

Dariusz POPIELARCZYK¹
Arkadiusz TYSZKO²
Rafał KAŻMIERCZAK³

ANALIZA DOKŁADNOŚCI POZYCJONOWANIA GNSS Z WYKORZYSTANIEM SERWISÓW ASG-EUPOS DLA POTRZEB SONDAŻU HYDROAKUSTYCZNEGO

Streszczenie

W referacie przedstawiono analizy dokładności pozycjonowania techniką RTK oraz techniką DGPS, na podstawie pomiarów wykonanych w oparciu o serwisy czasu rzeczywistego oraz postprocessingu systemu ASG-EUPOS. W głównej części referatu dokonano szczegółowej analizy dla trzech różnych serwisów systemu: KODGIS VRS 2.3, NAWGEO VRS 2.3, Pojedyncza stacja: GIZY 3.1. Zawarto również wnioski dotyczące wykorzystania serwisów w pracach batymetrycznych uwzględniając dokładność oraz dostępność otrzymanych współrzędnych.

Słowa kluczowe: batymetria, GNSS, satelitarne techniki pomiarowe, ASG-EUPOS

1. Wstęp

Na przestrzeni minionego półwiecza dokonał się znaczny rozwój technik satelitarnego wyznaczania współrzędnych punktów oraz pozycji obiektów w ruchu. Aktualnie, mając na myśli dokładność wyznaczenia pozycji, możemy mówić o pojedynczych milimetrach, a niekiedy nawet o częściach milimetrów. Wymaga to jednak realizacji odpowiednich technik pomiarowych, wykonania bardzo złożonych obliczeń matematycznych jak również stosowania profesjonalnego sprzętu pomiarowego.

Wciąż rosnące wymagania w stosunku do satelitarnych systemów pozycjonowania, w szczególności zapewnienia dokładności, precyzji wyznaczanej pozycji, oraz ciągłości jej wyznaczania są bodźcem do powstania systemów wspomagających satelitarne wyznaczanie pozycji [1]. Jednym z nich, będącym w grupie naziemnych systemów wspomagania i obejmującym zasięgiem działania całe terytorium Polski, jest Aktywna Sieć Geodezyjna EUPOS (ASG-EUPOS) [2].

Przeprowadzenie sondażu hydroakustycznego celem wykonania aktualnych i bardzo szczegółowych map batymetrycznych wymaga wykorzystania zarówno sygnałów z satelitarnych systemów pozycjonowania, systemów wspomagających jak również technologii rejestracji i przetwarzania sygnałów pochodzących z urządzeń hydrograficznych. I choć mapy te służą najczęściej celom poznawczym czy nawigacyjnym, to jednocześnie informacje na nich zawarte podnoszą bezpieczeństwo osób pozostających na tych zbiornikach [3].

¹dr inż., Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

²dr inż., Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

³mgr inż., Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

2. Badania terenowe – pozyskanie danych

2.1. Informacje ogólne

Pozyskiwanie danych na potrzeby wykonania analiz dokładności pozycjonowania techniką RTK (Real Time Kinematic) oraz techniką DGPS (Differential Global Positioning System), wykonano w oparciu o serwisy czasu rzeczywistego oraz postprocessingu systemu ASG-EUPOS. Badania terenowe zostały przeprowadzone na jeziorze Kisajno koło Giżycka, znajdującym się w Krainie Wielkich Jezior Mazurskich, w ramach realizacji projektu badawczego rozwojowego [4].

Ogólna konfiguracja odbiorników: interwał logowania ustawiony został na 1 sekundę, maska logowania wynosiła 10 stopni. Termin maska logowania określa minimalną wysokość satelity nad horyzontem by mógł być rejestrowany od niego sygnał. Minimalna liczba satelitów, by można było wyznaczyć współrzędne wynosiła 4. Ustawienia te, powodowały, że odbiornik rejestrował pozycję anteny co 1 sekundę, gdy liczba widocznych satelitów, wynosiła co najmniej 4, a wysokość nad horyzontem każdego z nich była nie mniejsza niż 10°.

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 D ze stacji GIZY (Giżycko). Stacja ta znajdowała się około 5 kilometrów od obszaru, na którym przeprowadzano zbieranie danych w ramach zrealizowanych eksperymentów.

Geodezyjne odbiorniki satelitarne wraz z antenami zewnętrznymi oraz rejestratorami były zainstalowane na łodzi motorowej „Orbita”.

2.2. Zestawy pomiarowe

Rejestracja danych odbywała się na trzech zestawach pomiarowych: jeden odbiornik Ashtech Z-Xtreme oraz dwa odbiorniki Topcon HiPer Pro. Skrócone charakterystyki odbiorników GNSS zostały zawarte w (tab.1) i (tab.2).

Tablica 1. Skrócona charakterystyka odbiornika Ashtech Z-Xtreme

	<i>Ashtech Z-Xtreme</i>
<i>Opis</i>	<i>Odbiornik z anteną zewnętrzną, 12 kanałowy</i>
<i>Sygnały</i>	<i>GPS L1/L2, kod C/A oraz P</i>
<i>Statyczna, szybka statyczna</i>	<i>H: 5 mm + 1,0 ppm; V: 10 mm + 1,0 ppm</i>
<i>RTK</i>	<i>H: 10 mm + 2 ppm; V: 20 mm + 2 ppm</i>
<i>Antena GPS</i>	<i>Zewnętrzna, ASH701975.01A</i>
<i>Porty komunikacyjne</i>	<i>3 porty RS232 dostępne poprzez złącze Fisher, port anteny zewnętrznej</i>
<i>Wskaźnik statusu/pracy</i>	<i>8-znakowy wyświetlacz, 3 dwu-kolorowe diody LED</i>
<i>Pamięć wewnętrzna</i>	<i>Od 16Mb do 85Mb (zależna od karty PCMCIA)</i>
<i>Interwał logowania</i>	<i>Do 5 razy na sekundę (5Hz)</i>
<i>Typ rejestrowanych danych</i>	<i>Pomiary kodowe, fazowe na L1 i L2, GPS</i>
<i>Format transmisji danych (stacja ref.)</i>	<i>RTCM SC104, wersja 2.3, DBN</i>
<i>Format transmisji pozycji/parametrów pozycji</i>	<i>NMEA 0183, wersja 2.3, 3.0</i>
<i>Prędkość transmisji</i>	<i>Do 5 razy na sekundę (5Hz)</i>
<i>Obudowa</i>	<i>Tworzywo sztuczne, wodoodporna</i>

