



POLSKA AGENCJA ŻEGLUGI POWIETRZNEJ
POLISH AIR NAVIGATION SERVICES AGENCY
www.pansa.pl

Wdrożenie procedur podejścia GNSS na lotniskach General Aviation

Biuro Przygotowania Operacyjnego
Dział Projektowania Procedur i Analizy Przeszkód Lotniczych

Krosno, 2018-06-15



Zagadnienia

1. Co to jest GNSS?
2. Błędy i zagrożenia GPS.
3. Przepisy i procedury dotyczące wykorzystania GNSS w AIP Polska (ENR 4.3).
4. PBN (Performance Based Navigation).
5. Klasyfikacja podejść wg ICAO.
6. Typy podejść wg przyrządów.
7. Koncepcja procedur dla lotniska MIELEC.
8. Wymogi i obowiązki niezbędne dla wdrożenia operacji instrumentalnych opartych o nawigację GNSS.
9. Nasycenie floty awioniką GNSS.
10. Zyski operacyjne.



Co to jest GNSS?

- **GNSS** – Global Navigation Satellite System
- **GNSS = Konstelacja źródłowa + system wspomagający**
- Konstelacja źródłowa – system satelitarny stanowiący źródło informacji pozycyjnej np. GPS NAVSTAR, GLONASS, BEIDOU (COMPASS), GALILEO
- System wspomagający (augmentation system) – system poprawiający właściwości niezawodnościowe konstelacji źródłowej nadający jej znamiona sensora nawigacyjnego
 - ABAS – Airborn Based Augmentation System
 - GBAS – Ground Based Augmentation System
 - SBAS – Space Based Augmentation System



Co to jest GNSS?

ABAS – jest oparty na funkcjonalności RAIM (Receiver Autonomous Integrity Monitoring) odbiornika GNSS.

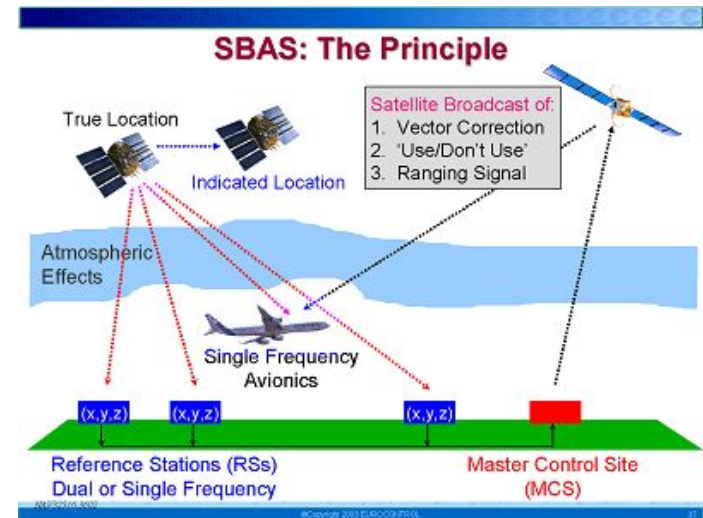


RAIM - monitoruje spójność sygnałów GPS; alarmuje w sytuacji utraty wymaganej dokładności nawigacji w danej fazie lotu (trasa/dolot/podejście). Do tej pory oparty przede wszystkim o algorytm FD – Fault Detection (min. 5 satelitów) – pozwalający na wykrycie błędnych wskazań jednego z satelitów przyjętych do obliczenia pozycji. Najnowsze wersje RAIM wykorzystują algorytm FDE – Fault Detection & Exclusion, dostępny przy minimum 6 dostępnych satelitach, który pozwala nie tylko na wykrycie błędnych wskazań satelity, ale również na ich wykluczenie z obliczeń pozycji nawigacyjnej – co umożliwi kontynuację nawigacji bez alarmu RAIM.



Co to jest GNSS?

SBAS – jest oparty na wykorzystaniu dodatkowych danych przesyłanych przez satelitę geostacjonarnego (innego systemu niż GPS) zwiększających dokładność i spójność nawigacji.



W dużym uproszczeniu - naziemne stacje referencyjne systemu zbierają dane do korekt GPS, przekazują te dane do głównej stacji kontrolnej, która transmituje je do swego satelity geostacjonarnego. Satelita retransmituje te dane do użytkownika; zapewniając dodatkowo również pomiar odległości i informację o użyteczności nawigacyjnej satelitów GPS. Pozwala to na zwiększenie dokładności nawigacji; dzięki zwiększeniu dokładności w płaszczyźnie pionowej możliwość zastosowania prowadzenia pionowego GNSS w podejściach do lądowania (APV).

