

Tadeusz Szczutko, Robert Krzyżek

Projekt bazy testowej do wyznaczenia stałej dodawania zestawu "dalmierz-reflektor" na terenie Wyższej Szkoły Biznesu i Przedsiębiorczości w Ostrowcu Świętokrzyskim

Acta Scientifica Academiae Ostroviensis nr 35-36, 67-75

2011

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.

Tadeusz Szczutko
Robert Krzyżek

Projekt bazy testowej do wyznaczania stałej dodawania zestawu „dalmierz–reflektor” na terenie Wyższej Szkoły Biznesu i Przedsiębiorczości w Ostrowcu Świętokrzyskim

Streszczenie

Sprawdzanie poprawności działania dalmierzy elektronicznych ma znaczenie dla wyników opracowań geodezyjnych. Wyznaczenie stałej dodawania dla zestawu „dalmierz-reflektor” pozwoli wyeliminować błędy systematyczne z pomiaru długości. W celu umożliwienia sprawdzania dalmierzy dla celów dydaktycznych opracowano projekt bazy testowej położonej w pobliżu budynków WSBiP. Baza może służyć także do innych celów dydaktycznych.

1. Wstęp

Na Wydziale Nauk Społecznych i Technicznych WSBiP kształcą się studenci między innymi na kierunku „Geodezja i Kartografia”. W programie studiów inżynierskich trwających łącznie 7 semestrów znajduje się przedmiot „Elektroniczna technika pomiarowa”. Jednym z ćwiczeń realizowanych w ramach tego przedmiotu jest wyznaczanie stałej dodawania zestawu pomiarowego „dalmierz - reflektor”. Czynności te wykonywane są również na praktykach z geodezji po I i II roku a także z geodezji inżynierskiej przed przystąpieniem do wykonania właściwych pomiarów. Wyznaczenie stałej dodawania zestawu jest istotne, dlatego, że używa się dalmierzy różnych firm i typów oraz reflektorów pochodzących od różnych producentów, niekoniecznie tej samej firmy co dany tachimetr. Projektowany odcinek testowy (baza) ma służyć do tego celu. Oprócz dydaktyki baza może być wykorzystywana przez geodetów z rejonu Ostrowca Świętokrzyskiego do sprawdzania swoich dalmierzy.

2. Założenia ogólne projektu

Baza testowa powinna spełniać następujące wymagania:

- położenie bezpośrednio przy budynkach dydaktycznych WSBiP,
- stabilizacja trwała (słup pomiarowy) z wymuszonym centrowaniem,
- zabudowa wielopunktowa umożliwiająca uzyskanie obserwacji nadliczbowych i wyznaczenie stałej dodawania drogą wyrównania,
- możliwość ustawienia spodarek typu Zeiss i Wild,
- punkty powinny być umieszczone współliniowo w pionie i w poziomie,
- położenie punktów powinno umożliwiać wykonanie obserwacji GPS.

Jako podkład do projektu wykorzystano mapę zasadniczą w skali 1:500 sekcja 144.243.0741. Na arkuszu tym znajduje się cały teren użytkowany przez WSBiP. Przyjęto założenie, że pierwsze dwa punkty bazy znajdują się będą bezpośrednio przy wyjściu z instrumentarium mieszczącego się w piwnicy bloku A, a pozostałe na skwerze w pobliżu bloku C (rys. 1). Teren ten jest wykorzystywany do wykonywania

pomiarów przewidzianych pomiarem studiów. Punkty bazy po wybudowaniu mogą być otoczone roślinami ogrodowymi, tak aby korzystnie wkomponowały się w otoczenie. Korzystanie z mapy zasadniczej pozwala na uniknięcie kolizji z podziemnym uzbrojeniem terenu.

Pomiar na bazie będzie wykonywany we wszystkich kombinacjach z wprowadzeniem do dalmierza temperatury i ciśnienia w celu automatycznego obliczenia poprawki atmosferycznej. Każdy odcinek powinien być pomierzony w trybie najwyższej dokładności danego dalmierza w pięciu seriach.

