

MARIA CISAK
ANDRZEJ SAS

**ANALIZA DOKŁADNOŚCI PRZELICZEŃ
WSPÓLRZĘDNYCH PUNKTÓW ZAWARTYCH
W BAZIE DANYCH GRAWIMETRYCZNYCH
Z UKŁADU „BOROWA GÓRA” NA UKŁAD „1942”**

ZARYS TREŚCI: Analizę oparto na wynikach przeprowadzonych czterech testów: testu na materiale katalogowym, testu na materiale mapowym, testu terenowego oraz testu poprawności odwzorowania profili punktów geologicznych. Celem analizy było określenie faktycznej dokładności określenia współrzędnych dowolnego punktu zawartego w bazie danych grawimetrycznych po jego transformacji z układu „Borowa Góra” na układ „1942”. Opisano przeprowadzone testy, a wyniki ich wraz z oceną dokładności przedstawiono w postaci tabelaryczno-graficznej.

1. WSTĘP

W związku z realizacją projektu zamawianego PBZ-KBN-081/T12/2002 dotyczącego opracowania centymetrowej geoidy dla obszaru Polski zaszła konieczność przeliczenia współrzędnych około miliona punktów grawimetrycznych podanych w bazie danych PIG w układzie „Borowa Góra” („BG”) na układ „92”. Odpowiednie formuły przeliczeniowe pomiędzy układem „1942” a innymi obecnie obowiązującymi układami ujmują Wytyczne Techniczne G-1.10 (Kadaj 2001). Nie ma w nich jednak sformułowanych zasad przejścia pomiędzy układami „BG” i „1942”. Lukę tę zapełnia opracowany w 2003 roku w Instytucie Geodezji i Kartografii algorytm i program przeliczeniowy o nazwie BG/42, przy użyciu którego przeliczono współrzędne punktów grawimetrycznych, zawartych w geologicznej bazie danych, z układu „BG” na układ „1942”.

W niniejszym opracowaniu przeanalizowano cztery aspekty mające wpływ na określenie rzeczywistej dokładności pozycji punktu po transformacji jego współrzędnych z układu na układ, biorąc pod uwagę:

- dokładność wkartowania punktów na mapy w skali 1:50 000 lub 1:100 000,
- dokładność odczytu współrzędnych punktów z map,
- dokładność transformacji programem BG/42,
- wady map topograficznych sporządzonych w układzie „BG”.

W opracowaniu nie uwzględniono deformacji mapy spowodowanej skurczem bądź rozkurczem materiału. Skurcz papieru, jako czynnik wpływający na dokładność wyznaczenia współrzędnych z mapy, jest trudny do określenia, ponieważ jest różny dla każdego arkusza mapy oraz z uwagi na południkowe ułożenie włókien inaczej wpływa na współrzędne B i L. Przyjęto uproszczone założenie, że skurcz papieru, na którym wykonywana jest mapa, jednakowo wpływa na treść mapy i ramkę, względem której odczytywane były współrzędne w bazie danych grawimetrycznych.

2. SPOSÓB POZYSKIWANIA WSPÓLRZĘDNYCH PUNKTÓW GRAWIMETRYCZNYCH ZAWARTYCH W BAZIE DANYCH W UKŁADZIE „BG”

Pomiary geodezyjne, wykonywane w ramach zdjęć grawimetrycznych przez służbę geologiczną, obejmowały tyczenie siatki profili i ciągów pomiarowych, określenie wartości przyspieszenia siły ciężkości, niwelację geometryczną, sporządzanie opisów topograficznych. Na podstawie szczegółów sytuacyjnych wykazanych na opisach topograficznych i ich odpowiedników na mapach topograficznych punkty pomiarowe nanoszone były na podkłady kartograficzne w odpowiednich skalach. W przypadku zdjęć szczegółowych były to mapy w skali 1:25 000 i większych, a w przypadku zdjęć półszczełowych przeważnie w skalach 1:50 000 oraz 1:100 000 w układzie „BG”.

Po zakończeniu prac polowych mapy pełniły funkcję materiału dokumentacyjnego, gdyż na nich ewidencjonowano punkty pomiarowe, dla których określano współrzędne geodezyjne B i L odczytane z tych map. Opis topograficzny punktu pomiarowego sporządzany był w oparciu o trwałe szczegóły terenowe. Dokładność lokalizacji na mapie punktu pomiarowego zależna jest zatem od dokładności wkartowania na mapę szczegółów terenowych, względem których omawiany punkt

był na nią nanoszony. Najczęściej występującymi na opisach punktów grawimetrycznych szczegółami sytuacyjnymi były skrzyżowania dróg.