Tablica 2. Skrócona charakterystyka odbiornika Topcon HiPer Pro

	<i>Topcon HiperPro</i>
<i>Opis</i>	<i>Odbiornik/antena, 40 kanałowy</i>
<i>Kanały</i>	<i>20 GPS L1+L2 (GD) GPS L1 + GLONASS (GG) 20 GPS L1+L2+GLONASS (GGD)</i>
<i>Sygnały</i>	<i>GPS L1/L2, kod C/A oraz P, GLONASS L1/L2, L2C</i>
<i>Statyczna szybkość statyczna</i>	<i>H: 3 mm + 0,5 ppm; V: 5 mm + 0,5 ppm</i>
<i>RTK</i>	<i>H: 10 mm + 1 ppm; V: 15 mm + 1 ppm</i>
<i>GPS/GLONASS antena</i>	<i>wbudowana</i>
<i>Komun. bezprz.</i>	<i>Bluetooth® wersja 1.1</i>
<i>Porty komunikacyjne</i>	<i>2 x RS232</i>
<i>Kontroler/rejestrator</i>	<i>Zewnętrzny, polowy kontroler</i>
<i>Interwał logowania</i>	<i>Do 20 razy na sekundę (20Hz)</i>
<i>Typ rejestrowanych danych</i>	<i>Pomiary kodowe, fazowe na L1 i L2, GPS i GLONASS oraz L2C dla GLONASS</i>
<i>Format transmisji danych (stacja ref.)</i>	<i>RTCM SC104, wersja 2.1, 2.2, 2.3, CMR, CMR+</i>
<i>Format transmisji pozycji/param.</i>	<i>NMEA 0183, wersja 3.0, oraz format TPS</i>
<i>Prędkość transmisji</i>	<i>Do 20 razy na sekundę (20Hz)</i>
<i>Obudowa</i>	<i>Aluminiowa, wodoodporna</i>

2.3. Pozyskiwanie danych

Dla potrzeb określenia charakterystyki dokładnościowej 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 (rys.1). Między antenami została pomierzona rzeczywista odległość, która w procesie opracowania danych posłużyła jako kontrola współrzędnych obliczonych w postprocessingu.



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

Na dachu łodzi zostały zamontowane również terminale GSM/GPRS, za pośrednictwem których następowało odbieranie korekt z poszczególnych serwisów ASG-EUPOS.

Rejestracja danych w czasie rzeczywistym odbywała się za pośrednictwem kontrolera oraz komputera przenośnego typu laptop. Archiwizacja danych była monitorowana w sposób ciągły, by wykluczyć wpływ przypadkowych czynników na charakterystyki badanych serwisów (np. odłączenie kabla łączącego terminal GSM/GPRS z odbiornikiem GPS).

Tryb pracy: DGPS/RTK. Interwał pomiarowy 1 sekunda (dla zapisu współrzędnych oraz rejestracji surowych obserwacji). Maskę elewacji – określającą minimalną wysokość satelity nad horyzontem: 10° . Minimalna liczba obserwowanych satelitów: 4. Dwa odbiorniki (Topcon) były skonfigurowane w ten sposób, by jednocześnie rejestrowały współrzędne w trybie DGPS/RTK oraz surowe obserwacje. Jeżeli nie było możliwe wyznaczenie współrzędnych z rozwiązaniem typu Fixed/Float wówczas odbiornik rejestrował pozycję autonomiczną. Wyznaczone współrzędne z wykorzystaniem serwisów czasu rzeczywistego ASG-EUPOS rejestrowane były w formacie NMEA (wiadomość GGA). Odbiornik Ashtech (Z-Xtreme) rejestrował tylko surowe obserwacje. Wszystkie komendy sterujące (ustawienia) zostały wysłane z komputera przenośnego typu laptop.

Czas rejestracji z poszczególnych serwisów wynosił około 60 minut. W przypadku, gdy dany serwis nie dawał przez dłuższy okres czasu pożądanego rozwiązania (RTK/fixed, lub DGPS), był rozłączany i ustawiane było połączenie z innym serwisem.

3. Obliczenia

Na potrzeby przeprowadzenia analiz serwisów czasu rzeczywistego systemu ASG-EUPOS należało wyznaczyć pozycje odniesienia. Obliczeń dokonano z wykorzystaniem oprogramowania AOSS (Ashtech Office Suite for Survey, wersja 2.0). Surowe obserwacje zarejestrowane przez odbiorniki Topcon zostały przekonwertowane do znormalizowanego formatu wymiany danych RINEX (Receiver Independent Exchange Format). Konwersji dokonano za pomocą programu tps2rin.exe. Obserwacje z odbiornika Ashtech Z-Xtreme przyjęto do obliczeń w oryginalnym zapisie Ashtech.

Do obliczeń w trybie postprocessing przyjęto jedną stację odniesienia, znajdującą się w Giżycku w odległości około 5 kilometrów od obszaru, na którym przeprowadzano badania. Surowe obserwacje z fizycznej stacji referencyjnej (GIZY) pobrano za pośrednictwem serwisu POZGEO-D systemu ASG-EUPOS.

W procesie obliczeń uwzględniono modele odbiorników jak również modele anten.

