

PRZELICZANIE

SZCZEGÓŁOWEJ OSNOWY WYSOKOŚCIOWEJ, POMIAROWEJ OSNOWY WYSOKOŚCIOWEJ ORAZ RZĘDNYCH SZCZEGÓŁÓW SYTUACYJNO-WYSOKOŚCIOWYCH DO PAŃSTWOWEGO UKŁADU WYSOKOŚCIOWEGO PL-EVRF2007-NH

I. Informacje ogólne

1. Przeliczenie wysokości z układu wysokościowego PL-KRON86-NH do układu wysokościowego PL-EVRF2007-NH wypełnia przesłanki określone w art. 2 ustawy pkt 1 ustawy Prawo geodezyjne i kartograficzne, a dotyczące definicji prac geodezyjnych.
2. Potrzeba przeliczenia szczegółowej osnowy wysokościowej, pomiarowej osnowy wysokościowej oraz wysokości (rzędnych) szczegółów sytuacyjno-wysokościowych do układu w PL-EVRF2007-NH wynika z § 24 ust.1 rozporządzenia w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych.
3. Do realizacji prac mogą mieć zastosowanie przepisy i uregulowania zawarte w poniższych dokumentach:
 - 1) ustawie z dnia 17 maja 1989 r. Prawo geodezyjne i kartograficzne (Dz. U. z 2015 r., poz. 520 z późn. zm.) – zwanej dalej ustawą pgik;
 - 2) rozporządzeniu Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 8 lipca 2014 r. w sprawie formularzy dotyczących zgłaszania prac geodezyjnych i prac kartograficznych, zawiadomienia o wykonaniu tych prac oraz przekazywania ich wyników do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego (Dz. U. z 2014 r., poz. 924);
 - 3) rozporządzeniu Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 5.09.2013 r. w sprawie organizacji i trybu prowadzenia państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego (Dz. U. z 2013 r., poz. 1183) – w zakresie metadanych zbiorów danych przestrzennych, identyfikatorów i klauzul materiałów będących w państwowym zasobie geodezyjnym i kartograficznym, zwanym dalej rozporządzeniem ws. pzgik;
 - 4) rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz. U. z 2012 r., poz. 1247) – w zakresie opisu układów odniesienia, układów wysokościowych, typów, definicji i kodów obiektów oraz zależności pomiędzy układami odniesienia, układami wysokościowymi, zwanym dalej rozporządzeniem ws. systemu odniesień;
 - 5) rozporządzeniu Ministra Administracji i Cyfryzacji z dnia 14 lutego 2012 r. w sprawie osnów geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych (Dz. U. z 2012 r., poz. 352) – w zakresie podziału osnów, numeracji punktów osnów, zawartości opisów topograficznych, schematu aplikacyjnego UML baz danych, katalogu obiektów i atrybutów, schematu aplikacyjnego GML, zwanym dalej rozporządzeniem ws. osnów;
 - 6) rozporządzeniu 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 państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego (Dz. U. Nr 263, poz. 1572) – w zakresie zakładania osnów pomiarowych, harmonizacji danych, wykonywania pomiarów kontrolnych, zwanym dalej rozporządzeniem ws. standardów;
 - 7) rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 15 kwietnia 1999 r. w sprawie ochrony znaków geodezyjnych, grawimetrycznych i magnetycznych (Dz. U. Nr 45, poz. 454, ze zmianami), zwanym dalej rozporządzeniem ws. ochrony znaków.
4. Wykonawcy prac obliczeniowych powinni posiadać doświadczenie w modernizowaniu osnów geodezyjnych i opracowaniu wyników pomiarów geodezyjnych, a kierującymi pracami mogą być osoby posiadające uprawnienia z zakresu geodezyjnych pomiarów podstawowych, z zastrzeżeniem art. 50 ust. 1 ustawy pgik.

