



UNIWERSYTET
WARMIŃSKO – MAZURSKI
w OLSZTYNIE



Zastosowanie pomiarów GPS do wyznaczania deformacji terenu na obszarze Głównego i Starego Miasta Gdańska

Radosław Baryła¹⁾, Stanisław Oszczak¹⁾, Paweł Wielgosz²⁾

¹⁾ Katedra Geodezji Satelitarnej i Nawigacji, Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie,

²⁾ Instytut Geodezji, Uniwersytet Warmińsko – Mazurski w Olsztynie.

16-18 września 2007 r., Polanica Zdrój

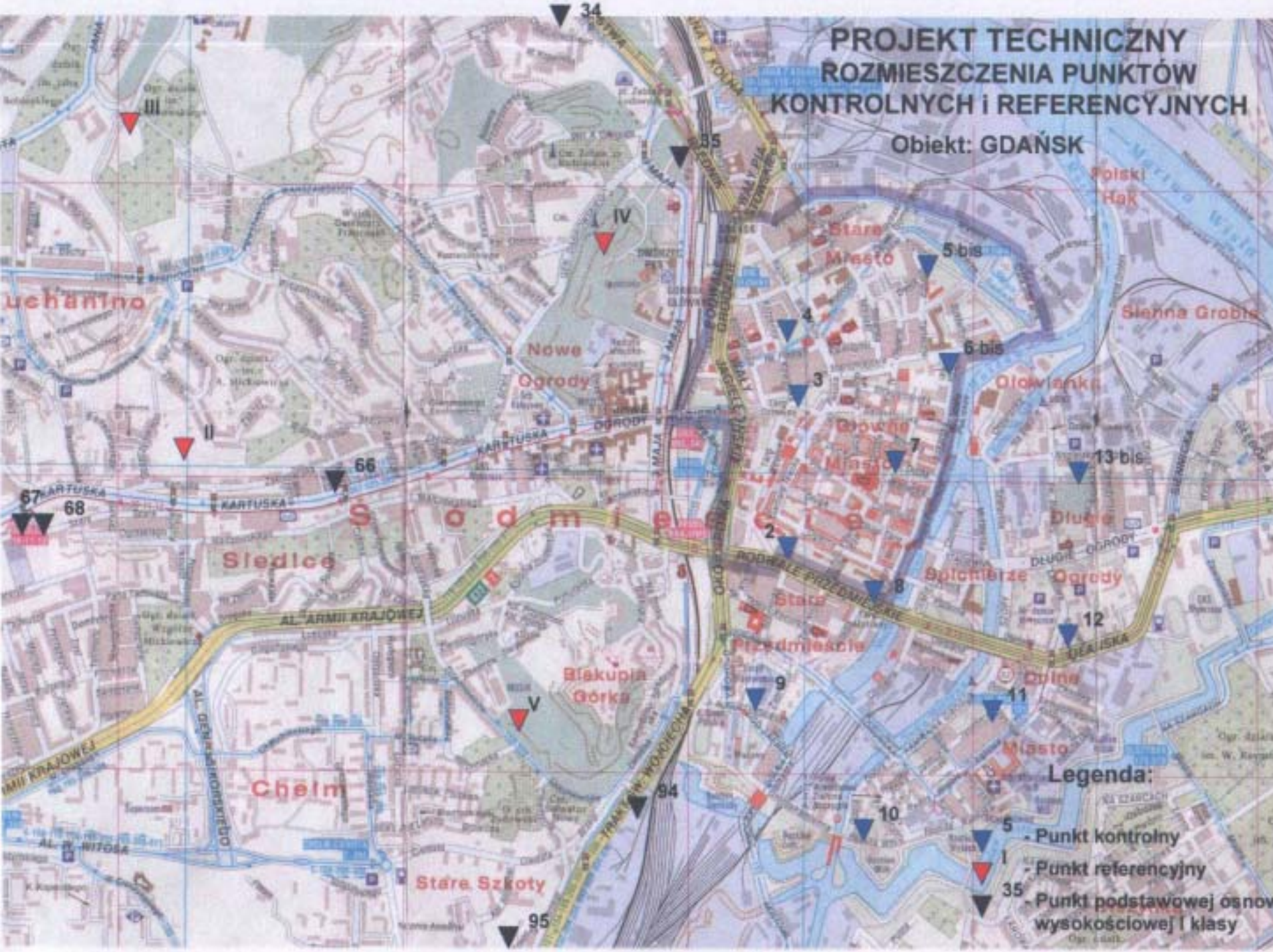
Na podstawie „Projektu Technicznego w zakresie precyzyjnych pomiarów GPS i badań naukowo – technicznych w celu precyzyjnych wyznaczeń odkształceń pionowych i poziomych na obszarze Głównego i Starego Miasta Gdańska” rozpoczęto statyczne pomiary GPS.

