

# Testování přesnosti RTK měření v závislosti na vzdálenosti od referenční stanice

Mgr. Roman Vala

Institut Goedézie a Důlního Měřictví, HGF VŠB-TU Ostrava, 17.listopadu 15  
708 33, Ostrava-Poruba, Česká Republika  
Roman.vala@osu.cz

**Abstrakt.** Pro účely testování přesnosti měření metody RTK GPS bylo v areálu VŠB-TU Ostrava stabilizováno 35 bodů. Všechny body testovací základny byly zaměřeny přesným nivelačním pořadem digitálním nivelačním přístrojem Leica DNA 03. Poloha všech bodů testovací základny byla určena také klasickými metodami – polygonometricky. Poté byl každý bod třikrát zaměřen metodou RTK vůči stejné referenční stanici. Byly zaměřovány souřadnice bodů vůči referenční stanici, která byla postupně umisťována na vzdálenější již připojené body. Výsledky určených souřadnic bodů byly porovnávány mezi sebou i se souřadnicemi získanými klasickou metodou.

**Klíčová slova:** RTK- kinematická metoda v reálném čase, GPS- globální systém určování polohy.

**Abstract.** Testing of point accuracy of RTK measurement in relation to the distance from the referential station. In the area of Technical University of Ostrava were stabilized 35 points for testing of accuracy of RTK measurement. All the points of testing base line were located thanks to the testing of the new digital leveling instrument Leica DNA 03 with a precise leveling line. The position of all the points of testing base line was determined by classical methods as well – polygonal traverse. Afterwards each point was focused three times by the RTK method in relation to the same referential station. There were point coordinates located against referential station, which was gradually placed in already farther attached points. The results of given point coordinates was compared among each other and with coordinates acquired by classical method.

**Keywords:** RTK- Real Time Kinematic, GPS- Global Positioning System.

## 1 Úvod

Jednou z geodetických aplikací která i u nás prochází dynamickým rozvojem je tzv. RTK (Real Time Kinematic), tedy kinematická metoda řešená v reálném čase. [2]. Toto měření automaticky určuje prostorové trojrozměrné (3D) souřadnice měřených bodů. V geodetické praxi se při aplikaci GPS z převážné většiny využívá simultánní fázové měření. Ani RTK není v tomto směru výjimkou. Výpočet prostorových souřadnic měřeného bodu v reálném čase však vyžaduje použití speciální měřicí aparatury vybavené jak po hardwarové tak po softwarové stránce.

Celá aparatura se skládá ze dvou základních komponent – referenční stanice a roveru (pohyblivé měřicí stanice). Jak rover, tak referenční stanice obsahují většinou dvoufrekvenční, u některých starších přístrojů jednofrekvenční přijímač GPS s anténou, jež je u referenční stanice zpravidla umístěna na stativu, u roveru na teleskopické tyči. Zmiňovaným speciálním vybavením aparatury se myslí především radiomodemy zajišťující přenos korekčních dat.

Základním principem metody je získání aktuálních přesných korekcí měřených souřadnic v reálném čase. Tyto korekce nepřímo poskytuje s dostatečnou přesností referenční stanice umístěná na bodě o známých souřadnicích. Referenční stanice přijímá signál z družic, převádí jej do jiného formátu a tento vysílá pomocí radiomodemu do roveru – rovněž v reálném čase. Přímo v roveru dochází k výpočtu potřebných korekcí porovnáním signálu přijatého z referenční stanice se známými souřadnicemi stanoviště. Tyto přijaté korekce jsou použity při zpracování družicového signálu přijímaného roverem ke zvýšení přesnosti určení prostorové polohy bodu. Analýza signálu je založená na zpracování dopplerovsky posunuté nosné vlny. Jedná se tedy o fázové měření. Pro výpočty je nutno použít speciální software, který využívá algoritmy pro rychlý výpočet počáteční fázové ambiguity [3].

Dostupnost výsledků v reálném čase samozřejmě přináší řadu výhod. Ihned v terénu máme možnost kontroly správnosti provedeného měření. Měřená data můžeme okamžitě nejen prohlížet, ale i editovat a kontrolovat přímo v terénu a nikoliv tak činit až při postprocessingu v kanceláři. Jistým omezujícím faktorem měření je dosah radiomodemu. Uplatnění metody je potom závislé především na dosahu radiomodemu a morfologických podmínkách. Obecně se tvrdí, že při užití radiomodemu by pro zajištění centimetrové přesnosti neměla být vzdálenost mezi referenčním a pohyblivým přijímačem větší než 10 km. Při běžném vysílacím výkonu 0,4-0,5W je maximální dosah v otevřené krajině přibližně 2-5 km. Při použití speciální antény umožňující eliminaci interferencí se dosah zvětší až na 10 km. Dosah radiomodemů používajících radiové vlny je značně závislý na konfiguraci terénu, ale z části i na počasí, vlhkosti vzduchu či vlhkosti zemského povrchu. Radiové vlny jsou poměrně pronikavé skrze atmosféru, nesnadno však překonávají pevné překážky. Další výhodou radiolinky je možnost připojit více roveru současně na jednu referenční stanici. Akční rádius při měření tedy může být značně proměnlivý. Při práci v intravilánu, kopcovitém či jinak členitém terénu můžeme očekávat citelné snížení dosahu .

