

Bartłomiej OSZCZAK¹
Michał WARDZIEJEWSKI²
Tomasz KLOCKOWSKI³

ANALIZA DOKŁADNOŚCI POZYCJONOWANIA PRZY UŻYCIU SYSTEMU EGNOS I SERWISÓW ASG–EUPOS W ASPEKTCIE MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA W TRANSPORCIE DROGOWYM

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących analizy dokładności wyznaczania współrzędnych z wykorzystaniem systemu EGNOS oraz wielofunkcyjnego systemu precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego ASG–EUPOS. Do analizy dokładności wykorzystano serwisy czasu rzeczywistego: NAWGIS i KODGIS w systemie ASG–EUPOS i trzy satelity geostacjonarne EGNOS. Celem badań było porównanie dokładności dwóch przyszłościowych oraz innowacyjnych systemów nawigacyjnych które mogą być wykorzystywane w transporcie. Wszystkie wyniki wyznaczane zostały porównane do otrzymanych współrzędnych referencyjnych. Dla każdego punktu pomiarowego przedstawione zostały tabele, które przedstawiają odchylenia współrzędnych otrzymanych wyników pomiarów od wartości współrzędnych referencyjnych. Końcowym efektem prac badawczych jest przedstawienie jednoznacznej, czytelnej formy porównań wraz z opisem i wnioskami.

1. WSTĘP

Z końcem lat 90-tych została powołana w Europie grupa ETC (European Tripartite Group), w której w skład weszły takie organizacje jak: Europejska Agencja Kosmiczna (ESA–European Space Agency), Komisja Europejska (EC–European Commission) oraz Europejska Organizacja Bezpieczeństwa Nawigacji Powietrznej (European Organisation for the Safety of Air Navigation). Głównym celem ETC było stworzenie europejskiego systemu satelitarnego, który służyłby w transporcie lotniczym i naziemnym na terenie całej Europy. System EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) stał się rozszerzeniem SBAS (Satellite Based Augmentation System) oraz uzupełnieniem dla systemów GPS i GLONASS. W skład segmentu kosmicznego systemu EGNOS [1, 2] wchodzi trzy telekomunikacyjne satelity geostacjonarne: ARTEMIS–21.5° E (Advanced Relay Technology Mission) o numerze PRN 124, Inmarsat III–15.5° W (AOR–E, Atlantic

¹Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji, ul. Heweliusza 5, 10-957 Olsztyn, tel: + 48 89 523-34-81, Fax: + 48 89 523-47-23, email: bartlomiej.oszczak@kgsin.pl, www.kgsin.pl

²Michał Wardziejewski ul. Suwalska 7/A, 19-500 Gołdap

³ 87-800 Włocławek, ul. Skłodowskiej 5/103 email: tomasz.klockowski@gmail.com

Ocean Region–East) PRN 120, Inmarsat III–64° E (IOR–W, Indian Ocean Region–West) PRN 131. Dokładność systemu na podstawie EGN-SDC OS V1.0 przedstawia się następująco:

- Dokładność 3m dla pozycji horyzontalnej odbiornika z prawdopodobieństwem 95%.
- Dokładność 4m dla pozycji wertykalnej odbiornika z prawdopodobieństwem 95% [3].

Pierwszego października roku 2009 unijny komisarz ds. transportu Antonio Tajani ogłosił pełną dostępność Serwisu Otwartego EGNOS. W badaniach przedstawionych w artykule wykorzystano jednocześnie sygnały z trzech satelitów geostacjonarnych systemu EGNOS.