II. Metodyka obliczeń

1. Informacje ogólne

- 1) Układy wysokościowe: Kronsztad 60¹, Kronsztad 86², PL-KRON86-NH³ i PL-EVRF2007-NH wykorzystują system wysokości normalnych (Mołodieńskiego), jednakże opracowane zostały w różnych systemach pływowych, układ Kronsztad 60 – w systemie średniego pływu, układy Kronsztad 86 i PL-KRON86-NH – w systemie niepływowym, a układ PL-EVRF2007-NH – w systemie zerowego pływu. Poprawki do wysokości z tytułu redukcji do systemu zerowego pływu zależą od szerokości geograficznej (rozkład równoleżnikowy) i osiągają wartości od 20,7 mm na południu do 29,7 mm na północy kraju.
- 2) Wdrożenie układu wysokościowego PL-EVRF2007-NH na obszarze danego powiatu może odbywać się różnymi drogami:
 - a. poprzez ściśle wyrównanie sieci niwelacyjnej w układzie PL-EVRF2007-NH w oparciu o zachowane archiwalne obserwacje (wykazy przewyższeń) oraz nowe pomiary niwelacyjne (lub GNSS) wzmacniające konstrukcję sieci (sposób zalecany);
 - b. poprzez transformację matematyczną wysokości punktów z kontrolą źródłowych współrzędnych i wysokości (sposób dopuszczalny w odniesieniu do przeliczania wysokości punktów osnowy pomiarowej i punktów sytuacyjno-wysokościowych).
- 3) Przyjęcie określonego sposobu wdrożenia układu PL-EVRF2007-NH zależy od poniższych czynników:
 - a. dokładności, stanu i gęstości punktów szczegółowej osnowy wysokościowej;
 - b. dostępności i jakości archiwalnych materiałów obserwacyjnych;
 - c. stopnia przetworzenia materiałów geodezyjnych do postaci cyfrowej.
- 4) Przy planowaniu prac należy dążyć do jak najszerszego wykorzystania materiałów zgromadzonych w państwowym zasobie geodezyjnym i kartograficznym i ograniczania prac pomiarowych w celu obniżenia kosztów;
- 5) Przed wyrównaniem szczegółowej osnowy wysokościowej wymagane jest sprowadzenie obserwacji archiwalnych do jednej epoki i jednego układu odniesienia co wymaga wiedzy o metodach i dokładności obserwacji oraz o sposobach ich redukcji⁴.

2. Projekt techniczny

- 1) Sporządzenie projektu technicznego jest wymagane przy modernizacji szczegółowej osnowy wysokościowej, projekt techniczny należy sporządzić zgodnie z wymaganiami określonymi w rozdziale 9 załącznika nr 1 rozporządzenia ws. osnów.
- 2) W przypadkach przeliczania wysokości punktów pomiarowej osnowy wysokościowej lub punktów wysokościowych (szczeólów sytuacyjnych) wskazane jest sporządzenie założeń technicznych.
- 3) Przed sporządzeniem projektu technicznego lub założeń niezbędne jest przeprowadzenie analizy wartości technicznej istniejących materiałów oraz zidentyfikowanie i wykluczenie z obliczeń punktów przemieszczonych lub wznovionych bez udokumentowania tego faktu w dokumentacji technicznej.
- 4) Analizę istniejących materiałów niwelacyjnych przeprowadza się dla linii niwelacyjnych szczegółowej osnowy wysokościowej 3 klasy (dawnej III klasy), a w uzasadnionych przypadkach również dla linii niwelacyjnych dawnej IV klasy.

¹ Układ wysokościowy Kronsztad60 został wprowadzony w oparciu o wyniki II kampanii niwelacyjnej wykonanej w latach 1947-1955

² Układ wysokościowy Kronsztad86 został wprowadzony w oparciu o wyniki III kampanii niwelacyjnej wykonanej w latach 1974-1982,

³ Układy wysokościowe PL-KRON86-NH i PL-EVRF2007-NH uwzględniają wyniki IV kampanii niwelacyjnej wykonanej w latach 1999-2012.

⁴ Obserwacje archiwalne wysokości mogą mieć uwzględnioną poprawkę termiczną oraz sporadycznie poprawkę komparacyjną natomiast nie mają zazwyczaj uwzględnionej poprawki lunosolarnej i normalnej.

