

Mariusz Frukacz*

WPLYW SPOSOBU WYZNACZENIA POPRAWKI KALIBRACYJNEJ NA OKREŚLANE PRZEWYŻSZENIE**

1. Wprowadzenie

Wpływy instrumentalne są jednymi z głównych czynników powodujących powstawanie błędów systematycznych w niwelacji precyzyjnej. Wprowadzenie do pomierzonych przewyższeń poprawek termicznej i kalibracyjnej ma na celu zminimalizowanie tych oddziaływań. Poprawka termiczna liczona jest na podstawie określonego w procesie badań laboratoryjnych współczynnika rozszerzalności termicznej [4]. Poprawka kalibracyjna, jak dotąd, obliczana jest na podstawie tzw. poprawki „metra średniego” pary lat, która obejmuje zarówno przypadkowe błędy naniesienia podziału, jak i przeskalowanie związane ze zmianą długości wstęgi inwarowej, na której ten podział jest naniesiony. Mamy więc do czynienia z opisaniem złożonego zjawiska jednym parametrem. Wykorzystanie w procesie wzorcowania interferometru laserowego pozwala na pozyskanie większej liczby obserwacji przy jednoczesnym zwiększeniu dokładności pomiarów. Dzięki badaniom prowadzonym w Geodezyjnym Laboratorium Metrologicznym AGH zaproponowano [2] sposoby wyznaczania poprawki kalibracyjnej w oparciu o pełne dane z procesu wzorcowania, bez konieczności generalizowania ich poprawką „metra średniego”. W artykule zaprezentowano analizę wpływu przyjętego sposobu wyznaczenia poprawki kalibracyjnej na wielkość wyznaczanego przewyższenia.

2. Sposoby wyznaczania poprawki kalibracyjnej do pomierzonych przewyższeń

Założmy, że pomiar na stanowisku niwelacyjnym obejmuje wykonanie odczytów „wstecz” na podziale zasadniczym $W1$ i podziale pomocniczym $W2$ oraz odczytów „w przód” $P2$ (podział pomocniczy) i $P1$ (podział zasadniczy).

* Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

** Pracę wykonano w ramach badań własnych nr 11.11.150.656

Różnica wysokości policzona z tych odczytów wyniesie

$$dH = \frac{(W1 - P1) + (W2 - P2)}{2} \quad (1)$$

Wprowadzana do wyników niwelacji precyzyjnej poprawka kalibracyjna może być liczona według różnych metod. Powszechnie stosowany jest sposób, w którym brana jest pod uwagę średnia wartość „metra średniego” λ_{sr} obu łąt z kompletu pomiarowego, a wyznaczana w ten sposób poprawka kalibracyjna dla stanowiska niwelatora, nazywana w dalszej części poprawką uśrednioną pU , liczona jest według wzoru

$$pU = dH (\lambda_{sr} - 1) \quad (2)$$

W czasie badań prowadzonych w Geodezyjnym Laboratorium Metrologicznym AGH stwierdzono, że wartości „metra średniego” i współczynnika rozszerzalności termicznej pary łąt w niektórych kompletach pomiarowych znacznie się różnią [2, 4, 6]. Dlatego też wydaje się zasadne obliczanie poprawki kalibracyjnej – poprawki „metra średniego” pM – z uwzględnieniem wyznaczonych dla łąt „wstecz” i „w przód” wartości „metrów średnich” λ_W i λ_P .

$$pM = \frac{(W1 + W2) (\lambda_W - 1) - (P1 + P2) (\lambda_P - 1)}{2} \quad (3)$$

Podczas wzorcowania łąt klasycznych w Geodezyjnym Laboratorium Metrologicznym AGH wyznaczone są odchylenia kalibracyjne rD od wartości nominalnych poszczególnych kresek. W [2] zaproponowano dwa sposoby wyznaczania poprawki kalibracyjnej wykorzystujące te dane z wzorcowania. Pierwszy z nich uwzględnia dodanie do każdego odczytu nominalnego wyznaczonej dla niego odchyłki rD . Poprawka kalibracyjna, nazywana w dalszej części poprawką kresek pD , wyniesie wówczas

