

## Určenie skutočnej polohy fázového centra antény GPS prijímača

Eva PISOŇOVÁ<sup>1</sup>, Jozef ORNTH a Vladimír SEDLÁK<sup>2</sup>

### *Determining of the phase centre of the real position of GPS receiver antenna*

*By continued improvement of measurement methods producers of GPS (Global Positioning System) apparatus will be maybe once upon a time effective to minimize a difference of the phase centre from the geometrical one, because it is probably impossible to make the GPS receiver antenna with zero eccentricity of the phase centre. In the last analysis, we do not prevent from a manufacturing error by any way in eliminate of the possible measurement errors.*

*In the paper there is presented the measurement testing practice with aim of the phase centre real position determining of several in a market available GPS receivers in the paper. Investigation up to what standard the GPS receiver antenna phase centre variation achieves to float in an inaccuracy into GPS measurements. Testing was realized on the temporary testing baseline closely village Badín at Banská Bystrica in the Central Slovak Region. GPS receivers Locus Survey System (Ashtech), ProMark2 (Ashtech) were tested.*

**Key words:** GPS receiver, phase centre, GPS antenna, geometrical centre, real position, GPS measurement accuracy, testing.

### Úvod

V technických sférach a sférach riadenia sú veľmi časté úlohy spojené so znalosťou čo najpresnejšieho určenia polohy predmetných objektov. Takéto úlohy, spadajúce najmä do kompetencie geodézie, môžu byť riešené aj prostredníctvom využitia družicových navigačných systémov. Tie poskytujú operatívne a pomerne presné výsledky 3D polôh bodov daných objektov. Čím sú požiadavky na presnosť takýchto polôh vyššie, tým je znalosť veľkosti a vplyvu faktorov a chýb, vplývajúcich na presnosť v 3D polohe bodov, nevyhnutnejšia. Jedným z dominantných faktorov, vplývajúcich na presnosť 3D polohy určovaného bodu prostredníctvom Globálneho polohového systému (GPS), je variácia fázového centra antény GPS aparatury (prijímača). Úlohou prezentovaného článku je zistiť, do akej miery dokáže takáto variácia fázového centra GPS prijímača ovplyvniť presnosť v určení 3D polohy určovaného bodu (Molčíková a Hurčíková, 2000; PISOŇOVÁ, 2003; SEDLÁK et al., 2002; SEDLÁK, 2003; SEDLÁK et al., 2003).

### Testované GPS prijímače

Na posúdenie variácií fázového centra antény boli testované bežne dostupné GPS prijímače firmy *Ashtech*:

- Locus Survey System (2 GPS prijímače: Locus 4315, Locus 4318),
- ProMark2 (2 GPS prijímače: ProMark2 1234, ProMark2 ABEL).

Testovacie merania boli vykonané na GPS testovacej základnici v Badíne pri Banskej Bystrici, ktorú prevádzkuje firma Ornth, s.r.o., Banská Bystrica. Testované GPS prijímače patria do prístrojového parku danej firmy. Štvorica testovaných GPS prijímačov (Locus Survey System a ProMark2) tvorila objektové prijímače. Bázu (referenčné prijímače) tvorili GPS prijímače Stratus (SOKKIA) a Z-Extreme (ASHTECH).

### GPS prijímač Locus Survey System

GPS prijímač *Locus Survey System* (ďalej len *Locus*) (obr. 1) firmy *Ashtech* umožňuje vykonávať operatívne a jednoducho zvládnuteľné GPS merania s využitím plne automatického softwarového balíku (stačí pod Windows 95/NT) (Prospekty...2005, www -all). *Locus* poskytuje všetko, čo je potrebné pre spoľahlivé a presné výsledky, od statických meraní s centimetrovou presnosťou až po kinematické merania pre topografické a stavebné práce ako aj pre geografické informačné systémy (GIS) (Kuzevičová a Kuzevič, 2003; Kozáková a Kuzevičová, 2005; Kuzevičová et al., 2005).

Príslušný software (*Software Locus Processor*) pracuje na štandardnej Windows platforme a poskytuje bezchybné spracovanie dát pre užívateľa v dostupnom grafickom prostredí s výstupom aktuálnych meraní v teréne. Nástroje automatickej „detekcie chýb“ v danom software pomáhajú overiť správne spracovanie

<sup>1</sup> Ing. Eva PISOŇOVÁ, Ing. Jozef ORNTH, ORNTH, s.r.o., Banská Bystrica, Slovenská republika

<sup>2</sup> prof. Ing. Vladimír SEDLÁK, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Ústav geodézie a geografických informačných systémov, Katedra geografických informačných systémov, Park Komenského 19, 042 00 Košice, Slovenská republika

(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 3. 5. 2007)

už pri prvom meraní tak, že detekujú užívateľovi problematické dáta. Ručný zberač dát *Locusu* dodáva práci užívateľa v teréne flexibilitu, čím zvyšuje kvalitu nameraných dát.



Obr. 1. Locus Survey System.  
Fig. 1. Locus Survey System.

### GPS prijímač ProMark2



Obr. 2. ProMark2.  
Fig. 2. ProMark2.

GPS prijímač *ProMark2* (obr. 2) taktiež firmy *Ashtech* poskytuje vysoko kvalitné výsledky, pričom predstavuje v súčasnosti ekonomicky najnenáročnejší geodetický GPS prijímač s vysokou presnosťou (*Prospekty...2005, www -all*). Okrem toho je *ProMark2* prvý a zatiaľ jediný GPS prijímač na trhu, ktorý poskytuje kombináciu „post-processingových“ meraní s centimetrovou presnosťou v režime „static“, ako aj možnosť „stand-alone“ merania v reálnom čase s 3 až 5 m presnosťou (Sedlák a Šimčák, 2005; Šimčák, 2005).

