

Andrzej Felski
Akademia Marynarki Wojennej

Krzysztof Banaszek
Tomasz Woźniak
Piotr Zakrzewski
Polska Agencja Żeglugi Powietrznej

DOKŁADNOŚĆ SERWISU EGNOS W KONTEKŚCIE OBSŁUGI OPERACJI LOTNISKOWYCH

STRESZCZENIE

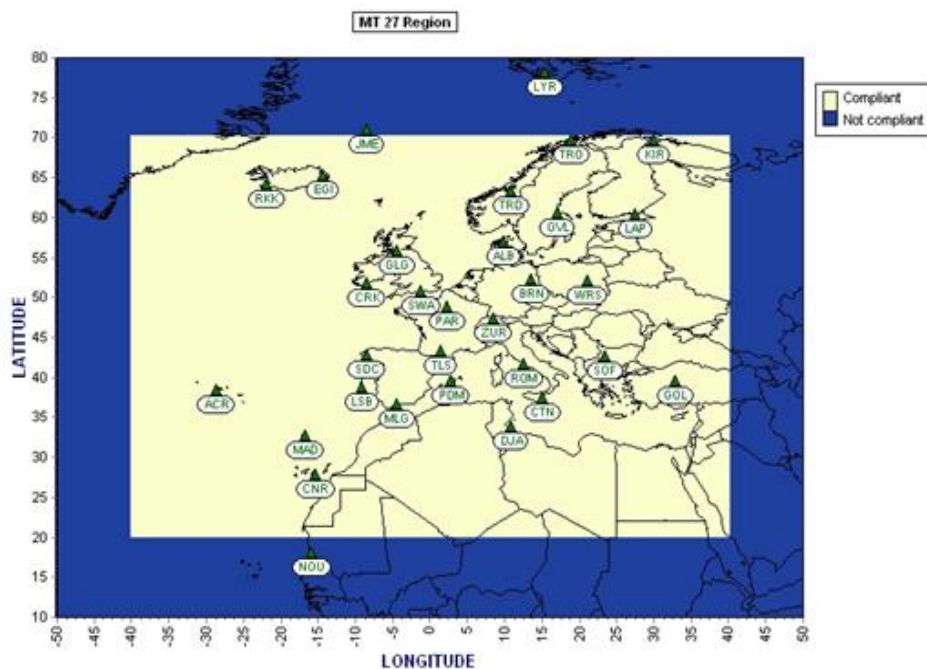
W artykule przedstawiono wyniki monitorowania rzeczywistych parametrów serwisu otwartego świadczonego przez system EGNOS od października 2009 roku. Monitoring ten prowadzono odbiornikami Septentrio PolaRx2e na lotniskach w Warszawie, Krakowie i Rzeszowie oraz różnymi odbiornikami morskimi w Gdyni. Zasadnicze spostrzeżenia można sprowadzić do tezy, iż uzyskiwana dokładność nie zależy od typu odbiornika, a błąd wyznaczeń nie przekracza dwóch metrów, jednak dostępność serwisu ciągle jeszcze nie jest zadowalająca.

Słowa kluczowe:

system EGNOS, operacje lotniskowe, stacje monitorujące, dokładność wskazań pozycji.

WSTĘP

W październiku 2009 roku ogłoszono wejście serwisu otwartego (*Open Service*) systemu EGNOS (*European Global Navigation Overlay System*) w fazę operacyjną i zadeklarowano jego dostęp na obszarze całej Europy (rys. 1.).



Rys. 1. Zasięg EGNOS dla operacji podejścia nieprecyzyjnego (NPA GNSS)

Źródło: Prezentacja ESSP na EGNOS Service Provision Meeting, Brussels, June 24th 2010.

Zrozumiałe jest zainteresowanie potencjalnych użytkowników systemu jego rzeczywistymi własnościami. Szczególnie istotne jest to dla środowiska lotniczego, do którego pierwotnie system był adresowany. Twórcy systemu deklarowali, że będzie on spełniał warunki, jakie są wymagane nawet w fazie lądowania, w perspektywie do kategorii I (CAT I). Jeszcze przed uruchomieniem systemu w wersji operacyjnej trwały przygotowania do wykorzystania go w praktyce, zwłaszcza na lokalnych lotniskach, dla których koszty oprzyrządowania zapewniającego podniesienie kategorii z zasady wykraczają poza możliwości właściciela. Usługa EGNOS jawiła się w tej sytuacji jako doskonały zamiennik tradycyjnych systemów nawigacyjnych.

Polska Agencja Żeglugi Powietrznej, jako dostawca usług nawigacyjnych w polskiej przestrzeni powietrznej, jest odpowiedzialna również za rozwijanie i wprowadzanie nowych satelitarnych technologii nawigacyjnych. EGNOS, pełniący rolę kosmicznego systemu wspomagającego pracę konstelacji podstawowej GPS w rejonie Europy, jest szczególnie interesujący, ponieważ z deklarowanych parametrów wynika, iż może być wykorzystywany do wsparcia operacji lotniczych we wszystkich fazach lotu, łącznie z fazą podejścia do lądowania w kategorii APV-I (*Approach Procedures with Vertical guidance*).

