

Grzegorz Oleniacz, Izabela Skrzypczak, Tomasz Świętoń\*

## DOKŁADNOŚĆ POMIARU RTN ODBIORNIKIEM SEPTENTRIO ALTUS NR2

### *Streszczenie*

*Przeprowadzona seria testów odbiornika GNSS Septentrio Altus NR2 umożliwiła określenie rzeczywistych dokładności pomiaru RTN. Wielokrotnie powtarzane pomiary pozwoliły na oszacowanie dokładności w zależności od wykorzystanego systemu nawigacji satelitarnej (wyłącznie GPS oraz połączone GPS i GLONASS), czasu pomiaru na stanowisku oraz warunków panujących na stanowisku związanych z przesłonięciem horyzontu przez przeszkody terenowe (zarośla). Wyniki badań wskazują na brak zależności pomiędzy zastosowaną technologią pomiaru a uzyskiwanymi dokładnościami oraz istotny wpływ warunków panujących na stanowisku na wyniki pomiarów.*

Słowa kluczowe: GPS, GLONASS, GNSS, Septentrio

### WSTĘP

W chwili obecnej wykonawcy prac geodezyjnych mają szeroki wybór modeli odbiorników GNSS różnych firm. Wciąż jednak pojawiają się nowe urządzenia. Jednym z takich, stosunkowo nowych modeli jest Septentrio Altus NR2 pozwalający na wykonywanie dwuczęstotliwościowych pomiarów GNSS w dwóch systemach: GPS i GLONASS. Deklarowane przez producenta dokładności pomiaru w trybie RTK wynoszą  $0.6 \text{ cm} + 0.5 \text{ ppm}$  dla pomiarów horyzontalnych oraz  $1 \text{ cm} + 1 \text{ ppm}$  dla pomiarów wysokości. Producent nie podaje dokładności pomiaru w trybie RTN co wydaje się naturalne - dokładność ta zależy w dużym stopniu od konstrukcji samej sieci stacji referencyjnych. Tym samym można przyjąć, że jest to odbiornik średniej klasy, którego parametry odpowiadają urządzeniom stosowanym powszechnie w wykonawstwie geodezyjnym.

---

\* Politechnika Rzeszowska, Wydział Budownictwa Inżynierii Środowiska i Architektury, Zakład Geodezji i Geotechniki

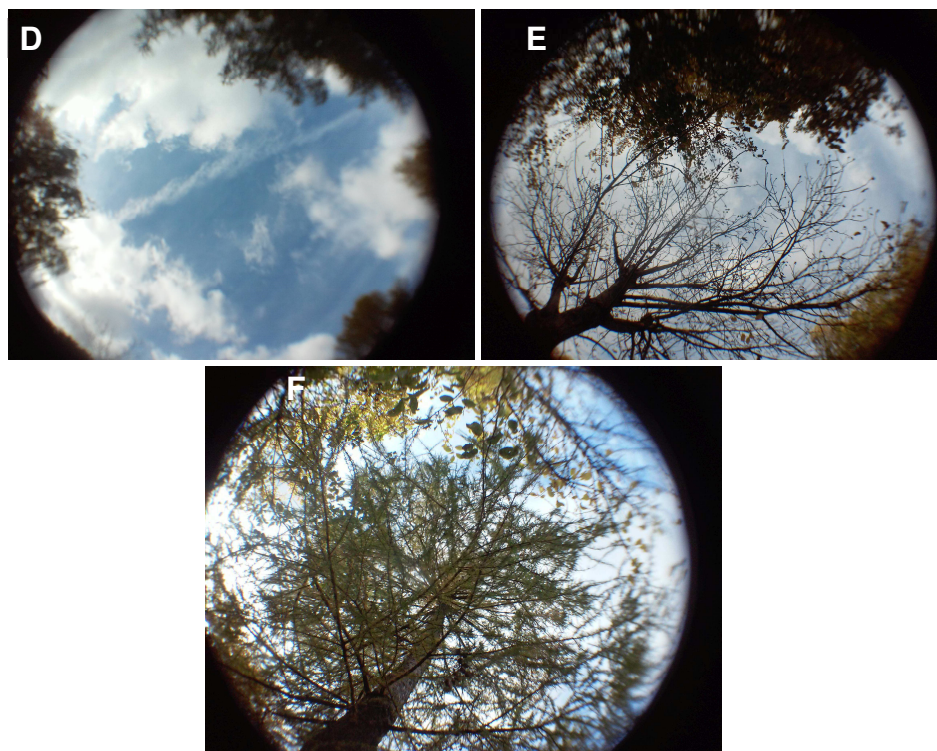
Celem niniejszej publikacji jest próba oszacowania rzeczywistej dokładności pomiaru RTN przy pomocy odbiornika firmy Septentrio w zależności od warunków pomiarowych i zastosowanej technologii.

