co to oznacza?  
🔗 Zapisz do swojego katalogu zdjęcie dowolnego samolotu z rejestracją rozpoczynającą się od 'G-', na którym widoczne jest logo linii lotniczej. 📄
- 6.11** Obserwuj pogodę.
- a) W zakładce **SmartView** w oknie **METAR** sprawdź pogodę dla Lotniska Heathrow w Londynie (EGLL, Select Airports). Rozszyfruj tę depezę. Jaka pogoda jest w Londynie? 📄 🔗
- b) W oknie głównym rozwiń menu dla opcji **Get Weather** wybierz **METAR** i sprawdź pogodę na Lotnisku Chopina w Warszawie. Rozszyfruj depezę. Pogoda różni się od tej londyńskiej? 📄 🔗
- 6.12** Zamknij program. Prześlij sobie pliki niezbędne do wykonania sprawozdania mailem. 📄

### Strona FlightRadar

- 6.13** Uruchom komputer, a następnie uruchom stronę internetową [www.flightradar24.com](http://www.flightradar24.com).
- c) Zapoznaj się z interfejsem strony internetowej, zwróć uwagę na zakładkę **Data/history** na górze strony.
- d) Rozwiń zakładkę **Data/history** i zobacz, jakie dostępne są tam opcje.



Rys. 4.2. Podstawowe zakładki serwisu FlightRadar24

#### 6.14 Lokalizacja statku powietrznego.

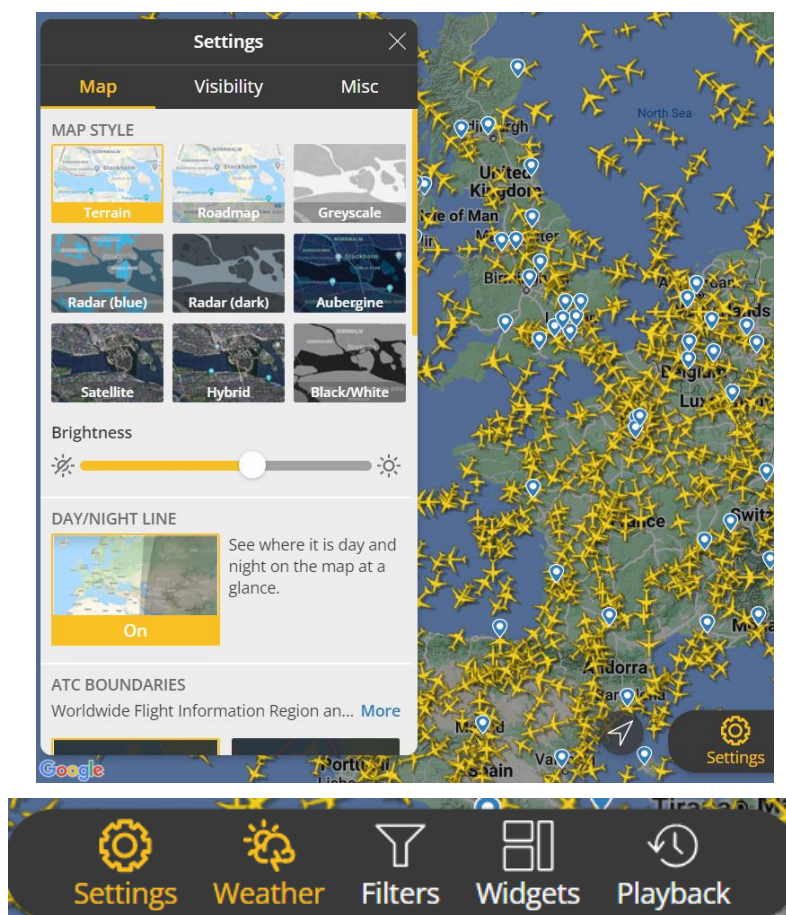
- b) Kliknij na dowolny statek powietrzny przelatujący w tej chwili nad Niemcami. Ważne, aby miał on aktywny callsign (adres wywoławczy), który podświetla się przy najechaniu kursorem na ikonę samolotu oraz wszystkie informacje dotyczące lotu tak, jak na rysunku 4.3.
- c) Odpowiedz na pytania: Jaki jest callsign tego statku powietrznego? Do jakiej linii lotniczej przynależy? Podaj rejestrację statku powietrznego i kraj, w którym go zarejestrowano. Skąd oraz dokąd leci? Czy przylot statku powietrznego do portu docelowego odbędzie się o planowanym czasie? Jeśli nie, to jakie są zmiany? Ile procent trasy zrealizował już ten statek powietrzny? 🤔 📄