Na podstawie wyznaczonych w trybie postprocessing współrzędnych policzono wektory odległości między antenami odbiorników. Epoki, dla których wartości Δx_y i Δh różniły się o odpowiednio więcej niż 10 i 20 centymetrów zostały odrzucone. Takie podejście daje możliwość niwelowania wpływu błędów związanych z niepoprawnym wyznaczeniem pozycji w trybie postprocessing 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 trybie postprocessing. Wpłynęło to zarówno na dokładność wyznaczanych współrzędnych jak również na zwiększenie liczby dostępnych epok do porównania uzyskanych w trybie postprocessing. Autorskie aplikacje realizujące zadanie obliczania wektorów między antenami odbiorników oraz ich analizę zostały napisane w środowisku Matlab. Przykładowe wartości parametrów zadania realizującego obliczanie odległości między antenami odbiorników pokazuje (rys.2).

```
| Podaj minimalną liczbę satelitów dla pliku pierwszego: 5
| Podaj minimalną liczbę satelitów dla pliku drugiego: 5
| Podaj maksymalny PDOP dla pliku pierwszego: 6
| Podaj maksymalny PDOP dla pliku drugiego: 6
| Podaj maksymalny RMS dla pliku pierwszego: 0.20
| Podaj maksymalny RMS dla pliku drugiego: 0.20
```

Liczba epok spełniająca twoje kryteria: 5153

```
=====
Średnia\maksymalna dla delta x: 000.3057 \ 001.9569 |
Mediana dla delta x: 000.1932 |
Średnia\maksymalna dla delta y: 000.8234 \ 001.1170 |
Mediana dla delta y: 000.9395 |
Średnia\maksymalna dla delta xy: 000.9274 \ 002.0557 |
Mediana dla delta xy: 000.9980 |
Średnia\maksymalna dla delta h: 000.3574 \ 002.6099 |
Mediana dla delta h: 000.0607 |
Średnia\maksymalna dla delta xyh: 001.0852 \ 003.0323 |
Mediana dla delta xyh: 000.9995 |
Średnia\maksymalna dla 1. sat. 1: 07 \ 09 |
Minimalna dla 1. sat. 1: 05 |
Średnia\maksymalna dla 1. sat. 2: 07 \ 10 |
Minimalna dla 1. sat. 2: 05 |
Średnia\maksymalna dla PDOP 1: 002.5418 \ 005.3000 |
Mediana dla PDOP 1: 002.2000 |
Średnia\maksymalna dla PDOP 2: 002.6491 \ 005.4000 |
Mediana dla PDOP 2: 002.6000 |
Średnia\maksymalna dla RMS 1: 00.009 \ 00.067 |
Mediana dla RMS 1: 00.008 |
Średnia\maksymalna dla RMS 2: 00.042 \ 00.200 |
Mediana dla RMS 2: 00.016 |
=====
```

Rys. 2. Parametry analizy danych

Przyjęto następujące parametry na potrzeby wyznaczenia różnic współrzędnych oraz obliczenia odległości między antenami odbiorników:

- minimalna liczba satelitów (5),
- maksymalny PDOP (6),
- maksymalny średni błąd kwadratowy (0.20 m).

Również takie same parametry zostały przyjęte dla obliczania różnic między pozycją odniesienia a pozycją wyznaczoną z wykorzystaniem danego serwisu czasu rzeczywistego ASG-EUPOS. Dodatkowo dla rozwiązań w czasie rzeczywistym analizowano oddzielnie tryb pozycji autonomicznej, DGPS oraz RTK/Float i RTK/Fixed.

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 pokazują (rys.3) oraz (rys.4).

```

$GPGGA,121145.00,5403.5271431,N,02142.7090700,E,4,08,1.00,111.9586,M,33.6483,M,0.0,0034*78
$GPGGA,121149.00,5403.5289364,N,02142.7096488,E,1,13,0.80,109.9545,M,33.6482,M,,*59
$GPGGA,121150.00,5403.5291661,N,02142.7093734,E,1,13,0.80,109.9790,M,33.6482,M,,*53
$GPGGA,121151.00,5403.5293578,N,02142.7090206,E,1,13,0.80,109.9695,M,33.6482,M,,*58
$GPGGA,121152.00,5403.5295551,N,02142.7086404,E,1,13,0.80,109.9794,M,33.6482,M,,*55
$GPGGA,121153.00,5403.5297646,N,02142.7081499,E,1,12,0.86,110.0117,M,33.6482,M,,*58
$GPGGA,121154.00,5403.5300002,N,02142.7075416,E,1,12,0.86,109.9976,M,33.6482,M,,*57
$GPGGA,121155.00,5403.5302916,N,02142.7069284,E,1,13,0.80,109.9729,M,33.6482,M,,*58
$GPGGA,121146.00,5403.5273844,N,02142.7089460,E,4,07,1.02,111.9418,M,33.6483,M,0.0,0034*71
$GPGGA,121157.00,5403.5310499,N,02142.7057681,E,1,13,0.80,109.9378,M,33.6482,M,,*5C
$GPGGA,121158.00,5403.5314901,N,02142.7054751,E,1,13,0.79,109.9424,M,33.6482,M,,*5C
$GPGGA,121159.00,5403.5319257,N,02142.7054267,E,1,13,0.79,109.9472,M,33.6482,M,,*5B
$GPGGA,121157.00,5403.5302329,N,02142.7044790,E,4,06,1.15,111.9226,M,33.6482,M,0.0,0034*76
$GPGGA,121158.00,5403.5306735,N,02142.7041874,E,4,06,1.15,111.9286,M,33.6482,M,0.0,0034*7E
$GPGGA,121200.00,5403.5315097,N,02142.7043432,E,4,07,1.12,111.9298,M,33.6482,M,0.0,0034*78

