

## **DANE NIWELACYJNE W BADANIU PIONOWYCH RUCHÓW SKORUPY ZIEMSKIEJ NA OBSZARZE POLSKI**

Kamil Kowalczyk

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**Streszczenie.** Prace nad badaniem ruchów pionowych skorupy ziemskiej na obszarze Polski wyznaczonych z danych niwelacyjnych trwają od lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku. Do tej pory powstały dwie mapy takich ruchów: w 1985 i 2006 roku. Obecnie informacje o ruchach pionowych powierzchni skorupy ziemskiej nabierają dużego znaczenia w świetle budowy kinematycznego układu wysokościowego. W opracowaniu podjęto tematykę pozyskania danych geodezyjnych (niwelacyjnych), które umożliwiłyby rozpoczęcie prac nad kinematycznym wyznaczeniem ruchów pionowych skorupy ziemskiej na obszarze Polski. Badany materiał niwelacyjny to dane z czterech ostatnich kampanii niwelacyjnych przeprowadzonych w latach: 1926–1937, 1953–1955, 1974–1982, 1997–2003. Sprawdzone także możliwość pozyskania informacji o ruchach pionowych z mapy ruchów pionowych z roku 1985.

**Słowa kluczowe:** niwelacja precyzyjna, ruchy pionowe

### **WSTĘP**

Ziemia jest planetą dynamiczną i aby dokładnie zrozumieć jej zmiany w czasie, potrzebne są geodezyjne, geofizyczne i geologiczne, dokładne i jednorodne dane z długoterminowych badań. W Polsce większość ostatnich badań geodynamicznych została zrealizowana na podstawie obserwacji GPS [Cacoń i in. 2003, Kontny 2003] i innych nowoczesnych typów pomiarów geodezyjnych, takich jak absolutne i względne pomiary grawimetryczne [Barlik 2000], pomiary laserowe [Schilak 2003], które dotyczą okresu około 10–20 ostatnich lat. Tak krótki okres, z którego pochodzą te obserwacje, zdaniem autora, nie zapewnia poprawnego wyznaczenia dynamiki Ziemi. W celu prawidłowego jej wyznaczenia konieczne są obserwacje mierzone w niedużych interwałach, ale o długim przedziale czasu.

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: Kamil Kowalczyk, Katedra Geodezji Szczegółowej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Prawocheńskiego, 10-720 Olsztyn, e-mail: [kamil.kowalczyk@utwm.edu.pl](mailto:kamil.kowalczyk@utwm.edu.pl)

Warunek ten spełniają tylko geodezyjne obserwacje takie jak: triangulacja, niwelacja precyzyjna i dane mareograficzne. Historia tych danych ma około 100 lat [Bomford 1980]. Dzisiaj te pomiary mogą wydawać się przestarzałe, to jednak te historyczne serie pomiarowe ze względu na długość serii obserwacyjnych i stosunkowo jednolitą dokładność są bardzo ważne w badaniach dynamiki Ziemi, a w szczególności w badaniach ruchów pionowych skorupy ziemskiej. Podstawowym celem niniejszego eksperymentu jest zbadanie możliwości pozyskania danych niwelacyjnych w celu stworzenia kinematycznego modelu ruchów pionowych skorupy ziemskiej na obszarze Polski, a także sprawdzenie, czy brakujące dane można zastąpić informacjami o ruchach pionowych odczytanych z mapy ruchów pionowych 1985. Do kontroli poprawności odczytanych informacji użyto kilku linii niwelacji precyzyjnej z lat 1953–1955. Fakt ten wynikał z tego, iż w czasie przeprowadzania eksperymentu autor posiadał tylko niewielki fragment odpowiednich danych z kampanii niwelacji precyzyjnej 1953–1955.

## MATERIAŁY I METODY

### Dane niwelacyjne

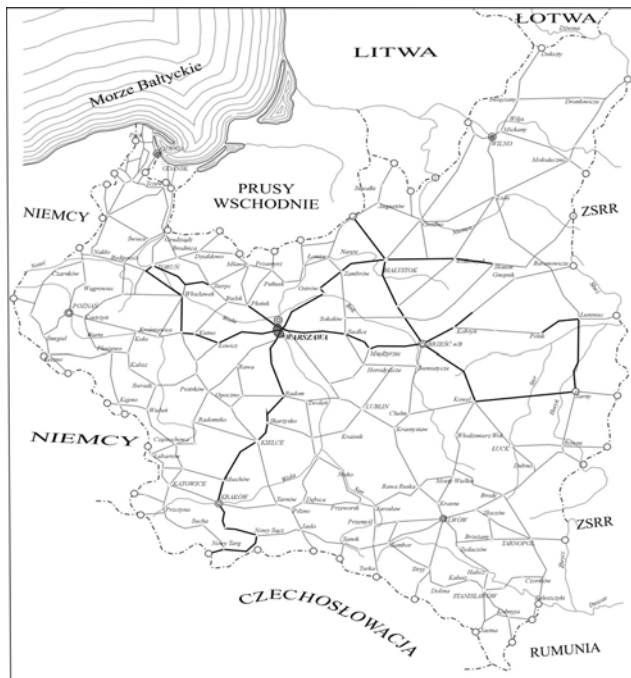
W Polsce przeprowadzono cztery kampanie niwelacji precyzyjnej. Materiał niwelacyjny z tych prac jest przechowywany w katalogach papierowych, plikach tekstowych oraz arkuszach kalkulacyjnych. Aby można było opracować model ruchów pionowych skorupy ziemskiej na obszarze Polski, należy zebrać cały materiał w jednolitej formie (bazie danych). Do analiz z zastosowaniem komputera nadawały się jedynie cyfrowe zbiory danych z kampanii niwelacyjnych 1974–1982 i 1997–2003. Pozostałe materiały należało przetworzyć do postaci elektronicznej.

