



ASG-EUPOS i podstawowa osnowa geodezyjna w Polsce

JAROSŁAW BOSY, ARTUR ORUBA¹, WIESŁAW GRASZKA¹

Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy,
50-357 Wrocław, ul. Grunwaldzka 53

¹Główny Urząd Geodezji i Kartografii, 00-926 Warszawa, ul. Wspólna 2

Streszczenie. Głównym zadaniem, jakie stawia się współczesnej osnowie geodezyjnej, jest realizacja w sposób jednorodny układu odniesienia obowiązującego na objętym nią obszarze. Przeniesienie układu odniesienia w Polsce odbywa się poprzez punkty sieci EUREF-POL, POLREF i EUVN, a także stacje referencyjne systemu ASG-EUPOS. W przypadku stacji ASG-EUPOS poprawna realizacja układu odniesienia jest niezmiernie istotna, ze względu na to, że użytkownicy systemu wyznaczają współrzędne punktów w czasie rzeczywistym. Koniecznym działaniem związanym z realizacją układu odniesienia jest zatem integracja punktów sieci EUREF-POL, POLREF i EUVN i stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS. Pozwoli to na związanie osnów niższych klas z systemem ASG-EUPOS, a co za tym idzie realizację prac geodezyjno-kartograficznych w państwowym systemie odniesień przestrzennych. W artykule zostały omówione aspekty realizacji układu odniesienia związane z uruchomieniem systemu ASG-EUPOS oraz wyniki kampanii kalibracyjnej.

Słowa kluczowe: geodezja i kartografia, osnowa geodezyjna, GPS, GNSS, geodezyjny układ odniesienia

Symbole UKD: 528

1. Wprowadzenie

W dniu 2 czerwca 2008 r. Główny Urząd Geodezji i Kartografii w Warszawie (GUGiK) udostępnił do użytku wielofunkcyjny system precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego na obszarze Polski ASG-EUPOS. System ten został zrealizowany przy udziale środków unijnych, w ramach Sektorowego Programu Operacyjnego *Wzrost konkurencyjności przedsiębiorstw, lata 2004-2006*. Priorytet 1.: *Rozwój przedsiębiorczości i wzrost innowacyjności poprzez wzmocnienie instytucji otoczenia*

biznesu. Działanie 1.5.: Rozwój systemu dostępu przedsiębiorców do informacji i usług publicznych on-line.

Stacje referencyjne systemu ASG-EUPOS zostały sklasyfikowane jako punkty podstawowej osnowy geodezyjnej zgodnie z ustawą z dnia 17 maja 1989 r. — Prawo geodezyjne i kartograficzne (Dz U z 2005 r. nr 240, poz. 2027 z późn. zm.). Jako osnowa trójwymiarowa pozwalają użytkownikom systemu na realizację prac geodezyjno-kartograficznych w państwowym systemie odniesień przestrzennych, określonym w rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 8 sierpnia 2000 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz U nr 70, poz. 821). Ich odpowiednikiem w istniejącej osnowie podstawowej kraju są punkty sieci EUREF-POL, POLREF i EUVN.

Realizacja prac geodezyjno-kartograficznych w jednolitym układzie odniesienia jest możliwa tylko po integracji sieci stacji referencyjnych ASG-EUPOS z sieciami EUREF-POL, POLREF i EUVN. W tym celu w 2008 roku na zlecenie GUGiK została przeprowadzona kampania kalibracyjna.

W artykule przedstawiono problematykę związaną z realizacją układu odniesienia. Następnie opisano sposób realizacji, kontroli i przenoszenia układu odniesienia w systemie ASG-EUPOS. W dalszej części omówiono integrację systemu ASG-EUPOS z osnową podstawową kraju reprezentowaną przez punkty sieci EUREF-POL, POLREF i EUVN. Ostatnia część opracowania poświęcona jest analizom wyników kampanii kalibracyjnej.