Rys. 4.3. Identyfikacja statku powietrznego

### 6.15 Ustawienia mapy.

- d) Sprawdź aktualne ustawienia mapy w zakładce **Map** (rys. 4.4.). 🖱️ Jaka jest różnica pomiędzy stylami mapy (**Map style**): Roadmap, Radar (dark) i Satellite? Który z nich jest najbardziej czytelny i dlaczego? 🤔 🖱️ Ustaw jako aktywną opcję Day/night line. Co się zmieniło? 🤔
- e) Sprawdź aktualne ustawienia mapy w zakładce **Weather**. 🖱️ Ustaw jako aktywną opcję Volcanic eruption. Jaka jest funkcja tej opcji? 🤔
- f) Sprawdź aktualne ustawienia mapy w zakładce **Visibility**. 🖱️ Ustaw jako **nieaktywną** opcję ADS-B (Live). Co się zmieniło na mapie i dlaczego? Jak działa system ADS-B? 🤔 🖱️
- g) Powróć do pierwotnych ustawień mapy.

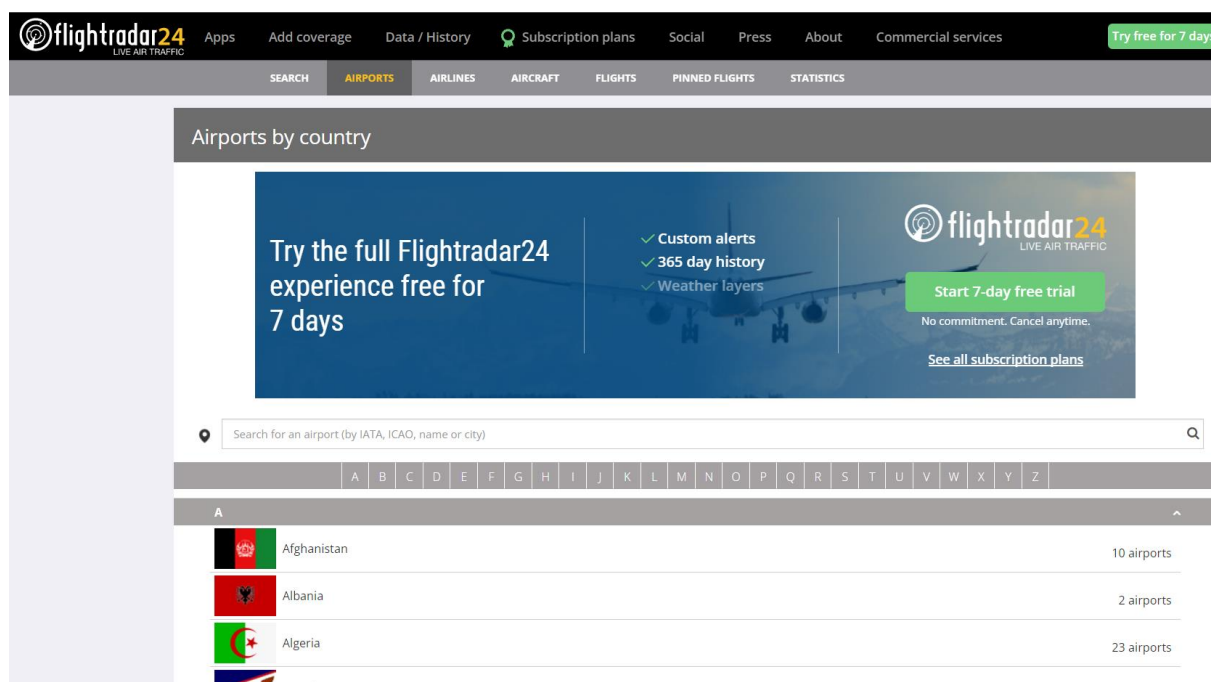


Rys. 4.4. Ustawienia mapy w serwisie FlightRadar24

## 6.16 Lotniska.

- c) Z zakładki **Data/History** wybierz **Airports** (rys. 4.6). Wybierz lotnisko w kraju na literę, na którą zaczyna się Twoje imię. Lotnisko powinno mieć Rating powyżej 50%. 📍
- d) Jaki jest kod ICAO tego lotniska? Jaki jest czas lokalny na tym lotnisku? Podaj temperaturę, siłę i kierunek wiatru na wybranym lotnisku. ?
- e) Wymień 5 najczęściej uczęszczanych tras realizowanych z tego lotniska, podaj pełne nazwy lotnisk docelowych. Ile lotów odbywa się na danej trasie w ciągu tygodnia? ?
- f) Wymień 3 lotniska znajdujące się najbliżej tego, które zostało przez Ciebie wybrane. W jakiej odległości znajdują się te lotniska? ?
- g) Rozszyfruj depezę METAR dla wybranego lotniska. 📍 ?