```

Rys. 3. Podwójny zapis w jednej epoce, błędna synchronizacja danych

```

$GPGGA,121116.00,5403.5195411,N,02142.7140060,E,4,07,1.04,111.9243,M,33.6486,M,0.0,0034*78
$GPGGA,121117.00,5403.5198502,N,02142.7136988,E,4,07,1.09,111.9319,M,33.6486,M,0.0,0034*7A
$GPGGA,121121.00,5403.5215805,N,02142.7136979,E,1,13,0.80,108.8491,M,33.6485,M,,*59
$GPGGA,121118.00,5403.5201274,N,02142.7134246,E,4,07,1.11,111.9448,M,33.6486,M,0.0,0034*71
$GPGGA,121120.00,5403.5207041,N,02142.7129851,E,5,06,1.62,111.9555,M,33.6486,M,0.0,0034*71
$GPGGA,121124.00,5403.5223896,N,02142.7129065,E,1,13,0.80,108.8707,M,33.6485,M,,*55
$GPGGA,121125.00,5403.5226613,N,02142.7125948,E,1,13,0.80,108.8591,M,33.6485,M,,*55
$GPGGA,121126.00,5403.5229375,N,02142.7122591,E,1,13,0.80,108.8533,M,33.6485,M,,*58
$GPGGA,121127.00,5403.5232404,N,02142.7119897,E,1,13,0.80,108.9648,M,33.6485,M,,*5C
$GPGGA,121128.00,5403.5235330,N,02142.7117057,E,1,13,0.80,109.0225,M,33.6485,M,,*59
$GPGGA,121129.00,5403.5238071,N,02142.7114044,E,1,13,0.80,109.0194,M,33.6485,M,,*58
$GPGGA,121130.00,5403.5240893,N,02142.7111425,E,1,13,0.80,109.0162,M,33.6485,M,,*57
$GPGGA,121131.00,5403.5243779,N,02142.7109086,E,1,13,0.80,109.0026,M,33.6484,M,,*5A
$GPGGA,121122.00,5403.5214413,N,02142.7127337,E,5,08,1.00,113.3716,M,33.6486,M,0.0,0034*70
$GPGGA,121133.00,5403.5249354,N,02142.7105778,E,1,13,0.80,109.0489,M,33.6484,M,,*52
$GPGGA,121134.00,5403.5253441,N,02142.7107475,E,1,13,0.80,109.9476,M,33.6484,M,,*58
$GPGGA,121135.00,5403.5256019,N,02142.7106482,E,1,13,0.80,109.9507,M,33.6484,M,,*58
$GPGGA,121133.00,5403.5244898,N,02142.7098013,E,5,06,1.62,113.3596,M,33.6485,M,0.0,0034*79
$GPGGA,121134.00,5403.5247443,N,02142.7096616,E,5,06,1.62,113.3573,M,33.6484,M,0.0,0034*70

```

Rys. 4. 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. Transformacje z układu WGS'84 (wiadomości NMEA) do układu „2000” wykonano programem Transpol dołączonym do Wytycznych Technicznych G1.10. Przyjęto 7 strefę układu „2000” z południkiem osiowym 21°.

4. Analiza wyników

Na podstawie zebranych danych oraz przeprowadzonych obliczeń można było dokonać analizy dla 3 serwisów systemu ASG-EUPOS: KODGIS VRS 2.3, NAWGEO VRS 2.3, Pojedyncza stacja: GIZY 3.1.

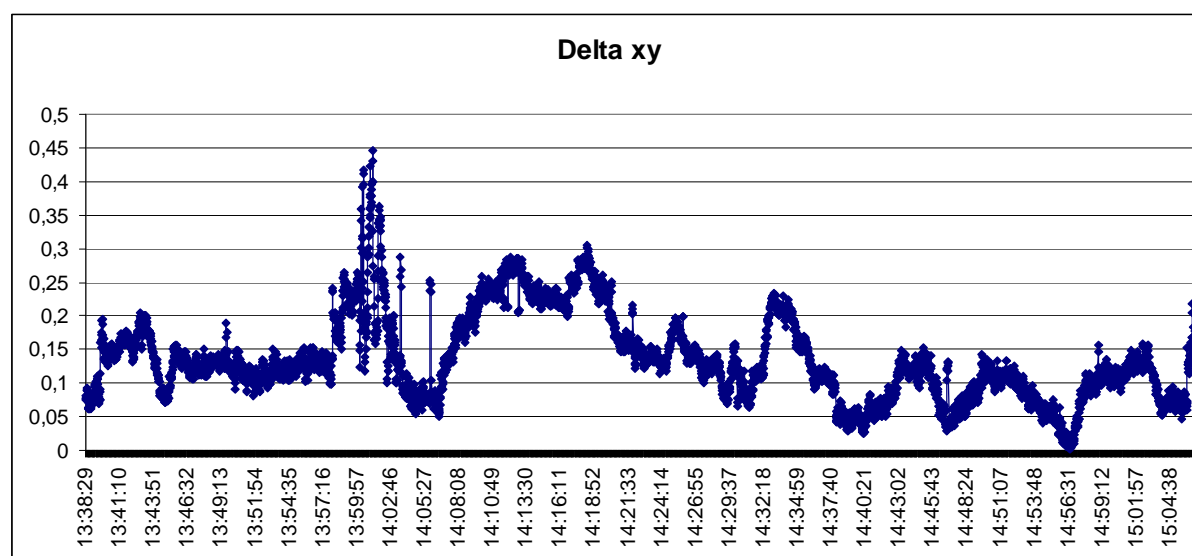
4.1. Serwis KODGIS VRS 2.3

Czas logowania serwisu KODGIS VRS 2.3 wyniósł 1:28:07. Wprowadzając ustawienia (dla pozycji DGPS) określające: maksymalny HDOP/PDOP = 6, minimalna liczba satelitów = 5, oraz takie same wartości dla pozycji obliczonej w trybie postprocessing otrzymano średni błąd wyznaczenia pozycji płaskiej równy 0.14 m. Maksymalna wartość błędu wyniosła 0.45 m 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.