V režime merania pri použití novej *Ashtech ProAntény* a *Ashtech Solutions GPS* „post processing“ software (*L1*) merací systém *ProMark2* veľmi presne a s vysokou efektívnosťou umožní akékoľvek geodetické meranie. Systém pre *Ashtech Solution version 2* si vyžaduje Windows 95/98/ME/NT 4.0 alebo vyššie verzie, napr. 2000 alebo XP.

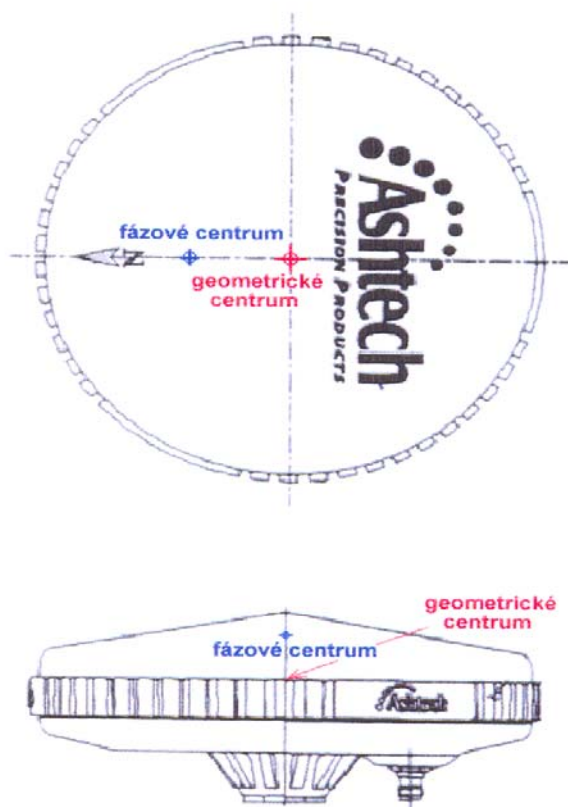
### Meranie a spracovanie meraní

Fázové centrum antény GPS prijímača je miesto, ku ktorému sú vzťahnuté všetky prijímané signály z družíc GPS. V tomto prípade sa nejedná o fyzický, resp. pevný bod, pretože pre každú GPS anténu sa bude fázové centrum meniť s meniacim sa smerom signálu od družice. V ideálnom prípade by fázové centrum malo byť na zvislici prechádzajúcej geometrickým centrom antény. Zvislica po centrácii a horizontácii antény GPS prijímača prechádza určeným bodom v teréne. Vo všeobecnosti to však neplatí.

Odchýlka fázového centra od geometrického sa prejaví v horizontálnom, tak aj vo vertikálnom smere (obr. 3). Uvedená odchýlka fázového centra od geometrického je zdrojom chýb a multipath efektov, čo zapríčiňuje zníženie presnosti GPS merania, a tým aj 3D polohy určeného bodu v teréne.

V niektorých geodetických GPS aplikáciách sa vyžaduje vysoká presnosť rádovo na jednotky mm. S cieľom dosiahnuť takúto vysokú presnosť je nevyhnutné získať veľmi presné údaje o variáciách fázového centra antény GPS prijímača. Potom každá nameraná hodnota by sa mala po zistení odchýlky fázového centra antény GPS prijímača od jej geometrického centra opraviť. Existujú rôzne metódy kalibrácie fázového centra antény GPS prijímača.

V našom prípade sme testovali antény štyroch GPS prijímačov, dve antény GPS prijímačov *Locus 4315* a *Locus 4318* a dve antény GPS prijímačov *ProMark2 1234* a *ProMark2 ABEL*, všetky od firmy *Ashtech/Magellan*. GPS prijímač *Stratus* firmy *Sokkia* počas testovania bol referenčným GPS prijímačom. GPS observácie sme vykonávali v mesačnom rozpätí na testovacej základnici v obci Badín v okrese Banská Bystrica. Testovacia základnica, patriaca firme ORNTH, s.r.o. Banská Bystrica, má z hľadiska vhodnosti GPS merania veľmi priaznivú geografickú polohu. Výhodná poloha testovacej základnice výrazne eliminovala možnosť vplyvu chýb vznikajúcich odrazom GPS signálu od Zeme alebo iných plôch.



Obr. 3. Odchýlka medzi fázovým a geometrickým centrom antény GPS prijímača ProMark2 (Ashtech).  
 Fig. 3. Difference between the phase and geometric centre of GPS receiver antenna ProMark2 (Ashtech).

Pri testovaní antén predmetných GPS aparátúr sme dbali na ich čo najpresnejšiu horizontáciu a centráciu. Anténa bázo­vého (referenčného) GPS prijímača bola umiestnená v strede testovacej základnice a antény testovaných GPS prijímačov sme rozložili symetricky v niekoľkoketrových vzdialenostiach od bázo­vého GPS prijímača na okolité body testovacej základnice. Na začiatku testovania sme všetky antény vrátane bázy nasmerovali na sever. Testovanie sa začalo spustením GPS prijímačov a cca 35 minútovou observáciou. Všetky testované prijímače, okrem bázo­vého, sme po uplynutí vyššie uvedenej doby vypli, čím sa v pamäťovej jednotke prijímačov automaticky zaznamenali namerané údaje. Bázo­vý GPS prijímač ostal v činnosti a jeho anténa bola počas celého ďalšieho testovania v prvom dni trvale orientovaná na sever. Antény testovaných GPS prijímačov sme potom natočili od smeru na sever o 90° v smere pohybu hodinových ručičiek (t.j. v smere na východ). Testované GPS prijímače sme zapli a nechali snímať GPS signály po dobu cca 4 minút. Doba observácie v každom kroku testovania bola závislá od počtu snímaných GPS družíc (tab. 1). Uvedeným spôsobom sme v testovaní pokračovali, až kým sme nedosiahli pooto­čenie antén o 360°, teda až kým sme sa s orientáciou antén nedostali do východnej polohy na sever. Celé meranie sme zopakovali ešte raz.