### Kampania niwelacyjna 1926–1937

Sieć niwelacyjną I klasy z lat 1926–1937 nawiązano do założonej w 1931 r. stacji mareograficznej w Gdyni, a prócz tego powiązano z sieciami państw sąsiednich: z Czechosłowacją – 11 liniami dogranicznymi, z Łotwą – 5, z Niemcami – 5, z Rumunią – 1 (rys. 1). Linie tej sieci zaprojektowano wzdłuż szos I klasy, a czasem wzdłuż torów kolejowych (Wyrzykowski 1988).

Ostateczne wyniki pomiarów przedstawiono w postaci katalogu punktów podstawowej sieci niwelacji I rzędu [Katalog 1939]. Dla poszczególnych linii podano: typ i opis położenia znaków, odległości między nimi oraz wysokości punktów z dokładnością do 1 mm.

Katalog danych z kampanii niwelacyjnej w latach 1926–1937 jest tradycyjnym katalogiem wydrukowanym na papierze [Katalog 1939]. Autor pracy uzyskał kopie (rys. 2) tego katalogu z dawnego Zarządu Topograficznego Wojska Polskiego. Po przetworzeniu zeskanowanych 292 kart katalogowych powstało 121 arkuszy danych w formacie (xls).



Rys. 1. Sieć niwelacji precyzyjnej I klasy pomierzonej w latach 1926–1937 [Wyrzykowski 1988]  
 Fig. 1. First class levelling campaign 1926–1937

a)

Linia 7.				
Hodrajz repertu	Niwelowana odległość między reperami km	OPIS POŁOŻENIA REPERU		Wysokość nad poziomem morza m Autowiadanie m
		Km. stopy, kufel	Nazwa miejscowości i budynku (obiektu), na którym zamontowany jest reper	
			szosa: Wejherowo — Linia Zakrzewa.	
9	B	33.23	Linia, szkoła powszechna, w ścianie od strony szosy.	175.649
9	B	2.67	Thuczewo, szkoła powszechna, w ścianie od strony szosy.	126.340
11	NK	2.16	Kamień niwelacyjny.	142.994
12	B	2.50	Strzepez, dom Pałyngę Lewińskiego (strząd gminy), w ścianie od strony szosy.	168.861
13	B	0.49	Strzepez, szkoła powszechna, w ścianie od strony drogi do Miłostewa.	153.216
14	T	2.79	Strzepez, szkoła powszechna, w ścianie od strony drogi do Miłostewa.	154.497
15	B	—	Pubłocin, przepust.	136.625
		2.33	szosa: Łuzino — Łębn.	
16	NK	2.00	Kamień niwelacyjny, około 200 m od przecięcia się dróg do Łuzina, Wejherowa, Łębn i Strzepeza.	151.073
17	NK	19.00	Kamień niwelacyjny.	165.833
18	NK	2.00	Kamień niwelacyjny.	170.942
19	NK	2.90	Kamień niwelacyjny.	156.133
20	B	1.42	Przepust kamienny.	104.711
21	B	2.20	Przepust kamienny.	99.681
2	T	—	Łuzino, kościół katolicki, w ścianie bocznej.	161.619
3	B	0.75	Łuzino, kościół katolicki, w ścianie bocznej.	78.746
3	B	0.80	Stacja kol. Łuzino, budynek kolejowy przy przecięciu się szosy z torami kolejowym, km. kolei 87.26, kolejowy reper niemiecki.	98.889
		17.94	szosa: Wejherowo — Strzebielino.	
4	BK	—	Wolowo, kamień niwelacyjny przy przecięciu się szosy: Wejherowo — Strzebielino z szosą do Łuzina, reper niemiecki Nr 8264.	98.889

b)

T	0,02	Kościerzyn	166,446
B	0,44	Kościerzyn	165,028
B	—	Kościerzyn	169,723
T	1,3	Kościerzyn	171,37
N	1,94	109,73 Właduk ni	185,209
N K	1,96	111,67 Kamień niw	180,68
B	2,37	113,63 Skorzewo,	170,03
N K	2,21	116 K a m i e r	181,472
B	0,25	118,21 Stężyca, g	163,434
B	—	118,4 Stężyca, k	170,999
T	3,27	118,4 Stężyca, k	172,263
B	1,26	121,68 Przepust k	197,105
B	0,89	122,93 Przepust k	203,952
B	2,48	123,82 Klukowa H	225,774
NK	2,2	126,3 Kamień niw	215,126
NK	2,18	128,5 Kamień niw	199,618
B	1,62	130,68 Przepust k	163,452
B	0,64	132,3 Dom przy	164,824
B	—	132,94 Sulęczyno	179,798
T	2,06	132,94 Sulęczyno	181,276
NK	1,72	135 Kamień niw	176,676
B	1,72	136,72 Przepust k	166,099
B	1,56	138,43 Podjaz, s	180,232
NK	2	140 Kamień niw	178,021
NK	1,94	142 Kamień niw	191,795
B	1,66	143,94 Tuchlino, s	175,595

Rys. 2. Przykład karty z Katalogu 1939: a) po skanowaniu, b) w formacie xls  
 Fig. 2. Example of page from Catalogue 1939: a) scanning, b) in format xls

### Kampania niwelacyjna 1953–1955

Podczas opracowywania projektu sieci niwelacyjnej I klasy (rys. 4) brano pod uwagę głównie dobrą stabilizację oraz wykorzystanie już istniejących elementów sieci. Sieć nawiązano do państw sąsiednich (ZSRR – 5 nawiązań, NRD – 4, Czechosłowacja – 13), co umożliwiło późniejsze wspólne wyrównanie sieci.