$$pD = \frac{(rD_{W1} - rD_{P1}) + (rD_{W2} - rD_{P2})}{2} \quad (4)$$

Sposób ten wymaga jednak wyznaczenia w procesie wzorcowania odchyłek od wszystkich kresek podziału łąty, zarówno zasadniczego, jak i pomocniczego. Obecnie czynności te wykonywane są jedynie dla kresek „opisanych” na łącie, czyli oddalonych od siebie o 5 cm, co łącznie stanowi 1/10 wszystkich kresek podziałowych. Z tego powodu proponowana jest dla każdej łąty aproksymacja odchyłek kresek od wartości nominalnych wielomianem piątego stopnia (F_W i F_P) [2], a wyliczona w ten sposób poprawka wielomianu pF wyniesie

$$pF = \frac{(rF_{W1} - rF_{P1}) + (rF_{W2} - rF_{P2})}{2} \quad (5)$$

gdzie rF_x oznacza wartości wielomianów policzone dla danego z odczytów.

3. Projekt badań

Przeprowadzone badania zostały podzielone na dwa etapy. Pierwszy z nich, z braku rzeczywistych danych pomiarowych, oparty był na wynikach niwelacji generowanych losowo przez komputer. Obecnie trwają prace nad skompletowaniem i opracowaniem analitycznym obserwacji z fragmentu sieci niwelacji I klasy, wykonanej w roku 2001 latami klasycznymi skalibrowanymi wcześniej w Geodezyjnym Laboratorium Metrologicznym AGH [7]. W tabeli 1 zestawiono fragment wyników wzorcowania trzech kompletów łąt Carl Zeiss Jena, które były wykorzystywane w obu etapach badań. Dane te obejmują: „średni metr” łąty (λ), średnią wartość „metra średniego” dla kompletu łąt (λ_{sr}), która jest uwzględniana we wzorze (2) oraz – dla przedstawienia zakresu zmian odchyłek rD – wartość minimalną, maksymalną i średnią tych odchyłek dla każdej z łąt. Ze względu na obszerność materiału nie zamieszczano pełnego wykazu odchyłek od wartości nominalnych dla poszczególnych kresek.

Tabela 1. Zestawienie wyników wzorcowania

Zestaw nr	Numer łąty	λ	λ_{sr}	rD_{min}	rD_{max}	rD_{sr}
		[-]	[-]	[μm]	[μm]	[μm]
1	45149	1,0000045	0,9999949	1,9	71,0	32,1
	45150	0,9999853		-63,9	25,4	-8,1
2	45783	1,0000022	0,9999936	-30,4	38,8	6,7
	45784	0,9999850		-60,0	14,3	-18,3
3	50537	0,9999876	0,9999886	-60,3	8,9	-23,6
	50538	0,9999895		-38,4	35,1	-2,6

Tabela 2. Współczynniki wielomianów aproksymujących

Nr łąty	A_5	A_4	A_3	A_2	A_1	A_0
45149	-0,0000007	0,0000120	-0,0000506	0,0000763	-0,0000326	0,0000282
45150	-0,0000038	0,0000401	-0,0001422	0,0001946	-0,0000912	0,0000099
45783	-0,0000134	0,0001099	-0,0003163	0,0003651	-0,0001282	0,0000021
45784	-0,0000056	0,0000508	-0,0001584	0,0001912	-0,0000817	0,0000013
50537	-0,0000078	0,0000704	-0,0002247	0,0002966	-0,0001538	0,0000074
50538	-0,0000091	0,0000721	-0,0001954	0,0002018	-0,0000653	0,0000082

Dla każdej z łąt policzono także współczynniki ($A_0 - A_5$) wielomianu aproksymującego (tab. 2). Wielkość odchyłek od wartości nominalnych rF_x liczono podstawiając do równania (6) odczyty x z łąt.