Przeprowadzono w dwie kampanie pomiarowe:

- 1) 01- 04.12.2006 r.,
- 2) 26-29.06.2007 r.

PROJEKT TECHNICZNY ROZMIESZCZENIA PUNKTÓW KONTROLNYCH I REFERENCYJNYCH

Obiekt: GDAŃSK



Legenda:

- 5 - Punkt kontrolny
- 1 - Punkt referencyjny
- 35 - Punkt podstawowy osnovy wysokościowej I klasy

Plan sesji pomiarowych GPS na obiekcie Główne i Stare Miasto Gdańsk

PLAN SESJI POMIAROWYCH GPS

Nr obserwatora	Typ odbiornika GPS	Typ anteny GPS	Nr punktu			
			dzień 1	dzień 2	dzień 3	dzień 4
1	Ashtech Z-Xtreme	Ashtech 701975.01A	II	II	II	II
2	Ashtech Z-Xtreme	Ashtech 701975.01A	III	III	III	III
3	Ashtech Z-Xtreme	Ashtech 701975.01A	IV	IV	IV	IV
4	Ashtech Z-Xtreme	Ashtech 701975.01A	V	V	V	V
5	Ashtech Z-XII	Ashtech 700228.D	2	6	6	2
6	Ashtech Z-XII	Ashtech 700228.D	8	3	3	8
7	Ashtech Z-XII	Ashtech 700228.D	12	5	5	12
8	Ashtech Z-Xtreme	Ashtech 701975.01A	13	11	11	13
9	Ashtech Z-Xtreme	Ashtech 701975.01A	9	7	7	9
10	Ashtech Z-Xtreme	Ashtech 701975.01A	10	4	4	10

W pomiarach uczestniczyło 10 odbiorników GPS. W celu weryfikacji poprawności przeprowadzanych procedur pomiarowych przyjęto cztery dwunastogodzinne sesje pomiarowe, tym samym uzyskując 48 godzinne sesje pomiarowe na punktach referencyjnych oraz 24 godzinne sesje pomiarowe na punktach kontrolnych.

W przeprowadzonych kampaniach pomiarowych przyjęto następujące parametry pomiaru:

- interwał pomiaru: 10 s,
- minimalna wysokość satelity nad horyzontem: 10° ,
- długość sesji pomiarowej: 12 godzin.

Odmienna konstrukcja znaków punktów referencyjnych oraz punktów kontrolnych wymusiła wprowadzenie dwóch odmiennych procedur pomiarowych.