Tab. 1. Doby jednotlivých observácií.  
 Tab. 1. Time of the individual observations.

PRVÉ MERANIE (01.12.2002)		DRUHÉ MERANIE (11.01.2003)	
Číslo fázového centra	Doba merania	Číslo fázového centra	Doba merania
1	12:13 – 12:48	1	10:15 – 11:18
2	12:50 – 13:31	2	11:20 – 11:56
3	13:33 – 14:16	3	11:58 – 12:44
4	14:18 – 14:50	4	12:46 – 13:48
5	14:52 – 15:20	5	13:50 – 14:26
6	15:22 – 16:16	6	14:28 – 15:03
7	16:18 – 16:51	7	15:05 – 15:29
8	16:53 – 17:17	8	15:31 – 16:15

Po ukončení týchto observácií v prvom dni testovania sme namerané údaje spracovali v príslušnom software. Výsledkom boli geodetické (polárne) súradnice jednotlivých fázových centier ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ,  $h$ ) vzhľadom na polohu konštantne nasmerovanej antény bážového GPS prijímača.

S cieľom graficky interpretovať namerané a spracované hodnoty je potrebné ich transformovať nasledujúcim spôsobom.

Pri rovníkovej hodnote polomeru Zeme  $R$ , t.j.  $R=6\,382,745\text{ km}$  je potrebné najprv určiť hodnotu jednej uhlovej sekundy ( $1''$ ) v dĺžkovej miere v rovine rovníka. K tomu je nutné vypočítať obvod Zeme

$$o = 2\pi R = 40\,103\,969,6035\text{ m}, \quad (1)$$

potom hodnota jedného uhlovej stupňa je

$$1^\circ = 40\,103\,969,6035\text{ m} / 360^\circ = 111\,399,915565\text{ m} \quad (2)$$

a hodnota požadovanej jednej uhlovej sekundy je

$$1'' = 111\,399,915565\text{ m} / 3600'' = 30,944\text{ m}. \quad (3)$$

Vzhľadom k polohe Slovenska na zemeguli a zbiehavosti poludníkov smerom k zemskému pólom je potrebné vypočítať hodnotu jednej uhlovej sekundy v dĺžkovej miere pre našu zemepisnú šírku. Výpočet bol vztiahnutý k zemepisnej šírke  $\varphi=48^\circ39'57''$ , približne okolo ktorej sa pohybovalo fázové centrum antén testovaných GPS prijímačov (zemepisná šírka vypočítaná interpoláciou pre stred testovacej základnice Badín). Postup výpočtu hľadanej dĺžkovej hodnoty jednej uhlovej sekundy k vyššie uvedenej zemepisnej šírke si najprv vyžaduje výpočet polomeru  $R_x$  rovnobežky prechádzajúcej pod uhlom  $\varphi=48^\circ39'57''$  zohľadňujúc zovšeobecnený polomer Zeme  $R=6\,378\text{ km}$

$$R_x = \cos 48^\circ 39' 57''.6\,378\text{ km} = 4\,212,336\text{ km}. \quad (4)$$

Pomocou tejto hodnoty sme vypočítali hľadanú hodnotu jednej uhlovej sekundy v dĺžkovej miere analogickým postupom ako na rovníku, t.j. podľa vzťahov (1-3)

$$\begin{aligned} o &= 2\pi R_x = 26\,466\,887,6641\text{ m}, \\ 1^\circ &= 26\,466\,887,6641\text{ m} / 360^\circ = 73\,519,1324\text{ m}, \\ 1'' &= 73\,519,1324\text{ m} / 3600'' = 20,422\text{ m}. \end{aligned} \quad (5)$$

Tým sme získali pre transformáciu potrebnú hodnotu jednej uhlovej sekundy v dĺžkovej miere (v smere geodetickej šírky) k predmetnej zemepisnej šírke  $\varphi=48^\circ39'57''$ . V smere geodetickej dĺžky ostala nezmenená hodnota jednej uhlovej sekundy v dĺžkovej miere (rovníková hodnota, t.j.  $1''=30,944\text{ m}$ ). Keďže išlo o veľmi malý uhol, v priemete na rovinu sme dostali obdĺžnik o rozmeroch  $20,422\text{ m} \times 30,944\text{ m}$ . Prepočet jednej uhlovej sekundy do dĺžkovej miery bolo potrebné robiť z tohto dôvodu, že namerané hodnoty, resp. geodetické súradnice z GPS observácií vzhľadom na len niekoľkokometrový odstup bázy a antén testovaných GPS prijímačov sa líšili len v sekundách. Každú geodetickú súradnicu sme transformovali podľa toho, či sa jednalo o geodetickú šírku alebo dĺžku. Napr. bod o súradniciach  $\varphi=48^\circ39'57,47897''$  a  $\lambda=19^\circ07'40,14249''$  sme transformovali do dĺžkovej miery nasledovne

$$\begin{aligned} X &= 0,47897''.20,422\text{ m} = 9,7806\text{ m}, \\ Y &= 0,14249''.30,944\text{ m} = 4,4086\text{ m}. \end{aligned} \quad (6)$$

Pretransformované hodnoty polohových súradníc  $X, Y$  fázového centra antén testovaných GPS prijímačov sme spracovali v programe MicroStation V8. Namerané a transformované hodnoty z prvého a druhého GPS merania sú v *tab. 2-5*, odchýlky v polohe fázového centra antén testovaných GPS prijímačov medzi jednotlivými osemnásobnými pootočeniami antén sú v *tab.6*. Výsledkom sú 2D súradnice polôh fázových centier (osemnásobne meraných) antény každého testovaného GPS prijímača (*obr. 4-7*)<sup>3</sup>.