Problém může způsobit také rušení nebo interference signálu a to jak GPS signálu z družic, tak signálu pro přenos korekčních dat. Jev může nastat při použití jakéhokoliv vysílacího zařízení v bezprostřední blízkosti měřících aparatur. Vysílacím zařízením jsou myšleny jak naše tak i cizí přístroje. Nebezpečný stejně jako naše vysílačka či mobilní telefon může být i blízký vysílač. Používáme-li pro vzájemnou komunikaci profesionální vysílačky na frekvenci blízké frekvenci radiomodemu mohlo by teoreticky docházet k interferenci elektromagnetických vln. Různé modely GPS aparatur používají odlišné frekvence a do značné míry jsou tedy rušivé vlivy závislé na typu použitého přístroje [1].

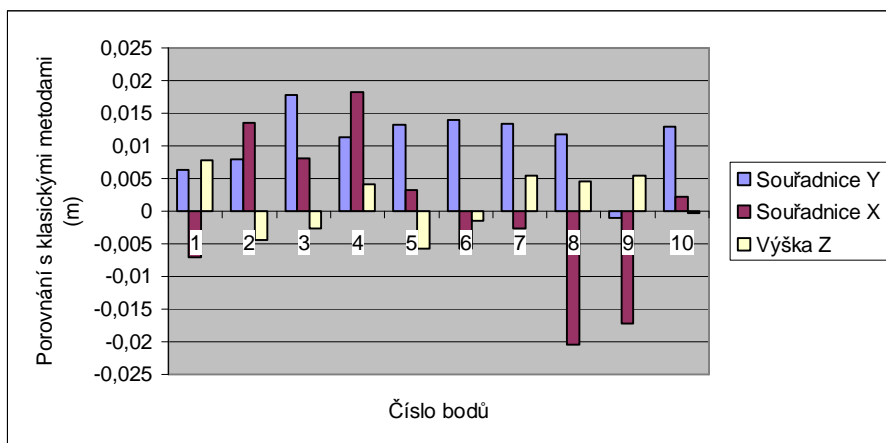
Při použití kinematické metody v reálném čase na větší vzdálenosti je také možné data přenášet mobilními telefony. S rostoucí vzdáleností stanic však roste nepřesnost určení korekcí a při použití mobilního telefonu pro přenos korekcí se samozřejmě patřičně zvyšují náklady.

## 2 Testování přesnosti RTK měření

Cílem testování přesnosti bylo zjistit rozdíly v určení souřadnic bodu (především vertikální složky) metodou RTK s rostoucí vzdáleností referenční stanice a zároveň porovnání výsledků měření s klasickými geodetickými metodami. Pro měření byla použita GPS aparatura od firmy Leica SR 530 s anténami AT 502. Statickou metodou GPS byly zaměřeny geocentrické souřadnice 6 referenčních bodů vzdálené od testovací základny od 50 m do 25 km. Takto připojené body poté sloužily jako referenční body pro RTK měření. Měření probíhalo za běžných podmínek (maximální počet satelitů 10, průměrně 7) a výsledky byly převedeny přímo v roveru do S-JTSK. Pro účely testování RTK měření byla vybudována lokální síť 34 bodů rovnoměrně rozmístěných v areálu VŠB. Body byly stabilizovány měřickými hřeby a popsány čísly 2 – 35. Také bylo stabilizováno a statickou metodou GPS zaměřeno 7 „referenčních bodů“. Čtyři body určené pro referenční stanici jsou součástí testovací základny a od zbývajících bodů jsou ve vzdálenosti 50-800 m. Pro zbylé čtyři referenční body jsem využil a rovněž staticky zaměřil již existující trigonometrické body ve vzdálenostech 2- 25 km od areálu VŠB. Současně byl vytvořen transformační klíč pro transformaci naměřených souřadnic bodů v systému WGS 84 do lokálního souřadného systému JTSK. Tento klíč byl určen z bodů, které jsou pravidelně rozmístěny okolo základny (areálu VŠB). Všechny body testovací základny byly v rámci testování nového digitálního nivelačního přístroje Leica DNA 03 zaměřeny přesným nivelačním pořadem.

Poloha všech bodů testovací základny byla určena také klasickými metodami – polygonometricky a rajónem. Poté byl každý bod zaměřen metodou RTK vůči stejné referenční stanici. Referenční stanice byla postupně umísťována na vzdálenější již připojené body. Výsledky určených souřadnic bodů metodou RTK jsou porovnávány mezi sebou i se souřadnicemi získanými klasickou metodou. Výšky bodů jsou porovnávány s přesnou nivelací provedenou již zmíněným digitálním přístrojem Leica DNA 03.