Dane przedstawiono w postaci katalogu punktów niwelacyjnych [Katalog 1960]. Autor uzyskał kopie katalogu [1960] (rys. 3) z Przedsiębiorstwa Poszukiwań Geologicznych w Warszawie, a także kopie dzienników obliczeniowych z archiwów Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej. Po przetworzeniu do postaci cyfrowej otrzymano 60 arkuszy danych w formacie (xls).

Numer punktu niwelacyjnego	Skrótowa nazwa punktu niwelacyjnego		Wysokość punktu niwelacyjnego w m. n.p.m.	Opis punktu niwelacyjnego	Wzrost od punktu niwelacyjnego w km
	Określenie punktu niwelacyjnego	Wzrost od punktu niwelacyjnego w km			
<b>Lista Nr. 3, Stargard - Czarlin, I klasa</b>					
PPG 1953 r.					
259	H.P.	B-VI	512,46	Straszelino, pn. str. stacy. Koszalin-Gdańsk, bud. szkoły przybimowskiej, w ścianie frontowej od str. stacy. km 136,72	54,5438
260	H.P.	B-VI	514,72	Straszelino Nr. 3, pl. stacy. bud. linii kolejowej, w ścianie frontowej od str. stacy. km 136,95	48,2347
261	H.P.	HE-V	515,62	Północno - wschodnia str. stacy. Koszalin-Gdańsk, kamień niwelacyjny km 139,70	49,4314
262	H.P.	HE-V	516,72	Północna str. stacy. Koszalin-Gdańsk, kamień niwelacyjny km 140,68	55,5867
263	H.P.	HE-V	517,74	Północna str. stacy. Koszalin-Gdańsk, kamień niwelacyjny km 141,68	85,6902
264	H.P.	B-VI	518,58	Egłowo Nr. 22, pl. str. stacy. bud. stacy. Pruskiego Piątku, w ścianie strzykowej od str. stacy. km 142,60	99,5824
265	H.P.	HE-V	519,71	Egłowo, pl.-wsch. str. stacy. kamień niwelacyjny km 143,70	92,5598
266	H.P.	HE-V	520,74	Howa Egłowo, pl.-wsch. str. stacy. kamień niwelacyjny km 144,81	96,0509
267	H.P.	HE-V	521,79	Północno - wschodnia str. stacy. Koszalin-Gdańsk, kamień niwelacyjny km 145,70	102,6428
268	H.P.	B-VI	523,96	Godziejno Nr. 114, bud. stacy. stacy. stacy. w ścianie frontowej od str. stacy. km 147,66	59,2700
269	H.P.	B-VI	524,52	Bollesów Nr. 23, pl.-wsch. str. stacy. bud. stacy. antycznego levelingu, w ścianie stacy. km 148,16	36,7241
270	H.P.	HE-V	524,87	Północna str. stacy. Koszalin-Gdańsk, kamień niwelacyjny km 148,67	34,7979
271	H.P.	B-VI	525,65	Bollesów, kość. Wskazownia levelingu, w ścianie frontowej km 149,20	32,1882
272	H.P.	HE-V	526,14	Północno - wschodnia str. stacy. Koszalin-Gdańsk, kamień niwelacyjny km 149,57	32,6467
273	H.P.	HE-V	527,96	Północna str. stacy. Koszalin-Gdańsk, kamień niwelacyjny km 151,40	29,8882

Rys. 3. Przykład karty z katalogu 1960 przed przetworzeniem na postać elektroniczną  
 Fig. 3. Example of page from Catalogue 1960 before processing on electronic figure



Rys. 4. Sieć niwelacji precyzyjnej I klasy pomierzonej w latach 1953–1955 [Wyrzykowski 1993]  
 Fig. 4. First class leveling campaign 1953–1955

## Kampania niwelacyjna 1974–1982

Pomiar sieci niwelacyjnej w latach 1974–1982 odbywał się na dwóch etapach. Pierwszym etapem był pomiar w latach 1974–1979 (rys. 5), wówczas fragment sieci włączono do Jednolitej Wysokościowej Sieci Niwelacyjnej. Drugi, uzupełniający pomiar, wykonano w latach 1980–1982.

Sieć niwelacji I klasy bezpośrednio powiązano z siedmioma głównymi polskimi stacjami mareograficznymi: w Świnoujściu, Kołobrzegu, Ustce, Łebie, Władysławowie, na Helu i w Gdańsku – Nowym Porcie.



Rys. 5. Sieć niwelacji precyzyjnej I klasy pomierzonej w latach 1974–1979 [Wyrzykowski 1993]

Fig. 5. First levelling campaign 1974–1979

Dane z kampanii 1974–1982 są przechowywane w plikach cyfrowych (rys. 6). Pozy-skano je z Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Warsza-wie. Po konwersji plików otrzymano 376 arkuszy kalkulacyjnych (rys. 7).