Po zistení odchýlok fázového centra z ôsmich polôh každej antény (*tab. 6*) sme vypočítali ich stredné chyby  $m$ , ktoré v žiadnom prípade testovania nepresiahli hodnoty udávané výrobcom testovaných GPS prijímačov (*tab. 7*). Keďže presnú polohu geometrického centra antén testovaných GPS prijímačov sme nepoznali, pri výpočte stredných chýb  $m$  sme túto presnú polohu geometrického centra nahradili najpravdepodobnejšou hodnotou  $x$ , v našom prípade priemernou hodnotou daných odchýlok fázového centra u každej antény zvlášť (*tab. 8*). Opravu  $v$  v polohe fázového centra vzhľadom ku geometrickému sme teda vypočítali ako rozdiel najpravdepodobnejšej hodnoty  $x$  a nameranej hodnoty  $l$  podľa vzťahu

<sup>3</sup> Z dôvodu veľkého počtu grafických výstupov sú prezentované výstupy len z prvého GPS merania (01.12.2002).

$$v_i = x - l_i, \quad (7)$$

pričom stredná chyba  $m$  odchýlok fázových centier sa vypočíta podľa známeho vzťahu

$$m = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}}, \quad (8)$$

kde  $n$  je počet pootočení antén v jednom GPS meraní ( $n=8$ ).

Hodnota PDOP (*polohový faktor zníženia presnosti, PDOP – Positional Dilution Of Precision*) počas dennej observácie (GPS merania) sa pohybovala v rozmedzí od 2,1 do 2,8. GPS prijímače prijímali signál počas observácií z 5 až 10 družíc. Počas obidvoch observácií bolo jasné slnečné počasie s relatívne nízkymi teplotami vzhľadom na vtedajšie ročné obdobie zimy.

Tab. 2. Geodetické súradnice fázových centier z prvého merania.

Tab. 2. Geodetic co-ordinates of the phase centres from the first measurement.

<b>Locus 4315</b>				
<b>Výsledné geodetické súradnice jednotlivých fázových centier z prvého merania (1.12.2002) v stupňových mierach</b>				
orientácia antény	č.fáz.centra	geod.šírka	geod.dĺžka	výška
sever	1	48° 39' 57,47978''	19° 07' 40,20322''	431.872
východ	2	48° 39' 57,47993''	19° 07' 40,20358''	431.879
juh	3	48° 39' 57,47990''	19° 07' 40,20367''	431.866
západ	4	48° 39' 57,47963''	19° 07' 40,20350''	431.879
sever	5	48° 39' 57,47993''	19° 07' 40,20328''	431.871
východ	6	48° 39' 57,48022''	19° 07' 40,20325''	431.879
juh	7	48° 39' 57,48005''	19° 07' 40,20362''	431.868
západ	8	48° 39' 57,47991''	19° 07' 40,20354''	431.866

<b>Locus 4318</b>				
<b>Výsledné geodetické súradnice jednotlivých fázových centier z prvého merania (1.12.2002) v stupňových mierach</b>				
orientácia antény	č.fáz.centra	geod.šírka	geod.dĺžka	výška
sever	1	48° 39' 57,48611''	19° 07' 40,20672''	431.871
východ	2	48° 39' 57,48608''	19° 07' 40,20707''	431.862
juh	3	48° 39' 57,48593''	19° 07' 40,20671''	431.866
západ	4	48° 39' 57,48579''	19° 07' 40,20706''	431.852
sever	5	48° 39' 57,48594''	19° 07' 40,20667''	431.862
východ	6	48° 39' 57,48627''	19° 07' 40,20684''	431.870
juh	7	48° 39' 57,48607''	19° 07' 40,20680''	431.871
západ	8	48° 39' 57,48605''	19° 07' 40,20697''	431.857

<b>ProMark2 1234</b>				
<b>Výsledné geodetické súradnice jednotlivých fázových centier z prvého merania (1.12.2002) v stupňových mierach</b>				
orientácia antény	č.fáz.centra	geod.šírka	geod.dĺžka	výška
sever	1	48° 39' 57,48975''	19° 07' 40,19098''	431.865
východ	2	48° 39' 57,48995''	19° 07' 40,19096''	431.866
juh	3	48° 39' 57,48987''	19° 07' 40,19113''	431.865
západ	4	48° 39' 57,48984''	19° 07' 40,19119''	431.865
sever	5	48° 39' 57,48984''	19° 07' 40,19099''	431.860
východ	6	48° 39' 57,49005''	19° 07' 40,19077''	431.870
juh	7	48° 39' 57,48983''	19° 07' 40,19107''	431.868
západ	8	48° 39' 57,49009''	19° 07' 40,19112''	431.858