3. *Pomiary uzupełniające*

- 1) Z dotychczasowych doświadczeń związanych z modernizacją szczegółowej osnowy geodezyjnej 3 klasy wynika, że dostępne dane archiwalne nie zawsze są wystarczające dla uzyskania parametrów dokładnościowych i jakościowych odpowiadających wymaganiom osnowy 3 klasy.
- 2) Wykonanie klasycznych pomiarów niwelacyjnych lub obserwacji GNSS może dotyczyć zarówno istniejących jak i nowych punktów osnowy zakładanych dla zagęszczenia (wzmocnienia) sieci niwelacyjnej.
- 3) Przy wykonywaniu pomiarów metodą precyzyjnego pozycjonowania za pomocą GNSS stacje referencyjne systemu ASG-EUPOS mogą być traktowane jako punkty wysokościowe odpowiadające pod względem dokładności punktom szczegółowej osnowy wysokościowej 3 klasy, jednakże ze względu na trwającą wymianę sprzętu obserwacyjnego na stacjach referencyjnych wysokości centrum fazowego anten mogą się zmienić. Należy zawsze korzystać z najbardziej aktualnych wysokości stacji znajdujących się w państwowym zasobie geodezyjnym i kartograficznym.

4. *Obliczenia*

- 1) Powiaty, na obszarze których przeprowadzona została modernizacja osnowy wysokościowej dawnej III i IV klasy w nawiązaniu do punktów podstawowej osnowy bazowej w układzie PL-KRON86-NH (z uwzględnieniem wyników IV kampanii niwelacyjnej) mogą wprowadzić układ PL-EVEF2007-NH poprzez ponowne wyrównanie sieci.
- 2) Powiaty, na obszarze których nadal obowiązuje podział osnowy szczegółowej na III oraz IV klasę w układzie Kronsztad86 (wprowadzonego na podstawie wyników III kampanii niwelacyjnej), adaptują do wyrównania linie należące do III klasy, a włączenie do wyrównania linii niwelacji IV klasy warunkowane jest spełnieniem wymagań dotyczących: stabilizacji znaków wysokościowych, dokładności pomiaru, geometrii sieci itd., określonych w rozporządzeniu ws. osnów.
- 3) Powiaty, na obszarze których obowiązuje podział osnowy szczegółowej na III oraz IV klasę, a poszczególne klasy (lub części osnowy) zostały opracowane w różnych układach wysokościowych, przed wykonaniem ponownego wyrównania osnowy redukują obserwacje do jednego układu wysokościowego
- 4) Wykonanie transformacji wysokości punktów pomiarowej osnowy wysokościowej i szczegółów sytuacyjno-wysokościowych z układu PL-KRON86-NH do układu PL-EVEF2007-NH możliwe jest zarówno w oparciu parametry transformacji wyznaczone na podstawie punktów łącznych jak i modelu różnic wysokości dostępnego na stronie: <http://www.gugik.gov.pl/bip/prawo/modele-danych>.
- 5) Wykonanie transformacji wysokości punktów pomiarowej osnowy wysokościowej i szczegółów sytuacyjno-wysokościowych z układów: lokalnych, Kronsztad60 i Kronsztad 86 możliwe jest w oparciu parametry transformacji wyznaczone na podstawie punktów łącznych.

5. *Kontrola wyników*

- 1) Kontrolę wyników prowadzi się na każdym etapie prac. Niezależnie od kontroli bieżącej prowadzi się niezależną kontrolę wyników w oparciu o dane z państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego.
- 2) Niezależnie od kontroli kameralnej wykonują się kontrolne pomiary polowe na wybranych odcinkach niwelacyjnych i punktach kontrolnych.

III. **Materiały źródłowe**

1. Podstawowymi materiałami źródłowymi są:

- 1) Udostępniane przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii (dalej GUGiK):

- a. wysokości normalne w układzie PL-EVRF2007-NH punktów podstawowej osnowy wysokościowej (punkty nawiązania) oraz przewyższenia na odcinkach kontrolnych nawiązania,
 - b. model obowiązującej quasi-geoidy (dostępny: <http://www.gugik.gov.pl/bip/prawo/modele-danych>;
- 2) Udostępniane przez powiatowe (miejskie) ośrodki dokumentacji geodezyjnej i kartograficznej:
- a. wysokości normalne w układach stosowanych na obszarze powiatu, punktów szczegółowej osnowy wysokościowej, punktów pomiarowej osnowy wysokościowej i punktów sytuacyjno-wysokościowych,
 - b. zbiory obserwacji niwelacyjnych (dzienniki pomiarów) albo przewyższenia, jeżeli znane są wartości poprawek i metody redukcji obserwacji,
 - c. dane obserwacyjne (wektory) GNSS wykonane na punktach osnowy wysokościowej albo szczegółach sytuacyjnych.
2. Uzupełniającym materiałem źródłowym będzie wszelka dostępna dokumentacja geodezyjna zawierająca informacje o stanie punktów osnowy, różnicach wysokości pomiędzy układami wysokościowym itd., w szczególności: sprawozdania techniczne z przeglądu i modernizacji osnowy oraz protokoły czynności ze sprawdzenia stanu znaków geodezyjnych, o których mowa w rozporządzeniu ws. ochrony znaków.