ASG–EUPOS jest wielofunkcyjnym systemem precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego, który jest częścią środkowoeuropejskiego projektu systemu nawigacyjnego EUPOS [4, 5]. Jest polskim odpowiednikiem aktywnej, geodezyjnej sieci realizowanej na terenie naszego kraju. W grudniu 2007 r. uruchomiono podstawowe serwisy systemu ASG–EUPOS. Dnia 2 czerwca 2008 r. Główny Urząd Geodezji i Kartografii udostępnił serwisy systemu ASG–EUPOS dla użytkowników. Celem uruchomienia tego systemu jest uzyskanie dokładności wyższego rzędu, z wykorzystaniem satelitarnych metod pomiarowych dla celów głównie geodezji i nawigacji w Polsce. System złożony jest z 98 stacji referencyjnych GPS oraz GNSS rozmieszczonych na terenie Polski oraz 22 stacji położonych na przygranicznych terenach państw sąsiadujących. Od czasu uruchomienia systemu sygnały odbierane są z dwóch systemów: GPS oraz GLONASS.

W niniejszym artykule wykorzystano serwisy czasu rzeczywistego NAWGIS i KODGIS systemu ASG–EUPOS.

KODGIS–serwis czasu rzeczywistego systemu ASG–EUPOS, który wg zapewnień osiąga dokładność do 0,25 m. Standardowym formatem używanym w tym serwisie jest RTCM (Radio Technical Commission For Marine Services), format jest najczęściej wykorzystywany do transmisji poprawek w systemach DGPS. Serwer systemu ASG–EUPOS generuje poprawki dla użytkownika po przesłaniu przez niego, za pomocą systemu GSM/GPRS, przybliżonej pozycji w sentencji NMEA (GGA). System tworzy poprawki właściwą dla terenu, na którym znajduje się odbiornik i następnie wysyła poprawki do użytkownika. Wiadomości RTCM w przypadku serwisu KODGIS dotyczą poprawek kodowych.

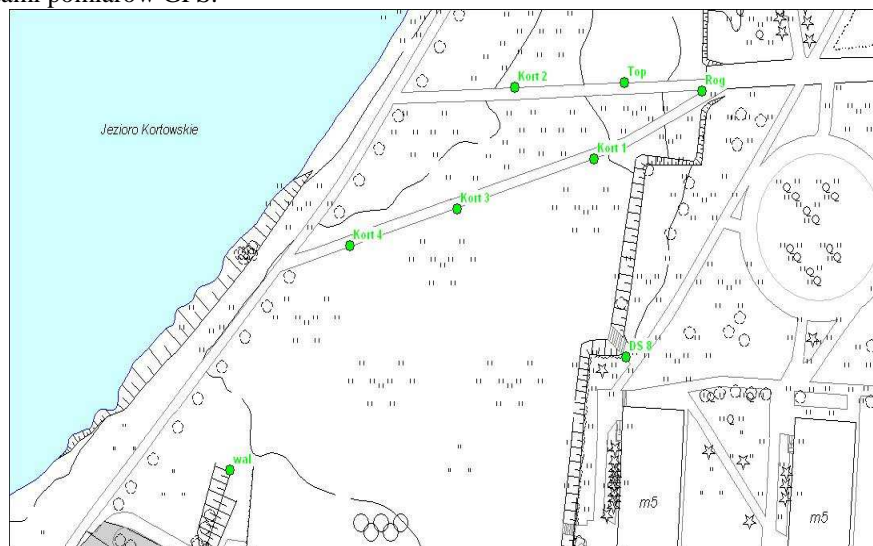
NAWGIS–Serwis czasu rzeczywistego działający podobnie jak KODGIS, lecz osiąga mniejsze dokładności rzędu 3 m. Użytkownik musi posiadać odbiornik mający możliwość otrzymywania poprawek obserwacyjnych DGNSS ze stacji referencyjnych GPS w formacie RTCM. Odbiór w serwisie KODGIS wymagał komunikacji dwukierunkowej (odbiornik–Centrum Zarządzające) zaś w NAWGIS komunikacja jest już jedno kierunkowa. Użytkownik nie musi wysyłać swojej przybliżonej pozycji, a co za tym idzie może wykorzystywać nawigacyjne (tańsze) odbiorniki kodowe. Poprawki DGNSS przesyłane są ze względu na położenie (północna-north lub południowa-south) na terenie Polski. Serwis NAWGIS jest darmowym serwisem wystarczy być tylko zarejestrowanym użytkownikiem

systemu ASG-EUPOS. Ważne jest, że w przypadku wszystkich serwisów czasu rzeczywistego, dane wysyłane są protokołem NTRIP, który wymaga autoryzacji przez podanie odpowiedniego login'u i hasła przez użytkownika. By uzyskać dane do logowania użytkownik musi się zarejestrować w systemie ASG-EUPOS. (www.asgeupos.pl)

