

Arkadiusz TYSZKO¹
Dariusz POPIELARCZYK²
Rafał KAŻMIERCZAK³
Stanisław OSZCZAK⁴

ANALIZA DZIAŁANIA SYSTEMU ASG-EUPOS W WARUNKACH DYNAMICZNYCH

Przeprowadzenie sondażu hydroakustycznego celem wykonania aktualnej, wiarygodnej i bardzo szczegółowej mapy batymetrycznej wymaga wykorzystania zarówno sygnałów z Satelitarnych Systemów Pozycjonowania, systemów wspomagających jak również technologii przetwarzania sygnałów pochodzących z urządzeń hydrograficznych. O wiarygodności i dokładności mapy batymetrycznej decyduje wypadkowa dokładności systemu pozycjonowania oraz systemu hydroakustycznego oraz ich integracja. Celem przeprowadzonych doświadczeń było określenie charakterystyk dokładności oraz niezawodności działania serwisów naziemnego systemu wspomagającego: ASG-EUPOS (Aktywna Sieć Geodezyjna).

Obiektem testowym podczas prowadzenia eksperymentalnych prac pomiarowych było jezioro Kisajno koło Giżycka.

ANALYSIS OF THE ASG-EUPOS SYSTEM OPERATION UNDER DYNAMIC CONDITIONS

Conducting hydroacoustic sounding for the purpose of producing a current, reliable and highly detailed bathymetric map, requires using the signals from Satellite Positioning Systems and support systems as well as technologies for processing the signals from hydrographical devices. The reliability and accuracy of the bathymetric map are determined by the resultant of the positioning system and the hydroacoustic system accuracy and their integration. The experimental studies conducted aimed at determining the characteristics of accuracy and operational reliability of the ASG-EUPOS (Active Geodesic Network) ground support system services.

Lake Kisajno near Giżycko was the test facility during conducting the experimental measurement works.

¹ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji, e-mail: a.tyszko@geodezja.pl

² Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji, e-mail: dariusz.popielarczyk@uni.olsztyn.pl

³ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji, e-mail: r.kazmierczak@kgsin.pl

⁴ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji, e-mail: oszczak@uni.olsztyn.pl

1. WSTĘP

Zasadniczym narzędziem w procesie ciągłego wyznaczania położenia obiektu jest amerykański system w skrócie nazywany NAVSTAR GPS lub po prostu GPS. Jego pełna, angielska nazwa brzmi *Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System* [1].

System ASG-EUPOS składa się z trzech głównych segmentów: segment odbiorczy, centrum zarządzające, użytkownicy [2, 3]. Pierwszy z nich złożony jest z 98 (84 GPS + 14 GPS/GLONASS) stacji referencyjnych GNSS równomiernie rozłożonych na terenie kraju. Dodatkowo w skład tego bloku wchodzi 22 stacje zagraniczne rozmieszczone wzdłuż granic Polski. Zadaniem segmentu odbiorczego jest rejestrowanie danych obserwacyjnych odbieranych z satelitów GNSS oraz transmitowanie ich w czasie rzeczywistym do Centrum Obliczeniowego. Zgodnie ze standardem EUPOS przy budowie segmentu odbiorczego przyjęto następujące założenia:

- średnia odległość pomiędzy stacjami wynosi 70km,
- do sieci stacji referencyjnych włączone zostały istniejące stacje EPN (*European Permanent Network*) oraz IGS (*International GNSS Service*),
- współrzędne stacji wyznaczone zostały w systemie ETRS89 (*European Terrestrial Reference System*) oraz układach państwowych,
- w stacjach referencyjnych wykorzystano jedynie dwuczęstotliwościowe precyzyjne odbiorniki GNSS,
- miejsca zainstalowania stacji referencyjnych wybrano tak, aby zapewnić dogodne warunki obserwacji satelitów GNSS (brak zasłon, zakłóceń sygnału).

Drugi segment – Centrum Zarządzające stanowią dwa Krajowe Centra Zarządzania zlokalizowane w Warszawie oraz w Katowicach. Główną funkcją tego segmentu jest wyliczenie oraz udostępnianie danych w poszczególnych serwisów systemu ASG-EUPOS.

Trzeci segment – użytkownicy systemu – po zarejestrowaniu się w Systemie mogą korzystać z dwóch grup serwisów: czasu rzeczywistego oraz postprocessingu.

Batymetria jest działem hydrografii, który zajmuje się badaniem kształtu dna zbiorników wodnych. Produktem końcowym pomiarów batymetrycznych jest najczęściej mapa batymetryczna, tj. mapa głębokości konkretnego zbiornika wodnego, gdzie głębokości są zobrazowane poprzez izobaty – linie łączące punkty o tej samej głębokości na dnie zbiornika wodnego. Nowoczesne mapy batymetryczne, w postaci cyfrowej (wektorowej), mogą być także wizualizowane jako numeryczny model terenu. W celu zebrania danych, które posłużą do sporządzenia mapy batymetrycznej lub numerycznego modelu terenu niezbędne jest wykonanie wspomnianych wcześniej pomiarów batymetrycznych [4].