Realizacja pomiaru GPS na punkcie referencyjnym



Realizacja pomiaru GPS na punkcie kontrolnym



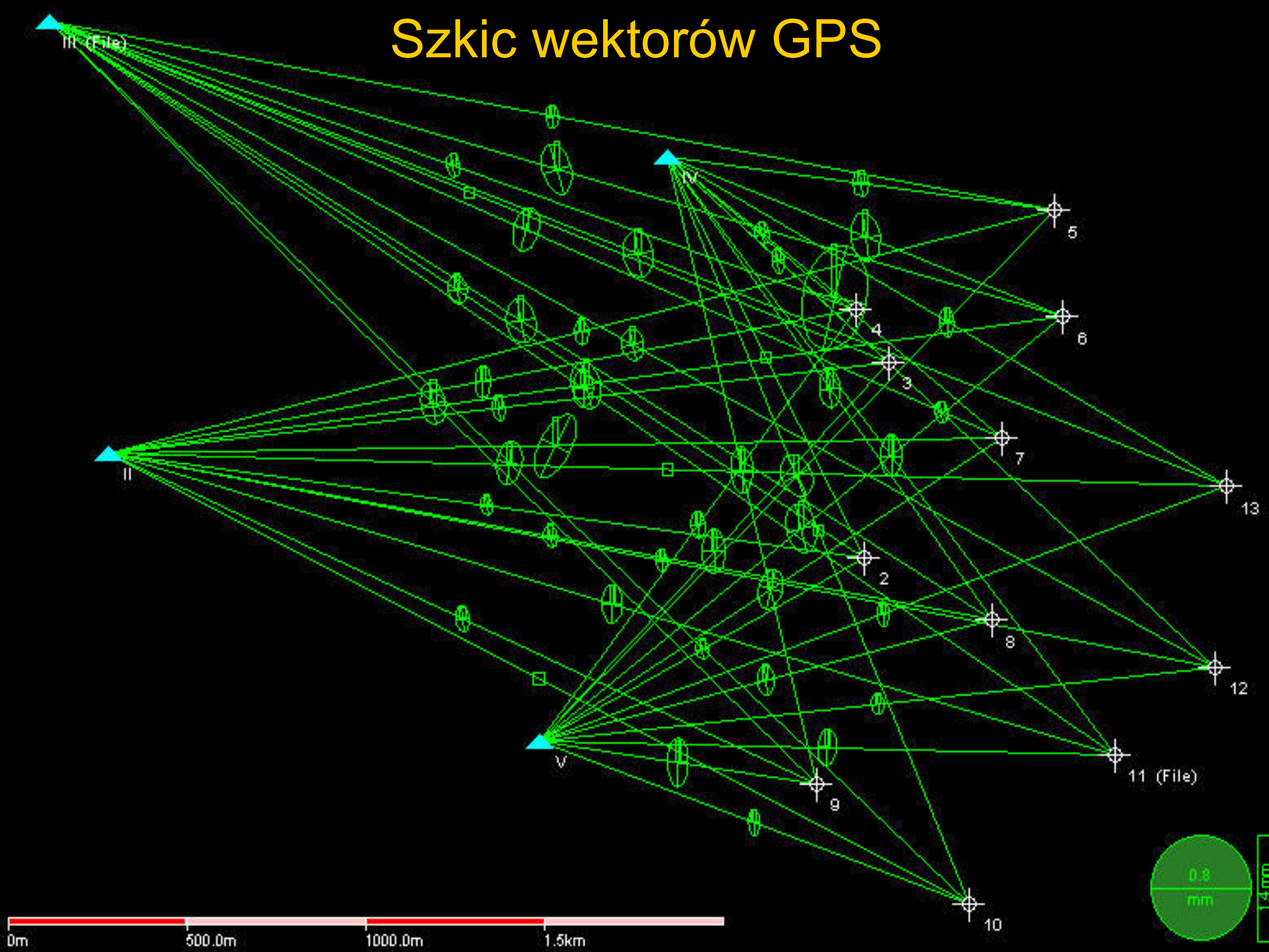
Zgromadzone dane w postaci zbiorów obserwacyjnych w formacie Ashtech: B, E, S, przetworzono do formatu RINEX. Obliczenia wykonano programem BERNESE GPS SOFTWARE v. 5.0.

Wraz z wykonaniem wyznaczeń współrzędnych punktów przeprowadzono analizy dotyczące liczby obserwacji zebranych na poszczególnych punktach. Analizowano liczbę utworzonych podwójnych różnic obserwacji (na wektorach łączących punkt V z pozostałymi punktami) po wyeliminowaniu obserwacji odstających.

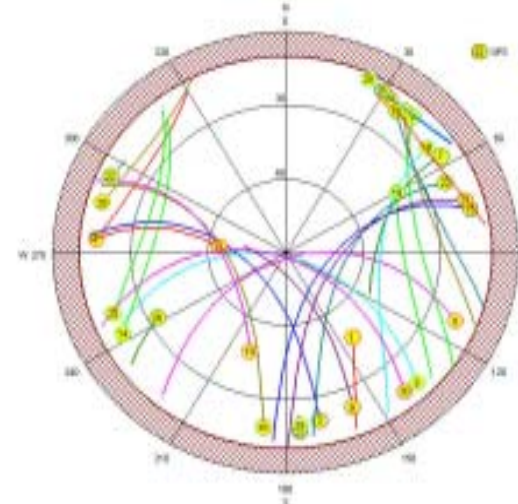
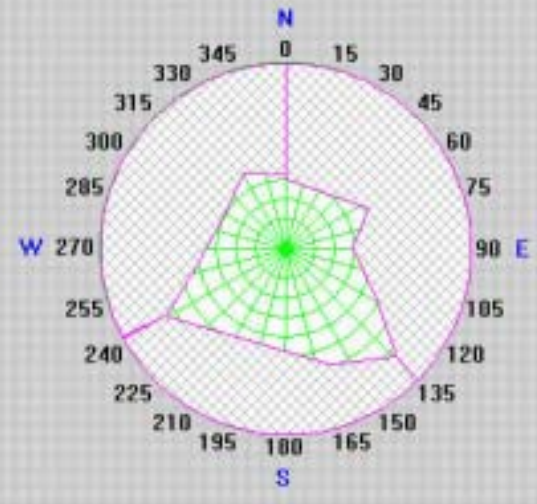
Statystyki dotyczące liczby utworzonych podwójnych różnic obserwacji na poszczególnych wektorach (w %)