### OPIS POLA TESTOWEGO

Przeprowadzona w ramach badań seria testów została wykonana na sześciu punktach zlokalizowanych na terenie miasta Rzeszowa (rys. 1). Trzy spośród nich, oznaczone literami A, B, C zostały zastabilizowane w miejscach o otwartym horyzoncie, charakteryzujących się bardzo dobrymi warunkami dla przeprowadzenia pomiarów satelitarnych. W pobliżu tych punktów brak jest jakichkolwiek przeszkód terenowych, w tym budynków o wysokości mogącej stanowić potencjalną przeszkodę dla sygnału GNSS. Kolejne trzy punkty, oznaczone literami D, E, F zostały zlokalizowane w terenie trudnym do pomiaru, gdzie horyzont został w różnym stopniu przesłonięty zaroślami oraz niskimi drzewami. Pomiarzy zostały przeprowadzone w październiku 2015 roku ale mimo to, większość drzew wciąż nie zrzuciła liści co stanowiło potencjalne utrudnienie dla rejestracji sygnałów satelitarnych. Na rys. 2 znajdują się zdjęcia horyzontu wykonane obiektywem typu „rybie oko” co pozwala ocenić stopień przesłonięcia horyzontu na poszczególnych punktach.



Rys. 1. Rozmieszczenie punktów testowych na tle ortofotomapy  
Fig. 1. Localization of test points on orthophoto background



Rys. 2. Widoczność horyzontu na punktach D, E, F  
Fig. 2. Horizon visibility on points D, E, F

#### METODYKA BADAŃ

Na każdym z testowych punktów ośmiokrotnie podjęto próbę powtórzenia serii pomiarów RTN przy wykorzystaniu serwisu Małopolskiego Systemu Pozyjonowania Precyzyjnego. Próby podejmowano w ciągu trzech dni pomiarowych, o różnych porach dnia. Na punktach o trudnych warunkach pomiarowych (D, E, F), ze względu na ograniczoną widoczność horyzontu nie zawsze możliwa była inicjalizacja odbiornika. W takiej sytuacji, po trzykrotnej próbie inicjalizacji rezygnowano z pomiaru. Dla każdego z punktów udało się przeprowadzić co najmniej sześć kompletnych serii pomiarowych.

W ramach każdej z serii pomiar został powtórzony sześciokrotnie, przy czym każdorazowo zmieniano czas pomiaru RTN (5, 15, 30 sekund) oraz technologię (odpowiednio GPS i GPS+GLONASS). Przyjęto zasadę, że pomiary wykonywane są tylko w sytuacji gdy współczynnik PDOP jest mniejszy od sześciu [MSWiA 2011] a odbiornik wskazuje na rozwiązanie typu „fixed”. Antena była każdorazowo centrowana na punkcie przy pomocy tyczki z libellą i podpórkami.

Wynikiem pomiaru były generowane przez odbiornik raporty zawierające wykaz współrzędnych w układzie 2000, wysokości elipsoidalne (GRS-80) oraz informację o parametrach pomiaru.