Sondaż hydroakustyczny odbywa się z wykorzystaniem urządzeń batymetrycznych jak również odbiorników satelitarnych GNSS. Informacje pozyskane z tych ostatnich, zintegrowane z cyfrowym podkładem mapowym tworzą w pewnym stopniu system nawigacyjny. Celem przeprowadzonych doświadczeń było określenie charakterystyk dokładności oraz niezawodności działania serwisów naziemnego systemu wspomagającego: ASG-EUPOS (Aktywna Sieć Geodezyjna).

Obiektem testowym podczas prowadzenia eksperymentalnych prac pomiarowych było jezioro Kisajno koło Giżycka.

Rejestracja danych odbywała się głównie w południowej części jeziora. Taki wybór pozwolił na osiągnięcie rzeczywistych warunków (wpływ zasłon terenowych) dla wyznaczeń współrzędnych z wykorzystaniem satelitarnych technik pomiarowych. Z jednej strony odsłonięty horyzont pozwalał na obserwację maksymalnej liczby satelitów, z drugiej strony inwentaryzacja zbiornika wodnego wokół wysp porośniętych drzewami dawała warunki, w których ograniczona była liczba widocznych satelitów [5].

2. OPIS BADAŃ TERENOWYCH – POZYSKIWANIE DANYCH

Wyznaczenia współrzędnych w czasie rzeczywistym były dokonywane technikami różnicowymi: RTK oraz DGPS. Do tego celu wykorzystano serwisy czasu rzeczywistego ASG-EUPOS: NAWGEO, KODGIS oraz NAWGIS. Dla potrzeb wyznaczenia pozycji odniesienia dla technik różnicowych pobrano surowe obserwacje za pośrednictwem serwisu POZGEO ze stacji GIZY (Giżycko). Stacja ta znajdowała się około 5 kilometrów od obszaru, na którym przeprowadzono zbieranie danych.

Odbiorniki wraz z antenami zewnętrznymi oraz rejestratorami były zainstalowane na łodzi motorowej „Orbita”.

Rejestracja danych odbywała się na trzech zestawach pomiarowych: jeden Ashtech Xtreme oraz dwa odbiorniki Topcon HiperPro. Dla potrzeb charakterystyki serwisów ASG-EUPOS wykonano doświadczenia polegające na rejestrowaniu współrzędnych oraz surowych obserwacji GNSS. Trzy anteny zostały zamontowane na kabinie łodzi tak by całkowicie uniknąć ograniczenia dostępu do sygnału przez jednostkę pływającą. Między antenami została pomierzona rzeczywista odległość, która w procesie opracowania danych posłużyła jako kontrola współrzędnych obliczonych w postprocessingu. Rozmieszczenie anten/odbiorników pokazano na rys. 1.



Rys.1. Rozmieszczenie anten/odbiorników GPS na kabinie łodzi.

Również na dachu zostały zamontowane terminale GSM/GPRS, za pośrednictwem których, następowała komunikacja z poszczególnymi serwisami systemu ASG-EUPOS.

Rejestracja danych w czasie rzeczywistym odbywała się za pośrednictwem kontrolera oraz komputera przenośnego typu laptop. Archiwizacja danych była w sposób ciągły

monitorowana, by wykluczyć wpływ przypadkowych czynników (np. odłączenie kabla łączącego terminal GSM/GPRS z odbiornikiem GPS) na charakterystyki badanych serwisów.

3. PRZEPROWADZONE OBLICZENIA

Na potrzeby przeprowadzenia analiz serwisów czasu rzeczywistego systemu ASG-EUPOS należało wyznaczyć pozycje odniesienia. Obliczeń dokonano z wykorzystaniem oprogramowania AOS (*Ashtech Office Suit*, wersja 2.0). Surowe obserwacje zarejestrowane przez odbiorniki Topcon zostały przekonwertowane do znormalizowanego formatu wymiany danych RINEX (*Receiver Independent Exchange*). Do obliczeń postprocessing przyjęto jedną stację odniesienia, znajdującą się w Giżycku w odległości około 5 kilometrów od obszaru, na którym przeprowadzano badania.

W procesie obliczeń uwzględniono modele odbiorników jak również modele anten.