$$rF_x = A_0 + A_1x + A_2x^2 + A_3x^3 + A_4x^4 + A_5x^5 \quad (6)$$

W celu przeanalizowania wpływu sposobu obliczenia poprawki kalibracyjnej na wartość wyznaczanych przewyższeń zaprojektowano osiem baz testowych o długości 1 km. Dla każdej z nich zadano w programie określoną konfigurację terenu i komputer generował na tej podstawie odczyty z łąt. Pierwszy odcinek charakteryzował się losowo generowanymi deniwelacjami terenu (oznaczany $dH = \text{Ran}$), drugi położony był w terenie płaskim ($dH = 0 \text{ m}$), a przewyższenia na jednym stanowisku nie przekraczały 0,3 m; dla kolejnych baz założono stałe pochylenie terenu, a różnica wysokości punktów początkowego i końcowego wynosiła odpowiednio 5, 10, 15, 20, 25 i 30 m. Każdą bazę pomierzono 50 razy trzema kompletami łąt, czyli łącznie wygenerowano 1200 km niwelacji. Program dopuszczał zmianę przewyższenia bazy w granicach $\pm 2 \text{ m}$. Odcinki podzielono na 20 stanowisk, czyli długość celowych wynosiła 25 m, założono także stałą temperaturę pomiaru równą 10°C . Na każdym stanowisku niwelatora niezależnie symulowano odczyty na łątach wstecz i w przód (zamieniając łąty na kolejnych stanowiskach) zgodnie z zadaną dla bazy deniwelacją. Z tych odczytów policzono przewyższenia na stanowiskach z uwzględnieniem poprawki termicznej. Następnie, według podanych powyżej czterech metod, liczone wartości poprawek kalibracyjnych. W tabelach 3–5 zestawiono fragmenty wyników obliczeń dla każdego kompletu łąt. Kolejne kolumny zawierają: przewyższenie całego odcinka (kol. 3), wartości poprawek kalibracyjnych (kol. 4–7) oraz moduły z różnic między różnymi wariantami poprawki kalibracyjnej (kol. 8–10).

Tabela 3. Wyniki analiz dla kompletu 45149-45150

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Odcinek		dH	pU	pM	pD	pF	$ pU-pM $	$ pD-pM $	$ pD-pF $
		[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
$dH = \text{Ran}$	max	7,968	0,156	0,166	0,294	0,209	0,094	0,191	0,179
	min	-6,618	-0,188	-0,183	-0,216	-0,207	0,000	0,001	0,001
	śr	0,123	-0,003	-0,015	0,003	-0,008	0,029	0,069	0,062
$dH = 0 \text{ m}$	max	1,250	0,029	0,032	0,101	0,048	0,020	0,109	0,117
	min	-1,218	-0,029	-0,029	-0,102	-0,042	0,000	0,000	0,001
	śr	-0,080	0,002	0,003	-0,002	0,004	0,005	0,037	0,036
$dH = 10 \text{ m}$	max	10,668	-0,221	-0,219	-0,200	-0,252	0,010	0,352	0,315
	min	9,385	-0,252	-0,251	-0,577	-0,292	0,000	0,007	0,008
	śr	9,998	-0,236	-0,235	-0,388	-0,268	0,002	0,156	0,129
$dH = 20 \text{ m}$	max	18,615	-0,515	-0,535	-1,011	-0,798	0,019	0,533	0,281
	min	21,838	-0,439	-0,441	-0,579	-0,677	0,001	0,109	0,003
	śr	19,949	-0,471	-0,473	-0,769	-0,723	0,007	0,296	0,070

Tabela 4. Wyniki analiz dla kompletu 45783-45784

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Odcinek		dH	pU	pM	pD	pF	$ pU-pM $	$ pD-pM $	$ pD-pF $
		[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
$dH = \text{Ran}$	max	9,935	0,150	0,155	0,314	0,215	0,072	0,236	0,230
	min	-7,733	-0,193	-0,212	-0,345	-0,295	0,000	0,001	0,000
	śr	0,679	-0,013	-0,013	-0,023	-0,026	0,025	0,073	0,051
$dH = 0 \text{ m}$	max	1,035	0,022	0,028	0,172	0,055	0,009	0,169	0,167
	min	-1,138	-0,020	-0,023	-0,151	-0,045	0,000	0,000	0,000
	śr	0,128	-0,002	-0,002	-0,006	-0,006	0,004	0,056	0,058
$dH = 10 \text{ m}$	max	10,920	-0,177	-0,176	-0,275	-0,321	0,008	0,375	0,215
	min	9,115	-0,212	-0,209	-0,565	-0,375	0,000	0,067	0,000
	śr	10,013	-0,194	-0,194	-0,412	-0,353	0,002	0,218	0,070
$dH = 20 \text{ m}$	max	18,203	-0,418	-0,426	-0,951	-0,815	0,011	0,537	0,153
	min	21,530	-0,353	-0,355	-0,657	-0,728	0,000	0,279	0,000
	śr	20,017	-0,388	-0,389	-0,818	-0,769	0,005	0,430	0,067