Lp	Nr punktu	[R]	Przew.popr.	PN I	PN II	wysokosc	Sr.bl.wys.
	Rodzaj	Typ	Kod stab.	Głowica	Grupa	wsp. X	wsp. Y
Opis położenia punktu							
25	30530022	22.59	1.50182	-4	1	28.5995	0.000
	IB	VIA	870	AP	6105	A	6132550.0, 3591000.0
SWARZEWÓ, NR 185, BUD. MSZK. A. GAPPA, KM 21.05							
26	30530023	23.39	-5.37329	-2	-2	23.2262	0.000
	BK	IV	713	AB	2807	A	6133350.0, 3591050.0
WŁADYSŁAWÓW, KAM. NIW. PODZ. NA MIĘDZY 3. GALA I STRUGA, KM 21.801							
27	30530024	24.39	-7.71709	-1	-2	15.5091	0.000
	IB	VI	880	MRP	A	A	6134300.0, 3591200.0
WŁADYSŁAWÓW, UL. ZEROMSKIEGO NR 8, W BUD. PRZEDSZKOLA							
28	30530025	24.78	-10.48107	0	-2	5.0280	0.000
	IB	VI	880	HP	A	A	6134150.0, 3591500.0
WŁADYSŁAWÓW, UL. STAROWIEJSKA NR 28, BUD. MSZK. A. SOSNOWSKIEGO							
29	30530026	25.88	-3.57886	0	0	1.4492	0.000
	BK	VA	733	AP	5923	A	6134050.0, 3592550.0
WŁADYSŁAWÓW, PN. STR. SZOSY WŁADYSŁAWÓW-HEL, KAM. NIW., KM 1.40							
30	30530027	28.02	1.30101	0	0	2.7502	0.000
	BK	VA	733	AP	6110	A	6132900.0, 3594400.0

Rys. 6. Przykład pliku tekstowego z danymi z kampanii 1974–1982

Fig. 6. The example of text file from data from campaign 1974–1982

1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		O	P	Q	R	S	T	U
														Główna								
2	NR LINI	Lp.	Nr. Punktu	R [m]	Przem. Poprz. [m]	PN I [mm]	PN II [mm]	Przem. Bez poprz. [mm]	Wysokość wysymna [m]	sz. bl. [mm]	Rodzaj	Typ	Kod. stab.	Grupa	Wsp. X	Wsp. Y	Opis poloz enia	Rok pomiaru	Rozbieżność [w mm]			
3	2553	1	43110030	0	0	0	0	0	45,6377	7,61	I	III	700 AB 2082	A	5667460	3568100	POLUPIN, SIKOZYCIANIE D1					
4	2553	2	43110029	0,29	-2,13304	0	-6	-2,13298	43,5040	0	B	VI	890 3407	A	5667650	3569550	POLUPIN NR 97 RESTAURAC					
5	2553	3	43110028	1,89	-0,52367	-4	-2	-0,52361	42,9625	0	B	VIA	870 AP 6771	A	5668950	3569500	KROSNO ODRZANSKIE UL BI					
6	2553	4	43110027	2,48	0,83978	-2	-2	0,83978	43,8195	0	B	VI	890 AA 0750	A	5669400	3569500	KROSNO ODRZANSKIE UL BI					
7	2553	5	43110026	3,11	0,44291	-2	-1	0,44292	44,2623	0	B	VI	890 HIM	A	5670050	3569550	KROSNO ODRZANSKIE, KOSC					
8	2553	6	43110025	3,81	17,38847	-3	51	17,388	61,6507	0	B	VIA	870 AP 7150	A	5670600	3569550	KROSNO ODRZANSKIE UL BI					
9	2553	7	43110024	3,84	-0,42067	0	-1	-0,42066	61,2211	0	B	VI	890 AA 0140	B	5670900	3569500	KROSNO ODRZANSKIE UL BI					
10	2553	8	43110023	4,27	21,73922	-2	65	21,739	82,9602	0	B	VIA	870 AP 6212	A	5671000	3569400	KROSNO ODRZANSKIE UL T					
11	2553	9	43110022	4,50	1,549011	0	5	1,54899	84,5952	0	B	VI	890 AB 1927	A	5671100	3569400	KROSNO ODRZANSKIE, OI					
12	2553	10	43110021	5,24	-2,24233	-2	-6	-2,24225	82,2628	0	B	VI	890 AK 3460	A	5671450	35694300	KROSNO ODRZANSKIE UL OI					
13	2553	11	43110020	5,7	0,82297	-2	-2	0,82297	83,8959	0	B	VI	890 AK 2200	A	5671650	3569300	MARCINOWICE NRM, KLUB F					
14	2553	12	43110019	6,78	-3,42353	-4	-10	-3,42359	79,9521	0	B	VI	790 AB 1998	A	5672350	3569350	PD-ZACH STR. SZOSZY ZIELO					
15	2553	13	43110018	8,40	-36,8927	-6	-108	-36,8916	42,7793	0	B	VI	890 NIV P	A	5673000	35691900	OSIECZKA NR 184, BUD. MS					
16	2553	14	43110017	8,96	1,36106	-1	4	1,36103	44,1303	0	B	VIA	870 AP 7018	A	5673000	3569150	OSIECZKA, BUD. NADL. KRO					
17	2553	15	43110016	9,52	8,0125	-1	23	8,01228	52,1427	0	B	VIA	733 AP 6865	A	5674000	3569150	PN-WSCH STR. SZOSZY ZIELO					
18	2553	16	43110015	9,62	-1,31611	0	-4	-1,31606	50,8278	0	B	VI	710 AB 1599	A	5674000	35691100	PN-WSCH STR. SZOSZY ZIELO					
19	2553	17	43110014	11,69	46,7262	-5	13	46,7264	55,5	0	B	VI	760 AB 0964	A	5675000	3569600	PN-WSCH STR. SZOSZY ZIELO					
20	2553	18	43110013	12,54	-0,21812	-3	0	-0,21909	55,2819	0	B	VI	760 3502	B	5676150	3568950	PN-WSCH STR. SZOSZY ZIELO					
21	2553	19	43110012	13,14	2,87726	-1	7	2,8772	57,599	0	B	VIA	733 AP 6818	A	5676450	3568350	PD-ZACH STR. SZOSZY ZIELO					
22	2553	20	43110011	14,36	1,47738	-4	5	1,47737	50,3363	0	B	VI	760 AB 2042	A	5677250	35697400	PD-ZACH STR. SZOSZY ZIELO					
23	2553	21	43110010	16,72	11,31416	-8	37	11,3139	70,6502	0	B	VI	890 AA 0805	A	5678800	35695800	OSIECZKA NR 27, BUD. MAF					
24	2553	22	42130028	16,39	25,14999	-8	84	25,1492	95,8	0	B	VI	713 AB 1075	A	5680000	3569450	PN-WSCH STR. SZOSZY ZIELO					
25	2553	23	42130027	16,45	-2,240311	0	7	-2,24024	98,0403	0	B	VI	733 AP 6762	A	5680050	3569450	PD-ZACH STR. SZOSZY ZIELO					
26	2553	24	42040037	19,21	11,01999	-4	38	11,0197	109,06	0	B	VI	760 3506	B	5680450	3569350	PN-WSCH STR. SZOSZY ZIELO					
27	2553	25	42040036	19,99	-2,24651	-4	-7	-2,2464	106,815	0	B	VIA	733 AP 7119	A	5680900	3569350	PN-WSCH STR. SZOSZY ZIELO					
28	2553	26	42040035	21,26	0,949455	-5	-3	-0,94947	105,97	0	B	VI	890 AB 6993	A	5681500	35692300	OSTOWIEC NR 5, BUD. MESH					
29	2553	27	42040034	21,55	-4,25872	0	16	-4,25857	110,229	0	B	VI	890 HIM	A	5681550	35692300	OSTOWIEC, KOSC. KAT.					
30	2553	28	42040033	22,07	-31,2357	-6	-107	-31,2346	78,8929	0	B	VI	760 AB 0947	A	5682550	35691300	PD-ZACH STR. SZOSZY ZIELO					
31	2553	29	42040032	22,65	-8,71898	-3	-29	-8,71896	70,1738	0	B	VI	760 3508	B	5683000	3569000	PD-ZACH STR. SZOSZY ZIELO					
32	2553	30	42040031	24,29	2,26077	-3	7	2,26066	72,4384	0	B	VIA	733 AP 6928	A	5683400	3569400	PN-WSCH STR. SZOSZY ZIELO					
33	2553	31	42040030	24,34	-0,52512	0	-2	-0,52511	71,9093	0	B	VIA	713 AP 6820	A	5683450	3569350	PN-WSCH STR. SZOSZY ZIELO					
34	2553	32	42040029	25,42	20,59362	-4	68	20,5933	92,5031	0	B	VI	890 NIV P	A	5684150	3579600	DRZENIOW, KOSC. KAT.					
35	2553	33	42040028	26,66	-4,30189	-5	-14	-4,3018	98,8048	0	B	VI	760 AB 0563	A	5684600	3576900	PD-ZACH STR. SZOSZY ZIELO					
36	2553	34	42040027	28,16	-24,9436	-5	-78	-24,9427	71,6611	0	B	VIA	733 AP 6200	A	5685550	3577250	PD-ZACH STR. SZOSZY ZIELO					
37	2553	35	42040026	29,14	-14,0043	-3	-41	-14,0038	57,8568	0	B	VI	760 3511	B	5686050	3576550	PN-WSCH STR. SZOSZY ZIELO					
38	2553	36	42040025	29,53	-7,67193	0	-22	-7,67171	50,1848	0	B	VI	890 AB 1080	A	5686200	3576200	CYBINKA UL. KROSIENSKA I					
39	2553	37	42040024	30,2	-0,48027	-1	-1	-0,48026	48,7046	0	B	VI	890 NIV P	A	5686550	3576600	CYBINKA UL. KROSIENSKA I					
40	2553	38	42040023	30,8	0,26378	-1	0	0,26379	40,9882	0	B	VI	713 AB 1008	A	5686750	3575350	CYBINKA UL. KROSIENSKA I					
41	2553	39	47040022	30,78	-0,590911	0	-2	-0,5909	48,3978	0	B	VIA	870 AP 6744	A	5686800	3575000	CYBINKA UL. KROSIENSKA I					