Przygotowując się do etapu operacyjnego wykorzystania systemu, Polska Agencja Żeglugi Powietrznej (PAŻP) już w 2009 roku uruchomiła trzy stacje monitorujące oba rodzaje sygnałów, zarówno EGNOS, jak i GPS, w trzech punktach, a mianowicie na lotniskach w Krakowie, Rzeszowie i Warszawie. Stacje te stanowią załączek sieci stacji monitorujących, a doświadczenia zebrane przy ich eksploatacji mogą być podstawą do budowy systemu monitorowania GNSS niezależnego od systemu sieci stacji monitorujących RIMS (*Ranging and Integrity Monitoring Stations*) stanowiącego segment naziemny tego systemu.

Do budowy polskich stacji wykorzystano odbiorniki Septentrio PolaRx2e. Stacje zapisują informacje o sygnale EGNOS i GPS zgodnie z wymaganiami Aneksu 10 ICAO. Surowy sygnał jest przetwarzany za pomocą oprogramowania PEGEASUS. Jest to oprogramowanie dedykowane do zastosowań w lotnictwie. Zostało ono opracowane przez Centrum Doświadczalne EUROCONTROL w Bretigny.

Polskie stacje zostały włączone także do sieci EDCN (*EGNOS Data Collection Network*) w ramach prowadzonego przez EUROCONTROL programu walidacji sygnału EGNOS. Celem programu było dostarczenie raportu potwierdzającego, że EGNOS spełnia zakładane wymagania i nadaje się do zastosowań w lotnictwie. Raport miał być oparty na danych niezależnych od stacji RIMS, które stanowią naziemną część podlegającego certyfikacji systemu EGNOS. Sieć EDCN miała stanowić także platformę testową dla wspomnianego oprogramowania PEGASUS.

Sieć spełniła postawione jej pierwotnie zadania, lecz nie zakończyła swojego funkcjonowania, ponieważ można ją wykorzystywać podczas okresowego potwierdzania, że parametry sygnału EGNOS są właściwe oraz po zmianach wprowadzonych w strukturze EGNOS.

Wedle założeń twórców systemu pokrycie EGNOS jest obliczane na podstawie algorytmów, których działanie opiera się na estymacji parametrów sygnału SIS (*Signal In Space*) na podstawie parametrów rejestrowanych przez RIMS. Rozwiązanie takie ma oczywistą wadę — dokładność estymacji zależy od odległości od stacji RIMS oraz od ich konfiguracji. Ponieważ jednym z podstawowych zastosowań EGNOS jest wsparcie operacji lądowania w kategorii APV-I, a w przyszłości także APV-II i CAT I, dużo pewniejszym rozwiązaniem byłoby zainstalowanie RIMS na każdym lotnisku, ale rozwiązanie takie jest nieekonomiczne. Co więcej, dane rejestrowane przez stacje RIMS służą przede wszystkim do monitorowania sygnałów GPS i do wypracowania poprawek nadawanych następnie przez satelity geostacjonarne EGNOS w postaci depechy nawigacyjnych. RIMS stanowią więc element systemu sterowania EGNOS i zwiększanie ich liczby na obszarze objętym już działaniem systemu wydaje się mało prawdopodobne, a mogłoby także skomplikować lub destabilizować system.

Dla użytkowania systemu w lotnictwie niezbędne jest także rozwiązanie zagadnienia powiadamiania użytkowników o jego bieżącym stanie. Jest oczywiste, że taka informacja może i powinna być dostarczana tym samym kanałem co korekty i należy oczekiwać, iż część informacji eksploatacyjnych — na przykład o pracach konserwacyjnych na wybranym satelicie, przekazującym zarówno korekty, jak i nagłe informacje o awariach — będzie przekazywana w ten sposób. Pojawia się jednak pytanie o relacje pomiędzy rzeczywistymi parametrami systemu a informacjami o charakterze globalnym, przekazywanymi za pośrednictwem satelity INMARSAT lub ARTEMIS (adekwatnością korekt do lokalnych uwarunkowań).

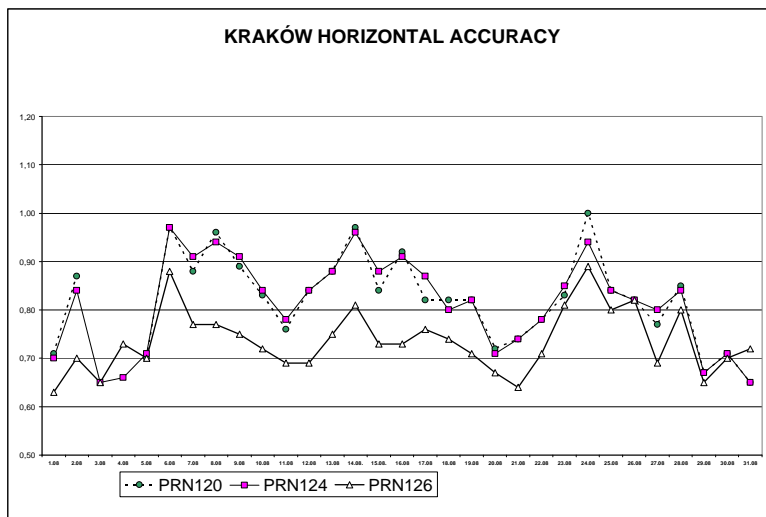
W związku z tym, skoro budowa RIMS na każdym lotnisku nie jest możliwa, to perspektywa rejestrowania rzeczywistych, a nie estymowanych, parametrów sygnałów EGNOS i GPS za pomocą tanich stacji opartych na takich odbiornikach jak Septentrio PolaRx2e posadowionych w danym rejonie wydaje się bardzo interesująca i daje sposobność oceny rzeczywistej skuteczności działania EGNOS. Pojawia się również pytanie o zasadność i możliwość wspierania lokalnej służby nawigacyjnej lokalną stacją monitorującą. Stacje monitorujące należące do PAŻP mają dodatkową zaletę, bowiem są zainstalowane na płycie lotniska lub w jego bliskim sąsiedztwie. Pozwala to oczekiwać, iż informacja taka będzie wierniej odzwierciedlała lokalne warunki niż to ma miejsce w przypadku całej sieci RIMS. Jakkolwiek należy dostrzegać również fakt, że nawet jeśli dwa odbiorniki (lokalny monitor i odbiornik na samolocie w powietrzu) pracują w pobliżu, to pracują w innych warunkach otoczenia, choćby ze względu na przesłony horyzontu czy środowisko elektromagnetyczne i nie muszą wykazywać tych samych dokładności.