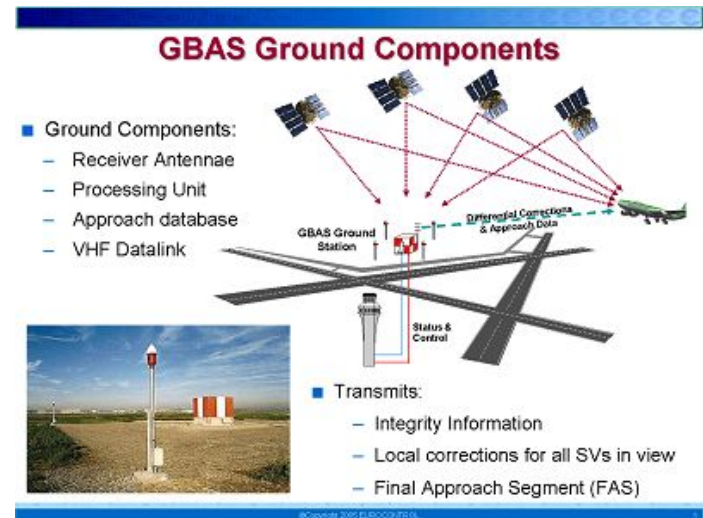


Co to jest GNSS?

GBAS – jest oparty na wykorzystaniu dodatkowych danych przesyłanych przez dedykowany system naziemny zwiększających dokładność i spójność nawigacji do poziomu porównywalnego z systemem ILS (do podejść precyzyjnych). Jest wspomaganie o zasięgu lokalnym (do 30NM).

Naziemne anteny zbierają sygnały GPS, przekazują je do jednostki centralnej, która oblicza i transmituje (VHF) na pokład statku powietrznego dane dot. ścieżki podejścia, bieżące korekty do sygnałów GPS oraz informacje dot. użyteczności satelitów.

Stosowany wyłącznie w zakresie podejść do lądowania. Jeden system zainstalowany na lotnisku jest w stanie „oprządkować” w podejścia precyzyjne wszystkie drogi startowe (26 obecnie, do 48 podejść jednocześnie w planowanych cat II i cat III).





Błędy i zagrożenia GPS

Błędy

- Błąd przejścia sygnału przez atmosferę (jonosferyczny i troposferyczny).
- Błąd geometryczny ustawienia satelitów.
- Niedokładność lotu po nominalnej orbicie.
- Interferencja sygnału.
- Błąd zegara.
- Błąd efemeryd.
- Błędy odbiornika:
 - szum
 - dokładność oprogramowania
 - zakłócenia lokalne (nadajniki radiowe, komórki i inne)



Błędy i zagrożenia GPS

Zagrożenia

Oprócz niezależnych interferencji czy błędów sygnału GPS istnieją proste i łatwo dostępne metody jego celowego zakłócenia czy zmiany.

- jamming - sygnał GPS jest na tyle słaby, że niewielkiej mocy urządzenie zakłócające może spowodować zakłócenia uniemożliwiające odbiór sygnałów GPS w promieniu kilku do kilkudziesięciu kilometrów od urządzenia zakłócającego.
- spoofing – nadawanie zafałszowanego sygnału GPS
- meaconing – opóźnienie i retransmisja sygnałów GPS

Warto dodać, że zakłócanie i wynikowe znaczące odchylenie pozycji GPS w stosunku do rzeczywistego położenia może nastąpić również w okolicy pracy innych urządzeń emitujących silne pola elektromagnetyczne: radarów, stacji nadawczych itp.



Przepisy i procedury dotyczące wykorzystania GNSS w AIP Polska (ENR 4.3)

ENR 4.3 GLOBALNY NAWIGACYJNY SYSTEM SATELITARNY

1. Procedury operacyjne związane z wykorzystaniem sensora GNSS w lotach IFR.
 - 1.1 Prognoza RAIM.
2. Wykonywanie procedur podejścia do lądowania RNAV GNSS (NPA – podejście nieprecyzyjne i/lub podejście z prowadzeniem pionowym – APV) w FIR Warszawa.
 - 2.1 Prognoza RAIM.
 - 2.2 Procedury operacyjne ATC oraz frazeologia RTF.
3. Wykonywanie procedur RNAV GNSS SID i STAR w przestrzeniach terminalowych FIR Warszawa.
 - 3.1 prognoza RAIM.
 - 3.2 procedury operacyjne ATC oraz Frazeologia RTF.



PBN (Performance Based Navigation)

Obecnie, w zakresie nawigacji RNAV, na poziomie światowym zalecana jest przez ICAO standaryzacja bazująca na rozszerzonej i uzupełnionej koncepcji nawigacji opartej o osiągi - PBN (Performance Based Navigation).

Zakłada ona przechodzenie z dotychczasowej nawigacji opartej o sensor na nawigację opartą o wymaganą zdolność / specyfikację nawigacyjną (m.in. dokładność nawigacji).

Koncepcja PBN definiuje zestaw kryteriów i wymogów / osiągnięć (w tym dotyczących dokładności, integralności, ciągłości i dostępności) zebranych w tzw. specyfikacjach nawigacyjnych. Specyfikacje te identyfikują i determinują również wymagany sensor nawigacyjny oraz wyposażenie pokładowe.