<b>ProMark2 ABEL</b>				
<b>Výsledné geodetické súradnice jednotlivých fázových centier z prvého merania (1.12.2002) v stupňových mierach</b>				
orientácia antény	č.fáz.centra	geod.šírka	geod.dĺžka	výška
sever	1	48° 39' 57,47893''	19° 07' 40,19401''	431.864
východ	2	48° 39' 57,47875''	19° 07' 40,19377''	431.869
juh	3	48° 39' 57,47885''	19° 07' 40,19391''	431.874
západ	4	48° 39' 57,47882''	19° 07' 40,19411''	431.866
sever	5	48° 39' 57,47878''	19° 07' 40,19387''	431.863
východ	6	48° 39' 57,47884''	19° 07' 40,19370''	431.876
juh	7	48° 39' 57,47875''	19° 07' 40,19389''	431.875
západ	8	48° 39' 57,47856''	19° 07' 40,19399''	431.874

Tab. 3. Geodetické súradnice fázových centier z druhého merania.  
 Tab. 3. Geodetic co-ordinates of the phase centres from the second measurement.

<b>Locus 4315</b>				
Výsledné geodetické súradnice jednotlivých fázových centier z druhého merania (11.1.2003) v stupňových mierach				
orientácia antény	č.fáz.centra	geod.šírka	geod.dĺžka	výška
sever	1	48° 39' 57,14200''	19° 07' 40,16219''	432.556
východ	2	48° 39' 57,14249''	19° 07' 40,16230''	432.550
juh	3	48° 39' 57,14224''	19° 07' 40,16249''	432.542
západ	4	48° 39' 57,14247''	19° 07' 40,16270''	432.553
sever	5	48° 39' 57,14212''	19° 07' 40,16236''	432.551
východ	6	48° 39' 57,14238''	19° 07' 40,16243''	432.547
juh	7	48° 39' 57,14231''	19° 07' 40,16244''	432.546
západ	8	48° 39' 57,14229''	19° 07' 40,16248''	432.549

<b>Locus 4318</b>				
Výsledné geodetické súradnice jednotlivých fázových centier z druhého merania (11.1.2003) v stupňových mierach				
orientácia antény	č.fáz.centra	geod.šírka	geod.dĺžka	výška
sever	1	48° 39' 57,13628''	19° 07' 40,15814''	432.567
východ	2	48° 39' 57,13652''	19° 07' 40,15834''	432.548
juh	3	48° 39' 57,13642''	19° 07' 40,15837''	432.556
západ	4	48° 39' 57,13634''	19° 07' 40,15834''	432.543
sever	5	48° 39' 57,13619''	19° 07' 40,15803''	432.540
východ	6	48° 39' 57,13647''	19° 07' 40,15850''	432.552
juh	7	48° 39' 57,13638''	19° 07' 40,15862''	432.559
západ	8	48° 39' 57,13635''	19° 07' 40,15823''	432.552

<b>ProMark2 1234</b>				
Výsledné geodetické súradnice jednotlivých fázových centier z druhého merania (11.1.2003) v stupňových mierach				
orientácia antény	č.fáz.centra	geod.šírka	geod.dĺžka	výška
sever	1	48° 39' 57,14705''	19° 07' 40,14723''	432.546
východ	2	48° 39' 57,14701''	19° 07' 40,14712''	432.541
juh	3	48° 39' 57,14703''	19° 07' 40,14701''	432.544
západ	4	48° 39' 57,14718''	19° 07' 40,14734''	432.539
sever	5	48° 39' 57,14706''	19° 07' 40,14715''	432.544
východ	6	48° 39' 57,14697''	19° 07' 40,14708''	432.542
juh	7	48° 39' 57,14707''	19° 07' 40,14699''	432.547
západ	8	48° 39' 57,14698''	19° 07' 40,14709''	432.548

<b>ProMark2 ABEL</b>				
Výsledné geodetické súradnice jednotlivých fázových centier z druhého merania (11.1.2003) v stupňových mierach				
orientácia antény	č.fáz.centra	geod.šírka	geod.dĺžka	výška
sever	1	48° 39' 57,14110''	19° 07' 40,14305''	432.549
východ	2	48° 39' 57,14118''	19° 07' 40,14300''	432.544
juh	3	48° 39' 57,14112''	19° 07' 40,14282''	432.543
západ	4	48° 39' 57,14126''	19° 07' 40,14317''	432.543
sever	5	48° 39' 57,14114''	19° 07' 40,14304''	432.546
východ	6	48° 39' 57,14106''	19° 07' 40,14285''	432.543
juh	7	48° 39' 57,14118''	19° 07' 40,14287''	432.544
západ	8	48° 39' 57,14100''	19° 07' 40,14305''	432.547

Tab. 4. Transformované 2D súradnice fázových centier z prvého merania.

Tab. 4. Transformed 2D co-ordinates of the phase centres from the first measurement.

