

# Infrastruktura krytyczna portu lotniczego zdeteminowana implementacją PBN ICAO

## Critical infrastructure of the airport determined with PBN ICAO implementation

**Andrzej Fellner**

prof. nzw. dr hab. inż. nawig.

Centrum Kształcenia Kadr Lotnictwa Cywilnego Europy  
Środkowo-Wschodniej Politechniki Śląskiej

afellner@o2.pl

**Streszczenie:** Lotnicza transformacja implikuje zmiany zdeteminowane rezolucją A-37 ICAO, nakazującą globalne i krajowe wprowadzenie PBN (Performance Based Navigation). Konsolidując wysiłki ekonomiczno – finansowe kraje europejskie realizują program SESAR (Single European Sky ATM Research) stanowiący techniczne i technologiczne wsparcie systemu zarządzania ruchem lotniczym (ATM) wdrażanego w ramach Jednolitej Europejskiej Przestrzeni Powietrznej. W 2020 roku w wyniku realizacji tego programu, powinno nastąpić trzykrotne zwiększenie przepustowości ATM przy jednoczesnej poprawie wskaźników bezpieczeństwa, 10% redukcja negatywnego wpływu lotnictwa na środowisko naturalne, 50% redukcja kosztów ATM. Realizowana ostatnia faza programu SESAR jest zdefiniowana w przepisach rozporządzenia wykonawczego Komisji (EU) Nr 409/2013. Podkreślić należy, że transformacja lotnicza determinuje działania w infrastrukturze krytycznej portu lotniczego, w celu osiągnięcia wymaganego w programie SESAR poziomu. Podczas implementacji nowych technik i technologii, wprowadzania zmian organizacyjnych, strukturalnych wymagane jest identyfikowanie i szacowanie możliwości wystąpienia ryzyka, w celu wyeliminowania lub złagodzenia skutków jego zagrożenia. Toteż w celu zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa wykonuje się „Safety case”.

**Słowa kluczowe:** Bezpieczeństwo, PBN, SESAR, ATM

**Abstract:** The aviation transformation is entailing determined changes with resolution A-37 ICAO, ordering the global and domestic PBN introduction (Performance Based Navigation). Consolidating efforts ekonomiczno financial European countries are carrying – out SESAR program (European Sky Singles Research ATM) constituting technical and technological backing up of the system the management with the air traffic (ATM) implemented in frames of the Uniform European airspace. In 2020 as a result of the completion of this program, should take place triple of increasing bandwidth ATM at the simultaneous improvement in indicators of the safety, 10% reduction in the negative influence of aviation on the natural environment, 50% reduction in costs Atm. the last phase carried out of the SESAR program is defined in provisions of the executive regulation of the Committee (EU) No. 409 / 2013. To underline he belongs, that the air transformation is determining action in the critical infrastructure of the airport, in order to reach the level required in the SESAR program. During the implementation of new techniques and the technology, of implementing organizational, structural changes identifying is required and of estimating the possibility of the appearance of the risk, in the destination of eliminating or cushioning effects of his threat. Hence to the purpose of the right assurance the level of the safety is being carried out „ Safety case ”.

**Keywords:** Safety case, PBN, SESAR, ATM

Lotnicza transformacja, spowodowana rozwojem naukowo-techniczny, zdeteminowała ICAO do podjęcia działań dotyczących opracowania perspektywicznego, globalnego, operacyjnego systemu zarządzania ruchem lotniczym - ATM (Air Traffic Management). Powołana w 1983r. komisja FANS (Future Air Navigation System) opublikowała w 1991r. raport końcowy FANS, prezentujący strategię lotniczej informatyzacji łączności, nawigacji, dozoru – CNS (communication, navigation, surveillance) oraz implementacji tech-

nik i technologii satelitarnych – GNSS (Global Navigation Satellite System). Raport stanowił podstawę do opracowania niezbędnych założeń operacyjnych dla perspektywicznego ATM. Walidację przyjmowanych rozwiązań wykonano w ramach testów lotniczych, korzystając z statków powietrznych Boeing i Aerobus w mało uczęszczanym obszarze przestrzeni powietrznej południowego Pacyfiku – PET (Pacific Engineering Trials) w ramach projektu FANS-1. W wyniku wykonanych testów zainstalowano: automatyczne zależne

dozorowanie (ADS), cyfrową telemetrię kontroler/pilot (CPDLC), system zarządzania lotem (FMS), łączność satelitarną (Inmarsat Data-2 service), pokładowy system transmisji cyfrowej (ACARS), łącze danych jednostki kontroli i wyświetlacza (DCDU) oraz dla pilota do wysyłania i odbierania wiadomości (CPDLC, ARINC 622, EUROCAE ED-100/RTCA DO-258). Pomimo, że projekt FANS nie został zastosowany globalnie to uzyskane w wyniku testów lotniczych rezultaty, umożliwiły ICAO opracowanie założeń dla globalnego systemu CNS/ATM,