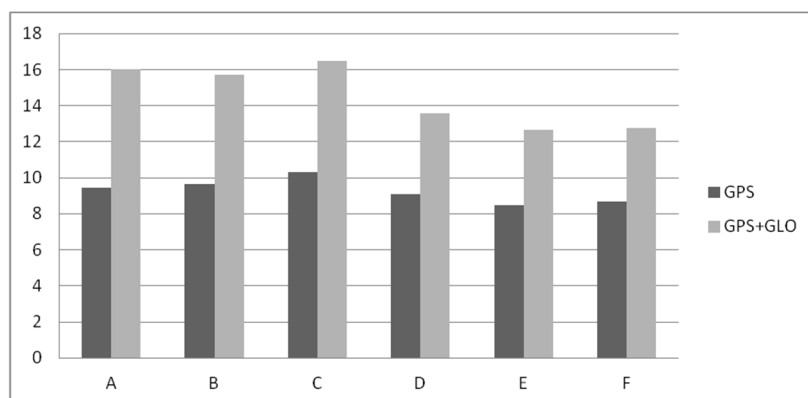
### WYNIKI BADAŃ

W oparciu o wyniki tak przeprowadzonych testów podjęto próbę oszacowania rzeczywistej dokładności pomiarów wykonywanych odbiornikiem Septentrio. Analiza wygenerowanych przez odbiornik raportów z pomiaru wykazuje, że mimo przesłonięcia horyzontu przez zarośla, odbiornik rejestrował sygnał większości, potencjalnie dostępnych do pomiaru satelitów. Stąd parametry pomiaru: średnia ilość satelitów na każdym z punktów (rys. 3) oraz związana z tym wartość współczynnika PDOP (rys. 4) są tylko nieznacznie gorsze na punktach o trudnych warunkach pomiarowych (D, E, F) niż na punktach o warunkach optymalnych (A, B, C). Niezależnie od tego czy wykorzystano sygnał systemu GLONASS zarówno ilość satelitów jak i ich rozmieszczenie (PDOP) z nawiązką wystarczało do wykonania pomiaru.

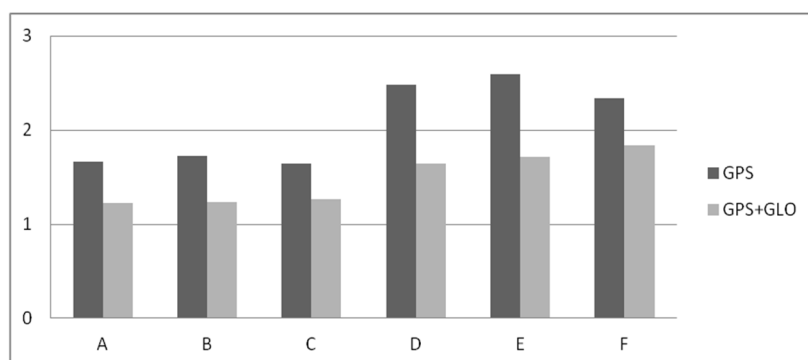
W oparciu o współrzędne będące wynikiem każdego z wielokrotnie powtórzonych pomiarów obliczono błąd średni kwadratowy określenia współrzędnych płaskich (w układzie 2000) oraz wysokości elipsoidalnej dla wyników pomiarów w zależności od przyjętej technologii pomiaru. Analiza rezultatów (rys. 5) wskazuje, że zarówno dla współrzędnych płaskich, jak i wysokościowych wybór technologii praktycznie nie wpływa na dokładność pomiaru. Rzeczywista dokładność pomiaru wynosi około 2,5 cm dla współrzędnych płaskich i około 3 cm dla wysokości, niezależnie od tego czy podczas pomiaru wykorzystywany był system GLONASS. Wartości te mieszczą się w zakresach deklarowanych przez administratorów systemów oferujących poprawki RTN [Wajda S. i in. 2008] i pokrywają się z przeprowadzonymi wcześniej doświadczeniami [Uznański 2010].