2. Realizacja geodezyjnego układu odniesienia w Polsce

Zgodnie z przywołanym powyżej rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 8 sierpnia 2000 r. państwowy system odniesień przestrzennych tworzą:

1. geodezyjny układ odniesienia, zwany dalej „EUREF-89”, to rozszerzenie europejskiego układu odniesienia ETRF na obszar Polski w wyniku kampanii pomiarowej EUREF-POL 92, której rezultaty zostały zatwierdzone przez Podkomisję dla Europejskiego Układu Odniesienia (EUREF) Międzynarodowej Asocjacji Geodezji w 1994 r. W EUREF-89 stosuje się Geodezyjny System Odniesienia 1980 (GRS 80), przyjęty na XVII Zgromadzeniu Generalnym Międzynarodowej Unii Geodezji i Geofizyki (MUGG) w Canberze, w grudniu 1979 r.;
2. układ wysokości w postaci wartości geopotencjalnych podzielonych przez przeciętne wartości przyspieszenia normalnego siły ciężkości, zwane dalej „wysokościami normalnymi”, odniesione do średniego poziomu Morza Bałtyckiego w Zatoce Fińskiej, wyznaczonego dla mareografu w Kronsztadzie koło Sankt Petersburga (Federacja Rosyjska), przy czym wysokości normalne określa się z pomiarów geodezyjnych nawiązanych do punktów podstawowej osnowy geodezyjnej kraju;

3. układ współrzędnych płaskich prostokątnych, oznaczony symbolem „2000”, stosowany w pracach geodezyjnych i kartograficznych związanych z wykonywaniem mapy zasadniczej;
4. układ współrzędnych płaskich prostokątnych, oznaczony symbolem „1992”, stosowany w mapach urzędowych o skali mapy 1:10000 i skalach mniejszych.

Rozporządzenie stanowi ponadto, że układ współrzędnych płaskich prostokątnych, oznaczony symbolem „1965”, oraz lokalne układy współrzędnych mogą być stosowane do dnia 31 grudnia 2009 r.

Dostępne w zasobie geodezyjno-kartograficznym rodzaje współrzędnych, punktów osnowy poziomej, w tym realizowanej z wykorzystaniem techniki satelitarnej GPS zgodnie z klasyfikacją zaproponowaną w zalecanej instrukcji G-2 z 2001 roku, przedstawiono w tabeli 1.

TABELA 1

Dostępne w zasobie geodezyjno-kartograficznym współrzędne punktów osnowy geodezyjnej

Klasa	Technika pomiarów	Dostępne współrzędne, [poziom dokładności]
Osnowa podstawowa		
Is	GPS: EUREF-POL (11 pkt.), POLREF (348 pkt.), EUVN (62 pkt.)	XYZ [cm], BLh($\phi\lambda h$) [cm], xy92 [cm], xy2000 [cm], xy65 [cm], H_K [mm]
I	Klasycznie: ok 6,5 tys. punktów	BL($\phi\lambda$) [cm], xy92 [cm], xy2000 [cm], xy65 [cm], $H_{K(red)}$ [dm]
Osnowa szczegółowa		
II	Klasycznie ok. 65 tys. punktów	BL($\phi\lambda$) [cm], xy92 [cm], xy2000 [cm], xy65 [cm], $H_{K(red)}$ [dm]
IIs	w tym GPS	XYZ [cm], BLh($\phi\lambda h$) [cm], xy92 [cm], xy2000 [cm], xy65 [cm], $H_{K(red)}$ [dm]
III	Klasycznie ok. 1200 tys. punktów	BL($\phi\lambda$) [cm], xy92 [cm], xy2000 [cm], xy65 [cm], $H_{K(red)}$ [dm]
IIIs	GPS	XYZ [cm], BLh($\phi\lambda h$) [cm], xy92 [cm], xy2000 [cm], xy65 [cm], $H_{K(red)}$ [dm]

Wprowadzenie jako punktów osnowy podstawowej stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS i wyznaczanie pozycji punktów w czasie rzeczywistym i postprocessingu w nawiązaniu bezpośrednio do nich spowodowało konieczność nowelizacji przepisów prawnych i standardów technicznych związanych z realizacją państwowego systemu odniesień przestrzennych. W związku z powyższym GUGiK w roku 2007 przedstawił

projekt nowelizacji rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 8 sierpnia 2000 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych, która ma na celu:

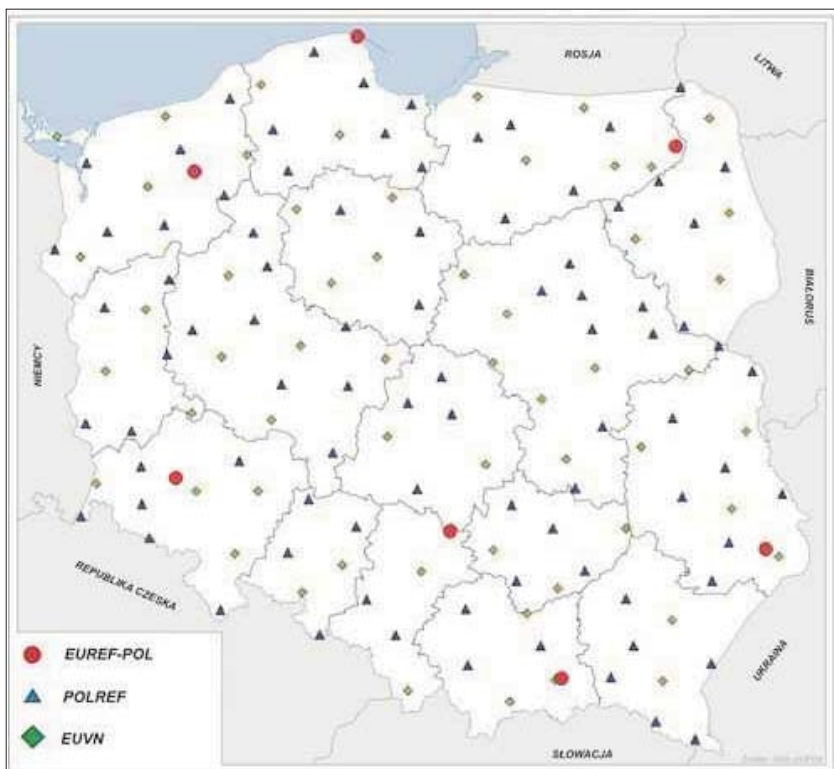
- wprowadzenie definicji pojęć, które nie występują w ustawie „Prawo geodezyjne i kartograficzne”, rozporządzeniach oraz normach międzynarodowych i europejskich,
- uszczegółowienie przepisów dotyczących przyjęcia na obszarze Polski i utrzymywania w aktualności geodezyjnego systemu odniesienia ETRS89,
- zastosowanie modelu odstępów quasi-geoidy 2001 od elipsoidy odniesienia GRS 80 i dopuszczenie do stosowania wysokości otrzymywanych z pomiarów satelitarnych,
- dopuszczenie do stosowania systemów odniesienia i systemów współrzędnych wykorzystywanych w pracach geodezyjnych i kartograficznych wykonywanych w ramach umów międzynarodowych.

W projekcie nowelizacji rozporządzenia został uściślony opis geodezyjnego układu odniesienia ETRF89, który jest praktyczną realizacją systemu ETRS89. Wprowadzono zapis, że „przenoszenie na obszar Polski geodezyjnego układu odniesienia ETRF89 odbywa się poprzez sieć stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS i punktów podstawowej osnowy geodezyjnej EUREF-POL i POLREF za pośrednictwem obserwacji satelitarnych GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*)”. Zostały opisane także procedury związane z konserwacją układu oraz możliwością zmiany realizacji systemu ETRS89.

3. Integracja systemu ASG-EUPOS z podstawową osnową geodezyjną kraju

W maju 2008 na zlecenie GUGiK przeprowadzono pomiary na potrzeby integracji sieci stacji ASG-EUPOS z podstawową osnową geodezyjną obejmującą punkty EUREF-POL, POLREF i EUVN. Pomiary zostały zrealizowane przez konsorcjum: Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie (lider konsorcjum), Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Politechnikę Rzeszowską, Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie, Instytut Geodezji i Kartografii w Warszawie, Centrum Badań Kosmicznych PAN, OPGK Olsztyn Sp. z o.o., OPGK Elbląg Sp. z o.o. i Gokart International Sp. z o.o. Pomierzone punkty EUREF-POL (11 punktów), POLREF (102 punkty) i EUVN (41 punktów) przedstawiono na rysunku 1.

Do opracowania zostały włączone także stacje permanentne EPN/IGS (18 punktów), stacje referencyjne EUPOS (18 punktów), dwie stacje ASG-PL i stacje ASG-EUPOS (98 punktów). Łącznie opracowanie obejmowało 289 punktów. Wyrównanie sieci zostało zrealizowane w ramach konsorcjum przez zespół Centrum Badań Kosmicznych PAN. Zgodnie z założeniami wyrównanie zostało zrealizowane w układzie ITRF2005 na średnią epokę obserwacji ($t_p = 2008,33$).