Niniejszy artykuł ma na celu przedstawienie dotychczasowych wyników badań oferowanego serwisu nawigacyjnego na podstawie permanentnych obserwacji prowadzonych wspomnianą siecią stacji lotniskowych oraz incydentalnych pomiarów różnymi odbiornikami morskimi wykonywanych przez pracowników Akademii Marynarki Wojennej. W tym drugim przypadku świadomie stosowano różne odbiorniki, których wspólną cechą było dedykowanie ich do nawigacji morskiej, CSI Wireless 1, Novatel OEMV-1, Sperry Navistar, Crescent V100 oraz Magellan FX420.

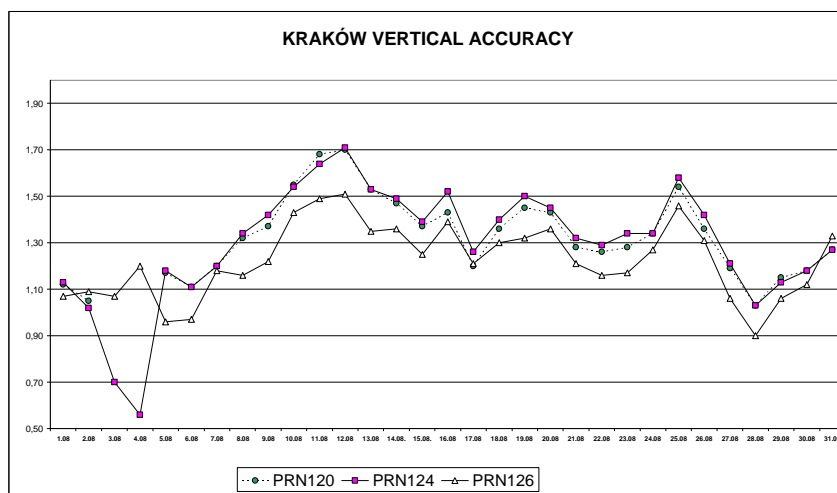
WPLYW ODBIORNIKA NA DOKŁADNOŚĆ WYZNACZEŃ

Powszechnie wiadomo, że odbiorniki GPS nie są sobie równe, bowiem stosowane są układy odbiorcze różnych konstrukcji, a ponadto zastosowane oprogramowanie procesora nawigacyjnego także ma wpływ na funkcjonowanie całości. System SBAS (*Space Based Augmentation System*), jakim jest EGNOS, ma jednak

niwelować znaczną część błędów wyznaczeń pozycji. Powstaje więc pytanie, na ile zróżnicowane mogą być wyniki wyznaczeń pozycji odbiornikami EGNOS w funkcji ich konstrukcji i oprogramowania. Wyniki okazują się dość zaskakujące, albowiem bez względu na typ odbiornika dokładności były podobne i w odniesieniu do błędu średniego pozycji w płaszczyźnie horyzontu oscylowały na poziomie 1 m ($p = 63\%$), a odchylenia standardowego współrzędnej wertykalnej nieco przewyższały 1 m ($p = 68\%$). Na rysunkach 2. i 3. przedstawiono odpowiednie wykresy z Krakowa zarejestrowane w sierpniu 2010 roku.



Rys. 2. Dokładność systemu w płaszczyźnie poziomej w Krakowie w sierpniu 2010 r.