Projektowana baza umożliwi obliczenie stałej dodawania dwoma sposobami:

- metodą kombinacji prostych, rozszerzonych [4], lub pełnych [5]; znajomość długości odcinków przed pomiarem nie musi być znana (tzw. baza niemetryczna),
- przez porównanie, jeżeli długości odcinków bazy zostaną wyznaczone wcześniej za pomocą dalmierza precyzyjnego, lub pomiarów GPS metodą statyczną przy odpowiednio długich sesjach (baza metryczna).

Obie metody umożliwiają obliczenie błędu średniego wyznaczenia stałej dodawania.

3. Zasady projektowania baz wzorcowych

Rozmieszczenie punktów na linii powinno spełniać następujące warunki:

- długości mierzone we wszystkich kombinacjach powinny równomiernie pokrywać cały zakres bazy [1],
- końcówki mierzonych długości pozostałe po odjęciu połówki długości fali wzorcowej dalmierza $\lambda_w/2$ powinny równomiernie pokrywać ten zakres (istotne dla wyznaczenia błędów cyklicznych),
- najmniejsza mierzona długość nie powinna przekraczać długości 20 m ze względu na występowanie w niektórych typach dalmierzy błędów o charakterze nieliniowym dla krótkich odległości [6].

Ze względu na to, że zarówno studenci, jak i wykonawcy z terenu używają dalmierzy różnych firm o różnych długościach fali wzorcowej, warunek drugi trudno jest spełnić, zwłaszcza dla małej liczby punktów bazy i ograniczeniach terenowych uniemożliwiających ich planowane rozmieszczenie. Ponadto współcześnie produkowane dalmierze mają niewielkie błędy cykliczne (rzędu kilku dziesiątych części milimetra).

Tabela 1. Zestawienie podstawowych parametrów dalmierzy w tachimetrach używanych do ćwiczeń w WSBiP

Producent	Typ	Metoda pomiaru zastosowana w dalmierzu	Długość połówki fali wzorcowej $\lambda_w/2$ (m)	Dokładność odczytu (mm)	Pomiar bezlustrowy (zasięg) (m)
Topcon	GPT-3005LN	impulsowa		0.2	1200
	GTS-105N	fazowa	10	0.2	

	GPT-3100N	impulsowa		0.2	250
Carl Zeiss	Elta 55R	fazowa	10	1	
Sokkia	610K	fazowa	10	0.2	
Leica	TC407	fazowa	3	1	
	TS02	fazowa	1.5	1	1000

Zasady obliczania długości odcinków bazy opisane są w [1 i 2] oraz w normie PN-ISO 17123-4:2005 dotyczącej zasad połowego sprawdzania dalmierzy.

Rozmieszczenie punktów bazy w praktyce zależy będzie od:

- długości maksymalnej bazy możliwej do uzyskania D_0 ,
- długości fal wzorcowych badanych dalmierzy λ_w ,
- przeszkód terenowych na linii bazy,
- względów estetycznych, czyli możliwości wkomponowania punktów w otoczenie.

4. Projekt bazy uwzględniający teren wokół WSBiP

Przewiduje się, że baza będzie składała się z 5 punktów. W zależności od liczby punktów bazy długości odcinków oblicza się według następującego schematu [1]:

$$\begin{aligned} D_1 &= A + B + 3C \\ D_2 &= A + 3B + 7C \\ D_3 &= A + 2B + 5C \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$D_4 = A + C$$

$$D = 4A + 6B + 16C$$

gdzie:

A – najkrótsza mierzona długość – wielokrotność $\lambda_w/2$

$$B_0 = \frac{2}{(n-1)(n-2)} \left(D_0 - (n-1)A + \frac{\lambda_w}{2} \right) \quad (4.2)$$

n – liczba punktów bazy

Wartość B jest zaokrągleniem B_0 do wielokrotności $\lambda_w/2$

$$C = \frac{\lambda_w}{2(n-1)^2} \quad (4.3)$$

Na początku w oparciu o mapę w skali 1:500 ustalono maksymalną długość bazy $D_0=133$ m. Długość ta podzielona na 4 odcinki pośrednie pozwoli na dokładne wyznaczenie stałej dodawania wraz z obliczeniem błędu średniego jej wyznaczenia.