który aktualnie jest wdrażany. Również przetestowany CPDLC stał się obowiązującym standardem ICAO, stosowanym w globalnej, aeronautycznej sieci łączności - ATN (Aeronautical Telecommunications Network) kompatybilnej z w europejskiej przestrzeni powietrznej jest „LINK2000 + Program”[1,2]. Przeprowadzone testy lotnicze w ramach projektu FANS dowiodły, że wprowadzanie scertyfikowanych informatycznie – satelitarnych technik umożliwia zwiększenie wydajności, elastyczności, przepustowości przestrzeni powietrznej. Stanowiło to podstawę opracowania i zatwierdzenia przez ICAO koncepcji wymaganej wartości wydajności nawigacyjnej - RNP (Required Navigation Performance Capability), definiującej parametry poziomego odchylenia pozycji statku powietrznego od planowanej trasy oraz wymaganą dokładność określania pozycji podczas wykonywania lotów trasowych. Przyjęte założenia RNP definiowały parametry nawigacyjne dla wszystkich użytkowników znajdujących się w danej przestrzeni powietrznej, umożliwiając jej odpowiednie planowanie oraz wykorzystanie (m.in. szerokość dróg lotniczych, kształt procedur lotu, dobór dopuszczalnych separacji (poziome, pionowe, boczne). Przyjęte w RNP wymagania dotyczące lotów trasowych okazały się mało precyzyjne dla kolejnych faz lotu (podejście, lądowanie, odlot). Toteż w kolejnych latach zdefiniowano parametry wymaganej, nawigacyjnej dokładności – RNP (Required Navigation Performance): dokładność (accuracy), wiarygodność (integrity), ciągłość (continuity), dostępność (availability). Te parametry jako wymagania ogólne zostały uzupełnione przez ICAO w SARPs (Standards and Recommended Practices) oraz instrukcjach operacyjnych. Wymaganą nawigacyjną dokładność zdefiniowano jako błąd sumaryczny - TSE (Total System Error) złożony z dwóch błędów: technicznego lotu, zależnego od pilota - FTE (Flight Technical Error) oraz nawigacyjnego systemu - NSE (Navigation System Error). Natomiast wiarygodność w kontekście „containment region” zdefiniowana jest jako miara zaufania do systemu nawigacyjnego, wyrażona prawdopodobieństwem, że system nawigacyjny ostrzeże użytkownika o wy-

stąpieniu określonych warunków, które mogą spowodować odchylenie statku powietrznego poza zakładany obszar. Tak zdefiniowane parametry RNP umożliwiły przejście poprzez nawigację obszarową (RNAV) do obecnie wprowadzanej dokładnościowej PBN (Performance Based Navigation), na mocy ratyfikowanej w 2007r. Rezolucji A36/A-37 ICAO. Nakazując wdrożenie precyzyjnych podejść GNSS i innych rozwiązań, przyczynia się do ochrony środowiska, znacząco wpływając na zmniejszenie zużycia paliwa i emisji spalin.

Zarysowane powyżej i przyjęte do realizacji globalne przedsięwzięcia lotnicze ujęte zostały w wspólnym europejskim programie SESAR (Single European Sky ATM Research). Stanowi on techniczno – technologiczne wsparcie dla Jednolitej Europejskiej Przestrzeni Powietrznej – SES II Plus a jego skuteczną realizacją powinna doprowadzić do wdrożenia już w 2020 r. nowoczesnego systemu ATM umożliwiającego trzykrotne zwiększenie przepustowości ruchu lotniczego przy wzrastającej liczbie operacji lotniczych oraz jednoczesnej poprawie wskaźników bezpieczeństwa. Zastosowanie nowoczesnych technologii i procedur pozwoli również na 10% zredukowanie negatywnego wpływu lotnictwa na środowisko naturalne zredukowanie negatywnego wpływu lotnictwa na środowisko naturalne oraz 50% redukcję kosztów zarządzania ruchem lotniczym. Program ten realizowany jest na podstawie Rozporządzenia Rady UE nr 219/2007, powołującego partnerstwo publiczno – prywatne członków UE i Eurocontrol - SJU – (SESAR Joint Undertaking). Zapewniono tym samym: organizowanie, koordynowanie, aktualizowanie centralnego planu zarządzania ruchem lotniczym, zapewnianie niezbędnych funduszy (łączenie funduszy sektora publicznego i prywatnego) oraz zarządzanie nimi, organizowanie prac technicznych w zakresie działań badawczo-rozwojowych, walidacji i analiz, zintegrowanie działań instytucji zapewniających służby żeglugi powietrznej, użytkowników, stowarzyszeń pracowniczych, portów lotniczych, przemysłu wytwórczego, środowiska naukowego. Wspólne przedsięwzięcie SESAR jest organem UE, posiadającym osobowość

prawną i finansowanym z wkładów wnoszonych przez członków, w tym przedsiębiorstwa prywatne. Obecnie realizowana jest ostatnia, trzecia faza wdrożenia programu SESAR a reprezentująca nasz kraj Polska Agencja Żeglugi Powietrznej (PAŻP) dołączyła do aliansu w 2014r

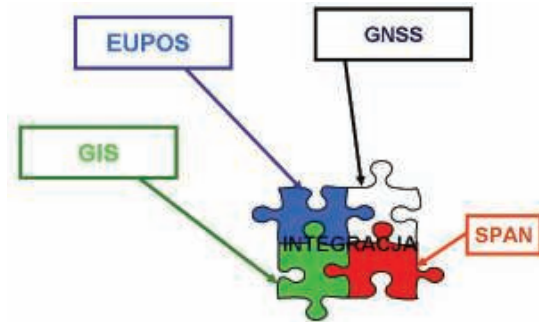
## Charakterystyka lotniczego systemu GNSS

Wzrost natężenia ruchu lotniczego w jednolitej europejskiej przestrzeni przy równoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa determinuje modernizację naziemnej infrastruktury i wyposażenia pokładowego (rys. 1) oraz implementację technik i technologii satelitarnych ściśle z systemami informacji geograficznej. Takie podejście interdyscyplinarne wynika z założenia, że lotniska powinny stanowić węzeł komunikacyjny (kolejowy, powietrzny, drogowy) w ramach intermodalnego transportu. Aktualnie ściśle ze sobą współpracują systemy (rys. 2): ASG EUPOS, Informacji Geograficznej (GIS, SIP), SPAN, GNSS (Global Navigation Satellite System).