Zgodność poziomego systemu odniesienia WGS-84 i wymogów związanych z jakością/dokładnością danych lotniczych, opisanych w Aneksie 15, jest integralną i niezbędną częścią koncepcji PBN.



PBN (Performance Based Navigation)

W PBN wyróżnia się dwa typy specyfikacji nawigacyjnych stanowiących zestaw wymogów niezbędnych do wykonania operacji lotniczej w danej strukturze przestrzeni powietrznej:

Specyfikacje RNAV – zakłada m.in. konieczność utrzymania wymaganej dokładności nawigacji wyrażonej liczbowo z prefixem RNAV (np. RNAV 5, RNAV 1). Inne wymogi określają kryteria spójności i ciągłości oraz wymogi funkcjonalne np. związane z posiadaniem pokładowej bazy danych.

Specyfikacje RNP – która dodatkowo do wymagań RNAV dodaje wymóg pokładowego monitoringu dokładności nawigacji oraz alarmowania np. RNP 4



PBN (Performance Based Navigation)

W zakresie podejść do lądowania obowiązują zatem 3 specyfikacje nawigacyjne:

1. Specyfikacja nawigacyjna **RNP APCH**
2. Specyfikacja nawigacyjna **ADVANCED RNP**
3. Specyfikacja nawigacyjna **RNP AR APCH**



PBN (Performance Based Navigation)

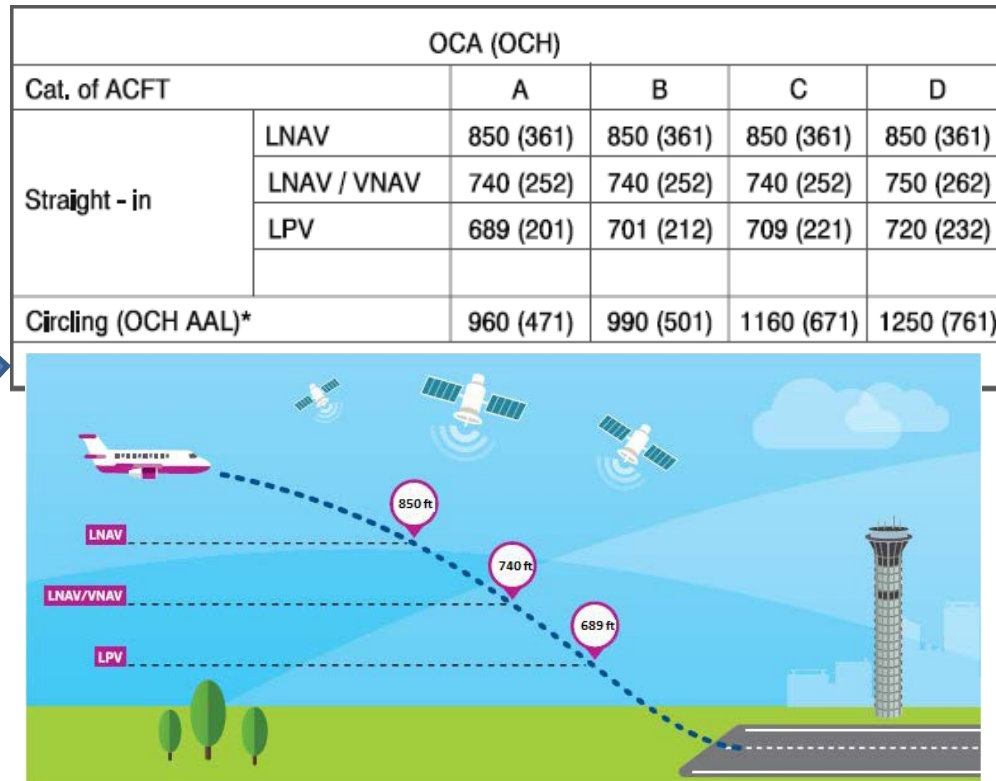
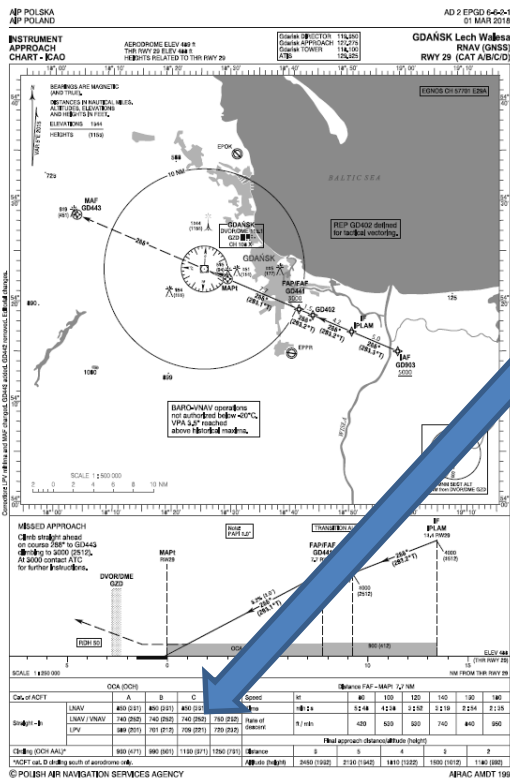
Standardowa specyfikacja w zakresie podejść do lądowania to specyfikacja nawigacyjna **RNP APCH**. Obejmuje ona 4 typy/rodzaje podejść do lądowania (aplikacje nawigacyjne) i charakteryzuje się 4 typami minimów:

1. **NPA GNSS (ABAS)** – podejście nieprecyzyjne (NPA) z prowadzeniem GNSS wspomaganym ABAS wyłącznie 2D (poziomym) – minima LNAV.
2. **NPA GNSS (SBAS)** – podejście nieprecyzyjne (NPA) z prowadzeniem GNSS wspomaganym SBAS, nawigacja 2D – minima LP.
3. **APV Baro-VNAV** – podejście APV (nowy typ wprowadzony wraz z nawigacją RNAV) z prowadzeniem GNSS ABAS (2D) i pionowym (wysokościomierz barometryczny); nawigacja 3D – minima LNAV/VNAV.
4. **LPV** – podejście APV (nowy typ wprowadzony wraz z nawigacją RNAV) (localizer performance with vertical guidance) z prowadzeniem GNSS SBAS 3D – minima LPV.



PBN (Performance Based Navigation)

Wszystkie 4 typy podejść do lądowania / 4 typy minimów mimo, że bazują na różnych sensorach nawigacyjnych są generalnie publikowane na jednej mapie podejścia oraz bazują na jednakowej trajektorii nominalnej procedury - podobnie jak podejścia ILS cat II, Cat. I i GP INOP (LOC only).





PBN (Performance Based Navigation)

Z punktu widzenia służb ATC i stosowanej frazeologii w korespondencji radiowej BRAK JEST ROZRÓŻNIENIA typu podejścia wykonywanego przez statek powietrzny / typu minimów (jednakowa frazeologia: RNAV approach).

Pomimo tego ATC musi pamiętać o tym, że w zakresie NOTAM o zawieszeniu / niedostępności danego typu podejścia RNAV każdy typ podejścia jest traktowany niezależnie i rozdzielnie.

Oznacza to, że pomimo niedostępności RAIM i obowiązywania NOTAM o treści: „**GPS RAIM IS NOT AVAILABLE FOR LNAV**” wskazującej na niedostępność podejścia RNAV (RNAV approach) dla minimów LNAV, w dalszym ciągu może być dostępne podejście RNAV do minimów LVP czy LP.