Projektując położenie punktów bazy z konieczności zrezygnowano z obliczenia długości odcinków według wzorów podanych powyżej starając się zachować zasady ogólne projektowania baz [1, 2]. Poszczególne punkty rozmieszczono tak, aby nie zakłócały ładu przestrzennego otoczenia uczelni.

Liczba mierzonych we wszystkich kombinacjach odcinków wyrazi się wzorem:

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \quad (4.4)$$

gdzie:

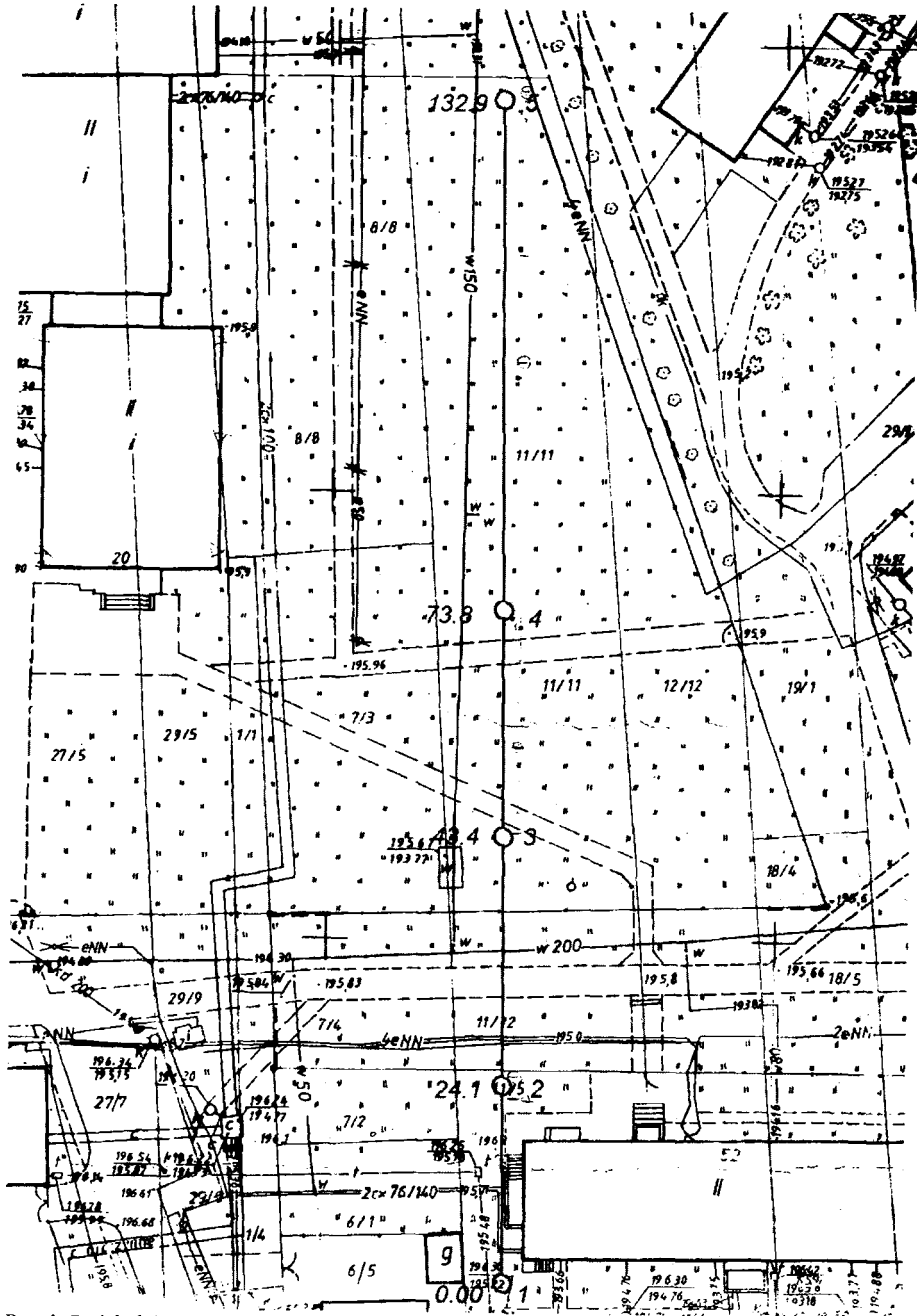
n – liczba punktów bazy

Dla bazy złożonej z 5 punktów uzyskamy $N_5 = 10$.

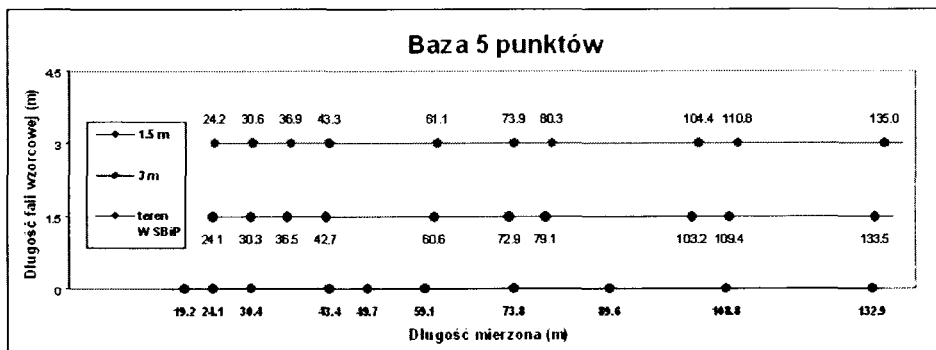
Tabela 2. Zestawienie długości odcinków dla różnych wariantów bazy

Baza 5 punktów				
$\lambda_w/2$	10 m	1.5 m	3 m	WSBiP
d_{1-2}	31.88	30.28	30.56	24.11
d_{2-3}	54.38	42.66	43.32	19.24
d_{3-4}	43.13	36.47	36.94	30.43
d_{4-5}	20.63	24.09	24.19	59.13
D	150.00	133.50	135.01	132.91

W zestawieniu opuszczono kombinację dla $\lambda_w/2=10$ m, ponieważ łączna długość bazy wynosiłaby 150 m (maksymalna długość do wykorzystania - ok. 133 m).



Rys. 1. Projekt lokalizacji bazy na terenie WSBiP



Rys. 2. Rozłożenie mierzonych długości na linii bazy dla dalmierzy o różnych długościach fali wzorcowej

Z tab. 2 i rys. 2 wynika, że obliczenie długości bazy według wzorów 4.1, 4.3 i 4.4 nie jest konieczne, pod warunkiem, że odpowiednio wykorzystana zostaną naturalne warunki terenowe.