Rys. 7. Przykład przetworzonych danych z kampanii niwelacyjnej 1974–1982  
 Fig. 7. Example of converted data from levelling campaign 1974–1982

**Kampania niwelacyjna 1997–2003**

Prace pomiarowe w ramach kampanii niwelacyjnej 1997–2003 (rys. 8) trwały od kwietnia 1999 do czerwca 2002 roku. Do sieci włączono także linię pomiarzoną w maju i czerwcu 1997 r. oraz linię pomiarzoną w październiku 2003 r. Pomiar sieci niwelacyjnej odbywał się głównie po tych samych liniach niwelacyjnych co w latach 1974–1982, z niewielkimi zmianami. Kilka reperów węzłowych zastabilizowano w innym miejscu, głównie w okolicach Wrocławia, Lublina i Grudziądza.



Rys. 8. Sieć niwelacji precyzyjnej I klasy pomierzonej w latach 1997–2003  
 Fig. 8. First class levelling campaign 1997–2003



Polską sieć niwelacyjną można powiązać z sieciami krajów sąsiednich dzięki 28 reperom przygranicznym. Do sieci włączono osiem polskich punktów EUVN, a także najważniejsze mareografy na polskim wybrzeżu: w Świnoujściu, Kołobrzegu, Ustce, Łebie oraz we Władysławowie.

Dane z kampanii 1997–2003 zestawiono w pliku programu ACCESS. Dane te w ramach realizacji projektu badawczego PBZ-KBN-081/T12/2002 uzyskano z Instytutu Geodezji i Kartografii w Warszawie.