Obliczono również średni błąd wyznaczenia współrzędnych w zależności od przyjętego czasu pomiaru (rys. 6). Wydaje się, że wzrost dokładności pomiaru wraz z wydłużeniem czasu pomiaru jest bardzo niewielki i nie ma praktycznego znaczenia. Niezależnie od tego czy pomiar trwał 5 czy 30 sekund dokładności były zbliżone.

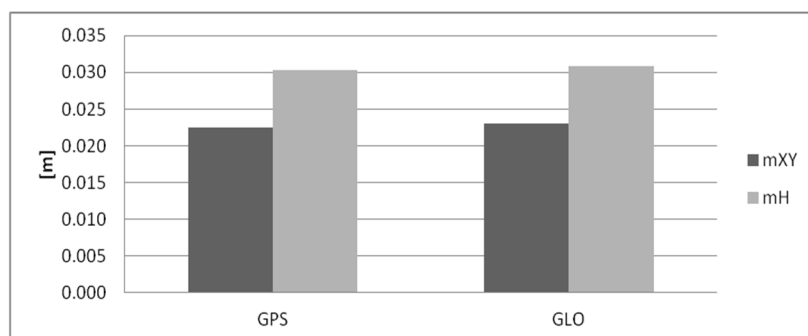
Bardziej zróżnicowane rezultaty można dostrzec analizując błędy średnie pomiaru, uzyskane na każdym ze stanowisk (rys. 7). Widoczna jest znaczna różnica w dokładności współrzędnych uzyskanych na punktach o dobrych i utrudnionych warunkach pomiarowych. Dokładność wyznaczenia współrzędnych na punktach A, B, C wynosi odpowiednio: poniżej 1 cm dla współrzędnych płaskich i około 1.5 cm dla wysokości. W przypadku punktów D i F dokładności te są znacznie niższe: oscylują od 1 do ponad 2 centymetrów dla współrzędnych horyzontalnych i osiągają wartość ponad 4 cm dla wysokości.



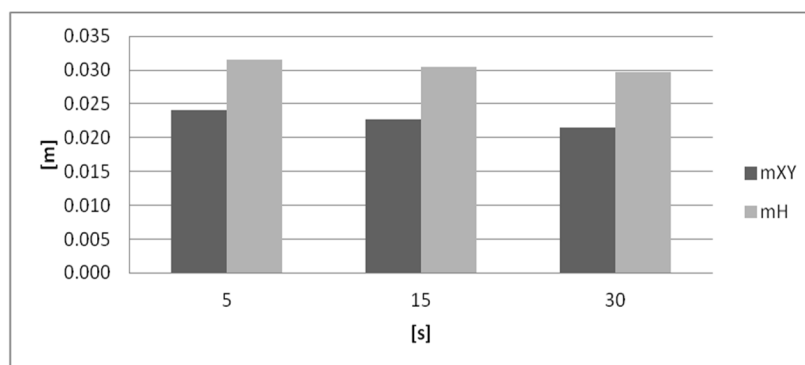
Rys. 3. Średnia ilość satelitów widoczna z każdego z stanowiska  
Fig. 3. Average amount of satellites visible from every point



Rys. 4. Średnia wartość PDOP na każdym punkcie  
Fig. 4. Average PDOP value on every point



Rys. 5. Błąd średni pomiaru w współrzędnych płaskich (mXY) i wysokości (mH) w zależności od wykorzystanej technologii  
Fig. 5. Mean square error of horizontal (mXY) and vertical (mH) measurements in function of technology