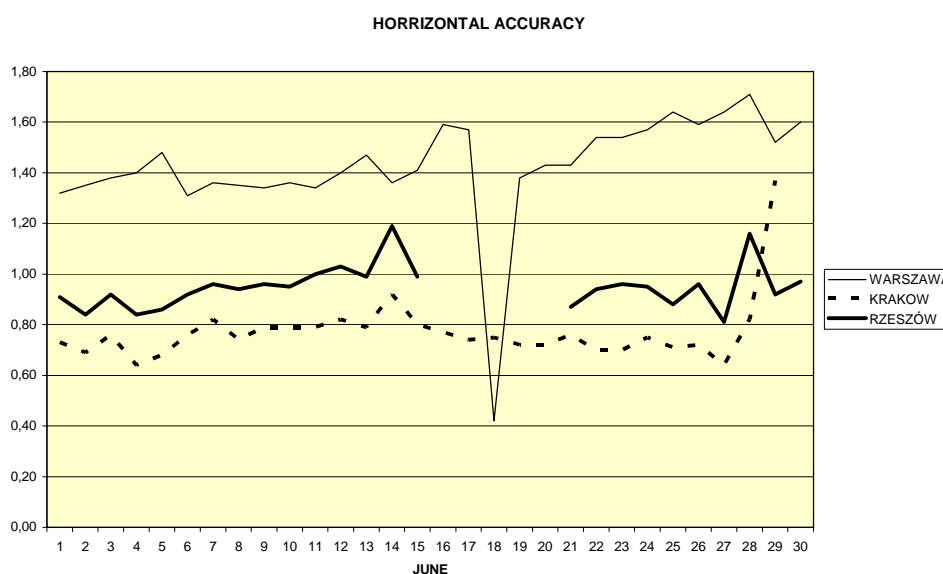


Rys. 3. Dokładność w kierunku pionowym systemu w Krakowie w sierpniu 2010 r.

Bardzo podobne wyniki uzyskiwano nie tylko na pozostałych lotniskach, ale również przy użyciu odbiorników morskich. Pomiedzy poszczególnymi rejestracjami można dostrzec systematyczne różnice, jednak średnio nie przekraczają one kilkunastu procent. Zaskakujące, że różnice te wykazują nieprzewidywalny charakter, bowiem dostrzegalny jest niewielki związek z numerem satelity komunikacyjnego, za którego pośrednictwem transmitowano korekty, oraz z lokalizacją lotniska.

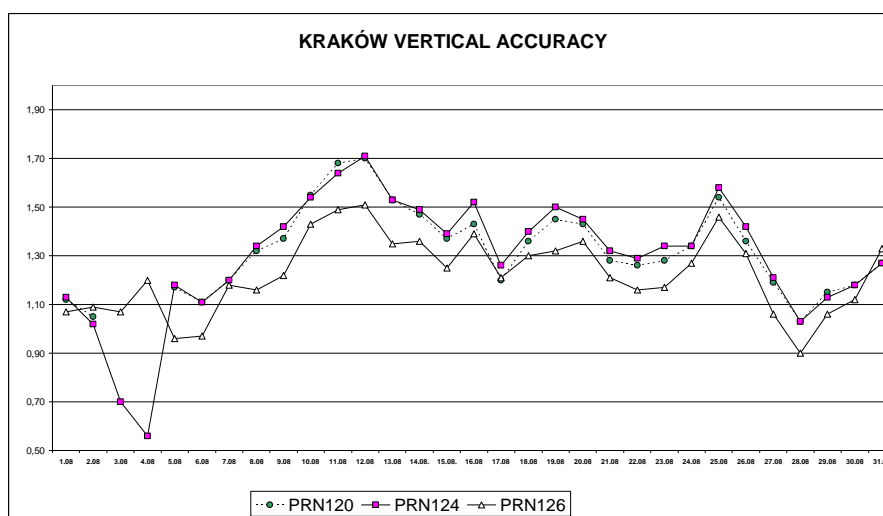
Wedle teorii na dokładność wyznaczeń może mieć wpływ bliskość pozycji odbiornika do granic strefy działania EGNOS. Jednakże wedle danych operatora systemu ESSP (*European Satellite Services Provider*) na chwilę obecną wszystkie trzy miasta właściwie znajdują się poza strefą, w której serwis zapewnia usługę spełniającą wymagania operacji podejścia do lądowania w kategorii APV-I.

Z obserwacji wynika, że rozmieszczenie stacji nie przekłada się bezpośrednio na jakość wyznaczeń pozycji, bowiem dokładności uzyskiwane w Rzeszowie są bliskie tym, jakie uzyskuje się w Krakowie, natomiast dokładności uzyskiwane w Warszawie, gdzie jest usytuowana jedna ze stacji RIMS, wyraźnie odbiegają na niekorzyść. Przeczy to teorii, wedle której im bliżej stacji RIMS, tym wyższe powinno się uzyskiwać dokładności. Zależności te przedstawiono na rysunku 4. na przykładzie obserwacji z czerwca 2010 roku. Na wykresie brak rejestracji w połowie miesiąca w Rzeszowie, co wynika z usterki zasilania aparatury rejestrującej. Również 30 czerwca w Krakowie wystąpił brak rejestracji z powodu niesprawności łącza pomiędzy odbiornikiem i serwerem.