Tabela 5. Wyniki analiz dla kompletu 50537-50538 (wartości średnie)

1	4	5	6	7	8	9	10
Odcinek	pU	pM	pD	pF	$ pU-pM $	$ pD-pM $	$ pD-pF $
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
$dH = 0 \text{ m}$	0,000	0,000	-0,002	0,000	0,000	0,039	0,042
$dH = 5 \text{ m}$	-0,128	-0,128	-0,251	-0,234	0,000	0,124	0,053
$dH = 10 \text{ m}$	-0,260	-0,260	-0,419	-0,409	0,000	0,160	0,042
$dH = 15 \text{ m}$	-0,390	-0,390	-0,553	-0,627	0,000	0,163	0,078
$dH = 20 \text{ m}$	-0,519	-0,519	-1,020	-0,823	0,000	0,501	0,197
$dH = 25 \text{ m}$	-0,647	-0,647	-1,062	-0,949	0,000	0,415	0,114
$dH = 30 \text{ m}$	-0,778	-0,778	-0,979	-0,925	0,000	0,201	0,065

4. Analiza wyników

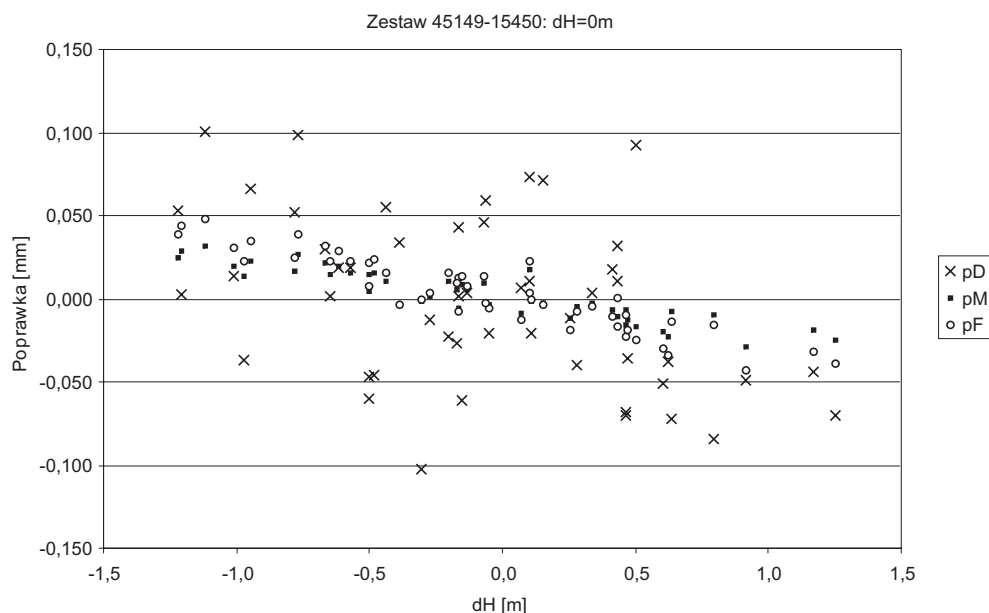
Wielkość poprawki kalibracyjnej wzrasta wraz ze zwiększaniem się przewyższenia mierzonego odcinka. Przy małych deniwelacjach terenu średnia wartość poprawki, bez względu na sposób jej liczenia, nie przekracza kilkudziesięciu mikrometrów na kilometr.

Jak można się było spodziewać, dla kompletu, w którym łąty mają zbliżone wartości „metra średniego” (50537-50538), wielkości poprawek pU i pM są w zasadzie takie same (kol. 8). Natomiast w przypadku kompletów, w których te parametry dla poszczególnych łąt znacznie się różnią, rozbieżności z tytułu stosowania poprawki uśrednionej osiągają wartość do 0,1 mm/km, więc w przypadku takich kompletów warto zrezygnować z liczenia poprawki wzorem przybliżonym. Dlatego też w dalszej analizie rozpatrywane będą jedynie pozostałe trzy sposoby obliczania poprawki kalibracyjnej.