Na podstawie wyznaczonych w postprocessingu współrzędnych policzono wektory między antenami odbiorników. Epoki, dla których wartości Δx i Δh różniły się o odpowiednio więcej niż 10 i 20 centymetrów zostały odrzucone. Takie podejście daje możliwość ograniczenia wpływu błędów związanych z niepoprawnym wyznaczeniem pozycji w postprocessingu na obliczaną dokładność poszczególnych serwisów ASG-EUPOS. Analiza wektorów wykazała, iż w kilku przypadkach odebranie sygnału od nowego satelity wpłynęło na zwiększenie błędu wyznaczenia współrzędnych. Analiza danych zapisanych w formacie RINEX dała możliwość identyfikacji danego satelity oraz wykluczenie go w ponownym opracowaniu danych w postprocessingu. Wpłynęło to zarówno na dokładność wyznaczanych współrzędnych, jak również na zwiększenie liczby dostępnych epok do porównania uzyskanych w postprocessingu. Aplikacje realizujące zadanie obliczania wektorów między antenami odbiorników oraz ich analizę zostały napisane w środowisku Matlab.

Analiza danych (format NMEA, wiadomość GGA), zarejestrowanych przez odbiorniki Topcon, wykazała zapis podwójnych pozycji dla jednej epoki. W takim przypadku przyjmowano wyższy status pozycji. Jeżeli w jednej epoce była zarejestrowana pozycja RTK/Float i RTK/Fixed przyjmowano pozycję RTK/Fixed. Jeżeli przed lub po podwójnym zapisie w jednej sekundzie występowała przerwa wówczas rozkładano te wyznaczenia na przerwę oraz na daną epokę. Przykład podwójnego zapisu oraz brak synchronizacji danych pokazuje rys. 2.

```

$GPRGA,121152.00,5403.5295551,N,02142.7086404,E,1,13,0.80,109.9794,M,33.6482,M,,*55
$GPRGA,121153.00,5403.5297646,N,02142.7081499,E,1,12,0.86,110.0117,M,33.6482,M,,*5B
$GPRGA,121154.00,5403.5300002,N,02142.7075416,E,1,12,0.86,109.9976,M,33.6482,M,,*57
$GPRGA,121155.00,5403.5302916,N,02142.7069284,E,1,13,0.80,109.9729,M,33.6482,M,,*5B
$GPRGA,121146.00,5403.5273844,N,02142.7089460,E,4,07,1.02,111.9418,M,33.6483,M,0.0,0034*71
$GPRGA,121157.00,5403.5310499,N,02142.7057681,E,1,13,0.80,109.9378,M,33.6482,M,,*5C
$GPRGA,121158.00,5403.5314901,N,02142.7054751,E,1,13,0.79,109.9424,M,33.6482,M,,*5C
$GPRGA,121159.00,5403.5319257,N,02142.7054267,E,1,13,0.79,109.9472,M,33.6482,M,,*5B
$GPRGA,121157.00,5403.5302329,N,02142.7044790,E,4,06,1.15,111.9226,M,33.6482,M,0.0,0034*76
$GPRGA,121158.00,5403.5306735,N,02142.7041874,E,4,06,1.15,111.9286,M,33.6482,M,0.0,0034*7E
$GPRGA,121200.00,5403.5315097,N,02142.7043402,E,4,07,1.12,111.9290,M,33.6482,M,0.0,0034*70
$GPRGA,121201.00,5403.5317982,N,02142.7047715,E,4,07,1.12,111.9501,M,33.6482,M,0.0,0034*73
$GPRGA,121202.00,5403.5319730,N,02142.7053003,E,4,08,1.04,111.9404,M,33.6482,M,0.0,0034*70
$GPRGA,121203.00,5403.5320594,N,02142.7059427,E,4,08,1.04,111.9375,M,33.6481,M,0.0,0034*7D
$GPRGA,121204.00,5403.5320062,N,02142.7066879,E,4,08,1.04,111.9387,M,33.6481,M,0.0,0034*70
$GPRGA,121205.00,5403.5318694,N,02142.7075454,E,4,08,1.04,111.9336,M,33.6481,M,0.0,0034*7E
$GPRGA,121206.00,5403.5316781,N,02142.7085278,E,4,08,1.04,111.9664,M,33.6481,M,0.0,0034*73

```

Rys.2. Podwójny zapis w jednej epoce, błędna synchronizacja danych.

Dla każdej wiadomości NMEA były sprawdzane sumy kontrolne. Wiadomości, których suma kontrolna obliczona oraz ta zapisana na końcu wiadomości nie zgadzały się zostały usunięte. Dla wszystkich zarejestrowanych rekordów danych, liczba wiadomości usuniętych z powodu błędnej sumy kontrolnej nie przekroczyła 3.

Wszystkie analizy dokładności zostały przeprowadzone na współrzędnych płaskich w PUW 2000. Przyjęto 7 strefę układu „2000” z południkiem osiowym 21°.

4. ANALIZA WYNIKÓW

4.1 Serwis KODGIS VRS 2.3

Czas logowania serwisu KODGIS VRS 2.3 wyniósł 1:28:08. Stanowi to 5 288 epok pomiarowych. Rejestrując współrzędne w/w serwisu odnotowano dwie przerwy w ich rejestracji. Przerwy, w których nie było możliwe wyznaczenie współrzędnych trwały 1 sekundę. Wszystkie zapisane pozycje posiadały status 2 – DGPS/SPS (*Differential GPS / Standard Positioning Service*). Dostępność pozycji DGPS była przez 100% dostępności pozycji. Wyniki porównania przedstawiono w tab. 1.