<b>Locus 4315</b>		
<b>Transformovaná časť súradníc jednotlivých fázových centier z prvého merania (1.12.2002) v dĺžkových mierach</b>		
č.fáz.centra	X [m]	Y [m]
1	9.7971076	6.2835624
2	9.8001706	6.2946936
3	9.7995580	6.2974764
4	9.7940446	6.2922200
5	9.8001706	6.2854176
6	9.8060924	6.2844900
7	9.8026210	6.2959304
8	9.7997622	6.2934568

<b>Locus 4318</b>		
<b>Transformovaná časť súradníc jednotlivých fázových centier z prvého merania (1.12.2002) v dĺžkových mierach</b>		
č.fáz.centra	X [m]	Y [m]
1	9.9263662	6.3917824
2	9.9257536	6.4026044
3	9.9226906	6.3914732
4	9.9198318	6.4022952
5	9.9228948	6.3902364
6	9.9296334	6.3954928
7	9.9255494	6.3942560
8	9.9251410	6.3995124

<b>ProMark2 1234</b>		
<b>Transformovaná časť súradníc jednotlivých fázových centier z prvého merania (1.12.2002) v dĺžkových mierach</b>		
č.fáz.centra	X [m]	Y [m]
1	10.0006950	5.9051016
2	10.0047790	5.9044832
3	10.0031454	5.9097396
4	10.0025328	5.9115948
5	10.0025328	5.9054108
6	10.0068210	5.8986084
7	10.0023286	5.9078844
8	10.0076378	5.9094304

<b>ProMark2 ABEL</b>		
<b>Transformovaná časť súradníc jednotlivých fázových centier z prvého merania (1.12.2002) v dĺžkových mierach</b>		
č.fáz.centra	X [m]	Y [m]
1	9.7797506	5.9987892
2	9.7760750	5.9913684
3	9.7781170	5.9956972
4	9.7775044	6.0018812
5	9.7766876	5.9944604
6	9.7779128	5.9892040
7	9.7760750	5.9950788
8	9.7721952	5.9981708

Tab. 5. Transformované 2D súradnice fázových centier z druhého merania.  
 Tab. 5. Transformed 2D co-ordinates of the phase centres from the first measurement.

<b>Locus 4315</b>		
Transformovaná časť súradníc jednotlivých fázových centier z druhého merania (11.1.2003) v dĺžkových mierach		
č.fáz.centra	X [m]	Y [m]
1	2.8996400	5.0149148
2	2.9096458	5.0183160
3	2.9045408	5.0241908
4	2.9092374	5.0306840
5	2.9020904	5.0201712
6	2.9073996	5.0223356
7	2.9059702	5.0226448
8	2.9055618	5.0238816

<b>Locus 4318</b>		
Transformovaná časť súradníc jednotlivých fázových centier z druhého merania (11.1.2003) v dĺžkových mierach		
č.fáz.centra	X [m]	Y [m]
1	2.7828376	4.8896888
2	2.7877384	4.8958728
3	2.7856964	4.8968004
4	2.7840628	4.8958728
5	2.7809998	4.8862876
6	2.7867174	4.9008200
7	2.7848796	4.9045304
8	2.7842670	4.8924716

<b>ProMark2 1234</b>		
Transformovaná časť súradníc jednotlivých fázových centier z druhého merania (11.1.2003) v dĺžkových mierach		
č.fáz.centra	X [m]	Y [m]
1	3.0027610	4.5523516
2	3.0019442	4.5489504
3	3.0023526	4.5455492
4	3.0054156	4.5557528
5	3.0029652	4.5498780
6	3.0011274	4.5477136
7	3.0031694	4.5449308
8	3.0013316	4.5480228

<b>ProMark2 ABEL</b>		
Transformovaná časť súradníc jednotlivých fázových centier z druhého merania (11.1.2003) v dĺžkových mierach		
č.fáz.centra	X [m]	Y [m]
1	2.8812620	4.4231060
2	2.8828956	4.4215600
3	2.8816704	4.4159944
4	2.8845292	4.4268164
5	2.8820788	4.4227968
6	2.8804452	4.4169220
7	2.8828956	4.4175404
8	2.8792200	4.4231060



Tab. 6. Odchýlky fázového centra z prvého a druhého merania.  
 Tab. 6. Differences of the phase centre from the first and second measurement.

číslo fáz.centier	ODCHÝLKY pri prvom meraní [mm]			
	Locus 4315	Locus 4318	ProMark2 1324	ProMark2 ABEL
1 - 2	11.5449	10.8393	4.1306	8.2812
2 - 3	2.8494	11.5449	5.5044	4.7863
3 - 4	7.6176	11.1932	1.9537	6.2143
4 - 5	9.1543	12.4417	6.1840	7.4656
5 - 6	5.9940	8.5463	8.0412	5.3973
6 - 7	11.9555	4.2672	10.3066	6.1555
7 - 8	3.7804	5.2722	5.5297	4.9612
8 - 1	10.2443	7.8265	8.1817	7.5807

číslo fáz.centier	ODCHÝLKY pri druhom meraní [mm]			
	Locus 4315	Locus 4318	ProMark2 1324	ProMark2 ABEL
1 - 2	10.5681	7.8905	3.4979	2.2492
2 - 3	7.7829	2.2428	3.4256	5.6989
3 - 4	8.0137	1.8786	10.6534	11.1932
4 - 5	12.7121	10.0627	6.3654	4.7076
5 - 6	5.7334	15.6167	2.8394	6.0977
6 - 7	1.4625	4.1406	3.4516	2.5272
7 - 8	1.3025	12.0744	3.5969	6.6698
8 - 1	10.7458	3.1284	4.5587	2.0420

Tab. 7. Výsledné stredné chyby odchýlok fázových centier antén testovaných GPS prijímačov.  
 Tab. 7. The resultant middle errors of the phase centre differences of the tested GPS receiver antennas.