IV. Realizacja zadania

1. Wyrównanie szczegółowej osnowy wysokościowej w układzie PL-EVRF2007-NH

- 1) Wyrównanie szczegółowej osnowy wysokościowej przeprowadza się według zatwierdzonego projektu technicznego.
- 2) Do wyrównania kwalifikuje się linie niwelacyjne spełniające wymogi stawiane szczegółowej osnowie wysokościowej zgodnie z przepisami rozporządzenia ws. osnów. Weryfikacji podlegają przede wszystkim: rok wykonania pomiaru, dokładności pomiaru, długości odcinków i linii niwelacyjnych, geometria sieci oraz typy stabilizacji znaków wysokościowych.
- 3) Dla wybranych linii niwelacyjnych przeprowadza się analizę różnic wysokości punktów nawiązania poprzez porównanie różnic wysokości ΔH_{A-B}^{Kr86} pomiędzy punktami nawiązania w układzie PL-KRON86-NH i różnic wysokości $\Delta H_{A-B}^{EVRF2007}$ wyznaczonych dla tych samych punktów w układzie PL-EVRF2007-NH, zgodnie z wzorem:

$$(\Delta H_{A-B}^{Kr86} - \Delta H_{A-B}^{EVRF2007}) < 0,02 \text{ m} \quad (1)$$

przy czym:

- a. analizę prowadzi się dla różnych kombinacji par punktów, przy czym należy mieć na uwadze, że dopuszczalna wartość odchyłki 0,02 m odnosi się do układu Kronsztad86 (z III kampanii pomiarowej), w przypadku układu PL-KRON86-NH (IV kampania pomiarowa) różnica nie powinna przekraczać 0,0002 m wynikającej z zaokrągleń,
- b. przypadku występowania różnic wysokości znacznie przekraczających wartości dopuszczalne według (1) należy skontaktować się z GUGiK,
- c. stabilność punktów nawiązania sprawdza się wykonując pomiar kontrolny na jednym z odcinków linii niwelacyjnej osnowy podstawowej, przylegającym do punktu nawiązania. Różnica przewyższeń pomiędzy pomiarem kontrolnym, a danymi katalogowymi nie powinna przekraczać:

$$6\sqrt{R} \quad (2)$$

gdzie: R – długość odcinka kontrolnego w kilometrach.

- d. w przypadku zniszczenia punktów nawiazania wykonuje się pomiar uzupełniający dowiazujący sieć szczegółowej osnowy wysokościowej do nowych punktów podstawowej osnowy wysokościowej.
- 4) Linie niwelacyjne, do których włączono odcinki niwelacyjne z pomiarów uzupełniających powinny spełniać warunki:
 - a. odchyłka nawiazania linii niwelacyjnej do punktów podstawowej osnowy geodezyjnej nie powinna przekraczać $6\sqrt{L}$ mm, gdzie L określa długość linii w kilometrach,
 - b. odchyłka zamknięcia poligону niwelacyjnego, nie powinna być większa niż $6\sqrt{F}$ mm, gdzie F określa długość obwiedni poligону w kilometrach.
- 5) Linie niwelacyjne nie spełniające wymogów dokładnościowych podlegają pomiarowi uzupełniającemu lub w przypadku wystarczającej gęstości punktów, zakwalifikowaniu do pomiarowej osnowy wysokościowej.
- 6) Wyrównanie szczegółowej osnowy wysokościowej wykonuje się w sposób ścisły, metodą najmniejszych kwadratów w nawiazaniu do punktów podstawowej osnowy wysokościowej, przy założeniu bezbłędności punktów nawiazania.
- 7) Średni błąd pomiaru 1 km podwójnej niwelacji po wyrównaniu nie powinien być większy niż 4 mm, a błąd wysokości punktu po wyrównaniu nie powinien przekraczać 10 mm.