Tab. 1. Charakterystyka dostępności serwisu KODGIS VRS 2.3

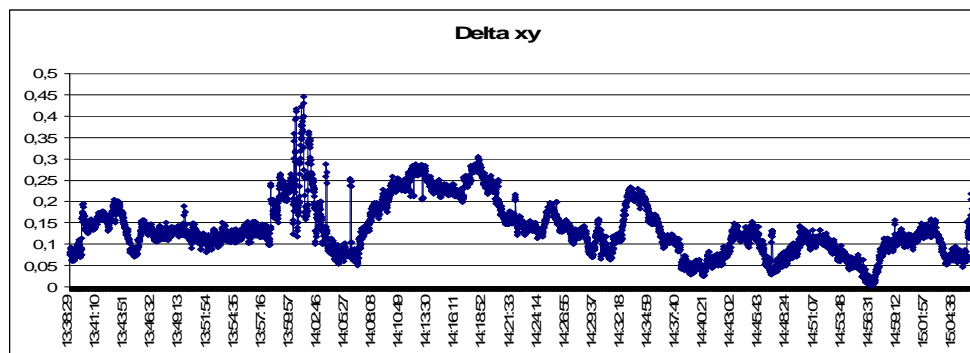
Początek/Koniec logowania	13:38:28/15:06:35
Czas logowania (epoki)	01:28:08 (5 288)
Serwis KODGIS VRS 2.3	
Liczba przerw	2
Liczba zalogowanych epok DGPS	5 286 (100,00%)
	5 286 (100,00%)
Postprocessing	
Liczba przerw	13
Liczba zalogowanych epok (pozycji)	5 272

Wprowadzając ustawienia (dla pozycji DGPS) określające: maksymalny HDOP/PDOP = 6, minimalna liczba satelitów = 5, oraz takie same wartości dla pozycji obliczonej

w postprocessingu otrzymano średni błąd wyznaczenia pozycji płaskiej równy: 0,14 metra. Maksymalna wartość błędu wyniosła 0,44 metra i była wyznaczona w miejscu gdzie występowały zasłony terenowe (drzewa) powodujące spadek dostępnej liczby obserwowanych satelitów. Liczba satelitów, od których odbierano sygnał w tym okresie wahała się od 6 do 8. Wyniki porównania przedstawiono w tab. 2. Rozkład błędów pozycji płaskiej w czasie przedstawia rys. 3.

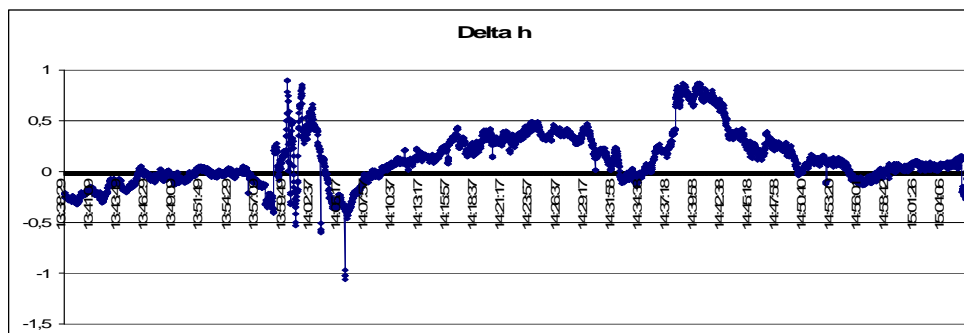
Tab. 2. Charakterystyka dokładności serwisu KODGIS VRS 2.3

Porównanie	
Liczba porównanych epok	5 271
Średnia\maksymalna dla delta x:	000.0960 \ 000.3373
Średnia\maksymalna dla delta y:	000.0816 \ 000.3210
Średnia\maksymalna dla delta xy:	000.1366 \ 000.4464
Średnia\maksymalna dla delta h:	000.2055 \ 001.0645
Średnia\maksymalna dla delta xyh:	000.2701 \ 001.0942