GPS prijímač	PRVÉ MERANIE (01.12.2002)	DRUHÉ MERANIE (11.01.2003)
	Stredná chyba m [mm]	
Locus 4315	± 3,4	± 4,2
Locus 4318	± 3,0	± 5,1
ProMark2 1234	± 2,6	± 2,6
ProMark2 ABEL	± 1,3	± 3,1

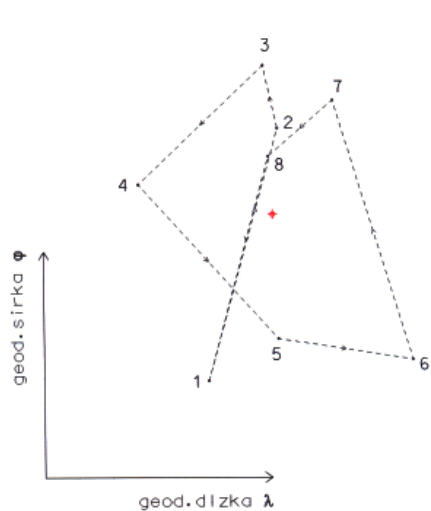
Tab. 8. Priemerné hodnoty odchýlok fázových centier.  
 Tab. 8. The average values of the phase centre differences.

GPS prijímač	PRVÉ MERANIE (01.12.2002)	DRUHÉ MERANIE (11.01.2003)
	Priemerná hodnota odchýlok x fázového centra [mm]	
Locus 4315	7,9	7,3
Locus 4318	9,0	7,1
ProMark2 1234	6,2	4,8
ProMark2 ABEL	6,4	5,1

### Záver

Podstatou vykonaných meraní bolo otestovať jednotlivé, na trhu dostupné GPS prijímače s cieľom zistiť skutočnú polohu fázového centra ich antén. Keďže sa nepodarilo dokázať predpokladaný kruhový charakter polohy fázového centra pri otáčaní antén testovaných GPS prijímačov a presnosť GPS prijímačov nebola prekročená, domnievame sa, že pri bežnom GPS meraní nie je orientácia antén na sever nevyhnutná. Zásadu orientácie antén na sever odporúčame najmä pri statických metódach GPS meraní, s cieľom dosiahnuť čo najvyššiu presnosť týchto meraní.

K podrobnejšej analýze polohy fázového centra antén GPS prijímačov vzhľadom ku geometrickému odporúčame zvýšiť počet observácií v jednom kruhu (360)° a taktiež predĺžiť dobu observácie v jednej polohe antény na cca 15 až 20 minút. Taktiež by bolo potrebné nejakým spôsobom zistiť presnú polohu geometrického centra antény GPS prijímačov a namerané hodnoty polôh fázového centra s touto polohou konfrontovať. Navrhujeme tento problém určenia geometrického centra riešiť napríklad pomocou antény toho GPS prijímača, u ktorého je dokázaná minimálna excentricita fázového centra voči geometrickému. Rovnako dôležité je poznať aj presné výškové hodnoty oboch centier a čo najpresnejšiu šikmú dĺžku meraní od bodu v teréne k anténe GPS prijímačov.

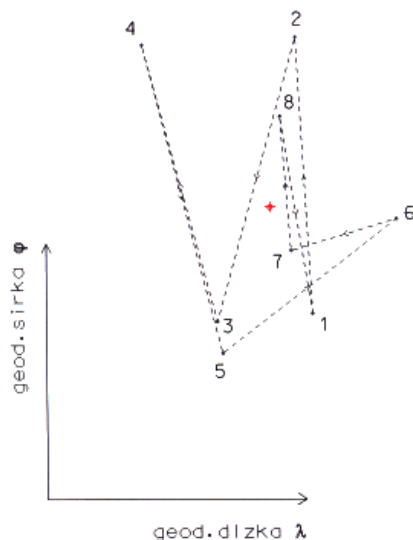


Locus 4315

- poloha fázového centra
- aritmetický priemer

Prve meranie dňa 1.12.2002

Obr. 4. Poloha fázového centra u antény GPS prijímača Locus 4315 z prvého merania.  
Fig. 4. Position of the phase centre at GPS receiver Locus 4315 from the first measurement.

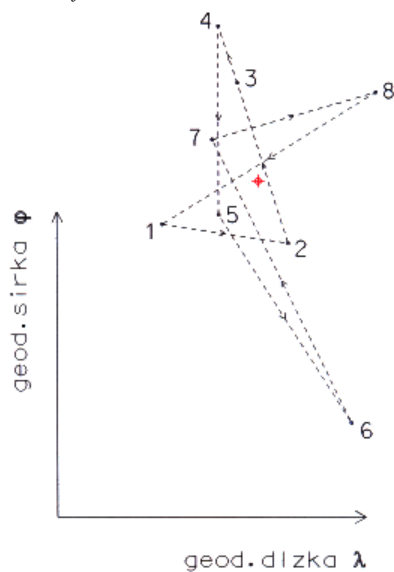


Locus 4318

- poloha fázového centra
- aritmetický priemer

Prve meranie dňa 1.12.2002

Obr. 5. Poloha fázového centra u antény GPS prijímača Locus 4318 z prvého merania.  
Fig. 5. Position of the phase centre at GPS receiver Locus 4318 from the first measurement.

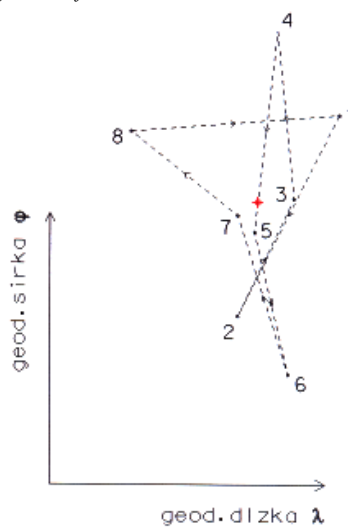


ProMark2 1234

- poloha fázového centra
- aritmetický priemer

Prve meranie dňa 1.12.2002

Obr. 6. Poloha fázového centra u antény GPS prijímača ProMark2 1234 z prvého merania.  
Fig. 6. Position of the phase centre at GPS receiver ProMark2 1234 from the first measurement.