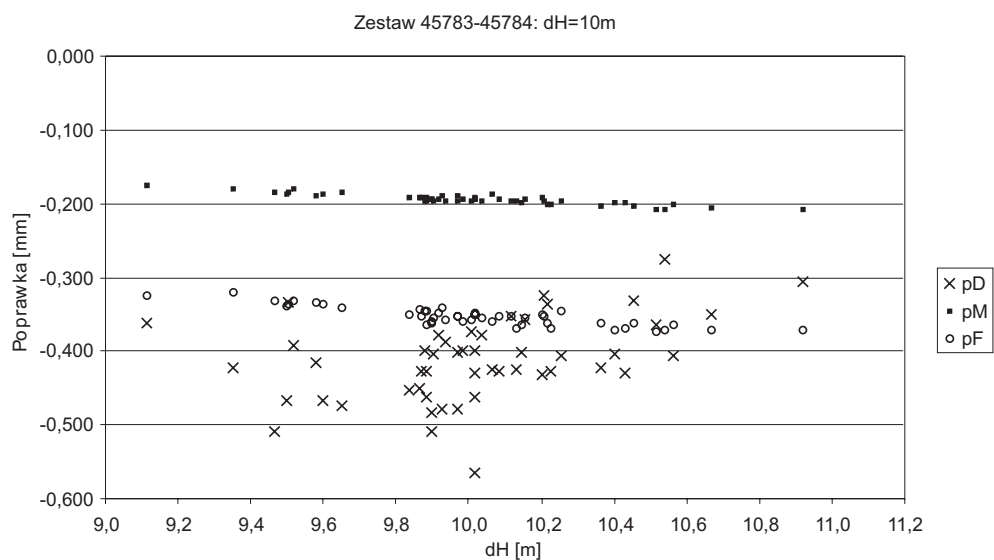
Wraz ze wzrostem deniwelacji terenu, a co za tym idzie – ze zwiększaniem się wartości poprawki kalibracyjnej, rośnie także rozbieżność między trzema wariantami tej poprawki. Zauważyć można również, że aproksymacja kresek podziału wielomianem piątego stopnia daje dużo lepsze efekty niż „metr średni”. Abstrahując od praktycznego aspektu uwzględniania poprawek kresek, można przyjąć, że ta metoda jest najbardziej dokładna, ponieważ nie wymaga aproksymacji. Na rysunkach 1–4 zaprezentowano dla różnych zestawów łąt, w jaki sposób kształtują się te rozbieżności w zależności od pomierzonego przewyższenia.

Na rysunkach 2 i 3 wyraźnie widać, że zróżnicowane sposoby liczenia poprawki kalibracyjnej mogą powodować skażenie wyników błędami o charakterze systematycznym.

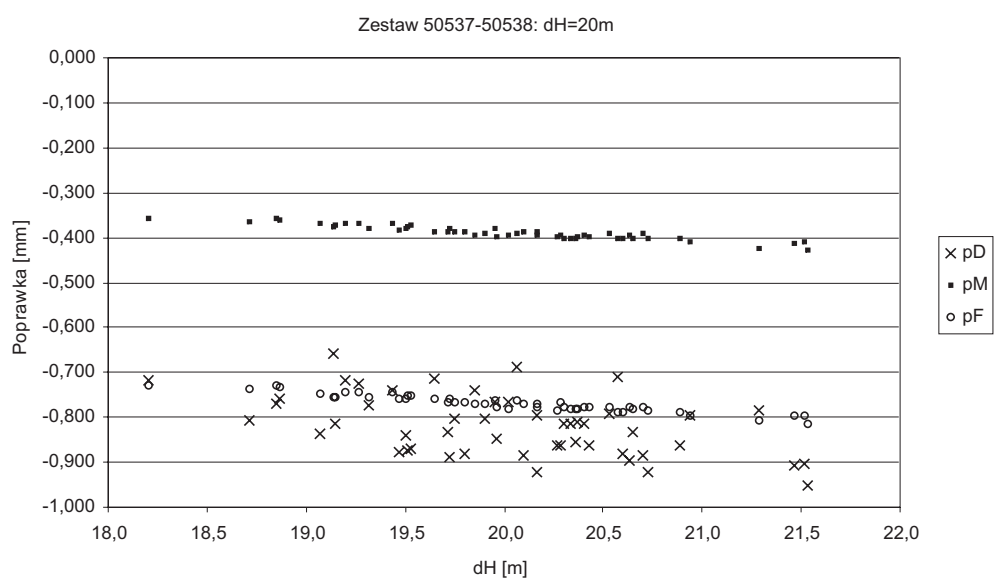
Zauważalne na rysunku 4, przy przewyższeniach 25 i 30 m, zmniejszenie różnicy między wariantami poprawki kalibracyjnej wynika z faktu wykonywania odczytów na łątach w miejscach występowania mniejszych odchyłek od wartości nominalnych. Policzono także różnice $|pD-pM|$ oraz $|pD-pF|$, aby sprawdzić, jakiej wielkości rozbieżności powstają w wyniku aproksymacji podziału funkcją liniową lub wielomianem.