Instrukcja Techniczna O-1/0-2 GUGiK 2001 wydanie 5 klasyfikuje szczegóły terenowe według trzech grup dokładnościowych:

- Grupa I. Obiekty trwałe tj. znaki graniczne, punkty osnów geodezyjnych, budynki, tunele, mosty, tory kolejowe, pomniki, ogrodzenia trwałe, studnie, figury przydrożne itp.
- Grupa II. Granice działek, nasypy, wykopy, parki, boiska itp.
- Grupa III. Użytki gruntowe, ciekі wodne, drogi, punkty wysokości naturalnej powierzchni terenu itp.

Dla punktów I grupy dokładnościowej, dla terenów nizinnych, instrukcja dopuszcza błąd wkartowania szczegółów ± 0.5 mm, w skali mapy, zaś w terenach górzystych błąd ten może wzrosnąć do ± 0.75 mm. Błąd wkartowania na mapę pozostałych szczegółów sytuacyjnych może dochodzić do ± 1 mm w skali mapy (Instrukcja Techniczna K-2 1978).

W niniejszych rozważaniach przyjęto maksymalne kryteria dokładnościowe zakładając, że błąd wkartowania punktu grawimetrycznego na mapę w układzie „BG”, wyniesie ± 1 mm w skali mapy.

3. WADY MAP TOPOGRAFICZNYCH SPORZĄDZONYCH W UKŁADZIE „BG” W LATACH 1947–1954

Jako wady map w układzie „BG” można wymienić:

- zmniejszenie dokładności map sporządzanych po wojnie w układzie „BG” spowodowane wykorzystaniem odrębnie wyrównanych sieci triangulacyjnych polskich i niemieckich o różnych dokładnościach, innych punktach przyłożenia elipsoidy do geoidy (Borowa Góra, Poczdam) i jej orientacji,
- cięcie arkuszowe według południków wyznaczających linię podziału map, które zaczynają się i kończą na południkach o końcówkach minut 20 i 50, np. $21^{\circ}20'$, $21^{\circ}50'$, $22^{\circ}20'$, $22^{\circ}50'$ itp., jako pozostałość po mapach niemieckich (Podlacha 1996),
- przesunięcie osi współrzędnej Y o 50 m w kierunku wschodnim, w siatce współrzędnych płaskich X i Y względem południka osiowego 21° (jest to widoczne na arkuszach map w skali 1:100 000, jak również na mapach w skali 1:50 000 wykorzystywanych w dokumentacji geologicznej).

4. PRZEPROWADZONE TESTY DOKŁADNOŚCIOWE

W celu określenia rzeczywistej dokładności przeliczeń współrzędnych punktów zawartych w geologicznej bazie danych metodą opracowaną w IGiK (Cisak i Sas 2004) przeprowadzono następujące testy:

- na materiale katalogowym,
- na materiale mapowym,
- terenowy,
- poprawności odwzorowania profili punktów geologicznych.