Nr punktu	1 kampania				Nr punktu	2 kampania			
	D1	D2	D3	D4		D1	D2	D3	D4
02	83,7			81,2	02	92,4		88,7	
03		73,2	74,8		03		81,6		80,9
04		12,8	24,6		04		78,6		76,5
05		74,6	70,0		05		89,0		46,7
06		60,4	67,6		06		73,8		68,8
07		49,2	44,6		07		23,0		17,6
08	74,2			70,4	08	81,8		74,7	
09	76,1			68,9	09	58,2		63,3	
10	66,4			67,5	10	96,0		95,2	
11		74,0	73,1		11	40,1		61,2	
12	74,2			73,0	12	75,5		100,0	
13	6,0			88,2	13		86,4		83,5
II	100,0	100,0	100,0	100,0	II	100,0	100,0	75,7	91,6
III		94,7	94,3	95,3	III	94,4	95,9	96,9	96,9
IV	95,8	95,9	95,9	95,2	IV	93,6	92,9	88,3	100,0

Szkic wektorów GPS



Punkt kontrolny nr 7



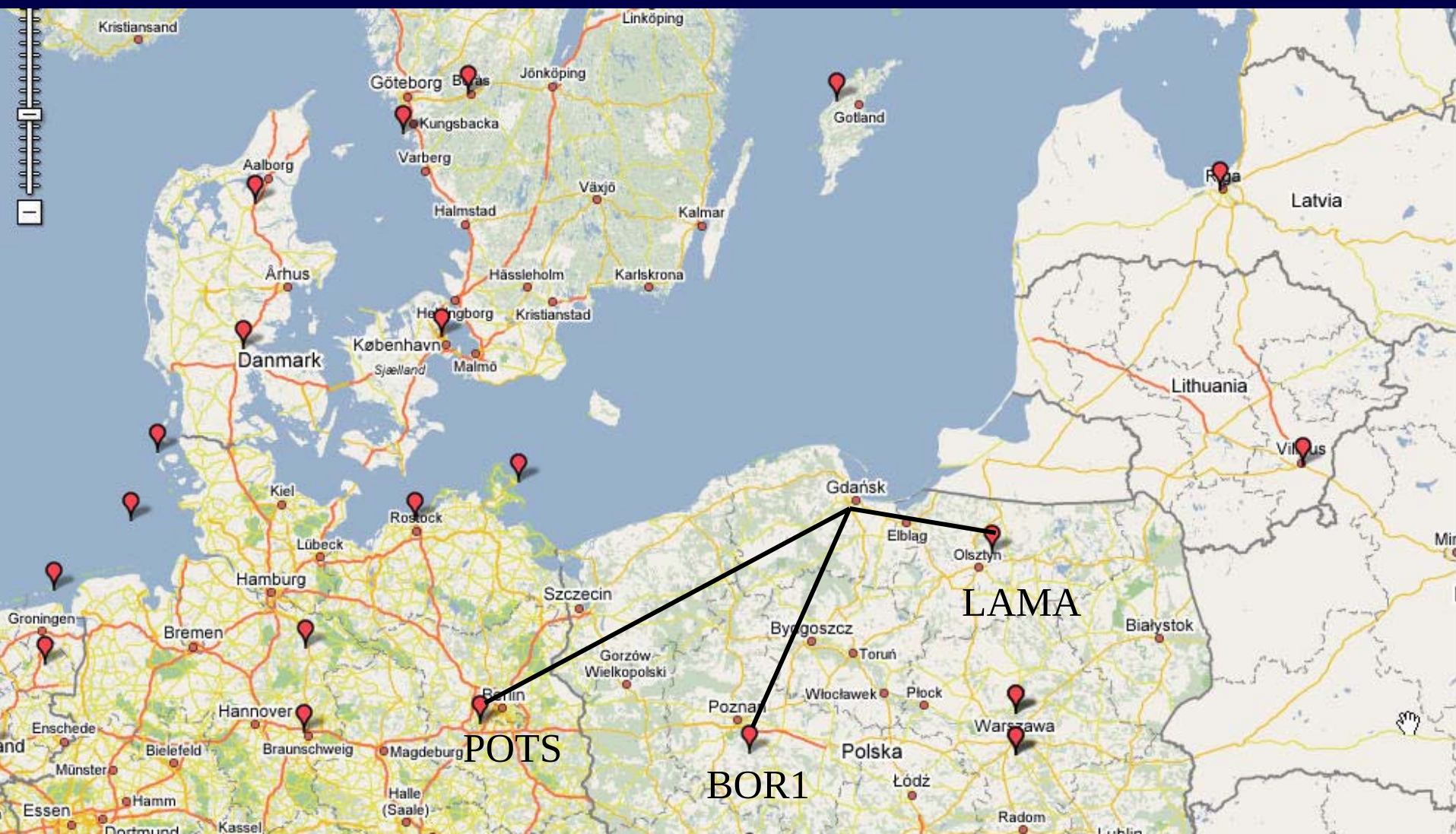
Wyznaczenie współrzędnych punktów referencyjnych