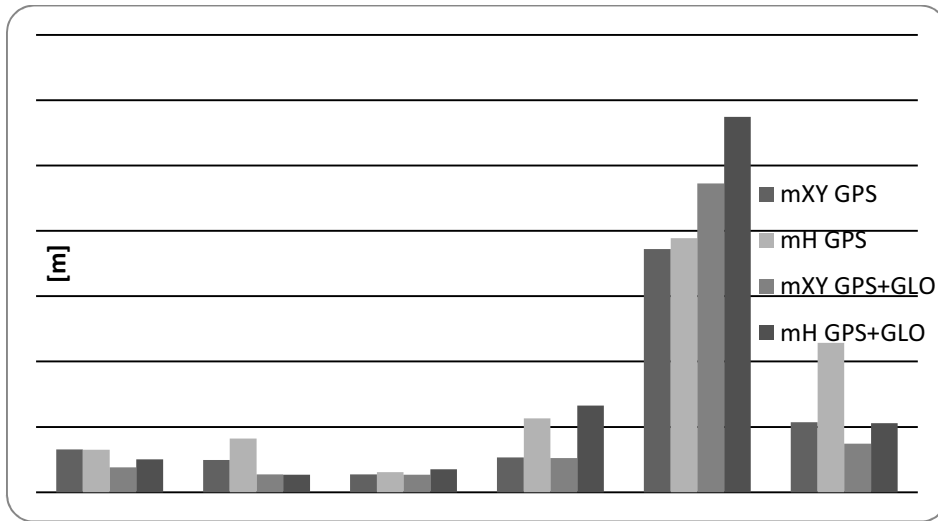


Rys. 6. Błąd średni pomiaru w współrzędnych płaskich (mXY) i wysokości (mH) w zależności czasu pomiaru

Fig. 6. Mean square error of horizontal (mXY) and vertical (mH) measurements in function of measurement duration

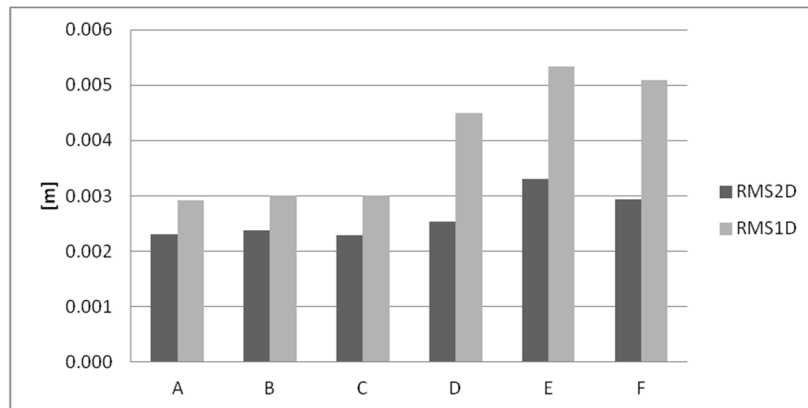
Szerszego wyjaśnienia wymagają bardzo niskie dokładności pomiaru otrzymane na punkcie E. W zależności od przyjętej technologii błąd wynosił ponad 9 cm dla współrzędnych X,Y i ponad 11 cm dla pomiarów wysokości. Głębsza analiza danych źródłowych wskazała, że tak słabe rezultaty są wynikiem błędnej inicjalizacji odbiornika. Inicjalizacja była wykonywana jednorazowo przed każdą serią sześciu pomiarów obejmującą pomiar dwiema technologiami i dla trzech czasów pomiaru. Tym samym jednorazowa, błędna inicjalizacja odbiornika spowodowała uzyskanie współrzędnych przesuniętych o ponad dwadzieścia centymetrów w stosunku do średniej ze wszystkich pomiarów. Jednocześnie, w praktyce użytkownik nie jest w stanie, bez pomierzenia wielkości kontrolnych ocenić czy inicjalizacja odbiornika jest poprawna. Jedynymi parametrami dokładnościowymi prezentowanymi przez odbiornik bezpośrednio w terenie są wartości PDOP i RMS (rys. 8) który informuje o precyzji pomiaru a nie jego dokładności [Uznański A. 2012].

