

Łukasz Śliwiński

Przykład operatu z pomiaru RTK-GPS wykonanego w systemie ASG-EUPOS

Acta Scientifica Academiae Ostroviensis nr 32, 107-128

2009

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Łukasz Śliwiński

PRZYKŁAD OPERATU Z POMIARU RTK-GPS WYKONANEGO W SYSTEMIE ASG-EUPOS

Wstęp

Dynamicznie rozwijająca się technologia GPS oraz coraz niższe ceny sprzętu powodują, że ta metoda wykonywania pomiarów wykorzystywana jest przez coraz większą liczbę geodetów. Na terenie Polski już funkcjonuje system pozycjonowania satelitarnego ASG-EUPOS obejmujący swoim zasięgiem całą powierzchnię kraju, pozwalający mierzyć w trybie rzeczywistym wykorzystując jeden odbiornik, natomiast niektóre firmy pozakładały własne stacje referencyjne nie czekając na uruchomienie Aktywnej Sieci Geodezyjnej EUPOS.

Jednak z postępem technicznym nie idą w parze przepisy umożliwiające geodetom oddawania do ośrodków dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej (ODGiK) prac wykonanych w technologii RTK. Przepisy co prawda nie zabraniają tego, gdyż zgodnie z nadal obowiązującą instrukcją techniczną G-4 z 1983r. stosowanie metod, narzędzi i materiałów nie przewidzianych niniejszą instrukcją jest dopuszczalne, a metod będących wynikiem postępu technicznego jest zalecane, pod warunkiem zachowania wymaganych dokładności opracowań wynikowych, jednak w ten sposób zawartość operatu podlega interpretacji przez każdy ODGiK po swojemu. Z tych względów wydaje się koniecznym uregulowanie kwestii przyjmowania operatów do zasobu, poprzez przygotowanie odpowiednich instrukcji technicznych i wprowadzenie ich w życie odpowiednim rozporządzeniem. Należy przy tym zwrócić uwagę, aby przepisy nie ograniczały stosowania pomiarów GPS tylko i wyłącznie w nawiązaniu do systemu ASG-EUPOS, ale pozwalały również na korzystanie z innych stacji bazowych zakładanych przez prywatnych przedsiębiorców. Oprócz przepisów stosownym byłaby organizacja szkoleń skierowanych zarówno dla geodetów praktykujących, jak i administracji geodezyjnej i kartograficznej.

W niniejszym artykule zostanie zatem pokrótce omówiony państwowy system precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego ASG-EUPOS, a następnie przedstawiony przykład oddanego operatu z pomiaru w tym systemie, wykonany na podstawie opracowań przyjętych do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego na terenie województw małopolskiego i świętokrzyskiego.

ASG-EUPOS

Do najpopularniejszych rozwiązań w dziedzinie precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego, należą systemy działające w oparciu o naziemne stacje referencyjne GNSS (ang. Global Navigation Satellite Systems). Polska może już poszczycić się posiadaniem takiego rozwiązania jakim jest wielofunkcyjny system precyzyjnego pozycjonowania satelitarnego ASG-EUPOS, będący częścią systemu EUPOS obejmującego państwa Europy Środkowej i Wschodniej. W skład systemu wchodzi 3 podstawowe segmenty:

- segment kosmiczny (NAVSTAR GPS, GLONASS, GALILEO),
- segment referencyjny (odbiorczy, składający się 98 stacji naziemnych położonych na obszarze Polski),
- segment zarządzania (obliczeniowy, centra zarządzające w Katowicach i Warszawie),
- segment użytkowników (geodetów ale nie tylko).

Należy tutaj zaznaczyć, że punkty odniesienia stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS stanowią osnowę geodezyjną równoważną pod względem dokładności punktom sieci POLREF, czyli geodezyjnej osnowie poziomej I klasy. Tym samym użytkownicy korzystający z systemu mogą wykonywać pomiary w nawiązaniu bezpośrednio do punktów o dokładności osnowy I klasy. W ramach systemu pomiary można wykonywać:

- metodami statycznymi (serwisy POZGEO i POZGEO D),
- metodami czasu rzeczywistego (serwisy NAWGEO, KODGIS i NAWGIS).

Tabela 1.

| <i>Serwis systemu ASG-EUPOS</i> | <i>Metoda pomiaru</i> | <i>Przesyłanie danych</i> | <i>Precyzya wyznaczenia</i> | <i>Wymagany sprzęt</i> |
|---------------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|--|
| NAWGEO | Kinematyczna (RTK) | GSM/Internet | 0.03m 0.05m | Odbiornik L1/L2, telefon komórkowy, lub modem GSM |
| NAWGIS/KOD GIS | Różnicowa (DGNSS) | FM/GSM/Internet | 0.25-3.00m | Odbiornik L1, telefon komórkowy, lub modem GSM |
| POZGEO (postprocessing) | Stacyczna | Internet/CDROM | 0.01m | Odbiornik L1/L2, Odbiornik L1 |
| POZGEO D (postprocessing) | Stacyczna | Internet/CDROM | 0.1m | Odbiornik L1/L2, Odbiornik L1 |

Do najpopularniejszych i z pewnością do najczęściej używanych przez geodetów można zaliczyć serwis NAWGEO. Serwis ten udostępnia poprawki RTK, umożliwiające wyznaczenie współrzędnych płaskich z błędem średnim nie większym niż 0.03m oraz wysokości z błędem średnim nie większym niż 0.05m przy wykorzystaniu odbiornika o dwóch częstotliwościach L1/L2.

Pomiar dwuczęstotliwościowym odbiornikiem mającym możliwość odbioru poprawek VRS lub FKP, wymaga wykonania przez użytkownika następujących czynności:

- zarejestrowania się w systemie (na stronie www.asgeupos.pl) uzyskując nazwę użytkownika i hasło dostępu,
- skonfigurowania odbiornika, aby mógł komunikować się z systemem z wykorzystaniem protokołu NTRIP poprzez transmisję GSM/GPRS lub przy zastosowaniu innych metod,
- zalogowania na serwerze systemu i wybrania odpowiedniego strumienia danych korekcyjnych (poprawek RTCM).