Współrzędne każdego punktu referencyjnego wyznaczone zostały w nawiązaniu do trzech stacji permanentnych sieci IGS (*International GNSS Service*) w oparciu o cztery dwunastogodzinne sesje obserwacyjne wykonane w dniach 1.12.2006 - 4.12.2006 r. oraz cztery dwunastogodzinne sesje wykonane w drugiej kampanii pomiarowej (w dniach 26.06.2007 – 29.06.2007 r.).

Wykorzystane do nawiązania stacje IGS to: LAMA, BOR1, POTS.

Współrzędne punktów referencyjnych zostały wyznaczone w układzie ITRF 2005.

Nawiązanie punktów referencyjnych do stacji permanentnych sieci IGS: BOR1, LAMA, POTS



Współrzędne stacji IGS przyjęte dla pierwszej kampanii obserwacyjnej (K1)

Epoka: 2006-12-03 00:00:00	X [m]	Y [m]	Z [m]
BOR1 12205M002	3738358,4247	1148173,7412	5021815,7911
LAMA 12209M001	3524522,8866	1329693,6564	5129846,3546
POTS 14106M003	3800689,6102	882077,4176	5028791,3400

Współrzędne stacji IGS przyjęte dla drugiej kampanii obserwacyjnej (K2)

Epoka: 2007-06-28 00:00:00	X [m]	Y [m]	Z [m]
BOR1 12205M002	3738358,4190	1148173,7494	5021815,7991
LAMA 12209M001	3524522,8825	1329693,6660	5129846,3683
POTS 14106M003	3800689,6003	882077,4258	5028791,3431

Układ ITRF 2005 jest układem dynamicznym, w którym współrzędne stacji są zmienne w czasie. Współrzędne te są cotygodniowo wyznaczone i publikowane przez centra analiz IGS. Wieloletnie ciągi obserwacji GPS potwierdzają, że stacje w naszym regionie przesuwają się o kilkanaście mm rocznie w kierunku północno-wschodnim.

Taki dynamiczny układ nie jest wygodny do prowadzenia badań lokalnych deformacji, wobec tego postanowiono „zamrozić” ten układ **na epokę 2006-12-03 00:00:00 UT** (jest to epoka, w której wyznaczono współrzędne w pierwszej kampanii) i wszystkie rezultaty wyznaczeń współrzędnych transformować do tej epoki.

Współrzędne punktów referencyjnych wyznaczone w pierwszej kampanii (ITRF'2005, epoka 2006-12-03 00:00:00)

II	3530710,2505	1189344,7872	5159648,9813
III	3529858,9856	1188884,6597	5160322,5638
IV	3529582,1626	1190615,4450	5160100,0634
V	3530919,6428	1190688,5802	5159191,3211

Współrzędne punktów referencyjnych wyznaczone w drugiej kampanii (ITRF'2005, epoka 2006-12-03 00:00:00)

II	3530710,2534	1189344,7881	5159648,9817
III	3529858,9903	1188884,6630	5160322,5673
IV	3529582,1695	1190615,4503	5160100,0626
V	3530919,6399	1190688,5812	5159191,3193

Punkt V charakteryzuje się najlepszą stabilnością uzyskanych współrzędnych. Wobec tego został wybrany jako **główny punkt referencyjny**, a współrzędne punktów kontrolnych wyznaczono w nawiązaniu do tego punktu.