Analizując powyższe dane trudno dostrzec wyraźną korelację pomiędzy faktem wykorzystania systemu GLONASS a dokładnością pomiaru. Wydaje się, że wpływ wyboru technologii jest marginalny niezależnie od warunków panujących na punkcie. Mimo to, istotną zaletą stosowania technologii GLONASS, niewidoczną na zaprezentowanych w tej publikacji zestawieniach a zaobserwowaną podczas przeprowadzonych testów była łatwiejsza inicjalizacja odbiornika w trudnych warunkach pomiarowych. Wielokrotnie inicjalizacja przy wykorzystaniu wyłącznie systemu GPS na punktach D, E, F nie była możliwa podczas gdy zastosowanie obydwu systemów równocześnie pozwalało na wykonanie pomiaru.



Rys. 7. Błąd średni pomiaru w współrzędnych płaskich (mXY) i wysokości (mH) dla różnych technologii na każdym punkcie

Fig. 7. Mean square error of horizontal (mXY) and vertical (mH) measurements for various technology on every point



Rys. 8. Średnie wartości RMS2D i RMS1D otrzymane z odbiornika na każdym z punktów

Fig. 8. RMS2D and RMS1D values obtained directly from receiver on every point

## WNIOSKI

Wyniki przeprowadzonych testów pozwalają na sformułowanie pewnych wniosków dotyczących pomiarów odbiornikiem Septentrio Altus NR2:



1. Zastosowanie systemu GLONASS w żaden sposób nie wpływa na dokładność pozyskanych współrzędnych. Niezależnie od warunków pomiaru uzyskiwane wartości błędów średnich są zbliżone. Często jednak zastosowanie systemu GLONASS zwiększało szansę na wykonanie pomiaru i pozwalało na inicjalizację odbiornika, która nie byłaby możliwa przy zastosowaniu wyłącznie systemu GPS.
2. Wpływ zwiększenia czasu pomiaru na dokładność wyników jest zanedbywalny. Tym samym stosowanie pomiarów w trybie RTN z 30 sekundowym czasem pomiaru nie wydaje się być uzasadnione w codziennej praktyce geodezyjnej. Nie wykonywano testów na dłuższych (np., kilkuminutowych) sesjach pomiarowych.
3. Wykonywanie pomiarów w trudnych warunkach obniża dokładność uzyskiwanych wyników jednak w zasadzie mieszczą się one w zakresach dokładnościowych deklarowanych przez administratorów sieci stacji referencyjnych - pod warunkiem poprawnej inicjalizacji odbiornika.
4. Błędna inicjalizacja odbiornika powoduje znaczący spadek dokładności pomiaru (kilkadziesiąt centymetrów). Istotnym problemem jest brak możliwości oceny poprawności wyników bezpośrednio na stanowisku co uzasadnia konieczność stosowania miar kontrolnych lub powtórzenia pomiaru.

#### LITERATURA

1. MSWiA; 2011. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowywania i przekazywania wyników tych pomiarów do PZGiK, Dziennik Ustaw Nr 263, Poz 1572.
2. Uznański A.; 2010. Analysis of RTN Measurement Results Referring to ASG-EUPOS Network, Geomatics And Environmental Engineering, Volume 4, Number 1/1, 2010.
3. Uznański A.; 2012. Analiza precyzji i dokładności pozycjonowania punktów na bazie serwisu nawgeo systemu asg-eupos, Infrastruktura I Ekologia Terenów Wiejskich, Nr 1/II/2012, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie, s. 67-77, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi.
4. Wajda S., Oruba A., Leończyk M. 2008. Technical details of establishing reference station network ASG-EUPOS, Geoinformation Challenges, GIS Polonia 2008 Conference Proceedings, University of Silesia, Sosnowiec 2008.



## **ACCURACY OF RTN MEASUREMENT IN VARIOUS MEASUREMENT CONDITIONS**

### *S u m m a r y*

*Series of GNSS receiver tests allowed to determine real accuracy of RTN measurements. Repeated measurements allowed to estimate accuracy in function of used navigation satellite system, duration of measurements and field conditions on measurement site which are related to horizon visibility by obstacles (bushes). Research results indicate no dependency between the technology used and the measurement accuracies obtained and significant impact of the conditions on set-up on the measurement's results.*

Key words: GPS, GLONASS, GNSS, Septentrio