ProMark2 ABEL

- poloha fázového centra
- aritmetický priemer

Prve meranie dňa 1.12.2002

Obr. 7. Poloha fázového centra u antény GPS prijímača ProMark2 ABEL z prvého merania.  
Fig. 7. Position of the phase centre at GPS receiver ProMark2 ABEL from the first measurement.

V neposlednom rade pre dosiahnutie čo najpresnejších hodnôt z takýchto observácií jednoznačné odporúčanie GPS merania (s cieľom posúdiť odchýlku fázového centra od geometrického) realizovať na základniciach s observačnými piliermi s pevnou centráciou antén testovaných GPS prijímačov.

Článok vznikol na základe riešenia grantových projektov MŠ SR VEGA č.1/3060/06 a č. 1/4167/07 riešených na Fakulte BERG TU Košice.

### Literatúra – References

- Kuzevičová, Ž., Kuzevič, Š.: Geografické informačné systémy I. *Vysokoškolské skriptá, Fakulta BERG TU Košice (vyd.), Košice, 2003.*
- Kuzevičová, Ž., Šaršaňová, E., Kaduková, I., Grinčová, A.: Tvorba a použitie digitálnej mapy mesta, *AT&P Journal 3/2005, Bratislava.*
- Kozáková, L., Kuzevičová, Ž.: Monitorovanie kvality ovzdušia v aglomerácii Košice. *AT&P Journal 8/2005, 80-84.*
- Molčíková, S., Hurčíková, V.: Spracovanie GPS meraní v kombinovanej polohovej geodetickej sieti v S-JTSK pre diaľnicu D1. *Acta Montanistica Slovaca, Roč. 5, č. 1/2000, s.91-101.*
- Pisoňová, E.: Určenie skutočnej polohy fázového centra GPS aparatury. *Dipl. práca. ÚGaGIS, FBERG, TU Košice, Košice, 2003, 54s., 18 príloh.*
- Sedlák, V., Hurčíková, V., Molčíková, S.: Possibilities of GPS Kinematic Measurements for Geological Survey in East Slovakia. *Geo-Spatial Information Science, Vol. 5, Issue 4, December 5, 2002, 21-25.*
- Sedlák, V.: Kozmická geodézia, Globálny polohový systém. *ÚGaGIS, FBERG, TU Košice (vyd.), 2.vydanie, Košice, 2003, 78s.*
- Sedlák, V., Molčíková, S., Hurčíková, V., Frajt, M., Mišovic, P.: Protection of the environment and modelling surface movements in GIS in the East Slovak Region. [2nd FIG Regional Conference](#) and the 10th Anniversary of ONIGT - Urban-Rural Interrelationship for Sustainable Environment, *Marrakech, Morocco, December 2-5, 2003* ([www.fig.net/figtree/pub/morocco](http://www.fig.net/figtree/pub/morocco)).
- Sedlák, V., Šimčák, V.: Overenie transformačných parametrov a presnosti transformácie v reálnom čase v prístroji GPS RTK Z-MAX. In: Sborník anotací a digitální sborník přednášek – 12. konf. *Společnosti důlních měřičů a geologů měřické konference, Hustopeče, 18.-20. října 2005, (CD nosič, 22. referát).*
- Šimčák, M.: Overenie transformačných parametrov a presnosti transformácie v reálnom čase v prístroji GPS RTK Z-Max. *ÚGaGIS, FBERG, TU Košice (vyd.) Košice, 2005, 74s., 21 príloh.*
- Prospekty k prístrojom: Locus Survey System, ProMark2 a Z-Extreme Stratus (ASHTECH); Stratus (SOKKIA). *Ornth (vyd.), Banská Bystrica, 2005.*
- [www.fc.up.pt/lic\\_eg/imagens/gps-const.jpg](http://www.fc.up.pt/lic_eg/imagens/gps-const.jpg)[www.environmental-studies.de/a\\_TOC-GPS-4.gif](http://www.environmental-studies.de/a_TOC-GPS-4.gif)
- [www.products.thalesnavigation.com/en/solutions/land/](http://www.products.thalesnavigation.com/en/solutions/land/)
- [www.products.thalesnavigation.com/en/products/product.asp?PRODID=943](http://www.products.thalesnavigation.com/en/products/product.asp?PRODID=943)
- [www.wgs.sk/z\\_max.htm](http://www.wgs.sk/z_max.htm)
- [www.th-ales.cz/images/gps/geodet/zmaxcz.pdf](http://www.th-ales.cz/images/gps/geodet/zmaxcz.pdf)
- [www.sokia.com](http://www.sokia.com)
- [www.products.thalesnavigation.com/en/products/aboutgps/rtk.asp](http://www.products.thalesnavigation.com/en/products/aboutgps/rtk.asp)
- [www.com.uvigo.es/asignaturas/scvs/trabajos/curso0001/biblio/GPS/gps\\_archivos/image003.jpg](http://www.com.uvigo.es/asignaturas/scvs/trabajos/curso0001/biblio/GPS/gps_archivos/image003.jpg)
- [www.geodesy.gov.sk/spravodaj/2004/r1/n03.htm](http://www.geodesy.gov.sk/spravodaj/2004/r1/n03.htm)
- <http://www.ornth.sk>
- [www.thales-navigation.de](http://www.thales-navigation.de)
- [www.geoserver.cz](http://www.geoserver.cz)