Rys. 1. Punkty osnowy podstawowej pomierzone w ramach kampanii kalibracyjnej 2008 (EUREF-POL, POLREF, EUVN)

Wyniki zostały następnie przeliczone do układów ITRF2000 (na epokę obserwacji t_p i $t_0 = 2000,0$), ETRF2000 (na epokę obserwacji t_p i $t_0 = 2000,0$). Przeliczenia zostały zrealizowane zgodnie z obowiązującymi w ITRS/ETRS89 formułami MEMO (Boucher i Altamimi, 2007):

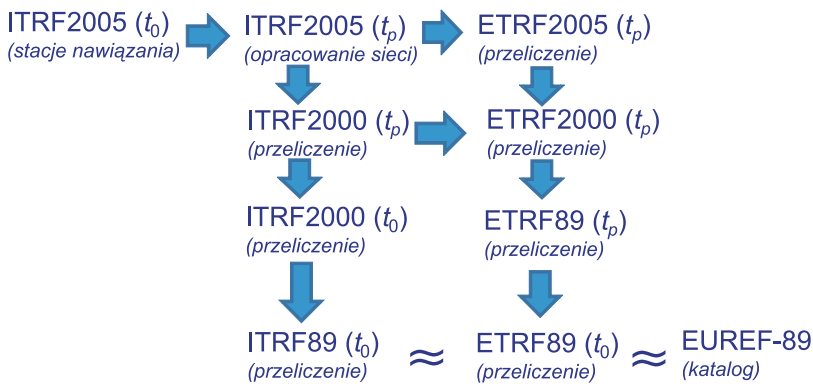
$$\begin{pmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} TX_{A,B} \\ TY_{A,B} \\ TZ_{A,B} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} S_{A,B} & -\omega Z_{A,B} & \omega Y_{A,B} \\ \omega Z_{A,B} & S_{A,B} & -\omega X_{A,B} \\ -\omega Y_{A,B} & \omega X_{A,B} & S_{A,B} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{pmatrix}, \quad (1)$$

gdzie: X_B, Y_B, Z_B — współrzędne wyznaczone;
 X_A, Y_A, Z_A — współrzędne dane;
 $TX_{A,B}, TY_{A,B}, TZ_{A,B}$ — przesunięcie pomiędzy środkami układów;
 $S_{A,B}$ — współczynnik zmiany skali;
 $\omega X_{A,B}, \omega Y_{A,B}, \omega Z_{A,B}$ — składowe orientacji przestrzennej.

W opracowaniu największy problem stanowiło przejście do układu ETRF89, które zostało zrealizowane na drodze transformacji 7-parametrowej z ETRF2000 (na epokę obserwacji t_p) do EUREF-89 (katalog CODGiK) z wykorzystaniem jako punktów łącznych punktów POLREF, choć naturalne wydaje się wykorzystanie w tym celu punktów EUREF-POL.

Zgodnie jednak z formułami MEMO (Boucher i Altamimi, 2007) przeliczenie między realizacjami ITRS wykonywane jest na drodze transformacji 7-parametrowej (1), natomiast między realizacjami ETRS89 powinno się odbywać na drodze transformacji 6-parametrowej (1), bez uwzględnienia zmiany skali ($S_{A,B} = 0$).

Autorzy niniejszej pracy wykonali niezależne przeliczenia między układami zgodnie z powyższymi założeniami, ich schemat przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Schemat przeliczeń z układu ITRF2005 do układu ETRF89

ETRF89 (ep. $t_p = 2008,33$) — otrzymano z wykorzystaniem MEMO (Boucher i Altamimi, 2007) z przyjęciem, że współrzędne w tym układzie nie podlegają ruchom własnym (ep. $t_p = 2008,33$).