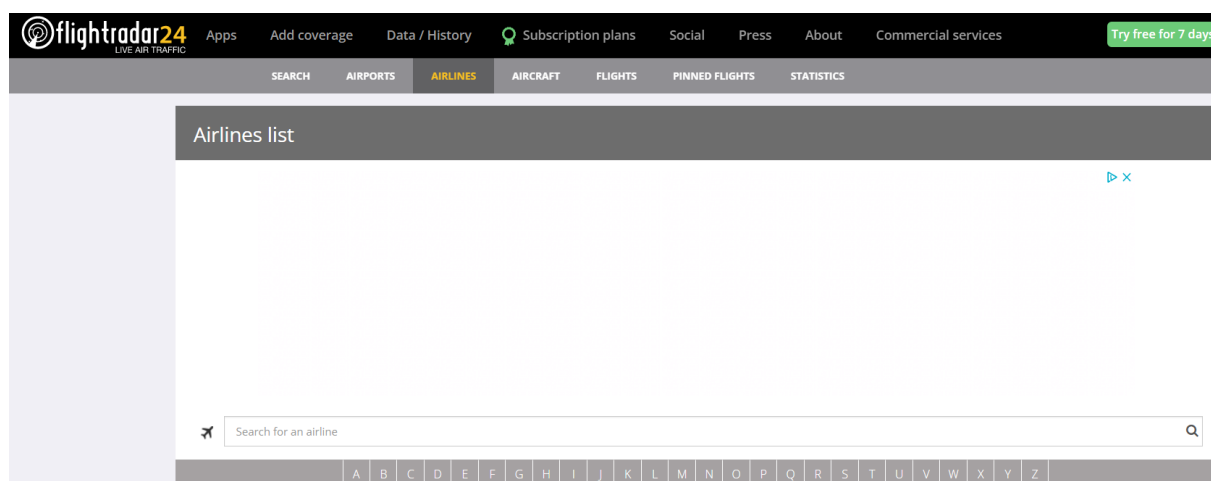




Rys. 4.6. Identyfikacja lotnisk








### 6.17 Linie lotnicze.

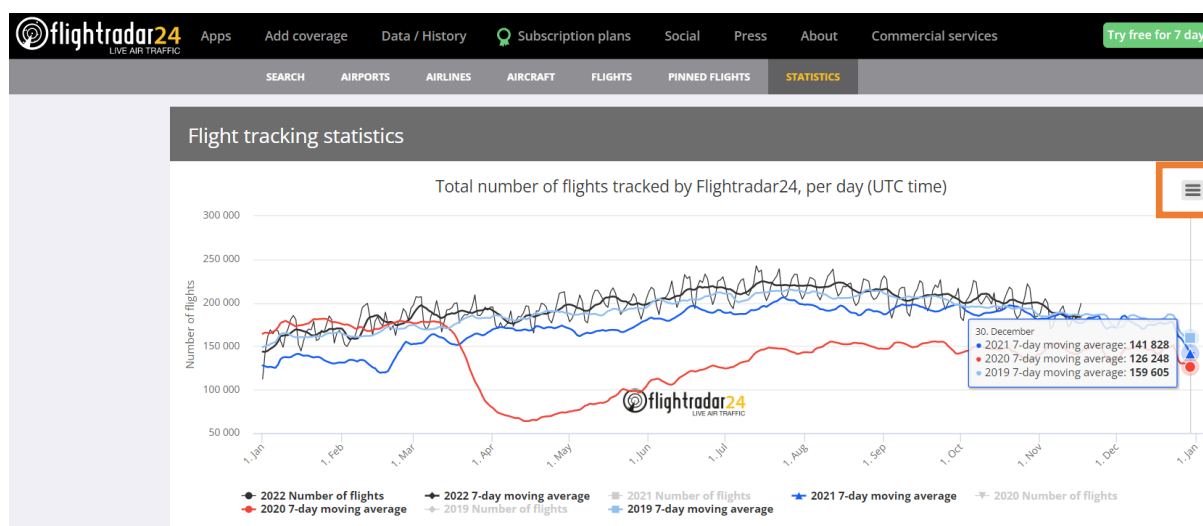
- b) Z zakładki **Data/History** wybierz **Airlines** (rys. 4.7). Wybierz linię lotniczą na literę, na którą zaczyna się Twoje nazwisko (jeżeli jest to polski znak to wybierz literę bez zmiękczenia, np.: zamiast Ż wybierz Z, zamiast Ć wybierz C, itd.). Linia lotnicza musi mieć logo i flotę powyżej 10 statków powietrznych. 📖
- c) Podaj pełną nazwę linii lotniczej, jej kod IATA oraz kod ICAO. ?