Tablica 3. Charakterystyka dokładności serwisu KODGIS VRS 2.3

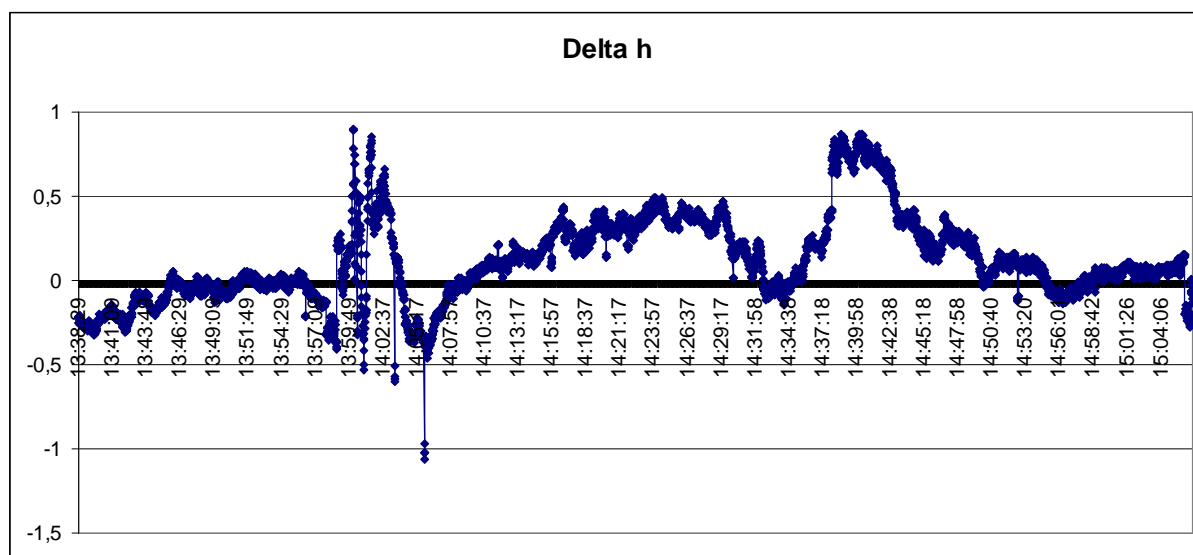
Porównanie	
Liczba porównanych epok	5 271
Średnia\maksymalna dla delta x:	0.10 \ 0.34
Mediana dla delta x:	0.09
Średnia\maksymalna dla delta y:	0.08 \ 0.32
Mediana dla delta y:	0.07
Średnia\maksymalna dla delta xy:	0.14 \ 0.45
Mediana dla delta xy:	0.12
Średnia\maksymalna dla delta h:	0.21 \ 1.06
Mediana dla delta h:	0.15
Średnia\maksymalna dla delta xyh:	0.27 \ 1.09
Mediana dla delta xyh:	0.24

Rozkład błędów pozycji płaskiej w czasie przedstawia (rys.5).

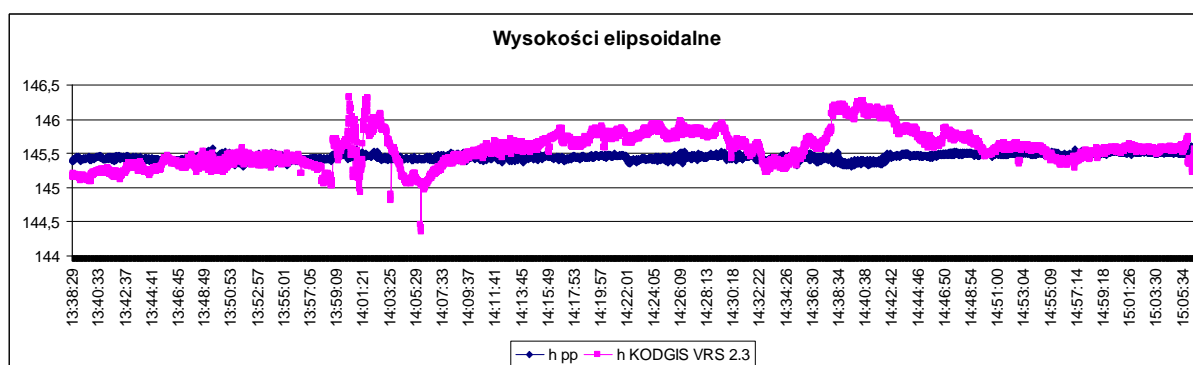


Rys. 5. Rozkład błędów pozycji płaskiej w czasie

Analizując wartości różnic między wysokością elipsoidalną zarejestrowaną z wykorzystaniem serwisu KODGIS VRS 2.3 a wysokością obliczoną w trybie postprocessing należy stwierdzić iż średnia różnica wynosi 0.21 m. Maksymalna wartość tej różnicy wynosząca 1.06 m była odnotowana w chwili, gdy liczba satelitów wahała się pomiędzy 9 a 10. Przerywany odbiór danych od satelity znajdującego się minimalnie powyżej zasłon terenowych spowodował maksymalną wartość różnicy dla współrzędnej h. Rozkład różnic wysokości w czasie przedstawia (rys.6).



Rys. 6. Rozkład błędów wysokości w czasie



Rys. 7. Rozkład wyznaczeń wysokości w czasie

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 horyzontalną 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.7).