Rys. 4. Przykład dokładności wyznaczeń horyzontalnych w czerwcu 2010 r. (korekty transmitowane za pośrednictwem satelity nr 120)

Różnice w dokładności wynikają najprawdopodobniej z powodu występowania przesłonek terenowych lub innych zakłóceń w pobliżu odbiornika w Warszawie. Ku zaskoczeniu autorów w trakcie analiz dostrzeżono również związek pomiędzy wykorzystywanym kanałem przesyłania korekt i uzyskiwanymi dokładnościami. W systemie wykorzystuje się dwa satelity systemu INMARSAT (nr 120 i 124) oraz satelitę ARTEMIS (nr 126), który jest traktowany jako kanał eksperymentalny. W trakcie badań obserwowano, iż dokładności uzyskiwane za pośrednictwem satelitów 120 i 124 były niemal tożsame, natomiast prawie zawsze wyższe dokładności uzyskiwano w oparciu o korekty transmitowane za pośrednictwem satelity ARTEMIS. Może to wynikać z tego, że satelita ów, będący własnością ESA, stanowił bazę dla prac nad udoskonaleniem funkcjonowania systemu. Na rysunku 5. przedstawiono zmiany dokładności wyznaczeń pozycji w Krakowie w sierpniu 2010 roku.



Rys. 5. Dokładność wyznaczeń wysokości w Krakowie w sierpniu 2010 r.

POWTARZALNOŚĆ WYZNACZEŃ

Jest wiedzą podręcznikową to, że orbita satelity GPS jest orbitą dwunastogodzinną. Oznacza to, iż niemal co dwaście godzin nad danym punktem powtarza się ten sam układ konstelacji satelitarnej, a to oznacza podobną wartość współczynników geometrycznych, które wprost wpływają na dokładność wyznaczeń wedle zależności (1).

$$M = \sigma \cdot HDOP, \quad (1)$$

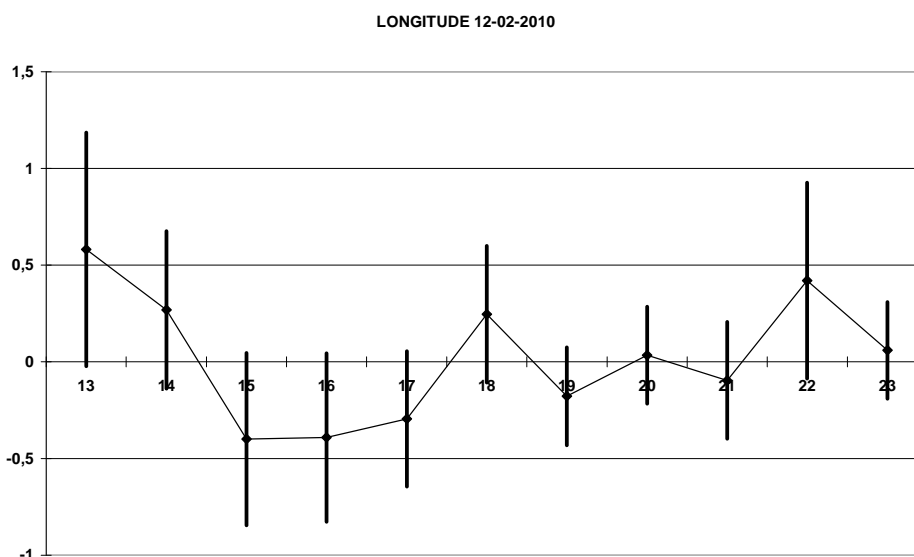
gdzie:

M — średni błąd pozycji;

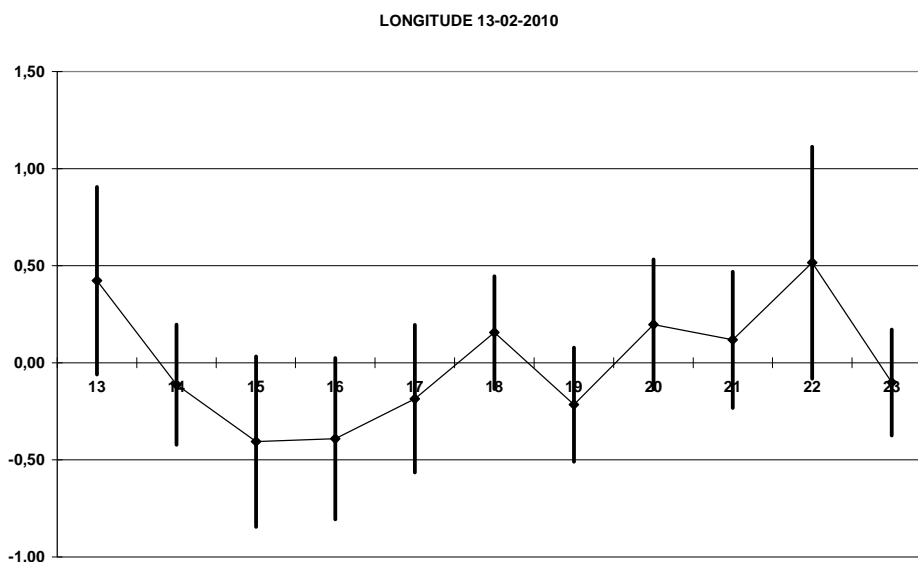
$HDOP$ — współczynnik geometryczny dokładności horyzontalnej;

σ — błąd pomiaru pseudoodległości.