2. ANALIZA DOKŁADNOŚCI POMIARÓW SYSTEMU EGNOS I SERWISÓW KODGIS/NAWGIS W SYSTEMIE ASG-EUPOS.

2.1 Pierwszy etap badań

W pierwszym etapie badań zostało pomierzonych 8 punktów geodezyjnej osnowy sytuacyjnej znajdującej się na terenie kampusu studenckiego Kortowo (rys 1.). Do pomiarów metodą statyczną wykorzystano wysokiej klasy dwuczęstotliwościowy odbiornik GNSS Trimble R8. Współrzędne wszystkich punktów testowych zostały dokładnie wyznaczone w wielogodzinnej sesji statycznej w odniesieniu do kilku stacji referencyjnych GNSS (dla lokalnej stacji referencyjnej KORT jak i wybranych stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS), co dało możliwość uznania wyników za punkty referencyjne i umożliwiło porównanie uzyskanych współrzędnych z wykorzystanymi w badaniach metodami pomiarów GPS.



Rys 1. Rozmieszczenie 8 testowych punktów osnowy sytuacyjnej na terenie Kortowa

2.2 Drugi etap badań

Przeprowadzone obserwacje miały miejsce 28.05.2010 r. w godzinach 11.00-13.00. Punkty testowe zostały pomierzone w sesjach 5 minutowych za pomocą odbiornika Trimble GeoXM z wyszczególnieniem osobno każdego z obserwowanych geostacjonarnych satelitów systemu EGNOS.

Kolejną czynnością było wykonanie pomiarów z użyciem serwisów NAWGIS i KODGIS systemu ASG-EUPOS. Pomiary z korektami różnicowymi wykonano wysokiej klasy dwuczęstotliwościowym odbiornikiem geodezyjnym Topcon HiPer Pro z wykorzystaniem ww. serwisów systemu ASG-EUPOS. Pomiary odbyły się w 2 minutowych sesjach przy umiarkowanym zachmurzeniu oraz ok. 18°C. Do odbioru poprawek ze stacji referencyjnych GNSS wykorzystany został Modem GSM/GPRS IGTS-R. Po uprzednim skonfigurowaniu odbiornika i modemu oraz nawiązaniu połączenia GPRS z systemem ASG-EUPOS ustawiony został w modemie format odbioru korekt różnicowych RTCM 2.1.

2.3 Wyniki badań

Głównym celem wykonanych badań było sprawdzenie i analiza dokładności systemu EGNOS (sesje 5minutowe-odbiornik Trimble GeoXM) oraz serwisów systemu ASG-EUPOS (odbiornik Topcon HiperPro). Do analizy dokładności wykorzystano serwisy NAWGIS i KODGIS systemu ASG-EUPOS. Wszystkie wyniki pomiarów to uśrednione współrzędne zapisane w interwale 1 sekundowym, które zostały porównane do referencyjnych, wyznaczonych w I etapie współrzędnych punktów. Sesje pomiarowe zostały wykonane kolejno dla 3 satelitów geostacjonarnych i pomiarów autonomicznych (tab. 1), dla pomiarów z wykorzystaniem serwisów NAWGIS/KODGIS (tab. 2).

Tab. 1. Odchylenia współrzędnych x, y, h uśrednionych wyników z 5-minutowej rejestracji pomiarów z wykorzystaniem systemu EGNOS.