**Operacyjny system ASG EUPOS** to rozwijana od 2002 r. Europejska Sieć Wielofunkcyjnych Stacji Referencyjnych GNSS (rys. 3). Stanowi ona część międzynarodowej służby cywilnej GNSS – IGS (International GNSS Service), która monitoruje i koryguje dokładność globalnych systemów satelitarnych oraz przesyła odpowiednie poprawki do użytkowników. Pięć polskich stacji permanentnych RTK DGPS, znajdujących się w: Borowej Górze, Józefosławiu, Lamkówku, Borówcu, Wrocław, wyposażonych w odbiorniki GPS z kodem precyzyjnym P, należy do IGS. Dla systemu ASG EUPOS przyjęto, że: naziemne urządzenia działają jako wielofunkcyjne, permanentne stacje odniesienia DGNSS; przeciętna odległość pomiędzy stacjami wynosi około 70 km; współrzędne stacji są określane z wysoką precyzją; podstawowym standardem jest sygnał GPS aż do osiągnięcia operacyjności przez system Galileo; wysoką jakością geodezyjną systemu GNSS zapewnią odbiorniki w stacjach odniesienia. W Polskim podsystemie ASG EUPOS występują trzy zasadnicze segmenty: odbiorczy, obliczeniowy, użytkownika.



1. Współczesne wyposażenie pokładowe statku powietrznego. Źródło: opracowanie własne



2. Integracja systemów w zastosowaniach lotniczych: GNSS, SPAN, EUPOS, GIS. Źródło: opracowanie własne

Natomiast w zależności od potrzeb, istnieje możliwość korzystania z pięciu serwisów:

- KODGIS - dane korekcyjne RTCM w czasie rzeczywistym, z wybranej stacji referencyjnej umożliwiają pomiary i pozycjonowanie z dokładnością do 0,25 m;
- NAWGEO - dane korekcyjne RTCM, RTK, VRS, FKP w czasie rzeczywistym z wybranej lub wygenerowanej wirtualnej stacji referencyjnej, umożliwiają pomiary i pozycjonowanie z dokładnością: poniżej 0,03 m w poziomie oraz 0,05 m w pionie;
- NAWGIS - dane korekcyjne RTCM w czasie rzeczywistym z wybranej stacji referencyjnej, umożliwiają pomiary i pozycjonowanie z dokładnością do 1,0 m;
- POZGEO - przeznaczony jest do obliczeń obserwacji GNSS wykonywanych metodą statyczną w post-processingu. W obliczeniach wykorzystywane obserwacje fazowe z odbiorników jedno i dwuczęstościowych, przekonwertowane do ustalonego formatu danych obserwacyjnych;
- POZGEO D - udostępnia dane obserwacyjne do samodzielnych obliczeń w trybie postprocessingu i umożliwia uzyskanie dokładności 0,1 m dla odbiorników L1 oraz 0,01 m dla odbiorników L1/L2. Użytkownik po zakończeniu pomiaru na stacjach referencyjnych może pobrać poprzez stronę internetową pliki obserwacyjne dla wybranych lub wirtualnych stacji referencyjnych do indywidualnego opracowywania danych.

**Systemy Informacji Geograficznej (GIS, SIP)** - zastosowanie dzięki fotogra-

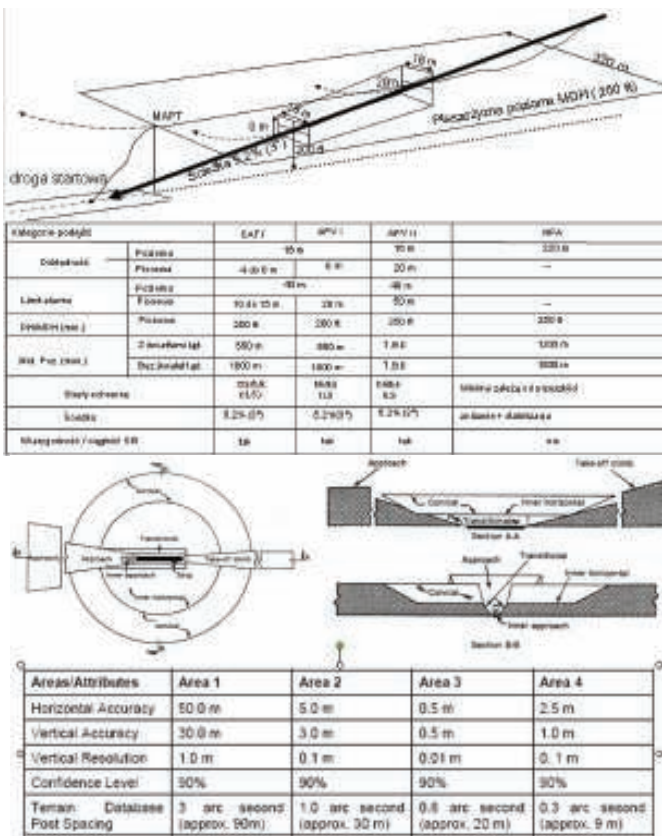


3. Rozmieszczenie stacji systemu ASG EUPOS, gdzie: GLO (GPS/GLONASS), MET (meteorologiczne zestawy pomiarowe), EPN (europejska), IGS (międzynarodowa). Źródło: <http://www.asgeupos.pl>