4.1. Test na materiale katalogowym

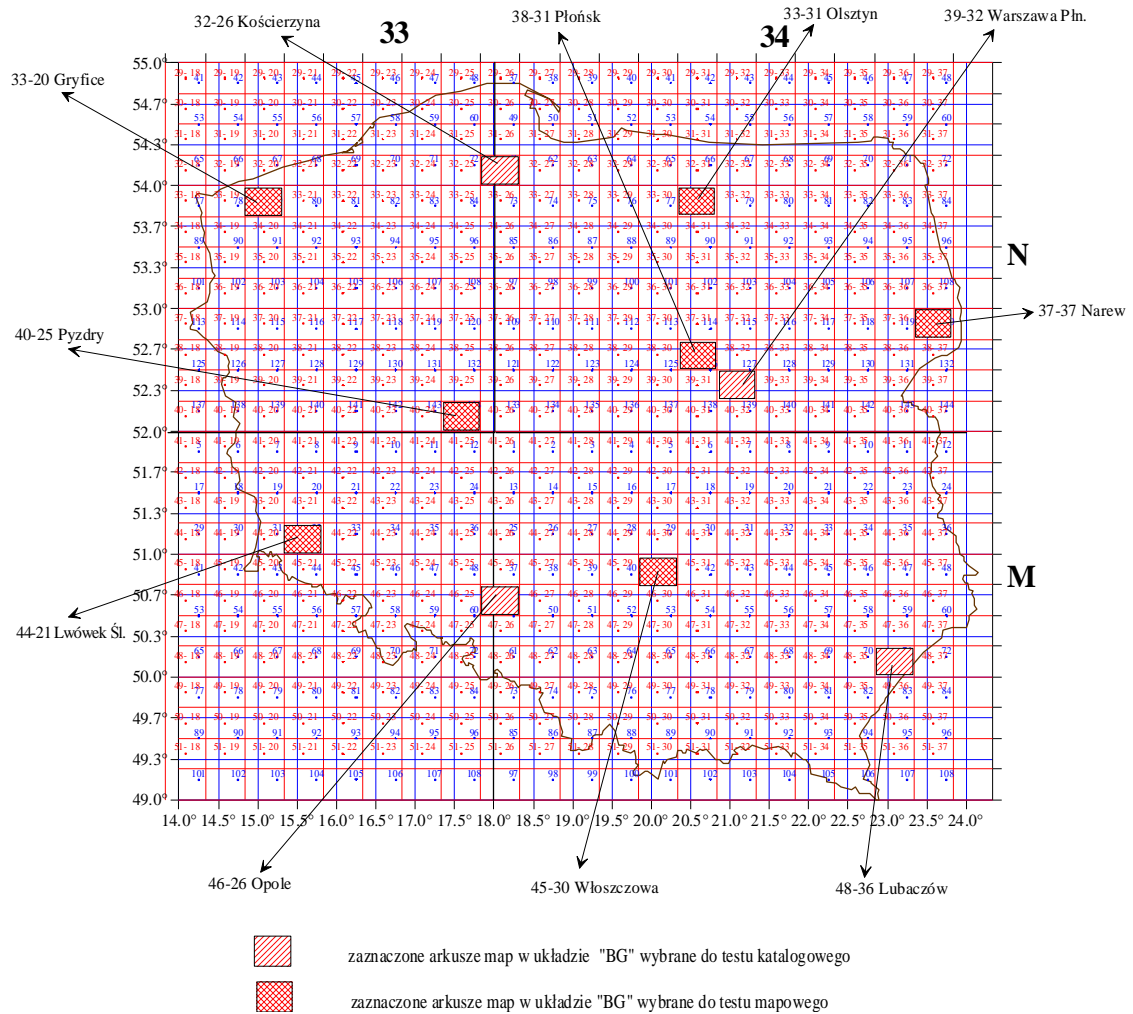
Celem testu było określenie dokładności przeliczania współrzędnych programem BG/42. Opracowaną metodę przetestowano na 65 punktach geodezyjnych wybranych z katalogów, mających współrzędne w obu układach, rozmieszczonych na 12 arkuszach map w skali 1:100 000 w układzie „1942” i odpowiadającym im czterem arkuszom map w układzie „BG”. Rozmieszczenie arkuszy wybranych do testu katalogowego zaznaczono na rysunku 1.

Katalogowe współrzędne płaskie X i Y wybranych do testu punktów w układzie „BG” zostały przeliczone programem BG/42 na układ „1942” i otrzymane wyniki porównano z ich wartościami podanymi w katalogach. Obliczono wartości ΔX i ΔY dla punktów leżących na danym arkuszu, na podstawie których wyznaczono błąd średni położenia punktu po transformacji programem BG/42 (tab. 1).

Z przeprowadzonego testu katalogowego, który obejmował zarówno arkusze map w skali 1:100 000 w układzie „BG” leżące w rejonie o największym stopniu zniekształceń odwzorowawczych, jak i arkusze map z terenów o małym zniekształceniu, wynika że faktyczna dokładność transformacji waha się od ± 0.98 m do ± 4.36 m. Większe wartości błędów położenia punktu po transformacji (od ± 3.68 m do ± 4.36 m) występują na arkuszach w słupie 26, czyli w pasie łączenia sieci triangulacyjnych polskich i niemieckich. Na pozostałych arkuszach testowanych błąd ten waha się od ± 0.98 m do ± 2.00 m. Dla arkuszy leżących wokół południków 18° i 24° błąd ten waha się zatem od ± 1 m do ± 4.5 m, natomiast dla zdecydowanej większości arkuszy map leżących wewnątrz strefy 3 i 4 błąd ten zamyka w granicach od ± 1.00 m do ± 2.00 m.

SKOROWIDZ MAP 1:100 000

UKŁADY: BOROWA GÓRA i 1942



Rys. 1. Skorowidz map 1:100 000 w układach „BG” i „1942” z zaznaczonymi arkuszami map wybranymi do testów