System EGNOS, tak jak wszystkie systemy wspomagające (*augmentation*), jest narzędziem do korygowania błędów sygnału, a więc zapewnia zmniejszenie wartości σ . Jednak współczynnik geometryczny nie ulega zmianie. Wpływ tego czynnika jest dostrzegalny wówczas, gdy analizuje się zmienność dokładności w przedziałach krótszych niż dobowe. Istota problemu jest wyraźnie dostrzegalna na przykładowych wykresach zmienności szerokości geograficznej uśrednianej w przedziałach godzinnych, na których również przedstawiono wartość odchylenia standardowego tej wielkości. Na rysunkach 6. i 7. przedstawiono zmiany długości geograficznej w Gdyni pomiędzy godzinami 13.00 i 23.00 w dniach 12 i 13 lutego wyznaczone odbiornikiem Novatel. Wyraźnie widoczne jest, jak bardzo powtarzają się systematyczne przesunięcia pozycji średniej za przedział uśredniania, a także rozrzut odczytów w tych przedziałach, przedstawiony na rysunkach w postaci odcinków reprezentujących błąd standardowy wyznaczonej współrzędnej. Ta powtarzalność stanowi zdaniem autorów przesłankę do prac nad możliwością prognozowania jakości wyznaczeń współrzędnych.



Rys. 6. Zmiany długości geograficznej uśrednianej w przedziałach godzinnych w Gdyni 12.02.2010 r.



Rys. 7. Zmiany długości geograficznej uśrednianej w przedziałach godzinnych w Gdyni 13.02.2010 r.

WYMAGANE WARTOŚCI DOKŁADNOŚCI WSKAZAŃ POZYCJI

Podejście do lądowania i samo lądowanie są najbardziej niebezpiecznymi fazami lotu statku powietrznego. Muszą się one cechować największą precyzją wykonania z uwagi na zmniejszającą się wysokość, a także bliskość innych maszyn operujących z danego lotniska. Zwłaszcza przy ograniczonej widoczności staje się to priorytetem. W zależności od kategorii lądowania wymagane są różne wartości uzyskiwanej dokładności wskazań pozycji w płaszczyźnie poziomej i pionowej. W tabeli 1. przedstawiono te wymagania, a w tabeli 2. pokazano uśrednione wyniki otrzymane ze wszystkich trzech stacji w sierpniu 2010 roku dla satelity PRN120.

Tabela 1. Wymagane dokładności wskazania pozycji w płaszczyźnie poziomej i pionowej w zależności od kategorii lądowania [1]

	NPA		APV I		APV II		CAT I	
	HOR.	VERT.	HOR.	VERT.	HOR.	VERT.	HOR.	VERT.
Wymagana dokładność [m]	220	----	16	20	16	8	16	6 (4 ¹)

¹ Wymaganie dla CAT I to 6 m, natomiast specyfikacja techniczna dla ILS CAT I przewiduje 4 m.

Tabela 2. Uśrednione wyniki dokładności wskazań pozycji w płaszczyźnie poziomej i pionowej otrzymane z trzech stacji PAŻP w sierpniu 2010 r. dla satelity PRN120

	Zmierzone średnie dokładności wskazań EGNOS [m]	
	HORIZONTAL	VERTICAL
WARSZAWA	1,52	1,50
KRAKÓW	0,82	1,32
RZESZÓW	0,96	1,49

Z wartości przedstawionych w tabelach wynika jednoznacznie, że uzyskiwana dokładność wskazań pozycji jest wystarczająca do wsparcia operacji lądowania nawet w kategorii CAT I. Wyniki te są podobne niezależnie od tego, z którego satelity brane są poprawki i nie przekraczają dwóch metrów. Jednakże odpowiedni poziom dokładności wskazań nie jest jedynym warunkiem koniecznym do spełnienia w celu wykorzystania operacyjnego systemu EGNOS do wspomaganie lądowania.

WNIOSKI

Uzyskane wyniki są obiecujące i mogą stanowić podstawę do oceny rzeczywistego pokrycia EGNOS na obszarze Polski południowo-wschodniej, a co za tym idzie — pokrycia EGNOS we wschodniej części krajów ECAC (Europejska Konferencja Lotnictwa Cywilnego) oraz podstawę do wypracowania algorytmów predykcji jakości sygnałów GNSS do celów wypracowania informacji NOTAM o dostępności tego systemu.

Dobór lokalizacji stacji monitorujących wydaje się bardzo zasadny. Pamiętać bowiem należy, że w zastosowaniach lotniczych, przy rozpatrywaniu jakości systemu nawigacyjnego dokładność nie jest jedynym wyznacznikiem. Równie ważnymi parametrami są jego wiarygodność, ciągłość i dostępność, a bywa, że na przeszkodzie stosowania systemu EGNOS w lotnictwie stoją właśnie czynniki o charakterze niezawodnościowym, przede wszystkim dostępność oraz ciągłość serwisu, które nie spełniają założeń. Dla przykładu, dostępność (*availability*) systemu liczona w przedziałach dobowych czasami spada poniżej 95% w stosunku do wymaganych 99%². W tabelach 3a i 3b przedstawiono przykładowe wyniki obserwacji z Warszawy.

² W dniach 03–06.08.2010 r. odnotowano nawet spadek tego parametru do wartości 6–30%.