2. *Transformacja wysokości punktów pomiarowej osnowy wysokościowej i rzędnych punktów sytuacyjno-wysokościowych*

- 1) Transformację wysokości punktów pomiarowej osnowy wysokościowej i rzędnych punktów sytuacyjno-wysokościowych, z układu wysokości wykorzystywanego na obszarze powiatu (układ lokalny) do układu wysokościowego PL-EVRF2007-NH, przeprowadza się tworząc model przebiegu różnic pomiędzy obydwoimi układami.
 - a. do modelowania przebiegu różnic na analizowanym obszarze wykorzystuje się wielomian pierwszego stopnia (3) lub wielomian drugiego stopnia (4);
 - b. Parametry wielomianów wyznacza się poprzez wyrównanie metodą najmniejszych kwadratów, wykorzystując różnice wysokości normalnych na punktach łącznych;

$$aX + bY + c = \Delta H \quad (3)$$

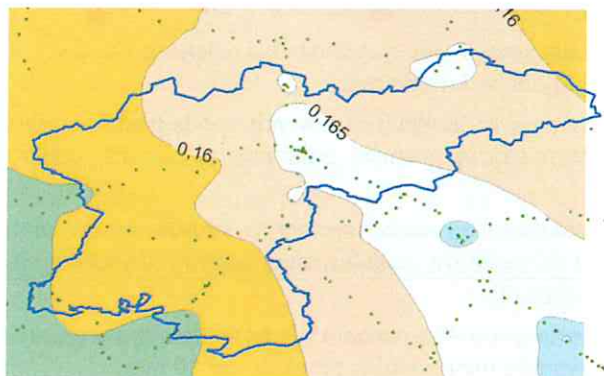
$$aX^2 + bXY + cY^2 + dX + eY + f = \Delta H \quad (4)$$

gdzie: X, Y – współrzędne płaskie punktów łącznych w układzie współrzędnych płaskich prostokątnych,
 ΔH – różnica wysokości pomiędzy obydwoimi układami na punktach łącznych,
 a, b, c, d, e, f – współczynniki wielomianów aproksymujących;

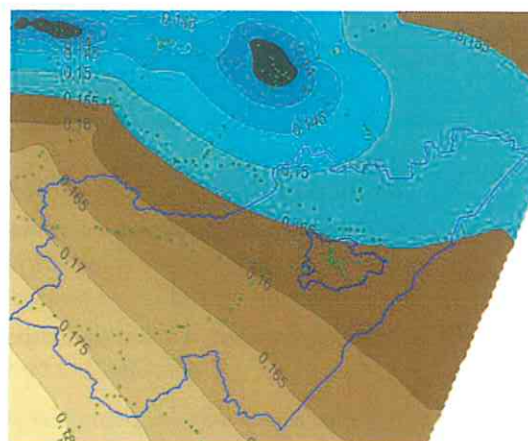
- 2) Zbiór punktów łącznych stanowią repery podstawowej osnowy wysokościowej oraz repery szczegółowej osnowy wysokościowej, których wysokości zostały wyrażone w obydwoi układach odniesienia, z dokładnością odpowiadającą klasie osnowy.
- 3) Wykonanie transformacji możliwe jest w przypadku:
 - a. posiadania wystarczającej liczby (nie mniej niż 4⁵), równomiernie rozłożonych punktów łącznych, mających wyznaczone z odpowiednią dokładnością wysokości w obu układach, przy czym:
 - część punktów winna być położona na zewnątrz transformowanego obszaru,
 - należy zapewnić co najmniej 3 punkty kontrolne (punkty te nie są wykorzystywane do wyznaczenia parametrów transformacji),
 - b. regularnego rozkładu różnic wysokości punktów w obu układach (brak błędów grubych);

⁵ Nie mniej niż 7 punktów w przypadku zastosowania wielomianu drugiego stopnia (6 niewiadomych - stopni swobody)

- c. analizę rozkładu różnic wysokości przeprowadza się z warunkiem wysokości (punktów) odstających;
- d. przybliżoną analizę różnic wysokości na obszarze powiatu można wykonać w oparciu o różnice wysokości pomiędzy układami wysokościowymi PL-KRON86-NH i PL-EVRF2007-NH dostępne pod adresem: : <http://www.gugik.gov.pl/bip/prawo/modele-danych>), wyniki takiej analizy zostały przedstawione na rys. 1 i 2;

