

*Zbigniew Siejka*

**ANALIZA SZEREGÓW CZASOWYCH WSPÓLRZĘDNYCH  
LOKALNEJ STACJI REFERENCYJNEJ KRUR  
W KRAKOWIE**

---

***ANALYSIS OF THE SERIES OF TIME COORDINATES  
OF THE LOCAL KRUR REFERENCE STATION IN KRAKÓW***

**Streszczenie**

Działanie współczesnej permanentnej stacji referencyjnej GNSS sprowadza się do ciągłego rejestrowania sygnałów satelitarnych z zadanym interwałem pomiarowym, na punkcie o precyzyjnie wyznaczonych współrzędnych. Zarejestrowane obserwacje są kontrolowane a następnie przetwarzane i w kolejnym etapie udostępniane zainteresowanym użytkownikom w postaci różnych serwisów, których podstawowym zadaniem jest wspomaganie pomiarów satelitarnych realizowanych różnymi technikami i wymagającymi różnych dokładności. Stacja permanentna KRUR jest przykładem lokalnej stacji wykonującej obserwacje sygnałów satelitarnych systemów GPS i GLONASS. Została uruchomiona 1 listopada 2009 roku i od tej pory pracuje bez przerwy. Antena odbiorcza (GPS + GLONASS) umieszczona jest na specjalnie wybudowanym do tego celu filarze obserwacyjnym wkomponowanym w budynek pawilonu C Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Stacja KRUR wyposażona jest w wieloczęstotliwościowy i wielosystemowy odbiornik sygnałów GPS i GLONASS oraz antenę Zephyr Geodetic 2. Pomiarów sygnałów satelitarnych odbywają się z interwałem 1 s. Dzięki takiej ciągłości pomiarów sygnałów satelitarnych możliwe było wyznaczenie szeregów (ciągów) czasowych współrzędnych o rozdzielczości 1 h. Szeregi takie zostały wyznaczone w oparciu o system ASG-EUPOS i zawierają one lokalną charakterystykę różnych czynników wpływających na jakość kolejnych rozwiązań. Analiza uzyskanych wyników dostarcza wielu informacji na temat dokładności, niezawodności i efektywności rozwiązań współrzędnych w danych interwałach czasowych.

**Słowa kluczowe:** GNSS, stacja referencyjna, szeregi czasowe

### Summary

*Operation of the contemporary permanent GNSS reference station boils down to continuous recording of satellite signals with the set measurement interval at the point with precisely determined coordinates. The recorded observations are controlled, next they are processed and, at the next stage, they are made available to the interested users in the form of various services the basic task of which is to support satellite measurements carried out by means of different techniques and requiring various accuracy levels. KRUR permanent station constitutes an example of a local station making observations of GPS and GLONASS systems satellite signals. It started to operate on 1 November 2009 and it has been in continuous operation since then. The receiving antenna (GPS + GLONASS) is placed on an observation pillar built especially for that purpose in Building C at the Faculty of Environmental Engineering and Surveying of Agricultural University in Krakow. KRUR station is equipped with a multi-frequency and multi-system GPS and GLONASS signal receiver and Zephyr Geodetic 2 antenna. Measurements of satellite signals are made every 1 s. Owing to such continuity of satellite signal measurements, it was possible to set time coordinate series (sequences) with the resolution of 1 h. Such series were determined on the basis of the ASG-EUPOS system and they contain local characteristics of various factors affecting the quality of subsequent solutions. The analysis of the acquired results provides a lot of information about the accuracy, reliability and effectiveness of coordinate solutions in given time intervals.*

**Key words:** GNSS, base stations, series of time

### WPROWADZENIE

Techniki satelitarne są obecnie najszybciej rozwijającą się dziedziną pomiarów geodezyjnych. Natomiast stacje permanentne GNSS rozmieszczone w dużej liczbie na całym globie, stanowią bardzo istotny element wspomagający pomiary satelitarne. Stacje referencyjne są obecnie s hierarchizowane zarówno organizacyjnie jak i znaczeniowo, a do ich prawidłowego funkcjonowania powołane są specjalne służby. Sieć stacji permanentnych o globalnym zasięgu i najwyższym światowym standardzie tworzy Międzynarodowa Służba GPS pod nazwą IGS (*International GPS Service*).