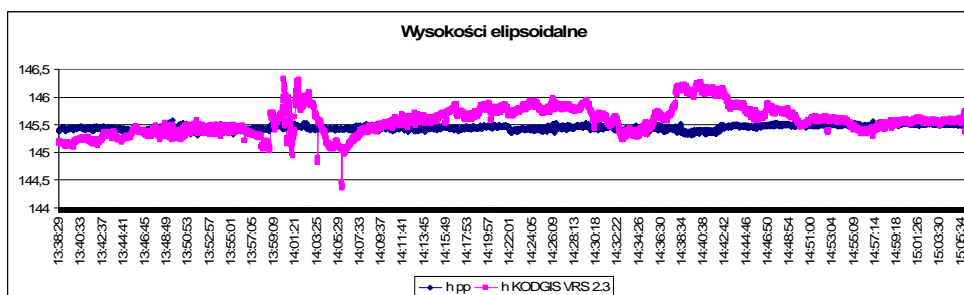


Rys. 3. Rozkład błędów pozycji płaskiej w czasie

Analizując wartości różnic między wysokością elipsoidalną zarejestrowaną z wykorzystaniem serwisu KODGIS VRS 2.3 a wysokością obliczoną w postprocessingu należy stwierdzić, iż średnia różnica wynosi 0,21 metra. Maksymalna wartość tej różnicy wynosząca 1,06 metra była odnotowana w chwili, gdy liczba satelitów wahała się pomiędzy 9 a 10. Właśnie przerywany odbiór danych od satelity znajdującego się powyżej zasłony terenowych spowodował maksymalną wartość różnicy dla współrzędnej h. W okresie od ok 14:37 do ok 14:43 odnotowano zwiększoną wartość różnicy wysokości. Analizując dostępne dane należy przypuszczać, że spowodowane to było niską wysokością poziomą jednego z satelitów. W tym okresie liczba obserwowanych satelitów dla techniki DGPS utrzymywała się na stałym poziomie i wynosiła 10. Rozkład wyznaczeń wysokości w czasie przedstawia rys. 4, 5.



Rys. 4. Rozkład błędów wysokości w czasie



Rys. 5. Rozkład wyznaczeń wysokości w czasie

4.2 Serwis NAWGEO VRS 2.3

Czas logowania serwisu NAWGEO VRS 2.3 wyniósł 1:34:10. Stanowi to 5 650 epok pomiarowych. Rejestrując współrzędne z wykorzystaniem analizowanego serwisu odnotowano 153 przerwy w ich rejestracji. Odnotowano przerwy, które trwały 1 sekundę – 135 razy, 2 sekundy – 17 razy, 3 sekundy – raz. Odnotowano 4 861 wyznaczonych pozycji, które miały status RTK/Fixed, 426 – RTK/Float oraz 190 wyznaczeń absolutnych. Wyniki porównania przedstawiono w tab. nr 3.

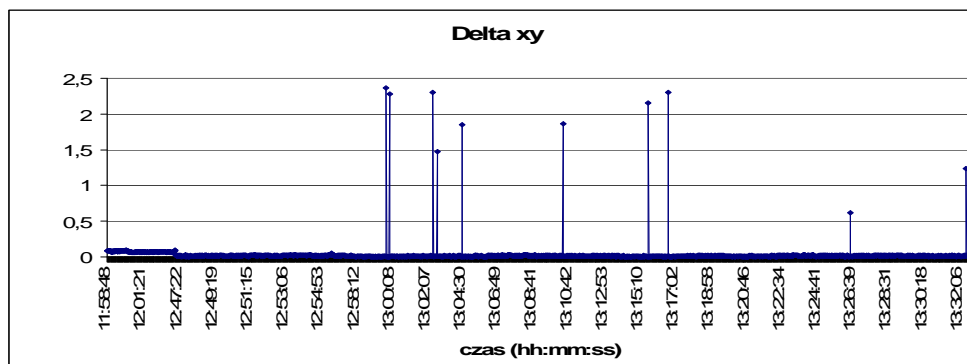
Tab. 3. Charakterystyka dostępności serwisu NAWGEO VRS 2.3

Początek/Koniec logowania (GPS)	11:58:46/13:32:55
Czas logowania (epoki)	1:34:10 (5 650)
Serwis NAWGEO VRS 2.3	
Liczba przerw (brak pozycji)	153 (172 epoki)
Liczba zalogowanych epok	5 478 (100%)
RTK/Fixed; RTK/Float	4 861 (88.74%); 426 (7.78%)
Autonomiczna	190 (3.47%)
Postprocessing	
Liczba przerw	40
Liczba otrzymanych epok (pozycji)	3 116

Wprowadzając ustawienia (dla pozycji RTK/Fixed) określające: maksymalny HDOP/PDOP = 6, minimalna liczba satelitów = 5, oraz takie same wartości dla pozycji obliczonej w postprocessingu otrzymano średni błąd wyznaczenia pozycji płaskiej równy: 0,02 metra. Maksymalna wartość błędu wyniosła 2,36 metra i była wyznaczona w miejscu gdzie nie występowały zasłony terenowe. Sytuacja, kiedy to błąd wyznaczenia współrzędnych w oparciu o serwis NAWGEO VRS 2.3 znacznie odbiegał od średniej zanotowano w pojedynczych przypadkach. Wiązało się to ze zmianą liczby obserwowanych satelitów. Liczba satelitów, od których odbierano sygnał w tym okresie wahała się od 6 do 8. Rozkład błędów pozycji płaskiej w czasie przedstawia rys. 6. Wyniki porównania przedstawiono w tab. 4.