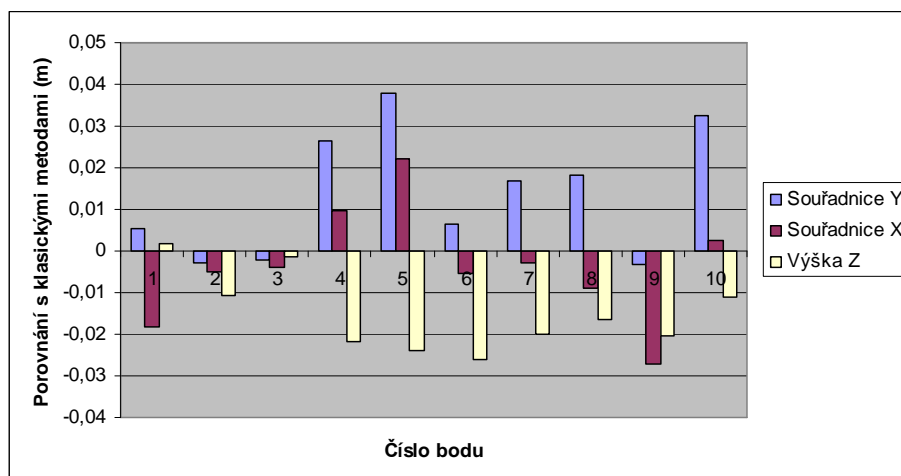
## 2.1 Referenční stanice č.100 vzdálená 100 m od základny



**Obr. 1.** Graf znázorňující přesnost RTK měření z referenčního bodu č.100.

Z obrázku č.1, který graficky znázorňuje rozdíly mezi naměřenými hodnotami metodou RTK s použitím radiomodemu vůči referenční stanici č.100 vzdálené od testovací základny 100 m.a klasickými geodetickými metodami. Z grafu vyplývá, že rozdíly v poloze (souřadnicích X a Y) se pohybují od 1 do 2 cm a dosahují maximálních hodnot 2,1 cm. Ačkoliv je obecně známo, že GPS měření jsou méně přesné pro určování výšek, testováním byly zjištěny velmi zajímavé hodnoty. Na všech deseti určovaných bodech nepřekročil rozdíl ve výšce 1cm od přesné nivelace a vždy byly rozdíly menší než rozdíly v poloze.

## 2.2 Referenční stanice č.26 vzdálená 25 km od základny



**Obr. 1.** Graf znázorňující přesnost RTK měření z referenčního bodu č.26.

Obrázek č.2 opět graficky znázorňuje hodnoty naměřené metodou RTK tentokrát s využitím referenčního bodu č.26 vzdáleného 25 km od zaměřovaných bodů. Pro přenos korekcí na tuto vzdálenost byl použit GSM modem Siemens M 20 Z grafu vyplývá, že rozdíly v poloze (souřadnicích X a Y) se pohybují do 2 cm a dosahují maximálních hodnot 3,8 cm. Srovnání s přesnou nivelací vypovídá o rozdílech maximálně 2,6 cm ve výšce a to na vzdálenost 25 km.

## 3 Závěr

Skutečná přesnost jakékoliv metody měření je závislá na dodržení technologického postupu tj. eliminace hrubých chyb a omezení vlivu systematických chyb. Analyzovaná přesnost výšky odpovídá běžným podmínkám měření. Měření s referenční stanicí vzdálenou několik metrů od testovací základny zajistilo maximální přesnost RTK korekcí a rozdíly ve výškách zaměřovaných bodů ve srovnání s přesnou nivelací byly minimální. Zjištění faktu, že maximální rozdíl v určované výšce činil 0,7cm a my tudíž můžeme jakýkoliv bod v okolí referenční stanice zaměřit během 3 sekund s minimálně touto přesností, je velmi pozitivní pro mnohá měření. S rostoucí vzdáleností přesnost měření klesá, nicméně i na vzdálenost 25 km lze touto metodou zaměřit jakýkoliv bod s přesností 3-4 cm. Z výsledků testu RTK je patrné, že tato metoda není vhodná pouze pro mapování a vytyčování, při budování a doplňování bodových polí, ale i pro sledování pohybů a deformací (poklesů). Měření vůči referenční stanici vzdálené x km od zaměřovaných bodů, nám např. umožní umístit referenční stanici mimo poddolované území a zaměřovat svislé pohyby i vodorovné posuny v reálném čase.

## Reference

1. GERDAN, G., COOMBE, L., TAKAC, F. The effects of RF interference, multipath and signal obstruction on the GPS observables. *A technical report prepared for The State Data Center-Number SDC95/1*. Melbourne, 1995.
2. JINDRA, D. GPS v dnešní geodetické praxi. *Zeměměřič plus, 1, č.3.1999*
3. LANGLEY, B. RTK GPS. *GPS World, 9, č.9.1998*
4. SCHENK, J. *Měření pohybů a deformací v poklesové kotlině*, VŠB-TU Ostrava, 2006 Ostrava. 80-248-1059-X.