metrii cyfrowej (softcopy photogrammetry) do automatycznego generowania numerycznego modelu terenu (NMT) i tworzenia ortofotomap (przechowywanych w komputerowych nośnikach informacji). Użytkownik może w łatwy sposób gromadzić te dane, zarządzać nimi i wykorzystywać do różnych celów. Informatyka zintegrowała techniki fotogrametryczne z teledetekcją i GIS. Proces fotogrametryczny obejmuje trzy podstawowe etapy: pozyskiwanie obrazu, przetworzenie fotogrametryczne, opracowanie produktu, dlatego stosowany jest algorytm dotyczący przetwarzania geodanych, interpretacji i analiz przestrzennych oraz fotorealistycznej wizualizacji terenu opierając się na dostępnych systemach geograficznej in-

formacji o terenie oraz standardowej procedurze pozyskania danych. Systemy GIS/SIP mają szczególne znaczenie w lotnictwie podczas opracowywania procedur podejścia i lądowania RNAV GNSS. Występują jednak pomiarowe problemy związane są z tym, że lotniska lokalizowane są na terenach zurbanizowanych, koniecznością wykonywania dużej liczby pomiarów punktów na lotnisku (rys. 4) oraz w ściśle określonym promieniu wokół niego (trudne do pomiaru obiekty i przeszkody lotnicze), duży obszar pomiarów (podejścia do lądowania, strefy lotnisk).

**Technika SPAN** to połączenie systemu nawigacji inercyjnej – INS (Inertial Navigation System) z systemem satelitarnym GPS. Zestaw pomiarowy oraz



4. Schemat pomiarowania istotnych elementów lotniska. Źródło: opracowanie własne



5. Wyniki pierwszych lotniczych testów SPAN (2007, samolot Mewa): panel sterowania systemu, uzyskiwane położenie – przekrój w pionie. Źródło: opracowanie własne

wyniki testów SPAN prezentuje rys. 5 a zestawienie porównawcze tabela 1.

System GNSS (Global Navigation Satellite System) to kontynuacja opracowanego (po pojawieniu się dwóch systemów: GPS i GLONASS) w 1995r. Europejskiego Programu Nawigacji Satelitarnej - ESNAP (European Satellite Navigation Action Programme). Zakładał on w pierwszym etapie (GNSS-1) konstrukcję europejskiego, cywilnego, satelitarnego systemu wspomagającego EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), korzystającego z sygnałów GPS, GLONASS. Kolejne lata i uzyskiwane rezultaty, możliwości rozwoju gospodarki i korzyści wynikające z realizacji programu ESNAP zwerifikowały przyjęte założenia. Nastąpiło

połączenie wysiłków Komisji Europejskiej, Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA), Europejskiej Organizacji do spraw Bezpieczeństwa Nawigacji Powietrznej (Eurocontrol) i w efekcie zrealizowano testową wersję systemu ESTB (EGNOS System Test Bed), która w 2000r. rozpoczęła transmisje sygnałów nawigacyjnych (rys. 6). System wspomagający EGNOS jest kompatybilny z militarnymi (GPS, GLONASS) oraz cywilnymi (np. testowanym Galileo). Stanowi „nakładkę ulepszającą” (z ang. overlay augmentation) na militarne systemy satelitarne, gdyż dokonuje korekcy otrzymywanych od nich danych i do użytkownika emituje odpowiednie poprawki w czasie rzeczywistym. Tym samym zwiększa dokładność, dostępność, ciągłość i wi-

rygodność działania tych systemów, umożliwiając szerokie zastosowanie dla potrzeb cywilnych (tabela 2). EGNOS należy do grupy systemów wspomagania satelitarnego SBAS (Satellite Based Augmentation System) wśród których wyróżnić można (rys. 7): WAAS (USA), MSAS (Japonia), SNAS (Chiny), EGNOS (Europa), GAGAN (Indie), GRAS (Australia), AFI (północno – afrykański), SDCM (Rosja), CWAAS (Kanada), SACCSA (Ameryka Południowa) i inne. Te regionalne systemy spełniają międzynarodowe standardy - MOPS (Minimum Operational Performance Standards), więc są dostępne dla każdego użytkownika.