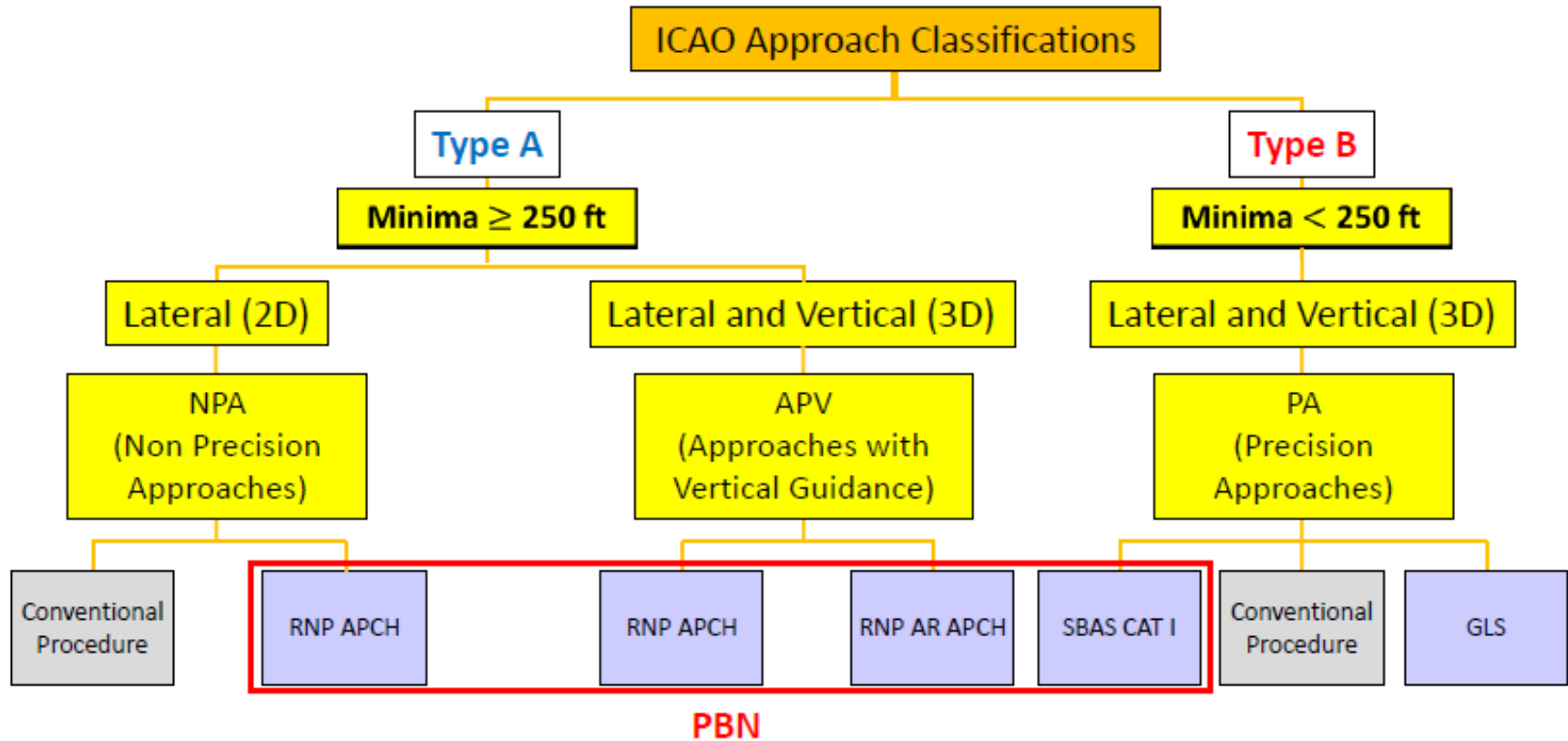


Klasyfikacja podejść wg ICAO

MDA/H, DA/H	>=250ft	200ft	100ft	<100ft	
RVR	>=600m	>=550m	>=300m	<300m	
Air Operations	Type A		Type B		
			CAT I	CAT II	CAT III
	2D	3D			
	MDA/H	DA/H			
Instrument Approach Procedure Design	NPA				
		APV			
	PA				
Aerodromes	Non Instrument RWY				
	NPA RWY				
	PA RWY CAT I		(DA/H)		
	PA RWY CAT II		(DA/H)		
	PA RWY CAT III				
Navigation Systems	VDF, NDB, VOR/DME, SRA, LOC, GPS				
		GNSS/Baro/SBAS			
	ILS, MLS, SBAS Cat I, GBAS				



Klasyfikacja podejść wg ICAO





Typy podejść wg wskazań przyrządów

Operacja podejścia według wskazań przyrządów typu A oznacza operację podejścia według wskazań przyrządów przy minimalnej wysokości względnej zniżania lub wysokości względnej decyzji nie mniejszej niż 75 m (250 stóp);

Operacja podejścia według wskazań przyrządów typu B oznacza operację podejścia według wskazań przyrządów przy wysokości względnej decyzji mniejszej niż 75 m (250 stóp). Operacje podejścia według wskazań przyrządów typu B dzieli się na następujące kategorie:

- **kategoria I (CAT I)**: wysokość względna decyzji nie mniejsza niż 60 m (200 stóp) przy widzialności nie mniejszej niż 800 m albo zasięgu widzialności wzdłuż drogi startowej nie mniejszym niż 550 m;
- **kategoria II (CAT II)**: wysokość względna decyzji mniejsza niż 60 m (200 stóp), ale nie mniejsza niż 30 m (100 stóp), przy zasięgu widzialności wzdłuż drogi startowej nie mniejszym niż 300 m;



Typy podejść wg wskazań przyrządów

- **kategoria IIIA (CAT IIIA)**: wysokość względna decyzji mniejsza niż 30 m (100 stóp) bądź bez wysokości względnej decyzji i przy zasięgu widzialności wzdłuż drogi startowej nie mniejszym niż 175 m;
- **kategoria IIIB (CAT IIIB)**: wysokość względna decyzji mniejsza niż 15 m (50 stóp) bądź bez wysokości względnej decyzji i przy zasięgu widzialności wzdłuż drogi startowej mniejszym niż 175 m, ale nie mniejszym niż 50 m;
- **kategoria IIIC (CAT IIIC)**: bez wysokości względnej decyzji i bez ograniczenia dotyczącego zasięgu widzialności wzdłuż drogi startowej.