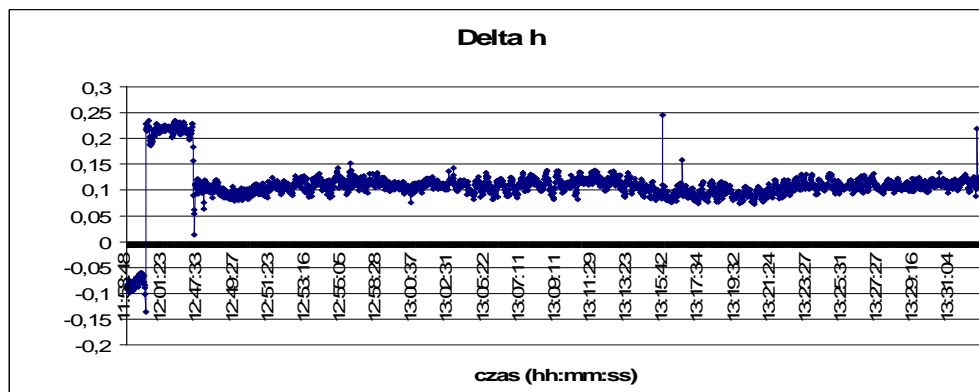
Tab. 4. Charakterystyka dokładności serwisu NAWGEO VRS 2.3

NAWGEO VRS 2.3		
Porównanie (metry)	RTK/Fixed	RTK/Float
Liczba porównanych epok (sek.)	2 586	123
Średnia/maksymalna dla delta x:	0.0137 \ 1.8244	0.3094 \ 3.5464
Średnia/maksymalna dla delta y:	0.0170 \ 2.3641	0.1667 \ 2.3085
Średnia/maksymalna dla delta xy:	0.0244 \ 2.3645	0.3900 \ 3.9950
Średnia/maksymalna dla delta h:	0.1122 \ 0.2453	0.2868 \ 0.9621
Średnia/maksymalna dla delta xyh:	0.1211 \ 2.3673	0.5338 \ 3.9967



Rys. 6. Rozkład błędów pozycji płaskiej (RTK/Fixed) w czasie

Analizując różnice pomiędzy wysokością elipsoidalną zarejestrowaną z wykorzystaniem serwisu NAWGEO VRS 2.3 a wysokością obliczoną w postprocessingu należy stwierdzić, iż średnia wartość wynosi 0,11 metra. Maksymalna wartość tej różnicy wynosząca 0,24 metra. Analizując dostępne dane należy przypuszczać, że zmiana różnicy wysokości (11:59:47) była spowodowana niską wysokością horyzontalną jednego/dwóch satelitów. W tym okresie liczba obserwowanych satelitów dla techniki RTK/Fixed najpierw zmniejszyła się z 7 do 5 a następnie wzrosła ponownie do 7. Rozkład wyznaczeń wysokości w czasie przedstawia rys. 7.



Rys. 7. Rozkład błędów wysokości (RTK/Fixed) w czasie.

4.3 Serwis SingleStation, stacja GIZY, RTCM 3.1

Czas logowania serwisu SingleStation, stacja GIZY, RTCM 3.1 wyniósł 1:48:03. Stanowi to 6 483 epoki pomiarowe. Rejestrując współrzędne z wykorzystaniem analizowanego serwisu odnotowano 118 przerwy w ich rejestracji. Przerwy z podziałem na długość trwania: 1 sekundę – 98 razy, 2 sekundy – 18 razy, 3 sekundy – 1raz, 4 sekundy – 1 raz. Odnotowano 4 740 wyznaczonych pozycji, które miały status RTK/Fixed, 561 – RTK/Float oraz 1 041 wyznaczeń absolutnych. Udział procentowy w wyznaczonej pozycji przedstawia się następująco: RTK/Fixed – 74,74%, RTK/Float – 8,85%, autonomiczna – 16,41%. Wyniki porównania przedstawiono w tab. 5.

Tab. 5. Charakterystyka dostępności serwisu SingleStation GIZY 2.3

Początek/Koniec logowania (GPS)	09:54:22/11:42:24
Czas logowania (epoki)	1:48:03 (6 483)
Serwis SingleStation, stacja GIZY, RTCM 3.1	
Liczba przerw (brak pozycji)	118
Liczba zalogowanych epok	6 342 (100,00%)
RTK/Fixed; RTK/Float	4 740 (74,74%); 561 (8,85%)
Autonomiczna	1 041 (16,41%)
Postprocessing	
Liczba przerw	13
Liczba otrzymanych epok (pozycji)	6 437