Po zalogowaniu odbiornik:

- w sposób automatyczny prześle dane o jego pozycji do systemu, który na tej podstawie automatycznie wygeneruje poprawki w oparciu o dane z grupy stacji położonych najbliżej użytkownika,

- na podstawie otrzymanych poprawek wyznaczy prawidłowe współrzędne mierzonych punktów w geodezyjnym układzie odniesienia realizowanym przez stacje ASG-EUPOS,
- wyznaczy współrzędne płaskie w obowiązujących państwowych układach współrzędnych prostokątnych płaskich 1992 i 2000 poprzez przeliczenie pomierzonych współrzędnych według ścisłych zależności matematycznych (odwzorowanie, transformacja).

Ponieważ na obszarze kraju w wielu powiatach nadal funkcjonuje układ 1965 dlatego często dochodzi do konieczności wyznaczenia współrzędnych mierzonych punktów w tym układzie. Wyznaczenie to następuje poprzez przeliczenie w odbiorniku pomierzonych współrzędnych w oparciu o dodatkowy pomiar w układzie 2000 punktów nawiązania (dostosowania) posiadających współrzędne w układzie 1965. Na tej podstawie można wykonać transformację z układu 2000 na układ 1965 lub inny lokalny.

Zatem jak widać pomiar z wykorzystaniem sieci stacji referencyjnych ASG-EUPOS, za pomocą jednego odbiornika posiada wiele zalet, z których można wyliczyć:

- szybkość wyznaczenia współrzędnych, w kilka sekund po inicjalizacji odbiornika,
- wysoką dokładność pomiaru,
- możliwość wyznaczania współrzędnych w oparciu o punkty osnów lokalnych,
- tradycyjny zespół geodezyjny może ograniczyć się do jednej osoby.

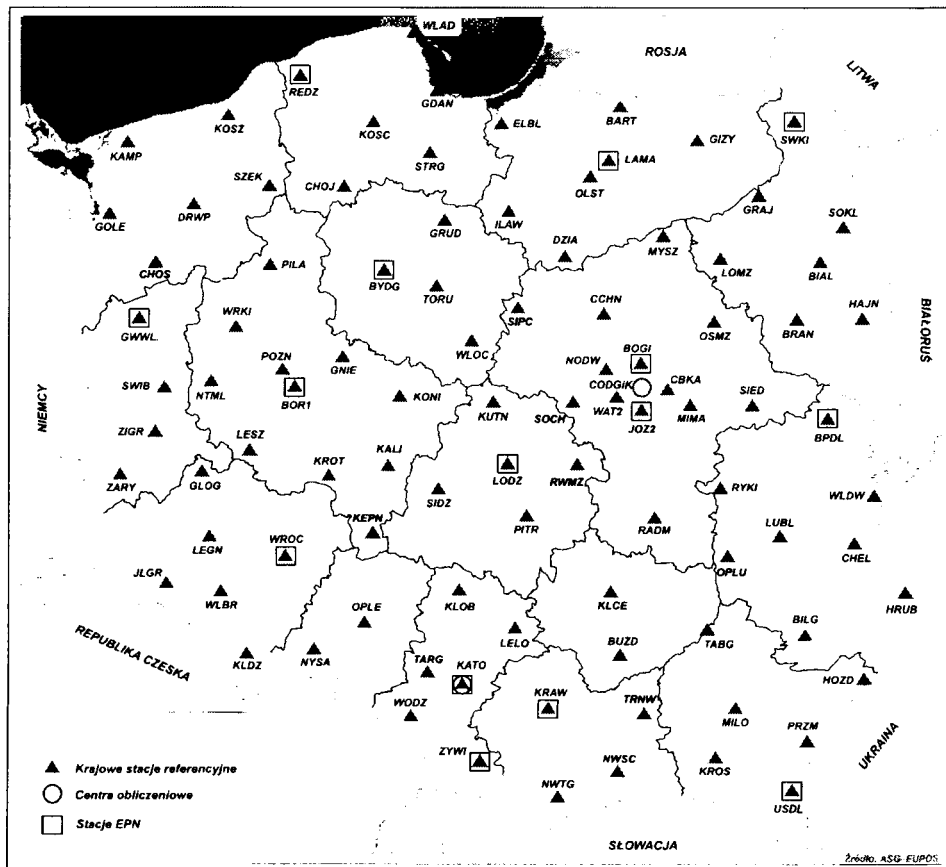
Jeżeli do wymienionych zalet dodamy możliwość:

- zakładania osnów geodezyjnych II i III klasy,
- zakładania osnów pomiarowych poziomych i wysokościowych,
- wykonywania pomiarów sytuacyjno-wysokościowych,
- wykonywania pomiarów realizacyjnych,
- wykonywania pomiarów związanych z katastrami nieruchomości,
- wykonywania pomiarów związanych z pozyskiwaniem danych do krajowego systemu informacji o terenie,

- wykorzystania do innych prac geodezyjnych, w których dokładności pomiaru gwarantowane w serwisach systemu są wystarczające, to wyraźnie widać najważniejszą cechę, którą jest duża ekonomia pomiaru przy relatywnie niskich kosztach.

Oczywiście należy pamiętać, że pomiar z wykorzystaniem sieci stacji referencyjnych ASG-EUPOS, nie jest jedynym możliwym sposobem wykonywania pomiarów GPS. Każda firma geodezyjna posiadająca już dwa odbiorniki może założyć własną stację referencyjną, z których jeden będzie pełnił rolę tzw. stacji bazowej a drugi będzie odbiornikiem ruchomym tzw. rover. Szczegółowy sposób wykonywania pomiarów tym sposobem został opisany w poprzednim artykule dotyczącym wykorzystania odbiorników Leica GPS 1200 w geodezyjnych pomiarach terenowych (*Acta Scientifica Academiae Ostroviensis, Zeszyt 27, Ostrowiec Św. 2007r.*).