### **Identyfikacja wspólnych reperów z kampanii niwelacyjnych w latach 1926–1937, 1953–1955 z reperami z kampanii niwelacyjnych z lat 1974–1982 i 1997–2003**

Najbardziej kompletny materiał do wyznaczenia ruchów pionowych skorupy ziemskiej stanowią dane z kampanii niwelacyjnych w latach 1974–1982 i 1997–2003. Autor postanowił sprawdzić przydatność danych z kampanii 1926–1937 oraz 1953–1955 przy opracowaniu kinematycznego modelu ruchów pionowych skorupy ziemskiej na obszarze Polski.

### **Wspólne obserwacje w polskich kampaniach niwelacji precyzyjnej**

Jak dotąd, w Polsce odbyły się cztery kampanie niwelacji precyzyjnej. Ich krótką charakterystykę przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Charakterystyka kampanii niwelacji precyzyjnych w Polsce [Wyrzykowski 1988, Łyszkowicz, Leonczyk 2005]

Table 1. Characteristics of campaign of precise levellings in Poland

Wyszczególnienie Specification	Kampanie – Campaigns			
	1	2	3	4
Czas trwania kampanii	1926–1937	1947–1950, 1953–1955	1974–1982	1997–2003
Całkowita długość linii [km]	10 046	10 200	17 015	17 516.42
Liczba linii	121	116	371	382
Liczba odcinków	5 907	8 820	15 827	16 150
Liczba oczek	36	23	135	138
Poprawki	skali, normalna ortometryczna	skali, normalna Mołodeńskiego	skali, termiczna, normalna Mołodeńskiego, pływowa	kalibracyjna, termiczna, normalna Mołodeńskiego, lunisolarna
Poziom odniesienia	Normal-Null Amsterdam	Kronsztadt	Kronsztadt	Kronsztadt
System grawimetryczny	–	Poczdam	Poczdam	Poczdam
Dokładność po wyrównaniu [ $\text{mm}/\sqrt{L_{\text{km}}}$ ]	$\pm 1.04$	$\pm 0.78$	$\pm 0.84$	$\pm 0.88$

### Identyfikacja wspólnych reperów – kampanie: 1926–1937, 1974–1982, 1997–2003

Podczas identyfikacji wspólnych reperów z kampanii 1926–1937, 1974–1982, 1997–2003 okazało się, że wyodrębniono tylko 78 reperów wspólnych. Tak niewielka liczba wspólnych punktów dyskwalifikuje wyznaczenie kinematycznych ruchów pionowych skorupy ziemskiej dla całego obszaru Polski z użyciem danych ze wszystkich czterech kampanii niwelacyjnych. Przebieg wspólnych odcinków niwelacyjnych przedstawia rysunek 9. Jak widać na rysunku, wspólne repery są rozłożone nierównomiernie, a odległości pomiędzy sąsiednimi reperami wahają się od 1 do 30 km.



Rys. 9. Wspólne repery z kampanii 1, 2, 3, 4

Fig. 9. Common benchmarks with campaign 1, 2, 3, 4

Dlatego też dane z kampanii niwelacyjnej 1926–1937 mogą wesprzeć wyznaczenie ruchów pionowych skorupy ziemskiej tylko w niektórych miejscach Polski.

### Identyfikacja wspólnych reperów – kampanie: 1953–1955, 1974–1982, 1997–2003

Do identyfikacji wspólnych reperów węzłowych z drugiej (1953–1955), trzeciej (1974–1982) i czwartej (1997–2003) kampanii niwelacyjnej wykorzystano dane z katalogów (tylko linie I klasy). Zidentyfikowano 127 wspólnych reperów węzłowych oraz ok. 2600 reperów pośrednich (rys. 10).

Z rysunku wynika, że pokrycie obszaru Polski reperami wspólnymi jest duże. W liniach podwójnej niwelacji jest niewiele przerw, a wysokości reperów odniesione są do tego samego układu wysokościowego. Mankamentem są bardzo długie poligony podwójnej niwelacji, często niezamknięte, co może powodować istotne błędy podczas interpolacji lub ekstrapolacji ruchów pionowych.

Dzięki uprzejmości pracowników COGiK, w roku 2008 autorowi udało się zgromadzić prawie komplet danych, tj. przewyższenia i wysokości reperów z kampanii 1953–1955 przed wyrównaniem.