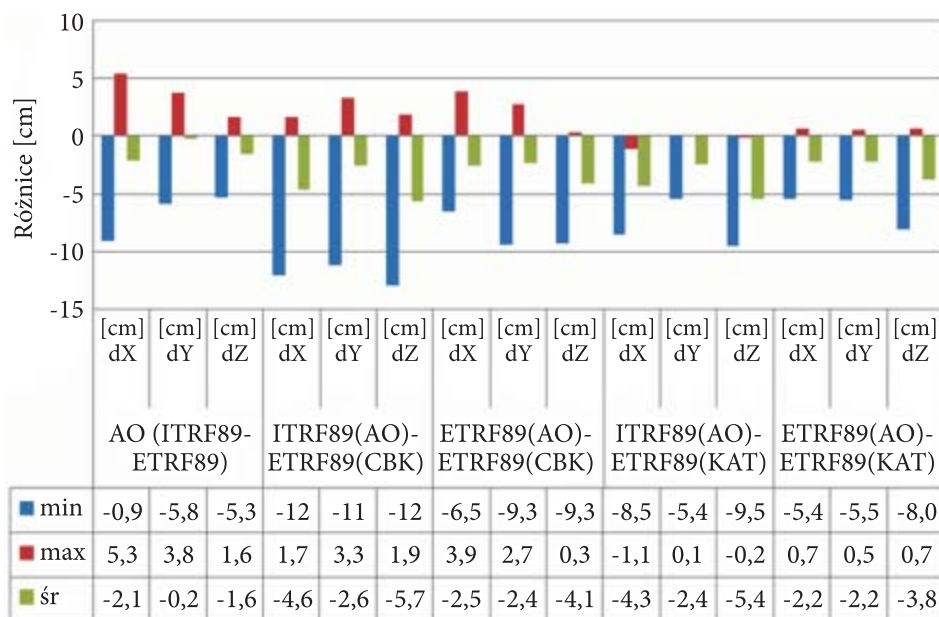
ITRF2005 (ep. $t_0 = 1989$) — obliczono redukując ze średniej prędkości stacji EPN na terenie Polski (mniej więcej jest to prędkość stacji BOR1) z epoki $t_p = 2008,33$ na $t_0 = 1989,0$.

ITRF2000 (ep. $t_0 = 1989$) — obliczono z wykorzystaniem parametrów transformacji 7-parametrowej (1) ze strony WWW ITRF (http://itrf.ensg.ign.fr/trans_para.php), redukując te parametry na epokę $t_0 = 1989,0$.

ITRF1989 (ep. $t_0 = 1989$) — obliczono z wykorzystaniem parametrów transformacji 7-parametrowej (1) ze strony WWW ITRF (http://itrf.ensg.ign.fr/trans_para.php), redukując te parametry na epokę $t_0 = 1989,0$ (redukcja z układu ITRF2000 na ITRF89).

ETRF2000 (ep. $t_0 = 1989$) — obliczono z przesunięcia układów ITRF2000 i ETRF2000 redukując parametry z MEMO (Boucher i Altamimi, 2007) na epokę $t_0 = 1989,0$.

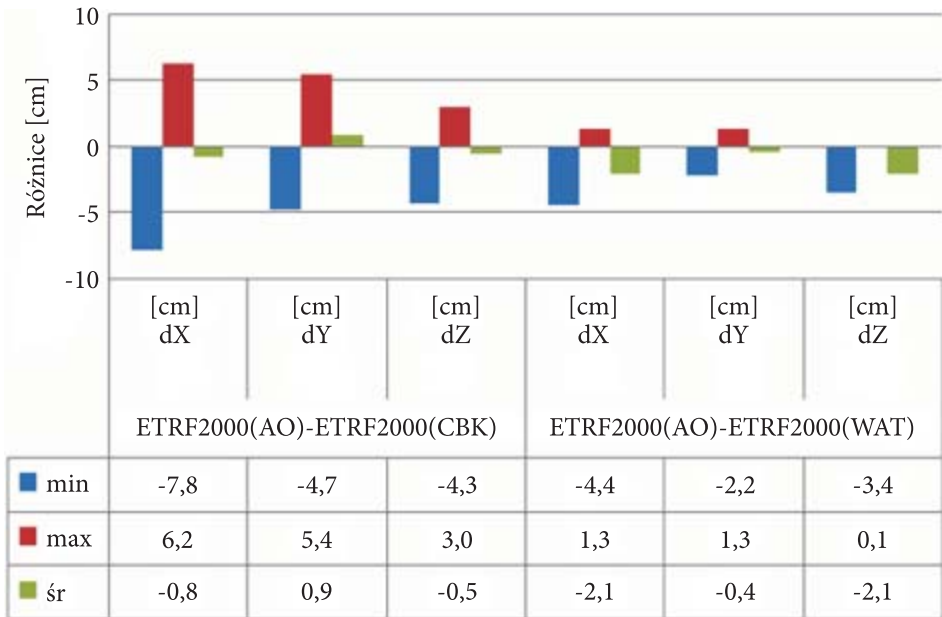
Na rysunku 3 przedstawiono różnice między wynikami otrzymanymi przez zespół CBK ETRF89(CBK) i autorów ITRF89(AO) i ETRF89(AO).