4.2. Serwis NAWGEO VRS 2.3

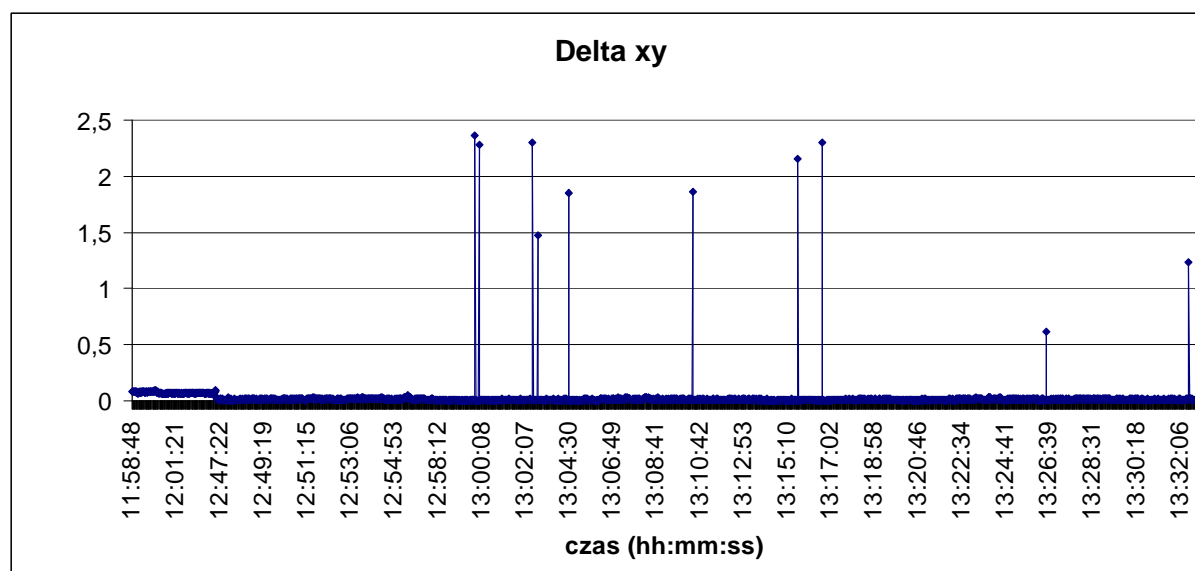
Czas logowania serwisu NAWGEO VRS 2.3 wyniósł 1:34:08. Wprowadzając ustawienia (dla pozycji RTK/Fixed) określające: maksymalny HDOP/PDOP = 6, minimalna liczba satelitów = 5, oraz takie same wartości dla pozycji obliczonej w trybie postprocessing otrzymano średni błąd wyznaczenia pozycji płaskiej równy 0.02 m. Maksymalna wartość błędu wyniosła 2.36 m i była wyznaczona w miejscu gdzie nie występowały zasłony terenowe (tab.4). Sytuacja ta, kiedy błąd wyznaczenia współrzędnych w oparciu o serwis NAWGEO VRS 2.3 znacznie odbiegał od średniej zaistniała 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.

Tablica 4. Charakterystyka dokładności serwisu KODGIS 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:	0.01 \ 1.82	0.31 \ 3.55
Mediana dla delta x:	0.01	0.20
Średnia\maksymalna dla delta y:	0.02 \ 2.36	0.17 \ 2.31

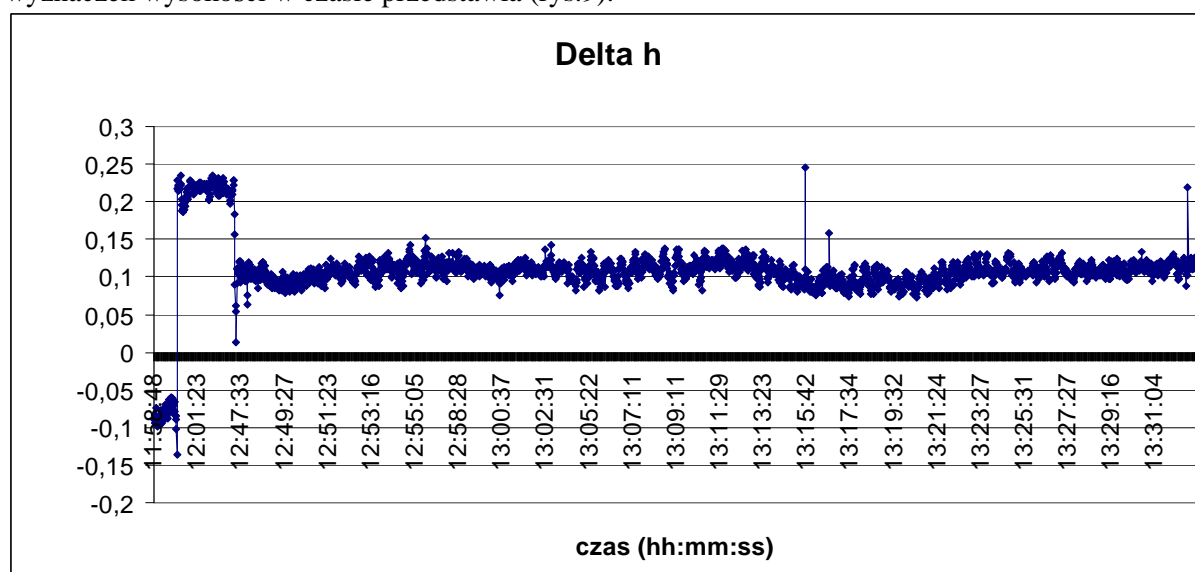
Mediana dla delta y:	0.01	0.09
Średnia\maksymalna dla delta xy:	0.02 \ 2.36	0.39 \ 4.00
Mediana dla delta xy:	0.013	0.24
Średnia\maksymalna dla delta h:	0.11 \ 0.25	0.29 \ 0.96
Mediana dla delta h:	0.11	0.29
Średnia\maksymalna dla delta xyh:	0.12 \ 2.37	0.54 \ 4.00
Mediana dla delta xyh:	0.11	0.40

Rozkład błędów pozycji płaskiej w czasie przedstawia (rys.8).