Rysunek 1. Rozmieszczenie stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS na terenie kraju.



Zawartość operatu

Zasadniczo złożenie operatu powinno odbywać się zgodnie z instrukcją techniczną O-3 *Zasady kompletowania dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej*. Jednak nie ma w niej mowy jakie materiały z pomiaru GPS należy dołączyć do operatu technicznego. Wiadomo, że każdy operat z podziału nieruchomości, rozgraniczenia, wznowienia punktów granicznych, aktualizacji mapy do celów projektowych itd. posiada inny skład adekwatny do rodzaju sporządzonego opracowania. Jednak w każdym operacie powinniśmy wykonać pomiar w państwowym systemie odniesień przestrzennych zgodnym z Rozporządzeniem Prezesa Rady Ministrów z dnia 8 sierpnia 2000r. w sprawie państwowego

systemu odniesień przestrzennych. Pomiar ten będzie obejmował wyznaczenie współrzędnych punktów osnowy pomiarowej, wykonanie pomiaru pikiet, ewentualnie tyczenia za pomocą odbiorników GPS w 100% lub metodą kombinowaną z pomocą tachimetrów.

W tym miejscu warto przypomnieć, że zgodnie z wymienionym rozporządzeniem obecnie obowiązującym układem, stosowanym w pracach geodezyjnych i kartograficznych, związanych z wykonywaniem mapy zasadniczej jest układ współrzędnych płaskich prostokątnych, oznaczony symbolem „2000”. Natomiast układ wysokości jest odniesiony do średniego poziomu Morza Bałtyckiego w Zatoce Fińskiej, wyznaczonego dla mareografu w Kronsztadzie koło Sankt Petersburga. Układ współrzędnych płaskich prostokątnych „1965”, oraz lokalne układy współrzędnych zostały warunkowo dopuszczone do stosowania do dnia 31 grudnia 2009r.

Główny Geodeta Kraju umieścił na stronie internetowej projekt Wytycznych technicznych G-1.12 *Pomiary satelitarne oparte na systemie precyzyjnego pozycjonowania ASG-EUPOS* z 01.03.2008r, gdzie w §4 można przeczytać:

- 1) Zasady kompletowania i przekazywania dokumentacji technicznej określa instrukcja techniczna O-3 *Zasady kompletowania dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej*, przy uwzględnieniu modyfikacji wynikających z zastosowania satelitarnych metod pomiaru.
- 2) W ramach poszczególnych grup asortymentowych, o których mówi instrukcja techniczna O-3, powstała dokumentacja techniczna powinna być rozdzielona na następujące grupy funkcjonalne: zasób bazowy, zasób użytkowy i zasób przejściowy.
- 3) Skład dokumentów technicznych dla poszczególnych grup funkcjonalnych jest określony przez rodzaj wykonywanego pomiaru. Dokumenty dodatkowe, wynikające z użycia satelitarnych metod pomiaru, zostały określone w rozdziałach dotyczących stosowania poszczególnych serwisów systemu.

Zatem operat oprócz materiałów adekwatnych do konkretnej roboty geodezyjnej i kartograficznej np. pomiaru sytuacyjno-wysokościowego, inwentaryzacji, podziału itp., powinien zawierać:

- a. szkic przeglądowy lokalizacji wyznaczanych punktów, z zaznaczeniem położenia punktu kontrolnego oraz punktów

- dostosowania do lokalnych układów (jeżeli pomiar wykonujemy w układach lokalnych),
- b. wykaz współrzędnych płaskich i wysokości oraz ich różnic dla dwukrotnego pomiaru punktu z podaniem wyników dla każdego pomiaru,
 - c. sprawozdanie techniczne ze szczególnym uwzględnieniem: producenta, rodzaju, typu i modelu odbiornika oraz anteny, daty i czasu pomiaru, rodzaju oprogramowania wewnętrznego, rodzaju i formatu wykorzystanych korekt RTK, sposobu wyznaczenia ostatecznych współrzędnych i/lub wysokości, współczynniki przeliczeniowe pomiędzy układami wraz z wynikami transformacji,
 - d. raport z obliczeń z systemu ASG-EUPOS, jeżeli korzystamy z obliczeń wykonywanych przez serwisy tego systemu,
 - e. inne dokumenty wynikające z odrębnych przepisów.

Wymienione elementy stanowią część dokumentacji technicznej zasobu bazowego. W przypadku kompletowania dokumentacji zasobu użytkowego w skład operatu powinien wchodzić:

- a. wykaz współrzędnych i wysokości punktów,
- b. inne dokumenty wynikające z odrębnych przepisów.

Natomiast w zasobie przejściowym powinny się znaleźć:

- a. dzienniki polowe z obserwacji satelitarnych,
- b. inne dokumenty wynikające z odrębnych przepisów.

Przykład wykonanego operatu aktualizacji mapy sytuacyjno-wysokościowej do celów projektowych.

Wykonawca prac geodezyjnych po skończeniu prac terenowych musi sporządzić operat techniczny do ODGiK, dlatego już w trakcie pomiaru należy zastanowić się lub uzgodnić z ośrodkiem zawartość i sposób kompletowania operatu geodezyjnego. Wzorując się na wymogach ośrodków na terenie województw małopolskiego i świętokrzyskiego, poniżej została zaprezentowana wymagana zawartość operatu dotycząca części związanej z pomiarami GPS. Z reguły wykonując pomiar sytuacyjno-wysokościowy nie damy rady w 100% wykonać go za pomocą GPS. Dlatego w operacie należy umieścić szczegółowe informacje, które punkty, pikiety zostały pomierzone GPS, a które tachimetrycznie. Poniżej znajduje się przykładowy spis treści operatu złożonego do ośrodka dokumentacji geodezyjno-kartograficznej z wykonania aktualnej mapy do celów projektowych.