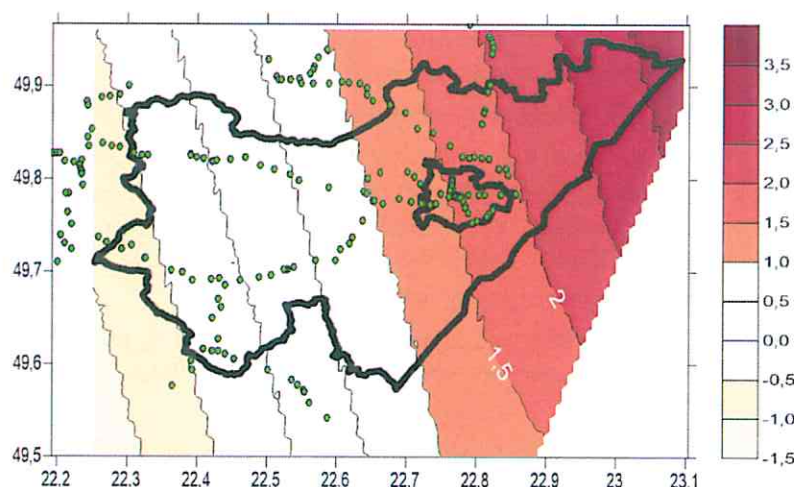


Rys. 1 Regularny rozkład różnic – obszar powiatu jaworskiego



Rys. 2 Zakłócony rozkład różnic – granica powiatów jarosławskiego i przemyskiego

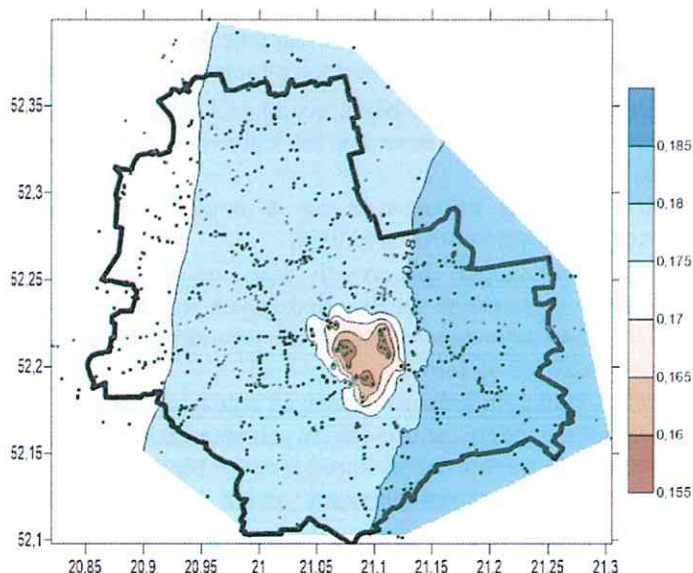
- 4) W przypadku braku wystarczającej liczby punktów łącznych wyznacza się wysokości wybranych punktów w układzie PL-EVRF2007-NH, np. punkty węzłowe sieci niwelacyjnej, za pomocą niwelacji geometrycznej lub satelitarnej, przy czym wysokości geodezyjne przelicza się na wysokości normalne przy wykorzystaniu modelu obowiązującej quasi-geoidy;
- 5) Przed obliczeniem parametrów transformacji sprawdza się w jakim układzie wysokościowym: PL-KRON86-NH czy Kronsztad86 (Kronsztad60) są wyznaczone wysokości na obszarze powiatu. Przyjęcie niewłaściwego układu może wprowadzić znaczące błędy w transformowanych wysokościach, na rys. 3 pokazano rozbieżność pomiędzy metodami aproksymacji płaszczyzną dla układów Kronsztad86 (III kampania) – PL-EVRF2007-NH i PL-KRON86-NH (IV kampania niwelacyjna) – PL-EVRF2007-NH.



Rys. 3 Rozbieżność pomiędzy modelami aproksymacji płaszczyzną do układu PL-EVRF2007-NH, wynikająca z wykorzystania wysokości normalnych w układzie Kronsztad86 (III kampania) i PL-KRON86-NH (IV kampania niwelacyjna) na obszarze powiatu przemyskiego (cięcie warstwiczne co 0,5 cm).