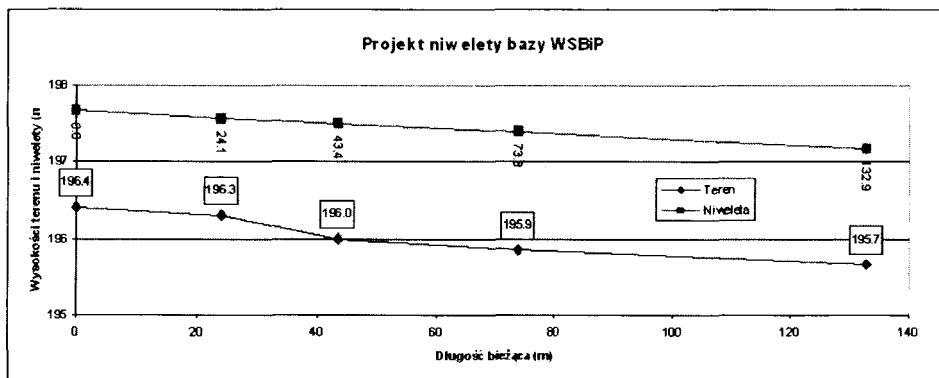
4.1. Projektowanie niwelety

Główce pomiarowe powinny być umieszczone w jednej linii w pionie i w poziomie. W celu zaprojektowania przebiegu niwelety bazy pomierzono wysokości terenu w miejscach projektowanego położenia punktów.

Tab. 3. Projekt wysokości punktów bazy

Długość bazy (m)	Wysokości (m)			
	Teren	Niweleta	Wysokość słupa	Długość słupa
0	196.41	197.66	1.25	2.50
24.1	196.31	197.57	1.26	2.50
43.4	195.99	197.50	1.51	2.75
73.8	195.85	197.39	1.54	2.75
132.9	195.66	197.18	1.52	2.75

Przyjęto średnią wysokość słupów na punktach 3, 4 i 5 około 1.5 m, natomiast na punktach 1 i 2 w pobliżu pawilonu A – ok. 1.25 m. Projektowane nachylenie niwelety bazy wynosi 0.36 m/100 m (0.36%) – tab. 3.



Rys. 3. Projekt niwelety bazy WSBiP

4.2. Projekt zabudowy

Przewiduje się, że słup pomiarowy będzie zakończony płytą stalową z nagwintowanym trzpieniem umożliwiającym zakręcenie spodarki. Komplet 5 spodarek umieszczonych na słupach na czas pomiaru umożliwi na przestawianie instrumentu i reflektora i pomiar we wszystkich kombinacjach.

Słup może być wykonany w następujący sposób:

- rura stalowa o średnicy 15 cm wypełniona betonem z izolacją zewnętrzną w postaci odcinka rury z PCV,
- rura ciepłownicza o średnicy wewnętrznej 15 cm trójwarstwowa (stal + osłona termiczna + PCV),
- blok kamienny na fundamencie betonowym,
- słup betonowy wylewany do szalunku kartonowego z osłoną termiczną z PCV na stopie 80 x 80 cm,

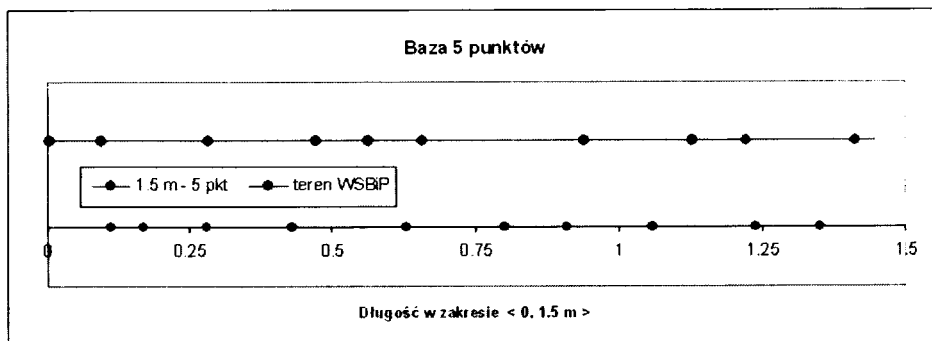
Ze względu na łatwość budowy i niską cenę ostatni wariant ma szanse realizacji. Głębokość wiercenia (wykopu) powinna być większa od głębokości przemarzania gruntu na danym terenie (1.0 m dla rejonu Ostrowca Świętokrzyskiego); można przyjąć wartość 1.2 m.