Tabela 1. Błędy średnie położenia punktu na poszczególnych arkuszach map

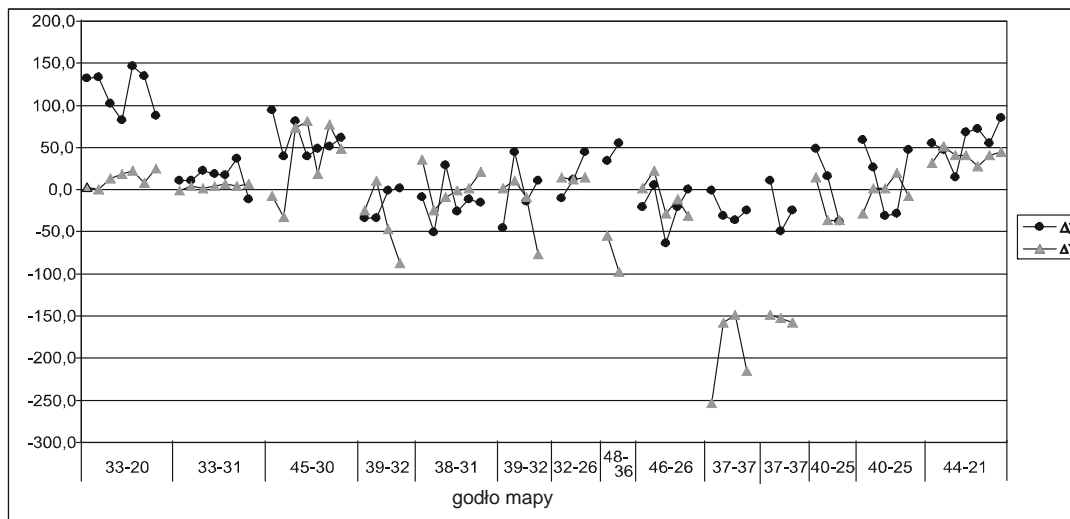
Godło mapy w układzie „BG”	Godło mapy w układzie „42”	Średni błąd położenia punktu [m]	Liczba punktów dostosowania
46-26	M-33-48	± 4.29	4
	M-34-37	± 3.68	5
	M-33-60	± 4.36	3
	M-34-49	± 3.92	3
	39-32	N-34-126	± 1.62
	N-34-127	± 2.00	10
	N-34-138	± 1.76	5
	N-34-139	± 1.62	9
	32-26	N-33-72	± 1.14
	N-34-61	± 0.98	4
	48-36	M-34-70	± 3.63
	M-34-71	± 3.04	4

4.2. Test na materiale mapowym

Celem testu było określenie dokładności przeliczania programem BG/42 na układ „1942” odczytanych z mapy w układzie „BG” współrzędnych płaskich X i Y. Do testu wybrano 67 punktów wspólnych z map w skali 1:100 000 w obu układach (rys. 1). W przeważającej liczbie były to, zaznaczone trójkącikami na obu mapach, punkty geodezyjne. Pozostałe punkty to jednoznaczne skrzyżowania dróg. Rozmieszczenie arkuszy, wybranych do testu mapowego, zaznaczono na rysunku 1.

Współrzędne płaskie wybranych punktów odczytano dwoma niezależnymi sposobami (podziałka transwersalna i lupka Brunera), na mapach w układzie „BG” i przeliczono średnie wartości tych współrzędnych programem BG/42 na układ „1942”. Wyniki obliczeń współrzędnych płaskich wybranych punktów porównano z ich wartościami odczytanymi w identyczny sposób z map w skali 1:100 000 w układzie „1942”.

Na rysunku 2 przedstawiono wartości różnic współrzędnych ΔX i ΔY (w metrach) pomiędzy obliczonymi wartościami współrzędnych punktów w układzie „1942” a wartościami współrzędnych tych punktów odczytanymi z mapy w tym układzie.



Rys. 2. Różnice we współrzędnych ΔX i ΔY na testowanych punktach oraz ich rozmieszczenie na arkuszach map w układzie „BG”

Wyniki testu mapowego wskazują na to, że na rzeczywistą precyzję położenia punktu po przeliczeniu na układ „1942” wpływają nie tylko błędy odczytu, ale również położenie punktu w stosunku do granicy strefy odwzorowawczej, jak też pewne przesunięcie siatki kilometrowej względem siatki kartograficznej. Największe różnice dochodzące do 253 m względem osi Y wystąpiły na arkuszu mapy o godle 37-37 w układzie „BG”, co odpowiada mapom o godłach N-34-119 i N-34-120 w układzie „1942”, zlokalizowanych w pobliżu południka 24° , stanowiącego granicę 4 strefy 6-stopniowej. Również na mapie o godle 33-20 w układzie „BG” obejmującej część Ziemi Odzyskanych wystąpiły różnice dochodzące do 147 m względem osi X, co odpowiada mapom o godłach N-33-78 i N-33-79 w układzie „1942”.

W celu wyjaśnienia zaobserwowanych na mapach w układzie „BG” o godłach 37-37 i 33-20 i na odpowiadających im mapach w układzie „1942” o godłach N-34-119 i N-34-120 oraz N-33-78 i N-33-79 znacznych różnic we współrzędnych obliczonych i odczytanych z mapy, sprawdzono poprawność naniesienia siatki współrzędnych płaskich X i Y (błąd kartowania siatki kartograficznej na pierworysie mapy topograficznej, zgodnie z Instrukcją Techniczną O1/O2, nie może przekroczyć ± 0.15 mm, co w skali mapy 1:100 000 odpowiada 15 m). Na każdym arkuszu mapy w obu układach wybrano, w pobliżu

narożników mapy, po cztery punkty wyznaczone przez przecięcie się odpowiednich południków i równoleżników o pełnej wartości minut.