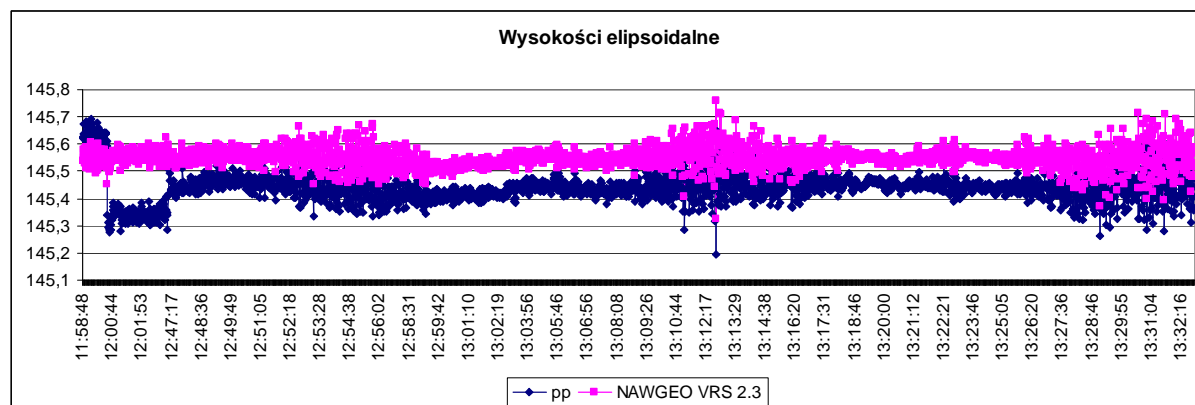


Rys. 8. Rozkład błędów pozycji płaskiej (RTK/Fixed) w czasie

Analizując różnice pomiędzy wysokością elipsoidalną zarejestrowaną z wykorzystaniem serwisu NAWGEO VRS 2.3 a wysokością obliczoną w trybie postprocessing należy stwierdzić, iż średnia wartość wynosi 0.11 m. Maksymalna wartość tej różnicy wyniosła 0.24 m. 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.9).



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



Rys. 10. Rozkład wyznaczeń zarejestrowanych wysokości w czasie

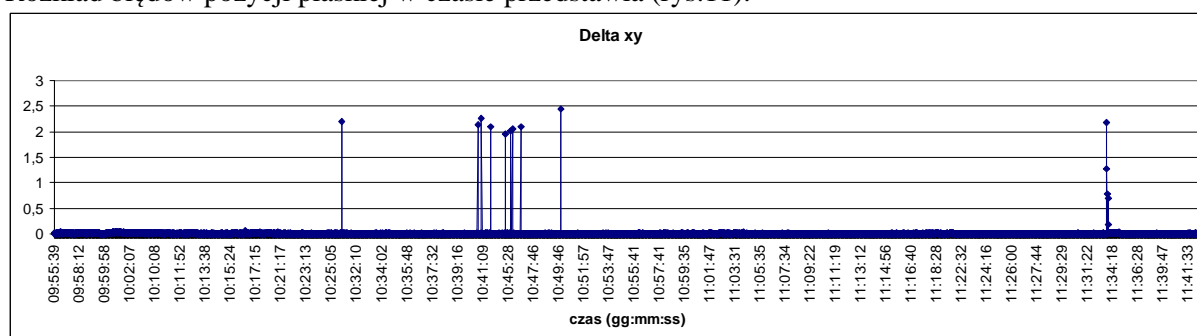
4.3. Serwis SingleStation, stacja GIZY, RTCM 3.1

Wprowadzając ustawienia (dla pozycji RTK/Fixed) określające: maksymalny HDOP/PDOP = 6, minimalna liczba satelitów = 5, oraz takie same wartości dla pozycji obliczonej w trybie postprocessing otrzymano średni błąd wyznaczenia pozycji płaskiej równy 0.01 m. Maksymalna wartość błędu wyniosła 2.44 m i była wyznaczona w miejscu, gdzie nie występowały zasłony terenowe (tab.5). Sytuację, 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 wykres nr 11.

Tablica 5. Charakterystyka dokładności serwisu SingleStation GIZY 2.3

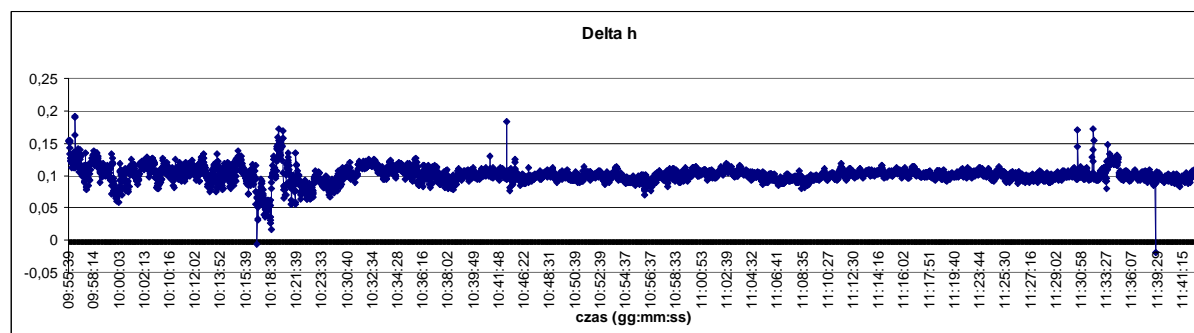
SingleStation GIZY 3.1		
Porównanie (metry)	RTK/Fixed	RTK/Float
Liczba porównanych epok (sek.)	4 727	551
Średnia\maksymalna dla delta x:	0.01 \ 1.95	0.15 \ 23.20
Mediana dla delta x:	0.00	0.06
Średnia\maksymalna dla delta y:	0.01 \ 2.20	0.46 \ 100.64
Mediana dla delta y:	0.00	0.31
Średnia\maksymalna dla delta xy:	0.013 \ 2.44	0.52 \ 103.28
Mediana dla delta xy:	0.01	0.32
Średnia\maksymalna dla delta h:	0.10 \ 0.19	0.39 \ 1.45
Mediana dla delta h:	0.10	0.30
Średnia\maksymalna dla delta xyh:	0.11 \ 2.44	0.74 \ 103.28
Mediana dla delta xyh:	0.10	0.49

Rozkład błędów pozycji płaskiej w czasie przedstawia (rys.11).