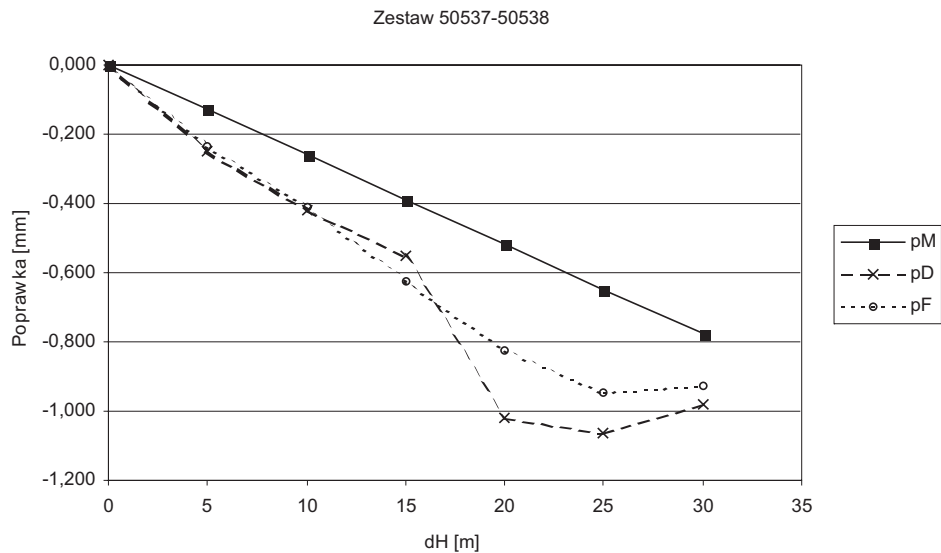
Rys. 1. Porównanie wielkości poprawek dla $dH = 0$ m