Dla współrzędnych B i L tych punktów obliczono, ich współrzędne płaskie X i Y, a następnie odczytano wartości współrzędnych tych punktów z mapy. Wyznaczone różnice ΔX i ΔY pomiędzy wielkościami obliczonymi a odczytanymi z mapy mogą świadczyć o poprawności naniesienia siatki współrzędnych płaskich.

Dla arkusza mapy o godle 37-37 w układzie „BG” różnice ΔX i ΔY pomiędzy wartościami X i Y obliczonymi a odczytanymi z mapy dla wybranych czterech punktów wynoszą:

- 1) $\Delta X = 41$ m, $\Delta Y = 38$ m
- 2) $\Delta X = 44$ m, $\Delta Y = 79$ m
- 3) $\Delta X = 15$ m, $\Delta Y = 22$ m
- 4) $\Delta X = 33$ m, $\Delta Y = 67$ m

Średnie wartości różnicy współrzędnych płaskich ΔX i ΔY na omawianym arkuszu wynoszą:

$$\Delta X_{\text{sr}} = 33 \pm 6 \text{ m i } \Delta Y_{\text{sr}} = 52 \pm 13 \text{ m}$$

Dla arkusza mapy o godle 33-20, na którym wystąpiły duże rozbieżności we współrzędnych płaskich punktów wspólnych, średnie wartości ΔX i ΔY wynoszą:

$$\Delta X_{\text{sr}} = 37 \pm 6 \text{ m i } \Delta Y_{\text{sr}} = 13 \pm 8 \text{ m}$$

Wielkości tych przesunięć mają wpływ na wartości współrzędnych płaskich X i Y odczytanych z map w układzie „BG”, co w konsekwencji zniekształca przeliczone współrzędne w układzie „1942”. Podobne obliczenia wykonano dla arkusza mapy o godle 39-32 położonym na południku 21° . Średnie wartości różnicy współrzędnych płaskich ΔX i ΔY na omawianym arkuszu wynoszą:

$$\Delta X_{\text{sr}} = 57 \pm 5 \text{ m i } \Delta Y_{\text{sr}} = 53 \pm 4 \text{ m}$$

Uzyskane wyniki potwierdzają zauważoną nieprawidłowość przesunięcia osi Y współrzędnych płaskich względem południka 21° . Wskazują one również, że na różnice we współrzędnych punktów obli-

czonych programem BG/42 i współrzędnych tych punktów odczytanych z mapy w układzie „1942” rzutują następujące czynniki:

- błąd kartowania siatki kartograficznej na pierworsie mapy topograficznej wynoszący ± 0.15 mm, co odpowiada 15 m w skali mapy 1:100 000,
- błąd wniesienia na mapy w obu układach punktów triangulacyjnych przyjęty zgodnie z Instrukcją Techniczną K-2 na 0.15 mm w skali mapy, co na mapie w skali 1:100000 wynosi 15 m,
- błąd transformacji przyjęty na 0.045 mm, co na mapie w skali 1:100 000 wynosi ± 4.5 m (Cisak i Sas, 2004)
- błąd odczytu współrzędnych płaskich z map w jednym i drugim układzie 0.30 mm, co na mapie w skali 1:100000 wynosi 30 m,
- błąd położenia punktu wynikający z nieprawidłowości naniesienia siatki współrzędnych płaskich względem południka osiowego 21° wynoszący ± 0.80 mm, co w skali mapy 1:100 000 wynosi 80 m.

Ten ostatni błąd tylko formalnie ma charakter błędu systematycznego. Faktycznie jego charakter jest przypadkowy dla analizowanej mapy, gdyż błąd ten zmienia swoją wartość w zależności od odległości i usytuowania punktu względem południka osiowego.

Przeliczone z układu „BG” na układ „1942” współrzędne punktów mogą być zatem obarczone błędem położenia punktu ± 90 m.

Z rysunku 2 wynika, że obliczone współrzędne 80% punktów mieszczą się w granicach tego błędu, a dla pozostałych 20% punktów kryterium to nie jest spełnione. Odnosi się to do 7 punktów położonych na arkuszu mapy w układzie „BG” o godle 37-37 leżących w pobliżu południka 24° , czyli na granicy 4 strefy odwzorowawczej, oraz 7 punktów zlokalizowanych na arkuszu o godle 33-20 objętym dawną triangulacją niemiecką.

4.3. Test terenowy

Test terenowy przeprowadzono w celu określenia faktycznej dokładności współrzędnych B i L punktów grawimetrycznych znajdujących się w geologicznej bazie danych. Polegał on na wyznaczeniu w terenie współrzędnych punktów B i L techniką GPS. Pomiary w jednogodzinnych sesjach obserwacyjnych na wyznaczanych punktach, zabezpieczające dokładność określenia pozycji na około 0.5 m, wykonano przy użyciu odbiorników firmy Aschtech. Należy zaznaczyć, że dla

zabezpieczenia dokładności 0.5 m wystarczyłoby ½ godziny w terenie niezabudowanym i niezalesionym, jednak celowo przesunięto czas trwania sesji na godzinę, aby wyznaczyć poprawne współrzędne, gdyż wszystkie te punkty znajdowały się w pobliżu kościołów i w terenie zadrzewionym.