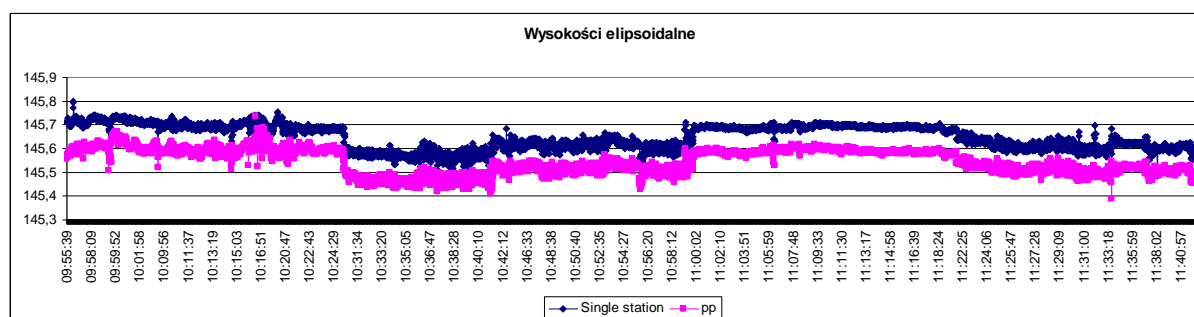


Rys. 11. Rozkład błędów pozycji płaskiej (RTK/Fixed) w czasie

Analizując różnice pomiędzy wysokością elipsoidalną zarejestrowaną z wykorzystaniem serwisu SingleStation a wysokością obliczoną w trybie postprocessing należy stwierdzić, iż średnia wartość wynosi 0.10 m. Maksymalna wartość tej różnicy wynosi 0.19 m. Rozkład wyznaczeń wysokości w czasie przedstawiają (rys.12), (rys.13).



Rys. 12. Rozkład błędów wysokości (RTK/Fixed) w czasie



Rys. 13. Rozkład wyznaczeń zarejestrowanych wysokości w czasie

5. Wnioski końcowe

Analiza otrzymanych wyników z wykorzystaniem systemu ASG-EUPOS pozwala stwierdzić, iż największą dokładność uzyskano dla serwisu NAWGEO z korektami z pojedynczej stacji. W tym wypadku była to stacja Systemu ASG-EUPOS o identyfikatorze GIZY. Odległość stacji od obszaru, na którym testowano serwis to około 5 km. Bardzo zbliżone wyniki uzyskano dla serwisu NAWGEO VRS 2.3. Brak rozwiązania typu fixed (lub całkowity brak pozycji) występował w warunkach ograniczonej możliwości odbierania sygnałów satelitarnych. Najmniejsze dokładności uzyskano dla serwisu KODGIS 2.3. W tym przypadku dostępność rozwiązania DGPS wynosiła 100%.

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

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 wspomagania nie wymaga od użytkownika specjalistycznej wiedzy. Eliminuje także konieczność posiadania dodatkowego odbiornika GNSS. Jednakże wykorzystanie danych z Aktywnej Sieci Geodezyjnej (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 ich rozwiązanie trwa czasami kilka do kilkudziesięciu godzin (szczególnie w soboty i niedziele).

Literatura

- [1] ŁUKASZCZUK P., TYSZKO A., OSZCZAK S., APPLICATION OF GNSS TECHNIQUES TO DEVELOPMENT OF VEHICLES TRAFFIC MODEL IN THE CITY OF OLSZTYN, November 4-7, 2009, Katowice - Ustron, Poland
- [2] TYSZKO A., POPIELARCZYK D. KAŹMIERCZAK R., OSZCZAK S., Analiza działania systemu ASG-EUPOS w warunkach dynamicznych. 14th International Conference Computer Systems Aided Science, Industry and Transport, „TRANSCOMP 2010”, Zakopane 2010
- [3] POPIELARCZYK D., Zastosowanie zintegrowanych technik pomiarowych GPS oraz echosondy cyfrowej do tworzenia map batymetrycznych cieków i śródlądowych zbiorników wodnych, praca doktorska, Olsztyn 2002
- [4] Raport nr 3 z realizacji prac w ramach projektu badawczo rozwojowego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, „Opracowanie Zintegrowanych Metod Satelitarnych do tworzenia map batymetrycznych oraz baz danych przestrzennych Wielkich Jezior Mazurskich”, Zadanie nr 3: „Uruchomienie i testowanie jakości serwisu DGPS/RTK stacji referencyjnej dla nawigacji satelitarnej i precyzyjnego pozycjonowania”, Olsztyn 2010

ANALYSIS OF GNSS POSITIONING ACCURACY USING THE ASG-EUPOS SERVICES FOR THE PURPOSE OF HYDROACOUSTIC SOUNDING

Summary

The paper presents the analysis of accuracy of satellite positioning RTK and DGPS techniques used during bathymetric measurements on the Lake Kisajno (Great Masurian Lakes district). The hydroacoustic surveys were conducted with the use of polish active geodesic network ASG-EUPOS. The article presents analysis of services: KODGIS VRS 2.3, NAWGEO VRS 2.3, Single Station GIZY 3.1. The authors were focused on the accuracy of ASG-EUPOS services.