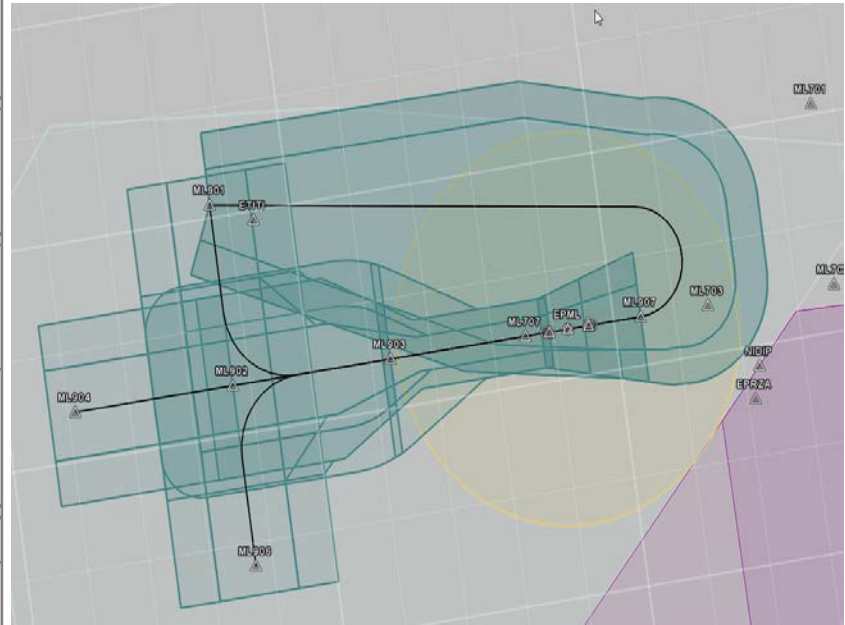
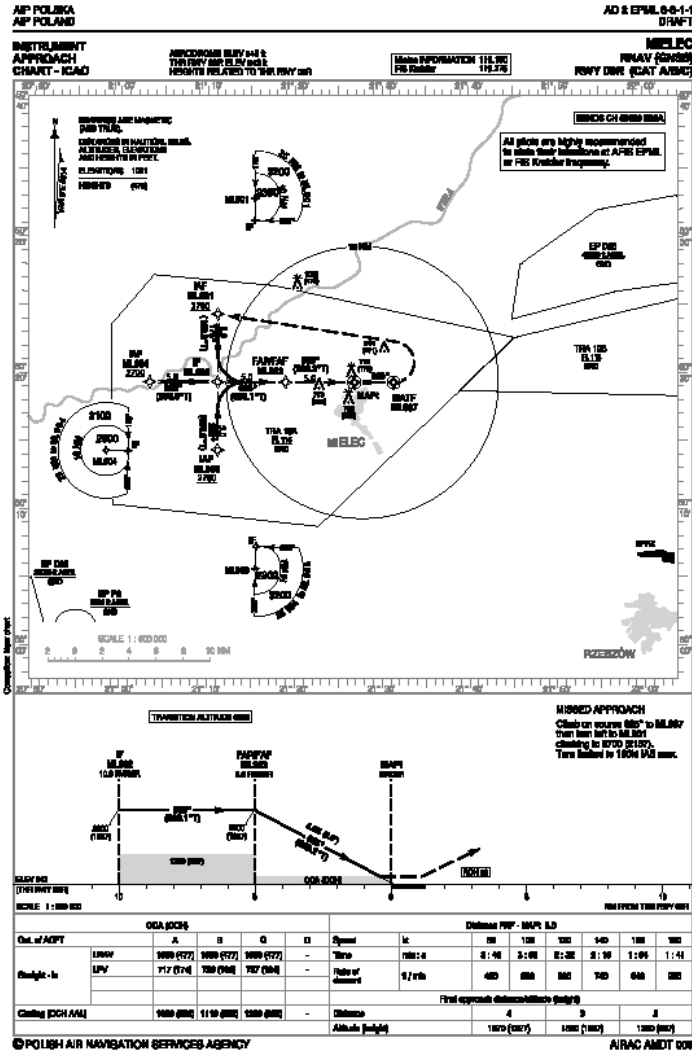


Koncepcja procedur dla lotniska MIELEC

1. Zaprojektowano, opracowano mapy, przeprowadzono weryfikację i walidację naziemną procedur:
 - IAP RNAV GNSS RWY 09R (CAT A/B/C) – LNAV/LPV
 - IAP RNAV GNSS z RWY 27L (CAT A/B/C) – LNAV/LPV
2. Zaprojektowano modyfikację przestrzeni powietrznej;
3. Ustanowiono zasady wykorzystania przestrzeni powietrznej
4. Wykonano analizę kolizyjności z sąsiednimi lotniskami wraz z wyznaczeniem zasad uniknięcia kolizji;
5. Uzgodniono projekt z innymi użytkownikami przestrzeni powietrznej.