Podkreślić należy, że GNSS nie jest systemem jednorodny, ale złożonym z sześciu komponentów, zawierających się w dwóch zasadniczych grupach systemów (rys. 8):

- o standardowej satelitarnej konstelacji:
  - amerykański wojskowy – GPS;
  - rosyjski wojskowy – GLONASS;

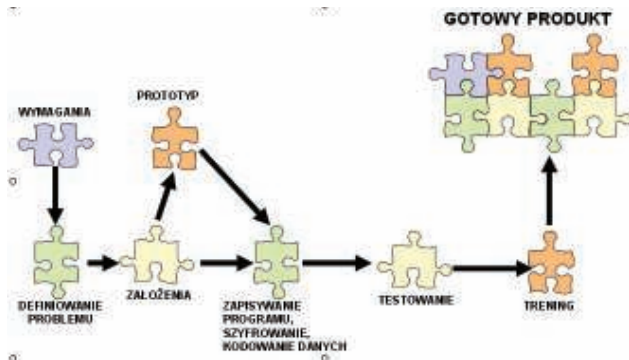
Tab. 1. Porównawcze zestawienie GPS i INS (zasadność łączenia tych systemów)

Cecha	Charakterystyka pracy GPS	Charakterystyka pracy INS
niezależność	wymaga zewnętrznego sygnału GPS	nie wymaga jakichkolwiek sygnałów zewnętrznych
dokładność rzędnej pionowej	kilkakrotnie gorsza niż poziomej	kilkakrotnie lepsza niż poziomej
Dynamika dokładności	dokładność (zależna od śledzonych satelitów, geometrii i trybu pozycjonowania)	dokładność stabilna z epoki na epokę, ale ulega stopniowej degradacji w czasie
charakterystyka wyników	może dostarczyć bezwzględnych współrzędnych	dostarcza dokładnej, ale względnej współrzędnej
dane o kierunku	dane o kierunku ruchu w funkcji prędkości (azymut i nachylenie)	dostarcza pełne dane o kierunku w 3 wymiarach
Częstotliwość pozycjonowania	maksymalna częstotliwość pozycjonowania 20 Hz	duża częstotliwość pracy, do 200 Hz

Źródło: opracowanie własne

Tab. 2. Wymagane wartości parametrów w zależności od fazy lotu wg ICAO

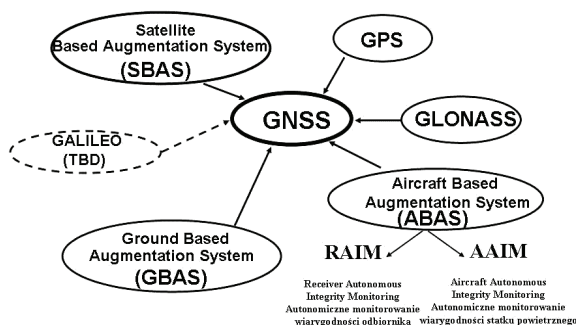
	Lateral Accuracy 95%	Vertical Accuracy 95%	Integrity 95%	Time to Alert (s)	Continuity (s)	Availability (h)
En-Route	±100 m	N/A	1-10 <sup>-9</sup> a	5 min	1-10 <sup>-7</sup> s to 1-10 <sup>-5</sup> s	0.99 to 0.99999
En-Terminal	0.4 NM	N/A	1-10 <sup>-9</sup> a	15 s	1-10 <sup>-7</sup> s to 1-10 <sup>-5</sup> s	0.99 to 0.99999
Initial and Intermediate Approach (NPA, IAP)	±20 m	N/A	1-10 <sup>-9</sup> a	10 s	1-10 <sup>-7</sup> s to 1-10 <sup>-5</sup> s	0.99 to 0.99999
APCH	±10 m	±0 m	1-2x10 <sup>-9</sup> per approach	10 s	1-10 <sup>-7</sup> s to any 10 s	0.99 to 0.99999
APCH	±0.0 m	±0.0 m	1-2x10 <sup>-9</sup> per approach	5 s	1-10 <sup>-7</sup> s to any 10 s	0.99 to 0.99999
PL, CAT II	±0.0 m	±0.0 m to ±0.3 m (1)	1-2x10 <sup>-9</sup> per approach	5 s	1-10 <sup>-7</sup> s to any 10 s	0.99 to 0.99999



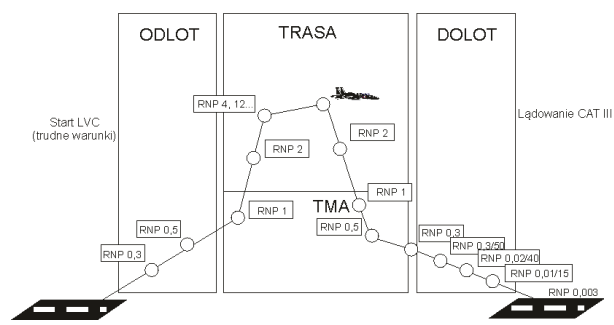
6. Algorytm przeprowadzania symulatorowych testów laboratoryjnych zintegrowanego systemu GPS/INS/GIS



7. Rozwijane systemy SBAS: WAAS (USA /FAA), MSAS (Japonia), SNAS (Chiny), EGNOS (Europa), GAGAN (Indie), GRAS (Australia)



8. Schemat pojęcia GNSS. Źródło: opracowanie własne



9. Schemat etapów lotu i wymagany parametr dokładności RNP. Źródło: opracowanie własne

cywilny – GALILEO;

inne (aktualnie uruchamiane).

- wspomagające („nakładki ulepszające”), korygują dane otrzymywane od standardowych systemów satelitarnych, zapewniając wymaganą dla użytkownika w zależności od potrzeb: wiarygodność, dokładność, dostępność, ciągłość sygnału. Przy czym pierwsza litera (A, S, G) oznacza położenie systemu wspomagającego:

ABAS – weryfikacja i korekcja danych na poziomie odbiornika użytkownika (np. pokładzie statku powietrznego, okrętu, środka transportu);

SBAS – satelita geostacjonarny dostarcza dane korekcyjne do użytkownika;

GBAS – naziemne stacje monitorujące weryfikują sygnały satelitarne i korygują dane, które w formie poprawek dostarczają w paśmie VHF – VDB do użytkownika.