W analizowanym przypadku różnice wysokości w na punktach osnowy podstawowej wynoszą od 0,23 do 0,68 m. Pomyłka w zdefiniowaniu odpowiedniego układu lokalnego, wprowadza przy transformacji wielomianem pierwszego stopnia, różnice do przeliczanych wysokości od 0,015 m do 0,035 m. Przyjmując, że dokładność punktów osnowy szczegółowej wynosi 0,01 m, a wymagana dokładność wyznaczenia rzędnych przewodów i urządzeń kanalizacyjnych 0,02 m w stosunku do punktów nawiązania, to wykorzystanie złego układu wysokościowego, a co za tym idzie obliczenia błędnych parametrów transformacji może wprowadzić błędy transformacji przekraczające wymaganą dokładność pomiarów szczegółów wysokościowych.

- 6) W zależności od rozkładu różnic wysokości między układami na obszarze powiatu, parametry transformacji wyznacza się wielomianem aproksymującym pierwszego lub drugiego stopnia, przy czym:
 - a. obliczenie parametrów transformacji wielomianem pierwszego stopnia wykonuje się dla powiatów o regularnym rozkładem różnic między układem wysokościowym stosowanym na obszarze powiatu i układem PL-EVRF2007-NH;
 - b. obliczenie parametrów transformacji wielomianem aproksymującym drugiego stopnia wykonuje się dla powiatów o nieregularnym rozkładzie różnic między układem wysokościowym stosowanym na obszarze powiatu i układem PL-EVRF2007-NH;
 - c. dla powiatów, na obszarze których stwierdzono nieregularny rozkład różnic między układem wysokościowym stosowanym na obszarze powiatu i układem PL-EVRF2007-NH może zająć konieczność podziału na strefy, dla których będą wyznaczane oddzielne parametry transformacji, przykład przedstawiono na rys. 4, *na obszarze powiatu wykorzystano aproksymację różnic płaszczyzną (wielomianem pierwszego stopnia) z wydzieleniem obszaru, dla którego zastosowano wielomian drugiego stopnia.*;
 - d. przypadku, gdy na obszarze powiatu różnica różnic między układem wysokościowym stosowanym na obszarze powiatu i układem PL-EVRF2007-NH (podwójna różnica) nie przekracza 0,02 m nie wyznacza się e parametrów transformacji, a do przeliczenia wysokości stosuje się średnią wartość.



Rys. 4 Model różnic pomiędzy układami wysokościowymi Kronsztad86 i PL-EVRF2007-NH dla powiatu warszawskiego (cięcie warstwiczne co 0,5 cm).

- 7) Przeliczenie wysokości punktów pomiarowych osnów wysokościowych oraz szczegółów sytuacyjno-wysokościowych przeprowadza w oparciu o wyznaczone parametry transformacji, zgodnie z punktem 6;
- 8) Poprawność transformacji sprawdza się na punktach wspólnych, nie włączonych do obliczenia parametrów transformacji, albo wykonując pomiar (pomiar) kontrolne.

3. Niwelacja satelitarna

- 1) Niwelacja satelitarna polega na wyznaczeniu różnicy wysokości normalnych dH_{AB}^n w oparciu o pomierzoną różnicę wysokości elipsoidalnych dh_{AB}^n oraz różnicę anomalii wysokości $d\zeta_{AB}$, zgodnie ze wzorem:

$$dH_{AB}^n = dh_{AB}^n - d\zeta_{AB} \quad (5)$$

przy czym:

- a. różnicę wysokości geodezyjnych (elipsoidalnych) dh_{AB}^n wyznacza się w oparciu o wektor przestrzenny, uzyskany z synchronicznych pomiarów statycznych GNSS wykonywanych dwoma zestawami odbiorników satelitarnych;
 - b. różnicę anomalii wysokości $d\zeta_{AB}$ wyznacza się w oparciu o obowiązujący model quasi-geoidy.
- 2) Zaleca się dwukrotne wykonanie pomiaru techniką pomiarów statycznych pomiędzy punktami metodą: A-B, B-C, C-D i zachowaniu odległości pomiędzy punktami wyznaczanymi nie przekraczającej 15 km.
 - 3) Pomiary wykonuje się przynajmniej dwoma zestawami odbiorników dwuczęstotliwościowych z opcją śledzenia sygnałów z satelitów GPS oraz GLONASS;
 - 4) Znaki wysokościowe ze stabilizacją naziemną podlegają bezpośredniemu pomiarowi (należy zaznaczyć punkt centrowania anteny GNSS nad głowicą reperu).
 - 5) Dla znaków wysokościowych ściennych oraz znaków naziemnych o utrudnionych warunkach pomiaru GNSS wyznacza się punkty ekscentryczne, przy czym:
 - a. punkty ekscentryczne zakłada się w miejscach pozwalających na przeprowadzenie precyzyjnych pomiarów satelitarnych GNSS;
 - b. punkty ekscentryczne tymczasowo stabilizuje się (markuje) prętem metalowym lub znakiem plastikowym;
 - c. przewyższenie pomiędzy znakiem wysokościowym a punktem ekscentrycznym wyznacza się dwukrotnie metodą niwelacji geometrycznej (nie więcej niż 1 stanowisko).
 - 6) W celu zminimalizowania błędu wysokości ARP⁶ anteny GNSS nad znakiem pomiarowym stosuje się anteny zamocowane na statywach lub tyczkach stabilizowanych w stojakach (stojak, bipod).
 - 7) Pomiary statyczne opracowuje się w nawiązaniu do co najmniej 3 najbliższych stacji referencyjnych systemu ASG-EUPOS.
 - 8) Czas synchronicznych obserwacji statycznych dobiera się biorąc pod uwagę warunki pomiarowe na punkcie, liczbę śledzonych satelitów, warunki atmosferyczne (zaburzenia jonosfery) oraz wymaganą dokładność wyznaczenia wysokości, zaleca się aby czas pomiaru nie był krótszy niż 30 min.
 - 9) W opracowaniu pomiarów satelitarnych należy wykorzystać:
 - a. absolutne modele centrów fazowych anten udostępniane przez IGS⁷;
 - b. efemerydy satelitów IGS Rapid lub IGS Final;
 - c. model jonosfery publikowany przez IGS lub wyznaczony przez wykorzystywane oprogramowanie.
 - 10) Błąd średni różnicy wysokości geodezyjnych po wyrównaniu nie powinien przekraczać 0,015 m.
 - 11) Odchyłka pomiędzy przewyższeniem uzyskanym z niwelacji satelitarnej, a przewyższeniem z danych archiwalnych nie może przekraczać $4\sqrt{L}$ mm, gdzie L określa długość wektora w kilometrach.

⁶ Antenna Reference Point – punkt odniesienia anteny

⁷ International GNSS Service ang. Międzynarodowa Służba GNSS

V. Kontrola wyników

1. Po wyrównaniu szczegółowej osnowy wysokościowej przeprowadza się kontrolę wyników w oparciu o materiały źródłowe, w tym co najmniej:
 - 1) porównanie przewyższeń i wysokości punktów w układzie PL-EVRF2007-NH z danymi z wcześniejszych wyrównań;
 - 2) ocenę wielkości błędów i poprawek w odniesieniu do linii niwelacyjnych i poligonów;
 - 3) ocenę wpływu przebiegu linii i rozkładu punktów węzłowych na rozkład poprawek;
 - 4) zidentyfikowanie linii (poligonów) z przekroczonymi parametrami dokładnościowymi.
2. Po wykonaniu transformacji przeprowadza się kontrolę wyników w oparciu o materiały z zasobu, w tym co najmniej:
 - 1) porównanie różnic wysokości przed i po transformacji na wybranych szczegółach sytuacyjnych każdej grupy dokładnościowej,
 - 2) porównanie wysokości szczegółów wysokościowych na granicach stref (obszarów), w których wykorzystano różne parametry transformacji.
3. Kontrolne pomiary polowe przeprowadza się metodą niwelacji geometrycznej lub metodą niwelacji satelitarnej na liniach (węzłach) z przekroczonymi parametrami dokładnościowymi, a także na wybranych wcześniej punktach kontrolnych (co najmniej 3).

VI. Dokumentacja techniczna

1. Dokumentację dotyczącą modernizacji szczegółowej osnowy wysokościowej zestawia się zgodnie z przepisami rozporządzenia ws. osnów, w szczególności z rozdziałem 9 pkt 17-19 załącznika nr 1.
2. Dokumentację dotyczącą transformacji pomiarowej osnowy wysokościowej i szczegółów sytuacyjno-wysokościowych zestawia się zgodnie z przepisami rozporządzenia ws. standardów, w szczególności z § 64 i 71 rozporządzenia.

*potwierdzam zgodność treści dokumentu
z dokumentem zamieszczonym
na stronie internetowej GUGiK*

DYREKTOR
Wydziału Geodezji
mgr inż. Andrzej Jedziński