Rys. 2. Porównanie wielkości poprawek dla $dH = 10 m$

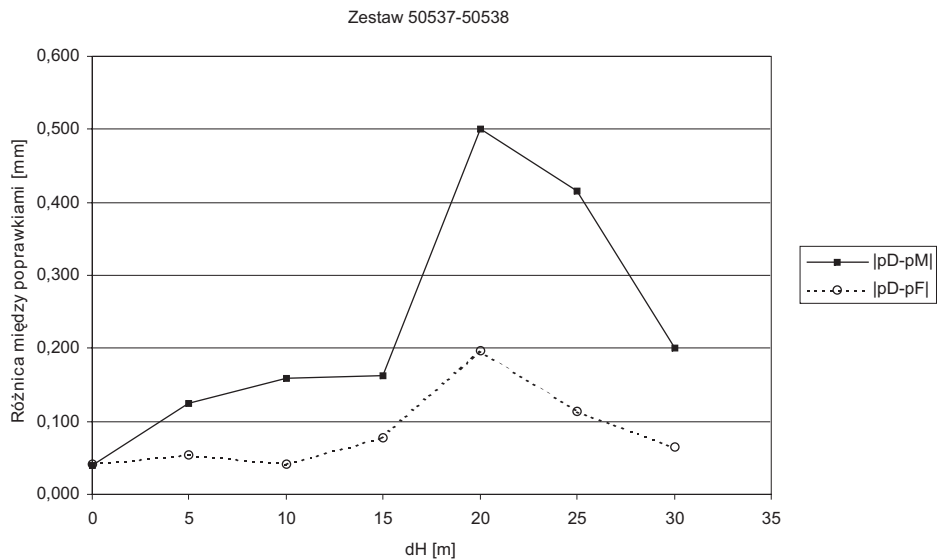


Rys. 3. Porównanie wielkości poprawek dla $dH = 20 m$



Rys. 4. Średnie wartości poprawek dla testowanych odcinków

Na rysunku 5 można zauważyć, że wielkość poprawki wielomianu różni się od poprawki kresek w granicach $0,040 \div 0,200$ mm na kilometr. Jest to błąd duży, jednak znacznie mniejszy niż spowodowany uwzględnieniem poprawki „metra średniego”. Rozbieżności z tego tytułu wynoszą nawet 0,500 mm i są dwu-, trzykrotnie większe niż w przypadku poprawki kresek.



Rys. 5. Wartości poprawek pM i pF odniesione do poprawek kresek (pD)

5. Analiza wpływu innych czynników na wynik niwelacji

O tym, czy błędy systematyczne z tytułu przyjętego sposobu wyznaczenia poprawki kalibracyjnej mają istotny wpływ na określone przewyższenia, można przekonać się porównując ich wielkość z wartościami innych poprawek wprowadzanych do wyników niwelacji precyzyjnej. Ponieważ różnice między poszczególnymi wariantami poprawek kalibracyjnych są najbardziej widoczne przy dużych deniwelacjach terenu, do obliczeń przyjąłem dane z odcinka o $dH = 20$ m. Dla tej bazy zakładaliśmy stałe pochylenie terenu, więc możemy skorzystać z następującego wzoru na poprawkę refrakcyjną według Kukkamäki

$$p_R = \frac{4d^2}{(Z_W - Z_P)^2} 0,952 \cdot 10^{-6} \frac{t_P - t_W}{Z_P^c - Z_W^c} \left\{ \frac{Z_W^{c+1} - Z_P^{c+1}}{c+1} - Z_0^c (Z_W - Z_P) \right\} \quad (7)$$

gdzie:

- d — długość celowej ($d = 25$ m),
- Z_W, Z_P — wysokości celowych ponad terenem na łacie wstecz i w przód (przyjęto 1,1 i 2,1 m),
- Z_0 — wysokość instrumentu nad terenem (1,6 m),
- t_W, t_P — temperatura powietrza na wysokości celowej przy łacie wstecz i w przód ($10,0^\circ\text{C}$ i $10,2^\circ\text{C}$),
- c — współczynnik opisujący zmianę temperatury wraz z wysokością Z nad terenem ($c = -0.3$).

Dla tych wartości otrzymujemy $p_R = 0,016$ mm na jednym stanowisku, co dla ciągu 1 km o 20 stanowiskach da wartość 0,318 mm. Dla porównania, wartość błędu popełnianego z tytułu wprowadzenia parametru „metra średniego” dla kompletu lat 45783–45784 dla analogicznego odcinka waha się w granicach $0,279 \div 0,537$ mm. Natomiast w przypadku aproksymacji błędów podziału wielomianem 5. stopnia błąd ten będzie się mieścił w granicach $0,000 \div 0,153$ mm, czyli będzie dwukrotnie mniejszy od wartości poprawki refrakcyjnej.

Przy tak znacznych różnicach wynikających z tytułu stosowania parametru „metra średniego” wartość poprawki eliminującej wpływ Księżyca i Słońca jest niemalże zanedbywalnie mała. Policzona ze wzoru

$$p_K = s \{ k_K \sin 2z_K \cos(A_K - a) + k_S \sin 2z_S \cos(A_S - a) \} \quad [0,01 \text{ mm}] \quad (8)$$

gdzie:

- $k_K = 8,5$,
- $k_S = 3,9$,
- z_K, z_S — odległość zenitalna ciała zaburzającego (z Rocznika Astronomicznego),
- A_K, A_S — azymut ciała zaburzającego (z Rocznika Astronomicznego),
- a — azymut odcinka linii niwelacyjnej (z mapy 1:50 000),
- s — długość odcinka linii niwelacyjnej [km],

poprawka ze względu na dobowe zmiany kierunku linii pionu kształtuje się dla terenu Polski na poziomie $0,03 \div 0,04$ mm/km. Jest to więc wielkość dziesięciokrotnie mniejsza niż

wspomniany wcześniej błąd poprawki „metra średniego”. Podobnie wartość poprawki ortometrycznej normalnej (która jest czterokrotnie większa od poprawki p_K) jest mniejsza od popełnianego błędu z tytułu aproksymacji podziału łat parametrem „metra średniego”.