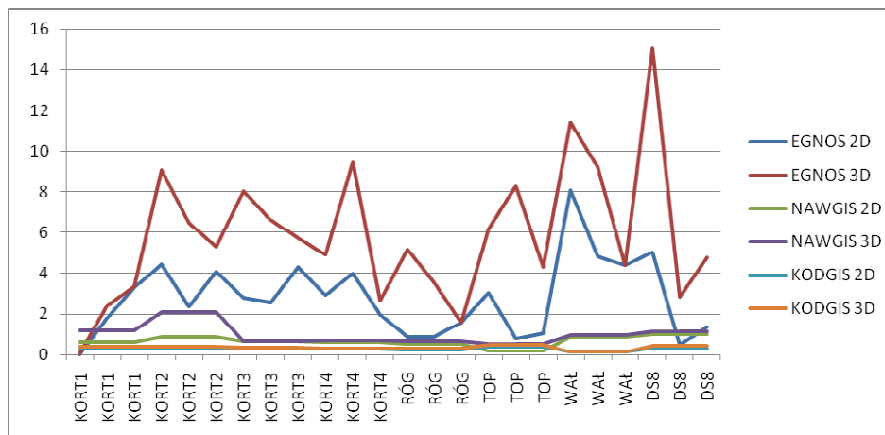
NAZWA PUNKTU	SAT. EGNOS PRN:	EGNOS - pomiar 5 minutowy			AUTONOMICZNY- pomiar 5 minutowy		
		dx [m]	dy [m]	dh [m]	dx [m]	dy [m]	dh [m]
Warunki obserwacyjne b.dobre							
KORT1	120	0,01	0,01	0,05	2,77	0,12	4,29
KORT1	124	1,76	0,23	1,57			
KORT1	126	0,03	3,32	0,32			
KORT2	120	4,22	1,41	7,88	2,39	0,64	1,67
KORT2	124	0,91	2,14	6,04			
KORT2	126	3,11	2,63	3,36			
KORT3	120	2,68	0,72	7,51	2,54	1,49	3,94
KORT3	124	2,56	0,09	6,06			
KORT3	126	36,81	1,94	3,78			
KORT4	120	1,96	2,13	3,98	2,96	1,42	2,4
KORT4	124	2,6	3,05	8,55			
KORT4	126	0,87	1,76	1,8			
ROG	120	0,88	0,16	5,09	1,42	1,77	5,34

ROG	124	0,63	0,59	3,44			
ROG	126	1,44	0,59	0,04			
TOP	120	2,08	2,24	5,37	0,65	2,24	4,65
TOP	124	0,79	0,04	8,25			
TOP	126	0,91	0,51	4,17			
WAŁ	120	7,73	2,24	8,07	1,84	0,67	2,36
WAŁ	124	4,8	0,06	7,85			
WAŁ	126	4,34	0,54	0,14			
DS8 – zasłony	120	1,2	4,91	14,19	9,1	2,98	15,32
DS8 – zasłony	124	0,23	0,43	2,78			
DS8 – zasłony	126	1,25	0,55	4,56			
Średnie odchylenie	-----	2,12	1,35	4,79	2,96	1,42	5,00

Tab. 2. Odchylenia współrzędnych x, y, h uśrednionych wyników z 5-minutowej rejestracji pomiarów z wykorzystaniem serwisów NAWGIS/KODGIS systemu ASG-EUPOS.

NAZWA PUNKTU	NAWGIS- RTCM/GPRS			KODGIS- RTCM/GPRS		
	dx [m]	dy [m]	dh [m]	dx [m]	dy [m]	dh [m]
KORT 1	0,4	0,49	0,99	0,23	0,22	0,45
KORT 2	0,78	0,42	1,87	0,25	0,21	0,49
KORT 3	0,52	0,38	0,18	0,29	0,16	0,29
KORT 4	0,48	0,37	0,37	0,16	0,19	0,36
ROG	0,51	0,19	0,34	0,07	0,22	0,15
TOP	0,02	0,17	0,51	0,35	0,22	0,17
WAŁ	0,78	0,39	0,4	0,12	0,03	0,2
DS8	0,6	0,79	0,51	0,1	0,3	0,53
średnie odchylenie	0,51	0,4	0,65	0,20	0,19	0,33

Błędy położenia 2D i 3D punktów dla poszczególnych metod pomiarowych zestawiono na rys 2 i w tab. 3.