Koncepcja procedur EPML RWY 09R



Cat of ACFT		A	B	C
Straight-in	LNAV	1020 (477)	1020 (477)	1020 (477)
	LPV	717 (174)	729 (186)	737 (194)
Circling		1080 (532)	1110 (562)	1230 (682)



Wymogi i obowiązki niezbędne dla wdrożenia operacji instrumentalnych opartych o nawigację GNSS

1. Realizacja zadań i wymogów niezbędnych do zmiany statusu dróg startowych z nie przyrzadowych na przyrzadowe drogi startowe.
2. Opracowanie nowych powierzchni ograniczenia zabudowy.
3. Wykonanie pomiarów parametrów RWY oraz THR (lokalizacja WGS-84, elewacja THR, undulacja geoidy, elewacja strefy przyziemia z dokładnością wymaganą przez Aneks 15 dla instrumentalnej drogi startowej).
4. Certyfikacja instrumentalnej drogi startowej i ewentualnie nowej infrastruktury lotniska (malowanie RWY, oświetlenie RWY).
5. Oprócz przeszkód przebijających powierzchnie ograniczające (określone jak dla drogi startowej instrumentalnej precyzyjnej) dodatkowy pomiar przeszkód/obiektów w okolicy lotniska na potrzeby instrumentalnych procedur lotu (proponuje się aby były to obiekty o wysokości $>50\text{m}$ AGL w promieniu około 10km, lub obiekty niższe, o ile ich przewyższenie nad elewacją THR do lądowania jest większe niż 50m).



Wymogi i obowiązki niezbędne dla wdrożenia operacji instrumentalnych opartych o nawigację GNSS

6. Do wykonania walidacji lotniczej konieczne będzie zlecenie właściwemu „datahouse”, który aktualizuje FMS operatora przeprowadzającego walidację lotniczą, opracowania testowych baz danych FMS zawierających w szczególności planowane do wdrożenia nowe procedury podejścia RNAV GNSS do minimów LPV.
7. Po wdrożeniu procedur instrumentalnego podejścia RNAV GNSS do minimów LPV konieczne będzie utrzymanie tych procedur w użytkowaniu operacyjnym. Jest to możliwe tylko i wyłącznie przy prowadzeniu stałego monitoringu przeszkód lotniczych w rejonie lotniska, co wymaga wdrożenia określonych zadań i procedur dla służb lotniskowych / aeroklubowych.



Wymogi i obowiązki niezbędne dla wdrożenia operacji instrumentalnych opartych o nawigację GNSS

8. Podobnie jak dla lotnisk z instrumentalnymi procedurami lotu, każde przebiecie / naruszenie powierzchni OLS, związane z posadowieniem nowej przeszkody musi podlegać kontroli i określonej trybowi postępowania (potencjalny właściciel planujący posadowić obiekt tymczasowo naruszający OLS musi wystąpić do ULC o zgodę na posadowienie, ULC pozyskuje w tym zakresie opinię zarządzającego lotniskiem i instytucji, która opracowała i wdrożyła instrumentalne podejścia, wydaje stosowną decyzję i jeśli jest ona pozytywna, a obiekt wpływa na minima procedur są one korygowane za pomocą NOTAM).
9. Wdrożenie procedur podejścia GNSS, każdorazowo następuje w trybie zmiany w systemie funkcjonalnym ATM w oparciu o Rozporządzenie MTBiGM z dnia 21 marca 2013 w sprawie zmian w systemach funkcjonalnych mających wpływ na bezpieczeństwo (Dz. U. 2013 poz. 431). W związku z tym każdorazowo wdrażając procedury GNSS należy określić wymagania bezpieczeństwa obejmujące między innymi następujące kwestie techniczne:



Wymogi i obowiązki niezbędne dla wdrożenia operacji instrumentalnych opartych o nawigację GNSS

- kwestia porozumienia (z DFS lub Eurocontrol) w sprawie zapewnienia predykcji RAIM (co wynika z zalecenia informowania użytkowników o dostępności sensora nawigacyjnego do wsparcia określonego typu operacji – ICAO DOC 9849 GNSS Manual).
- kwestia rejestracji danych systemu GPS do celów powypadkowych - co wynika z obowiązku wobec kraju wdrażającego procedury GNSS wynikającego z Załącznika 10 ICAO (PAŻP w tym zakresie podpisał porozumienie z GUGiK w sprawie wykorzystania sieci ASG EUPOS do rejestracji ww. danych).
- kwestia realizacji zalecenia dotyczącego monitorowania GNSS, co wynika z Załącznika 10 ICAO oraz GNSS Manual. PAŻP rozwinął w tym zakresie własną sieć stacji monitorujących jakość sygnału GPS i EGNOS.
- kwestia umowy EWA (EGNOS Working Agreement) z ESSP (obowiązek wynikający z pakietu rozporządzeń dotyczących SES) w zakresie wykorzystania EGNOS do wsparcia operacji GNSS.