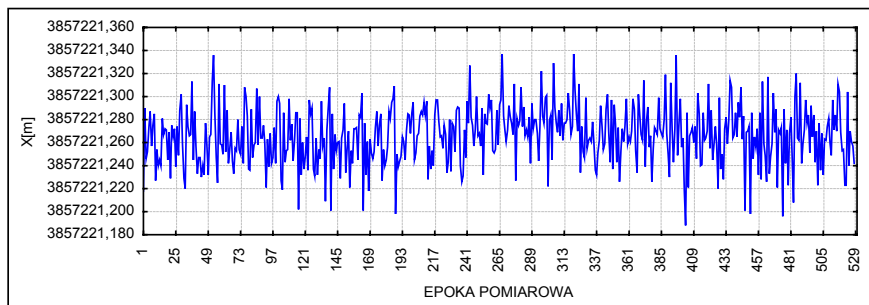
Oprócz tego w ramach IGS działają regionalne centra, które skupiają stacje permanentne, centra operacyjne, lokalne centra danych regionalne centra danych oraz regionalne centra analiz obejmujące poszczególne kontynenty. Na terenie Europy rolę taką pełni EPN – *European Permanent Network* [Czarnecki 1995]. Kolejnym elementem struktury sieci stacji permanentnych są sieci lokalne realizujące zwykle programy narodowe, np. ASG-EUPOS. Idea optymalnej działalności służby permanentnej polega na wzajemnym łączeniu i przenikaniu się struktur w ten sposób, że mniejsze jednostki tworzą większe, a one z kolei wchodzi w skład następnych. Pozwala to na zachowanie spójności w całym systemie oraz korzystnie wpływa na unifikację stosowanych rozwiązań i tworzenia nowych standardów [Czarnecki 1995].

Istotną rolę odgrywają również obecnie lokalne stacje referencyjne, które nie skupione są zwykle w sieci ale działają niezależnie i służą potrzebom lokalnym. Przykładem takim może być sieć stacji referencyjnych TPI-NET, dystrybutora sprzętu Topcon, czy też lokalne stacje działające w ośrodkach naukowo – badawczych. Do tego typu stacji można zaliczyć stację referencyjną KRUR, która rozpoczęła działalność w listopadzie 2009 roku na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Stacja zlokalizowana jest w budynku Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji przy ul. Balickiej 253C. Antena do odbioru sygnałów satelitarnych GNSS w celu uzyskania maksymalnej stabilności, zainstalowana została na specjalnie wybudowanym w tym celu filarze obserwacyjnym. Obecnie stacja zrealizowana jest jako stacja samodzielna ale docelowo przewidziana jest do pracy w systemie sieci stacji bazowych. Stacja obserwacji permanentnych GPS plus GLONASS, KRUR pracuje w oparciu o odbiornik NetR5 oraz antenę Zephyr Model 2 (TRM57970-00, DC5011) firmy Trimble.