Rys 2. Błędy położenia 2D i 3D punktów dla poszczególnych metod pomiarowych [m]

Tab. 3. Zestawienie błędów położenia 2D i 3D punktów dla poszczególnych metod pomiarowych [m]

NAZWA PUNKTU	EGNOS 2D	EGNOS 3D	NAWGIS 2D	NAWGIS 3D	KODGIS 2D	KODGIS 3D
KORT1	0,01	0,05	0,63	1,17	0,32	0,39
KORT1	1,77	2,37	0,63	1,17	0,32	0,39
KORT1	3,32	3,34	0,63	1,17	0,32	0,39
KORT2	4,45	9,05	0,89	2,07	0,33	0,39
KORT2	2,33	6,47	0,89	2,07	0,33	0,39
KORT2	4,07	5,28	0,89	2,07	0,33	0,39
KORT3	2,78	8,01	0,64	0,67	0,33	0,37
KORT3	2,56	6,58	0,64	0,67	0,33	0,37
KORT3	4,28	5,71	0,64	0,67	0,33	0,37
KORT4	2,89	4,92	0,61	0,71	0,25	0,31
KORT4	4,01	9,44	0,61	0,71	0,25	0,31
KORT4	1,96	2,66	0,61	0,71	0,25	0,31
RÓG	0,89	5,17	0,54	0,64	0,23	0,32
RÓG	0,86	3,55	0,54	0,64	0,23	0,32
RÓG	1,56	1,56	0,54	0,64	0,23	0,32
TOP	3,06	6,18	0,17	0,54	0,41	0,47
TOP	0,79	8,29	0,17	0,54	0,41	0,47
TOP	1,04	4,30	0,17	0,54	0,41	0,47
WAŁ	8,05	11,40	0,87	0,96	0,12	0,13
WAŁ	4,80	9,20	0,87	0,96	0,12	0,13

WAŁ	4,37	4,38	0,87	0,96	0,12	0,13
DS8	5,05	15,06	0,99	1,12	0,32	0,44
DS8	0,49	2,82	0,99	1,12	0,32	0,44
DS8	1,37	4,76	0,99	1,12	0,32	0,44

3. WNIOSKI

Dokładność oferowana przez system EGNOS przy pełnej jego operacyjności powinna wynosić 3 metry w płaszczyźnie poziomej oraz 4 metry w płaszczyźnie pionowej. EGNOS oferuje takie dokładności w teorii, w najgorszej lokalizacji użytkownika, z prawdopodobieństwem 95%. (*EGN ODC-OS VI.0*) W przypadku pomiarów autonomicznych, bez wykorzystania systemu EGNOS, wartości oferowane przez system GPS (wartości przeciętne w skali globalnej) powinny wynosić 9 metrów w płaszczyźnie horyzontalnej i 15 metrów w płaszczyźnie wertykalnej. (*SPS PS*).

Podczas analizy wyników na wszystkich punktach można z łatwością zauważyć, że we wszystkich pomiarach, poza jednym, dokładności uzyskane przy pomiarach z wykorzystaniem systemu EGNOS nie przekraczają wartości 10 metrów. Jedynie w jednym przypadku, na punkcie DS8 przy pomiarze 5 minutowym, dokładność w płaszczyźnie pionowej wyniosła 14,19 m. Można to tłumaczyć faktem, iż w przypadku tego punktu pomiar był utrudniony ze względu na liczne wysokie zaslony występujące w okolicy tego punktu. Pomimo tego można już na tym etapie analizowania wyników uznać, iż wartości uzyskane podczas przeprowadzonych pomiarów osiągnęły dokładności wyższe, niż te oferowane przez autonomiczny pomiar z wykorzystaniem samego systemu GPS. Analizując jednakże każdy pomiar możemy zaobserwować, że w przypadku pomiarów 5 minutowych, dokładność powyżej rzędu 3 m oferowana przez system EGNOS w płaszczyźnie horyzontalnej, została przekroczona w 9 na 48 przypadków, a wartość dokładności powyżej 4 m w płaszczyźnie wertykalnej została przekroczona w 13 przypadkach na 24 razy. Dla pomiarów 5 minutowych pozycja została wyznaczona w granicy oczekiwanego błędu w płaszczyźnie poziomej w 81,2 % przypadków, a w płaszczyźnie pionowej w 45,8 % przypadków.