W zależności od wartości wszystkich parametrów EGNOS może być obecnie wykorzystywany w różnych operacjach APV-I (LPV — *Localizer Performance with Vertical guidance*) oraz NPA (*Non-Precision Approach*). Zasięg EGNOS dla tych rodzajów operacji przedstawiono na rysunkach 1. i 8. Zwraca uwagę radykalne zmniejszenie się powierzchni obszaru, na którym dostępna jest usługa EGNOS spełniająca warunki APV-I, co wynika ze znacznego obniżenia się dostępności i wiarygodności serwisu. Natomiast rozpatrywanie zastosowania EGNOS w kategorii NPA wydaje się dyskusyjne, skoro do wsparcia operacji NPA wystarczający jest GPS wspomagany przez ABAS (*Airborn Based Augmentation System*).

Tabela 3a. Podstawowe parametry pracy EGNOS, 1 maja 2010 r., Warszawa

Site	[WAWA] PANSA WARSAW							Date	01/05/2010	
Location	Lat:	52.164		Lon:	20.929		Alt:	158.43		
Receiver	Septentrio PolaRx 2			Software	Pegasus 4.5.0 ³⁰⁰¹⁵⁴		PRN	120		
Data set	Duration	Start	Stop	Expected	Total	SBAS Msg	Valid	Valid(%)		
1 Hz	24h00	00:00	23:59	86400	86400	86217	86400	100%		
Results per operation										
	all valid samples	APV-I			APV-II		CAT-I			
HAL / VAL		40 / 50			40 / 20		40 / 12			
Accuracy (m)										
		Meas.	Scaled	Req.	Meas.	Scaled	Req.	Meas.	Scaled	Req.
HNSE(95%)	1.50	1.50	6.18	16	1.43	6.18	16	1.13	5.91	16
VNSE(95%)	1.45	1.44	4.93	20	1.41	1.99	8	1.08	1.14	4
Availability (%)										
samples	86233	85827			83099		14367			
Minimum Required		99%			99%		na			
Availability		99.337%			96.179%		16.628%			
Continuity										
Events		29			180		1212			
Integrity										
	MI	HMI APV-I			HMI APV-II		HMI CAT-I			
Total	0	0			0		0			
Horizontal	0	0			0		0			
Vertical	0	0			0		0			
Protection level statistics										
	99%	95%	50%	mean	std deviation					
HPL	24.89	14.18	9.11	9.82	3.26					
VPL	24.48	18.33	13.55	14.12	2.97					
Position error statistics										
	99%	95%	50%	mean	std deviation					
HPE	1.93	1.50	0.91	0.92	0.34					
VPE	1.94	1.44	0.43	0.55	0.45					

Note: The Pegasus software is still a prototype under validation. Results are not guaranteed and should be treated with care.

Tabela 3b. Podstawowe parametry pracy EGNOS, 31 maja 2010 r., Warszawa

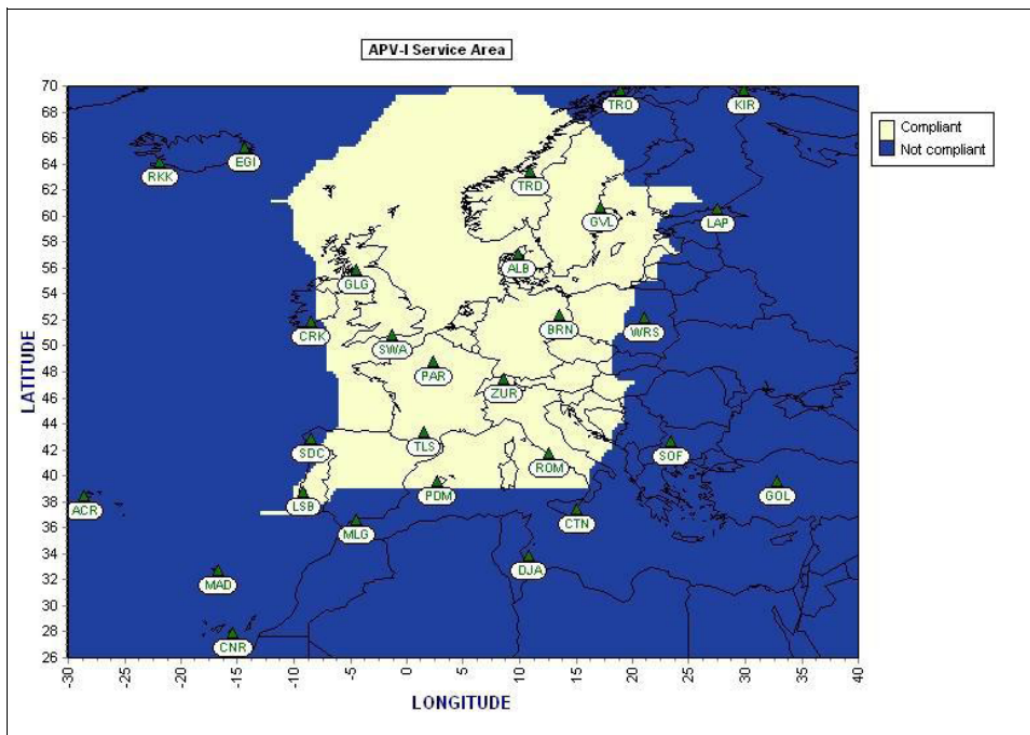
Site	[WAWA] PANSZA WARSZAW							Date	31/05/2010		
Location	Lat:	52.164		Lon:	20.929		Alt:	158.43			
Receiver	Septentrio PolaRx 2			Software	Pegasus 4.5.0 <small>alpha</small>		PRN	120			
Data set	Duration	Start	Stop	Expected	Total	SBAS Msg	Valid	Valid(%)			
1 Hz	24h00	00:00	23:59	86400	86400	86192	86400	100%			
Results per operation											
	all valid samples	APV-I			APV-II			CAT-I			
HAL / VAL		40 / 50			40 / 20			40 / 12			
Accuracy (m)											
		Meas.	Scaled	Req.	Meas.	Scaled	Req.	Meas.	Scaled	Req.	
HNSE(95%)	1.24	1.23	5.65	16	1.21	5.66	16	1.08	5.07	16	
VNSE(95%)	1.44	1.42	5.00	20	1.38	2.01	8	0.99	1.03	4	
Availability (%)											
samples	86170	85750			83952			10674			
Minimum Required		99%			99%			na			
Availability		99.248%			97.167%			12.354%			
Continuity											
Events		72			143			1185			
Integrity											
	MI	HMI APV-I			HMI APV-II			HMI CAT-I			
Total	0	0			0			0			
Horizontal	0	0			0			0			
Vertical	0	0			0			0			
Protection level statistics											
	99%	95%	50%	mean	std deviation						
HPL	21.06	14.35	8.94	9.72	3.24						
VPL	29.84	17.94	13.66	14.16	3.00						
Position error statistics											
	99%	95%	50%	mean	std deviation						
HPE	1.55	1.23	0.81	0.81	0.27						
VPE	1.90	1.42	0.38	0.50	0.43						