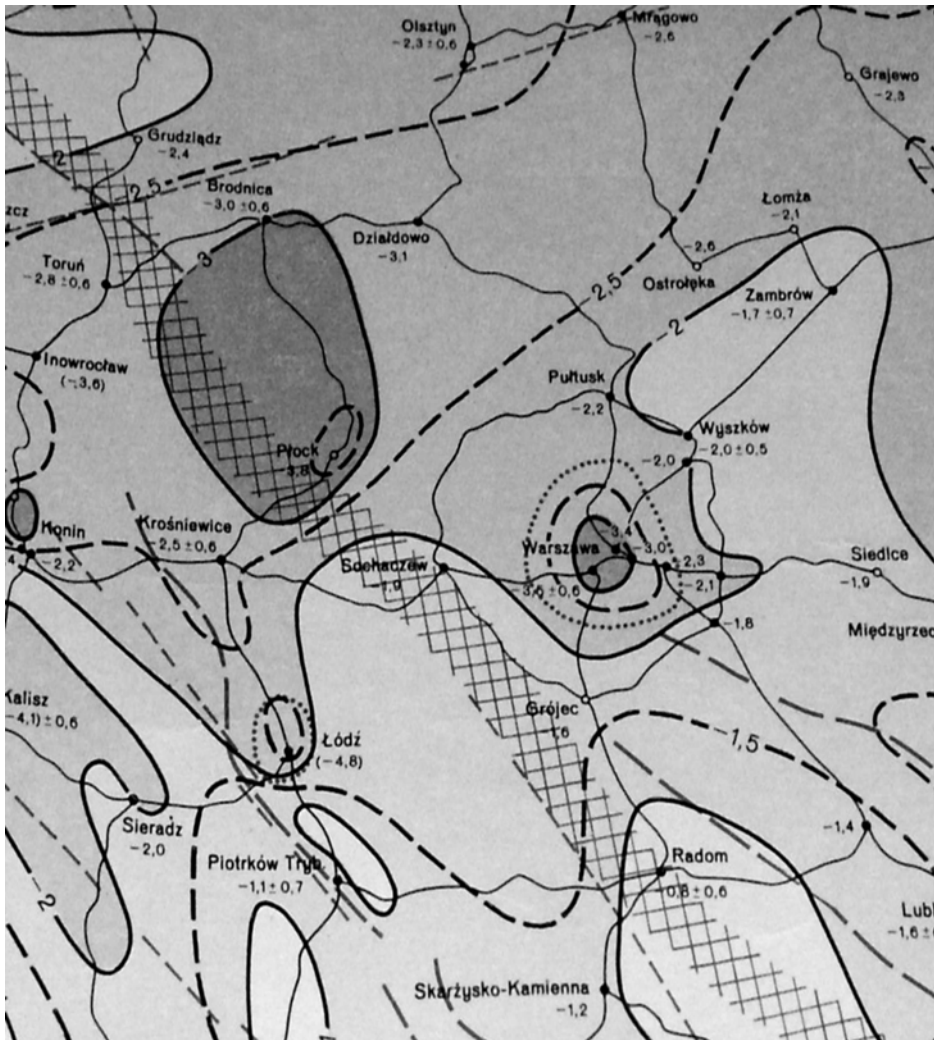
Rys. 10. Pokrycie linii niwelacyjnych z kampanii 2 i 3

Fig. 10. Redundancy of levelling line data from 2nd and 3rd campaign

### Pozyskanie informacji o ruchach pionowych z mapy ruchów pionowych 1985

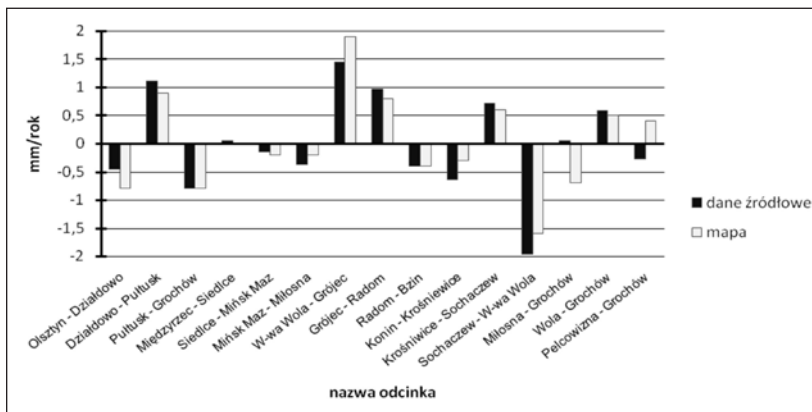
Jako materiał wyjściowy wykorzystano oryginalną mapę ruchów pionowych z roku 1985 autorstwa Tadeusza Wyrzykowskiego. Poniżej pokazano fragment tej mapy obejmujący testowany obszar (rys. 11).

Obszar testowy obejmował następujące linie niwelacyjne: Olsztyn–Warszawa, Kolin–Warszawa, Międzyrzec–Warszawa, Bzin–Warszawa. Jako metodę sprawdzającą wykorzystano porównanie ruchów pionowych obliczonych z mapy i danych źródłowych na odcinkach niwelacyjnych. Do porównania wykorzystano 15 odcinków podwójnej niwelacji. Otrzymane wyniki prezentują rysunki 12 i 13. Taka liczba odcinków wynikała z tego, iż w czasie przeprowadzania eksperymentu autor miał tylko niewielki fragment odpowiednich danych z kampanii niwelacji precyzyjnej 1953–1955.

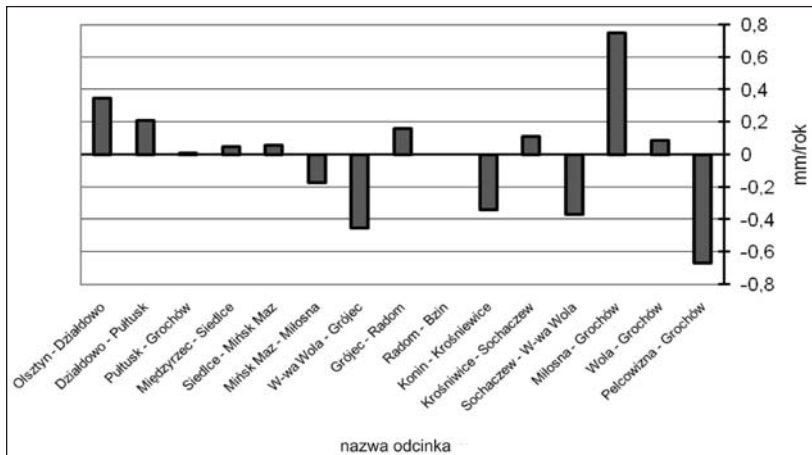


Rys. 11. Fragment mapy prędkości współczesnych pionowych ruchów powierzchni skorupy ziemskiej na obszarze Polski [Wyrzykowski 1985]

Fig. 11. Fragment of velocity map of recent vertical movements of the earth crust on the territory of Poland