Przykład 1. Spis treści

| L.p. | | strony |
|------|--|--------------------------------------|
| 1. | Kopia zgłoszenia roboty geodezyjnej do PODGiK | |
| 2. | Sprawozdanie techniczne | |
| 3. | Szkic lokalizacji roboty | |
| 4. | Osnowa | |
| | - Sprawozdanie z założenia osnowy pomiarowej | |
| | - Dzienniki niwelacji osnowy pomiarowej | |
| | - Szkice osnowy pomiarowej | |
| | - Pomiar kontrolny osnowy pomiarowej | |
| | - Inwentaryzacja stanu punktów osnowy szczegółowej i reperów | |
| 5. | Szkice polowe (pomiar GPS i tachimetryczny) | |
| 6. | Wykaz współrzędnych pikiet (pomiar GPS i tachimetryczny) | |
| 7. | Porównanie map z terenem | Zasób przejściowy (osobna teczka) |
| 8. | Kopie aktualnych map do celów projektowych | Zasób użytkowy (osobne teczki) |

| 9. | Płyta DVD zawierająca: | Dołączona na końcu operatu |
|----|--|----------------------------|
| | - Wykaz współrzędnych osnowy | |
| | - Wykaz współrzędnych pomierzonych pikiet | |
| | - Dzienniki tachimetryczne | |
| | - Raporty z pomiaru RTK-GPS | |
| | - Rastry Geo-Tiff | |
| | - Wersja numeryczna mapy w formacie wymienialnym DXF | |

Warto zaznaczyć, że obecnie bezcelowe wydaje się drukowanie dużej ilości stron dzienników tachimetrycznych jak również raportów z pomiaru pikiet RTK-GPS. Oczywiście tego typu dane powinny znaleźć się w operacie, ale wydaje się, że wystarczy dołączenie ich w postaci cyfrowej.

Przykład 2. Sprawozdanie techniczne

KERG

Ostrowiec Św., dn.

SPRAWOZDANIE TECHNICZNE

Nazwa obiektu: **Droga krajowa S-7 Moczydło - Szczepanowice**

Rodzaj roboty: **Aktualizacja mapy sytuacyjno-wysokościowej do celów projektowych**

Skala opracowania: **1:1000**

Układ odniesienia sytuacyjny: **1965 strefa 1**

Układ odniesienia wysokościowy: **Kronsztadt 60**

Przed przystąpieniem do prac polowych przeprowadzono wywiad w terenie na podstawie istniejących materiałów otrzymanych z PODGiK w Xxxx. Zauważone zmiany w sytuacji i uzbrojeniu zaznaczono na mapie porównania z terenem.

Pomiary sytuacyjne i wysokościowe:

W oparciu o punkty osnowy państwowej II i III klasy, reperów państwowych oraz założoną osnowę pomiarową pomierzono brakujące elementy sytuacji, jak również kontrolnie te elementy, które znajdowały się na mapach (np. pomiar budynków na 1 lub 2 pikiety). Nowo pomierzone budynki zaznaczono na szkicach polowych kolorem czerwonym. Szczegółowy sposób założenia osnowy oraz kontroli pomiaru został opisany w części dotyczącej osnowy.

Pomiar wykonano metodą tachimetryczną, tachimetrem elektronicznym Leica TCR 407, jak również z użyciem odbiorników GPS System 1200 firmy Leica. Pomiar niwelacyjny wykonano niwelatorem kodowym Leica Sprinter 100M.

Numerację pikiet prowadzono osobno na gm. Xxxx i Yyyy.

Prace kameralne:

Po wykonaniu pomiaru kontrolnego dokonano analizy treści mapy na istniejących sekcjach pobranych z ODGiK. Na niektórych obszarach stwierdzono rozbieżność w usytuowaniu budynków. Jeśli różnice przekraczały dopuszczalny błąd 0,3mm względem najbliższych punktów osnowy, na mapie dokonano wkreślenia budynków w oparciu o nowy pomiar, np. na sekcjach 153.342.134, 153.343.243, 153.343.244. W miejscach, gdzie wystąpiły różnice w usytuowaniu budynków nie stwierdzono rozbieżności w usytuowaniu rozbieżności granic działek.

Wyniki pomiaru skartowano i wkreślono na matrycach map zasadniczych otrzymanych z ODGiK. Założono nowe sekcje 1:1000 w układzie 1965, obejmujące tylko część obligatoryjną treści mapy.

Granice nieruchomości i rodzaje użytków przyjęto z ewidencji gruntów.

Wykonano komplet map dla zleceniodawcy, obejmujących część obligatoryjną i fakultatywną treści map, zgodnie z instrukcją K-1.

Uzgodnienia ZUD:

W dasie aktualizowanego terenu wkreślono uzgodnienia ZUD.

Wykonując pomiar w oparciu o system ASG-EUPOS otrzymujemy automatycznie współrzędne w układzie WGS-84 oraz w układzie 2000 dla interesującego nas pasa południkowego. Ponieważ punkty odniesienia stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS stanowią podstawę geodezyjną równoważną pod względem dokładności punktów sieci POLREF, dlatego dla ośrodków prowadzących mapę zasadniczą w obowiązującym układzie tego typu współrzędne powinny wystarczyć i niepotrzebne jest wykonywanie dodatkowych transformacji. Gorzej jeżeli ośrodek nadal prowadzi mapę w układzie 1965 i żąda od geodetów współrzędnych w tym układzie. Tutaj niestety nie ma wyjścia i należy wykonać pomiar na punktach dostosowania układu 1965, przedstawiając kolejne etapy prac oraz wyniki wykonanych transformacji.

Przykład 3. Sprawozdanie z założenia osnowy

SPOSÓB POMIARU RTK-GPS
ORAZ ZAŁOŻENIA OSNOWY POMIAROWEJ

Pomiar RTK-GPS oraz założenie osnowy pomiarowej wykonano w oparciu o:

- Punkty osnowy szczegółowej II i III klasy w układzie 1965 strefa 1,
- Repery I i II klasy w układzie Kronsztadt 60,
- Sieć stacji referencyjnych w systemie ASG-EUPOS (www.asgeupos.pl).