W przypadku pomiarów 5 minutowych z wykorzystaniem satelity PRN 120, w płaszczyźnie horyzontalnej, wartości współrzędnych w granicach oczekiwanego błędu wyznaczono źle 3 na 16 razy. W płaszczyźnie wertykalnej błędne wyznaczenia osiągnięto w 6 na 8 przypadków. Daje to prawidłowe wyznaczenia współrzędnych w poziomie w 81,2 % przypadkach i zaledwie 25 % przypadkach w pionie.

Dla satelity PRN 124 podczas pomiaru 5 minutowego błędne wyznaczenie współrzędnej horyzontalnej nastąpiło w 2 na 16 przypadków, a współrzędnej wertykalnej w 5 na 8 przypadków. Prawidłowe wyznaczenie współrzędnej, z wykorzystaniem tego satelity, nastąpiło zatem w 87,5 % dla osi X i Y oraz jedynie 37,5 % dla osi H.

Wykorzystując satelitę PRN 126 do przeprowadzenia pomiarów 5 minutowych błędne wyniki w płaszczyźnie poziomej uzyskano w 4 na 16 przypadków, zaś w płaszczyźnie pionowej w 2 na 8 przypadków. Procentowo daje to 75,0 % poprawnych wyznaczeń w poziomie i tyle samo poprawnych wyznaczeń w pionie.

Przyczyną tak małej odsetki pomiarów mieszczących się w przedziale oczekiwanego błędu względem współrzędnych referencyjnych, może być fakt, że obszar badań

(wschodnia Europa) znajduje się na krańcu strefy obejmującej działanie systemu EGNOS. Należy również pamiętać o tym, że system EGNOS osiągnął pełną operacyjność stosunkowo niedawno. Błędy wyznaczenia współrzędnych mogą być także spowodowane błędami oprogramowania dostępnego w odbiornikach.

Wykonując pomiary z wykorzystaniem systemu EGNOS, należy mieć na uwadze fakt, że współrzędne, które otrzymujemy mogą się różnić od wartości referencyjnych (prawdziwych). Stąd zawsze konieczne jest dokonywanie analiz pomiarów i kontrola uzyskanych wyników. Wykorzystując system EGNOS nie otrzymujemy jeszcze współrzędnych o takich dokładnościach, jakie oferuje system w teorii. Jednakże dziedzina pomiarów satelitarnych rozwija się obecnie w szybkim tempie i stosuje ona coraz to nowsze technologie i metody, stąd można się spodziewać, że z czasem uzyskiwane dokładności będą zgodne z podaną specyfikacją.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Cydejko J., Oszczak S.: *First Results of Satellite Positioning with Using EGNOS System Test BED (ESTB) Signal in Poland*, Proceedings of the IX International Scientific and Technical Conference on Marine Traffic Engineering, Szczecin, 2001, pp. 17-27.
- [2] Mięsikowski M., Nowak A., Oszczak B., Specht C., *EGNOS–Accuracy performance in Poland*, Annual of Navigation, listopad 2006
- [3] Krywanis M.: *Ku wschodniej Europie*, Geodeta, NR 174, listopad 2009
- [4] Bosy J., Graszka W., Leonczyk M.: *A multifunctional precise satellite positioning system in Poland*, European Journal of Navigation, vol. 5 (4) wrzesień 2007
- [5] Graszka W.: *Wielofunkcyjny system precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego ASGEUPOS*, Geodeta, Geoinformational Magazine, vol. 2 (141), 2007
- [6] SPS 2008 *Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard, Integrity-Service-Excellence*, Department of Defense, 4th Edition, September 2008