Do pomiaru wybrano, ze zdjęcia geologicznego nr 64, 7 punktów grawimetrycznych III klasy (tab. 2), które posiadały opisy topograficzne pozwalające przypuszczać, że ich położenie nie uległo zmianie i można precyzyjnie odtworzyć je w terenie. Odległości wybranych punktów od stacji permanentnej GPS w Borowej Górze wahały się od 3 km do 25 km. Dodatkowo wybrano do pomiaru dwa punkty sieci geodezyjnej (tab. 3), których współrzędne katalogowe w obu układach są znane.

Do pomiaru aparaturą GPS w rejonie Mazur ze zdjęć geologicznych nr 12, 13, 26, 28 i 29 wybrano dalszych 12 punktów sieci grawimetrycznej III klasy (tab. 4), co do których przypuszczano, że ich położenie nie uległo zmianie. Odległości punktów w rejonie Mazur od stacji permanentnej GPS w Lamkówku wahały się w granicach od 6 km do 100 km.

Obliczenia współrzędnych B i L z obserwacji GPS wykonano programem Pinnacle w nawiązaniu do stacji permanentnych „BOGO”, „BOGI” i „JOZE”, „LAMA”, przyjmując współrzędne tych stacji w układzie ETRF2000 na epokę 1989.0. Błędy średnie obliczonych współrzędnych tych punktów nie przekraczały 15 cm. Uzyskane w układzie ETRF współrzędne punktów przeliczono następnie na układ „1942” programem TRANSPOL (Kadaj 2001), z błędem szacowanym przez autora programu na około 0.5 m. Następnie współrzędne testowanych punktów, uzyskane z bazy danych grawimetrycznych PIG, przeliczono programem BG/42 na układ „1942” i porównano z wynikami otrzymanymi z pomiarów GPS oraz dodatkowo z ich wartościami x i y odczytanymi z mapy. Wyniki porównań zestawiono w tabelach 2, 3 i 4.

Podane w tabelach wyniki porównań pomiędzy współrzędnymi uzyskanymi z niezależnych pomiarów GPS i współrzędnymi tych samych punktów obliczonych programem BG/42 (DX,DY) oraz współrzędnymi odczytanymi z mapy w układzie „1942” (dx, dy) wskazują, że źródeł błędów należy szukać w zastosowanej metodzie wyznaczania współrzędnych zawartych w bazie danych grawimetrycznych.

Tabela 2. Porównanie wyników testu terenowego na punktach grawimetrycznych III klasy wybranych ze zdjęcia w okolicach Warszawy

Nr i nazwa	DX	DY	dx	dy
1 Bielany	-33	-35	-22	-28
2 Jabłonna	-26	-81	14	-40
5 Płudy	-7	13	-21	-23
243 Dębe	-182	25	2	11
244 Wieliszew	-56	-90	-15	11
246 Kołaków	-55	-70	0	12
2 Serock	-126	-4	9	-14

Tabela 3. Porównanie wyników testu terenowego na punktach geodezyjnych

Nr i nazwa	DX	DY	dx	dy
53 Dębe	-1,5	-0.3	3	-7
63 Borowa Góra	-1.7	-0.4	-3	-1

Tabela 4. Porównanie wyników testu terenowego na punktach grawimetrycznych III klasy wybranych ze zdjęć w rejonie Mazur

Nr i nazwa	DX	DY	dx	dy
360 Czerwonka	-21	55	0	14
361 Bakuła	-111	-13	-6	-22
362 Lipniki	-71	-32	17	-34
364 Miastkowo	17	78	10	0
366 Chorzele	-65	41	20	11
368 Mańki	-68	23	8	-10
369 Idzbark	-73	-76	13	16
371 Boguchwały	-78	5	-4	-9
373 Paprotki	-9	55	18	-16
374 Henrykowo	-76	9		
375 Kreki	-89	-6	-5	-16
377 Franknowo	-88	-97	4	-37

Oznaczenia:

DX, DY – różnice współrzędnych pomierzonych techniką GPS i obliczonych programem BG/42 (w metrach),

dx, dy – różnice współrzędnych pomierzonych techniką GPS i odczytanych z mapy (w metrach).