Współrzędne potrzebnych punktów uzyskano z PODGiK w Xxxx, woj. małopolskie.

Do pomiaru wykorzystano metodę RTK GPS korzystając z odbiorników GPS System 1200 firmy Leica z antenami ATX1230 oraz system wirtualnych stacji referencyjnych VRS udostępniony przez system ASG-EUPOS. Poprawki korekcyjne były uwzględniane przez system w sposób automatyczny.

Kolejne etapy zakładania, pomiaru oraz obliczeń osnowy pomiarowej:

- Stabilizacja punktów osnowy pomiarowej palikami drewnianymi, gwoździami lub rurkami wzdłuż obszaru opracowania, w zależności od potrzeb.
- Wykonanie niwelacji oraz obliczenie wysokości reperów roboczych.
- Pomiar w układzie globalnym WGS-84 odszukanych punktów osnowy szczegółowej. III i II klasy (ukł. 1965 strefa 1) oraz punktów o znanych wysokościach, w tym repery robocze (ukł. Kronsztadt 60).
- Określenie parametrów transformacji układu globalnego WGS-84 na układ lokalny 1965 strefa 1 i Kronsztadt 60.
- Wykonanie pomiaru punktów osnowy pomiarowej w oparciu o określone parametry transformacji – uzyskując w ten sposób współrzędne w układzie płaskim 1965 oraz w układzie wysokościowym Kronsztadt 60.

Osnowę pomiarową w miarę potrzeb (tereny zabudowane i zalesione) zagęszczano tachimetrycznie wykorzystując ciągi poligonowe, punkty wcięte oraz bagnety.

Na błąd osnowy pomiarowej w układzie lokalnym (1965) zakładanej technologią GPS najważniejszy wpływ ma błąd transformacji układu globalnego WGS-84 na układ lokalny 1965 oraz błędy pomiaru punktów osnowy pomiarowej w ukł. WGS-84.

Zatem ostateczny błąd położenia punktów osnowy pomiarowej w określonym układzie współrzędnych (MALOPASG1), wynosi:

$$m_{xy} = \pm 41 \text{ mm}$$

$$m_H = \pm 21 \text{ mm}$$

Dokładność wyznaczenia położenia punktów osnowy pomiarowej powinien charakteryzować się błędem średnim $< 0,10\text{m}$, w stosunku do przyjętych za bezbłędne punktów nawiazania, niezależnie od zastosowanej do tego celu technologii zakładania osnowy – warunek ten został spełniony.

Szczegółowe informacje dotyczące wykorzystanych do poszczególnych transformacji punktów, parametrów transformacji, uzyskanych dokładności oraz szkice osnowy pomiarowej znajdują się w raportach dołączonych do niniejszego sprawozdania.

Przykład 4. Wykaz punktów dostosowania

| Punkty dostosowania (osnowa III klasy, repery państwowe) | | | |
|---|------------|------------|--------|
| <i>Układ 1965 strefa 1, Kronsztadt 60</i> | | | |
| Nr | X [m] | Y [m] | H [m] |
| 121186 | 5498467.31 | 4655666.51 | 253.90 |
| 121317 | 5498649.79 | 4655902.48 | 240.95 |
| 211002 | 5498376.64 | 4656956.31 | 185.53 |
| 211003 | 5498169.28 | 4656992.51 | 186.98 |
| 211027 | 5496465.35 | 4657167.79 | 256.37 |
| 411327 | 5505177.84 | 4656541.87 | 215.62 |
| 431017 | 5504499.52 | 4657688.49 | 203.14 |
| 431070 | 5502665.23 | 4661288.25 | 194.59 |
| 431072 | 5503004.70 | 4660276.04 | 193.84 |
| 431330 | 5504416.08 | 4659768.38 | 195.07 |
| 431572 | 5501594.13 | 4657016.05 | 175.92 |
| 431625 | 5500627.56 | 4660672.90 | 172.62 |
| AA-0001 | - | - | 171.87 |

Przykład 5. Wykaz punktów dostosowania pomierzonych w systemie ASG-EUPOS

| Punkty dostosowania pomierzone w oparciu o system ASG-EUPOS | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|---|------------|----------------------------|----------------------------------|------------------|
| <i>Współrzędne kartezjańskie układu WGS-84</i> | | | | <i>Współrzędne płaskie układu 2000 i wysokości elipsoidalne</i> | | | <i>Dokładność określenia</i> | |
| Nr | X [m] | Y [m] | Z [m] | X [m] | Y [m] | H [m] Elipso- idalna | pozycji [m] | wysokości [m] |
| 121186 | 3753716.800 | 1467061.725 | 4927275.686 | 5641400.93 | 7524405.45 | 289.14 | 0.0101 | 0.0143 |
| 121317 | 3753491.687 | 1467227.858 | 4927380.044 | 5641583.62 | 7524641.25 | 276.06 | 0.0124 | 0.0162 |
| 211002 | 3753275.953 | 1468274.157 | 4927162.361 | 5641311.69 | 7525695.48 | 220.70 | 0.0195 | 0.0257 |
| 211003 | 3753413.938 | 1468366.193 | 4927032.587 | 5641104.30 | 7525731.94 | 222.15 | 0.0197 | 0.0193 |
| 211027 | 3754625.379 | 1469021.334 | 4926011.109 | 5639400.37 | 7525909.13 | 291.58 | 0.0143 | 0.0182 |
| 411327 | 3748514.991 | 1465994.471 | 4931473.462 | 5648113.18 | 7525273.31 | 250.66 | 0.0082 | 0.0142 |
| 431017 | 3748584.702 | 1467250.457 | 4931033.694 | 5647436.12 | 7526420.83 | 238.17 | 0.0064 | 0.0111 |
| 431070 | 3748606.566 | 1471117.717 | 4929861.354 | 5645605.60 | 7530023.09 | 229.50 | 0.0100 | 0.0156 |
| 431072 | 3748726.513 | 1470078.914 | 4930077.642 | 5645943.97 | 7529010.39 | 228.78 | 0.0089 | 0.0144 |
| 431330 | 3747888.995 | 1469211.400 | 4930969.283 | 5647354.93 | 7528501.04 | 230.02 | 0.0086 | 0.0155 |
| 431572 | 3750917.675 | 1467428.987 | 4929183.412 | 5644529.61 | 7525751.61 | 211.02 | 0.0132 | 0.0238 |
| 431625 | 3750293.047 | 1471108.189 | 4928561.769 | 5643566.99 | 7529409.97 | 207.63 | 0.0095 | 0.0135 |
| AA-0001 | 3750970.262 | 1470965.187 | 4928091.313 | 5642819.48 | 7529033.81 | 206.92 | 0.0159 | 0.0197 |