#### OCENA JAKOŚCIOWA OBSERWACJI PROWADZONYCH NA STACJI ZA POMOCĄ SERWISU POZGEO

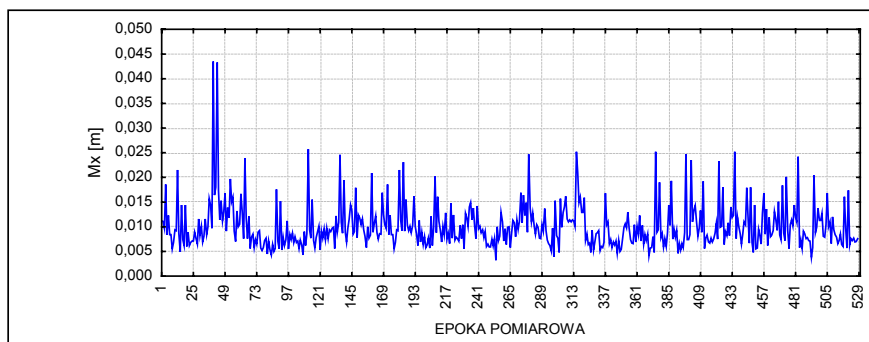
Stacja KRUR prowadzi permanentne obserwacje sygnałów GPS/GLONASS z interwałem 1s, od dnia 27 października 2009 roku. Analizę przeprowadzono dla okresu 3 tygodni, od 27.10.2009 do 18.11.2009. Dzięki ciągłości pomiarów sygnałów satelitarnych na stacjach permanentnych ASG-EUPOS istniała możliwość wygenerowania szeregów czasowych rozwiązań współrzędnych o dużej rozdzielczości w zadanym interwale czasu. Przy wykorzystaniu automatycznego serwisu POZGEO [Kadaj, Świętoń 2008] uzyskano szeregi czasowe współrzędnych stacji referencyjnej KRUR w interwałach godzinnych. Współrzędne wyznaczone zostały w układzie kartezyjskim X, Y, Z wraz z błędami średnimi ich wyznaczenia dla 528, 1-godzinnych sesji. Uzyskane rezultaty przedstawiono na wykresach (rys. 1–9).

Dokonana analiza przedstawionych powyżej wykresów wykazała istotne zmiany amplitudy wyznaczenia współrzędnej X w sesjach godzinnych. Rozpiętość wyznaczonych współrzędnych wyniosła  $r_x = 149$  mm, a odchylenie standardowe  $\delta = 25.3$  mm. Natomiast statystyka błędów średnich wyznaczonych współrzędnych godzinnych X na podstawie raportów z Centrum Obliczeniowego wyniosła:  $mx_{min} = \pm 3,2$  mm,  $mx_{max} = \pm 4,4$  mm,  $\delta = 4,6$  mm.



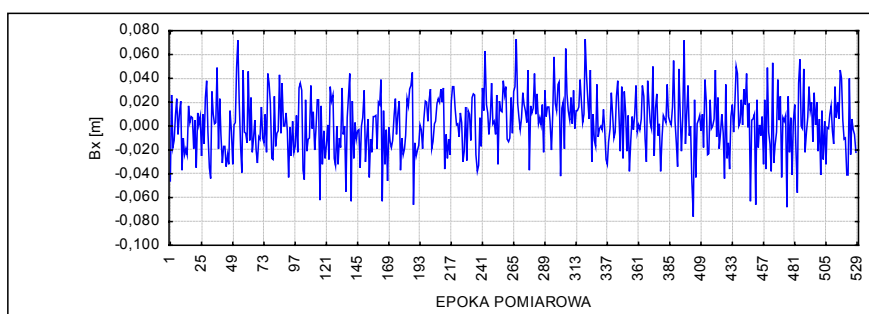
**Rysunek 1.** Wyniki wyznaczenia współrzędnej kartezjańskiej X dla poszczególnych sesji obserwacyjnych

**Figure 1.** Results of determination of cartesian coordinate X for observation sessions



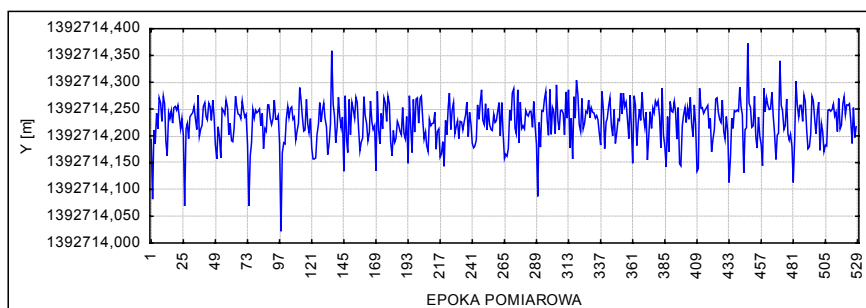
**Rysunek 2.** Wyznaczone błędy średnie współrzędnej kartezjańskiej X z poszczególnych sesji obserwacyjnych