Wymogi i obowiązki niezbędne dla wdrożenia operacji instrumentalnych opartych o nawigację GNSS

- kwestia wdrożenia procedur wewnętrznych dotyczących analizy zgłoszeń anomalii GNSS na podstawie raportów od załóg statków powietrznych – Post Flight Report (zalecenie DOC 8071 cz. II)

Dodatkowo dochodzi problem monitorowania, wykrywania i łagodzenia skutków interferencji w paśmie GNSS, która została poruszona, w piśmie Sekretarz Generalnej ICAO do krajów członkowskich (State Letter nr AN 13/4.5-16/74). Polska Agencja Żeglugi Powietrznej, uwzględniła te kwestie w procedurach wewnętrznych oraz rozdziale w ENR 4.3. Polegają one na:

- podjęciu monitorowania jakości sygnału GNS;
- zobligowaniu załóg statków powietrznych do raportowania o fakcie wykrycia anomalii w sygnale GNSS;
- przeprowadzanie stosownych analiz tego typu zdarzeń oraz potwierdzenie faktu ich występowania przez samolot pomiarowy;
- konsultacji z innymi instytucjami, których systemy i urządzenia mogły znajdować się pod wpływem tych samych interferencji (np. Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Centrum Badań Kosmicznych PAN);



Wymogi i obowiązki niezbędne dla wdrożenia operacji instrumentalnych opartych o nawigację GNSS

- powiadomieniu Urzędu Komunikacji Elektronicznej o fakcie wykrycia niezidentyfikowanych interferencji,
- wydaniu NOTAM, informującego o możliwości występowania zakłóceń w danym obszarze; lub zawieszającego nawigację GNSS w danym obszarze,
- wprowadzeniu alternatywnych procedur podejścia do lądowania (np. procedury konwencjonalne na danym lotnisku),
- zobligowaniu załóg statków powietrznych do zaplanowania alternatywnych lotnisk lub metod nawigacji w przypadku wykrycia anomalii w sygnale GNSS.

Działania te są zgodne z zaleceniami GNSS Manual (DOC 9849).



Wymogi i obowiązki niezbędne dla wdrożenia operacji instrumentalnych opartych o nawigację GNSS

Zgodnie ze zmianą nr 1 do PANS_ATM Doc 4444 od 15.11.2012 powinny być stosowane w planach lotu następujące oznaczenia związane ze zdolnością statku powietrznego / załogi do operacji RNAV GNSS (zgodnie z PBN):

POLE 18 – *należy wpisywać w nw. kolejności!*

- STS/** - powód szczególnego traktowania przez ATS
- PBN/** - wskaźnik przystosowania a/c do RNAV i/lub RNP. Max 8 oznaczników (łącznie nie więcej niż 16 znaków)
- NAV/** - wyposażenie nawigacyjne inne niż umieszczone po PBN



Wymogi i obowiązki niezbędne dla wdrożenia operacji instrumentalnych opartych o nawigację GNSS

SPECYFIKACJE RNAV

A1 - RNAV 10 (RNP 10)

RNAV 5

B1 – wszystkie dozwolone czujniki

B2 - GNSS

B3 – DME/DME

B4 – VOR/DME

B5 – INS lub IRS

B6 - LORANC

RNAV 2

C1 - wszystkie dozwolone czujniki

C2 - GNSS

C3 – DME/DME

C4 – DME/DME/IRU

RNAV 1

D1 - wszystkie dozwolone czujniki

D2 - GNSS

D3 – DME/DME

D4 – DME/DME/IRU

SPECYFIKACJE RNP

L1 – RNP 4

RNP 1

O1 – wszystkie dozwolone czujniki

O2 - GNSS

O3 – DME/DME

O4 – DME/DME/IRU

Approach

S1 – RNP APCH

S2 – RNP APCH Z BARO VNAV

AR Approach

T1 – RNP AR APCH z RF

D2 - RNP AR APCH bez RF



Nasycenie floty awioniką GNSS

Awionika	Nasycenie floty według Eurocontrol*	Nasycenie floty według IATA**
GNSS (ABAS)	91%	50%
APV BARO VNAV	34,7%	40,2%
APV SBAS (LPV)	6,97%	1,5%
GBAS	2,89%	1,9%

* według raportu z marca 2014 r.

** według raportu z 2012 r.



Zyski operacyjne

Wpływ rodzaju podejścia na wysokość decyzyjną

Rodzaj podejścia	Wysokość decyzyjna	EPKT OCH RWY 09
Podejścia z widzialnością (nieinstrumentalne)	1000ft	1000ft
Podejścia nieprecyzyjne NDB	450ft	-
Podejścia nieprecyzyjne VOR i GNSS	370ft	380ft – VOR (SDF) 410ft - LNAV
Podejścia APV BARO-VNAV	290ft	250ft (CAT A)
Podejścia APV SBAS (LPV)	250ft	243ft (CAT A)
Cat. I	200ft	208ft (CAT A)



Więcej szczegółów jest dostępnych na stronie

<http://www.pansa.pl>

w zakładce GNSS



Dziękuję za uwagę

Kontakt : Andrzej Jakubik
Dział Projektowania Procedur i Analizy Przeszkód Lotniczych
andrzej.jakubik@pansa.pl
tel.: +48 22 574-57-63