Zatem pomiar punktów dostosowania wykonujemy wyłącznie gdy chcemy uzyskać współrzędne w lokalnym układzie współrzędnych dla danego terenu, ewentualnie jeżeli chcemy obliczyć lokalne parametry transformacji niezbędne do wykonywania dalszych przeliczeń. Układ 1965 traktujemy zatem jako układ lokalny na danym terenie. Przykładowe obliczenia parametrów transformacji z układu WGS-84 na układ lokalny 1965 strefa 1, w oparciu o zamierzone punkty dostosowania dla terenu miasta Ostrowca Św., podano w przykładzie 6.

Przykład 6. Obliczenie parametrów transformacji

| | | |
|--|---|--|
| Nazwa transformacji: | OSTROWIEC-ASG | |
| Stacja bazowa: | Sieć stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS <i>www.asgeupos.pl</i> | |
| Typ transformacji: | 1-krokowa | |
| Tryb wysokości: | Ortometryczne | |
| Punktów dostosowania: | 13/13 | |
| Największe poprawki: | | |
| X (północ) | 0.044m | |
| Y (wschód) | 0.030m | |
| Wysokość | 0.025m | |
| Błędy transformacji i dopasowania wysokości | $m_{tranXY} = \pm 30mm$ $m_{tranH} = \pm 14mm$ | |
| PUNKTY DOSTOSOWANIA | | |
| Punkty WGS-84 | Punkty lokalne ukł. 1965 strefa 1, Kronsztadt 60 | Dopasowanie (P-pozycja, H-wysokość) |
| 121186 | 121186 | Tylko H |
| 121317 | 121317 | Tylko P |
| 211002 | 211002 | P&H |
| 211003 | 211003 | P&H |
| 211027 | 211027 | P&H |
| 411327 | 411327 | P&H |
| 431017 | 431017 | Tylko H |
| 431070 | 431070 | P&H |
| 431072 | 431072 | P&H |
| 431330 | 431330 | P&H |
| 431572 | 431572 | P&H |
| 431625 | 431625 | P&H |
| AA-0001 | AA-0001 | Tylko H |

| KONTROLA POPRAWEK (interpolacja metodą najmniejszych kwadratów) | | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| Punkty WGS-84 | X (północ) [m] | Y (wschód) [m] | Wysokość [m] |
| 121186 | --- | --- | 0.012 |
| 121317 | -0.021 | 0.023 | --- |
| 211002 | 0.038 | -0.004 | -0.013 |
| 211003 | -0.009 | 0.022 | -0.008 |
| 211027 | -0.008 | -0.006 | -0.002 |
| 411327 | 0.031 | -0.023 | -0.001 |
| 431017 | --- | --- | 0.012 |
| 431070 | -0.015 | -0.002 | -0.025 |
| 431072 | -0.013 | 0.013 | -0.014 |
| 431330 | -0.022 | -0.030 | 0.009 |
| 431572 | 0.044 | 0.003 | -0.008 |
| 431625 | -0.024 | 0.004 | 0.014 |
| AA-0001 | --- | --- | 0.025 |
| Średnie błędy współrzędnych punktów transformowanych | $\pm 25 \text{ mm}$ | $\pm 16 \text{ mm}$ | --- |
| Średnie błędy punktów transformowanych | $\pm 30 \text{ mm}$ | | $\pm 14 \text{ mm}$ |