Otrzymane różnice między współrzędnymi płaskimi i uzyskanymi z niezależnych pomiarów GPS a współrzędnymi płaskimi wyliczonymi na podstawie współrzędnych B i L z bazy danych grawimetrycznych i przeliczonych programem BG/42 obarczone są błędami wahającymi się od -181 m do -7 m po X oraz od -91 m do 25 m po osi Y dla siedmiu punktów wybranych ze zdjęcia w rejonie Warszawy. Natomiast dla 12 punktów wybranych ze zdjęć w rejonie Mazur błędy te wahają się w granicach od -111 m do 17 m po osi X i od -97 m do 55 m po osi Y. Na błędy te składają się dwa podstawowe czynniki:

- dokładność, z jaką nanoszono punkty III klasy na mapę w oparciu o szczegóły terenowe wykazane na opisach topograficznych punktów grawimetrycznych,
- dokładność odczytania z mapy ich współrzędnych B i L.

Dokładność odczytu współrzędnych B i L z mapy waha się w granicach $0.01'$ do $0.02'$ (co odpowiada zmianie współrzędnej X od 18 m do 36 m i zmianie współrzędnej Y od 12 m do 24 m).

Dokładność wkartowania punktu grawimetrycznego III klasy jest trudna do oszacowania, ponieważ szczegóły terenowe wykazane na szkicach punktów grawimetrycznych w przeważającej większości nie pozwalały na precyzyjną lokalizację ich na mapach w układzie „BG”, gdyż były to przeważnie szczegóły terenowe III grupy, których dokładność położenia na mapie w skali $1:100\ 000$ instrukcja określa na ± 1.00 mm. Do oszacowania dokładności współrzędnych punktów grawimetrycznych zamieszczonych w bazie danych przyjęto następujące założenia:

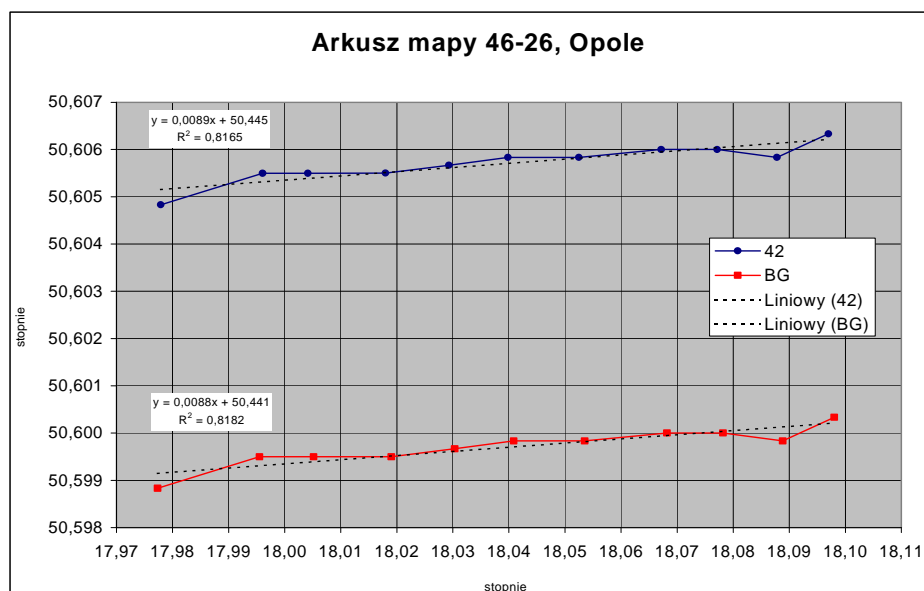
- błąd naniesienia punktów grawimetrycznych na mapę od wykazanych na opisie szczegółów terenowych przyjęto równy ± 100 m,
- błąd odczytu współrzędnych przyjęto równy ± 30 m.

Współrzędne punktów podane w bazie danych obarczone są zatem błędami dochodzącymi do ± 105 m, co potwierdziły wyniki testu (tab. 2, 3 i 4). Z 19 pomierzonych punktów tylko 3 nie spełniają tego warunku. Wynika to zapewne z faktu nieprecyzyjnego zlokalizowania punktu grawimetrycznego na mapie.

4.4. Test poprawności odwzorowania punktów na profilach geologicznych przy użyciu programu BG/42

Test przeprowadzono na punktach profilu geologicznego znajdującego się na mapie w układzie „BG” o godle 46-26 Opole i należącego do półszczegółowego zdjęcia nr 97. Wybrane punkty w liczbie 11 leżą

na linii prostej po obu stronach południka 18°. Z banku danych wybrano współrzędne tych punktów w układzie „BG”, a następnie przeliczono je programem BG/42 na układ „1942”. Punkty te na obu wykresach (rys. 3) nie układają się dokładnie na linii prostej, co wynika z niedokładności określenia współrzędnych tych punktów z map topograficznych układu „BG”. Jednocześnie należy zwrócić uwagę, że po transformacji do układu „1942” punkty te odwzorowują się identycznie, o czym świadczy zgodność równań prostych regresji w obu układach.