Wyznaczenie współrzędnych punktów kontrolnych

Współrzędne punktów kontrolnych z pierwszej kampanii zostały obliczone w dwóch dwunastogodzinnych sesjach przeprowadzonych w dniach 1.12.2006 - 4.12.2006, a z drugiej kampanii w dwóch dwunastogodzinnych sesjach przeprowadzonych w dniach 26.06.2007 - 29.06.2007 r.

Wykonano wyrównanie łączne wszystkich obserwacji w danej kampanii (wszystkie wektory łączące punkty kontrolne z punktem referencyjnym nr V dla wszystkich sesji obserwacyjnych) otrzymując po transformacji ostateczne współrzędne punktów kontrolnych w układzie ITRF 2005 na epokę 2006-12-03 00:00:00 UT. Dodatkowo dla kontroli wewnętrznej zgodności obliczeń wyznaczono współrzędne pozostałych punktów referencyjnych w oparciu o punkt V.

Współrzędne horyzontalne (N-północna, E-wschodnia) punktów kontrolnych oraz referencyjnych wraz z ich różnicami pomiędzy obiema kampaniami

Nr punktu	1 kampania		2 kampania		różnice	
	N [m]	E [m]	N [m]	E [m]	dN [mm]	dE [mm]
02	495,503	908,002	495,504	908,001	1,5	-1,4
03	1022,372	974,989	1022,373	974,986	0,5	-2,6
04	1166,200	885,881	1166,197	885,885	-2,7	3,8
05	1432,721	1438,802	1432,727	1438,803	5,6	1,8
06	1146,477	1463,951	1146,483	1463,952	6,7	1,2
07	818,948	1291,670	818,945	1291,675	-3,0	4,8
08	325,595	1263,928	325,595	1263,930	-0,5	2,4
09	-117,756	772,493	-117,758	772,494	-2,0	0,8
10	-441,490	1200,051	-441,492	1200,051	-1,6	0,2
11	-37,685	1610,352	-37,686	1610,351	-1,5	-0,7
12	197,635	1889,382	197,633	1889,378	-1,5	-4,4
13	686,343	1920,445	686,344	1920,445	0,5	0,1
II	776,892	-1206,434	776,892	-1206,435	-0,1	-1,5
III	1944,417	-1370,426	1944,416	-1370,428	-1,6	-2,0
IV	1578,480	358,075	1578,477	358,077	-3,4	2,0

Współrzędne pionowe (U) punktów kontrolnych oraz referencyjnych wraz z ich różnicami pomiędzy obiema kampaniami

Nr punktu	1 kampania U [m]	2 kampania U [m]	dU [mm]
02	-55,8374	-55,8315	6,0
03	-55,0571	-55,0556	1,5
04	-53,0870	-53,0836	3,4
05	-57,8638	-57,8671	-3,3
06	-57,0566	-57,0542	2,5
07	-56,2251	-56,2185	6,6
08	-57,7379	-57,7277	10,2
09	-57,0275	-57,0211	6,4
10	-58,6868	-58,6842	2,6
11	-59,1674	-59,1614	6,0
12	-59,4846	-59,4757	9,0
13	-59,5127	-59,5121	0,5
II	5,8950	5,8962	1,2
III	-2,7176	-2,7136	4,1
IV	-14,0236	-14,0203	3,3

Podsumowanie

Wyniki pomiarów statycznych GPS przeprowadzonych w pierwszej oraz drugiej kampanii pomiarowej na punktach referencyjnych oraz kontrolnych należy uśrednić i przyjąć jako wartości odniesienia do wyników obserwacji z przyszłych kampanii pomiarowych.

W dalszych pomiarach należy wykorzystywać procedury pomiarowe opracowane dla pierwszej kampanii.

Na punktach kontrolnych należy stosować każdorazowo przyporządkowany do danego punktu sprzęt pomiarowy (przrząd do wymuszonego centrowania anteny GPS, antena GPS, odbiornik GPS).

Podsumowanie

Do opracowania danych obserwacyjnych GPS z przyszłych kampanii pomiarowych należy wykorzystać tę samą procedurę obliczeniową. Jeżeli znajdzie uzasadnioną potrzeba zmiany procedury obliczeniowej, to obliczenia dla danych z wcześniejszych kampanii pomiarowych należy bezwzględnie powtórzyć.