6. Zakończenie

Przeprowadzone analizy wyraźnie pokazują, jak istotny wpływ na obliczone przewyższenie ma właściwe uwzględnienie tzw. poprawki kalibracyjnej. Rozbieżności powodowane opisaniem systematycznych i przypadkowych błędów naniesienia podziału przez parametr „metra średniego” sięgają nawet 0,5 mm/km, co stanowi dwukrotność obliczonej dla tych pomiarów poprawki refrakcyjnej i dziesięciokrotność poprawki ze względu na dobowe zmiany kierunku linii pionu.

W tej sytuacji stosowanie poprawki kresek wydaje się rozwiązaniem optymalnym dokładnościowo. Jednak ta metoda wymaga wyznaczenia w procesie wzorcowania poprawek dla 1200 kresek na łacie (zarówno podziału zasadniczego, jak i pomocniczego), a następnie poprawienia każdego odczytu na łacie o odpowiednią wartość. W Geodezyjnym Laboratorium Metrologicznym AGH prowadzone są prace, które mają umożliwić pełne zautomatyzowanie procedur wzorcowania precyzyjnych łat niwelacyjnych na pionowym komparatorze interferencyjnym, a także zmniejszyć niepewność wyznaczanych odchylek od nominalnych wartości poszczególnych kresek pomiarowych.

Dotychczasowe badania i analizy statystyczne pozwalają zauważyć istotny wpływ sposobu obliczenia i wprowadzenia poprawki kalibracyjnej na wartość wyznaczanych przewyższeń. Nie pozwalają jednak zbadać wpływu tych wielkości na wyniki niwelacji precyzyjnej. W tym celu należy wykonać analizy dla rzeczywistych pomiarów niwelacyjnych, wykonanych skalibrowanym wcześniej według proponowanych metod sprzętem niwelacyjnym. Wstępne analizy obserwacji fragmentu sieci niwelacji I klasy z roku 2001 pozwalają przypuszczać, że zastosowanie proponowanych metod wyznaczania poprawki kalibracyjnej może przyczynić się do zwiększenia dokładności niwelacji precyzyjnej.

Literatura

- [1] Brunner F.K., Woschitz H.: *Kalibrierung von Messsystemen: Grundlagen und Beispiele*. [w:] Heister H., Staiger R., Qualitätsmanagement in der geodätischen Messtechnik, Wittwer Verlag, DVW Schriftenreihe 2001
- [2] Frukacz M.: *Sposoby wyznaczania poprawki kalibracyjnej dla precyzyjnych łat niwelacyjnych*. Półrocznik AGH Geodezja, t. 9, z. 2/2, 2003
- [3] Frukacz M., Markiewicz M.: *Badanie precyzyjnych łat niwelacyjnych w aspekcie pomiarów sieci wysokościowych I i II klasy*. Kraków, Wydział GGiŚ, Zakład Geodezji i Kartografii AGH 2000 (praca dyplomowa)
- [4] Frukacz M., Markiewicz M., Mróz J., Pokrzywa A., Szczutko T.: *Wyznaczanie współczynnika rozszerzalności termicznej precyzyjnych łat niwelacyjnych w Komparatorium Geodezyjnym AGH w Krakowie*. Półrocznik AGH Geodezja, t. 6, z. 2, 2000, 91–111

-
- [5] Kamela Cz. i in.: *Niwelacja precyzyjna*. Warszawa, PPWK 1993
 - [6] Pokrzywa A., Mróz J., Szczutko T., Ruchel J., Przewięźlikowska A.: *Technologia kompleksowego sprawdzania łat niwelacyjnych z wykorzystaniem interferometru laserowego HP 5529A*. Półrocznik AGH Geodezja, t. 6, z. 1, 2000
 - [7] Rüeger J.M., Brunner F.K.: *On System Calibration and Type Testing of Digital Levels*. ZfV Zeitschrift für Vermessungswesen, 4/2000
 - [8] Woschitz H., Brunner F.K., Heister H.: *Scale Determination of Digital Levelling Systems using a Vertical Comparator*. Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 128/2003