Rys. 3. Punkty profilu geologicznego przed i po transformacji

5. WNIOSKI KOŃCOWE

Z przeprowadzonych testów katalogowego i terenowego wynika, że faktyczna precyzja określenia położenia punktu grawimetrycznego zawartego w bazie danych geologicznych po jego transformacji z układu „BG” na układ „1942” zależna jest od:

- błędów wkartowania punktu na mapy w skali 1:50 000 lub 1:100 000 (szacowanego na ± 100 m),
- błędów odczytu współrzędnych punktu B i L z map (± 30 m),
- błędów transformacji współrzędnych punktów programem BG/42 (± 4.5 m).

Błąd położenia punktu po transformacji może zatem osiągać wartość ± 105 m. Dla przeważającej liczby punktów położonych na arkuszach map wokół południków osiowych 15° i 21° wartość tego błędu nie przekracza ± 100 m, co potwierdzają wyniki testu terenowego.

Wyniki testu mapowego, w którym wykorzystywano współrzędne płaskie punktów testowanych, wskazują na konieczność posługiwania się w 4 strefie odwzorowawczej wyłącznie współrzędnymi geodezyjnymi punktów B i L z uwagi na zauważoną nieprawidłowość naniesienia siatki współrzędnych płaskich względem południka osiowego 21° , która powoduje dodatkowe błędy ± 50 m.

Przedstawione na rysunku 3 wykresy, obrazujące dokładność odwzorowania profilu geologicznego, potwierdzają poprawność metody przyjętej do transformacji współrzędnych z układu „BG” na układ „1942”.

PODZIĘKOWANIA

Niniejszą pracę wykonano w ramach grantu zamawianego PBZ-KBN-081/T12/2002 pt. Utworzenie modelu „centymetrowej” geoidy na obszarze Polski w oparciu o dane geodezyjne, grawimetryczne, astronomiczne, geologiczne i satelitarne oraz badań statutowych Instytutu Geodezji i Kartografii.

Autorzy pragną serdecznie podziękować dr. inż. Janowi Cisakowi za obliczenie współrzędnych punktów grawimetrycznych III klasy, uzyskanych z pomiarów terenowych.

Szczególne podziękowania należą się kierownikowi grantu zamawianego KBN prof. dr. hab. Janowi Kryńskiemu za wiele cennych wskazówek i uwag uwzględnionych w niniejszym artykule.

BIBLIOGRAFIA

- Główny Geodeta Kraju, 2001, Instrukcja Techniczna O-1/02, *Ogólne zasady wykonywania prac geodezyjnych i kartograficznych*, wydanie piąte zmienione.
- Główny Urząd Geodezji i Kartografii, 1978, Instrukcja Techniczna K-2 *Mapy topograficzne do celów gospodarczych*, wydanie pierwsze.
- Cisak M., Sas A., 2004, *Transformacja współrzędnych punktów z układu „Borowa Góra” do układu „1942”*, Prace IGiK (złożone do druku).

- Kadaj R., 2001, Wytyczne Techniczne G-1.10 *Formuły odwzorowawcze i parametry układów współrzędnych*, wydanie drugie zmienione.
- Podlacha K., Zwierzyński J., 1996, *Metody geodezji i kartografii w zastosowaniu do badania geodynamiki Ziemi na obszarze szczególnego zainteresowania Polskiej części programu „EURO-PROBE”*. maszynopis Warszawa.

MARIA CISAŁ
ANDRZEJ SAS

ACCURACY ANALYSIS OF TRANSFORMATION OF POINT
COORDINATES STORED AT THE GRAVIMETRIC DATABASE
FROM “BOROWA GORA” TO “1942” COORDINATE SYSTEM

S u m m a r y

Special algorithm and calculation program prepared at the Institute of Geodesy and Cartography, called BG/42, enabled transformation of coordinates of about million gravimetric points stored at the geological database from “Borowa Gora” to “1942” coordinate system. Formal error of recalculating with the use of this program is ± 4.5 m. However, real accuracy of point location after transformation is influenced by accuracy of determination of points stored at the gravimetric database.

In order to assess real accuracy of transformation of coordinates with the use of the method prepared at IGiK, the following tests were carried out:

- on the catalogue data
- on the map data
- field test of correctness of point location on geological profiles.

It results from the conducted tests, that coordinates of points, stored at the geological database in “Borowa Gora” coordinate system are affected with large errors, consisting of errors of mapping based of terrain details and of errors of reading point coordinates from maps. Total error due to these reasons is ± 104 m, while error of transformation method itself of ± 4.5 m is not large, which was documented by field test on geodetic points.

Hence real precision of determination of location of gravimetric point stored at the geological database after its transformation from “Borowa Gora” to “1942” coordinate system can reach ± 105 m. However, for majority of points located on map sheets around central meridians 15° and 21° value of this error does not exceed 100 m, which was confirmed by results of field test.

Translation: Zbigniew Bochenek