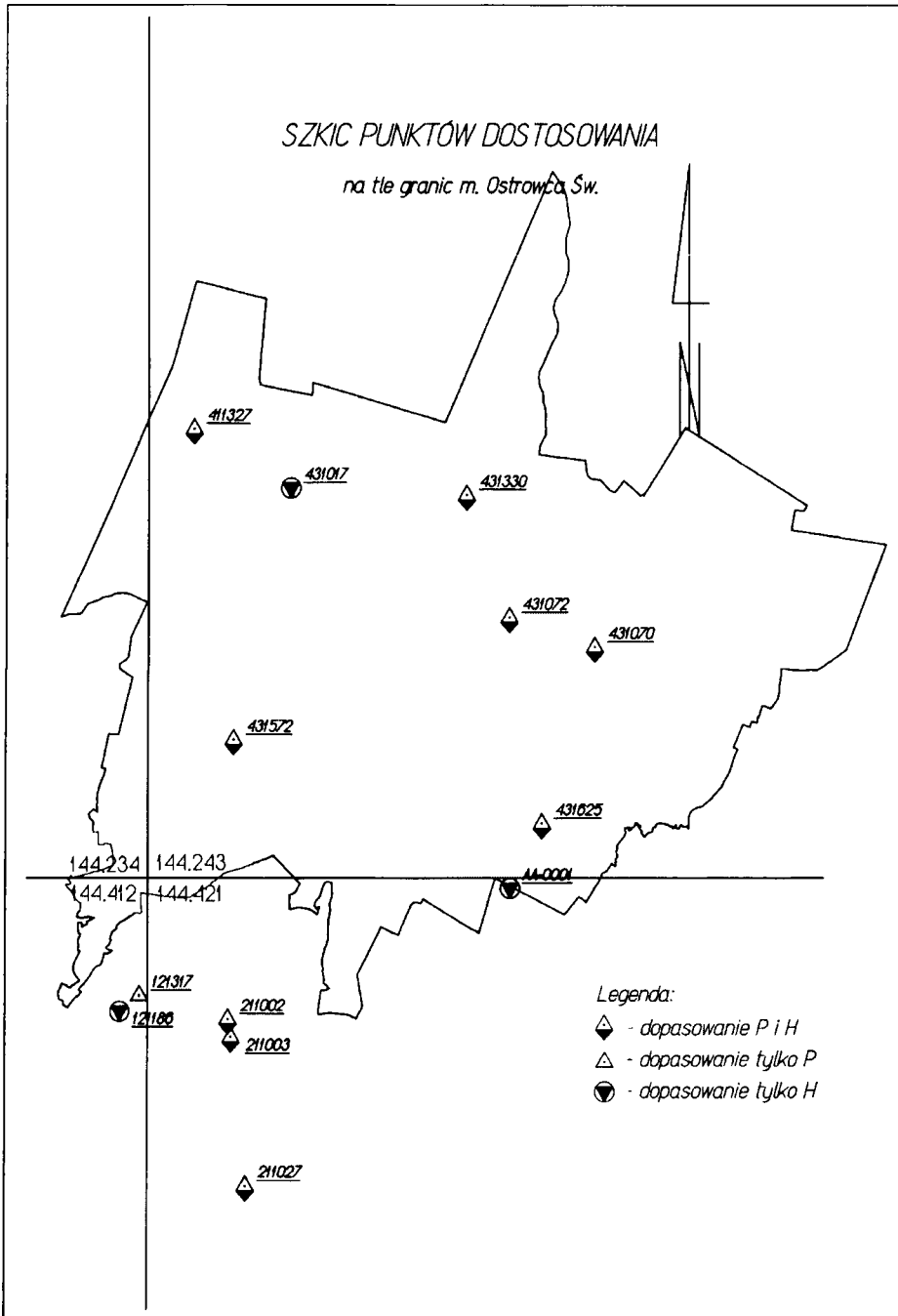
| WYNIKI TRANSFORMACJI | |
|-----------------------------|--------------------------|
| POZYCJA | |
| Przesuw dX | 5500914.3062m |
| Przesuw dY | 4658258.7029m |
| Obrót | -840.88309 |
| Skala | -182.9577ppm / 0,9998170 |
| X Bieg obrotu | 0.3538m |
| Y Bieg obrotu | -0.4449m |
| WYSOKOŚĆ | |
| Nachyl. w X | 0.0000220 |
| Nachyl. w Y | 0.0000357 |
| Przesuw H | -32.0688m |

Przeliczenie powinno odbyć się na minimum 4 punktach dostosowania, co pozwoli obliczyć błędy zarówno wpasowania poziomego jak również wysokościowego. Punkty muszą być

rozmieszczone równomiernie względem opracowywanego obszaru, co powinien przedstawiać dołączony szkic. Posiadając powyższe parametry transformacji pomiędzy układem WGS-84 a układem lokalnym, możemy zakładać osnowę pomiarową oraz wykonywać pomiar bezpośrednio w układzie obowiązującym na danym terenie. Wyniki można również zapisywać w układzie WGS-84, lub 2000, a następnie dla potrzeb ośrodka kameralnie przeliczyć je na układ lokalny w oparciu o wyniki transformacji.

Jednak pomimo możliwości przeliczania poprzez punkty dostosowania współrzędnych z układu 2000 na układy „lokalne” (również 1965), należy zwrócić uwagę na konieczność szybkiego przejścia przez ośrodki dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej na obowiązujący układ współrzędnych płaskich prostokątnych 2000. Niestety część ośrodków, nawet pomimo posiadania już przeliczonej osnowy państwowej w tym układzie, dalej zwleka z udostępnianiem jej wykonawcom. Wydaje się, że ze względu na nieuniknione przejście na układ 2000, powinno ustalić się okres przejściowy, w którym wykonawca powinien oddawać prace w układzie 2000, a tylko dla potrzeb wniesienia danych na mapy prowadzone w dotychczasowy sposób przeliczać na „lokalny” układ współrzędnych funkcjonujący na danym terenie. Takie rozwiązanie spowodowałoby gromadzenie na bieżąco danych zasobu w układzie 2000, do czasu warunkowego funkcjonowania układu 1965 oraz układów lokalnych, czyli do dnia 31 grudnia 2009r.

rzykład 7. Szkic punktów dostosowania.



Kontrola wykonania pomiarów

Mierząc punkty zakładanej osnowy czy też pikiety, nie należy zapomnieć o kontroli pomiaru. Zgodnie z projektem wytycznych technicznych G-1.12 w przypadku pomiarów punktów granicznych, punktów osnowy pomiarowej lub innych, otrzymane wartości powinny być sprawdzone za pomocą drugiego, niezależnego pomiaru wykonanego metodą RTK, metodą klasyczną (poligonową lub wcięć) lub inną. W metodzie RTK, poprzez drugie niezależne wyznaczenie należy rozumieć:

- pomiar wykonany przy powtórnej inicjalizacji odbiornika,
- pomiar wykonany innym zestawem pomiarowym,
- pomiar i opracowanie obserwacji w trybie post-processingu.

Należy zwrócić uwagę, że wykonując pomiar punktów dostosowania w systemie ASG-EUPOS, de facto każdy punkt jest mierzony z innej wirtualnej stacji referencyjnej i często jadąc z punktu na punkt wyłączamy odbiornik, który później musi się powtórnie inicjalizować. Również pomiar punktów dostosowania często wykonuje się po drodze, idąc z pomiarem, więc przy dużych opracowaniach jest on wykonywany o innej porze lub nawet w inne dni. Zatem podczas pomiaru punktów dostosowania można uznać, że warunek niezależnego wyznaczenia jest spełniony, gdyż późniejsza transformacja da nam wiedzę o dokładności modelu pomiarowego i wychwyci grube błędy na tych punktach. Również pomiar każdego punktu jest wypadkową wielu następujących po sobie wyznaczeń, wykonywanych przez kilka sekund trzymania tyczki nad punktem.