## Charakterystyka koncepcji PBN w aspekcie rezolucji ICAO

Rozwiązania naukowo - techniczne zdefiniowały również ewolucję nawigacji powietrznej, która odgrywa znaczącą w światowej działalności gospodarczej. Nastąpiło przejście od nawigacji kła-

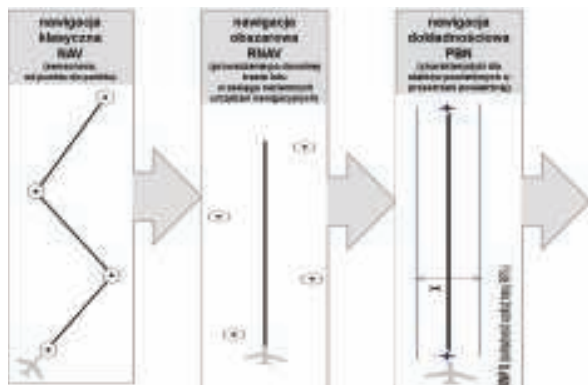
sycznej (sensorowej) do nawigacji dokładnościowej (PBN) w celu utrzymania vitalności lotnictwa oraz zapewnienia bezpiecznego, wydajnego i elastycznego użytkownika przestrzeni powietrznej, zmniejszenia emisji hałasu i spalin – działania związane z ochroną środowiska naturalnego, zrównoważonymi operacjami na poziomie globalnym, regionalnym, krajowym. Niestety badając efektywność techniczną nie uwzględniono elementów związanych z systemami nawigacyjnymi i ich parametrami od których zależy kategoria i liczba możliwych do wykonania operacji lotniczych (tabela 3). Planując infrastrukturę portu lotniczego nie uwzględnia się koniecznej implementacji koncepcji PBN, w której istotne jest utrzymywanie na określonym poziomie: dokładności, wiarygodności, dostępności, ciągłości w zależności od wykonywanej działalności, etapu lotu (rys. 9).

PBN to trzeci poziom (rys. 10) w rozwoju nawigacji, czyli przejście z danych sensorowych do utrzymywanie zdefiniowanych parametrów przez przynajmniej 95% prowadzonej działalności. Wymaga odpowiedniego wyposażenia i stanowi rozwinięcie wcześniejszej koncepcji RNP a jednocześnie zapewnia globalną nawigację RNAV poprzez określenie stosowanych specyfikacji i

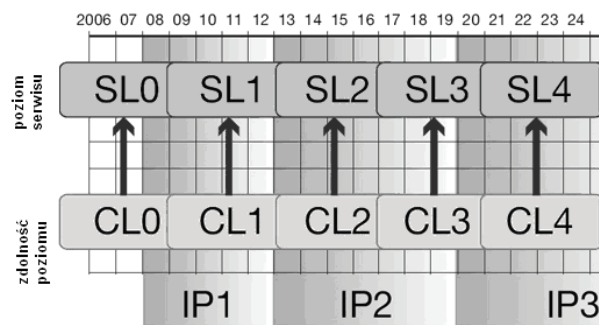
aplikacji nawigacyjnych oraz rozszerza znacząco zakres wymagań obejmując nimi trzy zasadnicze segmenty:

- system i pomoce, aby docelowo wyeliminować lub znacząco skompensować wpływ warunków atmosferycznych na działalność lotniczą i zwiększenie liczby operacji lotniczych (kategoria III C – podstawa chmur 0 m, widzialność 0 m), przy jednoczesnej redukcji zużycia paliwa i zmniejszenia hałasu – zastosowanie offsetowych podejść;
- odpowiednie wyposażenie naziemnej infrastruktury i pokładowej statku powietrznego,
- kryteria certyfikacyjne dotyczące personelu lotniczego.

Koncepcja PBN to główny element zarządzania ruchem lotniczym, realizowany w ramach programów SES II Plus oraz SESAR. Wprowadza zaawansowane techniki i technologie, poprawiając wydajność i elastyczność w operacyjnej przestrzeni powietrznej a jednocześnie redukuje negatywne oddziaływanie transportu powietrznego na środowisko oraz zwiększa bezpieczeństwo. Wymaga jednak odpowiedniej infrastruktury oraz wprowadzenia odpowiednich krajowych przepisów, ułatwiających stosowanie GNSS. PBN została przyjęta do realizacji w 2007r. na mocy rezolucji



10. Kolejne poziomy ewolucji nawigacji od NAV do PBN.  
Źródło: opracowanie własne



11. Rozmieszczenie poziomów usług i wydajności w powiązaniu z segmentami Implementacyjnej Fazy SESAR. Źródło: opracowanie własne