Note: The Pegasus software is still a prototype under validation. Results are not guaranteed and should be treated with care.

Wyniki obserwacji z sieci stacji PAŻP mogą mieć duże znaczenie w aspekcie technicznym, operacyjnym, ekonomicznym i społecznym oceny EGNOS, ponieważ brak równomiernego pokrycia sygnałem EGNOS może oznaczać brak możliwości złagodzenia ograniczeń operacyjnych dla lotnisk o ubogiej infrastrukturze nawigacyjnej, ograniczenie prawa do równej, uczciwej konkurencji dla wszystkich lotnisk, a także ograniczenie możliwości rozwoju ekonomicznego w rejonie oddziaływania danego lotniska.

Tymczasem jednym z czynników podnoszonych przy budowie EGNOS była możliwość doskonalenia poziomu usług nawigacyjnych za stosunkowo niską cenę. W przypadku zastosowań podejściowych i terminalowych koszty te są zależne od

poziomu dotychczasowego wyposażenia lotnisk w konwencjonalną infrastrukturę nawigacyjną i mogą zostać ograniczone nawet do poziomu niezbędnego do modernizacji wyposażenia nawigacyjnego samolotu, kosztów szkolenia załóg i opłat administracyjnych, opracowania nowych procedur lotu oraz szkolenia personelu ATC (*Air Traffic Control*).



Rys. 8. Zasięg EGNOS dla operacji APV-I (wyliczony dla dwóch satelitów GEO w funkcji dostępności i wiarygodności korekt)

Źródło: *EGNOS Service Provision Yearly Report (April 2009 — March 2010), ESSP-DIL51-R2010, rev. 01-02, 14.06.2010.*

Biorąc pod uwagę powyższe, Polska zintensyfikowała działania zmierzające do wywiązania się ESA z zadania przygotowania i operacyjnego wdrożenia systemu EGNOS dla krajów ECAC — pokrywającego terytoria tych krajów (również Polski). W tym zakresie ESA podjęła prace badawcze dotyczące poprawy algorytmów analizy danych i wyliczania poprawek, analizowany jest także potencjał finansowy i możliwe lokalizacje dodatkowej stacji RIMS na południowym wschodzie lub wschodzie Europy.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation*, ‘Aeronautical Telecommunications’, July 2006, Vol. I, Radio Navigation Aids, ICAO.
- [2] Felski A., Urbański J., *Satelitarne systemy nawigacji i bezpieczeństwa żeglugi*, AMW, Gdynia 1997.
- [3] Hofmann-Vellenhof B., Lichtenegger H., Collins J., *Global Positioning System. Theory and practice*, Springer, Wien — New York 2001.
- [4] Narkiewicz J., *Globalny system pozycyjny GPS. Budowa, działanie, zastosowanie*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2003.
- [5] Specht C., *System GPS*, Wydawnictwo Bernardinum, Pelplin 2007.
- [6] Ventura-Traveset J., Flament D., *EGNOS, the european Geostationary Navigation Overlay System — Cornerstone of Galileo*, ESA, Noordwijk 2006.

ACUURACY OF EGNOS SERVICE IN AIRPORT OPERATIONS

ABSTRACT

The paper presents the results of monitoring real parameters of the Open Service provided by EGNOS since October, 2009. The monitoring has been conducted with the receivers Septentrio PolaRx2e in the airports of Warsaw, Cracow and Rzeszów, and with different sea-receivers in Gdynia. The main finding is that the accuracy is not dependent on the type of the receiver, and the error of readings does not exceed 2 meters, however availability of the service is still not satisfactory.

Keywords:

EGNOS system, air port operations, monitoring stations, accuracy of position readings.

Recenzent płk dr hab. inż. Marek Grzegorzewski, prof. WSOSP