5. Wyznaczenie błędów cyklicznych dalmierza

W nowoczesnych dalmierzach elektrooptycznych, w nowych egzemplarzach amplituda błędów cyklicznych nie przekracza wartości kilku dziesiątych milimetra. Są to błędy pomijalne w większości zastosowań pomiarowych. Błędy cykliczne są wyznaczone w fabryce, a następnie ich wartości są wprowadzane do pamięci układu obsługującego pracę tachimetru. Starzenie się elementów elektronicznych może spowodować zmianę wartości tych błędów oraz konieczność ich wyznaczenia i regulacji dalmierza w serwisie fabrycznym [6].

Wyznaczone wartości błędów cyklicznych np. na bazie laboratoryjnej AGH w Krakowie z wykorzystaniem interferometru laserowego HP 5529A mogą być uwzględniane rachunkowo w postaci poprawek do mierzonych długości.

Rozkład mierzonych długości projektowanej umożliwia ocenę występowania błędów cyklicznych w badanym dalmierzu (rys. 4).



Rys. 4. Rozkład końcówek połówki fali wzorcowej dla dalmierza Leica TS02 ($\lambda_w/2=1.5$ m)

6. Problem wyznaczania poprawki skali dalmierza

Starzenie się elementów elektronicznych dalmierza powoduje zmianę częstotliwości wzorcowej i w związku z tym zmianę skali mierzonej długości. Wyznaczanie poprawki skali dk przez pomiar częstotliwości jest rzeczą trudną, ponieważ nie zawsze mamy dostęp do miernika częstotliwości odpowiedniej klasy dokładnościowej, a ponadto z reguły nie jest znana budowa fazomierza i nie można ustalić, w jaki sposób należy poprawkę skali obliczyć.

Wyznaczenie poprawki skali dalmierza należy wykonywać na bazach wzorcowych o odpowiedniej długości np. baza AGH „Wisła” (1230 m), baza Lubińsko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego w Lubowie nad Odrą koło Ścinawy (990 m), lub na bazach zakładanych przez Instytut Geodezji i Kartografii (np. Warszawa, Rzeszów).

7. Inne funkcje dydaktyczne bazy

Oprócz podstawowej funkcji jaką będzie wyznaczanie stałej dodawania zestawu i kontrola poprawności jej wprowadzenia, punkty bazy mogą być wykorzystywane do innych celów. Punkty bazy z otwartym horyzontem mogą służyć jako stanowiska stacji bazowej w metodzie GPS-RTK. Dwa sąsiednie punkty mogą stanowić bazę do realizacji tematów dydaktycznych z zakresu pomiarów szczegółowych oraz geodezji inżynierskiej, a także fotogrametrii naziemnej.

Literatura

1. Halmos, F.: *Eichkonstante der Distanzmessgerate und optimale Entfernungsmessung*. Zeszyty Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica nr 780, Geodezja z. 63: „Współczesne problemy geodezji i kartografii oraz planowania przestrzennego”, Kraków 1981.
2. PN-ISO 17123-4. Optyka i instrumenty optyczne. Terenowe procedury testowania instrumentów geodezyjnych i pomiarowych. Część 4: Dalmierze elektrooptyczne (instrumenty EDM). Warszawa 2005.
3. Praca zbiorowa pod redakcją J. Belucha. *Ćwiczenia z geodezji II*. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2008.
4. Skórczyński, A.: *Lokalna triangulacja i trilateracja*. Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej. Warszawa 1992.

5. Schwendener, H. R.: *Electronic distancers for short ranger: accuracy and checking procedures*. Survey Review nr 164/1972.
6. Szczutko, T.: *Badania związane z występowaniem błędów cyklicznych w precyzyjnych dalmierzach elektrooptycznych*. Geomatics and Environmental Engineering 2007, Vol. 1, no. 1/1.