**Figure 2.** Determined mean errors of cartesian coordinate X from several observation sessions



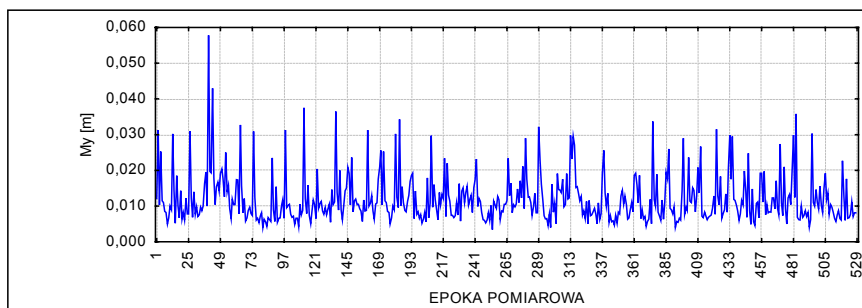
**Rysunek 3.** Wyznaczone błędy współrzędnych X obliczone jako różnice współrzędnych pomierzonych i współrzędnych katalogowych

**Figure 3.** Determined errors of coordinates X calculated as differences between determinate coordinates and table coordinates



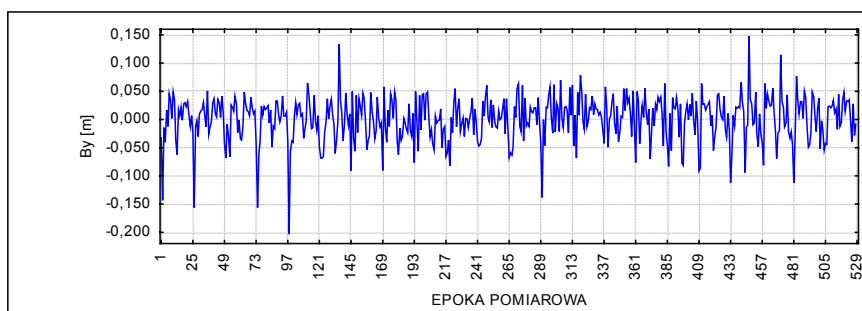
**Rysunek 4.** Wyniki wyznaczenia współrzędnej kartezjańskiej Y dla poszczególnych sesji obserwacyjnych

**Figure 4.** Results of determination of cartesian coordinate Y for several observation sessions



**Rysunek 5.** Wyznaczone błędy średnie współrzędnej kartezjańskiej Y z poszczególnych sesji obserwacyjnych

**Figure 5.** Determined mean errors of cartesian coordinate Y from several observation sessions



**Rysunek 6.** Wyznaczone błędy współrzędnych Y obliczone jako różnice współrzędnych pomierzonych i współrzędnych katalogowych

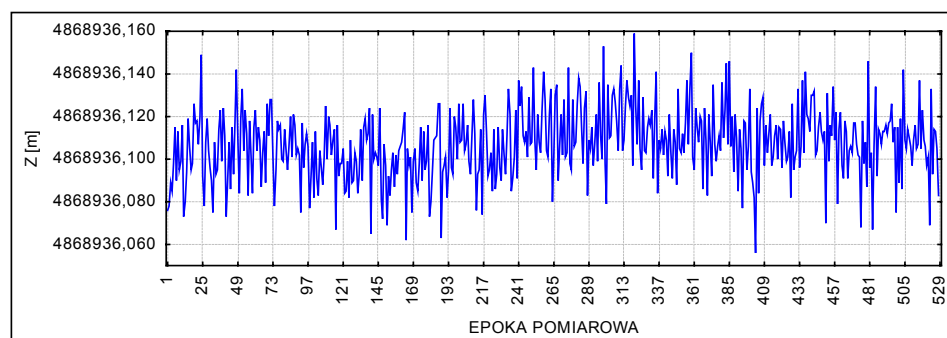
**Figure 6.** Determined errors of coordinates Y calculated as differences between determinate coordinates and table coordinates