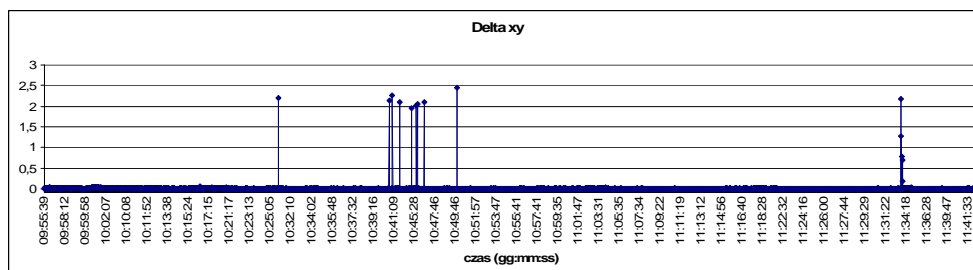
Maksymalna wartość błędu wyznaczenia RTK/Float pojawiła się jeden raz i znacząco podniosła średnią wartość tego błędu. Pomijając tą jedną epokę otrzymamy średnią wartość różnicy położenia punktu równą: 0,33 metra.

Wprowadzając ustawienia (dla pozycji RTK/Fixed) określające: maksymalny HDOP/PDOP = 6, minimalna liczba satelitów = 5, oraz takie same wartości dla pozycji obliczonej w postprocessingu otrzymano średni błąd wyznaczenia pozycji płaskiej równy:

0,02 metra. Maksymalna wartość błędu wyniosła 2,20 metra i była wyznaczona w miejscu gdzie nie występowały zasłony terenowe. Sytuacja, kiedy to błąd wyznaczenia współrzędnych w oparciu o serwis SingleStation znacznie odbiegał od średniej zanotowano w pojedynczych przypadkach. Wiązało się to ze zmianą liczby obserwowanych satelitów i/lub zmiany geometrii rozłożenia satelitów. Liczba satelitów, od których odbierano sygnał w tym okresie wahała się od 8 do 10. Rozkład błędów pozycji płaskiej w czasie przedstawia rys. 8. Wyniki porównania przedstawiono w tab. 6.

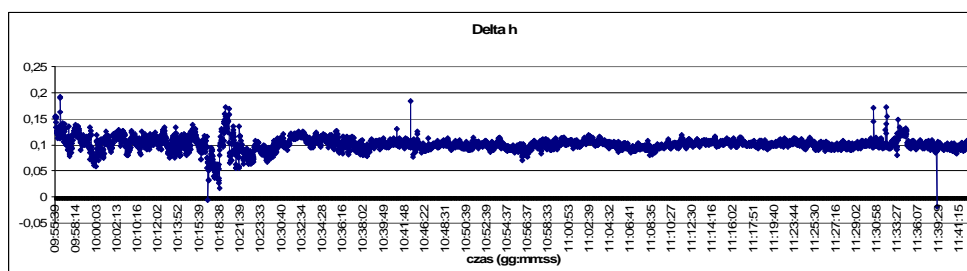
Tab. 6. Charakterystyka dokładności serwisu SingleStation GIZY 2.3

SingleStation GIZY 3.1		
Porównanie (metry)	RTK/Fixed	RTK/Float
Liczba porównanych epok (sek.)	4 727	551
Średnia\maksymalna dla delta x:	0.0084 \ 1.9506	0.1520 \ 23.2005
Średnia\maksymalna dla delta y:	0.0074 \ 2.2015	0.4586 \ 100.6389
Średnia\maksymalna dla delta xy:	0.0126 \ 2.4361	0.5189 \ 103.2785
Średnia\maksymalna dla delta h:	0.1010 \ 0.1910	0.3860 \ 1.4538
Średnia\maksymalna dla delta xyh:	0.1063 \ 2.4379	0.7426 \ 103.2786



Rys. 8. Rozkład błędów pozycji płaskiej (RTK/Fixed) w czasie

Analizując różnice pomiędzy wysokością elipsoidalną zarejestrowaną z wykorzystaniem serwisu SingleStation a wysokością obliczoną w postprocessingu należy stwierdzić, iż średnia wartość wynosi 0,10 metra. Maksymalna wartość tej różnicy wynosząca 0,19 metra. Rozkład wyznaczeń wysokości w czasie przedstawia rys. 9.



Rys. 9. Rozkład błędów wysokości (RTK/Fixed) w czasie

5. WNIOSKI

Analizie poddano wykorzystanie różnych sposobów wspomaganie wyznaczenia pozycji GPS w czasie rzeczywistym. Zadanie to realizowano z wykorzystaniem ogólnodostępnego systemu ASG-EUPOS. Transmisja korekt odbywała się za pomocą terminali GSM/GPRS.

Rejestracja danych odbywała się w zbliżonych warunkach terenowych, zatem ich analiza pozwala określić rzeczywiste charakterystyki badanych serwisów.