Rys. 3. Różnice między wynikami otrzymanymi przez zespół CBK ETRF89(CBK) i autorów ITRF89(AO) i ETRF89(AO)

Jak wynika z rysunku, wskazane różnice nie dają obiecujących prognoz na zaimplementowanie układu ETRF89 do systemu ASG-EUPOS przez zastosowanie transformacji 7-parametrowej (1), gdyż widoczny jest tutaj błąd skali. Wprowadzenie tych współrzędnych do systemu ASG-EUPOS może spowodować rozbieżności między współrzędnymi przyjętymi za stałe ETRF89(CBK) a wyznaczanymi przez system (moduł Trimble GPSNet). Różnice między ITRF89(AO) i ETRF89(AO) wynikają z uwzględnienia skali w przypadku przeliczeń między realizacjami ITRS, czego nie ma w przypadku realizacji ETRS89.

Należy dodać, że kontrolne opracowanie powyższej sieci zostało wykonane przez prof. Mariusza Figurskiego z Wojskowej Akademii Technicznej (WAT). Na rysunku 4 przedstawiono różnice między wynikami otrzymanymi przez zespół CBK i autorów (AO) i WAT dla układu ETRF2000 na epokę $t_p = 2008,33$.



Rys. 4. Różnice między wynikami otrzymanymi przez zespół CBK i autorów (AO) i WAT dla układu ETRF2000 na epokę $t_p = 2008,33$

Powyższe wyniki pokazują niewielkie różnice między współrzędnymi ETRF2000 opracowanymi przez CBK i WAT. Różnice między tymi współrzędnymi a katalogiem EUREF-89 punktów EUREF-POL, POLREF są na podobnym poziomie. Rekomenduje się zatem wprowadzenie współrzędnych ETRF2000 (CBK) na epokę $t_p = 2008,33$ jako katalogowych dla punktów sieci ASG-EUPOS.

4. Podsumowanie

System ASG-EUPOS zapewni stabilny i jednolity układ odniesień przestrzennych na obszarze całego kraju. Powiązanie systemu ASG-EUPOS z podstawową osnową kraju da możliwość realizacji prac geodezyjnych w jednolitym układzie odniesienia. Konieczna jest jednak odpowiedź na pytanie, jaka realizacja ETRS89 ma w Polsce obowiązywać w odniesieniu do współrzędnych stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS. Realizacja układu ETRF89, jak widać z przedstawionych analiz, nie jest jednoznaczna, występują istotne różnice w zależności od przyjętego sposobu przeliczenia współrzędnych. Należy przy odpowiedzi na powyższe pytanie uwzględnić zarówno realizację układu odniesienia w Polsce, jak i krajach sąsiednich. Najbardziej zasadna z punktu widzenia jednoznaczności w przeliczeniach

i rekomendowana przez podkomisję EUREF jest realizacja układu ETRF2000. Stąd szybkie wprowadzenie nowelizacji rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 8 sierpnia 2000 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych jest zasadne ze względu na dostosowanie przepisów prawnych do zmian zachodzących przy zakładaniu osnowy geodezyjnej.

Artykuł wpłynął do redakcji 11.03.2009 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano we wrześniu 2009 r.

LITERATURA

- [1] C. BOUCHER, Z. ALTAMIMI, *Memo: Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign*, 2007, (<http://etrs89.ensg.ign.fr/>).
- [2] *Projekt nowelizacji rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 8 sierpnia 2000 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych* (Dz U Nr 70, poz. 821) http://www.gugik.gov.pl/gugik/w_pages/w_law_info.php?loc=50&law=55.

J. BOSY, A. ORUBA, W. GRASZKA

ASG-EUPOS and Polish basic national geodetic control

Abstract. In modern geodesy, one of the main tasks set for geodetic control is the uniform realization of reference frames. In Poland, the networks of EUREF-POL, POLREF and EUVN points along with ASG-EUPOS reference stations constitute such a frame. In case of ASG-EUPOS stations, the proper implementation of the reference frame is extremely important concerning the fact that the system's users conduct positioning in real-time with high precision. The essential measure to be taken into account is the integration of ground control (EUREF-POL, POLREF, EUVN) with ASG-EUPOS. It would enable further integration of lower-class geodetic control with the ASG-EUPOS system and therefore realization of geodetic surveys in a uniform reference frame. This paper shows the aspects of reference frame realization associated with ASG-EUPOS system implementation and the analyses of results of the calibration campaign.

Keywords: geodesy and cartography, geodetic network, GPS, GNSS, geodetic reference frame

Universal Decimal Classification: 528