W następnym etapie oceny jakościowej uzyskane wartości współrzędnej X wyznaczone w rozwiązaniach godzinnych, odniesiono do współrzędnych katalogowych punktu wyznaczonych metodą statyczną w oparciu o długookresowe obserwacje nawiązane do stacji EPN, aby następnie prześledzić ich zmiany w czasie. W rezultacie zaobserwowano bardzo istotne zmiany analizowanej współrzędnej (od  $\Delta X_{min} = -76,0$  mm do  $\Delta X_{max} = +73,0$  mm przy odchyleniu standardowym  $\delta = 25,3$  mm).

W drugim rzędzie przeprowadzono analizę wyników na podstawie przytoczonych powyżej wykresów (rys. 4–6) dla współrzędnej Y. Wykazała ona jeszcze większą rozpiętość wyznaczenia analizowanej współrzędnej  $r_y = 351$  mm, a odchylenie standardowe  $\delta = 39,3$  mm. Statystyka błędów średnich wyznaczenia współrzędnej Y na podstawie raportów z Centrum ASG-EUPOS wyniosła:  $my_{min} = \pm 11,9$  mm,  $my_{max} = \pm 57,8$  mm,  $\delta_y = 6,8$  mm.

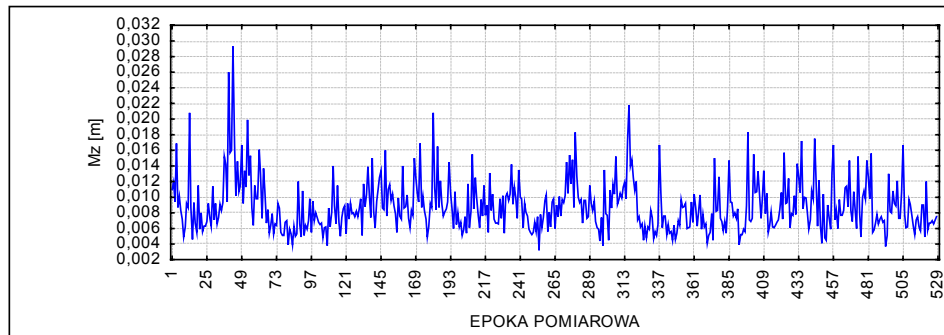
Następnie dokonano oceny jakościowej uzyskanych wartości współrzędnej Y w odniesieniu do wartości katalogowych. W tym przypadku zmiany analizowanej współrzędnej zawarły się w przedziale: od  $\Delta Y = -203,2$  mm, do  $\Delta Y = +147,8$  mm przy odchyleniu standardowym  $\delta = 39,3$  mm.

W ostatnim etapie przeprowadzono analizę wyników dla współrzędnej kartezyjskiej Z na podstawie powyżej przedstawionych wykresów (rys. 7–9). Analiza wykazała rozpiętość wyznaczonej współrzędnej Z na poziomie  $R_z = 103$  mm natomiast odchylenie standardowe  $\delta = 16,7$  mm. Błędy średnie wyznaczonej współrzędnej określone na podstawie raportów z serwisu POZGEO wyniosły odpowiednio:  $M_{z_{MIN}} = \pm 3,2$  mm,  $M_{z_{max}} = \pm 29,3$  mm,  $\delta = 3,4$  mm.