W przypadku dwukrotnego, niezależnego pomiaru, otrzymane różnice nie powinny przekraczać następujących wartości: $dx, dy \leq 0.06\text{m}$, $dh \leq 0.09\text{m}$. Ponieważ pomiary w systemie ASG-EUPOS są poprzez stacje referencyjne nawiązywane bezpośrednio do podstawowej osnowy geodezyjnej oraz położenie wszystkich punktów wyznaczane jest w jednolitym państwowym układzie odniesień przestrzennych, można więc powiedzieć, że przy pomiarach sytuacyjno-wysokościowych mamy „spory zapas” do uzyskania dokładności narzucanych przez instrukcję techniczną G-4.

Ponadto, we wszystkich odbiornikach można włączyć opcję, dzięki której odbiornik nie pomierzy nam punktów, nie spełniających zadanych warunków i kryteriów dokładnościowych.

Poniżej zamieszczono przykład sprawozdania z niezależnej kontroli założenia osnowy pomiarowej.

Przykład 8. Sprawozdanie z pomiaru kontrolnego

KONTROLA POMIARU RTK-GPS
ORAZ ZAŁOŻENIA OSNOWY POMIAROWEJ

Kontrolę pomiaru RTK-GPS oraz założenie osnowy pomiarowej (w oparciu o sieć stacji referencyjnych w systemie ASG-EUPOS) wykonano określając w sposób niezależny współrzędne punktów osnowy.

W centralnym obszarze opracowania wykonano niezależny pomiar RTK-GPS osnowy pomiarowej wykorzystując:

- punkty osnowy szczegółowej II i III klasy w układzie 1965 strefa 1,
- repery I i II klasy w układzie Kronsztadt 60,
- założoną stację bazową, na której umieszczono odbiornik GPS System 1200 firmy Leica – spełniający rolę lokalnej stacji referencyjnej.

Na pozostałym obszarze kontrolę wykonano niezależnie dowiązując punkty osnowy pomiarowej do punktów osnowy państwowej tachimetrem elektronicznym LEICA TC407, otrzymując w ten sposób odchyłki pomiaru ciągów mieszczące się w wartościach dopuszczalnych (patrz dzienniki obliczeń).

Kontrolę pozostałych punktów osnowy pomiarowej wykonano podczas pomiaru sytuacyjno-wysokościowego, mierząc drugi raz założone i pomierzone wcześniej punkty. Ponieważ współrzędne z drugiego pomiaru różniły się maksymalnie o 20mm od współrzędnych z pierwszego pomiaru, uzyskanych wyników nie uśredniano.

W wyniku wykonanych pomiarów i obliczeń wykonano wykaz różnic współrzędnych z pomiaru na podstawie sieci ASG-EUPOS oraz pomiaru kontrolnego (GPS i tachimetrycznego).

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że średni wektor różnicy współrzędnych płaskich z dwóch niezależnych pomiarów wynosi 21mm, natomiast średnia różnica otrzymanych wysokości to 9mm.

Zakończenie

Wykorzystanie nowych technik pomiaru umożliwia szybsze i dokładniejsze wykonywanie zadań, a co za tym idzie ekonomię pomiaru. Istniejące normy nie powinny jednak ograniczać rozwijających się technologii i powodować sytuacji, gdzie złożenie operatu jest czasami trudniejsze i bardziej czasochłonne niż wykonanie prac terenowych. Ponieważ sposób dokumentacji pomiaru zależy wprost od przyjętej metody, dlatego przedstawione w artykule przykłady, poparte projektem wytycznych technicznych są jedynie wskazówką dla wykonawcy prac geodezyjnych, jak również dla pracowników ośrodków dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej kontrolujących oddawane prace. Przyjęty wzorzec oddawania prac wykonywanych, czy to z wykorzystaniem systemu ASG-EUPOS, czy też własnych stacji referencyjnych (bazowych), powstał na podstawie operatów składanych do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego w powiatach na terenie województw małopolskiego i świętokrzyskiego. Dlatego można go uznać za sprawdzony zarówno pod względem zgodności z obowiązującymi i zalecanymi przepisami, jak również z wymaganiami poszczególnych ośrodków dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej.

Jednak aby uniknąć sytuacji, w której każdy ośrodek w Polsce interpretuje po swojemu kwestie oddawania do ODGiK-ów prac wykonanych w technologii RTK, powinna zostać uregulowana kwestia przyjmowania operatów GPS do zasobu odpowiednim rozporządzeniem. Przepis ten powinien być tak napisany, aby dopuszczał stosowanie różnych sposobów pomiaru RTK, zarówno w oparciu o państwowy system Aktywnej Sieci Geodezyjnej EUPOS, jak również z użyciem własnych stacji bazowych.

Literatura:

1. Foldery reklamowe systemu ASG-EUPOS.
2. Instrukcja techniczna G-4 *Pomiary sytuacyjne i wysokościowe* (wydanie trzecie z 1983r).
3. Instrukcja techniczna O-3 *Zasady kompletowania dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej* (wydanie drugie z 1992r.).

4. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 marca 1999r. *w sprawie standardów technicznych dotyczących geodezji, kartografii oraz krajowego systemu informacji o terenie* (Dz. U. 1999 Nr 30 poz.297).
5. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 8 sierpnia 2000r. *w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych* (Dz. U. 2000 Nr 70 poz. 821).
6. Strona <http://www.asgeupos.pl>
7. Wołowicz T.: *Instrukcje a rzeczywistość*, „Geodeta”, listopad 2006r.
8. Wytyczne techniczne G-1.12 *Pomiary satelitarne oparte na systemie precyzyjnego pozycjonowania ASG-EUPOS* (projekt z dnia 1.03.2008r. z poprawkami).