Rys. 12. Ruchy pionowe na odcinkach niwelacyjnych otrzymane z mapy oraz danych źródłowych  
 Fig. 12. Vertical movements on levelling sections received from maps as well as data source



Rys. 13. Różnice ruchów pionowych obliczone na podstawie mapy i danych źródłowych  
 Fig. 13. The differences of vertical movements calculated on the basis of maps and data source

Jak widać z powyższych rysunków (rys. 12 i 13), na większości odcinków pomiędzy punktami węzłowymi różnice ruchów pionowych nie przekraczają 0.4 mm/rok. Jedynie na odcinkach Warszawa Pelcowizna – Warszawa Grochów oraz Warszawa Grochów – Miłosna występują większe różnice (0.8 mm/rok). Trudno znaleźć odpowiedź na takie zachowanie, gdyż autor nie dysponuje obliczeniami przeprowadzonymi przez Wyrzykowskiego. Jednak z danych będących w posiadaniu autora wynika, że przyjęcie punktu węzłowego Warszawa Grochów może wpływać na otrzymany rezultat.

## PODSUMOWANIE

Prace nad kinematycznym modelem ruchów pionowych skorupy ziemskiej na obszarze Polski będą kontynuowane. Udało się zgromadzić komplet danych przed wyrównaniem z trzech ostatnich kampanii niwelacji precyzyjnej. Obecnie trwają prace nad usystematyzowaniem tych danych w komputerowej bazie danych. Baza ta umożliwi zautomatyzowanie procesu wyznaczania ruchów pionowych skorupy ziemskiej z danych niwelacyjnych. Dane z kampanii 1926–1937 mogą wesprzeć tworzony model, ale tylko na fragmentach obszaru Polski.

Analizując wykresy (rys. 12 i 13) można dojść do wniosku, że powstałe różnice są kwestią przyjętego sposobu wyrównania. Oczywiście, do całkowitego stwierdzenia tego faktu należałoby się posłużyć większą liczbą odcinków podwójnej niwelacji.

Informacje zawarte na mapie ruchów pionowych 1985 mogą wesprzeć badania nad kinematycznymi ruchami pionowymi skorupy ziemskiej na obszarze Polski – tylko pod pewnymi warunkami, tzn. zmniejszyć dokładność wyznaczenia, sprawdzić różnice ruchów pionowych na większej liczbie odcinków.

Z mapy ruchów pionowych 1985 można pozyskać 127 punktów węzłowych z obliczonymi ruchami pionowymi. Pozostałe punkty można wyznaczyć np. interpolując je metodą kolokacji najmniejszych kwadratów [Kowalczyk 2006].

## PIŚMIENNICTWO

- Barlik M., 2000. Gravimetric investigations of geodynamic phenomena in the East Sudety MTS. and Fore-Sudetic Block, Reports on Geodesy, No. 7, 35–41.
- Bomford G., 1980. Geodesy, 4 ed., Clarendon Press, Oxford.
- Cacoń S., Bosy J., Kapłon J., 2003. Rola permanentnej stacji GPS „WROCŁAW” w regionalnych badaniach geodynamicznych i aktywnych sieciach geodezyjnych”. VII SYMPOZJUM „Współczesne problemy podstawowych sieci geodezyjnych”.
- Kontny B., 2003. Geodezyjne badania współczesnej kinematyki głównych struktur tektonicznych Polskich Sudetów i Bloku Przedśudeckiego na podstawie pomiarów GPS, Zesz. Nauk. AR Wroc., Nr 468, rozprawy CCII.
- Kowalczyk K., 2006. Modelling the vertical movements of the earth's crust with the help of the collocation method, Reports on Geodesy, No. 2. (77), 171–178.
- Łyszkowicz A., Leonczyk M., 2005. Accuracy of the last precise levelling campaign in Poland. Paper presented at EUREF symp. in Vienna.
- Schillak St., 2003. Wyznaczanie ruchu euro-azjatyckiej płyty tektonicznej z obserwacji laserowych wykonanych w Borowcu”, VII SYMPOZJUM „Współczesne problemy podstawowych sieci geodezyjnych”, Olsztyn.
- Wyrzykowski T., 1985. Mapa prędkości współczesnych pionowych ruchów powierzchni skorupy ziemskiej na obszarze Polski. Inst. Geod. Warszawa
- Wyrzykowski T., 1988. Monografia krajowych sieci niwelacji precyzyjnej I klasy. Inst. Geod. Warszawa.
- Wyrzykowski T., 1993. Niwelacja precyzyjna. Pol. Przeds. Wyd. Kartogr. Warszawa–Wrocław (rozd. 10 i 13).

## **THE LEVELLING DATA IN STUDY OF VERTICAL MOVEMENTS OF THE EARTH'S ON AREA OF POLAND**

**Summary.** Research of crustal movements in Poland based on levelling data are performed since 1950/s. Since today two maps depicting this movements were made – in 1985 and 2006. Nowadays, information about vertical crustal movements are gaiging attention in the aspect of kinematic reference system design.

In the paper, the author presents the possibilities of compiling the geodetic (levelling) data, what would enable commence works on defining the kinematic vertical movements of the Earth's crust all over Poland.

Data used in the research are taken last four comppppings, performed in 1926–1937, 1953–1955, 1974–1982, 1997–2003. Furthermore data from the vertical crustal movements map from 1985 was taken into account.

**Key words:** precise levelling, vertical movements

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 30.03.2009

Do cytowania – For citation: Kowalczyk K., 2009. Dane niwelacyjne w badaniu pionowych ruchów skorupy ziemskiej na obszarze Polski. *Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr.*, 8(1), 31–43.