Analiza otrzymanych wyników z wykorzystaniem systemu ASG-EUPOS pozwala stwierdzić, iż największą dokładność uzyskano dla serwisu NAWGEO z wykorzystaniem pojedynczej stacji. W tym wypadku była to stacja Systemu ASG-EUPOS o identyfikatorze GIZY. Odległość stacji od obszaru, na którym testowano serwis to około 5km. Bardzo zbliżone wyniki uzyskano dla serwisu NAWGEO VRS 2.3. Dostępność rozwiązania typu RTK/Fixed była na poziomie odpowiednio 74% (SingleStation) i 88% (VRS 2.3), dokładność kształtowała się odpowiednio 0,11m i 0,12m. Uwzględniając rozwiązania dla w/w serwisów typu RTK/Float otrzymamy dostępności na poziomie dla NAWGEO VRS 2.3 – 96,53% (dokładność: 0,53m) oraz dla SingleStation – 83,59% (dokładność: 0,74m). Najmniejsze dokładności (0, 27m) uzyskano dla serwisu KODGIS 2.3. Jednak w tym przypadku dostępność rozwiązania DGPS wynosi 100%.

Najczęściej brak rozwiązania typu fixed (lub całkowity brak pozycji) występował w warunkach ograniczonej widoczności nieboskłonu.

Zestawiając otrzymane dokładności oraz dostępności serwisu systemu ASG-EUPOS, można stwierdzić, że na potrzeby prowadzenia sondażu hydroakustycznego najbardziej optymalnym spośród analizowanych serwisów, jest serwis KODGIS VRS 2.3.

Alternatywą dla systemów wspomagających jest wykorzystanie danych/korekt z własnej stacji referencyjnej. Zaletą tego rozwiązania, podczas prac hydroakustycznych, jest możliwość jej umiejscowienia w bezpośrednim sąsiedztwie obiektu, na którym prowadzone są badania. Rozwiązanie to daje możliwość wyznaczenia korekt do sygnału docierającego do odbiorników przez ten sam ośrodek (jonosfera, troposfera). Niestety wykorzystanie radiomodemów do transmisji korekt skutkuje ograniczeniami zasięgu spowodowanymi występowaniem np. lasów, budynków, pagórków itp. Widać także pewne nagłe skoki w określonej pozycji w kilku miejscach pomiaru. Skoki te spowodowane są trudną sytuacją satelitarną przy brzegach jeziora (występowanie drzew). Wykorzystanie własnej stacji referencyjnej uniezależnia obserwatora od innego systemu. Daje pełną swobodę w konfiguracji ustawień jak również możliwość szybkiej reakcji na zaistniałe problemy. Wadą korzystania z własnej stacji referencyjnej jest zapewne konieczność posiadania drugiego bardzo drogiego odbiornika GPS. Wymaga również odpowiedniej wiedzy zarówno teoretycznej jak też praktycznej niezbędnej do wyboru lokalizacji stacji jak również ustawień parametrów jej działania.

Wybór rozwiązania na potrzeby wyznaczeń pozycji w trybie różnicowym wymaga przeanalizowania bardzo wielu czynników. Stację własną można rozstawić blisko obiektu, na którym prowadzone są prace, skonfigurować jej parametry w zależności od potrzeb. Niestety wymagana jest tu duża wiedza, również konieczność posiadania dodatkowego odbiornika. Wykorzystanie istniejących systemów wspomaganie np. ASG-EUPOS prowadzi do ograniczeń w wyborze np. sposobu transmisji danych czy też formatu przesyłanych korekt. Ponadto użytkownik nie ma wpływu na ciągłość i niezawodność pracy systemu i dostarczania informacji w ramach wybranego serwisu. Z praktyki autorów

badań wynika, że zdarzają się awarie w pracy ASG-EUPOS, a rozwiązanie ich czasami trwa kilka do kilkudziesięciu godzin (w soboty i niedziele). Będąc w delegacji, w terenie kilkaset kilometrów od siedziby firmy, ponosi się duże koszty organizacyjne w przypadku przerwy spowodowanej awarią systemu ASG-EUPOS.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] HOFMANN-WELLENHOF B., LICHTENEGGER H., WASLE E. 2008. *GNSS Global Navigation Satellite Systems*. Springer-Verlag Wien, Austria.
- [2] www.asgeupos.pl
- [3] BOSY J., GRASZKA W., LEONCZYK M. 2008. *Aktywna Sieć Geodezyjna Eupos jako element składowy państwowego systemu odniesień przestrzennych*. Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa.
- [4] IHO (International Hydrographic Organization), *Manual on Hydrography*, Publication M-13, 2009.
- [5] Tyszko A., Popielarczyk D., Kaźmierczak R., Ciećko A.; *Uruchomienie i testowanie jakości serwisu DGPS/RTK stacji referencyjnej dla nawigacji satelitarnej i precyzyjnego pozycjonowania*, raport techniczny z realizacji projektu badawczego rozwojowego „Opracowanie Zintegrowanych Metod Satelitarnych do tworzenia map batymetrycznych oraz baz danych przestrzennych Wielkich Jezior Mazurskich”, Olsztyn, 2010.