ICAO A36-23 „Performance-based navigation global goals” i nakazywał do końca 2016r. implementować operacje RNAV/RNP podczas wykonywania lotów trasowych, w rejonach lotnisk oraz wdrożenie procedur dla podstawowych lub zapasowych podejść precyzyjnych APV, Baro-VNAV lub SBAS. Założony plan trudny był do realizacji i opracowano uaktualnioną rezolucję A37-11 ICAO, nakazującą uwzględnienia w krajowych planach wdrażanie koncepcji PBN. Założono również wdrożenie satelitarnych podstawowych podejść przyrządowych lub jako backup dla istniejących ILS. Polska jest sygnatariuszem tego porozumienia a nad implementacją PBN w Europie, na wniosek Komisji Europejskiej zajmuje się EASA, rozwijając przepisy regulujące zharmonizowaną realizację europejskiego PBN [4]. Niewątpliwie ewolucja nawigacji do PBN stanowi priorytet globalny, przyjęty przez zrzeszającą 191 państw członkowskich ICAO, która ustala standardy i zalecane Praktyki (SARPs) niezbędne dla

bezpieczeństwa lotniczego, wydajności i ochrony środowiska w skali globalnej. Pomaga również w implementacji tej koncepcji, podając standardy i wskazówki w podręczniku ICAO [5] a także planuje i sprawdza wykonanie zaleceń w raportach do Global Aviation Safety Plan GASP [6] oraz Global Air Navigation Plan [7].

### Wpływ PBN na infrastrukturę krytyczną portu lotniczego i możliwe korzyści

Realizowany PBN definiuje poziomy usług i wydajności w zarządzaniu ruchem lotniczym (ATM), charakteryzując składowe parametry dotyczące statków powietrznych oraz naziemnej infrastruktury, systemów wspomagających, zintegrowanych z perspektywnym, europejskim systemem ATM. Toteż w programie SESAR zdefiniowano sześć zasadniczych poziomów, które będą stopniowo, systematycznie implementowane i stosowane w pracy opera-

cyjnej. Konieczność uwzględnienia istniejących obecnie w europejskim zarządzaniu ruchem lotniczym zróżnicowanych poziomów usług i wydajności, wymusiła podzielenie implementacyjnej fazy programu SESAR na trzy segmenty – IP, ściśle związane z Początkową Operacyjną Zdolnością – IOC (Initial Operational Capability). Stąd też wyróżniono się trzy poziomy (rys. 11) :

- krótkoterminowy do 2012 r. - IP1 (Implementation Package 1), poziomy 0 i 1;
- średnioterminowy (2013-2019) - IP2, poziomy 2 i 3;
- długoterminowy (od 2020 r. wzwyż) - IP3, poziomy 4 i 5.

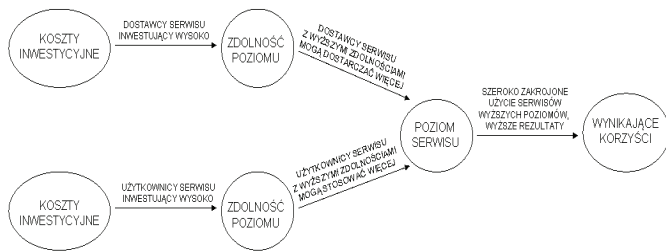
Poziomy wydajności są ściśle powiązane z systemami udziałowców, procedurami operacyjnymi, zasobami ludzkimi i innymi. Awansowanie na wyższy poziom wydajności oznacza wykonanie nowych przedsięwzięć a to wymaga inwestycji (nakładów finansowych, ponoszenia kosztów). Poziomy usług są ściśle powiązane z oferowanymi operacyjnymi serwisami i pożądanymi przez użytkownika. Natomiast osiągnięcie wyższego poziomu oznacza operacyjną poprawę a to implikuje ściśle określone korzyści. Jednak zapewniana usługa na odpowiednim poziomie serwisu np. Y, wymaga, aby zarówno dostawca serwisu, jak i jego użytkownik posiadali na tym samym poziomie zdolność operacyjną – Y, gdyż wymagana jest kompatybilność. Równocześnie system wykazujący odpowiedni poziom zdolności, powinien również zapewniać serwis niższych poziomów. To zapewnia interoperacyjność między systemami które mają różne poziomy zdolności, dla przykładu:

- statek powietrzny z poziomem 3 przemieszcza się na lotnisko z po-

Tab. 3. Wymagane dokładności, czas do alarmu, dostępność oraz pokrycie systemu DGPS dla potrzeb transportu powietrznego

Zastosowanie w transporcie powietrznym	Dokładność (2σ)	Czas do alarmu (s)	Dostępność (%)	Pokrycie wysokości (m)
Przeloty transoceaniczne	25km (13,6 Ma)	30	99,977	8400 – 12200m (27500 – 40000ft)
Przeloty krajowe	1000m	10	99,977	150 – 18300 (500 – 60000ft)
Terminal	500m	10	99,977	150 – 5500 (500 – 18000ft)
Podejście i lądowanie: nieprecyzyjne	100m	10	99,977	75 – 900 (250 – 3000ft)
Podejście i lądowanie: kategoria I	Poziom: 17,1m. Pion: 1,7m	6	99,999	30 – 900 (100 – 3000ft)
Podejście i lądowanie: kategoria II	Poziom: 5,2m. Pion: 1,7m	2	99,999	15 – 900 (50 – 3000ft)
Podejście i lądowanie: kategoria III	Poziom: 4,1m. Pion: 0,6m	2	99,999	0 – 900 (0 – 3000ft)

Źródło: opracowanie własne



12. Zależności pomiędzy serwisami ATM a serwisami poziomów. Źródło: opracowanie własne

ziomem 2 – serwis zapewniany jest poziomie niższym – lotniska 2 i takie będą korzyści;

- statek powietrzny z poziomem 1 przemieszcza się na lotnisko z poziomem 2 – serwis zapewniany jest poziomie niższym – statku powietrznego 1 i takie będą korzyści;