Rys. 4.7. Identyfikacja linii lotniczych

### 6.18 Statystyki i analizy.

- e) Z zakładki **Data/History** wybierz **Statistics**. 
- f) Wykorzystując zestawienie *Total numer of flights tracked by Flightradar24, per day (UTC time)*, stwórz wykres przedstawiający liczbę zrealizowanych operacji lotniczych (liczbę lotów) w 2022 roku z 7-dniową średnią krocząca. Podaj zakres czasowy tego zestawienia (daty). Skorzystaj z możliwości importowania danych do Excela (rys. 4.8).  
- g) Przeanalizuj pierwsze zestawienie. Jak zmieniła się liczba lotów w ciągu analizowanych dni? Którego dnia odbyło się najwięcej lotów, a którego najmniej? Co mogło mieć na to wpływ, jakie zdarzenia, warunki pogodowe i inne? 
- h) Wykorzystując zestawienie *Numer of commercial flights tracked by Flightradar24, per day (UTC time)*, stwórz wykres przedstawiający liczbę zrealizowanych operacji lotniczych (liczbę lotów) w 2022 roku z 7-dniową średnią krocząca. Podaj zakres czasowy tego zestawienia (daty). Skorzystaj z możliwości importowania danych do Excela (rys. 4.8).  
- i) Przeanalizuj drugie zestawienie. Jak zmieniła się liczba lotów w ciągu ostatnich dni? Którego dnia odbyło się najwięcej lotów, a którego najmniej? Co mogło mieć na to wpływ, jakie zdarzenia, warunki pogodowe i inne? 



Rys. 4.8. Statystyki i analizy

**6.19** Zamknij stronę. Zapisz pliki niezbędne do wykonania sprawozdania.

## 7. Wykonanie sprawozdania

Nie należy umieszczać w sprawozdaniu podstaw teoretycznych, ani opisów stanowiska laboratoryjnego. Sprawozdanie musi zawierać wszystkie wyniki pomiarów i obserwacji prezentowane wg kolejności ich wykonania. Każdy z nich musi być opatrzony numerem punktu instrukcji wg, którego został zarejestrowany. W sprawozdaniu muszą się znaleźć odpowiedzi na wszystkie postawione w instrukcji pytania oraz odpowiedni komentarz do uzyskanych wyników badań symulacyjnych.

Zarówno opisy, jak i odpowiedzi, mają być zwięzłe, ale przedstawione pełnymi zdaniami. Wnioski powinny być autorskie i zawierać podsumowanie przeprowadzonych badań. Szczególny nacisk należy położyć na zaprezentowanie różnic oraz podobieństw pomiędzy poszczególnymi wynikami i obserwacjami, np. różnice i podobieństwa w formatach transmisji, czy zależności czasowe przy zmianach szybkości transmisji.

## 8. Literatura

- Bem D.J., Systemy telekomunikacyjne Część III Radiolokacja i radionawigacja, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1991.
- Czekala Z., Parada radarów, Dom Wydawniczy Bellona, Warszawa 1999.
- Domicz J., Szutowski L., Podręcznik pilota samolotowego, Wydawnictwo Technika, Poznań 1998.
- Januszewski J., Systemy satelitarne GPS Galileo i inne, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- Katulski R.J., Propagacja fal radiowych w komunikacji bezprzewodowej, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2009.
- Malarski M., Inżynieria ruchu lotniczego, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
- Narkiewicz J., GPS i inne satelitarne systemy nawigacyjne, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2007.
- Pietrański J., Teoretyczne podstawy radiolokacji Część III, Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, Warszawa 1991.
- Procedury Służb Żeglugi Powietrznej. Zarządzanie Ruchem Lotniczym (PL – 4444), International Civil Aviation Organization, Montreal 1996.
- Załącznik 10 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym Łączność Lotnicza Tom IV Systemy dozoru i unikania kolizji, ICAO, 2007.

- ADS – B Technologies, [www.ads-b.com](http://www.ads-b.com)
- Zasięgi radarów, [www.fis.pansa.pl](http://www.fis.pansa.pl)