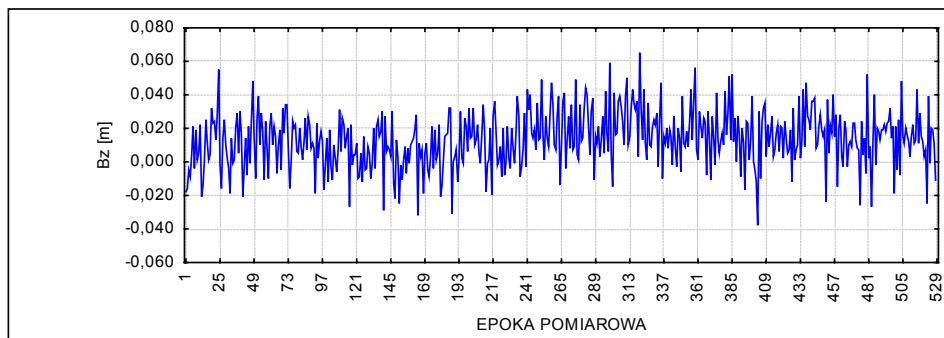
**Rysunek 7.** Wyniki wyznaczenia współrzędnej kartezyjskiej Z dla poszczególnych sesji obserwacyjnych

**Figure 7.** Results of determination of cartesian coordinate Z for several observation sessions



**Rysunek 8.** Wyznaczone błędy średnie współrzędnej kartezjańskiej Z z poszczególnych sesji obserwacyjnych

**Figure 8.** Determined mean errors of cartesian coordinate Z from several observation sessions



**Rysunek 9.** Wyznaczone błędy współrzędnych Z obliczone jako różnice współrzędnych pomierzonych i współrzędnych katalogowych

**Figure 9.** Determined errors of coordinates Z calculated as differences between determinate coordinates and table coordinates

Analogicznie, jak w dwóch poprzednich przypadkach uzyskane z pomiaru i obliczeń wartości współrzędnej Z odniesiono do ich wartości katalogowych uzyskując następujące ich wartości:

$$B_{z_{MIN}} = -37,8 \text{ mm, natomiast } B_{z_{max}} = +65,2 \text{ mm, } \delta = 16,7 \text{ mm.}$$

## PODSUMOWANIE

Reasumując, należy stwierdzić wysoką efektywność i niezawodność pozyskiwania obserwacji satelitarnych poprzez testowo działającą permanentną stację KRUR w Krakowie. Na stacji pozyskiwanych jest około 98% danych satelitarnych możliwych do zarejestrowania. Dokonane analizy oraz badania wykazały natomiast duży rozrzut współrzędnych X, Y, Z. Błędy „prawdziwe” współrzędnych uzyskane z rozwiązania POZGEO (współrzędna pomierzona minus współrzędna katalogowa) były przeciętnie o około 57% większe w stosunku do błędów średnich współrzędnych podawanych w raportach z serwisu automatycznego (po wyeliminowaniu rozwiązań odstających). W analizowanych wynikach wyznaczeń współrzędnych pojawiły się również duże okresowe wahania współrzędnych. Mogą one być efektem pewnego, bliżej nieokreślonego dryfu zegara odbiornika satelitarnego wykonującego pomiar.

## BIBLIOGRAFIA

- Czarnecki K. *Geodezja współczesna w zarysie*. Wyd. Wiedza i Życie SA. Warszawa 1995, s. 488.  
Kadaj R., Świętoń T. *Algorytm i oprogramowanie modułu automatycznego postprocessingu (APPS) w polskim systemie satelitarnych stacji referencyjnych (ASG-EUPOS)*. Politechnika Rzeszowska, 2008.

Dr inż. Zbigniew Siejka  
Katedra Geodezji  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
ul. Balicka 253a  
30 – 190 Kraków  
e-mail: rmsiejka@cyf-kr.edu.pl  
telefon: +4812 662 45 10

Recenzent: *Prof. dr hab. inż. Ryszard Hycner*