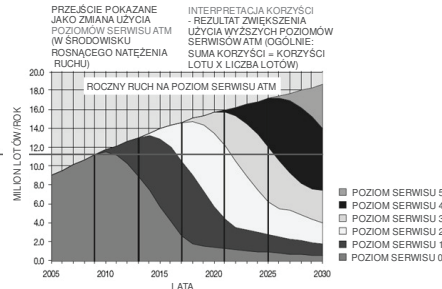
Eksploatacja serwisu wymaga aby dostawca i użytkownik posiadali wymaganą zdolność, ale niekoniecznie wszystkie cechy wymaganego poziomu. Jest sprawą wiadomą, że w zróżnicowanym środowisku ATM takie rozbieżności zdolności będą występować w pewnym, ale ograniczonym zakresie. Przyjęto, że implementacja poziomu serwisu ATM zakłada geograficzne zsynchronizowanie w miarę możliwości pokładowego wyposażenia i infrastruktury portu lotniczego, aby uniknąć marnowania potencjalnej zdolności (rys. 12).

Przyjęto przejściową strategię indywidualnych udziałowców, która zakłada równoczesne, stopniowe ewoluowanie istniejących systemów w stronę wyższych, poziomów serwisowych (rys. 13). Jednak zakłada się wystąpienie nawet kilkuletnich opóźnień spowodowanych przyczynami obiektywnymi. Wystąpią one w rezultacie implementacji wyposażenia, modernizacji do odpowiednio wyższych poziomów: statków powietrznych, lotniczych centrów operacyjnych, lotnisk, obiektów ATM. Nie oznacza to, że wymagane jest, aby każda jednostka dokonywała implementacji, modernizacji kolejno poziom po poziomie. Zapewne względy ekonomiczne, w licznych przypadkach zarządzający lotniskiem (np. użytkownik, Agencja Żeglugi Powietrznej – usługodawca/operator) spowodują, że udziałowcy przy minimalnie wymaganym wyposażeniu mogą chcieć opuścić niższy poziom i zdecydować się od razu osiągnąć (w miarę swoich możliwości) najwyższy poziom (np. z poziomu 1 natychmiast przejść do poziomu 3).

## Podsumowanie

Realizacja globalnego programu PBN ICAO ma wymierne korzyści w: ..... Determinowana jest prognozowany znacznym wzrostem ruchu lotniczego. Powodem takiego stanu rzeczy, według ekspertów, jest wzrost liczby operacji lotniczych również w polskiej przestrzeni powietrznej oraz odprawianych pasażerów na polskich lotniskach, postępująca decentralizacja ruchu lotniczego, przeznaczanie odpowiednich środków na rozwój infrastruktury lotniczej dla portów regionalnych i lokalnych lotnisk, w ramach programów operacyjnych i regionalnych. Implikuje to konieczność modernizacji infrastruktury lotniczej, gdyż wymagane jest zachowanie bezpieczeństwa, implementowanie odpowiednich systemów zarządzania ATM, komunikacji – łączności, elastyczności i wydajności oraz pojemności przestrzeni powietrznej, nadzorowania – radiolokacji, nawigacji (rys. 14). Z ustaleń międzynarodowych ustaleń wynika [8], że obsługa lotnisk, zarządzanie przestrzenią powietrzną wymagają licencjonowanych specjalistów zakresie organizacji pracy w branży lotniczej na różnych szczeblach, menedżerów znających specyfikę lotniczą oraz innych fachowców z nawigacji powietrznej. Znamienne są słowa prezesa ULC [9], który stwierdził, że na milion pasażerów przypada około tysięcy osób zatrudnionych bezpośrednio na lotnisku, trzy tysiące wokół niego (usługi, handel itp.) oraz 15 tysięcy w całym regionie, obsługiwanym przez port lotniczy. Oznacza to, że wzrost ruchu lotniczego generuje wzrost zatrudnienia w tym sektorze. Podobne dane znaleźć można w dokumentach Komisji Europejskiej [10]. ◀

13. Związek pomiędzy serwisem ATM a wydajnością poziomów. Źródło: <https://www.atmmasterplan.eu>



## Materiały źródłowe

- [1] ICAO Technical Manual, ICAO Doc. 9705,
- [2] ICAO Doc. 9896,
- [3] Główny Geodeta Kraju, Zalecenia techniczne geodezyjnych pomiarów satelitarnych GNSS., s. 4, 2011,
- [4] Performance-Based Navigation (PBN) implementation in the European Air Traffic Management Network (EATMN), Notice of Proposed Amendment 2015-01, RMT.0639 19.1.2015, EASA,
- [5] Doc. 9613, „PBN Manual”,
- [6] Doc 10004 2017-2019 Global Aviation Safety Plan (GASP), ICAO, Second Edition, 2016
- [7] Doc 9750 Global Air Navigation Plan. (GANP) 2016–2030, ICAO Fifth Edition – 2016.
- [8] Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady Europejskiej, wszystkie z 10.03.2004.
- [9] Rzeczpospolita „Lotnictwo potrzebuje 23 tys. pracowników w ciągu 5 lat”, 15.10.2007.
- [10] Communication from the Commission to the Council, The European Parliament, The European Economic and Social Committee and The Committee of the Regions. An action plan for airport capacity, efficiency and safety in Europe. Brussels, 2007.



14. Typowa układanka lotnicza. Źródło: opracowanie własne